(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년08월18일
(11) 등록번호 10-2145031
(24) 등록일자 2020년08월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/32 (2006.01) *B01J 20/20* (2018.01)
B01J 20/30 (2006.01) *C02F 1/28* (2006.01)
C02F 101/10 (2006.01) *C02F 101/32* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 20/3236 (2013.01)
B01J 20/20 (2018.01)
(21) 출원번호 10-2019-0133750
(22) 출원일자 2019년10월25일
심사청구일자 2019년10월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR1019990086788 A*
KR1020140066812 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이순재
서울특별시 동대문구 전농로16길 51, 110동 503호 (전농동, 래미안아름숲)
이영재
서울특별시 양천구 목동서로 38, 122동 706호 (목동, 신시가지아파트1단지)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김종선, 이형석

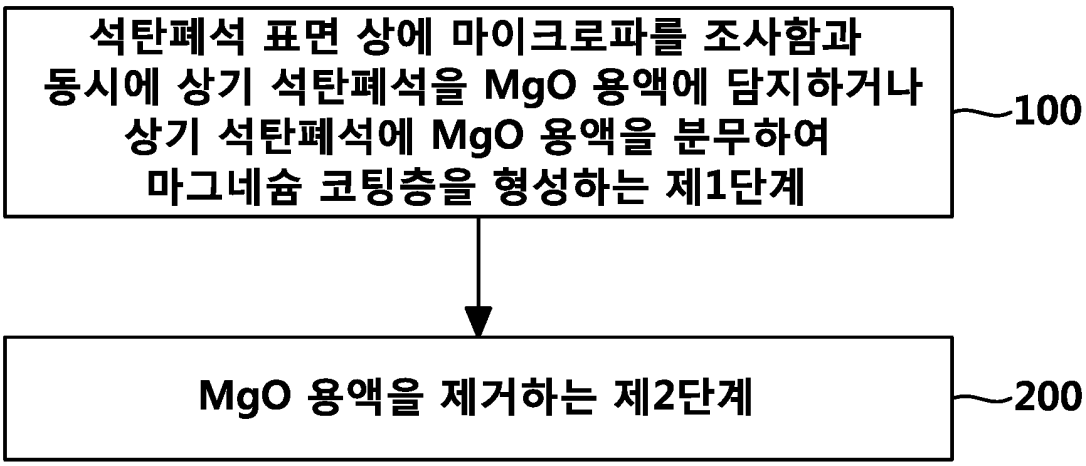
전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 이소영

(54) 발명의 명칭 **유무기 오염물질 흡착제 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 유무기 오염물질 흡착제 및 그 제조방법에 관한 것이다. 상기 유무기 오염물질 흡착제는 석탄폐석 및 상기 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함한다. 본 발명에 의하면, 석탄폐석 및 상기 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함하는 유무기 오염물질 흡착제는 폐자원을 활용하여 경제적이고 친환경적으로 제작이 가능하며, 유무기 오염물질을 효과적으로 분해할 수 있다. 또한, 상기 본 발명의 제조방법에 따르면 기존의 담지소성법을 개선하여 복잡한 반응공정을 줄임에 따라 유무기 오염물질 흡착제의 처리 효율성을 증대시키고, 대량으로 제조할 수 있어 양산성이 매우 우수한 효과를 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01J 20/3085 (2013.01)
B01J 20/3204 (2013.01)
B01J 20/3214 (2013.01)
C02F 1/288 (2013.01)
C02F 2101/103 (2013.01)
C02F 2101/32 (2013.01)

(72) 발명자
김봉주
광주광역시 북구 군왕로 17, 105동 1701호 (풍향동, 교대금호어울림)
장봉수
서울특별시 은평구 가좌로7가길 35-10, 301호 (응암동, 세영메트로)
구자영
경상북도 김천시 시청6길 35 (신음동, 김천우방타운)
이선용
서울특별시 성동구 독서당로 441, 6동 402호 (행당동, 신동아아파트)
곽은지
서울특별시 동작구 보라매로 70, 103동 1102호 (신대방동, e편한세상아파트)
김민경
광주광역시 광산구 소촌로86번길 20-5, 204동 607호 (소촌동, 모아드림2차아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1485016007
부처명 환경부
연구관리전문기관 한국환경산업기술원
연구사업명 지중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)
연구과제명 무기오염물질의 확산제어를 위한 반응매질 개발 및 확산방지 시설 시공/제어 기술 개발
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

석탄폐석 및 상기 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함하고,

비표면적은 25 m^2/g 내지 55 m^2/g 이내이고,

상기 마그네슘 코팅층의 두께는 1 ㎛ 내지 10 ㎛ 이내이며,

비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 석유계총탄화수소(Total petroleum hydrocarbon, TPH) 및 유기염소계 용재로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상의 유무기 오염물질을 흡착하는 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사함과 동시에 상기 석탄폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하거나 상기 석탄폐석에 산화마그네슘 용액을 분무하여 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 형성하는 제1단계; 및

상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액을 제거하는 제2단계를 포함하고,

비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 석유계총탄화수소(Total petroleum hydrocarbon, TPH) 및 유기염소계 용재로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상의 유무기 오염물질을 흡착하는 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 마그네슘 코팅층은 딥 코팅(Dip coating) 또는 스프레이 코팅(Spray coating)에 의하여 형성되는 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 마그네슘 코팅층을 형성하기 위하여 상기 딥 코팅을 이용하는 경우, 상기 석탄폐석 및 상기 산화마그네슘(MgO) 용액의 고액비(중량비)가 1 : 5 내지 1 : 20 이내인 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 마그네슘 코팅층을 형성하기 위하여 상기 스프레이 코팅을 이용하는 경우, 상기 석탄폐석 및 상기 산화마그네슘(MgO) 용액의 고액비(중량비)가 1 : 1 내지 3 : 1 이내인 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 석탄폐석을 상기 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하는 시간은 20 초 내지 120초 이내인 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 10

제5항에 있어서,

상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액은 중력 배수에 의하여 제거되는 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 11

제5항에 있어서,

상기 제1단계는 상기 마이크로파를 조사하여 건조 및 소성되는 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 소성 온도는 100 ℃ 내지 150 ℃ 이내인 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 13

제5항에 있어서,

상기 제1단계에서 조사되는 상기 마이크로파의 세기는 1 kW 내지 15 kW 이내인 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 14

제5항에 있어서,

상기 제1단계에서 마이크로파를 조사하는 시간은 1 분 내지 5 분 이내인 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 15

제5항에 있어서,

상기 제1단계에서 마이크로파의 파원의 간격은 0.1 m 내지 0.5 m 이내인 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 16

제5항에 있어서,

상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 조사하여, 상기 석탄폐석 표면의 건조 소성 및 잔량의 제거되지 않은 상기 산화마그네슘 용액으로부터 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 추가 형성시키는 제3단계를 더 포함하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 제2단계 및 상기 제3단계가 순차적으로 진행되거나 동시에 진행되는 것을 특징으로 하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유무기 오염물질 흡착제 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 석탄폐석 및 상기 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함하는 유무기 오염물질 흡착제 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 급속한 산업 발전과 인구의 증가로 인해 각종 자원과 에너지 소비가 증가하고 있으며, 최근 이에 따른 환경오염이 사회적으로 큰 문제가 되고 있다. 그 중 쓰레기 등의 폐기물 매립으로 인한 악취, 하천 및 지하수 오염 등의 환경오염이 심각한 실정이고 이러한 실정을 볼 때, 매립지에서 발생되는 침출수를 처리하는 방법의 개선 및 이를 처리할 수 있는 기술 개발의 필요성이 증대되고 있다.

[0003] 쓰레기 등의 폐기물 매립에 따라 발생되는 침출수에 의해 지하수 오염이 발생되며, 이를 가중시키는 요인 중 하나는 공장폐수나 폐광산으로부터의 중금속에 의한 오염이다. 지하수는 지하에 머무르는 시간이 길고 중금속은 분해가 어렵기 때문에 오염 후에는 정화시키는데 어려울 뿐만 아니라 상당한 기간이 소요된다.

[0004] 현재 사용되고 있는 침출수 및 지하수의 정화 방법에 대한 수 많은 연구들이 개발 및 실용화되고 있다. 이러한 기술들에는 굴착제거, 표면제어, 차폐, 양수, 진공추출, 고화 및 수압 파쇄 등의 물리적 방법; 산화, 중화, 이온교환, 및 계면활성제 첨가 등의 화학적 방법; 플라즈마, 동결, 열분해 및 유리화 등의 열적 방법; 및 영양분 주입 및 미생물 이용 등의 생물학적 방법 등이 있으며, 최근에는 전기삼투 등을 이용한 동전기적 방법도 개발되고 있다.

[0005] 다만, 이러한 정화 방법들 중에서 설치 용이성, 경제성 및 국내 실정 등을 종합적으로 고려할 때, 가장 실용성이 높은 방법은 물리적 방법에 해당하는 차폐 방법이라고 볼 수 있다.

[0006] 차폐 방법에 사용되는 차폐 물질은 크게 불투수벽체(impermeable barrier) 및 투수벽체(permeable barrier)로 분류할 수 있으며, 불투수벽체는 주로 오염지역 내에서 발생되는 오염수를 차단하는데 사용되고, 투수벽체는 주로 요염수를 배수 제거하거나 또는 흡착 제거하는데 사용된다. 또한, 불투수벽체에는 슬러리 월(slurrywall), 시이트파일(sheet pile), 그라우팅(grouting) 및 기타의 벽체들이 있고, 투수벽체에는 배수벽체(vertical drain) 및 반응매질을 포함하는 투수성 반응벽체(permeable reactive barrier) 등이 있다.

[0007] 이러한 반응성 투수벽체는 모래, 자갈로 이루어진 배수벽체와 중금속이나 유기오염물질을 흡착하는 석회, 활성탄, 제올라이트(zeolite), 이온교환수지 등을 포함하는 흡착벽체가 적층된 구조를 갖거나, 이들의 혼합하여 하나의 층으로 형성하거나, 여러 가지 목적으로 부가적인 층을 적층한 다층 구조로 제작된다.

[0008] 또한, 반응성 투수벽체는 침출수나 지하수에 충분히 통과할 수 있도록 적절한 투수계수를 갖는 것이 중요하고, 침출수 및 지하수에 함유된 유기화합물질이나 중금속을 충분히 흡착할 수 있도록 높은 흡착율을 갖도록 제작되어야 한다.나아가, 장기간 동안 사용이 가능하도록 적절한 강도를 가져야 하며, 재질의 수급이 용이하며 가격이 저렴한 것을 사용하는 것이 바람직하다.

[0009] 투수성 반응벽체의 구성 목적으로 개발되어 종래에 소개된 반응매질의 예로는, 합성한 제올라이트와 분말 활성탄을 이용하여 방향족 탄화수소계 화합물 및 중금속 등으로 구성된 폐수를 처리하는 방법(대한민국 등록특허 제 10-0770670호), 영가철, 제강슬래그와 미생물 처리된 폐타이어 등의 반응매질로 이루어진 2단 구조의 벽체를 구성하여 매립지 침출수 및 지하수 내의 유무기 오염물질을 화학적 분해와 생물학적 분해를 유도하여 제거하는 방법(대한민국 등록특허 제 10-0597886호)등이 있다.

