(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0124562
(43) 공개일자 2010년11월29일

(51) Int. Cl.
C02F 3/10 (2006.01) *B01J 20/02* (2006.01)
C04B 35/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0043634
(22) 출원일자 2009년05월19일
심사청구일자 2009년05월19일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
김지형
서울특별시 송파구 문정동 올림픽훼밀리 아파트 227-1001
조은주
경기도 안양시 동안구 관양2동 인덕원삼성아파트 113동 201호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태웅

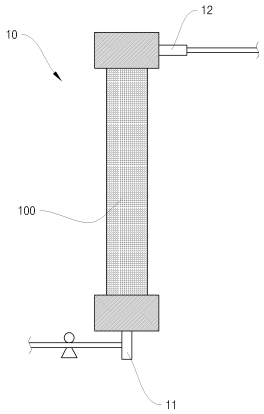
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체, 그 제조방법 및 혼합담체가 충진된 칼럼

(57) 요 약

본 발명은 제강슬래그와 토탄의 적정비로 혼합담체를 구성하여 탈염반응 및 미생물반응에 기해 염소계 지방족 탄수화물 제거의 효율이 높은 장점이 있으며, 제강슬래그의 첨가로 공극률을 높여 오랜 시간 반응으로 인한 미생물 번식으로 공극률이 저하되는 것을 방지하여 칼럼 내 수리적 측면에서 유체의 흐름을 원활하게 하며 Up-flow방법을 통해 wall effect(벽을 타고 물이 흐르는 것)를 방지하고 탈염반응 및 미생물반응이 전체에 걸쳐 고루게 이루어지도록 할 수 있는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체, 그 제조방법 및 혼합담체가 충진된 칼럼에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

쿠밍칸

중국 길림시 132022 챙데가 45, 질린화학기술연구소

차지훈

서울 금천구 독산동 군인아파트 1동 510호

김현준

서울 강동구 천호4동 287-16 씨티빌아파트 403호

윤성택

서울시 중랑구 신내동 신내9단지아파트 910동 701호

조호영

서울시 서초구 방배동 방배 레미안아파트 101동 103호

이종민

서울특별시 강동구 명일로 152번지 찬솔아파트 1동 604호

특허청구의 범위

청구항 1

제강슬래그, 토탄으로 구성됨을 특징으로 하는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제강슬래그 및 상기 토탄의 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2 내지 10중량%인 것을 특징으로 하는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제강슬래그는 입경이 2 내지 3.5㎜이고, 상기 토탄은 입경이 0.2 내지 0.425㎜인 것을 특징으로 하는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제강슬래그는 전로슬래그인 것을 특징으로 하는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체.

청구항 5

제강슬래그를 건조시키는 단계와, 토탄을 건조시키는 단계와, 건조된 제강슬래그 및 토탄을 혼합하여 담체를 형성하는 단계로 이루어짐을 특징으로 하는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체 제조방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

건조된 제강슬래그 및 토탄을 혼합하여 담체를 형성하는 단계에는 상기 제강슬래그 및 상기 토탄의 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2 내지 10중량%로 혼합하는 것을 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체 제조방법.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 제강슬래그를 건조시키는 단계에는 제강슬래그를 증류수에 세척한 후 70 ~ 80℃로 10 ~ 14시간 건조시키고, 입경이 2 ~ 3.5㎜가 되도록 체를 치는 단계를 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체 제조방법.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 토탄을 건조시키는 단계에는 100 ~ 110℃에서 10 ~ 14시간 건조시키고, 입경이 0.2 ~ 0.425㎜가

되도록 체를 치는 단계를 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체 제조방법.

