

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2020-0084608
(43) 공개일자 2020년07월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 3/30 (2006.01) C02F 3/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 3/303 (2013.01)
C02F 3/1215 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0000704
(22) 출원일자 2019년01월03일
심사청구일자 2019년01월03일

(71) 출원인
주식회사 씨디아이
경기도 화성시 마도면 청원산단8길 129
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
최기승
서울특별시 영등포구 여의대방로 25, 104동 1003
호(신길동, 보라매 경남아너스빌)
이승엽
강원도 춘천시 신북읍 용산길 84-11
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인충현

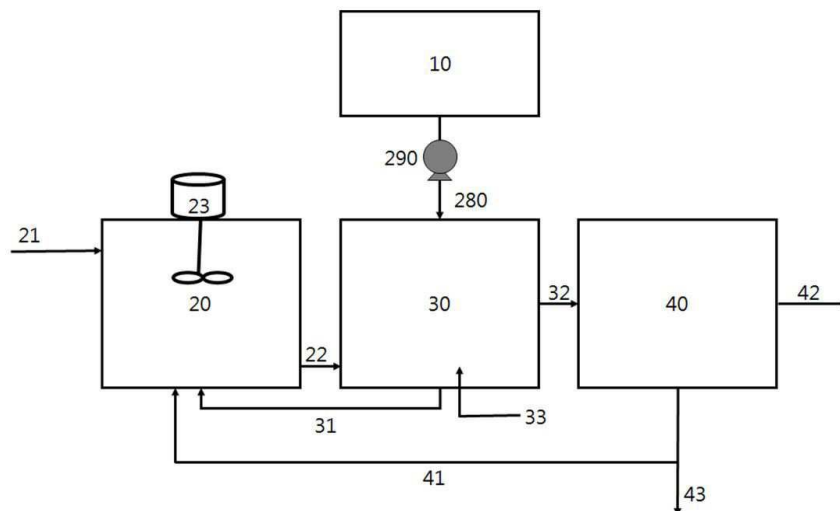
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 고농도 질소를 함유한 폐수처리장치 및 이를 이용한 폐수처리방법

(57) 요약

본 발명은, 고농도 질소를 함유한 폐수를 처리하기 위한 장치 및 이를 이용한 폐수로부터 질소 제거방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 질소 제거 효율이 가장 우수한 일원화된 고농도 질소를 함유한 폐수의 처리설비와 이에 최적화된 조건으로 이루어진 질소 제거방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박희등

경기도 성남시 분당구 정자일로 27, 코오롱더프라
우아파트동 1402호(금곡동, 코오롱더프라우아파트)

이상훈

서울특별시 강동구 천호대로 1240, 4동 803호(둔촌
동, 프라자아파트)

이인규

서울특별시 광진구 아차산로 549, 1005동 1402호(
광장동, 광장현대파크빌)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C0564458

부처명 중소벤처기업부

연구관리전문기관 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 도약기술개발사업

연구과제명 질산화균 생체촉진 배양기를 이용한 고농도 질소폐수 처리장치 개발 및 운전 최적화

기 여 율 1/1

주관기관 (주)씨디아이

연구기간 2017.12.01 ~ 2018.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

폐수를 유입시켜, 폐수 중의 유기물을 이용하여 탈질처리하는 무산소조;

상기 무산소조에 인접하게 마련되고, 상기 무산소조에서 처리된 처리수를 공급받음과 동시에, 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 미생물 배양장치로부터 공급받아, 처리수 내에 존재하는 질소를 제거하되, 일부는 내부반송펌프를 통해 다시 무산소조로 반송하는 호기조;

무산소조와 호기조를 상호 연통되게 연결하여 무산소조에서 호기조로 처리수를 공급하는 제1 처리수 수송유로;

상기 미생물 배양장치와 호기조를 상호 연통되게 연결하여 미생물 배양장치로부터 배양된 질산화 미생물 배양액을 호기조로 공급하는 배양액 수송유로; 및

상기 호기조에 인접하게 마련되고, 호기조에서 처리된 처리수를 공급받음과 동시에 처리수 내에 불순물을 침전시킨 후, 정화된 물은 배출하고, 침전물의 일부는 외부반송펌프를 통해 상기 무산소조로 반송하는 침전조;로 구성되는 폐수처리장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 호기조는 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한번에 미생물 배양장치로부터 공급받는 것을 특징으로 하는 폐수처리장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 처리수 수송유로는 상기 무산소조에 수용된 처리수가 유입되는 유입구와 상기 무산소조의 처리수가 상기 호기조로 배출되는 배출구로 구비되며,

상기 제1 처리수 수송유로의 유입구는 상기 무산소조의 하단에 연결되고, 상기 제1 처리수 수송유로의 배출구는 호기조 하단에 연결되어있는 것을 특징으로 하는 폐수처리장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 호기조는,

호기조 내부에 배치되는, 호기조의 암모니아성 질소의 농도를 측정하는 질소농도 측정센서;를 포함하는 것을 특징으로 하는 폐수처리장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 배양액 수송유로에는, 펌프제어장치;가 설치되는 것을 특징으로 하는 폐수처리장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 펌프제어장치는, 상기 호기조 내부에 배치되는 질소농도 측정센서로부터 처리수의 암모니아성 질소를 측정하여, 암모니아성 질소농도가 20 ppm 이상이면, 상기 펌프제어장치를 통해 펌프의 구동을 제어하여, 질산화 미생물 배양액이 미생물 배양장치로부터 호기조로 공급되도록 조절하는 것을 특징으로 하는 폐수처리장치.

청구항 7

- (a) 폐수를 무산소조로 유입시키고, 폐수 중의 유기물을 이용하여 탈질시키는 단계;
- (b) 상기 (a) 단계에서 처리된 처리수를 호기조로 공급함과 동시에, 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한번에 미생물 배양장치로부터 호기조로 공급하여, 질소를 제거하는 단계; 및
- (c) 상기 (b) 단계에서 호기조로부터 처리된 처리수의 일부를 무산소조로 반송하는 단계; 및
- (d) 상기 (b) 호기조에서 처리된 처리수를 침전조로 공급하여, 처리수 내에 불순물을 침전시킨 후, 정화된 물은 배출하고, 침전물의 일부는 상기 무산소조로 반송하는 단계;를 포함하는 고농도 질소를 함유한 폐수의 처리방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

호기조 내부에 구비된 질소농도 측정센서를 통해 상기 호기조로부터 처리된 처리수의 암모니아성 질소의 농도를 측정하고, 암모니아성 질소의 농도가 20 ppm 이상이면 미생물 배양장치로부터 질산화 미생물 배양액이 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%로 공급되는 것을 특징으로 하는 고농도 질소를 함유한 폐수의 처리방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은, 고농도 질소를 함유한 폐수를 처리하기 위한 장치 및 이를 이용한 폐수처리방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 질소 제거 효율이 가장 우수한 일원화된 고농도 질소 함유 폐수처리설비와 이에 최적화된 조건으로 이루어진 폐수처리방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근 오폐수에 의한 하천 및 지하수의 오염이 심각해지면서 수질 보전을 위한 오폐수 처리장치의 처리효율 증대의 필요성이 부각되고 있다. 또한, 산업폐수, 생활하수, 분뇨, 축산폐수 등의 오염원들이 수질오염을 가속시키는 원인으로 주목받고 있다.
- [0003] 특히, 분뇨, 오폐수 등의 폐수 내 함유된 오염물질은 수질을 오염시킬 뿐만 아니라 폐수 처리효율을 저하시켜 폐수 처리비용을 증가시키고 이에 따른 폐기물의 발생량도 증가시키고 있다.
- [0004] 한편, 우리나라는 수자원을 보호하기 위한 방편으로 2000년 8월 수질환경보전법을 개정하여, 2003년 1월부터 질소 성분의 배출 농도를 일정농도 이하로 처리한 후 배출하도록 규정한 바 있다. 질소 배출 허용기준은 청정지역의 경우 30ppm 이하이고, 기타지역의 경우 60ppm이하로 규정되어 있다.
- [0005] 질소를 효율적으로 제거하기 위한 생물학적 질소제거 공법은 1914년 Arden과 Lockett 에 의해 개발된 Fill and draw 방식의 활성슬러지 공정이 시초이며, 이후 여러 가지의 질소제거 공법이 개발되었으며 국내외적으로 약 30여개의 질소제거 공법이 상용화되어 운영되고 있다.
- [0006] 대부분의 질소제거 공법은 질산화 및 탈질 미생물을 이용한 생물학적 공법이다. 이러한 질소제거 공법을 바탕으로 하여 A/O, A2O, Bardenpho, MUCT 등의 부유성장 공법과 최근에는 접촉여재를 이용한 질산화 미생물의 농도 및 체류시간을 개선한 접촉 산화공법(TETRA Tech(미))이 사용화된 바 있다.
- [0007] 하지만, 현재까지의 생물학적 질소제거 공법은 대부분 반응조 내에서 질산화 미생물과 탈질 미생물의 활성을 극대화하는데 초점이 맞추어져 있다. 질산화 미생물은 다른 중속영양 박테리아(bacteria)와 달리 증식속도가 매우 느리기 때문에 공정 운전이 있어서 이들의 활성을 극대화하는 것이 매우 까다로우며, 미생물학적 연구나 제품화 사례는 매우 적다. 특히 국내의 경우 질소제거 공정개발은 활발한 편이나 이를 이용해 폐수를 처리하기 위한 새로운 공정의 개발은 아직도 미흡한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1277841호(2013.06.21. 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 생물학적 폐수처리 설비의 질소제거 효율을 개선하기 위하여, 유입 폐수에 포함된 질소 농도가 높아지면 질산화 미생물의 배양액 정량을 한번에 유입시켜, 공정 내에서 질산화 미생물의 활성을 안정적으로 이룩하는 것을 특징으로 하는 폐수처리장치 및 이를 이용한 폐수처리방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명에서 개발된 폐수처리장치는, 폐수를 유입시켜, 폐수 중의 유기물을 이용하여 탈질처리하는 무산소조; 상기 무산소조에 인접하게 마련되고, 상기 무산소조에서 처리된 처리수를 공급받음과 동시에, 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 미생물 배양장치로부터 공급받아, 처리수 내에 존재하는 질소를 제거하되, 일부는 내부반송펌프를 통해 다시 무산소조로 반송하는 호기조; 무산소조와 호기조를 상호 연통되게 연결하여 무산소조에서 호기조로 처리수를 공급하는 제1 처리수 수송유로; 상기 미생물 배양장치와 호기조를 상호 연통되게 연결하여 미생물 배양장치로부터 배양된 질산화 미생물 배양액을 호기조로 공급하는 배양액 수송유로; 및 상기 호기조에 인접하게 마련되고, 호기조에서 처리된 처리수를 공급받음과 동시에 처리수 내에 불순물을 침전시킨 후, 정화된 물은 배출하고, 침전물의 일부는 외부반송펌프를 통해 상기 무산소조로 반송하는 침전조;로 구성되는 폐수처리장치가 제공될 수 있다.

[0011] 상기 호기조는 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한번에 미생물 배양장치로부터 공급받는 것일 수 있다.

[0012] 상기 제1 처리수 수송유로는 상기 무산소조에 수용된 처리수가 유입되는 유입구와 상기 무산소조의 처리수가 상기 호기조로 배출되는 배출구로 구비되며, 상기 제1 처리수 수송유로의 유입구는 상기 무산소조의 하단에 연결되고, 상기 제1 처리수 수송유로의 배출구는 호기조 하단에 연결되어있는 것일 수 있다.

[0013] 상기 호기조는, 호기조 내부에 배치되는, 호기조의 암모니아성 질소의 농도를 측정하는 질소농도 측정센서;를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 배양액 수송유로에는, 펌프제어장치;가 설치될 수 있다.

[0015] 상기 펌프제어장치는, 상기 호기조 내부에 배치되는 질소농도 측정센서로부터 처리수의 암모니아성 질소의 농도를 측정하여, 그 농도가 20 ppm 이상이 될 경우, 상기 펌프제어장치를 통해 펌프의 구동을 제어하여, 질산화 미생물 배양액이 미생물 배양장치로부터 호기조로 공급되도록 조절할 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 측면에 따르면, (a) 폐수를 무산소조로 유입시키고, 폐수 중의 유기물을 이용하여 탈질시키는 단계; (b) 상기 (a) 단계에서 처리된 처리수를 호기조로 공급함과 동시에, 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한번에 미생물 배양장치로부터 호기조로 공급하여, 질소를 제거하는 단계; 및 (c) 상기 (b) 단계에서 호기조로부터 처리된 처리수의 일부를 무산소조로 반송하는 단계; 및 (d) 상기 (b) 호기조에서 처리된 처리수를 침전조로 공급하여, 처리수 내에 불순물을 침전시킨 후, 정화된 물은 배출하고, 침전물의 일부는 상기 무산소조로 반송하는 단계;를 포함하는 고농도 질소를 함유한 폐수의 처리방법을 제공할 수 있다.

