



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0116465  
(43) 공개일자 2022년08월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B01D 53/14* (2006.01) *B01D 53/00* (2006.01)  
*B01D 53/18* (2006.01) *B01D 53/50* (2006.01)  
*B01D 53/73* (2006.01) *B01D 53/78* (2006.01)  
*B01D 53/96* (2006.01) *B01D 9/00* (2006.01)  
*C01C 1/247* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*B01D 53/1412* (2013.01)  
*B01D 53/1406* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7022354
- (22) 출원일자(국제) 2020년08월24일  
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2022년06월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/CN2020/110722
- (87) 국제공개번호 WO 2021/128891  
 국제공개일자 2021년07월01일
- (30) 우선권주장  
 201911361251.1 2019년12월26일 중국(CN)  
 16/935,536 2020년07월22일 미국(US)

- (71) 출원인  
**지양난 엔바이론멘탈 프로텍션 그룹, 인크.**  
 케이만군도 그랜드 케이만 케이와이1-1002 피.오.  
 박스 10240 사우스 처치 스트리트 103 하버 플레  
 이스 4층 하니스 피두시어리 (케이만) 리미티드
- (72) 발명자  
**루오, 징**  
 중국 장쑤 211100 장닝 디스트릭트 난징 슈안 애  
 비뉴 29  
**왕, 진용**  
 중국 장쑤 211100 장닝 디스트릭트 난징 슈안 애  
 비뉴 29
- (74) 대리인  
**특허법인한성**

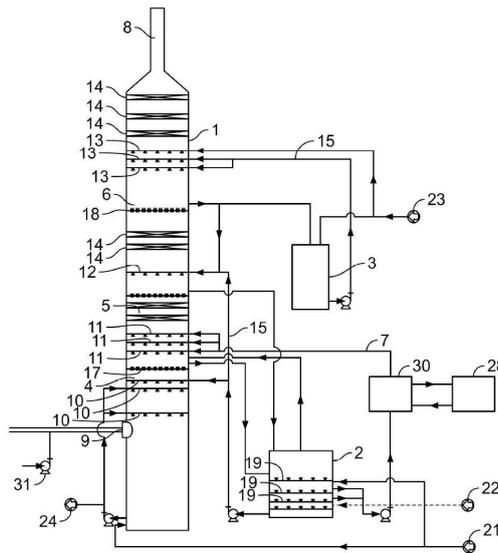
전체 청구항 수 : 총 42 항

(54) 발명의 명칭 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성의 제어

(57) 요약

암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성 제어. 흡수 반응 온도, 공정 가스의 산소 함량 및 수분 함량이 제어될 수 있으며, 아황산암모늄을 포함하는 흡수 순환 액체는 연도 가스에서 이산화황을 제거하는 데 사용할 수 있으므로 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성이 제어될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- B01D 53/1418* (2013.01)
  - B01D 53/1481* (2013.01)
  - B01D 53/1493* (2013.01)
  - B01D 53/185* (2013.01)
  - B01D 53/501* (2013.01)
  - B01D 53/502* (2013.01)
  - B01D 53/507* (2013.01)
  - B01D 53/73* (2013.01)
  - B01D 53/78* (2013.01)
-

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

연도 가스로부터 이산화황을 흡수하기 위한 장치로서,

연도 가스를 수용하도록 구성된 반응기;

상기 반응기에 배치되고, 아황산암모늄(ammonium sulfite)을 함유하고, 특정 온도에서 연도 가스로부터 황을 흡수하는 암모니아 함유 액체와 연도 가스를 접촉시키도록 구성된 분무층;

상기 반응기에 유입되는 물질의 산소 함량을 12 부피% 이하의 함량으로 제한하고;

상기 반응기로부터의 유출물 내 과잉 에어로졸 함량에 대한 응답으로 상기 온도를 낮추도록 구성된 제어부;

액체를 산화시키도록 구성된 산화 시스템; 및

상기 액체로부터 황산암모늄(ammonium sulfate) 고체를 유도하도록 구성된 보조 시스템을 포함하는 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 보조 시스템은,

황산암모늄 후처리 시스템;

암모니아 공급 시스템; 및

공정수 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 반응기는,

예비 세척 구역;

흡수 구역; 및

미세 입자 제어 구역;을 포함하고,

상기 각각의 구역들은 하나 이상의 분무층을 포함하고;

상기 흡수 구역과 상기 예비 세척 구역 사이에 제1 기체-액체 분리기가 배치되고;

상기 흡수 구역과 상기 미세입자 제어 구역 사이에 제2 기체-액체 분리기가 배치되는 것을 특징으로 하는 장치.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 흡수 구역 내에 제3 기체-액체 분리기가 배치되고;

상기 미세 입자 제어 구역 내에 제4 기체-액체 분리기가 배치되는 것을 특징으로 하는 장치.

#### 청구항 5

제3항에 있어서,

상기 흡수 구역에서, 각 층에서 액체-기체 비율은  $0.4\text{L}/\text{Nm}^3$  이상이고; 평균 분무 적용 범위는 200% 이상이고;

상기 미세 입자 제어 구역에서, 각 층에서 액체-기체 비율은  $0.42\text{L}/\text{Nm}^3$  이상이고; 평균 분무 적용 범위는 150% 이상인 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 6**

제3항에 있어서, 상기 산화 시스템은,  
 사용한 흡수 액체를 수용하고;  
 제1 경로를 통해 사용된 흡수 액체의 제1 부분; 및  
 제2 경로를 통해 흡수 액체의 제2 부분;을 흘러 보내고;  
 상기 제1 경로로부터 상기 미세 입자 제어 구역으로의 제1 출력; 및  
 상기 제2 경로로부터 상기 흡수 구역으로의 제2 출력;을 제공하고;  
 상기 제1 출력은 상기 제2 출력보다 더 산화되도록 구성된 산화 탱크를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 산화 탱크는,  
 기체-액체 분산 증가기 어레이;  
 상기 어레이를 따라 제1 위치에 배치되고 상기 제1 출력을 제공하도록 구성된 제1 출력 포트;  
 상기 어레이를 따라 제2 위치에 배치되고 상기 제2 출력을 제공하도록 구성된 제2 출력 포트; 및  
 암모니아 챔버로서, 상기 챔버에서 상기 제1 경로로 암모니아가 통과하고, 상기 챔버로 흡수 액체를 사용하기 위한 구멍(perforation)을 정의하는 암모니아 챔버;를 포함하고,  
 상기 제2 위치는 상기 제1 위치보다 사용된 흡수 액체의 산화를 덜 유발하는 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 8**

제6항에 있어서, 상기 산화 탱크는,  
 분리기; 및  
 상기 제1 경로에서, 산화된 공기 공급원;을 포함하고,  
 상기 제2 경로는 상기 분리기 외부를 통과하고,  
 상기 제2 경로를 따라 산화된 공기는 제공되지 않고;  
 상기 제1 출력에서 사용된 흡수 액체는 완전히 산화되는 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 9**

제3항에 있어서, 상기 탑은,  
 0.8 내지 4m/s의 표면 가스 유량으로 상기 연도 가스를 흘리고;  
 SO<sub>2</sub> 농도가 최대 30,000mg/Nm<sup>3</sup>인 연도 가스를 수용하는 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 10**

제3항에 있어서, 상기 유출물의 SO<sub>2</sub> 함량이 100mg/Nm<sup>3</sup> 이하인 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 유출물의 SO<sub>2</sub> 함량이 35mg/Nm<sup>3</sup> 이하인 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 12**

제9항에 있어서, 총 분진 함량이 20mg/Nm<sup>3</sup> 이하인 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 총 분진 함량이  $5\text{mg}/\text{Nm}^3$  이하인 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 14**

제3항에 있어서, 상기 탑은  $8\text{mg}/\text{Nm}^3$  이하의 암모니아 배출을 갖는 유출물을 방출하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 상기 탑은  $2\text{mg}/\text{Nm}^3$  이하의 암모니아 배출을 갖는 유출물을 방출하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 16**

제3항에 있어서,

상기 연도 가스가 상기 탑에 유입되기 전에 상기 연도 가스로 추가 가스를 유입시키도록 구성되고, 상기 추가 가스와 상기 연도 가스의 혼합물은 공정 가스이고, 상기 탑의 유입구에서 15%를 초과하는 수분 함량을 갖는, 첨가 가스 공급원; 및

암모니아 함유 액체에서  $\text{SO}_2$ 의 흡수 후에 흡수된  $\text{SO}_2$ 로부터 황산암모늄을 결정화하도록 구성된 증발 결정화 시스템을 더 포함하는 장치.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 이중 효과 증발 결정화 공정의 일부인 증기 제트 펌프를 더 포함하는 장치.

**청구항 18**

제16항에 있어서, 상기 증발 결정화 시스템이 MVR 증발 결정화 공정을 수행하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 19**

제3항에 있어서,

상기 연도 가스가 상기 탑에 유입되기 전에 상기 연도 가스로 추가 가스를 유입시키도록 구성되고, 상기 추가 가스와 상기 연도 가스의 혼합물은 상기 탑의 유입구에서 15%를 초과하는 수분 함량을 갖는 공정 가스인, 첨가 가스 공급원;

암모니아 함유 액체가 상기 흡수 구역에서 분무되기 전에 상기 암모니아 함유 액체와 열 교환하도록 구성된 열 교환기; 및

상기 암모니아 함유 액체에서  $\text{SO}_2$ 를 흡수한 후 흡수된  $\text{SO}_2$ 로부터 황산암모늄을 결정화하도록 구성된 증발 결정화 시스템을 더 포함하는 장치.

**청구항 20**

제3항에 있어서,

상기 연도 가스가 상기 탑에 유입되기 전에 상기 연도 가스로 추가 가스를 유입시키도록 구성되고, 상기 추가 가스와 상기 연도 가스의 혼합물은 상기 탑의 유입구에서 15%를 초과하는 수분 함량을 갖는 공정 가스인, 첨가 가스 공급원;

암모니아 함유 액체가 상기 흡수 구역에서 분무되기 전에 상기 암모니아 함유 액체와 열 교환하도록 구성된 열 교환기;

예비 세척액이 상기 예비 세척 구역에서 분무되기 전에 상기 예비 세척액과 열 교환하도록 구성된 열 교환기;

및

상기 암모니아 함유 액체에서 SO<sub>2</sub>를 흡수한 후 흡수된 SO<sub>2</sub>로부터 황산암모늄을 결정화하도록 구성된 증발 결정화 시스템을 더 포함하는 장치.

**청구항 21**

제3항에 있어서,

상기 연도 가스가 상기 탑에 유입되기 전에 공정 가스를 형성하기 위해 상기 연도 가스에 공기를 흘리고;

상기 공기 분배 장치의 하류 및 상기 탑의 상류에 있는 상기 공정 가스의 산소 함량을 12% 이하로 제한하도록 구성된 공기 분배 장치를 더 포함하고,

상기 공기와 혼합되기 전의 상기 연도 가스는 15 부피%를 초과하는 수분 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 22**

제21항에 있어서, 상기 산소 함량이 3 내지 9% 범위인 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

상기 공정 가스를 냉각하고;

상기 공정 가스의 습도를 줄이도록 구성된 응축 장치를 더 포함하는 장치.

**청구항 24**

제3항에 있어서,

상기 연도 가스와 유체 연통하는 공기 분배기; 및

상기 탑으로 유입되는 예비 세척 순환 액체를 냉각하도록 구성된 예비 세척 구역 열 교환기;를 더 포함하되,

상기 공기 분배기는 상기 연도 가스가 18 부피%를 초과하는 수분 함량을 가지는 경우, 상기 공정 가스의 수분 함량을 10 부피% 이하로 유지하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 25**

제24항에 있어서,

상기 탑으로 유입되는 흡수 액체를 냉각하도록 구성된 흡수 구역 열 교환기;를 더 포함하되,

상기 공기 분배기는 상기 연도 가스가 18 부피%를 초과하는 수분 함량을 가지는 경우, 상기 공정 가스의 수분 함량을 10 부피% 이하로 유지하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 26**

연도 가스로부터 이산화황을 흡수하는 방법으로서,

반응기를 통해 상기 연도 가스를 유동시키는 단계;

상기 반응기에서, 특정 온도에서, 상기 연도 가스로부터 아황산암모늄을 함유한 암모니아 함유 순환액에서 황을 흡수하는 단계;

액체를 수집하는 단계; 및

상기 반응기에 유입되는 물질의 산소 함량을 12 부피% 이하의 함량으로 제한하는 단계;를 포함하고,

상기 반응기로부터 유출된 유출물 내 과잉 에어로졸 함량에 대한 응답으로, 상기 온도를 낮추는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 27**

제26항에 있어서,

상기 유동시키는 단계 전에, 공기를 상기 연도 가스와 혼합하여 공정 가스를 형성하는 단계;를 더 포함하되,  
상기 온도를 낮추는 단계는 상기 공기의 온도를 낮추는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 28**

제60항에 있어서,

상기 온도를 낮추는 단계는 상기 액체의 온도를 낮추는 단계를 포함하고;

상기 액체의 온도를 낮추는 단계는 순환 액체 냉각기를 통해 상기 액체를 통과시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 29**

제26항에 있어서,

수 냉각기에 냉각수를 제공하는 단계; 및

상기 냉각수의 과잉 이온 상태에 대한 응답으로 상기 냉각수의 일부를 공정수로 대체하는 단계;를 더 포함하고,

상기 액체의 온도를 낮추는 단계는, 상기 액체를 순환 액체 냉각기를 통해 통과시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 30**

제29항에 있어서,

상기 대체하는 단계는, 황산암모늄 슬러리(slurry)로부터 증기를 유도하도록 구성된 증기 응축물 처리 시스템으로부터 공정수를 얻는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 31**

제26항에 있어서,

상기 연도 가스로부터 상기 액체로 열을 전달함으로써 상기 액체에서 황산암모늄을 결정화 하는 단계;를 더 포함하고,

상기 액체의 온도를 낮추는 단계는,

상기 공기의 유속을 증가시키는 단계; 및

상기 공기의 습도를 줄이는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 32**

제26항에 있어서, 상기 온도를 낮추는 단계는, 45 내지 53℃ 범위 내의 값으로 상기 온도를 낮추는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 33**

제26항에 있어서, 상기 산소 함량을 제한하는 단계는, 상기 산소 함량을 8% 이하의 함량으로 제한하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 34**

제26항에 있어서,

상기 흡수하는 단계는, 상이한 조성을 갖는 스테이지들에서 암모니아 함유 액체를 제공하는 단계를 포함하고;

상기 흡수하는 단계는,

흡수 온도; 및

흡수 산소 함량;을 갖고,

이산화황의 90% 이상이 상기 연도 가스에서 제거되고;

상기 반응기에서 배출되는 분진 함량은  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$  이하가 되도록 제어되는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 35

제34항에 있어서, 상기 공정 가스는 4 내지 15% 범위의 수분 함량을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 36

제34항에 있어서,

상기 스테이지들을 사용하여,

아황산암모늄;

중아황산암모늄; 및

황산암모늄;으로 구성된 군에서 선택된 종의 구배를 제어하는 단계; 및

상기 흡수하는 단계 이전에:

상기 공기를 상기 연도 가스와 혼합하여 상기 공정 가스를 형성하는 단계;

상기 공정 가스를 냉각 및 정화하는 단계; 및

상기 공정 가스를, 아황산암모늄 및 황산암모늄을 포함하는 상기 스테이지들 중 하나 이상에서 상기 암모니아 함유 액체와 접촉시킨 다음, 아황산암모늄 및 황산암모늄을 포함하는 상기 스테이지들 중 하나 이상에서 미세 입자 순환 액체와 접촉시키는 단계;를 더 포함하고,

이에 의해,

상기 스테이지들;

상기 냉각 및 정화; 및

상기 접촉은 함께 작용하여 이산화황의 90% 이상을 흡수하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 37

제36항에 있어서, 상기 공정 가스의 산소 함량을 12% 이하의 수준으로 제어하기 위해 상기 공기에 대한 상기 연도 가스의 비율을 조정하는 단계를 더 포함하는 방법.

### 청구항 38

제36항에 있어서,

제공하는 단계는 다음에 기초하여 선택하는 것을 포함하고:

상기 연도 가스의 측정된 이산화황 농도;

수출 배출 지수; 및

상기 스테이지들의 수;

상기 수는 2보다 크고;

상기 스테이지들 중 어느 하나의 혼합물은 다음을 포함하고:

0.15 내지 4.95% 아황산암모늄; 및

5 내지 38% 황산암모늄;

상기 스테이지들은 다음을 포함하고:

상부 흡수 순환 액체; 및

하부 흡수 순환 액체;

상기 상부 흡수 순환 액체는 상기 하부 순환 액체보다 낮은 아황산암모늄 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 39

제36항에 있어서,

제공하는 단계는 다음에 기초하여 선택하는 것을 포함하고:

상기 연도 가스의 측정된 이산화황 농도;

수출 배출 지수; 및

상기 스테이지들의 수;

상기 수는 2보다 크고;

상기 스테이지들 중 어느 하나의 혼합물은 다음을 포함하고:

0.15 내지 4.95% 아황산암모늄; 및

5 내지 38% 황산암모늄;

상기 스테이지들은 다음을 포함하고:

상부 흡수 순환 액체; 및

하부 흡수 순환 액체;

상기 상부 흡수 순환 액체는 상기 하부 순환 액체보다 낮은 pH 값을 갖는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 40

제36항에 있어서,

상기 스테이지들 중 하나의 스테이지는,

0.003 내지 1% 아황산암모늄; 및

0.3 내지 38% 황산암모늄;을 포함하는 조성; 및

1 내지 6 범위의 pH 값을 갖는 미세 입자 세척 순환 액체를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 41

제31항에 있어서,

상기 연도 가스가 15% 초과인 수분 함량을 가지는 경우,

상기 연도 가스에 수증기 부피 함량이 5% 이하인 건조 가스를 첨가하여 상기 수분 함량을 8 내지 13% 범위의 수분 함량으로 감소시키는 단계; 및

산소 함량을 12% 이하로 제한하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 42

제41항에 있어서, 상기 건조 가스는 공기를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 출원은 2019년 12월 26일 출원된 중국 특허 출원 번호 제201911361251.1호 및 2020년 7월 22일에 출원된 미

국 특허 출원 번호 제16/935,536호를 우선권으로 주장하며, 이들은 그 전체가 본원에 통합된다.

