(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0113480
(43) 공개일자 2011년10월17일

(51) Int. Cl.
C02F 3/28 (2006.01) *C02F 1/44* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0032896
(22) 출원일자 2010년04월09일
심사청구일자 2010년04월09일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
배재호
서울특별시 양천구 신정동 1296 신정동아이파크 101동 102호
맥카티, 페리 엘.
미합중국, 94305 캘리포니아, 스탠포드, 473 비아 오르테가, 스탠포드 유니버시티, 제리 양 & 아키코 야마자키 인바이런먼트 & 에너지 빌딩 - 4020
(74) 대리인
특허법인오리진

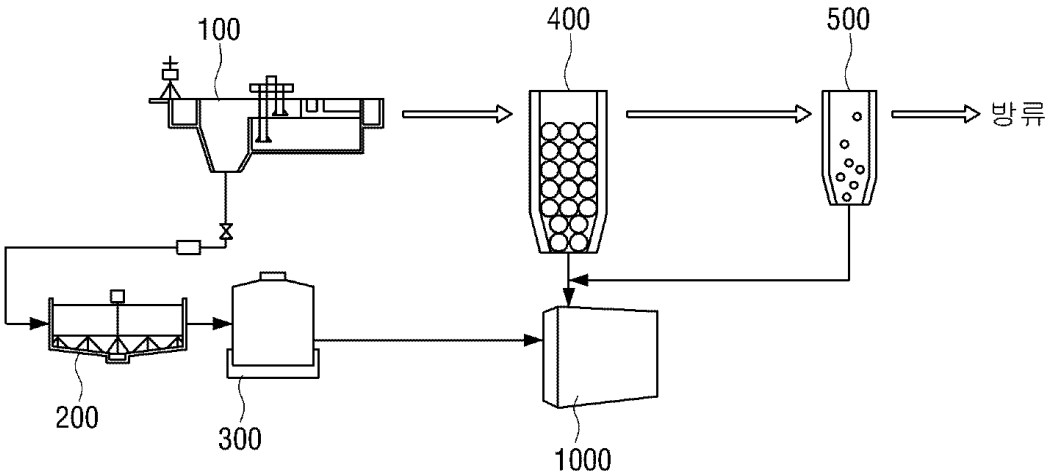
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템

(57) 요 약

본 발명은 도시 하수 및 저농도 폐수를 혐기성 공정을 이용하여 정화 처리함으로써 산기 장치가 불필요하여 전력 사용량을 절감할 수 있으며, 폐수 처리 시스템 설치 면적을 줄일 수 있고, 재생 에너지 회수 효율을 높일 수 있는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템을 개시한다. 개시된 본 발명은, 도시 하수 및 저농도 폐수에 함유된 부유 고형물을 침전 제거하는 침전조; 부유 고형물이 제거된 도시 하수 및 저농도 폐수 중의 유기물을 혐기성 미생물을 사용하여 메탄과 이산화탄소로 분해하는 혐기성 반응조; 상기 혐기성 반응조로부터 배출되는 유출수에 용해되어 있는 메탄을 추가로 회수하고, 유출수의 DO 농도를 증가시키며, 또한 유출수의 생물학적 반응성을 줄이기 위한 스트리퍼; 상기 침전조에서 침전된 슬러지를 농축하는 농축조; 및 농축된 슬러지를 가온, 교반하여 슬러지의 유기물을 부산물과 메탄가스로 분해하는 슬러지 소화조;를 포함한다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

도시 하수 및 저농도 폐수에 함유된 부유 고형물을 침전 제거하는 침전조;

부유 고형물이 제거된 도시 하수 및 저농도 폐수 중의 유기물을 혐기성 미생물을 사용하여 메탄과 이산화탄소로 분해하는 혐기성 반응조;

상기 혐기성 반응조로부터 배출되는 유출수에 용해되어 있는 메탄을 추가로 회수하고, 유출수의 DO 농도를 증가시키며, 또한 유출수의 생물학적 반응성을 줄이기 위한 스트리퍼;

상기 침전조에서 침전된 슬러지를 농축하는 농축조; 및

농축된 슬러지를 가온, 교반하여 슬러지의 유기물을 부산물과 메탄가스로 분해하는 슬러지 소화조;를 포함하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스트리퍼로부터 배출되는 유출수를 최종 여과하는 여과유닛을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 여과유닛은,

미세 필터 또는 멤브레인인 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 스트리퍼로부터 배출되는 유출수에 함유된 질소 및 인을 제거하기 위한 질소/인 제거유닛을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 질소/인 제거유닛은, MAP($MgNH_4PO_4$) 침전법을 이용하여 질소와 인을 함께 침전시켜 제거하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 질소/인 제거유닛은, ANAMMOX(Anaerobic Ammonia Oxidation) 또는 Sharon Process 공법을 이용하여 질소를 제거하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 질소/인 제거유닛은, MAP 침전법에 추가하여 응집침전 시설을 이용하여 인을 제거하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 질소/인 제거유닛은, 질소 제거를 위하여 암모니아성 질소를 산화시킨 후 질산화된 처리수를 상기 혐기성 반응조로 반송시켜 탈질에 의해 질소를 제거하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 침전조는,

응집제를 사용한 응집 침전조 또는 기계적인 고형물 분리장치를 사용하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 10

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 혐기성 반응조는,

ABR(Anaerobic Baffled Reactor), AFBR(Anaerobic Fluidized Bed Reactor), AF(Anaerobic Filter), UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket), AnMBR(Anaerobic Membrane Bioreactor), Anaerobic Expanded Granular Sludge Blanket Reactor, Anaerobic Internal Circulation Bioreactor, ASBR(Anaerobic Sequencing Batch Reactor), 이들의 혼합형(hybrid) 중에서 선택되는 어느 하나의 반응조인 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 11

