

명세서

발명의 명칭: 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 포함하는 수처리 장치 및 이를 사용한 수처리 방법

기술분야

- [1] 본 발명은, 입상 활성 슬러지가 포함된 입상화조를 통해 원수 내 포함된 오염물질을 효과적으로 제거함과 동시에, 상기 입상화조 상부에 구비된 이동 가능한 막으로 여과하여 중수도용 고도의 수처리를 할 수 있는 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 시스템 및 이를 이용한 수처리방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 하·폐수의 생물학적 처리시설로 범용화되어 있는 활성슬러지 공법은 부유미생물을 이용하여 유기물을 산화하는 폭기조와 더불어 부유미생물과 처리수를 고액분리하는 2차 침전지가 반드시 필요하다.
- [3] 하지만, 2차 침전지 시설은 기계장치가 복잡하고, 수리학적 부하에 예민하며, 슬러지 부상(Sludge rising) 등 다양한 문제가 발생 되기 때문에 최근에는 활성슬러지 공법의 폭기조에 멤브레인을 침적시켜 사용하는 방법(Membrane Bio Reactor, MBR) 등의 다양한 수처리기술이 개발되고 있다.
- [4] 상기 MBR 시스템은 하·폐수에 포함된 오염물질들의 제거를 증가시키기 위하여 여러 변형된 활성슬러지공정들을 단독 또는 연속 배치하여 수처리를 할 수 있으며, 완전한 고-액 분리를 위한 물리장벽으로써 저압 정밀여과(MF: microfiltration) 또는 한외여과(UF: ultrafiltration) 막들을 사용한다. UF 및 MF 막들은 생물반응기의 내부 또는 생물반응기의 외부에서 잠호시켜 사용될 수 있다.
- [5] 그러나 활성슬러지 공법에 멤브레인(Membrane)을 침적시켜 침전지 대응으로 운전할 경우 활성슬러지 특유의 점착성과 폭기에 의해 활성슬러지가 과쇄되어 미세 입자(Particle)에 의한 막힘 현상으로 막 표면을 자주 세척해야 하며, 이 문제는 멤브레인공정의 최대 단점으로 부각되어 실용화 과정에서 최대의 걸림돌이 되고 있다.
- [6] 과쇄된 활성슬러지에 의한 막힘을 방지하는 방안으로는 미생물의 자기고정화 특성을 이용한 슬러지의 입상화방법이 있으며, 대표적으로는 혐기성 조건에서 상향류에 의해 수행되는 UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)공법과 호기성 조건에서 수행되는 입상화 방법 등을 들 수 있다. 호기성 입상화 방법에 대하여 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.
- [7] 활성슬러지 폭기조의 미생물을 교반기에 의해 완속으로 접촉시키면 활성슬러지 점액의 가교작용에 의해 슬러지 간에 접촉이 발생하게 되고, 이로 인하여 서로 뭉치게 되어 담체(Media) 없이도 자기고정화(Self-Granulation)에

의해 입상화가 이루어지며, 입상화된 활성슬러지는 침전성이 탁월하고 콤팩트(Compact)화 되어 반응조에서 차지하는 용적이 줄어들어 침전조가 불필요하게 된다.

- [8] 활성슬러지 입상화장치는 크게 간접폭기조와 입상화조로 구성되어 있는데, 간접폭기조에서는 입상화조 상부에서 유출수를 펌프로 유입하여 과잉으로 폭기시킨 후 용존산소가 풍부해진 유출수는 입상화조에서 상향류로 유입되도록 하여 입상화조의 슬러지가 호기성 조건이 유지되도록 하며, 간접폭기조에서 입상화조로 유입되는 수리력에 의한 와류 또는 교반기를 통해 입상화조에서 슬러지 간의 접촉을 유발시킬 수 있다.
- [9] 등록특허 제1336988호(2013.12.05 등록공고)는 입상 슬러지를 이용한 하·폐수 처리장치 및 방법에 관한 것으로, 분리판이 각각 구비된 혐기조, 무산소조, 제1 포기조 및 제2 포기조에 혐기성 입상 슬러지, 제1 호기성 입상 슬러지, 제2 호기성 입상 슬러지 및 질산화 입상 슬러지를 각각 주입함으로써 하·폐수의 유기물, 질소, 인 등의 오염물질 처리효율을 대폭 향상시킨 입상 슬러지를 이용한 하·폐수처리 장치 및 방법을 제시하고 있다.
- [10] 이러한 종래의 기술은, 폭기조를 통과한 처리수에 포함된 부유 미생물의 분리 및 배출을 하기 위하여 추가로 멤브레인이 포함된 침전조를 통과시켜 처리수를 배출함으로써, 추가 설치면적 증가 및 상기 멤브레인을 세척하기 위하여 공기포집장치, 펌프, 배관 등의 설비가 추가로 필요로 하다는 단점이 존재한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 본 발명은 입상 활성 슬러지가 포함된 입상화조를 통해 원수 내 포함된 오염물질을 효과적으로 제거함과 동시에, 상기 입상화조 상부에 구비된 이동 가능한 막을 구비함으로써, 상기 복합 수처리 시스템의 설치 면적을 최소화할 수 있으며, 유기물, 질소, 인 등의 오염물질 처리효율을 향상시킬 수 있는 입상활성 슬러지와 막 생물반응기를 조합공정을 통해 고도의 수처리가 가능한 복합 수처리 시스템을 제공하고자 한다.
- [12] 또한, 본 발명에서는 입상화조 내에서 슬러지 블랭킷의 고착화를 방지하기 위해, 소정의 교반 효과를 부여할 수 있도록 내부에 교반 수단이 구비된 복합 수처리 장치 및 방법을 제공함으로써, 설치 비용 및 운전 비용을 최소화하고자 한다.

