

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0107195

(43) 공개일자 2020년09월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 67/00 (2006.01) B01D 69/08 (2006.01)

B01D 69/10 (2006.01) B01D 71/02 (2006.01)

C02F 1/28 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 67/0055 (2013.01)

B01D 67/0088 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0025938

(22) 출원일자 2019년03월06일

심사청구일자 2019년03월06일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이순재

서울특별시 동대문구 전농로16길 51, 110동 503호(전농동, 래미안아름숲)

조호영

서울특별시 서초구 반포대로 275, 111동 1702호(반포동, 래미안퍼스티지아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

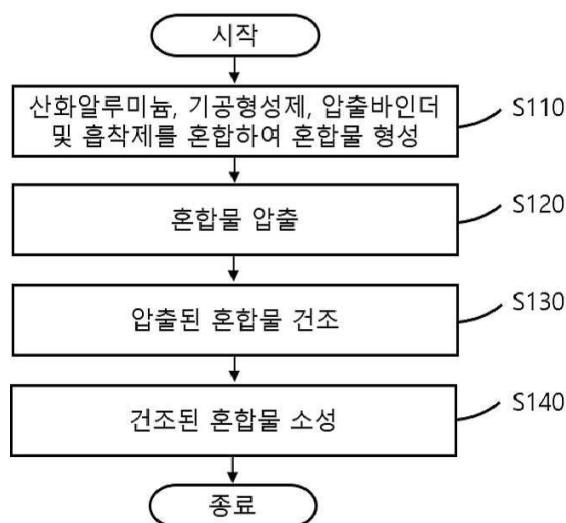
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 세라믹 분리막 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 세라믹 분리막 제조 방법 및 세라믹 분리막의 코팅 방법을 개시한다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 분리 공정 중 오염 물질의 선택적 제어가 가능하고, 촉매 담지 분리막 등의 다기능성 분리막의 적용으로 단순 분리 이외에 대기 정화, 기체 분리 등 다양한 공정에 이용 가능한 세라믹 분리막을 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 67/0095 (2013.01)

B01D 69/08 (2013.01)

B01D 69/10 (2013.01)

B01D 71/025 (2013.01)

C02F 1/281 (2013.01)

(72) 발명자

이영재

서울특별시 양천구 목동서로 38, 122동 706호(목동, 목동신시가지아파트1단지)

김봉주

광주광역시 광산구 왕버들로 255, 101동 802호(신창동, 정원씨티캐슬)

구자영

경상북도 김천시 시청6길 35, 101동 1103호(신음동, 김천우방타운)

이선용

서울특별시 성동구 독서당로 441, 6동 402호(행당동, 신동아아파트)

나선원

서울특별시 동대문구 안암로 104-1, 403호(제기동)

장봉수

서울특별시 은평구 가좌로7가길 35-10, 301호(응암동, 세영메트로)

곽은지

서울특별시 동작구 보라매로 70, 103동 1102호(신대방동, 보라매e편한세상아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2017000140010
부처명	환경부
과제관리(전문)기관명	한국환경산업기술원
연구사업명	환경산업선진화기술개발사업
연구과제명	유해중금속 제거를 위한 고기능성 Ceramic Microfilter 적용 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

산화알루미늄, 기공형성제, 압출바인더 및 흡착제를 혼합하여 혼합물을 형성하는 단계;

상기 혼합물을 압출하는 단계;

상기 압출된 혼합물을 건조하는 단계; 및

상기 건조된 혼합물을 소성하는 단계

를 포함하고,

상기 흡착제는 중금속 흡착 기능을 갖는 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 흡착제는 0가철(zero valent iron, ZVI), 산화아연, 산화지르코늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 세라믹 분리막은 중공을 포함하는 구조인 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 중공을 포함하는 구조는 관형, 평관형, 허니컴(honey comb)형, 모노리스(monolith)형, 및 중공사형 구조 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 압출된 혼합물을 건조하는 단계는,

상기 기공 형성제가 잔류하는 상태에서 건조되는 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 압출된 혼합물을 건조하는 단계는,

상기 기공 형성제가 잔류하는 상태에서 건조될 수 있도록 100 ℃ 내지 110 ℃에서 수행되는 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 7

산화알루미늄 지지체; 및

상기 산화알루미늄 지지체에 분포된 흡착제를 포함하는 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 흡착제는 0가철(zero valent iron, ZVI), 산화아연, 산화지르코늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 세라믹 분리막은 중공을 포함하는 구조인 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 중공을 포함하는 구조는 관형, 평관형, 허니컴(honey comb)형, 모노리스(monolith)형, 및 중공사형 구조 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 세라믹 분리막.

청구항 11

세라믹 분말을 포함하는 슬러리를 준비하는 단계;

상기 슬러리를 중공을 포함하는 구조의 세라믹 분리막의 외부 및 내부에 도포하는 단계;

상기 슬러리가 도포된 세라믹 분리막의 외부 및 내부를 코팅하는 단계;

상기 코팅된 세라믹 분리막을 건조하는 단계; 및

상기 코팅된 세라믹 분리막을 소결하는 단계를 포함하는 코팅 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 슬러리가 도포된 세라믹 분리막의 외부 및 내부를 코팅하는 단계는,

딥 코팅(dip coating) 공정 또는 저온 소성 공정으로 수행되는 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 세라믹 분말은 산화알루미늄인 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 슬러리를 세라믹 분리막의 외부 및 내부에 도포하는 단계는,

모듈 하우징을 이용하여 상기 슬러리를 세라믹 분리막의 내부에 도포하는 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 모듈 하우징은,

상기 슬러리가 인입되는 취수관을 포함하는 인입부와,

상기 인입된 슬러리가 코팅 공정 중 배출되지 않도록 하는 차단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막 제조 방법.

청구항 16

중공을 포함하는 구조의 산화알루미늄 지지체; 및

상기 산화알루미늄 지지체의 외부 및 상기 중공 내부에 형성된 세라믹 코팅층을 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막.

청구항 17

제 16항에 있어서,

상기 세라믹 코팅층은 산화알루미늄 코팅층인 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막.

청구항 18

제 16항에 있어서,

상기 중공을 포함하는 구조의 산화알루미늄 지지체의 코팅층에 흡착제가 더 분포된 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막.

청구항 19

제 18항에 있어서,

상기 흡착제는 0가철(zero valent iron, ZVI), 산화아연, 산화지르코늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막.

청구항 20

제 16항에 있어서,

상기 중공을 포함하는 구조는 관형, 평관형, 허니컴(honey comb)형, 모노리스(monolith)형, 및 중공사형 구조 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 코팅 세라믹 분리막.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 세라믹 분리막 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 중금속 흡착제를 포함하여 분리 공정 중 중금속을 선택적으로 흡착할 수 있는 세라믹 분리막 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 과거에는 인간이 배출한 오·폐수가 자연의 자정작용에 의해 정화되었기 때문에 생태계가 잘 유지될 수 있었으나, 현재에는 인구의 증가 및 산업의 발달로 인하여 환경오염이 날로 심각해지고 있기 때문에 오·폐수를 인위적으로 처리하는 기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0004] 이러한 폐수처리 기술 중 폐수를 처리할 수 있을 뿐만 아니라 폐수 중 함유된 유효물질을 회수하여 재활용할 수 있는 막분리 기술이 널리 연구되고 있다.

[0005] 막분리 기술은 단순히 폐수를 처리할 뿐만 아니라 폐수 중의 물을 높은 수율로 회수하여 재이용함으로써 폐수 오염원의 부하를 크게 줄여 준다는 측면에서 많은 장점을 가지고 있다.

[0006] 그 외에도 폐수 처리시 들어가는 약품의 양이 적어 발생 슬러지를 줄일 수 있으며 물리적인 처리방법으로 폐수의 수질변화에 대한 영향을 적게 받아 일정한 처리수준을 유지할 수 있다.

[0007] 또한 전 시스템의 자동화 운전이 가능하기 때문에 인건비 및 운전비를 크게 줄일 수 있는 장점도 있다.

[0008] 한편, 이물질들을 걸러내는 분리막으로는 폴리스티렌(polystyrene, PS), 폴리에테르설폰(Polyethersulfone, PES), 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride, PVDF) 등 폴리머 재질로 이루어진 고분자 분리막들이 주로 활용되어 왔다.

[0009] 이러한 분리막들은 일반적인 정수 공정, 해수 담수화 공정, 초순수 생산 공정, 하수 처리 공정 등에 널리 활용되고 있다.

