(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0081330
(43) 공개일자 2023년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/30 (2006.01) *B01D 35/02* (2006.01)
C02F 1/40 (2006.01) *C02F 1/44* (2006.01)
C02F 1/62 (2006.01) *C02F 3/10* (2006.01)
C22B 3/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 1/302 (2013.01)
B01D 35/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0169280
(22) 출원일자 2021년11월30일
심사청구일자 2021년11월30일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
박철현
광주광역시 동구 용산3길 17
김현수
광주광역시 남구 효우로60번길 10, 305동 101호
(74) 대리인
김연권

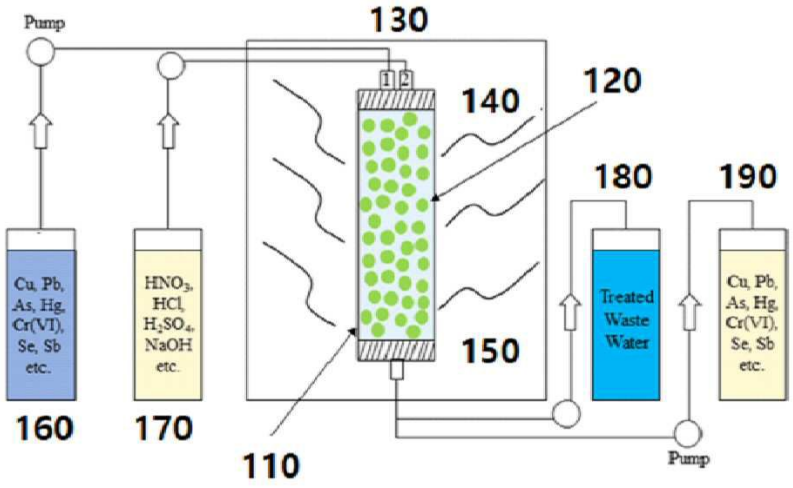
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치 및 이를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수방법**

(57) 요 약

본 발명은 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치 및 이를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수방법을 개시한다. 본 발명은 탈착 용액 및 유가 금속이 수용되는 처리 컬럼; 상기 처리 컬럼 내에 충진되고, 상기 유가 금속을 흡착시키는 생물흡착 담체; 및 상기 처리 컬럼에 마이크로웨이브를 조사하는 마이크로웨이브 조사장치;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C02F 1/40 (2013.01)
C02F 1/44 (2013.01)
C02F 1/62 (2013.01)
C02F 3/10 (2013.01)
C22B 3/22 (2021.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1485017912
과제번호 ARQ202101498001
부처명 환경부
과제관리(전문)기관명 한국환경산업기술원
연구사업명 야생생물유래친환경신소재및공정기술개발사업(R&D)
연구과제명 미세조류기반 생체흡착담체를 이용한 고주파 하이브리드 침출 회수기술 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 조선대학교 산학협력단
연구기간 2021.04.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

탈착 용액 및 유가 금속이 수용되는 처리 컬럼(treat column);

상기 처리 컬럼 내에 충진되고, 상기 유가 금속을 흡착시키는 생물흡착 담체; 및

상기 처리 컬럼에 마이크로웨이브를 조사하는 마이크로웨이브 조사장치;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마이크로웨이브는, 상기 생물흡착 담체에 흡착된 상기 유가 금속을 탈착시키는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는,

상기 처리 컬럼의 상부에 형성되고, 상기 폐수에 포함된 부유성 요염물을 제거하는 상부 필터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는,

상기 처리 컬럼의 하부에 형성되고, 상기 처리 컬럼 내의 상기 생물흡착 담체와 처리된 폐수인 처리수 또는 회수된 유가 금속을 분리하는 하부 필터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는,

상기 폐수를 포함하는 폐수 탱크를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는,

상기 처리 컬럼을 통과하여 수처리된 폐수인 처리수가 저장되는 처리수 탱크를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는,

상기 마이크로웨이브에 의해 생물흡착 담체에서 탈착된 상기 유가 금속을 회수하는 유가 유가 금속 수용부를 더 포함하는 것 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치.

청구항 8

폐수 탱크에서 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수를 펌프를 이용하여 처리 컬럼을 통과시켜 처리수 탱크로 배출하는 단계;

탈착 용액을 상기 처리 컬럼에 충진시키는 단계;

상기 유가 금속을 포함하는 탈착 용액이 충진된 처리 컬럼에 마이크로웨이브 조사장치를 이용하여 마이크로 웨이브를 조사하는 단계; 및

상기 유가 금속을 회수하는 단계

를 포함하고,

상기 처리 컬럼은 생물흡착 담체를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 폐수 탱크에서 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수를 펌프를 이용하여 처리 컬럼을 통과시켜 처리수 탱크로 배출하는 단계에서,

상기 유가 금속이 상기 생물흡착 담체에 흡착되는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 탈착 용액이 충진된 처리 컬럼에 마이크로웨이브 조사장치를 이용하여 마이크로 웨이브를 조사하는 단계에서,

상기 생물흡착 담체에 흡착된 상기 유가 금속이 탈착되는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 탈착 용액의 종류는 질산(HNO_3), 염산(HCl), 황산(H_2SO_4) 및 수산화나트륨(NaOH) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 마이크로웨이브를 조사하는 단계는, 3 kW의 파워를 인가하여 30초 내지 600초의 시간 동안 마이크로웨이브를 조사하는 것을 특징으로 하는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치 및 이를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 본 발명은 컬럼형태의 친환경 생물흡착과 고주파 하이브리드 침출 회수 시스템을 이용하여 흡착 및 회수 공정의 효율성 및 경제성을 향상시킬 수 있는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치 및 이를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 급속한 산업화와 도시화에 따른 폐수의 배출량 증가로 인하여 각종 중금속을 포함한 유동성 물질이 배출되어 수질 오염뿐만 아니라 인간의 건강 및 생태계에 큰 피해를 주고 있으며, 이를 처리하기 위한 수처리 방법이 개발되고 있다.

