(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0008502
(43) 공개일자 2016년01월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 3/00 (2006.01) *C02F 1/24* (2006.01)
C02F 3/08 (2006.01) *C02F 3/10* (2006.01)
C02F 3/12 (2006.01) *C02F 3/30* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 3/006 (2013.01)
C02F 1/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7026159
(22) 출원일자(국제) 2014년03월14일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2015년09월22일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/028069
(87) 국제공개번호 WO 2014/152872
국제공개일자 2014년09월25일
(30) 우선권주장
61/783,232 2013년03월14일 미국(US)

(71) 출원인
디.시. 워터 앤 수어 오쏘러티
미국, 워싱턴, 디시 20032, 사우쓰웨스트 오버룩 애비뉴 5000
햄톤 로즈 새니테이션 디스트릭트
미국, 버지니아 23471-0911, 버지니아 비치, 피. 오. 박스 5911, 에어 레일 에비뉴 1434
(72) 발명자
레그미, 퍼스커
미국, 버지니아 23471-0911, 버지니아 비치, 피. 오. 박스 5911, 에이치알에스디
밀러, 마크
미국, 버지니아 23471-0911, 버지니아 비치, 피. 오. 박스 5911, 에이치알에스디
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한양특허법인

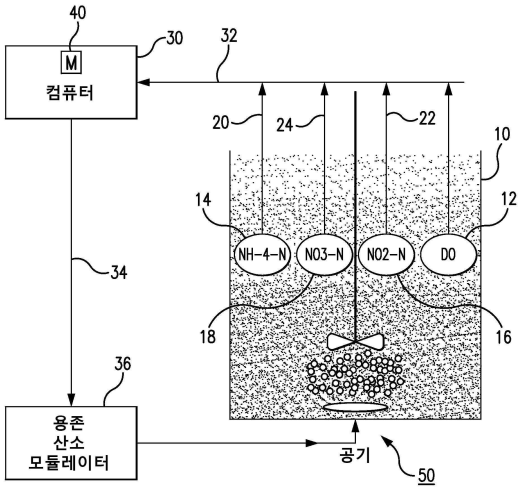
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 **폐수로부터 질소 제거를 최대화하기 위한 방법 및 장치**

(57) 요 약

반응기 및 제어 방법은 동적 DO 농도 또는 통기 간격의 제어, NOB의 억제, 및 일시적인 무산소 및 유산소 SRT의 제어를 통해, 반응기 암모니아(NH4) 및 산화된 질소(NOx) 농도를 대략적으로 동일하게 유지함으로써 통기 요건을 최소화하고 질소 제거를 최대화한다. 제어들은, 1) 암모니아, 아질산염, 질산염의 실시간 측정, 2) 작동 DO 및 DO 설정 값의 적절한 사용, 및 3) 광범위한 반응기 구성 및 작동 상태에서 일시적인 무산소의 적절한 구현을 이용하여 질화, 제한된 아질산염화, 아질산염화, 탈질화, 제한된 탈아질산염화, 탈아질산염화를 통한 TIN 제거를 위한 퍼텐셜을 최대화 하기 위하여 제공된다.

대 표 도 - 도11



(52) CPC특허분류
C02F 3/08 (2013.01)
C02F 3/104 (2013.01)
C02F 3/1257 (2013.01)
C02F 3/1263 (2013.01)
C02F 3/1268 (2013.01)
C02F 3/301 (2013.01)
C02F 3/307 (2013.01)
C02F 2209/001 (2013.01)
C02F 2209/005 (2013.01)
(72) 발명자
머시, 서디르 엔.
미국, 디스트릭트 오브 컬럼비아 20032, 워싱턴, 사우쓰웨스트, 오버룩 애비뉴 5000, 디.시. 워터 앤 수어 오쏘러티
보트, 찰스 비.
미국, 버지니아 23471-0911, 버지니아 비치, 피. 오. 박스 5911, 에이치알에스디

명 세 서

청구범위

청구항 1

a) 반응기;

b) 실시간으로 반응기 내의 암모니아의 농도를 감지하고 암모니아 농도 신호를 생성하는 암모니아 센서;

c) 실시간으로 반응기 내의 아질산염(nitrite)의 농도를 감지하고 아질산염 농도 신호를 생성하는 아질산염 센서;

d) 실시간으로 반응기 내의 질산염(nitrate)의 농도를 감지하고 질산염 농도 신호를 생성하는 질산염 센서;

e) 암모니아 농도 신호, 아질산염 농도 신호 및 질산염 농도 신호를 수신하고, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 반응기에서 용존 산소의 농도를 증가시키거나, 감소시키거나, 또는 유지시키기 위한 지시를 생성하는 제어기; 및

f) [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 제어기의 제어 하에 반응기로 용존 산소를 공급하는 용존 산소 모듈레이터(modulator)

를 포함하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 초과인 경우, 상기 제어기가 용존 산소의 농도를 증가시키기 위한 지시를 생성하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 미만인 경우, 상기 제어기가 용존 산소의 농도를 감소시키기 위한 지시를 생성하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 인 경우, 상기 제어기가 용존 산소의 농도를 유지하기 위한 지시를 생성하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 제어기가 약 1.18 내지 약 1.45인 [암모니아 농도]에 대한 [아질산염과 질산염의 농도의 합]의 비를 유지하도록 용존 산소의 농도를 증가시키거나, 감소시키거나, 또는 유지시키기 위한 지시를 생성하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 제어기가 약 1.32와 동일한 [암모니아 농도]에 대한 [아질산염과 질산염의 농도의 합]의 비를 유지하도록 용존 산소의 농도를 증가시키거나, 감소시키거나, 또는 유지시키기 위한 지시를 생성하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 7

a) 반응기;

b) 실시간으로 반응기 내의 암모니아의 농도를 감지하고 암모니아 농도 신호를 생성하는 암모니아 센서;

c) 실시간으로 반응기 내의 아질산염(nitrite)의 농도를 감지하고 아질산염 농도 신호를 생성하는 아질산염 센서;

d) 실시간으로 반응기 내의 질산염(nitrate)의 농도를 감지하고 질산염 농도 신호를 생성하는 질산염 센서;

e) 암모니아 농도 신호, 아질산염 농도 신호 및 질산염 농도 신호를 수신하고, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 반응기 내의 유산소 및 무산소 기간의 지속기간을 증가시키거나, 감소시키거나, 또는 유지시키기 위한 지시를 생성하는 제어기; 및

f) 유산소 및 무산소 기간의 지속기간을 제어하기 위해 반응기로 용존 산소를 공급하는 용존 산소 모듈레이터(modulator)를 포함하고, 여기에서 상기 용존 산소 모듈레이터는 제어기의 제어 하에 있고, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 유산소 및 무산소 기간의 지속기간을 제어하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 초과인 경우, 상기 제어기가 유산소 기간의 지속기간을 증가시키기 위한 및/또는 무산소 기간의 지속기간을 감소시키기 위한 지시를 생성하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 9

청구항 7에 있어서, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 미만인 경우, 상기 제어기가 유산소 기간의 지속기간을 감소시키기 위한 및/또는 무산소 기간의 지속기간을 증가시키기 위한 지시를 생성하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 10

청구항 7에 있어서, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 인 경우, 상기 제어기가 유산소 기간의 지속기간 및/또는 무산소 기간의 지속기간을 유지시키기 위한 지시를 생성하는, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기로부터 질소를 제거하는 시스템.

청구항 11

a) 유입 암모니아 로드의 분획을 산화시켜 아질산염과 질산염을 생산하는 단계로서, 여기에서 상기 산화는, 나중에 산화된 질소 종(nitrogen species)을 감소시킬 반응기 내에서 충분한 양의 화학적 산소 요구량(COD)이 있는, 유입 암모니아의 분획만을 산화시키기에 충분한 통기(aeration)의 양을 제공함으로써 수행되는, 단계;

b) 실시간으로 반응기 내의 암모니아 농도, 아질산염 농도 및 질산염 농도를 측정하는 단계; 및

c) [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로, 반응기로 공급되는 용존 산소(DO)의 농도 및/또는 반응기에서 발생하는 통기의 빈도를 제어하는 단계를 포함하는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 초과인 경우, 상기 반응기로 공급되는 용존 산소의 농도 및/또는 반응기에서 발생하는 통기의 빈도를 증가시키는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 13

청구항 11에 있어서, 상기 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 미만인 경우, 상기 반응기로 공급되는 용존 산소의 농도 및/또는 반응기에서 발생하는 통기의 빈도를 감소시키는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 14

청구항 11에 있어서, 상기 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 인 경우, 상기 반응기로 공급되는 용존 산소의 농도 및/또는 반응기에서 발생하는 통기의 빈도를 유지시키는, 반응기 내의 폐

수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 15

청구항 11에 있어서, 상기 반응기에서 제한된 유산소 슬러지 체류 시간을 제어하는 단계를 더 포함하고, 여기에서 상기 제한된 유산소 슬러지 체류 시간은 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 제어되는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 16

청구항 11에 있어서, 무산소 기간의 연장 및/또는 체적을 제어하는 단계를 더 포함하고, 여기에서 상기 무산소 기간의 확장 및/또는 체적은 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 제어되는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 17

청구항 11에 있어서, 2 g/L를 초과하는 혼합 액체 고형물(MLSS)의 농도를 유지함으로써 또는 바이오필름 시스템에서 등가의(equivalent) 바이오매스의 양을 유지함으로써 유산소 상태로부터 무산소 상태로의 다수의 신속한 전이를 가능하게 하도록 산소 흡수 속도(OUR)를 높이는 단계를 더 포함하는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서, 통기 제어 시스템은 유산소와 무산소 상태 사이의 전이의 빈도를 제어하도록 사용되는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 19

청구항 11에 있어서, 상기 반응기는 연속 회분식 반응기 또는 완전 혼합 반응기인, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 20

청구항 11에 있어서, 상기 방법은 산화 구 처리(oxidation ditch process) 또는 플러그 유동 처리(plug flow process)인, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 21

청구항 11에 있어서, 현탁된 성장 처리, 과립 처리, 바이오필름 처리 또는 이들의 조합 중 하나 이상을 더 포함하는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 22

청구항 11에 있어서, 침강기(settler), 용존 공기 부양 장치(dissolved air flotation device), 필터 또는 멤브레인을 사용하는 분리 처리를 더 포함하는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 23

청구항 11에 있어서, 통기된 상태로부터 무산소 상태로의 신속한 전이를 가능하게 하도록 그리고 NOB의 억제를 개선하기 위해 아질산염에 대한 추가적 경쟁자를 제공하도록 반응기로 유기 탄소의 최소 질량-유량(mass-flow)을 공급하는 단계를 더 포함하는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 24

청구항 11에 있어서, NOB의 억제를 개선하기 위해 아질산염에 대한 경쟁자를 제공하도록 아나목스 유기체를 반응기에 제공하는 단계를 더 포함하는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 25

청구항 1에 있어서, 상기 장치는, 완전히 무산소 현탁된 처리 또는 바이오필름 처리에서 아나목스를 사용하여

추가의 질소 제거를 달성할 수 있도록, 질소 기준으로 대략적으로 동일한 비율의 암모니아 및 아질산염을 함유하는 배출물 스트림의 생성 및 아질산염 산화 박테리아 억제를 갖는 상태를 제공하도록 또는 선택적으로 아나목스를 보유하도록 구성되는, 장치.