[0017] 상기 (b) 단계는,

[0018] 호기조 내부에 구비된 질소농도 측정센서를 통해 상기 호기조로부터 처리된 처리수의 암모니아성 질소 농도를 측정하고, 암모니아성 질소 농도가 20 ppm 이상에 도달하면 미생물 배양장치로부터 질산화 미생물 배양액이 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%로 공급되는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명은 일원화된 폐수처리장치를 이용하여 고농도의 질산화 미생물 배양액 정량을 한번에 공급함으로써 단시간 내에 고농도 질소를 함유한 폐수를 효율적으로 처리할 수 있다.
- [0020] 또한 무산소조와 호기조 내에서 슬러지 정체 문제가 해결되어, 호기조 내에서 혼합효율과 질산화 미생물의 균일한 체류시간을 확보할 수 있다.
- [0021] 또한, 질소 부하에 따라 질산화 미생물 투입의 조절이 용이하므로 반응율이 낮아 공정 비용을 현저히 절감할 수 있고, 폐수 내에 존재하는 질소의 함량에 따라 유동적인 대처가 가능하다는 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 폐수처리장치를 나타내는 구조도이다.
- 도 2는 본 발명의 폐수처리장치에 구비된 제1 처리수 수송유로와 교반기, 공기공급장치의 세부 위치를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 미생물 배양장치를 나타내는 구조도이다.
- 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 제1 및 제2 기액 분사부를 나타내는 단면도이다.
- 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 제1 배양조에서 제2 배양조로 배양액을 공급하는 동작을 나타내는 동작상태도이다.
- 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따라 제1 배양조에서 제2 배양조로 배양액을 공급함과 동시에 제2 배양조에서 폐수처리장치(1)로 배양액을 배출하는 동작을 나타내는 동작상태도이다.
- 도 7은 본 발명의 제2 실시예에 따라 제1 배양조에서 제2 배양조로 배양액을 공급함과 동시에 제2 배양조에서 폐수처리장치(1)로 배양액을 배출하는 동작을 나타내는 동작상태도이다.
- 도 8은 인공 폐수를 본발명에 따른 파일럿 폐수처리장치에 유입하였을 때, 상기 폐수처리장치에서 처리된 처리수에서의 암모니아성 질소의 농도를 5일동안 측정한 값을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 본 발명은 질소 특히 유기질소나 암모니아성 질소가 고농도로 함유된 폐수에서 경제적이고 효율적으로 질소를 제거하기 위한 장치와 그 방법에 관한 것으로, 기존의 폐수처리공정과 달리, 고농도의 질산화 미생물 배양액을 연속적으로 배양할 수 있는 미생물 배양장치를 사용하여 미생물 배양액 일정량을 한번에 공급함으로써, 높은 질산화율을 달성할 수 있다. 이를 통해 공정 운전상 반응율을 낮출 수 있으며, 이를 통해 공정 운전비용을 현저히 절감할 수 있는 폐수의 생물학적 처리방법과 장치를 제공하고자 하는 것이다.
- [0024] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 도식화한 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0026] 먼저, 본 발명의 제1 실시예에 따른 질산화 폐수처리장치에 대하여 설명하면 다음과 같다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 폐수처리장치를 나타내는 구조도이고, 도 2는 본 발명의 폐수처리장치에 구비된 제1 처리수 수송유로와 교반기, 공기공급장치의 세부 위치를 도시한 도면이다.
- [0028] 도 1을 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 폐수처리장치(1)는 폐수를 유입시켜, 폐수 중의 유기물을 이용하여 탈질처리하는 무산소조(20); 상기 무산소조(20)에 인접하게 마련되고, 상기 무산소조(20)에서 처리된 처리수를 공급받음과 동시에, 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 미생물 배양장치(10)로부터 일정 주기로 공급받아, 처리수 내에 존재하는 질소를 제거하되, 일부는 내부반송펌프(31)를 통해 다시 무산소조(20)로 반응하는 호기조(30); 무산소조(20)와 호기조(30)를 상호 연통되게 연결하여 무산소조(20)에서 호기조(30)로 처리수를 공급하는 제1 처리수 수송유로(22); 상기 미생물 배양장치(10)와 호기조(30)를 상호 연통되게 연결하여 미생물 배양장치(10)로부터 배양된 질산화 미생물 배양액을 호기조(30)로 공급하는 배양액 수송유로(280); 및 상기 호기조(30)에 인접하게 마련되고, 호기조(30)에서 처리된 처리수를 공급

받음과 동시에 처리수 내에 불순물을 침전시킨 후, 정화된 물은 배출하고, 침전물의 일부는 외부반송펌프(41)를 통해 상기 무산소조(20)로 반송하는 침전조(40);를 포함한다.

[0029] 생물학적으로 폐수를 처리함에 있어서, 질산화 미생물의 느린 성장률과 온도에 따른 질소처리 효율 전하로 인해 폐수에서 질소를 제거하는데, 최대 20일 정도 소요된다는 단점이 있었다. 따라서 본 발명의 제1 실시예에 따른 폐수처리장치(1)는 무산소조(20)에서 일차로 폐수를 탈질처리하고, 무산소조(20)에서 처리된 처리수를 호기조(30)로 공급함과 동시에 미생물 배양장치(10)로부터 질산화 미생물 배양액을 한번에 공급함으로써, 호기조(30) 내 질산화 미생물 배양을 위한 lag phase time을 단축할뿐만 아니라, 내부 또는 외부반송율을 낮출 수 있고, 질산화 효율과 질소 처리효율을 현저히 개선할 수 있으며, 전체공정도 5일 정도 단축할 수 있어, 비용을 전체적으로 절감할 수 있다.

[0030] 무산소조(20)

[0031] 본 실시예에 따른 무산소조(20)는 폐수가 최초로 유입되고, 유입된 폐수에 산소가 공급되지 않아 혐기조건을 형성하여 일차로 탈질화(Denitrification)을 유도하는 역할을 한다. 구체적으로 무산소조(20)는 유입된 폐수를 교반기로 교반하여, 폐수에 존재하는 유기물을 제거하고, 호기조(30)로부터 반송된 질산화 된 슬러지를 무산소조(20)에서 탈질과정을 통해 질소가스를 대기 중에 방출하도록 한다.

[0032] 상기 무산소조(20)는 유입된 폐수를 균일하게 교반되도록 함으로써 탈질반응이 보다 잘 유도되도록 교반기(23)를 더 포함할 수 있다. 본 실시예에서 상기 무산소조(20)와 후술할 호기조(30)는 전체 용량이 10 내지 1000 liter를 수용할 수 있고, 상기 호기조(30)가 상기 무산소조(20)의 전체 용량보다 2 내지 5배 인 것이 보다 바람직하나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다.

[0033] 폐수 유입구(21)는 무산소조(20)의 상측에 마련되어 무산소조(20)에 폐수를 공급하는 역할을 하며, 산소는 공급되지 않는다.

[0034] 상기 무산소조(20)에는 처리하고자 하는 폐수 이외에 내부반송펌프(31)을 통해 호기조(30)를 거친 처리수 일부가 유입되고 외부반송펌프(41)을 통해 침전조(40)로부터 슬러지가 유입될 수 있다.

[0035] 호기조(30)

[0036] 호기조(30)는 상기 무산소조(20)에 인접하게 마련되고, 상기 무산소조(20)에서 처리된 처리수(1차)를 공급받음과 동시에, 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 미생물 배양장치(10)로부터 한번에 공급받아, 처리수 내에 존재하는 질소를 제거하되, 일부는 내부반송펌프(31)를 통해 다시 무산소조로 반송되도록 한다.

[0037] 배양액 수송유로(280)는 상기 미생물 배양장치(10)와 호기조(30)를 상호 연통되게 연결하며, 미생물 배양장치(10)로부터 배양된 질산화 미생물 배양액을 호기조(30)에 공급하는 역할을 한다.

[0038] 상기 호기조(30)는 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한번에 미생물 배양장치(10)로부터 배양액 수송유로(280)를 통해 공급받을 수 있다.

[0039] 배양액 수송유로(280)는 펌프의 구동을 제어하여 호기조(30)에 원하는 시점에 질산화 미생물 배양액을 미생물 배양장치(10)로부터 공급할 수 있다. 상기 배양액 수송유로(280)의 펌프 구동은 펌프제어장치를 통해 제어될 수 있고, 예컨대 호기조(30)에는 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한꺼번에 미생물 배양장치(10)로부터 호기조(30)로 공급하게 되며, 공급시기는 호기조(30)의 상태에 따라 조절할 수 있으나, 바람직하게는 호기조(30)의 암모니아성 질소 농도가 20 ppm 이상인 경우 공급되는 것이 가장 바람직하다.

[0040] 종래에는 질산화 제거 효율을 개선하기 위해서 가장 중요한 요소로써 질산화 미생물 배양액 또는 질산화 미생물의 공급시기 및 공급량에 있음을 고려하지 못하였다. 이에 종래 폐수처리장치들은 공정 운전인자(폭기량, 체류시간 및 온도 등)만을 개선하는 방향으로 개발이 이루어져 왔다. 이에 본 발명은 질산화 반응을 효율적으로 진행하여 질산화 제거 효율을 높이기 위해, 호기조(30)에 공급되는 질산화 미생물 배양액의 공급시기와 공급량이 중요한 요소로 작용함을 발견하였고, 이를 위하여 배양된 질산화 미생물 배양액을 공급하는 시기와 공급량에 대하여 구체적인 실험을 진행하였다.

[0041] 폐수처리장치에서의 BOD, TN, 온도, SRT, MLSS, HRT, 슬러지 반송량, 교반 속도, 내외부 반송 등의 인자를 동일하게 유지한 조건에서, 동일한 양의 질산화 미생물 배양액을 3 내지 5회/일로 나누어 주기적으로 일정량을 주입

하는 방법과 한번에 주입하는 방법을 비교하고자 하였다. 그 결과 고농도의 질산화 미생물 배양액이 한번에 호기조(30) 내로 공급되는 것이 질산화 반응을 지속적으로 이루어지게 하였으며, 시간이 지남에 따라 2 내지 3 배 이상 더 많은 질소를 제거하는 것으로 확인하였다.

[0042] 공급되는 질산화 미생물 배양액의 총 양이 동일하더라도, 이를 나누어 주기적으로 공급하는 경우에는 lag time 이 길어지게 되며, 호기조(30) 내에서 wash out 되므로, 질산화 반응에 요구되는 충분한 질산화 미생물 개체수를 확보할 수 없게 되어 효율이 크게 저하되는 것을 알 수 있다.

[0043] 특히, 상기 호기조(30)는, 도면에는 도시하지 않았지만 호기조(30) 내부에 배치되는, 호기조(30)의 암모니아성 질소 농도를 측정하는 질소농도 측정센서;를 포함할 수 있다. 상기 질소농도 측정센서는 호기조(30) 내의 암모니아성 질소를 계속해서 측정할 수 있으므로, 질소농도 측정센서의 신호에 따라 펌프제어장치(290)를 조정하여 미생물 배양장치(10)로부터 유입되는 질산화 미생물 배양액의 공급시기와 공급량을 조정할 수 있다.

[0044] 상기 펌프제어장치(290)는 상기 배양액 수송유로(280)에 위치하고, 상기 호기조(30) 내부에 배치되는 질소농도 측정센서로부터 처리수의 암모니아성 질소의 농도를 측정하여, 암모니아성 질소 농도가 20 ppm 이상이면, 상기 펌프제어장치(290)를 통해 펌프의 구동을 제어하여, 질산화 미생물 배양액이 미생물 배양장치(10)로부터 호기조(30)로 공급되도록 제어할 수 있으며, 배양된 질산화 미생물을 공급받을 수 있으므로, 호기조(30) 내에 미생물량을 적절한 수준으로 유지할 수 있다.

[0045] 미생물 배양장치(10)를 통해 최적의 활성을 갖는 질산화 미생물 배양액(10^7 CFU/ml)을, 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%로, 암모니아성 질소의 농도가 20 ppm 이상일 때마다 한번에 공급한다면 단순결합을 통해 얻을 수 있는 효과 이상의 현저한 효과를 달성할 수 있다. 구체적으로 동일한 미생물 배양장치(10)를 통해 동일한 질산화 미생물 배양액(10^7 CFU/ml)을 단발성으로 주입하였을 때와, 4회에 걸쳐 나누어 주입한 경우를 비교하면 나누어 주입한 경우가 장기적인 폐수처리과정에서 2 내지 3배 이상의 더 낮은 질소 농도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0046] 호기조(30)은 무산소조(20)로부터 처리된 처리수가 제1 처리수 수송유로(22)를 통해 유입되고, 호기조(30)에 마련되어 호기조(30)에 질산화 미생물 배양액을 공급하는 미생물 배양장치(10)와 연결된 배양액 배출구(280)이 결합되어 있다. 상기 호기조(30)에서는 공기를 주입하여 질산화 및 유기물 분해가 이루어지도록 유도하는 역할을 하는 폭기수단(33)이 구비될 수 있다.

[0047] 본 발명의 호기조(30)는 미생물 배양장치(10)와 연결되어 있어, 배양된 질산화 미생물을 공급받을 수 있으므로, 호기조 내에 미생물량을 적절한 수준으로 유지할 수 있다.

[0048] 또한, 호기조(30)에서는 도면에 도시된 바는 없으나 호기조(30)에 수용된 처리수의 온도를 조절하는 온도조절부와, 호기조(30)에 마련되어 호기조(30)에 수용된 처리수에 pH 농도 조절용액을 공급하는 pH조절부를 포함할 수 있다.

[0049] 본 실시예에서 폭기수단(33)은 호기조(30)의 호기성 상태를 유지하기 위하여 호기조(30) 내의 용존 산소량(DO)이 2 ppm 이상 유지할 수 있도록 산소를 공급하고, 질산화 미생물 배양을 향상시키기 위하여 탄소원으로 질산화 미생물에 이산화탄소를 공급하는 역할을 한다. 폭기수단(33)은 호기조(30)의 바닥면에 배치되어 호기조(30)의 상면을 향해 공기를 주입하도록 하는 제1 공기 공급부를 포함한다. 상기 폭기수단(33)에서 공기는 제1 공기펌프를 통해 제공될 수 있다. 상기 제1 공기펌프에 의해 가해지는 압력에 의해 제1 공기 공급부로 공기가 주입되고, 공기를 공급함과 동시에 호기조(30) 내에서 처리수가 균일하게 교반되게 하는 역할을 한다.

