



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년06월30일
(11) 등록번호 10-1634774
(24) 등록일자 2016년06월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/72 (2006.01) B01D 35/02 (2006.01)
B01F 5/02 (2006.01) C02F 1/467 (2006.01)
C02F 1/70 (2006.01) C02F 101/30 (2006.01)
C02F 103/30 (2006.01) C02F 103/34 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C02F 1/722 (2013.01)
B01D 35/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-0169694
(22) 출원일자 2015년12월01일
심사청구일자 2015년12월01일
- (56) 선행기술조사문헌
Korean Journal of Chemical Engineering.
Vol.32(11), pp.2342-2346 (2015.11.)*
Chemical Engineering & Technology. Vol.21(2),
pp.187-191 (1998)*
Jorunal of Hazardous Materials. Vol.168(2),
pp.1562-1568 (2009)*
KR1020060079172 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
- (72) 발명자
이제근
부산광역시 남구 황령대로 504 대연삼익비치아파
트103동 102호
김창훈
부산광역시 남구 분포로 113, 232동 1802호 (용호
동, LG메트로시티)
- (74) 대리인
특허법인 공간

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 박재우

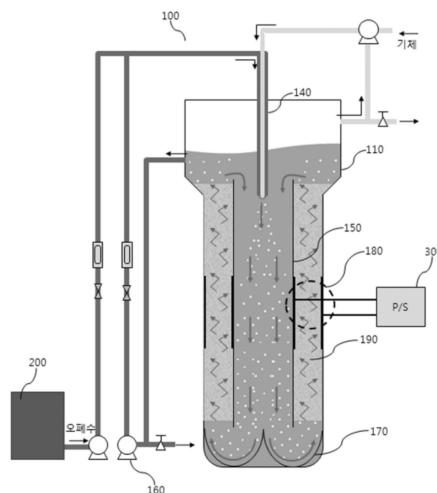
(54) 발명의 명칭 펜톤산화반응 효율이 향상된 제트루프 유동층 펜톤 반응기, 오폐수 처리 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 펜톤산화반응 효율이 향상된 제트루프 유동층 펜톤 반응기, 오폐수 처리 시스템 및 그 처리방법에 관한 것으로, 펜톤산화반응이 수행되는 반응조; 상기 반응조 내부로 유기물 오폐수를 공급하는 오폐수 공급부; 상기 반응조 내부로 2가철(Fe^{2+}) 및 과산화수소(H_2O_2)를 포함한 펜톤시약을 공급하는 펜톤시약 공급부; 상기 반응조

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



내 상단부에 설치되어, 반응조 내 하단부 방향으로 산소(O_2)를 포함하는 기체상 유체와 액체상 유체를 포함한 이 유체를 혼합 분사하는 이유체 분사노즐; 상하 양단이 개방되어 있는 형태로 상기 이유체 분사노즐 하단부에 설치되어, 반응조 내부 공간을 이유체 하강 공간과 이유체 상승 공간으로 분할하여 이유체 분사노즐에서 분사된 이유체가 반응조 내에서 하강/상승할 수 있도록 하는 이유체 흐름 유도관; 반응기 내로 전자(e^-)를 제공하는 전극; 및 상기 이유체 흐름 유도관에 의해 분할된 반응조 내 이유체 상승 공간에 설치되며, 유동화 매질이 채워져 있는 유동층;를 포함하는 펜톤산화반응 효율이 향상된 제트루프 유동층 펜톤 반응기, 오폐수 처리 시스템 및 그 처리 방법에 대한 것이다.

(52) CPC특허분류

B01F 5/02 (2013.01)
C02F 1/4672 (2013.01)
C02F 1/70 (2013.01)
C02F 1/727 (2013.01)
C02F 2101/30 (2013.01)
C02F 2103/30 (2013.01)
C02F 2103/343 (2013.01)
C02F 2301/024 (2013.01)
C02F 2305/026 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20140418-1
부처명	해양수산부
연구관리전문기관	한국해양과학기술진흥원
연구사업명	해양수산기술연구개발사업
연구과제명	고부가 값지렁이 양식 산업화 및 이를 활용한 연안보호 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	부경대학교 산학협력단
연구기간	2015.08.01 ~ 2016.07.31
공지예외적용	: 있음

명세서

청구범위

청구항 1

펜톤산화반응이 수행되는 반응조;

상기 반응조 내 상단부의 중심축에 위치되며, 반응조 내로 산소를 포함하는 기체상 유체와 액체상 유체를 혼합 분사하는 분사노즐;

상하 양단이 개방되어 있는 형태로 상기 반응조 내에 설치되어 반응조 내부 공간을 유체혼합흐름이 하강하는 공간과 상기 유체혼합흐름이 상승하는 공간으로 나누는 유도관; 및

상기 유도관에 의해 분할된 반응조 내 유체혼합흐름의 상승 공간에 배치되는 유동매질;을 포함하는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펜톤 반응기.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 유동매질은,