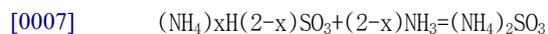
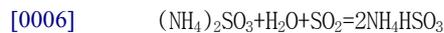
[0002] 본 발명은 환경 보호 기술 분야에 관한 것으로, 특히 암모니아 기반 탈황 흡수 시 에어로졸 생성을 제어하는 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

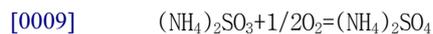
[0003] 전 세계 국가들은 다양한 정도로 이산화황(sulfur dioxide)을 배출한다. 중국의 엄청난 양의 이산화황 배출은 환경과 사회에 막대한 영향을 미친다. 총 이산화황 배출량은 2014년 1974만톤, 2015년 1859만1000톤, 2016년 1102만 9000톤, 2017년 8754만톤으로 중국에서 막대한 경제적 손실 및 생태환경과 국민의 건강에 심각한 영향을 미치고 있다.

[0004] 현재 상대적으로 발달된 탈황 기술은 수백 가지가 있으며, 그 중 습식 탈황 공정이 가장 널리 사용되고 있고 세계 전체 탈황 설비의 약 85%를 차지한다. 일반적인 습식 연도 가스 탈황 기술(wet flue gas desulfurization technologies)에는 석회석(limestone)-석고(gypsum), 이중 알칼리(dual-alkali), 탄산나트륨(sodium carbonate), 암모니아(ammonia), 마그네시아(magnesia) 등을 기반으로 하는 기술이 포함된다. 암모니아 기반 탈황은 암모니아를 흡수제로 사용하는 습식 탈황 공정이다. 이 공정은 SO<sub>2</sub>를 이용하여 황산암모늄 비료(ammonium sulfate fertilizer)를 생산할 수 있는 방법으로 에너지 소모가 적고 부가가치가 높으며 자원의 재활용이 가능한 친환경적인 배기 가스 제어 방식이다. 그러나 화학 산업에서는 생산 과정에서 많은 양의 폐 암모니아 용액이 발생하므로 암모니아 기반 탈황은 화학 및 석유 화학 산업에서 보일러 연도 가스(boiler flue gas) 및 황 회수 테일 가스(sulfur recovery tail gas)에 대한 고유한 이점을 가지고 있다.

[0005] 암모니아 기반 탈황 공정은 크게 흡수, 산화, 농축(결정화)의 3 단계로 이루어진다. 먼저 아황산암모늄(또는, 암모늄 설파이트)(ammonium sulfite)을 사용하여 이산화황(sulfur dioxide)을 흡수하여 아황산암모늄과 중아황산암모늄(또는, 암모늄 바이설파이트)(ammonium bisulfite)의 혼합 용액을 얻고, 암모니아로 중화한 후 다시 아황산암모늄을 얻는다:



[0008] 황산암모늄(ammonium sulfate)은 산화 공기(oxidizing air)를 용액에 도입하여 아황산암모늄을 산화시켜 얻는다:



[0010] 황산암모늄 용액은 농축, 결정화, 고체-액체 분리 및 건조를 거쳐 최종 생산물인 황산암모늄을 얻는다.

[0011] 흡수, 산화, 농축의 세 가지 과정은 겉보기에는 단순하지만 실제로는 서로에게 영향을 미친다. 일반적으로 흡수 효율을 보장하기 위해 흡수 액체에는 아황산암모늄 및 유리 암모니아(free-ammonia) 함량이 높고 황산암모늄 함량이 낮다. 이것은 흡수에 유리하지만 산화와 농축에는 도움이 되지 않는다. 흡수 액체의 관련 pH 값은 ~7이며, 이는 흡수 중에 심각한 암모니아 누출 및 에어로졸(aerosol)을 유발한다.

[0012] 흡수 효율을 보장하기 위해, 일반적으로 공정수(process water)로 냉각, 재가열기 제공, 물은 황산암모늄 용액으로 온도를 낮추기 및 기타 조치를 통해 흡수 온도를 30 내지 40°C로 제어한다. 이는 흡수 및 에어로졸 제어에 유리하지만 산화 및 농축에 도움이 되지 않으며, 일반적으로 (중)아황산암모늄(ammonium (bi)sulfite) 생산에 사용된다. 낮은 온도에서 고농도의 아황산암모늄은 빠르게 산화되어 황산암모늄을 형성할 수 없으며 연도 가스(flue gas)에 의해 제거되는 물은 거의 없다. 황 회수 테일 가스 및 보일러 연도 가스의 경우 빼낸 물의 양이 유입된 것보다 훨씬 적기 때문에 시스템의 물 불균형이 발생하여, 일치하는 증발 결정화 공정이 필요하다. 흡수 액체가 더 낮은 농도에서 산화된 후, 생성물은 증기 소비가 높고, 에너지 소비가 높으며, 공정이 길고, 장비 요구 사항이 크고, 점유 면적이 큰 증발 결정화 공정에 의해 얻어지며, 따라서 운영 비용이 높고, 장치의 경제성이 떨어진다.

[0013] 수분 함량이 25%를 초과하는 연도 가스의 경우, 공정 공기, 질소, 오염된 질소 및 이산화탄소 가스를 혼합하여 혼합 가스의 수분 함량을 줄이고, 흡수 온도를 낮추고, 수분 균형을 확보하며, 폐수가 발생하지 않는다. 그러나, 공정 공기와 혼합하는 경우, 혼합 공정 가스의 산소 함량을 때때로 15%를 초과하거나 20%에 근접할 수 있다. 공정 가스가 흡수 순환 액체와 역류 접촉하면 공정 가스의 산소가 흡수 순환 액체의 아황산암모늄을 황산

암모늄으로 완전히 산화시켜 흡수 액체의 탈황 능력이 감소한다. 탈황 효율을 확보하기 위해, 과량의 암모니아를 첨가하여 흡수 액체의 pH를 높이고, 암모니아 탈출 및 에어로졸을 효과적으로 제어할 수 없다. 따라서, 암모니아 기반 탈황 장치에서 흡수, 산화 및 농축의 유기적 조합을 실현하기 위해, 공정 조건의 최적 조합을 조사하고 암모니아 기반 탈황에서 흡수 중 에어로졸 생성을 제어하는 방법을 개선하는 것은 큰 의미가 있다.

[0014] 연소 가스에 대한 암모니아 기반 탈황 공정에는 다음과 같은 기술적 문제가 있다.

[0015] 1. 암모니아 배출 및 에어로졸

[0016] 석회석을 원료로 하는 석회석-석고 공법과 달리 암모니아는 휘발성이 있어 흡수 액체에 유리 암모니아가 존재하면 암모니아, SO<sub>2</sub> 및 SO<sub>3</sub>가 동시에 기체상으로 존재한다. 따라서, 아황산암모늄과 황산암모늄의 미스트(mist)가 쉽게 형성되고, 이 미스트를 핵심으로 하여 연도 가스의 포화 수증기가 미스트에 응축되어 짙은 흰색 미스트를 형성하여, 한편으로 암모니아 손실을 유발하고 다른 한편으로는 2차 오염을 유발한다. 이는 그 동안 암모니아 기반 공법으로 오랫동안 잘 풀리지 않았던 첫 번째 핵심 기술 과제이기도 하다.

[0017] 지금까지 암모니아 기반 탈황 장치의 기술 공급업체는 다양한 품질을 가지고 있는데, 그 주된 이유는 연구의 핵심 포인트가 다르기 때문이다. 일부 공급업체는 흡수 중 에어로졸 생성을 제어에 초점을 맞추는 반면, 다른 공급업체는 그것의 공급원(source)으로부터 흡수 중에 에어로졸 생성을 억제하거나 줄이기보다는 흡수 중에 생성된 에어로졸을 캡처(capture)하는 방법에 초점을 맞춰 대규모 시스템 투자, 높은 운영 비용 및 불안정한 작동을 초래한다.

[0018] 2. 아황산암모늄의 산화

[0019] 아황산암모늄의 산화는 다른 아황산염의 산화와 다르다. 특정 농도에서, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>는 산화 과정에서 감쇠 효과가 있으며, 이러한 고유한 특성은 문헌에 논의되어 있다(Chemical Engineering Science, 2000, 전체 내용이 여기에 참조로 포함됨). NH<sub>4</sub><sup>+</sup>는 수용액에서 O<sub>2</sub>의 용해를 상당히 방해한다. 염 농도가 0.5mol/L(약 5%(wt)) 미만인 경우, 아황산암모늄의 산화 속도는 농도가 증가함에 따라 증가하는 반면, 이 한계를 초과하면 농도가 증가함에 따라 산화 속도가 감소한다. 그러나, 총 암모늄의 농도가 3 내지 4mol/L이고, 아황산암모늄의 농도가 0.05mol/L 미만인 경우, 즉 용액의 산화비가 99% 이상인 경우, 산화 반응은 0차 급속반응, 즉 산화 속도는 아황산암모늄의 함량과 무관하다. 이때, 흡수 액체 중 아황산암모늄의 농도가 매우 낮아 암모니아를 더 첨가해야 탈황 효율을 확보할 수 있으며, 암모니아가 빠져나가고 배출 연도 가스에서 나오는 총 분진이 요건을 충족한다는 보장이 없다.

[0020] 아황산암모늄의 산화 반응은 흡수 중에도 발생할 수 있다. 연도 가스의 O<sub>2</sub> 함량이 8% 미만이면 반응 속도가 느리지만 연속 순환 조건에서는 산화 비율이 40 내지 80%에 도달할 수 있다. 연도 가스의 산소 함량이 16% 이상으로 증가하면 흡수 액체의 아황산암모늄은 산소에 의해 완전히 산화될 수 있으며 처리를 위한 후처리 시스템에 직접 전달되어 암모니아 탈출 및 에어로졸 제어에 악영향을 미칠 수 있다. 흡수 액체 중 산화되지 않은 아황산암모늄이 황산암모늄으로 산화되기 위해서는 일반적으로 과압 및 가압 산화 공기의 조건에서 아황산암모늄을 완전히 산화시키기 위해 산화탱크(oxidation tank)/산화부(oxidation section)/제트 산화제(jet oxidizer)가 사용된다. 일부 기술 공급 업체는 산화를 촉진하기 위해 흡수 액체에 촉매를 첨가하기로 선택하지만 이는 제품 품질에 영향을 미친다.

[0021] 이는 칼륨 기반 방법에 비해 두 번째 기술적 어려움이기도 하다.

[0022] 3. 테일 가스에 동반된 암모니아 회수

[0023] 다른 알칼리 물질과 달리 암모니아는 휘발성이다. 탈황 효율과 최종 배출 지수(final discharge index)를 확보하기 위해 기존의 역류 접촉식 흡수탑(conventional counter-current contact absorption tower)에서는 분무탑(spray tower), 충전탑(packed tower), 또는 플레이트 탑(plate tower) 중 어느 하나로도 흡수 구역(absorption zone)의 상부의 접점이 용액의 pH 값이 가장 높고, 기체상(gas phase)은 SO<sub>2</sub>가 가장 낮으며, 기체상의 암모니아 농도가 가장 높아, 이는 테일 가스가 있는 탈황 탑(desulfurization tower)를 넘쳐 흐르는 암모니아의 양이 많다는 것을 의미한다. 이것은 암모니아의 폐기물 손실과 새로운 오염을 유발할 것이다.

[0024] 이러한 문제점은 암모니아 기반 방법이 오랫동안 개발되지 않은 중요한 이유이다. 에어로졸 및 암모니아 배출 문제를 고려하여 국내외 유명 연구 기관 및 엔지니어링 회사에서 습식 전기(wet electricity), 멀티 스테이지 수세척(multi-stage water washing), 멀티 스테이지 디미스팅(multi-stage demisting), 또는 이들의 결합과 같

이 이를 제어하거나 제거하기 위한 다양한 솔루션을 제안했다. 그러나, 이러한 방법들은 흡수 중 에어로졸 및 암모니아 누출의 근본적인 문제를 다루지 않고, 단지 흡수 중에 누출된 암모니아 및 흡수 중에 생성된 에어로졸을 제거하는 방법에만 초점을 맞춰, 탑 섹션이 더 많고, 시스템이 더 복잡해지면 처리 효과가 바람직하지 않을 뿐만 아니라 투자 및 운영 비용이 크게 증가한다.

[0025] 암모니아 기반 탈황 장치에서 흡수, 산화 및 농축은 서로 영향을 미친다. 흡수는 높은 pH 용액과 높은 함량의 아황산암모늄에 의해 선호되고; 산화는 상대적으로 낮은 농도의 총 암모늄염과 낮은 함량의 아황산암모늄에 의해 선호되고; 농축은 높은 함량의 황산암모늄에 의해 선호되며; 암모니아 배출 및 에어로졸 제어는 pH가 낮고 유리 암모니아가 없는 용액에서 선호된다. 서로 다른 공정에서 용액 조성의 서로 다른 효과로 인해, 흡수, 산화 및 농축의 조화된 제어를 달성하고 배출 기준을 충족시키면서, 비용을 절감하고 공정을 단순화하며 작동의 어려움을 줄이기 위해 흡수 중에 에어로졸 생성을 보다 합리적으로 제어하는 기술이 절실히 필요하다.

[0026] 출원 번호 CN202136906.2의 발명에 대한 중국 특허는 연도 가스에서 SO<sub>2</sub>를 제거하고 회수하는 방법 및 장치를 제안했으며, 산화에 가장 유리한 조건을 만들고, 산화의 에너지 소비 및 투자를 줄이며, 높은 탈황 효율을 보장하기 위해서, 아황산암모늄의 농도는 0.1 내지 5%(wt), 바람직하게는 0.5 내지 2.0로 제어된다. 흡수 액체는 암모니아/황 비율 = 1.3 내지 1.5(몰비)이고, 흡수 기체/액체 비율은 2,000 내지 5,000(부피비)이다. 황산암모늄 용액은 뜨거운 연도 가스의 열을 사용하여 농축되어 고온의 연도 가스의 온도가 50 내지 55°C로 감소하고, 황산암모늄은 40 내지 50%(wt)로 농축되어 황산암모늄의 결정화기(ammonium sulfate crystallizer)로 보내져 상업적인 황산암모늄 비료로 가공할 수 있다. 산화 섹션에는 역혼합 없이 가능한 한 산화된 황산암모늄 용액에서 산화되지 않은 아황산암모늄 용액을 분리하기 위해 세로 칸막이판이 제공된다. 이 방법은 1) 흡수 액체의 농도가 낮고 저유황 함유 연도 가스에만 적합하고; 2) 흡수 중 암모니아 배출 및 에어로졸 생성의 제어는 문제가 되지 않으며, 백연(white smoke)을 제거하기 위해 재가열기를 제공할 필요가 없으며; 3) 결정화는 건조풍량과 분진 함량의 영향을 받으며 결정화량이 적고 불안정하다.

[0027] 출원 번호 CN201510680578.0의 발명에 대한 중국 특허는 세척 흡수탑(1) 및 산화 순환 탱크(9)를 포함하는 암모니아 기반 이중 사이클 탈황-탈진-분진 제거 시스템을 제안했으며, 상기 세척 흡수탑(1)은 차례로 고효율 물 미스트 제거 섹션(2), 향상된 암모니아 미스트 제거 섹션(3), 흡수 액체 제거 섹션(4), 2차 흡수 섹션(5), 1차 흡수 섹션(6) 및 세척 및 냉각 섹션(7)으로 구성되고; 연도 가스가 1차 흡수 섹션(6)에 유입되는 경우, 1.1 내지 1.15kg/L의 밀도, 6.5 내지 7의 pH 값을 가지며 질산암모늄(ammonium nitrate)을 함유하는 황산암모늄 용액이 주로 SO<sub>2</sub>를 제거하기 위한 흡수 액체로 사용되고; 상기 연도 가스가 2차 흡수 섹션(5)으로 유입되면, 1.05 내지 1.1kg/L의 밀도, 5.5 내지 6의 pH 값을 갖고, 질산암모늄을 함유하는 황산암모늄 용액이 SO<sub>2</sub> 제거를 돕기 위한 흡수 액체로서 사용된다. 이 공정은 복잡하고 과도한 암모니아가 포함되며, 흡수 중에 심각한 에어로졸 및 암모니아 누출이 발생하며, 물 세척 및 제거로 최종 배출 지수를 보장하기 어렵다.