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스트리퍼는, 공기를 이용하여 일정시간동안 폭기하는 것을 특징으로 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

청구항 12

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 혐기성 반응조를 연속적인 회분 반응기 모드로 운전하는 것을 특징으로 하는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 오폐수 처리 시스템에 관한 것이며, 보다 구체적으로는 도시 하수 및 저농도 폐수를 혐기성 공정으로 처리하여 폐수로부터 메탄을 회수하는 폐수 처리 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 오폐수 처리 방법에는 호기성 공정과 혐기성 공정이 알려져 있다. 도시 하수와 저농도 폐수의 처리에는 표준 활성화 슬러지법이라고 불리는 호기성 공정을 사용하는 것이 일반적이다. 상기 표준 활성화 슬러지법은 1차 침전지-호기조-2차 침전지를 마련하고, 1차 침전지에서 펌프 동작에 영향을 주는 토사나 그 밖의 대형 부유물을 침전시키고, 호기조에서 미생물들이 폐수 내의 유기물을 먹이로 하여 호흡과 성장을 통해 분해 또는 흡착하도록 한 후, 이 과정에서 유지, 증가된 활성슬러지를 2차 침전지에서 비중차에 의해 침전시켜 고액 분리하는 구조로 되어 있다.

[0003] 도 1은 도시 하수와 저농도 폐수를 호기성 공정을 이용하여 처리하는 폐수 처리 시스템의 전형적인 한 예를 개략적으로 나타낸다. 도면에서 부호 1 및 2는 침사조 및 1차 침전조이다. 도시 하수 및 폐수는 상기 침사조(1)와 1차 침전조(2)를 통과하면서 폐수에 함유된 협잡물, 모래 등과 같은 부유성 고형물과 미세 부유물, 유기물 및 무기물 등의 침강성 물질(1차 슬러지)이 침전 제거된다.

[0004] 상기 침사조(1)와 1차 침전조(2)에서 침전되지 않은 용존성 유기물질은 호기성 반응조(3)에서 미생물에 의하여 슬러지(잉여 슬러지)로 합성되어 제거된다. 일반적으로 유입 유기물질의 약 50% 정도가 잉여 슬러지로 변환된다고 알려져 있으며, 이 잉여 슬러지는 주로 폐기된 미생물로 2차 침전조(4)에서 고액 분리되면서 상등수는 유출

되고, 침전된 잉여 슬러지는 슬러지 처리시설, 즉 농축조(5), 1단 소화조(6) 및 2단 소화조(7)로 이송되어 처리된다.

[0005] 그러나, 상기한 바와 같은 일반적인 폐수의 호기성 처리 시스템은, 호기성 반응조(3) 내에 산소를 공급하기 위하여 호기성 반응조(3)의 송풍에 사용되는 블로워 및 산기관의 시설비비가 소요될 뿐만 아니라 블로워를 운전하는데 필요한 소비전력량이 많다는 단점이 있다. 우리나라의 경우 하수처리장 전체 전력 소비량의 약 40% 정도를 송풍에 소모하고 있다고 알려져 있다.

[0006] 또한, 상기한 바와 같은 일반적인 폐수의 호기성 처리 시스템은, 1차 침전조, 호기성 반응조, 2차 침전조, 슬러지 반송시설 등을 기본적으로 갖추어야 하기 때문에, 설치 부지의 확보, 건설비용 및 유지관리 비용 등에서 경제성이 높지 않을 뿐만 아니라 호기성 반응조에서 사용된 다량의 공기와 더불어 배출되는 악취 등으로 인해 인근 지역 주민의 생활에 악영향을 미칠 우려가 높다는 단점이 있다.

[0007] 반면, 폐수를 혐기성 공정을 이용하여 처리하는 폐수 처리 시스템은, 폐수에 함유된 유기물을 재생에너지인 바이오 가스로 변환시키고, 상대적으로 소량의 잉여 슬러지를 발생시키며, 호기성 방법에서 요구되는 산기 장치가 불필요하여 에너지 절감 효과가 크며, 반응조가 밀폐 구조이므로 악취 물질 배출 가능성이 낮다. 또한, 처리할 수 있는 오염 부하량이 높기 때문에 적은 용적의 반응장치가 사용될 수 있고, 잉여 슬러지가 소량 발생하므로 2차 침전조가 작거나 없어도 되기 때문에, 부지 면적을 작게 차지한다고 하는 장점이 있다.

[0008] 상기와 같은 장점을 갖는 혐기성 공정은, 호기성 공정에 비해 처리 효율이 낮고, 처리속도가 늦어 긴 체류시간을 요구한다는 잘못된 고정 관념에 기인하여 최근까지도 도시 하수 및 저농도의 폐수 처리에는 사용되지 않고 있었으며, 고농도 폐수에 한하여 이용되고 있는 실정이다.