[0004] 국내 방류수 수질 기준과 배출 허용기준이 강화되면서 수질관리의 선진화가 요구되고 있다. 첨단 산업의 고도화로 인해 공단 지역(도금, 정밀화학, 석유화학, 피혁, 일부 염색 산업 등)에서 배출되는 폐수는 유기용매, 중금속, 난분해성 유기 화합물 등과 같은 오염원이 배출되어 폐수를 처리하는 공정 단계가 복잡해짐으로 인해, 운전 비용이 증가되어 국내 기간산업체에 큰 부담으로 작용되고 있다.

[0005] 산업폐수는 일반적으로 입자성/콜로이드성 물질 및 유해 중금속 등과 같은 다양한 오염물질이 포함되어 있어 생물학적으로 처리가 가능한 생활 하수에 비해 처리가 상대적으로 어려우며, 생활 하수에 비해 배출량은 적으나, 오염 부하량이 상대적으로 높아 철저한 관리가 필요하다.

[0006] 오일 또는 산업폐수 등에 포함되어 있는 중금속을 제거하기 위한 방법으로 분리막을 이용한 여과, 이온교환수지, 화학적 침전법 및 흡착법 등의 다양한 물리화학적 방법들이 적용되고 있으며, 그 중에서도 활성탄, 합성 제올라이트, 키토산 등 다양한 무기 물질이 폐수 중의 중금속 흡착제를 통해 중금속 제거 방법이 사용되고 있으나, 제거 효율이 높은 소재는 고가로 인해 경제성이 낮고, 대부분의 소재는 상평형 특성상 흡착후 배출을 통해 흡착 효율이 현저히 떨어지는 단점이 있다.

[0007] 또한, 중금속에 의한 오염은 여러 종류의 중금속이 혼합되어 있는 경우가 많아서 제거하고자 하는 중금속을 선택적으로 제거하기가 힘든 경우가 많다는 문제점이 있다. 따라서, 보다 간단한 공정을 통해 제조 가능하며, 선택적으로 중금속을 흡착 제거하는 성능이 우수한 천연소재에 대한 개발이 요구되는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2021-0097978호, "산업폐수 중 선택적 중금속 제거용 흡착 소재 및 이의 제조방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 실시예는 컬럼형태의 친환경 생물흡착과 고주파 하이브리드 침출 회수 시스템을 이용하여 수처리 및 유가 금속 회수를 동시에 수행할 수 있어 효율성 및 경제성을 향상시킬 수 있는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치 및 이를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수방법을 제공하고자 한다.

[0011] 본 발명의 실시예는 기존의 습식공정에 비하여 운전공정의 부피가 작아짐에 따라 복잡한 금속 회수공정을 단순화 할 수 있으므로 공정운전 비용의 감소효과를 누릴 수 있으며, 기존의 공정에서 배출될 수 있는 유독성 물질이 없기 때문에 친환경적으로 유가 금속을 회수할 수 있는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치 및 이를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 탈착 용액 및 유가 금속이 수용되는 처리 컬럼(treat column), 상기 처리 컬럼 내에 충진되고, 상기 유가 금속을 흡착시키는 생물흡착 담체 및 상기 처리 컬럼에 마이크로웨이브를 조사하는 마이크로웨이브 조사장치를 포함한다.

[0014] 상기 마이크로웨이브는, 상기 생물흡착 담체에 흡착된 상기 유가 금속을 탈착시킬 수 있다.

[0015] 상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는, 상기 처리 컬럼의 상부에 형성되고, 상기 폐수에 포함된 부유성 요염물을 제거하는 상부 필터를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는, 상기 처리 컬럼의 하부에 형성되고, 상기 처리 컬럼 내의 상기 생물흡착 담체와 처리된 폐수인 처리수 또는 회수된 유가 금속을 분리하는 하부 필터를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는, 상기 폐수를 포함하는 폐수 탱크를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는, 상기 처리 컬럼을 통과하여 수처리된 폐수인 처리수가 저장되는 처리수 탱크를 더 포함할 수 있다.

[0019] 상기 수처리 및 유가 금속 회수 장치는, 상기 마이크로웨이브에 의해 생물흡착 담체에서 탈착된 상기 유가 금속을 회수하는 유가 유가 금속 수용부를 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법은 폐수 탱크에서 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수를 펌프를 이용하여 처리 컬럼을 통과시켜 처리수 탱크로 배출하는 단계, 탈착 용액을 상기 처리 컬럼에 충진시키는 단계, 상기 유가 금속을 포함하는 탈착 용액이 충진된 처리 컬럼에 마이크로웨이브 조사장치를 이용하여 마이크로 웨이브를 조사하는 단계 및 상기 유가 금속을 회수하는 단계를 포함하고, 상기 처리 컬럼은 생물흡착 담체를 포함한다.

