



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년08월29일
(11) 등록번호 10-1301481
(24) 등록일자 2013년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/18 (2006.01) B01J 20/30 (2006.01)
B01D 53/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0011776
(22) 출원일자 2012년02월06일
심사청구일자 2012년02월06일
(65) 공개번호 10-2013-0090553
(43) 공개일자 2013년08월14일
(56) 선행기술조사문헌
KR101092377 B1
JP2007237097 A
KR1020120087551 A
JP2009256394 A
전체 청구항 수 : 총 8 항

(73) 특허권자
한국과학기술연구원
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
(72) 발명자
홍석원
서울 서초구 방배동 725 방배삼호아파트 다동 1101호
이상협
경기 군포시 산본동 1059 동백아파트 1316동 201호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김 순 영, 김영철

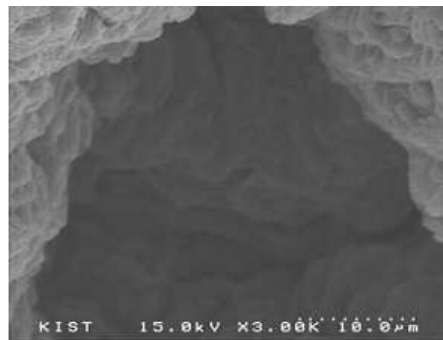
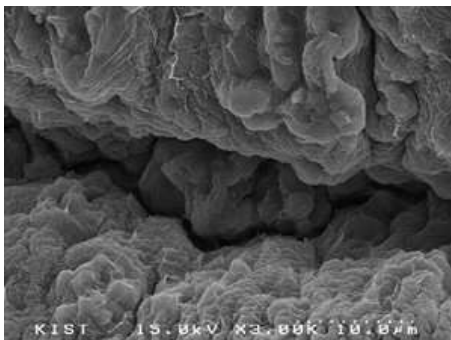
심사관 : 박함용

(54) 발명의 명칭 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 양이온 및 음이온 중금속을 효과적으로 제거할 수 있는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 제조방법은 소듐 알지네이트 분말을 초순수에 용해하여 알지네이트 용액을 제조하는 단계와, 상기 알지네이트 용액 내에 아민기를 담지한 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트를 주입하여 혼련하는 단계와, 상기 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트가 혼합된 알지네이트 용액을 한 방울씩 염화칼슘 수용액에 떨어뜨려 각 방울의 알지네이트 용액을 경화시켜 비드 형태의 복합담체를 제작하는 단계 및 상기 비드형태의 복합담체를 진공 건조시켜 복합담체 내부의 수분을 제거함과 함께 복합담체 내부의 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트를 복합담체 표면으로 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

최재우

서울특별시 강남구 청담동 134번지 두산아파트 10
1동 704호

정승건

서울특별시 서초구 방배2동 974-10번지 1층

특허청구의 범위

청구항 1

소듐 알지네이트 분말을 초순수에 용해하여 알지네이트 용액을 제조하는 단계;
 상기 알지네이트 용액 내에 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트를 주입하여 혼련하는 단계;
 상기 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트가 혼합된 알지네이트 용액을 한 방울씩 염화칼슘 수용액에 떨어뜨려 각 방울의 알지네이트 용액을 경화시켜 비드 형태의 복합담체를 제작하는 단계; 및
 상기 비드형태의 복합담체를 진공 건조시켜 복합담체 내부의 수분을 제거함과 함께 복합담체 내부의 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트를 복합담체 표면으로 이동시켜 복합담체 내부에 미세 기공을 형성하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 메조기공구조의 산화철은,
 염화철 용액과 음이온 계면활성제를 혼합하는 과정과,
 상기 혼합된 염화철 용액을 과산화수소 용액과 반응시키는 과정을 통해 제조되는 것을 특징으로 하는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 제조방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 혼합된 염화철 용액을 과산화수소 용액과 반응시키는 과정에 의해 형성된 메조기공구조의 산화철에 아민기를 부착시키는 과정이 더 포함되며,
 상기 메조기공구조의 산화철에 아민기를 부착시키는 과정은,
 메조기공구조의 산화철을 무수톨루엔에 분산시키고, 상기 메조기공구조의 산화철이 분산된 용액을 APTES(3-aminopropyltriethoxysilane)과 반응시켜 메조기공구조의 산화철에 아민기를 부착시키는 것을 특징으로 하는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 제조방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 APTES와 메조기공구조의 산화철은 1~1.5 : 1의 질량비로 혼합되는 것을 특징으로 하는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 제조방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 음이온 계면활성제는 소듐 도데실설페이트(sodium dodecylsulfate)인 것을 특징으로 하는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 제조방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트는 3 : 7 ~ 4 : 6의 질량비로 혼합되는 것을 특징으로 하는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 제조방법.