[0009] 그러나, 본 발명자는 실험을 통하여 일부 새로운 혐기성 공정은 도시 하수 및 저농도 폐수 처리에 매우 효과적으로 적용될 수 있으며, 호기성 공정과 같은 짧은 체류 시간에서 운전될 수 있다는 것을 알았다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 점을 감안하여 안출한 것으로, 도시 하수 및 저농도 폐수를 혐기성 공정을 이용하여 처리함으로써 산기 장치가 불필요하여 전력 사용량을 절감할 수 있으며, 폐수 처리 시스템 설치 면적을 줄일 수 있는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은, 도시 하수 및 저농도 폐수를 혐기성 공정을 이용하여 처리함으로써 재생 에너지를 회수하고, 더불어 지구 온난화 물질인 이산화탄소의 배출을 저감할 수 있는 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템은, 도시 하수 및 저농도 폐수에 함유된 부유 고형물을 침전 제거하는 침전조; 부유 고형물이 제거된 도시 하수 및 저농도 폐수 중의 유기물을 혐기성 미생물을 사용하여 메탄과 이산화탄소로 분해하는 혐기성 반응조; 상기 혐기성 반응조로부터 배출되는 유출수에 용해되어 있는 메탄을 추가로 회수하고, 유출수의 DO 농도를 증가시키며, 또한 유출수의 생물학적 반응성을 줄이기 위한 스트리퍼; 상기 침전조에서 침전된 슬러지를 농축하는 농축조; 및 농축된 슬러지를 가온, 교반하여 슬러지의 유기물을 부산물과 메탄가스로 분해하는 슬러지 소화조;를 포함한다.

[0013] 또한, 본 발명에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템은, 상기 스트리퍼로부터 배출되는 유출수를 최종 여과하는 여과유닛을 더 포함할 수 있으며, 이 때, 여과유닛으로는 미세 필터 또는 멤브레인 등이 이용될 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템은, 상기 스트리퍼로부터 배출되는 유출수에 함유된 질소 및 인을 제거하기 위한 질소/인 제거유닛을 더 포함할 수 있다.

[0015] 상기 질소/인 제거유닛은, MAP($MgNH_4PO_4$) 침전법을 이용하여 질소와 인을 함께 침전시켜 제거하거나, ANAMMOX(Anaerobic Ammonia Oxidation) 또는 Sharon Process 공법을 이용하여 질소를 단독 제거하거나, MAP 침전법 또는 응집침전 시설을 이용하여 인을 제거하도록 구성될 수 있다.

[0016] 또한, 하수 및 폐수에 포함된 암모니아성 질소는 상기 질소/인 제거유닛을 질산화조로 이용하여 질산화시킨 후 혐기성 반응조로 반송하여 탈질을 도모하는 형식으로도 제거할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 침전조는, 응집제를 사용한 응집 침전조 또는 원심분리기 등과 같은 기계적인 고형물 분리장치를 사용할 수 있으며, 이에 의하면, 부유고형물의 제거 효율을 높여 용해성 물질을 처리하는 혐기성 반응조의 부하를 감소시킬 수 있다.

[0018] 또한, 상기 혐기성 반응조는, ABR(Anaerobic Baffled Reactor), AFBR(Anaerobic Fluidized Bed Reactor), AF(Anaerobic Filter), UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket), AnMBR(Anaerobic Membrane Bioreactor) 또는 이들의 혼합형(hybrid)에서 선택되는 반응조가 사용될 수 있다. 그 외에도 Anaerobic Expanded Granular Sludge Blanket Reactor, Anaerobic Internal Circulation Bioreactor, ASBR(Anaerobic Sequencing Batch Reactor) 등의 반응조가 사용될 수 있다.

[0019] 또한, 상기 스트리퍼는, 공기를 이용하여 일정시간 동안 폭기하는 구성을 가질 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 의하면, 혐기성 반응조를 이용하여 도시 하수 및 저농도 폐수를 처리하므로, 호기성 공정에서와 같은 산기 장치가 불필요하여 전력 소모를 줄일 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 의하면, 혐기성 반응조를 사용함으로써 잉여 슬러지 생성량이 매우 적기 때문에, 호기성 공정에서 반응조 면적의 약 1/2을 차지하는 별도의 2차 침전조가 필요하지 않으며, 필요하더라도 그 크기가 기존 하수처리 시스템의 2차 침전조에 비하여 매우 작게 구성되므로, 사용 부지 면적을 대폭 줄일 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 의하면, 유기물로부터 재생에너지인 메탄 가스를 생성하는 에너지 회수 효율을 높일 수 있으며, 이와 같이 생성된 메탄 가스는 열병합 발전기를 이용한 전력 생산 및 폐열을 이용한 혐기성 반응조 및 소화조의 가온, 정체 후 인근지역에 열원으로 공급 및 자동차 연료 등에 사용할 수 있으므로, 하수처리장 운영 비용을 절감시킬 수 있을 뿐만 아니라 궁극적으로 에너지를 판매할 수 있는 하수처리장을 구현할 수 있다.

[0023] 즉, 본 발명에 의하면, 호기성 공정에서와 같은 산기장치가 불필요하여 전력 소모를 줄일 수 있으며, 또한, 도시 하수 및 저농도 폐수의 처리 과정에서 발생된 메탄 가스를 이용하여 폐수 처리 시스템의 운영에 필요한 에너지를 대체할 수 있고, 하수처리장에서 에너지를 생산하여 판매할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 일반적인 도시 하수 및 저농도 폐수의 호기성 처리 시스템의 개략도,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템의 개략도,

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템의 개략도,

도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템의 개략도, 그리고,

도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템, 특히 폐수에 함유된 질소를 혐기성 반응조를 이용하여 탈질 처리하는 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면에 의거하여 상세히 설명한다. 참고로, 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기능 및 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0026] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템의 개략도이다.

[0027] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템은 침전조(100), 농축조(200), 슬러지 소화조(300), 혐기성 반응조(400) 및 스트리퍼(500)을 구비한다.

