



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0027783  
(43) 공개일자 2023년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B03C 3/16 (2006.01) B01D 47/02 (2006.01)  
B01D 53/78 (2006.01) B03C 3/38 (2023.01)  
B03C 3/51 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B03C 3/16 (2013.01)  
B01D 47/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0109963

(22) 출원일자 2021년08월20일

심사청구일자 2021년08월20일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

황정호

서울특별시 강남구 도곡로13길 19, 102동 901호(역삼동, 역삼동 롯데캐슬 노블)

유기현

서울특별시 종로구 창경궁로 295-8, 202호(혜화동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인다나

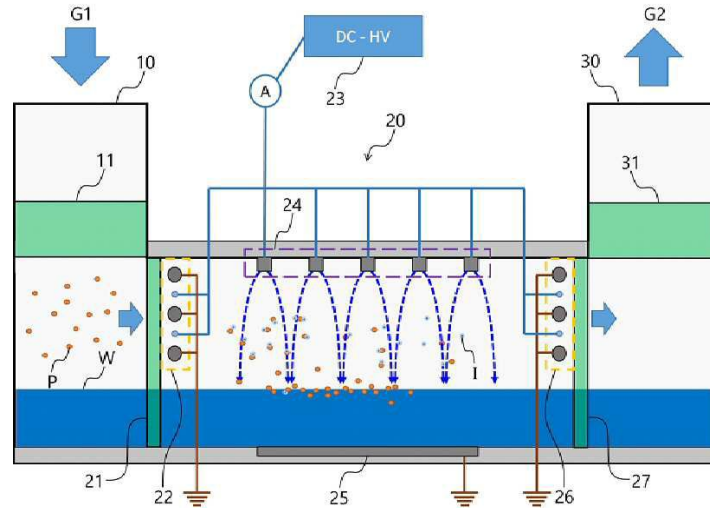
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 POU 가스 스크러버 연계 전기집진장치

(57) 요약

본 발명은 스크러버 연계 전기집진장치에 관한 것으로: 흡수제를 사용하여 배가스 중의 가스 물질을 처리하는 1차 습식 스크러버; 1차 습식 스크러버와 연결되고, 코로나 방전을 통해 배가스 중의 입자상 물질을 하전시킨 후, 접지 전극으로 설정된 물에 포집시키고, 코로나 방전을 통해 NO를 산화시키는 전기집진장치; 및 전기집진장치와 연결되는 2차 습식 스크러버를 포함하는 스크러버 연계 전기집진장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**B01D 53/78** (2013.01)

**B03C 3/383** (2013.01)

**B03C 3/51** (2013.01)

(72) 발명자

**강명수**

서울특별시 서대문구 연희로 102, 402호(연희동,  
아눔스오피스텔)

**최지수**

서울특별시 서대문구 신촌로 149, 2009호(대현동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711131852

과제번호 2013M3A6B2078959

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 원천기술개발사업

연구과제명 [통합이지마로] (3세부)입자의 전기적 특성을 이용한 기상 감염성 병원체 액상포집

기술개발 (3/3단계)(4/5)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

흡수제를 사용하여 배가스 중의 가스 물질을 처리하는 1차 습식 스크러버;

1차 습식 스크러버와 연결되고, 코로나 방전을 통해 배가스 중의 입자상 물질을 하전시킨 후, 접지 전극으로 설정된 물에 포집시키고, 코로나 방전을 통해 NO를 산화시키는 전기집진장치; 및

전기집진장치와 연결되는 2차 습식 스크러버를 포함하는 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

흡수제는 NaOH, NaCl 및 NaClO<sub>2</sub> 중에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 수용액인 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

배가스는 NO<sub>x</sub> 및 SO<sub>x</sub> 중에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

1차 습식 스크러버 및 2차 습식 스크러버는 물과 흡수제가 위로부터 아래쪽으로 이동하는 물 탱크 형태로 구성되는 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

1차 습식 스크러버 및 2차 습식 스크러버는 중간에 배치되는 다공성 매체를 포함하는 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

전기집진장치는 물 탱크 형태로 구성되고, 수위는 탱크 높이의 50% 이하로 유지되는 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

전기집진장치는 상부에 배치되는 방전 전극, 및 하부에 배치되는 그라운드 전극을 포함하는 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

전기집진장치는 양 측면 중 적어도 한 곳에 배치되는 입자 하전장치를 포함하는 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

1차 습식 스크러버 및 전기집진장치 사이 그리고 2차 습식 스크러버 및 전기집진장치 사이에 배치되는 다공성 매체를 추가로 포함하는 스크러버 연계 전기집진장치.

#### 청구항 10

제1항에 따른 스크러버 연계 전기집진장치를 이용하는 배가스 처리방법으로서:

1차 습식 스크러버에서 배가스 중의 가스 물질을 1차로 처리하는 단계;

전기집진장치에서 코로나 방전을 통해 NO를 산화시키는 단계;

전기집진장치에서 코로나 방전을 통해 배가스 중의 입자상 물질을 하전시킨 후, 접지 전극으로 설정된 물에 포집시키는 단계; 및

2차 습식 스크러버에서 배가스 중의 가스 물질을 2차로 처리하는 단계를 포함하는 배가스 처리방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

입자상 물질은 전기집진장치의 방전 전극 및 입자 하전장치에 의해 하전되고, 하전된 입자상 물질은 정전기력을 통해 침강되며, 접지 전극으로 설정된 물에 포집되는 배가스 처리방법.