청구항 7

메조기공구조의 산화철, 합성 제올라이트 및 알지네이트를 혼합하여 염화칼슘 수용액에서 경화시킨 후, 진공 건조되어 형성되며, 상기 메조기공구조의 산화철의 표면에 아민기가 형성된 것을 특징으로 하는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 메조기공구조의 산화철은, 염화철 용액과 음이온 계면활성제를 혼합하는 과정과, 상기 혼합된 염화철 용액을 과산화수소 용액과 반응시키는 과정과, 메조기공구조의 산화철을 무수톨루엔에 분산시키고, 상기 메조기공구조의 산화철이 분산된 용액을 APTES(3-aminopropyltriethoxysilane)과 반응시키는 과정에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 양이온 및 음이온 중금속을 효과적으로 제거할 수 있는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 폐수 내에는 유기물질 이외에 다양한 중금속이 포함되어 있으며, 이와 같은 중금속은 통상의 생물학적 폐수처리 방법에 의해 제거되지 않아 흡착제를 이용하여 제거하는 방식을 이용하고 있다.

[0003] 중금속 등의 무기물질을 흡착, 제거하는 흡착제에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 대표적인 예를 살펴보면 히메타이트(hematite)를 이용한 아연(Zn), 카드뮴(Cd) 등의 2가 중금속 제거 방법(Jeon et al., Water Research, Vol. 38, 2499-2504), 겔란 검겔 비드(gellan gum gel beads)를 이용한 납(Pb), 구리(Cu) 제거방법(Lazaro et al., Water Research, Vol. 37, 2118-2126) 등이 있다. 또한, 비소, 크롬과 같은 음이온 중금속을 제거하는 방법으로는 한국등록특허 제553179호에 개시된 알루미늄을 이용하는 방법이 대표적이다.

[0004] 상술한 바와 같은 중금속 제거 방법은 양이온 중금속만을 제거하거나 음이온 중금속만을 선택적으로 제거하는 방법이다. 양이온 중금속 및 음이온 중금속을 제거하는 방법으로는 칼슘 알지네이트(Ca-alginate)에 의한 수은(Hg), 카드뮴 제거 방법(Arica et al., Journal of Hazardous Materials, B109, 191-199)이 제시된 바 있으나, 제거효율이 다소 미흡한 면이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제553179호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로서, 양이온 및 음이온 중금속을 동시에 효과적으