[0028] 출원 번호 CN201611014433.8의 발명에 대한 중국 특허는 다음과 같은 특정 단계를 포함하는 암모니아 기반 탈황에서 에어로졸 생성을 줄이는 방법을 제안했다. 1) 암모니아 용액이 암모니아 흡수탑으로 유입되고, 연도 가스에서 대부분의 SO<sub>2</sub>를 탈황 시키기 위해 분무 세척을 위해 1차 흡수 순환 펌프가 시작되고; 2) 암모니아 액이 분무 세척을 위해 암모니아 흡수탑으로 유입되어 분무 액체가 연도 가스의 SO<sub>2</sub>와 추가로 반응하여 그로부터 오염 물질을 제거하고; 3) 2차 흡수 후 연도 가스는 물 세척 및 분무 장치를 통과하여 연도 가스에 포함된 에어로졸 및 기타 불순물을 세척하고; 4) 마지막으로 연도 가스는 물로 세척하고 거품 제거기를 통과하여 세척 및 분무 중에 혼입된 액체 거품 및 잔류 에어로졸 등의 불순물을 제거하고, 정화된 테일 가스는 기준에 도달하여 배출된다. 단계 1)에서, 흡수 액체의 pH 값은 5.5 내지 6.5로 엄격하게 제어되고, 밀도는 1.15 내지 1.25g/ml이다. 단계 2)에서, 흡수 액체의 pH 값은 5.0 내지 6.0으로 엄격하게 제어되고, 밀도는 1.0 내지 1.20g/ml이다. 이 과정에서 용액의 조성과 흡수 온도는 지정되지 않았으며, 암모니아 배출 및 에어로졸 생성은 여전히 공급원에서 적절하게 제어될 수 없다. 또한, 간단한 물 세척 및 미스트 제거 후의 연도 가스는 여전히 중국의 초저배출 기준 또는 그 이상의 요구사항을 충족할 수 없다.

[0029] 출원 번호 CN201611207184.4의 발명에 대한 중국 특허는 암모니아 기반 탈황 공정에서 물을 절약하고 에어로졸 현상을 제어하는 공정을 제안하였으며, 여기서 보일러 연도 가스가 탈황 탑으로 유입되고, 이산화황을 함유한 연도 가스가 탈황 탑으로 유입되어 농도가 5 내지 53%인 황산암모늄/아황산암모늄 용액의 분무액을 분무한 후, 충전제 층(filler layer)을 통과하여 충전제 층 위의 냉각수와 접촉한 다음 물 세척 및 분무층과 접촉하여 충전제 층 하단의 냉각수가 물 세척 액체 축적 트레이에 떨어지고, 냉각수 탑으로 다시 흘러 들어가며, 그 후 물 세

척 탱크에 들어가고 세척수 전달 펌프에 의해 재활용을 위해 물 세척 및 분무층으로 이동된다. 이러한 시스템은 시스템 흐름이 간단하고 냉각이 양호하며, 운영 비용이 낮고; 분무 냉각수는 보일러 연도 가스의  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  입자,  $\text{SO}_2$  및  $\text{NH}_3$ 와 같은 물질을 흡수하고, 보일러 연도 가스의 포화 수증기는  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  입자를 코어로 응축시켜 물방울을 형성하여, 보일러 연도 가스 중의  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  입자를 포획하고, 에어로졸의 형성을 억제하며, 암모니아 기반 탈황 공정에서 배출되는 보일러 연도 가스 내의 입자 농도를  $30\text{mg}/\text{Nm}^3$  이하로 한다. 이 과정에서 용액 조성, pH 값 및 흡수 온도가 명시되지 않았으며, 암모니아가 빠져 나가고 에어로졸 생성이 여전히 공급원에서 완전히 제어될 수 없다. 또한, 저온 물 세척의 에너지 소비가 높고, 정화된 연도 가스의 입자 농도가  $30\text{mg}/\text{Nm}^3$  미만으로 최신 배출 기준에 부합하지 않는다.

[0030] 출원 번호 CN201310340885.5의 발명에 대한 중국 특허는 암모니아 기반 탈황에서 에어로졸 배출을 제어하는 방법 및 이를 위한 특수 흡수탑을 제안했으며, 여기서 연도 가스는 분무수 분무 및 냉각에 의해 100 내지 120℃로 냉각되고, 탈황 흡수탑의 탈황 구역으로 도입되고, 하부로부터의 연도 가스는 상부로부터 분무된 탈황 액체와 접촉하여 연도 가스의  $\text{SO}_2$ 를 흡수하고; 탈황 구역 내에 충전제(filler) 또는 체 플레이트(sieve plate)가 제공되며; 탈황된 연도 가스는 암모니아 기반 탈황에서 생성된 거친 에어로졸을 제거하기 위해 세척수를 주입하는 충전제 세척 구역으로 들어가고; 탈황 및 거친 입자 에어로졸 제거 후, 연도 가스는 수증기 상 전이 영역으로 진입하고, 수증기 상 전이 영역의 중간으로부터 증기를 주입하여 수증기 상 전이에 필요한 과포화 수증기 환경을 조성하여, 제거되지 않은 미세 입자 에어로졸 입자가 응축되어 성장하고, 수증기 상 전이 구역의 연도 가스 출구에서 스크린 데미스터(screen demister)에 의해 제거되도록 하며; 정화된 연도 가스는 탈황 흡수탑의 상부의 연도 가스 배출구로부터 굴뚝을 통해 배출된다. 연도 가스의 표면 가스 유량은 2.0 내지 3.0m/s이고, 작동 액체-가스 비율은 2 내지 8L/Nm<sup>3</sup>이고, 탈황 액체의 pH 값은 5.2 내지 6.0이고, 탈황 액체의 온도는 45 내지 55℃이고; 탈황 액체의 탈황제는 과포화에 대해 10중량%의 농도를 갖는 황산암모늄 또는 아황산암모늄이고; 충전제 세척 구역에서 세척수 분무 및 액체-가스 비율이 0.6 내지 3.0L/Nm<sup>3</sup>이고, 충전제 층을 통한 세척 후 연도 가스의 온도는 50 내지 55℃로 감소된다. 일 실시양태에서, 흡수탑 출구에서 PM10의 최저 질량 농도는 45mg/Nm<sup>3</sup>이고, 최저  $\text{SO}_2$  농도는 135mg/Nm<sup>3</sup>이다. 이 공정은 여전히 공급원으로부터 암모니아 배출 및 에어로졸 생성을 적절하게 제어할 수 없으며, 정화된 연도 가스의 입자 및  $\text{SO}_2$ 는 최신 배출 기준을 충족하지 않으며, 증기 상전이의 에너지 소비가 높다.

[0031] 출원 번호 CN201710800599.0의 발명에 대한 중국 특허는 암모니아 기반 탈황에서 흡수 중 에어로졸 생성을 제어하는 방법을 제안했는데, 이는 아황산암모늄을 함유한 흡수 순환 액체를 사용하여 연도 가스에서 이산화황을 제거하여 암모니아 기반 탈황에서 흡수 중 에어로졸 생성을 제어한다. 고효율 탈황 및 분진 제거는 단계적 용액 조성 제어 및 반응 조건 제어에 의해 실현되며, 고효율 탈황을 수행하는 동안 흡수 중 암모니아 배출 및 에어로졸 생성을 제어한다. 예비 냉각 및 정화 후 연도 가스는 흡수 순환 액체 및 미세 입자 세척 순환액과 순차적으로 접촉하고, 각 단계의 용액 조성 및 반응 온도가 제어되어 흡수, 산화 및 농축의 조정된 제어가 달성된다. 이 공정은 연도 가스의 산소 함량을 제어하고 흡수 온도를 제어하는 방법과 흡수 폐수를 처리하는 방법을 특정하지 않는다. 공정 제어 지수 및 제어 방법을 특정하기 위해 여전히 추가 개발이 필요하며, 공급원으로부터 암모니아 기반 탈황에서 흡수되는 동안 에어로졸 생성을 제어하기 위한 지원을 제공한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0032] 전형적인 접근 방식은 암모니아 기반 탈황의 핵심 기술을 완전히 파악하지 못하고 공급원으로부터 에어로졸 생성 제어를 구현하지 않으며, 흡수, 산화 및 농축의 조정된 제어를 구현하지 못하고, 그 공급원으로부터의 암모니아 배출 및 에어로졸의 주요 기술적 문제를 해결하지 못하며, 배출된 암모니아와 흡수 시 생성되는 에어로졸을 제거하는 방법에만 주의를 기울여, 탑 섹션이 더 많고, 시스템이 더 복잡해지며, 처리 효과가 바람직하지 않을 뿐만 아니라 투자 및 운영 비용이 크게 증가한다.

**과제의 해결 수단**

[0033] 따라서, 공급원에서 암모니아 배출 및 에어로졸 생성을 제어하기 위한 장치 및 방법을 제공하는 것이 바람직할

것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0034] 도 1은 본 발명의 원리에 따른 방법 및 장치의 개략도이다.
- 도 2는 실시예 1의 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

**[0035] 정의**

[0036] "암모니아 함유 액체"는 암모늄염, 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 황산암모늄, 아황산암모늄, 및 이들의 임의의 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는 적어도 하나의 암모니아 또는 아민계 화합물을 포함하는 액체를 의미한다. 액체는 물일 수 있다.

[0037] "암모니아 배출"은 배기 가스와 함께 배출되는 암모니아 또는 하나 이상의 암모니아/아민 함유 종을 의미한다.

[0038] "암모니아 회수"는 후속적으로 포집되고 공정으로부터 추출되는 가스 세척 공정에 첨가된 암모니아의 분율 또는 백분율을 의미한다. 좋은 황을 흡수하기 위해 가스 흐름에 첨가되는 암모니아 또는 암모니아/아민 함유 종으로부터 유도된다.

[0039] "분진"은 취급, 가공 또는 접촉될 때 가스 유동을 따라 퍼지기에 충분히 미세한 미립자 물질을 의미한다. 이는 고체 에어로졸 입자 및 액체 에어로졸 입자를 포함하는 에어로졸, 그을음, 숯, 비-연소된 석탄, 미세 광물, 모래, 자갈, 염, 및 이들의 임의의 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0040] "배기"는 산업적 또는 화학적 공정을 나가는 가스의 흐름을 의미한다. 이는 연도 가스, 테일 가스, 오븐, 노, 보일러, 및/또는 발전기로부터의 배기 가스를 포함하지만 이에 제한되지는 않는다. 이는 공기 및 가연성 물질의 연소로부터 유도된 연소 생성물, 물, 질소, 및 오염물질, 예컨대 미세 입자 물질, 그을음, 일산화탄소, 질소 산화물, 및 황 산화물을 포함할 수 있는 화학적 공정으로부터의 잔류 물질을 포함할 수 있다. 일 공정의 배기는 다른 공정에 대한 가스 유입일 수 있다.

[0041] "분무 적용 범위"는 노즐 또는 노즐들의 어레이로부터의 분무 발산이다. 발산이 클수록 분무 범위가 커진다.

[0042] 퍼센트-함량: 본원에서 달리 명시되지 않는 한 부피-퍼센트(v/v).

[0043] 본 출원의 다른 곳에 기재된 상기 정의들 또는 설명이, 일반적으로 사용되거나, 사전에 기재되거나, 또는 본 출원에 참조에 의해 포함된 출처에 기재된 의미(명시적 또는 묵시적)와 일치하지 않는 경우, 본 출원 및 청구항들은 특히 본 출원의 정의 또는 설명에 따라 해석되는 것으로 이해되며, 공통 정의, 사전 정의, 또는 참조에 의해 포함된 정의에 따르지 않는다. 청구항이 사전으로 해석되는 경우에만 이해될 수 있는 경우, 본원에 제공된 경우 그 전체가 본원에 참고로 포함되는 문헌 Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 5th Edition, 2005, (John Wiley & Sons, Inc.)에 기재된 정의가 여기에 제공된다면 이것이 우선한다.

[0044] 장치 및 방법들

[0045] 연도 가스로부터 이산화황의 흡수를 위한 장치 및 방법이 제공된다.

[0046] 흡수 액체는 아황산암모늄을 포함할 수 있다. 흡수 액체는 연도 가스로부터 이산화황을 제거할 수 있다. 암모니아 기반 탈황은 암모니아를 순환 흡수 액체에 첨가하여 아황산암모늄으로 전환시킨 후 수행될 수 있다. 공정 가스의 산소 함량 및 수분 함량이 제어될 수 있다. 흡수 온도가 제어될 수 있다. 단계적 용액 조성 제어 및 반응 조건 제어가 이용될 수 있다.

[0047] 본 발명의 원리에 따른 상기 기술의 조정된 사용은 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성을 억제하는데 사용될 수 있다. 이러한 사용은 황 흡수 후 황을 흡수하기 위해 연도 가스로 도입되는 암모니아를 포집할 필요성을 피하거나 감소시킬 수 있다. 이러한 사용은 암모니아 포집, 습식 전기, 다단계 물 세척, 다단계 디미스트 등, 또는 이들의 조합과 같은 기술에 의한 후-황 흡수에 대한 필요성을 회피할 수 있다. 이러한 사용은 흡수, 산화 및 농도를 조정할 수 있다. 연도 가스 처리 공정 유동을 단순화하고 구현 비용을 감소시킬 수 있다.

[0048] 장치는 반응기를 포함할 수 있다. 반응기는 연도 가스를 수용하도록 구성될 수 있다. 장치는 분무층을 포함할 수 있다. 분무층은 반응기 내에 배치될 수 있다. 분무층은, 아황산암모늄을 함유하고 특정 온도에서 연도 가스

로부터 황을 흡수하는 암모니아-함유 액체와 연도 가스가 접촉하도록 구성될 수 있다. 장치는 제어부를 포함할 수 있다. 제어부는 반응기로 유입되는 물질의 산소 함량을 부피의 12% 이하의 함량으로 제한하도록 구성될 수 있다. 제어부는 반응기로부터의 유출물 내에 과도한 에어로졸 함량에 응답하여 온도를 낮추도록 구성될 수 있다. 장치는 산화 시스템을 포함할 수 있다. 산화 시스템은 액체를 산화시키도록 구성될 수 있다. 장치는 보조 시스템을 포함할 수 있다. 보조 시스템은 액체로부터 황산암모늄 고체를 유도하도록 구성될 수 있다.

- [0049] 보조 시스템은 황산암모늄 후처리 시스템을 포함할 수 있다.
- [0050] 보조 시스템은 암모니아 공급 시스템을 포함할 수 있다.
- [0051] 보조 시스템은 공정수 시스템을 포함할 수 있다.
- [0052] 반응기는 예비 세척 구역으로 정의될 수 있는 흡수탑을 포함할 수 있다. 반응기는 흡수존으로 정의될 수 있는 흡수탑을 포함할 수 있다.
- [0053] 반응기는 미세 입자 제어 구역이 정의될 수 있는 흡수탑을 포함할 수 있다.
- [0054] 각각의 구역은 하나 이상의 분무층을 포함할 수 있다.
- [0055] 흡수 구역과 예비 세척 구역 사이에 기체-액체 분리기가 배치될 수 있다.
- [0056] 흡수 구역과 미세 입자 조절 구역 사이에 기체-액체 분리기가 배치될 수 있다.
- [0057] 흡수 구역 내에 기체-액체 분리기가 배치될 수 있다.
- [0058] 미세 입자 제어 구역 내에 기체-액체 분리기가 배치될 수 있다.
- [0059] 장치는 미세 입자 제어 구역, 예비 세척 구역 및 흡수 구역 각각에 데미스터층을 포함할 수 있다.
- [0060] 데미스터는 배플(baffle), 리지(ridge), 필러(filler) 및 스크린 메쉬(screen mesh), 또는 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 구조를 포함할 수 있다.
- [0061] 흡수 구역에서 각 층의 액체-기체 비율은  $0.4L/Nm^3$  이상일 수 있다.
- [0062] 흡수 구역에서 각 층의 평균 분무 적용 범위율은 200% 이상일 수 있다.
- [0063] 미세 입자 제어 구역에서, 각 층의 액체-기체 비율은  $0.42L/Nm^3$  이상일 수 있다. 미세 입자 제어 구역에서, 각 층에서의 평균 분무 적용 범위율은 150% 이상일 수 있다.
- [0064] 흡수 구역의 각 층에서, 분무 적용 범위율이 200% 미만인 전체 면적은 흡수탑 단면적의 10% 이하인 면적일 수 있다.
- [0065] 미세 입자 제어 구역의 각 층에서, 분무 적용 범위율이 200% 미만인 전체 면적은 흡수탑 단면적의 10% 이하인 면적일 수 있다.
- [0066] 미세 입자 제어 구역의 각 층에서, 분무 적용 범위율이 200% 미만인 전체 면적은 흡수탑 단면적의 5% 이하인 면적일 수 있다.
- [0067] 산화 시스템은 산화 탱크를 포함할 수 있다. 탱크는 사용된 흡수 액체를 수용하도록 구성될 수 있다. 탱크는 제 1 경로를 통해 사용된 흡수 액체의 제1 분획을 유도시키도록 구성될 수 있다. 탱크는 제2 경로를 통해 흡수 액체의 제2 부분을 유도시키도록 구성될 수 있다. 탱크는, 제1 경로로부터 미세 입자 제어 구역으로의 제1 산출물 및 제2 경로로부터 흡수 구역으로의 제2 산출물을 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0068] 제1 산출물은 제2 산출물보다 더 산화될 수 있다.
- [0069] 산화 탱크는 가스-액체 분산 증가기(들)의 어레이를 포함할 수 있다.
- [0070] 산화 탱크는 제1 산출물 포트를 포함할 수 있다. 제1 산출물 포트는 어레이를 따라 제1 위치에 배치될 수 있다. 제1 산출물 포트는 제1 산출물을 제공하도록 구성될 수 있다. 산화 탱크는 제2 산출물 포트를 포함할 수 있다. 제2 산출물 포트는 어레이를 따라 제2 위치에 배치될 수 있다. 제2 산출물 포트는 제2 산출물을 제공하도록 구성될 수 있다. 제2 위치는 제1 위치가 야기하는 것보다 사용된 흡수 액체의 산화를 덜 야기할 수 있다.
- [0071] 산화 탱크는 챔버로부터 제1 경로로의 암모니아의 통과를 위한 구멍을 한정할 수 있는 암모니아 챔버를 포함할

수 있다. 산화 탱크는 사용된 흡수 액체의 챔버 내로의 통과를 위한 구멍을 한정할 수 있는 암모니아 챔버를 포함할 수 있다.

