



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년02월27일
(11) 등록번호 10-1113026
(24) 등록일자 2012년01월31일

(51) Int. Cl.
C02F 1/32 (2006.01) C02F 1/72 (2006.01)
A61L 2/10 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0054758
(22) 출원일자 2009년06월19일
심사청구일자 2009년06월19일
(65) 공개번호 10-2010-0136602
(43) 공개일자 2010년12월29일
(56) 선행기술조사문헌
KR100465923 B1*
KR100758022 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국지질자원연구원
대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
(72) 발명자
방준환
대전광역시 유성구 송강로42번길 61, 310동 705호
(송강동, 청솔아파트)
김준곤
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 402동 1603호
(전민동, 엑스포아파트)
(74) 대리인
김종관, 박창희, 권오식

전체 청구항 수 : 총 10 항

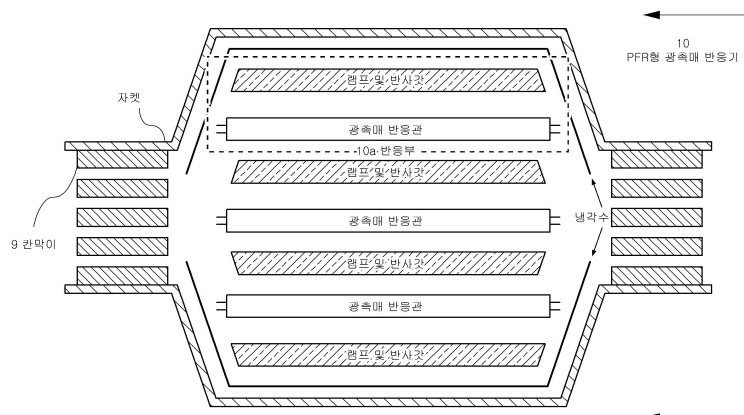
심사관 : 서상혁

(54) 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기

(57) 요약

본 발명은 유기화합물이 함유된 폐수에 광촉매 물질을 일정량 혼합한 뒤 자외선을 조사하여 광촉매 산화분해반응을 일으킴으로써 상기 유기화합물을 분해하는 반응기에 관한 것이다. 본 발명의 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기는 폐수 내에 함유된 유기화합물을 정화하는 폐수 반응기에 있어서, 불균일상(heterogeneous)으로 광촉매와 혼합된 폐수가 일측단부로 유입되며, 상기 광촉매 및 외부로부터 조사되는 자외선에 의해 상기 폐수 내에 함유된 유기화합물의 광분해반응이 발생됨으로써 정화된 폐수가 타측단부로 배출되는 광촉매 반응관; 상기 광촉매 반응관 외부에 인접 설치되어 자외선을 방출하는 자외선 램프; 상기 자외선 램프로부터 방출되는 자외선의 외부 유출을 막도록 상기 광촉매 반응관 및 자외선 램프를 감싸는 형태로 형성되는 자켓; 을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

폐수 내에 함유된 유기화합물을 정화하는 폐수 반응기에 있어서,

불균일상(heterogeneous)으로 광촉매와 혼합된 폐수가 일측단부로 유입되며, 투광성이 있는 재질로 형성되어, 상기 광촉매 및 외부로부터 조사되는 자외선에 의해 상기 폐수 내에 함유된 유기화합물의 광분해반응이 발생됨으로써 정화된 폐수가 타측단부로 배출되는 광촉매 반응관;

상기 광촉매 반응관 외부에 인접 설치되어 자외선을 방출하는 자외선 램프;

상기 자외선 램프로부터 방출되는 자외선의 외부 유출을 막도록 상기 광촉매 반응관 및 자외선 램프를 감싸는 형태로 형성되는 자켓;

을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 광촉매 반응관은

원통형 관 형상으로 형성되거나 축방향으로 진행함에 따라 단면의 넓이가 변화하여 굴곡이 주어진 관 형상으로 형성되는 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 광촉매 반응관은

조립 및 분해가 가능하도록 양측단부에 조립구가 구비되는 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 선택되는 어느 한 항에 있어서, 상기 광촉매 반응기는

상기 자외선 램프에 인접 설치되며, 상기 자외선 램프로부터 방출되는 자외선을 반사시켜 자외선이 상기 광촉매 반응관을 향하여 조사되도록 방향성을 부여하는 **반사갓**;

을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 광촉매 반응기는

상기 자켓 내부에는 상기 광촉매 반응관, 상기 램프 및 상기 반사갓으로 구성되는 반응부 쌍이 다수 개 구비되는 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 광촉매 반응기는

자외선의 외부 방출을 막도록 상기 자켓 양단을 차폐하며, 상기 자켓과의 조립 및 분리가 가능하여 상기 반응부가 추가 설치될 수 있도록 자켓 내부부피를 증가시키는 **칸막이**;

