



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월18일
(11) 등록번호 10-2217230
(24) 등록일자 2021년02월10일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/20 (2018.01) B01D 53/02 (2006.01)
B01D 53/64 (2006.01) B01J 20/02 (2006.01)
B01J 20/10 (2006.01) B01J 20/12 (2006.01)
B01J 20/18 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B01J 20/20 (2018.01)
B01D 53/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7000400
- (22) 출원일자(국제) 2013년06월11일
심사청구일자 2018년06월08일
- (85) 번역문제출일자 2015년01월07일
- (65) 공개번호 10-2015-0018874
- (43) 공개일자 2015년02월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/045061
- (87) 국제공개번호 WO 2013/188327
국제공개일자 2013년12월19일
- (30) 우선권주장
61/658,258 2012년06월11일 미국(US)
13/841,315 2013년03월15일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20070234902 A1*
WO2011038415 A2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
칼곤 카본 코퍼레이션
미국 펜실베이니아 15108 문 타운십 지에스케이 드라이브 3000
- (72) 발명자
트램포쉬 윌터 쥐.
미국 펜실베이니아주 15108 문 타운십 글렌모어 드라이브 238
밌나 리차드 에이.
미국 펜실베이니아주 15071 온크데일 헤리티지 드라이브 201
- (74) 대리인
장훈

전체 청구항 수 : 총 47 항

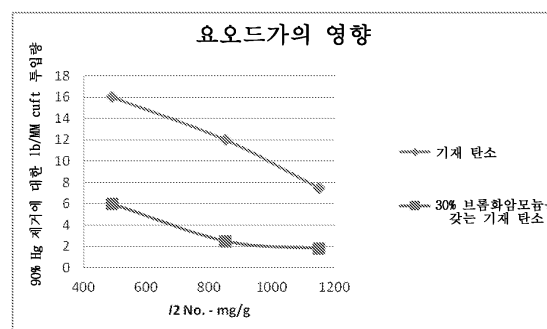
심사관 : 이소영

(54) 발명의 명칭 수은 제거용 흡착제

(57) 요약

용적측정 요오드가가 높은 흡착성 재료와 같은, 유체 스트림으로부터의 수은 방출을 감소시키는 시스템 및 방법이 본 발명에서 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 53/64 (2013.01)

B01J 20/0259 (2013.01)

B01J 20/103 (2013.01)

B01J 20/12 (2013.01)

B01J 20/18 (2013.01)

B01J 2220/50 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

용적측정 요오드가(volumetric iodine number)가 450mg/cc를 초과하고, 평균 입자 직경(MPD: mean particle diameter)이 1 μ m 내지 30 μ m인, 흡착성 재료를 포함하고, 상기 흡착성 재료가 석탄으로부터 유도된 활성탄인, 수은 흡착성 재료.

를 포함하고, 상기 흡착성 재료가 석탄으로부터 유도된 활성탄인, 수은 흡착성 재료.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 용적측정 요오드가가 500mg/cc 내지 650mg/cc인, 수은 흡착성 재료.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 용적측정 요오드가가 500mg/cc 내지 700mg/cc인, 수은 흡착성 재료.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서, 하나 이상의 산화제를 추가로 포함하는, 수은 흡착성 재료.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 하나 이상의 산화제가 염소, 브롬, 요오드, 브롬화암모늄, 염화암모늄, 차아염소산칼슘, 차아브롬산칼슘, 차아요오드산칼슘, 염화칼슘, 브롬화칼슘, 요오드화칼슘, 염화마그네슘, 브롬화마그네슘, 요오드화마그네슘, 염화나트륨, 브롬화나트륨, 요오드화나트륨, 삼염화칼륨, 삼브롬화칼륨, 삼요오드화칼륨, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 하나 이상의 산화제가 전체 흡착성 재료의 5중량 내지 50중량%를 구성하는, 수은 흡착성 재료.

청구항 10

제1항에 있어서, 하나 이상의 질소 공급원을 추가로 포함하는, 수은 흡착성 재료.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 암모늄 함유 화합물, 암모니아 함유 화합물, 아민 함유 화합물, 아미드 함유 화합물, 이민 함유 화합물, 4급 암모늄 함유 화합물, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 요오드화암모늄, 브롬화암모늄, 또는 염화암모늄, 할로젠화

아민, 할로젠화 4급 암모늄, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 전체 흡착성 재료의 5중량% 내지 50중량%를 구성하는, 수은 흡착성 재료.

청구항 14

제1항에 있어서, 알칼리성 제제(agent)를 추가로 포함하는, 수은 흡착성 재료.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 알칼리성 제제가 탄산칼슘, 산화칼슘, 수산화칼슘, 탄산마그네슘, 수산화마그네슘, 산화마그네슘, 탄산나트륨, 중탄산나트륨, 이탄산수소삼나트륨(trisodium hydrogencarbonate) 이수화물, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 알칼리성 제제가, 흡착성 재료 100g당 0.15당량 이상의 농도로 제공되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 17

용적측정 요오드가 450mg/cc를 초과하고, 평균 입자 직경(MPD)이 1 μ m 내지 30 μ m인, 흡착성 재료,
 하나 이상의 산화제, 및
 하나 이상의 질소 공급원
 을 포함하고, 상기 흡착성 재료가 석탄으로부터 유도된 활성탄인, 수은 흡착성 재료.

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

제17항에 있어서, 상기 하나 이상의 산화제가 염소, 브롬, 요오드, 브롬화암모늄, 염화암모늄, 차아염소산칼슘, 차아브롬산칼슘, 차아요오드산칼슘, 염화칼슘, 브롬화칼슘, 요오드화칼슘, 염화마그네슘, 브롬화마그네슘, 요오드화마그네슘, 염화나트륨, 브롬화나트륨, 요오드화나트륨, 삼염화갈륨, 삼브롬화갈륨, 삼요오드화갈륨, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 22

제17항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 요오드화암모늄, 브롬화암모늄, 또는 염화암모늄, 할로젠화 아민, 할로젠화 4급 암모늄, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 23

용적측정 요오드가 450mg/cc를 초과하고, 평균 입자 직경(MPD)이 1 μ m 내지 30 μ m인, 흡착성 재료,
 하나 이상의 산화제, 및
 하나 이상의 알칼리성 제제

를 포함하고, 상기 흡착성 재료가 석탄으로부터 유도된 활성탄인, 수은 흡착성 재료.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 용적측정 요오드가가 500mg/cc 내지 650mg/cc인, 수은 흡착성 재료.

청구항 25

제23항에 있어서, 상기 용적측정 요오드가가 500mg/cc 내지 700mg/cc인, 수은 흡착성 재료.

청구항 26

삭제

청구항 27

제23항에 있어서, 상기 하나 이상의 산화제가 염소, 브롬, 요오드, 브롬화암모늄, 염화암모늄, 차아염소산칼슘, 차아브롬산칼슘, 차아요오드산칼슘, 염화칼슘, 브롬화칼슘, 요오드화칼슘, 염화마그네슘, 브롬화마그네슘, 요오드화마그네슘, 염화나트륨, 브롬화나트륨, 요오드화나트륨, 삼염화갈륨, 삼브롬화갈륨, 삼요오드화갈륨, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 28

제23항에 있어서, 상기 알칼리성 제제가 탄산칼슘, 산화칼슘, 수산화칼슘, 탄산마그네슘, 수산화마그네슘, 산화마그네슘, 탄산나트륨, 중탄산나트륨, 이탄산수소삼나트륨 이수화물, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 수은 흡착성 재료.