- [0072] 산화 탱크는 챔버로부터 제2 경로로의 암모니아의 통과를 위한 구멍을 한정할 수 있는 암모니아 챔버를 포함할 수 있다. 산화 탱크는 사용된 흡수 액체의 챔버 내로의 통과를 위한 구멍을 한정할 수 있는 암모니아 챔버를 포함할 수 있다.
- [0073] 산화 탱크는 분리기를 포함할 수 있다. 산화 탱크는 제1 경로에 산화된 공기 공급원을 포함할 수 있다. 제2 경로는 분리기 외부로 통과할 수 있다.
- [0074] 제2 경로는 산화된 공기가 제공되지 않는 경로일 수 있다.
- [0075] 제1 배출구에서 사용된 흡수 액체는 완전히 산화될 수 있다.
- [0076] 제어부는 반응기로부터의 유출물 내에 과도한 에어로졸 함량에 응답하여 제1 배출구에서 사용된 흡수 액체의 pH를 낮추도록 구성될 수 있다.
- [0077] 분리기는 구멍을 한정할 수 있다. 구멍은 사용된 흡수 액체를 제1 경로로부터 제2 경로로 통과시키도록 구성될 수 있다. 구멍은 사용된 흡수 액체를 제2 경로로부터 제1 경로로 통과시키도록 구성될 수 있다.
- [0078] 탑은 0.8m/s-4m/s의 표면 가스 유속으로 연도 가스를 흐르게 하도록 구성될 수 있다.
- [0079] 탑은 최대 30,000mg/Nm<sup>3</sup>의 SO<sub>2</sub> 농도를 갖는 연도 가스를 수용하도록 구성될 수 있다.
- [0080] 탑은 400mg/Nm<sup>3</sup> 이하의 함량일 수 있는 SO<sub>2</sub> 함량을 갖는 유출물을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0081] 유출물의 SO<sub>2</sub> 함량은 100mg/Nm<sup>3</sup> 이하일 수 있다.
- [0082] 유출물의 SO<sub>2</sub> 함량은 35mg/Nm<sup>3</sup> 이하일 수 있다.
- [0083] 유출물의 SO<sub>2</sub> 함량은 10mg/Nm<sup>3</sup> 이하일 수 있다.
- [0084] 탑은 에어로졸을 포함한 총 분진 함량이 50mg/Nm<sup>3</sup> 이하인 유출물을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0085] 총 분진 함량은 20mg/Nm<sup>3</sup> 이하의 함량일 수 있다.
- [0086] 총 분진 함량은 5mg/Nm<sup>3</sup> 이하의 함량일 수 있다.
- [0087] 총 분진 함량은 3mg/Nm<sup>3</sup> 이하의 함량일 수 있다.
- [0088] 탑은 암모니아 배출이 8mg/Nm<sup>3</sup> 이하인 유출물을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0089] 탑은 암모니아 배출이 4mg/Nm<sup>3</sup> 이하인 유출물을 배출하도록 구성될 수 있다.
- [0090] 탑은 암모니아 배출이 2mg/Nm<sup>3</sup> 이하인 유출물을 배출하도록 구성될 수 있다.
- [0091] 탑은 1mg/Nm<sup>3</sup> 이하로 배출될 수 있는 암모니아 배출을 갖는 유출물을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0092] 장치는 연도 가스가 탑에 유입되기 전에 상기 연도 가스 내로 첨가된 가스를 유동시키도록 구성될 수 있는 첨가된 가스 공급원을 포함할 수 있으며, 상기 첨가된 가스와 상기 연도 가스의 혼합물은 공정 가스이고, 상기 탑의 입구에서, 15%를 초과하는 수분 함량을 갖는다. 장치는 암모니아 함유 액체에서 SO<sub>2</sub>의 흡수 후에 흡수된 SO<sub>2</sub>로부터 황산암모늄을 결정화하도록 구성된 증발 결정화 시스템을 포함할 수 있다.
- [0093] 증발 결정화 시스템은 이중 효과 증발 결정화 공정을 수행하도록 구성될 수 있다. 장치는 이중 효과 증발 결정화 공정의 일부일 수 있는 증기 제트 펌프를 포함할 수 있다. 증발 결정화 시스템은 단일 효과 증발 결정화 공정을 수행하도록 구성될 수 있다. 상기 증발 결정화 시스템은 MVR 증발 결정화 공정을 수행하도록 구성될 수 있다.

- [0094] 장치는 상기 연도 가스가 탑에 유입되기 전에 상기 연도 가스 내로 첨가된 가스를 유동시키도록 구성될 수 있는 첨가된 가스 공급원을 포함할 수 있고, 상기 첨가된 가스와 상기 연도 가스의 혼합물은 상기 탑의 입구에서 15%를 초과하는 수분 함량을 갖는 공정 가스이다. 장치는 예비 세척 유체가 예비 세척 구역에서 분무될 수 있기 전에 예비 세척 유체와 열교환하도록 구성된 열교환기를 포함할 수 있다. 장치는 암모니아 함유 액체에서 SO<sub>2</sub>의 흡수 후에 흡수된 SO<sub>2</sub>로부터 황산암모늄을 결정화하도록 구성된 증발 결정화 시스템을 포함할 수 있다.
- [0095] 43. 제3항에 있어서, 상기 장치는 다음을 더 포함한다: 장치는 연도 가스가 탑에 유입되기 전에 상기 연도 가스 내로 첨가된 가스를 유동시키도록 구성될 수 있는 첨가된 가스 공급원을 더 포함할 수 있으며, 상기 첨가된 가스와 상기 연도 가스의 혼합물은 상기 탑의 입구에서 15%를 초과하는 수분 함량을 갖는 공정 가스이다. 장치는 암모니아-함유 액체가 흡수 구역에서 분무될 수 있기 전에 암모니아-함유 액체와 열을 교환하도록 구성된 열 교환기를 포함할 수 있다. 장치는 암모니아 함유 액체에서 SO<sub>2</sub>의 흡수 후에 흡수된 SO<sub>2</sub>로부터 황산암모늄을 결정화하도록 구성된 증발 결정화 시스템을 포함할 수 있다.
- [0096] 장치는 연도 가스가 상기 탑에 유입되기 전에 상기 연도 가스 내로 첨가된 가스를 유동시키도록 구성될 수 있는 첨가된 가스 공급원을 포함할 수 있고, 상기 첨가된 가스와 상기 연도 가스의 혼합물은, 상기 탑의 입구에서 15%를 초과하는 수분 함량을 갖는 공정 가스이다. 장치는 암모니아-함유 액체가 흡수 구역에서 분무될 수 있기 전에 암모니아-함유 액체와 열을 교환하도록 구성된 열 교환기를 포함할 수 있다. 장치는 예비 세척 유체가 예비 세척 구역에서 분무될 수 있기 전에 예비 세척 유체와 열교환하도록 구성된 열교환기를 포함할 수 있다. 장치는 암모니아 함유 액체에서 SO<sub>2</sub>의 흡수 후에 흡수된 SO<sub>2</sub>로부터 황산암모늄을 결정화하도록 구성된 증발 결정화 시스템을 포함할 수 있다.
- [0097] 장치는 증기 응축물 처리 장치를 포함할 수 있다. 응축물 처리 장치는 막 분리 장치를 포함할 수 있다. 응축물 처리 장치는 탈기 장치를 포함할 수 있다. 응축물 처리 장치는 청정 액체 배출구를 포함할 수 있다. 응축물 처리 장치는 농축 액체 배출구를 포함할 수 있다. 증기 응축물 농축 장치의 청정 액체 배출구는 순환수 시스템과 유체 연통할 수 있다.
- [0098] 농축 액체 배출구는 미세 입자 제어 구역과 유체 연통할 수 있다.
- [0099] 장치는 순환수 시스템을 포함할 수 있다. 순환수 시스템은 증기 응축물을 증발 결정화 시스템으로부터 흡수탑으로 수송하도록 구성될 수 있다.
- [0100] 장치는 공기 분배 장치를 포함할 수 있다. 공기 분배 장치는 연도 가스가 탑에 유입되기 전에 공정 가스를 형성하기 위해, 연도 가스 내로 공기를 유동시키도록 구성될 수 있다. 상기 공기 분배 장치는 상기 공기 분배 장치의 하류 및 상기 탑의 상류에 있는 상기 공정 가스의 산소 함량을 12 부피% 이하로 제한하도록 구성될 수 있다. 연도 가스는 공기와 혼합되기 전에, 15 부피%를 초과하는 수분 함량을 가질 수 있다.
- [0101] 산소 함량은 10% 이하인 산소 함량일 수 있다. 산소 함량은 3-9% 범위일 수 있다.
- [0102] 장치는 응축 장치를 포함할 수 있다. 응축 장치는 공정 가스를 냉각시키도록 구성될 수 있다. 응축 장치는 상기 공정 가스의 습도를 감소시키도록 구성될 수 있다.
- [0103] 장치는 연도 가스와 유체 연통하는 공기 분배기를 포함할 수 있다. 장치는 탑으로 유입되는 예비 세척 순환 액체를 냉각하도록 구성된 예비 세척 구역 열 교환기를 포함할 수 있다. 공기 분배기는 연도 가스가 18 부피%를 초과하는 수분 함량을 가질 수 있는 경우 공정 가스의 수분 함량을 부피의 10% 이하로 유지하도록 구성될 수 있다.
- [0104] 장치는 흡수 구역 열 교환기를 포함할 수 있다. 흡수 구역 열교환기는 탑으로 유입되는 흡수 액체를 냉각시키도록 구성될 수 있다. 공기 분배기는 연도 가스가 18 부피%를 초과하는 수분 함량을 가지는 경우 공정 가스의 수분 함량을 10 부피% 이하로 유지하도록 구성될 수 있다.
- [0105] 예비 세척 구역 열교환 장치 및/또는 흡수 구역 열교환 장치는 관형 열교환기, 증발 냉각기, 공기 냉각기 및 관형 열교환기를 포함할 수 있고; 관형 열교환기는 순환수/1차수가 풍부할 수 있는 구역에 적절할 수 있고, 공기 냉각기는 여름철 평균 온도가 ≤30℃일 수 있는 구역에 적절할 수 있다.
- [0106] 방법들은 연도 가스로부터 이산화황의 흡수를 위한 방법들을 포함할 수 있다.
- [0107] 방법들은 반응기를 통해 연도 가스를 유동시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 반응기에서, 특정 온도에서

연도 가스로부터 아황산암모늄을 함유하는 암모니아 함유 순환 액체에서 황을 흡수하는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 액체를 수집하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0108] 방법들은 반응기에 유입되는 물질의 산소 함량을 12 부피% 이하일 수 있는 함량으로 제한하는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 반응기로부터의 유출물내 과도한 에어로졸 함량에 응답하여 온도를 낮추는 단계를 포함할 수 있다.
- [0109] 방법들은 유동 전에 공기를 연도 gas와 혼합하여 공정 가스를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0110] 낮추는 단계는 공기의 온도를 낮추는 것을 포함할 수 있다.
- [0111] 낮추는 단계는 액체의 온도를 낮추는 것을 포함할 수 있다.
- [0112] 액체의 온도를 낮추는 것은 상기 액체를 순환 수냉각기를 통해 통과시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0113] 방법들은 수 냉각기에 냉각수를 제공하는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 냉각수의 과잉 이온 상태에 대한 응답을 포함할 수 있다. 방법은 냉각수의 일부를 공정수로 교체하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0114] 교체하는 단계는 황산암모늄 슬러리로부터 증기를 유도하도록 구성될 수 있는 증기 응축물 처리 시스템으로부터 공정수를 얻는 것을 포함할 수 있다.
- [0115] 방법들은 열을 연도 gas에서 액체로 전달함으로써 액체 중의 황산암모늄을 결정화하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0116] 액체의 온도를 낮추는 단계는 공기의 유량을 증가시키는 것을 포함할 수 있다. 액체의 온도를 낮추는 단계는 공기의 습도를 낮추는 것을 포함할 수 있다.
- [0117] 방법들은 액체의 일부를 산화 시스템으로 흐르게 하는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 산화 시스템에서 액체의 아황산암모늄을 산화시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0118] 방법들은 액체를 반응기로 되돌리는 것을 포함할 수 있다.
- [0119] 낮추는 단계는 온도를 30 내지 60°C 범위 내일 수 있는 값으로 낮출 수 있다.
- [0120] 범위는 35 내지 56°C일 수 있다.
- [0121] 범위는 40 내지 55°C일 수 있다.
- [0122] 범위는 45 내지 53°C일 수 있다.
- [0123] 제한하는 단계는 산소 함량을 10% 이하일 수 있는 함량으로 제한할 수 있다. 제한하는 단계는 산소 함량을 3 내지 9% 범위의 함량으로 제한할 수 있다. 제한하는 단계는 산소 함량을 8% 이하로 제한할 수 있다.
- [0124] 흡수하는 단계는 상이한 조성을 갖는 스테이지에 암모니아-함유 액체를 제공하는 것을 포함할 수 있다. 흡수하는 단계는 이산화황의 90% 이상이 연도 gas로부터 제거될 수 있도록 제어되는 흡수 온도 및 흡수 산소 함량을 가질 수 있다. 흡수 장치는 반응기에서 배출되는 분진 함량이 50mg/Nm<sup>3</sup> 이하가 되도록 제어되는 흡수 온도 및 흡수 산소 함량을 가질 수 있다.
- [0125] 공정 gas는 25% 이하일 수 있는 수분 함량을 포함할 수 있다.
- [0126] 수분 함량은 18% 이하일 수 있다.
- [0127] 수분 함량은 4 내지 15%의 범위일 수 있다.
- [0128] 방법들은 스테이지를 이용하여 아황산암모늄의 구배를 제어하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 스테이지를 사용하여 중앙황산암모늄의 구배를 제어하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 스테이지를 이용하여 황산암모늄의 구배를 제어하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은, 흡수 전에 공정 가스를 형성하기 위해 연도 gas와 공기를 혼합하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은, 흡수 전에 공정 가스를 냉각 및 정화하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은, 공정 가스를 아황산암모늄 및 황산암모늄을 포함하는 하나 이상의 스테이지에서 암모니아-함유 액체, 이어서, 아황산암모늄 및 황산암모늄을 포함하는 하나 이상의 단계에서 미세 입자 세척 순환 액체와 접촉시키는 것을 포함할 수 있다. 스테이지; 냉각 및 정화. 상기 접촉은 함께 작용하여 이산화황의 90% 이상을 흡수할 수 있다.
- [0129] 방법들은 공정 gas의 산소 함량을 12% 이하의 수준으로 제어하기 위해 공기에 대한 연도 gas의 비율을 조정하

는 단계를 포함할 수 있다.

- [0130] 방법들은 유출물에서 수분 함량을 감소시키기 위해 연도 가스에 건조한 공기를 첨가하는 것을 포함할 수 있다.
- [0131] 미세 입자 세척 순환 액체는 흡수 순환 액체보다 낮은 pH 값을 가질 수 있다. 미세 입자 세척 순환 액체는 암모니아 함유 액체보다 적은 아황산암모늄 함량을 가질 수 있다.
- [0132] 제공하는 단계는 연도 가스의 측정된 이산화황 농도, 수출 배출 지수; 적용할 스테이지의 수에 기초하여 선택하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0133] 수는 2보다 클 수 있다. 스테이지의 조성은 0.15-4.95% 아황산암모늄을 포함할 수 있다. 스테이지의 조성은 5-38% 황산암모늄을 포함할 수 있다. 스테이지는 상부 흡수 순환 액체를 포함할 수 있다. 스테이지는 더 낮은 흡수 순환 액체를 포함할 수 있다. 상부 흡수 순환 액체는 하부 흡수 순환 액체보다 낮은 아황산암모늄 함량을 가질 수 있다. 상부 흡수 순환 액체는 하부 흡수 순환 액체보다 낮은 pH 값을 가질 수 있다.
- [0134] 제공하는 단계는 연도 가스의 측정된 이산화황 농도, 수출 배출 지수, 적용할 스테이지의 수에 기초하여 선택하는 단계를 포함할 수 있다. 수는 2보다 클 수 있다. 스테이지의 조성은 0.15-4.95% 아황산암모늄을 포함할 수 있다. 스테이지의 조성은 5-38% 황산암모늄을 포함할 수 있다.
- [0135] 스테이지는 상부 흡수 순환 액체를 포함할 수 있다. 스테이지는 더 낮은 흡수 순환 액체를 포함할 수 있다. 상부 흡수 순환 액체는 하부 흡수 순환 액체보다 낮은 pH 값을 가질 수 있다.
- [0136] 상부 흡수 순환 액체는 하부 흡수 순환 액체보다 낮은 pH 값을 가질 수 있다.
- [0137] 스테이지 수는 2를 초과할 수 없다. 수는 1을 초과할 수 없다.
- [0138] 스테이지 단계는 0.003-1%의 아황산암모늄을 포함하는 조성을 갖는 미세 입자 세척 순환 액체를 포함할 수 있다. 스테이지 단계는 0.3-38% 황산암모늄을 포함하는 조성을 갖는 미세 입자 세척 순환 액체를 포함할 수 있다. 스테이지 단계는 1-6 범위의 pH 값을 갖는 미세 입자 세척 순환 액체를 포함할 수 있다.
- [0139] 미세 입자 세척 순환 액체는 2 스테이지로 이루어질 수 있다. 스테이지 중 적어도 하나는 0.1-1% 범위의 아황산암모늄을 포함할 수 있다. 스테이지 중 적어도 하나는 5 내지 38% 범위의 황산암모늄을 포함할 수 있다.
- [0140] 방법들은 연도 가스가 15% 초과하는 수분 함량을 가질 수 있는 경우, 연도 가스에 5% 이하의 수증기 부피를 갖는 건조 가스를 첨가함으로써 수분 함량을 8 내지 13% 범위의 수분 함량으로 감소시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 연도 가스가 15%를 초과하는 수분 함량을 가질 수 있는 경우 산소 함량을 12% 이하로 제한하는 것을 포함할 수 있다.
- [0141] 건조 가스는 공기를 포함할 수 있다. 건조 가스는 질소를 포함할 수 있다. 건조 가스는 오염된 질소를 포함할 수 있다. 건조 가스는 이산화탄소 가스를 포함할 수 있다.
- [0142] **예시적인 실시양태들-I**
- [0143] 1. 가스 정화 공정은 흡수 순환 및 미세 입자 세척 순환을 포함하고, 상기 가스 정화 공정의 순환 액체는 흡수 순환 액체 및 미세 입자 세척 순환 액체를 포함할 수 있다. 흡수 순환 액체는 탈황 및 탈황 시 에어로졸 생성 제어에 주로 사용되며, 미세 입자 세척 순환 액체는 탈황 효율을 더욱 높이면서도 공정 가스 내의 미세 입자를 제한할 수 있으며, 입자 및 유리 암모니아의 배출이 규격에 부합하도록 할 수 있다.
- [0144] 2. 반응 조건은 조절될 수 있다: 흡수 순환 액체의 pH 값을 감소시킬 수 있고, pH 값은 6.6 미만으로 조절될 수 있으며; 흡수 온도를 30 내지 60°C로 조절할 수 있고, 공정 가스의 산소 함량을 12% 미만으로 조절할 수 있으며, 수분 함량을 25% 미만으로 조절하여, 흡수시 암모니아 배출 및 에어로졸 생성을 최소화함과 동시에 에너지 소비를 감소시키고, 폐수 배출을 회피하며, 장치의 장기간 안정된 작동을 구현할 수 있다.
- [0145] 3. 흡수 순환 액체 내의 (중)아황산암모늄의 함량은 흡수 동안 에어로졸 생성을 제어하고 산화에 가장 유리한 조건을 생성하고, 산화의 에너지 소비 및 투자비를 감소시키고, 흡수 동안 흡수 순환 액체의 산화를 감소시키기 위해 제어될 수 있다.
- [0146] 4. 연도 가스의 열은, 흡수 효율을 촉진하고 에어로졸 생성을 제어하면서 농도에 유리한 조건을 생성하기 위해, 황산암모늄 용액을 농축시키고, 흡수 순환 액체 내의 황산암모늄의 함량을 일반적으로 5% 초과, 바람직하게는 15-35% 사이로 증가시키기 위해 합리적으로 채용될 수 있다. 10,000mg/Nm<sup>3</sup> 미만의 SO<sub>2</sub> 농도 또는 12% 미만의 수