를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 7

제 1항 내지 제 3항 중 선택되는 어느 한 항에 있어서, 상기 광촉매 반응기는

상기 자외선 램프에서 방출되며 광분해효율을 감소시키는 열을 흡수 및 제거하도록 구비되는 **냉각수 배관**;

을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 8

제 1항 내지 제 3항 중 선택되는 어느 한 항에 있어서, 상기 광촉매 반응기는

상기 광촉매 반응관의 유입구에는 광분해반응과 독립적으로 폐수 내에 함유된 유기화합물을 산화 분해하여 정화시키는 부가촉매가 유입되는 **부가촉매 투입구**;

를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 부가촉매는

오존 또는 과산화수소인 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 광촉매는

이산화티탄(TiO₂)인 것을 특징으로 하는 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 폐수 중의 유기화합물의 분해를 위한 반응기에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 유기화합물이 함유된 폐수에 광촉매 물질을 불균일상으로 일정량 혼합한 뒤 자외선을 조사하여 광촉매에 의한 광산화분해반응을 일으킴으로써 상기 유기화합물을 분해하는 반응기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광촉매(photocatalyst)란 그 자신은 변화하지 않으면서 빛을 흡수하여 산화 및 환원반응을 촉진시키는 물질을 이르는 것으로 SrTiO₃, CdSe, KNbO₃, TiO₂ 등이 광촉매로서 널리 사용되고 있으며, 그 중에서도 이산화티탄(TiO₂)은 화학적으로 안정하고 인체에 무해하다는 장점 때문에 백색안료, 화장품, 식품 첨가물 등으로 가장 많이 사용되고 있다. 이와 같은 광촉매는 대장균·0-157·메치시린 내성 황색 포도상구균(MRSA) 등의 세균류나 바이

러스 등을 강력한 산화에 의해 사멸 및 분해하는 항균·살균 기능, 담배냄새·음식냄새·암모니아·황화수소 등 악취를 산화분해하는 탈취 기능, 대기 중의 질소산화물(NO_x)·황산화물(SO_x)을 이온화시키고 실내의 포름알데히드를 분해하는 공기정화 기능, 물체 표면에 광촉매물질을 코팅시켜서 자동차매연·탄화수소·질소산화물(NO_x)·황산화물(SO_x)·기름찌꺼기·니코틴 등을 이온화하여 분해하도록 함으로써 코팅면을 항상 청결하게 유지시키는 방오 기능 등의 기능을 가지고 있으며, 또한 그 성질에 의하여 자외선을 에너지원으로 삼기 때문에 광촉매 코팅된 물체는 자외선의 피해를 받지 않게 되는 자외선 차단 기능, 광촉매 코팅 표면에는 물의 접촉각이 작아 친수성을 보이기 때문에 그 표면에 물이나 이물질이 붙지 않고 흘러내리게 되는 초친수성 기능 등의 부가적인 기능을 갖추고 있다.

[0003] 광촉매의 적용분야는 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 물분해로부터 수소를 발생시켜 에너지를 얻는 분야로 태양에너지를 가용에너지로 전환시키는 것으로서 대체에너지와 관련된 연구가 있고, 또 한 가지는 유기물의 분해를 중심으로 수처리나 대기처리에 관한 연구가 있다. 광촉매반응 연구 초기에는 전자, 즉 태양에너지를 이용한 에너지의 생산에 관련된 연구가 많았으나 최근에는 환경오염 문제 등과 맞물려 후자와 같은 환경정화에 관련된 연구 및 이용사례가 급증하고 있는 실정이다. 특히 폐수처리에 있어서, 비록 일반 하수 등은 아직도 기존의 생물학적 처리나 간단한 물리화학적 처리로 방류수 기준에 도달할 수 있지만, 기술의 발전으로 인하여 더욱 복잡하고 처리하기 어려운 다양한 물질의 배출이 늘어남에 따라 현재 산업폐수 등은 독성 및 난분해성 물질로 인하여 기존의 공정 적용으로는 인체 및 환경에 무해할 만큼의 처리결과를 얻을 수 없다는 점에서 이와 같은 광촉매 반응을 이용한 폐수처리방법은 종래의 기술만으로는 도달할 수 없었던 처리효율을 얻을 수 있다는 장점이 있다.

