(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0085483
(43) 공개일자 2020년07월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/30 (2006.01) *B01J 20/28* (2006.01)
B01J 20/32 (2006.01) *C02F 1/28* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 20/3042 (2013.01)
B01J 20/28011 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0001627
(22) 출원일자 2019년01월07일
심사청구일자 2019년01월07일

(71) 출원인
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
최원산
전라북도 완주군 봉동읍 둔산1로 107, 102동 1004호 (라송 센트럴카운티)
이요셉
대전광역시 유성구 학하서로 126-26 메이트 201호
(74) 대리인
특허법인 플러스

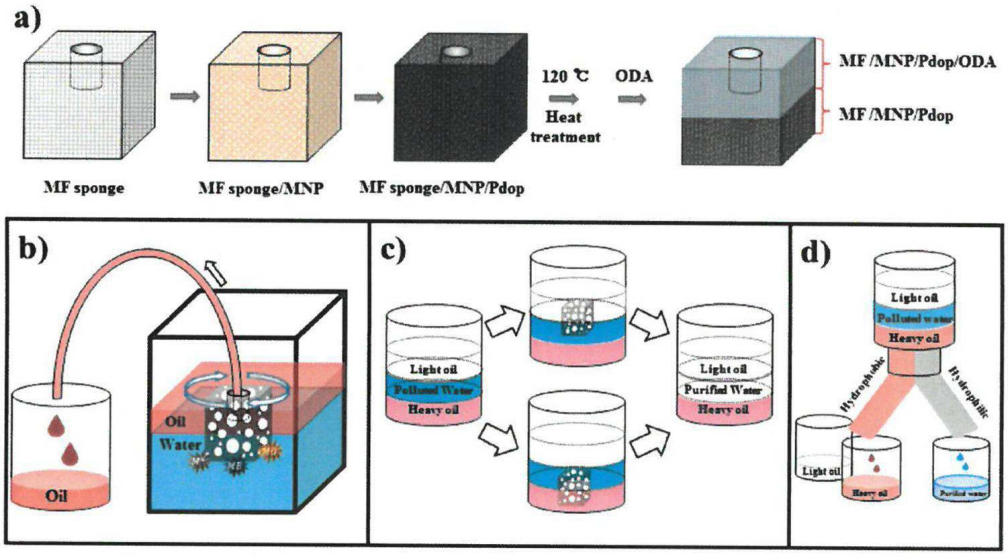
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **부분 소수성/부분 친수성 흡수체 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 부분 소수성/부분 친수성 흡수체 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게 물 표면 또는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)의 각 계면에서 안정적으로 부유하며, 친수성 부분을 통한 수중 오염물의 흡착과 소수성 부분을 통한 선택적인 기름 분리가 동시에 가능한 부분 소수성/부분 친수성 흡수체 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01J 20/3078 (2013.01)
B01J 20/3085 (2013.01)
B01J 20/3291 (2013.01)
C02F 1/288 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 발포체 기재 표면에 자성나노입자를 담지하는 단계;

(b) 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재를 건조한 후 도파민계 단량체와 수용액에 넣고 반응시켜, 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체를 형성하는 단계; 및

(c) 상기 자성나노입자가 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체가 형성된 발포체 기재의 일부분에 소수성 물질이 용해된 용액을 흡수시켜 열처리하는 단계;

를 포함하는 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조방법.

청구항 2

자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재의 표면에 도파민계 중합체가 형성되어 친수성 부분을 이루고, 상기 친수성 부분의 표면에 소수성 물질이 결합되어 소수성 부분을 이루는 것인 부분 소수성/부분 친수성 흡수체.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 (c)단계의 상기 열처리하는 단계는 20 내지 100 ℃에서 10분 내지 24시간 동안 열 처리 하는 것인 흡수체의 제조방법.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 소수성 물질은 옥타데실아민, 헥사데실아민, 헵타데실아민, 노나데실아민, 도데실아민, 테트라데실아민, p-페닐린디아민, 3,4-디메틸페닐아민, 4-클로로아닐린, 페닐부틸아민 및 폴리디메틸실록산으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 아민계 화합물인 부분 소수성/부분 친수성 흡수체.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 자성나노입자는 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co), 크롬(Cr), 망간(Mn), 가돌리늄(Gd), 이들 각각의 산화물 및 이들 각각의 합금으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 부분 소수성/부분 친수성 흡수체.

청구항 6

제 2항에 있어서,

상기 친수성 부분 및 상기 소수성 부분은 상기 부분 소수성/부분 친수성 흡수체 상에서 각각의 면적이 분리된 형태로 존재하며, 상기 친수성 부분과 상기 소수성 부분의 면적비는 1:1 내지 1:10인 것인 부분 소수성/부분 친수성 흡수체.

청구항 7

제 2항 및 제 4항 내지 제 6항에서 선택되는 어느 하나의 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 포함하며, 소수성 부분에는 기름을 함유되어 있고, 친수성 부분에 물이 흡수되어 있는 것인 흡수 복합체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 부분 소수성/부분 친수성 흡수체 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게 물 표면 또는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)의 각 계면에서 안정적으로 부유하며, 친수성 부분을 통한 수중 오염물의 흡착과 소수성 부분을 통한 선택적인 기름 분리가 동시에 가능한 부분 소수성/부분 친수성 흡수체 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 빈번한 기름 유출 사고 및 급격한 산업화에 따른 해양 및 자연 수질 오염이 심각한 위협을 받고 있다.

[0003] 주요 수질오염의 원인은 중금속, 각종 유기염료, 물-기름 혼합폐수 등이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 바다의 기름유출 방제 및 산업체의 물/기름 오염물 정화를 위한 다양한 기술들이 보고되었으나, 실제 해양환경에서는 바람 및 파도 등과 같은 외부적 요인에 의해 기존에 보고된 흡수체로는 효과적으로 방제작업을 수행하기 어려운 실정이다.

[0004] 대부분의 산업체에서는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)으로 존재하는 물/기름 혼합폐수가 발생하고 있으나, 기존의 물-기름 혼합폐수 처리에 관한 연구는 2가지 액상(light oil/water, water/heavy oil)에 관하여 주로 진행되었으며, 이에 따라 추가적으로 물 층에 포함된 오염물을 정화하기 위한 다단계 공정이 필요하므로, 3상 액상으로 존재하는 물/기름 혼합폐수의 처리는 비용적 측면에서 한계가 있었다.