[0010] 그러나 고농도의 오염물질을 함유하고 있는 폐수를 처리함에 있어서, 시료의 넓은 수소이온농도(pH) 범위, 고온, 고농도 및 고점도 특성들에 의해 폴리머 재질로 된 기존의 분리막은 내마모성, 내화학적 및 내열성이 취약하여 교체 주기가 짧다는 단점이 있다.

[0011] 따라서 고농도의 오염물질을 함유하고 있는 폐수를 처리하기 위하여, 극한의 조건에도 적합한 분리막의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-0974001호, "전기영동법을 이용한 내산성 세라믹 분리막 제조방법 및이로부터 제조된 세라믹 분리막"

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-0731549호, "다공성 복합 세라믹 분리막 제조방법과, 이에 의해 제조된다공성 복합 세라믹 분리막"

(특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2017-0043346호, "세라믹 분리막 모듈 및 이를 구비한 여과농축장치"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 중금속 흡착제를 포함하여, 분리 공정 중 중금속을 선택적으로 흡착할 수 있는 세라믹 분리막 및 이의 제조 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 제조 방법은, 산화알루미늄, 기공형성제, 압출바인더 및 흡착제를 혼합하여 혼합물을 형성하는 단계; 상기 혼합물을 압출하는 단계; 상기 압출된 혼합물을 건조하는 단계; 및 상기 건조된 혼합물을 소성하는 단계를 포함하고, 상기 흡착제는 중금속 흡착 기능을 갖는다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 흡착제는 0가철(zero valent iron, ZVI), 산화아연, 산화지르코늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 세라믹 분리막은 중공을 포함하는 구조일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 중공을 포함하는 구조는 관형, 평판형, 허니컴(honey comb)형, 모노리스(monolith)형, 및 중공사형 구조 중 어느 하나일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 압출된 혼합물을 건조하는 단계는, 상기 기공형성제가 잔류하는 상태에서 건조될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 압출된 혼합물을 건조하는 단계는, 상기 기공형성제가 잔류하는 상태에서 건조될 수 있도록 100 °C 내지 110 °C에서 수행될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 실시예에 따른 세라믹 분리막은, 산화알루미늄 지지체; 및 상기 산화알루미늄 지지체에 분포된 흡착제를 포함한다.
- [0023] 본 발명의 다른 실시예에 따른 세라믹 분리막에서, 상기 흡착제는 0가철(zero valent iron, ZVI), 산화아연, 산화지르코늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 다른 실시예에 따른 세라믹 분리막에서, 상기 세라믹 분리막은 중공을 포함하는 구조일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 다른 실시예에 따른 세라믹 분리막에서, 상기 중공을 포함하는 구조는 관형, 평판형, 허니컴(honey comb)형, 모노리스(monolith)형, 및 중공사형 구조 중 어느 하나일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 방법은, 세라믹 분말을 포함하는 슬러리를 준비하는 단계; 상기 슬러리를 중공을 포함하는 구조의 세라믹 분리막의 외부 및 내부에 도포하는 단계; 상기 슬러리가 도포된 세라믹 분리막의 외부 및 내부를 코팅하는 단계; 상기 코팅된 세라믹 분리막을 건조하는 단계; 및 상기 코팅된 세라믹 분리막을 소결하는 단계를 포함한다.
- [0027] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 슬러리가 도포된 세라믹 분리막의 외부 및 내부를 코팅하는 단계는, 딥 코팅(dip coating) 공정 또는 저온 소성 공정으로 수행될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 세라믹 분말은 산화알루미늄일 수 있다.
- [0029] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 슬러리를 세라믹 분리막의 외부 및 내부에 도포하는 단계는, 모듈 하우징을 이용하여 상기 슬러리를 세라믹 분리막의 내부에 도포할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 모듈 하우징은, 상기 슬러리가 인입되는 취수관을 포함하는 인입부와, 상기 인입된 슬러리가 코팅 공정 중 배출되지 않도록 하는 차단부를 포함할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 방법에서, 상기 모듈 하우징은 폴리카보네이트로 제조될 수 있다.

- [0032] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막은, 중공을 포함하는 구조의 산화알루미늄 지지체; 및 상기 산화알루미늄 지지체의 외부 및 상기 중공 내부에 형성된 세라믹 코팅층을 포함한다.
- [0033] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막에서, 상기 세라믹 코팅층은 산화알루미늄 코팅층일 수 있다.
- [0034] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막에서, 상기 중공을 포함하는 구조의 산화알루미늄 지지체의 코팅층에 흡착제가 더 분포될 수 있다.
- [0035] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막에서, 상기 흡착제는 0가철(zero valent iron, ZVI), 산화아연, 산화지르코늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막에서, 상기 중공을 포함하는 구조는 관형, 평판형, 허니컴(honey comb)형, 모노리스(monolith)형, 및 중공사형 구조 중 어느 하나일 수 있다.

발명의 효과

- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 특정 중금속을 선택적으로 흡착할 수 있는 흡착제의 첨가를 통하여 분리 공정 중 오염 물질의 선택적 제거가 가능한 세라믹 분리막을 제공할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 촉매 담지 분리막 등의 다기능성 분리막의 적용으로 단순 분리 이외에 대기 정화, 기체 분리 등 다양한 공정에 이용 가능한 세라믹 분리막을 제공할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 모듈 하우징을 이용함으로써 세라믹 분리막 내부와 외부에 균일하게 코팅이 가능하여 작은 기공 사이즈를 구현할 수 있으므로 높은 분리능을 갖는 세라믹 분리막의 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0042] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막의 제조 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 실시예 1에 따른 세라믹 분리막을 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 이미지이다.
- 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 중 실시예 1 및 실시예 2의 세라믹 분리막의 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이다.
- 도 4a는 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1의 첨가제 성분별에 따른 수소이온농도(pH) 3에서의 중금속 제거율을 도시한 그래프이다.
- 도 4b는 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1의 첨가제 성분별에 따른 수소이온농도(pH) 5에서의 중금속 제거율을 도시한 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 내에 기공 형성제인 그라파이트의 첨가량에 따른 중금속의 제거율을 도시한 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막의 제조 방법을 단계별로 도시한 흐름도이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 공정에 따라 각 단계별로 촬영한 이미지를 도시한 것이다.
- 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 공정에서 소결 공정의 1 사이클(cycle)을 도시한 것이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막의 제조 방법 중 중공을 포함하는 세라믹 분리막 및 세라믹 분리막의 내부와 외부에 슬러리를 도포하는 단계에서 사용되는 모듈 하우징을 도시한 것이다.
- 도 10a 및 도 10b는 본 발명의 일 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 중 실시예 5 및 실시예 6에 따른 코팅 세라믹 분리막의 단면 및 코팅층의 표면 확대 이미지를 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이다.
- 도 11a는 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 세라믹 분리막의 제조 방법으로 제조된 코팅 세라믹 분리막의 코팅

횡수 별 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 이미지이다.

도 11b는 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 세라믹 분리막의 코팅층에 비소(As)를 포함하는 오염수를 투과시킨 후의 이미지 및 에너지분산분석기를 통하여 분석한 그래프를 도시한 것이다.

도 12a 및 도 12b는 본 발명의 비교예에 따른 세라믹 분리막(도 12a)과 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 세라믹 분리막(도 12b)의 시간에 따른 유량 측정 결과를 도시한 그래프이다.

도 13은 본 발명의 실시예 5 내지 실시예 7 및 비교예 1에 따른 중금속의 제거율을 도시한 그래프이다.

도 14는 본 발명의 실시예 5 및 비교예에 따른 아연과 구리의 제거율을 도시한 그래프이다.

도 15는 본 발명의 실시예 5 및 비교예에 따른 분리막을 에너지 분산 분광분석(Energy Dispersive Spectrometer, EDS)한 결과를 도시한 것이다.

