



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년03월03일
(11) 등록번호 10-0808935
(24) 등록일자 2008년02월25일

(51) Int. Cl.
C02F 1/72 (2006.01) C02F 1/32 (2006.01)
C02F 1/48 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0116063
(22) 출원일자 2006년11월22일
심사청구일자 2006년12월01일
(56) 선행기술조사문헌
EP0968962 A1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
김영규
경기 평택시 통복동 삼성아파트 105-1604
김석규
대전광역시 유성구 지족동873번지열매아울202동1202호
(72) 발명자
김영규
경기 평택시 통복동 삼성아파트 105-1604
김석규
대전광역시 유성구 지족동873번지열매아울202동1202호
(74) 대리인
이처영

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 김대영

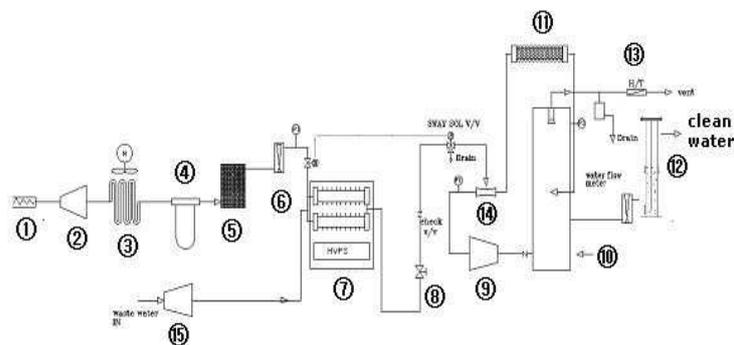
(54) 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치

(57) 요약

본 발명은 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 폐수 처리장치로 폐수를 공급하는 폐수 공급장치, 상기 폐수 공급장치에 연결되고, 플라즈마가 방전되어 플라즈마 가스를 생성하는 플라즈마 방전관, 상기 플라즈마 방전관에 산소를 공급하기 위하여 연결된 산소 모듈(module), 상기 플라즈마 방전관에 연결되고, 플라즈마 방전관에서 유입된 플라즈마 가스로 폐수를 처리하는 반응기, 상기 반응기와 연결되고, 광촉매에 의해 폐수를 처리하는 광촉매 시스템, 상기 반응기의 미반응 플라즈마 가스 및 폐수를 재순환시키는 인라인 믹서(inline mixer), 상기 광촉매 시스템에 연결된 처리수 출구 및 상기 반응기 상부에 위치한 배기가스 출구를 포함하는 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치에 관한 것이다.

본 발명의 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치에 따르면, 폐수의 독성 물질, 색도 및 유기물질을 제거할 수 있을 뿐만 아니라, 대기 중의 악취 및 휘발성 유기화합물과 같은 난분해성 유기화합물을 보다 효율적으로 제거할 수 있는 공기정화장치에도 응용할 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌
JP2001187390 A
JP2002143853 A
KR1020010099028 A
KR1020030094948 A
US6228266 B1

특허청구의 범위

청구항 1

다음의 구성요소들을 포함하는 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치:

폐수 처리장치로 폐수를 공급하는 폐수 공급장치;

상기 폐수 공급장치에 연결되고, 플라즈마를 방전시켜 플라즈마 가스를 생성하는 플라즈마 방전관(7);

상기 플라즈마 방전관(7)에 연결되어 산소를 공급하는 산소 모듈(module)(5);

상기 플라즈마 방전관(7)에 연결되고, 플라즈마 방전관(7)에서 유입된 플라즈마 가스로 폐수를 처리하는 반응기(10);

상기 반응기(10)와 연결되고, 광촉매에 의해 폐수를 처리하는 광촉매 시스템(12);

상기 반응기(10)의 미반응 플라즈마 가스 및 폐수를 재순환시키는 인라인 믹서(inline mixer)(11); 및

상기 광촉매 시스템(12)에 연결된 처리수 출구.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 방전은 고전압 방전, 수표면 방전 및 수중 직접 방전으로 구성된 군에서 선택되는 방식으로 수행되는 것을 특징으로 하는 폐수 처리장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 폐수와 플라즈마 가스를 혼합하는 벤추리 인젝터(venturi injector)(14)가 플라즈마 방전관(7)과 반응기(10) 사이에 추가로 포함되어 있는 폐수 처리장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 광촉매 시스템(12)은 UV/TiO₂ 광촉매로 코팅된 것을 특징으로 하는 폐수 처리장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 반응기(10) 상부에 위치하여, 반응기(10) 및 광촉매 시스템(12)에서 발생한 오존을 분해하는 배오존분해기(13)를 추가로 포함하는 폐수 처리장치.