[0021] 상기 폐수 탱크에서 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수를 펌프를 이용하여 처리 컬럼을 통과시켜 처리수 탱크로 배출하는 단계에서, 상기 유가 금속이 상기 생물흡착 담체에 흡착될 수 있다.

[0022] 상기 탈착 용액이 충진된 처리 컬럼에 마이크로웨이브 조사장치를 이용하여 마이크로 웨이브를 조사하는 단계에서, 상기 생물흡착 담체에 흡착된 상기 유가 금속이 탈착될 수 있다.

[0023] 상기 탈착 용액의 종류는 질산(HNO_3), 염산(HCl), 황산(H_2SO_4) 및 수산화나트륨(NaOH) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 마이크로웨이브를 조사하는 단계는, 3 kW의 파워를 인가하여 30초 내지 600초의 시간 동안 마이크로웨이브를 조사할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시예에 따르면, 컬럼형태의 친환경 생물흡착과 고주파 하이브리드 침출 회수 시스템을 이용하여 수

처리 및 유가 금속 회수를 동시에 수행할 수 있어 효율성 및 경제성을 향상시킬 수 있는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치 및 이를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수방법을 제공할 수 있다.

[0027] 본 발명의 실시예에 따르면, 기존의 습식공정에 비하여 운전공정의 부피가 작아짐에 따라 복잡한 금속 회수공정을 단순화 할 수 있으므로 공정운전 비용의 감소효과를 누릴 수 있으며, 기존의 공정에서 배출될 수 있는 유독성 물질이 없기 때문에 친환경적으로 유가 금속을 회수할 수 있는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치 및 이를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치를 도시한 개략도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 수처리 및 유가 금속 회수방법을 도시한 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0031] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0032] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.

[0033] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0034] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

[0035] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예들을 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.

[0036] 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.

[0037] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0038] 한편, 본 발명의 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0040] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치를 도시한 개략도이다.

[0041] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 탈착 용액 및 유가 금속이 수용되는 처리 컬럼(treat column, 110), 처리 컬럼(110) 내에 충진되고, 유가 금속을 흡착시키는 생물흡착 담체(120) 및 처리 컬럼에 마이크로웨이브를 조사하는 마이크로웨이브 조사장치(130)을 포함한다.

[0042] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 컬럼형태의 친환경 생물흡착과 고주파 하이브리드 침출 회수 시스템을 이용하여 수처리 및 유가 금속 회수를 동시에 수행할 수 있어 효율성 및 경제성을 향상시킬 수 있다.

[0043] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 탈착 용액 및 유가 금속이 수용되는 처리 컬럼(treat column, 110)을 포함한다.

[0044] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 폐수를 포함하는 폐수 탱크(160)를 더 포함할 수 있다.

[0045] 폐수 탱크(160)는 유가 금속을 포함하는 폐수가 저장되어 있고, 폐수는 산업폐수, 가정에서 배출되는 생활하수, 공장에서 배출되는 하폐수 또는 폐액일 수 있다.

[0046] 유가 금속은 폐수 내에 유가 금속 자체로 포함되거나, 유가 금속에 불순물이 부착되어 있는 형태일 수 있다.

[0047] 유가 금속은 구리(Cu), 납(Pb), 비소(As), 수은(Hg), 크롬(Cr(μ), 카드뮴(Cd), 셀레늄(Se) 및 안티모니(Sb) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0048] 폐수 탱크(160)에 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수는 펌프를 이용하여 생물흡착 담체(120)가 채워져 있는 처리 컬럼(110)으로 주입될 수 있다.

[0049] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 처리 컬럼(110)을 통과하여 수처리된 폐수인 처리수가 저장되는 처리수 탱크(180)를 더 포함할 수 있다.

[0050] 폐수 탱크(160)로부터 생물흡착 담체(120)가 채워져 있는 처리 컬럼(110)으로 주입된 폐수 중 유가 금속은 생물흡착 담체(120)에 흡착되고, 폐수는 처리 컬럼(110)을 통해 수처리되어 처리수 탱크(180)로 배출될 수 있다.

[0051] 즉, 처리수 탱크(180)는 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치를 이용하여 수처리된 처리수가 저장될 수 있다.

[0052] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 처리 컬럼(110)의 상부에 형성되고, 폐수에 포함된 부유성 요염물을 제거하는 상부 필터(140)를 더 포함할 수 있다.

[0053] 상부 필터(140)는 세라믹 필터일 수 있고, 세라믹 필터는 기재 및 기재의 적어도 일면에 코팅된 세라믹층을 포함하는 평판형 구조 또는 평관형 구조를 가질 수 있다.

[0054] 기재는 특별히 제한되지 않고, 동분야에서 사용되는 물질이 사용될 수 있고, 세라믹층은 알루미나(Al_2O_3), 티타니아, 지르코니아 및 실리콘 카바이드(SiC) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

[0055] 바람직하게는, 세라믹 필터의 세라믹층은 알루미나를 포함할 수 있고, 알루미나로 코팅된 평판형 세라믹 필터를 침지식으로 적용하여 하폐수 내 존재하는 입자성/콜로이드성 물질을 물리·화학적으로 제거할 수 있다.

[0056] 세라믹 필터는 미세 공극(Pore)이 형성되어 있고, 세라믹 필터의 공경(Pore size)의 크기에 따라 정밀여과(Microfiltration, MF, 0.1-10㎛), 한외여과(Ulftrafiltration, UF, 10-100nm), 나노여과(Nanofiltration, NF, 1-10nm)와 역삼투(Reverse osmosis, RO, ≤nm)로 구분될 수 있다.