청구항 29

연도 가스(flue gas)로부터 수은을 제거하기 위한 시스템으로서,
용적측정 요오드가가 450mg/cc를 초과하고, 평균 입자 직경(MPD)이 1 μ m 내지 30 μ m인, 흡착성 재료를 포함하고, 상기 흡착성 재료가 석탄으로부터 유도된 활성탄인, 시스템.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 용적측정 요오드가가 500mg/cc 내지 650mg/cc인, 시스템.

청구항 31

제29항에 있어서, 상기 용적측정 요오드가가 500mg/cc 내지 700mg/cc인, 시스템.

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

제29항에 있어서, 하나 이상의 산화제를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 36

제35항에 있어서, 상기 하나 이상의 산화제가 염소, 브롬, 요오드, 브롬화암모늄, 염화암모늄, 차아염소산칼슘, 차아브롬산칼슘, 차아요오드산칼슘, 염화칼슘, 브롬화칼슘, 요오드화칼슘, 염화마그네슘, 브롬화마그네슘, 요오

드화마그네슘, 염화나트륨, 브롬화나트륨, 요오드화나트륨, 삼염화갈륨, 삼브롬화갈륨, 삼요오드화갈륨, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 시스템.

청구항 37

제35항에 있어서, 상기 하나 이상의 산화제가 전체 흡착성 재료의 5중량 내지 50중량%를 구성하는, 시스템.

청구항 38

제29항에 있어서, 하나 이상의 질소 공급원을 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 39

제38항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 암모늄 함유 화합물, 암모니아 함유 화합물, 아민 함유 화합물, 아미드 함유 화합물, 이민 함유 화합물, 4급 암모늄 함유 화합물, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 시스템.

청구항 40

제38항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 요오드화암모늄, 브롬화암모늄, 또는 염화암모늄, 할로겐화 아민, 할로겐화 4급 암모늄, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 시스템.

청구항 41

제38항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 전체 흡착성 재료의 5중량% 내지 50중량%를 구성하는, 시스템.

청구항 42

제29항에 있어서, 알칼리성 제제를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 43

제42항에 있어서, 상기 알칼리성 제제가 탄산칼슘, 산화칼슘, 수산화칼슘, 탄산마그네슘, 수산화마그네슘, 산화마그네슘, 탄산나트륨, 중탄산나트륨, 이탄산수소삼나트륨 이수화물, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 시스템.

청구항 44

제42항에 있어서, 상기 알칼리성 제제가, 흡착성 재료 100g당 0.15당량 이상의 농도로 제공되는, 시스템.

청구항 45

용적측정 요오드가 450mg/cc를 초과하고, 평균 입자 직경(MPD)이 1 μ m 내지 30 μ m인, 흡착성 재료를 주입하는 단계를 포함하고, 상기 흡착성 재료가 석탄으로부터 유도된 활성탄인, 수운을 제거하는 방법.

청구항 46

제45항에 있어서, 상기 용적측정 요오드가 500mg/cc 내지 650mg/cc인, 방법.

청구항 47

제45항에 있어서, 상기 용적측정 요오드가 500mg/cc 내지 700mg/cc인, 방법.

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

제45항에 있어서, 하나 이상의 산화제를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 52

제51항에 있어서, 상기 하나 이상의 산화제가 염소, 브롬, 요오드, 브롬화암모늄, 염화암모늄, 차아염소산칼슘, 차아브롬산칼슘, 차아요오드산칼슘, 염화칼슘, 브롬화칼슘, 요오드화칼슘, 염화마그네슘, 브롬화마그네슘, 요오드화마그네슘, 염화나트륨, 브롬화나트륨, 요오드화나트륨, 삼염화갈륨, 삼브롬화갈륨, 삼요오드화갈륨, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 방법.

청구항 53

제51항에 있어서, 상기 하나 이상의 산화제가 전체 흡착성 재료의 5중량 내지 50중량%를 구성하는, 방법.

청구항 54

제45항에 있어서, 하나 이상의 질소 공급원을 추가로 포함하는, 방법.

청구항 55

제54항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 암모늄 함유 화합물, 암모니아 함유 화합물, 아민 함유 화합물, 아미드 함유 화합물, 이민 함유 화합물, 4급 암모늄 함유 화합물, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 방법.

청구항 56

제54항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 요오드화암모늄, 브롬화암모늄, 또는 염화암모늄, 할로젠화 아민, 할로젠화 4급 암모늄, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 방법.

청구항 57

제54항에 있어서, 상기 하나 이상의 질소 공급원이 전체 흡착성 재료의 5중량% 내지 50중량%를 구성하는, 방법.

청구항 58

제45항에 있어서, 알칼리성 제제를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 59

제58항에 있어서, 상기 알칼리성 제제가 탄산칼슘, 산화칼슘, 수산화칼슘, 탄산마그네슘, 수산화마그네슘, 산화마그네슘, 탄산나트륨, 중탄산나트륨, 이탄산수소삼나트륨 이수화물, 및 이들의 배합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 방법.

청구항 60

제58항에 있어서, 상기 알칼리성 제제가, 흡착성 재료 100g당 0.15당량 이상의 농도로 제공되는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

관련 출원에 대한 상호참조:

본 명세서는 2012년 6월 11일자로 출원되고 발명의 명칭이 "수은 제거용 흡착제"인 미국 특허원 제61/658,258호 및 2013년 3월 15일자로 출원되고 발명의 명칭이 "수은 제거용 흡착제"인 미국 특허원 제13/841,315호에 대한 우선권을 청구하며, 이들의 전체 내용은 본 명세서에 인용되어 포함된다.

[0001]

[0002]

- [0003] 정부 권리: 해당사항 없음
- [0004] 공동연구계약의 당사자: 해당사항 없음
- [0005] 컴팩트 디스크로 제출된 자료의 인용에 의한 포함: 해당사항 없음