과제 해결 수단

- [13] 상술한 바와 같은 종래의 기술의 문제점을 해결하고 발명에서 해결하고자 하는 과제의 목적을 달성하기 위한, 본 발명의 일 실시 형태는, 원수 내 포함된 용존산소가 포화농도에 이를 수 있도록 공기를 공급하는 간접 폭기조(100); 및 상기 간접 폭기조를 통과한 처리수에 포함된 부유 미생물을 입상화시키는, 슬러지 블랭킷이 형성된 입상화조(200);를 포함하고, 상기 입상화조(200) 상부에

구비되며, 상기 입상화조(200) 내에서 이동 가능한 막(Membrane)(500)을 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [14] 상기 입상화조(200)는 슬러지 블랭킷이 입상화조(200)의 저면 내벽에 고착되지 않도록 슬러지 블랭킷에 소정의 교반효과를 부여할 수 있는 교반 수단을 내부에 구비함으로써, 상기 입상화조(200) 내부에서는, 부유 미생물의 접촉에 의해 발생하는 부산물인 젤라틴에 의하여 입상화되고, 간접 폭기조(100)에서 이송되는 처리수의 제1 수리력(hydrodynamic force)과 입상화조(200)에 포함된 교반 수단에 기인하는 제2 수리력에 의해 상기 입상화가 가속(acceleration)화된다.
- [15] 상기 교반 수단은, 상기 입상화조(200)의 내부에 존재하는 교반기(210)인 것이 바람직하고, 상기 막(500)은, 저압 정밀 여과((Micro Filtration, MF)막 또는 한외 여과((Ultra-Filtration, UF)막이 사용될 수 있다.
- [16] 또한, 상기 막(500)이 입상화조(200) 내에서 이동함으로써 발생하는 난류의 전파를 차단하고, 슬러지 블랭킷의 안정적인 형태를 유지하기 위해 상기 입상화조 내부를 상부와 하부로 구획하는 격벽(230)을 더 포함하는 것이 바람직하며, 상기 격벽(230)은 다공성 부재 또는 일정한 간격으로 경사지게 배치된 경사판인 것이 더욱 바람직하다.
- [17] 상기 막(500)의 오염을 저감시키기 위하여, 상기 입상화조 내에서 막을 전후 또는 좌우로 왕복운동시키는 왕복 장치가 더 포함되는 것이 바람직한데, 상기 왕복 장치는, 상기 막과 상호 연결되어 왕복하는 활주 프레임; 상기 활주 프레임과 축으로 연결되고, 회전운동을 하는 회전자; 및 상기 회전자를 회전시키고, 연결된 축을 통하여 회전운동을 활주 프레임의 왕복운동으로 전환시키는 모터;를 포함할 수 있다. 또한, 상기 활주 프레임과 축 사이에 완충기가 추가되어 상기 왕복 장치에 의해 발생하는 충격 부하를 감소시킬 수 있으며, 상기 활주 프레임은, 선형 베어링과 굴대받이 지지물을 수반하는 활주 레일을 따라 가변되는 것이 바람직하다.
- [18] 본 발명에서 사용되는 이동 가능한 막(Membrane)(500)은, 상기 입상화조(200) 내의 상등액이 여과되는 동안 지속적으로 이동하거나, 막의 오염을 방지하기 위해 필요에 따라 선택적으로 이동할 수 있다.
- [19] 또한, 상기 교반 수단은, 입상화조(200) 내의 슬러지 블랭킷을 교반하면서 동시에 입상화조(200) 내에서 이동 가능한 막(Membrane)(500)을 구동시키거나, 입상화조 상부에서 하부로 슬러지 블랭킷을 거친 처리수를 다시 순환시키는 보조 순환 수로(437)를 포함할 수 있는데, 이때 상기 처리수는 막(Membrane)(500)의 이동에 따라 발생하는 힘에 의해 보조 순환 수로(437)를 통해 순환되는 것이 바람직하다.
- [20] 본 발명의 다른 실시형태로, 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 방법을 들 수 있는데, 오염물질이 포함된 원수에 공기를 주입하는 폭기단계; 상기 폭기단계를 통과하여 용존산소량이 포화상태인 처리수 내