분 함량을 갖는 연도 가스는 포화 결정화만을 필요로 하고, 더 높은 SO<sub>2</sub> 농도를 갖는 연도 가스의 경우, 용액의 일부는 처리를 위해 증발 결정화 장치로 보내져, 황산암모늄 후처리 시스템의 투자비 및 에너지 소비를 감소시킬 수 있다. 연도 가스 내의 수분 함량이 15%를 초과하는 경우에는, 공기 분배 시스템, 예비 세척 구역 냉각 장치, 흡수 구역 냉각 장치, 증발 결정화 시스템 및 증기 응축물 처리 시스템이 포함될 수 있다.

[0147] 5. 산화 시스템은 원하는 용액 조성 제어에 따라 층들로 또는 장치들에 의해 제공될 수 있고, 미세 입자 세척 순환 액체 및 흡수 순환 액체는 산화 시스템의 산화 장치의 상이한 위치들에서 또는 상이한 장치들로부터 취출될 수 있다.

[0148] 산업적인 작업을 통해, 본 발명자들은 감소된 에어로졸 생성을 실현하는 방법이 흡수 동안 에어로졸 생성을 제어하는 것임을 발견하였고, 이때 제어 수단은 용액 조성, 산소 함량 및 흡수 온도를 구역별로 정확하게 제어하는 것을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 상기 공정 가스의 산소 함량은 ≤12%일 수 있으며, 흡수 온도는 30 내지 60℃일 수 있다. 흡수 순환 액체에는 필요에 따라 하나 이상의 스테이지가 제공될 수 있으며, 상기 하나 이상의 스테이지는 아황산암모늄 및 황산암모늄을 포함하고, 미세 입자 세척 순환 액체에는 필요에 따라 하나 이상의 스테이지가 제공될 수 있으며, 상기 하나 이상의 스테이지는 아황산암모늄 및 황산암모늄을 포함한다. 미세 입자 세척 순환 액체의 pH 값은 흡수 순환 액체의 pH 값보다 작고, 아황산암모늄 함량은 흡수 순환 액체의 pH 값보다 작을 수 있다. 흡수 온도는 흡수 효율을 보장하면서 암모니아 배출 및 에어로졸을 제어하면서 에너지 소비를 감소시키기에 적합한 범위 내로 제어될 수 있다.

[0149] 흡수 온도는 공정수를 이용한 냉각 및 냉각 가스 혼합과 같은 종래 수단에 의해 낮아질 수 있고, 고온 가스 및 가슴 혼합과 같은 종래 수단에 의해 높아질 수 있다.

[0150] **예시적인 실시양태들-II**

[0151] 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성을 제어하는 방법에서, 흡수 반응 온도는 30-60℃로 제어될 수 있고, 공정 가스의 산소 함량은 ≤12%로 제어될 수 있으며, 연도 가스 중의 이산화황을 제거하기 위해 아황산암모늄을 포함하는 흡수 순환 액체가 사용될 수 있다. 고효율 탈황 및 분진 제거는 단계적 용액 조성 제어 및 반응 조건 제어에 의해 실현될 수 있으며, 고효율 탈황 및 분진 제거를 수행하면서 암모니아 배출 및 에어로졸 생성을 제어할 수 있다. 단계적 용액 조성 조절은 아황산암모늄, 중아황산암모늄, 황산암모늄 또는 이들의 조합의 농도 구배 조절을 포함할 수 있다.

[0152] 흡수 반응의 온도는 35-56℃, 바람직하게는 40-55℃, 가장 바람직하게는 45-53℃일 수 있다.

[0153] 공정 가스의 산소 함량은 ≤12%, 바람직하게는 ≤10%, 보다 바람직하게는 3-9%일 수 있다.

[0154] 공정 가스의 수분 함량은 ≤25%, 바람직하게는 ≤18%, 보다 바람직하게는 4-15%일 수 있다.

[0155] 예비 냉각 및 정화 후의 연도 가스는 흡수 순환 액체 및 미세 입자 세척 순환 액체와 순차적으로 접촉하여 흡수, 산화 및 농도의 조화로운 제어를 실현할 수 있다. 흡수 순환 액체는 필요에 따라 하나 이상의 스테이지로 제공될 수 있으며, 여기서 적어도 하나의 스테이지는 아황산암모늄 및 황산암모늄을 함유할 수 있고, 미세 입자 세척 순환 액체는 필요에 따라 하나 이상의 스테이지로 제공될 수 있으며, 여기서 적어도 하나의 스테이지는 아황산암모늄 및 황산암모늄을 함유할 수 있다. 미세 입자 세척 순환 액체의 pH 값은 흡수 순환 액체의 pH 값보다 작고, 아황산암모늄 함량은 흡수 순환 액체의 pH 값보다 작을 수 있다.

[0156] 멀티-스테이지 흡수 순환 액체가 선택되는 경우, 적어도 한 스테이지의 조성은 0.15-4.95%의 아황산암모늄 및 5-38%의 황산암모늄을 포함할 수 있고, pH 값은 4.5-6.5일 수 있다. 상부 흡수 순환 액체의 아황산암모늄 함량은 하부 흡수 순환 액체의 아황산암모늄 함량보다 낮을 수 있고/거나, 상부 흡수 순환 액체의 pH 값은 하부 흡수 순환 액체의 pH 값보다 낮을 수 있다. 흡수 순환 유체는 1-2 스테이지, 바람직하게는 1 스테이지를 가질 수 있다. 흡수 순환 액체의 적어도 한 스테이지에서 황산암모늄 대 (중)아황산암모늄의 질량 분율은 1.5-199:1일 수 있다.

[0157] 미세 입자 세척 순환 액체의 적어도 한 스테이지의 조성은 0.003-1% 아황산암모늄 및 0.3-38% 황산암모늄을 포함할 수 있고, pH 값은 1-6일 수 있다. 바람직하게는 2 스테이지로 구성될 수 있으며, 이 중 적어도 하나는 고농도의 황산암모늄을 함유할 수 있으며, 여기서, 아황산암모늄은 0.01-1%일 수 있고, 황산암모늄은 5-38%일 수 있다. 세척 온도는 28-68℃, 바람직하게는 30-55℃, 보다 바람직하게는 40-50℃일 수 있다. 미세 입자 순환 세척액의 적어도 한 스테이지에서 황산암모늄 대 (중)아황산암모늄의 질량분율은 1.5-999:1일 수 있다.

- [0158] 연도 가스의 수분 함량이 15%를 초과하는 경우, 수증기 부피 함량이  $\leq 5\%$ 인 가스를 배합하여 수분 함량을 8-18%로 감소시키고, 산소 함량을  $\leq 12\%$ 로 제어할 수 있다. 수증기 부피 함량이  $\leq 5\%$ 인 가스는 공기/질소/오염된 질소/이산화탄소 가스 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며, 바람직하게는 공기 및 오염된 질소를 포함할 수 있다.
- [0159] 연도 가스의 산소 함량 및 수분 함량이 요건들을 충족시킬 때, 연도 가스는 어떠한 처리도 없이, 처리를 위해 흡수탑으로 직접 보내질 수 있다.
- [0160] **예시적인 실시양태들-III**
- [0161] 장치는 가스 정화 및 제거 시스템, 산화 시스템 및 보조 시스템을 포함할 수 있다. 보조 시스템은 황산암모늄 후처리 시스템, 암모니아 공급 시스템 및 공정수 시스템을 포함할 수 있다. 가스 정화 및 제거 시스템은 구역에 의해 제어될 수 있고 예비 세척 구역, 흡수 구역 및 미세 입자 제어 구역을 포함할 수 있는 흡수탑을 구비할 수 있으며, 예비 세척 구역, 흡수 구역 및 미세 입자 제어 구역에는 각각 하나 이상의 분무층이 제공될 수 있고, 흡수 구역과 예비 세척 구역 사이에 가스만이 통과하는 장치/구성요소가 제공될 수 있다.
- [0162] 정화된 연도 가스의 총 분진이  $\leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 인 경우, 흡수 구역과 미세 입자 제어 구역 사이에 가스만 통과시키는 장치/구성요소가 제공되고, 연도 가스 내 이산화황의 농도가  $\geq 10,000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 인 경우에는, 흡수 구역 내에 가스만 통과시키는 장치/구성요소가 제공될 수 있다.
- [0163] 연도 가스 내의 이산화황의 농도가  $\geq 7,000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 인 경우, 가스만 통과시키는 2개 이상의 장치/구성요소가 미세 입자 제어 구역 내에 제공될 수 있다. 미세 입자 제어 구역에는 하나 이상의 데미스터 층이 제공될 수 있고, 예비 세척 구역 및 흡수 구역의 층들에는 각각 하나 이상의 데미스터 층이 제공될 수 있다. 배플, 리지, 충전제 및 스크린 메시 또는 이들의 조합이 데미스터의 형태로서 선택된다.
- [0164] 흡수 구역에서 각 층의 액체-가스 비율은  $0.4\text{L}/\text{Nm}^3$  이상, 평균 분무 적용 범위는 200% 이상이고, 미세 입자 제어 구역에서 각 층의 액체-가스 비율은  $0.42\text{L}/\text{Nm}^3$  이상, 평균 분무 적용 범위는 150% 이상일 수 있다. 흡수 구역 및 미세 입자 제어 구역의 각 층에서 200% 미만의 분무 적용 범위를 갖는 구역의 총 면적은 흡수탑의 단면적의 10% 이하, 바람직하게는 5% 이하의 비율일 수 있다.
- [0165] 산화 시스템은 용액 조성 제어에 적절한 층 또는 장치에 의해 제공될 수 있고, 미세 입자 세척 순환 액체 및 흡수 순환 액체는 산화 시스템의 산화 장치의 상이한 위치에서 또는 상이한 장치로부터 취출될 수 있다. 산화 시스템의 산화 장치는 3.5m 초과인 액체 레벨을 갖는 1-5층의 기체-액체 분산 증가기를 구비할 수 있다. 용액 조성은 산화 장치에 의한 강제 산화 및/또는 자연 산화 및/또는 흡수 온도를 제어하기 위한 테일 가스의 산소 함량의 제어를 통해 제어될 수 있다.
- [0166] 흡수탑의 표면 가스 유속은  $0.8\text{m}/\text{s}$ - $4\text{m}/\text{s}$ 일 수 있고/거나, 예비 세척 구역의 작동 온도는  $35^\circ\text{C}$ - $80^\circ\text{C}$ 일 수 있다.
- [0167] 원 연도 가스의  $\text{SO}_2$  농도는  $\leq 30,000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 일 수 있다.
- [0168] 정화된 연도 가스  $\text{SO}_2$ 는  $\leq 400\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 바람직하게는  $\leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 보다 바람직하게는  $\leq 35\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 가장 바람직하게는  $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 일 수 있다.
- [0169] 정화된 연도 가스의 총 분진(에어로졸 포함)은  $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 바람직하게는  $\leq 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 보다 바람직하게는  $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 가장 바람직하게는  $\leq 3\text{mg}/\text{Nm}^3$ 일 수 있다.
- [0170] 정화된 연도 가스의 암모니아 배출은  $\leq 8\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 바람직하게는  $\leq 4\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 보다 바람직하게는  $\leq 2\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 가장 바람직하게는  $\leq 1\text{mg}/\text{Nm}^3$ 일 수 있다.
- [0171] 흡수탑 입구에서 공정 가스의 함수율이 15%를 초과하는 경우, 증발 결정화 시스템이 제공될 수 있다. 증발 결정화 시스템은 이중 증발 결정화 공정, 단일 증발 결정화 공정, MVR 증발 결정화 공정 및 증기 제트 펌프를 이용한 이중 증발 결정화 공정을 포함할 수 있으며, MVR 증발 결정화 공정이 바람직할 수 있다.
- [0172] 증발 결정화 시스템이 제공되는 경우, 장치는 막 분리 장치 및 탈기 장치를 포함할 수 있는 증기 응축물 처리 장치를 포함할 수 있다. 막 분리 장치를 이용하는 경우, 증기 응축물 처리 장치의 청정 액체 배출구는 공정수

파이프 네트워크에 연결되고, 농축액 출구는 흡수탑에 연결될 수 있다.

- [0173] 장치는 순환수 시스템을 구비할 수 있고, 증발 결정화 시스템의 증기 응축수가 순환수 시스템의 물 보충 파이프 네트워크에 연결될 수 있으며, 순환수 취출부가 흡수탑에 연결될 수 있다.
- [0174] 연도 가스의 수분 함량이 13-18%일 수 있는 경우, 공기 분배 또는 응축 시스템이 사용될 수 있다. 공기 분배 후 공정 가스내 산소 함량은  $\leq 12\%$ , 바람직하게는  $\leq 10\%$ , 보다 바람직하게는 3-9%일 수 있다.
- [0175] 연도 가스의 수분 함량이 18%를 초과하는 경우, 공기 분배 및 응축 장치가 사용될 수 있다. 공기 분배 후 공정 가스의 산소 함량은 12% 이하, 바람직하게는 10% 이하, 보다 바람직하게는 8% 이하일 수 있다.
- [0176] 공기 분배 장치는 블로워 및 공기 분배 파이프 네트워크를 포함할 수 있고; 예비 세척 구역 열교환 장치 및/또는 흡수 구역 열교환 장치는 관형 열교환기, 증발 냉각기, 공기 냉각기 및 관형 열교환기를 포함할 수 있고; 관형 열교환기는 순환수/1차수가 풍부할 수 있는 구역에서 바람직할 수 있고, 공기 냉각은 여름철 평균 온도가  $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 일 수 있는 구역에서 바람직할 수 있다.
- [0177] 장치 및 방법들에 대한 예시적인 공정 흐름은 다음을 포함할 수 있다:
- [0178] 공정 가스는 연도 가스를 처리함으로써 얻을 수 있다. 공정 가스는 예비 세척 구역으로부터 유입되고, 예비 세척 구역에서 순환 세척액에 의해 냉각 및 세척될 수 있으며, 순환 세척액은 동시에 농축될 수 있고; 이후 연도 가스는 흡수 순환 액체에 의해 세척 및 탈황될 수 있는 흡수 구역 및 미세 입자 순환 세척액에 의해 미세 입자들이 제거될 수 있는 상기 미세 입자 제어 구역을 각각 통과하여 배출될 수 있고;
- [0179] 예비 세척 구역에서 순환 세척액은 미세 입자 순환 세척액에 의해 주로 보충될 수 있고, 미세 입자 순환 세척액 및/또는 공정수가 탑 벽 등의 스케일 세척을 위해 사용될 수 있으며, 흡수 순환 액체는 미세 입자 제어 구역에서 순환 세척 액체 및/또는 공정수에 의해 보충될 수 있다.
- [0180] 흡수 순환 액체는 산화 시스템에서 산화될 수 있고, 상이한 조성의 용액이 순환을 위해 산화 시스템의 산화 장치의 상이한 위치에서 또는 상이한 장치로부터 각각 추출될 수 있다.
- [0181] 공정수는 바람직하게는 미세 입자 제어 구역 및/또는 미세 입자 세척 순환 탱크로부터 보충될 수 있거나, 세척수에 의해 보충될 수 있다.
- [0182] 실제 생산은 다양한 요인에 의해 영향을 받을 수 있고, 용액의 조성은 변동될 것이다. 아황산암모늄을 함유하는 흡수 순환 액체는 암모니아-기반 탈황에서의 흡수 동안 에어로졸 생성을 제어하기 위해 연도 가스 내 이산화황을 제거하는 데에 사용될 수 있다.
- [0183] 예시적인 수단은 단계적 용액 조성 제어 및 반응 조건 제어를 포함하는데, 여기서 공정 가스의 흡수 온도 및 산소 함량은 고효율 탈황 및 분진 제거를 실현하도록 제어될 수 있고, 고효율 탈황을 수행하면서, 암모니아 배출 및 흡수 동안 에어로졸 생성이 제어될 수 있다. 효과적인 탈황 물질은 아황산암모늄일 수 있고, 흡수 순환 액체는 아황산암모늄-(중)아황산암모늄의 약산성 혼합 액체일 수 있으며, 미세 입자 세척 순환 액체는 낮은 농도의 아황산암모늄-중아황산암모늄의 혼합 용액보다 산성일 수 있으며, 흡수, 산화 및 농도의 조화로운 제어가 이루어질 수 있다.
- [0184] 아황산암모늄을 포함하는 흡수 순환 액체는 연도 가스에서 이산화황을 제거하기 위해 사용될 수 있다. 흡수 순환 액체는  $\text{SO}_2$ 를 흡수한 후 암모니아를 첨가하여 아황산암모늄으로 전환시킨 후, 암모니아 기반 탈황을 수행할 수 있다.
- [0185] 공기 분배 부피를 조절하여 공정 가스의 산소 함량을 조절할 수 있고, 공기 분배 또는 공기 분배 및 냉각에 의해 공정 가스의 수분 함량 및 흡수 온도를 조절할 수 있으며, 여기서 냉각 방법은 공냉, 수냉 및 제빙기 냉각을 포함할 수 있고, 냉각 장치는 관형 열교환기, 증발 냉각기, 공기 냉각기 및 관형 열교환기를 포함할 수 있으며, 관형 열교환기는 순환수/1차수가 풍부할 수 있는 구역에서 바람직할 수 있다.
- [0186] 낮은 배출 지수가 요구될 수 있는 경우, 흡수 순환 및 미세 입자 세척 순환의 스테이지 수 및/또는 분무층 수 및/또는 순환 부피를 감소시키고/시키거나 흡수 액체의 아황산암모늄 함량 및 pH 값을 증가시킴으로써 투자비 및 작업 비용을 감소시킬 수 있다.
- [0187] 배출은 흡수 순환 및 미세 입자 세척 순환의 스테이지 수 및/또는 분무층 수 및/또는 순환 부피를 증가시키고/시키거나 흡수 액체의 아황산암모늄 함량 및 pH 값을 정확하게 제어함으로써 표준을 따르거나 후속 공정의 생산