#### 청구항 12

제10항에 있어서,

입자상 물질의 하전이 진행되는 동시에, 배가스 중의 NO는 방전 전극 및 입자 하전장치에 의해 NO<sub>2</sub>로 산화되는 배가스 처리방법.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

NO는 전단의 입자 하전장치에 의해 1차 산화되고, 후단의 입자 하전장치에 의해 2차 산화되는 배가스 처리방법.

#### 청구항 14

제10항에 있어서,

NO<sub>2</sub>는 1차 습식 스크러버에 의해 1차 처리되고, 2차 습식 스크러버에 의해 2차 처리되는 배가스 처리방법.

#### 청구항 15

제10항에 있어서,

배가스의 오염물질들은 모두 1차 습식 스크러버와 2차 습식 스크러버 및 전기집진장치의 물 탱크에 모여 처리되는 배가스 처리방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 스크러버(scrubber) 연계 전기집진장치에 관한 것으로, 특히 습식 스크러버와 코로나(corona) 방전 및 전기집진을 이용하여 NO<sub>x</sub> 및 입자상 물질을 동시에 제거하는 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 현재 반도체 공정에서 사용되는 POU(point of use) 가스 스크러버는 공정 중에 발생하는 배가스에 대한 처리를 위해 사용된다. POU 가스 스크러버는 제조 라인에서 발생하는 배가스에 대한 처리 장치를 의미한다.

[0003] 배가스에는 각종 독성 가스, 산성 가스, 가연성 가스 및 환경 유해 가스뿐만 아니라 입자상 물질이 포함되어 있다. 구체적으로, 반도체 제조공정 중에서 발생하는 각종 독성 가스 및 산성 가스, 가연성 가스( $\text{SiH}_4$ ,  $\text{Si}_2\text{H}_6$ , 디클로로실란(DCS),  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ), 환경 유해 가스(PFC계:  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$ ,  $\text{NF}_3$  등) 등이 배출되고,  $\text{SiH}_4$ , 테트라에틸 오르토실리케이트(TEOS) 등의 가스는 입자상 물질의 형태로 전환된다.

[0004] 현재 사용되는 POU 가스 스크리버는 유해 가스의 연소를 통해서 가스상 오염물질을 저감시킨다. 이때 발생하는  $\text{NO}_x$ 를 제거하기 위해 스크리버를 사용한다.

[0005] 다만, POU 가스 스크리버를 통해서 입자상 물질에 대한 처리는 진행되고 있지는 않는다. 추후, 전기 집진기 장치를 사용하여 입자상 물질을 처리한다.

[0006] 이와 같이, 가스 스크리버에서 유해 물질의 1차 처리(열처리)를 진행하는데, 1차 처리하는 동안  $\text{NO}_x$ 가 발생하고, 스크리버를 통해서 수용성 물질을 제거하며, 입자상 물질은 추후 배가스 파이프 라인을 따라 이동 후 전기집진기에서 제거한다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 가스상 물질( $\text{NO}_x$  등) 및 입자상 물질을 동시에 제거하는 장치를 제공하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위해: 흡수제를 사용하여 배가스 중의 가스 물질을 처리하는 1차 습식 스크리버; 1차 습식 스크리버와 연결되고, 코로나 방전을 통해 배가스 중의 입자상 물질을 하전시킨 후, 접지 전극으로 설정된 물에 포집시키고, 코로나 방전을 통해 NO를 산화시키는 전기집진장치; 및 전기집진장치와 연결되는 2차 습식 스크리버를 포함하는 스크리버 연계 전기집진장치를 제공한다.

[0009] 본 발명에서 흡수제는 NaOH, NaCl 및  $\text{NaClO}_2$  중에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 수용액일 수 있다.

[0010] 본 발명에서 배가스는  $\text{NO}_x$  및  $\text{SO}_x$  중에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명에서 1차 습식 스크리버 및 2차 습식 스크리버는 물과 흡수제가 위로부터 아래쪽으로 이동하는 물 탱크 형태로 구성될 수 있다.

[0012] 본 발명에서 1차 습식 스크리버 및 2차 습식 스크리버는 중간에 배치되는 다공성 매체를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명에서 전기집진장치는 물 탱크 형태로 구성되고, 수위는 탱크 높이의 50% 이하로 유지될 수 있다.

[0014] 본 발명에서 전기집진장치는 상부에 배치되는 방전 전극, 및 하부에 배치되는 그라운드 전극을 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명에서 전기집진장치는 양 측면 중 적어도 한 곳에 배치되는 입자 하전장치를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명에 따른 장치는 1차 습식 스크리버 및 전기집진장치 사이 그리고 2차 습식 스크리버 및 전기집진장치 사이에 배치되는 다공성 매체를 추가로 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명은 상술한 스크리버 연계 전기집진장치를 이용하는 배가스 처리방법으로서: 1차 습식 스크리버에서 배가스 중의 가스 물질을 1차로 처리하는 단계; 전기집진장치에서 코로나 방전을 통해 NO를 산화시키는 단계; 전기집진장치에서 코로나 방전을 통해 배가스 중의 입자상 물질을 하전시킨 후, 접지 전극으로 설정된 물에 포집시키는 단계; 및 2차 습식 스크리버에서 배가스 중의 가스 물질을 2차로 처리하는 단계를 포함하는 배가스 처리방법을 제공한다.