로 제거할 수 있는 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 제조방법은 소듐 알지네이트 분말을 초순수에 용해하여 알지네이트 용액을 제조하는 단계와, 상기 알지네이트 용액 내에 메조기 공구조의 산화철과 합성 제올라이트를 주입하여 혼련하는 단계와, 상기 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트가 혼합된 알지네이트 용액을 한 방울씩 염화칼슘 수용액에 떨어뜨려 각 방울의 알지네이트 용액을 경화시켜 비드 형태의 복합담체를 제작하는 단계 및 상기 비드형태의 복합담체를 진공 건조시켜 복합담체 내부의 수분을 제거함과 함께 복합담체 내부의 메조기공구조의 산화철과 합성 제올라이트를 복합담체 표면으로 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다. 상기 진공 건조를 통해 복합담체 표면 및 내부에 미세 기공이 형성되며, 복합담체 내부로의 오염물질 흡착이 가능하게 된다.
- [0008] 메조기공구조의 산화철은, 염화철 용액과 음이온 계면활성제를 혼합하는 과정과, 상기 혼합된 염화철 용액을 과산화수소 용액과 반응시키는 과정을 통해 제조될 수 있다. 또한, 상기 혼합된 염화철 용액을 과산화수소 용액과 반응시키는 과정에 의해 형성된 메조기공구조의 산화철에 아민기를 부착시키는 과정이 추가적으로 포함되며, 상기 메조기공구조의 산화철에 아민기를 부착시키는 과정은, 메조기공구조의 산화철을 무수톨루엔에 분산시키고, 상기 메조기공구조의 산화철이 분산된 용액을 APTES(3-aminopropyltriethoxysilane)과 반응시켜 메조기공구조의 산화철에 아민기를 부착시킬 수 있다.
- [0009] 상기 APTES와 메조기공구조의 산화철은 1~1.5 : 1의 질량비로 혼합되며, 상기 음이온 계면활성제는 소듐 도데실설페이트(sodium dodecylsulfate)일 수 있다.
- [0010] 본 발명에 따른 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체는 메조기공구조의 산화철, 합성 제올라이트 및 알지네이트를 혼합하여 염화칼슘 수용액에서 경화시킨 후, 진공 건조되어 형성되며, 상기 메조기공구조의 산화철의 표면에 아민기가 형성된 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0011] 본 발명에 따른 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체 및 그 제조방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0012] 아민기를 담지하고 있는 메조기공구조의 산화철 및 합성 제올라이트가 복합담체에 함께 고정화됨에 따라, 합성 제올라이트에 의한 양이온 중금속 제거뿐만 아니라 메조기공구조의 산화철을 통해 음이온 중금속을 효과적으로 제거할 수 있다.
- [0013] 또한, 하폐수 내에 공존하는 양이온 및 음이온 중금속을 한 번의 처리과정을 통해 제거 가능하게 됨으로써, 하폐수 처리공정의 단계 축소를 통해 경제적 효율성을 상승시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 복합담체의 표면을 나타낸 SEM 사진.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 복합담체의 표면에서 내부로 이어지는 미세 기공을 나타낸 SEM 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 발명에 따른 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체는 아민기 담지 메조기공구조의 산화철, 합성 제올라이트 및 알지네이트 분말의 조합으로 이루어진다.
- [0016] 상기 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)은 다수의 기공이 구비되어 비표면적이 크며 수소이온교환을 통해 음이온 중금속을 포집하는 역할을 한다. 음이온 중금속의 흡착 효율을 증대시키기 위해 상기 메조기공구조의 산화철