[0010] 그러나 기존 천연소재로서 활용되는 이온수지 등은 매립지 침출수 및 지하수 내의 유무기 오염물질을 효과적으로 분해하지 못하는 문제가 있으며, 개발된 합성소재는 매립지 침출수 및 지하수 내의 유무기 오염물질을 분해하는데 효과적이지만, 비용 등의 부담에 따른 경제적인 문제와 합성소재의 대량 확보가 어려워 수급이 용이하지 못하다는 문제가 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 등록특허공보 KR 제10-0770670호

(특허문헌 0002) 등록특허공보 KR 제10-0597886호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 폐자원을 활용하여 경제적이고 친환경적으로 제작이 가능하며, 유무기 오염물질을 효과적으로 분해할 수 있는 유무기 오염물질 흡착제 및 그 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 유무기 오염물질 흡착제는 석탄폐석 및 상기 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함한다.여기서, 상기 유무기 오염물질은 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 석유계총탄화수소(Total petroleum hydrocarbon, TPH) 및 유기염소계 용재로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상일 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 마그네슘 코팅층의 두께는 1 ㎛ 내지 10 ㎛ 이내일 수 있다.

[0015] 여기서, 상기 석탄폐석 및 상기 마그네슘의 함량비가 1 : 1 내지 1 : 10 이내일 수 있다.

[0016] 한편, 본 발명에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법은 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사함과 동시에 상기 석탄폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하거나 상기 석탄폐석에 산화마그네슘 용액을 분무하여 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 형성하는 제1단계; 및 상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액을 제거하는 제2단계를 포함한다.

[0017] 여기서, 상기 마그네슘 코팅층은 딥 코팅(Dip coating) 또는 스프레이 코팅(Spray coating)에 의하여 형성될 수 있다.

[0018] 여기서, 상기 마그네슘 코팅층을 형성하기 위하여 상기 딥 코팅을 이용하는 경우, 상기 석탄폐석 및 상기 산화마그네슘(MgO) 용액의 고액비(중량비)가 1 : 5 내지 1 : 20 이내일 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 마그네슘 코팅층을 형성하기 위하여 상기 스프레이 코팅을 이용하는 경우, 상기 석탄폐석 및 상기 산화마그네슘(MgO) 용액의 고액비(중량비)가 1 : 1 내지 3 : 1 이내일 수 있다.

여기서, 상기 석탄폐석을 상기 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하는 시간은 20 초 내지 120초 이내일 수 있다.

[0020] 여기서, 상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액은 중력 배수에 의하여 제거될 수 있다.

[0021] 여기서, 상기 제1단계는 상기 마이크로파를 조사하여 건조 및 소성될 수 있다.

[0022] 여기서, 상기 소성 온도는 100 ℃ 내지 150 ℃ 이내일 수 있다.

[0023] 여기서, 상기 제1단계에서 조사되는 상기 마이크로파의 세기는 1 kW 내지 15 kW 이내일 수 있다.

[0024] 여기서, 상기 제1단계에서 마이크로파를 조사하는 시간은 1 분 내지 5 분 이내일 수 있다.

[0025] 여기서, 상기 제1단계에서 마이크로파의 파원의 간격은 0.1 m 내지 0.5 m 이내일 수 있다.

[0026] 여기서, 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 조사하여, 상기 석탄폐석 표면의 건조 소성 및 잔량의 제거되지 않은 상기 산화마그네슘 용액으로부터 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 추가 형성시키는 제3단계를 더 포함할 수 있다.

[0027] 여기서, 상기 제2단계 및 상기 제3단계가 순차적으로 진행되거나 동시에 진행될 수 있다.

발명의 효과

[0028] 상술한 바에 따른 본 발명의 석탄폐석 및 상기 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함하는 유무기 오염물질 흡착제는 폐자원을 활용하여 경제적이고 친환경적으로 제작이 가능하며, 유무기 오염물질을 효과적으로 처리할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 본 발명의 제조방법에 따르면 기존의 담지소성법을 개선하여 복잡한 반응공정을 줄임에 따라 유무기 오염물질 흡착제의 처리 효율성을 증대시키고, 대량으로 제조할 수 있어 양산성이 매우 우수한 효과를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법을 각 단계별 순서도로 도시한 것이다.

도 2a는 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 흡착제 제조방법을 각 단계별로 이미지를 도시하여 나타낸 것이다.

도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법을 각 단계별로 이미지를 도시하여 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 침지 시간별 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 마이크로파 조사 시간별 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 마이크로파 조사 시간별 석유계총탄화수소(Total petroleum hydrocarbon, TPH) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 SEM(scanning electron microscope) 이미지를 도시한 것이다.

도 6b는 본 발명의 비교예에 따른 석탄 폐석의 SEM(scanning electron microscope) 이미지를 도시한 것이다.

도 6c는 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제의 SEM(scanning electron microscope) 이미지를 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제와 본 발명의 비교예에 따른 흡착제들의 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제와 본 발명의 비교예에 따른 흡착제들의 카드뮴(Cd(Ⅱ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제와 본 발명의 비교예에 따른 흡착제들의 구리(Cu(Ⅱ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

도 10은 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제 및 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제에 대해 EDS 분석을 통해 비표면적 결과를 도시한 것이다.

도 11은 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제 및 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제의 XPS 분석을 통한 흡착에너지 결과를 도시한 것이다.

도 12는 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제 및 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제의 SEM(scanning electron microscope) 이미지를 도시한 것이다.

도 13은 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제 및 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지 소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제에 대해 EDS 분석 결과를 도시한 것이다.

도 14는 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제 및 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지 소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제에 대해 EDS 분석을 통해 비표면적 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 출원에서 사용하는 용어는 단지 특정한 예시를 설명하기 위하여 사용되는 것이다. 때문에 가령 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수여야만 하는 것이 아닌 한, 복수의 표현을 포함한다. 덧붙여, 본 출원에서 사용되는 "포함하다" 또는 "구비하다"등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 명확히 지칭하기 위하여 사용되는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것의 존재를 예비적으로 배제하고자 사용되는 것이 아님에 유의해야 한다.

[0032] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진 것으로 보아야 한다. 따라서, 본 명세서에서 명확하게 정의하지 않는 한, 특정 용어가 과도하게 이상적이거나 형식적인 의미로 해석되어서는 안 된다.

[0033] 본 발명자들은 상술한 과제를 해결하기 위하여 연구한 결과, 하기와 같은 발명을 안출하기에 이르렀다.

[0034] **<본 발명의 유무기 오염물질 흡착제>**

[0035] 본 명세서는 석탄폐석 및 상기 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함하는, 유무기 오염물질 흡착제를 개시한다. 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법에 관한 사항은 하기 후술하는 <본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법>에 따른다.

[0036] 하기 후술하는 <본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법>에 따라 제조된 유무기 오염물질 흡착제는 반응매질로서 제올라이트(Zeolite), 명반석(Alunite), 석류석(Garnet), 무연탄(Anthracite), 규조토(Diatomite), 석탄(Coal), 활성탄 및 이온수지인 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 구체적으로 상기 유무기 오염물질 흡착제는 반응매질로서 석탄인 것이 더욱 바람직하다. 이와 관련하여 구체적인 내용은 하기 {실시예 및 평가}에서 상세하게 설명한다.

[0037] 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 코팅층은 마그네슘에 의하여 형성된 것으로, 그 외의 첨가제의 사용을 수반하지 않는다. 상기 마그네슘 코팅층은 석탄 폐석 표면 전체에 대하여 고르게 형성되는 것이 바람직하다. 다만, 상기 마그네슘 코팅층은 석탄 폐석 표면 상의 일부분에 형성될 수 있으며, 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 부분이 하나의 석탄 폐석 표면에 하나 이상 존재할 수 있다. 즉, 석탄 폐석 표면의 한 부분 이상에서 부분적으로 상기 마그네슘 코팅층이 형성될 수도 있다.

[0038] 여기서 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 비표면적이 25 m^2/g 내지 55 m^2/g 이내일 수 있다. 가령, 상기 유무기 오염물질 흡착제는 비표면적이 25 m^2/g보다 작은 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로

부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0039] 반면에, 상기 유무기 오염물질 흡착제는 비표면적이 55 m^2/g보다 큰 경우 상대적으로 두꺼운 마그네슘 코팅층의 영향으로 인해 석탄 폐석의 비표면적을 감소시켜 상기 석탁폐석의 석유계총탄화수소, 유기염소계 용재 등의 유기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지는 문제점이 발생할 수 있다.

[0040] 또한, 본 발명의 상기 유무기 오염물질은 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 석유계총탄화수소(Total petroleum hydrocarbon, TPH) 및 유기염소계 용재로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상일 수 있다. 구체적으로 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질과 석유계총탄화수소, 유기염소계 용재 등의 유기 오염물질을 분해할 수 있다. 여기서, 유기염소계 용재란 염소(Cl)를 함유하는 유기합성 물질을 총칭하며, DDT(dichloro-diphenyl-trichloroethane)·BHC(benzene hexachloride)·클로르덴·헵타클로르·드린제 등 함염소 유기합성 살충제, 살균제, 제초제 성분 등을 포함할 수 있다.

[0041] 또한, 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 단위 면적당 흡착량이 30 g/m^2 내지 50 g/m^2 이내인 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 이는 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 성능을 나타내는 지표로서, 처리하고자 하는 유무기 오염물질의 종류에 따라 상기 유무기 오염물질 흡착제의 단위 면적당 흡착량이 다소 차이가 있을 수 있다.

[0042] 또한, 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 상기 마그네슘 코팅층의 두께는 1 ㎛ 내지 10 ㎛ 이내인 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 가령, 상기 마그네슘 코팅층의 두께가 1 ㎛ 미만인 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0043] 반면에, 상기 마그네슘 코팅층의 두께가 10 ㎛를 초과하는 경우 상대적으로 두꺼운 마그네슘 코팅층의 영향으로 인해 석탄 폐석의 비표면적을 감소시켜 상기 석탁폐석의 석유계총탄화수소, 유기염소계 용재 등의 유기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지는 문제점이 발생할 수 있다.

[0044] 또한, 상기 석탄폐석 및 상기 마그네슘의 함량비가 1 : 1 내지 1 : 10 이내인 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 가령, 상기 석탄폐석 및 상기 마그네슘의 함량비가 1 : 1 일 때보다 석탄폐석의 함량이 높은 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0045] 반면에, 상기 석탄폐석 및 상기 마그네슘의 함량비가 1 : 10 일 때보다 마그네슘의 함량이 높은 경우 상대적으로 두꺼운 마그네슘 코팅층의 영향으로 인해 석탄 폐석의 비표면적을 감소시켜 상기 석탁폐석의 석유계총탄화수소, 유기염소계 용재 등의 유기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지는 문제점이 발생할 수 있다.

[0047] **<본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법>**

[0048] 한편, 본 명세서는 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사함과 동시에 상기 석탄폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하거나 상기 석탄폐석에 산화마그네슘 용액을 분무하여 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 형성하는 제1단계; 및 상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액을 제거하는 제2단계를 포함하는, 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법을 추가로 개시한다.

[0049] 또한, 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법에서 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 조사하여, 상기 석탄폐석 표면의 건조 소성 및 잔량의 제거되지 않은 상기 산화마그네슘 용액으로부터 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 추가 형성시키는 제3단계를 더 포함할 수 있다. 여기서, 상기 제2단계 및 상기 제3단계가 순차적으로 진행되거나 동시에 진행될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0050] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법을 각 단계별 순서도로 도시한 것이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법은 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사함과 동시에 상기 석탄폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 배지에 담지하여 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 형성하는 제1단계; 및 상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액을 제거하는 제2단계를 포함한다. 이하에서는 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법과 관련하여, 각 단계별로 세분화하여 서술하고자 한다.

[0051] 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법은 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사함과 동시에 상기 석탄

폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하거나 상기 석탄폐석에 산화마그네슘 용액을 분무하여 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 형성하는 제1단계를 포함한다.

[0052] 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법에서 반응매질은 제올라이트(Zeolite), 명반석(Alunite), 석류석(Garnet), 무연탄(Anthracite), 규조토(Diatomite), 석탄(Coal), 활성탄 및 이온수지인 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 구체적으로 상기 유무기 오염물질 흡착제는 반응매질로서 석탄인 것이 더욱 바람직하다. 이와 관련하여 구체적인 내용은 하기 {실시예 및 평가}에서 상세하게 설명한다.