청구항 6

제1항의 폐수 처리장치를 이용하는 것을 특징으로 하는 폐수 처리방법.

청구항 7

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<11> 본 발명은 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 폐수 처리장치로 폐수를 공급하는 폐수 공급장치, 상기 폐수 공급장치에 연결되고, 플라즈마가 방전되어 플라즈마 가스를 생성하는 플라즈마 방전관, 상기 플라즈마 방전관에 산소를 공급하기 위하여 연결된 산소 모듈(module), 상기 플라즈마 방전관에 연결되고, 플라즈마 방전관에서 유입된 플라즈마 가스로 폐수를 처리하는 반응기, 상기 반응기와 연결되고, 광촉매에 의해 폐수를 처리하는 광촉매 시스템, 상기 반응기의 미반응 플라즈마 가스 및 폐수를 재순환시키는 인라인 믹서(inline mixer), 상기 광촉매 시스템에 연결된 처리수 출구 및 상기 반응기 상부에 위치한 배

기가스 출구를 포함하는 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치에 관한 것이다.

- <12> 최근의 급속한 도시화·공업화에 따른 폐수의 발생량이 기하급수적으로 늘어나고 있음에 반해 적절한 처리 없이 무단 방류되는 경우가 많아 폐수의 처리가 큰 환경문제로 대두하고 있다.
- <13> 여기서, 폐수란 구체적으로 유기물 및 무기물이 혼입되어 그대로 사용할 수 없는 물을 일컫는 것으로, 산업화로 인한 각종 설비나 제조과정에서 폐수가 발생되고 있다. 이때, 발생하는 폐수는 통상 자연이 정화할 수 있는 한계를 넘어서고 있는 실정이고, 하천, 강 및 바다로 흘러들어가 환경오염을 발생시킬 수도 있다. 이를 방지하기 위해 폐수는 일정수준으로 정화된 상태에서 방출하도록 되어 있으며, 폐수 정화를 위한 각종 장치와 화학처리제 또는 생물학 처리제가 사용되어지고 있다.
- <14> 현재 사용되고 있는 폐수 처리 방법으로는 흡착법, 응집법, 화학적 산화처리법 및 생물학적 처리법 등이 널리 알려져 있다. 그러나 흡착법과 응집법은 오염물질이 완전히 분해되지 않으며, 2차적인 처리과정이 필요한 단점이 있고, 화학적 산화처리법은 유기물질이 완전히 분해되지 않고 많은 양의 침전 슬러지가 생성되어 2차 오염을 유발시키는 단점이 있다. 또한 생물학적 처리방법은 처리시간이 길고 운전이 까다로운 단점이 있다.
- <15> 또한 종래 사용되는 대부분의 폐수 처리장치는 장치설비에 많은 비용이 소요되고 있고 또한 대규모의 공간을 차지하기 때문에 오염도가 심한 소규모사업장에서는 폐수 처리장치를 설치하는데 많은 어려움이 있었다. 특히, 소규모 기업체 등의 발생하는 폐수는 오염도가 높은 농축된 상태로 방출되는 경우가 많기 때문에 이를 처리하는데 많은 비용이 소요되고, 폐수를 정화하기 위한 폐수 처리장치가 대규모의 공간을 차지하는 등 폐수처리에 대한 환경적인 문제로 대두되고 있다.
- <16> 이러한 종래의 폐수처리방법을 대체할 수 있는 새로운 폐수처리방법으로써 광촉매의 산화, 환원 특성을 이용한 폐수처리방법이 각광받고 있다. 산화탄과 같은 광촉매를 이용한 폐수처리방법은 이미 알려진 바와 같이 수온이나 오염물질의 농도변화에 큰 영향을 받지 않으며, 또한 폐수 중의 유기계 및 무기계 오염물질을 산화, 환원시킬 뿐만 아니라 살균이 동시에 수반되는 장점이 있다.
- <17> 그러나 폐수처리에 주로 분말상의 광촉매물질을 사용함으로써 침전성이 좋지 않은 광촉매 분말입자를 회수하기 위해 별도의 장치가 필요하므로 재활용하는 비용이 커져 재활용에 따른 경제적 이득이 크지 않다. 또한 폐수의 물질 일부가 촉매의 표면에 흡착되어 재활용되는 촉매는 그 효율이 떨어지는 문제점도 있다.
