



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월23일

(11) 등록번호 10-2629041

(24) 등록일자 2024년01월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G21F 9/32 (2006.01) G21F 5/06 (2006.01)

G21F 9/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G21F 9/32 (2013.01)

G21F 5/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0110518

(22) 출원일자 2021년08월20일

심사청구일자 2021년08월20일

(65) 공개번호 10-2023-0028055

(43) 공개일자 2023년02월28일

(56) 선행기술조사문헌

JP2013238458 A*

KR1020210025829 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

류태우

서울특별시 관악구 성현로 80, 102동 502호(봉천동, 관악드림타운아파트)

김범중

충청남도 천안시 서북구 입장면 도림길 10, 108동 302호(한성아파트)

윤주형

충청남도 천안시 서북구 한들3로 35-23, 208동 1904호(백석동, 천안백석2차아파트)

(74) 대리인

특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 3 항

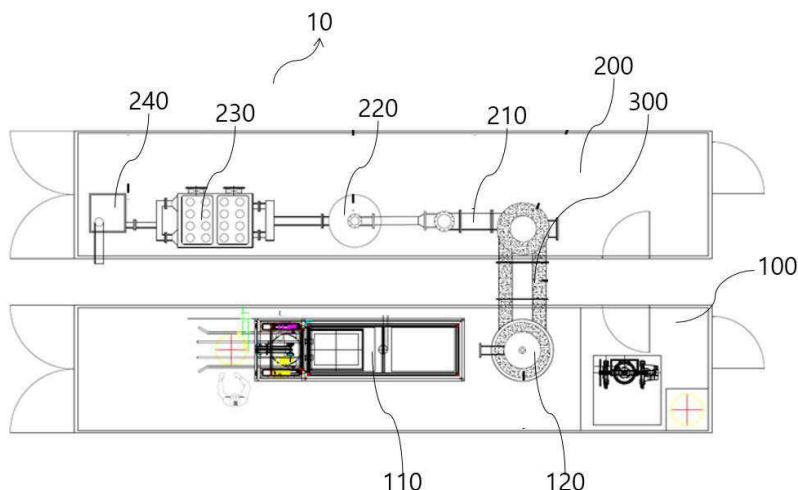
심사관 : 윤연숙

(54) 발명의 명칭 이동식 방사성 폐기물 감량화 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 열분해 가스화 장치 및 고화 장치가 포함되는 제1 컨테이너; 상기 제1 컨테이너와 연결되며, 가스 안정화 장치가 포함되는 제2 컨테이너를 포함하고, 상기 열분해 가스와 장치는 상기 제1 컨테이너로 유입된 방사성 폐기물을 열분해하며, 상기 열분해로 발생하는 가스는 상기 제2 컨테이너로 유입되는 방사성 폐기물 저감 장치를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G21F 9/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415169513
과제번호	20171520000280
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	이동형 가연성 방사성 폐기물 소각시설 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)디에스아이
연구기간	2020.09.01 ~ 2021.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

열분해 가스화 장치 및 고화 장치가 포함되는 제1 컨테이너;

상기 제1 컨테이너와 연결되며, 후처리 장치가 포함되는 제2 컨테이너를 포함하고,

상기 열분해 가스화 장치는 상기 제1 컨테이너로 유입된 방사성 폐기물을 열분해하며,

상기 열분해로 발생하는 가스는 상기 제2 컨테이너로 유입되어 상기 후처리 장치를 통해 냉각 및 집진되고,

상기 열분해 가스화 장치는 세습의 기화를 방지하기 위해 200℃ 내지 500℃의 온도로 상기 방사성 폐기물을 열분해하고, 열분해 후 상방향으로 이동하는 가스를 500℃ 내지 800℃의 온도로 가열하여 합성가스로 전환하는 것인,

방사성 폐기물 저감 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 방사성 폐기물 저감 장치에는 연소 장치를 더 포함하고,

상기 연소 장치는 상기 열분해 가스화 장치에서 발생하는 가스를 연소하여 제2 컨테이너로 보내는 방사성 폐기물 저감장치.