[0004] 폐수처리를 위한 반응기는 반응물질의 종류, 반응 조건(온도나 압력, 체류시간 등), 반응기의 특징이나 동특성, 내부의 유체의 변화, 열역학적 특성치 등을 감안하여 여러 가지 종류가 개발되어 있다. 그 중 일반적으로 많이 사용되는 반응기의 형태는 크게 세 가지로 나눌 수 있는데, 회분식 반응기(Batch Reactor), 연속교반탱크 반응기(CSTR), 관형 반응기(Tubular Reactor)가 그것이다. 종래의 광촉매반응을 이용한 반응기는 연속교반탱크 반응기(CSTR) 또는 코일식 반응기가 사용되었으며, 특히 연속교반탱크 반응기(CSTR)의 경우 자외선을 발생시키는 광원을 폐수 계면을 중심으로 위치시키거나, 실린더 형태의 반응기 몸체에 이중유리벽 등을 설치함으로써 반응기 내부에 삽입시키는 형태 등 여러 가지 실용화를 위한 연구가 실시되어 왔다. 그러나, 연속교반탱크 반응기는 온도 조절이 용이하다는 장점을 가지고 있기는 하지만 반응기 부피당 반응물의 전화율은 흐름반응기들 중에서 가장 작아 높은 전화율을 얻기 위해서는 대단히 큰 반응기가 필요하게 된다는 심각한 문제점을 가지고 있다.

[0005] 다시 말해 현재까지의 광촉매반응을 이용한 폐수처리장치는, 환경문제를 해결하고 반응 자체로서의 효율이 높을 뿐 아니라 종래의 공정으로는 불가능했던 다양한 물질의 산화분해가 가능하다는 커다란 장점에도 불구하고, 연속적인 대규모 반응이 불가능하다는 효율성 문제 및 인건비 등 공정 수행을 위한 비용이 비싸다는 경제성 등의 측면에 있어 매우 불리하기 때문에 실용화되기 매우 어렵다는 문제점을 가지고 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 일반적으로 타 종류의 반응기에 비하여 운동부분이 없어 상대적으로 유지 관리가 쉬우며 흐름반응기 중에서 반응기 부피당 전화율이 가장 높은 플러그흐름 반응기(PFR, Plug Flow Reactor)에 광촉매반응을 이용하는 방법을 제공하는 것을 기술적 과제로 하고 있다. 즉, 본 발명의 목적은 유기화합물이 함유된 폐수에 이산화티탄 등과 같은 광촉매물질을 일정량 혼합하고 자외선을 조사하여 불균일상(heterogeneous)에서 광분해반응을 유발시킴으로써 폐수 중의 유기화합물을 분해하는 연속적인 공정이 가능한 PFR형 광촉매 반응기를 제공함에 있다.

[0007] 또한 본 발명의 다른 목적은, 자외선을 방사시키기 위한 광원의 개수를 최소화하면서도 광분해효율을 상승시킬 수 있으며, 반응기 내 폐수의 체류시간 조절에 의해 회석 등의 별도 공정을 생략하여도 충분한 광분해효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 오존 및 과산화수소를 일정량 첨가하여 별도의 산화력을 더 얻음으로써 광촉매의 광분해효율을 상승시킬 수 있는 PFR형 광촉매 반응기를 제공함에 있다.

[0008] 뿐만 아니라 본 발명의 또다른 목적은, 자외선 및 광분해반응에서 발생되는 열로 인하여 발생될 수 있는 광분해 효율 감소를 저감하고, 대용량의 폐수도 경제적으로 처리할 수 있으며, 반응기 운영자 및 작업자의 자외선에 의한 인체 손상 및 피해를 최소화하는 PFR형 광촉매 반응기를 제공함에 있다.

과제 해결수단

- [0009] 본 발명의 폐수 중에 함유된 유기화합물의 분해를 위한 불균일상의 PFR형 광촉매 반응기는 폐수 내에 함유된 유기화합물을 정화하는 폐수 반응기에 있어서, 불균일상(heterogeneous)으로 광촉매와 혼합된 폐수가 일측단부로 유입되며, 상기 광촉매 및 외부로부터 조사되는 자외선에 의해 상기 폐수 내에 함유된 유기화합물의 광분해반응이 발생됨으로써 정화된 폐수가 타측단부로 배출되는 **광촉매 반응관**; 상기 광촉매 반응관 외부에 인접 설치되어 자외선을 방출하는 **자외선 램프**; 상기 자외선 램프로부터 방출되는 자외선의 외부 유출을 막도록 상기 광촉매 반응관 및 자외선 램프를 감싸는 형태로 형성되는 **자켓**; 을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 또한, 상기 광촉매 반응관은 원통형 관 형상으로 형성되거나 축방향으로 진행함에 따라 단면의 넓이가 변화하여 굴곡이 주어진 관 형상으로 형성되는 것을 특징으로 한다. 또한, 상기 광촉매 반응관은 조립 및 분해가 가능하도록 양측단부에 조립구가 구비되는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 또한, 상기 광촉매 반응기는 상기 자외선 램프에 인접 설치되며, 상기 자외선 램프로부터 방출되는 자외선을 반사시켜 자외선이 상기 광촉매 반응관을 향하여 조사되도록 방향성을 부여하는 **반사갓**; 을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다. 이 때, 상기 광촉매 반응기는 상기 자켓 내부에는 상기 광촉매 반응관, 상기 램프 및 상기 반사갓으로 구성되는 반응부 쌍이 다수 개 구비되는 것을 특징으로 한다. 이 때, 상기 광촉매 반응기는 자외선의 외부 방출을 막도록 상기 자켓 양단을 차폐하며, 상기 자켓과의 조립 및 분리가 가능하여 상기 반응부가 추가 설치될 수 있도록 자켓 내부부피를 증가시키는 **칸막이**; 를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 상기 광촉매 반응기는 상기 자외선 램프에서 방출되며 광분해효율을 감소시키는 열을 흡수 및 제거하도록 구비되는 **냉각수 배관**; 을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 상기 광촉매 반응기는 상기 광촉매 반응관의 유입구에는 광분해반응과 독립적으로 폐수 내에 함유된 유기화합물을 산화 분해하여 정화시키는 부가촉매가 유입되는 **부가촉매 투입구**; 를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기 부가촉매는 오존 또는 과산화수소인 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 광촉매는 이산화티탄(TiO₂)인 것을 특징으로 한다.