[0005] 따라서, 외부 환경적 요인에 노출되어도 안정적으로 부유하여, 3상 액상(light oil/water/heavy oil)을 간단하면서도 연속적으로 분리하는 것과 동시에 오염물 또한 정화할 수 있는 흡수체의 기술 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2018-0051788호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상기와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 발명의 목적은 3상 액상(light oil/water/heavy oil)의 연속적인 분리와 물 층의 중금속 이온 및 유기 염료를 용이하게 제거할 수 있는 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명의 다른 목적은 부분적인 화학처리를 통해 부분 소수성/부분 친수성을 가지도록 흡수체를 제조함으로써, 파도, 조류 및 바람 등과 같은 외부 환경적 요인에 노출되어도 3상 액상(light oil/water/heavy oil)의 각 계면에서 가라앉거나 뒤집어지지 않고 안정적으로 부유하며, 연속적으로 수중 오염물의 흡착과 기름의 분리 및 흡수가 가능한 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조방법은 (a) 발포체 기재 표면에 자성나노입자를 담지하는 단계; (b) 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재를 건조한 후 도파민계 단량체와 수용액에 넣고 반응시켜, 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체를 형성하는 단계; 및 (c) 상기 자성나노입자가 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체가 형성된 발포체 기재의 일부분에 소수성 물질이 용해된 용액을 흡수시켜 열처리하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체는 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재의 표면에 도파민계 중합체가 형성되어 친수성 부분을 이루고, 상기 친수성 부분의 표면에 소수성 물질이 결합되어 소수성 부분을 이루는 것을 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조방법에 잇어, 상기 (c)단계의 상기 열처리

하는 단계는 20 내지 100 ℃에서 10분 내지 24시간 동안 열 처리 하는 것을 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체에 있어, 상기 소수성 물질은 옥타데실아민, 헥사데실아민, 헵타데실아민, 노나데실아민, 도데실아민, 테트라데실아민, p-페닐린디아민, 3,4-디메틸페닐아민, 4-클로로아닐린, 페닐부틸아민 및 폴리디메틸실록산 등으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 아민계 화합물인 것을 포함할 수 있으나, 특별히 이에 제한되지 않는다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체에 있어, 상기 자성나노입자는 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co), 크롬(Cr), 망간(Mn 및 가돌리늄(Gd) 등의 나노입자 또는 이들 각각의 산화물 및 이들 각각의 합금 등으로이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것을 포함할 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체에 있어, 상기 친수성 부분 및 상기 소수성 부분은 상기 부분 소수성/부분 친수성 흡수체 상에서 각각의 면적이 분리된 형태로 존재하며, 상기 친수성 부분과 상기 소수성 부분의 면적비는 1:1 내지 1:10인 것을 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명에 따른 흡수 복합체에 있어, 상기 흡수 복합체는 상기 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 포함하며, 소수성 부분에는 기름을 함유되어 있고, 친수성 부분에 물이 흡수되어 있는 것을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 일 예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)을 연속적으로 분리하는 것과 동시에 물 층의 중금속 이온 및 유기 염료를 용이하게 제거할 수 있다는 장점이 있다.

[0017] 본 발명의 일 예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체는 물 또는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)의 계면에서 가라앉거나 뒤집어지지 않고 안정적으로 부유할 수 있으며, 더구나 강한 파도, 조류, 바람 등과 같은 극한의 외부환경에 노출되어도 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 친수성 부분을 통한 수중 오염물의 흡착과 소수성 부분을 통한 선택적인 기름 흡수 및 분리가 동시에 가능하다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1의 a)는 본 발명에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조공정을 나타낸 모식도를 나타낸 것이며, b), c), d)는 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 물-기름의 분리 및 수중 오염물의 흡착 방법을 보여준다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 a) 멜라민 수지 발포체, b) 발포체 기재1, c) 발포체 기재 2, d) 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 표면을 관찰한 주사현미경 사진을 보여준다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 중금속 및 유기 염료에 대한 흡착 성능을 보여준다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 외부 환경적 요인에 따른 부유 안정성을 보여준다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 이용한 물-기름 분리 및 수중 오염물 흡착 방법을 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 첨부된 도면들을 포함한 구체예 또는 실시예를 통해 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 다만 하기 구체예 또는 실시예는 본 발명을 상세히 설명하기 위한 하나의 참조일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 여러 형태로 구현될 수 있다.

[0020] 또한 달리 정의되지 않는 한, 모든 기술적 용어 및 과학적 용어는 본 발명이 속하는 당업자 중 하나에 의해 일반적으로 이해되는 의미와 동일한 의미를 갖는다. 본 발명에서 설명에 사용되는 용어는 단지 특정 구체예를 효과적으로 기술하기 위함이고 본 발명을 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

[0021] 또한 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 단수 형태는 문맥에서 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도할 수 있다.

[0022] 또한 본 발명의 명세서에서, “포함한다”는 표현은 “구비한다”, “함유한다”, “가진다” 또는 “특징으로 한다” 등의 표현과 등가의 의미를 가지는 개방형 기재이며, 추가로 열거되어 있지 않은 요소, 재료 또는 공정을 배제하지 않는다.

[0024] 본 발명의 발명자들은 실제 해양환경에서 바람 및 파도와 같은 외부적 요인을 견딜 수 있고 수중 오염물의 흡착 및 기름의 분리를 위한 소수성/친수성 부분이 함께 존재하도록 흡수체를 제조하였으며, 극심한 외부환경에 의해서 전복되지 않고 안정적으로 부유할 수 있으며 3상 액상(light oil/water/heavy oil)의 연속적인 분리와 수중 오염물을 흡착할 수 있는 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제공할 수 있음을 발견하여 본 발명을 완성하였다.

[0026] 이하, 본 발명에 대해서 구체적으로 설명한다.

[0027] 본 발명의 일 양태에 따른 소수성/부분 친수성 흡수체의 (a) 발포체 기재 표면에 자성나노입자를 담지하는 단계;

[0028] (b) 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재를 건조한 후 도파민계 단량체와 수용액에 넣고 반응시켜, 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체를 형성하는 단계; 및

[0029] (c) 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체가 형성된 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재의 일부분에 소수성 물질이 용해된 용액을 흡수시켜 열처리하는 단계;를 포함한다.

[0030] 상기 발포체 기재는 폴리우레탄계수지, 페놀계 수지, 멜라민계 수지, 아크릴계 수지, 스티렌계 수지 및 폴리에스테르계 수지 및 이들의 혼합물 등으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 조합으로 발포체 기재로 사용하는 것일 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0031] 구체적인 일 예로, 상기 멜라민계 수지는 멜라민 포름알데히드일 수 있으며, 상기 멜라민계 수지를 이용한 발포체 기재는 특별히 제한되는 것은 아니지만, 공지된 발포 방법을 통해 멜라민 포름알데히드를 발포하여 제조된 것일 수 있다.