[0050] 상기 호기조(30)는 도면에 도시된 바는 없으나 생물학적 질산화 반응을 위한 최적온도를 유지하기 위한 온도조절부는 호기조(30)에 수용된 처리수의 온도를 조절하는 역할을 한다. 이를 위해 상기 온도조절부는 호기조(30)에 마련되어 처리수의 온도를 측정하는 제1 온도센서와, 호기조(30) 내측 외부에 마련되어 처리수를 가열 또는 냉각하는 워터 재킷을 포함한다.

[0051] 본 실시예에서 호기조(30)에 수용된 처리수의 온도는 생물학적 질산화 반응에 있어 최적온도인 10 ~ 25℃로 유지되도록 제1 온도센서에 의해 호기조(30) 내의 배양액의 온도를 실시간 측정하고 이에 따라 워터 재킷을 통해 처리수의 온도를 최적 온도로 유지하도록 한다.

[0052] 호기조(30) 내측면에 마련되어 호기조(30)에 수용된 처리수에 pH 조절용액을 공급하는 pH조절부를 포함한다. 본 실시예에서 pH조절부는 처리수를 질산화 미생물 작용에 의해 질산성 질소로 산화하기 위한 질산화 반응을 위한

최적의 pH농도를 조절하는 역할을 한다.

[0053] 이를 위해 pH조절부는 호기조(30)에 마련되어 처리수의 pH농도를 측정하는 pH센서와, 호기조(30)에 마련되어 호기조(30)에 pH농도 조절용액을 공급하는 조절용액 공급구를 포함한다. 그리고, pH센서는 호기조(30)의 상부에 배치되고 처리수에 침지된다.

[0054] 본 실시예에서 호기조(30)에 수용된 처리수의 pH농도는 pH 7.0 ~ 8.0로 유지되며, 본 실시예에서 pH농도 조절용액은 20% NaOH 용액이 사용된다.

[0055] 호기조(30) 내의 처리수의 pH농도가 pH 7.0 미만으로 저하될 경우에는 질산화 반응이 제대로 이루어지지 않아 질산화율이 반감될 수 있으며, 처리수의 pH농도가 pH 8.0을 초과하는 경우에는 질산화 반응에는 큰 차이가 없으나 pH농도 조절용액이 다량으로 투입되어 비용면에서 손실이 발생할 수 있다.

[0056] 본 실시예에서 호기조(30)에 수용된 처리수의 pH농도가 pH 7.0 ~ 8.0으로 유지되도록 pH센서에 의해 호기조(30) 내의 처리수의 pH농도를 실시간 측정하고 이에 따라 조절용액 공급구를 통해 호기조(30) 내에 pH농도 조절용액을 공급한다.

[0057] 제1 처리수 수송유로

[0058] 상기 제1 처리수 수송유로(22)는 무산소조(20)와 호기조(30)를 상호 연통되게 연결하여 무산소조(20)에서 호기조(30)로 처리수를 공급함으로써, 무산소조(20)로부터 처리된 처리수가 제1 처리수 수송유로(22)를 통해 호기조(30)로 유입되게 된다.

[0059] 도 2는 본 발명의 폐수처리장치에 구비된 제1 처리수 수송유로 세부 위치를 도시한 도면으로, 이를 참고하면, 상기 제1 처리수 수송유로(22)는 상기 무산소조(20)에 수용된 처리수가 유입되는 유입구와 상기 무산소조(20)의 처리수가 상기 호기조로 배출되는 배출구로 구비되며, 상기 제1 처리수 수송유로(22)의 유입구는 상기 무산소조의 하단에 연결되고, 상기 제1 처리수 수송유로의 배출구는 호기조 하단에 연결되어있다.

[0060] 상술한 구성의 폐수처리장치(1)에서는 상기 제1 처리수 수송유로(22)의 유입구와 배출구가 동일한 선상에 위치하는 것이 바람직하다. 예컨대 상기 제1 처리수 수송유로(22)의 상기 무산소조(20)에 수용된 처리수가 유입되는 유입구가 상기 무산소조(20)의 상단에 위치하고, 상기 무산소조(20)의 처리수가 호기조(30)로 배출되는 배출구가 호기조(30) 하단에 위치하는 경우에는 처리수와 슬러지 이동이 지연되거나 입구가 막히게 되는 문제가 발생하였다.

[0061] 따라서 이를 해결하기 위하여 상기 제1 처리수 수송유로(22)는 상기 무산소조(20)에 수용된 처리수가 유입되는 유입구와 상기 무산소조(20)의 처리수가 상기 호기조로 배출되는 배출구로 구비되며, 상기 제1 처리수 수송유로(22)의 유입구는 상기 무산소조의 하단에 연결되고, 상기 제1 처리수 수송유로의 배출구는 호기조 하단에 연결되어있는 것이 바람직하다.

[0062] 상기 제1 처리수 수송유로(22)는 배관의 평균두께가 1 내지 100 mm일 수 있다.

[0063] 내부반송펌프, 외부반송펌프

[0064] 상기 호기조(30)로부터 상기 무산소조(20)로 내부반송되는 처리수의 양은 유입된 폐수 대비 100 내지 200%이고, 구체적으로 110 내지 130%일 수 있다. 상기 침전조(40)로부터 상기 무산소조(20)로 외부반송되는 처리수의 양은 유입된 폐수 대비 10 내지 50%인데, 보다 바람직하게는 10 내지 40%일 수 있다. 상기와 같이, 본 발명에 따른 폐수처리장치는 내부반송율과 외부반송율이 폐수 대비 현저히 개선되었음을 알 수 있다.

[0065] 침전조

[0066] 상기 침전조(40)는 상기 호기조(30)에 인접하게 마련되고, 호기조(30)에서 처리된 처리수를 공급받음과 동시에 처리수 내에 불순물을 침전시킨 후, 정화된 물은 배출하고, 침전물의 일부는 외부반송펌프(41)를 통해 상기 무산소조(20)로 반송하는 역할을 한다.

[0067] 상기 침전조(40)는 상기 호기조(30)에서 처리된 처리수가 유입되고, 상기 처리수 중에서 슬러지를 가라앉히고, 정화된 상등액을 최종 처리수를 배출구(42)로 배출시키고, 상기 침전조(40) 중의 슬러지 일부(침전물의 일부)를 상기 무산소조(20)로 반송시킨다. 반송되지 않은 나머지 슬러지는 슬러지 배출구(43)을 통해 외부로 배출된다. 여기서 침전이란 여과, 원심분리 등을 포함하는 일반적인 고형물 분리를 의미하며, 상기 침전조(40) 바닥에 가라앉은 슬러지의 일부는 외부반송펌프(41)를 통해 반송시킬 수 있으며, 이에 의해 무산소조(20) 내의 미생물량

이 적절한 수준으로 유지될 수 있다.

[0068] **미생물 배양장치**

[0069] 질산화 미생물을 연속으로 배양하여 호기조(30)로 질산화 미생물 배양액을 제공하기 위해서는, 질산화 미생물 배양장치(10)를 이용할 수 있는데, 상기 미생물 배양장치(10)는 회분식, 반회분식 또는 연속식 배양장치라면 특별히 이에 제한되지 않는다.

[0070] 다만, 보다 바람직하게 상기 미생물 배양장치(10)는, 연속식 배양장치일 수 있으며, 본 발명에서 사용된 연속식 미생물 배양장치(10)에 대하여 하기에서 구체적으로 설명하면서 이를 배양하는 방법도 설명하기로 한다.

[0071] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 질산화 미생물 배양장치(10)를 나타내는 구조도이고, 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 제1 및 제2 기액 분사부를 나타내는 단면도이고, 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 제1 배양조에서 제2 배양조로 배양액을 공급하는 동작을 나타내는 동작상태도이다.

[0072] 도 3을 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 질산화 미생물 배양장치(10)는 질산화 미생물을 일차로 배양하는 제1 배양유닛(100)과, 제1 배양유닛(100)에 인접하게 마련되고 제1 배양유닛(100)으로부터 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액을 소정량 공급받음과 동시에 제1 배양유닛(100)으로부터 공급받은 배양액의 양에 대응하는 배양액을 배출한 후 질산화 미생물을 재차 배양하는 제2 배양유닛(200)과, 제1 배양유닛(100)과 제2 배양유닛(200)을 상호 연통되게 연결하여 제1 배양유닛(100)에서 제2 배양유닛(200)으로 질산화 미생물이 함유된 배양액을 공급하는 미생물 공급부(300)를 포함한다.

[0073] 질산화 미생물은 배양조건이 까다롭고 특히 증식속도가 매우 느려 더블링 타임(doubling time)이 대략 5일 정도 소요되나, 반복하여 배양함에 있어서 lag phase time이 대략 11일 정도 소요되어 1회 배양에 소요되는 시간이 상당히 긴 단점이 있다. 따라서, 본 발명의 제1 실시예에 따른 질산화 미생물 배양장치(10)는 제1 배양유닛(100)에서 일차로 질산화 미생물을 소정시간 배양하고, 제1 배양유닛(100)에서 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액을 제2 배양유닛(200)에 공급하고 제2 배양유닛(200)에서 질산화 미생물을 재차 배양하는 동작을 반복함으로써, 질산화 미생물 연속 배양시 lag phase time을 단축할 수 있으며 이에 따라 폐수처리장치(10)에 질산화 미생물을 연속적으로 공급할 수 있다.

[0074] 본 실시예에 따른 제1 배양유닛(100)은 질산화 미생물이 함유된 배양액이 수용되며 질산화 미생물을 소정시간 일차로 배양하는 역할을 한다.

[0075] 제1 배양유닛(100)은 질산화 미생물이 함유된 배양액이 수용된 제1 배양조(110)와, 제1 배양조(110)에 마련되어 제1 배양조(110)에 배양액을 공급하는 배양액 공급부(180)와, 제1 배양조(110)에 마련되어 제1 배양조(110)에 수용된 배양액에 공기를 주입하며 배양액을 교반하는 제1 공기 공급모듈(120)과, 제1 배양조(110)에 마련되어 제1 배양조(110)에 수용된 배양액의 온도를 조절하는 제1 온도 조절모듈(160)과, 제1 배양조(110)에 마련되어 제1 배양조(110)에 수용된 배양액에 pH 농도 조절용액을 공급하는 제1 pH농도 조절모듈(170)을 포함한다.

[0076] 제1 배양조(110)는 질산화 미생물이 함유된 배양액이 수용되며, 질산화 미생물을 배양하는 공간을 제공하는 역할을 한다.

[0077] 본 실시예에서 제1 배양조(110)와 후술할 제2 배양조(210)에는 질산화 미생물이 함유된 배양액이 50 liter 수용되나 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다. 또한, 본 실시예에서 질산화 미생물은 *Nitrosomonas spp*가 사용될 수 있으나 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다.

[0078] 본 실시예에서 배양액 공급부(180)는 제1 배양조(110)의 상측에 마련되어 제1 배양조(110)에 배양액을 공급하는 역할을 한다. 제1 배양조(110)에 투입되는 배양액의 조성은 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 를 포함한다.

[0079] 배양액 공급부(180)를 통해 제1 배양조(110)에 새로운 배양액이 공급되며, 제1 배양조(110)에 공급되는 새로운 배양액에 대응하는 소정량의 배양액은 제1 배양조(110)에서 후술할 제2 배양조(210)로 공급되고, 연속하여 제2 배양조(210)에서 배양된 질산화 미생물이 제2 배양조(210)의 배양액 배출부(280)를 통해 배출된다.

[0080] 본 실시예에서 제1 공기 공급모듈(120)은 제1 배양조(110) 내에 수용된 질산화 미생물을 배양하기 위하여 제1 배양조(110) 내의 용존 산소량(DO)이 2ppm 이상 유지할 수 있도록 산소를 공급하며, 또한 질산화 미생물 배양시 탄소원으로 질산화 미생물에 이산화탄소를 공급하는 역할을 한다.

[0081] 제1 공기 공급모듈(120)은 제1 배양조(110)의 바닥면에 배치되어 제1 배양조(110)의 내부 측벽을 향해 공기를

함유한 배양액을 분사하는 제1 기액 분사부(130)와, 제1 기액 분사부(130)에 연결되어 제1 기액 분사부(130)에 공기를 공급하는 제1 공기 공급부(140)와, 제1 배양조(110)와 제1 기액 분사부(130)를 상호 연통되게 연결하며 제1 배양조(110)에서 제1 기액 분사부(130)로 배양액이 순환되는 제1 배양액 순환유로(150)와, 제1 배양액 순환유로(150)에 연결되어 배양액을 제1 기액 분사부(130)에 공급하도록 제1 배양액 순환유로(150)를 따라 배양액을 순환시키는 제1 배양액 순환펌프(155)를 포함한다.