- <18> 이러한 문제점을 해결하기 위한 광촉매의 고정화 기술로써 가장 대표적인 방법으로는 졸-겔 코팅법이 적용되고 있으나, 이러한 방법은 촉매의 고정화로 인한 비표면적 감소 뿐만아니라 촉매와 지지물질간의 결합력이 약하여 사용횟수가 증가함에 따라 촉매 활성이 떨어지는 단점이 있다. 또한 광촉매 산화 공정에서 전자-정공 재결합과 Cl^- 이온과 OH 라디칼의 결합이 반응속도를 낮추는 원인이 되고 있다.
- <19> 한편, 종래 하·폐수내에 함유된 유기물 및 질소를 제거하는 데에는 경제적인 이유로 생물학적 처리 공정이 가장 많이 이용되고 있다. 이러한 생물학적 처리 공정에서 하·폐수내의 질소·인 제거 공정은 혐기조, 무산소조, 호기조를 조합하여 처리하거나, 또는 단일 반응조를 이용하여 혐기, 무산소, 호기 조건을 교대로 운전하는 원리가 이용되고 있다. 그러나 상기 종래의 하·폐수 처리 공정의 경우 여러 개의 반응조가 필요하거나 또는 단일 반응조의 경우에도 적절한 혐기 및 호기 조건을 유지시키기가 어려운 단점이 있다. 또한 혐기조를 배치하는 경우 유기물이 1차적으로 분해되어 탈질 반응시 유기물이 부족하여 외부탄소원을 첨가해 주어야 하므로 유지비용이 증가하는 단점이 있다.
- <20> 일본 Sanyo 사는 처리할 폐수를 저장하는 관, 전도성 물질로 제조되어 그 일부분이 상기 관에 저장되어 있는 양극 및 불용성인 전도성 물질로 제조되어 그 일부분이 상기 관에 저장되어 있는 음극으로 구성되는 폐수 처리장치를 도입하여, 전기화학공정에 의해서 질소 화합물 및 인 화합물을 처리하는 폐수 처리 시스템을 이용하고 있다(미국특허 제6,875,362호).
- <21> 또한, 일본 Kansai 사는 폐수 및 광촉매를 포함하는 유기물질의 혼합액을 원자화시키는 수단, 상기 원자화된 물질에 빛을 방사하는 수단 및 상기 원자화된 물질을 회수하는 수단으로 구성된 광촉매를 이용한 폐수 처리장치에 관해 특허출원한 바 있으며, 상기 광촉매를 이용한 폐수 처리장치는 폐수를 포함하는 유기물질을 산화시켜 분해함으로써 결과적으로 폐수를 정화시키는 원리를 도입하고 있다(일본특허 공개 2004-188412호).
- <22> 한편, COD를 빠른 속도로 저감시키는 효능을 가지는 플라즈마를 이용한 오·폐수 처리장치가 공개된 바 있는데, 상기 오·폐수 처리장치는 그 내부에 장착된 저온의 플라즈마 발생장치를 이용하여 일반적인 오·폐수, 폐액 및 휘발성 유기화합물을 적은 에너지로 완벽하게 처리할 수 있다(대한민국 등록실용신안 20-0252257).

<23> 이와 같이, 환경오염의 주요인 중 하나로 꼽히는 폐수를 정화하기 위한 폐수 처리장치에 대한 다양한 시도가 있으나, 주로 물리화학적 또는 생물학적 폐수처리방법을 이용하는 종래 폐수 처리장치는 2차 공해를 유발할 수 있다는 위험성을 내포하고 있을 뿐만 아니라, 폐수가 처리가 안된 상태로 방출될 수 있으며, 또한, 많은 부지면적을 요한다는 문제점이 있다.

<24> 따라서, 당업계에서는 상기의 문제점을 해결하기 위하여, 폐수의 각종 유기물질 또는 독성물질을 보다 효율적으로 제거할 수 있는 폐수 처리장치에 대한 기술개발이 절실하게 요구되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<25> 이에, 본 발명자들은 상기 종래기술의 문제점을 개선하고자 예의 노력한 결과, 플라즈마의 방전에 의하여 폐수 중의 오염물질을 분해하여 제거하는 반응을 수행하고, UV/광촉매를 이용하여 상기 폐수의 오염물질 제거반응을 활성화시킴으로써, 폐수 중의 독성 물질, 색도 및 유기물을 보다 효율적으로 제거할 수 있다는 것을 확인하고, 본 발명을 완성하게 되었다.

