(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월30일
(11) 등록번호 10-1516836
(24) 등록일자 2015년04월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 53/64 (2006.01) *B01D 53/86* (2006.01)
B01J 20/04 (2006.01) *B01J 20/20* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7025996
(22) 출원일자(국제) 2008년05월13일
심사청구일자 2013년02월14일
(85) 번역문제출일자 2009년12월11일
(65) 공개번호 10-2010-0017793
(43) 공개일자 2010년02월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2008/006082
(87) 국제공개번호 WO 2008/143831
국제공개일자 2008년11월27일
(30) 우선권주장
11/977,843 2007년10월26일 미국(US)
60/966,558 2007년05월14일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
EP0894530 A
GB2122916 A
JP평성11090230 A
JP평성09173828 A

(73) 특허권자
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자
(72) 발명자
가드케리, 키셔 피
미국, 뉴욕 14814, 빅 플랫츠, 오차드 드라이브 15
존슨, 베내딕트 와이
미국, 뉴욕 14845, 홀스헤즈, 세닉 드라이브 148
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
청운특허법인

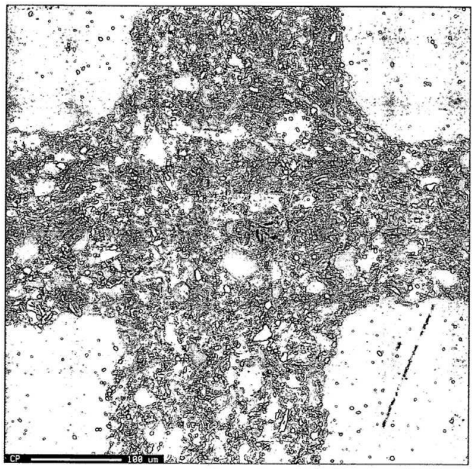
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 조호정

(54) 발명의 명칭 **활성 탄소를 포함하는 흡수체, 이의 제조방법, 및 이의 용도**

(57) 요 약

본 발명은 활성 탄소를 포함하는 흡수체, 이의 제조방법, 및 이의 사용 방법을 제공한다. 상기 흡수체는 가스 스트림과 같은 유체로부터 독성 인자를 제거하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 흡수체는 석탄 연소 연도 가스로부터 수은원소 또는 산화상태의 수은을 제거하기 위해 사용될 수 있다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

쿠앙, 피키웅 큐

미국, 뉴욕 14870, 홀스헤즈, 케네디 드라이브 120

리우, 안보

미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 콘호튼 로오드 3416

시, 유춘

미국, 뉴욕 14845, 홀스헤즈, 배링튼 로오드 26

명 세 서

청구범위

청구항 1

활성 탄소 매트릭스;

산화 상태, 황 원소 형태, 또는 황을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 (moiety) 형태인 황; 및

산화 상태, 금속 원소 형태, 또는 금속을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 형태인 금속촉매;를 포함하고,

여기서, 상기 금속촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전체적으로 분포된 것을 특징으로 하는 흡수체.

청구항 2

활성 탄소 매트릭스;

산화 상태, 황 원소 형태, 또는 황을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 (moiety) 형태인 황; 및

산화 상태, 금속 원소 형태, 또는 금속을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 형태인 금속촉매;를 포함하고,

여기서, 상기 금속촉매의 적어도 한 부분은 상기 황의 적어도 한 부분과 화학적으로 결합된 것을 특징으로 하는 흡수체.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 황의 적어도 한 부분은 상기 활성 탄소 매트릭스의 탄소의 적어도 한 부분과 화학적으로 결합된 것을 특징으로 하는 흡수체.

청구항 4

유체와 청구항 1-3중 어느 한 항에 따른 흡수체를 접촉시키는 단계를 포함하는 유체로부터 독성 인자를 제거하는 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 독성 인자는 카드뮴, 수은, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 또는 셀레늄이고, 이들은 산화 상태, 원소 형태, 또는 원소를 포함하는 화학적 화합물 형태인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

청구항 2 또는 3에 있어서, 상기 흡수체는 금속 황화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 흡수체.

청구항 7

청구항 2 또는 3에 있어서, 상기 흡수체는 FeS, MnS, Mo_2S_3, 또는 CuS를 포함하는 것을 특징으로 하는 흡수체.

청구항 8

청구항 2 또는 3에 있어서, 상기 흡수체는 황 원소를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 흡수체.

청구항 9

청구항 2 또는 3에 있어서, 상기 금속촉매는 상기 흡수체와 접촉하는 유체로부터 하나 또는 그 이상의 독성 인자를 제거하며, 상기 독성 인자는 카드뮴, 수은, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 및 셀레늄이고, 이들은 산화 상태, 원소 형태, 또는 원소를 포함하는 화학적 화합물 형태인 것을 특징으로 하는 흡수체.

청구항 10

청구항 2 또는 3에 있어서, 상기 흡수체는 허니컴 모노리스 형태인 것을 특징으로 하는 흡수체.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 2007년 10월 26일자 출원된 미국특허출원 제11/977,843호 및 2007년 5월 14일자 출원된 미국 예비출원 제60/966,558호의 우선권을 주장한다.

[0002] 본 발명은 활성 탄소를 포함하는 흡수체, 이의 제조방법, 및 이의 용도에 관한 것이다. 상기 흡수체는 가스 스트림과 같은 유체로부터 독성 인자를 제거하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 흡수체는 석탄 연소 연도 가스로부터 수은원소 또는 산화상태의 수은을 제거하기 위해 사용될 수 있다.

배 경 기 술

[0003] 대기로 독소의 배출은 사람의 건강을 해치는 위험 때문에 매우 관심있는 환경 문제가 되어왔다. 예를 들어, 석탄-연소 발전소 및 의학 폐기물 소각은 사람의 생활에 관련된 수은 배출의 주된 근원이다. 대기로 배출된 수은은 땅에 침적되기 전에 수천 마일을 이동한다. 또한, 연구에 따르면, 대기로부터 수은은 배출원 근처의 지역에 퇴적될 수 있다.

[0004] 매년 미국에서는 석탄-연소 발전소로부터 48톤의 수은이 배출된다. DOE-Energy Information Administration의 에너지 전망에 따르면, 석탄-연소 발전량의 증가에 따라 전기 발전을 위한 석탄 소비는 2002년 976 백만톤에서 2025년에는 1,477 백만톤으로 증가할 것이다. 그러나, 수은 배출 조절 규정은 석탄-연소 발전소에 대해 강화되지는 않았다. 주된 이유는 합리적인 비용으로, 특히 수은원소 조절을 위해 이용할 수 있는 효과적인 기술이 부족하기 때문이다.

[0005] 수은 원소뿐만 아니라 산화 수은을 조절하기 위해 사용된 기술은 ACI(activated carbon injection)이다. 상기 ACI 공정은 연도 가스 스트림으로 활성 탄소 분말을 분사하는 단계 및 수은이 흡수되는 상기 활성 탄소 분말을 수집하기 위한 직조 섬유 또는 전기 집진기를 사용하는 단계를 포함한다. 일반적으로, ACI 기술은 요구된 수은 제거 수준(> 90%)을 달성하기 위해, 물질을 흡수하기 위해 고비용을 초래하는 수은에 대한 높은 탄소 비율을 요구한다. 수은에 대한 높은 탄소 비율은 ACI가 효율적인 상기 탄소 분말의 수은 흡수력을 활용하지 않음을 의미한다. 부가적으로, 만약 어떤 입자 수집 시스템이 사용된다면, 플라이 애쉬의 상업적인 가치는 오염된 활성 탄소 분말과 혼합되기 때문에 희생된다. 두 개의 분리된 분말 수집기를 구비하고, 플라이 애쉬에 대한 제1 수집기 및 활성 탄소 분말에 대한 제2 수집기, 또는 백하우스(baghouse) 사이에 활성 탄소 흡수제를 분사하는 시스

템이 사용될 수 있다. 높은 수집 효율을 갖는 백하우스는 발전 설비에 설치될 수 있다. 그러나, 이러한 수단은 고가이며, 특히 작은 발전소에 비실용적이다.

[0006] 수용성 (산화) 수은이 고농도의 SO_2 및 HCl을 갖는 역청탄 연도가스에 주요 수은 종이기 때문에, 역청탄-연소 발전은 NO_x 및/또는 SO_2 조절 기술에 조합된 습식 스크러버(scrubber)를 사용하여 90% 수은을 제거할 수 있다. 수은 배출 조절은 또한 입자 배출 조절의 보조 효과로 달성할 수 있다. 킬레이트 시약 (Chelating agents)은 배출로부터 수은을 포획하기 위한 습식 스크러버에 첨가될 수 있다. 킬레이트 시약은 금속 스크러버 장비의 부식 및 킬레이트 용액의 처리 문제에 기인한 비용에 부가된다. 수은 원소는 준-역청탄 또는 갈탄의 연도가스에 주된 수은 종이고, 만약 상기 시스템에 부가적인 화학제가 첨가되지 않는다면, 습식 스크러버는 수은 원소의 제거에 효율적이지 않다. 그러나, 상기 연도가스 시스템에 잠정적으로 환경적으로 유해한 물질을 첨가하는 것은 바람직하지 않다.

[0007] 합성가스 및 연소 연도가스와 같은 어떤 산업가스는 수은에 부가하여 카드뮴, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 또는 셀레늄과 같은 독성 인자를 함유할 수 있다. 수은과 같은 이들 독성 인자는 원소 형태 또는 원소를 포함하는 화학적 화합물에 존재할 수 있다. 하나 또는 그 이상의 독성 인자의 존재는 합성가스가 산업 및/또는 주거 사용에 공급되기 전 또는 가스가 대기로 배출되기 전에 실질적으로 감소시키는 것이 매우 바람직하다.

[0008] 활성 탄소 분말 단독보다 높은 용량으로 연도 가스 및 합성가스와 같은 유체로부터 수은 및/또는 다른 독성 인자를 제거할 수 있는 흡수제 물질이 요구된다. 또한, 이러한 흡수제 물질은 합리적인 비용으로 제조될 수 있고, 상업적으로 이용할 수 있는 것이 요구된다.

발명의 상세한 설명

[0009] 본 발명의 일 실시 예는 활성 탄소를 포함하는 흡수체, 이의 제조방법, 및 이의 사용 방법에 관한 것이다. 상기 흡수체는 가스 스트림과 같은 유체로부터 독성 인자를 제거하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 흡수체는 석탄 연소 연도 가스로부터 수은원소 또는 산화상태의 수은을 제거하기 위해 사용될 수 있다.

[0010] 본 발명의 실시 예는 하나 또는 그 이상의 아래의 장점을 갖는다. 높은 비표면적 및 독성 인자의 흡수를 촉진할 수 있는 다수의 활성 부위를 갖는 활성 탄소를 포함하는 본 발명의 흡수체는 비소, 카드뮴, 수은 및 셀레늄을 포함하는 독성 인자의 흡수를 위해 효율적으로 제조되고 사용될 수 있다. 본 발명의 일 실시 예의 흡수체는 산화 수은뿐만 아니라 수은 원소를 흡수하는데 효율적이다. 더군다나, 본 발명의 실시 예에 따른 흡수체는 고 및 저농도의 HCl 등을 갖는 연도가스로부터 수은을 제거하는데 효율적이다. 본 발명의 실시 예에 따른 흡수체는 또한 고농도의 SO_3를 갖는 연도가스로부터 수은을 제거하는데 효율적이다.

[0011] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 특징 및 장점을 좀 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0012] 전술한 기술내용과 하기의 기술내용은 본 발명의 청구내용 및 특징을 쉽게 이해하기 위해 단지 설명하는 것으로, 이에 본 발명의 범주가 한정되지 않는다.

실 시 예

[0018] 본 명세서 및 청구항에 사용된 성분의 중량%, 치수 및 어떤 물리적 특성에 대한 값을 표현하는 것과 같은 모든 수치는, 별도의 언급이 없는 한, 용어 "약"에 의해 변형될 수 있는 것으로 해석된다. 본 명세서 및 청구항에 사용된 정확한 수치 값은 본 발명의 부가적인 실시 예를 형성하는 것으로 또한 해석된다. 실시 예에서는 정확한 수치 값을 기재하였다. 그러나, 어떤 측정된 수치 값은 각각의 측정 기술에서 발견되는 표준편차로부터 결과하는 어떤 에러를 근본적으로 함유할 수 있다.

[0019] 본 발명에서 사용된 용어에서 단수적인 표현은 특별한 언급이 없는 한 "오직 하나"에 제한되지 않는다. 따라서, 예를 들어, "금속촉매"와 관련하여, 특별한 언급이 없는 한, 하나, 둘 또는 그 이상의 금속촉매를 갖는 실시 예를 포함한다.

[0020] 본 발명에서 사용된 성분의 "중량%" 또는 "중량 퍼센트"는 특별한 언급이 없는 한, 성분이 포함된 조성물 또는

제품의 전체 중량에 기초한다. 여기서, 모든 퍼센트는 특별한 언급이 없는 한, 중량에 기초한다. 가스에 대한 모든 ppm은 특별한 언급이 없는 한, 부피에 기초한다.

[0021] 본 발명에서 사용된 용어 "황"은 모든 산화 상태에서의 황 원소를 포함하는데, 그중에서도 황 원소(0), 황산염(+6), 아황산염 (+4), 및 황화물 (-2)을 포함한다. 따라서, 상기 용어 "황"은 임의의 산화 상태, 황 원소 형태, 또는 황을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 (moiety) 형태인 황을 포함한다. 상기 황의 중량 퍼센트는 물질에서 황의 전체 량을 계산할 목적으로 원소상태로 전환된 다른 상태의 황을 갖는 황 원소에 기초하여 계산된다.

[0022] 상기 용어 "금속촉매"는 임의의 산화 상태, 금속 원소 형태, 또는 금속을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 형태인 금속촉매를 포함하고, 본 발명의 흡수체와 접촉하는 유체로부터 독성 인자(카드뮴, 수은, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 또는 셀레늄과 같은, 또는 카드뮴, 수은, 비소 또는 셀레늄과 같은)의 제거를 촉진하는 형태로 존재한다. 금속 인자는 알카리 금속, 알카리 토금속, 전이금속, 희토류 금속(란타노이드 포함), 및 알루미늄, 갈륨, 인듐, 주석, 납, 탈륨 및 비스무스와 같은 다른 금속을 포함할 수 있다.

[0023] 상기 금속 촉매의 중량 퍼센트는 물질에 금속 촉매의 총 중량을 계산할 목적으로 원소상태로 전환된 다른 상태에서 어떤 금속을 갖는 금속 원소에 기초하여 계산된다. 무기 충전제 화합물과 같은 불활성 형태로 존재하는 금속원소는 금속 촉매로 고려되지 않고, 금속 촉매의 중량 퍼센트에 계산되지 않는다. 상기 황 또는 금속 촉매의 양은 질량분석법과 같은 적절한 분석 기술을 사용하여 결정될 수 있다.

[0024] "인-시튜 압출된"은 형성된 몸체에 혼합된 근원 물질을 포함시키기 위해 황 및/또는 금속 촉매와 같은 관련 물질이 상기 배치 혼합물로 적어도 일부분의 이의 근원 물질을 혼합시켜 상기 물질에 도입시키는 것을 의미한다.

[0025] 본 발명의 흡수체, 또는 압출 배치 혼합체, 또는 배치 혼합물의 단면에 분포되는 황, 금속 촉매 또는 다른 물질은 마이크로 프로브(microprobe), XPS (X-ray photoelectron spectroscopy), 및 질량분석기와 결합된 레이저 애블레이션(laser ablation)을 포함하지만, 이에 제한받지 않는 다양한 기술에 의해 측정될 수 있다.

[0026] 흡수체, 또는 다른 몸체의 어떤 평단면에 어떤 물질 (예를 들어, 황, 금속 촉매, 등등)의 분포를 특징짓는 방법 학문은 다음에 기술되어 있다. 이러한 방법 학문을 "분포 특성화 방법(**Distribution Characterization Method**)"이라 한다.

[0027] 만약 총 단면이 500㎛ × 500㎛보다 크다면, 적어도 500㎛ × 500㎛ 크기의 단면의 목표 시험 영역은 선택된다. 전체 단면이 500㎛ × 500㎛보다 같거나 작다면, 단일 목표 시험 영역일 수 있다. 상기 목표 시험 영역의 총 수는 p(양의 정수)이다.