[0053] 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법에서 코팅층은 마그네슘에 의하여 형성된 것으로, 그 외의 첨가제의 사용을 수반하지 않는다. 상기 마그네슘 코팅층은 석탄 폐석 표면 상의 모든 부분에 대하여 고르게 형성되는 것이 바람직하다. 다만, 상기 마그네슘 코팅층은 석탄 폐석 표면 상의 일부분에 형성될 수 있으며, 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 부분이 하나의 석탄 폐석 표면에 하나 이상 존재할 수 있다. 즉, 석탄 폐석 표면의 한 부분 이상에서 부분적으로 상기 마그네슘 코팅층이 형성될 수도 있다.

[0054] 또한, 본 발명의 마그네슘 코팅층은 딥 코팅(Dip coating) 또는 스프레이 코팅(Spray coating)에 의하여 형성되는 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 여기서, 딥 코팅이란 재료를 코팅 용액 또는 슬러리에 담그어 재료 표면에 전구체(Precursor)층을 형성한 후 적당한 온도로 소성하여 도막을 얻는 방법을 말한다. 딥 코팅은 코팅 용액 또는 슬러리의 점성도를 일정하게 유지해야 할 필요가 있으며, 스프레이 코팅과 비교할 때 표면이 균일하고 코팅액의 손실률을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 스프레이 코팅은 분무기를 사용하여 압축공기 또는 압송에 의해 도료를 안개 상태로 하여 재료에 분무하여 도막을 얻는 방법을 말한다.

[0055] 본 발명의 석탄 폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층이 형성됨으로써 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 증대되는 효과가 있다.

[0056] 여기서, 상기 마그네슘 코팅층을 형성하기 위하여 상기 딥 코팅을 이용하는 경우, 상기 석탄폐석 및 상기 산화마그네슘(MgO) 용액의 고액비(중량비)가 1 : 5 내지 1 : 20 이내인 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 구체적으로 상기 마그네슘 코팅층을 형성하기 위하여 상기 딥 코팅을 이용하는 경우, 상기 석탄폐석 및 상기 산화마그네슘(MgO) 용액의 고액비(중량비)가 1 : 10 인 것이 더욱 바람직하다.

[0057] 가령, 상기 고액비(중량비)가 1 : 5 일 때보다 석탄폐석의 함량이 높은 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0058] 반면에, 상기 고액비(중량비)가 1 : 20 일 때보다 산화마그네슘(MgO) 용액의 함량이 높은 경우 상대적으로 두꺼운 마그네슘 코팅층의 영향으로 인해 석탄 폐석의 비표면적을 감소시켜 상기 석탁폐석의 석유계총탄화수소, 유기염소계 용재 등의 유기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지는 문제점이 발생할 수 있다.

[0059] 또한, 상기 마그네슘 코팅층을 형성하기 위하여 상기 스프레이 코팅을 이용하는 경우, 상기 석탄폐석 및 상기 산화마그네슘(MgO) 용액의 고액비(중량비)가 1 : 1 내지 3 : 1 이내인 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 구체적으로 상기 마그네슘 코팅층을 형성하기 위하여 상기 스프레이 코팅을 이용하는 경우, 상기 석탄폐석 및 상기 산화마그네슘(MgO) 용액의 고액비(중량비)가 2 : 1 인 것이 더욱 바람직하다.

[0060] 가령, 상기 고액비(중량비)가 3 : 1 일 때보다 석탄폐석의 함량이 높은 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0061] 반면에, 상기 고액비(중량비)가 1 : 1 일 때보다 산화마그네슘(MgO) 용액의 함량이 높은 경우 상대적으로 두꺼운 마그네슘 코팅층의 영향으로 인해 석탄 폐석의 비표면적을 감소시켜 상기 석탁폐석의 석유계총탄화수소, 유기염소계 용재 등의 유기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지는 문제점이 발생할 수 있다.

[0062] 한편, 본 발명의 석탄폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하는 시간은 20 초 내지 120초 이내인 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다.

[0063] 가령, 본 발명의 석탄폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하는 시간이 20초 미만인 경우, 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0064] 반대로, 본 발명의 석탄폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하는 시간이 120초를 초과하는 경우,

상대적으로 두꺼운 마그네슘 코팅층의 영향으로 인해 석탄 폐석의 비표면적을 감소시켜 상기 석탄폐석의 석유계 총탄화수소, 유기염소계 용재 등의 유기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지는 문제점이 발생할 수 있다. 구체적으로 상기 침지 시간은 40 초인 것이 더욱 바람직하다. 이와 관련하여 구체적인 내용은 하기 {실시예 및 평가}에서 상세하게 설명한다.

[0065] 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법은 상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액을 제거하는 제2단계를 포함한다. 본 발명의 상기 배지에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액은 중력 배수에 의하여 제거되는 것이 바람직하나, 이에 특별히 한정되는 것은 아니다. 이는 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층이 형성되면, 산화마그네슘(MgO) 용액으로부터 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석을 분리하는 과정이 필요하기 때문이다.

[0066] 한편, 상기 마이크로파를 조사함으로써 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석이 건조 및 소성될 수 있다.

[0067] 도 2a는 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 흡착제 제조방법을 각 단계별로 이미지를 도시하여 나타낸 것이다. 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법을 각 단계별로 이미지를 도시하여 나타낸 것이다. 도 2a 및 도 2b를 참고하면, 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사하여 건조 및 소성이 이루어지는 것을 확인할 수 있다.

[0068] 보다 구체적으로 상기 마이크로파를 조사함으로써 기존의 전기로를 이용한 담지 소성법 중 건조, 소성 및 건조 단계가 일괄적으로 처리될 수 있는 장점이 있다. 기존의 전기로를 이용한 담지 소성법의 경우 60℃에서 2 분 내지 5 분 동안 2차례 이상 건조가 수행되어 흡착제를 생산하는데 오랜 시간이 소요되는 문제가 있으나, 마이크로파를 조사하여 담지 소성하는 경우 별도의 건조가 이루어질 필요가 없어 상대적으로 빠른 시간 내에 대량으로 흡착제를 생산할 수 있다는 장점이 있다.

[0069] 또한, 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법은 기존의 전기로를 이용한 담지 소성법을 대신하여 마이크로파를 조사함으로써 공정 설계 감소를 통한 에너지 효율을 증대시킬 수 있다. 구체적으로, 기존의 전기로를 이용한 담지 소성법은 습식 공정 및 건식 공정을 반복하여 담지 소성을 시킴으로써 일괄적인 처리가 어렵고 복잡한 공정을 거쳐야 하는 문제점이 있다. 그러나 마이크로파를 조사하여 담지 소성하는 경우 소성 시간이 상대적으로 짧을뿐만 아니라, 습식일괄공정 처리가 가능하여 공정을 단순화시킬 수 있고 대량으로 흡착제를 생산할 수 있다는 장점이 있다.

[0070] 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법에서 상기 마이크로파를 조사하는 과정은 제거하고자 하는 대상 중금속 및 난분해성원소의 종류에 따라 1회 내지 5회 반복하여 마이크로파를 조사할 수 있다. 가령, 상기 마이크로파의 조사 횟수가 5회를 초과하는 경우 석탄 입자 상호간에 뭉침 현상이 일어나 상기 석탄 폐석을 파쇄해야 하고, 경우에 따라 석탄이 발화하여 화재가 발생할 수 있는 문제점이 있다.

[0071] 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법은 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사하여 소성이 이루어지는데, 상기 소성 온도는 100 ℃ 내지 150 ℃ 이내인 것이 바람직하다.

[0072] 가령, 상기 소성 온도가 100 ℃ 미만인 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0073] 반대로, 상기 소성 온도가 150 ℃를 초과하는 경우 석탄 입자 상호간에 뭉침 현상이 일어나 상기 석탄 폐석을 파쇄해야 하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0074] 한편, 본 발명의 상기 제1단계에서 조사되는 상기 마이크로파의 세기는 1 kW 내지 15 kW 이내인 것이 바람직하다. 가령, 상기 마이크로파의 세기가 1 kW 미만인 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0075] 반대로, 상기 마이크로파의 세기가 15 kW 를 초과하는 경우 석탄 입자 상호간에 뭉침 현상이 일어나 상기 석탄 폐석을 파쇄해야 하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0076] 또한, 본 발명의 상기 제1단계에서 마이크로파를 조사하는 시간은 1 분 내지 5 분 이내인 것이 바람직하다. 가령, 상기 마이크로파를 조사하는 시간이 1 분 미만인 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0077] 반대로, 상기 마이크로파를 조사하는 시간이 5 분을 초과하는 경우 석탄 입자 상호간에 뭉침 현상이 일어나 상기 석탄 폐석을 파쇄해야 하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0078] 또한, 본 발명의 상기 제1단계에서 마이크로파의 파원의 간격은 0.1 m 내지 0.5 m 이내인 것이 바람직하다. 가령, 상기 마이크로파의 파원의 간격이 0.1 m 미만인 경우 석탄 입자 상호간에 뭉침 현상이 일어나 상기 석탄 폐석을 파쇄해야 하고, 경우에 따라 석탄이 발화하여 화재가 발생할 수 있는 문제점이 있다.

[0079] 반대로, 상기 마이크로파의 파원의 간격이 0.5 m 을 초과하는 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0080] 또한, 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법에서 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 조사하여, 상기 석탄폐석 표면의 건조 소성 및 잔량의 제거되지 않은 상기 산화마그네슘 용액으로부터 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 추가 형성시키는 제3단계를 더 포함할 수 있다.

[0081] 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법의 상기 제2단계에서 중력배수를 통하여 산화마그네슘(MgO) 용액을 제거하는 과정을 거치지만, 잔량의 산화마그네슘 용액이 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석 표면 상에 남아 있을 수 있다. 이 경우 마이크로파를 조사하여 상기 석탄폐석 표면을 건조 소성시킴과 동시에 잔량의 제거되지 않은 상기 산화마그네슘 용액으로부터 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 추가 형성할 수 있다.

[0082] 또한, 본 발명의 상기 제3단계에서 마이크로파를 조사하는 시간은 1 분 내지 5 분 이내인 것이 바람직하나, 이에 한정되는 것은 아니다. 가령, 상기 마이크로파를 조사하는 시간이 1 분 미만인 경우 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu) 등과 같은 분해가 어려운 중금속 물질, 무기 오염물질의 처리 효율성이 떨어지고, 상기 마그네슘 코팅층이 상기 석탄 폐석 표면으로부터 탈착되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0083] 반대로, 상기 마이크로파를 조사하는 시간이 5 분을 초과하는 경우 석탄 입자 상호간에 뭉침 현상이 일어나 상기 석탄 폐석을 파쇄해야 하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0084] 한편, 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 제조방법에서 상기 제2단계 및 상기 제3단계가 순차적으로 진행되거나 동시에 진행될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0085] 이하, 첨부한 도면 및 실시예들을 참조하여 본 명세서가 청구하는 바에 대하여 더욱 자세히 설명한다. 다만, 본 명세서에서 제시하고 있는 도면 내지 실시예 등은 통상의 기술자에게 의하여 다양한 방식으로 변형되어 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 본 명세서의 기재사항은 본 발명을 특정 개시 형태에 한정되는 것이 아니고 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 균등물 내지 대체물을 포함하고 있는 것으로 보아야 한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명을 통상의 기술자로 하여금 더욱 정확하게 이해할 수 있도록 돕기 위하여 제시되는 것으로서 실제보다 과장되거나 축소되어 도시될 수 있다.