모래, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_3O_4 또는 FeO 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펜톤 반응기.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 분사노즐은 노즐 몸체의 전부, 혹은 일부가 유도관의 내부 공간에 위치하거나, 유도관의 위쪽 공간에 위치하는 것임을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펜톤 반응기.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 유도관 아래의 반응조 하단부에 상기 유도관 내측을 따라 하강한 이유체가 유도관 벽과 반응조 벽 사이의 공간을 따라 상승하도록 가이드 역할을 수행하는 가이드 바닥판이 설치되는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펜톤 반응기.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 가이드 바닥판은, 바닥판의 중심과 말단 사이의 공간이 아래로 오목한 형태인 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펜톤 반응기.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 반응조 내로 전자(e^-)를 제공하는 전극부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펜톤 반응기.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 전극부는 유도관 외벽과, 반응조 내벽에 설치되는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펜톤 반응기.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 반응조는 하부에서 상부로 갈수록 유체흐름 방향에 수직인 반응조 단면적이 넓어지도록 된 기울어진 부분(slanted part)이 최소한 일부분 존재하는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펄슨 반응기.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 유체혼합흐름이 상승하는 공간에는, 상승 이동하는 유체 혼합 흐름에 의해 유동화 되는 유동매질이 상기 상승 공간 내에 머무르도록, 상승 공간의 하단부 및/또는 상단부에 스크린이 설치된 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펄슨 반응기.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 반응조의 상단부 벽에는 액체상 유체를 순환하기 위한 액체상 순환배출구; 및 기체상 유체를 순환하기 위한 기체상 순환배출구;가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펄슨 반응기.

청구항 11

청구항 10 에 있어서,

상기 액체상 순환배출구 및/또는 기체상 순환배출구에는 고체상 물질을 걸러내는 필터;가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펄슨 반응기.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 반응기는 반응초기에 펄슨시약을 반응기로 투입하기 위한 펄슨시약 투입부;를 별도로 구비하는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펄슨 반응기.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 반응기는 펄슨산화환원 반응된 반응물이 배출되는 반응물 배출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 제트루프 유동층 펄슨 반응기.

청구항 14

오폐수 중의 난분해성 및/또는 독성 유기물질을 제거하는 오폐수 처리 시스템에 있어서,

상기 청구항 1 내지 청구항 13 중 어느 한 항에 기재된 제트루프 유동층 펄슨 반응기; 및

상기 제트루프 유동층 펄슨 반응기로 오폐수를 공급하는 오폐수 공급부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 오폐수 처리 시스템.

청구항 15

독성 물질 및/또는 잔류성 유기오염물질(Persistent Organic Pollutants)을 포함하는 오폐수를 처리하는 방법에 있어서, 상기 청구항 14에 기재된 오폐수 처리 시스템을 사용하여 오폐수를 처리하는 것을 특징으로 하는 오폐수 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

펄슨산화반응 효율이 향상된 제트루프 유동층 펄슨 반응기, 오폐수 처리 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 더

욱 상세하게는, 펜톤산화반응을 이용하여 오폐수 내의 독성 및 잔류성 유기오염물질(POPs : persistent organic pollutants)을 제거하는 데 있어서, 제트루프 유동층 반응기를 이용하여 난류강도를 증진시킴으로서 산소의 오폐수 내로의 용해도를 높여, 펜톤산화반응 효율이 향상된 제트루프 유동층 펜톤 반응기, 오폐수 처리 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

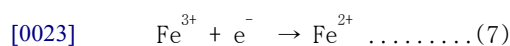
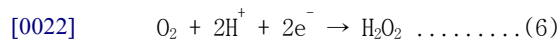
- [0002] 고농도 산업폐수 내 함유된 난분해성 또는 독성 유기물질의 제거와 화학적 산화방법을 이용하여 기존의 생물학적 처리의 효율을 증가시키고 생물학적 처리공정에서 미처 제거되지 못한 COD 및 난분해성 유기물을 배출 규제에 맞추기 위한 후처리에 이용하는 연구가 최근 환경에 대한 관심이 고조되면서 점차적으로 증가하고 있다.
- [0003] 산업폐수, 특히, 염료제조, 염색, 제약회사 등에서 배출되는 폐수에는 다량의 난분해성 유기물이 포함되어 있고 색깔도 띈다. 산업체에서는 이런 폐수를 처리하기 위하여 응집침전, 부상, 때로는 혐기성소화조, 활성슬러지, 활성탄 흡착 등의 종래의 처리방법에 의존한 경향이 있지만 처리효율이 낮아, 근래에 와서는 고도산화처리(Advanced Oxidation Processes : AOPs)를 이용하는 경향이 두드러지고 있다.
- [0004] 특히 산업폐수 처리에 독성 및 잔류성 유기오염물질(POPs : persistent organic pollutants)을 제거하는 데 있어서 고도산화처리법의 일종으로 펜톤산화법을 이용한 방법이 사용되고 있다.
- [0005] 펜톤산화법은 펜톤(Fenton)산화반응을 이용한 것으로 2가철(Fe^{2+})염과 과산화수소(H_2O_2)의 혼합용액(펜톤시약)을 사용하여 반응 중 생성되는 OH 라디칼($OH^\bullet$)의 산화력으로 오폐수의 유기물을 산화처리 하는 방법이다. 이와 같이 펜톤산화법은 흔하게 구할 수 있는 철염과 취급이 용이하여 현장에서 저장이 가능하고 다양한 유기물과의 반응성이 높으며 독성물질이나 색도물질을 유발하지 않는 비교적 경제성이 있는 산화제인 과산화수소(H_2O_2)를 이용하므로 비교적 간편한 방법에 속한다.
- [0006] 이러한 이유로 최근에 들어 산업폐수 처리에 펜톤산화방법을 적용하려는 시도는 비교적 활발하게 검토되고 있으며, 생물학적으로 난분해성 물질을 생분해가 가능한 물질로 전환한다든지, 독성을 함유하고 있어서 미생물에 악영향을 끼치는 폐수의 독성감소, 생물학적 처리 후 미생물에 의해 처리되지 않은 물질을 처리하는 후처리 등 적용 목적 또한 다양화 되어가는 추세이다.
- [0007] 상기 펜톤산화반응을 이용하는 펜톤처리공정의 가장 큰 목적은 오염 부하량을 감소시키기 위하여 폐수 중에 존재하는 특히 유기물을 완전 산화 시키거나, 고농도, 난분해성 유기물을 미생물 분해가 쉽도록 변환시키는 주된 역할을 하는데 그 목적이 있다.
- [0008] 즉, 저농도 유기물은 펜톤 시약을 이용하여 완전 산화 시켜서 무해한 상태로 만들거나, 산업폐수에 혼용되어 있는 난분해성, 고농도 난용성 유기물을 산화 시켜 미생물 처리가 용이한 것으로 바꾸어 주거나, 생물학적 처리가 용이하도록 하여 활성슬러지 등 호기성 미생물이 분해하기 쉽도록 변환시키는데 그 목적이 있는 것이다.
- [0009] 상기 펜톤산화에 의한 유기물의 제거반응에는 다음과 같은 반응이 생성된다.
- [0011] $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + OH^\bullet \dots\dots\dots(1)$
- [0012] $RH + OH^\bullet \rightarrow R^\bullet + H_2O \dots\dots\dots(2)$
- [0013] $R^\bullet + H_2O_2 \rightarrow ROH + OH^\bullet \dots\dots\dots(3)$
- [0014] $R^\bullet + O_2 \rightarrow RO_2^\bullet \dots\dots\dots(4)$
- [0016] 폐수에 유기물이 존재하는 경우 과산화수소(H_2O_2)의 분해반응 대신에 발생된 OH 라디칼($OH^\bullet$)에 의해 유기물이 분해되어 치환 유기물이 발생한다. 펜톤 산화반응에 의해 유기물이 산화 분해될 때, 반응은 최종적으로 식 (5)와 같은 반응이 일어난다.
- [0017] $H_2O_2 + RH \rightarrow ROH + H_2O \dots\dots\dots(5)$
- [0018] 이와 같이 펜톤산화법은 과산화수소수에 의하여 Fe^{2+} 이온이 Fe^{3+} 로 산화되면서 OH 라디칼을 발생시키고, 이 OH라