[0018] 본 발명에서 입자상 물질은 전기집진장치의 방전 전극 및 입자 하전장치에 의해 하전되고, 하전된 입자상 물질은 정전기력을 통해 침강되며, 접지 전극으로 설정된 물에 포집될 수 있다.

[0019] 본 발명에서 입자상 물질의 하전이 진행되는 동시에, 배가스 중의 NO는 방전 전극 및 입자 하전장치에 의해  $\text{NO}_2$ 로 산화될 수 있다.

[0020] 본 발명에서 NO는 전단의 입자 하전장치에 의해 1차 산화되고, 후단의 입자 하전장치에 의해 2차 산화될 수 있다.

다.

[0021] 본 발명에서  $\text{NO}_2$ 는 1차 습식 스크러버에 의해 1차 처리되고, 2차 습식 스크러버에 의해 2차 처리될 수 있다.

[0022] 본 발명에서 배가스의 오염물질들은 모두 1차 습식 스크러버와 2차 습식 스크러버 및 전기집진장치의 물 탱크에 모여 처리될 수 있다.

### 발명의 효과

[0023] 본 발명에서 제시하는 스크러빙 연계 집진장치는  $\text{NO}_x$ 와 입자상 물질이 존재하는 배가스 처리 장치에 적용 가능하다. 또한, 본 발명에서 제안하는 기술은 소형화된 배기 처리 장치에 대해서도 적용 가능하다.

[0024] 특히, 본 발명에 따른 장치는 반도체 공정에서 많이 사용되는 POU 가스 스크러버 장치에도 적용 가능한 형태이다. 현재에는 POU를 통해서 가스상 물질에 대해서만 처리를 진행하지만, 본 발명을 통해서 가스상 물질뿐만 아니라 입자상 물질도 동시에 처리할 수 있다.

[0025] POU 가스 스크러버 중에서 열 플라스마(thermal plasma)를 이용하여 유해가스를 연소하는 경우(plasma-wet type), POU 가스 스크러버 장치에 플라스마 발생을 위한 전원 장치가 존재하는데, 본 발명에 따르면 입자의 하전 및 집진을 위한 전원 장치를 추가로 설치할 필요가 없다.

[0026] 또한, 본 발명에 따른 장치는  $\text{NO}_x$  뿐만 아니라  $\text{SO}_x$ 가 존재하는 배가스 처리에도 적용 가능하다. 배가스 내에  $\text{SO}_x$ 와  $\text{NO}_x$ 가 공존할 경우,  $\text{SO}_x$ 에 의해서  $\text{NO}_x$ 의 저감 효율의 상승이 발생하기 때문이다.

### 도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 스크러버 연계 전기집진장치의 구성도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 첨부 도면을 참고하여 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0029] 도 1을 참고하면, 본 발명에 따른 스크러버 연계 전기집진장치는 크게 구분하여 1차 습식 스크러버(10), 전기집진장치(20) 및 2차 습식 스크러버(30) 등으로 구성될 수 있다. 본 발명은 습식 스크러빙 및 전기 집진기의 조합을 특징으로 한다.

[0030] 1차 습식 스크러버(10)는 흡수제를 사용하여 배가스( $G_1$ ) 중의 가스 물질을 1차적으로 처리하는 역할을 한다. 1차 습식 스크러버(10)에서는  $\text{NO}_x$ 의 용해를 통한 1차 저감이 이루어질 수 있다.

[0031] 배가스( $G_1$ )는  $\text{NO}_x$  및  $\text{SO}_x$  중에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다. 구체적으로, 배가스( $G_1$ )는  $\text{NO}_x$ 를 필수적으로 포함하고, 바람직하게는  $\text{SO}_x$ 도 함께 포함할 수 있다. 배가스( $G_1$ )는 예를 들어 반도체 제조공정에서 발생하는 배가스일 수 있고, 즉 POU 가스 스크러버에 적용 가능하다. POU 스크러버의 한 형태로서, 액화 천연 가스(LNG)를 사용한 번-습식 형태(Burn-wet type)/플라스마-습식 형태(plasma-wet type) 모두에서  $\text{NO}_x$ 가 발생한다. 스크러빙 이후, 가스는 물 탱크를 지나는데, 여기서 전기집진을 통한 입자 포집 기술을 적용할 수 있다. 배가스( $G_1$ )는 가스 물질뿐만 아니라 입자상 물질도 포함할 수 있다.