[0087] {실시예 및 평가}

[0088] 실시예 1. 침지 시간 20 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0089] 석탄폐석 표면 상에 세기가 1 kW이고, 파원의 간격이 0.3 m인 마이크로파를 2 분 동안 조사함과 동시에, 상기 석탄폐석 4g을 0.5 M의 산화마그네슘(MgO) 용액 40 mL가 담긴 용기에 20 초 동안 침지하여 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 형성하였다. 이후 중력 배수를 이용해 상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액을 제거하고, 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 일정 시간동안 조사하여, 상기 석탄폐석 표면의 건조 소성 및 잔량의 제거되지 않은 상기 산화마그네슘 용액으로부터 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 추가 형성하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 1'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0091] 실시예 2. 침지 시간 40 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0092] 상기 석탄폐석을 상기 산화마그네슘 용액이 담긴 용기에 40 초동안 침지하는 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 2'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0094] 실시예 3. 침지 시간 60 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0095] 상기 석탄폐석을 상기 산화마그네슘 용액이 담긴 용기에 60 초동안 침지하는 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 3'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0097] 실시예 4. 침지 시간 80초 일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0098] 상기 석탄폐석을 상기 산화마그네슘 용액이 담긴 용기에 80 초동안 침지하는 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 4'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0100] 실시예 5. 침지 시간 100 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0101] 상기 석탄폐석을 상기 산화마그네슘 용액이 담긴 용기에 100 초동안 침지하는 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 5'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0103] 실시예 6. 침지 시간 120 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0104] 상기 석탄폐석을 상기 산화마그네슘 용액이 담긴 용기에 120 초동안 침지하는 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 6'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0106] 실시예 7. 마이크로파 조사 시간 10 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0107] 석탄폐석 표면 상에 세기가 1 kW이고, 파원의 간격이 0.3 m인 마이크로파를 10 초 동안 조사함과 동시에, 상기 석탄폐석 4g을 0.5 M의 산화마그네슘(MgO) 용액 40 mL가 담긴 용기에 40 초 동안 침지하여 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 형성하였다. 이후 중력 배수를 이용해 상기 용기에서 상기 산화마그네슘(MgO) 용액을 제거하고, 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 일정 시간동안 조사하여, 상기 석탄폐석 표면의 건조 소성 및 잔량의 제거되지 않은 상기 산화마그네슘 용액으로부터 상기 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 추가 형성하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 7'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0109] 실시예 8. 마이크로파 조사 시간 20 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0110] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 20 초 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 8'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0112] 실시예 9. 마이크로파 조사 시간 30 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0113] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 30 초 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 9'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0115] 실시예 10. 마이크로파 조사 시간 40 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0116] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 40 초 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 10'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0118] 실시예 11. 마이크로파 조사 시간 50 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0119] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 50 초 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 11'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0121] 실시예 12. 마이크로파 조사 시간 60 초일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0122] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 60 초 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 12'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0124] 실시예 13. 마이크로파 조사 시간 2 분일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0125] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 2 분 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 13'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0127] 실시예 14. 마이크로파 조사 시간 3 분일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0128] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 3 분 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 14'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0130] 실시예 15. 마이크로파 조사 시간 3.5 분일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0131] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 3.5 분 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 15'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0133] 실시예 16. 마이크로파 조사 시간 4.5 분일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0134] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 4.5 분 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 16'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0136] 실시예 17. 마이크로파 조사 시간 5 분일 때 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제

[0137] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 5 분 동안 조사하는 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(이하 '실시예 17'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0139] 비교예 1. 마이크로파를 조사하지 않은 마그네슘 코팅된 석탄폐석 흡착제

[0140] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 조사하는 단계를 포함하지 않는 점을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일한 방법으로 제조하여 마그네슘이 코팅된 석탄폐석 흡착제(이하 '비교예 1'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0142] 비교예 2. 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제

[0143] 석탄폐석 4 g 그 자체를 흡착제(이하 '비교예 2'이라 한다)로 하였다.

[0145] 비교예 3. 소성 과정을 거친 석탄폐석 흡착제

[0146] 석탄폐석 4 g 을 약 120 ℃에서 60 초 동안 소성하여 흡착제(이하 '비교예 3'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0148] 비교예 4. 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄폐석 흡착제

[0149] 석탄폐석 표면 상에 상기 마이크로파를 조사하는 단계를 대신하여, 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석을 60 ℃의 오븐(Oven)에서 충분한 시간동안 건조한다. 이후 튜브형 전기로에서 질소(N_2) 분위기 하에서 약 500 ℃의 온도로 소성하고, 충분한 시간동안 자연 냉각 후 탈이온수로 세척하고 다시 60 ℃의 오븐(Oven)에서 충분한 시간동안 건조하여 마그네슘이 코팅된 석탄폐석 흡착제(이하 '비교예 4'이라 한다)를 얻을 수 있었다.

[0151] 실험예 1. 침지 시간에 따른 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율 측정

[0152] 석탄폐석 4g을 0.5 M의 산화마그네슘(MgO) 용액 40 mL가 담긴 용기에 침지하는 시간을 각각 20 초(실시예 1), 40 초(실시예 2), 60 초(실시예 3), 80 초(실시예 4), 100 초(실시예 5) 및 120 초(실시예 6)일 때로 특정하여 제조한 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제를 25 ℃, 200 rpm 조건하에 농도가 약 50.0 ppm이고, pH 약 5 인 3가 비소(As(Ⅲ))가 함유된 용액에 24 시간동안 처리하여 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율을 평가하였다.

[0154] 실험예 2. 마이크로파 조사 시간에 따른 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율 측정

[0155] 석탄폐석 표면 상에 세기가 1 kW인 마이크로파를 조사하는 시간을 각각 1 분(실시예 12), 2 분(실시예 13), 3 분(실시예 14), 3.5 분(실시예 15), 4.5 분(실시예 16) 및 5 분(실시예 17)일 때로 특정하여 제조한 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제를 25 ℃, 200 rpm 조건하에 농도가 약 50.0 ppm이고, pH 약 5 인 3가 비소(As(Ⅲ))가 함유된 용액에 24 시간동안 처리하여 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율을 평가하였다.

[0157] 실험예 3. 마이크로파 조사 시간에 따른 TPH 흡착 및 제거율 측정

[0158] 석탄폐석 표면 상에 세기가 1 kW인 마이크로파를 조사하는 시간을 각각 10 초(실시예 7), 20 초(실시예 8), 30 초(실시예 9), 40 초(실시예 10), 50 초(실시예 11) 및 1 분(실시예 12)일 때로 특정하여 제조한 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제와 마이크로파를 조사하지 않은 마그네슘 코팅된 석탄폐석 흡착제인 비교예 1을 25 ℃, 200 rpm 조건하에 농도가 약 1000 ppm인 석유계총탄화수소(Total petroleum hydrocarbon, TPH) 용액 40 mL에 24 시간동안 처리하여 TPH 흡착 및 제거율을 평가하였다.

[0160] 실험예 4. 흡착제별 3가 비소(As(Ⅲ)), 카드뮴(Cd(Ⅱ)) 및 구리(Cu(Ⅱ)) 흡착 및 제거율 측정

[0161] 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제(실시예 12), 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제(비교예 2) 및 소성 과정을 거친 석탄폐석 흡착제(비교예 3)를 25 ℃, 200 rpm 조건하에 농도가 약 50.0 ppm이고, pH 약 5 인 3가 비소(As(Ⅲ))가 함유된 용액, 약 50.0 ppm의 카드뮴(Cd(Ⅱ))이 함유된 용액 및 약 50.0 ppm의 구리(Cu(Ⅱ))가 함유된 용액에 각각 24 시간동안 처리하여 흡착 및 제거율을 평가하였다.

[0163] 실험예 5. 흡착제별 비표면적 및 흡착에너지 측정

[0164] 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제(실시예 7, 실시예 12), 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제(비교

예 2) 및 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제(비교예 4)별로 EDS 분석을 통해 비표면적 및 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy) 분석을 통해 흡착에너지를 측정하였다.

[0166] 평가 1. 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 최적 침지 시간

[0167] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 침지 시간별 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

[0168] 하기 표 1는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 침지 시간별 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율과 최종 pH 결과를 나타낸 것이다.

표 1

[0169]

	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	실시예 6
침지 시간	20 초	40 초	60 초	80 초	100 초	120 초
As(Ⅲ) 제거율	69 %	78 %	67 %	69 %	63 %	65 %
최종 pH	9.1	9.6	9.12	9.10	9.02	9.24

[0170] 도 3 및 상기 표 1을 참조하면, 실험예 1의 결과로서 실시예 1 내지 실시예 6의 흡착제 모두 우수한 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율을 나타내었고, 그 중에서도 석탄폐석을 산화마그네슘(MgO) 용액이 담긴 용기에 침지하는 시간이 40 초일때(실시예 2) 가장 우수한 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0172] 평가 2. 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 최적 마이크로파 조사 시간

[0173] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 마이크로파 조사 시간별 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

[0174] 하기 표 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 마이크로파 조사 시간별 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율과 최종 pH 결과를 나타낸 것이다.

표 2

[0175]

	실시예 12	실시예 13	실시예 14	실시예 15	실시예 16	실시예 17
마이크로파 조사 시간	1 분	2 분	3 분	3.5 분	4.5 분	5 분
As(Ⅲ) 제거율	70 %	72 %	91 %	93 %	88 %	81 %
최종 pH	9.00	9.04	9.31	9.39	9.49	9.52

[0176] 도 4 및 상기 표 2를 참조하면, 실험예 2의 결과로서 실시예 12 내지 실시예 17의 흡착제 모두 우수한 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율을 나타내었고, 그 중에서도 석탄폐석 표면 상에 세기가 1 kW이고, 파원의 간격이 0.3 m인 마이크로파를 3 분(실시예 14) 내지 3.5 분(실시예 15) 조사했을 때 가장 우수한 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0178] 평가 3. 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제의 TPH 흡착 및 제거

[0179] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 마이크로파 조사 시간별 석유계총탄화수소(Total petroleum hydrocarbon, TPH) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

[0180] 도 5를 참조하면, 실험예 3의 결과로서 실시예 7 내지 실시예 12의 흡착제 모두 우수한 TPH 흡착 및 제거율을 나타내었고, 그 중에서도 석탄폐석 표면 상에 세기가 1 kW이고, 파원의 간격이 0.3 m인 마이크로파를 40 초 조사했을 때(실시예 10) 가장 우수한 TPH 흡착 및 제거율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0181] 하기 표 3은 실시예 7 내지 실시예 12의 흡착제의 석유계총탄화수소(Total petroleum hydrocarbon, TPH) 제거율을 나타낸 것이다.

표 3

[0182]

	비교예 1	실시예 7	실시예 8	실시예 9	실시예 10	실시예 11	실시예 12
마이크로파 조사 시간	0 초	10 초	20 초	30 초	40 초	50 초	1 분
TPH 제거율	88 %	91 %	92 %	92 %	94 %	91 %	92 %

[0183] 상기 표 3을 참조하면, 상기 마그네슘 코팅층이 형성된 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사하지 않은 흡착제(비교예 1)에 비하여, 석탄폐석 표면 상에 마이크로파를 조사하는 본 발명의 일 실시예에 따른 흡착제(실시예 7 내지 실시예 12)의 경우 유기 오염물질을 흡착 및 제거하는데 탁월한 효과가 있다. 보다 구체적으로, 석탄폐석 표면 상에 세기가 1 kW이고, 파원의 간격이 0.3 m인 마이크로파를 40 초 가량 조사하는 경우(실시예 10) 유기 오염물질 흡착 및 제거율이 가장 뛰어난 것을 확인할 수 있다.

[0185] 평가 4. 흡착제별 3가 비소(As(Ⅲ)), 카드뮴(Cd(Ⅱ)) 및 구리(Cu(Ⅱ)) 흡착 및 제거

[0186] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제의 SEM(scanning electron microscope) 이미지를 도시한 것이다.

[0187] 도 6b는 본 발명의 비교예에 따른 석탄 폐석의 SEM(scanning electron microscope) 이미지를 도시한 것이다.