디칼에 의하여 산화반응이 진행된다. 이러한 반응 과정에서 Fe^{3+} 가 과산화수소에 의하여 다시 Fe^{2+} 로 환원 되어야 계속 펜톤산화반응이 일어나는데 철이 산화되는 속도가 환원되는 속도보다 훨씬 빠르므로 3가철이 축적되는 현상이 발생하고 이에 의하여 반응효율이 떨어지며, Fe^{3+} 이온은 식(1)에 의해 생성된 OH^- 이온과 반응하여 다량의 수산화철 슬러지가 발생하게 된다.

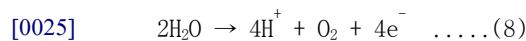
[0019] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서 전해액을 통하여 전자와 산소를 외부에서 공급하여 줌으로써 Fe^{3+} 가 다시 Fe^{2+} 로 환원되고, H_2O_2 가 다시 생성되도록 함으로써 소모되는 펜톤시약의 투입량을 절감하고, 슬러지 발생량을 감소하며, 펜톤산화반응의 반응성을 향상시킬 수 있는 전해-펜톤 공정(Electro-Fenton Process)이 대두되었다.

[0020] 상기 전해-펜톤 공정의 주요 반응은 다음과 같이 이루어진다.

[0021] Cathode:



[0024] Anode:



[0027] 상기 반응들로 인하여 과산화수소수가 생성되고, 산화된 3가철(Fe^{3+})이 2가철(Fe^{2+})로 다시 환원되게 된다. 따라서 기존의 펜톤산화공정의 단점인 다량의 펜톤시약 사용 필요성과 슬러지의 발생을 감소시킬 수 있게 된다.

[0029] 한편, 기체의 액체내로의 흡수반응을 실시하기 위한 반응기로는 기액 흡수반응 장치로는 충전탑(Packed tower), 기포탑(Bubble column), 교반 반응기(Agitated vessel) 등 여러 종류의 흡수반응기가 있으며 다양한 분야에 적용되고 있다.

[0030] 충전탑(Packed tower)은 장치 내에 충전물을 채우고, 여기에 액을 분사함으로써 높은 기액 접촉 면적을 가지는 장점이 있지만 압력강하가 높은 단점이 있다. 기포탑(Bubble column)은 장치가 간단하고 내식성 재료에 의한 제작도 용이하나, 타장치에 비해 물질전달 효율이 낮은 단점이 있고, 교반 반응기(Agitated vessel)은 임펠러의 교반에 의한 기액간의 높은 난류 강도, 넓은 접촉면적을 가짐으로써 물질 전달율이 향상되는 특징이 있으나, 임펠러의 작동을 위한 추가적인 동력장치가 요구된다.

[0031] 이에 반해 제트루프반응기(Jet loop reactor)는 설치면적도 상대적으로 적고 유도관을 통하여 액체와 기체가 일정한 궤도를 순환하면서 원활한 기액 혼합과 물질 전달율 증진 등의 효과가 있다고 알려져 있다.

[0032] 상기 펜톤 및 전해-펜톤(Electro-Fenton) 공정 역시 상기 기액흡수반응을 위한 반응기인 교반형 반응기, 유동층 반응기, 트리클베드 반응기, 제트-루프 반응기(Alfons Vogelpohl, S. M., Kim, J. Ind. Eng. Chem., Vol. 10, No. 1, (2004) 33-40) 등을 사용하여 반응이 수행됨이 보고된 바 있다.