[0032] 상기 공지된 발포 방법을 통해 제조된 멜라민 포름알데히드 발포체는 특별히 이에 제한되는 것은 아니지만, 구체적인 일 예로, 멜라민 포름알데히드 예비축합물을 발포제를 이용하여 용매 중에 발포시켜 제조된 것을 사용할 수 있다.

[0033] 상기 발포체 기재는 그 형상이 특별히 제한되지 않고, 옷감 혹은 천의 형태를 가질 수 있으며, 스폰지 형태일 수 있다. 이는 적용분야에 따라 크기와 함께 조절될 수 있다.

[0034] 상기 발포체 기재는 기공의 크기를 제한하지 않고 다양한 기공 크기를 가지는 다중구조일 수 있다. 바람직하게는 상기 발포체 기재가 마이크로 기공, 메조 기공 및 마크로 기공을 포함하는 계층적 다공구조를 갖는 것이 더욱 좋다. 이때, 본 발명에서 상기 마이크로 기공, 메조 기공 및 마크로 기공은 IUPAC의 분류에 따라 분류되는 것으로, 2nm이하를 마이크로 기공 (Micro-pores), 2nm에서 50nm이하의 크기를 메조기공 (Meso-pores), 그리고 50nm보다 큰 기공을 마크로 기공(Macro-pores)인 것으로 한다. 상기 계층적 다공구조를 갖는 발포체 기재는 케스케이드 효과에 의해 고속의 흡착과 동시에 흡착율을 획기적으로 향상시킬 수 있다는 측면에서 있어서 더욱 좋다.

[0035] 상기 자성나노입자는 특별히 제한하는 것은 아니지만, 예를 들면 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co), 크롬(Cr), 망간(Mn) 및 가돌리늄(Gd) 등의 나노 입자 또는 이들 각각의 산화물 및 이들 각각의 합금 등으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 조합인 것일 수 있다.

[0036] 구체적으로, 상기 자성나노입자는 본 발명의 목적을 달성하기 위한 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제조하기 위해 상기 흡수체 표면 및 내부 기공 구조 표면에 담지되는 것일 수 있으며, 이에 따라 친수성 처리가 수행되는 것일 수 있다.

[0037] 상기 자성나노입자는 구체적인 일 예로, 철 산화물인 것일 수 있으며, 보다 구체적으로 산화철 나노입자일 수 있으나 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

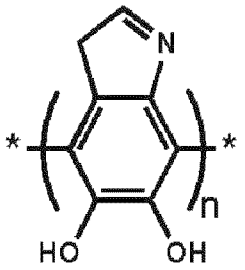
[0038] 상기 산화철은 나노입자는 구체적인 일 예로, 조성과 구조에 따라 FeO, Fe_3O_4, Fe_2O_3, α-Fe_2O_3, γ-Fe_2O_3 및

β -Fe_2O_3 등으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 조합인 것일 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0039] 상기 산화철 나노입자를 형성하기 위한 철계 전구체의 일 예는, 염화제이철, 황산제이철 및 질산제이철 등의 전구체 또는 이들의 수화물 등으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 조합일 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0040] 상기 도파민계 단량체는 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다.

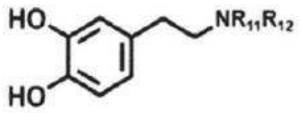
[0041] [화학식 1]

[0042] 

[0043] 상기 화학식 1로 표시되는 도파민계 단량체는 카테콜기 또는 이의 유도체 등을 갖는 화합물을 포함할 수 있으며, 구체적인 일 예로 티라민(tyramine), 도파민퀴논, 도파민, 알파-메틸도파민, 노르에피네프린, 에피네프린, 알파-메틸도파, 인돌아민, 세로토닌 및 5-하이드록시도파민 등의 화합물 또는 이들의 염 등으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물인 것일 수 있으며, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0044] 보다 구체적인 예로, 상기 도파민 단량체는 하기 화학식 2로 표시되는 화합물을 포함할 수 있으며, 바람직하게는 도파민일 수 있으나 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0045] [화학식 2]

[0046] 

[0047] 상기 화학식 2에서, 하기 R_{11} 및 R_{12}는 각각 독립적으로 수소 또는 C1-C5 알킬일 수 있다.

[0048] 본 발명에 따른 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조방법에 있어, 상기 (a) 단계는 발포체 기재 표면에 자성나노입자를 담지하는 단계를 포함한다.

[0049] 상기 담지하는 단계는 상기 자성나노입자가 용해 또는 분산된 용매에 상기 발포체 기재를 넣고 교반 또는 초음파 처리 등의 공지된 처리방법을 통해 수행되는 것일 수 있으며, 구체적으로 상기 처리방법에 의해 상기 발포체 기재 표면에 상기 자성나노입자를 담지하는 것일 수 있다.

[0050] 상기 용매는 특별히 제한되는 것은 아니지만 일 예로, 물 및 지방족 알코올로 등으로 이루어진 군에서 어느 하나 또는 둘 이상의 조합일 수 있으며, 바람직하게는 에탄올을 사용하는 것일 수 있으나 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0051] 상기 처리방법에 있어, 초음파 처리 시간은 상기 발포체 기재 표면에 상기 자성나노입자가 균일하게 담지될 수 있는 범위 내에서 수행되는 것이 좋고 구체적으로는 1분 내지 1시간일 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0052] 상기 초음파 처리 후, 세척 및 건조하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 증류수를 이용해 연속적으로 세척하고 건조하여 잔여물을 제거할 수 있으나 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0053] 상기 발포체 기재를 건조함으로써, 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 상기 발포체 기재를 제조할 수 있으며, 구체적으로 상기 발포체 기재의 표면 및 내부 기공 구조 표면에 상기 자성나노입자가 담지된 발포체 기재를 제조하는 것일 수 있다.

[0054] 상기 발포체 기재를 건조하기 위한 시간은 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 내 용매를 증발시킬 수 있는 건조 조건이라면 특별히 제한되지 않으나, 일 예로 1분 내지 5시간 동안 건조할 수 있고, 온도 범위는 20 내지 60℃에서 건조시킬 수 있다.

[0055] 본 발명에 따른 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조방법에 있어, 상기 (b) 단계는 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재를 건조한 후 도파민계 단량체와 수용액에 넣고 반응시켜, 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체를 형성하는 단계를 포함한다.

