



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0054199
(43) 공개일자 2024년04월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 65/02 (2006.01) B01D 63/02 (2006.01)
B01D 65/08 (2006.01) C02F 3/00 (2006.01)
C02F 3/12 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 65/02 (2022.08)
B01D 63/02 (2022.08)

(21) 출원번호 10-2023-0139268

(22) 출원일자 2023년10월18일

심사청구일자 2023년10월18일

(30) 우선권주장

1020220134089 2022년10월18일 대한민국(KR)

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

박희등

경기도 성남시 분당구 정자일로 121, 더샵스타파크 101동 1202호

장용선

서울특별시 성북구 고려대로7나길 14 101호

(74) 대리인

최훈식

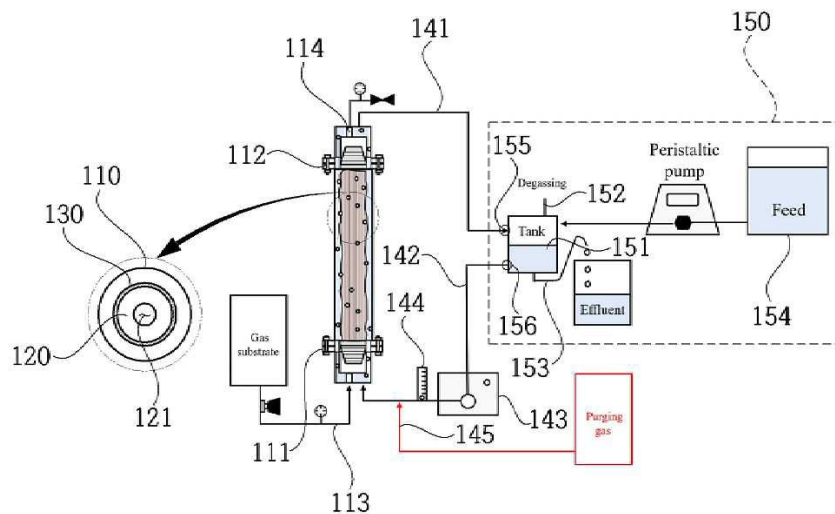
전체 청구항 수 : 총 34 항

(54) 발명의 명칭 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정

(57) 요약

본 발명은 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 퍼징 가스를 공급하여 생물막의 물리적인 탈착을 일으켜 생물막의 두께를 조절함으로써 반응기 내부의 가스 기질의 원활한 유동을 확보할 수 있고, 이로 인해 오염물질의 제거 성능이 일정하게 유지되어 균일한 공정 성능을 유지할 수 있는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 65/08 (2022.08)

C02F 3/006 (2013.01)

C02F 3/1268 (2013.01)

B01D 2321/185 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1485017559

과제번호 2019002480002

부처명 환경부

과제관리(전문)기관명 한국환경산업기술원

연구사업명 지중환경사업

연구과제명 분리막 혐기성 독립영양 생물막 시스템을 이용한 지하수 내 복합 무기오염물 정화기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 고려대학교 산학협력단

연구기간 2019.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치에 있어서,

내부공간이 형성된 원통형으로 구비되고, 상기 내부공간으로 유입된 오염수를 수처리하여 얻어진 처리수 또는 순환수를 외부로 배출하는 반응기;

상기 반응기의 상기 내부공간에 구비되는 하나 이상의 중공사형 분리막;

상기 분리막 표면에 부착되어 형성되고 미생물을 포함하는 생물막; 및

상기 반응기의 상측 및 하측에 각각 연결되어 상기 순환수를 순환시키기 위한 제1 및 제2순환라인을 포함하는 순환부;를 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반응기는,

상기 반응기의 하부에 구비되어 상기 오염수를 상기 내부공간으로 유입하는 오염수 유입부; 및

상기 반응기의 상부에 구비되어 상기 처리수를 상기 반응기의 외부로 배출하는 처리수 배출부;를 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 반응기는,

상기 반응기의 하측에 구비되어 가스 기질을 상기 내부공간으로 유입하는 가스 기질 유입부; 및

상기 반응기의 상측에 구비되어 상기 가스 기질을 상기 반응기의 외부로 배출하는 가스 기질 배출부;를 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 분리막은,

내부에 중공이 형성된 원통형으로 구비되고, 소수성인 것을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 분리막은,

기공의 크기가 0.1nm 내지 1.0nm인 것을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 생물막은,

상기 분리막의 외부 표면에 구비되고,

평균 두께가 10 μ m 내지 1cm인 것을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 순환부는,

상기 제1순환라인을 통하여 배출되는 순환수에 포함된 퍼징 가스 및 탈착된 생물막을 제거하는 탱크부;

상기 제2순환라인에 연결되어 상기 탱크부에서 전달된 상기 순환수의 흐름을 제어하는 펌프부;

상기 제2순환라인에 연결되어 상기 순환수의 유량을 측정하여 조절하는 유량부; 및

상기 제2순환라인과 연결되어 상기 퍼징 가스를 공급하는 퍼징 가스 공급부;를 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2순환라인은,

내경이 1mm 내지 15mm이고,

폴리염화비닐(PVC), 염화폴리염화비닐(CPVC), 폴리프로필렌(PP) 및 폴리에틸렌(PE) 중 선택된 어느 하나 이상을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 탱크부는,

내부에 상기 순환수를 포함하는 본체;

상기 본체의 상부에 연결되어 상기 퍼징 가스를 제거하는 퍼징 가스 제거부;

상기 본체의 하부에 연결되어 상기 탈착된 생물막 및 상기 오염수를 배출하는 드레인부; 및

상기 본체와 연결되어 상기 본체로 보충수를 전달하는 피드부;를 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 본체는,

사이펀(Siphon) 원리에 의하여 상기 본체의 저장수면의 레벨을 일정하게 유지시키고,

상기 저장수면의 레벨은 상기 본체의 높이에 대해서 30%내지 40%로 유지되는 것을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 본체는,