청구항 26

청구항 25에 있어서, 상기 장치는, 완전히 무산소 현탁된 처리 또는 바이오필름 처리에서 아나목스를 사용하여 추가의 질소 제거를 달성할 수 있도록, 암모니아, 아질산염, 및 질산염의 블렌드를 함유하는 배출물 스트림을 갖는 상태를 제공하도록 구성되며, 그에 의해 아세테이트 또는 아세트산 또는 기타 유기 기질이 탈질산염화(denitratation)(질산염이 아질산염으로 환원) 및 제공된 암모니아 및 탈질산염화-생성된 아질산염에 대한 후속하는 아나목스 성장을 달성하도록 첨가되는, 장치.

청구항 27

청구항 11에 있어서, 완전히 무산소 현탁된 처리 또는 바이오필름 처리에서 아나목스를 사용하여 추가의 질소 제거를 달성할 수 있도록, 질소 기준으로 대략적으로 동일한 비율의 암모니아 및 아질산염을 함유하는 배출물 스트림의 생성 및 아질산염 산화 박테리아 억제를 갖는 상태를 제공하는 단계를 더 포함하는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

청구항 28

청구항 27에 있어서, 완전히 무산소 현탁된 처리 또는 바이오필름 처리에서 아나목스를 사용하여 추가의 질소 제거를 달성할 수 있도록, 암모니아, 아질산염, 및 질산염의 블렌드를 함유하는 배출물 스트림을 갖는 상태를 제공하는 단계를 더 포함하며, 그에 의해 아세테이트 또는 아세트산 또는 기타 유기 기질이 탈질산염화(질산염이 아질산염으로 환원) 및 제공된 암모니아 및 탈질산염화-생성된 아질산염에 대한 후속하는 아나목스 성장을 달성하도록 첨가되는, 반응기 내의 폐수로부터 질소를 제거하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 정규 출원은 2013년 3월 14일자 출원된 미국 가출원 제 61/783,232호의 우선권을 주장한다. 미국 가출원 제 61/783,232호의 전체 개시 내용은 본원에서 참고로 인용된다.

배 경 기 술

[0002] 단일 탱크 내에서 동시 질화 및 탈질화(SND)는, 유산소 질화 구역으로부터 무산소 탈질화 구역으로의 혼합 액체 질산염의 재순환 및 개별 탱크가 필요하지 않기 때문에, 종래의 시스템과 비교시 매우 바람직하다. SND의 이점은 산화 환원 전위(ORP)(『Guo et al. 2009』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다) 및 암모니아 pH 프로필(『Peng et al. 2004』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다)로 통기 지속 제어의 사용에 의해 입증된 바와 같이 아질산염 전환 경로를 활용함으로써 더 확장된다. 반응기 미세환경(불량한 혼합 및 반응기 설계의 조합으로 인해 반응기 내에서 발생하는 유산소 및 무산소 구역) 및 플록(floc) 미세환경(활성화된 슬러지 플록 내에서 발생하는 유산소 및 무산소 구역)은 SND를 위한 가능한 메커니즘으로 상정되었다(『Daigger et al. 2007』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다). 안정한 SND 성능을 달성하기 위해 상술한 메커니즘에서의 제어 전략을 통합하는 것은 곤란하다. SND의 발생은 긴 수압(hydraulic) 잔류 시간(HRT), 고체 체류 시간(SRT), 및 지속적으로 낮은 용존 산소(DO)를 전형적으로 사용하는 단계적, 폐쇄 루프 반응기(예컨대 산화구, 오르벌(orbal))(『Daigger and Littenton, 2000』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다)에서 보고된다.

[0003] 아질산염 산화 세균(NOB)의 억제는 아질산염화-탈아질산염화(문헌『Ciudad et al., 2005; Gee and Kim, 2004, Ju et al., 2007, Yoo et al., 1999, Yu et al., 2000, Zeng et al., 2008』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다), 아질산염-전환(shunt) 및 부분 아질산염화-무산소 암모니아 산화(아나목스)(문헌 『Fux et al., 2002, Hippen et al., 1997, van Dongen et al., 2001, Wett, 2006, Wett, 2007, Wett et al., 2010』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다), 및 탈암모니아화와 같은 쇼트-컷 생물학적 질소 제거(ScBNR) 처리의 구현을 위한 전제조건이다. NOB 제어에 의한

아질산염 산화의 성공적인 억제는 종래의 질화-탈질화와 비교시 25% 산소 및 40% 유기 탄소를 절약한다(문헌『Turk and Mavinic, 1986; Abeling and Seyfried, 1992』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다). 탈암모니아화 공정에서, NOB의 제어는 필요한 통기 에너지의 추가 감소, 및 고체 취급 및 전자 공여체의 비용 감소의 이점이 더해지는 결과를 낳는다. **도 1, 도 2** 및 **도 3**은 각기 종래의 질화/탈질화, 아질산염화/탈아질산염화 및 탈암모니아화(부분 아질산염화 + 무산소 암모니아 산화)를 통한 질소 제거에 대한 흐름도를 나타낸다.

[0004] 점점 더 엄격해지는 배출물 기준에 부합하기 위한 생물학적 영양소 제거(BNR)의 높은 비용을 고려하면, NOB의 억제를 통한 ScBNR은 관심 있는 주제이다. NOB 억제를 이해하기 위한 노력은 고온(『Hellinga et al., 1998』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다), 높은 레벨의 유리 암모니아 억제, 또는 용존 산소(DO) 농도(『Blackburne et al., 2008』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다) 및 일시적인 무산소(『Kornaros and Dokianakis, 2010』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다)의 사용에 더 특이적인 것들을 포함하여 많은 출판물에서 논의되었다. 특히, 이들 조건 모두는 부분적으로 또는 전체적으로, '고 강도' (높은 유리 암모니아) 폐기물 스트림, 예컨대 무산소 소화조 탈수액(또한 일반적으로 고온에서) 및 매립지 침출수를 처리하는 시스템에서 NOB 제어의 성공과 함께 다양한 접근법에 사용된다. 가정용 폐수와 같은 저 강도 폐기물 스트림에서 NOB 억제의 제어는 과제로 남아있으며 본 발명의 주제이다. ScBNR 공정에서 NOB 억제에 현재 사용되는 제어는 하기에 기술된다.

[0005] 온도 및 암모니아: 온도 및 유리 암모니아 양자는 NOB 보다 암모니아 산화 세균(AOB)에 대하여 이점을 제공하는 것으로 생각되는 특징이다. NOB의 유리 암모니아(FA) 억제는, 개시 내용 전체가 본원에서 명시적으로 참고로 인용된, 안토니센(Anthonisen) 등.(1976)에 의해 고려된 이후로 줄곧 문헌에 잘 기록되었다. 그러나, 안정한 아질산염화를 수득하기 위한 FA 억제의 제어에 관한 지식은 NOB 적응이 보고된 이후로 더 제한된다(문헌 『Turk and Mavinic, 1989; *and* Wong-Chong and Loehr, 1978』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다). 또한, 고온은 NOB 보다 AOB의 성장을 선호하는 것으로 알려졌다(『Kim et al., 2008』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다).

[0006] 고온에서 NOB에 비해 AOB의 증가된 활성, 고온에서 총 암모니아의 유리 암모니아로의 더 큰 해리 및 그 결과로 초래된 NOB 억제는, 낮은 DO 작동(간헐적 통기를 사용하여 종종 수행되고 관리되는 유산소 고체 체류 시간(SRT)을 가짐)과 조합하여, AOB의 농축 및 NOB의 선택적 세척 제거(wash out)를 초래한다. 이들 접근법은 '고 강도' 폐수 내의 NOB를 제어하기 위해 다양하게 기술되어 있다(EP 0826639 A1, EP 0872451 B1, US 2010/0233777 A1, US 7,846,334 B2, US 6,485,646 B1, 및 WO 2012/052443 A1 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다). 이들 방법은 ScBNR을 달성하기 위하여 현탁 성장(WO 2006/129132 A1 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다), 지지 배지 상의 부착된 성장(US 2011/0253625 A1 및 EP 0931768 B1 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다) 또는 과립상 슬러지(문헌『Wett, 2007; 및 US 7,846,334 B2』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다)를 사용한다.

[0007] 효과적임에도 불구하고, AOB 활성을 증가시키고 NOB 성장 제어를 위한 상승된 온도의 역할은 광범위한 온도 범위 하에서 작동되는 저 강도 메인스트림 공정에 실현 가능하지 않다. 결과적으로, 저 강도 폐수 내의 NOB 제어는 다루기 힘든 것으로 남으며 온도 또는 유리 암모니아 이외의 인자의 신중한 조작이 필요하다.

[0008] 용존 산소: 용존 산소(DO)는 저 강도 폐수 내에서 NOB의 제어에 중요한 역할을 할 수 있다. 낮은 DO 농도를 사용하는 지속적인 아질산염화는 다양한 반응기 구성에서 관측되었다 (문헌『Sliekers et al., 2005, Wyffels et al., 2004, 및 Blackburne et al., 2008』참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다). 이들 보고서는 근본적인 메커니즘의 설명이 결여되어 있지만, 이들은 관찰된 현상에 대한 설명으로서(문헌『Yoo et al., 1999, Peng et al., 2007, Lemaire et al., 2008, Gao et al., 2009, 및 Zeng et al., 2009』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다) NOB에 비해 AOB의 더 높은 산소 친화성의 가설(문헌『Hanaki et al., 1990; Laanbroek and Gerards, 1993; 및 Bernet et al., 2001』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다)에 의존한다. 『Sin et al.(2008)』(이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다)의 연구에서, AOB 산소 친화성이 NOB 산소 친화성보다 크며, 낮은 DO 작동이 NOB 보다 AOB를 선호한다는 믿음의 성행을 기록하였지만, 반대입장을 보고한 연구가 있다(『Daebel et al., 2007, *and* Manser et al., 2005』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체

를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다).