- (meso-FeO_x) 표면에 아민기를 추가적으로 부착할 수 있으며, 부착된 아민기는 음이온 중금속을 포집하는 역할을 한다.
- [0017] 상기 합성 제올라이트는 양이온 중금속을 흡착하는 역할을 한다. 상기 알지네이트 분말은 복합담체의 외형을 결정짓는 것으로서, 염화칼슘(CaCl₂)과 결합하여 상기 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)과 합성 제올라이트를 고정화시키고 함께 일부 중금속류를 흡착하는 용도로 사용된다. 상기 알지네이트 분말로는 소듐 알지네이트(sodium alginate) 분말이 이용된다.
- [0018] 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x), 합성 제올라이트 및 알지네이트 분말로 이루어지는 복합담체의 제조방법을 살펴보면, 1) 알지네이트 용액, 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 및 합성 제올라이트를 각각 준비하는 단계, 2) 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x), 합성 제올라이트 및 알지네이트의 혼합 용액을 제조하는 단계, 3) 비드 형태의 복합담체를 제작하는 단계, 4) 복합담체를 진공 건조하는 단계를 거쳐 본 발명의 복합담체가 완성된다.
- [0019] 상기 각 단계를 구체적으로 살펴보면, 먼저 1) 알지네이트 용액, 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 및 합성 제올라이트를 각각 준비하는 단계는, 다음의 과정으로 진행된다.
- [0020] 알지네이트 용액은 초순수에 소듐 알지네이트 분말을 용해시켜 제조되며, 복합담체의 안정적인 경도 확보를 위해 상기 알지네이트 용액의 농도는 5~30 w/v% 정도가 바람직하다.
- [0021] 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)은 염화철(FeCl₂) 용액과 음이온 계면활성제를 혼합한 후 과산화수소(H₂O₂) 용액과 반응시켜 형성한다. 상기 음이온 계면활성제로는 소듐 도데실설페이트(SDS, sodium dodecylsulfate)가 이용될 수 있다.
- [0022] 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)에 아민기를 부착시키는 경우, 아민화 과정이 추가적으로 적용된다. 구체적으로, 무수톨루엔(anhydrous toluene)에 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)을 분산시킨 후, 아민 전구체인 APTES(3-aminopropyltriethoxysilane)를 추가 투입하여 반응시키면 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 표면에 아민기가 형성된다. 아민화 반응의 효율을 높이기 위해 상기 APTES는 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)과 1~1.5 : 1의 질량비를 갖는 것이 바람직하다. 또한, 아민화 반응시 무수톨루엔의 증발을 억제하기 위해 아민화 반응은 불활성 가스 분위기 하에서 진행되어야 한다. 무수톨루엔이 증발되면 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)이 서로 뭉치는 문제점이 발생된다.
- [0023] 한편, 상기 합성 제올라이트는 상용화된 합성 제올라이트를 이용할 수 있다.
- [0024] 다음으로, 2) 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x), 합성 제올라이트 및 알지네이트의 혼합 용액을 제조하는 단계는, 상기 알지네이트 용액 내에 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 및 합성 제올라이트를 넣고 일정 시간 이상 혼련하는 단계이다. 이 때, 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x), 합성 제올라이트 및 알지네이트의 혼합 용액에서 상기 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)과 합성 제올라이트는 동일 질량비로 혼합되고, 알지네이트 분말의 질량은 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 또는 합성 제올라이트의 질량 대비 3~5배 정도 차지하는 것이 바람직하다.
- [0025] 또한, 상기 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x), 합성 제올라이트의 혼합시 3 : 7 ~ 4 : 6의 질량비로 혼합되는 것이 바람직하다. 합성 제올라이트의 질량비가 60~70% 일 때 음이온 및 양이온 중금속 제거효율이 극대화된다.
- [0026] 다음으로, 3) 비드 형태의 복합담체를 제작하는 단계는, 상기 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x), 합성 제올라이트 및 알지네이트의 혼합 용액을 한 방울씩 염화칼슘(CaCl₂) 수용액에 떨어뜨려 비드 형태의 복합담체를 제작하는 단계이다. 이 때, 상기 염화칼슘 수용액 이외에 염화바륨(BaCl₂) 수용액이 이용될 수도 있으며, 복합담체의 경도 확보를 위해 상기 염화칼슘 수용액 또는 염화바륨 수용액의 농도는 2~6 w/v% 정도가 바람직하다.
- [0027] 마지막으로, 4) 복합담체를 진공 건조하는 단계는, 복합담체를 60~70℃의 온도에서 진공 건조하는 단계로서, 상기 진공 건조에 의해 복합담체 내부의 수분이 제거됨과 함께 상기 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 및 합성 제올라이트 분말을 복합담체의 표면으로 이동된다. 상기 진공 건조를 통해 복합담체 표면 및 내부에 미세 기공

이 형성되며, 복합담체 표면 뿐만 아니라 복합담체 내부로의 오염물질 흡착이 가능하게 된다.

[0028] 이상과 같은 본 발명에 따른 양이온 및 음이온 중금속 동시 제거용 복합담체의 제조방법의 구체적인 실시예 및 제조된 복합담체의 중금속 제거 성능을 살펴보면 다음과 같다.

[0029] <실시예 1 : 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 제조>

[0030] 200mL의 0.2M 염화철(FeCl₂)과 45mL의 0.08M 소듐 도데실설페이트(SDS)를 혼합한 후 6시간 동안 교반시켰다. 이어, 50mL의 0.3M 과산화수소(H₂O₂) 용액을 상기 교반된 용액에 한 방울씩 떨어뜨려 반응시키고, 과산화수소 용액의 주입 후 1시간 동안 교반시켰다.