[0028] 각각의 목표 시험 영역은 격자 형태의 다수개의 20㎛ × 20㎛ 구역으로 분할된다. $40\mu m^2$ 이상의 유효 영역(하기 정의함)을 갖는 유일한 구역은 고려되고, $40\mu m^2$ 미만의 유효 영역을 갖는 구역은 하기의 데이터 가공에서 무시된다. 따라서, 목표 시험 영역의 모든 스퀘어 샘플 구역의 총 유효 영역 (ATE)은:

[0029] $$ATE = \sum_{i=1}^{n} ae(i),$$ 이며;

[0030] 여기서 ae(i)는 구역 i의 유효 영역이고, n은 목표 시험 영역에서 스퀘어 샘플 구역의 총 수이며, 여기서 ae(i) ≥ $40\mu m^2$이다. 마이크로미터 제곱(square micrometers)으로 개별적인 스퀘어 구역 ae(i)의 영역은 다음과 같이 계산된다:

[0031] $$ae(i) = 400 - av(i),$$

[0032] 여기서 av(i)는 스퀘어 구역 i 내의 $10\mu m^2$ 이상의 어떤 보이드(voids), 기공 또는 자유 공간의 마이크로미터 제곱으로의 총 영역이다.

[0033] 각 스퀘어 구역(square zone) i는 황의 단위 유효면적(unit effective area)에 대한 황 원자의 몰, 또는 금속 촉매의 경우에 있어서 다른 관련 물질의 몰로 표현되는 평균 농도 C(i)을 갖도록 측정된다. 그 다음, 모든 C(i) (i=1 내지 n)는 순열 CON(1), CON(2), CON(3), ..., CON(n)을 형성하기 위해 내림차순(descending

order)으로 리스트되며, 여기서 CON(1)은 모든 n 구역(n zones) 중에서 가장 높은 C(i)이고, CON(n)은 모든 n 구역(n zones) 중에서 가장 낮은 C(i)이다. 가장 높은 농도를 갖는 목표 시험 영역에 모든 n 구역의 5%의 수학적 평균 농도는 CON(max)이다. 따라서:

$$CON(\max)=\frac{\sum_{m=1}^{INT(0.05\times n)}CON(m)}{INT(0.05\times n)}.$$

[0034]

[0035] 여기서 $INT(0.05\times n)$은 $0.05\times n$ 보다 같거나 큰 가장 작은 정수이다. 여기서, 상기 연산자 INT(X)는 X 보다 같거나 큰 가장 작은 정수이다.

[0036] 가장 낮은 농도를 갖는 목표 시험 영역에 모든 n 구역(zones)의 5%의 수학적 평균 농도는 CON(min)이다. 따라서:

$$CON(\min)=\frac{\sum_{m=INT(0.95\times n)}^{n}CON(m)}{n-INT(0.95\times n)}.$$

[0037]

[0038] 상기 목표 시험 영역의 수학적 평균 농도는 CON(av)이다. 따라서:

$$CON(av)=\frac{\sum_{m=1}^{n}CON(m)}{n}.$$

[0039]

[0040] 모든 p 목표 시험 영역에 대해, 모든 CON(av)(k) (k=1 내지 p)은 순열(permutation) CONAV(1), CONAV(2), CONAV(3),....CONAV(p)을 형성하기 위해 내림차순(descending order)으로 리스트되며, 여기서 CONAV(1)는 모든 p 목표 시험 영역 중에서 가장 높은 CON(av)(k)이고, CONAV(p)는 모든 p 목표 시험 영역 중에서 가장 낮은 CON(av)(p)이다. 모든 p 목표 시험 영역의 수학적 평균 농도는 CONAV(av)이다. 따라서:

$$CONAV(av)=\frac{\sum_{k=1}^{p}CONAV(k)}{p}.$$

[0041]

[0042] 본 발명에 따른 몸체 또는 물질의 어떤 실시 예에 있어서, 여기서 관련 물질은 상기 몸체, 또는 활성 탄소 매트릭스, 또는 상기 물질에 전체적으로 분포되며, 각 목표 시험 영역에서, 이의 분포도는 하기의 특징을 갖는 것이 바람직하다: CON(av)/CON(min) ≤ 30, 및 CON(max)/CON(av) ≤ 30. 어떤 다른 실시 예에 있어서, CON(av)/CON(min) ≤ 20, 및 CON(max)/CON(av) ≤ 20이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, CON(av)/CON(min) ≤ 15, 및 CON(max)/CON(av) ≤ 15가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, CON(av)/CON(min) ≤ 10, 및 CON(max)/CON(av) ≤ 10이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, CON(av)/CON(min) ≤ 5, 및 CON(max)/CON(av) ≤ 5가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, CON(av)/CON(min) ≤ 3, 및 CON(max)/CON(av) ≤ 3이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, CON(av)/CON(min) ≤ 2, 및 CON(max)/CON(av) ≤ 2가 바람직하다.

[0043] 본 출원에 따른 몸체 또는 물질에 "균일한 분포"을 갖도록 균일하게 분포될 어떤 물질 또는 성분에 대하여, 상기 분포 특성화 방법에 따른 이의 분포는 아래를 만족한다: 각 목표 시험 영역에서, 모든 CON(m)에 대해, 여기서 0.1n ≤ m ≤ 0.9n인 경우: 0.5 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 2이다.

[0044] 어떤 실시 예에 있어서, 0.6 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 1.7이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.7 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 1.4가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.8 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 1.2가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.9 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 어떤 실시 예에 있어서, 모든 CON(m), 여기서 0.05n ≤ m ≤ 0.95n인 경우: 0.5 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 2; 어떤 실시 예에 있어서, 0.6 ≤

CON(m)/CON(av) ≤ 1.7이다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.7 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 1.4가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.8 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 1.2가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.9 ≤ CON(m)/CON(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 본 발명 (흡수체, 압출 혼합체, 등등) 및 본 발명의 물질의 어떤 실시 예에 있어서, 각각의 개별적인 목표 시험영역에 대한 전술한 특징에 부가하여, 모든 p 목표 시험영역에 대한 관련 물질(예를 들어, 황, 금속촉매 및 등등)의 분포는 아래의 특징을 갖는다: 모든 CONAV(k), 여기서 0.1p ≤ k ≤ 0.9p인 경우: 0.5 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 2; 어떤 실시 예에 있어서, 0.6 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.7이다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.7 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.4가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.8 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.2가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.9 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.95 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.05가 바람직하다. 어떤 실시 예에 있어서, 모든 CONAV(k), 여기서 0.05p ≤ k ≤ 0.95p인 경우: 0.5 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 2; 어떤 실시 예에 있어서, 0.6 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.7이다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.7 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.4가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.8 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.2가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.9 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.95 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.05가 바람직하다.

[0045] 본 발명의 하나의 관점은:

[0046] 활성 탄소 매트릭스;

[0047] 임의의 산화 상태, 황 원소 형태, 또는 황을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 (moiety) 형태인 황; 및

[0048] 임의의 산화 상태, 금속 원소 형태, 또는 금속을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 형태인 금속촉매;를 포함하고,

[0049] 여기서 상기 금속촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전체적으로 분포된 흡수체이다.

[0050] 본 발명의 다른 실시 예에 있어서, 황은 상기 활성 탄소 매트릭스에 전체적으로 분포될 수 있다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 금속촉매 및/또는 황은 상기 활성 탄소 매트릭스에 전체적으로 필수적으로 균일하게 분포될 수 있다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매의 적어도 한 부분은 상기 황의 적어도 한 분분과 화학적으로 결합된다. 따라서, 금속 황화물과 같은 금속 촉매 및 황을 포함하는 어떤 화합물은 황 및 금속촉매로 상기 흡수체에 제공될 수 있다. 용어 황 또는 금속촉매의 "적어도 한 부분"은 상기 흡수체에 일부 또는 전체 황 또는 금속촉매의 함량을 의미한다. 또 다른 실시 예에 있어서, 황의 적어도 한 부분은 상기 활성 탄소 매트릭스의 탄소의 적어도 한 분분과 화학적으로 결합된다.

[0051] 본 발명의 흡수체의 다른 실시 예에 있어서, 황, 금속촉매, 또는 황과 금속촉매 모두의 적어도 한 부분은 카드뮴, 수은, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 또는 셀레늄과 화학적으로 결합할 수 있는 상태이다. 예를 들어, 상기 황의 적어도 한 부분은 수은과 화학적으로 결합될 수 있는 상태이다.

[0052] 여기에 기술된 본 실시 예 및 다른 실시 예의 상기 흡수체는, 예를 들어, 석탄 연소 또는 폐기물 소각 또는 석탄 가스화 공정 동안에 생성된 합성가스로부터 결과하는 연도가스(flue gas) 스트림(stream)과 같은 유체 스트림으로부터 수은 및 다른 독성 인자를 제거하기 위해 적용될 수 있다. 이러한 가스 스트림은 다양한 양의 수은 및/또는 카드뮴, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 및 셀레늄과 같은 다른 독성 인자을 함유할 수 있다. 수은과 같은 어떤 독성 인자는 근원 물질(예를 들어, 역청(bituminous) 석탄, 준-역청탄, 도시 폐기물, 의학 폐기물) 및 공정 조건에 따라 상기 가스 스트림에서 다양한 비율로 원소상태 또는 산화상태로 존재할 수 있다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 처리될 유체 스트림으로부터 비소, 카드뮴, 수은 및/또는 셀레늄의 제거를 촉진하기 위해 사용된 금속촉매를 포함할 수 있다.

[0053] 물리적 및 화학적 흡착의 조합에 의해, 본 발명의 흡수체는 원소상태 및 산화상태 모두에서 수은 및 다른 독성 인자를 결합 및 포획하는 것으로 믿어진다. 본 발명의 어떤 실시 예의 상기 흡수체 및 물질은 연도가스 스트림에서 원소상태의 수은을 제거하기 위해 특히 효과적이다. 이것은 수은원소를 제거하는데 효율이 떨어지는 어떤 다른 기술과 비교하여 특히 바람직하다.

[0054] 본 발명의 흡수체는 다양한 형태일 수 있다. 예를 들어, 상기 흡수체는 분말, 펠렛, 및/또는 압출된 모노리스(monolith)일 수 있다. 본 발명의 흡수체는 처리될 유체 스트림이 흐를 수 있는 고정상 흡수 베드(bed)에 포함될 수 있다. 어떤 실시 예에 있어서, 특히 발전소에서 석탄연소 연도가스 또는 석탄 가스화공정에서 생성된 합

성가스를 처리하는데 사용될 때, 상기 가스 스트림의 흐름이 낮은 압력강하(pressure-drop)로 공정상 베드를 통과할 때 매우 바람직하다. 그 목적을 위하여, 고정상 베드의 팩킹된 흡수 펠렛은 충분한 가스 통로를 보장한다.

[0055] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 흡수체는 모노리스 형태일 수 있다. 어떤 실시 예에 따르면, 상기 흡수체는 가스 또는 액체가 통과하는 복수의 채널을 구비한 모노리스 허니컴 형태이다.

[0056] 어떤 실시 예에 있어서, 본 발명의 흡수체는 다수의 채널을 구비한 압출된 모노리스 허니컴 형태가 바람직하다. 상기 허니컴의 셀 밀도는 압출 공정동안 사용할 때 다양한 압력-강하(pressure-drop)의 정도를 달성하기 위해 조정될 수 있다. 상기 허니컴의 셀 밀도는 어떤 실시 예에 있어서, 25 내지 500 cells · $inch^{-2}$ (3.88 내지 77.5 cells · cm^{-2}) 범위 일 수 있고, 어떤 다른 실시 예에 있어서, 50 내지 200 cells · $inch^{-2}$ (7.75 내지 31.0 cells · cm^{-2})이며, 및 어떤 다른 실시 예에 있어서, 50 내지 100 cells · $inch^{-2}$ (7.75 내지 15.5 cells · cm^{-2})이다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 셀 벽의 두께는 1 mil 내지 50 mil, 예를 들어, 10 mil 내지 30 mil의 범위이다. 상기 가스 스트림과 흡수체 물질과의 좀더 밀착된 접촉을 위해, 어떤 실시 예에 있어서, 상기 채널의 일부는 흡수체의 일 측 말단에서 막히고, 상기 채널의 일부는 흡수체의 다른 말단에서 막힌다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체의 각 말단에서 막힌 및/또는 뚫린 채널은 바둑판 무늬 패턴을 형성하는 것이 바람직하다. 어떤 실시 예에 있어서, 하나의 채널은 일 측 말단(이하 "기준 말단"이라 한다)에서 막히지만, 상기 흡수체의 반대 말단은 그러하지 않고, 이에 직접 인접한 적어도 다수의 채널(바람직하게는 모든 어떤 다른 실시 예에 있어서)은 상기 흡수체의 다른 말단에서 막히지만, 기준 말단은 그러하지 않는다. 다수의 허니컴은 다른 사용 조건의 요구를 만족시키기 위해 다양한 크기, 사용기간 등등을 갖는 사실상 흡수 베드를 형성하기 위해 다양한 수단에 의해 적층될 수 있다.

[0057] 여기에 사용된 상기 "활성 탄소 매트릭스"는 상호연결된 탄소 원자 및/또는 입자에 의해 형성된 네트웍(network)을 의미한다. 몇몇 실시 예에 있어서, 본 발명의 흡수체의 활성 탄소 매트릭스은 중단되지 않고 연속되는 몸체 형태이다. 통상의 활성 탄소 물질에 따르면, 상기 매트릭스는 수많은 기공을 명확히 하는 벽 구조를 포함한다. 황 및 금속 촉매를 단독으로 갖는 상기 활성 탄소 매트릭스는 흡수체의 골격(backbone) 구조를 제공할 수 있다. 부가적으로, 상기 활성 탄소 매트릭스에 기공의 큰 누적 영역은 수은 흡수가 직접 발생할 수 있는, 또는 수은 흡수를 더욱 증진시키는 황 및 금속 촉매가 분포될 수 있는 수많은 부위(sites)를 제공한다. 상기 활성 탄소 매트릭스에 의해 한정된 기공은 흡수체에 실제 존재하는 기공과 다를 수 있다. 예를 들어, 상기 활성 탄소 매트릭스에 의해 한정된 기공의 일부는 금속 촉매, 황, 무기 충전제, 및 이들의 결합물 및 혼합물에 의해 충진될 수 있다.

[0058] 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 50% 내지 97중량%, 어떤 실시 예에 있어서 60% 내지 97중량% 또는 85% 내지 97중량%의 활성 탄소를 포함한다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 적어도 50중량%, 예를 들어 적어도 60중량%, 적어도 70 중량%, 적어도 80중량%, 적어도 90중량%, 적어도 95중량%, 또는 적어도 97중량%의 활성 탄소를 포함한다. 만약 본 명세서에 기재된 공정에 따라 흡수체를 제조하는 공정 동안에 동일한 수준의 탄화 및 활성화가 사용된다면, 고농도의 활성 탄소는 통상적으로 높은 기공도를 유도할 수 있다.

[0059] 상기 활성 탄소 매트릭스에 의해 한정된 기공은 두개의 카테고리로 분할될 수 있다: 10 ㎚와 같거나 작은 직경을 갖는 미세 기공, 및 10 ㎚보다 큰 직경을 갖는 미세 기공. 어떤 실시 예에 따르면, 상기 활성 탄소 매트릭스는 수많은 나노 크기 기공으로 정의된다. 예를 들어, 상기 금속 촉매 또는 황은 상기 미세기공의 적어도 한 부분의 벽 표면에 존재할 수 있다. 어떤 실시 예에 따르면, 상기 활성 탄소 매트릭스는 수많은 미세기공으로 정의된다.

[0060] 상기 흡수체에서 기공 크기 및 이의 분포는, 예를 들어, 질소 흡착과 같은 기술을 이용하여 측정될 수 있다. 상기 미세기공 및 나노 크기의 기공의 표면 모두는 본 발명의 흡수체에 전반적으로 높은 비표면적을 제공한다. 어떤 실시 예에 있어서, 나노 크기 기공의 벽 표면은 상기 흡수체의 비표면적의 적어도 50%, 적어도 60%, 적어도 70%, 적어도 80%, 또는 적어도 90%를 구성한다.

[0061] 본 발명의 흡수체는 큰 비표면적을 가질 수 있다. 본 발명의 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 50 내지 2000 $㎡ \cdot g^{-1}$, 200 내지 2000 $㎡ \cdot g^{-1}$, 400 내지 1500 $㎡ \cdot g^{-1}$, 100 내지 1800 $㎡ \cdot g^{-1}$, 200 내지 1500 $㎡ \cdot g^{-1}$, 또는 300 내지 1200 $㎡ \cdot g^{-1}$ 범위의 비표면적을 갖는다. 상기 흡수체의 고 비표면적은 독성 인자를 흡수하기 위한 물질에서 더 많은 활성 부위를 제공할 수 있다. 그러나, 만약 상기 흡수체의 비표면적이 너무 크다면, 예를 들어, 2000 $㎡ \cdot g^{-1}$보다 크다면, 상기 흡수체는 매우 다공성이고, 상기 흡수체의 기계적 강도는 약할 수 있다.