[0009] 일시적 무산소(Transient Anoxia): 일시적 무산소의 사용은 NOB 억제를 달성하기 위한 일반적인 접근법이다(문헌『Li et al., 2012; Ling, 2009, Pollice et al., 2002, Zekker et al., 2012, US 7,846,334 B2, EP 0872451 B1, 및 WO 2006/129132 A1』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다). 일시적 무산소는 무산소로부터 유산소 환경으로의 전이에 대하여 NOB를 위한 지연 시간을 도입할 뿐만 아니라 유산소 SRT를 제어하도록 측정된 접근을 허용한다. Kornaros 및 Dokianakis(2010)(이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다)는 일시적 무산소 이후 유산소 상태에서 NOB 회수 및 NOB 지연 순응을 나타내었으며, 이에 따라 많은 다른 사람들이 일시적 무산소의 유용성의 관측을 확인하였다(문헌『Allenman and Irvine, 1980, Katsogiannis et al., 2003, Sedlak, 199, Silverstein and Schroeder, 1983, Yang and Yang, 2011, 및 Yoo et al., 1999』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다). 비록 일시적 무산소가 '고 강도' 폐기물에서의 NOB의 제어에 성공적으로 사용되었고(『Wett, 2007; 및 US 7,846,334 B2』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다) 그리고, 저 강도 폐기물에서 그것의 사용능력이 제안되었지만(『Peng et al., 2004』 참조, 이의 개시 내용은 그의 전체를 본원에서 명시적으로 참고로 인용하였다), 일시적 무산소와 연관된 특징을 제어하는 능력은 수수께끼로 남아있다. 요약하면, 신흥 ScBNR 기술에 대한 기초인, 저 강도 폐수에서 NOB 억제를 제어하기 위한 전략은, 상당히 다르고 더 효과적인 제어 전략에 대한 필요성이 여전히 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 요약

[0011] 따라서, 본 발명은 생물학적 질소 제거를 위한 반응기에서 폐수로부터 질소를 제거하는 시스템 및 방법을 제공하며, 여기서 반응기 내의 유산소-무산소 지속 및/또는 용존 산소의 농도가 실시간 측정된 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 제어된다. 전형적으로, 반응기 내의 유산소-무산소 지속 및/또는 용존 산소의 농도는 약 1 이고, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 달성하도록 제어된다. 대안적으로, 반응기 내의 유산소-무산소 지속 및/또는 용존 산소의 농도가 1 미만 또는 1 초과로 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 소정의 비를 달성하도록 제어될 수 있다. 본 발명의 시스템 및 방법을 이용함으로써, 탈질화(화학적 산소 요구량(COD) 투입에 의존)와 후속하는 암모니아 산화가 서로 간에 균형을 이루면서 또한 NOB 보다 AOB가 선호되기 때문에, 전체 질소 제거는 최대화된다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 시스템 및 방법은, 질화-탈질화, 아질산염화-탈아질산염화(scBNR), 개별 다운스트림 반응기 내에서 아나목스에 의한 폴리싱(polishing)에 적합한 배출물 스트림을 생성하는 부분 아질산염화-탈아질산염화, 및 선택적 아나목스 보유와 함께 단일 탱크 내의 부분 아질산염화-아나목스를 포함하는 몇몇 질소 제거 메커니즘들 중 하나를 통해 총 무기 질소(TIN) 제거를 최대화하는 메인스트림 SND 공정의 적절하고 측정된 제어를 달성하기 위해 사용될 수 있다. 이들 시스템 및 방법은 하기를 포함하는 다양한 제어 전략을 사용한다: 1) 암모니아, 아질산염 및 질산염의 실시간 측정; 2) 작동 DO 및 반응기 내에서 측정된 아질산염과 질산염 농도의 합에 대한 암모니아 농도의 비를 근거로 제어된 DO 설정 값의 적절한 사용; 3) 반응기 내에서 측정된 아질산염과 질산염 농도의 합에 대한 암모니아 농도의 비를 근거로 통기의 빈도 제어; 및 4) 광범위한 장치(반응기 구성) 및 작동 조건에서 일시적 무산소의 적절한 구현.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 종래의 질화 및 탈질화와 연관된 반응을 나타내는 몰 흐름도이다.

도 2는 아질산염화 및 탈아질산염화와 연관된 반응을 나타내는 몰 흐름도이다.

도 3은 탈암모니아화와 연관된 반응을 나타내는 몰 흐름도이다.

도 4는 HRSD 파일럿의 아질산염화 반응기 내의 AOB 및 NOB의 K_O-값의 수집된 데이터를 비교하는 선 그래프이다.

도 5는 암모니아, 아질산염, 질산염 및 DO 농도에 근거한 DO 제어 알고리즘을 나타내는 흐름도이다.

도 6은 대표 설정 값과 제어 변수를 갖는 일시적인 무산소 로직의 구현의 도시를 나타내는 비교 그래프이다.

도 7은 암모니아, 아질산염, 질산염 및 DO 농도에 근거한 유산소 지속기간 제어 알고리즘을 나타내는 흐름도이다.

도 8은 대표 설정 값과 제어 변수를 갖는 유산소-무산소 지속 제어 로직의 구현의 도시를 나타내는 비교 그래프이다.

도 9는 완전 혼합 처리에서 기재된 전략 하에 구동되는 반응기 내에서 암모니아 산화 비율 및 아질산염 산화 비율을 비교하는 그래프이다.

도 10은 전체 시스템 수행 상에 AVN 제어 로직의 가능한 효과의 도시를 나타내었다.

도 11은 기계식 믹서, 공기 확산기, 암모니아 센서, 아질산염 센서, 질산염 센서 및 용존 산소 센서가 장착된 BNR 반응기의 측 단면도이다.

도 12는 AVN 제어 하에 구동되는 아질산염화 반응기에서 실시간 암모니아, 아질산염 및 질산염 측정을 나타내었다.

도 13은 AVN 제어 하에 구동되는 아질산염화 반응기의 TIN 제거 수행을 나타내었다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명은 반응기에서 처리된 폐수로부터 질소를 제거하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 본 발명의 시스템 및 방법은 동적 DO 농도 또는 통기 간격의 제어, NOB의 억제, 및 일시적인 무산소 및 유산소 SRT의 제어를 통해, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아(NH_4) 농도]의 소정의 비를 유지함으로써, 통기 및 유기 탄소 요건을 최소화하면서 질소 제거를 최대화한다. 아질산염과 질산염의 농도의 합에 대한 암모니아 농도의 소정의 비는 일반적으로 1이지만, 1 미만이거나 1 초과 일 수 있다. 이들 동적 제어 전략에 영향을 주는 제어기는 AVN(NH_4 vs. NO_x)으로 지칭된다. AVN 제어는 정상적인 경로(**도 1**)를 통해 TIN 제거를 위한 퍼텐셜을 최대화할 뿐만 아니라, **도 2** 및 **도 3**에 따른 TIN 제거의 면에서 연관된 이점 및 NOB 억제를 위한 기회도 제공한다.

[0015] 반응기 암모니아 및 아질산염과 질산염의 합(+): 본 발명은 BNR 반응기에서 암모니아, 아질산염 및 질산염 및 DO의 직접 측정을 이용하여 유산소 및 무산소 SRT 및 HRT 뿐만 아니라 그 반응기 DO 농도를 제어함으로써 암모니아 산화 및 탈질화를 최대화한다. DO 농도 또는 통기 간격 또는 양자는, 질소 제거가 필요한 반응이 임의의 주어진 시간에서 선호되도록, 유입물 탄소:질소(C/N) 비 및 반응기 조건에 의존하여 효과적으로 제어된다. DO는 COD 산화보다 암모니아 산화를 더 지향하며, 사용 가능한 COD는 항상 탈질화를 추진하기 위하여 사용되며, 따라서, 전체 질소 제거를 최대화한다(**도 10**). 본 발명에 의해 허용된 암모니아 산화의 정도는 탈질화를 위해 유입하는 COD의 가용성에 의해 제어되며, 이에 따라 본래 암모니아 산화 및 탈질화는 최대 질소 제거를 위해 서로 균형을 이룬다. DO 농도 및/또는 통기 지속은 반응기에서 항상 대략 동등한 NH_4-N 및 NO_x-N 농도를 유지하도록 전형적으로 제어되며, NH_4 산화의 양 및 이에 따라 전달되는 산소의 양은 생산된 NO_x를 탈질화하기 위하여 이용할 수 있는 유입 COD의 양을 근거로 제어된다. 이것은 유산소 종속영양 COD 소비를 최소화하고 탈질화를 위한 기회를 최대화하며, 이것은 낮은 DO 및 이용 가능한 COD에서 시간을 필요로 한다. 제어기는 제거될 NH_4-N 또는 NO_x-N 농도가 이들 파라미터에 대한 특정 배출 한계에 부합하게 할 오프셋의 입력을 허용한다. 예를 들어, 배출물 NO_x-N 농도의 20-90%로 NH_4를 함유하는 배출물을 제공하도록 제어기를 설정함으로써 제어기는 NH_4 한계 준수를 보장하도록 조율될 수 있다.

[0016] 용존 산소: 상기에서 설명하고 **도 4**에서 나타낸 바와 같이, 암모니아 산화는 아질산염 산화와 비교하여 높은 DO 농도(즉, 1 mg/L 보다 큰 농도)에서 더 빠른 속도로 발생한다. 그러므로, AOB 성장이 NOB보다 선호되도록 일시적으로 높은 DO 농도에서 BNR 반응기를 작동하는 것이 바람직하였다. 이러한 전략은, 낮은 DO농도에서 NOB에 비해 AOB의 높은 산소 친화성을 나타내는 대량의 문헌에 반대된다.

[0017] 간헐적 통기(Intermittent Aeration): 높은 DO로부터 무산소로의 신속한 전이는 NOB 성장에서의 지연과 높은 DO에서 AOB 를 비교하여, 부여된 무산소 조건을 단지 활용할 수 있다는 점을 고려할 때 매우 중요하다. 이것은 통기된 기간의 말기에 일부 아질산염 축적이 있을 수 있음을 의미하는데, NOB는 scBNR에서 화학적 산소 요구량(COD) 주도(driven) 종속영양 탈질화균(heterotrophic denitrifiers)에 의해 그리고 단일 단계 탈암모니아화

공정에서 아나목스에 의해 경쟁해야만 할 것이다. 따라서, DO 압력은 AOB로부터 통기된 기간에서 유지되고, 탈질화균으로부터 아질산염 압력과 무산소 기간 동안 아나목스는 무산소로 신속한 전이에 의해 크게 도움을 주었다.