포함된 부유 미생물을 입상화시키는 입상화단계; 및 상기 입상화단계에서 입상화된 슬러리는 제외하고, 상등액은 이동 가능한 막(Membrane)을 통과시켜 배출하는 여과단계;를 포함하며, 상기 입상화단계에서는, 입상화된 부유 미생물에 의해 형성되는 슬러지 블랭킷이 교반 수단에 의해 교반되는 것이 바람직하다.

- [21] 또한, 상기 입상화단계는, 부유 미생물의 접촉에 의해 발생하는 부산물인 젤라틴에 의하여 수행되며, 폭기단계를 거쳐 이송되는 처리수가 갖는 제1 수리력(hydrodynamic force)과 입상화단계의 교반 수단에 기인하는 제2 수리력에 의해 가속화(acceleration)될 수 있으며, 상기 입상화단계 및 여과단계가 수행되는 입상화조(200) 내부에는, 상기 막(500)이 입상화조(200) 내에서 이동함으로써 발생하는 난류의 전파를 차단하고, 슬러지 블랭킷의 안정적인 형태를 유지하기 위해 상기 입상화조(200) 내부를 상부와 하부로 구획하는 격벽(230)을 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [22] 상기 제2 수리력은, 상기 입상화조(200)의 내부에 존재하는 교반기(210) 또는 입상화조(200) 상부에서 하부로 슬러지 블랭킷을 거친 처리수를 다시 순환시키는 보조 순환 수로(437)에 의해 형성될 수 있으며, 상기 격벽(230)은 다공성 부재 또는 일정한 간격으로 경사지게 배치된 경사판인 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [23] 본 발명은 입상 활성 슬러지가 포함된 입상화조를 통해 원수 내 포함된 오염물질을 효과적으로 제거함과 동시에, 상기 입상화조 상부에 구비된 이동 가능한 막으로 여과하여 고도의 수처리함으로써, 종래의 생물학적 수처리 장치의 문제점이 막오염을 최소화시킬 수 있을 뿐만 아니라, 이로 인하여 막 세척 주기를 연장하며, 운전기간을 장기화할 수 있다.
- [24] 또한, 막 세척 및 막의 사용주기를 증가시키기 위한 폭기 장치, 펌프, 배관 등의 추가 장비가 필요치 않아 설치비가 저감되고, 상기 막을 입상화조 내부에 구비함으로써, 전체 설비가 소형화되어 설치 면적이 줄어들기 때문에 설비 CAPEX를 저감시킬 수 있을 뿐만 아니라, 시스템 운전 시 에너지 소모량 감소로 인하여 OPEX 또한 절감할 수 있다.
- [25] 그리고 본 발명의 수처리 장치 및 수처리 방법은, 입상화조 내에서 슬러지 블랭킷의 고착화를 방지하기 위한 교반 효과를 부여할 수 있도록 내부에 다양한 교반 수단이 구비된 복합 수처리 장치 및 방법을 제공함으로써, 설치 비용 및 운전 비용을 최소화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [26] 도 1은 종래의 입상 슬러지와 막 생물반응기의 조합공정시스템을 개략적으로 나타낸 모식도이다.
- [27] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 시스템을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

- [28] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 시스템을 개략적으로 나타낸 모식도이다.
- [29] 도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 시스템을 개략적으로 나타낸 모식도이다.
- [30] 도 5는 본 발명의 입상화조 내에 구비된 이동 가능한 막의 오염방지 원리를 개략적으로 나타낸 모식도이다.
- [31] <부호의 설명>
- [32] 100 : 간접 폭기조 110 : 공기주입장치
- [33] 111 : 노즐 200 : 입상화조
- [34] 210 : 교반기 230 : 격벽
- [35] 250 : 슬러지 블랭킷 300 : 여과조
- [36] 410 : 유입수로 430 : 이송수로
- [37] 433 : 반송수로 435 : 슬러지배출관
- [38] 437 : 보조 순환 수로 450 : 배출수로
- [39] 500 : 막(Membrane)