[0056] 상기 도파민계 단량체는 수용액 상에서 산화 중합이 개시되는 것일 수 있으며, 구체적으로는 pH 유도에 의한 자가 중합(Self-polymerization)에 의해 상기 도파민계 중합체가 형성되는 것일 수 있다.

[0057] 상기 도파민계 단량체가 용해되는 수용액은 염기성 수용액인 것이 바람직하며, 상기 염기성 수용액의 pH는 7.0 이상일 수 있으며, 구체적으로 7.0 내지 14, 보다 구체적으로는 7.5 내지 12, 더욱 구체적으로 8.0 내지 10의 범위일 수 있다.

[0058] 상기 염기성 수용액은 완충 용액을 포함할 수 있으며, 상기 완충 용액은 염기성 pH를 유지할 수 있는 모든 종류의 완충용액이면 특별히 제한되지 않고 사용할 수 있으나, 구체적인 일예로 Tris-HCl 완충 용액을 사용할 수 있으며 이에 제한되는 것은 아니다.

[0059] 구체적인 일 예로, 상기 염기성 수용액의 pH 영역에서 상기 도파민계 단량체가 산화 중합 또는 자가 중합 또는 표면 중합을 통해 상기 자성나노입자가 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체를 코팅할 수 있으며, 구체적인 일 예로 폴리도파민을 코팅하는 것일 수 있으나 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0060] 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체를 형성 또는 코팅함에 있어서, 상기 염기성 수용액에 도파민계 단량체와 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재를 동시에 함께 넣는 것일 수 있으며, 상기 도파민 단량체를 넣은 후 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재를 투입하는 것일 수 있으나 바람직하게는 상기 도파민계 단량체와 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재를 동시에 넣는 것이 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민게 단량체를 표면 중합하여 상기 도파민계 중합체를 형성함에 있어서 보다 용이하나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0061] 상기 b) 단계에서 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재와 상기 도파민계 단량체를 수용액에 동시에 함께 넣어 반응시켜 1 내지 100시간 반응 시키는 것일 수 있으며, 구체적으로는 1 내지 20시간 반응시키는 것일 수 있으나 특별히 이에 제한되는 것은 아니다. 상세하게, 상기 반응시간을 통해 도파민계 단량체가 표면 중합을 통해 상기 자성나노입자가 담지된 발포체 기재의 표면에 상기 도파민계 중합체가 형성 또는 코팅될 수 있다.

[0062] 상기 b) 단계 후, 세척 및 건조하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 증류수를 이용해 잔여물을 여러 번 제거할 수 있으나 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0063] 상기 건조하는 단계 후, 20 내지 200 ℃에서 10분 내지 24시간 동안 열 처리하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 구체적으로는 50 내지 150 ℃에서 1시간 내지 20시간 동안 열 처리하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0064] 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재는 상기 염기성 수용액 내에서 표면에 도파민계 중합체가 표면 중합에 의해 형성 또는 코팅되어, 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체가 형성된 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재를 제조할 수 있다.

[0065] 상기 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재에 있어서, 상기 도파민계 중합체 코팅층의 두께는 10 내지 1000nm인 것일 수 있으며, 바람직하게는 20 내지 300nm, 보다 바람직하게는 30 내지 150nm인 것이 본 발명이 목적하는 소수성/부분 친수성 흡수체의 흡착 성능을 향상시킬 수 있는 측면에서 더욱 좋다.

[0066] 상기 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재는 상기 도파민 중합체가 표면에 형성 또는 코팅됨으로써 친수성을 가지며, 본 발명의 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 친수성 부분을 구성할 수 있고, 이에 따라 물 층의 각종 오염물, 중금속, 유기염료 등을 흡착할 수 있는 성질을 가질 수 있다.

[0067] 본 발명에 따른 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조방법에 있어, 상기 (c)단계는 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재 표면에 상기 도파민계 중합체가 형성된 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재의 일부분에 소수성 물질이 용해된 용액을 흡수시켜 열처리하는 단계를 포함하며, 상기 일부분은 상기 일부분의 표면 및 내부 기공 구조 표면을 의미하는 것일 수 있다.

[0068] 상기 소수성 물질은 아민기를 가지고 있으면서 소수성기를 도입할 수 있는 아민계 화합물이라면 특별히 제한하지 않고 사용할 수 있으나, 예를 들면 헥실아민, 옥타데실아민, 헥사데실아민, 헵타데실아민, 노나데실아민, 도데실아민, 트리데실아민, 테트라데실아민, p-페닐린디아민, 3,4-디메틸페닐아민, 4-클로로아닐린, 페닐부틸아민, 펜타데실아민, 헵탈아민 및 폴리디메틸실록산 등으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 아민계 화합물일 수 있다.

[0069] 상기 소수성 물질을 용해하기 위한 용매는 상기 소수성 물질을 용해할 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않고 사용될 수 있으나, 일 예로 상기 용매는 염화칼슘($CaCl_2$)수용액, 염화마그네슘수용액, 메탄올, 에탄올, 메톡시에탄올, 프로판올, 이소프로판올, 부탄올, 이소부탄올, 아세톤, 메틸에틸케톤, 메틸이소부틸케톤, 에틸 아세테이트, 부틸 아세테이트, 3-메톡시-3-메틸 부틸 아세테이트, 디메틸포름아미드, 메틸피롤리돈, 디메틸아세트아미드, 테트라하이드로퓨란, 2-메틸테트라하이드로퓨란, 디메틸에테르 및 디부틸에테르 등으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물일 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0070] 상기 소수성 물질이 상기 용매에 용해되어 상기 소수성 물질이 용해된 용액을 제조할 수 있으며, 구체적인 일예로, 상기 에탄올 및 공지의 극성 용매를 용매로 사용함으로써 상기 소수성 물질을 용해하였을 때, 상기 (c)단계의 소수성 물질을 흡수시키는 단계에 있어, 모세관 현상이 발생하지 않아 상기 소수성 물질이 용해된 용액을 발포체 기재의 일부분에 흡수시킴에 있어 보다 용이하여 좋다.

[0071] 상기 (c)단계에서 있어서, 상기 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재의 일부분에 소수성 물질이 용해된 용액을 부분적으로 흡수시키기 위한 흡수 시간은 1초 내지 1시간 용액에 담가 부분적으로 흡수시키는 것일 수 있으며, 구체적으로는 1초 내지 30분, 보다 상세하게는 1초 내지 1분일 수 있으나 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0072] 상기 (c)단계의 열처리하는 단계는 10 내지 100 ℃에서 10분 내지 24시간 동안, 구체적으로는 20 내지 70℃에서 1시간 내지 20시간 동안 처리하는 것일 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0073] 상기 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재의 일부분에 소수성 물질이 용해된 용액을 부분적으로 흡수시킨 후 열처리를 통해 개질하여 소수성을 부여할 수 있으며, 구체적으로는 본 발명의 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 "부분 소수성"을 구성하며 소수성 부분을 이루는 것으로, 상기 소수성 부분을 통해 기름을 흡수 및 분리할 수 있다.