[0032] 흡수제는  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaCl}$  및  $\text{NaClO}_2$  중에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 수용액일 수 있다. 습식이므로 물이 사용되는데, 흡수제는 물에 용해되어 흡수제 용액 형태로 사용될 수 있다. 습식 스크러버에서 사용되는 물은 다양한 흡수제를 사용하여  $\text{NO}_x$ 의 제거 효율을 향상시킬 수 있다. 이와 같이, 스크러버에 사용되는 물에 흡수제 사용을 통해  $\text{NO}_x$  제거 효율을 향상시킬 수 있고, 다양한 종류의 흡수제( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{NaCl}$  등)를 물에 희석하여  $\text{NO}_x$  저감 향상이 가능하다. 각 흡수제는 서로 다른 농도를 기준으로 사용될 수 있는데, 예를 들어,  $0.1 \pm 0.05$  M의  $\text{NaOH}$ ,  $3.5 \pm 1\%$   $\text{NaCl}$ (해수) 등을 사용할 수 있다. 또한, 사용되는 물의 pH를 적절하게 조절할 수 있다.

[0033] 1차 습식 스크러버(10)는 전체적으로 단순하게 볼 때, 물과 흡수제(흡수제 용액)가 위로부터 아래쪽으로 이동하는(주입, 분사 또는 분무되는) 물 탱크(water tank) 형태로 구성될 수 있다. 1차 습식 스크러버(10)의 종류와 형상 및 크기 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다. 물과 흡수제 및 배가스( $G_1$ )는 모두 1차 습식 스크러버(10)의 상부로부터 주입될 수 있다. 이를 위해, 1차 습식 스크러버(10)는 그 상부에 물과 흡수제 및

배가스(G1)가 유입되는 적어도 하나의 유입구를 구비할 수 있다. 유입구의 위치와 개수 및 크기 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다. 또한, 1차 습식 스크러버(10)는 상부에 배치되어 물과 흡수제 및 배가스(G1)를 분사하는 적어도 하나의 노즐을 구비할 수 있다. 노즐의 위치와 개수 및 크기와 종류 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다.

[0034] 또한, 1차 습식 스크러버(10)는 중간 위치에서 수평방향으로 전체에 걸쳐 배치되는 다공성 매체(11)를 포함할 수 있다. 다공성 매체(11)는 입자를 스크리닝하고, 유체(기체 및/또는 액체)를 혼합하며, 유체 흐름을 안정화시키고, 및/또는 구역을 구분하는 등의 복합적인 역할을 할 수 있다. 다공성 매체(11)는 다수의 기공을 가질 수 있고, 플라스틱 또는 금속 등으로 제작될 수 있으며, 예를 들어 고분자 수지 발포체로 구성될 수 있다. 다공성 매체(11)의 위치와 크기 및 기공 크기와 공극률 그리고 재질 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다.

[0035] 1차 습식 스크러버(10)의 상부로부터  $\text{NO}_x$  및 입자상 물질을 포함하는 배가스(G1)가 유입되면, 마찬가지로 상부로부터 주입된 물과 흡수제에 의해  $\text{NO}_x$  등의 가스 물질이 처리된다. 1차 습식 스크러버(10)의 하부에는 상부로부터 주입된 물(W)이 고여서 체류하게 되고, 물(W)의 수위는 일정 수준으로, 예를 들어 1차 습식 스크러버(10)의 높이의 50% 이하, 구체적으로 3 내지 50%, 5 내지 40%, 10 내지 30%, 또는 15 내지 20%로 유지될 수 있다. 물(W)의 수위는 물(W)의 주입량 및/또는 배출량의 조절을 통해 제어될 수 있다. 물(W) 상부의 공간에 있는 공기 중에는 입자상 물질(P)이 포함되어 부유하고, 또한 공기 중에는 액적 및 수증기 등도 포함될 수 있다. 이러한 공기 중에 존재하는 수분(수증기) 및 액적은 방전 및 전기집진의 효율을 향상시킬 수 있다.

[0036] 전기집진장치(20)는 배가스(G1) 중의 입자상 물질(P)을 처리하는 역할을 하고, 구체적으로 코로나 방전을 통해 배가스(G1) 중의 입자상 물질(P)을 하전시킨 후, 집진 전극으로 설정된 물에 포집시키는 역할을 하며, 또한 코로나 방전을 통해 NO를 산화시키는 역할을 한다.

[0037] 전기집진장치(20)는 스크러버(10, 30)와 유사하게 물 탱크 형태로 구성될 수 있다. 전기집진장치(20)의 종류와 형상 및 크기 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다. 전기집진장치(20)는 1차 습식 스크러버(10)의 후단에 배치되어 1차 습식 스크러버(10)와 연결될 수 있다. 물 탱크에서는 전기집진을 통한 입자상 물질 제거가 이루어지는데, 입자상 물질의 제거율은 물 탱크의 수평적 길이에 비례할 수 있다.

[0038] 전기집진장치(20)의 하부에는 1차 습식 스크러버(10)와 마찬가지로 물(W)이 고여서 체류하게 되고, 물(W)의 수위는 1차 습식 스크러버(10)와 동일하거나 유사할 수 있다. 전기집진장치(20)에서 물(W)의 수위는 예를 들어 전기집진장치(20)의 높이의 50% 이하, 구체적으로 5 내지 50%, 10 내지 45%, 15 내지 40%, 20 내지 35%, 또는 25 내지 30%로 유지될 수 있다. 수위가 너무 높으면, 전기장이 형성되는 공간의 감소로 전기장이 증가하여 입자가 받는 정전기력은 증가하지만, 수위를 지나는 속도의 증가에 의한 영향이 더 크다.