배경 기술

- [0006] 수은은 환경에 유해한 것으로 공지되어 있으며, 사람 뿐만 아니라 사람 이외의 동물 중에 대해서도 건강 문제를 유발한다. 미국에서 매년 대략 50톤이 대기 중으로 방출되며, 이러한 방출의 상당 분획은 전력 설비와 같은 석탄 연소 설비로부터의 방출로부터 나온다. 대중의 건강을 지키고 환경을 보호하기 위해, 상기 설비 산업은 이의 공장으로부터 수은 방출량을 감소시키기 위한 시스템을 지속적으로 개발, 시험 및 실행하고 있다. 탄소질 재료의 연소에서, 수은 및 기타 바람직하지 않은 화합물을 연소 상(combustion phase) 이후 포획하여 보유함으로써 이들이 대기 중으로 방출되지 않도록 하는 공정을 갖는 것이 바람직하다.
- [0007] 연도 가스(flue gas)로부터 수은을 제거하기 위한 가장 유망한 해법들 중의 하나는 활성탄 주입(ACI: Activated Carbon Injection)이다. 활성탄은 고도의 다공성이고 무독성이며 용이하게 입수할 수 있는 재료로서, 수은 제거에 대한 친화도가 높다. 이러한 기술은 시립 소각장에서 사용하도록 이미 수립되었다. 상기 ACI 기술은 수은 제거에 효과적이지만, 활성탄과 연도 가스 스트림 사이의 접촉 시간이 짧아 상기 활성탄의 완전한 흡착 성능이 비효율적으로 사용된다. 상기 활성탄이 상기 보일러로부터의 플라이애쉬(fly ash)와 함께 상기 연도 가스 스트림으로 이동되면서 수은이 흡착된다. 이어서, 상기 활성탄 및 플라이애쉬는 전기 집진기(ESP: Electrostatic Precipitator) 또는 백하우스(baghouse)와 같은 입자 포획기에 의해 제거된다.

발명의 내용

- [0008] 다양한 양태들이 표준 시험 방법 (ASTM) D-4607 또는 이에 상당하는 방법을 사용하여 측정된 중량측정 요오드가 (gravimetric iodine number) 및 (ASTM) D-2854 또는 이에 상당하는 방법을 사용하여 측정된 겉보기 밀도를 기준으로 하는 용적측정 요오드가(volumetric iodine number)가 450mg/cc를 초과하는 흡착성 재료를 포함하는 수은 흡착 재료에 관한 것이다. 일부 양태에서, 상기 용적측정 요오드는 약 500mg/cc 내지 약 650mg/cc이다. 상기 흡착성 재료는 활성탄(activated carbon), 재생 활성탄(reactivated carbon), 흑연, 그래핀(graphene), 카본 블랙, 제올라이트, 실리카, 실리카 겔, 점토, 및 이들의 배합물을 포함하지만 이에 한정되지 않는 당해 기술분야에 공지된 임의의 재료일 수 있다. 일부 특정 양태에서, 상기 흡착성 재료는 평균 입자 크기(MPD: mean particle diameter)가 약 1 μ m 내지 약 30 μ m이다. 특정 양태에서, 상기 수은 흡착성 재료는 염소, 브롬, 요오드, 브롬화암모늄, 염화암모늄, 차아염소산칼슘, 차아브롬산칼슘, 차아요오드산칼슘, 염화칼슘, 브롬화칼슘, 요오드화칼슘, 염화마그네슘, 브롬화마그네슘, 요오드화마그네슘, 염화나트륨, 브롬화나트륨, 요오드화나트륨, 삼염화칼륨, 삼브롬화칼륨, 삼요오드화칼륨, 및 이들의 배합물을 포함하지만 이에 한정되지 않는 하나 이상의 산화제를 포함할 수 있으며, 상기 하나 이상의 산화제는 전체 흡착성 재료의 약 5중량% 내지 약 50중량%일 수 있다. 특정 양태들에서, 상기 수은 흡착성 재료는, 예를 들면, 암모늄 함유 화합물, 암모니아 함유 화합물, 아민 함유 화합물, 아미드 함유 화합물, 이민 함유 화합물, 4급 암모늄 함유 화합물, 및 이들의 배합물과 같은 하나 이상의 질소 공급원을 포함할 수 있으며, 상기 하나 이상의 질소 공급원은 전체 흡착성 재료의 약 5중량% 내지 약 50중량%일 수 있다. 일부 양태에서, 상기 하나 이상의 질소 공급원은 요오드화암모늄, 브롬화암모늄, 또는 염화암모늄, 할로겐화아민, 할로겐화 4급 암모늄, 유기 할로겐화물, 및 이들의 배합물일 수 있다. 추가의 양태에서, 상기 수은 흡착성 재료는 탄산칼슘, 산화칼슘, 수산화칼슘, 탄산마그네슘, 수산화마그네슘, 산화마그네슘, 탄산나트륨, 중탄산나트륨, 이탄산수소삼나트륨(trisodium hydrogencarbonate) 이수화물, 및 이들의 배합물을 포함하지만 이에 한정되지 않는 알칼리성 제제(agent)를 포함할 수 있으며, 상기 알칼리성 제제는 흡착성 재료 100g당 약 0.15당량 이상의 농도로 제공될 수 있다.
- [0009] 기타 양태들은, 표준 시험 방법 (ASTM) D-4607 또는 이에 상당하는 방법을 사용하여 측정된 중량측정 요오드가 및 (ASTM) D-2854 또는 이에 상당하는 방법을 사용하여 측정된 겉보기 밀도를 기준으로 하는 용적측정 요오드가 가 450mg/cc를 초과하는 흡착성 재료를 포함하는, 연도 가스로부터 수은을 제거하기 위한 시스템에 관한 것이다. 일부 양태에서, 상기 용적측정 요오드는 약 500mg/cc 내지 약 650mg/cc이다. 상기 시스템은 활성탄, 재생 활성탄, 흑연, 그래핀, 제올라이트, 실리카, 실리카 겔, 점토, 및 이들의 배합물을 포함하지만 이에 한정되지 않는 당해 기술분야에 공지된 임의의 재료일 수 있다. 일부 특정 양태에서, 상기 흡착성 재료는 평균 입자 크기(MPD)가 약 1 μ m 내지 약 30 μ m이다. 특정 양태에서, 상기 시스템은 염소, 브롬, 요오드, 브롬화암모늄, 염화암모늄, 차아염소산칼슘, 차아브롬산칼슘, 차아요오드산칼슘, 염화칼슘, 브롬화칼슘,

요오드화칼슘, 염화마그네슘, 브롬화마그네슘, 요오드화마그네슘, 염화나트륨, 브롬화나트륨, 요오드화나트륨, 삼염화갈륨, 삼브롬화갈륨, 삼요오드화갈륨, 및 이들의 배합물을 포함하지만 이에 한정되지 않는 하나 이상의 산화제를 포함할 수 있으며, 상기 하나 이상의 산화제는 전체 흡착성 재료의 약 5중량% 내지 약 50중량%일 수 있다. 특정 양태에서, 상기 시스템은, 예를 들면, 암모늄 함유 화합물, 암모니아 함유 화합물, 아민 함유 화합물, 아미드 함유 화합물, 이민 함유 화합물, 4급 암모늄 함유 화합물, 및 이들의 배합물과 같은 하나 이상의 질소 공급원을 포함할 수 있으며, 상기 하나 이상의 질소 공급원은 전체 흡착성 재료의 약 5중량% 내지 약 50중량%일 수 있다. 일부 양태에서, 상기 하나 이상의 질소 공급원은 요오드화암모늄, 브롬화암모늄, 또는 염화암모늄, 할로겐화아민, 할로겐화 4급 암모늄, 유기 할로겐화물, 및 이들의 배합물일 수 있다. 추가의 양태에서, 상기 시스템은 탄산칼슘, 산화칼슘, 수산화칼슘, 탄산마그네슘, 수산화마그네슘, 산화마그네슘, 탄산나트륨, 중탄산나트륨, 이탄산수소삼나트륨 이수화물, 및 이들의 배합물을 포함하지만 이에 한정되지 않는 알칼리성 제제를 포함할 수 있으며, 상기 알칼리성 제제는 흡착성 재료 100g당 약 0.15당량 이상의 농도로 제공될 수 있다.