[0031] 그런 다음, 원심분리기(3000rpm, 15분)를 통해 고액분리하여 고체물질을 추출하였다. 고체물질을 증류수로 3회 세척한 후, 재차 원심분리기를 이용하여 고체물질을 걸러냈다. 이어, 고체물질을 100℃에서 4시간 동안 건조시켜 연고동색의 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)을 완성하였다.

[0032] <실시예 2 : 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)의 아민화 반응>

[0033] 실시예 1을 통해 제조된 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)을 아르곤 가스 분위기 하에서 무수톨루엔에 넣어 고르게 분산시켰다. 그런 다음, APTES(3-aminopropyltriethoxysilane)를 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)과 동일한 질량비로 투입한 후 교반시켜 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 표면에 아민기를 형성시켰다. 그런 다음, 필터링을 통해 아민기가 형성된 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)을 걸러낸 후, 톨루엔으로 3회 세척한 다음 50℃의 진공 오븐에서 10시간 동안 건조시켰다.

[0034] <실시예 3 : 복합담체 제조>

[0035] 먼저, 400ml의 멸균된 초순수(deionized water) 내에 16g의 소듐 알지네이트(sodium alginate)를 넣고 20시간 교반하여 겔(gel) 형태의 알지네이트 용액(alginate solution)을 완성한다. 이 때, 소듐 알지네이트가 원활하게 용해되도록 하기 위해 초순수의 온도를 높이거나 핫 플레이트(hot plate)를 이용할 수 있다. 이어, 상기 알지네이트 용액 내에 실시예 2에 의해 제조된 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)과 Jishim tech. Korea社에서 제조된 합성 제올라이트를 4 : 6의 비율로 넣고 골고루 섞이도록 20시간 동안 교반한다.

[0036] 그런 다음, 0.5 w/v% 염화칼슘(CaCl₂) 수용액을 준비하고, 뷰렛을 이용하여 상기 염화칼슘 수용액 내에 상기 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)과 합성 제올라이트가 혼합된 알지네이트 용액을 한 방울씩 떨어뜨린다. 한 방울씩 떨어진 알지네이트 용액은 상기 염화칼슘 수용액 내에서 원형의 형태로 경화되어 복합담체를 형성하며, 약 30분이 경과하면 바닥에 가라앉게 된다. 이와 같은 상태에서, 30분이 더 경과된 후 경화된 복합담체를 꺼내어 초순수로 세정한 다음, 60℃의 진공 오븐에 넣고 76cmHg의 압력 하에서 6시간 동안 진공 건조하여 복합담체를 완성하였다(도 1 및 도 2 참조). 진공 건조 전 복합담체의 크기는 약 3mm이며, 진공 건조 후 복합담체의 크기는 약 1mm였다.

[0037] <실시예 4 : 양이온 및 음이온 중금속 제거 실험 및 결과>

[0038] 본 발명에 따른 복합담체의 양이온 및 음이온 중금속 제거 성능을 파악하기 위해 실시예 3을 통해 제조된 복합담체와 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)과 합성 제올라이트가 고정화되지 않은 알지네이트 담체를 대상으로 각각 양이온 및 음이온 중금속 제거 실험을 실시하였다.

[0039] 아래 표 1은 실시예 3을 통해 제조된 본 발명의 복합담체 1g을 20mg/L의 카드뮴 용액, 구리 용액, 납 용액, 비소 용액, 크롬 용액과 각각 6시간 동안 반응시킨 결과이며, 표 2는 알지네이트 담체 1g을 20mg/L의 카드뮴 용액, 구리 용액, 납 용액, 비소 용액, 크롬 용액과 각각 6시간 동안 반응시킨 결과이다.