상기 본체의 상측에 연결되어 제1순환라인으로부터 상기 퍼징 가스, 탈착된 생물막 및 오염수를 포함하는 순환수가 유입되는 순환수 유입부; 및

상기 본체의 하측에 연결되어 상기 퍼징 가스, 탈착된 생물막 및 오염수가 제거된 순환수를 제2순환라인으로 배

출하는 순환수 배출부;를 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 드레인부는,

상기 본체의 하부에서 연결되되, 상기 본체의 측면으로 절곡된 S자형태로 구비되고,

상기 본체의 내부는 저장수면의 레벨이 일정하게 유지되고,

상기 순환수는 상기 드레인부의 말단에서 배출되되, 상기 드레인부의 말단은 상기 저장수면의 레벨에 대응하는 위치에 구비되는 것을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 순환수는 상기 드레인부를 통하여 상기 본체의 외부로 배출되고,

상기 피드부는 상기 본체로 보충수를 전달하여 상기 본체 내부의 저장수면의 레벨을 일정하게 유지시키는 것을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 14

제3항에 있어서,

상기 가스 기질은,

수소(H_2), 산소(O_2), 공기(Air), 이산화탄소(CO_2) 및 메탄(CH_4) 중 선택된 어느 하나 이상을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 폐경 가스는,

산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 및 공기(Air) 중 선택된 어느 하나 이상의 가스를 폐경시킨 것을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 생물막이 호기성 미생물을 포함하는 경우에는 상기 폐경 가스는 산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 및 공기(Air)를 포함하고,

상기 생물막이 혐기성 미생물을 포함하는 경우에는 상기 폐경 가스는 질소(N_2) 및 아르곤(Ar)를 포함하는 것인 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 반응기의 부피가 100ml 내지 500ml인 경우,

상기 순환수는 상기 순환부를 통하여 1시간 내지 3시간동안 150회 내지 200회 순환되는 것을 포함하는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치.

청구항 18

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 의한 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치를 이용하는 오염수 수처리

공정에 있어서,

상기 생물막이 구비된 분리막을 갖는 반응기 내부공간에서 상기 생물막에 존재하는 미생물이 오염수 내의 오염 물질을 산화 또는 환원시켜 수처리하는 단계; 및

산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 및 공기(Air) 중 선택된 어느 하나 이상의 퍼징 가스를 상기 반응기 내부공간으로 유입시켜 상기 퍼징 가스가 상기 생물막 표면을 물리적으로 탈착 시키는 단계;를 포함하는 수처리 공정.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 생물막 표면을 물리적으로 탈착 시키는 단계 이후,

상기 퍼징 가스, 상기 탈착된 생물막 및 상기 오염수를 포함하는 순환수를 제1순환라인을 통하여 탱크부 일측에 구비되는 순환수 유입부를 통하여 상기 탱크부 본체로 유입시키는 단계;

상기 탱크부 본체로 유입된 상기 순환수에 포함된 상기 퍼징 가스 및 상기 탈착된 생물막을 제거하는 단계; 및

상기 퍼징 가스 및 상기 탈착된 생물막이 제거된 순환수를 상기 탱크부 일측에 구비되는 순환수 배출부를 통해 제2순환라인으로 배출시키는 단계;를 더 포함하는 것을 포함하는 수처리 공정.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 반응기는,

상기 반응기의 하부에 구비되어 상기 오염수를 상기 내부공간으로 유입하는 오염수 유입부; 및

상기 반응기의 상부에 구비되어 상기 처리수를 상기 반응기의 외부로 배출하는 처리수 배출부;를 포함하는 수처리 공정.

청구항 21

제18항에 있어서,

상기 반응기는,

상기 반응기의 하측에 구비되어 가스 기질을 상기 내부공간으로 유입하는 가스 기질 유입부; 및

상기 반응기의 상측에 구비되어 상기 가스 기질을 상기 반응기의 외부로 배출하는 가스 기질 배출부;를 포함하는 수처리 공정.

청구항 22

제18항에 있어서,

상기 분리막은,

내부에 중공이 형성된 원통형으로 구비되고, 소수성인 것을 포함하는 수처리 공정.

청구항 23

제18항에 있어서,

상기 분리막은,

기공의 크기가 0.1nm 내지 1.0nm인 것을 포함하는 수처리 공정.

청구항 24

제18항에 있어서,

상기 생물막은,

상기 분리막의 외부 표면에 구비되고,
평균 두께가 10 μ m 내지 1cm인 것을 포함하는 수처리 공정.

청구항 25

제18항에 있어서,
상기 반응장치는 상기 반응기의 상측 및 하측에 각각 연결되어 상기 순환수를 순환시키기 위한 제1 및 제2순환 라인을 포함하는 순환부를 포함하고,
상기 순환부는,
상기 퍼징 가스 및 탈착된 생물막을 제거하는 탱크부;
상기 탱크부에서 전달된 오염수의 흐름을 제어하는 펌프부;
상기 퍼징 가스 유입부와 인접하게 구비되어 상기 오염수의 유량을 측정하여 조절하는 유량부; 및
상기 펌프부와 상기 퍼징 가스 유입부 사이에 연결되어 상기 퍼징 가스를 공급하는 퍼징 가스 공급부;를 포함하는 수처리 공정.

청구항 26

제25항에 있어서,
상기 제1 및 제2순환라인은,
내경이 1mm 내지 15mm이고,
폴리염화비닐(PVC), 염화폴리염화비닐(CPVC), 폴리프로필렌(PP) 및 폴리에틸렌(PE) 중 선택된 어느 하나 이상을 포함하는 수처리 공정.

청구항 27

제18항에 있어서,
상기 탱크부는,
내부에 상기 순환수를 포함하는 본체;
상기 본체의 상부에 연결되어 상기 퍼징 가스를 제거하는 퍼징 가스 제거부;
상기 본체의 하부에 연결되어 상기 탈착된 생물막 및 상기 오염수를 배출하는 드레인부; 및
상기 본체와 연결되어 상기 본체로 보충수를 전달하는 피드부;를 포함하는 수처리 공정.

청구항 28

제27항에 있어서,
상기 본체는,
사이펀(Siphon) 원리에 의하여 상기 본체의 저장수면의 레벨을 일정하게 유지시키고,
상기 저장수면의 레벨은 상기 본체의 높이에 대해서 30%내지 40%로 유지되는 것을 포함하는 수처리 공정.