[0057] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치에 포함되는 세라믹 필터는 0.1 ㎛ 이상의 크기를 갖는 부유성 오염물을 제거하기 위한 정밀여과용 필터가 사용될 수 있다.

[0058] 정밀여과는 한외여과, 나노여과 및 역삼투와 비교했을 때, 상대적으로 저압으로 운전이 가능하기 때문에 펌프 동력소모량이 적다는 장점이 있으며, 용존성 오염물을 제거할 수 있는 나노여과 및 역삼투 필터를 사용하는 경우, 분리막의 단가가 높으며 하폐수 내 다량의 부유성 오염물을 제거하기에는 기공의 크기가 작기 때문에 파울링의 제어가 어려워 적합하지 않다.

[0059] 세라믹 필터는 유기막 필터에 비하여 pH, 압력, 온도 등 극한조건에서 높은 물리적 내구성을 가지며, 비교적 고농도 화학세정에 내성이 강하기 때문에, 처리 컬럼(110) 내에 내화학성과 내구성이 강한 세라믹 필터를 포함함으로써 수질이 열악한 강산, 강염기, 고온 등의 극한의 조건에서도 사용할 수 있다.

[0060] 또한, 세라믹 필터는 친수성이고 역세(Back-wash)가 가능하므로 고플럭스로 안정적인 운전 가능이 가능하고, 또한, 막표면이 높은 음전하를 띠기 때문에 수중에서 음전하를 띠는 박테리아, 조류, MLSS, 미생물생성 고분자물질(TEP), 오일 등의 오염물질 제거가 용이하다는 장점이 있다.

[0061] 또한, 세라믹 필터는 유기막 필터에 비해 상대적으로 균일한 공극구조, 높은 친수성, 표면개질의 용이성, 내화학성 및 내열성을 가질 수 있다.

[0062] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 상부 필터(140)를 포함함으로써 부유성 오염물을 제거할 수 있다.

[0063] 보다 구체적으로, 폐수 내에 존재하는 부유성 오염물은 세라믹 필터에 의해 제거되며, 세라믹 필터는 물리적 장벽 역할을 하여 기공 크기보다 큰 부유성 오염물만을 제거할 수 있다.

[0064] 이 때, 세라믹 필터의 운전 방식은 압력 구동 방식(Pressure-driven)으로, 세라믹 필터 사이에 압력을 걸어 세라믹 필터의 내부와 외부의 압력 차이에 의한 원동력으로 하여 부유성 오염물이 혼합된 용액(하폐수 포함) 중 세라믹 필터의 기공 크기보다 큰 부유성 오염물은 분리막을 통과하지 못하고, 정화된 용액(처리수)은 세라믹 필터를 통해 운반되어 부유성 오염물과 정화된 용액(처리수 을 분리할 수 있다.

[0065] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 상부 필터(140)의 개수 혹은 유량을 증가시킴에 따라 처리량이 증가될 수 있다.

[0066] 만약, 세라믹 필터의 개수를 증가시킬 경우, 유량을 감소시켜 안정적으로 펌프를 사용할 수 있으나, 불필요한 세라믹 필터 개수의 증가로 초기 투자비용의 증가 및 추가적인 유지관리 비용 등의 문제가 발생할 수 있다.

[0067] 이에, 세라믹 필터의 개수를 증가시키지 않고 유량을 증가시킬 경우, 사용되는 세라믹 필터 개수를 줄일 수 있으나, 운전에 사용되는 펌프의 과부화 및 운전에 소요되는 전력량의 증가 등의 문제가 발생할 수 있다.

[0068] 따라서, 폐수 특성 및 수처리 공정에 따라 적절하게 세라믹 필터의 개수 및 유량을 조절하여 처리량을 제어할 수 있다.

[0069] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 처리 컬럼(110) 내에 충진되고, 유가 금속을 흡착시키는 생물흡착 담체(120)를 포함한다.

[0070] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 처리 컬럼(treat column, 110)에 유가 금속이 흡착된 생물흡착을 포함할 수 있다.

[0071] 생물흡착 담체(120)는 미세조류(Microalgae)를 포함할 수 있고, 예를 들어, 미세조류는 아나베나(Anabaena), 스피룰리나(Spirulina), 시네코코쿠스(Synechococcus), 시네코시스티스(Synechocystis), 아나시스티스(Anacystis), 노스톡(Nostoc)및 오실라토리아(Oscillatoria), 클로렐라(Chlorella), 두나리엘라(Dunalialla), 헤마토코쿠스(Haematococcus), 아이소크라이시스(Isochrysis), 세네데스무스(Scenedesmus),클라미도모나스(Chlamydomonas) 및 포르파이리디움(Porphyridium) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0072] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 탈착 용액을 포함하는 탈착 용액 탱크(170)를 더 포함할 수 있다.

[0073] 탈착 용액 탱크(170)에 저장된 탈착 용액은 펌프를 이용하여 생물흡착 담체(120)가 채워져 있는 처리 컬럼(110)으로 주입될 수 있다.

[0074] 탈착 용액은 질산(HNO_3), 염산(HCl), 황산(H_2SO_4) 및 수산화나트륨(NaOH) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0075] 탈착 용액의 농도는 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 1M 내지 6M일 수 있고, 탈착 용액의 농도가 1M 미만이면 유가 금속이 충분히 탈착되지 않아 폐수으로부터 유가 금속을 회수하는 효율이 낮아질 수 있고, 탈착 용액의 농도가 6M을 초과하면, 회수되는 유가 금속의 함량이 최대이므로, 탈착 용액의 농도가 6M를 초과하면 회수 비용의 경제성이 낮아지게 된다.