<26> 본 발명의 목적은 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치를 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

<27> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 폐수 처리장치로 폐수를 공급하는 폐수 공급장치, 상기 폐수 공급장치에 연결되고, 플라즈마가 방전되어 플라즈마 가스를 생성하는 플라즈마 방전관, 상기 플라즈마 방전관에 산소를 공급하기 위하여 연결된 산소 모듈(module), 상기 플라즈마 방전관에 연결되고, 플라즈마 방전관에서 유입된 플라즈마 가스로 폐수를 처리하는 반응기, 상기 반응기와 연결되고, 광촉매에 의해 폐수를 처리하는 광촉매 시스템, 상기 반응기의 미반응 플라즈마 가스 및 폐수를 재순환시키는 인라인 믹서(inline mixer), 상기 광촉매 시스템에 연결된 처리수 출구 및 상기 반응기 상부에 위치한 배기가스 출구를 포함하는 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치를 제공한다.

<28> 본 발명에 있어서, 상기 플라즈마 방전관은 고전압 방전, 수표면 방전 및 수중 직접 방전으로 구성된 군에서 선택되는 방식으로 수행되는 것을 특징으로 할 수 있다.

<29> 본 발명에 있어서, 상기 폐수 처리장치는 폐수와 플라즈마 가스를 혼합하는 벤추리 인젝터(venturi injector)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

<30> 본 발명에 있어서, 상기 광촉매 시스템은 UV/TiO₂ 광촉매로 코팅된 것을 특징으로 할 수 있다.

<31> 본 발명은 상기 폐수 처리장치를 이용하는 것을 특징으로 하는 폐수 처리방법을 제공한다.

<32> 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

<33> 본 발명은 폐수의 유독성 물질, 색도 및 유기물을 제거하기 위한 폐수 처리장치에 관한 것으로, 플라즈마의 방전에 의하여 발생하는 전자, O₂⁻, O₃⁻ 및 OH⁻를 이용하여 직접 및 간접 제거반응을 수행하고, 광촉매를 이용하여 상기 제거반응을 활성화시키는 것을 특징으로 한다.

<34> 본 발명에서 플라즈마란 초고온에서 음전하를 가진 전자와 양전하를 띤 이온으로 분리된 기체 상태를 말하는 것으로, 플라즈마 가스는 원래 불안정하며, 물 속에서 자기분해반응으로 인하여 산소로 변화하는 과정 중에 연속적인 산화반응을 일으켜 반응성이 더욱 큰 종을 생성하는 특징을 가진다.

<35> 이때, 플라즈마 가스의 분해 메카니즘(mechanism)은 pH, UV, 농도 및 라디칼 담체(radical scavenger)에 의해 영향을 받는다. 즉, pH가 증가함에 따라 플라즈마 가스의 분해가 가속화되며, 자기분해 반응은 주어진 pH에서는 불순용액에 존재하는 다양한 용질에 의하여 시작되며, 라디칼 형태의 연쇄반응을 통하여 가속화된다.

<36> 본 발명은 이러한 플라즈마 가스의 불안정성으로 인한 자기분해반응을 이용하여 폐수를 처리하는 폐수 처리장치에 관한 것이다.

<37> 본 발명의 플라즈마 가스를 발생시키는 플라즈마 방전관은 고전압을 이용하여 공급된 산소 또는 공기를 방전하는 것이 바람직하다.

<38> 본 발명에서는, 플라즈마 방전시에 발생하는 전자를 이용하여 폐수를 정화하는 직접 제거반응 및 플라즈마 방전

시에 플라즈마의 자기분해반응으로 인해 발생하는 O_2^- , O_3^- 및 OH^- 의 활성라디칼을 이용하여 폐수를 정화하는 간접 제거반응을 통하여 폐수를 정화시키는 것이 바람직하며, 상기 직접 제거반응 및 간접 제거반응은 광촉매 시스템에서 활성화된 광촉매에 의해 보다 활성화된다.