이는 어떤 한계 요구를 만족시키기 위해 상기 흡수체의 강도가 요구될 수 있는 제품에 대해 바람직하지 않을 수 있다.

[0062] 본 발명의 실시 예에 포함된 상기 금속촉매는 상기 흡수체와 접촉하는 유체로부터 카드뮴, 수은, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 및 셀레늄 중 하나 또는 그 이상의 독성 인자의 제거를 촉진할 수 있고, 이들은 임의의 산화 상태, 원소 형태, 또는 원소를 포함하는 화학적 화합물 형태로 존재할 수 있다. 접촉시 처리될 유체 스트림과 같은 유체로부터 수은, 비소, 카드뮴 또는 셀레늄을 포함하는 독성 인자 또는 화합물의 제거(이하 독성 인자 또는 화합물의 "감소"라고도 한다)를 촉진할 수 있는 이러한 금속촉매는 본 발명의 흡수체에 포함될 수 있다. 본 명세서에서 상기 용어 "제거" 및 "감소"는 호환성 있게 사용된다. 또한, 이들 용어는 유체에서 물질의 정도, 즉 어떤 퍼센트로 독성 인자의 존재를 감소시키는 것으로 이해될 수 있고, 독성 인자의 완전한 제거 또는 감소로 제한되지는 않는다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 흡수체와 접촉하는 유체로부터 독성 인자의 제거 (또는 감소)를 촉진하는 하나 또는 그 이상의 하기 방법으로 작용할 수 있다: (i) 독성 인자의 일시적 또는 영구적인 화학적 흡수 (예를 들어, 공유 및/또는 이온 결합); (ii) 독성 인자의 일시적 또는 영구적인 물리적 흡수; (iii) 흡수체의 다른 성분과 독성 인자의 반응/흡수를 촉진; (iv) 독성 인자를 다른 성분으로 전환시키기 위해 독성 인자와 대기와의 반응을 촉진; (v) 상기 흡수체의 다른 성분에 의해 이미 흡수된 독성 인자를 포획; 및 (iv) 상기 활성 흡수부위로 독성 인자의 이동을 촉진.

[0063] 본 발명의 흡수체의 어떤 실시 예에 따르면, 상기 금속 촉매는 (i) 알카리 및 알카리 함유 토금속의 할로겐 화합물 및 산화물; (ii) 귀금속 및 이의 화합물; (iii) 바나듐, 크롬, 망간, 철, 코발트, 니켈, 구리, 아연, 니오브, 몰리브덴, 은, 텅스텐 및 란타노이드의 산화물, 황화물, 및 염; 및 (iv) (i), (ii) 및 (iii)의 둘 또는 그 이상의 결합물 및 혼합물로부터 선택된 형태로 제공된다.

[0064] 예를 들어, 상기 금속촉매는 (i) 망간의 산화물, 황화물 및 염; (ii) 철의 산화물, 황화물 및 염; (iii) (i) 및 KI의 결합물; (iv) (ii) 및 KI의 결합물; 및 (v) (i), (ii), (iii) 및 (iv)의 둘 또는 그 이상의 혼합물 및 결합물로부터 선택된 형태로 제공될 수 있다. 본 발명의 어떤 실시 예에 따르면, 상기 흡수체는 $Ca(OH)_2$와 같은 독성 인자의 제거를 촉진하기 위한 금속으로 알카리 토금속 수산화물을 포함한다.

[0065] 귀금속 (Ru, Th, Pd, Ag, Re, Os, Ir, Pt 및 Au) 및 전이금속 및 이의 화합물은 전형적인 금속 촉매이다. 또한 상기 금속 촉매는 알카리 및 알카리 함유 토 할로겐 화합물, 수산화물 또는 산화물; 및 바나듐, 크롬, 망간, 철, 코발트, 니켈, 구리, 아연, 니오브, 몰리브덴, 은, 텅스텐, 및 란타노이드의 산화물, 황화물, 및 염을 포함하지만, 이에 제한받지 않는다. 상기 금속 촉매는 어떤 가(valency)로 존재할 수 있다. 예를 들어, 만약 철이 존재한다면, 그것은 +3, +2 또는 0가로, 또는 다른 가의 혼합물로 존재할 수 있고, 금속성 철 (0), FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_8, FeS, $FeCl_2$, $FeCl_3$, $FeSO_4$, 및 이와 같은 것으로 존재할 수 있다. 또 다른 예를 들면, 만약 망간이 존재한다면, +4, +2 또는 0가 또는 다른 가의 혼합물, 및 금속성 망간 (0), MnO, MnO_2, MnS, $MnCl_2$, $MnCl_4$, $MnSO_4$, 및 이와 같은 것으로 존재할 수 있다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 산화물 형태가 아니다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 산화물 형태가 아닌 적어도 하나의 금속 촉매를 포함한다.

[0066] 본 발명의 흡수체의 어떤 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 알카리 할로겐 화합물; 및 망간 및 철의 산화물, 황화물 및 염으로부터 선택된 형태이다. 본 발명의 흡수체의 어떤 실시 예에 있어서, 상기 금속촉매는 KI 및 망간의 산화물, 황화물 및 염의 결합물; KI 및 철의 산화물, 황화물 및 염의 결합물; 또는 KI, 망간 및 철의 산화물, 황화물 및 염의 결합물로부터 선택된 형태이다. 이들 결합물은 가스 스트림으로부터 수은, 특히 수은 원소를 제거하는데 특히 효과적이다.

[0067] 본 발명의 어떤 실시 예에 따르면, 상기 흡수체는 $Ca(OH)_2$와 같은 독성 인자의 제거를 촉진하기 위한 금속으로 알카리 토금속 수산화물을 포함한다. 실험은 $Ca(OH)_2$이 가스 스트림으로부터 비소, 카드뮴 및 셀레늄의 제거를 촉진하는데 특히 효과적인 것으로 나타난다.

[0068] 본 발명의 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 리튬, 소듐, 또는 포타슘과 같은 알카리 금속이다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 마그네슘, 칼슘, 또는 바륨과 같은 알카리 토금속이다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 팔라듐, 백금, 은, 금, 망간, 또는 철과 같은 전이 금속이다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 세륨과 같은 희토류 금속이다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 원소 형태이다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 금속 황화물이다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉

매는 전이금속 황화물 또는 산화물이다. 또 다른 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 알카리 금속, 알카리 토금속, 또는 전이금속 이외에 적어도 하나의 촉매를 포함한다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 소듐, 포타슘, 마그네슘, 칼슘, 알루미늄, 티타늄, 지르코늄, 크롬, 망간, 철 및/또는 아연 외에 적어도 하나의 촉매를 포함한다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 원소 형태 또는 황산염과 같은 알루미늄, 바나듐, 철, 코발트, 니켈, 구리, 또는 아연 이외에 적어도 하나의 촉매를 포함한다.

[0069] 상기 흡수체에 존재하는 금속 촉매의 양은 사용된 전구체 금속 촉매, 및 상기 흡수체가 사용된 응용제품, 및 상기 흡수체의 원하는 독성 물질의 제거력 및 제거율에 의존하여 선택될 수 있다. 본 발명의 상기 흡수체의 어떤 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매의 양은 1% 내지 20중량% 범위, 어떤 다른 실시 예에 있어서 2% 내지 18%, 어떤 다른 실시 예에 있어서 5% 내지 15%, 어떤 다른 실시 예에 있어서 5% 내지 10% 범위이다. 또 다른 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 상기 금속 촉매의 1% 내지 25중량% (어떤 실시 예에 있어서 1% 내지 20%, 1% 내지 15%, 3% 내지 10%, 또는 3 내지 5%)을 포함한다.

[0070] 상기 활성 탄소 매트릭스에 상기 금속 촉매의 특정 분포를 설명하는 어떤 실시 예에 있어서 만약 오직 하나의 금속 촉매가 흡수체에 존재한다면, 상기 금속 촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포된다. 만약 이 실시 예에 다수의 금속 촉매가 존재하다면, 적어도 그들 중 하나는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포된다. 문구 "상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포된"은 상기 관련 특이 물질 (금속 촉매, 황 및 등등)이 단지 상기 흡수체 또는 셀 벽의 외부 표면뿐만 아니라 상기 흡수체 내부 깊숙이 존재하는 것을 의미한다. 따라서 상기 특이 금속 촉매는, 예를 들어: (i) 상기 활성 탄소 매트릭스에 한정된 나노 크기 기공의 벽 표면; (ii) 상기 활성 탄소 매트릭스에 한정된 미세기공의 벽 표면; (iii) 침투된 상기 활성 탄소 매트릭스의 벽 구조; (iv) 부분적으로 묻힌 상기 활성 탄소 매트릭스의 벽 구조; (v) 상기 활성 탄소 매트릭스에 한정된 부분적으로 충진 및/또는 차단된 몇몇 기공; 및 (vi) 상기 활성 탄소 매트릭스에 한정된 완전히 충진 및/또는 차단된 몇몇 기공에 존재할 수 있다. 상황 (iii), (iv), (v) 및 (vi)에 있어서, 상기 활성 탄소 매트릭스에 분포된 상기 금속 촉매 및/또는 다른 성분은 상기 흡수체의 기공 벽 구조의 일부를 실질적으로 형성한다. 어떤 실시 예에 있어서, 다수의 금속 촉매는 존재하고, 그들 모두는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포된다. 그러나, 모든 금속 촉매가 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포되는 것을 요구하지는 않는다. 따라서, 어떤 실시 예에 있어서, 다수의 금속 촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포된 그들 중 적어도 하나, 및 상기 흡수체의 상기 외부 표면적 및/또는 셀 벽 표면에 필수적으로 주로 분포된 그들 중 적어도 하나, 및/또는 상기 외부 표면적 및/또는 셀 벽 표면 바로 하부의 얇은 층에 존재한다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매의 적어도 일부는 탄소 또는 황과 같은 상기 흡수체의 다른 성분과 화학적으로 결합될 수 있다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매의 적어도 일부는 상기 활성 탄소 매트릭스 또는 다른 성분과 물리적으로 결합될 수 있다. 또 다른 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매의 적어도 일부는 흡수체에 나노 크기 또는 미세크기를 갖는 입자 형태로 존재한다.

[0071] 본 발명에 따른 상기 흡수체 또는 다른 몸체 또는 물질에서 금속 촉매의 분산은 전술한 분포 특성화 방법에 따라 측정되고 특성화될 수 있다. 본 발명의 흡수체의 어떤 실시 예에 있어서, 금속 촉매의 분포는 아래의 특징을 갖는다: 각각의 목표 시험 영역에 있어서: $CON(av)/CON(min) \leq 30$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 30$. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 20$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 20$이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 15$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 15$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 10$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 10$이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 5$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 5$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 3$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 3$이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 2$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 2$가 바람직하다.

[0072] 본 발명의 흡수체의 어떤 실시 예에 있어서, 적어도 하나의 금속 촉매는 전술한 분포 특성화 방법에 따라 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 균일하게 분포된다. 따라서, 각각의 목표 시험 영역에 있어서, 모든 $CON(m)$, 여기서 $0.1n \leq m \leq 0.9n$인 경우: $0.5 \leq CON(m)/CON(av) \leq 2$이다.

[0073] 어떤 실시 예에 있어서, $0.6 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.7$이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.7 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.4$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.8 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.2$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.9 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.1$이 바람직하다. 어떤 실시 예에 있어서, 모든 $CON(m)$, 여기서 $0.05n \leq m \leq 0.95n$인 경우: $0.5 \leq CON(m)/CON(av) \leq 2$; 어떤 실시 예에 있어서, $0.6 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.7$이다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.7 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.4$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.8 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.2$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.9 \leq$

CON(m)/CON(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 본 발명의 몸체(흡수체, 압출 혼합체 등등) 및 물질의 어떤 실시 예에 있어서, 각각의 개별적인 목표 시험 영역에 대한 전술한 하나의 특징에 부가하여, 모든 p 목표 시험 영역에 대해 관련 물질 (예를 들어, 황, 금속 촉매 등등)의 분포는 아래의 특징을 갖는다: 모든 CONAV(k)에 대해 0.1p ≤ k ≤ 0.9p: 0.5 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 2; 어떤 실시 예에 있어서, 0.6 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.7. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.7 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.4가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.8 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.2가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.9 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.95 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.05가 바람직하다. 어떤 실시 예에 있어서, 모든 CONAV(k), 여기서 0.05p ≤ k ≤ 0.95p인 경우: 0.5 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 2; 어떤 실시 예에 있어서, 0.6 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.7이다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.7 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.4가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.8 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.2가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.9 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.95 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.05가 바람직하다.

[0074] 본 발명의 어떤 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 미세 기공의 벽 표면에 주로 존재한다. 본 발명의 어떤 다른 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 미세 기공의 벽 표면의 적어도 75%, 적어도 90% 또는 적어도 95%로 존재한다.

[0075] 본 발명의 어떤 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매는 나노 크기 기공의 벽 표면의 적어도 20%, 적어도 40%, 적어도 50%, 적어도 75%, 또는 적어도 85%로 존재한다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체의 대부분의 비표면적은 미세 기공의 벽 표면에 제공된다. 이 실시 예에 있어서, 나노 크기 기공의 벽 표면에 높은 퍼센트로 금속 촉매가 분포되는 것이 바람직하다.

[0076] 본 발명의 흡수체는 황을 포함한다. 상기 흡수체에 존재하는 황의 양은 사용된 입자 금속 촉매, 상기 흡수체가 사용된 제품, 및 흡수체의 요구된 독성 인자 제거력 및 효율에 의하여 선택될 수 있다.

[0077] 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 1% 내지 20중량%의 황 (어떤 실시 예에 있어서 1% 내지 15%, 3% 내지 8%, 2% 내지 10%, 0.1 내지 5%, 또는 2 내지 5%)을 포함한다. 황은 황 원소 (0가(valency)), 황화물 (-2가, 예를 들어), 아황산염 (+4가, 예를 들어), 황산염 (+6가, 예를 들어)의 형태로 존재할 수 있다. 몇몇 실시 예에 있어서, 황은 황산염으로 존재하지 않고, 황산염은 상기 흡수체의 황의 유일한 근원은 아니다. 상기 황의 적어도 일부는 수은과 같은 유체 스트림으로부터 제거될 독성 인자와 화학적으로 결합할 수 있는 가(valency)로 존재하는 것이 바람직하다. 이를 위하여, 상기 황의 적어도 일부는 -2 및/또는 제로 가로 존재하는 것이 바람직하다. 상기 황의 적어도 일부는 상기 활성 탄소 매트릭스의 벽 표면에 화학적 또는 물리적으로 결합할 수 있다. 상기 황의 적어도 일부는 전술한 상기 금속 촉매에 황화물 (FeS, MnS, Mo_2S_3, CuS 및 등등) 형태로 화학적 또는 물리적으로 결합할 수 있다.

[0078] 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 황의 적어도 일부는 제로 가이다. 예를 들어, 상기 활성 탄소 매트릭스의 기공 벽 표면상에 적어도 10%의 황이 XPS로 측정시 필수적으로 제로 가일 수 있다. 다른 실시 예에 있어서 상기 황의 적어도 일부는 제로 가가 아니다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 제로 가의 황의 일부 및 제로 가가 아닌 황의 일부를 포함한다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 황 원소뿐만 아니라 금속 황화물과 같은 황을 포함하는 화학적 화합물에 존재하는 황을 포함한다.

[0079] 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체에 적어도 40몰%의 황, 적어도 50%, 적어도 60%, 또는 적어도 70몰%의 황이 제로 가이다. 어떤 실시 예에 따르면, XPS로 측정시 상기 기공 벽 표면상에 상기 황의 적어도 10%, 적어도 20%, 적어도 30%, 적어도 40%, 적어도 50% 또는 적어도 60%는 필수적으로 제로 가이다.

[0080] 실험은 활성 탄소, 황 및 금속 촉매의 흡수체가 가스 스트림으로부터 수은에 부가하여 비소, 카드뮴뿐만 아니라 셀레늄을 제거하는데 효과적임을 설명한다. 실험은 황 원소를 포함하는 흡수체가, 필수적으로 같은 총 황 농도가 아니지만, 황 원소가 없는 것보다 높은 수은 제거력을 나타냄을 설명한다.