[0076] 즉, 처리 컬럼(treat column, 110)은 폐수 탱크(160)에서 주입된 폐수에 포함된 유가 금속이 흡착된 생물흡착 담체(120) 및 탈착 용액 탱크(170)에서 주입된 탈착 용액을 포함할 수 도 있다.

[0077] 유가 금속이 생물흡착 담체(120)에 흡착되는 기작은 일반적으로 이온교환, 화학적 흡착, 물리적 흡착 등에 의해 일어나며, 일부 하이드록실(hydroxyl), 카르복식(carboxyl), 포스포릴(phosphoryl), 설페이트 기(sulfate group) 등의 작용기에 의해 흡착될 수 있다.

[0078] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 처리 컬럼에 마이크로웨이브를 조사하는 마이크로웨이브 조사장치(130)을 포함한다.

[0079] 마이크로웨이브 조사장치(130)는 처리 컬럼(110)와 구분되어 배치되거나, 마이크로웨이브 조사장치(130) 내에 처리 컬럼(110)이 배치될 수 있다.

[0080] 마이크로웨이브 조사장치(130)는 외부 챔버, 마그네트론, 마그네트론 냉각장치, 마그네트론 온도계, 도파관, 내부 온도계, 마그네트론 온도센서, 제어부, 내부 온도센서, 냉각장치 및 높이 조절 선반을 포함할 수 있다.

[0081] 마그네트론은 고주파 방출 장비로 380 V, 3선 4상식의 입력 전원(미도시)과 연결되어 있으며, 3kW의 용량으로 구성되어 있다.

[0082] 마그네트론 냉각장치는 마그네트론에서 마이크로웨이브 발생 시 과열되는 것을 방지하기 위한 냉각장치이다.

[0083] 마그네트론 냉각장치는 마그네트론 온도계에서 측정된 마그네트론의 온도에 따라 과열 여부를 제어부에서 판단하여 온-오프(on-off)를 제어할 수 있다.

[0084] 도파관은 마그네트론에서 발생되는 마이크로웨이브를 처리 컬럼(110)으로 인도하여 마이크로웨이브 유가 금속 회수공정을 진행할 수 있다.

[0085] 내부 온도계는 처리 컬럼(110)의 내부 온도를 측정할 수 있는 온도계로, 처리 컬럼(110)의 온도가 설정된 온도 이상인 경우, 제어부의 판단에 의하여 외부 챔버의 상단에 위치한 냉각 장치를 작동시킬 수 있다.

[0086] 마그네트론 온도센서 및 내부 온도센서는 각각 마그네트론 온도계 및 내부 온도계에서 측정된 온도를 확인하여 제어부로 전달하는 역할을 한다.

[0087] 높이 조절 선반은 처리 컬럼(110)이 위치되는 선반으로, 사용자가 원하는 높이로 자유롭게 높이가 조절되어, 처리 컬럼(110)의 크기 등의 공정 변수에 따라 원하는 높이로 설정할 수 있다.

[0088] 전술한 구성 외에, 처리 컬럼(110)의 상단에 처리 컬럼(110)와 연결된 구조로 냉각수가 순환하는 응축기가 추가로 구성될 수 있다.

[0089] 응축기는 마이크로웨이브 가동 시 발생되는 가스에 의한 과열을 방지하는 것이며, 보다 구체적으로 탈착 용액이 마이크로파에 의해 가열되면서 발생할 수 있는 탈착 용액의 증발을 방지할 수 있다.

[0090] 이러한 응축기의 추가적인 구성은, 탈착 용액의 증발이 발생하더라도 응축기 내부에서의 냉각수의 순환을 통하여 응축기 내부에서 다시 액화되어 침전되기 때문에 탈착 용액의 손실을 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

[0091] 예를 들어, 마이크로웨이브 조사장치(130)의 내부에 처리 컬럼(110)이 배치되는 경우, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 외부 챔버, 내부 챔버, 처리 컬럼, 마그네트론, 마그네트론 냉각장치, 마그네트론 온도계, 도파관, 내부 온도계, 마그네트론 온도센서, 제어부, 내부 온도센서, 냉각장치 및 높이 조절 선반을 포함할 수 있다.

[0092] 외부 챔버는 제어부, 마그네트론 온도센서, 내부 온도센서 및 내부 챔버 내에 마이크로웨이브를 발생하여 공급시키는 마그네트론 및 도파관을 포함할 수 있고, 내부 챔버는 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수가 수행되는 챔버로, 처리 컬럼(120)을 포함할 수 있다.

[0093] 마이크로웨이브 조사장치(130)에서 조사된 마이크로웨이브는 생물흡착 담체(120)에 흡착된 유가 금속을 탈착시킬 수 있다. 보다 구체적으로, 생물흡착 담체(120)가 채워져 있는 처리 컬럼(110)에 주입된 탈착 용액과 마이크로웨이브를 이용하여 생물흡착 담체(120)에 흡착된 유가 금속을 탈착시킬 수 있다.

[0094] 생물흡착 담체(120)에 흡착되어 있는 유가 금속들은 탈착 용액과 반응하여 용해되어 탈착이 이루어질 수 있고, 이는, 금속이 용매제에 의해 용해되는것과 동일한 원리가 적용될 수 있다.