도 16은 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 분리막에서, 중금속 흡착 진행 후 에너지 분산 분광분석(Energy Dispersive Spectrometer, EDS)한 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0043] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0044] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0045] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.
- [0046] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0047] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0048] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예들을 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.
- [0049] 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.
- [0050] 한편, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성 요소들은 용어들에 의하여 한정되지 않는다. 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0051] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0052] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0053] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는

용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

- [0054] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0056] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막의 제조 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0057] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막의 제조 방법은, 산화알루미늄, 기공형성제, 압출바인더 및 흡착제를 혼합하여 혼합물을 형성하는 단계(S110), 혼합물을 압출하는 단계(S120), 압출된 혼합물을 건조하는 단계(S130) 및 건조된 혼합물을 소성하는 단계(S140)를 포함하는 4단계 공정을 통하여 세라믹 분리막을 제조할 수 있다.
- [0058] 산화알루미늄, 기공형성제, 압출바인더 및 흡착제를 혼합하여 혼합물을 형성하는 단계(S110)는 세라믹 분리막의 원료인 산화알루미늄, 기공형성제, 압출바인더 및 흡착제를 혼합 및 혼련하는 단계를 포함한다.
- [0059] 이때, 상기 흡착제는 중금속 흡착 기능을 가지는 흡착제로, 0가철(zero valent iron, ZVI), 산화아연, 산화지르코늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0060] 상기 0가철은 비소(As), 크롬(Cr) 등의 음이온성 중금속을 흡착하는 역할을 하고, 상기 산화아연은 구리(Cu) 등의 양이온성 중금속을 흡착하는 역할을 하며, 상기 산화지르코늄은 음이온성 중금속 및 양이온성 중금속을 모두 흡착할 수 있고, 상기 산화마그네슘은 아연(Zn)과 같은 양이온성 중금속을 흡착하는 역할을 할 수 있다.
- [0061] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막의 제조 시, 상기 첨가물의 종류를 적절히 조절하여 필요에 따라 원하는 중금속을 선택적으로 흡착하는 필터를 용이하게 제조할 수 있는 이점이 있다.
- [0062] 상기 기공 형성제는 그래파이트(graphite), 우레탄 폼(urethane foam), 쌀겨, 꽃씨, 톱밥(wood dust), 폴리메틸메타크릴레이트(Poly(methyl methacrylate), PMMA), 카본 블랙(carbon black), 차콜 파우더(charcoal powder), 또는 녹말가루 등일 수 있으며, 형성하고자 하는 기공 크기에 따라 선택적으로 사용할 수 있다.
- [0063] 상기 혼합을 균일하게 수행하기 위한 구체적인 수행 방법은, 해당 성분들이 균일하게 혼합된 분말을 형성할 수 있는 방법이지만 하면 특별히 제한되지 않으며, 바람직하게는 리본 믹서, 브이믹서(V-mixer), 볼밀(ball mill) 등을 통해 기계적으로 혼합하여 혼합물을 형성할 수 있다.
- [0064] 산화알루미늄, 기공형성제, 압출바인더 및 흡착제를 혼합하여 혼합물을 형성하는 단계(S110)를 통하여 형성된 혼합물은 추가적인 혼련 단계를 더 거칠 수 있다.
- [0065] 상기 혼련 단계에서는 상기 혼합물을 주 원료로 하여, 증류수, 윤활제 및 계면활성제 등의 압출 보조제를 추가로 투입하여 반죽 형태로 혼련이 수행된다.
- [0066] 상기 혼련 단계에서의 윤활제는 글리세린 등의 알코올에스테르계 물질을 이용할 수 있고, 계면활성제는 아릴, 술폰산, 아릴계 물질을 이용할 수 있으나 이에 한정되지는 않는다.
- [0067] 상기 혼련 단계 이후에 혼합물을 더욱 균질하게 형성하기 위하여 0 °C 내지 10 °C의 실온보다 낮은 온도에서 12 시간 이상 에이징(aging) 될 수 있다.
- [0068] 이때, 혼합물의 형태가 펠릿인 경우에는 10 °C의 온도에서 에이징 될 수 있고, 혼합물의 형태가 볼 및 막 형태인 경우에는 0 °C 내지 4 °C의 온도에서 에이징 될 수 있다.
- [0069] 다음으로 혼합물을 압출하는 단계(S120)는 상기 혼합물을 형성하는 단계(S110)에서 형성된 혼합물을 원하는 형태로 압출하여 성형하는 단계이다.
- [0070] 상기 혼합물을 압출하는 단계(S120)에서 압출 성형된 혼합물은 관형, 평판형, 허니컴(honey comb)형, 모노리스(monolith)형, 및 중공사형 등의 중공(bore)을 포함하는 구조를 가질 수 있다.
- [0071] 다음으로, 압출된 혼합물을 건조하는 단계(S130)는 상기 혼합물을 압출하는 단계(S120)에서 압출 성형된 혼합물을 건조기를 통하여 건조하는 것으로, 건조 시 상기 기공 형성제가 잔류하는 상태에서 건조되는 것을 특징으로 한다.
- [0072] 즉, 상기 기공 형성제가 잔류하는 상태에서 건조될 수 있도록 100 °C 내지 110 °C의 온도 조건에서 건조되며,

보다 바람직하게는 100 ℃ 내지 110 ℃의 온도 조건에서 건조될 수 있다.

[0073] 이때 잔류하는 기공 형성제는 제조되는 세라믹 분리막에 추가적인 흡착 성능을 부여할 수 있다.

[0074] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막은 산화알루미늄 지지체 및 상기 산화알루미늄 지지체에 분포된 흡착제를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0075] 이때, 상기 흡착제는 0가철(zero valent iron, ZVI), 산화아연, 산화지르코늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0076] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막은 관형, 평판형, 허니컴(honey comb)형, 모노리스(monolith)형, 및 중공사형 구조 중 어느 하나의 구조의 중공을 포함할 수 있다.

[0078] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0080] [실시예 1]

[0081] 산화알루미늄 1,760 g, 클레이(clay) 80 g, 장석 80 g, 산화실리콘 80 g, 바인더 160 g 및 0가철 216 g을 리본 믹서를 이용하여 30분 동안 혼합하여 혼합물을 제조한다.

[0082] 상기 혼합물에 200 ml의 증류수, 80 ml의 식물성 글리세린 및 80 ml의 계면활성제를 투입하여 시그마 믹서를 이용하여 반죽 형태로 1시간 동안 혼련한 후, 혼련이 완료된 혼합물을 4 ℃의 온도에서 12시간 동안 에이징 한다.

[0083] 에이징이 완료된 혼합물을 금형에 넣어 4 ℃의 온도 및 1기압의 압력 조건으로 압출을 수행하여, 평판형 구조로 혼합물을 압출한다.

[0084] 이후, 압출된 혼합물을 105 ℃의 온도에서 2시간 동안 건조한 후 1,200 ℃의 온도에서 2 시간 동안 소성하여 세라믹 분리막을 제조한다.

[0086] [실시예 2]

[0087] [실시예 2]는 혼합 단계 이전에 산화아연 129.6 g을 더 첨가한 것을 제외하면 [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조되었다.

[0089] [실시예 3]

[0090] [실시예 3]은 혼합 단계 이전에 산화지르코늄 129.6 g을 더 첨가한 것을 제외하면 [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조되었다.

[0092] [실시예 4]

[0093] [실시예 4]는 혼합 단계 이전에 산화마그네슘 129.6 g을 더 첨가한 것을 제외하면 [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조되었다.

[0095] [비교예 1]

[0096] [비교예 1]은 0가철을 첨가하지 않은 것을 제외하면 [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조되었다.

[0098] [표 1]

단위: g					
물질	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	비교예 1
산화알루미늄	1,760	1,760	1,760	1,760	1,760
클레이	80	80	80	80	80
장석	80	80	80	80	80
산화실리콘	80	80	80	80	80
바인더	160	160	160	160	160
0가철	216	216	216	216	-
산화아연	-	129.6	-	-	-
산화지르코늄	-	-	129.6	-	-
산화마그네슘	-	-	-	129.6	-

[0099]

[0101] [표 1]은 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1의 첨가 물질을 표로 도시한 것이다.

[0103] 이하에서는, 도 2a 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 실시예들에 따른 세라믹 분리막의 특성에 대하여 설명하기로 한다.

[0105] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 실시예 1에 따른 세라믹 분리막을 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 이미지이다.

[0106] 도 2a는 본 발명의 실시예 1에 따른 세라믹 분리막의 단면을 촬영한 이미지이고, 도 2b는 본 발명의 실시예 1에 따른 세라믹 분리막의 표면을 촬영한 이미지이다.

[0108] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 중 실시예 1 및 실시예 2의 세라믹 분리막의 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이다.

[0109] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막의 표면 입자 분산 정도가 고르게 분포하는 것을 알 수 있다.

[0111] 도 4a는 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1의 첨가제 성분에 따른 수소이온농도(pH) 3에서의 중금속 제거율을 도시한 그래프이다.

[0112] 도 4a를 살펴보면, 본 발명의 실시예 4에서 비소, 아연 및 구리의 제거율이 각각 1.32 %, 1.20 %, 0.47 %로 높게 나타난 것을 확인할 수 있다.