청구항 4

방사성 폐기물을 열분해하여 가스와 잔유물로 분리하는 열분해 단계;

상기 열분해 단계에서 배출되는 가스를 가열하여 합성가스로 전환하는 가스화 단계;

상기 열분해 단계에서 배출되는 잔유물을 고화하는 고화 단계;

상기 가스화 단계에서 전환된 상기 합성가스를 연소하는 연소 단계; 및

상기 연소 단계를 거쳐 생성된 배가스를 냉각하고, 상기 배가스에 포함된 분진 성분을 제거하는 후처리 단계를 포함하고,

상기 열분해 단계는 세습의 기화를 방지하기 위해 상기 방사성 폐기물을 200℃ 내지 500℃의 온도로 열분해하고, 상기 가스화 단계는 상기 열분해 단계에서 배출되는 가스를 500℃ 내지 800℃의 온도로 가열하는 것인,

방사성 폐기물 저감 방법.

청구항 5

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 이동 가능하여 기동성이 향상된 방사성 폐기물 감량화 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

[0002] 국내 원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물은 크게 중/저준위 방사성폐기물과 사용 후 연료로 구분될 수 있으며, 이 중 저준위 방사성폐기물은 2004년 기준으로 200리터 용량의 드럼으로 약 64,000 드럼이 울진, 고리, 영광, 월성 발전소 부지 내에 저장되어 있다. 또한, 원자력발전소외에 한국원자력연구소, 한국원자력연료주식회사 등의 원자력 시설에도 방사성폐기물이 발생되며 자체 저장시설에 저장하고 있는 실정이다. 이와 같이 저장되는 방사성폐기물의 처리가 매우 중요한 것으로, 방사성폐기물의 처리 목적의 가장 큰 목적은 방사성 오염으로 인한 자연환경에 영향을 가능한 최소화하여 주변 환경을 보호하고 피해가 발생되지 않도록 하고 있다. 방사성폐기물은, 폐기물에 함유된 방사성물질의 많고 적음에 따라 고준위 폐기물, 중준위 폐기물, 저준위 폐기물로 구분되며, 물리적 상태에 따라 기체, 액체, 고체 폐기물로도 분류된다. 이와 같이 분류되는 방사성 폐기물 중 국내에서 발생하는 방사성 폐기물은 사용 후 연료를 제외하고 발생하는 폐기물이며, 이중 저준위 폐기물에는 작업자가 사용했던 작업복, 휴지, 덧신, 장갑들과 유지 보수시 발생된 폐부품 등의 가연성 폐기물이 주류를 이루고 있으며, 시험관이나 주사기, 각종 튜브 종류 등 방사성 동위원소를 사용하는 연구기관이나 병원에서 발생하는 폐기물들도 포함되어 있다. 이와 같은 고체상태의 방사성 폐기물을 처리방법으로는, 압축감용법, 소각 등의 처리방법이 있다. 이 중, 압축감용법은, 방사성 폐기물을 기계적으로 눌러 용적을 줄이는 방법으로 폐기물 자체용적을 작게 함으로써 하나의 용기에 보다 많은 폐기물이 들어가도록 함으로써 전체 폐기물의 용적을 낮추는 방법으로, 소각처리가 적합하지 않을 경우에 효과적이며 현재 널리 사용되고 있다. 하지만, 폐기물질의 조직이 너무 치밀하고 단단하여 부피감소를 무시할 수 있거나 인화성 폭발성 물질이나 액체를 포함하고 있는 물질들은 압축 처리하지 않고 있다.

[0003] 한편 소각처리방법은, 원자력시설에서 발생하는 가연성 폐기물을 산소/공기와 결합시켜 산화시키는 방법으로, 감용비가 클 뿐만 아니라, 폐기물 소각 후 불활성 및 반응성이 작은 형태로 전환시켜 추후 저장 및 수송시의 문제점들을 감소시킬 수 있어 선진국에서 많이 시행되고 있는 방법이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 기존의 방사성폐기물 소각장치는 1,000℃ 이상의 고온의 연소 공정을 포함하므로 장치의 외벽면 내화물의 두께가 최소 30cm에 이르는 등 대형으로 설치될 수 밖에 없어 이동식으로 설치할 수 없었으며, 고온으로 진행되므로 소각과정에서 발생하는 세습 입자가 증발하여 배가스와 함께 배출된다는 문제가 있다.