[0095] 생물흡착 담체(120)로부터 유가 금속을 탈착시키는 원리는 금속을 용매에 용해시키는 것과 동일한 원리지만, 본

발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 마이크로웨이브를 사용함으로써, 용매 및 탈착되어 있는 유가 금속을 동시에 가열함으로써 탈착 효율이 증가될 수 있다.

[0096] 또한, 흡착 반응은 마이크로웨이브를 사용하지 않으나, 탈착 반응은 마이크로웨이브에 의해 탈착 용매와 생물흡착 담체(120)에 흡착되어 있는 유가 금속을 동시에 가열 함으로써, 탈착 효율 증가 및 탈착 시간 감소, 용매제 농도 감소 등의 효과를 가질 수 있다.

[0097] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치의 생물흡착 담체의 유가 금속 흡착율은 80% 이상일 수 있다. 흡착율은 폐수 내 함유되어 있는 유가 금속이 생물흡착 담체에 흡착된 양을 나타낸다.

[0098] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 탈착율은 90% 이상일 수 있다. 탈착율은 생물흡착 담체(120)에 흡착된 유가 금속이 탈착 용액에 의해 탈착된 양을 나타낸다.

[0099] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 마이크로웨이브에 의해 생물흡착 담체(120)에서 탈착된 유가 금속을 회수하는 유가 유가 금속 수용부(190)를 더 포함할 수 있다.

[0100] 유가 유가 금속 수용부(190)에서 생물흡착 담체(120)에서 탈착된 유가 금속을 회수할 수 있다.

[0101] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 처리 컬럼(110)의 하부에 형성되고, 처리 컬럼 내의 생물흡착 담체와 처리된 폐수인 처리수 또는 회수된 유가 금속을 분리하는 하부 필터(150)를 더 포함할 수 있다.

[0102] 하부 필터(150)는 생물흡착 담체와 처리수를 분리, 보다 바람직하게는, 유가 금속이 흡착된 생물흡착 담체와 폐수가 수처리된 처리수를 분리시킬 수 있다. 따라서, 처리수 탱크에는 수처리된 폐수인 처리수만 포함할 수 있다.

[0103] 또한, 하부 필터(150)은 생물흡착 담체와 유가 금속을 포함하는 탈착 용액을 분리, 보다 바람직하게는, 유가 금속이 탈착된 생물흡착 담체와 탈착된 유가 금속을 포함하는 탈착 용액을 분리시킬 수 있다. 따라서, 유가 금속 회수부는 탈착된 유가흡속이 혼합된 탈착 용액만 포함할 수 있다.

[0104] 하부 필터(150)는 상부 필터(140)와 동일한 구성요소를 포함할 수 있다.

[0105] 하부 필터는 크게 2가지 역할로 구분될 수 있고, 첫번째는 생물흡착 담체(120)가 충진되어 있는 처리 컬럼(110)에 폐수가 유입되고 정화된 폐수가 생물흡착 담체(120)와 분리되어 배출시키는 역할을 할 수 있고, 두번째는 처리 컬럼(110)에 유입된 탈착 용액이 생물흡착 담체(120)에 유가 금속을 탈착시키게 되고 탈착 용액이 생물흡착 담체(120)와 분리되어 배출시키는 역할을 할 수 있다.

[0106] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치는 기존의 습식공정에 비하여 운전공정의 부피가 작아짐에 따라 복잡한 금속 회수공정을 단순화 할 수 있으므로 공정운전 비용의 감소효과를 누릴 수 있으며, 기존의 공정에서 배출될 수 있는 유독성 물질이 없기 때문에 친환경적으로 유가 금속을 회수할 수 있다.

[0107] 이하에서는 도 2를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 장치를 이용한 본 발명의 실시예에 따른 수처리 및 유가 금속 회수방법에 대해 설명하기로 한다.

[0109] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 수처리 및 유가 금속 회수방법을 도시한 개략도이다.

[0110] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법은 폐수 탱크에서 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수를 펌프를 이용하여 생물흡착 담체를 포함하는 처리 컬럼을 통과시켜 처리수 탱크로 배출하는 단계(S110), 탈착 용액을 처리 컬럼에 충진시키는 단계(S120) 및 유가 금속을 포함하는 탈착 용액이 충진된 처리 컬럼에 마이크로웨이브 조사장치를 이용하여 마이크로 웨이브를 조사하는 단계(S130) 및 유가 금속을 회수하는 단계(S140)를 포함한다.

[0111] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법은 폐수 탱크에서 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수를 펌프를 이용하여 생물흡착 담체를 포함하는 처리 컬럼을 통과시켜 처리수 탱크로 배출하는 단계(S110)를 진행한다.

[0112] 따라서, 폐수 탱크에서 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수를 펌프를 이용하여 처리 컬럼을 통과시켜 처리수 탱크로 배출하는 단계(S110)에서, 유가 금속이 생물흡착 담체에 흡착될 수 있다.

[0113] 이에, 유가 금속은 생물흡착 담체에 흡착되어 처리 컬럼 내에 남아있고, 폐수는 수처리되어 처리수 탱크로 배출되어 처리수 탱크에 처리수로 수득될 수 있다.

[0114] 또한, 처리 컬럼은 내부에는 폐수 탱크과 처리 컬럼 사이에 형성되는 상부 필터 및 처리 컬럼과 처리수 탱크 사이에 형성되는 하부 필터를 포함하기 때문에, 폐수가 처리 컬럼을 통해 처리수 탱크로 배출될 때, 상부 필터 및 하부 필터에 의해 수처리되어 처리수로 배출될 수 있다.