- [0082] 제1 기액 분사부(130)는 공기가 함유된 배양액을 배양조의 내부 측벽 방향으로 분사하여 배양액에 공기를 공급함과 동시에 제1 배양조(110) 내에서 배양액이 교반되게 하는 역할을 한다.
- [0083] 본 실시예에서 제1 기액 분사부(130)에서 분사되는 분사압력은 $2 \sim 4 \text{ Kgf/Cm}^2$ 이고 분사유량은 $2.5 \sim 4 \text{ m}^3/\text{hr}$ 일 수 있다.
- [0084] 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 제1 기액 분사부(130)는 제1 배양조(110)의 바닥면에 결합되되 후술할 제1 배양액 순환유로(150)가 하측에 연결되고 제1 공기 공급부(140)가 상측에 연결되는 제1 본체부(131)와, 제1 본체부(131)의 측벽 둘레를 따라 복수 개 마련되어 제1 배양조(110)의 내부 측벽을 향해 공기를 함유한 배양액을 분사하는 제1 분사노즐(132)을 포함한다.
- [0085] 제1 본체부(131)는 하측에 연결된 제1 배양액 순환유로(150)를 통해 제1 배양조(110) 내의 배양액이 유입되고 상측에 연결된 공기 공급부를 통해 공기가 유입된다.
- [0086] 그리고, 제1 본체부(131) 내에 유입된 배양액과 공기는 제1 배양액 순환펌프(155)의 압력에 의해 제1 본체부(131)의 측벽 둘레를 따라 마련된 복수의 제1 분사노즐(132)을 통해 제1 배양조(110)의 측벽을 향하여 분사된다.
- [0087] 본 실시예에서는 제1 분사노즐(132)을 통해 배양액이 분사되는 경우에 제1 본체부(131) 내에 공급된 공기가 벤츄리 효과(venturi effect)에 의해 분사되는 배양액에 혼합되어 배양액과 함께 분사된다.
- [0088] 이를 위해 제1 분사노즐(132)은 제1 본체부(131) 측벽에 결합되는 일면에 형성된 홈부(134)와 일면에서 타면방향으로 홈부(134)를 관통하여 형성되되 홈부(134)의 직경보다 작은 직경을 갖는 제1 관통홀(135)을 구비한 제1 결합체(133)와, 홈부(134)에 삽입 결합되는 일면과 홈부(134)의 바닥면 사이에 공간부(138)를 형성하며 일면에서 타면방향으로 관통되고 일면에서 타면방향으로 갈수록 직경이 증가되는 제2 관통홀(139)을 구비한 제2 결합체(137)를 포함한다.
- [0089] 또한, 제1 결합체(133)는 홈부(134)의 내벽에 일면에서 타면방향으로 연장되고 제1 공기 공급부(140)와 홈부(134) 및 공간부(138)와 연통되도록 형성된 흡입홈(136)을 더 포함한다.
- [0090] 상기와 같이 제1 분사노즐(132)은 제1 결합체(133)와 제2 결합체(137)를 구비하며, 배양액이 제1 배양액 순환펌프(155)에 의해 제1 배양액 순환유로(150)를 따라 제1 본체부(131)에 공급된 후 제2 관통홀(139)과 제1 관통홀(135)을 따라 배출되는 경우에 제2 관통홀(139)이 제2 결합체(137)의 타면에서 일면방향으로 갈수록 직경이 작아지므로 제1 배양액 순환펌프(155)에서 가해지는 압력에 대응하여 제2 관통홀(139)의 출구측에서 배출되는 배양액의 유속이 증가되고 압력이 낮아지며 이에 따라 공기가 흡입홈(136)을 통해 공간부(138)로 흡입된다. 즉, 벤츄리 효과에 의해 배양액이 제2 관통홀(139)을 통해 배출되는 경우에 제1 공기 공급부(140)에 의해 제1 본체부(131)에 공급된 공기는 흡입홈(136)을 통해 공간부(138)로 흡입되고 배양액에 혼합되어 배양액과 함께 제1 관통홀(135)을 통해 배출된다.
- [0091] 또한, 제1 분사노즐(132)은 벤츄리 효과를 이용하여 공기를 배양액에 혼합하여 제1 배양조(110)의 측벽을 향해 분사하므로, 매우 작은 크기의 기포를 발생시킬 수 있어 배양액 내의 산소 및 질산화 미생물의 탄소원인 이산화탄소를 효과적으로 공급할 수 있다.
- [0092] 상기한 바와 같은 제1 기액 분사부(130)는 복수의 제1 분사노즐(132)을 통해 미세기포를 포함한 배양액을 제1 배양조(110)의 측벽을 향해 고압 분사하므로, 복수의 제1 분사노즐(132)에서 분사된 배양액은 제1 배양조(110)의 측벽에 부딪힌 후 제1 배양조(110)의 상부로 상승된 후 하강되는 순환경로를 형성하며 제1 배양조(110) 내에서 교반됨과 동시에 공기를 공급받는다.
- [0093] 도 3에서 도시한 바와 같이, 제1 공기 공급부(140)는 제1 기액 분사부(130), 구체적으로 제1 본체부(131)에 공기를 공급하는 역할을 한다.
- [0094] 제1 공기 공급부(140)는 일단이 제1 본체부(131)의 상측에 연결되고 타단이 제1 배양조(110)의 상측에 연결되는

제1 공기 공급유로(141)와, 제1 공기 공급유로(141)에 마련되어 제1 배양액 순환펌프(155)의 정지 시 배양액이 제1 본체부(131)에서 제1 공기 공급유로(141)를 따라 역류하는 것을 방지하기 위해 제1 공기 공급유로(141)를 개폐하는 제1 체크밸브(142)를 포함한다.

- [0095] 이처럼, 공기는 제1 배양조(110)의 외부에서 제1 공기 공급유로(141)를 따라 제1 본체부(131)의 상부에 공급된다. 또한, 전술한 바와 같이 본 실시예에서는 제1 분사노즐(132)에서 분사되는 배양액이 분사되는 동안 압력강하에 의한 벤츄리 효과에 의해 공기가 제1 공기 공급유로(141)를 따라 제1 본체부(131)로 자연스럽게 유입되므로 별도의 컴프레서 등 공기를 강제로 공급하는 수단을 필요로 하지 않는다.
- [0096] 그리고, 제1 배양조(110)에 대한 유지 보수 등 제1 배양조(110) 내의 제1 배양액 순환펌프(155)를 정지하는 경우에 배양액이 제1 공기 공급유로(141)를 역류할 수 있으므로 이를 방지하기 위해 제1 공기 공급유로(141)에는 제1 체크밸브(142)가 마련된다.
- [0097] 제1 배양액 순환유로(150)는 제1 배양조(110)와 제1 기액 분사부(130), 구체적으로 제1 본체부(131)를 상호 연통되게 연결하여 배양액을 제1 배양조(110)에서 제1 본체부(131)로 공급한다.
- [0098] 그리고, 제1 배양액 순환펌프(155)는 배양액이 제1 배양조(110)에서 제1 본체부(131)로 순환되게 한다. 즉, 제1 배양액 순환펌프(155)는 제1 배양액 순환유로(150)에 연결되어 제1 배양조(110) 내의 배양액이 제1 배양액 순환유로(150)를 따라 제1 본체부(131)로 공급되도록 하며, 또한 제1 배양액 순환펌프(155)는 제1 분사노즐(132)에서 분사되는 배양액의 분사압력을 제공한다.
- [0099] 본 실시예에서 제1 온도 조절모듈(160)은 질산화 미생물의 배양을 위한 최적온도를 유지하기 위해 제1 배양조(110)에 수용된 배양액의 온도를 조절하는 역할을 한다.
- [0100] 이를 위해 제1 온도 조절모듈(160)은 제1 배양조(110)에 마련되어 배양액의 온도를 측정하는 제1 온도센서(161)와, 제1 배양조(110)에 마련되어 배양액을 가열하는 제1 가열부(162)와, 제1 배양조(110)에 마련되어 배양액을 냉각하는 제1 냉각부(163)를 포함한다.
- [0101] 본 실시예에서 제1 배양조(110)에 수용된 배양액의 온도는 질산화 미생물의 배양에 있어 최적온도인 30 ~ 35℃로 유지되도록 제1 온도센서(161)에 의해 제1 배양조(110) 내의 배양액의 온도를 실시간 측정하고 이에 따라 제1 가열부(162) 또는 제1 냉각부(163)를 통해 배양액의 온도를 최적온도로 유지하도록 한다.
- [0102] 본 실시예에서 제1 pH농도 조절모듈(170)은 질산화 미생물의 배양을 위한 최적의 pH농도를 조절하는 역할을 한다.
- [0103] 이를 위해 제1 pH농도 조절모듈(170)은 제1 배양조(110)에 마련되어 배양액의 pH농도를 측정하는 제1 pH농도센서(171)와, 제1 배양조(110)에 마련되어 제1 배양조(110)에 pH농도 조절용액을 공급하는 제1 용액 공급구(172)를 포함한다. 그리고, 제1 pH농도센서(171)는 제1 배양조(110)의 상부에 배치되고 배양액에 침지된다.
- [0104] 본 실시예에서 제1 배양조(110)에 수용된 배양액의 pH농도는 pH 7.5 ~ 7.8로 유지되며, 본 실시예에서 pH농도 조절용액은 20% NaOH 용액이 사용된다.
- [0105] 제1 배양조(110) 내의 배양액의 pH농도가 pH 7.5 미만으로 저하될 경우에는 질산화 미생물 발육에 지장을 초래하여 질산화 미생물의 배양속도가 반감될 수 있으며, 배양액의 pH농도가 pH 7.8을 초과하는 경우에는 질산화 미생물의 배양속도에는 큰 차이가 없으나 pH농도 조절용액이 다량으로 투입되어 손실될 수 있다.
- [0106] 본 실시예에서 제1 배양조(110)에 수용된 배양액의 pH농도가 pH 7.5 ~ 7.8로 유지되도록 제1 pH농도센서(171)에 의해 제1 배양조(110) 내의 배양액의 pH농도를 실시간 측정하고 이에 따라 제1 용액 공급구(172)를 통해 제1 배양조(110) 내에 pH농도 조절용액을 공급한다.
- [0107] 상기와 같이, 본 실시예에 따라 질산화 미생물은 제1 배양조(110)에서 소정시간 일차로 배양된 후 배양액에 함유된 상태에서 미생물 공급부(300)를 통해 제2 배양유닛(200)으로 공급된다. 이때, 제1 배양조(110)에서 배양된 질산화 미생물의 농도는 약 10^7 CFU/ml 에 해당될 수 있다.
- [0108] 본 실시예에 따른 제2 배양유닛(200)은 제1 배양유닛(100), 구체적으로 제1 배양조(110)에 인접하게 마련되며 제1 배양조(110)에서 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액을 공급받아 질산화 미생물을 재차 배양하는 역할을 한다.
- [0109] 제2 배양유닛(200)은 제1 배양조(110)에 인접하게 마련되며 질산화 미생물이 함유된 배양액이 수용된 제2 배양

조(210)와, 제2 배양조(210)에 마련되어 제2 배양조(210)에 수용된 배양액에 공기를 공급하며 배양액을 교반하는 제2 공기 공급모듈(220)과, 제2 배양조(210)에 마련되어 제2 배양조(210)에 수용된 배양액의 온도를 조절하는 제2 온도 조절모듈(260)과, 제2 배양조(210)에 마련되어 제2 배양조(210)에 수용된 배양액에 pH 농도 조절용액을 공급하는 제2 pH농도 조절모듈(270)과, 제2 배양조(210)에 마련되어 제2 배양조(210)에서 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액을 배출하는 배양액 배출부(280)를 포함한다.