[0018] 더 높은 산소 흡수 속도(OUR)를 유지하는 것은 신속한 일시적 무산소의 구현을 위해 중요하다. 높은 OUR 상태에서 BNR 반응기를 구동하는 것은, DO가 무산소의 개시에 따라 신속하게 소비되도록 증가하는 MLSS 농도와 COD 투입에 의해 실현가능 하다. BNR 반응기에서 DO, 암모니아, 아질산염 및 질산염의 직접 측정을 이용하여 유산소 및 무산소 SRT 및 HRT를 제어하는 것은 **도 6** 및 **도 8**에서 증명하였고, 이것은 반응기에서 유산소와 무산소 상태를 신속하게 번갈아 일어나게 하는 것을 나타낸다. 이러한 전략 하에서, NH_4-N 농도는 NO_x-N 농도 또는 임의의 필요한 오프셋에 가까워지도록 측정되고 유지된다. 통기는 반응기 NH_4-N 농도가 반응기 NO_x-N 농도와 거의 정확하게 일치하도록 암모니아 산화를 위해 제공된다. 이것은 AOB 속도를 높게 유지하도록, 항상 또는 모든 위치에서의 반응기 내의 상승된 NH_4 농도를 유지한다. 그러므로, 알려진 NOB 억제 전략은 직접적인 NH_4, NO_2, NO_3 및 DO 신호를 근거로 한 견고한 제어 알고리즘의 사용으로 활용할 수 있다. **도 9**는 아질산염-전환 처리에서 ScBNR를 달성하기 위해 NOB를 제어함에 있어 이 전략의 수행을 증명한다.

[0019] 구체적인 제어는 지금부터 기술된다.

[0020] 유산소 SRT 및 DO 설정 값: 유산소 SRT는 두 접근법을 통해 제어된다. 폐기된 고형물의 증가는 전체 유산소 SRT를 감소시킨다. 유산소 SRT를 감소시키는 것에 대한 제2 접근법은 일시적 무산소 동안 무산소 시간 단계를 증가시킴에 의한 것이다. AVN 제어 전략 하에 작동되는 간헐적으로 통기되는(시간 또는 공간에서) BNR 반응기에서, 유산소 SRT는, NH_4-N 농도가 NO_x-N 농도와 동일하도록, 암모니아를 아질산염 또는 질산염으로 산화하기 위한 AOB의 통기 요구에 의해 결정된다. 예를 들어, AOB의 암모니아 산화 속도가 더 느리다면, 보다 통기(시간 또는 더 높은 DO 농도 또는 양자)인 것이, AOB 속도가 더 높을 때와 비교하여, 이 상태를 유지하기 위해 필요할 것이다. 이와 같은 시나리오에서, 총 SRT을 의도적으로 낮추는 것은 특정 DO 값에서 AOB 암모니아 산화 속도의 감소를 점진적으로 초래한다. 결과적으로, AOB는 그들의 성장 속도를 증가시키기 위해 그리고 작동 상의 높은 DO 설정 값(시간에서) 및 유산소 HRT(공간에서)가 증가되고 AOB의 성장이 NOB의 성장보다 선호되는 값에 있게 하는 바람직한 상태(NH_4-N=NO_x-N)에 부합하기 위해 통기를 더 필요로 한다.

[0021] 강력한 SRT 제어는 아질산염 전환을 달성하기 위한 수단으로서 일반적으로 받아들여지지 않으며, 이것은 또한 안정한 NOB 억제를 유지할 수 없는 능력과 일치한다. BNR 반응기가 높은 DO 설정 값에서 작동될 때, AOB는 NOB보다 더 빠르게 성장하며, 이것은 시스템이 낮은 SRT에서 작동되게 하며 NOB를 더 불리하게 한다. 또한, 강력한 SRT 압력의 적용은 본 발명에 따라 용이하게 제어된다. 암모니아, 아질산염 및 질산염 농도가 작동 상의 높은 DO 설정 값 또는 통기 지속(시간에서) 및 통기된 분획(공간에서)을 결정하므로, 그것은, DO가 1 mg/L 초과의, 높은 농도에서 유지되도록 총 SRT를 제어하기 위한 단순한 문제이다.

[0022] 무산소 제어로의 전이: NOB 억제로 AVN 제어의 본 발명 개시 내용을 확장하기 위해, 유산소 설정 값과 무산소 간의 더 신속한 전이는 AOB 보다 NOB의 성장을 선호하도록 하는 이용 가능한 시간을 최소화하기 위하여 바람직하다. 산소 흡수 속도를 증가시킴으로서 무산소로의 전이에 대한 적어도 세가지 접근법이 있다. 첫번째 접근법은, 동일한 용적에서 공기를 얻으려는 더 많은 유기체가 있도록, 높은 혼합된 액체 고체 농도에서 반응기를 작동하는 것이다. 다른 접근법은 전이 기간 동안 산소를 배기하기(scavenging) 위해 유입 COD를 사용하는 것이다. 세번째 접근법은 온도를 증가시키고 이에 따라 모든 유기체의 성장 속도를 증가시키는 것이다. 상기 중요한 특징은 유산소로부터 무산소 상태로의 전이를 위해 높은 산소 흡수 속도를 허용하는 것이다.

[0023] 일시적 무산소 빈도 (TAF) 제어: NOB 억제로 AVN 제어의 본 발명 개시 내용을 확장하기 위해, 동일하게 전체적으로 유산소 SRT를 유지하는 동안 유산소와 무산소 사이에서 신속하게 변화하게 하는 높은 TAF 를 갖는 것이 바람직하다. 예를 들면, 15분 유산소/무산소 사이클보다 5분 유산소/무산소 사이클이 바람직하고, 이것은 30분 유산소/무산소 사이클보다 바람직하다. 가장 높게 실행가능한 TAF는 유산소 단계에서 AOB의 우선 성장 및 무산소 단계에서 유기체 또는 아나목스 유기체를 탈질화하게 하는 동안 NOB의 붕괴를 가능하게 한다. 이러한 빈도를 최대화하는 것에 제약이 있다. 최대값, 빈도의 증가는 그것의 설정 값을 달성하도록 산소를 허용하는 필요한 시간에 따라 유산소 단계에서 최종적으로 제한을 가하고, 따라서, 암모니아를 충분히 산화하게 한다. 추가로, 탈질화 또는 아나목스 유기체를 아질산염으로 질소 가스로 전환하게 하는, 최소 무산소 시간이 필요하다.

[0024] 반응기 구성: 완전 혼합 반응기, 연속 회분식 반응기, 산화구 및 플러그 유동 반응기를 포함하는, 몇몇 장치가 이러한 AOB 산화 및 NOB 억제 프레임워크를 실행하기 위해 사용될 수 있다. 가능하다면, 기계적 및 수압 유연성

을 제공함으로써, 반응기 장치가 SRT, 암모니아 산화 요건, 높은 DO 농도 및 무산소 전이를 달성하기 위한 제어 특징을 전달하도록 조정될 수 있음을 주목해야 한다. 폐수 처리 공정에서 전형적인 가변 유동 및 로드를 수용하기 위해 스윙(swing) 구역 또는 반응기들이 제공될 수 있다. 현탁된 성장 반응기 외에도, 바이오필름, 과립상 슬러지 또는 이들 반응기들의 하이브리드도 또한 실현 가능하다. 마지막으로, 고체-액체 분리는 정화기, 멤브레인 또는 용해된 공기 부양 탱크를 포함하는 임의의 분리 장치를 사용하여 이뤄질 수 있다.

[0025] 플러그 유동 반응기는 매우 높은 길이 대 폭 비를 갖는 연속적으로 공급되는 반응기로 특징지어지며 오염물질 농도가 반응기의 길이를 가로지르는 유동 경로를 따라 감소하는(즉 농도 구배) 일련의 완전하게 혼합되는 반응기들로 가장할 수 있다. 대규모 처리 플랜트에서 더 일반적으로 사용되는, 플러그 유동 연속적으로 공급되는 반응기에서, AVN 제어를 달성하기 위한 공정 제어는 하기 두 구성을 사용하여 해결될 수 있다: (1) 유산소 및 무산소 구역 사이에서 번갈음으로써 공간으로 통기를 제어하는 것; 및 (2) SBR 구성과 유사한 "공기 유입(air on)" 및 "공기 배출(air off)" 순서로 반응기 전체에 걸쳐 공기를 순환시킴으로써 시간으로 통기를 제어하는 것.

[0026] AVN 제어는 질화-탈질화, 아질산염화-탈아질산염화, 및 부분 아질산염화-아나목스를 통해 최대 질소 제거를 달성하도록 다양한 반응기 구성으로 통합될 수 있다.

[0027] AVN 제어는 유입 C/N 이 높은 경우, 질화 및 탈질화를 통해 질소 제거를 달성하도록 목표를 갖는 단일 반응기 또는 연속 반응기를 시행할 수 있다. 상기 목표가 질소 제거를 더욱 향상시키는 경우, 제공된 유입 C/N 이 충분하면, AVN 제어는 임의의 단일 반응기 구성 또는 일련의 반응기들에서 ScBNR/아질산염화-탈아질산염화를 가능하게 하는 NOB를 억제하도록 또한 사용될 수 있다. 유입 C/N이 낮은 경우, AVN 제어는, 사이클론 분리(US 2011/0198284 A1) 같은 선택적 아나목스 보유를 가정하는, 임의의 단일 반응기 구성 또는 일련의 반응기들에서 부분적 아질산염화 및 아나목스를 통해 독립영양 질소 제거를 실현하도록 사용될 수 있다. 제어는 아나목스 성장을 허용하도록 항상 그리고 모든 위치에서 NH_4 및 NO_2 의 적절한 반응 온도를 고려한다. NOB 억제 유입물 자체는 아나목스에 대한 기질 역할을 하도록 NH_4 및 NO_2 의 정확한 블렌드를 포함하기 때문에, 상기-기재된 반응기 구성은 완전히 분리된 무산소 아나목스 반응기에 이어서 고체 분리 장치를 공급하도록 사용될 수 있다. 이러한 완전한 무산소 아나목스 반응기는 임의의 구성 (이동 베드 바이오필름 반응기, 과립상 슬러지 반응기, 현탁된 성장 반응기, 생물학적 활성 과립 미디어 필터, 및 멤브레인 바이오리액터를 포함하지만 이에 한정되는 것은 아님)일 수 있다.

[0028] 제어 전략

[0029] 최대 TIN 제거를 달성하기 위해 본 발명의 특징들을 사용하는 상술한 반응기 구성들에서 적용될 수 있고 NOB 억제로 확장될 수 있는 몇몇 제어 전략이 이용 가능하다. 다양한 구성에 대하여 최적화된, 몇 가지 예시적인 전략들이 하기에서 기술된다.