[0113] 또한, 본 발명의 실시예 1 및 실시예 2는 비소의 제거율이 아연 및 구리의 제거율에 비하여 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0115] 도 4b는 본 발명의 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1의 첨가제 성분에 따른 수소이온농도(pH) 5에서의 중금속 제거율을 도시한 그래프이다.

[0116] 도 4b를 살펴보면, 도 6a와 마찬가지로 본 발명의 실시예 4에서 비소, 아연 및 구리의 제거율이 각각 0.89 %, 6.82 %, 5.24 %로 높게 나타난 것을 확인할 수 있다.

[0118] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 세라믹 분리막 내에 기공 형성제인 그래파이트의 첨가량에 따른 중금속의 제거율을 도시한 그래프이다.

[0119] 도 5를 참조하면, 기공 형성제인 그래파이트가 첨가된 경우, 구리, 아연, 비소, 크롬을 제거율을 확인한 결과

중금속 제거율이 각 원소별 90 % 이상인 것을 확인할 수 있다.

- [0120] 그러나, 기공 형성제를 첨가하지 않은 경우, 기공율에 따라 흡착면적이 작아 각 원소별 중금속제거율이 40 % 미만인 것을 확인할 수 있다.
- [0122] 다음으로, 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막에 대하여 설명하기로 한다.
- [0124] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막의 제조 방법을 단계별로 도시한 흐름도이다.
- [0125] 도 6을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막의 제조 방법은, 세라믹 분말을 포함하는 슬러리를 준비하는 단계(S810), 중공을 포함하는 구조의 세라믹 분리막의 내부와 외부에 슬러리를 도포하는 단계(S820), 세라믹 분리막의 내부와 외부를 코팅하는 단계(S830), 세라믹 분리막을 건조하는 단계(S840) 및 세라믹 분리막을 소결하는 단계(S850)를 통하여 코팅 세라믹 분리막을 제조할 수 있다.
- [0126] 세라믹 분말을 포함하는 슬러리를 준비하는 단계(S810)는 세라믹 분리막의 내부 및 외부를 코팅하기 위한 세라믹 분말을 포함하는 슬러리를 준비하는 단계이다.
- [0127] 상기 세라믹 분말을 포함하는 슬러리는 세라믹 분말, 증류수, 이소프로필알코올(IPA) 및 셀룰로오스 계열의 바인더를 혼합하여 제조된다.
- [0128] 이때, 상기 세라믹 분말은 산화알루미늄을 이용한다.
- [0129] 중공을 포함하는 구조의 세라믹 분리막의 내부와 외부에 슬러리를 도포하는 단계(S820)는 상기 세라믹 분말을 포함하는 슬러리를 준비하는 단계(S810)에서 제조된 슬러리를 세라믹 분리막의 내부와 외부에 도포하는 단계이다.
- [0130] 중공을 포함하는 구조의 세라믹 분리막의 내부와 외부에 슬러리를 도포하는 단계(S820) 중 내부에 슬러리를 도포하는 단계는 슬러리가 인입되는 취수관을 포함하는 인입부와, 상기 인입된 슬러리가 코팅 공정 중 배출되지 않도록 하는 차단부를 포함하는 모듈 하우징을 이용하여 도포하며, 이는 후술할 도 7에서 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [0131] 세라믹 분리막의 내부와 외부를 코팅하는 단계(S830)는 세라믹 분리막의 내부와 외부에 슬러리가 도포된 상태에서 코팅 공정이 수행되는 단계이다.
- [0132] 이때, 코팅 공정은 딥 코팅 또는 저온소성 코팅일 수 있다.
- [0133] 저온소성 코팅은 솔겔법을 응용하여 세라믹 분리막의 표면에 금속 이온을 담지 흡착하고, 이를 다시 헹기조건에서 저온소성하여 금속 산화물을 세라믹 표면에 코팅하는 기술이다.
- [0134] 이후, 세라믹 분리막을 건조하는 단계(S840) 및 세라믹 분리막을 소결하는 단계(S840)를 통하여 코팅 세라믹 분리막을 제조할 수 있다.
- [0135] 세라믹 분리막을 소결하는 단계(S840)는 제1 소결 단계 내지 제3 소결 단계의 3차 소결을 통하여 소결된다.
- [0136] 제1 소결 단계는 일반적인 소결 단계로써 1200 °C의 온도로 2시간 동안 소결하는 단계를 거친다.
- [0138] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 공정에 따라 각 단계별로 촬영한 이미지를 도시한 것이다.
- [0139] 도 7을 참조하면, 도 6의 제조 공정 흐름에 따라 1 cm x 1 cm의 세라믹 분리막 시료의 이미지로, 좌측으로부터 1)코팅하지 않은 세라믹 분리막 2)1차 MgO 코팅한 코팅 세라믹 분리막 3)2차 MgO 코팅한 코팅 세라믹 분리막, 4)3차 MgO 코팅한 코팅 세라믹 분리막 및 5) 4차 MgO 코팅한 코팅 세라믹 분리막을 도시한 것이다.
- [0141] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 공정에서 소결 공정의 1 사이클(cycle)을 도시한 것이다.

- [0142] 도 8을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 제조 공정에서 소결 공정은 담지, 건조, 소성, 세척 및 건조를 1 사이클로 하고, 전술한 바와 같이 제1 소결 공정 내지 제3 소결 공정의 총 3 사이클의 소결 공정을 통하여 진행된다.
- [0144] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막의 제조 방법 중 중공을 포함하는 세라믹 분리막 및 세라믹 분리막의 내부와 외부에 슬러리를 도포하는 단계에서 사용되는 모듈 하우징을 도시한 것이다.
- [0145] 도 9를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막의 제조 방법 중 세라믹 분리막의 내부와 외부에 슬러리를 도포하는 단계는 모듈 하우징을 통하여 수행되며, 상기 모듈 하우징은 중공(710a)이 형성된 세라믹 분리막(710)의 양 끝단에 슬러리가 인입되는 취수관(720a)을 포함하는 인입부(720)와, 상기 인입된 슬러리가 코팅 공정 중 배출되지 않도록 하는 차단부(730)로 구성된다.
- [0146] 상기 인입부(720) 및 차단부(730)를 포함하는 모듈 하우징은 후속 코팅 공정에서의 고온에 견딜 수 있도록 내열성이 뛰어난 고분자 재료인 폴리카보네이트로 형성될 수 있으나 이에 한정되지 않고, 내열성 및 내산성을 갖는 고분자 물질은 모두 사용할 수 있다.
- [0147] 또한, 상기 인입부(720) 및 차단부(730)를 포함하는 모듈 하우징은 중공(710a)이 형성된 세라믹 분리막(710)과 경화제가 혼합된 에폭시(epoxy)를 이용하여 결합된다.
- [0148] 인입부(720)의 취수관(720a)을 통하여 슬러리를 중공(710a)이 형성된 세라믹 분리막(710)의 내부에 인입한 후, 저온소성 코팅 공정 등의 코팅 공정을 통하여 중공(710a)이 형성된 세라믹 분리막(710)의 내부에도 코팅층을 형성할 수 있다.
- [0149] 세라믹 분리막(710)의 내부에 코팅층이 형성 될 경우, 세라믹 분리막(710)의 내부 및 외부 모두 균일하게 기공 크기가 줄어들어 세라믹 분리막(710)의 분리능을 향상시킬 수 있다.
- [0150] 또한, 내부까지 원하는 코팅층을 형성할 수 있어, 특정 중금속을 선택적으로 흡착할 수 있는 흡착제의 첨가를 통하여 분리 공정 중 오염 물질의 선택적 제거가 가능한 세라믹 분리막을 제공할 수 있다.
- [0151] 또한, 모듈 하우징을 이용함으로써 세라믹 분리막 내부와 외부에 균일하게 코팅이 가능하여 작은 기공 사이즈를 구현할 수 있으므로 높은 분리능을 갖는 세라믹 분리막의 제조 방법을 제공할 수 있다.
- [0153] 이하, 실시예를 통하여 본 발명의 다른 실시예를 보다 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0155] **[실시예 5]**
- [0156] [실시예 5]는 [실시예 1]과 동일한 방법으로 중공을 포함하는 구조의 세라믹 분리막을 제조한 후, 상기 세라믹 분리막을 코팅하여 코팅 세라믹 분리막을 제조하였다.
- [0157] 상기 세라믹 분리막을 코팅하는 코팅 공정은, 먼저 산화마그네슘 240 g, 증류수 1,710 ml, 이소프로필알콜 990 g 및 셀룰로오스계 바인더 60 g를 혼합하여 슬러리를 제조한다.
- [0158] 상기 슬러리를 세라믹 분리막 내부 및 외부에 도포하여 세라믹 분리막 내부 및 외부를 코팅한다.
- [0159] 세라믹 분리막을 코팅 한 후 105 ℃의 온도에서 2시간동안 건조한 후 600 ℃의 온도에서 2시간 동안 저온 소성으로 소결하여 코팅 세라믹 분리막을 제조한다.
- [0161] **[실시예 6]**
- [0162] [실시예 6]은 산화마그네슘 대신 산화아연을 동일 용량 추가한 것을 제외하면 [실시예 5]과 동일한 방법으로 제조되었다.