[0081] 어떤 실시 예에 있어서, 황은 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포된다. 문구 "상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포된"은 상기 황이 단지 상기 흡수체 또는 셀 벽의 외부 표면뿐만 아니라 상기 흡수체 내부 깊숙이 존재하는 것을 의미한다. 따라서 상기 황은, 예를 들어: (i) 나노 크기 기공의 벽 표면; (ii) 미세기공의 벽 표면; (iii) 침투된 상기 활성 탄소 매트릭스의 벽 구조; 및 (iv) 부분적으로 묻힌 상기 활성 탄소 매트릭스의 벽 구조에 존재할 수 있다. 상황 (iii) 및 (iv)에 있어서, 상기 황은 상기 흡수체의 기공 벽 구조의 일부를 실질적으로 형성한다. 따라서, 어떤 실시 예에 있어서, 황의 일부는 탄소 또는 금속 촉매와 같은 상기 흡수

체의 다른 성분과 화학적으로 결합 (공유 및/또는 이온)될 수 있다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 상기 황의 일부는 상기 활성 탄소 매트릭스 또는 다른 성분과 물리적으로 결합될 수 있다. 또 다른 실시 예에 있어서, 상기 황의 일부는 흡수체에 나노 크기 또는 미세크기를 갖는 입자 형태로 존재한다.

[0082] 본 발명에 따른 흡수체 또는 다른 몸체 또는 물질에서 황의 분포는 전술한 분포 특성화 방법에 의해 측정되고 특성화될 수 있다.

[0083] 어떤 실시 예에 있어서, 황의 분포는 어떤 목표 시험 영역에서 다음의 특징을 갖는다: $CON(max)/CON(min) \geq 100$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(min) \geq 200$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(min) \geq 300$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(min) \geq 400$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(min) \geq 500$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(min) \geq 1000$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \geq 50$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \geq 100$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \geq 200$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \geq 300$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \geq 400$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \geq 500$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \geq 1000$.

[0084] 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체에 분포된 황과 관련하여, 이의 분포는 모든 p 목표 시험 영역에서 다음의 특징을 갖는다: $CONAV(1)/CONAV(n) \geq 2$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(n) \geq 5$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(n) \geq 8$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(n) \geq 1.5$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(av) \geq 2$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(av) \geq 3$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(av) \geq 4$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(av) \geq 5$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(av) \geq 8$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CONAV(1)/CONAV(av) \geq 10$.

[0085] 어떤 다른 실시 예에 있어서, 상기 흡수체에 분포된 황과 관련하여, 이의 분포는 각 목표 시험 영역에서 다음의 특징을 갖는다: $CON(av)/CON(min) \leq 30$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(av)/CON(min) \leq 20$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(av)/CON(min) \leq 15$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(av)/CON(min) \leq 10$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(av)/CON(min) \leq 5$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(av)/CON(min) \leq 3$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(av)/CON(min) \leq 2$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \leq 30$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \leq 20$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \leq 15$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \leq 10$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \leq 5$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \leq 3$. 어떤 다른 실시 예에 있어서: $CON(max)/CON(av) \leq 2$.

[0086] 본 발명의 흡수체의 어떤 실시 예에 있어서, 상기 황의 분포는 다음의 특징을 갖는다: 각각의 목표 시험 영역에서, $CON(av)/CON(min) \leq 30$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 30$. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 20$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 20$이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 15$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 15$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 10$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 10$이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 5$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 5$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 3$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 3$이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $CON(av)/CON(min) \leq 2$, 및 $CON(max)/CON(av) \leq 2$가 바람직하다.

[0087] 본 발명의 흡수체의 어떤 실시 예에 있어서, 황은 전술한 분포 특성화 방법에 따라 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 균일하게 분포된다. 따라서, 각각의 목표 시험 영역에 있어서, 모든 CON(m), 여기서 $0.1n \leq m \leq 0.9n$인 경우: $0.5 \leq CON(m)/CON(av) \leq 2$이다.

[0088] 어떤 실시 예에 있어서, $0.6 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.7$이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.7 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.4$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.8 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.2$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.9 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.1$이 바람직하다. 어떤 실시 예에 있어서, 모든 CON(m), 여기서 $0.05n \leq m \leq 0.95n$인 경우: $0.5 \leq CON(m)/CON(av) \leq 2$; 어떤 실시 예에 있어서, $0.6 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.7$이다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.7 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.4$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.8 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.2$가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, $0.9 \leq CON(m)/CON(av) \leq 1.1$이 바람직하다. 본 발명의 몸체(흡수체, 압출 혼합체 등등) 및 물질의 어떤 실시 예에 있어서, 각각의 개별적인 목표 시험 영역에 대한 전술한 하나의 특징에 부가하여, 모든 p 목표 시험 영역에 대한 관련 물질 (예를 들어, 황, 금속 촉매 등등)의 분포는 아래의 특징을 갖는다: 모든 CONAV(k), 여기서 0.1p

≤ k ≤ 0.9p인 경우: 0.5 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 2; 어떤 실시 예에 있어서, 0.6 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.7이다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.7 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.4가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.8 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.2가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.9 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.95 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.05가 바람직하다. 어떤 실시 예에 있어서, 모든 CONAV(k), 여기서 0.05p ≤ k ≤ 0.95p인 경우: 0.5 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 2; 어떤 실시 예에 있어서, 0.6 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.7이다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.7 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.4가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.8 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.2가 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.9 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.1이 바람직하다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 0.95 ≤ CONAV(k)/CONAV(av) ≤ 1.05가 바람직하다.

[0089] 어떤 실시 예에 있어서, 황은 미세기공의 벽 표면에 대부분 존재한다. 어떤 다른 실시 예에 있어서, 황은 미세기공의 벽 표면의 적어도 75%, 적어도 90%, 또는 적어도 95%로 존재한다.

[0090] 어떤 실시 예에 있어서, 황은 나노 크기 벽 표면의 적어도 20%, 적어도 30%, 적어도 40%, 적어도 50%, 적어도 75%, 또는 적어도 85%로 존재한다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체의 대부분의 비표면적(specific area)은 나노 크기 기공의 벽 표면에 의해 제공된다. 이들 실시 예에 있어서, 황은 나노 크기 기공의 벽 표면의 높은 퍼센트(적어도 40%, 적어도 50%, 또는 적어도 60%와 같은)로 그것에 분포된 것이 바람직하다.

[0091] 상기 흡수체는 무기 충전제를 더욱 포함할 수 있다. 상기 금속 촉매와는 반대로, 상기 무기 충전제의 어떤 금속 촉매는 화학적 및 물리적으로 불활성이다. 이와 같이, 상기 무기 충전제에 포함된 금속 촉매는 본 발명의 흡수체와 접촉하는 유체로부터 독성 인자의 제거를 촉진하는 하나 또는 그 이상의 하기 방법으로 작용하지 않는다: (i) 독성 인자의 일시적 또는 영구적인 화학적 흡수 (예를 들어, 공유 및/또는 이온 결합); (ii) 독성 인자의 일시적 또는 영구적인 물리적 흡수; (iii) 흡수체의 다른 성분과 독성 인자의 반응/흡수를 촉진; (iv) 독성 인자를 다른 성분으로 전환시키기 위해 독성 인자와 대기와의 반응을 촉진; (v) 상기 흡수체의 다른 성분에 의해 이미 흡수된 독성 인자를 포획; 및 (iv) 상기 활성 흡수부위로 독성 인자의 이동을 촉진.

[0092] 무기 충전제는 무엇보다도 비용의 감소, 및 상기 흡수체의 물리적(예를 들어, 열팽창계수; 파괴계수); 또는 화학적 특성(예를 들어, 내수성; 고내열성; 내식성)을 개선할 목적으로 포함될 수 있다. 이러한 무기 충전제는 산화 유리, 산화 세라믹, 또는 어떤 내화성 물질일 수 있다. 무기 충전제의 예로는 실리카; 알루미나; 지르콘; 지르코니아; 뮬라이트; 코디어라이트; 내화성 금속 및 등등을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 무기 충전제는 본질적으로 다공성이다. 상기 무기 충전제의 고 다공성은 비표면적의 과도한 희생없이 상기 흡수체의 기계적 강도를 개선할 수 있다. 상기 무기 충전제는 상기 흡수체에 전체적으로 분포될 수 있다. 상기 무기 충전제는 상기 흡수체에 분포된 대단히 작은 입자 형태로 존재할 수 있다. 상기 흡수체 및 다른 요소의 응용 제품에 있어서, 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는, 예를 들어, 50중량%까지의 무기 충전제, 어떤 다른 실시 예에 있어서 40%까지, 어떤 다른 실시 예에 있어서 30%까지, 어떤 다른 실시 예에 있어서 20%까지, 어떤 다른 실시 예에 있어서 10%까지 포함할 수 있다.

[0093] 상기 흡수체의 높은 비표면적을 얻기 위하여, 만약 무기 충전제가 포함된다면, 상기 흡수체 내의 상기 무기 충전제가 다공성인 것이 상기 흡수체의 높은 비표면적에 기여한다. 상기 흡수체에 포함될 수 있는 상기 활성 탄소의 비표면적과 비교되는 비표면적을 갖는 무기 충전제는 통상적이지 않거나 고가이다. 따라서, 상기 최종 흡수체에 이러한 무기 충전제를 도입하여 통상적인 기계적 강화에 더하여, 이는 상기 흡수체의 전체적인 비표면적을 조화시키는 경향이 있다. 이는 몇몇 경우에 있어 매우 바람직하지 않을 수 있다. 상기 흡수체의 높은 비표면적은 통상적으로 상기 독성 인자의 흡수를 위한 더 많은 활성 부위(독성 인자를 흡수할 수 있는 탄소 부위, 독성 인자를 직접 흡수 또는 흡수를 촉진할 수 있는 황, 및 독성 인자의 흡수를 촉진할 수 있는 금속 촉매)를 의미한다. 상기 흡수체에서 상기 세 개의 카테고리의 활성 흡수 부위들의 근접은 전반적인 흡수력에 도움이 되는 것으로 믿어진다.

[0094] 많은 양의 무기 충전제의 혼합은 이들 세 개의 카테고리의 활성 부위들 사이의 전반적인 평균 거리에 부가하여 탄소 매트릭스에서 금속 촉매 및 황의 량을 희석시킨다. 그러므로, 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 상대적으로 낮은 퍼센트의 무기 충전제(상기 흡수체의 나머지가 탄소, 황 및 금속 촉매임)를 갖는다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 40중량% 미만, 30% 미만, 20% 미만, 10% 미만, 9% 미만, 8% 미만, 7% 미만, 6% 미만, 5% 미만, 4% 미만, 3% 미만, 2% 미만, 1% 미만, 또는 0.5% 미만의 무기 충전제를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 무기 충전제를 포함하지 않는다. 무기 충전제를 소량 포함하는 흡수체는 상기 활성 탄소 매트릭스의 벽의 단면에 전반적으로 수은 포획의 더 많은 균일한 분산을 유도할 수 있다. 따라서, 어떤 실

시 예에 있어서, 상기 흡수체는 전체적으로 적어도 90중량% (어떤 실시 예에 있어서 적어도 91%, 적어도 92%, 적어도 93%, 적어도 94%, 적어도 95%, 적어도 96%, 적어도 97%, 또는 적어도 98%)의 활성 탄소, 황 및 금속 촉매를 포함한다.

[0095] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 흡수체는:

[0096] 활성 탄소;

[0097] 임의의 산화 상태, 황 원소 형태, 또는 황을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 (moiety) 형태인 황; 및

[0098] 임의의 산화 상태, 금속 원소 형태, 또는 금속을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 형태인 금속촉매;를 포함하고,

[0099] 여기서 상기 금속촉매의 적어도 한 부분은 상기 황의 적어도 한 부분과 화학적으로 결합된다.

[0100] 본 명세서에 기술된 흡수체의 다른 실시 예에 있어서, 상기 황의 적어도 한 부분은 상기 활성 탄소 매트릭스의 탄소의 적어도 한 부분과 화학적으로 결합된다. 상기 황 및/또는 금속 촉매는, 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포된다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 황 및/또는 금속 촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포되지 않는다. 본 실시 예 및 다른 실시 예의 상기 흡수체는 예를 들어, 망간 황화물과 같은 금속 황화물을 포함할 수 있다.

[0101] 본 실시 예의 상기 흡수체는 또한 전술한 상기 활성 탄소, 황, 및 금속 촉매의 특성을 포함하는 본 발명의 다른 흡수체에 대해 언급된 하나 또는 그 이상의 다른 특성을 가질 수 있다.

[0102] 본 발명의 상기 흡수체의 일 실시 예는 합성가스 스트림 및 연소 연도가스 스트림으로부터 카드뮴, 수은, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 및 셀레늄과 같은 독성 인자를 흡수 및 제거할 수 있는 것으로 판단된다. 상기 흡수체가 연도가스 스트림으로부터 수은을 제거하는데 매우 효과적임이 확인되었다. 어떤 독성 물질, 예를 들어, 수은에 대한 상기 흡수 물질의 제거력은 두 개의 매개변수에 의해 통상적으로 특성화된다: 초기 제거율 및 장시간 제거력. 수은에 대하여, 하기 공정은 초기 수은 제거율 및 장시간 수은 제거력을 특성화하는데 사용될 수 있다.

[0103] 시험될 상기 흡수체는 특수 조성을 갖는 기준 연도가스가 160℃에서 7500 hr^{-1}의 공간 속도로 통과되는 고정상 베드에 장착된다. 상기 가스 스트림에서 수은의 농도는 흡수 베드 전 및 후에 측정된다. 주어진 시간에서, 상기 초기 수은 제거율(Eff(Hg))은 다음과 같이 계산된다:

[0104] $$Eff(Hg) = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%,$$

[0105] 여기서 C_0는 흡수 베드 직전의 연도 가스 스트림에서 총 수은 농도인 $\mu g \cdot m^{-3}$, 및 C_1은 흡수 베드 직후의 총 수은 농도인 $\mu g \cdot m^{-3}$이다. 초기 수은 제거율은 초기 시험 흡수 물질이 장착된 후의 초기 1시간 동안에 평균 수은 제거율로 정의된다. 통상적으로, 고정상 흡수 베드의 수은 제거율은 상기 흡수 베드가 더 많은 수은으로 충전됨에 따라 감소한다. 수은 제거력은, 초기 수은 제거율이 상기 시험 조건 아래 90%까지 감소할 때까지, 상기 흡수체 물질의 단위 질량당 흡수 베드에 의해 포획된 수은의 총 량으로 정의된다. 수은 제거력은 상기 흡수 물질의 그램당 포획된 수은의 mg ($mg \cdot g^{-1}$)으로 통상적으로 표현된다.

[0106] 바람직한 시험 기준 연도가스 (이하 RFG1라 함)는 부피를 기준으로 다음의 조성을 갖는다: O_2 5%; CO_2 14%; SO_2 1500 ppm; NOx 300 ppm; HCl 100 ppm; Hg 20-25 $\mu g \cdot m^{-3}$; 나머지 N_2; 여기서 NO_x는 NO_2, N_2O 및 NO의 결합물; Hg는 수은 원소 (Hg(0), 50-60몰%) 및 산화 수은 (40-50몰%)의 결합물이다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 RFG1에 대해 적어도 90%, 적어도 91%, 적어도 92%, 적어도 95%, 적어도 97%, 적어도 98%, 적어도 99%, 또는 적어도 99.5%의 초기 수은 제거율을 갖는다.

[0107] 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 고농도의 HCl 및 저농도의 HCl 등을 갖는 O_2 5%; CO_2 14%; SO_2 1500 ppm; NO_x 300 ppm; Hg 20-25 $\mu g \cdot m^{-3}$을 포함하는 연도가스에 대해 적어도 90%의 높은 초기 수은 제거율을 갖는다. "고농도의 HCl"은 처리될 가스의 HCl의 농도가 적어도 20 ppm인 것을 의미한다. "저농도의 HCl"은 처리될 가스

의 HCl의 농도가 많아야 10 ppm인 것을 의미한다. 어떤 실시 예의 상기 흡수체는 하기의 조성을 갖는 연도가스(이하 RFG2라 한다)에 대해 적어도 90%, 적어도 91%, 적어도 93%, 적어도 95%, 적어도 96%, 적어도 98%, 적어도 99%, 또는 적어도 99.5%의 초기 수은 제거율을 갖는다: O_2 5%; CO_2 14%; SO_2 1500 ppm; NO_x 300 ppm; HCl 5 ppm; Hg 20-25 $\mu m \cdot m^{-3}$; 나머지 N_2. 저 HCl 연도가스에 대한 이들 실시 예의 높은 수은 제거율은 종래의 기술과 비교하여 특히 바람직하다. 활성 탄소 분말의 분사를 포함하는 종래의 공정에 있어서, 충분한 초기 수은 제거율을 얻기 위하여 연도가스에 HCl의 첨가를 요구한다. 저 HCl에서 높은 수은 제거율을 제안하는 실시 예는 가스 스트림으로 HCl을 분사할 필요없이 연도가스 스트림으로부터 수은을 효과적이고 효율적으로 제거한다.