발명의 실시를 위한 형태

- [40] 이하 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [41] 본 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [42] "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위한 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [43] 본 명세서에서 특별한 언급이 없는 한, '원수'는 각종 오염물질이 포함되어 정수처리가 필요한 대상인 하수 또는 폐수를 의미한다. 또한, '처리수'는 각 단이나 단계, 장치를 통과한 원수를 의미하며, '반송수'는 처리수의 일부가 거쳐온 전 단이나 단계, 장치로 되돌아가는 원수를 의미하며, '입상화(Granulation)'은 원수에 포함된 미생물들끼리 서로 뭉쳐 입자형태를 이루는 현상을 의미하는 것으로서, 이하에서는 상호 간의 접촉에 의해 엉키어 큰 덩어리를 이루는 현상인 '응집(Coagulation)', '응결(Flocculation)'의 의미와 구분하지 않고 이를 포함하는 넓은 의미로 이해하여야 한다.
- [44] 먼저, 기존의 활성슬러지 공법의 폭기조에 멤브레인을 침적시켜 사용하는 막 반응기(Membrane Bio Reactor, MBR)인 도 1을 살펴보면, 원수 내 포함된

오염물질을 제거하기 위하여, 유입되는 원수 또는 입상화조(200)에서 반송되는 반송수에 의한 수리력 및 주입되는 공기로 인하여 원수 내 포함된 용존산소가 포화농도에 이를 수 있도록 할 뿐만 아니라, 상기 오염물질을 입상화시키기 위한 준비를 하는 간접 폭기조(100), 상기 간접 폭기조(100)를 통과하여 용존산소량이 포화된 원수를 입상화시켜 슬러지 처리하는 입상화조(200), 상기 입상화조(200)에서 입상화된 슬러지를 제외하고, 상등액만 취하여 멤브레인을 통과시켜 처리수를 배출하는 여과조(300)를 포함할 수 있다.

- [45] 상기 멤브레인이 포함된 여과조(300)는, 미세한 입상화된 오염물질이 상기 멤브레인을 오염시켜 장기간 사용시, 주기적으로 막세척을 해야한다. 이로 인하여 에너지 소모량이 증가할 뿐만 아니라, 멤브레인의 오염을 방지하기 위하여 추가로 여과조(300) 내에, 공기주입이 가능한 폭기장치, 펌프, 배관 등을 설치해야 하며, 이로 인해 설비 비용이 증가하는 문제점이 존재한다.
- [46] 따라서, 이러한 기존의 활성슬러지 공법의 폭기조에 멤브레인을 침적시켜 사용하는 막반응기(Membrane Bio Reactor, MBR)의 문제를 해결하기 위한 본 발명의 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 장치는, 원수에 포함된 오염물질을 입상슬러지공법을 통하여 입상화시켜 효과적으로 제거할 수 있다. 또한, 이동 가능한 막을 사용하여 처리수를 외부로 배출함으로써 멤브레인 침적시 발생하는 막힘 현상을 최소화함으로써 막세척 주기 및 운전기간을 증가시킬 수 있고, 고도의 처리수를 형성할 수 있다.
- [47] 본 발명의 따른 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 시스템은, 간접 폭기조, 입상화조를 순차적으로 배열한 연속식 흐름 고도 수처리 장치로서, 원수 내 포함된 유기물, 질소, 인 등의 오염물질 처리 효율을 극대화시키고, 짧은 수리학적 체류시간에 따른 장치의 부피를 최소화할 수 있으며, 후처리 공정에서의 원활한 고액분리가 용이하게 하기 위하여, 상기 간접 폭기조, 입상화조를 순차적으로 배열시킨 다음, 상기 반응조 즉, 간접 폭기조 및 입상화조에 제조된 양질의 입상 활성 슬러지를 각각 주입시켜 수처리하는 장치에 관한 것이다.
- [48] 상기 '입상 활성 슬러지(granular activated sludge)'라 함은 고가의 담체, 회전체 등의 생물막 없이 생물학적, 물리적, 화학적 요인 등에 의해서 활성 슬러지에 함유된 미생물들이 서로 자가 고정화 현상을 나타내며 서로 뭉치면서 입상화된 것을 일컫는다.
- [49] 상기 입상 활성 슬러지는 혐기성 입상 슬러지 또는 호기성 입상 슬러지 중에서 상기 원수의 상태 및 공정의 운전방법에 따라 선택적으로 사용 가능하며, 바람직하게는 호기성 입상 슬러지를 사용할 수 있다. 또한, 상기 입상 활성 슬러지의 바람직한 양은, 원수의 내 포함된 유기물 및 질소 농도에 따라 입상화조의 혼합액 부유고형물(MLSS)를 적절히 조절하여 사용될 수 있다.
- [50] 도 2에 나타난 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 장치를 도시한 모식도로서, 좀 더 상세하게는,

원수 내 포함된 용존산소가 포화농도에 이를 수 있도록 공기를 공급하는 간접 폭기조(100) 및 상기 간접 폭기조(100)를 통과한 처리수에 포함된 오염물질을 입상화시키기 위하여 슬러지 블랭킷(250)이 형성된 입상화조(200)를 포함하고, 상기 입상화조 상부에 구비되면서 상기 입상화조 내에서 이동 가능한 막(Membrane)(500)을 포함한다.