[0074] 구체적으로, 상기 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재의 표면 또는 내부 기공 구조 표면에서 상기 소수성 물질이 상기 도파민계 중합체와 결합될 수 있으며, 이를 통해 기름을 선택적으로 분리할 수 있으며, 흡착 성능을 현저히 향상시킬 수 있다.

[0075] 상기 전술한 바와 같이, 본 발명의 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조방법을 통해 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제조할 수 있으며, 구체적으로는 상기 "부분 친수성" 이란 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재의 표면에 도파민계 중합체가 코팅되어 친수성을 이루는 부분을 의미하는 것이며, 상기 "부분 소수성" 이란 상기 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재의 일부분에 소수성 물질이 용해된 용액이 흡수된 소수성을 이루는 부분을 의미하는 것이다.

[0076] 본 발명에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체는 상기 자성나노입자가 표면에 담지된 발포체 기재의 표면에 상기 도파민계 중합체가 형성되어 친수성 부분을 이루고, 상기 친수성 부분의 표면에 소수성 물질이 결합되어 소수성 부분을 이루는 것을 포함한다.

[0077] 상기 부분 소수성/부분 친수성 흡수체에 있어, 상기 친수성 부분 및 상기 소수성 부분은 상기 부분 소수성/부분 친수성 흡수체 상에서 각각의 면적이 분리된 형태로 존재하며, 상기 친수성 부분과 상기 소수성 부분의 면적비는 1:1 내지 1:10인 것일 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 친수성 부분과 상기 소수성 부분의 면적비는 1:1 내지 1:5, 구체적으로는 1:2인 것일 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0078] 상기 소수성 물질이 용해된 용액에 상기 자성나노입자/도파민계 중합체 발포체 기재의 일부분을 흡수시킨 후, 열처리를 통해 소수성 부분으로 개질하여 소수성을 부여할 수 있는데, 이때, 상기 친수성 부분 및 소수성 부분의 면적 범위에 해당하는 소수성 부분의 면적에 상기 소수성 물질을 일부분에 흡수시킬 수 있으며, 구체적인 일예로 1:1의 비율을 가질 때, 본 발명의 부분 소수성/부분 친수성 흡수체는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)의 각 계면에서 가라앉거나 뒤집어 지지 않고 안정적으로 부유하며, 바람 및 파도와 같은 외부의 극심한 환경에서도 전복 되지 않을 수 있는 성질을 가질 수 있어 보다 바람직하다.

[0079] 본 발명의 일 양태에 있어, 상기 부분 소수성/부분 친수성 흡수체는 정육면체, 직육면체, 구, 원기둥, 막대 형태(bar type), 바지형태 등의 형태일 수 있으며, 본 발명에 따른 소수성/부분 친수성 흡수체의 효과를 구현할 수 있는 형태라면 특별히 이에 제한되지 않는다.

[0080] 상기 바지형태는 육면체의 일부 면적이 가로 면의 한 가운데 점을 기준으로 반만큼 두 개로 나뉘어져 분리된 형상을 의미하는 것일 수 있다. 이때, 하나의 육면체에서 두 개의 갈래로 나뉘어진 것과 같은 형상을 의미하는 것일 수 있으며, 이때 육면체의 일부는 나뉘어지지 않은 붙어있는 상태로 존재한다.

[0081] 본 발명의 일 양태에 있어서, 본 발명의 부분 소수성/부분 친수성 흡수체가 상기 정육면체, 직육면체일 때 특히, 물 표면 또는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)인 저밀도-물-기름의 액상의 각 계면에서 가라앉거나 뒤집어지지 않고 안정적으로 부유할 수 있으며, 친수성 부분을 통해 수중의 각종 오염물, 중금속, 유기염료 등을 흡착할 수 있고, 소수성 부분을 통해 선택적으로 기름을 흡수 및 분리할 수 있다.

[0082] 구체적으로, 상기 선택적으로 기름을 흡수 및 분리는 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 소수성 부분 및 진공펌프와 같은 공지된 분리장치를 이용하여 수행되는 것일 수 있으나, 특별히 이에 제한되는 것은 아니다.

[0083] 본 발명의 일 양태에 있어서, 본 발명의 부분 소수성/부분 친수성 흡수체가 상기 바지형태일 때 부분 소수성/부분 친수성 흡수체는 소수성 부분과 친수성 부분의 일부가 일정한 거리를 두고 떨어져 있는 형태일 수 있다. 이러한 경우 특히, 3상 액상(light oil/water/heavy oil)인 저밀도-물-기름의 액상의 연속적인 분리하는 것과 동시에 수중의 각종 오염물, 중금속, 유기염료 등을 제거할 수 있다.

[0084] 구체적으로는, 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 소수성 부분과 친수성 부분을 통해 각각 소수성 부분으로 저밀도, 고밀도 기름을 흡수 및 분리할 수 있고, 상기 친수성 부분으로 수중의 각종 오염물, 중금속, 유기염료 등을 제거할 수 있다.

[0085] 본 발명의 다른 양태로, 본 발명의 흡수 복합체는 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 제조방법으로 제조되고, 본 발명에 따른 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 포함하며, 상기 흡수체의 소수성 부분에는 기름이 함유되어 있고, 친수성 부분에 물이 흡수되어 있는 것을 포함할 수 있다.

[0086] 상기 흡수 복합체에 있어, 상기 친수성 부분에 흡수되어있는 물과 상기 소수성 부분에 함유되어 있는 기름이 각각 차지하는 면적비는 1:1 내지 1:5, 구체적으로는 1:2인 것일 수 있으며, 특별히 이에 제한되는 것은 아니며, 바람직하게는 상기 면적비가 1:1의 비율일 때, 상기 흡수 복합체는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)의 각 계면에서 가라앉거나 뒤집어 지지 않고 안정적으로 부유하며, 바람 및 파도와 같은 외부의 극심한 환경에서도 전복 되지 않을 수 있는 성질을 가질 수 있어 보다 바람직하다.