[0010] 추가의 양태들은, 표준 시험 방법 (ASTM) D-4607 또는 이에 상당하는 방법을 사용하여 측정된 중량측정 요오드가 및 (ASTM) D-2854 또는 이에 상당하는 방법을 사용하여 측정된 겔보기 밀도를 기준으로 하는 용적측정 요오드가가 450mg/cc를 초과하는 흡착성 재료를 연도 가스 스트림 내로 주입하는 단계를 포함하는, 수은 제거 방법에 관한 것이다. 일부 양태에서, 상기 흡착성 재료의 용적측정 요오드가는 약 500mg/cc 내지 약 650mg/cc일 수 있다. 상기 흡착성 재료는, 예를 들면, 활성탄, 재생 활성탄, 흑연, 그래핀, 제올라이트, 실리카, 실리카 겔, 점토, 및 이들의 배합물일 수 있고, 평균 입자 크기(MPD)가 약 1 μ m 내지 약 30 μ m일 수 있다. 상기 흡착성 재료는 상술한 첨가제들 중의 임의의 것을 추가로 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 하기 상세한 설명에서, 이의 일부를 형성하는 첨부된 도면들에 대해 언급한다. 도면들에서, 유사한 기호들은 전형적으로 문맥상 달리 언급되지 않는 한 유사한 요소들을 나타낸다. 하기 상세한 설명, 도면 및 특허청구범위에서 기술되는 예시 양태들은 제한을 가하고자 하는 것이 아니다. 기타 양태들이 사용될 수 있으며, 본 명세서에 제시된 주제의 요지 및 범위를 벗어나지 않으면서 기타 변화가 이루어질 수 있다. 본 명세서에 일반적으로 기술되고 도면에서 도시된 바와 같이 본 명세서의 양태들은 매우 다양한 상이한 구성(configuration)들로 배열, 치환, 조합, 분리 및 설계될 수 있으며, 이들은 모두 본 명세서에서 명시적으로 고찰된다.

도 1은 중량측정 요오드가 및 수은 흡착성 사이의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 2는 용적측정 요오드가 및 흡착제에 대한 수은의 흡착성 사이의 관계를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명의 조성물 및 방법을 기술하기 전에, 특정 방법, 조성물 또는 기술되는 방법론은 변할 수 있으므로 본 발명이 이들 방법, 조성물 또는 방법론에 한정되지 않는다는 것을 이해해야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어는 특정한 측면 또는 양태를 기술할 목적일 뿐이며, 본 발명의 범위를 제한할 의도는 없고, 본 발명의 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해서만 제한될 것이다. 달리 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 모든 기술용어 및 과학용어는 당 분야에서 통상의 기술을 가진 자에 의해 통상적으로 이해되는 바와 동일한 의미를 갖는다. 본 명세서에 기술된 것들과 유사하거나 상응하는 임의의 방법 및 재료들이 본 발명의 양태들의 실시 또는 시험에서 사용될 수 있지만, 바람직한 방법, 장치 및 재료가 이제부터 기술된다. 본 명세서에서 언급된 모든 공보는 전체 내용이 인용되어 포함된다. 본 명세서의 어느 것도 본 발명이 본 발명의 선행 발명에 의해 본 명세서를 앞의 날자로 할 권리가 없음을 인정하는 것으로서 간주되어서는 안된다.

[0013] 또한, 본 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 바와 같이, 단수 표현(원문의 "a", "an" 및 "the"에 해당)은 문맥상 달리 명시되지 않는 한 복수 표현을 포함함을 유의해야 한다. 따라서, 예를 들면, "연소 챔버"에 대한 언급은 "하나 이상의 연소 챔버" 및 당 분야의 숙련자에게 공지된 이의 상응물 등에 대한 언급이다.

[0014] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "약"은 사용되는 수의 수치의 $\pm 10\%$ 를 의미한다. 따라서, 약 50%는 45% 내지 55%의 범위를 의미한다.

[0015] 본 발명의 양태들은 연도 가스 스트림에서의 수은 제거 성능이 증진된 수은 흡착제에 관한 것이다. 이러한 수은 흡착제는 요오드가가 300mg/g을 초과하는 수은 흡착 재료를 포함하며, 기타 양태에서 상기 수은 흡착 재료는 요오드가가 약 700mg/g 내지 약 1500mg/g일 수 있다. 또 다른 양태에서, 이들 수은 흡착제는 상기 수은 흡착 재료의 효율을 추가로 증진시킬 수 있는 하나 이상의 첨가제를 포함할 수 있다.

[0016] 다양한 양태들의 흡착성 조성물의 수는 흡착성 재료는 수은에 대한 친화성을 갖는 임의의 재료를 포함할 수 있다. 예를 들면, 일부 양태들에서, 상기 수는 흡착성 재료는, 활성탄, 재생 활성탄, 흑연, 그래핀, 제올라이트, 실리카, 실리카 겔, 점토, 및 이들의 배합물을 포함하지만 이에 한정되지 않는, 수은에 대한 친화성을 갖는 다공성 흡착제일 수 있으며, 특정 양태들에서 상기 수는 흡착성 재료는 활성탄일 수 있다. 상기 수는 흡착성 재료는 임의의 평균 입자 직경(MPD)을 갖는다. 예를 들면, 일부 양태들에서, 상기 수는 흡착성 재료의 MPD는 약 0.1 μ m 내지 약 100 μ m일 수 있고, 기타 양태들에서 상기 MPD는 약 1 μ m 내지 약 30 μ m일 수 있다. 또 다른 양태들에서, 상기 수는 흡착성 재료의 MPD는 약 15 μ m 미만일 수 있고, 일부 특정 양태들에서 상기 MPD는 약 2 μ m 내지 약 10 μ m, 약 4 μ m 내지 약 8 μ m, 또는 약 5 μ m 또는 약 6 μ m일 수 있다. 특정 양태들에서, 상기 수는 흡착성 재료는 MPD가 약 12 μ m 미만일 수 있거나, 일부 양태들에서 7 μ m 미만일 수 있으며, 이는 수은 산화에 대한 증가된 선택도를 제공할 수 있다.