청구항 29

제27항에 있어서,
상기 본체는,
상기 본체의 상측에 연결되어 제1순환라인으로부터 상기 퍼징 가스, 탈착된 생물막 및 오염수를 포함하는 순환수가 유입되는 순환수 유입부; 및
상기 본체의 하측에 연결되어 상기 퍼징 가스, 탈착된 생물막 및 오염수가 제거된 순환수를 제2순환라인으로 배

출하는 순환수 배출부;를 포함하는 수처리 공정.

청구항 30

제27항에 있어서,

상기 드레인부는,

상기 본체의 하부에서 연결되되, 상기 본체의 측면으로 절곡된 S자형태로 구비되고,

상기 본체의 내부는 저장수면의 레벨이 일정하게 유지되고,

상기 순환수는 상기 드레인부의 말단에서 배출되되, 상기 드레인부의 말단은 상기 저장수면의 레벨에 대응하는 위치에 구비되는 것을 포함하는 수처리 공정.

청구항 31

제27항에 있어서,

상기 순환수는 상기 드레인부를 통하여 상기 본체의 외부로 배출되고,

상기 피드부는 상기 본체로 보충수를 전달하여 상기 본체 내부의 저장수면의 레벨을 일정하게 유지시키는 것을 포함하는 수처리 공정.

청구항 32

제21항에 있어서,

상기 가스 기질은,

수소(H_2), 산소(O_2), 공기(Air), 이산화탄소(CO_2) 및 메탄(CH_4) 중 선택된 어느 하나 이상을 포함하는 수처리 공정.

청구항 33

제18항에 있어서,

상기 생물막이 호기성 미생물을 포함하는 경우에는 상기 퍼징 가스는 산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 및 공기(Air)를 포함하고,

상기 생물막이 혐기성 미생물을 포함하는 경우에는 상기 퍼징 가스는 질소(N_2) 및 아르곤(Ar)를 포함하는 수처리 공정.

청구항 34

제18항에 있어서,

상기 반응기의 부피가 100ml 내지 500ml인 경우,

상기 순환수는 상기 순환부를 통하여 1시간 내지 3시간동안 150회 내지 200회 순환되는 것을 포함하는 수처리 공정.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정에 관한 것으로, 보다 상세하게는 퍼징 가스를 공급하여 생물막의 물리적인 탈착을 일으켜 생물막의 두께를 조절함으로써 반응기 내부의 가스 기질의 원활한 유동을 확보할 수 있고, 이로 인해 오염물질의 제거 성능이 일정하게 유지되어 균일한 공정 성능을 유지할 수 있는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 분리막 생물막 반응기(Membrane biofilm reactor, MBfR)는 분리막 표면의 생물막을 이용하여 수중의 오염물질을 제거하는 생물학적 수처리 공정이다. 중공사형 분리막(hollow-fiber membrane)의 내부 공간으로 가스 기질을 가압하면, 가스 기질이 분리막의 기공을 통해 외부로 확산된다. 이때, 분리막 표면에 형성된 생물막 내 미생물이 가스 기질을 전자공여체 혹은 수용체로 이용하고 수중의 오염물질을 산화 혹은 환원시킨다.
- [0003] 상기 생물막이 증식하여 두꺼워지면 상기 생물막으로 전달되는 가스 및 오염물질의 제거율이 감소될 수 있고, 반응기 내의 원활한 유동을 방해하고 차압이 증가하는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0004] 이처럼, 상기 MBfR공정에 있어서 상기 생물막의 두께는 오염물질 제거 성능을 결정하는 중요한 변수 중 하나이므로 적절한 두께를 유지하여 공정 성능을 유지하는 것이 중요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명의 목적은 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정을 제공하기 위한 것이다.
- [0006] 또한, 본 발명의 다른 목적은 수처리 공정에서 폐경 가스를 공급하여 생물막의 물리적인 탈착을 일으켜 생물막의 두께를 조절함으로써 균일한 공정 성능을 유지할 수 있는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정을 제공하기 위함이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일측면에 따르면, 본 발명의 실시예들은 내부공간이 형성된 원통형으로 구비되고, 상기 내부공간으로 유입된 오염수를 수처리하여 얻어진 처리수 또는 순환수를 외부로 배출하는 반응기; 상기 반응기의 상기 내부공간에 구비되는 하나 이상의 중공사형 분리막; 상기 분리막 표면에 부착되어 형성되고 미생물을 포함하는 생물막; 및 상기 반응기의 상측 및 하측에 각각 연결되어 상기 순환수를 순환시키기 위한 제1 및 제2순환라인을 포함하는 순환부;를 포함한다.
- [0008] 일 실시예에 있어서, 상기 반응기는 상기 반응기의 하부에 구비되어 상기 오염수를 상기 내부공간으로 유입하는 오염수 유입부; 및 상기 반응기의 상부에 구비되어 상기 처리수를 상기 반응기의 외부로 배출하는 처리수 배출부;를 포함할 수 있다.
- [0009] 일 실시예에 있어서, 상기 반응기는 상기 반응기의 하측에 구비되어 가스 기질을 상기 내부공간으로 유입하는 가스 기질 유입부; 및 상기 반응기의 상측에 구비되어 상기 가스 기질을 상기 반응기의 외부로 배출하는 가스 기질 배출부;를 포함할 수 있다.
- [0010] 일 실시예에 있어서, 상기 분리막은 내부에 중공이 형성된 원통형으로 구비되고, 소수성인 것을 포함할 수 있다.
- [0011] 일 실시예에 있어서, 상기 분리막은 기공의 크기가 0.1nm 내지 1.0nm인 것을 포함할 수 있다.
- [0012] 일 실시예에 있어서, 상기 생물막은 상기 분리막의 외부 표면에 구비되고, 평균 두께가 10 μ m 내지 1cm인 것을 포함할 수 있다.
- [0013] 일 실시예에 있어서, 상기 순환부는 상기 제1순환라인을 통하여 배출되는 순환수에 포함된 폐경 가스 및 탈착된 생물막을 제거하는 탱크부; 상기 제2순환라인에 연결되어 상기 탱크부에서 전달된 상기 순환수의 흐름을 제어하는 펌프부; 상기 제2순환라인에 연결되어 상기 순환수의 유량을 측정하여 조절하는 유량부; 및 상기 제2순환라인과 연결되어 상기 폐경 가스를 공급하는 폐경 가스 공급부;를 포함할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 및 제2순환라인은 내경이 1mm 내지 15mm이고, 폴리염화비닐(PVC), 염화폴리염화비닐(CPVC), 폴리프로필렌(PP) 및 폴리에틸렌(PE) 중 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 있어서, 상기 탱크부는 내부에 상기 순환수를 포함하는 본체; 상기 본체의 상부에 연결되어 상기 폐경 가스를 제거하는 폐경 가스 제거부; 상기 본체의 하부에 연결되어 상기 탈착된 생물막 및 상기 오염수를 배출하는 드레인부; 및 상기 본체와 연결되어 상기 본체로 보충수를 전달하는 피드부;를 포함할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에 있어서, 상기 본체는 사이펀(Siphon) 원리에 의하여 상기 본체의 저장수면의 레벨을 일정하게 유지