[0005] 이에, 본 발명은 방사성 가연성 폐기물을 우선 200~500℃ 로 가열 열분해하여 가연성 폐기물을 비응축성 가스 및 응축성 증기로 전환시킨다. 이때 폐기물에 포함되어 있는 방사성물질인 세습은 비가연성 물질로 이 온도에서 증발되지 않고 다른 고체성분인 SiO₂, Al₂O₃, 등 같이 ash 즉 잔유물로 남아서 하부로 배출된다. 한편 상기 열분해 단계를 통과한 비응축성 가스 및 응축성 증기는 가스화단계를 통과하면서 소량의 공기를 만나 CO, CO₂, H₂, CH₄, 등과 같은 합성가스로 전환되고 다시 연소단계를 거치면서 충분한 공기를 만나 합성가스가 완전 연소가 된다. 이후 완전연소 된 배가스는 후처리단계를 거쳐 오염물질이 제거되면서 외부로 배출된다. 본 발명은 이러한 3가지 단계를 거치는 장치의 크기를 소형화하여 이동성이 향상된 방사성 폐기물 저장 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 열분해 가스화 연소 장치 및 고화 장치가 포함되는 제1 컨테이너; 상기 제1 컨테이너와 연결되며, 후처리 장치가 포함되는 제2 컨테이너를 포함하고, 상기 열분해 가스화 연소 장치는 상기 제1 컨테이너로 유입된 방사성 폐기물을 열분해하며, 상기 열분해, 가스화, 연소로 발생하는 가스는 상기 제2 컨테이너로 유입되어 상기 후처리 장치를 통해 냉각 및 집진되는 방사성 폐기물 저장 장치를 제공한다.

[0007] 또한, 상기 열분해 장치는 200 내지 500℃, 가스화 장치는 400 내지 800℃의 온도로 상기 방사성 폐기물을 열분해, 가스화하는 방사성 폐기물 저장 장치를 제공한다.

[0008] 또한, 상기 방사성 폐기물 저장 장치에는 연소 장치를 더 포함하고,

[0009] 상기 연소 장치는 상기 열분해 가스화 장치에서 발생하는 가스를 연소하여 제2 컨테이너로 보내는 방사성 폐기물 저장장치를 제공한다.

[0010] 다른 실시 예로, 본 발명은 방사성 폐기물을 열분해하여 가스와 잔유물로 분리하는 열분해 단계; 상기 열분해 단계에서 배출되는 열분해 가스를 가열하여 합성가스로 전환하는 가스화 단계; 상기 열분해 단계에서 배출되는 잔유물을 고화하는 고화 단계; 상기 가스화 단계에서 전환된 상기 합성가스를 연소하는 연소 단계; 및 상기 연소 단계를 거쳐 생성된 배가스를 냉각하고, 상기 배가스에 포함된 분진 성분을 제거하는 후처리 단계를 포함하는 방사성 폐기물 저감 방법을 제공한다.

[0011] 또한, 상기 열분해 단계는 상기 방사성 폐기물을 200℃ 내지 500℃의 온도로 열분해하는 방사성 폐기물 저감 방법을 제공한다.

[0012] 또한, 상기 연소 단계는 상기 합성가스를 완전 연소하도록 유도하여 가스를 안정화하기 위해 공기를 추가적으로 공급하는 가스안정화 단계를 포함하는 방사성 폐기물 저감 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따른 방사성 폐기물 저감 장치 및 방법은 방사성 폐기물을 세습이 기화되는 온도보다 낮은 온도로 열분해하므로 세습의 증발량을 최소화하여 대기중 배출량을 감소할 수 있다.