[0108] 어떤 실시 예에 있어서, 상기 흡수체는 고농도의 SO_3 (5 ppm, 8 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm과 같은) 및 저농도의 SO_3 (0.01 ppm, 0.1 ppm, 0.5 ppm, 1 ppm, 2 ppm과 같은) 등을 갖는 O_2 5%; CO_2 14%; SO_2 1500 ppm; NO_x 300 ppm; Hg 20-25 $\mu m \cdot m^{-3}$을 포함하는 연도가스에 대해 적어도 91%의 높은 초기 수은 제거율을 갖는다. "고농도의 SO_3"는 처리될 가스의 SO_3의 농도가 적어도 3 부피ppm인 것을 의미한다. "저농도의 SO_3"는 처리될 가스의 HCl의 농도가 3 ppm 미만인 것을 의미한다. 어떤 실시 예의 상기 흡수체는 하기의 조성을 갖는 연도가스 (이하 RFG3라 한다)에 대해 적어도 90%, 적어도 91%, 적어도 93%, 적어도 95%, 적어도 98%, 또는 적어도 99%의 높은 초기 수은 제거율을 갖는다: O_2 5%; CO_2 14%; SO_2 1500 ppm; NO_x 300 ppm; SO_3 5 ppm; Hg 20-25 $\mu m \cdot m^{-3}$; 나머지 N_2. 고 SO_3 연도가스에 대한 어떤 실시 예의 높은 수은 제거율은 종래의 기술과 비교하여 특히 바람직하다. 활성 탄소 분말의 분사를 포함하는 종래의 공정에 있어서, 충분한 초기 수은 제거율을 얻기 위하여 연도가스로부터 SO_3의 제거를 요구한다. 높은 SO_3 농도에서 높은 수은 제거율을 제안하는 실시 예는 가스 스트림으로부터 SO_3를 제거할 필요없이 연도가스 스트림으로부터 수은을 효과적이고 효율적으로 제거한다.

[0109] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 흡수체는 RFG1에 대해 0.05 $mg \cdot g^{-1}$의 Hg 제거력, 어떤 실시 예에 있어서 적어도 0.10 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.15 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.20 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.25 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.30 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.50 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 1.0 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 2.0 $mg \cdot g^{-1}$, 또는 적어도 3.0 $mg \cdot g^{-1}$을 갖는다.

[0110] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 흡수체는 RFG2에 대해 0.05 $mg \cdot g^{-1}$의 Hg 제거력, 어떤 실시 예에 있어서 0.10 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.15 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.20 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.25 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.30 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.50 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 1.0 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 2.0 $mg \cdot g^{-1}$, 또는 적어도 3.0 $mg \cdot g^{-1}$을 갖는다. 따라서, 이 실시 예에 따른 상기 흡수체는 저 HCl 연도가스 스트림에 대해 높은 수은 제거력을 갖는다. 이는 종래의 수은 감소 공정과 비교하여 매우 바람직하다.

[0111] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 흡수체는 RFG3에 대해 0.05 $mg \cdot g^{-1}$의 Hg 제거력, 어떤 실시 예에 있어서 0.10 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.15 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.20 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.25 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.30 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 0.50 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 1.0 $mg \cdot g^{-1}$, 적어도 2.0 $mg \cdot g^{-1}$, 또는 적어도 3.0 $mg \cdot g^{-1}$을 갖는다. 따라서, 이 실시 예에 따른 상기 흡수체는 고 SO_3 연도가스 스트림에 대해 높은 수은 제거력을 갖는다. 이는 종래의 수은 감소 공정과 비교하여 매우 바람직하다.

[0112] 따라서 본 발명의 또 다른 실시 예는 상술한 흡수체이고, 여기서 상기 흡수체는 RFG1, RFG2 및/또는 RFG3에 대해 적어도 90%의 초기 수은 제거율, 또는 여기서 상기 흡수체는 RFG1, RFG2 및/또는 RFG3에 대해 적어도 0.05 $mg \cdot g^{-1}$의 수은 제거력을 갖는다.

[0113] 전술한 관점에서, 본 발명의 일 실시 예는 하기 성분을 포함하는 흡수체를 포함한다:

[0114] 활성 탄소;

[0115] 임의의 산화 상태, 황 원소 형태, 또는 황을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 (moiety) 형태인 황; 및

[0116] 임의의 산화 상태, 금속 원소 형태, 또는 금속을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 형태인 금속촉매;를 포함하고,

[0117] 여기서 상기 흡수체는 RFG1, RFG2 및/또는 RFG3에 대하여 적어도 90%의 초기 수은 제거율을 갖는다. 예를 들어, 상기 흡수체는 RFG1, RFG2 및/또는 RFG3에 대하여 적어도 91%, 적어도 95%, 적어도 98% 또는 적어도 99%의 초기 수은 제거율을 가질 수 있다. 상기 황 및/또는 금속 촉매는, 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포될 수 있다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 황 및/또는 금속 촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포될 수 없다. 본 실시 예의 상기 흡수체는 또한 전술한 상기 활성 탄소, 황, 및 금속 촉매의 특성을 포함하는 본 발명의 다른 흡수체에 대해 언급된 하나 또는 그 이상의 다른 특성을 가질 수 있다.

[0118] 본 발명의 다른 실시 예는 하기 성분을 포함하는 흡수체를 포함한다:

[0119] 활성 탄소;

[0120] 임의의 산화 상태, 황 원소 형태, 또는 황을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이이터 (moiety) 형태인 황; 및

[0121] 임의의 산화 상태, 금속 원소 형태, 또는 금속을 포함하는 화학적 화합물 또는 모이어티 형태인 금속촉매;를 포함하고,

[0122] 여기서 상기 흡수체는 RFG1, RFG2 및/또는 RFG3에 대하여 적어도 $0.05 mg \cdot g^{-1}$의 수은 제거력을 갖는다. 예를 들어, 상기 흡수체는 RFG1, RFG2 및/또는 RFG3에 대하여 적어도 $0.10\ mg \cdot g^{-1}$, 적어도 $0.15\ mg \cdot g^{-1}$, 적어도 $0.20\ mg \cdot g^{-1}$, 적어도 $0.25\ mg \cdot g^{-1}$, 적어도 $0.30\ mg \cdot g^{-1}$, 적어도 $0.50\ mg \cdot g^{-1}$, 적어도 $1.0\ mg \cdot g^{-1}$, 적어도 $2.0\ mg \cdot g^{-1}$, 또는 적어도 $3.0\ mg \cdot g^{-1}$의 수은 제거력을 가질 수 있다.

[0123] 상기 황 및/또는 금속 촉매는, 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포될 수 있다. 다른 실시 예에 있어서, 상기 황 및/또는 금속 촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포될 수 없다. 본 실시 예의 상기 흡수체는 또한 전술한 상기 활성 탄소, 황, 및 금속 촉매의 특성을 포함하는 본 발명의 다른 흡수체에 대해 언급된 하나 또는 그 이상의 다른 특성을 가질 수 있다.

[0124] 본 발명의 또 다른 관점은 독성 인자를 함유하는 유체와 본 발명에 따른 흡수체를 접촉시키는 단계를 포함하는 유체로부터 독성 인자를 제거하는 방법이다. 상기 독성 인자는 카드뮴, 수은, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 또는 셀레늄이고, 이들은 임의의 산화 상태, 원소 형태, 또는 원소를 포함하는 화학적 화합물 형태로 존재할 수 있다. 상기 흡수체는, 예를 들어, 비소, 카드뮴, 수은 및/또는 셀레늄과 같은 독성 인자를 감소시키기 위해, 이를 포함하는 유체 스트림 및 가스 스트림을 포함하는 유체 스트림을 처리하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 공정은 통상적으로 유체 스트림에 상기 흡수체를 위치시키는 단계를 포함한다. 이러한 처리 공정은 유체 스트림으로부터 수은을 감소시키는데 특히 바람직하다.

[0125] 유체로부터 수은 원소를 제거하는 이들의 능력 때문에, 공정의 특히 바람직한 일 실시 예는 수은을 포함하는 가스 스트림에 상기 흡수체를 위치시키는 단계를 포함하며, 여기서, 수은의 적어도 10몰%, 적어도 20몰%, 적어도 30몰%, 적어도 40몰%, 적어도 50몰%, 적어도 60몰% 또는 적어도 70몰%는 원소 상태이다.

[0126] 만약 가스 스트림이 매우 낮은 수준의 HCl을 포함하여도 유체로부터 수은 원소를 제거하는 이들의 능력 때문에, 공정의 특히 바람직한 일 실시 예는 수은 및 50 부피ppm 미만, 40 ppm 미만, 30 ppm 미만, 20 ppm 미만, 또는 10 ppm 미만의 HCl 농도로 HCl을 포함하는 가스 스트림에 상기 흡수체를 위치시키는 단계를 포함한다.

[0127] 만약 가스 스트림이 높은 수준으로 SO_3를 포함하여도 유체로부터 수은 원소를 제거하는 이들의 능력 때문에, 공정의 특히 바람직한 일 실시 예는 수은 및 적어도 3 부피ppm, 어떤 실시 예에 있어서, 5 ppm 초과, 8 ppm 초과, 10 ppm 초과, 또는 20 ppm 초과하는 SO_3의 농도로 SO_3를 포함하는 가스 스트림에 상기 흡수체를 위치시키는 단계를 포함한다.

[0128] 본 발명의 또 다른 관점은 하기 단계를 포함하는 흡수체의 제조방법이다:

[0129] (A) 탄소-원 물질, 황-원 물질, 금속촉매-원 물질 및 선택적으로 충전제 물질을 포함하는 배치 혼합물 형태의 배치 혼합물 몸체를 제공하는 단계, 여기서 상기 금속촉매-원 물질은 상기 혼합물에 실질적으로 균일하게 분포되고;

[0130] (B) 상기 배치 혼합물 몸체를 탄화시키는 단계; 및

[0131] (C) 상기 탄화된 배치 혼합물 몸체를 활성화시키는 단계.

[0132] 어떤 실시 예에 있어서, 상기 탄소-원 물질은 합성 탄소-함유 중합물질; 활성 탄소 분말; 숯 분말; 콜타르피치(coal tar pitch); 석유피치; 목분; 셀룰로오즈 및 이의 유도체; 밀가루, 목부, 곡식 분말과 같은 천연 유기물; 견과-껍질분말(nut-shell flour); 전분; 코크스(coke); 석탄; 또는 둘 또는 그 이상의 결합물 또는 혼합물을 포함한다. 분자 수준에서 그 단위 구조 내에 탄소 원자를 포함하는 모든 이들 성분의 어떤 성분은 상기 흡수체의 최종 활성 탄소 매트릭스에 적어도 부분적으로 보유될 수 있다. 어떤 실시 예에 따르면, 상기 탄소-원 물질은 페놀수지 또는 퍼퓨릴 알콜(furfuryl alcohol)계 수지를 포함한다.

[0133] 일 실시 예에 있어서, 상기 합성 중합물질은 대기에서 용액 또는 저점도 액상 형태의 합성수지일 수 있다. 선택적으로, 상기 합성 중합물질은 대기 온도에서 고체 상태일 수 있고, 가열 또는 다른 수단에 의해 액체화될 수 있다. 유용한 중합 탄소-원 물질의 예는 열경화성 수지 및 열가소성 수지(예를 들어, 염화 폴리비닐리덴, 염화 폴리비닐, 폴리비닐 알코올, 및 등등)를 포함한다. 다른 일 실시 예에 있어서, 상대적으로 낮은 점도의 탄소원(예를 들어, 열경화성 수지)은 50 내지 100 cps의 전형적인 점도 범위를 갖는 것이 바람직할 수 있다. 또 다른 실시 예에 있어서, 어떤 고 탄소 수율 수지가 사용될 수 있다. 이를 위하여, 고 탄소 수율은 탄화시에 탄소로 전환된 수지의 출발 중량이 10% 이상인 것을 의미한다. 또 다른 실시 예에 있어서, 상기 합성 중합 물질은 페놀수지 또는 퓨란 수지와 같은 퍼퓨릴 알콜계 수지를 포함할 수 있다. 페놀성 수지는 이의 낮은 점도, 높은 탄소 수율, 다른 전구체와 비교하여 경화시에 높은 교차-결합 정도, 및 낮은 가격 때문에 바람직할 수 있다. 바람직한 적절한 페놀성 수지는 프리오펜(plyophen) 수지와 같은 레졸 수지이다. 바람직한 적절한 퓨란 액상 수지는 QO Chemicals Inc., IN, U.S.A의 Furcab-LP이다. 합성 탄소 전구체로 사용하는데 적합한 바람직한 고상 수지 웰(well)은 고상 페놀수지 또는 노볼락(novolak)이다. 또한, 노볼락 및 하나 이상의 레졸 수지의 혼합물은 적절한 중합 탄소-원 물질로 사용될 수 있다. 상기 페놀수지는 상기 배치 혼합물을 형성하기 위해 다른 물질과 혼합시 전-경화 또는 경화되지 않을 수 있다. 상기 페놀수지가 전-경화된 경우, 상기 전-경화된 물질은 황, 금속 촉매 또는 미리-충진된 선택적인 무기 충전제를 포함할 수 있다. 어떤 실시 예에 있어서, 경화 가능한 경화되지 수지는 상기 배치 혼합물에 탄소-원 물질의 일부로 포함되는 것이 바람직하다. 경화 가능한 물질, 열가소성 또는 열경화성 물질은 가벼운 열처리, 방사, 화학적 활성, 및 등등과 같은 경화 조건이 되었을 때 높은 중합도로 경화 물질을 형성하기 위해 사슬 전달, 교차결합 및 등등과 같은 어떤 반응을 수행한다.

[0134] 어떤 실시 예에 있어서, 압출 및/또는 사출 몰딩 공정에 사용된 통상적인 유기 바인더는 상기 탄소-원 물질의 일부 일 수 있다. 사용될 수 있는 바람직한 바인더는 셀룰로오즈 에테르와 같은 유기 바인더이다. 통상적인 셀룰로오즈 에테르는 메틸셀룰로오즈, 에틸하이드록시 에틸셀룰로오즈, 하이드록시부틸-셀룰로오즈, 하이드록시부틸 메틸셀룰로오즈, 하이드록시에틸셀룰로오즈, 하이드록시메틸셀룰로오즈, 하이드록시프로필셀룰로오즈, 하이드록시프로필 메틸셀룰로오즈, 하이드록시에틸 메틸셀룰로오즈, 소듐 카르복시 메틸셀룰로오즈, 및 이의 혼합물을 포함한다. 또한, 메틸셀룰로오즈 및/또는 메틸셀룰로오즈 유도체와 같은 셀룰로오즈 에테르는 유기 바인더로 바람직한데, 특히 메틸셀룰로오즈, 하이드록시프로필 메틸셀룰로오즈, 또는 이들의 결합물이 바람직하다. 바람직한 메틸셀룰로오즈 바인더는 Dow Chemical Company에 의해 판매된 미토셀(METHOCEL) A이다. 바람직한 하이드록시프로필 메틸셀룰로오즈 바인더는 Dow Chemical Company에 의해 판매된 미토셀(METHOCEL) E, F, J, K이다. 또한 Dow Chemical Company에 의해 판매된 미토셀 310 시리즈 바인더는 본 발명에 사용될 수 있다. 미토셀 A4M은 RAM 압출기와 함께 사용하기 위한 바인더이다. 미토셀 F240C는 트윈 스크류 압출기와 함께 사용하기 위한 바인더이다.