- [0110] 본 실시예에 따른 제2 배양조(210)는 제1 배양조(110)와 동일하므로 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0111] 그리고, 본 실시예에 따른 제2 공기 공급모듈(220)은 제2 배양조(210)의 바닥면에 배치되어 제2 배양조(210)의 내부 측벽을 향해 공기를 함유한 배양액을 분사하는 제2 기액 분사부(230)와, 제2 기액 분사부(230)에 연결되어 제2 기액 분사부(230)에 공기를 공급하는 제2 공기 공급부(240)와, 제2 배양조(210)와 제2 기액 분사부(230)를 상호 연통되게 연결하며 제2 배양조(210)에서 제2 기액 분사부(230)로 배양액이 순환되는 제2 배양액 순환유로(250)와, 제2 배양액 순환유로(250)에 연결되어 배양액을 제2 기액 분사부(230)에 공급하도록 제2 배양액 순환유로(250)를 따라 배양액을 순환시키는 제2 배양액 순환펌프(255)를 포함한다.
- [0112] 또한, 본 실시예에 따른 제2 기액 분사부(230)는 제2 배양조(210)의 바닥면에 결합되되 제2 배양액 순환유로(250)가 하측에 연결되고 제2 공기 공급부(240)가 상측에 연결되는 제2 본체부(231)와, 제2 본체부(231)의 측벽 둘레를 따라 복수 개 마련되어 제2 배양조(210)의 내부 측벽을 향해 공기를 함유한 배양액을 분사하는 제2 분사노즐(232)을 포함한다.
- [0113] 또한, 제2 공기 공급부(240)는 일단이 제2 본체부(231)의 상측에 연결되고 타단이 제2 배양조(210)의 상측에 연결되는 제2 공기 공급유로(241)와, 제2 공기 공급유로(241)에 마련되어 제2 배양액 순환펌프(255)의 정지 시 배양액이 제2 본체부(231)에서 제2 공기 공급유로(241)를 따라 역류하는 것을 방지하기 위해 제2 공기 공급유로(241)를 개폐하는 제2 체크밸브(242)를 포함한다.
- [0114] 상기한 제2 기액 분사부(230)와 제2 공기 공급부(240)와 제2 배양액 순환유로(250)와 제2 배양액 순환펌프(255)를 포함하는 제2 공기 공급모듈(220)은 제1 기액 분사부(130)와 제1 공기 공급부(140)와 제1 배양액 순환유로(150)와 제1 배양액 순환펌프(155)를 포함하는 제1 공기 공급모듈(120)과 동일하므로 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0115] 그리고 본 실시예에 따른 제2 온도 조절모듈(260)은 제2 배양조(210)에 마련되어 배양액의 온도를 측정하는 제2 온도센서(261)와, 제2 배양조(210)에 마련되어 배양액을 가열하는 제2 가열부(262)와, 제2 배양조(210)에 마련되어 배양액을 냉각하는 제2 냉각부(263)를 포함한다.
- [0116] 상기한 제2 온도센서(261)와 제2 가열부(262)와 제2 냉각부(263)를 포함하는 제2 온도 조절모듈(260)은 제1 온도센서(161)와 제1 가열부(162)와 제1 냉각부(163)를 포함하는 제1 온도 조절모듈(160)과 동일하므로 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0117] 그리고, 본 실시예에 따른 제2 pH농도 조절모듈(270)은 제2 배양조(210)에 마련되어 배양액의 pH농도를 측정하는 제2 pH농도센서(271)와, 제2 배양조(210)에 마련되어 제2 배양조(210)에 pH농도 조절용액을 공급하는 제2 용액 공급구(272)를 포함한다.
- [0118] 상기한 제2 pH농도센서(271)와 제2 용액 공급구(272)를 포함하는 제2 pH농도 조절모듈(270)은 제1 pH농도센서(171)와 제1 용액 공급구(172)를 포함하는 제1 pH농도 조절모듈(170)과 동일하므로 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0119] 제2 배양조(210)는 제1 배양조(110)에서 소정시간 일차로 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액을 공급받아 제2차 질산화 미생물을 배양하는 공간을 제공하는 역할을 한다.
- [0120] 제2 배양조(210) 내에서 질산화 미생물의 배양은 전술한 제1 배양조(110) 내에서 질산화 미생물의 배양과 마찬가지로, 제2 공기 공급모듈(220)로 제2 배양조(210)에 수용된 배양액에 공기를 공급하고 배양액을 교반하며, 제2 온도 조절모듈(260)을 통해 제2 배양조(210)에 수용된 배양액의 온도를 30 ~ 35℃ 유지되도록 조절하며, 제2 pH농도 조절모듈(270)로 제2 배양조(210)에 수용된 배양액의 pH농도를 pH 7.5 ~ 7.8로 유지되게 조절한다.
- [0121] 한편, 제1 배양조(110) 내의 질산화 미생물이 함유된 배양액은 미생물 공급부(300)에 의해 제2 배양조(210)로 이동된다.
- [0122] 본 실시예에 따른 미생물 공급부(300)는 제1 배양조(110) 내의 배양액이 제2 배양조(210)로 이동가능하게 하는

경로를 제공하는 역할을 한다. 즉, 미생물 공급부(300)는 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)를 상호 연통되게 연결하여 제1 배양조(110)에서 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액이 제2 배양조(210)로 이동가능하게 한다.

- [0123] 이를 위해 미생물 공급부(300)는 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)를 상호 연통되게 연결하여 제1 배양조(110)에 수용된 질산화 미생물이 함유된 배양액이 제2 배양조(210)로 이동되는 미생물 공급유로(310)를 포함한다.
- [0124] 미생물 공급유로(310)는 일단이 제1 배양조(110)에 연결되며 제1 배양조(110)에서 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액이 유입되는 유입구(311)와, 타단이 제2 배양조(210)에 연결되며 유입구(311)를 통해 공급되는 배양액이 제2 배양조(210)로 배출되는 배출구(312)를 포함한다.
- [0125] 배양액이 제1 배양조(110)에서 미생물 공급유로(310)를 따라 제2 배양조(210)로 공급되는 동작을 살펴보면 다음과 같다.
- [0126] 도 5에서 도시한 바와 같이, 복수의 제1 분사노즐(132)을 통해 미세기포를 포함하는 배양액이 제1 배양조(110)의 측벽을 향해 고압 분사되고, 복수의 제1 분사노즐(132)에서 분사된 미세기포를 포함하는 배양액에 의해 제1 배양조(110) 내의 배양액은 제1 배양조(110)의 상부로 상승되고 이후 하강되는 순환경로를 따라 제1 배양조(110) 내에서 교반됨과 동시에 공기를 공급받는다.
- [0127] 그리고, 제1 배양조(110)에 배양액 공급부(180)를 통해 새로운 배양액이 공급되면, 새로운 배양액에 대응하는 소정량의 배양액은 미생물 공급유로(310)를 따라 제1 배양조(110)에서 제2 배양조(210)로 공급되고, 연속하여 제2 배양조(210)에서 배양된 질산화 미생물이 제2 배양조(210)의 배양액 배출부(280)를 따라 폐수처리장치(1)로 배출된다.
- [0128] 이때, 본 실시예에 따른 미생물 공급유로(310)는 제1 배양조(110)에 수용되는 배양액의 높이보다 낮은 위치에 배치되고, 배양액 배출부(280)는 제2 배양조(210)에 수용된 배양액의 높이보다 낮은 위치에 배치된다.
- [0129] 한편, 본 실시예에서는 질산화 미생물이 미생물 공급유로(310)를 따라 제1 배양조(110)에서 제2 배양조(210)로 공급된 후 제2 배양조(210)에서 소정시간 재차 배양된다. 따라서, 제1 배양조(110)에서 질산화 미생물을 배양하는 동안 제2 배양조(210)에서 제1 배양조(110)로 배양액이 역류하는 것을 방지하도록 본 실시예에 따른 미생물 공급부(300)는 미생물 공급유로(310)에 마련되어 제2 배양조(210)에서 제1 배양조(110)로 배양액이 역류하는 것을 방지하도록 미생물 공급유로(310)를 개폐하는 제3 체크밸브(320)를 더 포함할 수 있다.
- [0130] 또한, 본 실시예에서는 제2 배양조(210)에서 질산화 미생물이 배양되는 동안 배양액이 외부로 배출되는 것을 방지하기 위하여 배양액 배출부(280)에 제4 체크밸브(281)가 마련될 수 있다.
- [0131] 상기와 같이 구성되는 본 발명의 제1 실시예에 따른 질산화 미생물 배양장치(10)를 이용한 질산화 미생물 연속 배양방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0132] 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따라 제1 배양조에서 제2 배양조로 배양액을 공급함과 동시에 제2 배양조에서 폐수처리장치(1)로 배양액을 배출하는 동작을 나타내는 동작상태도이다.
- [0133] 도 6을 참조하면, 초기에 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)에 질산화 미생물과 배양액을 공급하고, 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210) 내에서 질산화 미생물을 배양한다.
- [0134] 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)에서 질산화 미생물을 배양하는 경우에, 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)에 각각 마련된 제1 기액 분사부(130)와 제2 기액 분사부(230)를 통해 배양액을 교반하고 배양액에 공기를 공급한다.
- [0135] 또한, 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210) 내의 배양액의 pH 농도를 조절하기 위해 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)에 각각 마련된 제1 pH농도 조절모듈(170)과 제2 pH농도 조절모듈(270)을 이용하여 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210) 내에서 배양액의 pH농도가 pH 7.5 ~ 7.8로 유지되게 한다.
- [0136] 또한, 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210) 내의 배양액의 온도를 조절하기 위해 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)에 각각 마련된 제1 온도 조절모듈(160)과 제2 온도 조절모듈(260)을 이용하여 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210) 내에서 배양액의 온도가 30 ~ 35℃로 유지되게 한다.
- [0137] 상기와 같이, 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)에서 질산화 미생물을 소정시간 배양한 후 제1 배양조(110)에서 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액은 소정량 제2 배양조(210)로 공급된다.

- [0138] 제1 배양조(110)에서 제2 배양조(210)로의 배양액 공급은 배양액 공급부(180)를 통해 새로운 배양액이 제1 배양조(110)에 공급되면, 배양액 공급부(180)에서 공급되는 새로운 배양액에 대응되는 소정량의 배양액이 미생물 공급유로(310)를 따라 제1 배양조(110)에서 제2 배양조(210)로 공급된다. 이때, 제3 체크밸브(320)에 의해 미생물 공급유로(310)가 개방된 상태이다.
- [0139] 그리고, 제1 배양조(110)에서 제2 배양조(210)로 소정량의 배양액이 공급된 경우에 제1 배양조(110)에서 제2 배양조(210)로 공급된 배양액의 양에 대응되는 제2 배양조(210)에 수용된 질산화 미생물이 함유된 배양액은 제2 배양조(210)에서 배양액 배출부(280)를 따라 폐수처리장치(1)로 공급된다. 이때, 제4 체크밸브(281)에 의해 배양액 배출부(280)가 개방된 상태이다.
- [0140] 상기한 바와 같이 본 실시예에서는 제1 배양조(110)에서 소정시간 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액을 소정량 제2 배양조(210)로 공급하며, 제1 배양조(110)에서 공급받은 배양액의 양에 대응하여 제2 배양조(210)에서 소정시간 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액을 폭기조 등의 폐수처리장치(1)로 배출한 후 제2 배양조(210)에서 질산화 미생물을 재차 배양한다.
- [0141] 이때, 배양액 배출부(280)를 통해 제2 배양조(210)에서 폐수처리장치(1)로 공급되는 배양액의 양에 대응하는 새로운 배양액이 배양액 공급부(180)를 통해 제1 배양조(110)에 공급된다.
- [0142] 특히, 본 실시예는 질산화 미생물의 배양에 따른 lag phase time을 현저하게 감소시켜 폐수처리장치(1)로 배양된 질산화 미생물을 유동성있게 공급하고자 하는 것이다.
- [0143] 구체적으로, 본 실시예에서 제1 배양조(110)와 제2 배양조(210)에는 각각 50 liter의 질산화 미생물이 함유된 배양액이 수용된 상태이며, 최대 1일 동안 제1 배양조(110)에서 수용된 배양액 총량의 최대 40%에 해당하는 20 liter까지 질산화 미생물이 함유된 배양액을 제2 배양조(210)로 공급할 수 있다.
- [0144] 따라서, 제2 배양조(210)로부터 폐수처리장치(1)로 공급된 질산화 미생물 배양액에 대응되는 만큼, 제1 배양조(110)에서 제2 배양조로 질산화 미생물이 함유된 배양액이 공급될 수 있다. 그리고, 제1 배양조(110)에는 이에 해당하는 만큼의 새로운 배양액이 공급된다.
- [0145] 따라서, 본 실시예에서는 매일 미생물 배양장치(10)로부터 폐수처리장치(1)로 공급되는 질산화 미생물이 함유된 배양액만큼 새로 질산화 미생물 배양액이 제조되므로, 유동적으로 공급할 수 있다.
- [0146] 먼저, 본 발명의 제2 실시예에 따른 질산화 미생물 배양장치에 대하여 설명하면 다음과 같다.
- [0147] 도 7을 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 질산화 미생물 배양장치(10a)는 질산화 미생물을 일차로 배양하는 제1 배양유닛(100a)과, 제1 배양유닛(100a)에 인접하게 마련되고 제1 배양유닛(100a)으로부터 배양된 질산화 미생물이 함유된 배양액을 소정량 공급받음과 동시에 제1 배양유닛(100a)으로부터 공급받은 배양액의 양에 대응하는 배양액을 배출한 후 질산화 미생물을 재차 배양하는 제2 배양유닛(200a)과, 제1 배양유닛(100a)과 제2 배양유닛(200a)을 상호 연통되게 연결하여 제1 배양유닛(100a)에서 제2 배양유닛(200a)으로 질산화 미생물이 함유된 배양액을 공급하는 미생물 공급부(300a)를 포함한다.
- [0148] 본 발명의 제2 실시예에 따른 제1 배양유닛(100a)과 제2 배양유닛(200a) 및 미생물 공급부(300a)는 본 발명의 제1 실시예에 따른 제1 배양유닛(100)과 제2 배양유닛(200) 및 미생물 공급부(300)와 동일하므로 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 하며, 이하 차이점에 대하여 설명하기로 한다.
- [0149] 본 발명의 제2 실시예에 따른 제1 배양유닛(100a)의 제1 기액 분사부(130a)는 제1 배양조(110a)에 중심에 대해 미생물 공급유로(310a)의 유입구(311a) 방향으로 편심되게 배치된다. 그리고, 제1 기액 분사부(130a)에서 배출되는 공기압을 조절하여 미생물 공급유로(310a)의 유입구(311a)가 배치되는 제1 배양조(110a)의 영역에서 배양액의 상승높이가 제1 배양조(110a)의 미생물 공급유로(310a)의 유입구(311a)가 배치되는 제1 배양조(110a)의 영역에 대향되는 제1 배양조(110a)의 영역에서의 배양액의 상승높이보다 높게 할 수 있다. 즉, 제1 배양조(110a) 내에서 배양액의 수면이 미생물 공급유로(310a)의 유입구(311a)가 배치되는 제1 배양조(110a)의 영역으로 경사지게 할 수 있다.
- [0150] 따라서, 미생물 공급유로(310a)의 유입구(311a)가 배치되는 제1 배양조(110a)의 영역에서 상승된 배양액은 제3 체크밸브(320a)에 의해 미생물 공급유로(310a)의 유입구(311a)가 개방된 상태에서 미생물 공급유로(310a)의 유입구(311a)로 흘러 들어간 후 미생물 공급유로(310a)를 따라 배출구(312a)를 통해 제2 배양조(210a)로 공급될 수 있다.