[0033] 한국등록특허 제0506586호는 쓰레기 매립장 폐수 내에 포함되어 있는 고농도의 유기물을 처리하기 위하여 펜톤 산화공정을 적용함에 있어서 산화반응조로 수직 하향·상향류 흐름을 갖는 이젝터(Ejector) 타입 반응기를 적용하고, 상기 이젝터 타입 반응기에서는 반응조 용량의 일부를 이젝터 헤드를 통해 내부로 반송하여 강한 와류에 의한 완전혼합을 유도하고, 이와 동시에 이젝터를 통해 공급되는 산소에 의한 불완전 산화중간체의 부가적 산화 유도로 인하여 고농도의 유기물을 저감시킴으로써, 기존의 펜톤 산화처리공정에 비하여 폐수처리설비에 적은 부지가 소요되고 사용되는 촉매 및 과산화수소의 사용량을 절감시킬 수 있음은 물론, 반응시간도 크게 단축할 수 있으면서 처리 효율이 향상된 산화처리법이 공지되어 있다.

[0034] 한국등록특허 제0541979호는 고급 산화 반응장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, 철이온이 잔류하도록 화학 처리된 폐수 및 과산화수소가 공급되는 펜톤 반응기와, 다수가 병렬로 배열되고 펜톤 반응기에서 처리된 펜톤 반응수가 유입됨과 아울러 유입된 펜톤 반응수를 광펜톤 반응수로 처리하면서 다시 펜톤 반응기 내로 순환시키는 제 1 광펜톤 반응기; 및 다수가 병렬로 배열되고 펜톤 반응기에서 월류하는 월류수가 유입되고 유입된 월류수를 최종처리수로 배출하는, 제 1 광펜톤 반응기와 동일한 구성을 가지는 제 2 광펜톤 반응기로 이루어지는 펜톤 반응기에 관한 기술이 기재되어 있다.

[0035] 또한, 한국등록특허 제1026641호는 전기분해와 광-펜톤산화공정이 결합된 복합산화공정을 이용한 난분해성 폐수 처리장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, 유기물 폐수가 저장되는 폐수저장조; 유기물 폐수에 Fe^{2+} 및 염화나트륨 전해질을 투입하는 전해질 투입기; 전해질이 투입된 유기물 폐수에 산소(O_2)가 용해되도록 공기를 공급하는 공기공급기; 유기물 폐수가 투입되어 전해질로부터 2가철(Fe^{2+})을 산화시키고 유리염소를 발생시키며, 과산화수소가 발생되도록 하여 수산화라디칼을 형성하는 펜톤산화반응이 이루어지도록 하는 무격막 전해조; 상기 전해조에 의해 펜톤산화반응된 폐수에 UV가 조사되도록 하는 UV 광반응기; UV에 의해 광 산화된 처리수가 집수되는 집수조; 를 포함하는 폐수 처리장치에 관한 기술이 기재되어 있다.

[0036] 또한, 한국등록특허 제0592942호는 전해환원식 펜톤산화 폐수처리장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, 펜톤산화반응이 이루어지는 반응조에는 유입구 및 약품주입구가 설치되며; 방류구가 형성되고 원통형의 음극과 이에 내장된 봉상의 양극이 설치된 환원조가 상부연결관 및 순환펌프가 설치된 하부연결관을 통하여 상기 반응조와 연결되는 구조의 폐수 처리장치에 관한 기술이 기재되어 있다.

[0037] 그러나 상기 선행문헌들에 기재된 펜톤산화 공정은 여전히 공급된 산소의 이용률 면에서 부족하며, 개선될 여지가 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0038] 본 발명은 상기된 과제를 해결하기 위해 창작된 것으로, 펜톤산화반응을 이용하여 오폐수 내의 잔류성 유기오염물질(POPs : persistent organic pollutants)을 제거하는 펜톤, 광펜톤 및 전기-펜톤 공정에 있어서, 제트루프-유동층반응기를 이용하여 오폐수내로의 산소 용해율을 높임으로써, 펜톤산화반응 효율이 향상된 제트루프 유동층 펜톤 반응기, 오폐수 처리 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 제트루프 유동층 펜톤 반응기는, 펜톤산화반응이 수행되는 반응조; 상기 반응조 내 상단부의 중심축에 위치되며, 반응조 내로 산소를 포함하는 기체상 유체와 액체상 유체를 혼합 분사하는 분사노즐; 상기 양단이 개방되어 있는 형태로 상기 반응조 내에 설치되어 반응조 내부 공간을 유체혼합흐름이 하강하는 공간과 상기 유체혼합흐름이 상승하는 공간으로 나누는 유도관; 및 상기 유도관에 의해 분할된 반응조 내 유체혼합흐름의 상승 공간에 배치되는 유동매질;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0040] 또한, 일 실시예로서, 상기 유동매질은, 모래, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_3O_4 또는 FeO 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0041] 또한, 일 실시예로서, 상기 분사노즐은 노즐 몸체의 전부, 혹은 일부가 유도관의 내부 공간에 위치하거나, 유도관의 위쪽 공간에 위치하는 것임을 특징으로 한다.

[0042] 또한, 일 실시예로서, 상기 유도관 아래의 반응조 하단부에 상기 유도관 내측을 따라 하강한 이류체가 유도관 벽과 반응조 벽 사이의 공간을 따라 상승하도록 가이드 역할을 수행하는 가이드 바닥판이 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0043] 또한, 일 실시예로서, 상기 가이드 바닥판은, 바닥판의 중심과 말단 사이의 공간이 아래로 옅어진 형태인 것을 특징으로 한다.