[0115] 이 때, 처리 컬럼 내에 포함된 하부 필터는 처리 컬럼과 처리수 탱크 사이에 배치되어 생물흡착 담체와 수처리된 폐수인 처리수를 분리할 수 있다. 예를 들어, 하부 필터는 유가 금속이 흡착된 생물흡착 담체는 통과되지 않고, 처리수는 통과되는 필터가 사용될 수 있다.

[0116] 이 후, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법은 탈착 용액을 처리 컬럼에 충진시키는 단계(S120)를 진행한다.

[0117] 탈착 용액은 유가 금속이 흡착된 생물흡착 담체에서 유가 금속을 탈착시키는 동시에 불순물을 제거할 수 있다.

[0118] 탈착 용액은 탈착 용액에 대한 유가 금속의 용해도에 물질을 선택할 수 있고, 탈착 용액은 생물흡착 담체(120)에 흡착된 유가 금속을 전부 용해시켜 회수시킬 수 있다.

[0119] 이후, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법은 유가 금속을 포함하는 탈착 용액이 충진된 처리 컬럼에 마이크로웨이브 조사장치를 이용하여 마이크로 웨이브를 조사하는 단계(S130)를 진행한다.

[0120] 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법은 유가 금속이 흡착된 생물흡착 담체가 혼합된 탈착 용액에 마이크로웨이브를 조사할 시 가열되는 탈착 용액의 온도에 따라 유가 금속의 회수 효율이 달라질 수 있다.

[0121] 마이크로웨이브 조사 시간 또는 마이크로웨이브의 주파수를 조절하여 생물흡착 담체가 혼합된 탈착 용액이 가열되는 온도를 조절할 수 있으며, 이에 따라 유가 금속의 회수 효율이 제어될 수 있다.

[0122] 마이크로웨이브의 조사 시간은 30초 내지 720초일 수 있고, 전술한 범위로 생물흡착 담체가 혼합된 탈착 용액에 마이크로웨이브를 조사하여 최대의 유가 금속 회수 효율을 가질 수 있다.

[0123] 마이크로웨이브의 주파수는 2.4GHz 내지 2.5GHz일 수 있고, 전술한 범위로 주파수를 가지는 마이크로웨이브를 조사하여 최대의 유가 금속 회수 효율을 가질 수 있다.

[0124] 또한, 마이크로웨이브를 조사하는 단계(S130)은, 3 kW의 파워를 인가하여 30초 내지 720초의 시간 동안 마이크로웨이브를 조사할 수 있고, 전술한 범위로 주파수를 가지는 마이크로웨이브를 조사하여 최대의 유가 금속 회수 효율을 가질 수 있다.

[0125] 예를 들어, 탈착 용액으로 산성 용액을 사용하는 경우, 처리 컬럼 내의 산성 용액과 유가 금속을 마이크로웨이브를 통하여 가열하면, 산성 용액의 표면에서 비등(boiling)이 일어나면서 가스가 발생한다. 또한, 발생되는 가스는 사용되는 용매에 따라 변화될 수 있다.

[0126] 이러한 마이크로웨이브 에너지에 의하여 용매의 표면이 비등 되는 것을 마이크로웨이브-비등(microwave-boiling)이라 한다.

[0127] 산성 용액과 대기가 접촉하는 경계면(interface), 즉 수면층이 전체 용액 중 가장 결합력이 약한 위치이므로 가장 빠르게 비등하면서 동시에 기포가 발생한다.

[0128] 이러한 비등 현상과 기포의 발생은 마이크로웨이브 조사 시간이 경과하면서 점점 격렬해지고, 비등되는 위치가 시간에 따라 점진적으로 산성 용액의 표면에서 내부로 확대된다.

[0129] 전술한 비등되는 위치의 확대 현상으로 인하여 산성 용액의 내부에 위치한 유가 금속이 격렬하게 교반 되고, 이때 기포가 서로 합쳐져 크기가 성장하며 기포 표면에 유가 금속이 부착된다.

[0130] 이후, 표면에 유가 금속이 부착된 기포는 산성 용액의 표면으로 부상하고, 이때 마이크로웨이브 에너지에 의하여 가열됨으로써 유가 금속 외의 불순물이 효과적으로 제거하는 동시에 생물흡착 담체로부터 유가 금속을 탈착

시킬 수 있다.

[0131] 따라서, 유가 금속을 포함하는 탈착 용액이 충진된 처리 컬럼에 마이크로웨이브 조사장치를 이용하여 마이크로웨이브를 조사하는 단계(S130)에서, 생물흡착 담체에 흡착된 유가 금속이 탈착될 수 있다.

[0132] 마지막으로, 본 발명의 실시예에 따른 마이크로웨이브를 이용한 수처리 및 유가 금속 회수 방법은 유가 금속을 회수하는 단계(S140)를 진행한다.

[0133] 탈착 용액 및 마이크로웨이브 조사로 인해 생물흡착 담체로부터 탈착된 유가 금속은 펌프를 이용하여 처리 컬럼으로부터 유가 금속 수용부로 배출되어 유가 금속 수용부에서 유가 금속을 회수할 수 있다.