- [0151] 또한, 본 발명의 제2 실시예에 따른 제2 배양유닛(200a)의 제2 기액 분사부(230a)는 제2 배양조(210a)의 중심에 대해 배양액 배출부(280a) 방향으로 편심되게 배치된다. 그리고, 제2 기액 분사부(230a)에서 배출되는 공기압을 조절하여 배양액 배출부(280a)가 배치되는 제2 배양조(210a)의 영역에서 배양액의 상승높이가 제2 배양조(210a)의 미생물 공급유로(310a)의 배출구(312a)가 배치되는 제2 배양조(210a)의 영역에서의 배양액의 상승높이보다 높게 할 수 있다. 즉 제2 배양조(210a) 내에서 배양액의 수면이 배양액 배출부(280a)가 배치되는 제2 배양조(210a)의 영역으로 경사지게 할 수 있다.
- [0152] 따라서, 배양액 배출부(280a)가 배치되는 제2 배양조(210a)의 영역에서 상승된 배양액은 제4 체크밸브(281a)에 의해 배양액 배출부(280a)가 개방된 상태에서 배양액 배출부(280a)로 흘러 들어간 후 폐수처리장치(1)로 배출된다.
- [0153] **고농도 질소를 함유한 폐수의 처리방법**
- [0154] 상기와 같이 구성되는 본 발명의 실시예에 따른 폐수처리장치(1)를 이용한 고농도 질소를 함유한 폐수의 처리방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0155] 일반적으로 폐수처리장치는 공정운전인자를 제어하여 질산화 미생물의 개체수를 유지시키거나, 질산화 효율의 저하를 최소화하고자 하는데, 초점이 맞춰져 있다. 그러나 공정운전인자의 제어는 외부영향을 최소화하는데는 효과가 나타날 수 있으나, 일정하지 않아 공정 운전이 어렵고, 폐수에 의한 효율 저하에는 대처하기 어렵다는 문제점이 있다.
- [0156] 이러한 문제점을 해결하기 위하여 질산화 미생물을 담체화하여 개체수를 증가시키는 기술이 개발되었으나, 담체 개발에 따른 비용이 소요되며, 담체의 낮은 내구성으로 인해 교체비용이나, 담체 내 산소 전달률이 낮아져 시간에 따라 질산화 제거 효율이 크게 감소하게 되는 등의 문제점들이 발생하였다.
- [0157] 따라서 본 발명은 상기 문제점들을 극복하기 위하여 본 발명의 폐수처리방법은 미생물 배양장치를 통해 질산화 미생물을 연속적으로 배양하고, 호기조 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한 번에 미생물 배양장치로부터 호기조로 공급하는 단계를 포함한다.
- [0158] 구체적으로, 초기에 (a) 폐수를 무산소조(20)로 유입시키고, 폐수 중의 유기물을 이용하여 탈질시킨다.
- [0159] 무산소조(20)는 유입된 폐수를 교반기로 교반하여, 폐수에 존재하는 유기물을 제거하며, 호기조(30)로부터 반송된 질산화 된 슬러지를 무산소조조건에서 탈질과정(Denitrification)을 유도하여 질소가스를 대기 중에 방출하여 탈질화하도록 한다. 탈질반응이 보다 잘 이뤄지도록 교반기(23)를 설치할 수 있고, 산소는 공급되지 않는다.
- [0160] 다음 (b) 상기 (a) 단계에서 처리된 처리수를 호기조(30)로 공급함과 동시에, 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한번에 미생물 배양장치(10)로부터 호기조(30)로 공급하여, 질소를 제거한다.
- [0161] 상기 호기조(30)는 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한번에 미생물 배양장치(10)로부터 배양액 수송유로(280)를 통해 공급받을 수 있는데, 배양액 수송유로(280)는 펌프의 구동을 제어하여 호기조(30)에 원하는 시간마다 주기적으로 질산화 배양액을 미생물 배양장치(10)로부터 공급할 수 있다.
- [0162] 상기 배양액 수송유로(280)의 펌프 구동은 펌프제어장치를 통해 제어될 수 있고, 예컨대 호기조(30)에는 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%의 질산화 미생물 배양액을 한꺼번에 미생물 배양장치(10)로부터 호기조(30)로 공급하게 되고, 공급시기는 호기조(30)의 상태에 따라 조절할 수 있다.
- [0163] 종래에는 질산화 제거 효율을 개선하기 위해서 가장 중요한 요소로써 질산화 미생물 배양액 또는 질산화 미생물의 공급시기 및 공급량에 있음을 고려하지 못하였다. 이에 종래 폐수처리장치들은 공정 운전인자(폭기량, 체류 시간 및 온도 등)만을 개선하는 방향으로 개발이 이루어져 왔다. 이에 본 발명은 질산화 반응을 효율적으로 진행하여 질산화 제거 효율을 높이기 위해, 호기조(30)에 공급되는 질산화 미생물 배양액의 공급시기와 공급량이 중요한 요소로 작용함을 발견하였고, 이를 위하여 배양된 질산화 미생물 배양액을 공급하는 시기와 공급량에 대하여 구체적인 실험을 진행하였다.
- [0164] 폐수처리장치에서의 BOD, TN, 온도, SRT, MLSS, HRT, 슬러지 반송량, 교반 속도, 내외부 반송 등의 인자를 고려한 결과, 동일한 양의 질산화 미생물 배양액을 3 내지 5회/일로 나누어 주기적으로 일정량을 주입하는 것과 한번에 주입하는 것을 비교하고자 하였다. 그 결과 고농도의 질산화 미생물 배양액이 한번에 호기조(30) 내로 공

급되는 것이 질산화 반응이 지속적으로 이뤄지게 하여, 시간이 지남에 따라 2 내지 3 배 이상 더 많은 질소를 제거하는 것으로 확인하였다.

[0165] 공급되는 질산화 미생물 배양액의 총 양이 동일하더라도, 이를 나누어 주기적으로 공급하는 경우에는 lag time 이 길어지게 되어, 호기조(30) 내에서 wash out 되므로, 질산화 반응을 하기위한 충분한 질산화 미생물을 확보 할 수 없게 되므로 효율이 크게 저하되는 것을 알 수 있다.

[0166] 특히, 상기 호기조(30)는, 도면에는 도시하지 않았지만 호기조(30) 내부에 배치되는, 호기조(30)의 암모니아성 질소의 농도를 측정하는 질소농도 측정센서;를 포함할 수 있다. 상기 질소농도 측정센서는 호기조(30) 내의 암모니아성 농도를 계속해서 측정할 수 있으므로, 질소농도 측정센서의 신호에 따라 펌프제어장치(290)를 조정하여 미생물 배양장치(10)로부터 유입되는 질산화 미생물 배양액의 공급시기와 공급량을 조절할 수 있다.

[0167] 상기 펌프제어장치(290)는 상기 배양액 수송유로(280)에 위치하고, 상기 호기조(30) 내부에 배치되는 질소농도 측정센서로부터 처리수의 암모니아성 질소의 농도를 측정하여, 암모니아성 질소의 농도가 20 ppm 이상이면, 상기 펌프제어장치(290)를 통해 펌프의 구동을 제어하여, 질산화 미생물 배양액이 미생물 배양장치(10)로부터 호기조(30)로 공급되도록 제어할 수 있다.

[0168] 즉, 상기 미생물 배양장치로부터 질산화 미생물을 공급할 수 있고, 바람직하게 상기 미생물 배양장치가 질산화 미생물을 연속으로 배양할 수 있는 연속식 배양장치라 하더라도, 질산화 미생물 배양액을 일정한 기준없이 지속적으로 공급하는 경우에는, 오히려 질산화제거효율이 거의 나타나지 않는 문제가 발생할 수 있다.

[0169] 따라서, 미생물 배양장치(10)를 통해 최적의 활성을 갖는 질산화 미생물 배양액(10^7 CFU/ml)을, 호기조(30) 총 용적을 기준으로 0.05 내지 0.5 부피%로, 암모니아성 질소의 농도가 20 ppm 이상일 때마다 한번에 공급한다면 단순결합을 통해 얻을 수 있는 효과 이상의 현저한 효과를 달성할 수 있다. 구체적으로 동일한 미생물 배양장치(10)를 통해 동일한 질산화 미생물 배양액(10^7 CFU/ml)을 단발성으로 주입하였을 때와, 4회에 걸쳐 나누어 주입한 경우를 비교하면 나누어 주입한 경우가 장기적인 폐수처리과정에서 2 내지 3배 이상의 더 낮은 질소 농도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0170] 이어서 (c) 상기 (b) 단계에서 호기조(30)로부터 처리된 처리수의 일부를 무산소조(20)로 반송한다. 상기 호기조(30)로부터 상기 무산소조(20)로 내부반송되는 처리수의 양은 유입된 폐수 대비 100 내지 200%이고, 구체적으로 110 내지 130%일 수 있다.

[0171] 최종적으로 (d) 상기 (b) 호기조(30)에서 처리된 처리수를 침전조(40)로 공급하여, 처리수 내에 불순물을 침전시킨 후, 정화된 물은 배출하고, 침전물의 일부는 상기 무산소조(20)로 반송한다. 상기 무산소조(20)로 외부반송되는 처리수의 양은 유입된 폐수 대비 10 내지 50%인데, 보다 바람직하게는 10 내지 40%일 수 있다.

[0172] 이와 같이 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형할 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 수정 예 또는 변형 예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

[0173] 이하, 본 발명에 관하여 더욱 상세히 설명하지만 본 발명이 이러한 제예들에 한정되는 것은 아니다.

[0174] 제조예 1 및 비교예 1

[0175] 본 발명에 따른 폐수처리장치가 폐수를 처리하였을 경우, 질소제거 효과를 확인하기 위하여 다음과 같이 제조예와 비교예를 구성하였다.

[0176] 폐수 처리용량 100 L를 기준으로, 본 발명에 따른 폐수처리장치를 제작한 파일럿 규모 폐수처리장치를 구축하였다. 파일럿 플랜트에서 무산소조, 호기조, 침전조는 각각 37.5 Liter, 62.5 Liter, 6.25 Liter였다.

[0177] 유입수(폐수)는 아래 표 1의 조성을 갖는 암모니아성 질소 인공 폐수를 사용하였고, 1.25 Liter/hr로 공급되었다. 수리학적 체류시간(HRT)는 120 시간이었고, 운전온도는 18 °C였다. 폭기는 호기조에서만 진행되었고 공기 공급량은 3.5 Liter/min이었다.

표 1

원료	단위	최종 농도 (ppm)
(NH ₄) ₂ SO ₄	g	5

KH ₂ PO ₄	g	0.7
Na ₂ HPO ₄	g	0.7
MgSO ₄ · 7H ₂ O	g	0.1
CaCl ₂	g	0.05
FeSO ₄ · 7H ₂ O	g	0.004
CuSO ₄ · 5H ₂ O	g	0.0002
Purified Water	Liter	1

- [0179] 이어서 호기조 용적을 기준으로 0.16 부피%로 질산화 미생물 배양액(10^7 CFU/ml)을 1일 마다 한번에 모두 투입하였으며(제조예 1)(Slug dose), 비교예 1(continuous dose)은 상기 질산화 미생물 배양액을 1일 동안 25 ml씩 4회에 나누어 투입하였고, 5일동안 반복하였다.
- [0180] 제조예 1 또는 비교예 1의 파일럿 폐수처리장치를 통과하여 유출되는 처리수로부터 질소농도를 측정하여 도 8에 나타내었는데, 측정에 사용된 모든 실험방법은 표준공정시험방법에 따랐다.
- [0181] 도 8은 인공 폐수를 본발명에 따른 파일럿 폐수처리장치에 유입하였을 때, 상기 폐수처리장치에서 처리된 처리수에서의 질산성 질소의 농도를 5일동안 측정한 값을 나타낸 그래프이다.
- [0182] 도 8에 나타난 바와 같이, 동일한 질산화 미생물 배양액을 연속적으로 나누어 공급하는(비교예 1) 방법보다, 일괄적으로 주입하는 제조예 1의 방법이 더 높은 암모니아성 질소를 제거하는 것을 확인하였다. 구체적으로 제조예 1의 파일럿 폐수처리장치는 5일째가 되는 날 700 ppm만이 남아 있는데 반해, 비교예 1의 파일럿 폐수처리장치는 5일째가 되는 날 900 ppm이 남아있으므로, 처리한 질소의 양이 제조예 1의 파일럿 폐수처리장치(300 ppm)가 비교예 1(100 ppm) 보다 3배 더 많은 것을 확인하였다.
- [0183] 이는 질산화 미생물의 생리학적 특성과 성장 특성에 의한 것이라 여겨진다. 다만, 질산화 미생물이 낮은 개체수로 지속적으로 공급되는 경우에는 lag time으로 인해 호기조 내에서 wash out 되는 현상으로 인해 암모니아성 질소 농도 제거 활성이 현저히 낮은 것으로 여겨진다.
- [0184] 반면 호기조 내에 호기조 용적을 기준으로 0.16 부피% 이상의 개체수가 한번에 공급될 경우, 호기조 내에 존재하는 질산화 미생물의 개체수를 일정수준 이상으로 유지하기가 용이하므로, 정족수 인식기작에 의해 높은 질소화합물 산화 활성을 보이고, 이와 더불어 세포 내 다양한 생리현상이 활성화되기 때문에, 우수한 질산 제거 효과를 나타냄을 확인하였다.
- [0185] 즉, 단순히 미생물 배양장치를 폐수처리장치에 결합하여, 질산화 미생물 배양액을 단순히 공급하는 것만으로는 질소제거 효과가 오히려 저하될 수 있으며, 이와 같이 호기조 내에 호기조 용적을 기준으로 0.16 부피% 이상 질산화 미생물 배양액이 공급되어야만 높은 효율성을 나타냄을 알 수 있다.
- [0186] 특히, 향후 폐수처리장치 운전 과정에 질산화 미생물 배양액은 호기조 내에 수용된 처리수의 질소 농도가 20 ppm을 초과하면, 상기 호기조 용적을 기준으로 0.16 부피%에 해당하는 질산화 미생물 배양액(10^7 CFU/ml)을 미생물 배양장치로부터 한번에 호기조에 주입하는 것이 가장 바람직함을 확인하였다.
- [0187] 또한, 본 실시예에 따른 폐수처리장치가 제대로 운전되는지를 확인하기 위하여, 상기 인공폐수에 암모니아성 질소를 각각 250, 500, 1000, 1500, 2000 ppm 첨가하고, 이들을 각각 본 실시예에 따른 폐수처리장치에 유입시켰을 때, 호기조와 배출되는 배출수에서 암모니아성 질소를 측정하여, 표 2에 나타내었다.
- [0188] 이어서 인공폐수를 유입시키고 운전을 진행하였을 때, 호기조의 암모니아성 질소가 20 ppm을 초과할 경우(약 20~30일 소요), 질산화 미생물 배양액이 투입되는지 확인하고, 투입되고 나서 호기조와 배출되는 배출수에서 암모니아성 질소를 측정하여 표 2에 함께 표시하였다.