[0014] 또한, 저온 열분해 방식을 이용하므로 장치의 내벽 두께를 기존의 경우보다 더 얇게 설치할 수 있어 장치의 크기를 소형화할 수 있고, 열분해, 가스화가 진행되는 제1 컨테이너와 연소 및 후처리 공정이 진행되는 제2 컨테이너를 상용 컨테이너를 활용하여 제조할 수 있어 이동성이 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명에 따른 이동식 방사성 폐기물 저감장치의 구성을 위에서 바라본 모습을 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명에 제1 컨테이너에 포함된 구성을 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명의 제1 컨테이너와 제2 컨테이너가 연결된 형태를 단면도로 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 방사성 폐기물 저감 방법을 단계적으로 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하 설명하는 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 이하 설명하는 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이하 설명하는 기술의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0018] 도 1는 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 방사성 폐기물 저감 장치(10)의 구성을 도시한 것이다. 도 1을 참조하여 설명하면, 방사성 폐기물 저감 장치(10)에는 제1 컨테이너(100), 제2 컨테이너(200) 및 연소 장치(300)가 포함될 수 있다.

[0019] 도 2를 참조하여 참조하여 설명하면, 제1 컨테이너(100)에는 방사성 폐기물 투입장치(110), 투입된 방사성 폐기물을 열분해하고, 가열하기 위한 열분해 가스화 장치(120) 및 고화 장치(130)가 포함될 수 있다.

[0020] 방사성 폐기물 투입장치(110)는 방사성 폐기물이 수용된 드럼의 덮개를 해제하고 내부에 수용된 폐기물을 컨베이어를 통해 열분해 가스화 장치(120)에 투입하기 위한 장치일 수 있다.

[0021] 열분해 가스화 장치(120)는 투입된 방사성 폐기물을 200℃ 내지 500℃ 온도로 가열하여 열분해하므로 방사성 폐기물은 비응축성 가스, 응축성 증기, 및 고형의 잔여물로 전환될 수 있다. 세습의 기화 온도는 약 650℃이므로 방사성 폐기물을 200℃ 내지 500℃ 온도로 열분해 하더라도 기화되지 않아 세습의 증발량을 최소화 할 수 있다.

[0022] 열분해 가스화 장치(120)에서 열분해로 전환된 비응축성 가스 및 응축성 가스는 상방향으로 이동하고, 고형의 잔여물은 중력에 의해 하방향으로 이동할 수 있다.

[0023] 열분해 가스화 장치(120)에는 가열장치(121)가 포함되며, 가열장치(121)는 열분해 후 상방향으로 이동하는 비응축성 가스 및 응축성 가스를 500℃ 내지 800℃로 가열하여 CO, H₂, CH₄ 등을 포함하는 합성가스로 전환할 수 있다.

[0024] 열분해 가스화 장치(120)는 세습이 기화되지 않는 온도에서 열분해하여 세습이 고형의 잔여물에 포함되도록 할

수 있다.