시키고, 상기 저장수면의 레벨은 상기 본체의 높이에 대해서 30%내지 40%로 유지되는 것을 포함할 수 있다.

- [0017] 일 실시예에 있어서, 상기 본체는 상기 본체의 상측에 연결되어 제1순환라인으로부터 상기 퍼징 가스, 탈착된 생물막 및 오염수를 포함하는 순환수가 유입되는 순환수 유입부; 및 상기 본체의 하측에 연결되어 상기 퍼징 가스, 탈착된 생물막 및 오염수가 제거된 순환수를 제2순환라인으로 배출하는 순환수 배출부;를 포함할 수 있다.
- [0018] 일 실시예에 있어서, 상기 드레인부는 상기 본체의 하부에서 연결되되, 상기 본체의 측면으로 절곡된 S자형태로 구비되고, 상기 본체의 내부는 저장수면의 레벨이 일정하게 유지되고, 상기 순환수는 상기 드레인부의 말단에서 배출되되, 상기 드레인부의 말단은 상기 저장수면의 레벨에 대응하는 위치에 구비되는 것을 포함할 수 있다.
- [0019] 일 실시예에 있어서, 상기 순환수는 상기 드레인부를 통하여 상기 본체의 외부로 배출되고, 상기 퍼드부는 상기 본체로 보충수를 전달하여 상기 본체 내부의 저장수면의 레벨을 일정하게 유지시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0020] 일 실시예에 있어서, 상기 가스 기질은 수소(H_2), 산소(O_2), 공기(Air), 이산화탄소(CO_2) 및 메탄(CH_4) 중 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0021] 일 실시예에 있어서, 상기 퍼징 가스는 산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 및 공기(Air) 중 선택된 어느 하나 이상의 가스를 퍼징시킨 것을 포함할 수 있다.
- [0022] 일 실시예에 있어서, 상기 생물막이 호기성 미생물을 포함하는 경우에는 상기 퍼징 가스는 산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 및 공기(Air)를 포함하고, 상기 생물막이 혐기성 미생물을 포함하는 경우에는 상기 퍼징 가스는 질소(N_2) 및 아르곤(Ar)를 포함할 수 있다.
- [0023] 일 실시예에 있어서, 상기 반응기의 부피가 100ml 내지 500ml인 경우, 상기 순환수는 상기 순환부를 통하여 1시간 내지 3시간동안 150회 내지 200회 순환되는 것을 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명의 실시예들은 상기 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치를 이용하는 오염수 수처리 공정에 있어서, 상기 생물막이 구비된 분리막을 갖는 반응기 내부공간에서 상기 생물막에 존재하는 미생물이 오염수 내의 오염물질을 산화 또는 환원시켜 수처리하는 단계; 및 산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 및 공기(Air) 중 선택된 어느 하나 이상의 퍼징 가스를 상기 반응기 내부공간으로 유입시켜 상기 퍼징 가스가 상기 생물막 표면을 물리적으로 탈착 시키는 단계;를 포함한다.
- [0025] 일 실시예에 있어서, 상기 생물막 표면을 물리적으로 탈착 시키는 단계 이후, 상기 퍼징 가스, 상기 탈착된 생물막 및 상기 오염수를 포함하는 순환수를 제1순환라인을 통하여 탱크부 일측에 구비되는 순환수 유입부를 통하여 상기 탱크부 본체로 유입시키는 단계; 상기 탱크부 본체로 유입된 상기 순환수에 포함된 상기 퍼징 가스 및 상기 탈착된 생물막을 제거하는 단계; 및 상기 퍼징 가스 및 상기 탈착된 생물막이 제거된 순환수를 상기 탱크부 일측에 구비되는 순환수 배출부를 통해 제2순환라인으로 배출시키는 단계;를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 이상 살펴본 바와 같은 본 발명에 따르면, 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정을 제공할 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명에 따르면 퍼징 가스를 공급하여 생물막의 물리적인 탈착을 일으켜 생물막의 두께를 조절함으로써 반응기 내부의 가스 기질의 원활한 유동을 확보할 수 있고, 이로 인해 오염물질의 제거 성능이 일정하게 유지되어 균일한 공정 성능을 유지할 수 있는 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 및 이를 이용한 수처리 공정을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치를 포함하는 수처리 공정도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치의 탱크부를 나타낸 사진이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치의 퍼징 가스 공급 전의 반응기의 사진이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 퍼징 가스 공급 후의 반응기의 사진이다.

도 5는 일 실시예에 따른 반응기 내부공간에 퍼징 가스를 퍼징하기 전, 후의 오염수 및 처리수의 질소 농도를 나타낸 그래프이다.