청구항 9

하부에 유입구가 형성되며 상부에 유출구가 형성되는 칼럼으로 상기 칼럼 내부에는 상기 제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항의 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체가 충진되는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체가 충진된 칼럼.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 제강슬래그와 토탄의 적정비로 혼합담체를 구성하여 탈염반응 및 미생물반응에 기해 염소계 지방족 탄수화물 제거의 효율이 높은 장점이 있으며, 제강슬래그의 첨가로 공극률을 높여 오랜 시간 반응으로 인한 미생물 번식으로 공극률이 저하되는 것을 방지하여 칼럼 내 수리적 측면에서 유체의 흐름을 원활하게 하며 Up-flow방법을 통해 wall effect(벽을 타고 물이 흐르는 것)을 방지하고 탈염반응 및 미생물반응이 전체에 걸쳐 고루게 이루어지도록 할 수 있는 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체, 그 제조방법 및 혼합담체가 충진된 칼럼에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 도시화 및 산업화로 인해 자연상태에서는 존재하지 않는 유기화합물이 다량으로 배출되고 있어 심각한 환경오염을 유발하고 있다. 특히 염소계 지방족 탄수화물들(Chlorinated Aliphatic Hydrocarbon; CAHs)은 토양오염 및 지하수 오염의 주원인인 물질로 알려져 있다. 우리나라에는 다양한 CAHs에 관한 음용수 및 공장폐수 배출기준이 있으며 이를 처리하기 위한 물리적, 화학적, 생물학적 방법 등이 연구되고 있다.

[0003] 물리적 방법은 입상활성탄을 이용한 흡착, 소각 등이 있는데 이는 2차 처리에 따른 대기오염 및 유지관리에 문제점이 있다. 화학적 산화는 최근 많은 연구가 진행되고 있으나 물리적 방법과 마찬가지로 경제성이 떨어진다는 단점이 있다. 이에 비해 생물학적 처리는 물리화학적처리보다 경제적이고 2차적으로 생기는 다른 오염물질의 처리가 필요 없는 장점이 있다. 또한 CAHs가 분해되면서 생성되는 중간생성물인 DCE나 VC는 오히려 TCE보다 더 유해한 바, 기존의 물리화학적 처리는 CAHs를 제거하는데 중점을 뒀다면 생물학적 처리는 중간생성물인 DCE나 VC도 환원하여 ethylene이나 ethane까지 처리할 수 있는 장점이 있다.

[0004] 한편 기존에는 제강슬래그를 이용하여 철의 산화를 통한 탈염반응(Dechlorination)으로 지하수 내 CAHs의 제거를 위해 in-situ 로 투수벽체로 사용하는 기술이 제시되고 있는 바, 이러한 투수벽체는 TCE의 초기 농도가 10 mg/L일 때 약 60%가 제거되었다. 그러나 이 경우에도 잔류 TCE가 약 40%에 달하므로 방류수 기준인 0.03 mg/L를 만족시키지 못하는 문제가 있다.

[0005] 또한, 종래 기술로서 특허등록 제778752호 "폐수내의 칼슘 및 염소 정화방법"에서는 폐수내 칼슘 및 염소 정화방법으로 토탄, 금속산화물 또는 유기점토를 담체로 이용하여 습식흡수탑을 제조하고, 폐수를 상기 흡수탑에 통과시킴으로써 저가의 재료를 이용하여 폐수에 존재하는 염소 등을 제거할 수 있는 폐수 정화방법을 제시하고 있다.

[0006] 이 경우에도 염소의 제거효율이 주로 토탄에 의존하는 바, 그 제거 효율이 떨어지고, 또한 토탄과 금속산화물의 비중 차에 의해 흡수탑 내에서 금속산화물의 침강 및 토탄의 부유에 의해 적정한 처리효능을 기대할 수 없는 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명은, 상기와 같은 문제점을 해결하고자 안출된 것으로 CAHs 제거효율이 높고, CAHs가 분해되면서 발생하는 중간생성물의 완전한 분해가 가능하고, 폐수 등에 의해 담체를 이루는 재료 간 재료분리가 발생하지 않는 담체를 제공하고자 함이다.

과제 해결수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 수단으로 본 발명의 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체는 제강슬래그, 토탄으로 구성됨을 특징으로 한다.