표 2

[0189]	공정 일자	운전 기간	인공폐수에 첨가한 암모니아성 질소 농도	호기조에서 측정된 암모니아성 질소 농도	배출수에서 측정된 암모니아성 질소 농도
	6/20~7/5	15일	250 ppm	ND	ND

7/10~ 7/25	15일	500 ppm	ND	ND
8/5~ 8/20	15일	1000 ppm	ND	ND
8/20~ 9/4	15일	1500 ppm	ND	5
9/5~ 9/20	15일	2000 ppm	ND	9.4
9/17~ 10/20	30 일	- 질산화 미생물 유입 전(20 ppm 초과 시점)	23.5	19.8
	35 일	- 질산화 미생물 유입 후	ND	ND

[0190] 표 2에 나타난 바와 같이 인공폐수에 포함되는 암모니아성 질소의 농도가 변화함에도 불구하고, 본 실시예에 따른 폐수처리장치는 유연하게 대처하고 있음을 확인하였다. 즉 폐수 내에 질소의 함량이 변화하더라도 본 발명에 따른 폐수처리장치는 공정조건의 변화없이 유연하게 대처할 수 있음을 우수한 질소제거 효과를 통해 확인하였다.

[0191] 또한, 호기조에서 20 ppm이상의 암모니아성 질소가 측정되면 본 실시예에 따른 폐수처리장치는 질산화 미생물 배양액이 자동적으로 투입되며 이를 통해 배출되는 배출수에서 암모니아성 질소의 농도를 효율적으로 제어할 수 있음을 확인하였다(인공폐수만 사용하는 경우 호기조 암모니아성 질소의 함량이 20 ppm을 초과하기 위해서는 다양한 외부요인들에 의해 20~30일이 소요되었으며, 본 실험에서는 30일이 소요되었다).

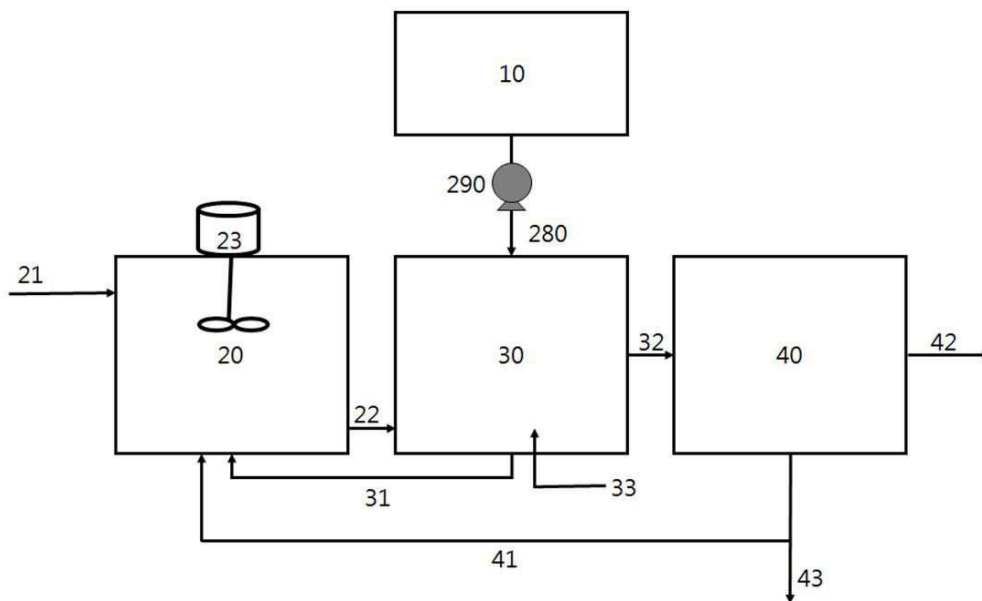
부호의 설명

[0192] 1 : 폐수처리장치 10, 10a: 미생물 배양장치
 20: 무산소조 30: 호기조
 40: 침전조 21: 폐수 유입구
 22: 제1 처리수 수송유로 31: 내부반송펌프
 32: 제2 처리수 수송유로 33: 폭기수단
 41: 외부반송펌프 42: 배출구
 43: 슬러지 배출구 44: 배양액 배출구
 280: 배양액 수송유로 290: 펌프조절장치
 100, 100a: 제1 배양유닛 110, 110a: 제1 배양조
 120, 120a: 제1 공기 공급모듈 130, 130a: 제1 기액 분사부
 131, 131a: 제1 본체부 132, 132a: 제1 분사노즐
 133: 제1 결합체 134: 흡부
 135: 제1 관통홀 136: 흡입홀
 137: 제2 결합체 138: 공간부
 139: 제2 관통홀 140, 140a: 제1 공기 공급부
 141, 141a: 제1 공기 공급유로 142, 142a: 제1 체크밸브
 150, 150a: 제1 배양액 순환유로 155, 155a: 제1 배양액 순환펌프
 160, 160a: 제1 온도 조절모듈 161, 161a: 제1 온도센서
 162, 162a: 제1 가열부 163, 163a: 제1 냉각부

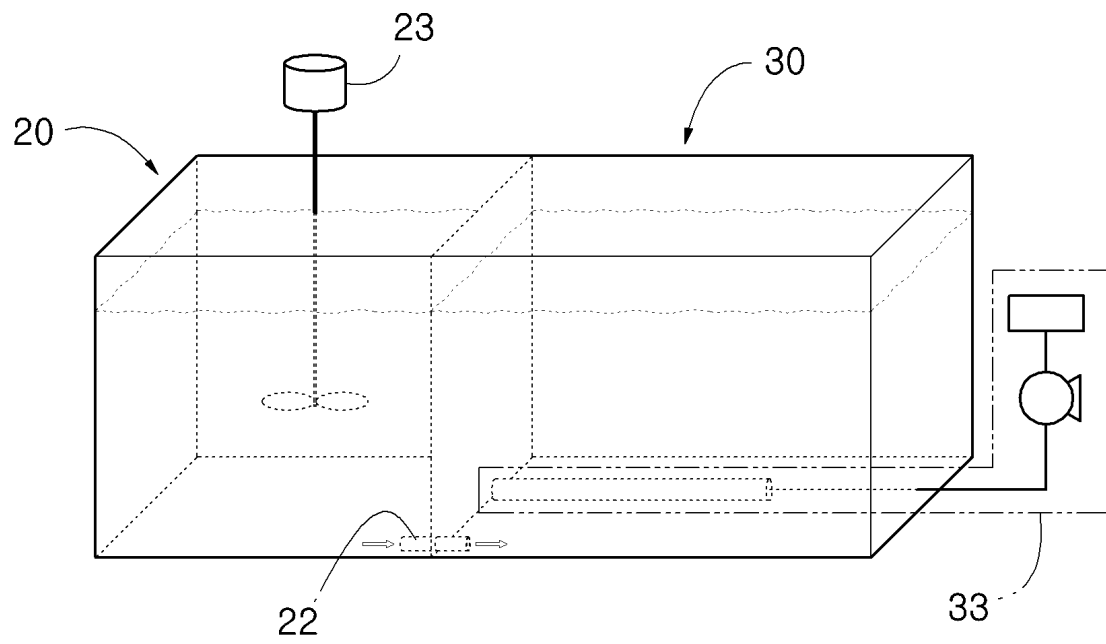
170, 170a: 제1 pH농도 조절모듈 171, 171a: 제1 pH농도센서
 172, 172a: 제1 용액 공급구 180, 180a: 배양액 공급부
 200, 200a: 제2 배양유닛 210, 210a: 제2 배양조
 220, 220a: 제2 공기 공급모듈 230, 230a: 제2 기액 분사부
 231, 231a: 제2 본체부 232, 232a: 제2 분사노즐
 240, 240a: 제2 공기 공급부 250, 250a: 제2 배양액 순환유로
 255, 255a: 제2 배양액 순환펌프 260, 260a: 제2 온도 조절모듈
 261, 261a: 제2 온도센서 262, 262a: 제2 가열부
 263, 263a: 제2 냉각부 270, 270a: 제2 pH농도 조절모듈
 271, 271a: 제2 pH농도센서 272, 272a 제2 용액 공급구
 280, 280a: 배양액 배출부 281, 281a: 제4 체크밸브
 300, 300a: 미생물 공급부 310, 310a: 미생물 공급유로
 311, 311a: 유입구 312, 312a: 배출구
 320, 320a: 제3 체크밸브