- [0025] 열분해 가스화 장치(120)에서 전환된 고형의 잔여물을 중력에 의해 하방향으로 이동하여 잔유물 저장소(122)로 이동할 수 있다. 고형의 잔여물에 포함된 세습도 역시 고형의 잔여물과 함께 잔유물 저장소(122)로 이동할 수 있다.
- [0026] 고화 장치(130)는 잔유물 저장소(122)에 저장된 고형의 잔여물을 투입받아 시멘트 등과 혼합하여 고화하기 위한 장치일 수 있다.
- [0027] 도 3을 참조하여 설명하면, 연소 장치(300)는 열분해 가스화 장치(120)의 상부에서, 제1 컨테이너(100)와 제2 컨테이너(200) 사이를 연결할 수 있고, 연소된 배가스를 제2 컨테이너(200)로 보낼 수 있다.
- [0028] 열분해 가스화 장치(120)에서 전환된 CO, H₂, CH₄ 등을 포함하는 합성가스는 연소 장치(300)에 의해 공기와 함께 연소되며 배가스로 생성될 수 있다. 합성가스는 연소 장치에 의해 완전 연소되며 제2 컨테이너(200)로 이동하며, 제2 컨테이너(200)에 배치된 공기 공급장치(310)는 연소하는 합성가스에 추가적인 공기를 공급하여 완전 연소를 촉진하며, 가스를 안정화할 수 있다.
- [0029] 이와 같이 열분해, 가스화, 연소를 단계적으로 진행하면 일반적인 소각 공정보다 세습의 대기중 배출을 최소화할 수 있고, 동시에 열분해 및 가스화 이후에 연소 장치(300)을 통해 연소하므로 연소에 필요한 공기량을 감소시킬 수 있어 연소 장치(300)는 공기 연료비를 1.2 내지 1.3으로 운전할 수 있다. 이는 통상의 소각 공정에서 공기 연료비가 1.7 이상인 것에 비해 현저히 감소한 수치이다. 공기 연료비가 저감되므로 생성되는 배가스도 저감할 수 있다.
- [0030] 도 3을 참조하여 설명하면, 제2 컨테이너(200)는 연소 장치(300)에서 생성된 배가스가 유입되며, 유입된 배가스의 후처리 공정을 하기 위한 곳일 수 있다. 후처리 공정은 후처리 장치들에 의해 진행될 수 있다.
- [0031] 제2 컨테이너(200)에 포함된 후처리 장치들에는 열교환기(210), 건식 세정탑(220), 백필터(230) 및 HEPA설비(240)가 포함될 수 있다. 연소장치(300)으로부터 배출된 배가스는 열교환기(210), 반건식 세정탑(220), 백필터 집진기(230) 및 HEPA(HEPA)설비(240) 순으로 통과한 후 공기중으로 배출될 수 있다.
- [0032] 열교환기(210)는 고온의 배가스를 냉각하기 위한 장치로 후처리 공정 시설이 고온의 배가스에 의해 손상되는 것을 방지할 수 있다.
- [0033] 백필터 집진기(230)는 배가스에서 미리 정해진 범위의 크기 입자를 전기적으로 제거하기 위한 장치일 수 있다.
- [0034] HEPA설비(240)에는 HEPA필터(High Efficiency Particulate Air, HEPA)가 포함되므로 배가스에 포함된 0.3 μ m 이상 크기의 입자를 99% 이상을 배가스에서 제거할 수 있다.
- [0035] 도 4를 참조하여 설명하면, 방사성 폐기물 감량화 방법은 열분해 가스화 단계, 고화 단계, 연소 단계 및 후처리 단계를 포함할 수 있다.
- [0036] 열분해 가스화 단계는 투입된 방사성 폐기물을 200℃ 내지 500℃의 온도로 열분해하는 열분해 단계, 500℃ 내지 800℃ 가열하는 가스화 단계를 포함할 수 있다.
- [0037] 열분해 단계는 투입된 방사성 폐기물을 200℃ 내지 500℃의 온도로 열분해하여 비응축성 가스, 응축성 가스 및 고형의 잔유물로 전환시키기 위한 단계일 수 있다. 전환된 가스와 고형의 잔유물은 서로 분리되어 가스는 가스화 단계를 거치며 가열되어 CO, H₂, CH₄ 등을 포함하는 합성가스로 전환되며, 고형의 잔유물을 고화 단계를 거치며 폐기될 수 있다. 세습의 기화 온도는 약 650℃이므로 방사성 폐기물을 200℃ 내지 500℃ 온도로 열분해 하더라도 세습이 기화되지 않아 세습의 증발량이 최소화 할 수 있다.
- [0038] 기화되지 않은 세습은 고형의 잔유물과 함께 고화 단계에서 고화될 수 있다.
- [0039] 가스화 단계는 열분해 단계에서 전환된 비응축성 가스 및 응축성 가스를 500℃ 내지 800℃의 온도로 가열하여 CO, H₂, CH₄ 등을 포함하는 합성가스로 전환하는 단계일 수 있다.
- [0040] 연소 단계는 전환된 합성가스를 완전 연소하기 위한 단계일 수 있다. 연소 단계에는 합성가스를 완전 연소하도록 유도하여 가스를 안정화하기 위해 공기, 특히 산소를 추가적으로 공급하는 가스 안정화 단계가 포함될 수 있다.
- [0041] 열분해 단계, 가스화 단계 및 연소 단계는 방사성 폐기물을 기체와 고체로 분리하고, 단계적으로 열을 가하므로

기존의 방사성 폐기물 소각 공정보다 세슘의 배출을 최소화할 수 있다.