[0188] 도 6c는 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제의 SEM(scanning electron microscope) 이미지를 도시한 것이다.

[0189] 도 6a 내지 도 6c를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제(실시예 12)는 97 %, 반면에 본 발명의 비교예에 따른 석탄 폐석(비교예 2)은 17 %, 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제(비교예 4)는 86.8 %이다.

[0190] 실시예 12의 흡착제 및 비교예 2 내지 비교예 4의 흡착제의 3가 비소(As(Ⅲ)), 카드뮴(Cd(Ⅱ)) 및 구리(Cu(Ⅱ)) 제거율을 하기 표 4에 나타내었다.

표 4

[0191]

	실시예 12	비교예 2	비교예 3	비교예 4
As(Ⅲ) 제거율	97 %	17.1 %	18.6 %	86.8 %
Cd(Ⅱ) 제거율	99.1 %	82.7 %	53.1 %	98 %
Cu(Ⅱ) 제거율	99.9 %	100 %	99.4 %	100 %

[0192] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제와 본 발명의 비교예에 따른 흡착제들의 3가 비소(As(Ⅲ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.도 7 및 상기 표 4를 참조하면, 실험예 4의 결과로서 실시예 12의 흡착제는 3가 비소(As(Ⅲ)) 제거율이 97 %인 반면에, 비교예 2 내지 비교예 4의 흡착제는 각각 17.1 %, 18.6 % 및 86. 8 %로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0193] 구체적으로, 석탄 폐석 그 자체를 흡착제(비교예 2 및 비교예 3)로 이용하는 것보다 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함하는 석탄 폐석 흡착제(실시예 12 및 비교예 4)를 이용하는 경우 3가 비소(As(Ⅲ))를 흡착 및 제거하는데 더 탁월한 효과가 있고, 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 흡착제(비교예 4)보다 마이크로파를 조사하는 담지소성법을 통해 제조된 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(실시예 12)가 3가 비소(As(Ⅲ))를 흡착 및 제거하는데 더 뛰어난 효과가 있는 것을 확인할 수 있다.

[0194] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제와 본 발명의 비교예에 따른 흡착제들의 카드뮴(Cd(Ⅱ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

[0195] 도 8 및 상기 표 4를 참조하면, 실험예 4의 결과로서 실시예 12의 흡착제는 카드뮴(Cd(Ⅱ)) 제거율이 99.1 %인 반면에, 비교예 2 내지 비교예 4의 흡착제는 각각 82.7 %, 53.1 % 및 98 %로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0196] 구체적으로, 석탄 폐석 그 자체를 흡착제(비교예 2 및 비교예 3)로 이용하는 것보다 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함하는 석탄 폐석 흡착제(실시예 12 및 비교예 4)를 이용하는 경우 카드뮴(Cd(Ⅱ))을 흡착 및 제거하는데 더 탁월한 효과가 있고, 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 흡착제(비교예 4)보다 마이

크로파를 조사하는 담지소성법을 통해 제조된 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제(실시예 12)가 카드뮴(Cd(Ⅱ))을 흡착 및 제거하는데 조금 더 뛰어난 효과가 있는 것을 확인할 수 있다.

[0197] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제와 본 발명의 비교예에 따른 흡착제들의 구리(Cu(Ⅱ)) 흡착 및 제거율의 결과를 그래프로 도시한 것이다.

[0198] 도 9 및 상기 표 4를 참조하면, 실험예 4의 결과로서 실시예 12의 흡착제는 구리(Cu(Ⅱ)) 제거율이 99.9 %이고, 비교예 2 내지 비교예 4의 흡착제는 각각 100 %, 99.4 % 및 100 %로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0199] 구체적으로, 실시예 12의 흡착제 및 비교예 2 내지 비교예 4의 흡착제 모두 석탄 폐석을 흡착제의 반응매질로 하는 점에 비추어 모두 우수한 구리(Cu(Ⅱ)) 제거율을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

[0201] 평가 5. 흡착제별 비표면적 및 흡착에너지 분석

[0202] 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제(실시예 12) 및 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제(비교예 2)에 대해 EDS 분석을 통해 비표면적, 평균 공극 직경 및 전체 공극 부피를 측정하여 하기 표 5에 나타내었다.

표 5

[0203]

	실시예 12	비교예 2
비표면적(m^2/g)	50.78	31.75
평균 공극 직경(nm)	5.13	4.24
전체 공극 부피(cm^3/g)	0.065	0.034

[0204] 도 10은 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제 및 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제에 대해 EDS 분석을 통해 비표면적 결과를 도시한 것이다.상기 표 5 및 도 10을 참조하면, 실시예 12에 따른 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 비교예 2의 석탄폐석 그 자체로의 흡착제에 비하여 비표면적이 약 1.3 배 이상 큰 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 석탄폐석 그 자체로의 흡착제에 비하여 비표면적이 증가함으로써 중금속 흡착 및 제거 능력이 향상될 것을 추정할 수 있다.

[0205] 도 11은 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제 및 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제의 XPS 분석을 통한 흡착에너지 결과를 도시한 것이다.

[0206] 도 12는 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제 및 석탄폐석 그 자체로서의 흡착제의 SEM(scanning electron microscope) 이미지를 도시한 것이다.

[0207] 도 11 및 도 12를 참조하면, 실시예 12에 따른 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 비교예 2의 석탄폐석 그 자체로의 흡착제에 비하여 흡착에너지가 약 1.7 배 이상 큰 것을 확인할 수 있고 또한, 실시예 12에 따른 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 비교예 2의 석탄폐석 그 자체로의 흡착제에 비하여 높은 흡착에너지를 가짐에 따라 실제 중금속이 흡착되어 2차 광물로 존재하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 석탄폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층을 형성함에 따라 높은 비표면적 및 높은 흡착에너지로 인하여 중금속 흡착 및 제거 능력이 향상되는 것을 확인 할 수 있다.

[0208] 한편, 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제(실시예 7) 및 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제(비교예 4)에 대해 EDS 분석을 통해 비표면적 및 전체 공극 부피를 측정하여 하기 표 6에 나타내었다.

표 6

[0209]

	실시예 7	비교예 4
비표면적(m^2/g)	33.12	17.56
전체 공극 부피(cm^3/g)	0.29	0.15

[0210] 도 13은 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제(실시예 7) 및 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제(비교예 4)에 대해 EDS 분석 결과를 도시한 것이다.도 13을 참조하면, 실시예 7에 따른 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 비교예 4의 전기로를 이용한

담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제에 비하여 마그네슘 코팅층이 석탄 폐석 표면 상에 골고루 형성되어 국지적으로 안정된 마그네슘 코팅층이 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0211] 도 14는 본 발명 일 실시예에 따른 유무기 오염물질 흡착제(실시예 7) 및 본 발명의 비교예에 따른 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제(비교예 4)에 대해 EDS 분석을 통해 비표면적 결과를 도시한 것이다.

[0212] 상기 표 6 및 도 14를 참조하면, 실시예 7에 따른 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 비교예 4의 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제에 비하여 비표면적과 전체 공극 부피가 약 1.8 배 이상 큰 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 발명의 유무기 오염물질 흡착제는 전기로를 이용한 담지소성법을 통해 제조된 마그네슘 코팅된 석탄 폐석 흡착제에 비하여 석탄 폐석 표면 상에 마그네슘 코팅층이 골고루 형성될 뿐만 아니라 상대적으로 더 많은 양의 마그네슘 코팅층이 형성됨에 따라 중금속 흡착 및 제거 능력이 더 향상되는 것을 확인할 수 있다.

[0213] 상술한 바에 따른 본 발명의 석탄폐석 및 상기 석탄폐석 표면 상에 형성된 마그네슘 코팅층을 포함하는 유무기 오염물질 흡착제는 폐자원을 활용하여 경제적이고 친환경적으로 제작이 가능하며, 유무기 오염물질을 효과적으로 처리할 수 있다.

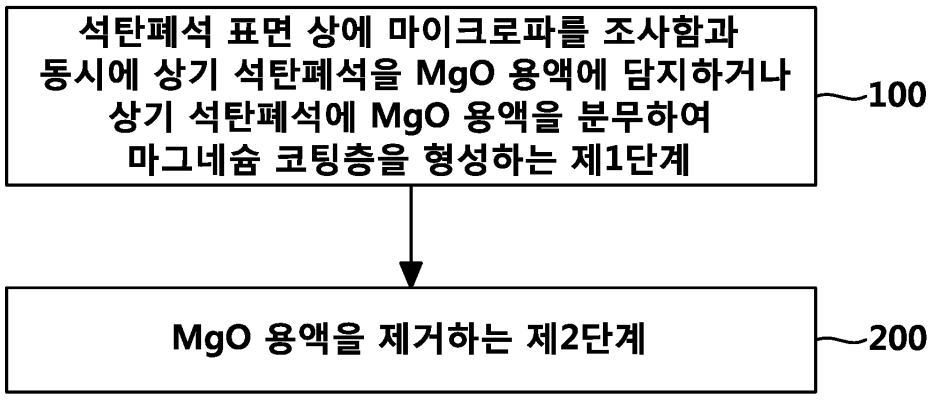
[0214] 또한, 상기 본 발명의 제조방법에 따르면 기존의 담지소성법을 개선하여 복잡한 반응공정을 줄임에 따라 유무기 오염물질 흡착제의 처리 효율성을 증대시키고, 대량으로 제조할 수 있어 양산성이 매우 우수한 효과를 제공할 수 있다.

[0215] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다.

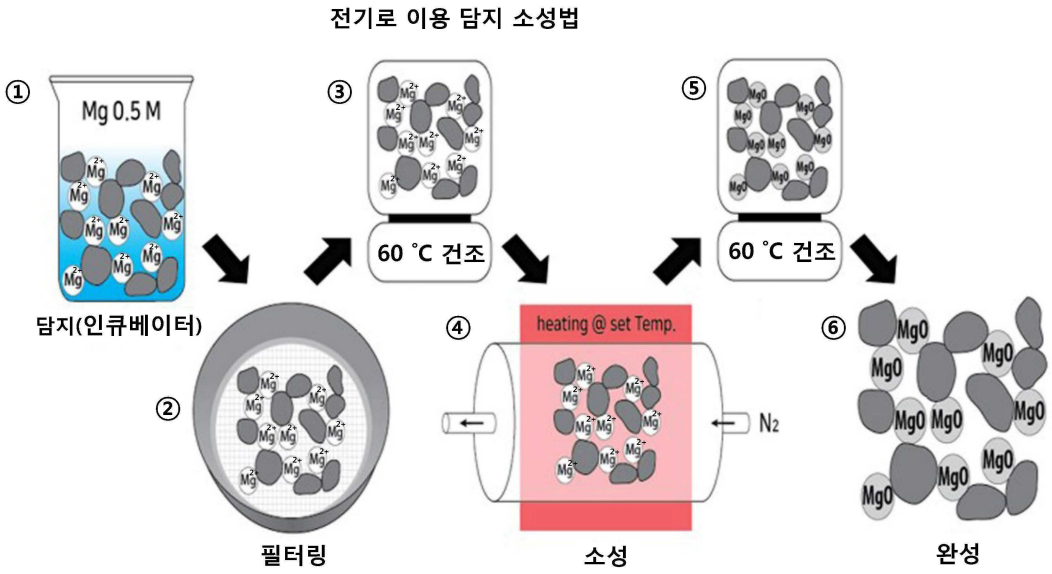
[0216] 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