[0009] 제강슬래그는 전로슬래그와 전기로슬래그로 나눌 수 있는데, 전로슬래그는 원강석을 녹여서 제조할 때 나오는 슬래그로, 고철을 녹일 때 나오는 전기로 슬래그와는 달리 성상이 균일하며 철의 함유량이 높아 철의 산화를 통한 CAHs의 직접 환원이나 수소이온의 환원을 기대할 수 있는 바, 본 발명의 혼합담체에는 전로슬래그를 사용하는 것이 바람직하다.

[0010] 제강슬래그는 본질적으로 철보다 가벼운 것이 비중차에 의해 분리된 것이므로 중금속을 거의 함유하지 않고 있어 환경유해성이 낮으며, 내부에 유리 산화칼슘(f-Cao)을 함유하고 있어 물과 접촉 시 화학반응을 일으켜 부피가 팽창하는 성질이 있다. 이렇게 본 발명에서는 제강슬래그가 물과 접촉 시 부피가 팽창하는 성질에 기인하여 토탄과의 혼합담체를 구성하더라도 폐수 등과 접촉 시 제강슬래그의 팽창에 기해 토탄에서 제강슬래그가 침강하지 않게 하며 또한 토탄이 부유하지 않도록 하여 칼럼에 충진하여 사용하는 경우에도 시간의 경과에 따라 그 처리효율이 떨어지지 않게 되는 것이다.

[0011] 토탄은 이끼류, 갈대, 사초 등의 화본과 식물이나, 소나무, 자작나무 등의 수목질의 유체가 분지에 두껍게 퇴적하여 물의 존재하에서 균류 등의 생물화학적인 변화를 받아 분해, 변질된 것으로 이탄이라고도 한다. 토탄은 넓은 의미로는 석탄의 한 종류에 포함되지만 일반적으로 석탄과는 구별된다. 토탄은 석탄처럼 지하에 매몰된 수목질이 오랜 세월 동안에 지압과 지열작용을 받아 생선된 것과 달리 식물의 주성분인 리그닌, 셀룰로오스 등이 주로 지표에서 분해작용으로 형성된 것이다. 본 발명에서는 토탄은 모든 종류의 토탄을 포함하되, 툰드라이탄, 초탄, 목질이탄 등 그 종류를 한정하는 것은 아니다.

[0012] 상기 제강슬래그에는 염소계 지방족 탄수화물들(CAHs)을 환원시키는 두 가지 메커니즘이 있다.

[0013] 첫째로 제강슬래그 내에 철이 산화되면서 전자공여체가 되고 CAHs가 전자수용체가 되어 탈염반응(Dechlorination)이 발생한다. 이 반응은 다음의 반응식과 같다.

[0014] $$Fe0 \rightarrow Fe2+ + 2e-$$

[0015] $$RCl + 2e- + H+ \rightarrow RH + Cl-$$

[0016] $$Fe0 + RCl + H+ \rightarrow Fe2+ + RH + Cl-$$

[0017] 두 번째 메커니즘으로는 위의 반응식에서 첫 번째 반응에 의해 수중의 수소이온이 수소가스가 되어 수소를 전자공여체로, CAHs를 전자수용체로 이용하는 생물학적 처리 이다.

[0018] $$Fe0 + 2H2O \rightarrow Fe2+ + H2 + 2OH-$$

[0019] 상기 토탄의 메커니즘 또한 두 가지인데,

[0020] 첫째는 공동대사(cometabolism)로 미생물이 초기에너지원인 유기물을 분해하면서 동시에 CAHs를 환원시킬 수 있는 효소를 만들어 이 효소에 의해 CAHs가 분해되는 것이다.

[0021] 두 번째는 토탄 내 유기물이 혐기성 조건에서 분해될 때 수소를 발생하여 제강슬래그와 마찬가지로 수소를 전자공여체로, CAHs를 전자수용체로 이용하는 탈염반응이다.

[0022] 이러한 염소계 지방족 탄수화물들을 환원하여 탈염소화가 가능한 두 가지 재료를 일정 비율로 혼합하여 탈염반응의 효율을 높이고 농도가 높을 때에도 적용 가능하게 되는 것이다.