[0017] 특정 양태들에서, 상기 수는 흡착제는 300mg/g을 초과하는 요오드가를 가짐으로써 측정되는 바와 같이 높은 활성을 가질 수 있다. 요오드가는 용액으로부터의 요오드의 흡착을 기준으로 하는 흡착성 재료의 성능을 특성화 하는데 사용된다. 이는 상기 흡착성 재료의 공극 용적의 척도를 제공한다. 보다 구체적으로는, 요오드가는, 잔여 여과물 중의 요오드 농도가 0.02 공칭인 경우 탄소 1g에 의해 흡착되는 요오드의 mg으로서 정의된다. 흡착된 요오드의 양이 클수록, 상기 활성탄은 흡착을 위한 표면적이 더 넓어지고 활성화 활성도가 더 높아진다. 따라서, "요오드가"가 높을수록 활성도 더 높아진다. 본 명세서에서 사용되는 용어 "요오드가"는 중량측정 요오드가 또는 용적측정 요오드가를 지칭할 수 있다. 중량측정 요오드가는 전체적으로 본 명세서에 참조 인용되는 표준 시험 방법 (ASTM) D-4607 또는 이에 상당하는 방법을 사용하여 측정할 수 있다. 용적측정 요오드가는 중량측정 요오드가(흡착된 요오드의 mg/탄소의 g)와 상기 활성탄의 겉보기 밀도(탄소의 g/탄소의 cc)의 곱이며, 겉보기 밀도는 전체적으로 본 명세서에 참조 인용되는 ASTM D-2854 또는 이에 상당하는 방법을 사용하여 측정할 수 있다. 기타 양태들에서, 상기 ASTM 겉보기 밀도 시험이 적절하게 적용될 수 없는 과립상 또는 분말상 탄소 또는 임의의 기타 형태의 탄소의 겉보기 밀도는 1파운드/in²의 실제 압력에서 수은 침투 용적을 통한 공극 용적을 측정하기 위해 수은 다공도 시험 ASTM 4284-12를 사용하여 측정될 수 있다. 상기 침투 용적은 상기 탄소 입자 밀도를 계산할 수 있도록 하는 탄소 샘플의 공극 용적을 한정하며, 이후 상기 겉보기 밀도는 탄소 샘플이 치밀하게 채워진 컨테이너 중의 공극 분획에 대해 상기 입자 밀도를 보정함으로써 계산된다. 상기 공극 분획은 상기 샘플에 대한 입자 크기에서 전형적인 3배 범위에 대해 40%이다. 따라서, 계산된 겉보기 밀도(탄소의 g/탄소 컨테이너의 cc) = 입자 밀도(탄소의 g/탄소 입자 용적의 cc) * (100%-40% 공극)/100%이다. 상기 결과는 탄소의 cc당 흡착된 요오드의 mg의 단위를 갖는 용적 기준 활성이다.

[0018] 수은 흡착에 전형적으로 사용되는 흡착성 재료는 중량측정 요오드가를 기준으로 하는 요오드가가 약 300mg/g 내지 약 400mg/g이며, 상기 범위는, 수은 흡착 특성에 있어서 보다 높은 요오드가를 갖는 흡착성 재료에 상응하는 성능을 제공하는 것으로 사료된다. 본 발명의 다양한 양태들은 중량측정 요오드가가 400mg/g 초과, 500mg/g 초과, 600mg/g 초과, 700mg/g 초과, 800mg/g 초과, 900mg/g 초과 등 또는 이들 사이의 임의의 중량측정 요오드가인 흡착성 재료를 포함하는 수은 흡착제에 관한 것이다. 기타 양태들에서, 상기 흡착성 재료는 요오드가가 약 500mg/g 내지 약 1500mg/g, 약 700mg/g 내지 약 1200mg/g, 또는 약 800mg/g 내지 약 1100mg/g, 또는 이들 예시 범위 사이의 임의의 중량측정 요오드가일 수 있다. 추가의 양태들에서, 이들 예시 범위 내의 요오드가를 나타내는 수은 흡착제는 활성탄 또는 탄소질 숯(carbonaceous char)일 수 있다.

[0019] 용적측정 요오드가 방법을 사용하여 측정하는 바와 같이, 수은 흡착용 흡착성 재료는 용적측정 요오드가가 약 350mg/cc 내지 약 800mg/cc일 수 있다. 본 명세서에 기술된 본 발명의 양태들에서, 상기 용적측정 요오드가는 400mg/g 초과, 500mg/g 초과, 600mg/g 초과, 700mg/g 초과 등 또는 이들 사이의 임의의 용적측정 요오드가일 수 있다. 기타 양태들에서, 상기 흡착성 재료는 용적측정 요오드가가 약 350mg/cc 내지 약 650mg/cc, 약 400mg/cc 내지 약 600mg/cc, 약 500mg/cc 내지 약 600mg/cc, 약 500mg/cc 내지 약 700mg/cc, 또는 이들 예시 범위 사이의 임의의 용적측정 요오드가일 수 있다. 추가의 양태들에서, 이들 예시 범위 내의 요오드가를 나타내는 수은 흡착제는 활성탄 또는 탄소질 숯일 수 있으며, 특정 양태들에서 용적측정 요오드가가 400mg/cc 이상인 이들 활성탄 또는 탄소질 숯은 용적측정 요오드가가 400mg/cc 미만인 활성탄 및 탄소질 숯과 조합될 수 있다.

[0020] 이론에 얽매이려는 의도는 없지만, 이들 예시 범위 내의 요오드가를 갖는 흡착성 재료는 중량측정 요오드가가 약 300mg/g 내지 약 400mg/g의 통상적으로 사용되는 범위 내인 흡착성 재료에 비해 개선된 흡착성을 제공할 수 있다. 예를 들면, 특정 양태들에서, 중량측정 요오드가가 약 700mg/g 내지 약 1200mg/g이거나 용적측정 요오드가가 약 500mg/cc 내지 약 2200mg/cc인 활성탄의 약 1/2만이 통상적인 활성탄에 의해 흡착되는 수은의 양을 흡

착하는데 필요할 수 있다. 따라서, 특정 양태들은, 요오드가 700mg/g 내지 약 1200mg/g이거나 용적측정 요오드가 약 500mg/cc 내지 약 2200mg/cc인 약 5 lb/hr 내지 약 10 lb/hr의 활성탄이 중량측정 요오드가 약 500mg/g인 약 15 lb/hr의 활성탄과 동량의 수은을 흡착할 수 있는 방법에 관한 것이다(실시예 1 참조).

[0021] 또 다른 양태들에서, 상술한 흡착성 재료들 중의 임의의 것은, 수은 흡착성을 증진시키는 하나 이상의 산화제로 처리될 수 있다. 예를 들면, 일부 양태들에서, 상기 산화제는 무기 할로젠염을 포함하는 할로젠염일 수 있으며, 이는 브롬의 경우 브롬화물, 브롬산염 및 차아브롬산염을 포함할 수 있고, 요오드의 경우 요오드화물, 요오드산염 및 차아요오드산염을 포함할 수 있으며, 염소의 경우 염화물, 염소산염 및 차아염소산염을 포함할 수 있다. 특정 양태들에서, 상기 무기 할로젠염은 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속 원소를 함유하는 할로젠염일 수 있으며, 여기서, 상기 무기 할로젠염은 리튬, 나트륨 및 칼륨과 같은 알칼리 금속이나 마그네슘 및 칼슘 카운터이온과 같은 알칼리 토금속과 회합되어 있다. 알칼리 금속 및 알칼리 토금속 카운터이온을 포함하는 무기 할로젠염의 비제한적 예는 차아염소산칼슘, 차아브롬산칼슘, 차아요오드산칼슘, 염화칼슘, 브롬화칼슘, 요오드화칼슘, 염화마그네슘, 브롬화마그네슘, 요오드화마그네슘, 염화나트륨, 브롬화나트륨, 요오드화나트륨, 삼염화칼륨, 삼브롬화칼륨, 삼요오드화칼륨 등을 포함한다. 상기 산화제는 임의의 농도에서 상기 조성물에 포함될 수 있으며, 일부 양태들에서 산화제가 본 발명에 의해 구제화되는 조성물에 포함되지 않을 수 있다. 산화제가 포함되는 양태들에서, 산화제의 양은 상기 전체 흡착제의 약 5중량% 이상, 약 10중량% 이상, 약 15중량% 이상, 약 20중량% 이상, 약 25중량% 이상, 약 30중량% 이상, 약 40중량% 이상이거나, 약 5중량% 내지 약 50중량%, 약 10중량% 내지 약 40중량%, 약 20중량% 내지 약 30중량%, 또는 이들 사이의 임의의 양일 수 있다.