효과

- [0016] 본 발명에 의하면, 불균일상의 광촉매를 이용하여 폐수 중 함유된 유기물의 광산화반응을 발생시키는 연속적인 처리가 가능하다는 효과가 있다. 또한 본 발명에 의한 PFR형 광촉매 반응기는, 반응기 자체의 개수를 추가시키지 않고도 간단한 반응관과 램프 및 반사갓을 추가하는 것만으로 그 처리용량을 확장할 수 있다는 커다란 경제적 및 기술적 장점이 있을 뿐만 아니라, 반응관에 굴곡이 주어진 형상을 가지고 있게 할 경우 유속을 반복적으로 증감시켜 광촉매와 광산화반응대상물과의 혼합도를 높임으로써 광분해효율을 더욱 증대시킬 수 있는 효과가 있다. 더불어 본 발명에 의하면 광촉매의 광분해 반응에 따르는 폐수내 함유된 유기물의 분해 뿐 아니라 오존 및 과산화수소를 반응기내에 주입시킴으로서 유기물을 산화시킴에 있어 별도로 산화력을 증진시키는 역할을 하게 함으로써 처리효율을 보다 높일 수 있다는 효과가 있다. 또한, 반응관의 양측단부에 조립구를 구비하여 조립 및 분해가 가능하도록 할 경우, 폐수처리가 진행됨에 따라 폐수 내에 함유된 부유성 입자들이 관 내벽에 흡착되어 자외선의 투광률을 떨어뜨리게 되는 경우, 조립구를 이용하여 일부를 교체할 수 있도록 함으로써, 잠깐의 교체 시간을 제외하고는 처리 시간에 영향을 미치지 않으면서도 반응관의 길이를 짧게 나눔으로써 세척이나 교체가 편리하게 수행될 수 있게 할 뿐만 아니라 투광률이 최대가 되도록 반응관의 청결함을 유지하여 결과적으로 최상의 광촉매에 의한 광산화반응을 기대할 수 있다.
- [0017] 본 발명에 의한 광촉매 PFR 반응기는 반응기와 자외선램프 및 그 부속품들을 열교환이 가능도록 제작된 자켓 내부에 인입시킴으로써, 자외선램프로부터 발생된 열로 인한 내부 부속품의 잠재적인 파손 가능성을 감소시킬 뿐 아니라, 또한 열에 의한 파손을 고려하지 않기 때문에 재질의 선택에 있어 경제적이라는 장점이 있다. 아울러 상기 자켓은 자외선램프를 패키징하는 형태이기 때문에 자외선조사에 의한 인체 피부 및 안구의 손상을 최소화할 수 있으므로 본 발명에 따르는 공정의 운전자 및 관리자에 대한 안전을 최대화하는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 PFR형 광촉매 반응기를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.
- [0019] 광촉매 반응기 중 관형 반응기(Tubular Reactor)에는 플러그흐름 반응기(Plug Flow Reactor, PFR)와 고정층(층전층) 반응기(Fixed Bed Reactor) 두 가지 종류가 있는데, 말 그대로 관 형상을 가지고 있는 반응기로서, 관의 일측단부로 폐수 등이 유입되고 관 내부를 거쳐 흐름과 동시에 처리가 진행되어 관의 타측단부로 정화된 물이 배출되는 구조를 가지고 있다. 그 중 고정층 반응기(FBR)는 고체 촉매 입자들이 충전되어 있는 반응기로서, 대부분의 반응에 대해 촉매 무게당 전화율이 가장 높다는 장점이 있는 반면, 온도조절이나 촉매교체가 어렵고 종종 편류가 발생하여 반응기 일부가 효과적으로 사용되지 못하는 등의 단점이 있다. 고정층 반응기는 주로 기상 반응을 촉진시키는데 사용하거나 기체-액체 반응에서 사용하기 때문에 본 발명의 목적으로 하고 있는 폐수의 처리에는 적합지 않다. 관형 반응기의 또 다른 종류는 플러그흐름 반응기(PFR)로서, 반응기 내의 온도조절이 어렵고 발열반응의 경우 반응기 내부에 국소고온점이 생길 수 있다는 단점이 있는 대신, 상술한 바와 같이 연속교반 탱크 반응기에 필수적인 구성인 임펠러 등과 같은 운동부분이 없어 타 반응기와 비교하여 상대적으로 유지관리가 쉽고 반응기 부피당 전화율이 가장 높다는 장점을 가지고 있다. 따라서 본 발명에서는 PFR 형태로 광분해반응을 일으키는 반응기를 제작함으로써, 종래의 광촉매 반응기에서 회분식 반응기를 사용하는 기술로부터의 개선을 꾀하였다.