[0164] [실시예 7]

[0165] [실시예 7]은 산화마그네슘 대신 산화망간을 동일 용량 추가한 것을 제외하면 [실시예 5]과 동일한 방법으로 제조되었다.

[0167] [비교예 1]

[0168] [비교예 1]은 0가철을 첨가하지 않은 것을 제외하면 [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조되었다.

[0170] [표 2]

단위: g

물질	실시예 5	실시예 6	실시예 7	비교예 1
산화알루미늄	1,760	1,760	1,760	1,760
클레이	80	80	80	80
장석	80	80	80	80
산화실리콘	80	80	80	80
바인더	160	160	160	160
0가철	216	216	216	-
산화아연	-	-	-	-
산화지르코늄	-	-	-	-
산화마그네슘	-	-	-	-
코팅	산화마그네슘 코팅	산화아연 코팅	산화망간 코팅	X

[0171]

[0172] [표 2]는 실시예 5 내지 실시예 7 및 비교예 1의 첨가 물질을 표로 도시한 것이다.

[0174] 이하에서는, 도 10a 내지 도 16을 참조하여, 본 발명의 실시예들에 따른 세라믹 분리막의 특성에 대하여 설명하기로 한다.

[0176] 도 10a 및 도 10b는 본 발명의 일 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막 중 실시예 5 및 실시예 6에 따른 코팅 세라믹 분리막의 단면 및 코팅층의 표면 확대 이미지를 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이다.

[0177] 도 10a 및 10b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 코팅 세라믹 분리막의 코팅층이 치밀하게 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0179] 도 11a는 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 세라믹 분리막의 제조 방법으로 제조된 코팅 세라믹 분리막의 코팅 횟수 별 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 이미지이다.

[0180] 도 11a를 참조하면, 단면의 두께가 코팅횟수에 비례하지 않지만 너무 두꺼운 코팅층은 수투과도에 방해 요인으로 작용하므로, 10 μm 내지 20 μm 의 코팅층 두께가 적정하다고 판단된다.

[0181] 또한, 1회 및 2회 코팅하였을 때는 박리현상이 일어났으며, 3회 코팅부터 코팅층이 안정화 되는 것을 확인할 수 있었다.

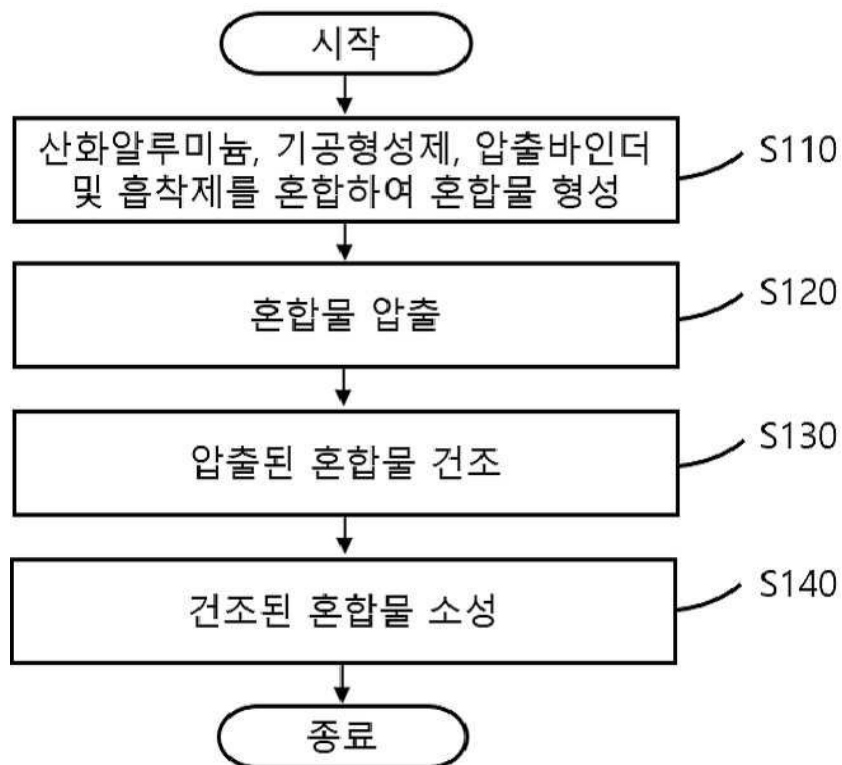
[0183] 도 11b는 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 세라믹 분리막의 코팅층에 비소(As)를 포함하는 오염수를 투과시킨 후의 이미지 및 에너지분산분석기를 통하여 분석한 그래프를 도시한 것이다.

[0184] 도 11b를 참조하면, 비소(As)가 코팅층에 흡착되어 있는 이미지 및 분석 결과를 확인할 수 있다.

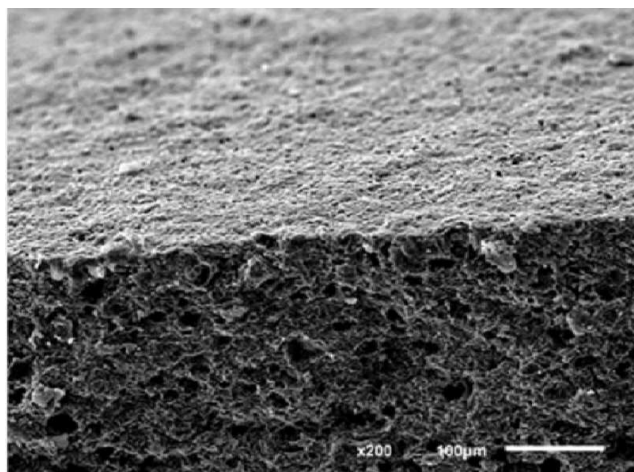
- [0186] 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 비교예에 따른 세라믹 분리막(도 12a)과 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 세라믹 분리막(도 12b)의 시간에 따른 유량 측정 결과를 도시한 그래프이다.
- [0187] 도 12a 및 도 12b를 참조하면, 코팅하지 않은 세라믹 분리막 대비 코팅 세라믹 분리막의 유량이 낮은 것을 확인할 수 있다.
- [0188] 이는 코팅 시 분리막의 기공 크기가 작아지는데 기인하는 것으로, 코팅하지 않은 세라믹 분리막의 유량이 약 4000 LMH 인 것과 비교하여, 코팅 세라믹 분리막의 유량은 약 500 LMH 인 것을 확인할 수 있다.
- [0189] 도 12a와 같이 코팅하지 않은 세라믹 분리막처럼 유량이 너무 높게 측정되면 중금속의 흡착도가 떨어져 필터의 기능이 상실된다.
- [0191] 도 13은 본 발명의 실시예 5 내지 실시예 7 및 비교예 1에 따른 중금속의 제거율을 도시한 그래프이다.
- [0192] 도 13을 참조하면, 실시예 5의 산화마그네슘 코팅이 비소, 아연 및 구리의 제거에 있어 가장 효율적인 코팅 물질인 것을 확인할 수 있다.
- [0194] 도 14는 본 발명의 실시예 5 및 비교예에 따른 아연과 구리의 제거율을 도시한 그래프이다.
- [0195] 도 14를 참조하면, 중금속과 세라믹 분리막의 반응시간이 단축되는 점과, 중금속의 제거율이 80 % 이상으로 상승된 것을 확인할 수 있다.
- [0197] 도 15는 본 발명의 실시예 5 및 비교예에 따른 분리막을 에너지 분산 분광분석(Energy Dispersive Spectrometer, EDS)한 결과를 도시한 것이다.
- [0198] 도 15를 참조하면, 본 발명의 실시예 5에 따른 분리막을 에너지 분산 분광분석 시 마그네슘이 분리막의 표면에서 3.05 중량% 검출 되는 것을 확인할 수 있다.
- [0199] 따라서, 세라믹 분리막 표면에 코팅층이 신뢰성 있게 코팅 된 것을 확인할 수 있다.
- [0201] 도 16은 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 분리막에서, 중금속 흡착 진행 후 에너지 분산 분광분석(Energy Dispersive Spectrometer, EDS)한 결과를 도시한 것이다.
- [0202] 도 16을 참조하면, 아연을 포함하는 유체를 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 분리막으로 필터링(filtering) 후 에너지 분산 분광분석 시 아연이 분리막의 표면에서 5.33 중량% 검출되는 것을 확인할 수 있고, 이에 따라 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 분리막은 아연을 선택적으로 흡착할 수 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0203] 또한, 구리를 포함하는 유체를 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 분리막으로 필터링(filtering) 후 에너지 분산 분광분석 시 구리가 분리막의 표면에서 10.53 중량% 검출되는 것을 확인할 수 있고, 이에 따라 본 발명의 실시예 5에 따른 코팅 분리막은 구리를 선택적으로 흡착할 수 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0205] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