- [51] 또한, 상기 입상화조(200) 내부에는, 슬러지 블랭킷(250)이 입상화조(200)의 저면 내벽에 고착되지 않도록 슬러지 블랭킷에 소정의 교반효과를 부여할 수 있는 교반 수단이 추가로 더 포함된다.
- [52] 상기 간접 폭기조(100)는 공기주입장치를 통해 공기를 공급받아 상기 간접 폭기조 하부에 구비된 노즐을 통해 하부에서 상부로 공기를 공급함으로써, 상향류를 발생시켜 유입수로(410)를 통해 유입되는 원수의 용존산소 농도가 포화상태에 이를 수 있도록 할 수 있다.
- [53] 상기 공기주입장치(110)는 수처리에 사용되는 공기를 주입하기 위하여 통상적으로 사용하는 부재면 한정되지 않고 사용 가능하고, 하부에서 상부로 노즐(111)을 통해 공기를 주입함으로써 인하여 상향류가 발생되도록 한다.
- [54] 상기 간접 폭기조를 통과하여 용존산소량이 포화상태인 원수를 이송수로(430)를 통해 입상화조(200) 하부로 유입함으로써, 상기 원수의 흐름에 의한 수리력과 함께 상기 입상화조(200) 내의 교반기(210)에 의한 교반력이 입상 활성 슬러지에 가해지게 되고, 이에 의해 상기 입상 활성 슬러지들이 서로 충돌하여 미생물 반응 부산물인 젤라틴 물질에 의해 입상화된다. 이때, 상기 입상화조는 용존 산소가 풍부한 원수로 인해 호기성 환경으로 조성되고, 용존 산소를 전자 수용체(Electron acceptor)로 이용하는 유기물 제거 미생물 및 질소 성분 산화 미생물이 상기 수리력 및 교반력에 의해 입상화(granulation)된다.
- [55] 특히, 상기 입상화조(200) 내부에서의 입상화는, 부유 미생물의 접촉에 의해 발생하는 부산물인 젤라틴에 의하여 입상화되는데, 간접 폭기조(100)에서 이송되는 처리수의 제1 수리력(hydrodynamic force)과 입상화조(200)에 포함된 교반 수단에 기인하는 제2 수리력에 의해 가속화(acceleration)될 수 있다.
- [56] 상기 교반 수단은, 상기 입상화조(200)의 내부에 존재하는 교반기(210) 또는 입상화조 상부에서 하부로 슬러지 블랭킷(250)을 거친 처리수를 다시 순환시키는 보조 순환 수로(437)를 포함하면, 상기 처리수는 막(Membrane)(500)의 이동에 따라 발생하는 힘에 의해 보조 순환 수로(437)를 통해 순환되거나, 교반기(210)의 회전에 의해 입상화조(200)내의 입상화 현상을 가속시킬 수 있을 뿐만 아니라, 슬러지 블랭킷(250)이 입상화조(200)의 바닥면에 침전되어 고착화되는 것을 효과적으로 방지할 수 있다.
- [57] 따라서, 상기 제2 수리력은, 상기 입상화조(200)의 내부에 존재하는 교반기(210) 또는 입상화조 상부에서 하부로 슬러지 블랭킷을 거친 처리수를 다시 순환시키는 보조 순환 수로(437)에 의해 형성될 수 있다.
- [58] 상기 교반 수단으로 교반기(210)가 사용될 경우에는, 상기 교반기(210)의

운동을 별도의 모터 혹은 동력원을 통해서 구현할 수 있으나, 바람직하게는 추후 설명할 입상화조(200)의 내부에 설치되는 이동 가능한 막(Membrane)(500)을 움직이는 이동수단인 모터를 공유하여 사용할 수 있다.