[0030] 제어 전략 A: 첫번째 제어 전략 하에서 작동 DO는 가변적이고 BNR 반응기 내의 NH_4-N 및 NO_x-N 농도에 의해 제어되며 이것은 높은 암모니아 산화 속도 및 무산소 하에서, 종속영양 탈질화 또는 아나목스-주도 암모니아 산화에 대하여 DO를 최적화할 것이다. 이 접근법은 플러그 유동, 완전 혼합, 일련의 완전 혼합 반응기들, 및 연속 회분식 반응기를 포함하는 광범위한 범위의 반응기 구성에서 유효하다. 이 접근법 하에서, 낮은 DO 설정 값(고정됨) 및 가변의 높은 DO 설정 값 사이의 DO 사이클은, 일반적으로 1 mg/L 초과이며 NO_x-N 농도와 비교하여 반응기 NH4-N에 의해 제어된다. 강력한 유산소 SRT는 산소 요구량을 증가시키기 위해 유지하며, 이에 따라 제어기가 DO 레벨을 1 mg/L보다 크게 자동으로 증가시키게 한다. 이 제어 전략에서, 유산소 및 무산소 기간이 고정된 것과는 대조적으로 NH_4-N이 NO_x-N와 대략적으로 동일하도록 하는 목적에 부합되도록 AOB의 통기 요건에 의해 결정된다.

[0031] 이 예시적인 구현예에서, BNR 반응기(10)(**도 11**)에 DO, 암모니아, 아질산염 및 질산염 프로브(또는 센서)(12, 14, 16, 18)가 장착될 수 있다. 제어가 시간 또는 공간으로 이뤄질 수 있는, 다음 서브섹션에서 기재된, 임의의 반응기 구성을 갖는 것이 가능할 것이다. 다중 또는 플러그 유동 반응기의 경우, 다중 DO 프로브는 트레인을 따라 각각의 주요 섹션을 따라 설치되고, 암모니아, 아질산염 및 질산염 프로브는 나중의 반응기 또는 섹션에 전략적으로 설치될 것이어서, 소량의 암모니아 농도가 반응기의 끝에 남아있도록 그리고 반응기 배출물이 NO_x-N와 대략적으로 동일한 NH_4-N 농도를 함유하도록 반응 속도를 관리한다.

[0032] 본 발명은 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기에서 질소를 제거하는 시스템을 제공한다. 상기 시스템은 하기를 포함한다: 반응기(10); 실시간으로 반응기(10) 내의 암모니아의 농도를 감지하고 암모니아 농도 신호

(20)를 생성하는 암모니아 센서(또는 프로브)(14); 실시간으로 반응기(10) 내의 아질산염의 농도를 감지하고 아질산염 농도 신호(22)를 생성하는 아질산염 센서(또는 프로브)(16); 실시간으로 반응기(10) 내의 질산염의 농도를 감지하고 질산염 농도 신호(24)를 생성하는 질산염 센서(또는 프로브)(18); 암모니아 농도 신호, 아질산염 농도 신호 및 질산염 농도 신호를 하나 이상의 통신 링크(communication links)(32)를 통해 수신하고, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 암모니아, 아질산염, 및 질산염의 농도를 제어함으로써 반응기(10)에서 용존 산소의 농도를 증가시키거나, 감소시키거나, 또는 유지시키기 위한 하나 이상의 지시(통신 링크(34)를 통해서 제어 시스템(도시하지 않음) 및 용존 산소 공급에 공급하는 제어기(30))를 생성하는 제어기; 및 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 제어기(30)의 제어하에 반응기(10)에 용존 산소를 공급하는 용존 산소 모듈레이터(modulator)(36). 상기 용존 산소 모듈레이터(36)는 하나 이상의 통신 링크(34)를 통해 제어기(30)에 연결될 수 있다. 상기 시스템은 하나 이상의 전자적으로(또는 기계적으로) 제어된 밸브를 더 포함할 수 있는데, 이것은 통신 링크를 통해 제어기와 연결될 수 있다. 상기 제어기는 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 초과인 경우, 용존 산소의 농도를 증가시키기 위한 지시를 생성할 수 있다. 상기 제어기(30)는 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 미만인 경우, 반응기(10)에서 용존 산소의 농도를 감소시키기 위한 지시를 생성할 수 있다. 상기 제어기(30)는 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 인 경우, 반응기(10)에서 용존 산소의 농도를 유지하기 위한 지시를 생성할 수 있다.

[0033] 상기 제어기는 하나 이상의 컴퓨터 일 수 있다. 본 발명에서 사용되는 "컴퓨터"는 임의의 기계, 장치, 회로, 컴포넌트, 또는 모듈, 또는 기계, 장치, 회로, 컴포넌트, 모듈 등의 임의의 시스템을 의미하고, 이것은 예를 들면, 제한 없이, 프로세서, 마이크로프로세서, 중앙 처리 장치, 범용 컴퓨터, 슈퍼 컴퓨터, 개인용 컴퓨터, 랩탑(laptop) 컴퓨터, 팜탑(palmtop) 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 데스크탑 컴퓨터, 워크스테이션(workstation) 컴퓨터, 서버, 또는 기타 등, 또는 다수의 프로세서, 마이크로프로세서, 중앙 처리 장치, 범용 컴퓨터, 슈퍼 컴퓨터, 개인용 컴퓨터, 랩탑 컴퓨터, 팜탑 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 데스크탑 컴퓨터, 워크스테이션 컴퓨터, 서버, 또는 기타 등과 같은, 하나 이상의 지시에 따라 데이터를 조작할 수 있다.

[0034] 본 발명에서 사용되는 "통신 링크"는, 2개 이상의 지점 사이에서 데이터 또는 정보를 전달하는 유선 및/또는 무선 매체를 의미한다. 상기 유선 또는 무선 매체는 예를 들면, 금속 전도체 링크, 무선 주파수(RF) 통신 링크, 적외선(IR) 통신 링크, 광통신 링크, 또는 기타 등을, 제한 없이 포함할 수 있다. 상기 RF 통신 링크는, 예를 들면, 와이파이(WiFi), 와이맥스(WiMAX), IEEE 802.11, DECT, 0G, 1G, 2G, 3G 또는 4G 셀룰러 표준(cellular standards), 블루투스(Bluetooth) 및 기타 등을 포함할 수 있다.

[0035] 상기 제어기(30)는 코드 섹션 또는 세그먼트를 갖는 컴퓨터 프로그램을 포함하는 컴퓨터-판독 가능 매체(40)를 포함할 수 있고, 이것은 컴퓨터(들)(30)에 의해 실행될 때, 여기에 기재된 각각의 과정이 실행되도록 한다. 본 발명에서 사용되는 "컴퓨터-판독 가능 매체"는 컴퓨터에 의해 판독 가능한 데이터 (예를 들면, 지시)를 제공하는 것에 기여하는 임의의 매체를 의미한다. 이러한 매체는 비-휘발성 매체(non-volatile media), 휘발성 매체, 및 전송 매체를 포함하는 다양한 형태를 취할 수 있다. 비-휘발성 매체는, 예를 들면, 광학적 또는 자기 디스크 및 기타 영구 메모리를 포함할 수 있다. 휘발성 매체는 다이내믹 랜덤 액세스 메모리(DRAM)를 포함할 수 있다. 프로세서에 연결된 시스템 버스를 포함하는 와이어를 포함함으로써, 전송 매체는 동축 케이블, 동선(copper wire) 및 광섬유를 포함할 수 있다. 전송 매체는 무선 주파수(RF) 및 적외선(IR) 데이터 통신 동안에 생성된 것과 같은, 음향파, 광파 및 전자파 방출을 포함하거나 전달할 수 있다. 컴퓨터-판독 가능 매체의 일반적 형태는, 예를 들면, 플로피 디스크, 플렉시블 디스크, 하드 디스크, 자기 테이프, 임의의 기타 자성 매체, CD-ROM, DVD, 임의의 기타 광학 매체, 펀치 카드, 종이 테이프, 홀(hole)의 패턴을 가진 임의의 기타 물리적 매체, RAM, PROM, EPROM, FLASH-EEPROM, 임의의 기타 메모리 칩 또는 카트리지, 반송파, 또는 이하에서 기재된 것과 같이 컴퓨터가 판독할 수 있는 것으로부터의 임의의 기타 매체를 포함한다. 상기 컴퓨터-판독 가능 매체는 "클라우드"를 포함할 수 있으며, 이것은 다중의(예를 들면, 수천의) 컴퓨터들에 대한 다중의(예를 들면, 수천의) 메모리 캐시들(memory caches)에 걸친 파일의 배포를 포함한다.

[0036] 본 발명의 또 다른 양태에 따라, 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기에서 질소를 제거하는 시스템은 반응기; 실시간으로 반응기 내의 암모니아의 농도를 감지하고 암모니아 농도 신호를 생성하는 암모니아 센서(또는 프로브); 실시간으로 반응기 내의 아질산염의 농도를 감지하고 아질산염 농도 신호를 생성하는 아질산염 센서(또는 프로브); 실시간으로 반응기 내의 질산염의 농도를 감지하고 질산염 농도 신호를 생성하는 질산염 센서(또는 프로브); 암모니아 농도 신호, 아질산염 농도 신호 및 질산염 농도 신호를 하나 이상의 통신 링크를 통해 수신하고, [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비를 근거로 반응기 내의 DO 농도 및 유

산소-무산소 기간의 지속기간을 증가시키거나, 감소시키거나, 또는 유지시키기 위한 지시(하나 이상의 밸브 및/또는 에어레이터에 공급될 수 있음)를 생성하는 제어기; 및 제어기에 의해 제어된 빈도에서 반응기를 통기하는 에어레이터(aerator)를 포함하고, 여기에서 상기 빈도는 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비에 근거한다. 상기 제어기는 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 초과인 경우, 유산소 기간의 지속(또는 무산소 기간의 지속기간을 감소시킴) 또는 DO 농도를 증가시키기 위한 지시를 생성할 수 있다. 상기 제어기는 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 미만인 경우, 유산소 기간의 지속(또는 무산소 기간의 지속기간을 증가시킴) 처리 또는 DO 농도를 감소시키기 위한 지시를 생성할 수 있다. 상기 제어기는 [아질산염과 질산염의 농도의 합]에 대한 [암모니아 농도]의 비가 1 인 경우, 유산소-무산소 기간의 지속 및 DO 농도를 유지시키기 위한 지시를 생성할 수 있다.