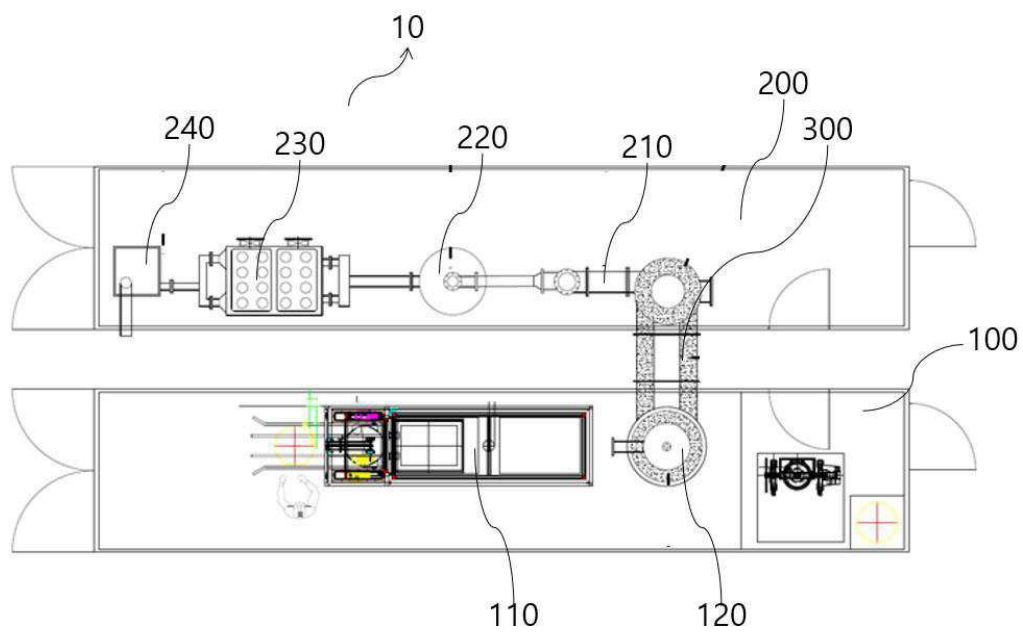
- [0042] 고화 단계는 열분해 단계 이후 전환된 고형의 잔유물을 시멘트 등과 혼합하여 고화하기 위한 단계일 수 있다. 열분해 단계에서 배출되는 고형의 잔유물에는 세슘이 다량 포함된 상태이므로 시멘트 등과 혼합하여 고화된 상태로 폐기할 수 있다.
- [0043] 후처리 단계는 연소 단계를 거치며 생성된 배가스를 냉각시킨 후 유해 물질을 제거하여 대기 중으로 배출하기 위한 단계일 수 있다.
- [0044] 후처리 단계에는 냉각 단계, 세정 단계 및 집진 단계를 포함할 수 있다.
- [0045] 냉각 단계는 연소 단계를 거치며 생성된 배가스는 고온이므로 대기 중으로 배출 가능한 온도가 되도록 배가스를 열교환기를 통해 냉각하기 위한 단계일 수 있다.
- [0046] 세정 단계는 수분을 함유한 소석회 슬러리를 분사하여 배가스에 포함된 산성 유해가스와 중화반응을 통해 산성 유해 가스를 제거하기 위한 단계일 수 있다.
- [0047] 집진 단계는 백필터 집진기 및 헤파설비를 통해 배가스에 포함된 분진 등의 작은 입자 성분을 제거하기 위한 단계일 수 있다.
- [0049] 이상 실시예를 통해 본 기술을 설명하였으나, 본 기술은 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 실시예는 본 기술의 취지 및 범위를 벗어나지 않고 수정되거나 변경될 수 있으며, 본 기술분야의 통상의 기술자는 이러한 수정과 변경도 본 기술에 속하는 것임을 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