[0087] 이하는 본 발명의 실시예들을 이용하여 더욱 명확히 설명한다. 본 발명의 실시예들을 통해 본 발명의 우수함을 실험적으로 보이나, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 예일 뿐, 본 발명이 제시되는 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0089] [실시예 1]

[0090] 자성나노입자(Fe_3O_4) 2 mg가 1ml 에탄올에 용해된 용액에 멜라민 수지 발포체(Basotect®바소텍, 바스프사)를 넣고 10분 동안 초음파 처리한 후 용액에서 꺼내어 50 ℃에서 건조한 후 물로 다시 세척한 후 건조하여 자성나노입자가 표면에 코팅된 발포체 기재 1을 제작하였다.

[0091] 5 mg의 도파민 염산염(Dopamine hydrochloride) 0.08 g을 염기성 수용액(0.012g/10 mL, Tris-HCI, pH 8.5)에 첨가하여 도파민계 중합체 용액을 제조한 후 상기 발포체 기재 1을 넣고 상온에서 16시간 동안 반응시켰다. 상기 반응 후 물로 세척한 후 50 ℃에서 6시간 동안 건조시킨 후 120 ℃에서 오븐에서 12시간 동안 열처리 하여 발포체 기재 1에 폴리도파민계 중합체가 형성된 발포체 기재 2를 제작하였다.

[0092] 옥타데실아민(Octadecylamine) 35mg을 에탄올 7 ml에 녹인 후 발포체 기재 2의 절반을 흡수시킨 후 50 ℃에서 12시간 동안 반응시켜 최종적으로 소수성 부분과 친수성 부분의 면적비가 1:1인 부분 육면체의 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제작하였다.

[0093] 상기 부분 친수성/부분 소수성 흡수체의 제조공정 모식도를 도 1의 a)에 나타내었다. 도 1의 b)는 실시예 1로

제작된 상기 부분 소수성/부분 친수성 흡수체의 소수성 부분과 진공펌프를 이용한 선택적인 기름 분리 및 친수성 부분의 수중 중금속 및 유기염료의 흡착을 보여준다.

[0095] [실시예 2]

[0096] 상기 실시예 1로 제작된 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 바지형태로 제작한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 재료 및 방법으로 제조하였으며, 제조된 흡수체를 도 1의 d)에 나타내었다. 도 1의 d)에서 보는 바와 같이 바지형태의 부분 친수성/부분 소수성 흡수체는 3상 액상(light oil/water/heavy oil)을 연속적으로 분리할 수 있음을 보여주며, 구체적으로는 바지형태의 왼쪽 부분인 소수성 부분으로 저밀도, 고밀도 기름을 흡수 및 분리하며 바지형태의 오른쪽 부분인 친수성 부분을 통해 정화된 물이 분리 되는 것을 확인 할 수 있다.

[0098] [비교예 1]

[0099] 실시예 1과 동일한 재료 및 방법을 통해 발포체 기재 1에 폴리도파민계 중합체가 형성된 발포체 기재 2를 제작하여, 소수성 부분의 비율이 0%인 흡수체를 준비하였다.

[0101] [비교예 2]

[0102] 소수성 부분과 친수성 부분의 면적비가 2:8인 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제작한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 재료 및 방법으로 소수성 부분의 비율이 20%인 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제조하였다.

[0104] [비교예 2]

[0105] 소수성 부분과 친수성 부분의 면적비가 8:2인 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제작한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 재료 및 방법으로 소수성 부분의 비율이 20%인 부분 소수성/부분 친수성 흡수체를 제조하였다.

[0107] [실험예 1]

[0108] 도 2에서 보는 바와 같이 도 2의 a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 멜라민 수지 발포체, b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 발포체 기재 1, c)는 본 발명의 일 실시예에 따른 발포체 기재 2, d)는 본 발명에 따른 부분 친수성/부분 소수성 흡수체의 표면을 주사현미경(SEM, S-4800, HITACHI)을 통해 관찰한 사진이다.

[0109] 상기 도 2에서, a)는 상기 멜라민 수지 발포체의 골격이 상호 연결된 네트워크 구조를 보여주며, 표면이 매끄러운 것을 확인할 수 있으며, b)는 상기 멜라민 수지 발포체 표면에 자성나노입자를 형성시킨 후의 모습으로, 자성나노입자가 발포체 표면에 형성되었음을 확인할 수 있다. c)는 발포체 기재 1의 표면에 도파민계 단량체를 중합한 후의 모습으로, 표면에 도파민계 중합체가 분포되었음을 확인할 수 있으며, d)는 발포체 기재 2의 표면에 옥타데실아민이 부분적으로 코팅된 부분의 모습을 나타낸 것으로, 표면코팅 후 표면구조의 큰 변화가 없음을 확인할 수 있다.

[0111] [실험예 2]

[0112] 1) 중금속 이온 흡착실험

[0113] 각각 Pb^{2+}, Cr^{6+} 이온이 30 mg/L 농도로 포함된 수용액(pH 6, 25 ℃) 200mL에 상기 실시예 1로 제작된 부분 친수성/부분 소수성 흡수체를(4 x 4 x 4 cm)를 넣고 1, 2, 3, 4, 5, 6시간 동안 각각 교반한 후 다음과 같이 분석을 실시하였다.

[0114] 유도결합 플라스마 질량분석법(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS)으로 유도결합플라즈마 분광기(ICP-OES, OPTIMA 8300DV, PerkinElmer)를 이용해 흡착된 Pb^{2+}, Cr^{6+} 이온과 남아있는 이온의 농도를 분석하였으며, 도 3의 a)에 결과를 나타내었다. 도 3의 a)에서 보는 바와 같이, 시간이 지남에 따라 Pb^{2+}, Cr6+ 이온

의 흡착성능이 증가한 것으로, 우수한 흡착효율을 나타내는 것을 확인하였다.

[0115] Cr^{6+}의 비색법 분석은 자외-가시선 분광광도계(UV-Vis Spectrophotometer, Sinco, Evloution201)를 이용해 수행하였으며, 도3의 b)에 결과를 나타내었다. 도 3의 b)에서 보는 바와 같이, 시간이 지남에 따라 보라색이 옅어지는 것을 확인하였으며, 이에 따라 Cr^{6+}에 대한 흡착 성능이 매우 우수한 것을 확인하였다.

[0116] 도 3의 c)은 실시예 1로 제작된 부분 친수성/부분 소수성 흡수체의 무게 당 Pb^{2+}, Cr^{6+}의 최대 흡착량을 나타낸 것으로 Pb^{2+}는 265 mg/g, Cr^{6+}은 69 mg/g임을 확인하였다.