[0037] 일 실시예에서, 용존 산소 농도 및/또는 유산소 및 무산소 기간의 지속은 상위 DO(HDO) 및 하위 DO(LDO) 설정 값을 근거로, ON 또는 OFF 중 어느 것으로 공기 제어 밸브(50)를 전환함으로써 조절된다. 예를 들어, 유산소 기간의 지속기간을 증가시키고 무산소 기간의 지속기간을 감소시키기 위해, 공기 조절 밸브(50)는 ON으로 전환될 수 있다. 그에 반해서, 유산소 기간의 지속기간을 감소시키고 무산소 기간의 지속기간을 증가시키기 위해 공기 조절 밸브(50)는 OFF로 전환될 수 있다. LDO 설정 값은 0 근처에서(0.001 내지 0.1 mg/L) 고정되지만, HDO는 0.3 mg/L (MinHDO) 내지 3.0 mg/L (MaxHDO)로 가변적이다(탱크에서 실시간으로 측정된 NH_4-N, NO_3-N 및 NO_2-N를 근거로 함). 상기 MaxHDO가 2.0-3.0 mg/L로 설정되는데, 이것은 이 점을 넘어서 더 많은 통기를 투입하는 것이 암모니아 산화 속도 면에서 추가적인 이익을 제공하지 않는 것으로 여겨지기 때문이다. 반응기(10) 내의 NH_4-N이 NO_x-N(S10으로부터 YES, **도 5**) 보다 클 때, HDO는 NH_4-N가 NO_x-N 미만이 될 때까지 증가된다(S12). NH_4-N 농도가 NO_x-N(S10으로부터 NO)보다 낮을 때, HDO는 NH_4-N 농도가 NO_x-N 보다 더 높거나 같아질 때까지 감소된다(S14). 오프셋은 NO_x에 비해 더 높은 배출물 NH_4를 허용하기 위해 상술한 바와 같이 적용될 수 있거나 또는 필요에 따라 그 반대로 적용될 수 있다. 강력한 SRT 제어는 상기 HDO 설정 값이 일정하게 1 mg/L를 초과하도록, 폐기하는 고형물에 의하여 달성될 수 있다. 총 SRT는 특정 평균 시간에 걸쳐 반응기 DO 농도를 근거로 폐수 유동 속도(waste flow rate)를 유지함으로써 또한 자동적으로 제어될 수 있다.

[0038] 제어 전략 B - 이 전략에서, DO 설정 값은 고정되며 유산소 및 무산소 지속은 가변적이다. 총 유산소-무산소 순환 시간은 특정 설정 값으로 유지될 수 있는 반면 유산소 및 무산소 지속은 변하도록 허용한다. 또 다른 예에서, 전체 무산소 + 유산소 지속이 질소 제거 퍼텐셜에 의존하여 동적으로 유지되도록, 무산소 지속은 고정될 수 있고, 제어기가 유산소 지속만을 변경하게 한다. 통기(50)가 제공되지 않을 때 기계적 혼합(60, 도 11)이 제공되어야 한다. **도 7**에서 도시한 예에서, 유산소 지속은 5분 내지 15분 사이에서 변할 수 있는 반면 무산소 지속은 10분이다. 반응기 내의 NH_4-N이 NO_x-N(S20으로부터 YES) 보다 클 때, 유산소 지속은 NH_4-N이 NO_x-N 미만이 될 때까지 증가된다(S22). NH_4-N 농도가 NO_x-N(S20으로부터 NO)보다 낮을 때, 유산소 지속은 NH_4-N 농도가 NO_x-N 보다 더 높거나 같아질 때까지 감소된다(S24). 오프셋은 NO_x에 비해 더 높은 배출물 NH_4를 허용하기 위해 상술한 바와 같이 적용될 수 있거나 또는 필요에 따라 그 반대로 적용될 수 있다.

[0039] 제어 전략 C: AVN 제어는 일련의 다중 유산소 및 무산소 스윙 구역이 있는 플러그 유동 탱크에서 또한 사용될 수 있다. AVN 제어는 일련의 구역이 무산소 또는 유산소로 유지되어 제어 목적을 달성하도록 영향을 준다.

[0040] 실시예

[0041] 본 발명의 폐수로부터 생물학적 질소 제거를 위한 반응기에서 질소 제거를 위한 시스템은 2-3시간 수압 잔류 시간(HRT), ~5일 SRT, 25℃에서 3500±500 mg/L 혼합 액체 부유 고형물(MLSS)로 작동되었다. 반응기는 단락 [0047](상기)에서 제시된 그리고 **도 5 및 도 7**에서 나타낸 AVN 제어 전략 하에 작동되었다. **도 9**는 관측된 NOB 억제를 나타낸다. 상기 AVN 제어기 수행은 **도 12**에서 증명되었다. **도 13**에서 나타난 것과 같이, 높은 TIN 제거, 여기서 상기 제거는 COD 투입에 의존하였고, 또한 동일한 작동 상태를 사용하여 달성하였다.

[0042] 적절한 약어:

[0043] AOB: 암모니아 산화 세균

[0044] BNR: 생물학적 영양소 제거

[0045] COD: 화학적 산소 요구량

[0046] C/N: 탄소/질소 비

[0047] DO: 용존 산소

[0048] FA: 유리 암모니아

[0049] HDO: 상위 DO

[0050] HRT: 수압 잔류 시간

[0051] LDO: 하위 DO

[0052] NOB: 아질산염 산화 세균

[0053] NO_x: 질산염

[0054] NO_x-N: 질산염-질소 및 아질산염-질소의 합

[0055] NO_3-N: 질산염-질소

[0056] NO_2-N: 아질산염-질소

[0057] NO_3: 질산염

[0058] NO_2: 아질산염

[0059] NH_4-N: 암모니아-질소

[0060] OUR: 산소 흡수 속도

[0061] ScBNR: 쇼트-컷 생물학적 질소 제거

[0062] SRT: 고체 체류 시간

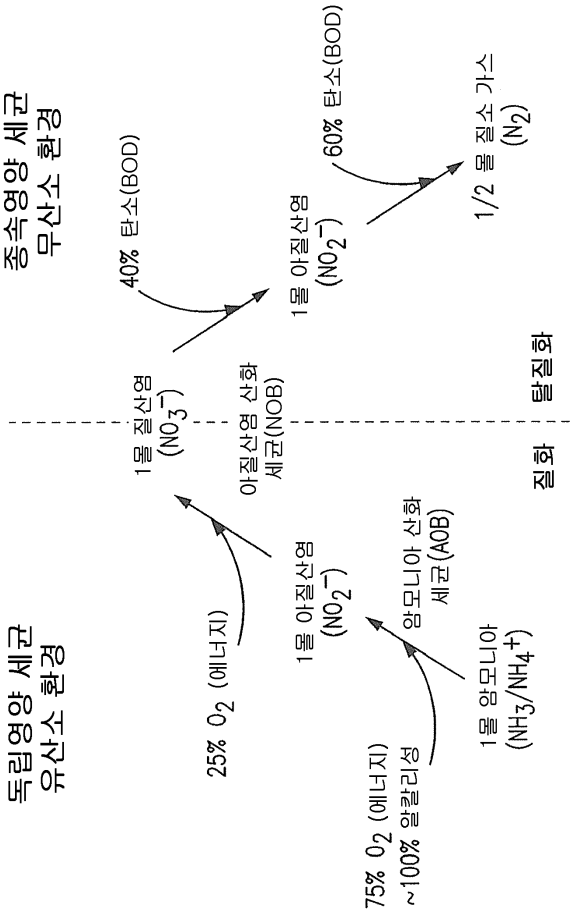
[0063] TAF: 일시적 무산소 빈도

[0064] TIN: 총 무기 질소

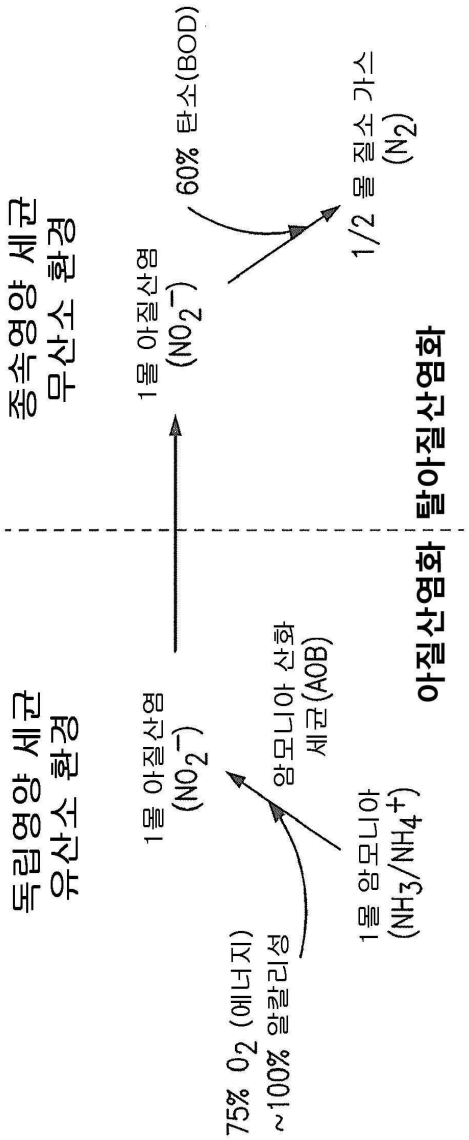
[0065] TN: 총 질소

도면

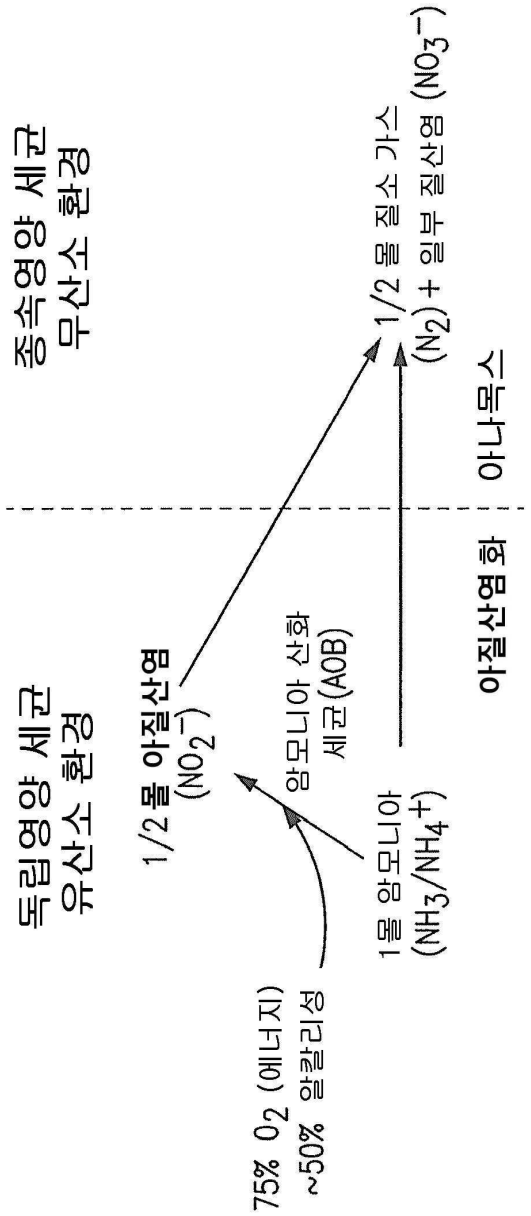
도면1


종속영양 세균
무산소 환경
독립영양 세균
유산소 환경
40% 탄소(BOD)
1몰 질산염
(NO_3^-)
아질산염 산화
세균(NOB)
1몰 아질산염
(NO_2^-)
60% 탄소(BOD)
1/2 몰 질소 가스
(N_2)
질화
탈질화
25% O_2 (에너지)
1몰 아질산염
(NO_2^-)
암모니아 산화
세균(AOB)
75% O_2 (에너지)
~100% 알칼리성
1몰 암모니아
(NH_3/NH_4^+)