[0044] 또한, 일 실시예로서, 상기 제트루프 유동층 펜톤 반응기는, 상기 반응조 내로 전자(e^-)를 제공하는 전극부;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0045] 또한, 일 실시예로서, 상기 전극부는 유도관 외벽과, 반응조 내벽에 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0046] 또한, 일 실시예로서, 상기 반응조는 하부에서 상부로 갈수록 유체흐름 방향에 수직인 반응조 단면적이 넓어지도록 된 기울어진 부분(slanted part)이 최소한 일부분 존재하는 것을 특징으로 한다.

[0047] 또한, 일 실시예로서, 상기 유체혼합흐름이 상승하는 공간에는, 상승 이동하는 유체 혼합 흐름에 의해 유동화되는 유동매질이 상기 상승 공간 내에 머무르도록, 상승 공간의 하단부 및/또는 상단부에 스크린이 설치된 것을

특징으로 한다.

- [0048] 또한, 일 실시예로서, 상기 반응조의 상단부 벽에는 액체상 유체를 순환하기 위한 액체상 순환배출구; 및 기체상 유체를 순환하기 위한 기체상 순환배출구;가 설치되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0049] 또한, 일 실시예로서, 상기 설치된 액체상 순환배출구로 및 기체상 순환배출구로부터 액체상 유체 및 기체상 유체 흡입하여 분사노즐로 이송하는 적어도 하나 이상의 순환펌프;를 각각 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0050] 또한, 일 실시예로서, 상기 액체상 순환배출구 및 기체상 순환배출구에는 기체상 물질을 걸러내는 필터가 설치되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0051] 또한, 일 실시예로서, 상기 반응기는 반응초기에 펜톤시약을 반응기로 투입하기 위한 펜톤시약 투입부;를 별도로 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0052] 또한, 일 실시예로서, 상기 반응기는 펜톤산화환원 반응된 반응물이 배출되는 반응물 배출부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0053] 또한, 본 발명의 또 다른 일 실시예로서, 펜톤산화반응 효율이 향상된 오페수 처리 시스템은, 상기 제트루프 유동층 펜톤 산화 반응기; 및 상기 제트루프 유동층 펜톤 산화 반응기로 오페수를 공급하는 오페수 공급부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0054] 또한, 본 발명의 또 다른 일 실시예로서, 독성 물질 및/또는 잔류성 유기오염물질(Persistent Organic Pollutants)을 포함하는 오페수를 처리하는 방법은, 상기 제트루프 유동층 펜톤 반응기를 사용하여 오페수를 처리하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0055] 본 발명은 펜톤산화반응 효율이 향상된 제트루프 유동층 펜톤 반응기, 오페수 처리 시스템 및 그 처리방법에 관한 것으로, 반응조 내 유체 혼합 흐름의 상승 공간에 유동매질이 충전되어 있는 유동층을 배치하여 종래의 제트루프 반응기에 비하여 난류강도 및 기체의 잔류시간을 증가시킬 수 있는 효과가 있다. 또한, 상기와 같은 제트루프 유동층 펜톤 반응기를 오페수 시스템에 적용할 경우 상기 유동매질에 의해 반응기 내 기체의 기포크기가 줄어들고, 잔류시간이 늘어나며 난류강도가 높아져, 결국 오페수 내 산소의 흡수율이 상승함으로써, 펜톤산화반응의 반응성이 향상되어 오페수 처리 성능을 높일 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0056] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제트루프 유동층 펜톤 반응기에 대한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제트루프 유동층 전해-펜톤 반응기에 대한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0057] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명에 따른 펜톤산화반응 효율이 향상된 제트루프 유동층 펜톤 반응기, 오페수 처리 시스템 및 그 처리방법의 바람직한 실시예를 상세히 설명하도록 한다.
- [0058] 본원 발명에서 사용되는 “제트루프 유동층 반응기”란 도 1을 참조하여 보면, 반응조(110)내 유도관(150)이 포함되는 일반적인 제트루프 반응기에서 유도관벽과 반응조 벽면사이의 공간에 유동매질을 두어 유동층(190)을 형성할 수 있도록 배치된 반응기를 말한다.
- [0059] 또한 본원 발명에서 사용되는 “제트루프 유동층 펜톤 반응기”란 상기 제트루프 유동층 반응기에서 펜톤(Fenton) 반응이 진행되는 반응기를 말한다.
- [0060] 또한 본원 발명에서 사용되는 “제트루프 유동층 전해-펜톤 반응기”란 상기 제트루프 유동층 반응기에서 전해-펜톤(Electro-Fenton) 반응이 진행될 수 있도록 전자를 제공하는 전극부(180)를 포함한 반응기를 말한다.
- [0061] 본 발명의 각 도면에 있어서, 구조물들의 사이즈나 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하거나 축소하여 도시한 것이고, 특징적 구성이 드러나도록 공지된 구성들은 생략하여 도시하였으므로 도면으로 한정하지는 아니한다.
- [0062] 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 원리를 상세하게 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인