도면

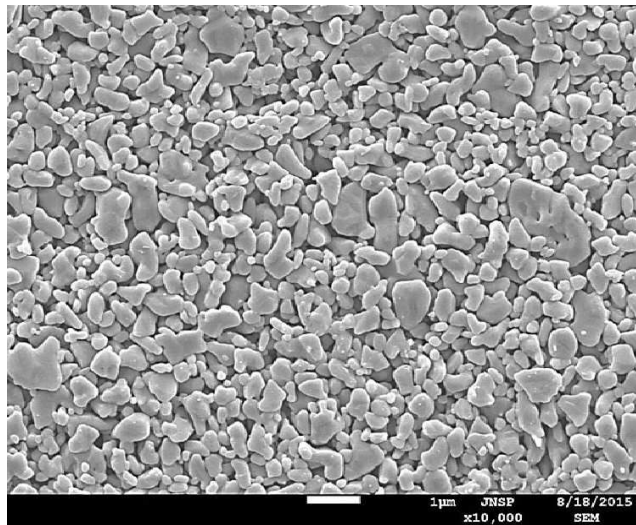
도면1



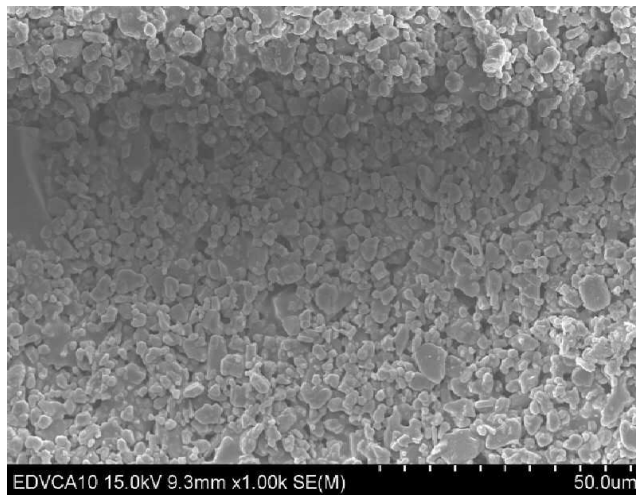
도면2a



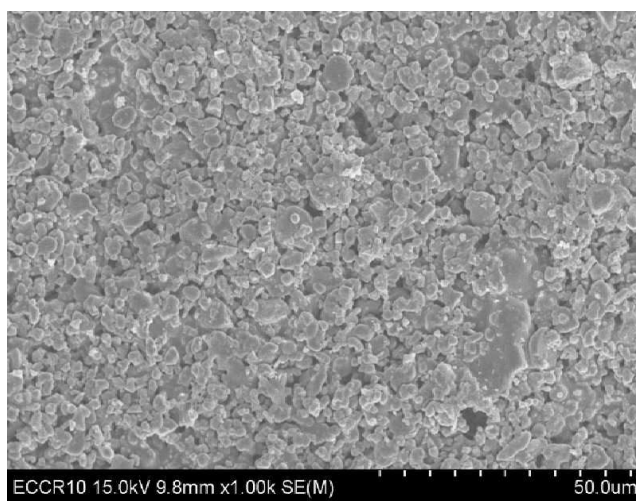
도면2b



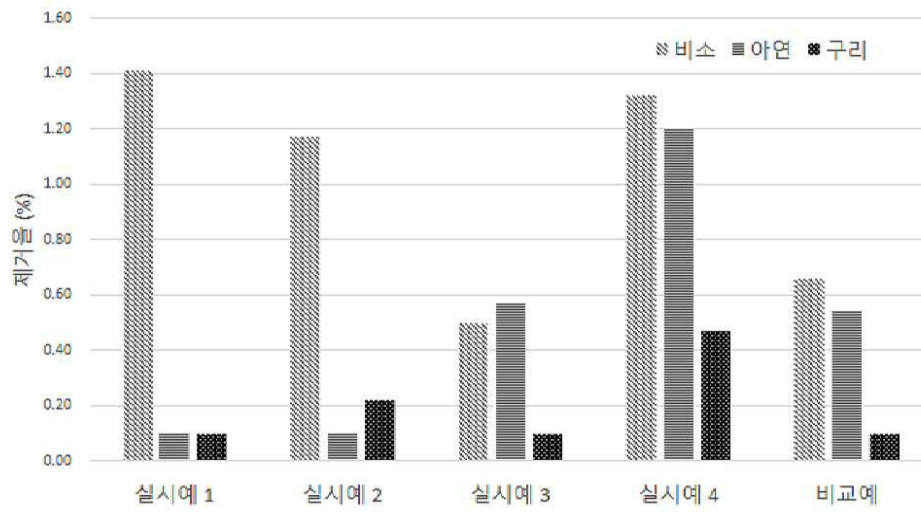
도면3a



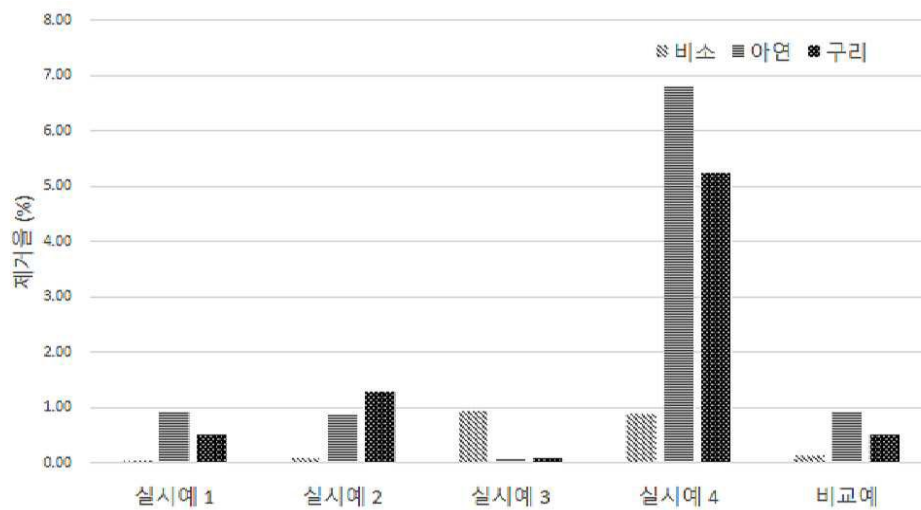
도면3b



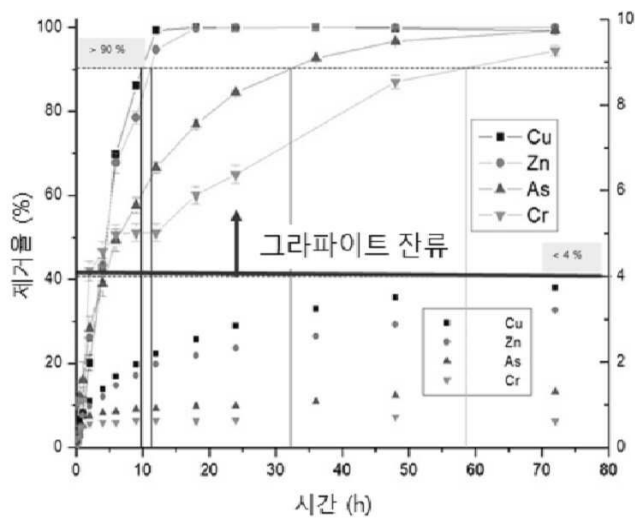
도면4a