요건을 충족시키도록 보장될 수 있다.

- [0188] 순환 용액 내의 염화물, 불화물 및 다른 유해 이온을 제어할 필요가 있는 경우, 미세 입자 순환 세척액의 일부는 황산암모늄으로 직접 만들어질 수 있다. 처리 장치는 통합 건조기를 포함할 수 있고, 그의 특정 구조, 파라미터 및 연결 관계에 대해서는, 본원에 그 전체가 참조로 포함되는 본 발명자들에 의해 부여받은 특허 CN201710336561.2 - 발명의 명칭 "암모니아 기반 탈황의 순환 액체에서 Cl<sup>-</sup> 및 F<sup>-</sup> 함량을 밸런싱하기 위한 방법 및 장치"를 참조한다. 다양한 순환 용액 내 염화물 이온 함량이 50,000mg/L 미만, 바람직하게는 10,000-31,000mg/L로 제어될 수 있고, 불화물 이온 농도는 20,000mg/L 미만, 바람직하게는 300-3,000mg/L로 제어될 수 있다.
- [0189] **예시적인 실시양태들-IV**
- [0190] 1. 흡수 반응 온도를 30-60℃로 제어하고, 공정 가스의 산소 함량을 ≤12%로 제어하고, 연도 가스 중의 이산화황을 제거하기 위해 아황산암모늄을 포함하는 흡수 순환 액체를 사용하여 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성을 제어하는 것을 특징으로 하는, 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성을 제어하기 위한 개선된 방법.
- [0191] 2. 실시양태 1에 있어서, 단계적 용액 조성 제어 및 반응 조건 제어에 의해 고효율 탈황 및 분진 제거를 구현하고, 고효율 탈황 및 분진 제거를 수행하면서 암모니아 배출 및 에어로졸 생성을 제어하는 것을 특징으로 하는 방법.
- [0192] 3. 실시양태 1에 있어서, 흡수 반응 온도가 35-56℃, 바람직하게는 40-55℃, 가장 바람직하게는 45-53℃인 것을 특징으로 하는 방법.
- [0193] 4. 실시양태 1에 있어서, 공정 가스의 산소 함량이 ≤10%, 바람직하게는 3-9%인 것을 특징으로 하는 방법.
- [0194] 5. 실시양태 1에 있어서, 공정 가스의 수분 함량이 ≤25%, 바람직하게는 ≤18%, 보다 바람직하게는 4-15%인 것을 특징으로 하는 방법.
- [0195] 6. 실시양태 2에 있어서, 단계적 용액 조성물 제어가 아황산암모늄, 중아황산암모늄, 황산암모늄 또는 이들의 조합의 농도 구배 제어를 포함하고; 예비 냉각 및 정화 후의 공정 가스가 흡수 순환 액체 및 미세 입자 세척 순환 액체와 순차적으로 접촉하여 흡수, 산화 및 농도의 조화로운 제어를 실현하고; 흡수 순환 액체에 필요에 따라 하나 이상의 스테이지가 제공되고, 여기서 적어도 하나의 스테이지는 아황산암모늄 및 황산암모늄을 포함하고, 미세 입자 세척 순환 액체에 필요에 따라 하나 이상의 스테이지가 제공되고, 여기서 적어도 하나의 스테이지는 아황산암모늄 및 황산암모늄을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.
- [0196] 7. 실시양태 6에 있어서, 미세 입자 세척 순환 액체의 pH 값은 흡수 순환 액체의 pH 값보다 낮고, 아황산암모늄 함량은 흡수 순환 액체의 pH 값보다 낮은 것을 특징으로 하는, 방법.
- [0197] 8. 실시양태 6에 있어서, 멀티-스테이지 흡수 순환 액체가 선택되는 경우, 적어도 한 스테이지의 조성은 0.15-4.95%의 아황산암모늄 및 5-38%의 황산암모늄을 포함하고, pH 값이 4.5-6.5이고, 상부 흡수 순환 액체의 아황산암모늄 함량은 하부 흡수 순환 액체의 pH 값보다 낮고/거나, 상부 흡수 순환 액체의 pH 값은 하부 흡수 순환 액체의 pH 값보다 낮은 것을 특징으로 하는 방법.
- [0198] 9. 실시양태 6에 있어서, 흡수 순환 유체는 1-2 스테이지, 바람직하게는 1 스테이지를 갖는 것을 특징으로 하는 방법.
- [0199] 10. 실시양태 6에 있어서, 미세 입자 세척 순환 액체의 적어도 스테이지의 조성은 0.003-1% 아황산암모늄 및 0.3-38% 황산암모늄을 포함하고, pH는 1-6인 것을 특징으로 하는 방법.
- [0200] 11. 실시양태 10에 있어서, 미세 입자 세척용 순환 액체는 바람직하게는 2 스테이지로 구성되고, 적어도 한 스테이지는 고농도의 황산암모늄을 포함하고, 아황산암모늄은 0.01-1%, 황산암모늄은 5-38%인 것을 특징으로 하는 방법.
- [0201] 12. 실시양태 6에 있어서, 연도 가스의 수분 함량이 15%를 초과하는 경우, 수증기량이 ≤5%인 가스와 배합하여 수분 함량을 8-13%로 감소시키고, 산소 함량이 ≤12%로 조절되며, 수증기량이 ≤5%인 가스는 공기/질소/오염 질소/이산화탄소 가스 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.
- [0202] 13. 실시양태 1 내지 12 중 어느 하나에 따른 방법의 구현을 위한 암모니아-기반 탈황에서 에어로졸 생성을 제

어하기 위한 장치로서, 가스 정화 및 제거 시스템, 산화 시스템, 및 보조 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

- [0203] 14. 실시양태 13에 있어서, 보조 시스템은 황산암모늄 후처리 시스템, 암모니아 공급 시스템 및 공정수 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0204] 15. 실시양태 13에 있어서, 가스 정화 및 제거 시스템의 흡수탑이 구역에 의해 제어되고 예비-세척 구역, 흡수 구역 및 미세 입자 제어 구역을 포함하며, 예비-세척 구역, 흡수 구역 및 미세 입자 제어 구역에는 각각 하나 이상의 분무층이 제공되고, 흡수 구역과 예비-세척 구역 사이에 가스만이 통과하도록 하는 장치/구성요소가 제공되는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0205] 16. 실시양태 15에 있어서, 흡수 구역과 미세 입자 제어 구역 사이에 필요에 따라 가스만 통과시키는 장치/구성요소가 제공되는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0206] 17. 실시양태 15에 있어서, 흡수 구역 내에 필요에 따라 가스만 통과시키는 장치/구성요소가 제공되는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0207] 18. 실시양태 15에 있어서, 미세 입자 제어 구역 내에 필요에 따라 가스만 통과시키는 장치/구성요소가 제공되는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0208] 19. 실시양태 15에 있어서, 미세 입자 제어 구역에 하나 이상의 데미스터 층이 제공되고, 예비 세척 구역 및 흡수 구역의 층들에 각각 필요에 따라 하나 이상의 데미스터 층이 제공되고; 배플, 리지, 충전제 및 스크린 메시 또는 이들의 조합이 데미스터의 형태로서 선택되는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0209] 20. 실시양태 15에 있어서, 흡수 구역에서 각 층의 액체-가스 비율은  $0.4L/Nm^3$  이상, 평균 분무 적용 범위는 200% 이상이고, 미세 입자 제어 구역에서 각 층의 액체-가스 비율은  $0.42L/Nm^3$  이상, 평균 분무 적용 범위는 150% 이상인 것을 특징으로 하는 장치.
- [0210] 21. 실시양태 20에 있어서, 흡수 구역 및 미세 입자 제어 구역의 각 층에서 200% 미만의 분무 적용 범위를 갖는 영역의 총 면적이 흡수탑의 단면적의 10% 이하, 바람직하게는 5% 이하인 것을 특징으로 하는 장치.
- [0211] 22. 실시양태 13에 있어서, 산화 시스템에 용액 조성 제어의 요건에 따라 층들로 또는 장치들이 제공되고, 미세 입자 세척 순환 액체 및 흡수 순환 액체는 산화 시스템의 산화 장치의 상이한 위치에서 또는 상이한 장치로부터 취출되는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0212] 23. 실시양태 15에 있어서, 흡수탑의 표면 가스 유속은  $0.8m/s-4m/s$ 인 것을 특징으로 하는 장치.
- [0213] 24. 실시양태 24에 있어서, 원 연도 가스 중의  $SO_2$  농도는  $\leq 30,000mg/Nm^3$ 인 것을 특징으로 하는 장치.
- [0214] 25. 실시양태 15에 있어서, 상기 정화된 연도 가스  $SO_2$ 는  $\leq 400mg/Nm^3$ , 바람직하게는  $\leq 100mg/Nm^3$ , 보다 바람직하게는  $\leq 35mg/Nm^3$ , 가장 바람직하게는  $\leq 10mg/Nm^3$ 인 것을 특징으로 하는 장치.
- [0215] 26. 실시양태 15에 있어서, 정화된 연도 가스 내의 총 분진(에어로졸 포함)은  $\leq 50mg/Nm^3$ , 바람직하게는  $\leq 20mg/Nm^3$ , 보다 바람직하게는  $\leq 5mg/Nm^3$ , 가장 바람직하게는  $\leq 3mg/Nm^3$ 인 것을 특징으로 하는 장치.
- [0216] 27. 실시양태 15에 있어서, 정화된 연도 가스의 암모니아 배출은  $\leq 8mg/Nm^3$ , 바람직하게는  $\leq 4mg/Nm^3$ , 보다 바람직하게는  $\leq 2mg/Nm^3$ , 가장 바람직하게는  $\leq 1mg/Nm^3$ 인 것을 특징으로 하는 장치.
- [0217] 28. 실시양태 15에 있어서, 흡수탑의 입구에서 공정 가스의 수분 함량이 15%를 초과하는 경우, 증발 결정화 시스템 및/또는 예비-세척 구역 열교환 장치 및/또는 흡수 구역 열교환 장치가 제공되는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0218] 29. 실시양태 28에 있어서, 증발 결정화 시스템으로 이중 효과 증발 결정화 공정, 단일 효과 증발 결정화 공정, MVR 증발 결정화 공정, 및 증기 제트 펌프를 이용한 이중 효과 증발 결정화 공정이 선택되고, MVR 증발 결정화 공정이 바람직한 것을 특징으로 하는 장치.
- [0219] 30. 실시양태 29에 있어서, 막 분리 장치 및 탈기 장치를 포함하는 증기 응축물 처리 장치를 더 포함하고, 여기

서 증기 응축물 농축 장치의 청정 액체 배출구는 공정 용수 파이프 네트워크에 연결되고, 농축된 액체 출구는 흡수탑에 연결되는 것을 특징으로 하는 장치.

[0220] 31. 실시양태 29에 있어서, 순환수 시스템을 더 포함하고, 여기서 증기 응축물은 순환수 장치의 물 보충 파이프 네트워크에 연결되고, 순환수 취출부는 흡수탑에 연결되는 장치.

[0221] 32. 실시양태 15에 있어서, 원 연도 가스 중의 수분 함량이 15%를 초과하는 경우, 공기 분배 장치 또는 응축 장치가 제공되고, 공기 분배 후 공정 가스 중의 산소 함량은  $\leq 12\%$ , 바람직하게는  $\leq 10\%$ , 보다 바람직하게는  $\leq 3-9\%$ 인 것을 특징으로 하는 장치.

[0222] 33. 실시양태 15에 있어서, 원 연도 가스 중의 수분 함량이 18%를 초과하는 경우, 공기 분배 장치 및/또는 예비 세척 구역 열교환 장치 및/또는 흡수 구역 열교환 장치가 제공되고, 공기 분배 후 공정 가스 중의 산소 함량은  $\leq 12\%$ , 바람직하게는  $\leq 10\%$ , 보다 바람직하게는  $\leq 3-9\%$ 인 것을 특징으로 하는 장치

[0223] 34. 실시양태 33에 있어서, 예비-세척 구역 열교환 장치 및/또는 흡수 구역 열교환 장치가 판형 열교환기, 증발 냉각기, 공기 냉각기 및 판형 열교환기를 포함하고; 판형 열교환기는 순환수/1차수가 풍부한 구역에서 바람직하고, 공기 냉각기는 여름철 평균 온도가  $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 인 구역에서 바람직한 것을 특징으로 하는 장치.

[0224] **예시적인 실시양태들-V**

[0225] 도 1에 도시된 바와 같은 암모니아-기반 탈황에서의 흡수 동안 에어로졸 생성을 제어하기 위한 예시적인 방법에서, 암모니아-기반 탈황에서의 흡수 동안 에어로졸 생성을 제어하기 위해, 아황산암모늄을 함유하는 흡수 순환 액체가 연도 가스 내의 이산화황을 제거하기 위해 사용될 수 있다.

[0226] 고효율 탈황 및 분진 제거가 단계적 용액 조성 제어 및 반응 조건 제어에 의해 실현될 수 있고, 고효율 탈황을 수행하면서 암모니아 배출 및 에어로졸 생성이 제어될 수 있다.

[0227] 단계적 용액 조성 제어는 아황산암모늄, 중아황산암모늄, 황산암모늄 또는 이들의 조합의 농도 구배 조절을 포함할 수 있다.

[0228] 흡수 반응의 온도는  $40-55^{\circ}\text{C}$ 일 수도 있고,  $47-51^{\circ}\text{C}$ 일 수 있다.

[0229] 공정 가스 (9)의 산소 함량은  $\leq 12\%$  일 수도 있고,  $3-8.5\%$  일 수도 있다.

[0230] 예비 냉각 및 정화 후 공정 가스(9)는 흡수 순환 액체(7) 및 미세 입자 세척 순환 액체(15)와 순차적으로 접촉하여 흡수, 산화 및 농도의 조화로운 제어를 실현한다. 상기 흡수 순환 액체(7)는 아황산암모늄 및 황산암모늄을 모두 포함하는 2 스테이지로 제공될 수 있고, 상기 미세 입자 세척 순환 액체(15)는 필요에 따라 아황산암모늄 및 황산암모늄을 2 스테이지로 포함하고, 1 스테이지는 공정수일 수 있는 적절한 3 스테이지로 제공될 수 있다. 미세 입자 세척 순환 액체(15)의 pH 값은 흡수 순환 액체(7)의 pH 값보다 낮을 수 있고, 아황산암모늄 함량은 흡수 순환 액체(7)의 pH 값보다 작을 수 있다.

[0231] 제1 스테이지 및 제2 스테이지 흡수 순환 액체(7)는 모두 0.3-3%의 아황산암모늄 및 12-23%의 황산암모늄을 함유할 수 있고, 제1 스테이지 및 제2 스테이지 흡수 순환 액체의 pH 값은 각각 5.5-6.3 및 5-5.9일 수 있고, 상부 흡수 순환 액체(7)의 아황산암모늄 함량은 하부 흡수 순환 액체(7)의 것보다 낮을 수 있다. 상기 제1 스테이지 흡수 순환 액체(7) 내 황산암모늄 대 (중)아황산암모늄의 질량 분율비는 9-99:1일 수 있다.