도 6은 일 실시예에 따른 반응기 내부공간에 퍼징 가스를 퍼징하기 전, 후의 총 질소 제거율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.
- [0030] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 이하의 설명에서 달리 명시되지 않는 한, 본 발명에 성분, 반응 조건, 성분의 함량을 표현하는 모든 숫자, 값 및/또는 표현은, 이러한 숫자들이 본질적으로 다른 것들 중에서 이러한 값을 얻는 데 발생하는 측정의 다양한 불확실성이 반영된 근사치들이므로, 모든 경우 "약"이라는 용어에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 본 기재에서 수치범위가 개시되는 경우, 이러한 범위는 연속적이며, 달리 지적되지 않는 한 이러한 범위의 최소값으로부터 최대값이 포함된 상기 최대값까지의 모든 값을 포함한다. 더 나아가, 이러한 범위가 정수를 지칭하는 경우, 달리 지적되지 않는 한 최소값으로부터 최대값이 포함된 상기 최대값까지를 포함하는 모든 정수가 포함된다
- [0031] 또한, 본 발명에서 범위가 변수에 대해 기재되는 경우, 상기 변수는 상기 범위의 기재된 종료점들을 포함하는 기재된 범위 내의 모든 값들을 포함하는 것으로 이해될 것이다. 예를 들면, "5 내지 10"의 범위는 5, 6, 7, 8, 9, 및 10의 값들뿐만 아니라 6 내지 10, 7 내지 10, 6 내지 9, 7 내지 9 등의 임의의 하위 범위를 포함하고, 5.5, 6.5, 7.5, 5.5 내지 8.5 및 6.5 내지 9 등과 같은 기재된 범위의 범주에 타당한 정수들 사이의 임의의 값도 포함하는 것으로 이해될 것이다. 예를 들면, "10% 내지 30%"의 범위는 10%, 11%, 12%, 13% 등의 값들과 30%까지를 포함하는 모든 정수들 뿐만 아니라 10% 내지 15%, 12% 내지 18%, 20% 내지 30% 등의 임의의 하위 범위를 포함하고, 10.5%, 15.5%, 25.5% 등과 같이 기재된 범위의 범주 내의 타당한 정수들 사이의 임의의 값도 포함하는 것으로 이해될 것이다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치를 포함하는 수처리 공정도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치의 탱크부를 나타낸 사진이다.
- [0033] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치(100)는 내부공간이 형성된 원통형으로 구비되고, 상기 내부공간으로 유입된 오염수를 수처리하여 얻어진 처리수 또는 순환수를 외부로 배출하는 반응기(110); 상기 반응기(110)의 상기 내부공간에 구비되는 하나 이상의 중공사형 분리막(120); 상기 분리막(120) 표면에 부착되어 형성되고 미생물을 포함하는 생물막(130); 및 상기 반응기(110)의 상측 및 하측에 각각 연결되어 상기 순환수를 순환시키기 위한 제1 및 제2순환라인을 포함하는 순환부(140);를 포함한다.
- [0034] 상기 반응기(110)는 상기 반응기의 하부에 구비되어 상기 오염수를 상기 내부공간으로 유입하는 오염수 유입부(111); 및 상기 반응기의 상부에 구비되어 상기 처리수를 상기 반응기의 외부로 배출하는 처리수 배출부(112);를 포함할 수 있다.
- [0035] 상기 반응기(110)는 상기 반응기의 하측에 구비되어 가스 기질을 상기 내부공간으로 유입하는 가스 기질 유입부(113); 및 상기 반응기의 상측에 구비되어 상기 가스 기질을 상기 반응기의 외부로 배출하는 가스 기질 배출부(114);를 포함할 수 있다.
- [0036] 상기 가스 기질은 수소(H₂), 산소(O₂), 공기(Air), 이산화탄소(CO₂) 및 메탄(CH₄) 중 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0037] 상기 가스 기질은 상기 가스 기질 유입부(113)를 통하여 상기 반응기의 내부공간으로 유입되면 상기 분리막(120)의 기공을 통하여 확산될 수 있다. 이 때, 상기 분리막(120) 표면에 형성된 상기 생물막(130) 내에 존재하는 미생물이 상기 가스 기질을 전자공여체 혹은 수용체로 이용하여 상기 오염수 내의 오염물질을 산화 혹은 환원시켜 오염물질을 제거할 수 있다.
- [0038] 또한, 상기 가스 기질은 상기 분리막(120) 외부표면에 형성된 생물막(130) 내의 미생물이 상기 오염수의 질산성 질소를 환원시켜 질소가스를 발생시킬 수 있고, 발생된 상기 질소 가스는 상기 분리막의 내부 중공(121)에 전달

될 수 있다. 이 때, 반응기에 구비된 압력 측정기의 압력이 1bar 이상일 때 상기 반응기 상부에 구비된 상기 가스 기질 배출부(114)를 오픈함으로써 반응기 내부의 일정한 압력을 유지할 수 있다.