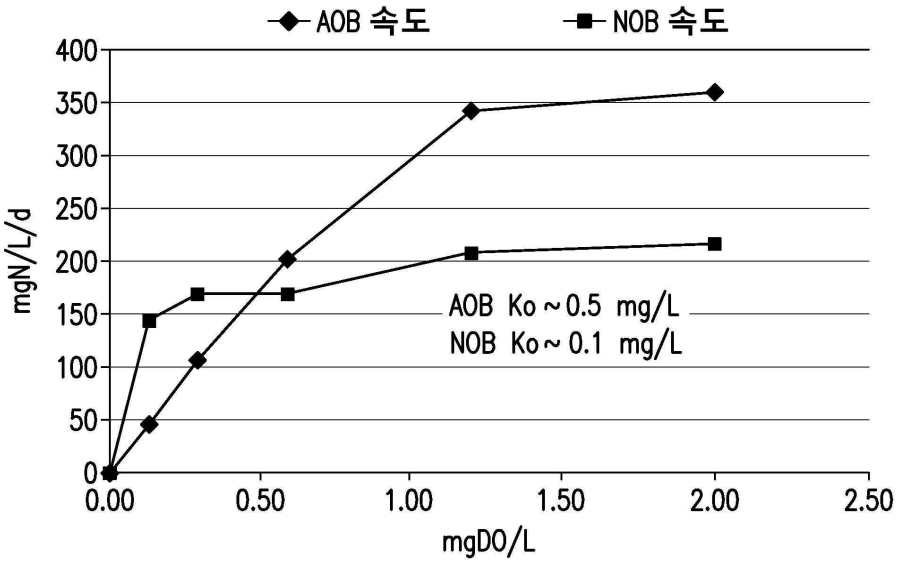
도면2


독립영양 세균
유산소 환경
종속영양 세균
무산소 환경
1몰 아질산염
(NO_2^-)
1몰 암모니아
(NH_3/NH_4^+)
암모니아 산화
세균(AOB)
75% O_2 (에너지)
~100% 알칼리성
아질산영화
탈아질산영화
1몰 아질산염
(NO_2^-)
60% 탄소(BOD)
1/2 몰 질소 가스
(N_2)

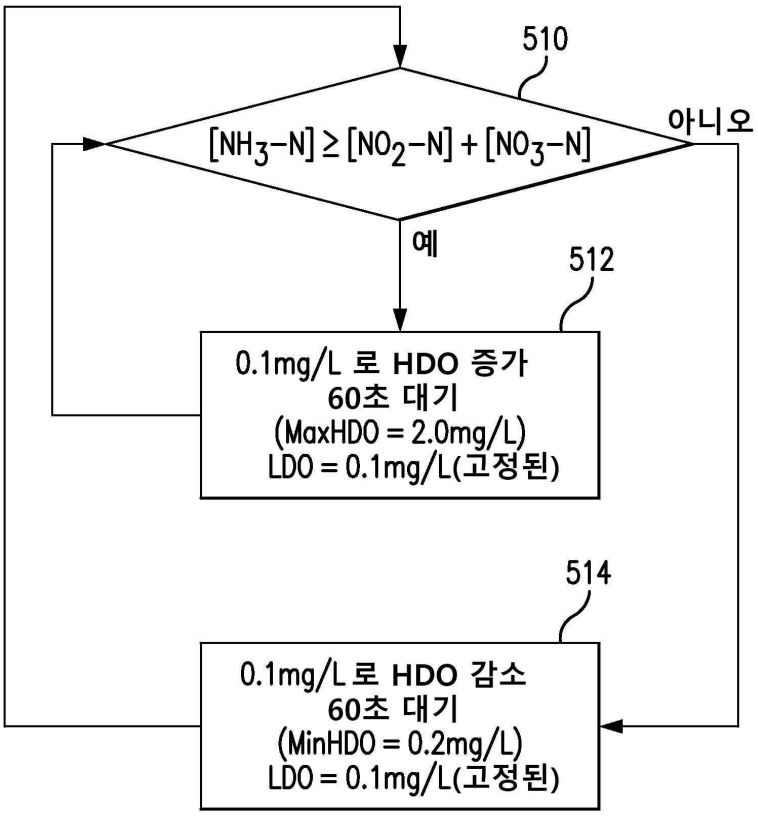
도면3


종속영양 세균
무산소 환경
독립영양 세균
유산소 환경
1/2 몰 아질산염
(NO_2^-)
암모니아 산화
세균(AOB)
1/2 몰 질소 가스
(N_2) + 일부 질산염 (NO_3^-)
1몰 암모니아
(NH_3/NH_4^+)
75% O_2 (에너지)
~50% 알칼리성
아질산염화
아나목스

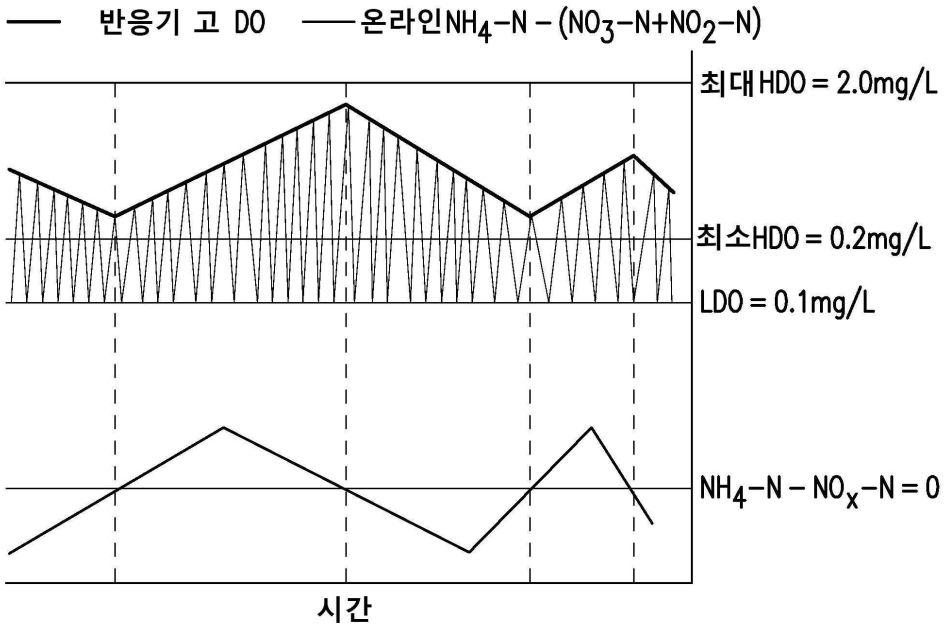
도면4


AOB 속도
NOB 속도
400
350
300
250
200
150
100
50
0
mgN/L/d
AOB Ko ~ 0.5 mg/L
NOB Ko ~ 0.1 mg/L
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
mgDO/L

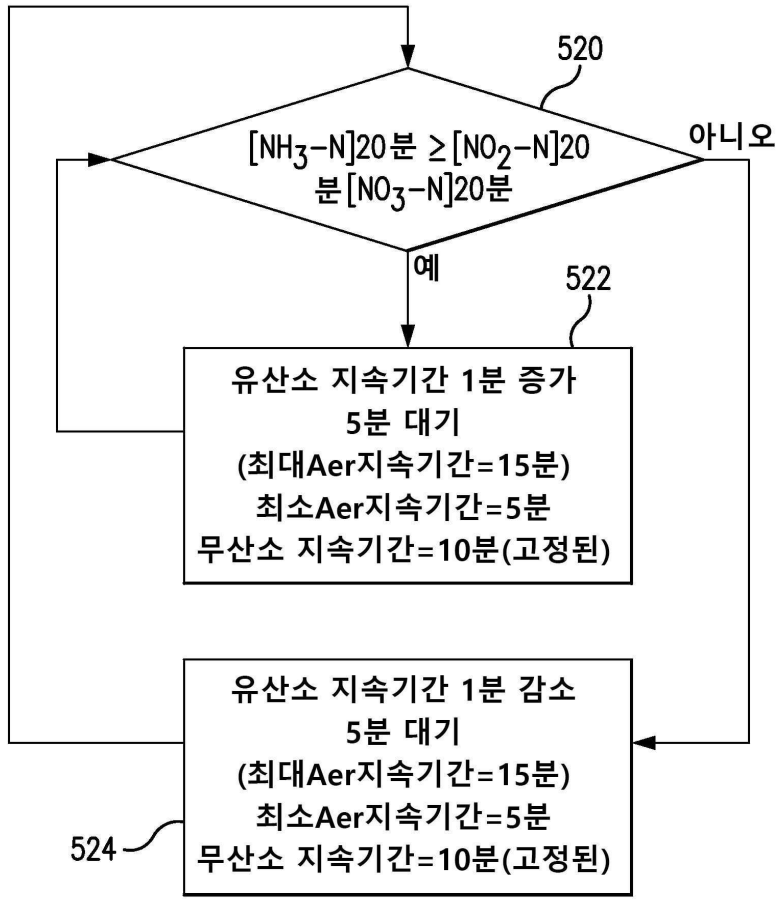
도면5


510
[NH3-N] ≥ [NO2-N] + [NO3-N]
아니오
예
512
0.1mg/L 로 HDO 증가
60초 대기
(MaxHDO = 2.0mg/L)
LDO = 0.1mg/L(고정된)
514
0.1mg/L 로 HDO 감소
60초 대기
(MinHDO = 0.2mg/L)
LDO = 0.1mg/L(고정된)