[0118] 2) 유기 염료 흡수실험

[0119] 각각 10 mg/L 농도의 두 가지 유기 염료로 메틸렌 블루(Methylene blue)와 메틸 오렌지(Methyl orange)이 포함된 수용액(pH 6, 25 ℃) 200mL에 실시예 1에서 제작된 부분 친수성/부분 소수성 흡수체(4 x 4 x 4 cm)를 넣고 0, 5, 10, 15, 20분 동안 각각 교반한 한 후 자외-가시선 분광광도계(UV-Vis Spectrophotometer, Sinco, Evloution201)를 이용해 흡착된 유기 염료와 남아있는 유기 염료의 농도를 분석하여 도3의 d), e)에 결과를 나타내었다. 도3의 d), e)에서 보는 바와 같이 두 가지 염료에 대해 모두 우수한 흡착효율을 보이는 것을 확인하였다. 도 3의 f)는 실시예 1로 제작된 부분 친수성/부분 소수성 흡수체의 무게 당 메틸렌 블루와 메틸 오렌지의 최대 흡착량을 나타낸 것으로 각각 407 mg/g, 38 mg/g임을 확인하였다.

[0121] [실험예 3]

[0122] 도 4에서 보는 바와 같이, 도 4의 a), b)는 실시예 1 및 비교예 1의 흡수체에 추를 떨어뜨린 후 부유 안정성을 확인하였다. 그 결과, a)의 경우 뒤집어 지는 반면, b)의 경우 뒤집어 지지 않은 것을 확인하였다.

[0123] 도 4의 c), d), e), f)는 각각 소수성 부분의 비율이 각각 0, 20, 50, 80%인 비교예 1, 비교예 2, 실시예 1, 비교예 3의 흡수체에 인위적 파동을 부여한 후 부유 안정성을 확인한 것으로써, c)의 경우 뒤집어 졌으며, 부분적으로 소수성을 가지는 d), e), f)의 경우는 모두 뒤집어지지 않은 것을 확인할 수 있었다.

[0124] 도 4의 g), h)는 인위적인 바람이 부는 환경을 조성한 후 각각 비교예 1, 실시예 1의 흡수체의 부유 안정성을 확인한 것으로, g)는 인위적인 바람에 의해 뒤집어 지는 반면, h)의 경우 뒤집어지지 않고 안정적으로 부유하는 것을 확인하였다. 결과로부터, 전체가 소수성으로만 이루어진 흡수체 보다 부분적으로 소수성 부분을 가지는 부분 친수성/부분 소수성 흡수체의 경우 부유 안정성이 보다 우수한 것을 확인하였다.

[0126] [실험예 4] 물/기름 분리 및 흡수실험

[0127] 도 5에서 보는 바와 같이, 도 5의 a)는 무색/파란색/분홍색으로 염색된 3상 액상(light oil/water/heavy oil)이고, b), c)는 비교예 1의 흡수체가 상기 a)의 무색/파란색/핑크색으로 염색된 3상 액상(light oil/water/heavy oil)상에서 나타내는 흡착 성능을 보여준다.

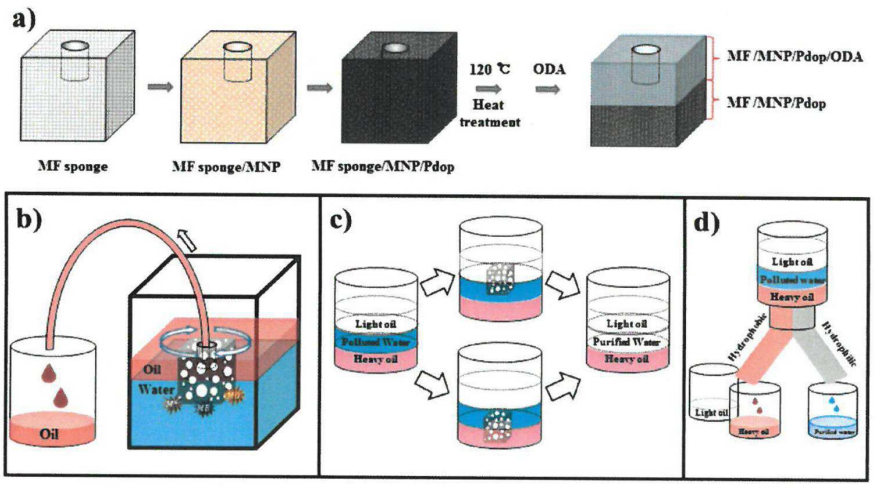
[0128] 도 5의 b), c)는 각각 저밀도 기름(light oil)층이나 고밀도 기름(heavy oil)층에 존재하며 물 층의 염료를 흡착하지 못하는 것을 확인할 수 있으며, d), e)는 실시예 1의 흡수체가 각각 light oil/water의 계면, water/heavy oil의 계면에 존재하며 물 층의 염료를 흡착하여 맑아진 것을 확인할 수 있다.

[0129] 도 5의 f), g), h), i)는 실시예 1의 흡수체의 소수성 부분과 진공펌프를 이용하여 물-기름 혼합물에서 기름을 선택적으로 분리하는 모습을 보여준다. 도 5의 f)는 부분 친수성/부분 소수성 흡수체가 기름-물 계면에 존재하며, 흡수체의 소수성 부분과 진공펌프를 통해 기름이 제거되고, 액상의 물이 침범하는 것을 막는 것을 보여준다. g), h), i)는 빨간 색으로 염색된 기름, 파란색으로 염색된 물이 혼합된 물-기름 혼합물에서 진공펌프를 이용해 기름만 분리하는 모습으로, 실시예 1의 소수성 부분을 통해 기름만 선택적으로 왼쪽 유리병으로 이동됨을 확인할 수 있다. j)는 각각 cube 형태(육면체), branch 형태(바지 형태)의 실시예 1 및 실시예 2의 흡수체를 이용한 물-기름 혼합물의 분리 이후 기름에 남은 염료를 분석하여 분리 효율을 확인한 것으로, 분리 효율이 우수한 것을 확인하였다. k) l), m), n)은 실시예 2의 흡수체를 이용해 3상 액상(light oil/water/heavy oil)인 무색/파란색/빨간색으로 염색된 3가지 액상(n-hexane/water/CH_2Cl_2)의 분리를 보여준다. 구체적으로는