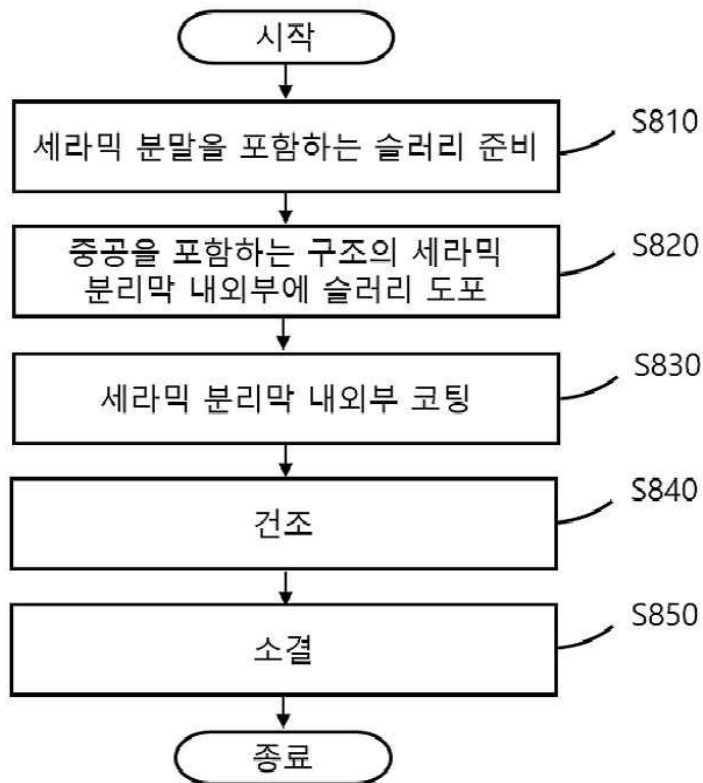
도면4b



도면5



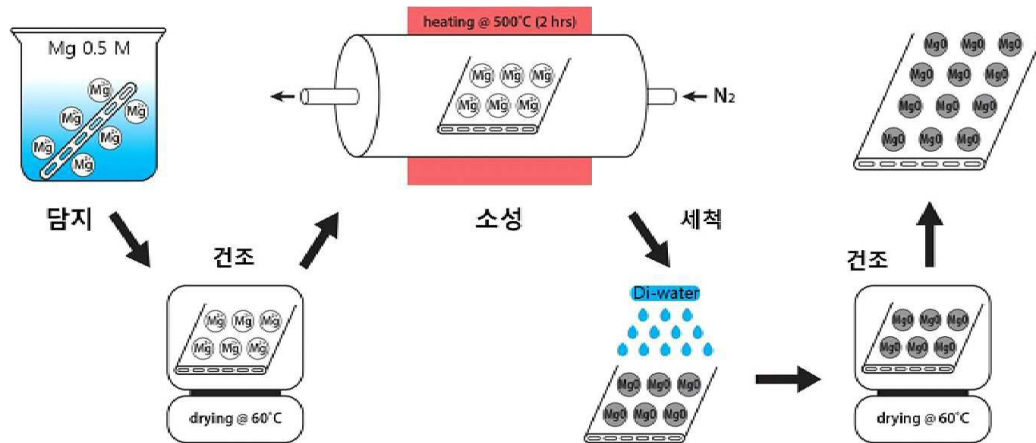
도면6



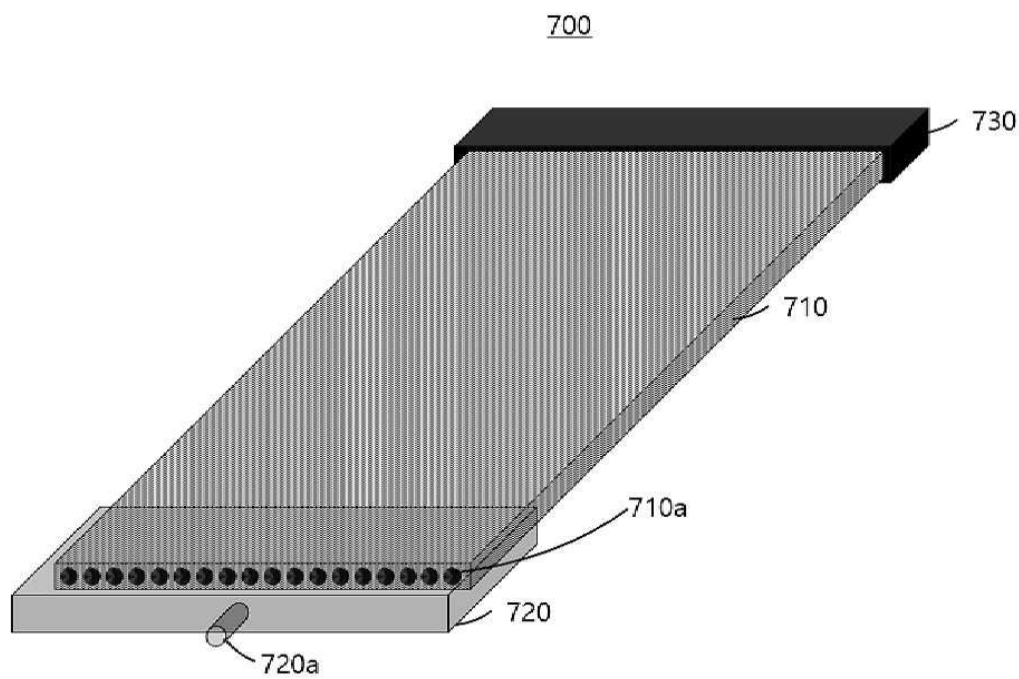
도면7



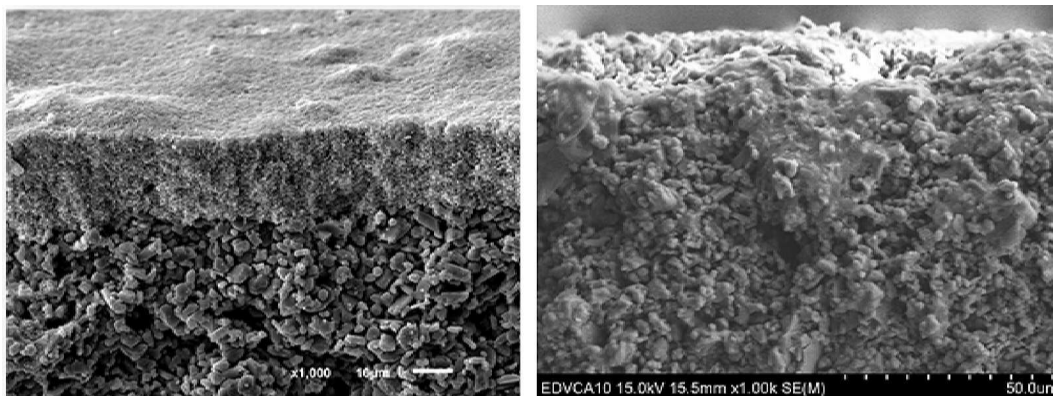
도면8



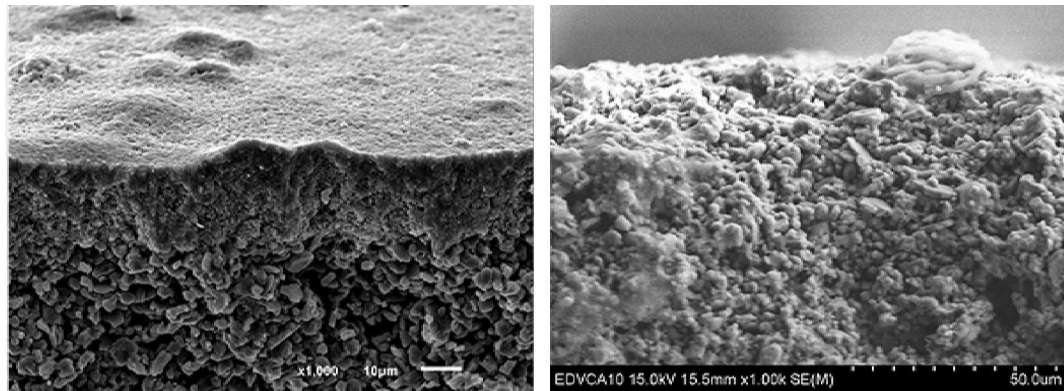
도면9



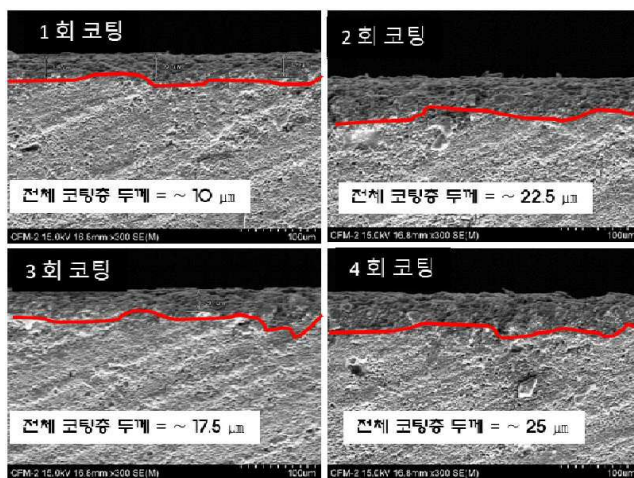
도면10a