- [0020] 도 1은 본 발명에 의한, 광촉매와 자외선을 이용하여 연속적인 광촉매의 광분해반응을 발생시키기 위한 PFR형 광촉매 반응기의 **광촉매 반응관(1)** 측면도이다. 도 1(A)는 기본 형상이며, 도 1(B)는 관이 굴곡진 형상을 이루고 있는 형태를 도시한 것이다. 먼저 도 1(A)를 통해 기본 구조를 설명한다. 본 발명의 광촉매 반응기에서의 광촉매 반응관(1)은 상술한 바와 같은 PFR의 장점을 취하기 위해 긴 관 형태로 되어 있으며, 상기 광촉매 반응관(1)은 석영 또는 ETFE를 포함하는 투광성이 높은 재질로 제작되어 관 외부로부터 조사되는 자외선 등의 빛을 투과시킬 수 있게 되어 있다.
- [0021] 광촉매는 n형 반도체로서, 광촉매의 밴드갭 이상의 에너지를 가진 자외선을 광촉매에 조사하면 광촉매의 전자(electron)와 정공(electron hole)이 분리된다. 이렇게 분리된 전자(e⁻)와 정공(h⁺)은 광촉매 물질층의 표면으로 이동하고, 각각 산소(O₂)와 수산화기(OH⁻)와 결합하여 슈퍼옥사이드 아니온(·O₂⁻)과 하이드록시 라디칼(·OH)을 생성하게 된다. 이 하이드록시 라디칼(·OH)과 슈퍼옥사이드 아니온(·O₂⁻)은 강력한 산화력을 지니고 있기 때문에, 공기나 물 등에 함유되어 있는 오염물질과 냄새 등의 유해물질들을 산화분해시켜 인체와 환경에 무해한 물(H₂O)과 탄산가스(CO₂)로 변화시킨다. 광촉매로는 가장 널리 사용되는 이산화티탄(TiO₂)을 사용하는 것이 바람직하나, 다른 광촉매를 이용하여도 무방하다.
- [0022] 광촉매 반응관(1)의 유입구로는 유기화합물이 함유된 폐수와 광촉매가 불균일상으로 혼합된 액체(도 1의 a, 이하 반응물이라 칭함)가 유입된다. 이와 같이 폐수와 광촉매를 혼합하기 위한 폐수 및 광촉매의 저장탱크가 일체로 혹은 각각 상기 유입구와 연결되게 설치되는 것이 바람직하다. 반응물은 석영 또는 ETFE를 포함하는 투광성이 높은 재질의 관내를 통과하면서 자외선의 조사로 인해 광분해반응을 일으키게 되고, 이와 같이 유해한 유기화합물이 산화되어 정화된 물(도 1의 b)이 배출구로 배출됨으로써 정화가 완료된다. PFR에서는 내부 체류시간이 반응시간과 동일하기 때문에, 예를 들어 폐수 중 함유된 유기화합물의 농도가 높은 경우, 본 발명에 의하면 희석 등의 별도 공정을 필요로 하지 않으면서 단지 불균일상 혼합물 내의 광촉매가 시간이 지날수록 관 단면의 하부로 가라앉지 않도록 광촉매 반응관(1) 내부에서의 체류시간을 적절히 조절하는 것만으로도 충분한 정화효과를 얻을 수 있다.
- [0023] 이와 더불어, 본 발명에서는 상기 광촉매 반응관(1)의 형상에 도 1(B)에 도시된 것과 같은 굴곡을 부여할 수도 있다. 이와 같이 굴곡이 부여됨에 의해서, 관 단면이 좁아지는 부위에서는 유속이 증가하고 관 단면이 넓어지는 부위에서는 유속이 감소하는 현상이 반복적으로 일어나게 된다. 이와 같은 반복적인 유속의 증감은 폐수에 불균일상으로 혼재되어 있는 광촉매의 혼합도를 높여주며, 따라서 폐수 내의 광촉매가 보다 활발하게 폐수 내 유기화합물과의 반응을 일으킬 수 있도록 해 준다.
- [0024] 또한, 이와 같은 광촉매 반응관(1)의 유입구 근처에는 오존 또는 과산화수소를 투입하는 별도의 **부가촉매 투입**