[0135] 본 공정의 어떤 실시 예에 있어서 탄화 가능한 유기 충전제는 상기 탄소-원 물질의 일부로 사용될 수 있다. 바람직한 탄화 가능한 유기 충전제는 천연 및 합성, 친수성 및 소수성, 섬유 및 비-섬유 충전제를 포함한다. 예를 들어, 몇몇 천연 충전제는 연한 목재, 예를 들어, 소나무, 상록 교목(spruce), 삼나무, 등등; 강한 목재, 예를 들어, 물푸레나무, 너도밤나무, 자작나무, 단풍나무, 오크나무, 등등; 톱밥, 껍질 섬유, 예를 들어, 아몬드 껍질, 코코넛 껍질, 살구씨 껍질, 땅콩 껍질, 피칸(pecan) 껍질, 호두껍질, 등등; 면 섬유, 예를 들어, 양털, 면직물, 셀룰로오즈 섬유, 목화씨 섬유; 다진 채소 섬유, 예를 들어, 대마, 코코넛 섬유, 황마 섬유, 용설란(sisal), 및 옥수수 속대, 시트론 과육 (건조된), 콩가루, 이탄 이끼(peat moss), 밀가루, 울 섬유, 옥수수, 감자, 쌀, 타피오카, 등등과 같은 다른 물질을 포함한다. 몇몇 합성 물질은 재생 셀룰로오즈, 레이온 직물, 셀로로판 등이다. 특히 바람직한 탄화 가능한 섬유 충전제는 International Filler Corporation, North Tonawanda, N.Y.에 의해 공급되는 셀룰로오즈 섬유이다. 이 물질은 다음의 체(sieve) 분석을 갖는다: 1-2%의 40 mesh (420 micrometers), 100 mesh (149 micrometers) 통과 90-95%, 및 200 mesh (74 micrometers) 통과 55-60%. 몇몇 소수성 유기 합성 충전제는 폴리아크릴로니트릴 섬유, 폴리에스터 섬유 (플럭) 또는 분말,

아크릴 섬유 또는 분말, 아라미드 섬유, 폴리비닐알코올 등이다. 이러한 유기 섬유 충전제는 상기 배치 혼합체에 기계적 특성의 향상, 및 탄화시 대부분 기화되는 기공-형성제의 역할로 상기 탄소-원 물질의 일부로서 작용할 수 있다.

[0136] 상기 금속촉매-원 물질의 제한받지 않는 예는 알카리 및 알카리함유 토 할로겐 화합물, 산화물 및 수산화물; 바나듐, 크롬, 망간, 철, 코발트, 니켈, 구리, 아연, 니오브, 몰리브덴, 은, 텅스텐 및 란타노이드의 산화물, 황화물, 및 염을 포함한다. 상기 금속 촉매-원 물질에서 금속 원소는 다양한 가일 수 있다. 예를 들어, 만약 철이 상기 금속촉매-원 물질에 포함된다면, 그것은 +3, +2 또는 0 가 또는 다른 가의 혼합물로 존재할 수 있고, 금속 철 (0), FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_8, FeS, $FeCl_2$, $FeCl_3$, $FeSO_4$, 및 등등과 같이 존재할 수 있다. 다른 예로서, 만약 망간이 상기 금속촉매-원 물질에 존재한다면, 그것은 +4, +2 또는 0 가 또는 다른 가의 혼합물로 존재할 수 있고, 금속 망간 (0), MnO, MnO_2, MnS, $MnCl_2$, $MnCl_4$, $MnSO_4$, 및 등등으로 존재할 수 있다.

[0137] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 금속촉매-원 물질은 (i) 알카리 및 알카리함유 토금속 할로겐 화합물 및 산화물; (ii) 귀금속 및 이의 화합물; (iii) 바나듐, 크롬, 망간, 철, 코발트, 니켈, 구리, 아연, 니오브, 몰리브덴, 은, 텅스텐 및 란타노이드의 산화물, 황화물, 및 염; 또는 (iv) (i), (ii) 및 (iii)의 둘 또는 그 이상의 결합물 및 혼합물로부터 선택된다. 상기 공정의 어떤 실시 예에 따르면, 상기 금속촉매-원 물질은 (i) 망간의 산화물, 황화물, 황산염, 아세테이트 및 염; (ii) 철의 산화물, 황화물 및 염; (iii) (i) 및 KI의 결합물; (iv) (ii) 및 KI의 결합물; 및/또는 (v) (i), (ii), (iii) 및 (iv)의 둘 또는 그 이상의 혼합물 및 결합물로부터 선택된다.

[0138] 황-원 물질의 제한받지 않는 예로는: 분말황; 황-함유 분말 수지; 황화물; 황산염; 및 다른 황-함유 화합물; 또는 이들의 둘 이상의 혼합물 또는 결합물을 포함한다. 바람직한 황-함유 화합물은 하이드로겐 황화물 및/또는 이의 염, 이황화탄소, 이산화황, 티오펜, 무수 황, 황 할라이드, 황산 에스터, 아황산, 설파시드(sulfacid), 설파톨(sulfatol), 설팜산, 설판, 설판니스(sulfanes), 황산 및 이의 염, 아황산염, 설포액시드(sulfoacid), 설포벤자이드(sulfobenzide), 및 이의 혼합물을 포함할 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 분말 황 원소가 사용된 경우, 약 100 micrometers를 초과하지 않는 평균 입자 직경을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 어떤 실시 예에 있어서, 분말 황 원소는 약 10 micrometers를 초과하지 않는 평균 입자 직경을 갖는 것이 바람직하다.

[0139] 무기 충전제는 배치 혼합물에 존재하는 것이 요구되지 않는다. 그러나, 만약 존재한다면, 상기 충전제는, 예를 들어: 산화 유리; 산화 세라믹; 또는 다른 내화성 물질을 포함할 수 있다. 사용될 수 있는 바람직한 무기 충전제는 점토, 제올라이트, 탈크 등등과 같은 산소-함유 무기물 또는 이의 염, 칼슘 카보네이트와 같은 카보네이트, 카올린 (알루미노실리케이트 점토), 플라이애쉬 (발전소에서 석탄 연소 후에 얻은 알루미노실리케이트 애쉬), 예를 들어, 울라스토나이트(wollastonite) (칼슘 메타실리케이트), 티타네이트(titanates), 지르코산염, 지르코니아, 지르코니아 스피넬(spinel), 마그네슘 알루미늄 실리케이트, 뮬라이트, 알루미나, 알루미나 트리하이드레이트, 보헤마이트(boehmite), 스피넬, 장석, 애타플자이트(attapulgites), 및 알루미노실리케이트 섬유인 실리케이트와 같은 알루미노실리케이트, 코디어라이트 분말, 뮬라이트; 코디어라이트; 실리카; 알루미나; 다른 산화 유리; 다른 산화 세라믹; 또는 다른 내화성 물질을 포함할 수 있다.

[0140] 본 발명에 특히 바람직한 무기 충전제의 몇몇 예로는 코디어라이트 분말, 탈크, 점토, 및 Fiberfax란 명칭으로 Carborundum Co. Niagara Falls, N.Y.에 의해 제공된 것과 같은 알루미노실리케이트 섬유, 및 이들의 결합물이 있다. 알루미노실리케이트 섬유는 약 2-6 micrometers의 직경 및 약 20-50 micrometers의 길이 정도이다. 무기 충전제의 부가적인 예는 실리콘 카바이드, 티타늄 카바이드, 알루미늄 카바이드, 지르코늄 카바이드, 보론 카바이드, 및 알루미늄 티타늄 카바이드와 같은 다양한 카바이드; 베이킹 소다, 나콜라이트(nahcolite), 방해석, 한크사이트(hanksite) 및 리오타이트(liottite)와 같은 카보네이트 또는 카보네이트-함유 물질; 및 실리콘 나이트라이드(nitride)와 같은 나이트라이드이다.

[0141] 상기 배치 혼합물은 또한 선택적으로 형성 보조제를 포함한다. 바람직한 형성 보조제는 비누, 올레익, 리놀레익산 등등의 지방산, 폴리옥시에틸렌 스테아레이트, 등등, 또는 이들의 결합물을 포함할 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 소듐 스테아레이트는 바람직한 형성 보조제이다. 상기 선택적 압출 보조제의 최적의 양은 조성 및 바인더에 의존할 수 있다. 상기 배치의 압출 및 경화 특성을 개선하는데 유용한 다른 첨가제는 인산 및 오일이다. 인산은 경화 속도를 개선하고, 흡착 용량을 증가시킨다. 만약 포함된다면, 이는 상기 배치 혼합물에서 통상적으로 약 0.1% 내지 5 wt%이다. 또한, 오일 첨가는 압출을 도울 수 있고, 표면적 및 기공도를 증가시킬 수 있다. 이를 위하여, 선택적 오일은 상기 배치 혼합물에서 약 0.1 내지 5 wt%의 범위로 첨가될 수 있다. 사용될 수 있는 바람직한 오일은 파라핀 및/또는 방향성 및/또는 지환식 화합물을 함유하는 약 250 내지 1000의 분자량을 갖는 석유를 포함한다. 소위 파라핀 오일은 1차 파라핀으로 구성되고, 지환식 구조가 바람직하다.

이것은 상업적으로 이용 가능한 오일에 존재하는 것과 같은 녹 억제제 또는 산화 억제제와 같은 첨가제를 함유할 수 있다. 몇몇 유용한 오일은 3M Co.의 3 in 1 oil, 또는 Reckitt 및 Coleman Inc., Wayne, N.J.의 3 in 1 household oil이다. 다른 유용한 오일은 폴리(알파 올레핀)계 합성 오일, 에스터, 폴리알킬렌 글리콜, 폴리부텐, 실리콘, 폴리페닐 에테르, CTFE 오일, 및 다른 상업적으로 이용 가능한 오일을 포함할 수 있다. 해바라기유, 참기름, 땅콩유, 두유 등과 같은 식물성 오일은 또한 유용하다. 약 10 내지 300 cps, 및 바람직하게는 약 10 내지 150 cps의 점도를 갖는 오일이 특히 바람직하다.

[0142] 상기 배치 혼합물은 또한 선택적으로 천연 및/또는 합성 기공-형성제를 포함할 수 있다. 그 다음, 상기 기공-형성제는 상기 흡수체의 탄화 및/또는 활성화 전 또는 동안에 제거될 수 있다. 기공-형성제의 제거는 다양한 크기 및 치수의 보이드와 같은 상기 흡수체의 기공 구조에 어떤 특성을 부여할 수 있다.

[0143] 일 실시 예에 있어서, 바람직한 기공 형성제는 상기 흡수체의 탄화시 타서 없어지거나, 약간 잔존하는 천연 또는 합성 기공-형성제를 포함할 수 있다. 이러한 기공-형성제의 예로는 중합 비드와 같은 중합 물질을 포함한다. 중합 비드와 같은 중합 물질의 예로는 폴리프로필렌 및 폴리에틸렌 및 비드를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 상기 배치 혼합물은 기공-형성제로서 잔유물을 전혀 또는 약간 남도록 고온 (>400℃)의 불활성 분위기에서 분해되는 폴리프로필렌, 폴리에스터 또는 아크릴 분말 또는 섬유를 포함할 수 있다.

[0144] 부가적인 기공-형성제는 천연 및 합성 전분을 포함한다. 몇몇 실시 예에 있어서, 상기 기공-형성제가 전분과 같이 수용성인 경우, 상기 기공-형성제는 상기 흡수체를 경화 후에 탄화 전에 물의 용해를 통해 제거될 수 있다. 또 다른 실시 예에 있어서, 적절한 기공-형성제는 입자 팽창 때문에 미세기공을 형성할 수 있다. 예를 들어, 염산, 황산, 또는 질산과 같은 산을 함유하는 삽입된 그래파이트(graphite)는 가열시 산의 팽창을 결과하기 때문에 미세기공을 형성할 수 있다. 또한, 미세기공은 어떤 일시적인 물질을 용해시켜 형성될 수 있다. 예를 들어, 원하는 기공 크기에 상응하는 입자 크기를 갖는 베이킹 소다, 칼슘 카보네이트 또는 석회 입자는 모노리스 흡착제를 형성하기 위해 탄화 가능한 물질로 압출될 수 있다. 탄화 및 활성화 공정 동안에 수용성 산화물을 형성하는 베이킹 소다, 칼슘 카보네이트 또는 석회 입자는 물에서 모노리스 흡착제의 흡수에 의해 미세기공을 형성하기 위해 나중에 침출될 수 있다.

[0145] 최종 흡수체에 전반적으로 금속 촉매의 분포를 얻기 위하여, 상기 탄소-원 물질 및 금속 촉매-원 물질은 상기 배치 혼합물을 형성하기 위해 직접 혼합되는 것이 바람직하다. 이를 위하여, 어떤 실시 예에 있어서, 여러 근원 물질은 미세 분말 형태, 또는 가능하다면, 용액 형태로 제공되고, 그 다음, 효과적인 혼합 장비를 이용하여 직접 혼합된다. 분말을 사용한 경우, 어떤 실시 예에 있어서 그들은 100 ㎛미만, 어떤 다른 실시 예에 있어서 10 ㎛미만, 어떤 다른 실시 예에 있어서 1 ㎛미만의 평균 입자 크기로 제공된다.

[0146] 상기 배치 혼합물로부터 원하는 형태의 배치 혼합체를 형성하기 위해 다양한 장비와 공정은 사용될 수 있다. 예를 들어, 압출, 사출 몰딩(반응성 사출 몰딩 포함), 압축 몰딩, 캐스팅, 프레싱, 또는 빠른 프로토타이핑(prototyping)은 상기 배치 혼합체의 모양을 위해 사용될 수 있다. 상기 몸체는, 예를 들어, 사출 몰딩 또는 압축 몰딩에 의해 모양이 형성된 경우, 그 모양에 따라 경화될 수 있다. 선택적으로, 상기 몸체는, 예를 들어, 압출, 케스팅 또는 빠른 프로토타이핑에 의해 모양이 형성된 경우, 그 모양 후에 경화될 수 있다. 몇몇 실시 예에 따르면, 상기 압출된 배치 혼합체 또는 경화 배치 혼합체는 복수의 채널을 갖는 모노리스 허니컴의 형태이다.

[0147] 어떤 실시 예에 있어서, 압출은 상기 배치 혼합물을 원하는 형태의 배치 혼합체로 형성하기 위해 특히 바람직하다. 허니컴, 펠렛, 막대, 스파게티(spaghetti), 및 등등과 같은 다양한 형태 및 기하학으로 흡수체를 제조하기 위해, 압출 공정은 표준 압출기 (램(ram) 압출기, 단일-스크류, 이중-스크류, 및 등등) 및 맞춤 압출 다이에서 수행될 수 있다. 압출은 유체 통로로 제공될 수 있는 복수의 빈 채널을 갖는 모노리스 허니컴 몸체를 제조하는데 특히 바람직하다. 압출은 압출 공정 동안에 모든 근원 물질의 고도 혼합을 달성할 수 있어 바람직하다.

[0148] 다양한 형태 및 치수의 몰드는 또한 사출 몰딩, 압축 몰딩, 및 캐스팅, 잘-알려진 모든 형상 기술을 통하여 상기 배치물질의 형상을 위해 사용될 수 있다. 고체 프리폼 제작을 이용하여 물리적 객체의 자동 구조인 빠른 프로토타이핑은 또한 상기 배치물질의 형상을 위해 사용될 수 있다. 빠른 프로토타이핑의 장점은 어떤 모양 또는 기하학적 특색을 창조하는데 사용될 수 있는 것이다. 빠른 프로토타이핑은 예를 들어, 실제 얇은 수평 단면으로 디자인을 전환하는 컴퓨터 보조 디자인과 같은 실제 디자인을 얻는 단계, 및 그 다음, 그 모양이 완성될 때까지 물리적 공간에 상기 디자인의 각 단면을 만드는 단계를 포함한다. 일 실시 예는 실제 얇은 수평 단면으로 디자인을 전환하는 형상화 배치물질의 실제 디자인을 얻는 단계, 및 상기 배치 물질로부터 물리적 공간에 각 단면을 만드는 단계를 포함한다. 빠른 프로토타이핑의 하나의 예로는 3D 프린팅이다.