- <39>
- <40> 이하, 본 발명의 구성 및 작용을 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세히 설명한다.
- <41> 본 발명에 따른 플라즈마 및 광촉매를 이용한 폐수 처리장치를 이용한 폐수 처리 과정을 설명하면 다음과 같다(도 1).
- <42> 에어 필터(1)를 거치면서 이물질이 제거된 공기를 컴프레셔(2)로 가압하고, 상기 가압과정에서 발생된 열은 라디에이터(3)에서 제거된다. 상기 이물질이 제거된 공기는 라디에이터(3)를 통과하면서 냉각 및 응축되어 수분이 생성되며, 이때, 생성된 수분은 드레인 밸브(4)로 배출되고, 수분이 제거된 공기만이 산소 모듈(module)(5)로 공급된다. 산소 모듈(5)에서 순도 90% 이상의 산소는 솔레노이드 밸브(solenoid valve)가 개방되면서 플라즈마 방전관(7)으로 공급되는데, 산소의 공급량은 산소 모듈과 플라즈마 방전관 사이에 위치한 유량계(6) 및 압력 게이지(pressure gauge)에 의하여 조절된다.
- <43> 플라즈마 방전관(7)으로 산소가 공급된 후, 플라즈마 방전관(7)에서는 고농도의 플라즈마 가스가 발생되며, 발생된 플라즈마 가스는 벤추리 인젝터(venturi injector)(14)로 이동된다. 상기 플라즈마 방전관(7)과 벤추리 인젝터(14) 사이에는 백프레셔 밸브(back pressure valve), 체크 밸브(check valve) 및 3웨이 솔레노이드 밸브(3way solenoid valve)(18)가 설치되어 있으며, 상기 밸브들은 각각 플라즈마 가스의 발생 효율을 높이기 위한 플라즈마 방전관 내의 압력유지, 폐수 처리장치 정지 상태에서 폐수 역류방지 및 폐수 처리장치 정지시에 플라즈마 가스 단속의 역할을 수행한다.
- <44> 또한, 본 발명에 따른 폐수 처리장치의 폐수 입구를 통해 공급된 폐수는 벤추리 인젝터(14)로 이동한 다음, 벤추리 인젝터(14)로 공급된 플라즈마 가스와 혼합되고, 혼합된 폐수와 플라즈마 가스는 가압 펌프(9)를 통하여 반응기(10)로 공급된다.
- <45> 상기 반응기(16) 내에서는, 플라즈마 방전시에 발생한 전자에 의한 직접 제거반응 및 플라즈마 방전시에 생성된 O_2^- , O_3^- 및 OH^- 과 같은 반응 라디칼에 의한 간접 제거반응을 통하여 폐수가 정화되고, 상기와 같이 플라즈마를 이용한 제거반응으로 정화된 폐수는 UV/광촉매가 코팅되어 있는 광촉매 시스템(12)으로 이동하며, 반응 후에 생성된 오존은 폐수의 악취를 제거하면서 반응기 상부에 위치한 배오존분해기를 통하여 외부로 배출된다.
- <46> 본 발명의 광촉매 시스템(12)은 광촉매 시스템에 설치된 UV 램프의 UV광(400nm)에 의해 광촉매가 활성화되어, 플라즈마를 이용한 직접 제거반응 및 간접 제거반응의 효율을 증가시킨다.
- <47> 또한, 본 발명의 인라인 믹서(inline mixer)(11)는, 반응하지 못한 플라즈마 가스의 반응라디칼과 폐수의 오염물질이 다시 반응할 수 있도록 상기 미반응 플라즈마 가스 및 폐수를 액체 펌프를 이용하여 재순환시키는 역할을 수행한다.
- <48> 최종적으로, 상기 반응기 및 광촉매 시스템을 통과하면서 정화된 폐수는 광촉매 시스템에 연결된 처리수 출구를 통하여 배출된다.
- <49> 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.
- <50> 실시예 1: 인라인 믹서 작동 유/무에 따른 폐수처리 효율변화 시험
- <51> 본 실시예에서는 플라즈마 및 광촉매를 이용하는 폐수 처리장치에 있어서, 미반응 라디칼과 폐수가 다시 반응하여 폐수가 완전히 정화될 수 있도록 광촉매 시스템에서 반응기로 재순환시키는 인라인 믹서 작동/유무에 따른 폐수 처리 효율변화 시험을 수행하였다.
- <52> 처리용량 100L의 반응기를 사용하였으며, 폐수 유입유량은 0.5 lpm이었다. 유입된 폐수 중 시안의 초기농도는 100 mg/L 이었으며, 산소공급량 5 lpm의 조건에서, 펄스 최대 전압을 17kV로 공급하였을 경우의 실험에서, 인라인 믹서를 설치하였을 경우가 인라인 믹서를 설치하지 않았을 경우에 폐수 중의 시안의 제거효율이 39~53% 정도

도면

도면1