- [0039] 상기 반응기(110)는 상기 생물막의 증식 정도를 직접 확인할 수 있도록 투명한 소재를 포함할 수 있다. 예를 들면, 아크릴 소재를 사용할 수 있다.
- [0040] 상기 반응기(110)의 부피가 100ml 내지 500ml인 경우, 상기 순환수는 상기 순환부를 통하여 1시간 내지 3시간 동안 150회 내지 200회 순환되는 것을 포함할 수 있다. 예를 들면, 부피가 300ml인 반응기를 사용하여 3시간 동안 진행시킨 경우 순환 유량은 1L/min일 수 있고, 여기에서 순환 횟수는 180회 일 수 있다.
- [0041] 상기 퍼징 가스는 산소(O₂), 질소(N₂), 아르곤(Ar) 및 공기(Air) 중 선택된 어느 하나 이상의 가스를 퍼징시킨 것을 포함할 수 있다.
- [0042] 상기 퍼징 가스는 최대 1L/min의 높은 유량으로 10~20초 이내의 짧은 시간에 공급되는 것이므로, 상기 미생물의 호흡에 영향을 미치지 않고 물리적인 외력으로 상기 미생물을 탈착시키는 역할을 할 수 있다.
- [0043] 상기 생물막이 호기성 미생물을 포함하는 경우에는 상기 퍼징 가스는 산소(O₂), 질소(N₂), 아르곤(Ar) 및 공기(Air)를 포함하고, 상기 생물막이 혐기성 미생물을 포함하는 경우에는 상기 퍼징 가스는 질소(N₂) 및 아르곤(Ar)를 포함할 수 있다.
- [0044] 상기 분리막(120)은 내부에 중공(121)이 형성된 원통형으로 구비되고, 소수성인 것을 포함할 수 있다.
- [0045] 상기 분리막(120)은 기공의 크기가 0.1nm 내지 1.0nm인 것이 바람직하다. 상기 기공의 크기가 0.1nm 미만일 경우에는 상기 가스 기질의 확산이 원활하게 이루어 지지 않아 오염물질 제거율이 감소할 수 있고, 상기 기공의 크기가 1.0nm 초과일 경우에는 상기 가스 기질뿐 만 아니라 상기 오염수가 상기 분리막의 중공(121)의 내부로 통과하여 미생물의 대사를 방해하는 문제점이 발생될 수 있다.
- [0046] 상기 생물막(130)은 상기 분리막의 외부 표면에 구비되고, 평균 두께가 10 μ m 내지 1cm인 것이 바람직하다. 상기 생물막의 평균 두께가 10 μ m 미만일 경우에는 상기 생물막 내의 미생물의 수가 적어 대사량이 감소하여 오염물질의 제거율이 감소할 수 있고, 상기 생물막의 평균 두께가 1cm 초과일 경우에는 가스 기질의 전달 및 원활한 유동이 방해되어 차압이 증가하는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0047] 상기 순환부(140)는 상기 제1순환라인(141)을 통하여 배출되는 순환수에 포함된 퍼징 가스 및 탈착된 생물막을 제거하는 탱크부(150); 상기 제2순환라인(142)에 연결되어 상기 탱크부에서 전달된 상기 순환수의 흐름을 제어하는 펌프부(143); 상기 제2순환라인(142)에 연결되어 상기 순환수의 유량을 측정하여 조절하는 유량부(144); 및 상기 제2순환라인(142)과 연결되어 상기 퍼징 가스를 공급하는 퍼징 가스 공급부(145);를 포함할 수 있다.
- [0048] 상기 순환부(140)는 제1순환라인(141) 및 제2순환라인(142)를 포함하고, 상기 제1 및 제2순환라인은 내경이 1mm 내지 15mm이고, 폴리염화비닐(PVC), 염화폴리염화비닐(CPVC), 폴리프로필렌(PP) 및 폴리에틸렌(PE) 중 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 제1 및 제2순환라인은 폴리염화비닐(PVC)인 것이 바람직하다.
- [0049] 상기 제1 및 제2순환라인은 내경이 1mm 미만이면 상기 순환수 내부에 존재하는 탈착된 생물막의 유동이 원활하지 않아 문제가 될 수 있고, 내경이 1mm 초과이면 상기 순환수의 유동 및 유속이 너무 빨라지는 문제점이 발생할 수 있다. 구체적으로, 상기 제1 및 제2순환라인은 내경이 동일하게 구비될 수 있고, 내경이 4mm 내지 10mm으로 구비되는 것이 바람직하다.
- [0050] 도 2를 참고하면, 상기 탱크부(150)는 내부에 상기 순환수를 포함하는 본체(151); 상기 본체의 상부에 연결되어 상기 퍼징 가스를 제거하는 퍼징 가스 제거부(152); 상기 본체의 하부에 연결되어 상기 탈착된 생물막 및 상기 오염수를 배출하는 드레인부(153); 및 상기 본체와 연결되어 상기 본체로 보충수를 전달하는 피드부(154);를 포함할 수 있다.
- [0051] 상기 본체(151)는 상기 본체의 상측에 연결되어 제1순환라인(141)으로부터 상기 퍼징 가스, 탈착된 생물막 및 오염수를 포함하는 순환수가 유입되는 순환수 유입부(155); 및 상기 본체의 하측에 연결되어 상기 퍼징 가스, 탈착된 생물막 및 오염수가 제거된 순환수를 제2순환라인(142)으로 배출하는 순환수 배출부(156);를 포함할 수 있다.
- [0052] 상기 본체(151)는 사이펀(Siphon) 원리에 의하여 상기 본체의 저장수면의 레벨(L)을 일정하게 유지시키고, 상기

저장수면의 레벨(L)은 상기 본체(151)의 높이(H)에 대해서 30%내지 40%로 유지되는 것을 포함할 수 있다.