- [59] 이때, 교반기(210)의 회전 속도와 이동 가능한 막(500)의 이동 속도가 동일하지 않을 경우에는, 적절한 회전비를 갖는 기어 결합을 부가하여 최적의 교반 속도와 막의 이동 속도를 제어하는 것이 바람직한데, 최종적인 교반기의 적절한 회전수는 25 ~ 40 rpm의 범위가 더욱 바람직하고, 이동 가능한 막의 이동 속도는 약 7 ~ 13 cm/sec의 범위가 더욱 바람직하다.
- [60] 상기 입상화조의 하부에 구비된 슬러지배출관(435)를 통해 입상 활성 슬러지의 양을 줄이거나, 상기 입상 활성 슬러지를 배출하여 처리할 수 있다.
- [61] 상기와 같이 상기 입상화조의 호기성 조건 하에서 입상화된 유기물 제거 미생물은 유기 물질을 산화시켜 제거하지만, 질소 성분 산화 미생물은 원수 중에 포함되어 있는 암모니아성 질소(NH_4^+) 등을 질산성 질소(NO_3^-) 또는 아질산성 질소(NO_2^-)로 산화시키기 때문에 이들 질소 산화물은 상기 원수 내 용존된 상태로 잔존하게 된다. 따라서, 상기 질산성 질소 또는 아질산성 질소를 제거할 뿐만 아니라, 입상화조 내 입상 활성 슬러지의 농도를 유지하기 위하여 슬러지와 원수가 혼합된 혼탁층인 슬러지 블랭킷(250)(Sludge Blanket)의 상부에 형성된 반송수로(433)를 통해 상기 슬러지와 원수가 혼합된 원수의 일부를 간접 폭기조로 반송할 수 있다.
- [62] 본 발명의 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 장치는 상기 입상화조(200) 상부에 구비되면서 동시에 상기 입상화조 내에서 이동 가능한 막(Membrane)(500)을 포함할 수 있다.
- [63] 또한, 상기 막(500)이 이동함으로써 발생하는 입상화조(200) 내의 난류 흐름이 슬러지 블랭킷(250)으로의 전파를 차단하여 상기 입상화조 내의 입상 활성 슬러지와 원수가 혼합된 혼탁층인 슬러지 블랭킷(250)과 상등액과의 분리를 위하여 상기 입상화조 내부를 구획하는 격벽(230)을 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [64] 상기 격벽(230)은 입상화조(200)의 공간을 상부와 하부로 구획하면서, 동시에 원수의 흐름을 차단하지 않는 형태면 특별히 한정되지 않고 사용 가능하다. 바람직하게는 기공(pore)를 갖는 다공성 부재 또는 일정한 간격으로 경사지게 배치된 경사판이 사용될 수 있다. 더욱 바람직하게는 라멜라(Lamella) 경사판이 사용될 수 있다.
- [65] 상기 입상화조(200)의 상부에 형성된 이동가능한 막(500)은 막의 오염을 저감시키기 위하여 상기 입상화조(200)의 상부 내부에서 이동할 수 있는데, 바람직하게는 상기 입상화조(200) 내에서 전후 또는 좌우로 왕복운동을 할 수 있으며, 상기 막을 왕복 운동시키기 위하여 왕복 장치를 더 포함할 수 있다.
- [66] 상기 왕복장치는, 상기 막과 상호 연결되어 왕복하는 활주 프레임, 상기 활주 프레임과 축으로 연결되고, 회전운동을 하는 회전자 및 상기 회전자를

회전시키고, 연결된 축을 통하여 회전운동을 활주 프레임의 왕복운동으로 전환시키는 저속 모터를 포함할 수 있다.