[0149] 어떤 실시 예에 있어서, 상기 배치 혼합물은 경화되지 않는 경화 가능한 물질을 포함하는 것이 바람직하다. 이 실시 예에 있어서, 상기 배치 혼합체의 형성시에, 상기 흡수체가 통상적으로 경화조건, 예를 들어, 열처리 되었을 경우, 상기 경화 가능한 성분은 경화되고, 결과적으로 경화된 배치 혼합체를 형성한다. 상기 경화된 배치 혼합체는 이의 경화되지 않는 전구체보다 우수한 기계적 특성을 가지므로, 다운-스트림 공정 단계에서 조작이 편리하다. 더군다나, 입자 가설에 의해 제한된 목적 또는 필요성과 관계없이, 상기 경화 단계는 탄소 골격을 갖는 폴리머 네트웍을 결과할 수 있어, 후속하는 탄화 및 활성화 단계 동안에 탄소 네트웍의 형성을 도울 수 있다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 경화는 일반적으로 대기 압력 및 약 0.5 내지 5.0 시간 동안 70℃ 내지 200℃의 온도에서 상기 형성된 배치 혼합체를 가열시켜 수행된다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 배치 혼합체는 이 단계에서 저온에서 고온까지, 예를 들어, 70℃부터 90℃까지, 125℃까지, 150℃까지 가열되고, 각 온도에서 일정 시간 동안 유지된다. 선택적으로, 어떤 전구체 (예를 들어, 퍼퓨릴 알콜 또는 퓨란 수지)를 사용한 경우, 경화는 또한 실온에서 산 첨가제와 같은 경화 첨가제를 첨가하여 수행될 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 상기 경화는 탄소에 금속 촉매 분포 균일성의 유지를 도울 수 있다.

[0150] 상기 배치 혼합체의 형성 후, 이의 건조, 또는 선택적 이의 경화 후에, 상기 형성체는 탄화 단계를 거친다. 예를 들어, 상기 배치 혼합체 (경화 또는 경화되지 않은)는 O_2-제거 분위기의 상승된 탄화 온도에 이를 위치시켜 탄화될 수 있다. 상기 탄화 온도는 600 내지 1200℃, 어떤 실시 예에 있어서 700 내지 1000℃일 수 있다. 상기 탄화 분위기는 N_2, Ne, Ar, 이의 혼합물, 및 등등과 같은 주로 비 반응성 가스를 포함하는 불활성일 수 있다. O_2-제거 분위기의 탄화 온도에서, 상기 배치 혼합체에 함유된 유기물은 탄화 가능한 잔유물로 남도록 분해된다. 예상할 수 있는 바와 같이, 복합 화학 반응은 이 고-온 단계에서 수행된다. 이러한 반응은 아래의 것들을 포함할 수 있다:

[0151] (i) 탄소를 함유한 몸체를 위한 상기 탄소-원 물질의 분해;

[0152] (ii) 상기 금속 촉매-원 물질의 분해;

[0153] (iii) 상기 황-원 물질의 분해;

[0154] (iv) 상기 황-원 물질 및 상기 탄소-원 물질 사이의 반응;

[0155] (v) 상기 황-원 물질 및 탄소 사이의 반응;

[0156] (vi) 상기 황-원 물질 및 상기 금속 촉매-원 물질 사이의 반응;

[0157] (vii) 상기 금속 촉매-원 물질 및 상기 탄소-원 물질 사이의 반응; 및

[0158] (viii) 상기 금속 촉매-원 물질 및 탄소 사이의 반응.

[0159] 상기 네트 효과는 (1) 상기 금속촉매-원 물질 및/또는 상기 금속 촉매의 재-분포; (2) 황의 재-분포; (3) 상기 황-원 물질 (황산염, 아황산염, 및 등등과 같은)로부터 황 원소의 형성; (4) 상기 황-원 물질 (황 원소와 같은)로부터 황-함유 화합물의 형성; (5) 산화 형태에서 금속 촉매의 형성; (6) 황화물 형태에서 금속 촉매의 형성; (7) 상기 금속 촉매-원 물질 일부의 환원을 포함한다. 상기 황의 일부 (특히 원소 상태의 것), 및 상기 금속촉매-원 물질 (KI와 같은)의 일부는 탄화 동안에 탄화 분위기에 의해 제거될 수 있다. 상기 탄화 단계의 결과는 그것에 분포된 황 및 금속 촉매를 갖는 탄화 가능한 몸체이다. 그러나, 이 탄화된 배치 혼합체는 통상적으로 독성 인자의 효과적인 흡수를 위한 원하는 비표면적을 갖지 못한다. 높은 비표면적을 갖는 최종 흡수체를 얻기 위하여, 상기 탄화된 배치 혼합체는 더 활성화된다. 상기 탄화된 배치 혼합체는 예를 들어, CO_2, H_2O, CO_2 및 H_2O의 혼합물, CO_2 및 질소의 혼합물, H_2O 및 질소의 혼합물, 및 CO_2 및 다른 불활성 가스의 혼합물로부터 선택된 가스 분위기, 예를 들어, CO_2 및/또는 H_2O-함유 분위기의 상승된 활성 온도에서 활성화될 수 있다. 상기 분위기는 질소 및/또는 아르곤과 같은 불활성 가스를 갖는 필수적으로 순수한 CO_2 또는 H_2O (증기), CO_2 및 H_2O의 혼합물, 또는 CO_2 및/또는 H_2O의 결합물일 수 있다. 질소 및 CO_2의 결합물을 사용하는 것은, 예를 들어, 비용을 절감할 수 있다. CO_2 및 질소 혼합물은, 예를 들어, 2% 이상의 CO_2 함량을 갖는다. 통상적으로 CO_2 및 질소의 혼합물은 공정 비용을 감소시키기 위해 5-50%의 CO_2 함량으로 사용될 수 있다. 상기 활성 온도는 600℃ 내지 1000℃, 어떤 실시 예에 있어서 600℃ 내지 900℃일 수 있다. 이 단계 동안에, 상기 탄화된 배치 혼합체의 탄화 가능한 구조의 일부는 적절히 산화되고:

[0160] CO_2 (g) + C (s) → 2CO (g),

[0161] H_2O (g) + C (s) → H_2 (g) + CO (g),

[0162] 이는 탄화 가능한 몸체의 구조물의 에칭 및 다수의 나노 크기 및 미세기공을 한정하는 활성 탄소 매트릭스의 형성을 결과한다. 상기 활성 조건 (시간, 온도 및 분위기)는 원하는 표면적 및 조성으로 최종 제품을 제조하기 위해 조절될 수 있다. 탄화 단계와 유사하게, 이 활성 단계의 고온 때문에, 복합 화학 반응 및 물질적 변화는 일어난다. 상기 활성 단계의 마지막에, 상기 금속 촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포되는 것이 매우 바람직하다. 상기 활성 단계의 마지막에, 상기 금속 촉매는 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 실질적으로 균일하게 분포되는 것이 매우 바람직하다. 상기 활성 단계의 마지막에, 상기 금속 촉매는 상기 기공 벽 표면의 적어도 30%, 적어도 40%, 적어도 50%, 적어도 60%, 또는 적어도 80%에 존재하는 것이 매우 바람직하다. 상기 활성 단계의 마지막에, 상기 황은 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 분포되는 것이 매우 바람직하다. 상기 활성 단계의 마지막에, 상기 황은 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 실질적으로 균일하게 분포되는 것이 매우 바람직하다. 상기 활성화 단계의 마지막에 황은 기공 벽 표면의 적어도 30%, 적어도 40%, 적어도 50%, 적어도 60%, 또는 적어도 80%로 존재하는 것이 바람직하다.

[0163] 상기 배치 혼합물이 활성 후에 선택된 어떤 실시 예에 따르면, 상기 흡수체는 탄소, 황, 및 금속 촉매 이외에 무기물의 20중량% 미만 (어떤 실시 예에 있어서 10% 미만, 어떤 다른 실시 예에 있어서 5% 미만)을 포함한다.

[0164] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 배치 혼합물은 활성 후에 선택되고, 상기 흡수체는 탄소, 황, 및 금속 촉매의 총 중량에 대하여 탄소, 황, 및 금속 촉매 이외에 30%-50중량%의 무기물을 포함한다.

[0165] 본 발명의 공정의 어떤 실시 예에 있어서, 모든 금속 촉매-원 물질 및 모든 황-원 물질은 인-시튜 압출, 캐스팅, 및 등등과 같은 인-시튜 형성에 의해 상기 배치 혼합체로 포함된다. 이 공정은 다음의 장점을 갖는다: (a) 상기 활성 탄소체로 금속 촉매 및/또는 황을 충진하는 후속 단계 (침투와 같은)를 피하여 공정 단계의 잠재적인 감소, 전체적인 공정 수율의 증가, 및 공정 비용의 감소; (b) 침투에 의해 통상적으로 얻을 수 있는 것보다 상기 흡수체에 활성 흡수 부위 (금속 촉매 및 황)의 좀 더 균일한 분포; 및 (c) 오랜 사용기간 동안에 처리될 유체의 흐름에 견딜 수 있는 상기 흡수체에 상기 금속 촉매 및 황의 내구력 있고 강한 고착. 침투는 외부 셀 벽, 큰 기공(마이크로미터 크기의 것과 같은)의 벽 표면에 침투된 종(금속 촉매 및 황과 같은)의 바람직한 분포를 결과할 수 있다. 나노 크기 기공의 벽 표면의 높은 퍼센트로 침투된 종의 충진은 시간이 걸릴 수 있고, 어려울 수 있다. 400 내지 2000 $m^2 \cdot g^{-1}$의 고 비표면적을 갖는 활성 탄소의 대부분의 표면은 나노 크기의 기공으로 된다. 따라서, 이는 상기 활성 탄소 물질의 대부분의 표면에 침투된 종의 충진을 결과하는 통상적인 침투 단계에서는 어려운 것으로 판단된다. 또한, 통상적인 침투 단계는 외부 셀 벽 및/또는 큰 기공의 벽 표면에 침투된 종의 얇고, 상대적으로 밀집된 층을 결과할 수 있어, 상기 활성 탄소의 흡수 기능을 효과적으로 감소시키는 작은 기공으로 또는 외부로의 유체 통로를 차단한다. 또한, 상기 흡수체에 통상적 침투 단계에 침투된 종의 고정은 비교적으로 물리적 힘이 약하여 유체 스트림에 장시간 사용에 불충분할 수 있다.

[0166] 그런데도, 어떤 실시 예에 있어서, 모든 상기 금속 촉매 및/또는 황이 상기 활성 탄소 매트릭스에 전반적으로 실질적으로 균일하게 분포되는 것을 요구하지 않는다. 이 실시 예에 있어서, 상기 금속 촉매-원 물질 및 황-원 물질 모두가 상기 배치 혼합체로 인-시튜 형성되는 것은 아니다. 상기 활성 단계 후에, 어떤 금속 촉매 및/또는 황의 침투 단계는 수행될 수 있다. 선택적으로, 상기 활성 단계 후에, 황-함유 및/또는 금속 촉매-함유 분위기에 의해 활성화된 몸체를 처리하는 단계는 수행될 수 있다. 이러한 금속 촉매의 전-활성 충진은 유기금속성 화합물, 예를 들어, 철 아세틸아세토네이트에 기초한 것과 같은 탄화 및/또는 탄화 단계를 견딜 수 없는 금속에 대해 특히 유용하다.

[0167] 본 발명의 활성 흡수체가 형성되자마자, 펠렛화, 그라인딩, 축적에 의한 어셈블링, 및 이와 같은 전-가공 단계를 거칠 수 있다. 그 다음, 본 발명의 다양한 형태 및 조성의 흡수체는 처리될 유체 스트림으로 위치될 수 있는 고정상 베드에 장착될 수 있다.

[0168] 본 발명의 다른 관점은 하기를 포함하는 압출된 배치 혼합체이다:

[0169] (Ⅰ) 비경화된, 경화가능한 중합 수지를 포함하는 탄소-원 물질;

[0170] (Ⅱ) 황-함유 물질의 입자;

[0171] (Ⅲ) 원소 형태 또는 금속 촉매를 포함하는 화학적 화합물의 금속 촉매;

[0172] 여기서 상기 금속촉매는 상기 압출된 배치 혼합체를 형성하는 물질에 실질적으로 균일하게 분포된다.

[0173] 본 발명의 압출된 배치 혼합체의 어떤 실시 예에 따르면, 상기 황-함유 물질의 입자는 상기 압출된 배치 혼합체를 형성하는 물질에 실질적으로 균일하게 분포된다.

[0174] 본 발명의 압출된 배치 혼합체의 어떤 실시 예에 따르면, 상기 황-함유 물질은 적어도 50몰%의 황 원소를 포함한다.

[0175] 본 발명의 압출된 배치 혼합체의 어떤 실시 예에 따르면, 상기 황-함유 물질은 황 원소, 황산염, 아황산염, 황화물, CS_2, 및 다른 황-함유 화합물을 포함한다.

[0176] 본 발명의 압출된 배치 혼합체의 어떤 실시 예에 따르면, 상기 압출된 배치 혼합물은 하기 성분을 더욱 포함한다:

[0177] (Ⅳ) 바인더 물질; 및/또는

[0178] (Ⅴ) 무기 충전제; 및/또는

[0179] (Ⅵ) 윤활제.

[0180] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 압출된 배치 혼합물은 탄소, 황-함유 무기물, 물 및 금속 촉매 외에 20중량% 이하, 어떤 실시 예에 있어서 10중량% 이하, 어떤 다른 실시 예에 있어서 5중량%의 무기물을 포함한다.

[0181] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 압출된 배치 혼합물은 탄소, 황-함유 무기물, 물 및 금속 촉매 외에 20 내지 50중량%의 무기물을 포함한다. 어떤 실시 예에 있어서, 상기 물질은 800℃, 어떤 다른 실시 예에 있어서 1000℃에서 화학적으로 안정한 내열성 무기물이다.

[0182] 어떤 실시 예에 따르면, 상기 압출된 배치 혼합물은 코디어라이트(cordierite), 뮬라이트, 실리카, 알루미나, 다른 산화 유리, 다른 산화 세라믹, 다른 내화성 물질, 및 이들의 혼합물 및 결합물로부터 선택된 내열성 무기물을 포함한다. 어떤 실시 예에 따르면, 상기 내열성 무기물은 미세(microscale) 기공을 포함한다.

[0183] 이하 실시 예를 통하여 본 발명을 좀 더 구체적으로 살펴보지만, 하기 예에 본 발명의 범주가 한정되는 것은 아니다.

[0184] 실시 예

[0185] 실시 예 1

[0186] 압출 조성물은 46% 액상 페놀성 레졸(phenolic resole) 수지, 1% 윤활유, 13% 코디어라이트 분말, 9% 분말 황, 7% 철 아세틸아세토네이트(acetylacetonate), 18% 셀룰로오즈 섬유, 5% 메토셀(Methocel) 바인더 및 1% 소듐 스테아레이트로 조성된다. 상기 혼합물은 화합되고, 그 다음 압출된다. 상기 압출된 허니컴은 150℃에서 공기 중에서 건조되고 경화된 다음, 질소에서 탄화 및 이산화탄소에서 활성화된다. 그 다음, 상기 활성 탄소 허니컴 샘플은 수은 제거력을 시험한다. 상기 시험은 $22\mu g \cdot m^{-3}$ 입구 수은 원소 농도로 160℃에서 수행된다. 수은용 운반가스는 N_2, SO_2, O_2 및 CO_2를 함유한다. 상기 가스의 유속은 750 ml/minute이다.

[0187] 실시 예 2

[0188] 13% 대신에 12% 코디어라이트 분말 및 7% 철 아세틸아세토네이트 대신에 4%의 철 아세틸아세토네이트 및 4%의 요오드화 칼륨으로 대체된 다른 압출 조성물이 실시 예 1과 유사하게 압출된다. 활성 후에 이들 샘플은 90%의 총 수은 제거 및 100%의 수은 원소 제거를 나타낸다. 따라서, 상기 조성물에 KI의 존재는 제거율을 증가시킨다.

[0189] 실시 예 3

[0190] 본 실험에서, 상기 압출 조성물은 59% 페놀성 레졸, 1% 인산, 1% 오일, 9% 분말 황, 3% 산화철, 19% 셀룰로오즈 섬유, 7% 메토셀 바인더 및 1% 소듐 스테아레이트이다. 이들 샘플은 수은 제거 성능을 시험하기 위해 실시 예 1과 같이 압출, 경화, 탄화, 활성화된다. 상기 총 수은 제거율은 87%이고, 수은 원소 제거율은 97%이다.

[0191] 실시 예 4

[0192] 본 실험에 있어서, 산화 망간은 금속 촉매원으로 사용되고, 6% MnO_2, 13% 코디어라이트, 7% 황, 19% 셀룰로오즈

섬유, 5% 메토셀 바인더, 1% 소듐 스테아레이트, 47% 페놀성 레졸, 1% 인산 및 1% 오일의 조성을 갖는다. 이 조성에 기충한 상기 샘플의 수은 제거율은 총 수은 및 수은 원소에 대해 각각 92% 및 98%이다.