[0028] 상기 침전조(100)는 유입되는 도시 하수 및 저농도 폐수 중의 부유물질(SS:Suspended Solid)을 제거하고, 부유물질에 의해 유발되는 생물학적 산소요구량(BOD:Biochemical Oxygen Demand) 또는 화학적 산소요구량(Chemical Oxygen Demand)을 함께 제거함으로써, 후처리 공정부하를 줄이고 처리효율을 높이는 것이다. 즉, 상기 침전조(100)는 최초 침전지 시설을 통해 부유성 고형물을 중력 침전으로 제거하는 것으로, 생물학적 처리공정의 부하

감소, 후속처리시설의 시설용량의 감소 및 운전비용의 안정적 절감 등을 목적으로 하고 있다.

[0029] 상기 침전조(100)에서는 유입된 도시 하수 및 저농도 폐수가 수 시간동안 체류하면서 하수 중의 미세한 미립자를 침전시킨다. 상기 침전조(100)에서는 표면에 떠다니는 부유물 등을 스크래퍼를 이용하여 제거하게 된다.

[0030] 상기와 같은 침전조(100)는 유입부분, 침전부분, 슬러지 저장부분, 유출부분으로 나뉘어진다. 상기 유입부분에서는 하부의 유력을 분산시키며, 침전부분에서는 침전물을 침전시킨다.

[0031] 이 때, 침전된 침전물은 1차 슬러지라고 하며, 후술되는 슬러지 처리 과정의 농축조(200)로 보내져 슬러지 처리 공정을 거치게 되며, 상기 침전조(100)에서 침전 처리된 하수는 유출부분에서 혐기성 반응조(400)로 보내져 생물학적 처리를 통해 처리되게 된다.

[0032] 통상적으로, 상기 침전조(100)에서는 하수가 약 2~3시간 정도 체류하면서 보통 생물학적 산소요구량의 30%정도 제거되며, 부유물질은 35% 정도가 제거된다. 침전효율은 하수망의 형태, 하수의 생성기간, 침전 전의 분쇄정도에 따라 좌우된다. 이와 같은 침전조(100)는 후속공정의 기능을 원활히 하기 위한 것이며, 체적된 슬러지를 적절하게 배출시키는 것이 수질관리상 매우 중요하다.

[0033] 이와 같은 침전조(100)는 부유고형물의 제거 효율을 높여 용해성 물질을 처리하는 혐기성 반응조(400)의 부하를 감소시키기 위하여 응집제를 사용한 응집 침전조 또는 원심분리기와 같은 기계적인 고형물 분리장치를 이용할 수도 있다.

[0034] 상기 농축조(200)는 상기한 침전조(100)에서 발생되어 가라앉은 1차 슬러지를 고액 분리하여 농도를 높이고, 슬러지 부피를 감소시킨다. 이 때 슬러지는 중력에 의한 침전 방식으로 농축시킨다.

[0035] 상기 1차 슬러지는 하수처리 과정에서 나오는 필연적인 부산물이므로 하수처리장은 이러한 슬러지를 최소한으로 줄여야 하는 바, 상기 농축조(200)에서는 수분을 97~99.2% 까지 줄여주게 된다. 이 때, 상기 슬러지 농축상황은 슬러지 처리시설의 전체 효과에 큰 영향이 있을 뿐만 아니라 분리액은 하수처리 시설에도 영향을 미치기 때문에 충분한 관리가 요구된다. 1차 슬러지의 고농도 농축을 위해서 기계식 농축장치를 이용할 수도 있다.

[0036] 상기 농축조(200)에서 농축된 슬러지는 슬러지 소화조(300)로 보내진다. 상기 슬러지 소화조(300)는 농축된 슬러지를 화학 처리하는 것으로, 밀폐된 탱크 내에서 슬러지를 가온, 교반함으로써, 슬러지의 유기물이 분해되어 메탄가스와 부산물을 생성하는 역할을 수행한다.

[0037] 상기 슬러지 소화조(300)는 미생물의 작용으로 유기물을 분해하여 슬러지를 처리하는 호기성 소화조 또는 혐기성 소화조로 구성될 수 있다. 이 때, 상기 호기성 소화조는 운전이 쉽고, 냄새가 거의 없으며, 처리수의 생물학적 산소 요구량, 부유물질의 농도가 낮다는 장점이 있다.

[0038] 그리고, 상기 혐기성 소화조는 소규모인 경우에 동력시설이 필요 없고 연속 처리를 할 수 있으며, 유지관리가 용이하고, 유용한 메탄가스를 얻을 수 있으며, 병원균이나 기생충란을 사멸시킬 수 있다는 장점이 있다. 상기 혐기성 소화조에서 생성된 메탄가스는 자체적인 연료(발전기, 보일러(1000))로 사용되어 자원 재활용에 도움을 준다.

[0039] 상기 슬러지 소화조(300)는 산소를 차단하여 슬러지를 처리하는 방법인 혐기성 소화방법을 주로 사용하는 바, 유기물의 함량을 줄여 사후에 2차 오염을 최소화하고 안정화시키는 역할을 한다. 통상적으로 혐기성 하에서 유기물을 분해할 때, 혐기성 세균이나 미생물은 산소가 없는 상태에서 유기물을 분해시켜 분산물로서 메탄, 황화수소, 탄산가스 등을 발생시킨다.

[0040] 이와 같은 혐기성 소화조를 통한 슬러지의 혐기성 소화는 슬러지를 감량화시킬 수 있을 뿐만 아니라 슬러지의 탈수성을 개선시키고, 위생상 안전한 슬러지를 만들며, 발생 소화가스는 연료로 이용할 수 있는 잇점을 갖는다.