- [67] 더욱 상세하게는, 상기 막은 완전한 고-액 분리를 위한 물리적 장벽으로 사용되는 저압 정밀여과(MF) 또는 한외여과(UF) 막을 사용할 수 있으며, 상기 막은 왕복장치에 기계적으로 서로 연결될 수 있다. 상기 왕복 장치는 막을 왕복시키는 데 사용되는데, 예를 들어, 상기 왕복 장치는 회전운동을 왕복운동으로 전환시키기 위한 기계장치를 사용할 수 있다.
- [68] 상기 막(500)은 상기 입상화조 상등액을 여과하는 동안 지속적으로 왕복운동할 수 있으며, 상기 막의 오염을 방지하기 위하여 필요에 따라 선택적으로 왕복운동할 수도 있다.
- [69] 상기 막은 활주 프레임에 연결되며, 모터-구동되는 회전자가 축을 경유하여 활주 프레임에 연결될 수 있다. 이에 따라 회전자의 회전 운동을 활주 프레임의 왕복 운동으로 전환시킬 수 있으며, 왕복의 빈도 및 속도는 회전자가 회전하는 속도에 의해 제어할 수 있다. 좀 더 구체적으로, 모터를 통해 축을 운동시켜 회전자의 회전 운동을 활주 프레임의 왕복 운동으로 전환시킬 수 있다. 상기 왕복 운동으로 인한 충격 부하는 활주 프레임과 축 사이의 완충기를 더 구비하여 감소시킬 수 있으며, 활주 프레임은 선행 베어링과 굴대받이 지지물을 수반하는 활주 레일을 따라 가변될 수 있다. 본 발명에서 막을 왕복 운동시키는 왕복 장치는 소정의 왕복 운동을 제공할 수 있는 많은 다른 형태의 장치를 사용할 수 있다.
- [70] 이때 상기 모터는 막(500)을 이동시킬 수 있으며, 동시에 입상화조(200) 내에 설치되는 교반기(210)를 움직일 수 있다. 이렇게 하나의 모터를 사용하여 막(500)과 교반기(210)를 동시에 운전함으로써, 전체적인 수처리 장치의 설비 비용 및 운전 비용을 감소시킬 수 있다. 이렇게 하나의 모터를 사용하여 막(500)의 이동과 교반기(21)의 회전을 동시에 운전하면서 각각의 이동 속도 혹은 회전 속도를 적절히 조절하기 위해 축을 연결하는 연결 부위에 적절한 기어비를 갖는 연결 수단을 선택하는 것도 가능하다. 이때, 수처리 장치 내의 각각의 유닛의 운전 속도를 모니터링하고, 이를 적절히 제어하는 제어수단이 추가될 수 있음은 당연하다 할 것이다.
- [71] 도 1에 제시되어 있는 일반적인 MBR에서 사용되고 있는 공기주입장치를 통해 주입된 공기방울을 이용하여 오염물질과 막을 분리하는 막과는 달리, 도 2 내지 4와 같이 본 발명의 이동가능한 막은, 저속 왕복운동을 함으로써, 분리막의 이동방향과 역방향으로 형성되는 관성력을 사용하여 탁월한 세정효과를 얻을 수 있다. 이로 인하여 지속적으로 막오염을 저감시켜 공기주입장치가 불필요할 뿐만 아니라, 외부에 막을 통한 여과를 위하여 설치공간을 추가하지 않고, 기존의 시스템에 적용 및 설치가 가능한 장점이 있다.
- [72] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 포함하는 수처리 장치에 관한 것으로, 원수의 용존산소 농도를 포화시킬 수

있도록 공기를 공급하는 간접 폭기조(100); 및 상기 간접 폭기조를 거친 처리수에 포함된 부유 미생물이 입상화되어 내부의 저면에 슬러지 블랭킷이 형성되는 입상화조(200);를 포함한다.

- [73] 이때 상기 입상화조(200)는, 슬러지 블랭킷이 입상화조(200)의 저면 내벽에 고착되지 않도록 슬러지 블랭킷에 소정의 교반효과를 부여할 수 있는 교반 수단을 내부 구비하고, 상기 입상화조(200)의 상부에는, 상기 입상화조(200) 내에서 이동 가능한 막(Membrane)(500)을 포함한다.
- [74] 상기 입상화조(200)는 내부에 상부와 하부를 구분하는 격벽(230)이 형성되고, 상기 격벽(230)의 하부에는 슬러지 블랭킷(250)이 형성되고, 상기 슬러지 블랭킷(250)의 교반을 위해 교반기(210)가 포함되고, 상기 격벽(230)의 상부에는 이동이 가능한 막(500)이 움직임을 부여하는 구동수단인 모터에 연결되어 있는데, 상기 교반기(210)의 구동 모터는 막(500) 각각 별도로 형성될 수 있다.
- [75] 도 3은 본 발명의 일 시예의 변형 예로, 하나의 모터를 사용하여 상기 교반기(210)와 막의 이동을 동시에 구현하는 형태의 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 포함하는 수처리 장치를 제시하고 있다.
- [76] 도 4는 본 발명의 또 다른 실시예를 도식적으로 나타낸 것으로, 입상화조(200)의 하부에 별도의 교반기(210)가 형성되지 않고, 상기 슬러지 블랭킷(250)의 교반 수단으로, 입상화조 상부에서 하부로 슬러지 블랭킷(250)을 거친 처리수를 다시 순환시키는 보조 순환 수로(437)를 포함하는 예를 제시하고 있다.
- [77] 이러한 구조는 입상화조(200)의 하부에 교반기 대신에, 입상화조(200) 상부에서 이동하는 막(500)의 움직임에 기인한 처리수가 갖는 관성력을 이용하여 입상화조(200)의 외부에 형성되는 보조 순환 수로(437)를 통해 처리수의 흐름을 유도함으로써, 상기 슬러지 블랭킷(250)에 교반 효과를 부여할 수 있으며, 입상화를 가속하는 것도 가능하다. 상기 보조 순환 수로(437)를 사용할 경우에는 이러한 처리수의 흐름을 위한 별도의 동력이 필요하지 않다는 점에서 운전 비용을 줄일 수 있는 효과가 존재한다.
- [78] 선택적으로 상기 보조 순환 수로(437)를 통한 처리수의 흐름 속도를 제어할 필요가 있는 경우에는 별도의 저속 모터 혹은 감속 부재 등을 상기 보조 순환 수로(437)에 부가하는 것도 가능하다.
- [79] 본 발명의 다른 실시예는, 오염물질이 포함된 원수에 공기를 주입하는 폭기단계, 상기 폭기단계를 통과하여 용존산소량이 포화상태인 처리수 내 포함된 부유 미생물을 입상화시키는 입상화 단계 및 상기 입상화 단계에서 입상화된 슬러리는 제외하고, 상등액은 이동 가능한 막(Membrane)을 통과시켜 배출하는 여과단계를 포함하는 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 방법을 들 수 있는데, 도 2 내지 도 4에 제시된 본 발명의 수처리 장치를 사용하여 수처리를 수행할 수 있다..
- [80] 본 발명의 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 방법에