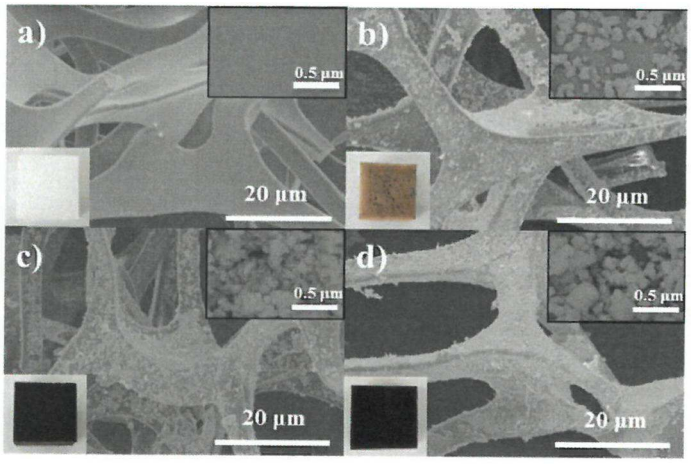
바지형태의 왼쪽 부분인 소수성 부분을 통해 밀도가 낮은 n-hexane과 밀도가 높은 CH_2Cl_2을 선택적으로 분리하며, 바지형태의 오른쪽 부분인 친수성 부분을 통해 염료가 제거된 정화된 물이 선택적으로 분리됨을 확인할 수 있다.

도면

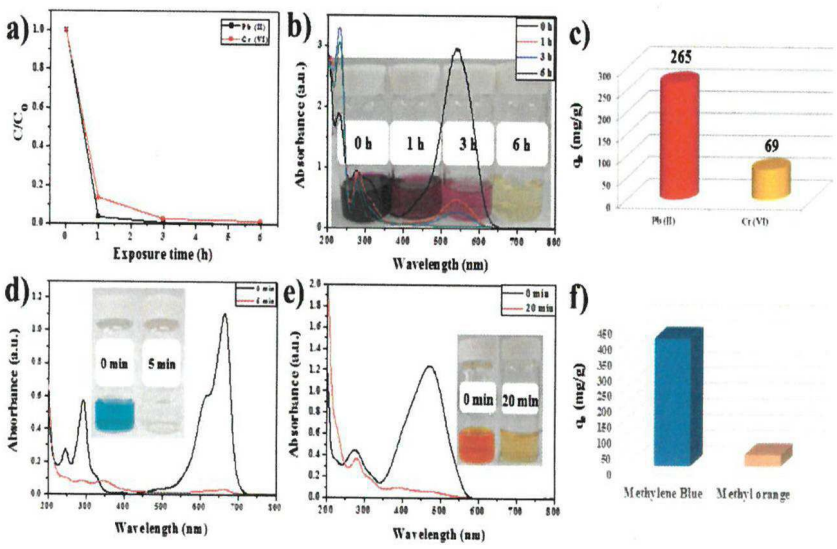
도면1



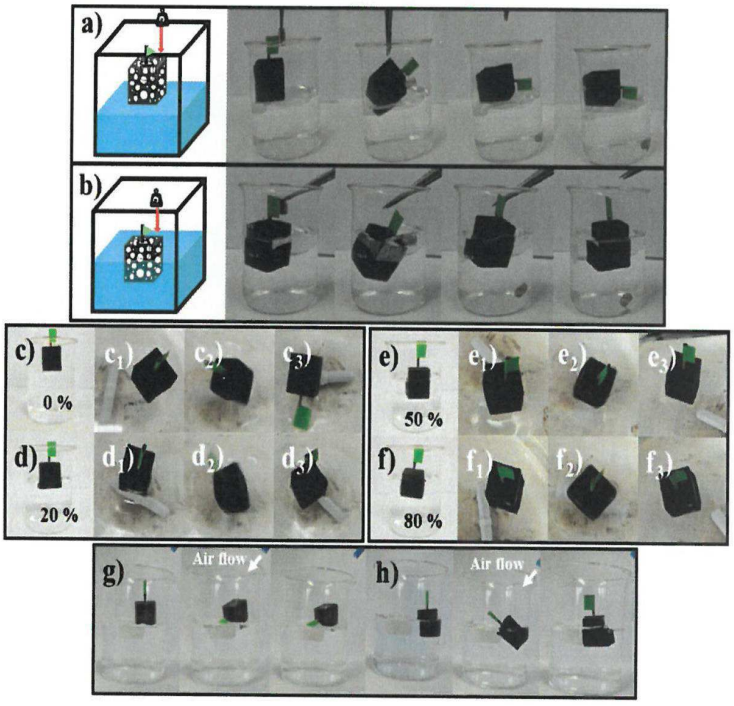
도면2



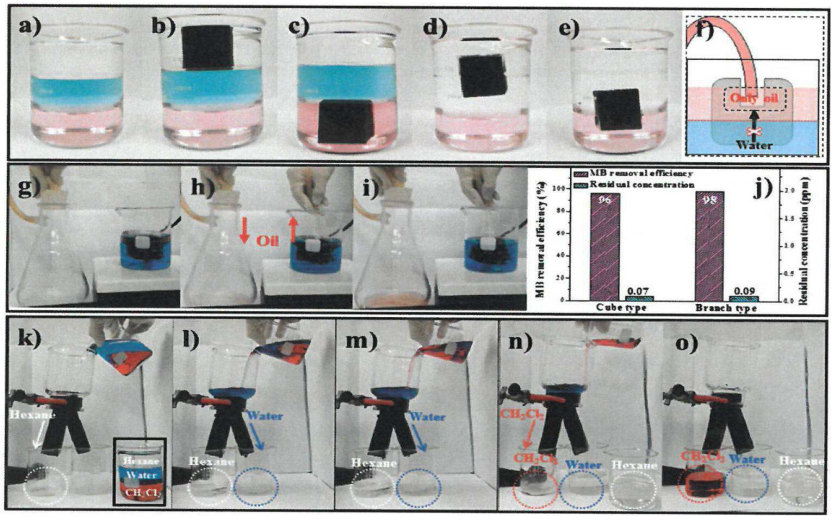
도면3


a)
Exposure time (h)
b)
Absorbance (a.u.)
Wavelength (nm)
0 h
1 h
3 h
6 h
c)
265
69
Pb (II)
Cr (VI)
d)
0 min
5 min
e)
0 min
20 min
f)
Methylene Blue
Methyl orange

도면4


a)
b)
c)
0 %
d)
20 %
e)
50 %
f)
80 %
g)
Air flow
h)
Air flow

도면5


a)
b)
c)
d)
e)
f)
Oily oil
Water
g)
h)
Oil
i)
j)
MB removal efficiency
Residual concentration
96
0.07
98
0.09
Cube type
Branch type
k)
Hexane
Water
CH_2Cl_2
l)
Water
Hexane
m)
Water
Hexane
n)
CH_2Cl_2
Water
Hexane
o)
CH_2Cl_2
Water
Hexane