- [0053] 상기 저장수면의 레벨(L)은 상기 순환수 유입부(155)와 상기 순환수 배출부(156) 사이에서 유지될 수 있다. 상기 저장수면의 레벨(L)이 상기 순환수 유입부(155)보다 높게 유지될 경우 상기 제1순환라인 및 피드부(154)로 상기 순환수가 역류하는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 저장수면의 레벨(L)이 상기 순환수 배출부(156)보다 낮게 유지될 경우 상기 본체(151) 내부에서 제거되지 않은 퍼징 가스가 상기 제2순환라인을 통하여 상기 반응기(110) 내부로 함께 유입될 수 있고, 이로 인해 의도치 않은 생물막 탈착을 발생시키는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0054] 또한, 상기 드레인부(153)의 말단, 예컨대 관형으로 이루어진 드레인부(153)에서 상기 탈착된 생물막과 오염수, 퍼징 가스를 포함하는 순환수가 배출되는 말단은 상기 저장수면의 레벨(L)과 동일한 위치에 구비되어 있고, 상기 사이펀(Siphon) 원리에 의하여 상기 본체(151)에 존재하는 상기 순환수의 표면에는 공기압력인 대기압이 작용하여 상기 관형으로 이루어진 드레인부(153)의 관 속에 존재하는 순환수가 위쪽으로 이동하게 되고 상기 순환수가 상기 관의 꼭대기까지 올라간 후 중력의 영향으로 외부로 배출될 수 있다. 이러한 과정을 통하여 상기 본체(151) 내부의 저장수면의 레벨(L)을 일정하게 유지할 수 있다.
- [0055] 상기 드레인부(153)는 내경이 2mm 내지 6mm인 것을 포함하고, 길이는 15cm 내지 25cm인 것을 포함할 수 있다.
- [0056] 상기 드레인부(153)는 상기 본체의 하부에서 연결되되, 상기 본체의 측면으로 절곡된 S자형태로 구비되고, 상기 본체의 내부는 저장수면의 레벨(L)이 일정하게 유지되고, 상기 순환수는 상기 드레인부의 말단에서 배출되되, 상기 드레인부의 말단은 상기 저장수면의 레벨(L)에 대응하는 위치에 구비되는 것을 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 드레인부(153)의 일단은 상부를 향하도록 구비되어 상기 본체의 하부와 연결되고, 상기 드레인부(153)의 일단에서부터 S자형태로 절곡되어 연장된 상기 드레인부(153)의 말단은 하부를 향하도록 구비될 수 있다. 상기 드레인부(153)의 말단의 최외면은 상기 저장수면의 레벨(L)에 대응하도록 위치될 수 있다.
- [0057] 상기 순환수는 상기 드레인부(153)를 통하여 상기 본체의 외부로 배출되고, 상기 피드부는 상기 본체로 보충수를 전달하여 상기 본체 내부의 저장수면의 레벨(L)을 일정하게 유지시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0058] 상기 저장수면의 레벨(L)은 상기 제1순환라인을 통하여 상기 순환수가 유입되면서 결정되고, 상기 본체의 순환수 중 탈착된 생물막과 오염수, 퍼징 가스를 포함하는 순환수의 일부는 상기 드레인부를 통하여 외부로 배출될 수 있다.
- [0059] 이 때, 상기 외부로 배출되는 상기 탈착된 생물막과 오염수, 퍼징 가스를 포함하는 순환수의 양에 대응하도록 상기 피드부는 상기 본체로 보충수를 전달함으로써, 상기 저장수면의 레벨(L)이 일정하도록 유지시킬 수 있다.
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치를 이용하는 오염수 수처리 공정을 제공할 수 있다. 후술할 내용을 제외하고는, 도 1 내지 도 2에서 설명한 실시예에 기재된 내용과 유사하므로 이에 대한 자세한 내용은 생략한다.
- [0062] 상기 수처리 공정은 상기 생물막이 구비된 분리막을 갖는 반응기 내부공간에서 상기 생물막에 존재하는 미생물이 오염수 내의 오염물질을 산화 또는 환원시켜 수처리하는 단계; 및 산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 및 공기(Air) 중 선택된 어느 하나 이상의 퍼징 가스를 상기 반응기 내부공간으로 유입시켜 상기 퍼징 가스가 상기 생물막 표면을 물리적으로 탈착 시키는 단계;를 포함한다.
- [0063] 상기 생물막 표면을 물리적으로 탈착 시키는 단계 이후, 상기 퍼징 가스, 상기 탈착된 생물막 및 상기 오염수를 포함하는 순환수를 제1순환라인을 통하여 탱크부 일측에 구비되는 순환수 유입부를 통하여 상기 탱크부 본체로 유입시키는 단계; 상기 탱크부 본체로 유입된 상기 순환수에 포함된 상기 퍼징 가스 및 상기 탈착된 생물막을 제거하는 단계; 및 상기 퍼징 가스 및 상기 탈착된 생물막이 제거된 순환수를 상기 탱크부 일측에 구비되는 순환수 배출부를 통해 제2순환라인으로 배출시키는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0065] 이하 본 발명의 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나, 하기 실시예들은 본 발명의 바람직한 일 실시예일뿐 본 발명의 권리 범위가 하기 실시예들에 의하여 제한되는 것은 아니다.

[0067] 이하에서, 도 3 내지 도 6을 참조하여, 본 발명의 다른 실시예에 대하여 설명한다. 도 3은 일 실시예에 따른 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치의 퍼징 가스 공급 전의 반응기의 사진이고, 도 4는 일 실시예에 따른 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치 퍼징 가스 공급 후의 반응기의 사진이고, 도 5는 일 실시예에 따른 반응기 내부공간에 퍼징 가스를 퍼징하기 전, 후의 오염수 및 처리수의 질소 농도를 나타낸 그래프이고, 도 6은 일 실시예에 따른 반응기 내부공간에 퍼징 가스를 퍼징하기 전, 후의 총 질소 제거율을 나타낸 그래프이다.

[0069] (실시 예) 본 발명의 생물막이 구비된 분리막 수처리용 반응장치를 이용하는 오염수 수처리 공정 실험

[0070] 내부에 수소산화 탈질 미생물을 가지는 생물막이 형성된 분리막이 구비된 300ml의 반응기에 가스 기질로 수소(H_2)를 사용하여 반응시간 동안 지속적으로 확산시켰다. 오염수는 반응기 하부의 오염수 유입부를 통하여 1.7ml/min로 유입되었다. 반응기 내부에서 생물막 내 탈질 미생물이 오염수의 질산성 질소를 환원시켜 질소 가스를 발생시켰고, 상기 질소가스는 중공사의 내부로 전달되었다. 반응기에 구비된 내부 압력을 측정하는 게이지가 1bar 이상인 경우, 미생물 반응에 의하여 발생한 질소가스를 배출하도록 반응기의 상부에 구비된 가스 기질 배출부의 밸브를 오픈하였다. 2개월이 지난 후 도 3과 같이 미생물막이 증가함을 확인하였고, 증가된 미생물막을 탈착시키기 위하여 퍼징 가스로 질소(N_2) 가스를 사용하여 100ml/min의 유량으로 10초 동안 질소 퍼징을 수행하였다. 도 4는 질소퍼징을 한 후의 미생물막의 도면이고, 도 4를 살펴보면, 생물막의 두께가 질소 퍼징 전에 비하여 감소되었음을 알 수 있었다.