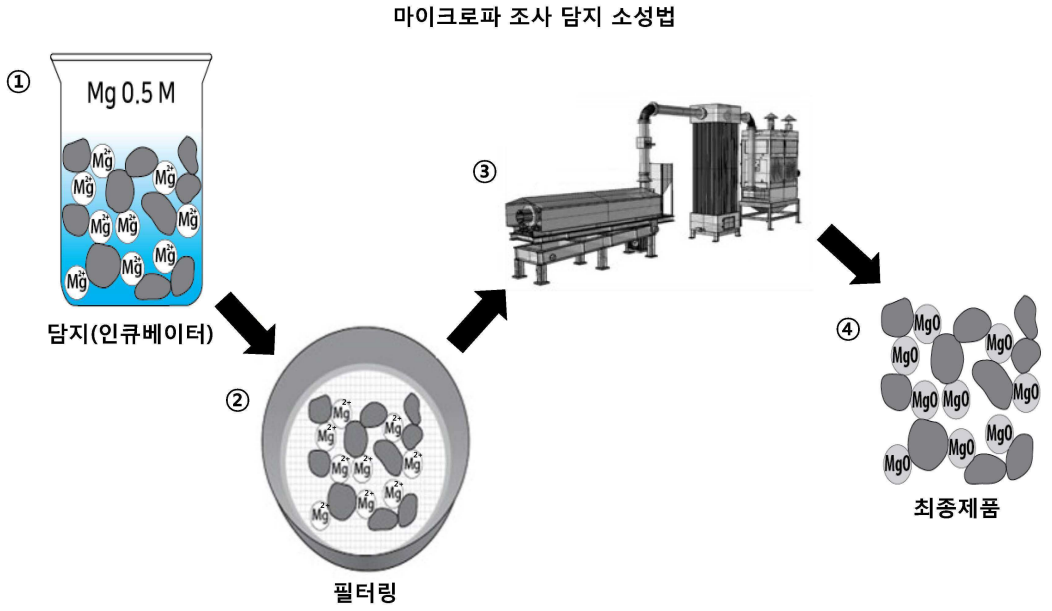
도면1



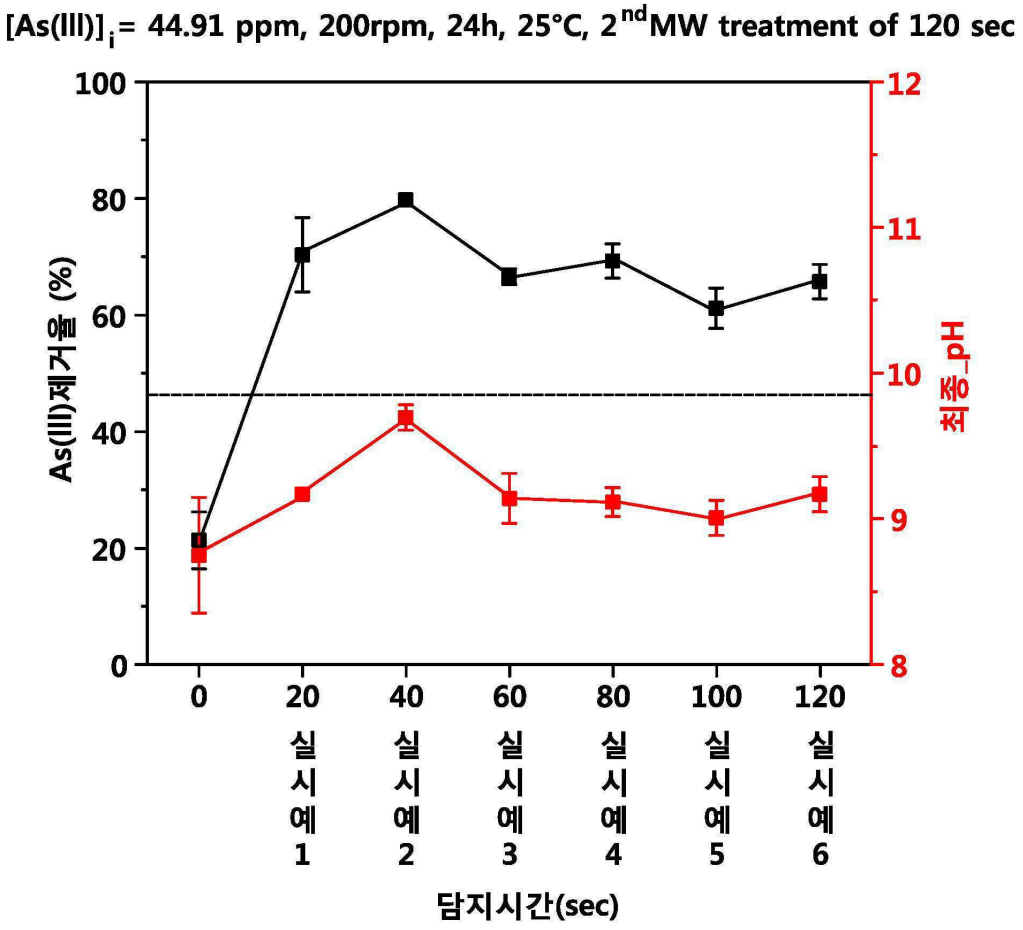
도면2a


전기로 이용 담지 소성법
①
Mg 0.5 M
담지(인큐베이터)
②
필터링
③
60 ℃ 건조
④
heating @ set Temp.
N2
소성
⑤
60 ℃ 건조
⑥
MgO
완성

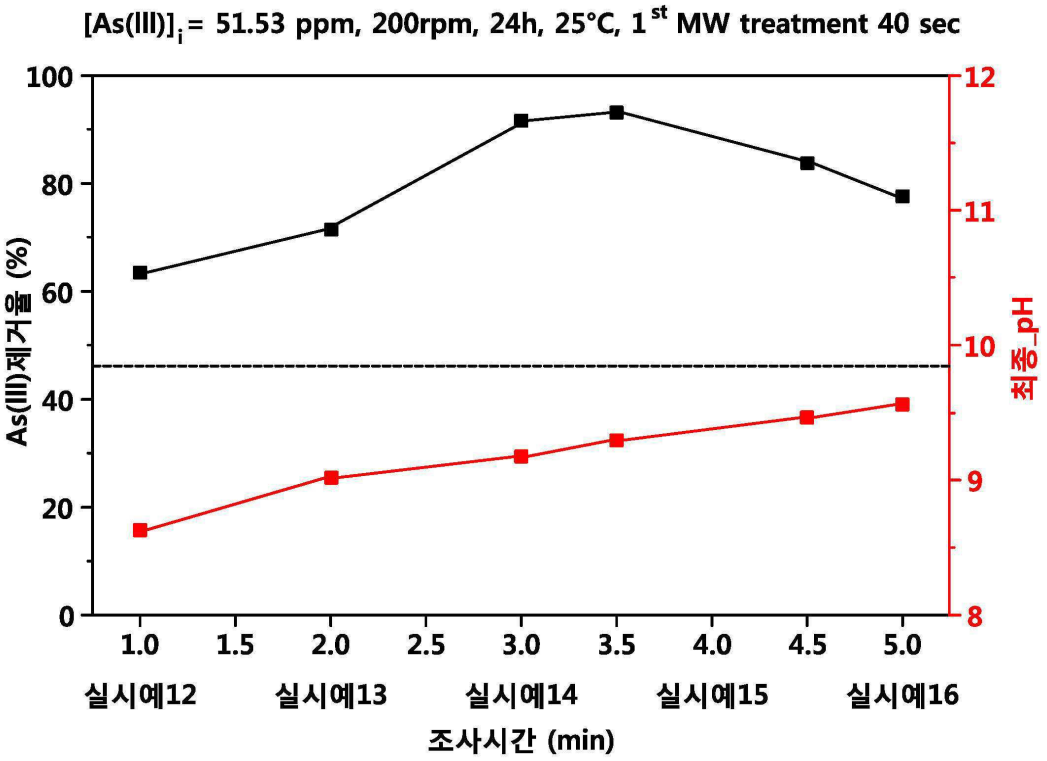
도면2b


마이크로파 조사 담지 소성법
①
Mg 0.5 M
담지(인큐베이터)
②
필터링
③
④
MgO
최종제품

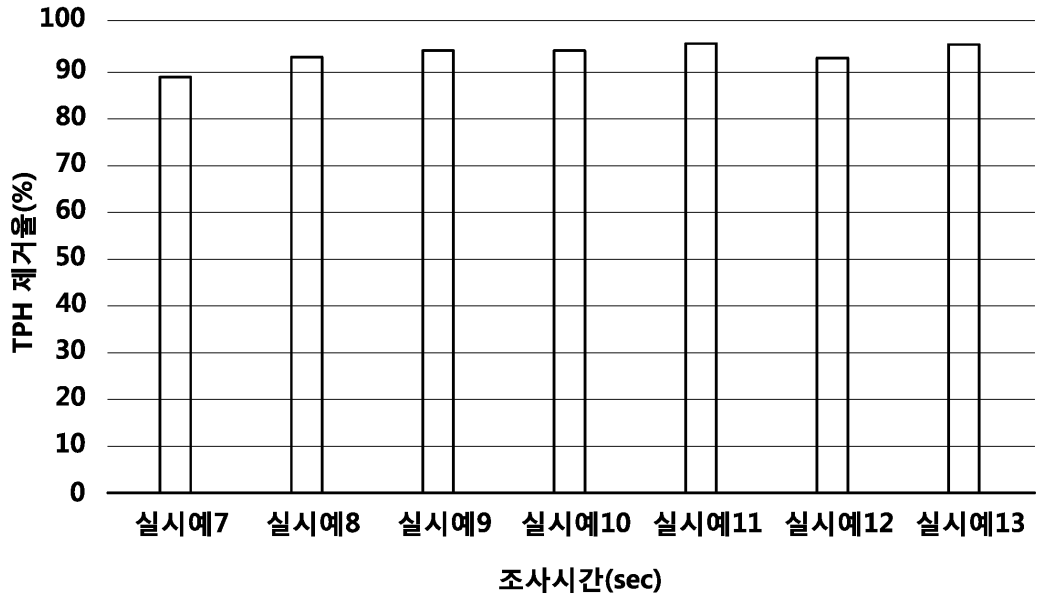
도면3


[As(III)]i = 44.91 ppm, 200rpm, 24h, 25°C, 2nd MW treatment of 120 sec
As(III)제거율 (%)
pH
100
80
60
40
20
0
12
11
10
9
8
0
20
40
60
80
100
120
실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4
실시예 5
실시예 6
담지시간(sec)

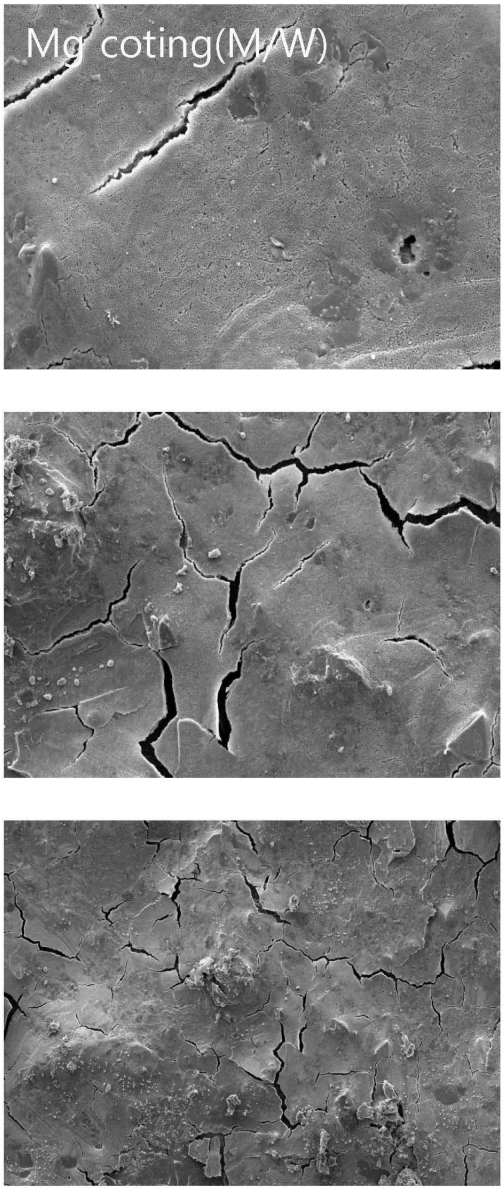
도면4


[As(III)]i = 51.53 ppm, 200rpm, 24h, 25°C, 1st MW treatment 40 sec
As(III)제거율 (%)
처종_pH
100
80
60
40
20
0
12
11
10
9
8
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
실시예12
실시예13
실시예14
실시예15
실시예16
조사시간 (min)