[0039] 한편, 물 탱크에서 전기집진을 할 경우, 물 탱크에 존재하는 물(W)에 의해 전기장이 형성되는 공간(물 상부에 공기가 있는 공간)의 크기가 축소되고, 이 공간 축소를 통해 전기장 세기의 증가로 인한 정전기력의 증가를 기대할 수 있다. 따라서, 물 탱크 형태의 전기집진장치(20)에서 물(W)의 수위가 너무 낮으면, 상술한 정전기력 증가 효과가 반감될 수 있으므로, 적절한 수위를 유지할 필요가 있다.

[0040] 전기집진장치(20)는 전단 다공성 매체(21), 전단 입자 하전장치(22), 직류 전원 장치(23), 방전 전극(24), 그라운드 전극(25), 후단 입자 하전장치(26), 후단 다공성 매체(27) 등을 구비할 수 있다. 여기서, 전단은 1차 습식 스크러버(10) 쪽의 위치를 의미하고, 후단은 2차 습식 스크러버(30) 쪽의 위치를 의미한다.

[0041] 전단 다공성 매체(21)는 1차 습식 스크러버(10) 및 전기집진장치(20) 사이에 배치되어 두 장치를 구분하는 격막 역할을 할 수 있다. 또한, 전단 다공성 매체(21)는 1차 습식 스크러버(10)의 다공성 매체(11)와 유사하게, 입자 스크리닝, 유체 혼합, 유체 흐름 안정화, 및/또는 구역 구분 등의 복합적인 역할을 할 수 있다. 전단 다공성 매체(21)는 수직방향으로 전기집진장치(20)의 높이 전체에 걸쳐 배치될 수 있다. 전기집진장치(20)의 높이는 1차 습식 스크러버(10)보다 낮을 수 있다. 전단 다공성 매체(21)의 기공 크기와 공극률 및 재질 등은 다공성 매체(11)와 동일하거나 유사할 수 있고, 전단 다공성 매체(21)의 두께는 다공성 매체(11)보다 얇을 수 있다. 입자상 물질(P) 및 물(W)은 전단 다공성 매체(21)의 기공을 통해 1차 습식 스크러버(10)로부터 전기집진장치(20)로 이동할 수 있다(그 반대 방향의 이동도 가능).

[0042] 전단 입자 하전장치(22)는 입자상 물질(P)을 하전시키는 역할을 하고, 또한 NO를  $\text{NO}_2$ 로 산화시키는 역할을 한다. 전단 입자 하전장치(22)의 방전에 의해 그 주변에 이온(I)이 발생하고, 이 이온(I)이 입자상 물질(P)을



하전시킬 수 있다. 전단 입자 하전장치(22)는 코로나 방전장치 또는 플라스마 방전장치(plasma discharger)일 수 있고, 로드-와이어(rod-wire) 형태, 핀-플레이트(pin-plate) 형태, 와이어-플레이트(wire-plate) 형태 등의 방전장치일 수 있다. 전단 입자 하전장치(22)는 전기집진장치(20)의 내부에서 전단 다공성 매체(21)와 인접하게 높이방향(수직방향)을 따라 일정 간격을 두고 복수 개로 배치될 수 있고, 각 장치는 지면과 접지될 수 있다. 전단 입자 하전장치(22)의 형태와 위치 및 개수와 재질(텅스텐 등) 그리고 형상과 크기 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다.

[0043] 직류 전원 장치(23)는 입자 하전장치(22, 26) 및 방전 전극(24)에 직류-고전압(DC-HV)을 인가하는 역할을 한다. 직류 전원 장치(23)는 입자 하전장치(22, 26) 및 방전 전극(24) 각각과 전선 등을 통해 연결될 수 있고, 중간에 전류계(A)가 설치될 수 있다. 전압의 세기는 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다.

[0044] 방전 전극(24)은 입자 하전장치(22, 26)와 유사하게 입자상 물질(P)을 하전시키는 역할을 한다. 방전 전극(24)은 입자 하전장치(22, 26)와 동일하거나 유사한 형태의 전극일 수 있다. 방전 전극(24)은 전기집진장치(20)의 내부 상단에 길이방향(수평방향)을 따라 일정 간격을 두고 복수 개로 배치될 수 있다. 방전 전극(24)의 형태와 위치 및 개수와 재질 그리고 형상과 크기 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다.

[0045] 방전 전극(24)은 입자상 물질의 하전의 역할도 할 수 있지만, 더 중요한 방전 전극(24)의 역할은 그라운드 전극인 물(W) 표면과의 상호작용으로 전기장을 형성시킨다는 것이다. 전기장 형성으로 하전된 입자상 물질이 전기장 내에서 정전기력을 받게 되어 공기의 흐름을 거스르고 침강하게 된다.