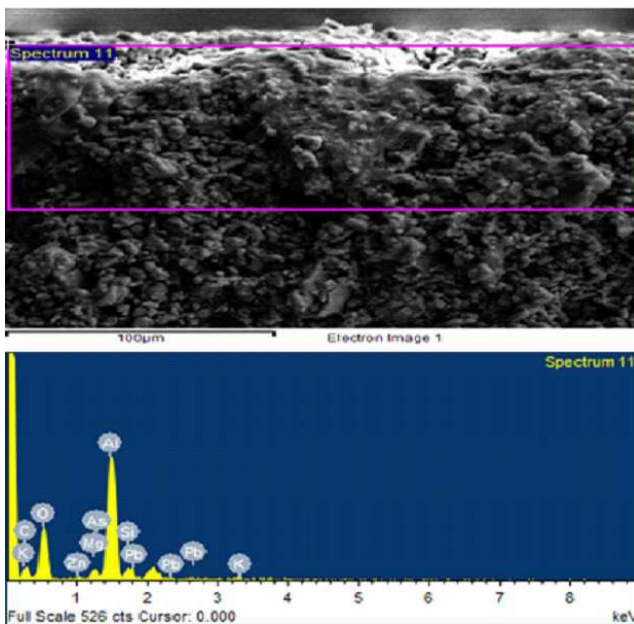
도면10b



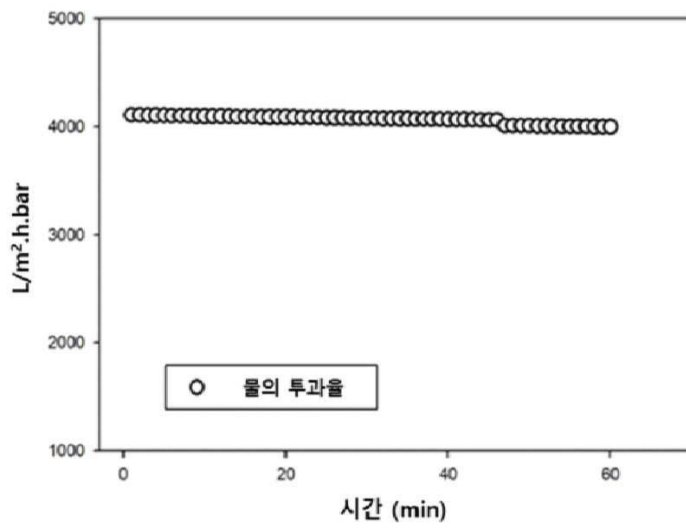
도면11a



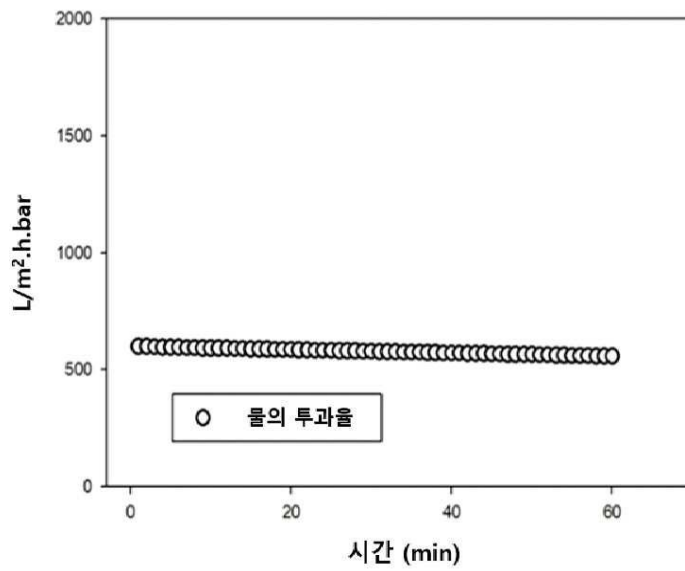
도면11b



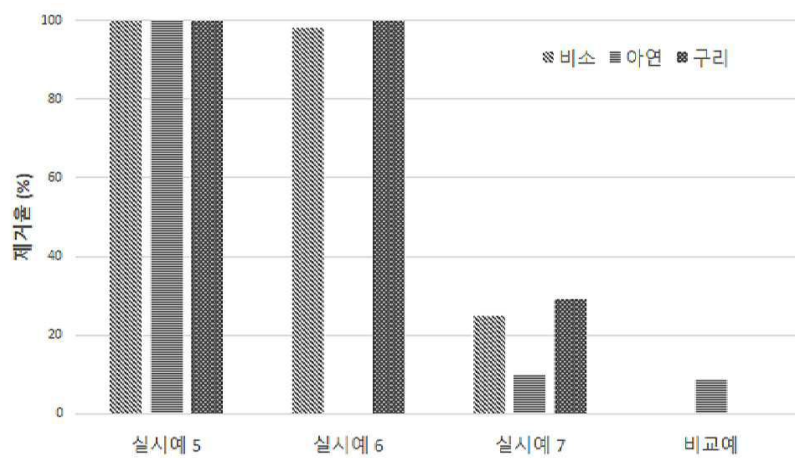
도면12a



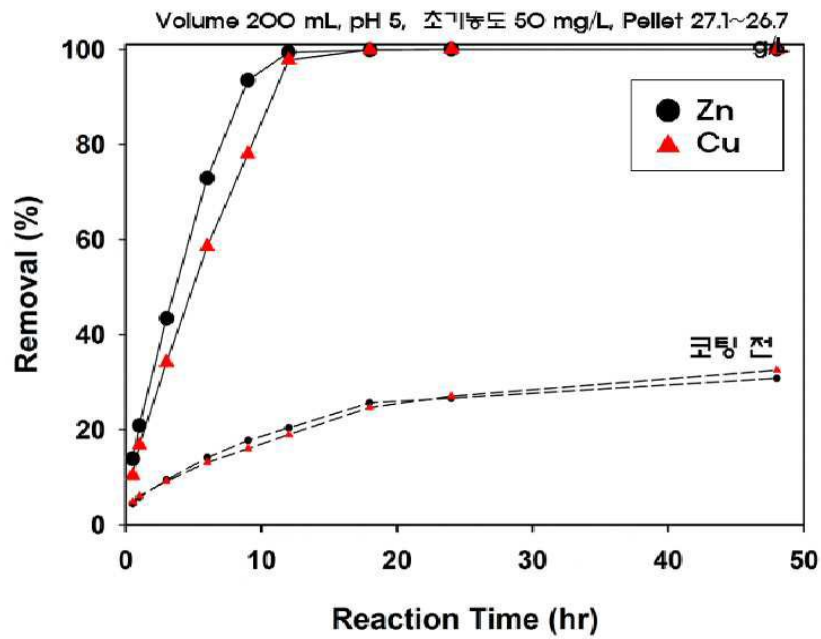
도면12b



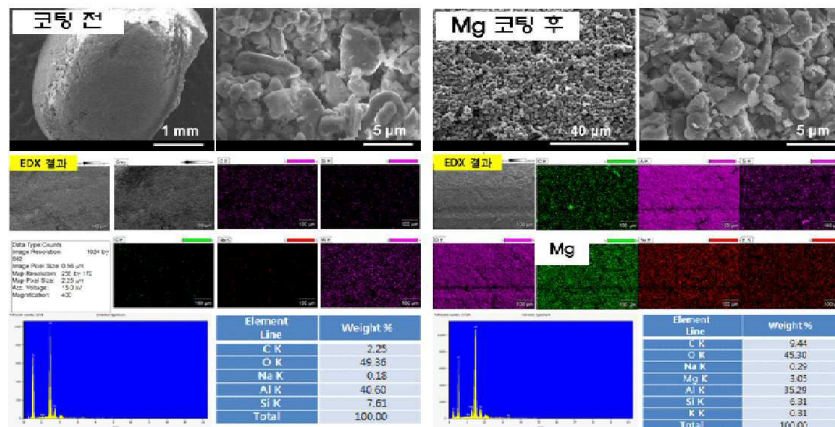
도면13



도면14



도면15



도면16