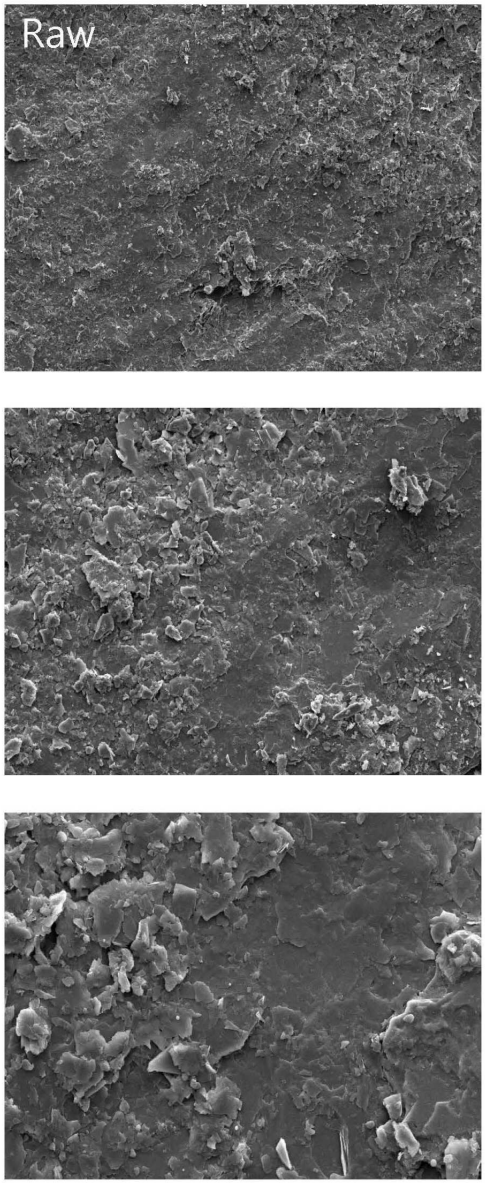
도면5


TPH 제거율(%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
실시예7
실시예8
실시예9
실시예10
실시예11
실시예12
실시예13
조사시간(sec)