인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0063] 또한, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0064] 본 발명은 펜톤산화반응을 이용하여 오폐수 내 유기물을 산화처리 하는 오폐수 처리 시스템에 있어서, 과산화수소수(H_2O_2)를 재생하기 위해 투입되는 산소의 용해율을 증가시킴으로써, 전기-펜톤 반응이 원활히 일어나도록 하여 펜톤산화반응에 의한 오폐수 제거 효율을 향상시키기 위한 것이다.
- [0065] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제트루프 유동층 펜톤 반응기를 이용한 오폐수 처리 시스템에 대한 것이고, 도 2는 제트루프 유동층 전해-펜톤 반응기를 이용한 오폐수 처리 시스템에 대한 것이다.
- [0066] 이에 도시되어 있는 바와 같이, 본 발명의 오폐수 처리 시스템은 펜톤반응에 의하여 오폐수를 산화시키는 펜톤 반응기(100); 오폐수를 반응기로 공급하기 위한 오폐수 공급부(200), 상기 반응기로 전기를 공급하는 전기 공급부(Power Supply)(300)를 포함한다.
- [0067] 이 때, 상기 오폐수 처리장치는 상기 펜톤산화 반응에 의하여 처리된 오폐수를 후속처리를 위하여 집수하는 집수부(미도시)가 포함될 수 있다.
- [0068] 또한 상기 오폐수 처리장치는 반응초기에 펜톤시약을 반응기로 투입하기 위한 펜톤시약 투입부(미도시)를 따로 둘 수 있다.
- [0069] 상기 오폐수 공급부는 처리될 오폐수를 상기 반응기로 공급하기 위한 것이다.
- [0070] 상기 펜톤 반응기(100)는 일반적인 제트루프 반응기에 유동층을 결합하여 난류 강도를 증가시키고, 유동매질과 유체혼합흐름이 부딪히면서 기체 버블이 잘게 부서져 버블 크기를 작게 함으로써 이상간의 계면이 증대되고 이로 인해 기체의 액체내로의 용해율이 증가하게 된다.
- [0071] 상기 펜톤 반응기(100)는 펜톤산화반응이 수행되는 반응조(110); 상기 반응조 내 상단부에 설치되어, 반응조 내 하단부 방향으로 산소를 포함하는 기체와 오폐수를 혼합 분사하는 분사노즐(140); 상하 양단이 개방되어 있는 형태로 상기 분사노즐 하단부에 설치되어, 반응조 내부 공간을 유체혼합흐름의 하강 공간과 상기 유체혼합흐름의 상승 공간으로 분할하는 유체 흐름 유도관(DRAFT TUBE)(150); 상기 유도관(150)벽과 반응조(110)벽 사이의 공간에 배치된 유동매질을 가지는 유동층(190);을 포함한다.
- [0072] 상기 분사노즐(140)은 노즐 몸체의 전부, 혹은 일부가 유도관(150)의 내부 공간에 위치하거나, 유도관(150)의 위쪽 공간에 위치할 수 있다.
- [0073] 이외에도 상기 반응조의 상단부 벽에는 액체상 유체를 순환하기 위한 액체상 순환배출구가 설치되고, 순환펌프를 이용하여 상기 설치된 액체상 순환배출구로부터 액체상 유체를 흡입하여 분사노즐로 이송할 수 있다.
- [0074] 이와 마찬가지로, 상기 반응조의 상단부 벽에는 기체상 유체를 순환하기 위한 기체상 순환배출구가 설치되고, 상기 기체상 순환배출구에서 배출되는 기체상 액체는 순환펌프에 의해 분사노즐로 공급되어 순환되도록 한다.
- [0075] 상기 액체상 순환배출구에 연결되어 있는 순환펌프와, 기체상 순환배출구에 연결되어 있는 순환펌프는 각각 별개의 순환펌프로 구성할 수 있다.
- [0076] 또한, 상기 액체상 순환배출구 및 기체상 순환 배출구에는 필터가 설치되어 있어 고체상 물질을 걸러내도록 할 수도 있다.
- [0077] 상기 순환펌프와 반응조 및 분사노즐을 연결하는 연결관에 설치된 밸브 및 유량계는 통상의 기술자가 용이하게 설치할 수 있는 정도의 공지 기술에 해당하므로 자세한 설명은 생략한다.
- [0078] 또한 상기 펜톤 반응기(100)는 상기 반응조 내 하단부에 설치되어, 상기 유도관(150) 내부를 따라 하강한 유체 혼합흐름이 유도관 외부를 따라 상승하도록 가이드 역할을 수행하는 가이드 바닥판(170)을 더 포함할 수 있다.
- [0079] 또한 상기 반응기(100)는 상기 반응조 내부로 2가철(Fe^{2+}) 및 과산화수소(H_2O_2)를 포함한 펜톤시약을 공급하는 펜톤시약 공급부(미도시) 및/또는 펜톤산화반응된 반응물이 배출되는 반응물 배출부(미도시);를 포함할 수 있다.