[0232] 상기 제1 스테이지 미세 입자 세척 순환 액체(15)는 0.02-0.05% (중)아황산암모늄 및 15-25% 황산암모늄을 포함할 수 있으며, pH 값은 4-4.3일 수 있다. 상기 제2 스테이지 미세 입자 세척 순환 액체(15)는 0.004-0.01%의 아황산암모늄 및 0.5-3.3%의 (중)아황산암모늄을 포함하며, pH 값은 3.6-3.9일 수 있다.

[0233] 상기 미세 입자의 세척 온도는  $38-49.5^{\circ}\text{C}$ 일 수 있으며, 상기 제1 스테이지 미세 입자 순환 세척액(15) 내 황산암모늄 대 (중)아황산암모늄의 질량 분율비는 99-199:1일 수 있다.

[0234] 연도 가스의 수분 함량은 10-13%일 수 있다. 공기를 배합하여 수분 함량을 8-11%로 낮출 수 있으며, 산소 함량을 6-9%로 제어할 수 있다.

[0235] 장치는 가스 정화 및 제거 시스템, 산화 시스템 및 보조 시스템을 포함할 수 있다. 보조 시스템은 황산암모늄 후처리 시스템(24), 암모니아 공급 시스템 및 공정수 시스템을 포함할 수 있다. 가스 정화 및 제거 시스템은 구역들에 의해 제어될 수 있고 예비-세척 구역(4), 흡수 구역(5) 및 미세 입자 제어 구역(6)을 포함할 수 있는 흡수탑(1)을 구비할 수 있으며, 여기서 예비-세척 구역(4), 흡수 구역(5), 및 미세 입자 제어 구역(6)은 각각 1,

3, 및 3개의 분무층들을 구비할 수 있고, 가스 만을 통과시키는 장치/구성요소(17)가 흡수 구역(5)과 예비-세척 구역(4) 사이에 제공될 수 있다.

- [0236] 흡수 구역(5)과 미세 입자 제어 구역(6) 사이에 가스만을 통과시키는 장치/구성요소(18)이 제공될 수 있다.
- [0237] 가스만이 통과하도록 하는 장치/구성요소(18)의 스테이지가 미세 입자 제어 구역(6) 내에 제공될 수 있다. 미세 입자 제어 구역(6)에는 5개 층의 데미스터가 제공될 수 있고, 그 중 2개는 하부에 있을 수 있고, 3개는 상부에 있을 수 있으며, 예비 세척 구역(4) 및 흡수 구역(5)은 데미스터를 포함하지 않을 수 있고, 배플과 리지의 조합이 데미스터로서 선택될 수 있다.
- [0238] 상기 흡수 구역(5)에서 각 층의 액체-가스 비율은  $1.6\text{L}/\text{Nm}^3$ 일 수 있고, 평균 분무 적용 범위는 300% 이상의 비율일 수 있고, 상기 미세 입자 제어구역(6)에서 액체-가스 비율은 각각  $1.6/2.2/0.2\text{L}/\text{Nm}^3$ 일 수 있고, 하부 2개 층의 평균 분무 적용 범위는 300% 이상의 비율일 수 있다. 흡수 구역(5) 및 미세 입자 제어 구역(6)의 1-2개의 층에서 200% 미만의 분무 적용 범위를 갖는 구역의 총 면적은 흡수탑의 단면적의 2-5%를 차지한다.
- [0239] 산화 시스템은 용액 조성 제어의 요구에 따라 층들로 제공될 수 있고, 미세 입자 세척 순환 액체(15) 및 흡수 순환 액체(7)는 상이한 위치에서 산화 시스템의 산화 장치(2)로부터 취출될 수 있다. 산화 시스템의 산화 장치(2)는 8 내지 9.5m의 액체 레벨을 갖는 2개 층의 가스-액체 분산 증가기(19)를 구비할 수 있다. 용액 조성은 산화 장치(2)에 의한 강제 산화 및/또는 자연 산화를 제어 및/또는 흡수 온도를 제어하기 위한 공정 가스의 산소 함량의 제어에 의해 제어될 수 있다.
- [0240] 상기 흡수탑(1)에서의 표면 가스 유량은  $2.68\text{--}2.75\text{m}/\text{s}$ 일 수 있고, 상기 예비 세척 구역의 작동 온도는  $49\text{--}54^\circ\text{C}$ 일 수 있다.
- [0241] 유입 공정 가스의 수분 함량이 15%를 초과하는 경우, 증발 결정화 시스템(25)이 제공될 수 있다. 상기 증발 결정화 시스템은 이중 증발 결정화 공정, 단일 증발 결정화 공정, MVR 증발 결정화 공정 및 증기 제트 펌프를 이용한 이중 증발 결정화 공정을 포함할 수 있으며, MVR 증발 결정화 공정이 바람직할 수 있다.
- [0242] 증발 결정화 시스템(25)이 제공되는 경우, 장치는 증기 응축물 처리 장치(27)를 포함할 수 있고, 여기서 증기 응축물 처리 장치(27)는 막 분리 장치 및 탈기 장치를 포함할 수 있으며, 막 분리 장치가 사용되는 경우, 증기 응축물 처리 장치(27)의 청정 액체 배출구는 공정 용수 파이프 네트워크에 연결될 수 있고, 농축 액체 배출구는 흡수탑(1)의 미세 입자 제어 구역(6)에 연결될 수 있다.
- [0243] 상기 장치에는 필요에 따라 순환수 시스템(28)이 구비될 수도 있다. 증발 결정화 시스템(25)의 증기 응축물(26)은 또한 순환수 시스템(28)의 물 보충 파이프 네트워크에 연결될 수 있고, 순환수 취출부는 흡수탑(1)에 연결될 수 있다.
- [0244] 공기 분배 장치는 공정 블로워(31) 및 공기 분배 파이프 네트워크를 포함할 수 있고, 흡수 구역 열교환 장치(30)는 판형 열교환기를 포함할 수 있다.
- [0245] 장치 및 방법의 예시적인 공정 유동은 다음을 포함할 수 있다:
- [0246] 연도 가스 및 공정 공기가 혼합될 수 있고, 생성된 공정 가스(9)는 흡수탑(1)의 예비 세척 구역(4)으로부터 유입될 수 있고, 예비 세척 구역(4) 내의 예비 세척 순환 액체(20)에 의해 냉각 및 세척될 수 있고, 예비 세척 순환 액체(20)는 동시에 농축될 수 있고; 이어서 공정 가스는 흡수 구역(5)을 각각 통과할 수 있고, 여기서 이는 흡수 순환 액체(7)에 의해 세척 및 탈황될 수 있고, 미세 입자 제어 구역(6)은 미세 입자 순환 세척액(15)에 의해 미세 입자가 제거될 수 있고, 이어서 배출될 수 있다.
- [0247] 예비 세척 구역(4) 내의 예비 세척 순환액(20)은 미세 입자 순환 세척액(15)에 의해 보충될 수 있고, 미세 입자 순환 세척액(15) 및/또는 공정수는 탑 벽으로부터의 스케일을 씻어내기 위해 사용될 수 있고, 흡수 순환 액체(7)는 미세 입자 제어 구역 내의 순환 세척액(15) 및/또는 공정수(23)에 의해 보충될 수 있다.
- [0248] 공정수(23)는 바람직하게는 미세 입자 제어구역(6) 및/또는 미세 입자 세척 순환조(3)로부터 보충될 수 있거나, 세척수에 의해 보충될 수 있다.
- [0249] 흡수탑(1)에서의 표면 가스 유량은  $2.75\text{m}/\text{s}$ 일 수 있고, 예비 세척 구역(4)의 작동 온도는  $51\text{--}55^\circ\text{C}$ 일 수 있다.
- [0250] 원 연도 가스의 흐름은  $606,000\text{Nm}^3/\text{h}$ 일 수 있고,  $\text{SO}_2$  농도는  $4,500\text{mg}/\text{Nm}^3$ 일 수 있고, 총 분진 농도는  $18.5\text{mg}/\text{Nm}^3$

일 수 있고, 공기 분배 부피는  $62,000\text{Nm}^3/\text{h}$  일 수 있고, 정화된 연도 가스  $\text{SO}_2$ 는  $29.4\text{mg}/\text{Nm}^3$  일 수 있고, (에어로졸을 포함하는) 총 분진은  $5.4\text{mg}/\text{Nm}^3$  일 수 있고, 배출된 암모니아는  $1.6\text{mg}/\text{Nm}^3$  일 수 있다.

- [0251] 흡수 순환 액체(7)의 조성은 산화 장치(2)에 의한 강제 산화와 공정 가스의 산소 함량 및 작동 온도의 조절을 통해 확보될 수 있다.
- [0252] 제2 스테이지 흡수 순환 액체(7) 내의 황산암모늄 대 아황산암모늄의 질량 분율비는 24:1일 수 있다.
- [0253] 최하층의 미세 입자 순환 세척액(15) 중 황산암모늄 대 아황산암모늄의 질량 분율비는 125:1일 수 있다.
- [0254] 0.02-0.05%(질량 분율) 미세 입자 순환 세척액(15)은 황산암모늄으로 직접 만들어질 수 있다. 처리 장치는 통합 건조탑(34)을 포함할 수 있고, 그의 특정 구조, 파라미터 및 연결 관계에 대해서는, 본원에 그 전체가 참조로 포함되는 본 발명자들에 의해 부여받은 특허 CN201710336561.2 - 발명의 명칭 "암모니아 기반 탈황의 순환 액체에서 Cl- 및 F- 함량을 밸런싱하기 위한 방법 및 장치" 및 도 2를 참조한다. 예비 세척 순환 액체(20) 내 염화물 이온 함량은 15,000-32,000mg/L로, 흡수 순환 액체(7) 내 염화물 이온은 5,000-11,000mg/L로, 예비 세척 순환 액체(20) 내 불화물 이온 농도는 1,200-2,200mg/L로 제어될 수 있다.
- [0255] 본원에 설명된 장치 및 방법은 예시적이다. 일부 실시양태들은 예시적인 장치와 관련하여 도시되고/되거나 설명된 특징들을 생략할 수 있다. 일부 실시양태들은 예시적인 장치와 관련하여 도시되거나 설명되지 않은 특징들을 포함할 수 있다.
- [0256] 예시적인 방법들의 단계들은 본원에 도시되고/되거나 설명된 순서 이외의 순서로 수행될 수 있다. 일부 실시양태들은 예시적인 방법들과 관련하여 도시되고/되거나 설명된 단계들을 생략할 수 있다. 일부 실시양태들은 예시적인 방법들과 관련하여 도시되지도 설명되지도 않은 단계들을 포함할 수 있다.
- [0257] 예시적인 장치 및 방법들의 특징들이 결합될 수 있다. 예를 들어, 예시적인 실시양태는 다른 예시적인 실시양태와 관련하여 도시된 특징들을 포함할 수 있다. 실시양태들은 예시적인 장치의 특징들 중 일부 또는 전부 및/또는 예시적인 방법들의 단계들 중 일부 또는 전부를 수반할 수 있다.
- [0258] 본 발명에 따른 장치 및 방법은 이제 본 발명의 일부를 형성하는 실시예 및 도면과 관련하여 기술될 것이다. 다른 실시양태들이 이용될 수 있고, 본 발명의 범위 및 정신을 벗어나지 않고 구조적, 기능적 및 절차적 수정들이 이루어질 수 있는 것으로 이해하여야 한다.
- [0259] **실시예**
- [0260] 1. 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성을 제어하기 위한 방법
- [0261] 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성을 제어하기 위해 아황산암모늄을 함유하는 흡수 순환 액체를 사용하여 연도 가스 중의 이산화황을 제거하였다.
- [0262] 단계적 용액 조성 제어 및 반응 조건 제어에 의해 고효율 탈황 및 분진 제거를 실현하였으며, 고효율 탈황을 수행하면서 암모니아 배출 및 에어로졸 생성을 제어하였다.
- [0263] 단계적 용액 조성물 제어는 아황산암모늄, 중아황산암모늄, 황산암모늄 또는 이들의 조합의 농도 구배 조절을 포함하였다.
- [0264] 흡수 반응 온도는 48-52℃, 통상 49.8-50.4℃로 제어되었다.
- [0265] 공정 블로워(31)에 의한 공기 분배를 통해, 공정 가스의 산소 함량을  $\leq 11\%$ , 통상 7-9%가 되도록 조절하였으며, 공기 분배 부피는  $23,000\text{-}30,000\text{Nm}^3/\text{h}$ 이었다.
- [0266] 공정 블로워(31)에 의해 공급되는 공기와 황 회수 테일 가스가 완전히 혼합된 후, 생성된 공정 가스(9)는 흡수탑의 예비 세척 구역으로부터 유입되고; 예비 세척 구역에서 예비 세척 순환 액체(20)에 의한 사전 냉각 및 정화 후에, 공정 가스는 흡수 순환 액체(7) 및 미세 입자 세척 순환 액체(15)와 순차적으로 접촉하여 흡수, 산화 및 농도의 협력적 제어를 실현하고; 흡수 순환 액체는 2 스테이지로 제공되고, 산화 장치의 상이한 위치에서 취출되고, 별도의 펌프를 사용하여 전달된다. 제1 스테이지 흡수 순환 액체는 아황산암모늄 1-1.5%와 아황산암모늄 18-22%이고, pH 값은 6-6.3이고, 흡수 온도는 50.1-50.4℃이었다; 제2 흡수 순환 액체는 아황산암모늄 0.7-1.1%와 아황산암모늄 19-23%이고, pH 값은 5.2-5.5이고, 흡수 온도는 49.8-50.1℃이었다; 미세 입자 순환 세척액은 4 스테이지로 구성되었으며, 제1 스테이지는 황산암모늄-아황산암모늄의 고농도 혼합 용액으로, 여기서 아

황산암모늄 0.15-0.25%, 황산암모늄 20-24%, pH 값은 4.2-4.5, 세척 온도는 49.7-50℃이다; 제2 및 제3 스테이지는 황산암모늄-아황산암모늄 희석 혼합 용액으로서, 여기서 아황산암모늄은 0.004-0.01%, 황산암모늄은 1.5-3%, pH 값은 3.9-4.2, 세척 온도는 49.5-49.8℃이다; 제4 스테이지는 공정수이다.

- [0267] 순환수 냉각을 통해 흡수 순환 액체(7)와 예비 세척 순환 액체(20)으로부터 열이 제거되었다. 증발 결정화 후 예비 세척 순환액(20)의 일부가 황산암모늄 후처리 시스템(24)으로 보내지고, 고체-액체 분리, 원심분리, 건조 및 패키징을 통해 황산암모늄 생성물(36)이 얻어졌다.
- [0268] 증기 응축물(26)의 일부가 증기 응축물 처리 장치(27)에 의해 처리된 후, 순환수 시스템(28)용 보충수로서 회수되었다.
- [0269] 2. 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성을 제어하기 위한 장치
- [0270] 장치는 가스 정화 및 제거 시스템, 산화 시스템 및 보조 시스템을 포함하였다. 보조 시스템은 황산암모늄 후처리 시스템(24), 암모니아 공급 시스템, 증발 결정화 시스템(25), 순환수 시스템(28), 공정수 시스템 및 증기 응축물 처리 장치(27)를 포함하였다.
- [0271] 가스 정화 및 제거 시스템은 흡수탑(1), 공정 블로워(31), 미세 입자 세척 순환 탱크(3), 예비 세척 순환 펌프, 예비 세척 냉각 장치(29), 흡수 냉각 장치(30) 및 미세 입자 세척 순환 펌프를 포함하고, 여기서 흡수탑(1)은 구역별로 제어되고, 주로 예비 세척 구역(4), 흡수 구역(5) 및 미세 입자 제어 구역(6)으로 분리되고, 상기 예비 세척 구역(4), 흡수 구역(5) 및 미세 입자 제어 구역(6)에는 각각 3/4/4 층의 분무층이 제공되고, 흡수 구역(5)과 예비 세척 구역(4) 사이에는 가스만 통과할 수 있는 기체-액체 분리 장치(a)(17)가 제공되고, 흡수 구역(5)과 미세 입자 제어 구역(6) 사이에도 가스만 통과할 수 있는 기체-액체 분리 장치(a)(17)가 제공될 것이며, 미세 입자 제어 구역(6)은 4 스테이지로 분무되는데, 여기서 제1 분무층과 제2 분무층 사이에 가스만 통과시키는 액체 분리 장치(b)(18)가 제공되고, 제1 층의 분무 액체와 흡수 순환 액체는 별도로 산화 장치로 유입되었다.
- [0272] 미세 입자 제어 구역은 5개 층의 데미스터를 구비하고, 이들 중 2개 층은 가스-액체 분리 장치(b) 아래에 배치되며, 즉 1개 층의 배플 및 1개 층의 리지, 및 3개 층이 정화된 연도 가스 배출구(8) 아래에 있고, 즉 리지 2개 층 및 스크린 메시 1개 층이었다.
- [0273] 흡수 구역에서 각 층의 액체-가스 비율은  $1.75\text{L}/\text{Nm}^3$ 이고, 분무 적용 범위는 320%이다; 미세 입자 제어 구역에서 각 층의 액체-가스 비는 위에서 아래로 각각 0.3, 2.2, 2.2 및  $1.75\text{L}/\text{Nm}^3$ 이고, 분무 적용 범위는 각각 110, 330, 330 및 330%이다. 흡수 구역 및 미세 입자 제어 구역의 1-3 층에서 분무 적용 범위가 200% 미만인 구역의 총 면적은 흡수탑 단면적의 3-7%를 차지하였다.
- [0274] 산화 시스템은 원하는 용액 조성 제어에 적절한 층들에 제공된 산화 장치(2)를 포함하였다. 미세 입자 세척 순환액(15)과 흡수 순환 액체(7)는 산화 장치(2)로부터 서로 다른 위치에 반출되었다. 두 층의 가스-액체 분산 증가기가 산화 장치 내에 제공되었고, 천공판 통기 헤드가 가스-액체 분산 증가기를 위해 선택되었다.
- [0275] 산화 장치의 액체 레벨은 9m이었고, 과량의 산화 공기는 420%이었다.
- [0276] 흡수탑의 직경은 4m이고, 표면의 가스 유속은 2.55-2.75m/s이었다.
- [0277] 증발 결정화 시스템은 증기 압축기, 증발 분리 챔버, 증발 순환 펌프 등을 포함하는 MVR 증발 결정화 공정을 채택하였다. 증발 분리 챔버 내의 증기 응축물의 일부는 재순환을 위해 흡수탑(1)으로 보내지고, 그 일부는 처리를 위해 증기 응축물 처리 장치(27)로 보내졌다.
- [0278] 공정 블로워(31) 및 공기 분배관 네트워크가 제공되었다.
- [0279] 예비 세척 구역 열교환 장치(29) 및 흡수 구역 열교환 장치(30)는 통합 판형 열교환기를 채용하였다.
- [0280] 황산암모늄 후처리 시스템은 순차적으로 연결된 고체-액체 분리 장치(32), 원심분리기(33), 통합 건조기(34) 및 패키징 기계(35)를 포함하였다. 증발 결정화 후 예비 세척 순환 액체의 일부는 고체-액체 분리 장치(32)로 유입되고, 그 일부는 통합 건조기(34)로 유입되며, 고체-액체 분리, 원심분리, 건조 및 패키징을 통해 황산암모늄 생성물(36)이 얻어졌다.
- [0281] 예비 세척 순환 액체 및 흡수 순환 액체를 각각 냉각시키기 위해 예비 세척 냉각 장치(29) 및 흡수 냉각 장치

(30)가 사용되었고, 냉매는 순환수 시스템의 순환수였다.