구(2)가 더 구비되어 있는 것이 바람직하다. 오존 또는 과산화수소는 그 자체로서 매우 강한 산화력을 가지고 있기 때문에, 광분해반응과 더불어 유기물의 산화를 촉진시키는 역할을 한다.

[0025] 도 2는 도 1과 같은 형태이되 상기 광촉매반응관(1)의 양측단부에 조립구(1a)가 구비된 실시예를 도시하고 있다. 상술한 바와 같이, 광촉매반응관(1)은 석영 또는 ETFE를 포함하는 투광성이 높은 재질로 되어 있어 외부로부터 조사되는 자외선을 투과시켜 내부의 반응물에서 광분해반응이 일어날 수 있도록 해 준다. 그런데, 상기 반응물에는 유기화합물 외에도 광촉매를 비롯한 각종 부유성 입자들이 포함되어 있으며, 운전시간이 증가함에 따라 광촉매 반응관(1)의 내벽에 상기 부유성 입자들이 흡착되는 양이 증가하게 된다. 흡착된 부유성 입자는 빛을 가리게 되어 광촉매 반응관(1)의 투광성의 감소를 유발하며, 이에 따라 광분해효율도 떨어지게 된다. 상술한 바와 같이 부유성 입자의 흡착에 의한 광촉매 반응관(1)의 투광성 저하 현상을 제거하기 위해서는 자주 관 내부를 세척해 주거나 광촉매 반응관(1) 자체를 교체해 주어야만 하는데, 이 과정 동안에는 폐수처리를 진행할 수 없으므로 처리시간이 늘어나게 되는 결과가 초래된다. 그러나 본 발명에 의하면, 광촉매 반응관(1)은 종래에 비해 짧게 만들어지며 그 양측단부에 조립구(1a)가 구비되어 있어서, 평상시에는 다수 개의 반응관을 상기 조립구(1a)를 이용해 조립 연결하여 폐수처리 공정을 진행하되, 상술한 바와 같이 흡착에 의해 일부 반응관의 투광성이 떨어지면 조립구(1a)를 이용해 일부의 반응관만을 분리 및 교체할 수 있다. 즉, 잠깐 동안의 반응관 교체시간을 제외하고는 폐수처리를 계속해서 진행할 수 있어 처리시간이 늘어나지 않게 된다. 반응관의 길이를 짧게 나눔으로 인하여 세척이 용이할 뿐 아니라 분리와 조립이 편리하기 때문에 수시로 흡착에 의해 오염된 반응관을 교체 및 세척해 줄 수 있어, 모든 반응관이 항상 최대로 자외선을 투과시키도록 상태를 유지시킬 수 있다는 장점이 있다. 상기 조립구(1a)는 플랜지나 이음관 등과 같이 일반적으로 사용되는 파이프 조립 결합 및 분리가 가능하게 해 주는 어떤 형태의 기구를 이용하여도 무방하다.

[0026] 도 3은 본 발명에 의한 PFR형 광촉매 반응기의 광촉매 반응관(8) 외부에 구비된 주요 장치들을 보여주는 일부 단면도이다. 광촉매 반응관(8)은 상술하였듯이 석영 또는 ETFE를 포함하는 투광성이 높은 재질로 이루어져 있어, 재질의 특성상 매우 안정하여 관 자체는 반응을 일으키지 않아 장치의 수명이 유지되는 부가적인 장점을 갖추며, 광촉매 반응관(8) 외부에 설치된 램프로부터 조사되는 자외선을 투과시킬 수 있게 되어 있다.

[0027] 광촉매 반응관(8) 및 다른 장치들을 감싸는 자켓(3)은 자외선 램프(7)로부터 방출되는 자외선을 외부와 차단하기 위해 설치된다. 뿐만 아니라 상기 자켓(3)은 자외선으로부터 반응기 운영자 및 작업자의 피부·안구 등의 신체 손상을 막는 역할 또한 동시에 수행하게 된다.