[0041] 상기 슬러지 소화조(300)에 있던 슬러지는 탈수조(도시안됨)로 보내어져 함수율을 낮춘 뒤 소각, 건조 후 재활용, 또는 매립 처리된다. 통상 하수 처리 결과 발생한 슬러지는 용적도 크고 수분도 많아 액상이기 때문에 그대로의 처분은 불가능에 가깝다. 따라서, 여과와 압축을 조합한 가압여과기와 같은 슬러지 탈수 설비를 이용하여 슬러지 함수율 80% 이하 정도의 케익상으로 탈수하여 슬러지 용량을 감소시켜 반출, 운반 및 처분을 쉽게 하고 있다.

[0042] 상기 혐기성 반응조(400)는 상기 침전조(100)에서 침전 처리된 하수를 혐기성 미생물을 사용하여 하수 중의 유기물을 메탄과 이산화탄소로 분해하여 제거하는 역할을 한다.

[0043] 이와 같은 혐기성 반응조(400)로는 ABR(Anaerobic Baffled Reactor), AFBR(Anaerobic Fluidized Bed Reactor), AF(Anaerobic Filter), UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket), AnMBR(Anaerobic Membrane Bioreactor), Anaerobic Expanded Granular Sludge Blanket Reactor, Anaerobic Internal Circulation Bioreactor, ASBR(Anaerobic Sequencing Batch Reactor) 등이 사용될 수 있으며, 또한, 이들의 혼합형(hybrid) 반응조 등이 바람직하게 이용될 수도 있다.

[0044] 상기에서 언급한 여러 혐기성 반응조(400) 중에서 AFBR 반응조에 대하여 간단히 살펴본다.

[0045] AFBR 반응조는 반응조 내에 침강성이 뛰어난 모래, 진흙, 활성탄 같은 넓은 비표면적을 갖는 입상 물질을 이용하여 유동상 생물막을 형성시켜 고농도의 미생물을 반응조 내에 유지시키는 메탄 발효 반응조이다. 그 결과 혐기성 미생물이 높은 활성도를 유지하며 고농도 유기성 폐수뿐만 아니라 저농도의 유기물을 함유한 폐수까지도 짧은 체류시간에 처리하여 경제적 운영이 가능하게 된다. 특히 미생물 충격 부하에 안정적이다.

[0046] AFBR 반응조는 일반적으로 유입부, 유동상 베드층, 가스-유동입자 분리조로 구성된 매우 간단한 반응조 형태이다. 폐수의 종류, 운전조건, 배양환경조건에 따라 달라지지만, 일반적으로 직경 0.2~0.8 mm의 메디아에 부착된 미생물이 40 kg/㎥ 정도의 고농도로 유지되며, 10~30 m/h 의 빠른 상향유속이 적용된다. 본 시스템에서 AFBR은 처리수 내에 존재하는 유기물의 분해를 주목적으로 하지만 질산성 질소의 탈질을 위해서도 활용될 수 있다.

[0047] 처리수가 유입부를 통해 고르게 분배되어 조밀한 유동상 베드층을 통과하는 과정에서 유기물질은 산발효 과정을 거쳐 메탄과 이산화탄소 가스로 분해되며, 이때, 발생된 가스에 부착된 유동입자는 상승하여 가스-유동입자 분리조에서 가스와 분리되어 유동상 베드층으로 순환 반송된다. AFBR이 탈질 기능을 하기 위해서는 처리수에 존재하는 암모니아성 질소를 후술되는 질소제거 유닛에서 질산화 과정을 거친 후 AFBR로 반송하여 탈질화 과정을 진행하여야 한다.

[0048] 상기와 같은 구조적 특징 및 유동상 생물막의 생성에 따라 AFBR 반응조는 다음과 같은 장점을 가지므로 도시 하수 및 저 농도 폐수의 처리 시스템에 효과적으로 사용될 수 있다.

[0049] 첫째, 고농도 미생물의 유지와 빠른 상향유속, 그리고 높은 물질전달 효율로 인해 높은 용적 부하를 허용할 수 있다. 즉 수리학적 체류시간을 최소 10분 이내로 짧게 할 수 있고, 부지 수요를 감소시킬 수 있다.

[0050] 둘째, 장치 구조가 간단하며 교반, 슬러지 반송 등의 인위적 설계가 불필요하며 유지 관리가 용이하다.

[0051] 셋째 저 농도 폐수의 처리나 낮은 체류시간에서도 높은 처리 효율을 얻을 수 있다.

[0052] 마지막으로, 수질, 수량에 대한 충격에 강하다. 입자상 활성탄을 메디아로 사용할 경우 반응조의 시동 및 과부하 기간에 독성물질의 완충제 역할을 담당하여 처리 효율을 높게 유지할 수 있기 때문이다.

[0053] 상기와 같은 혐기성 반응조(400)를 사용할 경우 잉여 슬러지 생성량이 매우 적기 때문에 별도의 2차 침전조가 필요하지 않게 된다. 만일 별도의 침전조가 필요하다고 하더라도 그 크기는 기존 하수처리 시스템의 2차 침전조보다 매우 작게 구성할 수 있기 때문에 하수처리장 건설 부지 면적을 줄일 수 있다. 그리고, 생성된 잉여 슬러지는 직접 탈수하거나, 메탄 생성을 위해 슬러지 소화조(300)로 이송되어 처리될 수 있다.