[0023] 이렇게 본 발명에 있어 상기 제강슬래그 및 상기 토탄을 혼합하여 담체를 형성함에 있어서, 적정 배합비를 제시하고 있는 바, 그 배합비는 상기 제강슬래그 및 상기 토탄의 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2 내지 10중량%인 것을 특징으로 한다. 전체중량 대비 제강슬래그의 비율이 10중량%를 초과하는 경우 혼합담체의 pH가 7.5이상으로 되어 약알칼리성이 됨에 따라 혐기성미생물이 자라는 환경에 적합하지 않게 되고, 전체중량 대비 제강슬래그의 비율이 2중량%미만의 경우는 염소계 지방족 탄수화물의 제거율이 떨어지는 바, 본 발명에서는 상기 제강슬래그 및 상기 토탄의 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2 내지 10중량%로 혼합하는 것이 타당하다.

[0024] 또한, 본 발명에 있어서, 상기 제강슬래그는 입경이 2 내지 3.5㎜이고, 상기 토탄은 입경이 0.2 내지 0.425㎜인 것이 바람직한데, 이는 상기 제강슬래그의 입경이 2㎜미만의 경우 입경이 2내지 3.5㎜인 경우보다 상대적으로 제강슬래그 내 철의 함유량보다 다른 이물질의 함유량이 높아 반응성이 미미해지고, 3.5㎜를 초과하는 경우에는 제강슬래그 입자와 CAHs와의 접촉 면적이 작아져 반응이 늦고 수소의 발생이 적다. 또한, 상기 토탄의 입경이 0.2㎜미만의 경우에는 토탄의 비중이 물보다 작아 폐수 등과 반응 시 부유해버리는 문제가 있는 것이며, 0.425㎜를 초과하는 경우에는 각각 토탄 입자의 반응면적이 작아지는 문제가 있다.

[0025] 한편 본 발명의 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체 제조방법은 제강슬래그를 건조시키는 단계와, 토탄을 건조시키는 단계와, 건조된 제강슬래그 및 토탄을 혼합하여 담체를 형성하는 단계로 이루어짐을 특징으로 한다.

[0026] 특히 건조된 제강슬래그 및 토탄을 혼합하여 담체를 형성하는 단계에는 상기 제강슬래그 및 상기 토탄의 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2 내지 10중량%로 혼합하는 것을 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 바, 이는 상기에서도 언급한 바와 같이 전체중량 대비 제강슬래그의 비율이 10중량%를 초과하는 경우 혼합담체의 pH가 7.5이상으로 되어 약알칼리성이 됨에 따라 혐기성미생물이 자라는 환경에 적합하지 않게 되고, 전체중량 대비 제강슬래그의 비율이 2중량%미만의 경우는 염소계 지방족 탄수화물의 제거율이 떨어지는 바, 본 발명에서는 상기 제강슬래그 및 상기 토탄의 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2 내지 10중량%로 혼합하는 것을 제시하는 것이다.

[0027] 또한, 상기 제강슬래그를 건조시키는 단계에는 제강슬래그를 증류수에 세척한 후 70 ~ 80℃로 10 ~ 14시간 건조시키고, 입경이 2 ~ 3.5㎜가 되도록 체를 치는 단계를 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 바, 제강슬래그를 증류수에 세척하는 것은 제강슬래그 표면에 이물질을 제거하여 탈염반응이 효율적으로 이루어지도록 하는 것이고, 70 ~ 80℃로 10 ~ 14시간 건조시키는 것은 70℃보다 낮은 온도로 건조하는 경우에는 제강슬래그가 덜 건조됨에 따라 보관시 겉표면이 미리 산화되어 토탄과 혼합 후 재기능을 발휘하지 못하는 문제가 있고, 80℃보다 높은 온도로 건조하는 경우도 무방하나 80℃이하의 온도에서도 충분히 건조가 되는 것이므로 이를 한정하는 것이다. 또한, 입경을 제한하는 것도 상기에서 기 언급한 바와 같이 제강슬래그의 입경이 2㎜미만의 경우 제강슬래그 고유의 탈염반응성이 미미해지고, 3.5㎜를 초과하는 경우에는 제강슬래그 입자의 반응면적이 작아져 반응이 늦고, 수소의 발생이 적다는 문제가 있어 이를 한정하는 것이다.