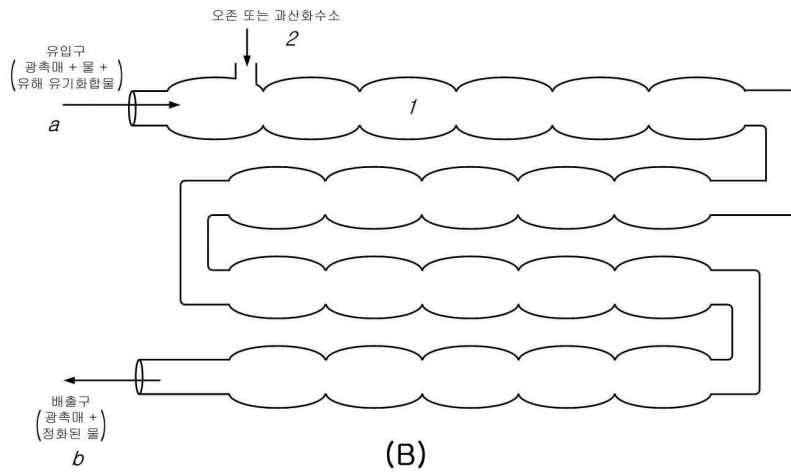
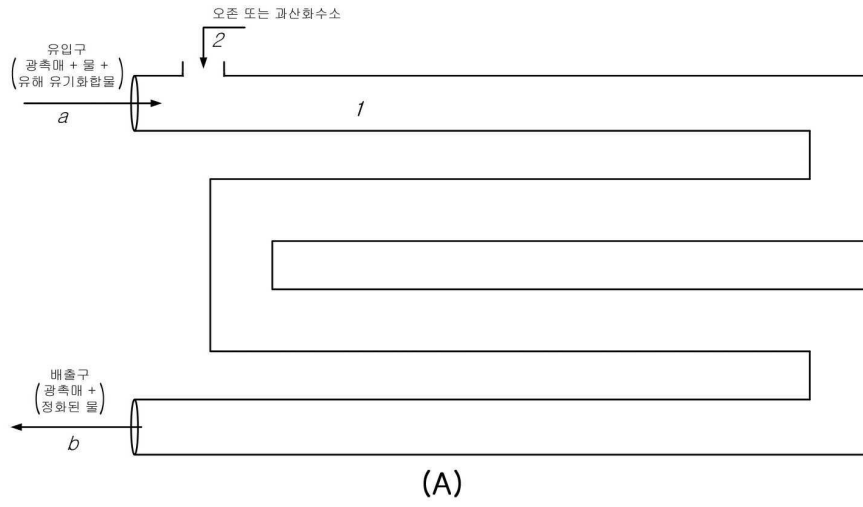
[0028] 자외선 램프(7)는 소켓(6)에 의해 전원을 공급받으며 램프 홀더(6a)에 의해 지지된다. 자외선 램프(7) 주변에는 자외선이 효과적으로 광촉매 반응관(8)에 조사될 수 있도록 자외선을 반사시키는 반사갓(5)이 설치되는데, 상기 반사갓(5)은 또한 자켓(3) 내의 다른 부속품에 자외선이 흡수되지 않도록 경로를 차단하여, 방출된 자외선이 전량 광촉매 반응관(8)에 조사되어 광분해반응을 일으키는데 쓰일 수 있도록 해 준다. 따라서 상기 반사갓(5)에 의해 적은 수의 자외선 램프(7)로도 충분한 광분해효율을 낼 수 있게 되어 자외선 램프(7)의 필요 개수가 최소화될 수 있으며, 또한 처리시간도 단축시킬 수 있게 된다.

[0029] 자켓(3)과 반사갓(5) 사이에는 냉각수 배관(4)이 구비되어 냉각수가 통과한다. 상술한 바와 같이 PFR은 반응기 내부의 온도조절이 타 종류의 반응기들에 비해 상대적으로 어렵다. 광분해반응에서는 그 영향을 고려할 만한 열이 발생되지 않는 대신, 자외선 램프(7)로부터 계속해서 공급되는 열은 광분해반응 자체에 영향을 끼쳐 광분해 효율을 낮추게 될 가능성이 있다. 상기 냉각수 배관(4)이 자외선 램프(7) 근처에 설치되어 냉각수가 통과함으로써, 자외선의 방출에는 영향을 끼치지 않으면서 발산되는 열은 흡수 및 제거하여, 이와 같은 열로 인한 광분해 효율 감소영향을 저감시켜 줄 수 있다. 또한 반사갓(5)과 냉각수 배관(4)은 개별적 혹은 동시적으로 발생가능한 자외선과 열에 의한 자켓(3) 내부 부속품의 파손 가능성을 제거하므로 본 발명에 의한 PFR형 광촉매 반응기(10)의 연속적인 장시간의 운영을 가능하게 한다.