[0193] 실시 예 5

[0194] 본 실시 예에 있어서, 황은 황 원소 대신에 MnS로 망간과 결합하여 첨가된다. 상기 조성물은 15% 코디어라이트, 10% MnS, 20% 셀룰로오즈 섬유, 5% 메토셀 바인더, 1% 소듐 스테아레이트, 47% 페놀성 레졸, 및 1% 오일이다.

[0195] 경화, 탄화 및 활성화한 다음, 이들 허니컴의 수은 제거율은 총 수은 및 수은 원소에 대해 각각 84% 및 93%이다.

[0196] 실시 예 6

[0197] 실시 예 5에서 MnS를 이황화 몰리브덴 (MoS_2)으로 대체한 것을 제외하고는 동일하게 실시하였다. 이들 샘플은 총 수은 및 수은 원소에 대해 각각 90% 및 96%의 수은 제거율로 나타났다.

[0198] 본 실시 예는 본 발명의 흡수체가 높은 수은 제거율을 나타냄을 보여준다. 본 발명의 흡수체는 또한 연도가스뿐만 아니라 석탄 가스화와 같은 유체로부터 카드뮴, 크롬, 납, 바륨, 베릴륨, 니켈, 코발트, 바나듐, 아연, 구리, 망간, 안티몬, 은, 탈륨, 비소 및 셀레늄과 같은 다른 독성 인자의 흡수에 유용할 것으로 예측된다.

[0199] 실시 예 7

[0200] 본 실시 예에 있어서, 상기 압출 조성물은 14% 숯, 47% 페놀수지, 7% 황, 7% 산화망간, 18% 셀룰로오즈 섬유, 5% 미디칼(mythical) 바인더 및 1% 소듐 스테아레이트이다. 이들 샘플은 실시 예 1과 같이 압출, 경화, 탄화 및 활성화된다.

[0201] 상기 샘플의 수은 제거력을 실험하였다. 이 실험은 140℃에서 24 ㎛/㎥ 입구 수은 원소 농도로 수행하였다. 수은 운반가스는 N_2, HCl, SO_2, NO_x, O_2 및 CO_2를 함유한다. 상기 가스 유속은 650㎖/minute이다. 하기 표 2를 참조하면, 상기 수은 제거율은 총 수은 및 수은 원자 각각에 대해 100% 및 99%이다.

[0202] 실시 예 8

[0203] 본 실시 예에 있어서, 상기 압출 조성물은 16% 경화된 황-함유 페놀수지, 45% 페놀수지, 8% 황, 7% 산화 망간, 18% 셀룰로오즈 섬유, 4% 미디칼(mythical) 바인더 및 1% 소듐 스테아레이트이다. 이들 샘플은 실시 예 1과 같이 압출, 경화, 탄화 및 활성화된다. 상기 활성 탄소 샘플은 실시 예 7과 같이 실험된다. 하기 표 2를 참조하면, 상기 수은 제거율은 총 수은 및 수은 원자 각각에 대해 100% 및 99%이다. 따라서, 양 실시 예 7 및 8은 우수한 수은 제거 결과를 확인할 수 있다.

[0204] 다른 성분을 포함하는 다양한 흡수체에 대해 수은 제거율을 시험하였다. 그 결과를 하기 표 1에 개재하였다. 본 출원의 모든 표 및 도면에 있어서, Hg^0 또는 Hg(0)은 수은 원소; Hg^T 또는 Hg(T)는 수은 원소 및 산화 수은을 포함하는 총 수은을 의미한다. *Eff*(Hg^0) 또는 *Eff*(Hg(0))는 수은 원소에 대한 즉석 수은 제거율을 의미하고, Eff(Hg^T) 또는 *Eff*(Hg(T))는 모든 산화 상태에서 수은에 대한 즉석 수은 제거율을 의미한다. 전술한 바와 같이, *Eff*(Hg(x))는 다음과 같이 계산된다:

$$Eff(Hg(x)) = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%,$$

[0205]

[0206] 여기서 C_0는 주어진 시간에서 Hg(x)의 입구 농도, 및 C_1는 Hg(x)의 출구 농도이다.

[0207] 표 1에서, 배치 혼합물에 황 원소가 포함되지 않은 경우보다, 배치 혼합물에 황 원소를 포함된 경우에, 샘플 Nos. C 및 D는 MnS을 포함하는 흡수 물질이 우수한 성능을 갖는 것으로 나타났다.

[0208] 도 1은 본 발명에 따른 흡수제 및 비교 흡수제의 시험 샘플의 수은 제거력을 비교하는 디아그램이다. 좌측 수직 축은 시험한 흡착제의 시험 샘플에 의해 포획된 단위 질량당 수은의 축적 량(MSS, $mg \cdot g^{-1}$)이다. 우측 수직 축은 상기 식에 따라 측정되고 계산된 초기 수은 제거율인 시험한 흡착제의 초기 수은 제거율(*Eff*(Hg))이다. 수평축은 샘플이 시험 가스에 노출된 시간이다. 본 도면에서 *Eff*(Hg) 데이터의 일부는 또한 하기 표 3에 나타

내었다. 본 발명에 따른 흡착제는 황, 금속 촉매원으로 인-시튜 압출된 MnO_2 및 무기 충전제로 약 45중량%의 코디어라이트를 포함한다. 샘플 2.2는 인-시튜 압출된 금속 촉매원이 없고, 비교량의 황 및 코디어라이트, 및 스며든 $FeSO_4$ 및 KI를 포함하는 비교 흡착제이다. 곡선(101 및 103)은 각각 본 발명에 따른 흡착제의 *Eff*(Hg) 및 MSS를 나타낸다. 곡선(201 및 203)은 각각 비교 흡착제의 *Eff*(Hg) 및 MSS를 나타낸다. 본 도면 및 표 3으로부터 알 수 있는 바와 같이, 상기 흡착제는 약 20 $\mu g \cdot m^{-3}$로 총 수은을 포함하는 모의 연도가스에 250 시간 노출한 후에도 수은 제거율의 가파른 저하는 나타나지 않는데, 이는 상당히 많은 양의 수은이 그것의 포화 (또는 수은 중단점(break-through point))에 도달하기 전에 상기 흡수 물질에 의해 포획될 수 있음을 의미한다. 상기 곡선(201) 및 표 3의 데이터는 비교 흡착제가 실험이 종료되었을 때, 50시간부터 70시간까지 순간 수은 제거율이 가파르고 연속적인 저하는 나타내는데, 이는 흡착제의 초기 포화를 의미한다. 곡선(103 및 203)은 약 69시간에서 시험기간의 초기 단계에서 어느 정도(203 말단)는 중복된다.

[0209] 도 1은 인-시튜 압출된 금속 촉매원을 포함하는 본 발명의 일 실시 예에 따른 흡착제가 스며든 금속 촉매원을 갖는 흡착제보다, 특히, 오랜 시간 동안에, 더 높은 수은 제거력을 가질 수 있음을 보여준다. 입자 가설에 의해 제한될 수 있는 계획성 또는 필요성과 상관없이, 본 발명의 흡착제의 고성능은 금속 촉매의 좀 더 균일한 분산, 및 상기 금속 촉매에 의해 활성 탄소 매트릭스의 기공이 막히지 않는 것에 기인하는 것으로 판단된다.

[0210] 도 2는 다양한 입구 수은 농도에서 본 발명의 일 실시 예에 따른 흡수체의 입구 수은 농도 (CHg0) 및 출구 수은 농도 (CHg1)를 나타내는 디아그램이다. 이 디아그램은 본 발명의 어떤 실시 예의 상기 흡수체가 다양한 수은 농도(약 70 내지 25 $\mu m \cdot m^{-3}$의 범위)에서 수은을 효과적으로 제거할 수 있음을 명확하게 보여준다.

[0211] 도 3은 인-시튜 압출 금속 촉매를 포함하는 본 발명의 일 실시 예에 따른 흡수체의 단면의 SEM 사진이다. 상기 사진으로부터, 상기 금속 촉매 또는 황의 선택적인 축적은 관찰되지 않는다.

[0212] 도 4는 전-활성 스며든 금속 촉매를 포함하는 비교 흡수체의 단면의 SEM 사진이다. 셀 벽에 명확히 보이는 백색 층의 물질이 상기 스며든 금속 촉매이다. 금속 촉매의 스며든 층의 상대적으로 짙은 층은 셀 벽 내부에서 많은 미세 및 나노 크기 기공으로의 입구를 차단할 수 있어, 비교 흡수체의 전체적인 성능을 감소시키는 것으로 판단된다.

[0213] 당업자는 본 발명의 발명 사상 및 범주를 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구항의 범위 내에서 다양한 변형을 포함할 수 있다.

표 1

[0214]

샘플 No.	금속촉매-원	시험시간 (Hours)	Hg^T 입구농도 ($\mu g \cdot m^{-3}$)	Eff(Hg^0) (%)	Eff(Hg^T) (%)
A	MnO_2	20	22	98	92
B	MoS_2	24	22	96	90
C	MnS (배치내에 황원소로)	20	22	98	92
D	MnS (배치내에 황원소없이)	19	22	93	84
E	Cr_2O_3	24	22	98	88
F	CuO 및 Cu_2S	19	22	97	90
G	Fe_2O_3	20	22	97	87
H	아세틸아세토네이트 이온 (FeAT)	19	22	100	87
I	FeAT 및 KI	20	22	100	90

표 2

[0215]

실시 예	시험시간 (Hours)	Hg(T), 입구농도 ($\mu g \cdot m^{-3}$)	Hg(0) 제거율(%)	Hg(T) 제거율(%)
7	72	24	99	100
8	72	22	99	100

표 3

[0216]

수은 제거율(%)																			
시간 (Hr)																			
1	2	3	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	100	150	200	250
094	94	92	91	91	90	88	87	87	87	87	87	87	88	88	89	88	85	85	86
079	81	85	83	83	84	84	84	84	83	82	80	77	70	-	-	-	-	-	-

[0217] 상기 표 3에서, 1,2,...250은 시간(hour)이고;

[0218] 94,94....86, 79, --은 수은 제거율(%)이며;

[0219] 101 및 201은 도 1에 도시된 곡선(Curve) No.이다.

도면의 간단한 설명

[0013] 본 발명의 바람직한 특징은 첨부하는 도면에 의해 더욱 상세히 설명될 것이다.

[0014] 도 1은 본 발명에 따른 인-시튜(in-situ) 압출 금속 촉매를 포함하는 흡수제 및 스며든(impregnated) 금속을 포함하지만 인-시튜 압출 금속 촉매는 아닌 흡수제의 시험 샘플의 수은 제거력을 비교하는 디아그램이다.

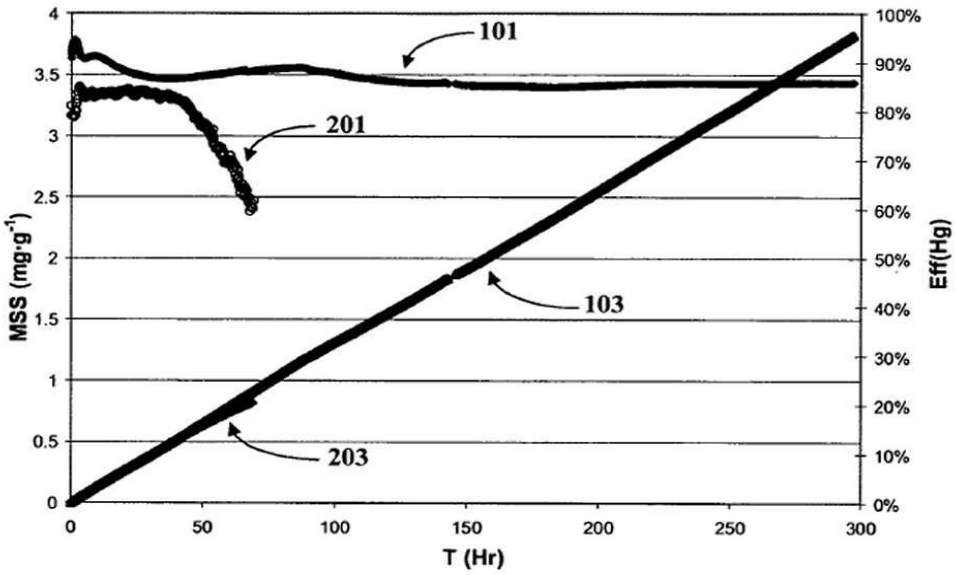
[0015] 도 2는 다양한 입구 수은 농도에서 본 발명의 일 실시 예에 따른 흡수체의 입구 수은 농도 (CHg0) 및 출구 수은 농도 (CHg1)를 나타내는 디아그램이다.

[0016] 도 3은 인-시튜 압출 금속 촉매를 포함하는 본 발명의 일 실시 예에 따른 흡수체의 단면의 SEM 사진이다.

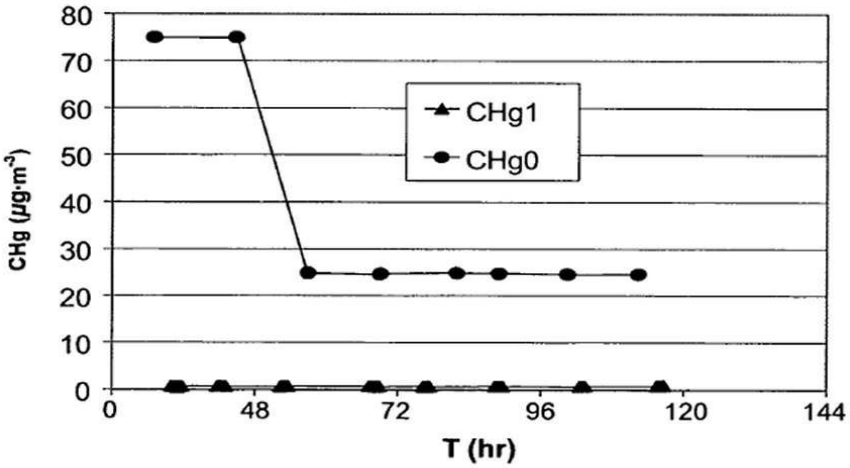
[0017] 도 4는 전-활성 스며든 금속 촉매를 포함하는 비교 흡수체의 단면의 SEM 사진이다.

도면

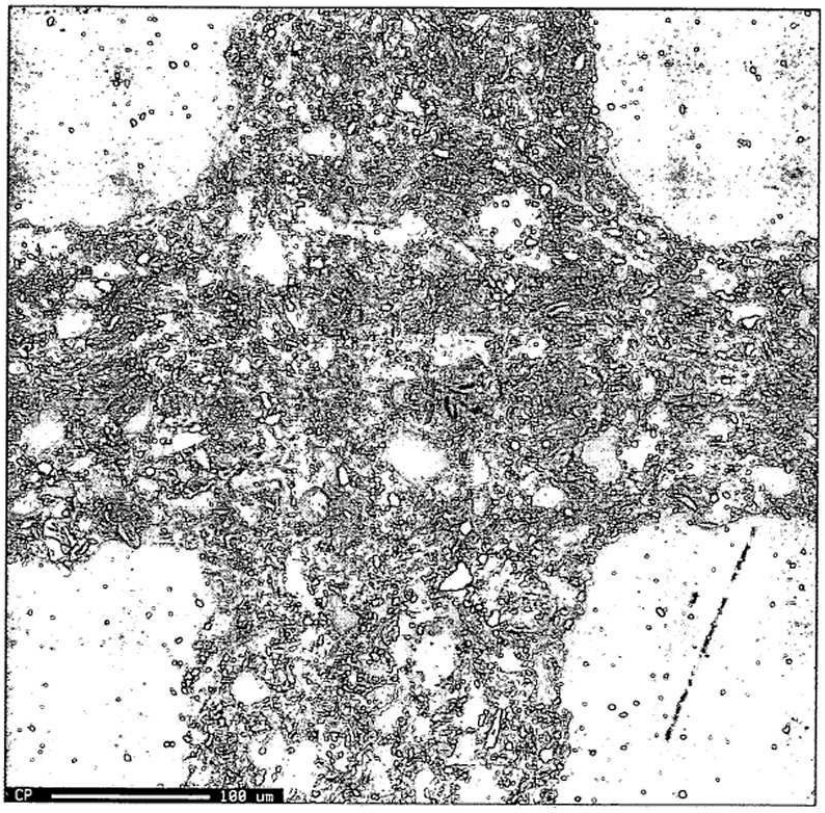
도면1



도면2


80
70
60
50
40
30
20
10
0
CHg (μg·m⁻³)
0
48
72
96
120
144
T (hr)
CHg1
CHg0

도면3


CP
100 um

도면4