[0046] 그라운드(ground) 전극(25)은 물(W)을 접지 전극으로 설정하는 역할을 한다. 이를 위해, 그라운드 전극(25)은 전기집진장치(20)의 내부 하단에 배치되어 물(W)에 잠겨서 물(W)과 접촉 상태를 유지할 수 있고, 또한 지면과 접지될 수 있다. 그라운드 전극(25)은 방전 전극(24)과 동일하거나 유사한 형태의 전극일 수 있다. 그라운드 전극(25)의 형태와 위치 및 개수와 재질 그리고 형상과 크기 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다.

[0047] 후단 입자 하전장치(26)는 입자상 물질(P)을 하전시키는 역할도 하지만, 주로 NO를 NO<sub>2</sub>로 산화시키는 역할을 한다. 후단 입자 하전장치(26)는 필요에 따라 생략 가능하지만, 전단 입자 하전장치(22)와 함께 설치되는 것이 바람직하다. 후단 입자 하전장치(26)는 전단 입자 하전장치(22)와 동일하거나 유사한 방전장치일 수 있다. 후단 입자 하전장치(26)는 전단 입자 하전장치(22)와 유사하게 전기집진장치(20)의 내부에서 후단 다공성 매체(27)와 인접하게 높이방향(수직방향)을 따라 일정 간격을 두고 복수 개로 배치될 수 있고, 각 장치는 지면과 접지될 수 있다. 후단 입자 하전장치(26)의 형태와 위치 및 개수와 재질 그리고 형상과 크기 등은 특별히 제한되지 않고 적절하게 설정될 수 있다.

[0048] 후단 다공성 매체(27)는 전기집진장치(20) 및 2차 습식 스크러버(30) 사이에 배치되어 두 장치를 구분하는 격막 역할을 할 수 있다. 또한, 후단 다공성 매체(27)는 전단 다공성 매체(21)와 동일하거나 유사한 역할을 할 수 있다. 후단 다공성 매체(27)의 배치와 크기 및 기공 크기와 공극률 그리고 재질 등은 전단 다공성 매체(21)와 동일하거나 유사할 수 있다. 가스 물질 및 물(W)은 후단 다공성 매체(27)의 기공을 통해 전기집진장치(20)로부터 2차 습식 스크러버(30)로 이동할 수 있다(그 반대 방향의 이동도 가능).

[0049] 2차 습식 스크러버(30)는 흡수제를 사용하여 배가스(G1) 중의 가스 물질을 2차적으로 처리하는 역할을 한다. 이 후단 스크러버에서는 NO<sub>x</sub> 2차 저감이 이루어질 수 있다. 이를 위해, 2차 습식 스크러버(30)는 전기집진장치(20)의 후단에 배치되어 전기집진장치(20)와 연결될 수 있다. 2차 습식 스크러버(30)도 1차 습식 스크러버(10)와 동일하게 또는 유사하게 구성될 수 있다. 다만, 2차 습식 스크러버(30)는 1차 습식 스크러버(10)의 배가스(G1)의 유입구 대신에 정화 배가스(G2)의 유출구를 구비할 수 있다. 또한, 2차 습식 스크러버(30)도 1차 습식 스크러버(10)처럼 다공성 매체(31)를 구비할 수 있다. 2차 습식 스크러버(30)의 수위는 1차 습식 스크러버(10) 및 전기집진장치(20)와 동일하거나 유사할 수 있다.

[0050] 또한, 본 발명은 상술한 스크러버 연계 전기집진장치를 이용하는 배가스 처리방법으로서: 1차 습식 스크러버(10)에서 배가스(G1) 중의 가스 물질을 1차로 처리하는 단계; 전기집진장치(20)에서 코로나 방전을 통해 NO를 산화시키는 단계; 전기집진장치(20)에서 코로나 방전을 통해 배가스(G1) 중의 입자상 물질(P)을 하전시킨 후, 접지 전극으로 설정된 물(W)에 포집시키는 단계; 및 2차 습식 스크러버(30)에서 배가스(G1) 중의 가스 물질을 2차로 처리하는 단계를 포함하는 배가스 처리방법을 제공한다.

[0051] 입자상 물질(P)은 전기집진장치(20)의 방전 전극(24) 및 입자 하전장치(22, 26)에 의해 하전되고, 하전된 입자



상 물질(P)은 정전기력을 통해 침강되며, 접지 전극으로 설정된 물(W) 표면에 포집될 수 있다.