- [0080] 상기 펜톤 반응기(100)의 동작 원리는 오페수가 주입되는 액체주입관과 산소(O_2)를 포함하는 기체가 주입되는 기체주입관이 삽입된 분사노즐(140)을 통해 펜톤산화반응이 수행되는 반응조(110) 내부로 유체혼합물(오페수, 펜톤시약 등을 포함한 액체 및 기체)을 제트류로 고속 혼합 분사하고, 이와 같이 혼합 분사된 이류체(two-fluid)가 상하 양단이 개방되어 있는 형태인 유체 흐름 유도관(150)의 내부를 따라 반응조(110) 하부로 하강하였다가 다시 유체 흐름 유도관(150)의 외부를 따라 반응조(110) 상부로 상승하면서 유동층(190)을 통과한다. 이때 반응조(110) 상부로 상승하는 이류체혼합흐름(two-fluid stream)은 유동층(190)을 통과하면서 유동층(190) 내부의 유동화 매질과 충돌하게 되고, 상기 충돌로 인해 상기 분사노즐(140)로부터 발생된 기포 사이즈(bubble size)가 더욱 미세하게 조개진다. 또한 상기 유동화 매질에 충돌한 이류체혼합흐름은 난방향으로 흩어짐으로 인해 난류(turbulence) 강도가 증가하여 펜톤산화반응의 속도 및 반응율이 향상된다.
- [0081] 이후, 상기 유체 흐름 유도관(150)의 외부를 따라 반응조(110) 상부로 상승한 이류체혼합흐름은 상기 분사노즐(140)로부터 유체 흐름 유도관(150) 내로 고속 혼합 분사되는 제트흐름에 의해 형성되는 차압(differential pressure)으로 인해 다시 유체 흐름 유도관(150) 내로 빨려 들어감으로써, 유체혼합흐름이 반응조(110) 내에서 순환되도록 한다.
- [0082] 상기와 같이 오페수, 펜톤시약 및 기체가 활발히 섞이도록 하여 펜톤산화반응 과정에 필요한 화학반응들이 활발히 일어나도록 하여 펜톤산화반응의 효율을 높일 수 있게 된다.
- [0083] 또한, 본 발명의 펜톤 반응기(100)는 반응조(110) 내부에서 탈기된 기체가 수집되는 기체 수집부가 설치되어 있을 수 있으며, 상기 처리수 집수부 또는 기체 수집부에서 수집되는 처리수 또는 기체는 상기 분사노즐(140)을 통해 반응조(110)로 재투입될 수도 있다.
- [0084] 상기 순환 가이드 바닥판(170)은 반응조(110) 하단에 설치되어 이류체혼합흐름이 반응조(110) 하단에서 순환하지 않고 정체되는 것을 방지하고, 반응조(110) 하단에 도달한 유체혼합흐름이 유체흐름 유도관(150) 외측 유체혼합흐름의 상승 공간으로 원활하게 이동할 수 있도록 한다. 이를 위해 상기 가이드 바닥판(170)의 구조는 바닥판의 중심(171)과 말단 사이의 공간이 아래로 옅어진 형태로 되어 있는 것이 바람직하다.
- [0085] 한편, 상기 제트류프 유동층 반응기에서 있어서 반응조의 형태는 하부에서 상부에서 갈수록 유체흐름 방향에 수직인 반응조 단면적이 넓어지도록 된 기울어진 부분(slanted part)이 최소한 일부 존재하도록 할 수 있다. 이러한 기울어진 부분이 존재하게 되면, 유체 혼합 흐름의 상승 시 선속도가 상기 기울어진 부분에서 점차 위로 갈수록 감소하게 되므로 상기 유동매질이 상기 유동층 공간에서 넘쳐흐르지 않도록 조절될 수 있다.
- [0086] 또한, 상기 반응조 내 유체혼합흐름이 상승하는 공간에는, 상승 이동하는 유체 혼합 흐름에 의해 유동화 되는 유동매질이 상기 상승 공간 내에 머무르도록, 상승 공간의 하단부 및/또는 상단부에 스크린이 설치될 수 있다.
- [0087] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제트류프 유동층 전해-펜톤 반응기에 대해 설명하기 위한 도면이다.
- [0088] 도 2에 도시되어 있는 바와 같이 본 발명의 또다른 실시예의 펜톤 반응기(100)는 반응조(110) 내에 음극과 양극으로 구성되는 전극(electrodes)(180)을 이용하여 반응조(110) 내로 전류를 흘려보냄으로써 과산화수소 생성효율을 높이고, 3가철(Fe^{3+})이 2가철(Fe^{2+})로 환원되는 성능을 높임으로써 반응조(110)로 공급되는 2가철(Fe^{2+})과 과산화수소(H_2O_2)를 포함한 펜톤시약의 양을 더욱 절감할 수 있다.
- [0089] 보다 구체적으로는, 본 발명의 도 2의 펜톤 반응기(100)는 과산화수소 생성에 필요한 전자와 3가철(Fe^{3+})이 2가철(Fe^{2+})로 환원되는 데 필요한 전자를 반응조(110) 내에 설치된 전극을 이용하여 공급함으로써, 반응조(110) 내에서 3가철(Fe^{3+})을 2가철(Fe^{2+})로 환원하고, 과산화수소(H_2O_2)를 효과적으로 생성할 수 있도록 함으로써, 펜톤산화반응을 위해 반응조(110)로 공급되는 펜톤시약(Fe^{3+} 및 H_2O_2)를 절약하여 저비용으로 펜톤 반응기를 운용할 수 있다.
- [0090] 이때, 상기 전극은 반응조 내부에 설치될 수도 있으나, 반응조 외부의 적절한 위치에 설치되어 운영될 수 있음은 통상적으로 인지될 수 있을 것이다.
- [0091] 이와 같이 분사노즐(140)로부터 발생된 미세기포가 유동매질에 의해 미세화 및 난류화 되어, 과산화수소(H_2O_2)가 생성되는 데 필요한 산소(O_2)의 전달율을 증가시키고, 또한 외부에서 전자를 공급하여 줌으로써 과산화수소의 생

성율을 더욱 향상시킬 수 있다.