- [0282] 증기 응축물(26)의 일부가 증기 응축물 처리 장치(27)에 의해 처리된 후, 청정 액체(37)가 순환수 시스템을 위한 보충수로서 사용되고, 농축 액체(38)가 미세 입자 세척 순환 액체(15)를 위한 보충수로서 사용되었다. 농축 액체(38)는 청정 액체(37) 농도의 10-200배 농도를 가질 수 있다.
- [0283] 일반적으로, 청정 액체의 품질은 농축물의 3배 내지 10배에 이른다. 예를 들어, 미처리된(증기 응축물 처리 시스템(27)에 진입하기 전) 증기 응축물(26)의 농도가 0.5g 황산암모늄/L인 경우, 10부의 미처리된 증기 응축물(26)은 증기 응축물 처리 시스템(27)에 의한 처리 후, 8부의 청정 액체(37)(0.05g 황산암모늄/L) 및 2부의 농축 액체(38)(2.3g 황산암모늄/L)을 생성한다. 따라서, 농축액(38)의 농도는 청정 액체(37) 농도의 46배인 것으로 계산된다.
- [0284] 모든 증기 응축물(26)은 또한 순환수 시스템을 위한 보충수로서 직접 사용될 수 있다.
- [0285] 증발 결정화 후, 농축된 순환 액체의 90-90%가 고액 분리 장치(32)에 유입되고, 10-20%가 통합 건조탑(34)에 도입되었으며, 통합 건조탑(34)의 특정 구조, 파라미터 및 연결 관계에 대해서는, 본원에 그 전체가 참조로 포함되는 본 발명자들에 의해 부여받은 특허 CN201710336561.2 - 발명의 명칭 "암모니아 기반 탈황의 순환 액체에서 Cl- 및 F- 함량을 밸런싱하기 위한 방법 및 장치"를 참조한다. 예비 세척 순환 액체 내의 염화물 이온 함량이 2,000-3,200mg/L이고, 흡수 순환 액체 내의 염화물 이온은 500-980mg/L이고, 예비 세척 순환 액체 내의 불화물 이온 농도는 100-240mg/L이 되도록 제어되었다.
- [0286] 3. 암모니아 기반 탈황 시 흡수 동안에 에어로졸 생성을 제어하기 위한 방법의 공정 흐름 및 파라미터
- [0287] 상기 방법 또는 장치의 구체적인 공정 흐름은 다음과 같다:
- [0288] 황 회수 테일 가스 및 공정 공기가 혼합된 후, 예비 세척 구역(4)으로부터 유입된 상기 생성된 공정 가스(9)가 냉각되고, 예비 세척 구역(4)에서 순환 세척액으로 세척되고, 순환 세척 액체가 동시에 농축되었다; 이어서 연도 가스가 흡수 구역(5)에 통과되어 흡수 순환 액체(7)에 의해 세척 및 탈황된 다음, 미세 입자 제어 구역(6)에 통과되어 미세 입자 순환 세척액(15)에 의해 미세 입자가 제거된 뒤, 배출된다;
- [0289] 예비 세척 구역(4) 내의 순환 세척 액체는 미세 입자 순환 세척액(15)에 의해 주로 보충되었고, 미세 입자 순환 세척액(15) 및/또는 공정수(23)는 탑 벽 등으로부터 스케일을 세척하는 데 사용되었으며, 흡수 순환 액체는 미세 입자 순환 세척액(15) 및/또는 공정수(23)에 의해 보충되었다.
- [0290] 흡착 순환 액체(7)는 산화 장치(2)에서 산화되고, 흡착 구역(5)과 미세 입자 제어 구역(6)에서의 순환을 위해 산화 장치(2)의 상이한 위치에서 상이한 조성의 용액이 추출되었다.
- [0291] 공정수(23)는 미세 입자 제어 구역(6) 및 미세 입자 세척 순환 탱크(3)로부터 보충되었다.
- [0292] 제2 스테이지 미세 입자 세척 순환 액체(15)(황산암모늄-아황산암모늄의 희석 혼합 용액)는 제1 스테이지 미세 입자 세척 순환 액체(15)(황산암모늄-아황산암모늄의 고농도 혼합 용액)와 배관을 통해 혼합된 후, 흡수탑(1) 내의 미세 입자 제어구역(6)의 분무층들에 유입되었다.
- [0293] 흡수제는 예비 세척 구역(4) 및 산화 장치(2)에 보충된 20% 암모니아 액체이었다. 연도 가스 중의 이산화황을 제거하기 위해 아황산암모늄을 포함하는 흡수 순환 액체가 사용되었다. 산화 장치에 암모니아를 첨가하여 아황산암모늄으로 전환시킨 후, 암모니아 기반 탈황을 진행하였다. 동시에, 암모니아를 예비 세척 구역 및 증발 결정화 시스템에 첨가하여 황산암모늄 생성물 내 유리 산 지수가 기준 이하가 되도록 하였다. 표준은 생성물의 0.2%, w/w일 수 있다. 표준은 생성물의 0.3%, w/w일 수 있다. 표준은 그 전체가 본원에 참조로 포함되는 GB535-95에 기술되어 있다. 표준은 그 전체가 본원에 참조로 포함되는 T/CPCIF006-2017에 기술되어 있다.
- [0294] 산화 장치(2)에 산화 공기를 첨가하고, 산화 장치(2)의 출구 가스를 흡수탑(1) 내의 흡수 구역(5) 및 예비 세척 구역(4)에 유입시켜 흡수 액체를 자연적으로 산화시켰다.
- [0295] 흡수탑(1)에서의 표면 가스 유량은 2.54m/s였다.
- [0296] 황 회수 테일 가스의 설계 유량은 75,000Nm<sup>3</sup>/h이었고, 설계 SO<sub>2</sub> 농도는 18,000mg/Nm<sup>3</sup>이었으며, 총 분진 농도는 ≤10mg/Nm<sup>3</sup>이었다.

[0297] 시험 동안, 정화된 연도 가스 SO<sub>2</sub>는 42mg/Nm<sup>3</sup>이었고, 총 분진(에어로졸 포함)은 6.9mg/Nm<sup>3</sup>이었으며, 배출된 암모니아는 2.8mg/Nm<sup>3</sup>이었다.

[0298] 공기 분배와 예비 세척 순환 액체(20)에 의한 냉각, 및 흡수 순환 액체(7)에 의한 냉각을 통해 흡수 온도를 48-52℃로 제어하였다.

[0299] 구역 용액의 조성은 주로 산화 장치(2)에 의한 강제 산화, 흡수 구역(4)에서의 자연 산화, 및 공정 가스의 산소 함량, 예비 세척 온도, 흡수 온도 및 다른 수단을 통한 제어에 의해 제어되었다.

**표 1**

장치 설계 파라미터

No.	공정 인덱스	단위	값
1	연도 가스 흐름	Nm <sup>3</sup> /h	75,000
2	연도 가스 입구 온도	°C	240-260
3	연도 가스 중 SO <sub>2</sub> 농도	mg/Nm <sup>3</sup>	18,000
4	사용된 공정 공기량	Nm <sup>3</sup> /h	28,000
5	연도 가스 입구에서의 분진 농도	mg/Nm <sup>3</sup>	≤10
6	출구 연도 가스 중 SO <sub>2</sub> 농도	mg/Nm <sup>3</sup>	≤50
7	출구 연도 가스 중 분진 농도	mg/Nm <sup>3</sup>	≤10
8	출구 연도 가스 중 암모니아 배출 농도	mg/Nm <sup>3</sup>	≤5
9	암모니아 회수율	%	≥99

[0300]

[0301] 4. 구현 효과

[0302] 상이한 작업 조건에서 연도 가스에 대한 암모니아 기반 탈황 및 분진 제거를 수행하기 위해 실시예의 장치 및 방법을 사용하였다. 시험 방법 및 기기를 표 2에 나타내었고, 작동 파라미터 및 시험 결과를 표 3에 나타내었다.

표 2

다양한 인덱스에 대한 시험 방법 및 주요 기기 목록

No.	모니터링 항목	분석 방법의 표준 명칭 및 번호	기기 명칭 및 모델	기기 번호
1	연기 분진	고정 공급원의 배기 가스로부터 방출되는 가스 오염 물질의 미립자 측정 및 샘플링 방법 GB/T16157-1996(본원에 그 전체가 참조로 포함됨).	Laoying 3012H Type 연기 분진 샘플러 전자 저울 BS224S, AB204-S	8042448, 08244496 18360886, 1119051201
2	SO <sub>2</sub>	고정 공급원의 배기 가스로부터 이산화황의 측정 고정 전위 전기 분해 방법 HJ/T 57-2000	Testo 350 연도 가스 분석기	10#, 1#
3	NO <sub>x</sub>	고정 공급원의 배기 가스로부터 질소 산화물의 측정 고정 전위 전기 분해 방법 HJ/T 693-2014	Testo 350 연도 가스 분석기	10#, 1#
4	암모니아	주변 공기 및 배기 가스 - 암모니아 측정 Nessler 시약 분광 광도법 HJ 533-2009	Laoying 3072H type 722 분광광도계	02085809, 2c5BP363
5	연도 가스 중 산소 함량	전기화학적 방법 - 고정 공급원으로부터 방출되는 연도 가스의 연속 배출 모니터링 시스템에 대한 사양 및 시험 절차(부록 B)(본원에 그 전체가 참조로 포함되는 HJ/T 76-2007)	Testo 350 연도 가스 분석기	10#, 1#
6	연도 가스 온도	백금 저항 방법 - 고정 공급원의 배기 가스로부터 가스상 오염 물질의 미립자 측정 및 샘플링 방법(GB/T 16157-1996, 전체 내용이 여기에 참조로 포함됨)	TES-1310	/
7	연도 가스 습도	고정 공급원으로부터 방출되는 연도 가스의 연속 배출 모니터링 시스템에 대한 사양 및 시험 절차(부록 B)(본원에 그 전체가 참조로 포함되는 HJ/T 76-2007)	Laoying 3012H type 연기 분진 샘플러	8042448, 08244496
8	황산암모늄	황산암모늄 (본원에 그 전체가 참조로 포함되는 GB 535-1995)	분석 저울, pH 측정기 및 기타 통상적인 실험실 기기	

[0303]

**표 3**

장치 작동 파라미터 및 시험 결과

No.	항목		단위	시험 결과	비고
1	흡수탑내 연도 가스 부피	표준 상태, 습윤 기준, 및 실제 O <sub>2</sub>	×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /h	9.69	-
		표준 상태, 건조 기준, 및 6%O <sub>2</sub>	×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /h	8.42	-
2	시스템 저항		Pa	1520	-
3	원 연도 가스 파라미터	SO <sub>2</sub> 농도 (표준 상태, 건조 기준, 및 6%O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	17,400	시험 동안의 평균 값
		O <sub>2</sub> (V/V)	%	3	-
		온도	°C	252	시험 동안의 평균 값
		수분 함량(V/V)	%	27.8	-
		연기 분진 농도 (표준 상태, 건조 기준, 및 6%O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	8.6	-
4	정화된 연도 가스 파라미터	SO <sub>2</sub> 농도 (표준 상태, 건조 기준, 및 6%O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	42	시험 동안의 평균 값
		O <sub>2</sub> (V/V)	%	9.7	-
		온도	°C	49.6	시험 동안의 평균 값
		수분 함량(V/V)	%	13.2	-
		연기 분진 농도 (표준 상태, 건조 기준, 및 6%O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	6.9	고체 입자 및 가용성 고체 입자 포함
		배출된 유리 암모니아(표준 상태, 건조 기준, 및 6%O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	2.8	-
5	흡수탑의 탈황 효율		%	99.8	
6	흡수탑의 분진 제거 효율		%	19.8	-
7	암모니아 소비량 (20% 암모니아 액체 기준)		t/h	3.6	
8	암모니아 이용률		%	99.4	-
9	황산암모늄 부산물	질소 함량	%	21.3	
		수분	%	0.45	-
		유리산 함량	%	0.23	-

[0304]

[0305]

따라서, 공급원에서, 암모니아 배출 및 에어로졸 생성을 제어하기 위한 장치 및 방법들이 제공되었다. 당업자는 본 발명이 제한이 아닌 예시의 목적으로 제시되는 설명된 실시예들 이외의 것에 의해 실시될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 본 발명은 이어지는 청구범위에 의해서만 제한된다.

**부호의 설명**

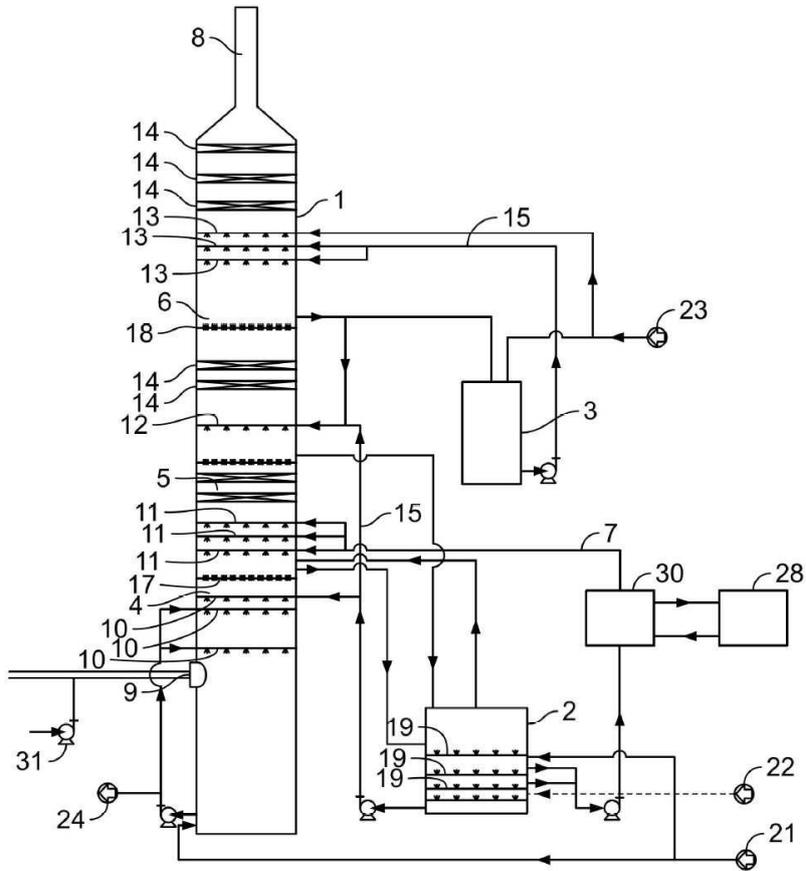
[0306]

- 1 흡수탑
- 2 산화 장치
- 3 미세 입자 세척 순환 탱크
- 4 예비 세척 구역
- 5 흡수 구역
- 6 미세 입자 제어 구역
- 7 흡수 순환 액체
- 8 정화된 연도 가스 배출구
- 9 공정 가스
- 10 예비 세척 분무층
- 11 흡수 분무층

- 12 미세 입자 분무층 a
- 13 미세 입자 분무층 b
- 14 데미스터
- 15 미세 입자 순환 세척액
- 16 흡수 순환 탱크
- 17 기체-액체 분리기 a
- 18 기체-액체 분리기 b
- 19 기체-액체 분산 증가기
- 20 예비 세척 순환액
- 21 암모니아
- 22 산화 공기
- 23 공정수
- 24 황산암모늄 후처리 시스템
- 25 증발 결정화 시스템
- 26 증기 응축수
- 27 증기 응축수 처리 장치
- 28 순환수 시스템
- 29 예비 세척 구역 열 교환기
- 30 흡수 구역 열 교환기
- 31 공정 블로워
- 32 고체-액체 분리 장치
- 33 원심분리기
- 34 통합 건조 탑
- 35 팩킹 기기
- 36 황산암모늄 완제품
- 37 증기 응축수 처리 회석액
- 38 증기 응축수 처리 농축액

도면

도면1



도면2