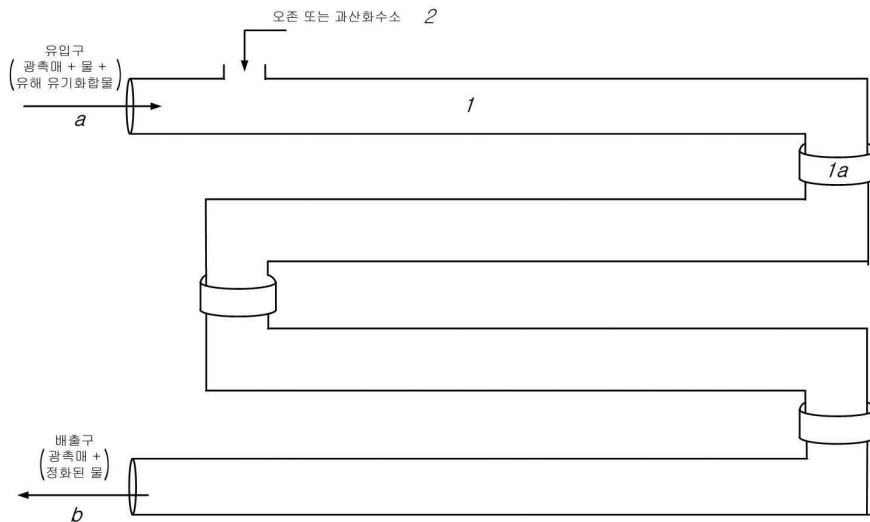
[0030] 도 4는 도 3에 도시된 것과 같은 광촉매 반응관/램프 및 반사갓 쌍으로 이루어진 반응부(10a)가 자켓 내에 다수 개 설치된 PFR형 광촉매 반응기(10)의 단면도이다. 물론 본 발명에 의한 PFR형 광촉매 반응기(10)에는 도 3에 도시된 바와 같이 반응부(10a) 1개만이 구비되어 있어도 무방하다. 그러나 대용량의 폐수를 처리해야 할 경우에 있어 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 의하면 단지 자켓 내부에 반응부(10a)를 추가로 구비해 주면 되기 때

도면

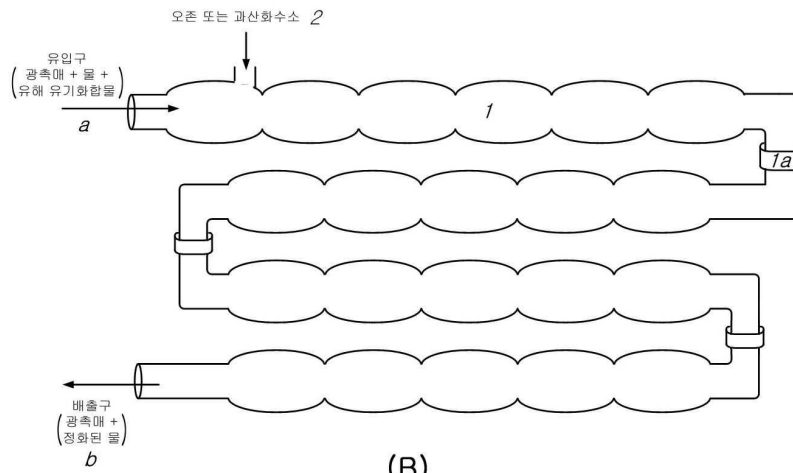
도면1



도면2

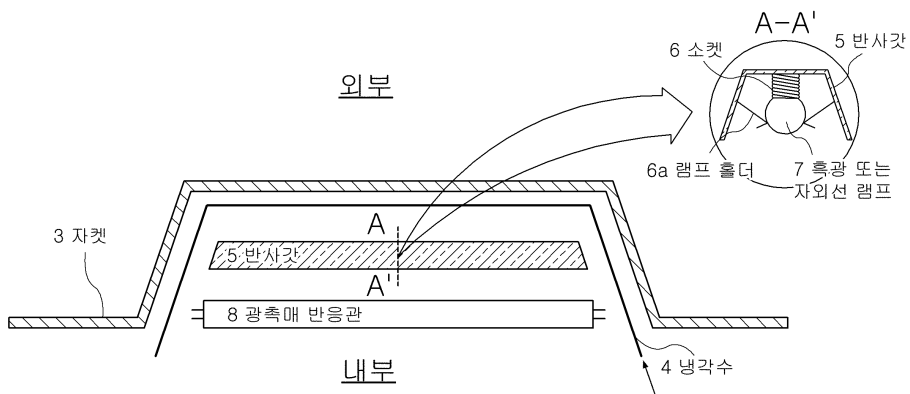


(A)



(B)

도면3



도면4