[0028] 한편 상기 토탄을 건조시키는 단계에는 토탄을 100 ~ 110℃에서 10 ~ 14시간 건조시키고, 입경이 0.2 ~ 0.425㎜가 되도록 체를 치는 단계를 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 바, 먼저 채취한 토탄에서 입자가 큰 이물질을 제거하고, 100 ~ 110℃에서 10 ~ 14시간 건조시키는데, 이는 토탄의 입자 내에 존재하는 이물질 즉 탈염반응을 저해하는 이물질을 100℃이상의 온도에서 10시간 이상 가열하여 건조시킴으로서 탈염반응을 저해할 수 있는 이물질의 작동메커니즘을 손상시키는 것으로, 110℃보다 높은 온도로 건조하는 경우도 무방하나 110℃이하의 온도에서도 충분히 건조가 되는 것이므로 이를 한정하는 것이다. 또한, 입경을 제한하는 것도 상기에서 기 언급한 바와 같이 상기 토탄의 입경이 0.2㎜미만의 경우에는 토탄의 비중이 물보다 작아 폐수 등과 반응 시 부유해버리는 문제가 있는 것이며, 0.425㎜를 초과하는 경우에는 각각 토탄 입자의 반응면적이 작아지는 문제가 있어 이를 한정하는 것이다.

[0029] 한편 본 발명의 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체가 충진된 칼럼은 하부에 유입구(11)가 형성되며 상부에 유출구(12)가 형성되는 칼럼(10)으로 상기 칼럼 내부에는 상기 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체(100)가 충진되어 칼럼(10) 내 수리적 측면에서 유체의 흐름을 원활하게 하며 Up-flow방법을 통해 wall effect(벽을 타고 물이 흐르는 것)를 방지하고 탈염반응 및 미생물반응이 전체에 걸쳐 고루게 이루어지도록 할 수 있게 하는 것이다. 즉 혼합담체(100)가 제강슬래그의 첨가로 공극률을 높여 오랜 시간 반응으로 인한 미생물 번식으로 공극률이 저하되는 것을 방지함에 의해 칼럼 내 수리적 측면에서 유체의 흐름을 원활하게 하며 특히 유입구(11)를 하부에 구성하여 폐수 등이 상부로 유동하게 함으로써 공극률이 작음에 따라 벽을 타고 물이

흐르는 것을 방지하여 탈염반응 및 미생물반응이 전체에 걸쳐 고루게 이루어지도록 할 수 있게 하는 것이다.

효 과

[0030] 본 발명인 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체 및 그 제조방법은 제강슬래그와 토탄의 탈염반응 및 미생물반응에 기해 염소계 지방족 탄수화물 제거의 효율이 높은 장점이 있어 농도가 높은 산업폐수의 처리가 가능한 장점이 있다.

[0031] 또한, 제강슬래그의 첨가로 담체의 공극률을 높여 오랜 시간 반응으로 인한 미생물 번식으로 공극률이 저하되는 것을 방지할 수 있게 하며 특히 혼합담체가 충진되는 칼럼을 업플로우 방법에 의함으로써 혼합담체 전체에 걸쳐 충실하게 반응이 이루어 지도록 하는 장점이 있다.

[0032] 또한, 본 발명인 염소계 지방족 탄수화물 제거를 위한 혼합담체 및 그 제조방법은 폐수 등과 접촉 시 제강슬래그의 팽창성질에 기인해서 토탄과 재료분리에 의해 침강하지 않아 시간의 경과에 따라 처리효율이 떨어지지 않는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 본 발명의 구성 및 작용을 첨부된 도면에 의거하여 좀 더 구체적으로 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0034] 실시 예 및 실험 예

[0035] 실시 예 및 실험 예에 사용되는 사용재료는 하기 표 1에 나타난 바와 같다.