도면

도면1

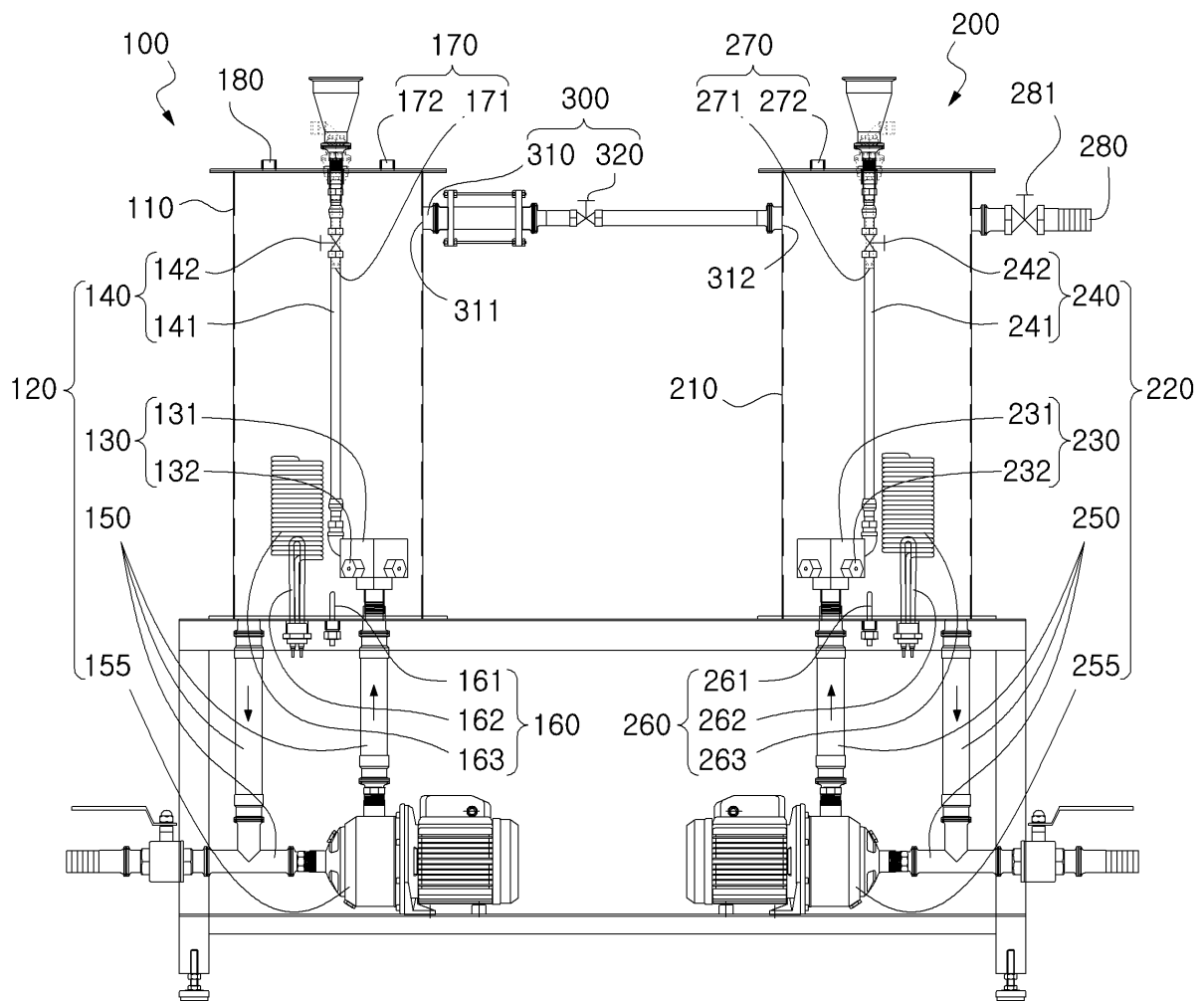


도면2

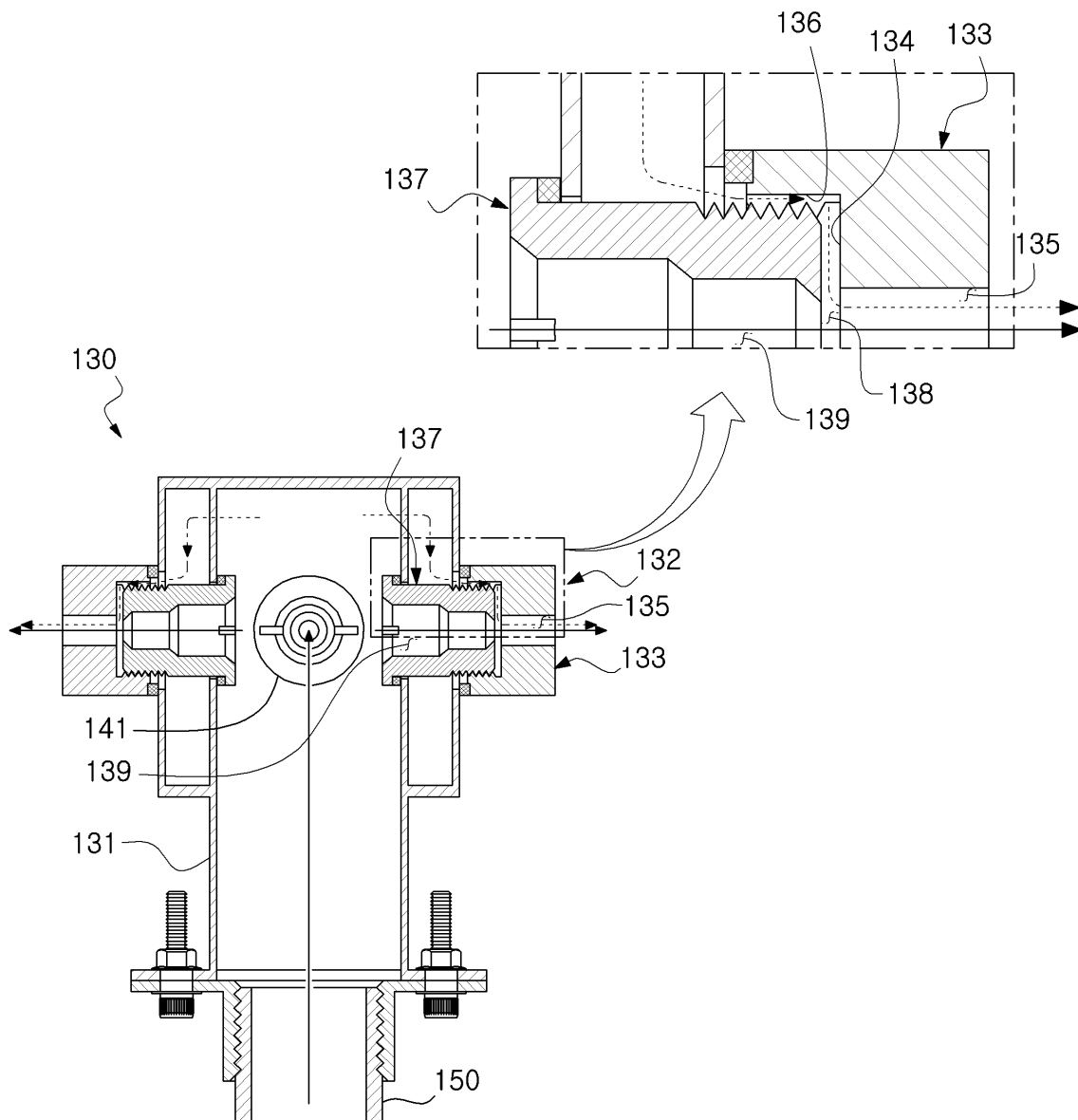


도면3

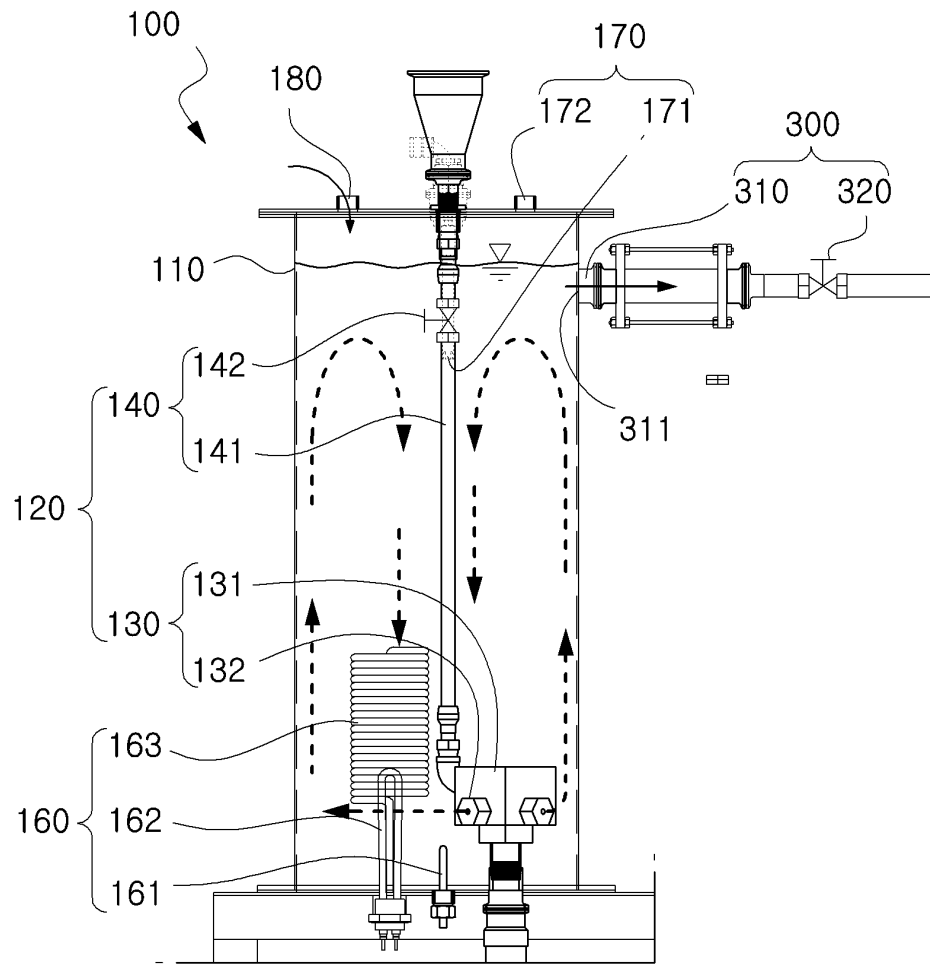
10



도면4

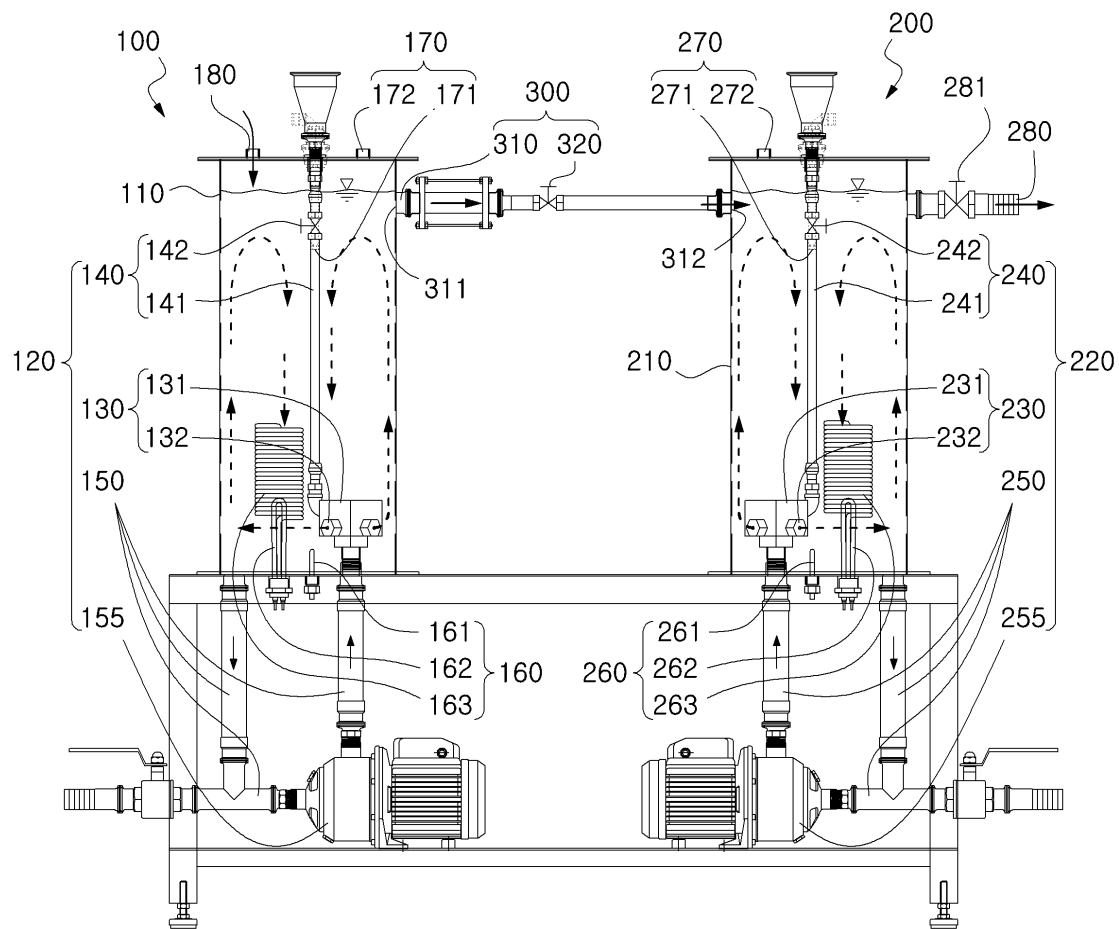


도면5

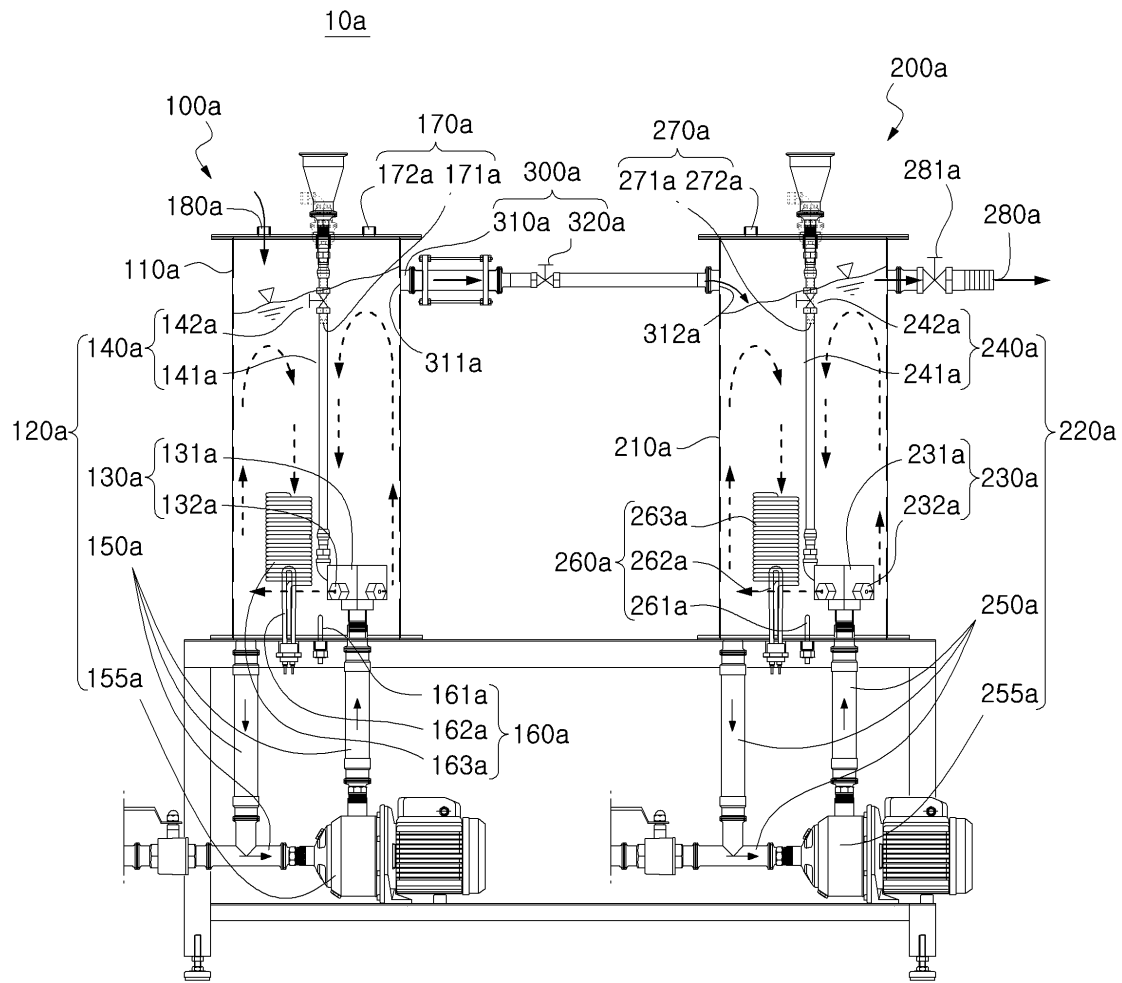


도면6

10



도면7



도면8