[0054] 상기한 혐기성 반응조(400)에서 분해된 메탄가스는 보일러나 발전기(1000)의 연료로 사용되고, 유출수는 스트리퍼(500)로 보내진다. 이와 같이 혐기성 반응조(300)를 사용하면 기존의 호기성 반응조를 사용하는 경우에 비하여 보다 많은 메탄가스를 생성할 수 있다. 즉 기존의 호기성 반응조를 이용한 하수처리 시스템에서는 슬러지 소화조에서만 소량의 메탄가스를 생성할 수 있었으나, 본 발명에 의한 혐기성 반응조를 이용하게 되면, 상기 혐기성 반응조(400)에서 다량의 메탄 가스를 생성할 수 있을 뿐만 아니라 후술되는 스트리퍼(500)에서도 메탄 가스를 추가로 회수할 수 있고, 또한, 슬러지 소화조(300)에서도 메탄 가스를 회수할 수 있는 등 재생 에너지 회수율이 매우 높아지게 된다.

[0055] 상기 스트리퍼(500)는 상기 혐기성 반응조(400)에서 유출되는 유출수에 용해되어 있는 메탄을 추가로 회수하고, 유출수의 DO 농도를 증가시키며, 유출수의 생물학적 반응성을 줄이기 위한 목적으로 설치한다.

[0056] 이러한 스트리퍼(500)는 기존에 사용되는 장치를 이용할 수 있으며, 공기를 이용하여 짧은 시간 동안 폭기를 한다. 여기서 발생한 공기는 메탄을 포함하고 있으므로, 상술한 바와 같이, 보일러, 발전기(1000) 등에 공급하면 회수된 메탄의 열량을 열원으로 이용할 수 있다.

[0057] 첨부한 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템의 개략도이다.

[0058] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템은, 침전조(100), 농축조(200), 슬러지 소화조(300), 혐기성 반응조(400), 스트리퍼(500) 및 여과유닛(600)을 구비한다.

[0059] 상기 침전조(100), 농축조(200), 슬러지 소화조(300), 혐기성 반응조(400) 및 스트리퍼(500)는 앞서 설명한 본 발명의 일 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템의 그것들과 동일한 구성 및 작용을 가지므로 여기서는 구체적인 설명은 생략하며, 이하에서는 상기 여과유닛(600)에 대하여 설명한다.

[0060] 상기 여과유닛(600)은 상기 스트리퍼(500)에 의해 처리된 하수를 최종 여과 처리하여 재사용이 가능한 높은 수질의 유출수를 얻을 수 있도록 하기 위한 것으로, 미세 필터나 멤브레인으로 구성될 수 있다. 상기 미세 필터나 멤브레인은 동일한 용도로 기존의 하수처리 시스템에서 사용하는 것들을 사용할 수 있다.

[0061] 한편, 첨부한 도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템을 개략적으로 나타낸 도면으로서, 도시된 바와 같이, 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템은, 침전조(100), 농축조(200), 슬러지 소화조(300), 혐기성 반응조(400), 스트리퍼(500), 여과유닛(600) 및 질소/인 제거유닛(700)을 구비한다.

[0062] 상기 침전조(100), 농축조(200), 슬러지 소화조(300), 혐기성 반응조(400), 스트리퍼(500) 및 여과유닛(600)은 앞서 설명한 본 발명의 다른 실시예에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템의 그것들과 동일한 구성 및 작용을 가지므로 여기서는 구체적인 설명은 생략하며, 이하에서는 상기 질소/인 제거유닛(700)에 대하여 설명한다.

[0063] 상기 질소/인 제거유닛(700)은 최종 처리되어 방류되는 유출수의 질소 및 인의 농도를 방류수 수질 기준으로 맞추기 위하여 설치되는 구성이다.

[0064] 도시 하수 및 저농도 폐수에는 유기물질 뿐만 아니라 질소 및 인을 포함하는 영양염류 성분이 존재한다. 영양염류란 유기물 분해를 일으키는 미생물이 생육과 증식에 필요한 무기성 원소로서, 이들 중 특히 질소 화합물과 인산염은 생물 세포형성과 에너지 대사를 위하여 연속적으로 공급되어야 하는 원소이다. 그러나, 이러한 질소나 인 등의 영양염류가 증가하면 생태계의 균형이 파괴되면서 부영양화 현상이 발생하는 문제가 있다.

[0065] 이러한 부영양화 발생의 원인이 되는 질소 발생원으로는 생활하수와 공장폐수 및 농업폐수를 들 수 있다. 생활하수에는 유기 질소 화합물로서 단백질, 펩타이드, 아미노산 및 요소가 포함되어 있으며, 무기 질소 화합물로서 소량의 암모니아가 포함되어 있다. 유기 질소 화합물 형태 혹은 질소는 물속에서 미생물의 작용으로 아질산염 혹은 질산염으로 산화되면서 물속의 산소를 소모시킨다. 아질산염 혹은 암모니아는 어류에 치명적인 영향을 미친다.

[0066] 인의 주요 발생원은 합성세제로서 수중 생태계로 흘러드는 인의 30~40%가 이에 속한다. 인산염은 합성 세제의 충진제(builder)로 사용되어 계면 활성제와 더불어 세척작용에 상승효과를 일으키는 것으로 합성세제의 큰 부분을 차지한다. 합성세제의 사용량이 날로 늘어감에 따라 인산염이 하수 중에서 차지하는 비중이 점점 증대하고 있다.

[0067] 이러한 질소나 인이 저수지 등의 수역에 축적되면 부영양화가 일어나는 문제가 발생한다. 부영양화는 질소나 인 성분이 저수지 등의 수역으로 유입되어 질 때 이들 질소나 인을 먹이로 하는 조류 등의 미생물이 과잉 번식되면서 일어나기 시작되는 현상이다. 따라서 부영양화를 근본적으로 방지하기 위해서는 하,폐수 내의 영양염류 성분이 호수나 하천 등의 수역으로 유입되기 전에 제거되어야 한다.