[0072] 도 5를 살펴보면, 9일 동안 반응기 내부공간에 질소 가스를 퍼징하기 전, 후의 시간에 따른 질소 농도를 나타내고 있고, 상기 수처리 공정에 의하여 오염수에 포함된 질산성 질소는 탈질 미생물에 의해 먼저 아질산성 질소로 환원되고 최종적으로 질소가스로 환원될 수 있는데, 처리수에 질산성 질소 및 아질산성 질소가 여전히 포함되어 있다는 것은 오염수의 질산성 질소가 완전히 제거되지 않았음을 의미한다. 질소 퍼징 전의 두꺼운 생물막은 반응기 내부의 원활한 순환수의 유동을 방해하였고, 이로 인해 질산성 질소 및 아질산성 질소의 제거가 제대로 이루어지지 않았음을 알 수 있다. 질소 퍼징 이후 생물막이 탈착되어 생물막의 두께가 조절됨에 따라 상기 질산성 질소 및 상기 아질산성 질소의 제거효율이 높아져 오염물질 제거 성능이 회복됨을 알 수 있었다.

[0073] 도 6을 살펴보면, 9일 동안 반응기 내부공간에 질소 가스를 퍼징하기 전, 후의 시간에 따른 총 질소 제거율을 나타내고 있고, 상기 총 질소 제거율은 질산성 질소 및 아질산성 질소를 포함한다. 1~2일차에 100%에 가까웠던 총 질소 제거율이 3일 차에 약 60%까지 급격하게 감소하였고, 반응기 내를 순환하는 순환수의 유동이 두꺼운 생물막에 의해 원활하지 않았음을 확인할 수 있다. 이에 5일 차에 질소 퍼징을 통해 생물막 탈착을 통해 두께를 감소시켜 원활한 유동을 확보하여 오염물질의 제거 성능이 즉시 회복되었음을 알 수 있었다.

[0075] 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구의 범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구의 범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

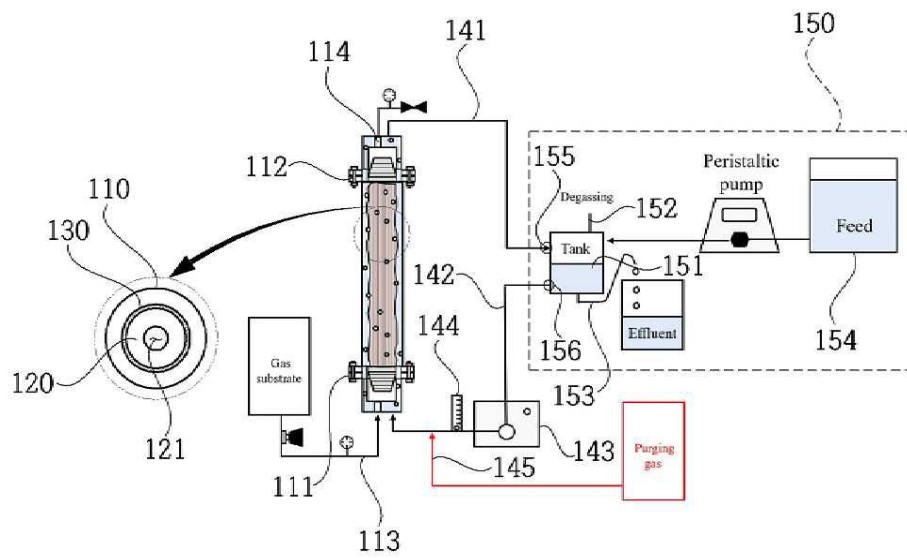
부호의 설명

[0077] 100 : 반응장치, 110 : 반응기
111 : 오염수 유입부, 112 : 처리수 배출부
113 : 가스 기질 유입부, 114 : 가스 기질 배출부
120 : 분리막, 121 : 분리막의 중공
130 : 생물막, 140 : 순환부
141 : 제1순환라인, 142 : 제2순환라인

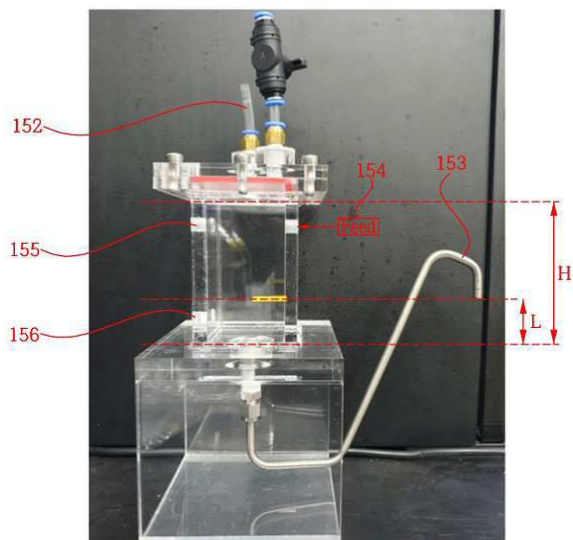
143 : 펌프부, 144 : 유량부
 145 : 퍼징 가스 공급부, 150 : 탱크부
 151 : 탱크부 본체, 152 : 퍼징 가스 제거부
 153 : 드레인부, 154 : 피드부
 155 : 순환수 유입부, 156 : 순환수 배출부
 H : 탱크부 본체의 높이, L : 저장수면의 레벨

도면

도면1



도면2



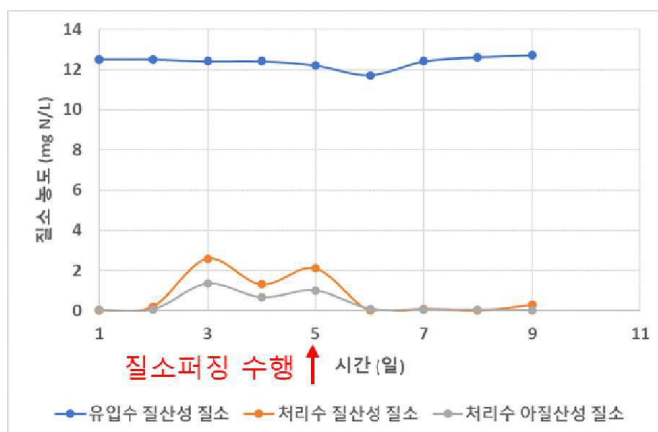
도면3



도면4



도면5



도면6