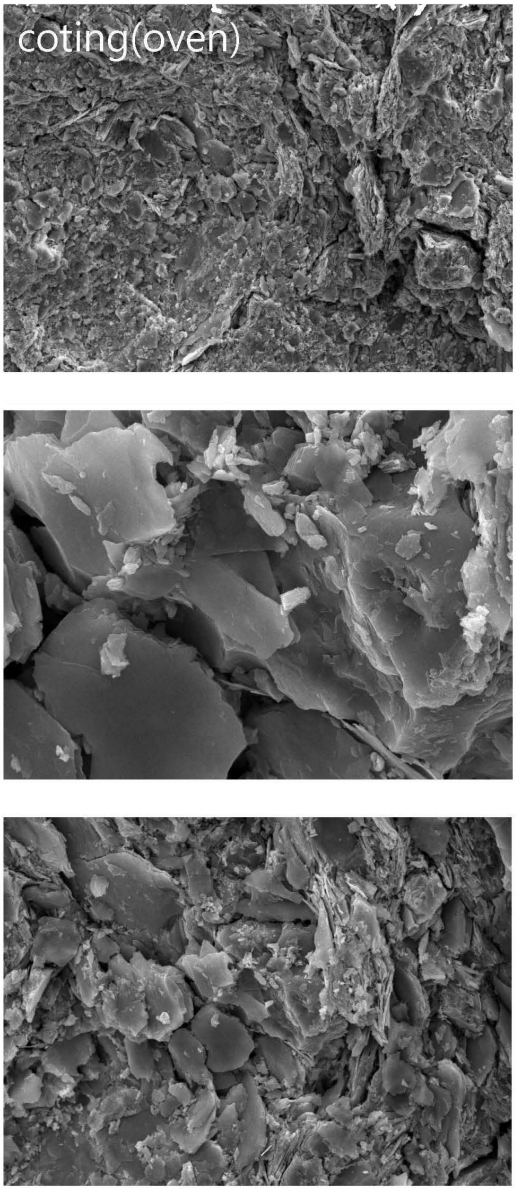
도면6a



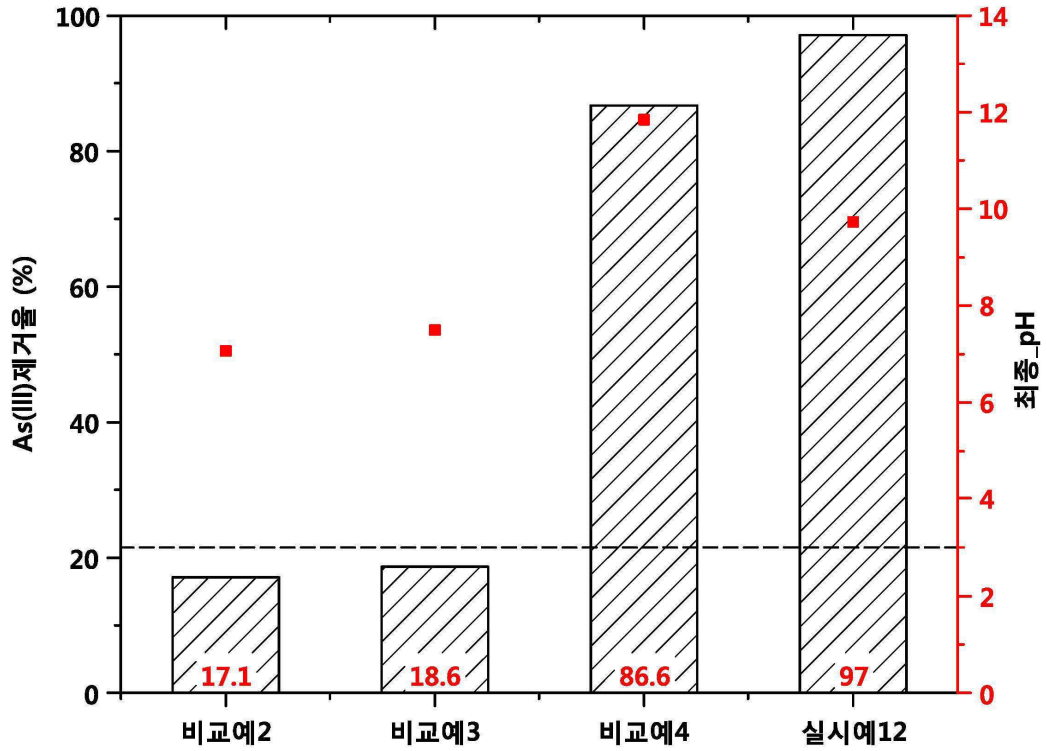
도면6b



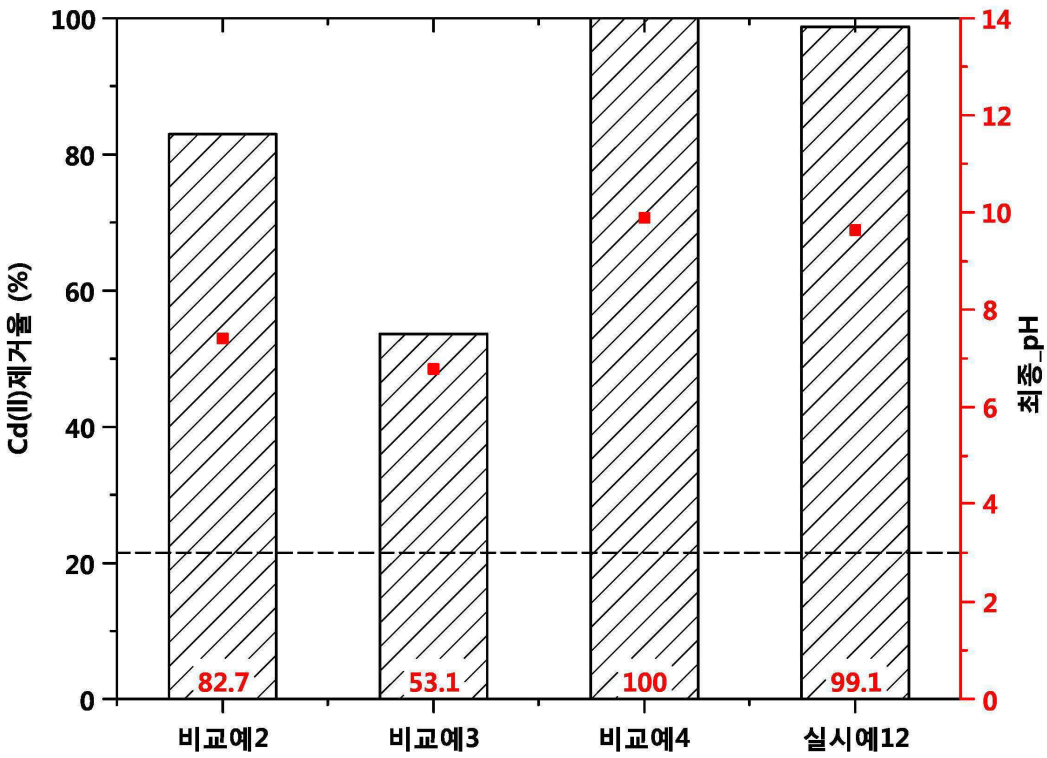
도면6c



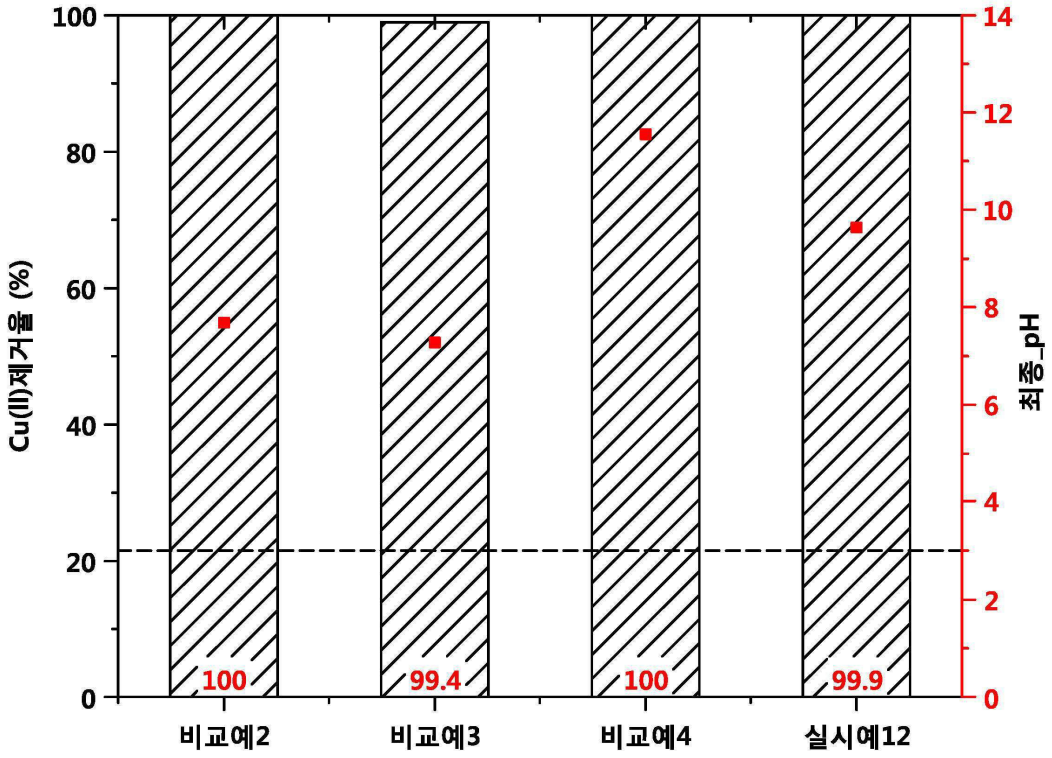
도면7


As(III)제거율 (%)
최종_pH
17.1
18.6
86.6
97
비교예2
비교예3
비교예4
실시예12

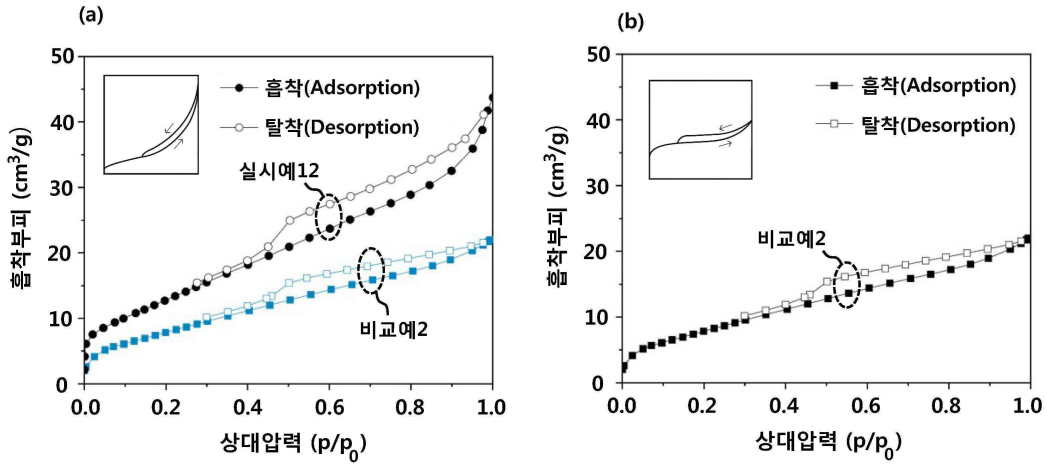
도면8


Cd(II)제거율 (%)
최종_pH
82.7
53.1
100
99.1
비교예2
비교예3
비교예4
실시예12

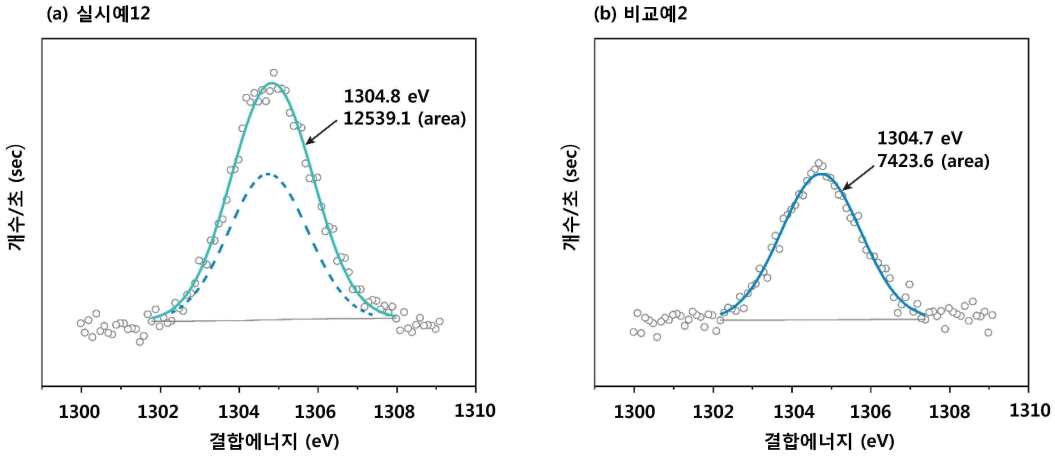
도면9


Cu(II)제거율 (%)
최종_pH
100
99.4
100
99.9
비교예2
비교예3
비교예4
실시예12

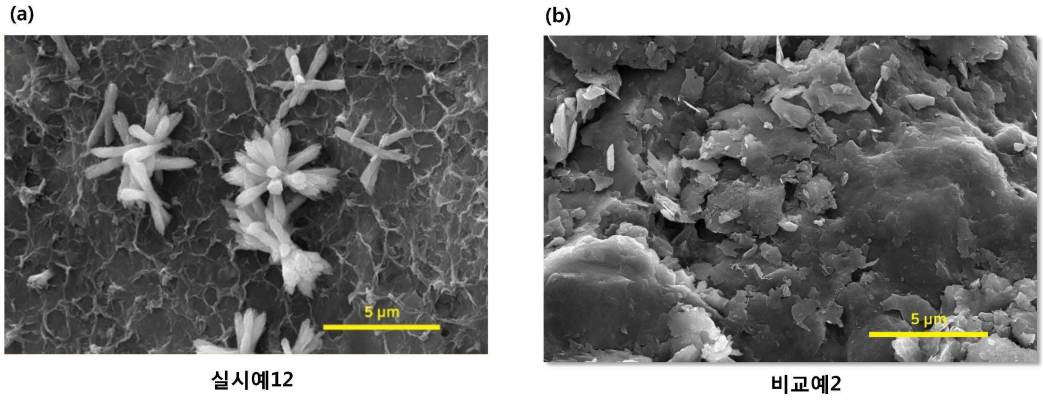
도면10


(a)
(b)
흡착(Adsorption)
탈착(Desorption)
실시예12
비교예2
흡착부피 (cm³/g)
상대압력 (p/p0)

도면11

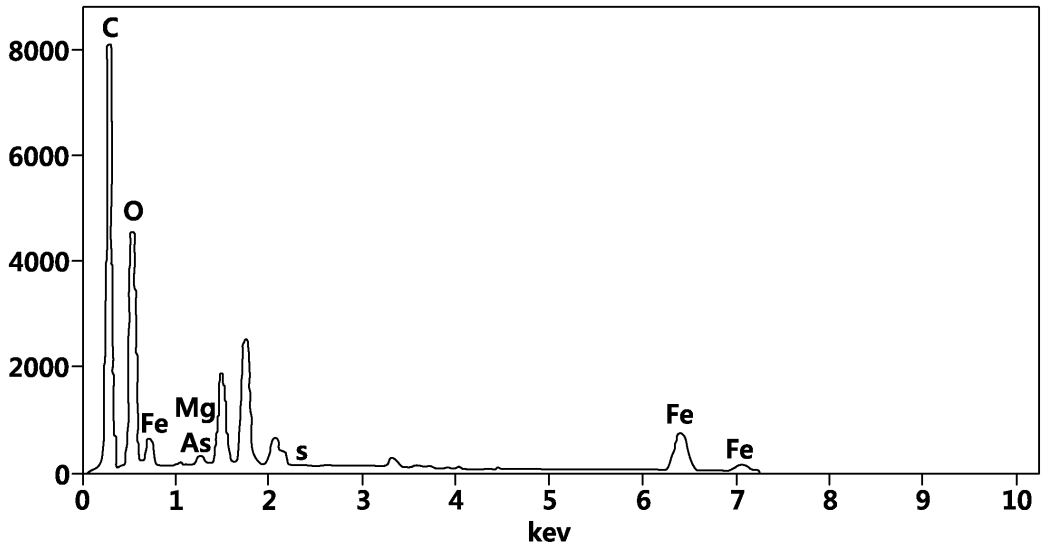

(a) 실시예12
1304.8 eV
12539.1 (area)
개수/초 (sec)
1300
1302
1304
1306
1308
1310
결합에너지 (eV)
(b) 비교예2
1304.7 eV
7423.6 (area)
개수/초 (sec)
1300
1302
1304
1306
1308
1310
결합에너지 (eV)

도면12


(a)
5 μm
실시예12
(b)
5 μm
비교예2

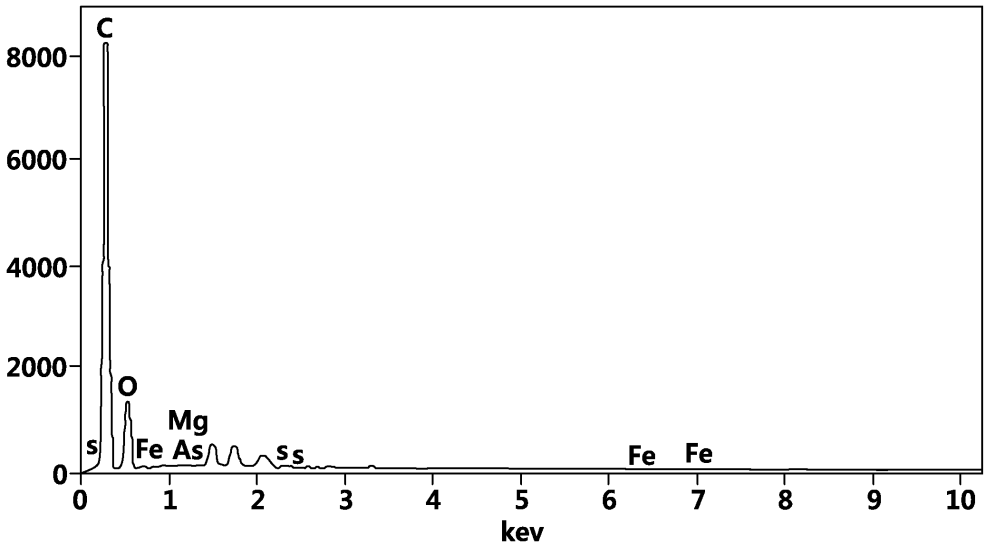
도면13

실시예7



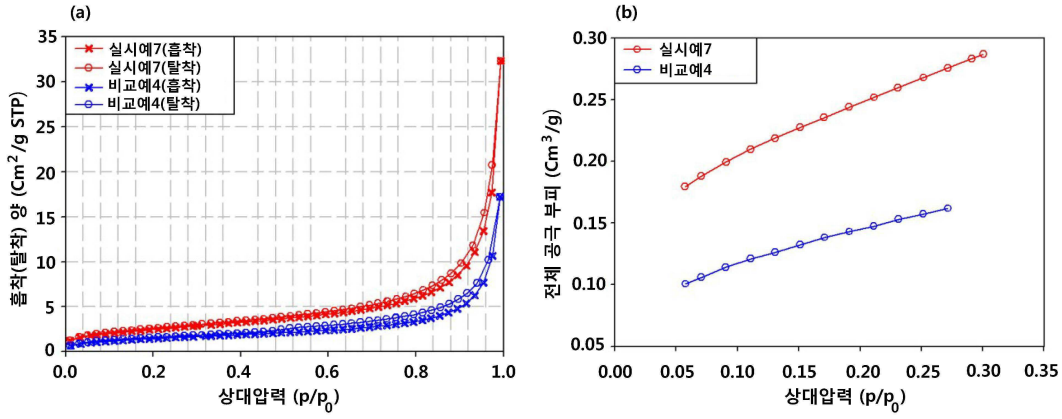
(a)

비교예4



(b)

도면14


(a)
실시예7(흡착)
실시예7(탈착)
비교예4(흡착)
비교예4(탈착)
흡착(탈착) 양 (Cm²/g STP)
상대압력 (p/p0)
(b)
실시예7
비교예4
전체 공극 부피 (Cm³/g)
상대압력 (p/p0)