[0036] [표 1]

[0037]

구 분	종류	비 고
제강슬래그	전로슬래그	

[0038] 실시 예 및 실험 예에 사용되는 사용재료로서 제강슬래그는 입경이 2 내지 3.5㎜, 토탄은 입경이 0.2 내지 0.425㎜가 되도록 체를 친 후 각각 건조시킨 후 칼럼에 충진하여 실험한다.

[0039] 본 실시 예 및 실험 예에 있어 실험항목은 하기 표 2에 나타난 바와 같다.

[0040] [표 2]

[0041]

구 분	TCE제거율	비 고
비교예	시간경과에 따른 TCE제거율	
실시예	시간경과에 따른 TCE제거율	

[0042] 본 실시 예 및 실험 예에 있어 1.5중량%라함은 혼합담체의 전체중량 대비 제강슬래그가 1.5중량% 혼입되어 칼럼에 충진된 비교 예이고, 2중량%라함은 혼합담체의 전체중량 대비 제강슬래그가 2중량% 혼입되어 칼럼에 충진된 실시 예 1을 나타내는 것이고, 10중량%라함은 혼합담체의 전체중량 대비 제강슬래그가 10중량%로 혼입되어 칼럼에 충진된 실시 예 2를 나타내는 것이다. 한편 전체중량 대비 제강슬래그의 비율이 10중량%를 초과하는 경우 혼합담체의 pH가 7.5이상으로 되어 약알칼리성이 됨에 따라 혐기성미생물이 자라는 환경에 적합하지 않게 되어 본 실험에서는 제강슬래그의 비율이 10중량%를 초과하는 경우를 제외한다.

[0043] 또한 TCE(TRICHLOROETHYLENE)는 염소계 지방족 탄수화물의 일종이다.

[0044] 상기 실험의 결과는 하기 표 3 및 도 1에 도시된 바와 같다.

[0045] [표 3]

시간	1.5%	2 %	10 %
0	10	10	10
1	8	7	6.5
2	7	5	4.5
4	5.5	3	2.7
8	3.5	1	0.9
10	1.3	0.015	0.01
12	0.75	0.01	0.008
15	0.49	0.005	0.004
20	0.485	0.012	0.01
24	0.491	0.01	0.01

[0046]

[0047] 결론적으로 상기 제강슬래그 및 상기 토탄을 혼합하여 담체를 형성함에 있어서, 그 배합비는 상기 제강슬래그 및 상기 토탄의 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2 내지 10중량%인 경우가 TCE의 시간의 경과에 따른 제거율이 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2중량%미만의 경우보다 우수한 것을 알 수 있는 바, 이는 혼합담체의 적정 배합비는 혼합담체 즉 제강슬래그 및 토탄의 전체중량 대비 상기 제강슬래그의 비율이 2 내지 10 중량%인 것을 알 수 있다.

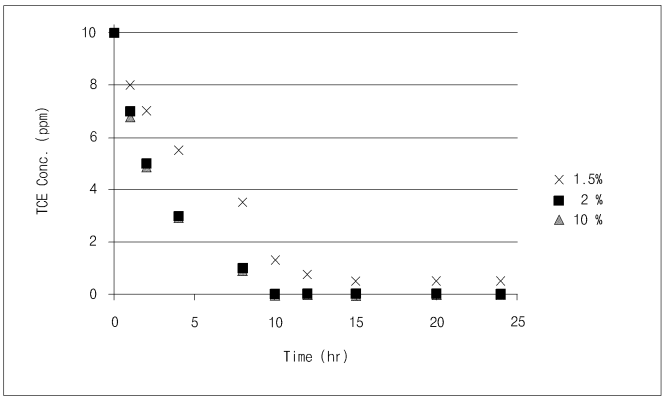
도면의 간단한 설명

[0048] 도 1은 배합비에 따른 실시 예 및 비교 예의 TCE제거율을 나타내는 그래프이다.

[0049] 도 2는 본 발명의 혼합담체가 충진된 칼럼을 나타내는 측단면도이다.

도면

도면1



도면2