- [0052] 입자상 물질(P)의 하전이 진행되는 동시에, 배가스(G1) 중의 NO는 방전 전극(24) 및 입자 하전장치(22, 26)에 의해 NO<sub>2</sub>로 산화될 수 있다.
- [0053] NO는 전단의 입자 하전장치(22)에 의해 1차 산화되고, 후단의 입자 하전장치(26)에 의해 2차 산화될 수 있다.
- [0054] NO<sub>2</sub>는 1차 습식 스크러버(10)에 의해 1차 처리되고, 2차 습식 스크러버(30)에 의해 2차 처리될 수 있다.
- [0055] 배가스(G1)의 오염물질(입자상 물질(P) 및 가스 물질)들은 모두 1차 습식 스크러버(10)와 2차 습식 스크러버(30) 및 전기집진장치(20)의 물 탱크에 모여 처리될 수 있다.
- [0056] 이와 같이, NO<sub>x</sub>의 저감을 위해 습식 스크러버에 사용된 물은 물 탱크(전기집진장치)에 모여서 혹은 물 탱크로 흘러서 배출될 수 있다. 외부로 배출되기 위해 모여 있는 물 탱크에 전기집진 방식을 적용하여 입자를 집진함으로써 제거할 수 있다.
- [0057] 입자의 집진 원리는 다음과 같다.
- [0058] 입자상 물질을 포집하기 위해 로드-와이어 형태의 방전 장치(입자 하전 장치)를 설치할 수 있다. 구체적으로, 텅스텐 와이어에 +극(또는 -극)의 DC 고전압을 인가하여 코로나 방전을 발생시킬 수 있다. 로드-와이어 형태 이외에도, 와이어-플레이트, 핀-플레이트 등 다양한 코로나 방전장치가 적용 가능하다.
- [0059] 텅스텐 와이어 주변에서 코로나 방전에 의해 발생한 +이온(또는 -이온)이 입자에 부착되어 입자를 +극성(또는 -극성)으로 하전시킬 수 있다.
- [0060] 물 탱크(전기집진장치)에 존재하는 물을 접지 전극으로 설정하고, 상부에서는 다양한 형태의 전극(방전 전극)을 설치하여 직류 고전압을 인가할 수 있다. 이를 통해서, +극성(또는 -극성)으로 하전된 입자가 아래쪽 접지 전극(물 표면)에 포집될 수 있다.
- [0061] 물 탱크에서 전기집진을 할 경우, 물 탱크에 존재하는 물에 의해 전기장이 형성되는 공간의 크기가 축소되고, 이 공간 축소를 통해 정전기력의 증가를 기대할 수 있다.
- [0062] 집진부(전기집진장치) 전단의 방전 장치는 입자의 하전 및 NO의 산화가 목표일 수 있고, 집진부 후단의 방전 장치는 NO의 산화가 목표일 수 있다.
- [0063] NO의 산화원리는 다음과 같다.
- [0064] 입자상 물질을 하전시키기 위해 사용되는 방전 장치에서 코로나 방전이 발생할 때, NO가 NO<sub>2</sub>로 산화될 수 있다. 구체적으로, 하기 반응식과 같이, NO는 코로나 방전으로 생성되는 산소 원자나 오존에 의해 NO<sub>2</sub>로 산화될 수 있다..
- [0065] 
$$\text{NO} + \text{O} + \text{M} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{M}$$
- [0066] 
$$\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$$
- [0067] 흡수제가 NO<sub>x</sub> 저감에 미치는 영향은 다음과 같다.
- [0068] 첫째, 가스상 NO와 NO<sub>2</sub>의 반응은 하기 반응식과 같다.
- [0069] 
$$\text{NO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_3(\text{g}), K_2=4.12 \times 10^{-13} \exp(4869/T)$$
- [0070] 
$$2\text{NO}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}), K_3=6.98 \times 10^{-15} \exp(6866/T)$$
- [0071] 
$$\text{NO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{HNO}_2(\text{g}), K_4=1.825 \times 10^{-12} \exp(4723/T)$$
- [0072] 둘째, 물과의 반응은 하기 반응식과 같다.
- [0073] 
$$\text{N}_2\text{O}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{HNO}_2(\text{aq})$$