[0022] 추가의 양태들에서, 상술한 흡착성 재료 중의 임의의 것이 하나 이상의 질소 공급원으로 처리될 수 있다. 이러한 제제의 질소 공급원은 당해 기술분야에 공지된 임의의 질소 공급원일 수 있으며, 예를 들면, 암모늄, 암모니아, 아민, 아미드, 이민, 4급 암모늄 등을 포함할 수 있다. 특정 양태들에서, 상기 제제는, 예를 들면, 염소, 브롬, 요오드, 할로겐화암모늄(예를 들면, 요오드화암모늄, 브롬화암모늄 또는 염화암모늄), 할로겐화아민, 할로겐화 4급 암모늄, 또는 유기 할로겐화물, 및 이들의 배합물일 수 있다. 일부 양태들에서, 상기 질소 함유 제제는 할로겐화암모늄, 할로겐화아민, 또는 할로겐화 4급 암모늄일 수 있고, 특정 양태들에서, 상기 제제는 브롬화암모늄과 같은 할로겐화암모늄일 수 있다. 다양한 양태들에서, 상기 질소 함유 제제는 상기 전체 흡착제의 약 5중량% 이상, 약 10중량% 이상, 약 15중량% 이상, 약 20중량% 이상, 약 25중량% 이상, 약 30중량% 이상, 약 40중량% 이상으로 제공되거나, 약 5중량% 내지 약 50중량%, 약 10중량% 내지 약 40중량%, 약 20중량% 내지 약 30중량%, 또는 이들 사이의 임의의 양으로 제공될 수 있다.

[0023] 상기 할로겐화암모늄, 할로겐화아민 또는 할로겐화 4급 암모늄은 일부 양태들에서 부재할 수 있으며, 기타 양태들에서 상기 할로겐화암모늄, 할로겐화아민 또는 할로겐화 4급 암모늄은 상기 흡착제 조성물에 포함된 유일한 첨가제일 수 있으며, 또 다른 양태들에서 상기 할로겐화암모늄, 할로겐화아민 또는 할로겐화 4급 암모늄은, 예를 들면, 할로겐화물 염, 할로겐화물 금속 염, 알칼리성 제제와 같은 기타 제제 등과 배합되어, 본 발명에 포함되는 조성물 또는 흡착제를 제조할 수 있다. 특정 양태들에서, 흡착제는 브롬화나트륨(NaBr), 브롬화칼륨(KBr) 또는 브롬화암모늄(NH₄Br)과 같은 할로젠염 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0024] 일부 양태들에서, 상기 흡착성 재료는, 예를 들면, 알칼리성 제제와 같은 산 가스 억제제와 배합될 수 있다. 무수한 알칼리성 제제가 당해 기술분야에 공지되어 있고, 연도 가스로부터 황 산화물 화학종들을 제거하는데 통상적으로 사용되며, 임의의 이러한 알칼리성 제제가 본 발명에서 사용될 수 있다. 예를 들면, 다양한 양태들에서, 상기 알칼리성 첨가제는 알칼리 산화물, 알칼리 토금속 산화물, 수산화물, 탄산염, 중탄산염, 인산염, 규산염, 알루미늄네이트, 및 이들의 배합물일 수 있으며, 특정 양태들에서, 상기 알칼리성 제제는 탄산칼슘(CaCO₃; 석회석), 산화칼슘(CaO; 석회), 수산화칼슘(Ca(OH)₂; 소석회); 탄산마그네슘(MgCO₃; 백운석), 수산화마그네슘(Mg(OH)₂), 산화마그네슘(MgO), 탄산나트륨(Na₂CO₃), 중탄산나트륨(NaHCO₃), 이탄산수소삼나트륨 이수화물(Na₃H(CO₃)₂·2H₂O; 트로나), 및 이들의 배합물일 수 있다. 다양한 양태들에서, 상기 알칼리성 제제는 흡착성 재료 100g당 약 0.15당량 이상의 농도로 제공될 수 있으며, 여기서, 상기 알칼리성 제제 1당량은 1몰의 하이드록실 이온을 생성하거나 1몰의 수소 이온과 반응하는데 필요한 양으로서 정의된다. 특정 양태들에서, 이러한 알칼리성 제제는, 예를 들면, 무용매 재료(neat material)들에 대해, 예를 들면, 100m²/g 초과와 같은 비교적 높은 표면적을 가질 수 있다. 높은 표면적 재료들은, 할로겐 화합물 및 기타 부가된 산화제를 보충하여 원자상 수은을 산화시키면서 산 가스 또는 SO_x 경감을 위해 개선된 동력학 및 성능을 제공할 수 있다. 알칼리성 제제 물과 회합 및 결합할 수 있는 고도의 극성 재료이기 때문에, 다양한 양태들에서, 알칼리성 제제들은 물리적 혼합물로서 1차 수은 흡착제와 배합될 수 있으며, 일반적으로 상기 흡착제 표면 상에 존재하거나 상기 흡착성 공

극 구조물 내에 함유되지 않는다.