표 1

<실시에 3의 복합담체의 양이온 및 음이온 중금속 제거효율>

Heavy metal		Initial concentration (mg/L)	Equilibrium concentration (mg/L)	Removal rate (%)
Cadmium	1	19.21	3.351	82.56
	2		3.335	82.64
Copper	1	20.20	0.783	96.12
	2		0.933	95.38
Lead	1	19.26	0.122	99.37
	2		0.064	99.67
Arsenic	1	19.54	3.929	79.89
	2		3.884	80.01
Chromium	1	20.45	8.735	57.29
	2		8.926	56.36

표 2

<알지네이트 담체의 양이온 및 음이온 중금속 제거효율>

Heavy metal		Initial concentration (mg/L)	Equilibrium concentration (mg/L)	Removal rate (%)
Cadmium	1	18.84	16.372	13.10
	2		3.335	82.64
Copper	2	19.89	17.229	13.38
	2		0.933	95.38
Lead	1	19.44	15.103	22.31
	2		0.064	99.67
Arsenic	2	20.11	20.844	-
	2		3.884	80.01
Chromium	1	20.83	20.851	-
	2		8.926	56.36

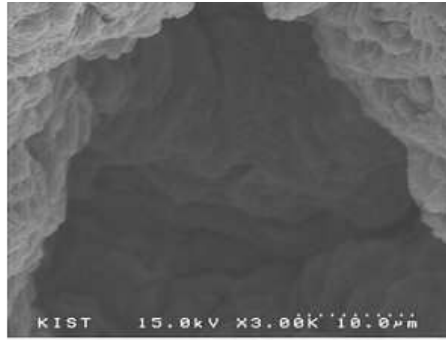
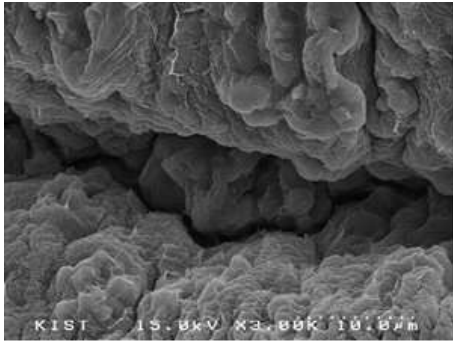
[0042] 상기 표 1 및 표 2의 실험결과를 참조하면, 카드뮴(cadmium), 구리(copper), 납(lead) 등의 양이온 중금속의 경우 알지네이트 담체를 이용하면 일부 부분적으로 제거됨을 확인할 수 있었으나, 이에 반해 본 발명에 따른 복합담체는 제거 성능이 매우 우수함을 알 수 있다. 또한, 비소(arsenic), 크롬(chromium)과 같은 음이온 중금속의 경우, 본 발명에 따른 복합담체 즉, 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)과 합성 제올라이트가 함께 고정화된 복합담체가 알지네이트 담체에 대비하여 월등한 제거효율을 나타냄을 확인할 수 있다. 이는 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x)이 고정화됨으로써 음이온 중금속의 제거가 효과적으로 이루어지는 것으로 해석할 수 있다.

[0043] 한편, 본 발명에 따른 복합담체는 전술한 바와 같이 진공 건조를 통해 제조되며, 진공 건조를 하는 이유는 복합담체 내부의 수분을 제거함과 함께 복합담체 내부의 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 및 합성 제올라이트 분말을 복합담체의 표면으로 이동시켜 복합담체의 반응성을 향상시키기 위함이다. 상기 복합담체 내부의 메조기공구조의 산화철(meso-FeO_x) 및 합성 제올라이트 분말이 복합담체 표면으로 이동됨에 따라, 복합담체 내부에 미세기공(micropores)이 형성되고(도 2 참조), 복합담체 내부에 형성된 미세기공에 의해 오염물질 흡착이 증대된다.

[0044] 진공 건조 유무에 따른 흡착효율을 평가하기 위해 진공 건조시킨 복합담체와 일반 건조시킨 복합담체를 대상으로 각각 흡착 실험을 진행한 결과, 진공 건조시킨 복합담체가 일반 건조시킨 복합담체 대비 약 19% 흡착효율이 높음을 확인하였다.

도면

도면1



도면2