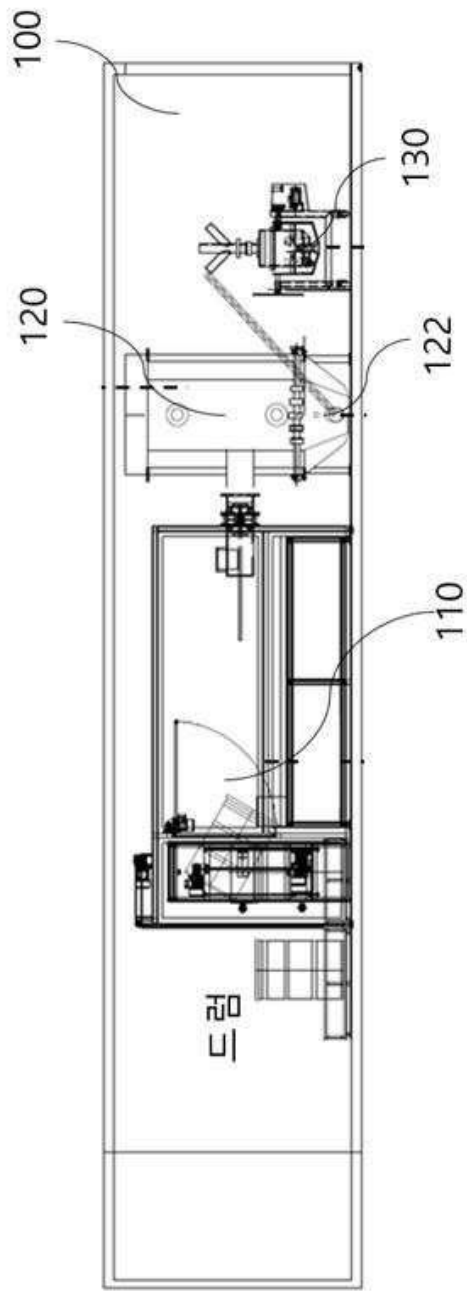
- [0050]
- | | |
|--------------------|------------------|
| 10 : 방사능 폐기물 저장 장치 | 100 : 제1 컨테이너 |
| 110 : 방사성 폐기물 투입장치 | 120 : 열분해 가스화 장치 |
| 121 : 가열장치 | 122 : 잔유물 저장소 |
| 130 : 고화 장치 | 200 : 제2 컨테이너 |
| 210 : 열교환기 | 220 : 반건식 세정탑 |
| 230 : 백필터 집진기 | 240 : 헤파설비 |
| 300 : 연소장치 | |

도면

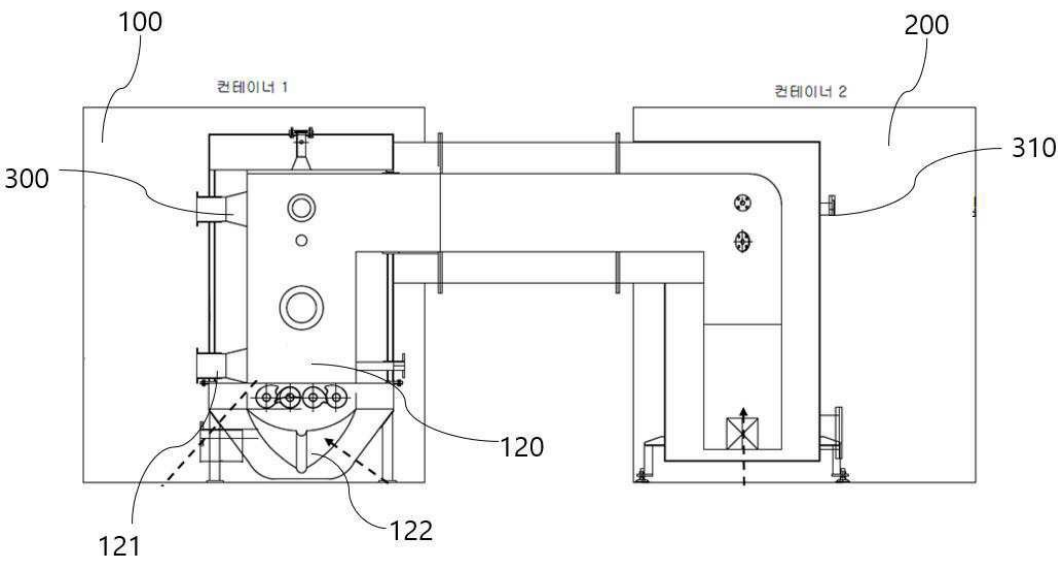
도면1



도면2



도면3



도면4