- [0074]  $\text{HNO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- [0075]  $2\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$
- [0076]  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$
- [0077]  $3\text{HNO}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g}) + \text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- [0078] 셋째, 흡수제와의 반응(염 생성 반응)은 하기 반응식과 같다.
- [0079]  $\text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaNO}_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- [0080]  $\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaNO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- [0081] 습식 스크러버에서의  $\text{SO}_2$  제거는 하기 반응에 의해 일어난다.
- [0082]  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$
- [0083]  $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- [0084] 이때 생성되는  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 은 하기 반응을 통해  $\text{NO}_2$ 를 제거하는 특성이 있다.
- [0085]  $2\text{NO}_2(\text{g}) + \text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{NaNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$
- [0086] 이와 같이, NaOH 수용액을 이용한 습식 스크러빙에서  $\text{SO}_2$ 는  $\text{NO}_x$  스크러빙 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0087] 기존 장치는 집진 장치의 단일 운용으로 입자상 물질의 포집을 위해 운용되어 기상 오염물질에 대한 정화가 불가능하였으나, 본 발명에서는 흡수제가 포함된 습식 스크러버를 통해서  $\text{NO}_x$  및  $\text{SO}_x$ 에 대한 처리가 가능하다. 또한, 방전 장치를 통한 NO의  $\text{NO}_2$  산화를 야기하여  $\text{NO}_x$ 의 저감 효율 향상이 가능하다.
- [0088] 본 발명의 방식은 습식 스크러버를 통해서 발생하는  $\text{NO}_x$ 를 포함한 폐수를 그라운드 전극으로 활용한 전기 집진 방식이다. 또한, 관에서 습식 스크러버에 의해 발생하는 수분 및 액적에 의한 방전 및 전기집진의 효율 향상을 기대할 수 있다.
- [0089] 또한, 본 발명에서는 유동하는 폐수를 입자의 집진 면(물 표면)으로 설정함으로써, 입자의 집진 누적에 의한 집진 효율 감소를 해결할 수 있다.
- [0090] 또한, 본 발명에서는 입자 하전을 위해 설치한 로드-와이어 형태의 방전 장치에서 입자의 하전뿐만 아니라 NO의 산화를 통해  $\text{NO}_x$ 의 저감을 최대화할 수 있다.
- [0091] 또한, 본 발명에서는  $\text{NO}_x$ 가 포함된 폐수에 입자 포집을 통한 오염물질 처리의 용이성을 기대할 수 있다.
- [0092] 본 발명에 따르면 스크러빙에 의한  $\text{NO}_x$  제거와 입자의 제거를 동시에 할 수 있는 장치를 설계할 수 있다. 또는  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , 입자상 물질이 동시에 존재하는 배가스에 대한 처리를 목표로 할 수 있다.
- [0093] 본 발명에 따른 장치는 습식 스크러버와 물 탱크(전기집진장치) 및 습식 스크러버의 조합으로 구성되는데, 물 탱크의 전/후로 습식 스크러버가 위치하고, 전단 스크러버에서는  $\text{NO}_x$ 의 용해를 통한 1차 저감이 이루어지며, 물 탱크에서는 전기집진을 통한 입자상 물질 제거가 이루어지고(제거율은 탱크 수평적 길이에 비례), 후단 스크러버에서는  $\text{NO}_x$  2차 저감이 이루어질 수 있다. 스크러버에 사용되는 용액으로는 예를 들어 0.1 M의 NaOH 용액을 사용할 수 있고, NaOH 대신에  $\text{NaClO}_2/\text{NaCl}$  등이 사용 가능하다. 또한, 물 탱크의 전/후단에는 입자 하전을 위한 방전 장치를 사용하여 NO의  $\text{NO}_2$  산화를 유도할 수 있다. 또한,  $\text{NO}_x$ 와 입자상 물질이 포집된 용액은 폐액으로 배출될 수 있다. 배출구는 스크러버 및/또는 물 탱크에 설치될 수 있다.
- [0094] 요컨대, 첫째, 본 발명에서는 스크러버에 사용되는 물에 흡수제 사용을 통해  $\text{NO}_x$  제거 효율을 향상시킬 수 있고, 다양한 종류의 흡수제( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{NaCl}$  등)를 물에 희석하여  $\text{NO}_x$  저감 향상이 가능하며, 각 흡수제는 서로

다른 농도를 기준으로 사용될 수 있다(예: 0.1 M의 NaOH, 3.5% NaCl(해수)).

- [0095] 둘째, 본 발명에서는 하전 방법에 있어서, 1차 스크리버를 통과한 가스가 물 탱크(전기집진장치)로 유입 또는 이동한 직후에, 플라스마 방전장치(입자 하전장치)를 통해서 입자의 하전이 진행될 수 있다(로드-와이어, 핀-플레이트, 와이어-플레이트 등 사용).
- [0096] 셋째, 본 발명에서는 물 탱크에서 전기 집진을 통해 배가스 내 입자상 오염물질이 포집될 수 있는데, 여기서 정 전기력을 통한 입자의 침강이 유도될 수 있고, 물 탱크의 물(표면)을 접지 전극으로 설정할 수 있으며(물 아래에 그라운드 전극 설치), 물 탱크 상부에 고전압을 인가하기 위한 전극을 설치할 수 있다(전극의 형태나 크기에 대한 제한이 없고, 플레이트/로드/와이어/핀 모두 가능).
- [0097] 넷째, 본 발명에서는 1차 스크리버 통과 후, 잔류 NO를 NO<sub>2</sub>로 산화시키기 위한 방법을 사용하는데, 입자 하전을 위해서 플라스마 방전시키고, 이때 사용하는 방전장치를 통해서 NO의 NO<sub>2</sub>로의 산화 및 입자 하전이 동시 진행될 수 있으며, 물 탱크 전단의 플라스마 방전장치로 NO의 산화가 부족하면, 물 탱크 후단에도 플라스마 방전장치를 설치하여 NO의 2차 산화를 유도할 수 있다.
- [0098] 다섯째, 본 발명에서는 물 탱크 후단의 스크리버(2차 스크리버)를 통해서 남은 NO<sub>2</sub>를 처리할 수 있고, 이와 같이 2단계 스크리버를 통해서 NO<sub>2</sub>의 처리를 최대화할 수 있다.
- [0099] 여섯째, 본 발명에서는 NO<sub>2</sub>/SO<sub>x</sub>/입자상 물질이 모두 물 탱크로 모이고, 배가스의 오염물질들을 모두 물 탱크에 모아 처리하도록 설계할 수 있다.

### 부호의 설명

- [0100] 10: 1차 습식 스크리버  
 11, 21, 27, 31: 다공성 매체  
 20: 전기집진장치  
 22, 26: 입자 하전장치  
 23: 직류 전원 장치  
 24: 방전 전극  
 25: 그라운드 전극  
 30: 2차 습식 스크리버  
 G1: 배가스  
 G2: 정화 배가스  
 I: 이온  
 P: 입자상 물질  
 W: 물

도면

도면1