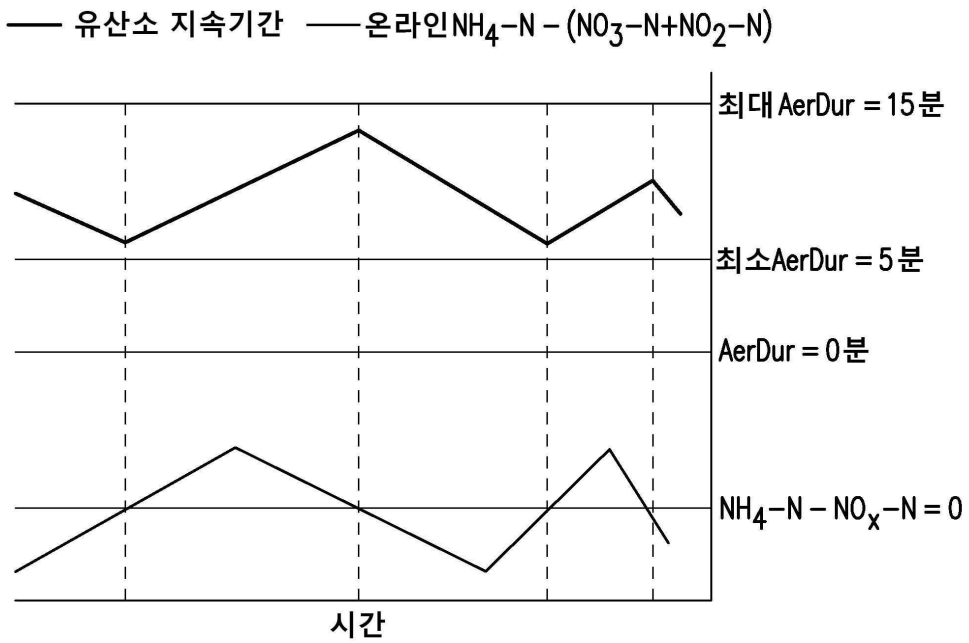
도면6


반응기 고 DO
온라인NH4-N-(NO3-N+NO2-N)
최대HDO = 2.0mg/L
최소HDO = 0.2mg/L
LDO = 0.1mg/L
NH4-N - NOx-N = 0
시간

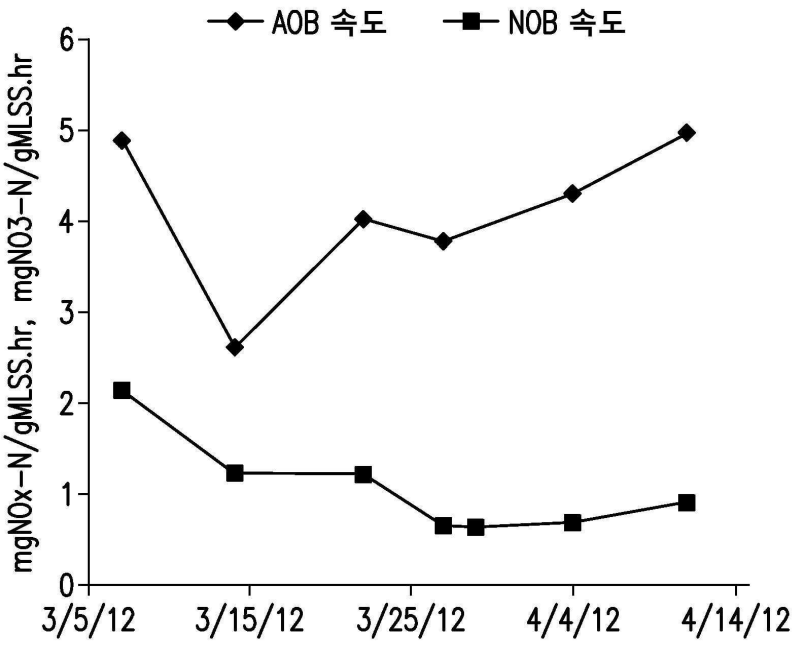
도면7


520
[NH3-N]20분 ≥ [NO2-N]20분 [NO3-N]20분
아니오
예
522
유산소 지속기간 1분 증가
5분 대기
(최대Aer지속기간=15분)
최소Aer지속기간=5분
무산소 지속기간=10분(고정된)
유산소 지속기간 1분 감소
5분 대기
(최대Aer지속기간=15분)
최소Aer지속기간=5분
무산소 지속기간=10분(고정된)
524

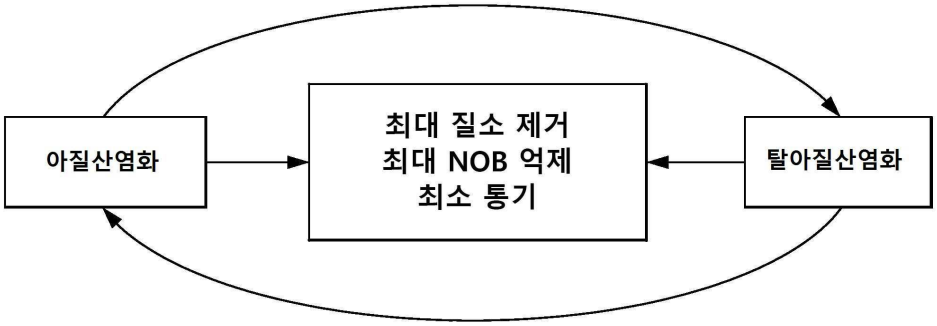
도면8


유산소 지속기간
온라인 NH_4-N - (NO_3-N+NO_2-N)
최대 AerDur = 15분
최소AerDur = 5분
AerDur = 0분
NH_4-N - NO_x-N = 0
시간

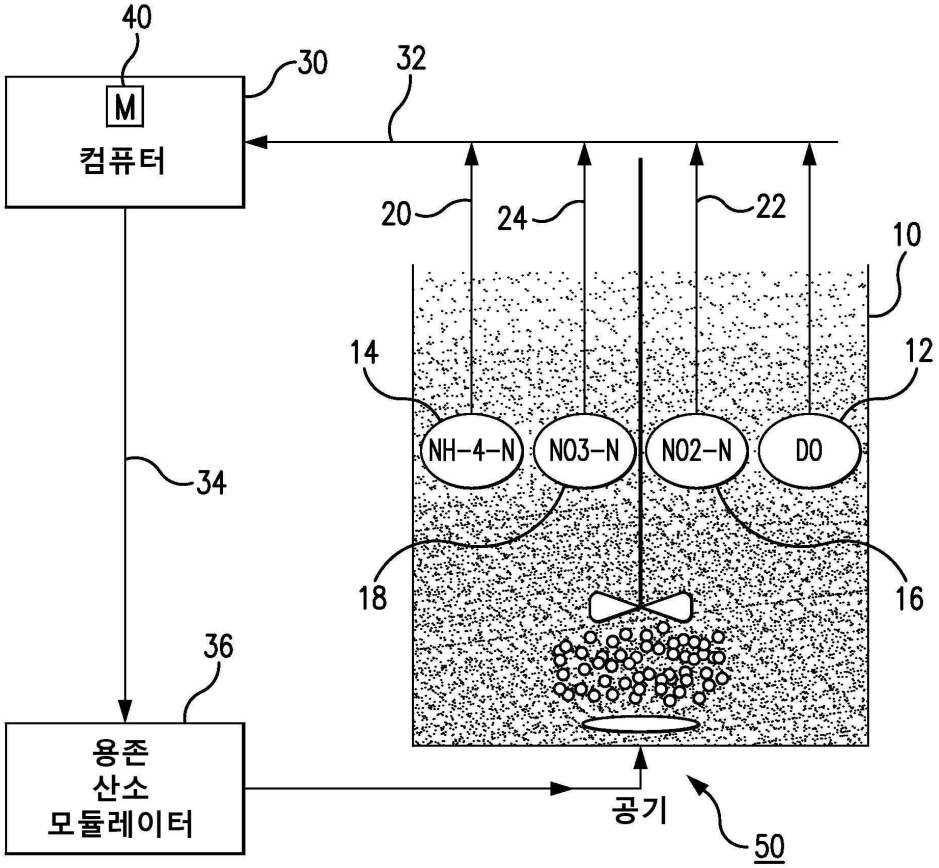
도면9


AOB 속도
NOB 속도
mgNOx-N/gMLSS.hr, mgNO3-N/gMLSS.hr
0
1
2
3
4
5
6
3/5/12
3/15/12
3/25/12
4/4/12
4/14/12

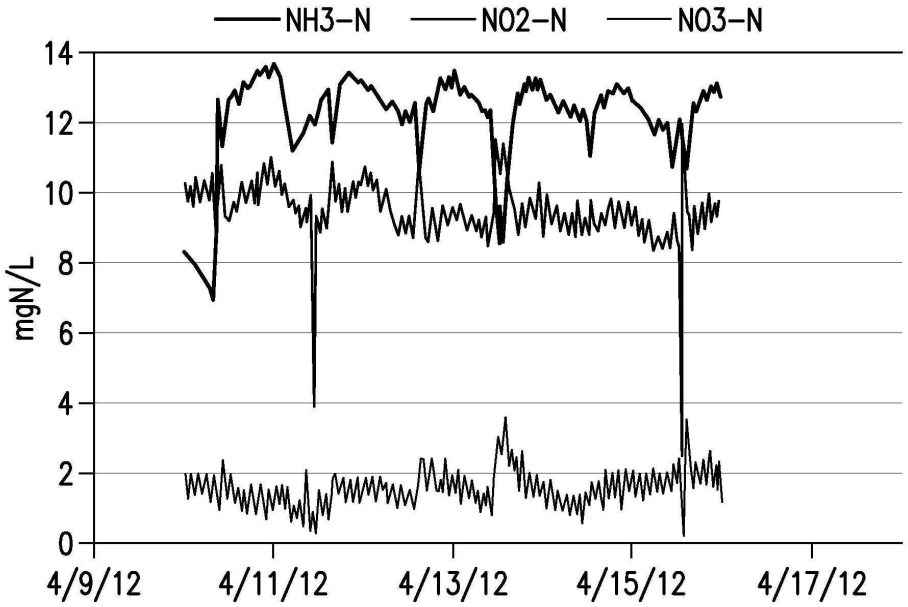
도면10


아질산염화
최대 질소 제거
최대 NOB 억제
최소 통기
탈아질산염화

도면11


40
M
컴퓨터
30
32
20
24
22
10
14
12
NH-4-N
NO3-N
NO2-N
DO
34
18
16
36
용존
산소
모듈레이터
공기
50

도면12



도면13

평균 (8/26/2012-9/4/2012)			
유입	유입	아질산염화 배출	아질산염화
NH3-N, mg/L	sCOD, mg/L	TIN, mg/L	% TIN 제거
32.1	145	5.3	84