[0068] 본 실시예에서는 폐수 중의 유기물질이 분해되어 최종 유출되는 유출수에 함유되어 있는 질소나 인을 제거하는 질소/인 제거유닛(700)을 추가로 구비함으로써, 질소 및 인의 농도를 방류수 수질 기준으로 맞출 수 있도록 한다.

[0069] 상기 질소/인 제거유닛(700)은 첫째로, MAP($MgNH_4PO_4$) 침전법을 이용하여 질소와 인을 함께 침전시켜 제거하도록 구성하거나, 둘째, ANAMMOX(Anaerobic Ammonia Oxidation), Sharon Process 공법 등을 이용하여 질소 단독으로 제거하도록 구성하거나, 셋째, MAP 침전법에 추가하여 별도의 응집침전 시설을 갖추어 인을 제거하도록 구성할 수 있다.

[0070] 또한, 도 5에 도시된 바와 같이, 하수 및 폐수에 포함된 암모니아성 질소는 상기 질소/인 제거유닛(700)을 질산화조로 이용하여 질산화시킨 후 혐기성 반응조(400)로 반송하여 탈질을 도모하는 형식으로도 제거할 수 있다.

이 경우 질산성 질소의 탈질에 하수의 유기물이 사용되므로 탈질을 위해 통상적으로 첨가되는 외부탄소원을 주입하지 않아도 되므로 처리 비용을 절감할 수 있다.

[0071] 이를 위하여 본 실시예에서는 도 5에서 보는 바와 같이, 상기 질소/인 제거유닛(700)과 상기 혐기성 반응조(400)가 반송라인(800)에 의해 연결되어 있다. 이러한 반송라인(800) 외에 도 5에 나타낸 다른 구성 및 작용들은 앞서 설명한 본 발명의 다른 실시예에 의한 폐수 처리 시스템과 동일하다.

[0072] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명의 바람직 실시예들에 의한 도시 하수 및 저농도 폐수의 혐기성 처리 시스템은, 기존에 호기성 공정으로 처리되었던 도시 하수 및 저농도 폐수를 혐기성 공정을 이용하여 처리한다. 혐기성 공정을 이용하면, 유기물로부터 메탄가스를 분해하여 재생 에너지로 사용할 수 있으며, 잉여 슬러지 양이 현저하게 줄어드므로 2차 침전조와 같은 큰 설지면적을 차지하는 침전조를 없애거나 설치하더라도 아주 작게 설치할 수 있어, 하수처리장 건설 부지 면적을 줄일 수 있다.

[0073] 또한, 호기성 공정에서 필요한 산기장치가 불필요하여 전력 소모량을 줄일 수 있으며, 발생된 메탄가스를 이용하여 반응조의 가열, 슬러지의 건조 등에 사용할 수 있으므로 하수처리장 운영비용을 혁신적으로 줄일 수 있다. 아울러, 잉여 에너지를 전력 생산, 도시가스 등으로 생산 판매할 수 있다.

[0074] 이상에서, 본 발명은 예시적인 방법으로 설명되었다. 여기서 사용된 용어들은 설명을 위한 것일 뿐 한정의 의미로 이해되어서는 안될 것이다. 상기 내용에 따라 본 발명의 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 따로 부가 언급하지 않는 한 본 발명은 청구범위 내에서 자유로이 실행될 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0075] 100;침전조 200;농축조