- [0025] 기타 양태들에서, 상기 수는 흡착성 재료는, 유사한 결과를 달성하는 상기 흡착제의 물 또는 기타 처리제의 흡착 및 이송을 지연시키는, 예를 들면, 하나 이상의 소수성 증진제를 사용하여 상기 흡착성 재료의 소수성을 증진시키도록 처리될 수 있다. 양태들은, 처리되는 수는 흡착성 재료의 유형 또는 상기 수는 흡착성 재료를 소수성 증진제로 처리하는 수단에 한정되지 않는다. 예를 들면, 일부 양태들에서, 상기 수는 흡착성 재료는 상기 표면과 영구 결합을 형성할 수 있는 소정량의 하나 이상의 원소상 할로겐으로 처리될 수 있다. 상기 원소상 할로겐은 불소(F), 염소(Cl) 또는 브롬(Br)과 같은 임의의 할로겐일 수 있고, 특정 양태들에서 상기 원소상 할로겐은 불소(F)일 수 있다. 기타 양태들에서, 상기 수는 흡착성 재료는 불소 염, 유기 불소 화합물, 또는 불소화 중합체(예를 들면, TEFLON®)와 같은 소수성 증진제로 처리될 수 있다.
- [0026] 이러한 양태들에서, 처리는 상기 수는 흡착성 재료를 유기-불소 화합물 또는 불소화 중합체와 함께 그라인딩(grinding)함으로써 실행될 수 있다. 또 다른 양태들에서, 상기 수는 흡착성 재료로서 사용되는 탄소 흡착제는 높은 온도하에, 예를 들면, 약 400°C 초과 또는 600°C 초과 또는 800°C 초과의 온도에서 염산, 질산, 붕산 및 황산을 포함하지만 이에 한정되지 않는 무기산으로 처리될 수 있다. 상기 산의 농도는 이러한 처리에 중요하지 않으며, 1.0중량% 이하 정도로 낮은 농도가 사용될 수 있다. 이론에 얽매이려는 의도는 없지만, 이러한 처리는, 소수성을 증진시키고 산소 및 물의 존재하에 이산화황을 황산으로 촉매적 산화시키기 위한 활성을 감소시킬 수 있다. 이러한 처리의 증거는, 이러한 처리를 하지 않은 동일한 탄소에 비해 접촉 pH가 높고 탄소 단독 이 과산화수소를 분해하는 경향이 감소된다는 점에서 찾을 수 있다.
- [0027] 상기 흡착성 재료는 당해 기술분야에서 공지된 임의의 방식에서 산화제, 질소 함유 화합물, 소수성 제제, 산 가스 억제제 또는 기타 수는 제거제(총체적으로, "첨가제")와 배합될 수 있다. 예를 들면, 일부 양태들에서, 상기 하나 이상의 첨가제는 상기 흡착성 재료의 표면 상에 도입될 수 있으며, 그 속에서 함침됨으로 인해 상기 흡착성 재료가 첨가제의 액체 혼합물 중에 함침되거나 첨가제의 액체 혼합물이 상기 흡착성 재료 상에 분무 또는 기타 방식으로 도포된다. 이러한 함침 공정은 상기 첨가제들이 상기 흡착성 재료의 표면에 분산되어 있는 흡착성 재료를 생성시킨다.
- [0028] 다양한 기타 양태들에서, 상기 흡착성 재료의 처리는 무수 혼합물로서의 하나 이상의 첨가제와 배합될 수 있으며, 여기서, 흡착제 입자들은 실질적으로 동일한 크기를 갖는 첨가제의 입자들로부터 분리 및 이격되어 있다. 예를 들면, 일부 양태들에서, 활성탄을 하나 이상의 첨가제와 공동 밀링(co-milling)함으로써 평균 입자 직경(MPD)이 약 12 μ m 이하, 약 10 μ m 이하 또는 약 7 μ m 미만이 되도록 제공할 수 있다. 이론에 얽매이려는 의도는 없지만, 상기 흡착제와 첨가제를 공동 밀링함으로써 평균 입자 직경을 감소시키면 상기 흡착제와 첨가제가 촘촘하게 국부화(close localization)되지만, 상기 첨가제는 상기 흡착제 공극 구조물 내에 포함되지 않는다. 이러한 무수 혼합물은 신속하고 선택적인 수는 흡착을 촉진시키는데 있어서 놀라운 정도로 효과적인 것으로 밝혀졌다. 상기 효과는, 상기 흡착제의 모든 성분들이 배합되고 공동 밀링되거나 기타 방식으로 약 12 μ m 이하의 평균 입자 직경의 크기를 가지는 경우 특히 효과적인 것으로 밝혀졌다. 공동 밀링은 임의의 수단에 의해 수행될 수 있다. 예를 들면, 다양한 양태들에서, 상기 공동 밀링은 보울 밀(bowl mill), 롤러 밀(roller mill), 볼 밀(ball mill), 제트 밀(jet mill) 또는 기타 밀, 또는 건조 고형물들의 입자 크기 감소를 위해 당해 기술분야의 숙련자에게 공지된 임의의 그라인딩 장치를 사용하여 수행될 수 있다.
- [0029] 이론에 얽매이려는 의도는 없지만, 상기 작은 MPD는, 상기 할로겐화물이 상기 수을 효과적으로 산화시킴에 따라 수는 흡착성의 선택도를 개선시킬 수 있다. 이와 같이, 흡착성 재료 및 첨가제의 무수 혼합물은 높은 퍼센티지의 활성 할로겐화물 및 알칼리성 제제가 상기 주입된 흡착제에 포함되도록 할 수 있다. 상기 첨가제의 수용액으로 처리함으로써 첨가제로 함침된 수는 흡착제, 예를 들면, 시판 브롬화탄소 흡착제, 특히 원소상 브롬으로 함침된 것들은, 상기 흡착제의 표면에 낮은 퍼센티지의 첨가제만을 보유할 수 있으며, 함침은, 다공성 수는 흡착제의 공극들을 폐색시키며, 수는 흡착에 이용될 수 있는 표면적을 감소시키는 경향이 있다. 반면, 무수 혼합물 중의 첨가제의 퍼센티지는 수는 흡착 효율을 감소시키지 않으면서 약 10중량% 초과, 약 15중량% 초과, 약 20중량% 초과, 약 30중량% 초과, 및 약 50중량% 이하, 약 60중량% 이하, 약 70중량% 이하일 수 있다.
- [0030] 공동 그라인딩(co-grinding)이 일부 양태들에서 유용하지만, 흡착성 재료 및 첨가제들은 임의의 방법으로 배합될 수 있다. 예를 들면, 일부 양태들에서, 흡착성 재료 및 하나 이상의 첨가제는 상기 재료들이 단일 수는 흡착제가 되도록 블렌딩 또는 혼합함으로써 배합될 수 있으며, 생성된 단일 수는 흡착제는 이후 연도 가스 스트림 내로 주입될 수 있다. 기타 양태들에서, 상기 흡착성 재료 및 하나 이상의 첨가제가 상이한 저장소에 유지되고 연도 가스 스트림 내로 동시에 주입되어, 사용하는 동안 배합이 이루어질 수 있다.

[0031] 추가의 양태들은, 흡착성 재료 및 하나 이상의 산화제, 질소 함유 화합물, 소수성 제제, 산 가스 억제제 또는 기타 수은 제거제를 포함하는 상술한 수은 흡착제를 포함하는 수은 흡착 제제를 연도 가스 스트림 내로 주입함으로써 연도 가스로부터 수은을 제거하는 방법에 관한 것이다. 본 명세서에 기술된 흡착제는 임의의 연도 가스 스트림에서 수은을 흡착하는데 사용될 수 있다. 예를 들면, 다양한 양태들의 흡착제는 SO₃을 함유하지 않거나 SO₃ 함량이 극도로 낮은 연도 가스 스트림 또는 고농도의 기타 산 가스(예를 들면, HCl, HF 또는 NO_x 종류)를 함유하는 연도 가스 스트림에서 사용될 수 있다.