[0134] 이 때, 처리 컬럼 내에 포함된 하부 필터(150)는 처리 컬럼(110)과 유가 금속 수용부(190) 사이에 배치되어 생물흡착 담체(120)와 회수된 유가 금속을 분리할 수 있다. 예를 들어, 하부 필터(150)는 생물흡착 담체(120)는 통과되지 않고, 유가 금속은 통과되어 유가 금속 수용부(190)에는 탈착 용액 및 유가 금속만을 포함될 수 있다.

[0135] 또한, 탈착된 유가 금속은 액체 상태로 존재하기 때문에 하부 필터(150)에 의해 생물흡착 담체(120)와 탈착 용액의 분리는 하부 필터에서 이루어지기므로, 종래와 같은 여과 단계를 생략할 수 있다.

[0137] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0139]

110: 처리 컬럼 120: 생물흡착 담체

130: 마이크로웨이브 조사장치 140: 상부 필터

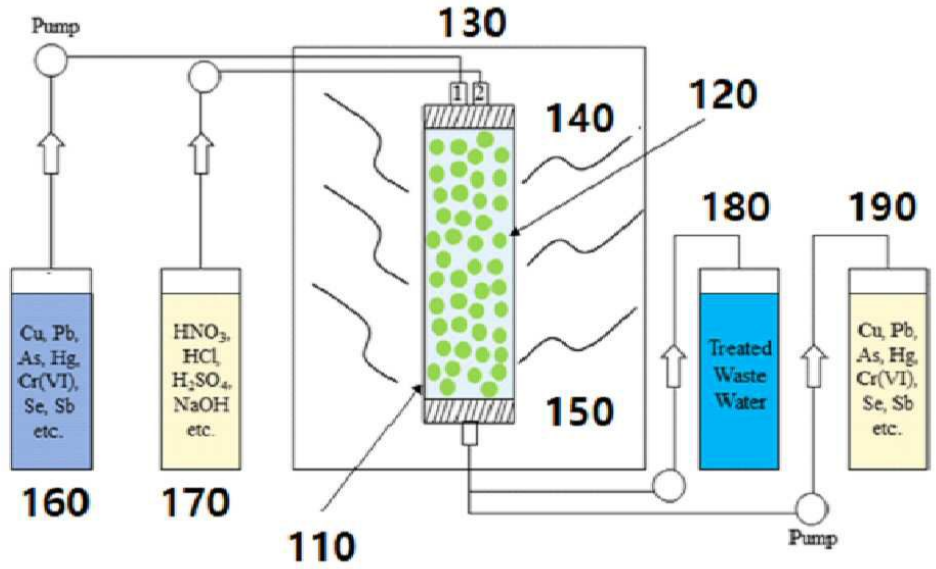
150: 하부 필터 160: 폐수 탱크

170: 탈착 용액 탱크 180: 처리수 탱크

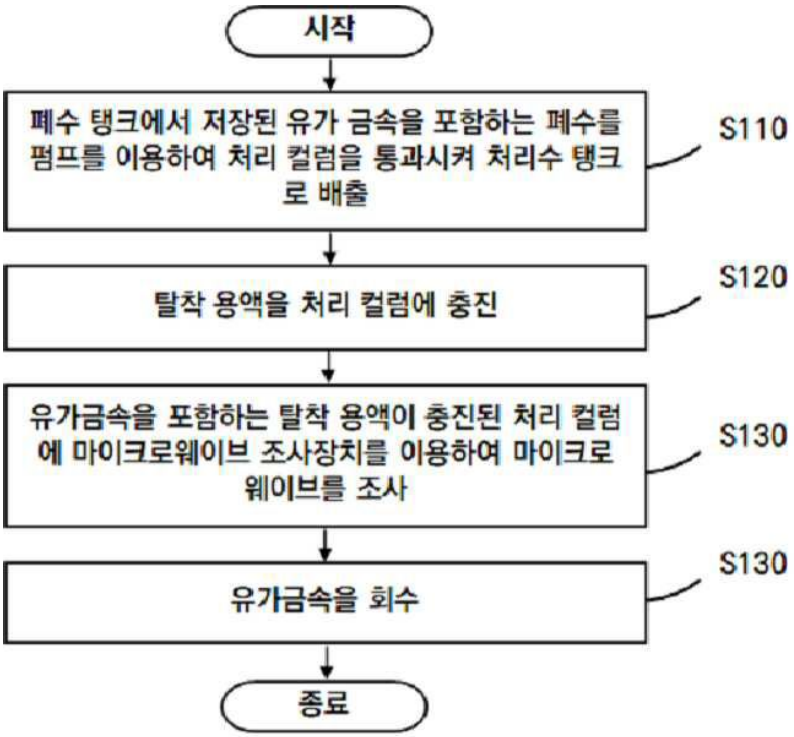
190: 유가 금속 수용부

도면

도면1


Pump
130
120
140
180
190
Cu, Pb, As, Hg, Cr(VI), Se, Sb etc.
HNO_3, HCl, H_2SO_4, NaOH etc.
Treated Waste Water
Cu, Pb, As, Hg, Cr(VI), Se, Sb etc.
150
160
170
110
Pump

도면2


시작
폐수 탱크에서 저장된 유가 금속을 포함하는 폐수를 펌프를 이용하여 처리 컬럼을 통과시켜 처리수 탱크로 배출
S110
탈착 용액을 처리 컬럼에 충진
S120
유가금속을 포함하는 탈착 용액이 충진된 처리 컬럼에 마이크로웨이브 조사장치를 이용하여 마이크로웨이브를 조사
S130
유가금속을 회수
S130
종료