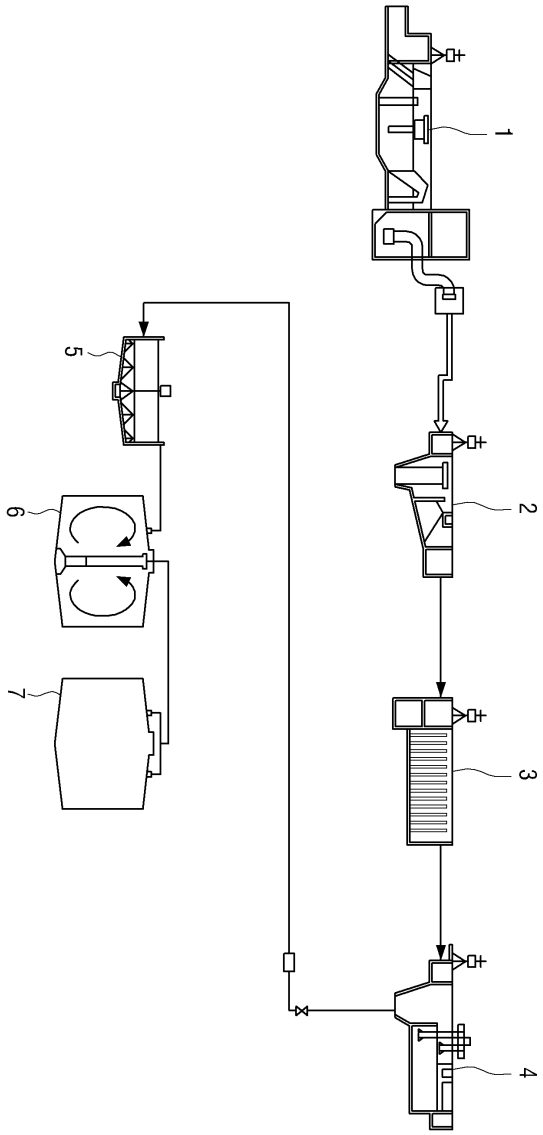
300;슬러지 소화조 400;혐기성 반응조

500;스트리퍼 600;여과유닛

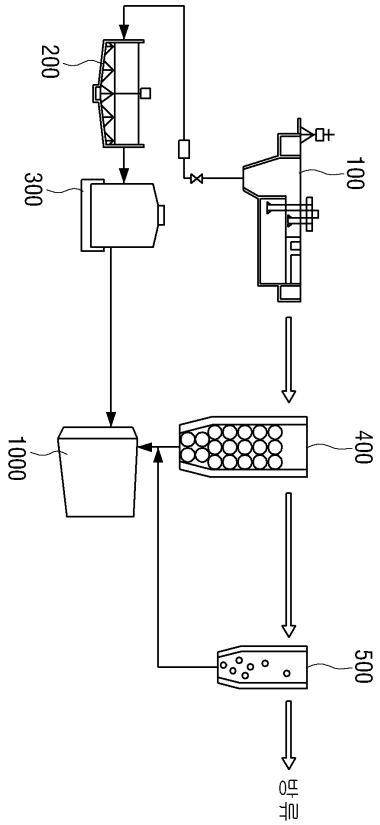
700;질소/인 제거유닛

도면

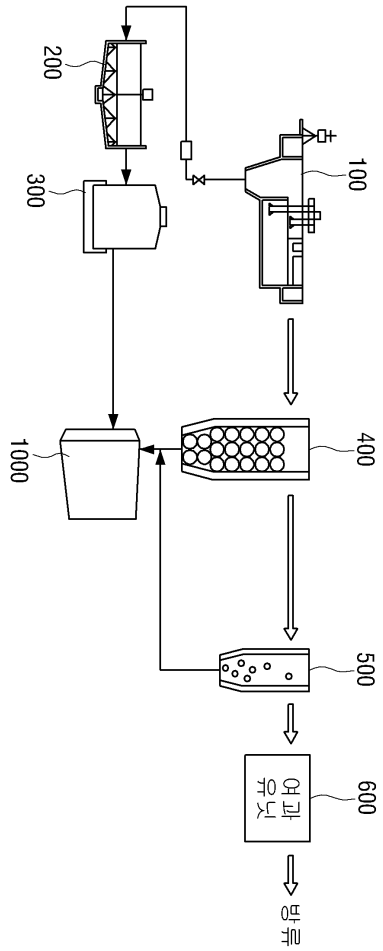
도면1



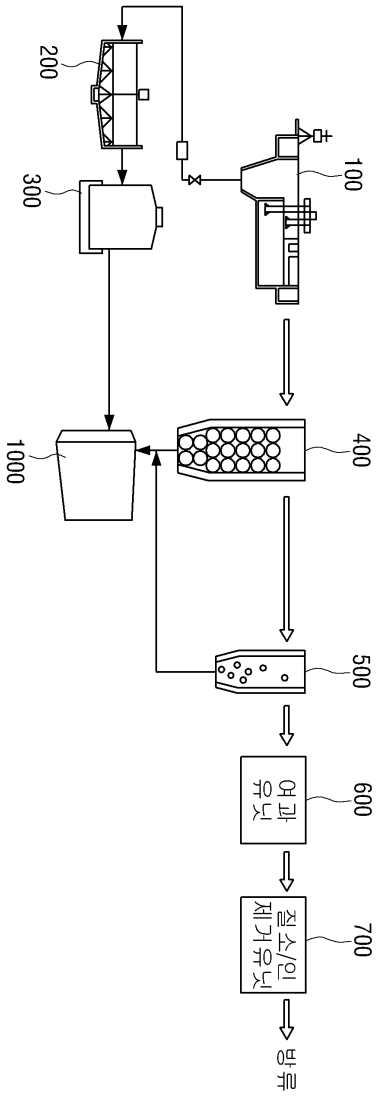
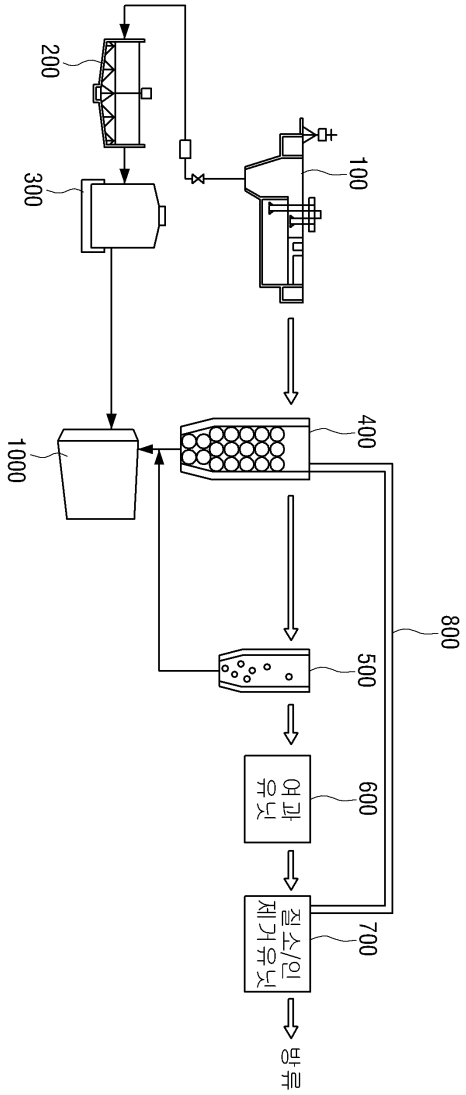
도면2



도면3



도면4



도면5