[0032] 일부 양태들에서, 상기 수은 흡착성 재료 및 하나 이상의 첨가제를 배합한 후, 예를 들면, 상기 수은 흡착성 재료를 상기 하나 이상의 첨가제와 혼합 또는 블렌딩함으로써 연도 가스 스트림 내로 주입할 수 있다. 기타 양태들에서, 상기 수은 흡착성 재료 및 하나 이상의 첨가제들은 연도 가스 스트림 내로 별도로 주입되어 상기 연도 가스 스트림 자체 내에서 배합될 수 있다. 또 다른 양태들에서, 상기 수은 흡착성 재료 및 하나 이상의 첨가제들은 상기 연도 가스 스트림의 상이한 부분들에서 연도 가스 스트림 내로 도입될 수 있다. 예를 들면, 일부 양태들에서, 모든 흡착성 재료 및 첨가제들은 상기 연도 가스 스트림의 동일한 부분에 동시에 상기 연도 가스 스트림 내로 도입될 수 있다. 기타 양태들에서, 예를 들면, 할로겐화물 염과 같은 첨가제가 상기 연도 가스 스트림의 업스트림 부분 또는 보일러 내로 도입될 수 있으며, 상기 흡착제 및 하나 이상의 추가의 첨가제들은 상기 연도 가스 스트림의 하나 이상의 다운스트림 부분에서 동시에 또는 별도로 상기 연도 가스 스트림 내로 도입될 수 있다.

[0033] **실시예**

[0034] 본 발명이 이의 특정한 바람직한 양태들을 참조로 하여 상당히 상세하게 기술되었지만, 기타 변형태들도 가능하다. 따라서, 첨부된 특허청구범위의 요지 및 범위는 본 명세서 내에 포함된 설명 및 바람직한 변형태로 한정되지 않아야 한다. 본 발명의 다양한 양태들은 하기 비제한적 실시예를 참조로 설명될 것이다.

[0035] **실시예 1**

[0036] 다양한 활성 레벨들의 활성탄들이, 연도 가스로부터 수은을 제거하는 능력에 대해 조사되었다. 활성은 중량측정 요오드가(ASTM D-4607) 및 용적측정 요오드가를 기준으로 하며, 상기 중량측정 요오드는 상기 과립상 재료의 밀도를 사용하여 용적측정 기준으로 전환된다(ASTM D2854). 탄소들은 모두 대략 7 μ m의 크기이고, 단독으로, 또는 30% w/w 브롬화암모늄과의 무수 혼합물로서, 전기 집진기(ESP)의 시험 연도 가스 업스트림 내로 주입된다. 결과는 연도 가스 스트림 중의 수은의 90%를 제거하는데 요구되는 lb/hr를 기준으로 하여 보고된다.

[0037] 도 1 및 도 2는, 기재 탄소(base carbon)(첨가제 비함유), 및 30% w/w 브롬화암모늄의 무수 혼합물 중의 기재 탄소에 대한 성능 곡선을 도시한다. 도 1은 90% 수은 제거에 도달하는데 요구되는 흡착제의 양에 대한 중량측정 요오드가(mg/g)의 관계를 도시하고, 도 2는 용적측정 요오드가(mg/cc)와 90% 수은 제거에 요구되는 흡착제의 양과의 관계를 도시한다. 표 1은 용적측정 요오드가를 계산하는데 사용되는 겉보기 밀도 및 중량측정 요오드가를 나타낸다.

표 1

겉보기 밀도 (g/cc)	중량측정 요오드가 (mg/g)	용적측정 요오드가 (mg/cc)
0.78	490	382
0.63	850	536
0.53	1150	610

[0039] 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, 상기 연도 가스 스트림으로부터 수은의 90%를 제거하기 위해, 중량측정 요오드가가 462mg/g이고 용적측정 요오드가가 약 382mg/cc인 탄소 15.4 lbs/hr가 요구된다. 반면, 중량측정 요오드가가 1150mg/g이고 용적측정 요오드가가 약 610mg/cc인 활성탄을 사용하여 상기 연도 가스 스트림으로부터 수은의 90%를 제거하기 위해서는 탄소 약 8.3 lbs/hr가 요구된다. 이는, 요오드가에 의해 측정되는 활성이 40%까지 증가하는 경우, 연도 가스 스트림으로부터 수은의 90%를 제거하는데 요구되는 활성탄의 양을 약 45% 감소시키는 것이다.

[0040] 도 1 및 도 2는, 또한, 무수 혼합물 중의 활성탄과 배합된 후 상기 ESP의 연도 가스 업스트림 내로 주입되는 30% w/w 첨가제(브롬화암모늄)를 포함하는 탄소에 대한 성능 곡선을 도시한다. 초기에, 상기 연도 가스 스트림

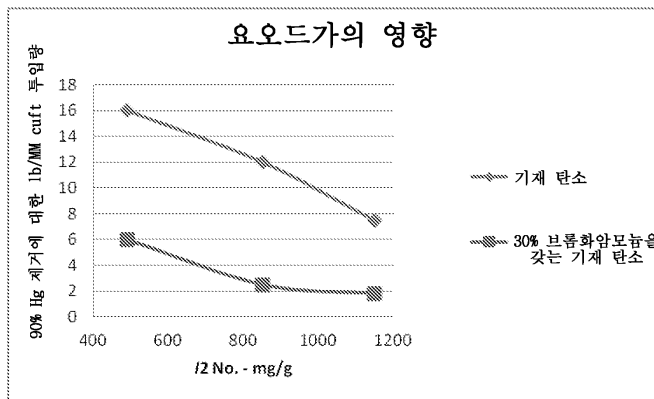
으로부터 수은의 90%를 제거하는데 필요한 활성탄의 양이 40% 감소(15.4 lb/hr로부터 6.2 lb/hr로의 감소)하는 것이, 중량측정 요오드가 462mg/g인 활성탄에 대한 브롬화암모늄의 첨가에 의해 관찰되었다. 상기 수은의 흡착은, 요오드를 기준으로 하는 더 높은 활성을 갖는 흡착제의 도입에 의해 추가로 증진된다. 구체적으로는, 활성탄이 중량측정 요오드가 1150mg/g이고 용적측정 요오드가 약 610mg/cc인 경우, 상기 연도 가스 스트림으로부터 수은의 90%를 제거하기 위해, 1.8 lb/hr의 활성탄이 필요하다. 이는, 전체 가스 스트림 중의 수은의 양을 90%까지 감소시키는데 필요한 활성탄의 양이 60% 감소함을 나타낸다. 추가로, 활성탄 브롬화암모늄 혼합물로부터 생성되는 성능 곡선은, 브롬화암모늄 첨가와 용적측정 및 중량측정 요오드 활성 둘 다 사이의 상승적 상호작용의 지표일 수 있는 비선형 관계를 나타낸다.

[0041]

도 2는 또한, 브롬화암모늄이 혼합물로서 존재하는 경우 용적측정 요오드가 약 500mg/cc를 초과하는 경우 요구되는 탄소량의 비선형 감소를 나타낸다. 추가로 도 2에서, 기재 탄소의 용적 요오드가 증가는 상기 재료의 성능에 큰 영향을 미치지 않는다.

도면

도면1



도면2