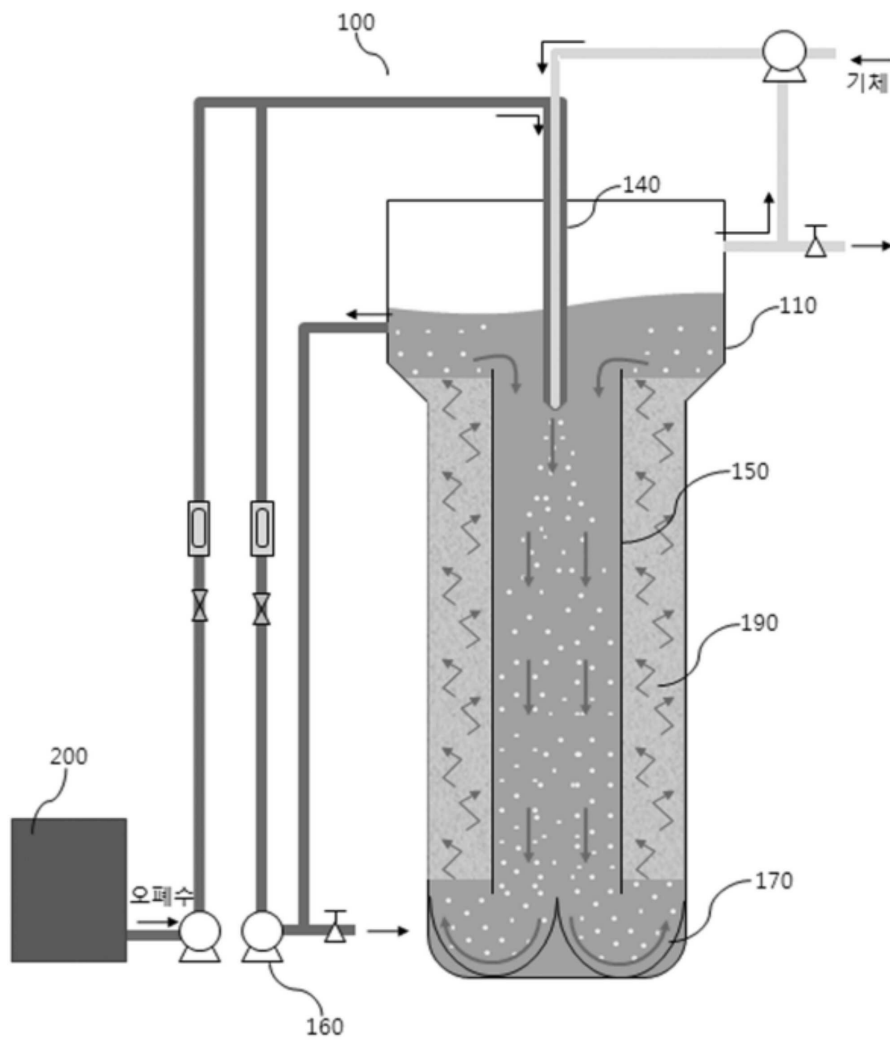
- [0092] 전술한 바대로 본 발명의 펜톤 반응기(100)는 제트루프-유동층 반응기를 이용하여 분사노즐(140)와 유체 흐름 유도관(150) 및 유동층(190)을 통해 액체 내 기체의 흡수율과 체류시간을 높일 수 있는데, 이에 더하여 반응조(110) 내부에서 유동매질이 채워져 있는 유동층(190)을 통해 기액 흡수율, 탈기율, 액체 내 기체 체류시간 등을 더욱 향상시켜 펜톤산화반응의 효율과 펜톤시약 절감 효과를 극대화 할 수 있다.
- [0093] 상기 유동층(190)내 유동화 매질은 일정한 크기의 모래 또는 이산화규소(SiO_2), 산화알루미늄(Al_2O_3), 마그네타이트(Fe_3O_4), 산화철(FeO) 등과 같은 입자를 포함하며, 유동층(190)이 설치된 펜톤 반응기의 동작원리는 다음과 같다.
- [0094] 상기 분사노즐(140)에서 반응조(110) 내부로 오폐수와 산소(O_2)를 포함하는 기체를 고속 혼합 분사하면, 이와 같이 혼합 분사된 이유체(two-fluid)가 상하 양단이 개방되어 있는 형태인 유체 흐름 유도관(150)의 내부를 따라 반응조(110) 하부로 하강하였다가 다시 유체 흐름 유도관(150)의 외부를 따라 반응조(110) 상부로 상승하면서 유동층(190)을 통과한다. 이때 반응조(110) 상부로 상승하는 이유체혼합흐름은 유동층(190)을 통과하면서 유동층(190) 내부의 유동화 매질과 충돌하면서, 상기 유체 분사노즐(140)로부터 발생된 기포 사이즈(bubble size)가 더욱 미세하게 나누어지고, 상기 유동화 매질에 충돌한 유체혼합흐름이 난방향으로 흩어짐으로 인해 난류(turbulence) 강도가 증가하여 펜톤산화반응의 속도 및 반응율이 향상된다.
- [0095] 또한, 상기와 같이 분사노즐(140)로부터 발생된 미세 공기기포가 유동화 매질에 의해 미세화 및 난류화 되어 과산화수소(H_2O_2)가 생성되는 데 필요한 산소(O_2)의 전달율을 증가시켜 과산화수소의 생성율을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0096] 한편, 상기 유동화 매질로서 마그네타이트(Fe_3O_4) 또는 산화철(FeO)을 사용하게 되면, Fe_3O_4 또는 FeO 가 촉매로 작용하여 과산화수소(H_2O_2)와 2가철(Fe^{2+})의 생성속도를 더욱 향상시킬 수 있게 된다.
- [0097] 이상으로 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 실시예를 참조하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술에 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 것을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.

부호의 설명

- [0098] 100 : 펜톤 반응기
 110 : 반응조
 140 : 이유체 분사노즐
 150 : 이유체 흐름 유도관
 160 : 순환펌프
 170 : 가이드 바닥판
 180 : 전극
 190 : 유동층
 200 : 오폐수 공급부
 300 : 전기 공급부

도면

도면1



도면2