따라, 오염물질이 포함된 원수에 공기를 주입하여 상기 원수 내 용존산소량이 포화상태에 이를 수 있도록 공기를 주입하는 폭기단계를 거치는 것이 바람직하다.

- [81] 상기 폭기 단계를 통과한 처리수 내 포함된 부유 미생물을 입상화시키는 입상화단계를 통해 입상 활성 슬러지를 제조할 수 있고, 상기 입상활성 슬러지에 의해 유기물이 활발히 분해되어 에너지를 얻고, 세포합성을 하여 상기 원수 내 유기물이 미생물의 새로운 ($C_5H_7O_2N$), CO_2 등으로 전환되어 제거된다.
- [82] 또한, 입상 활성 슬러지에 포함된 인 제거 미생물(PAOs, phosphate accumulating organisms)는 호기성 상태에서 세포내에 저장된 PHB를 산소로 분해하면서 인산 이온(orthophosphate)을 외부로부터 섭취하여 Poly-phosphate 형태로 세포내에 저장된다. 이러한, 합성과정에 필요한 에너지원(ATP)를 계속 공급하기 위하여 외부로부터 PAOs(PAOs의 주된 우점종은 Acinetobacter)에 의한 인 섭취량이 증가하게 되는데, 이러한 인 섭취량이 높은 미생물은 입상 활성 슬러지에서 부유 미생물 형태로 분리되어 원수에 포함된 호기성 부유 미생물과 함께 배출되며, 배출된 부유 미생물은 입상화조 하부에 구비된 침전된 슬러리와 함께 배출됨으로써 상기 원수 내 포함된 인은 최종적으로 제거된다.
- [83] 상기 입상화단계를 거치면서 입상화된 슬러리는 제외하고, 상등액은 이동 가능한 막을 통과시켜 배출하는 여과단계를 거쳐 중수도용 처리수를 배출할 수 있다.
- [84] 상기 이동 가능한 막과 입상화조의 내부 구조에 관한 구체적인 설명은 이미 앞서 상세히 언급하였으므로 생략하기로 한다.
- [85] 따라서, 본 발명의 입상 활성 슬러지와 막 생물반응기를 사용한 복합 수처리 시스템 및 이를 사용한 수처리 방법은, 입상 활성 슬러지의 호기 및 혐기성 소화가 동시에 가능한 특성 및 입상화를 통한 탁월한 침적성을 활용하여 기존의 생물학적 처리 공정의 시간을 단축하고, 침전지의 설치면적을 저감할 수 있다. 또한, 입상화조 상부에 이동 가능한 막을 구비하여 입상화함과 동시에 여과 배출함으로써, 막 여과 및 막 사용주기의 증가를 위하여 추가적으로 포기장치, 펌프, 배관 등의 장치 설치가 불필요하여 설치면적 절감효과뿐만 아니라, 상기 막의 세척 주기를 연장하며, 운전 기간을 장기화하여 에너지 절감효과가 뛰어나다.
- [86]
- [87] 본 발명은 상술한 특징의 실시예 및 설명에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능하며, 그와 같은 변형은 본 발명의 보호 범위 내에 있게 된다.

산업상 이용가능성

- [88] 본 발명은 입상 활성 슬러지가 포함된 입상화조를 통해 원수 내 포함된

오염물질을 효과적으로 제거함과 동시에, 상기 입상화조 상부에 구비된 이동 가능한 막을 구비함으로써, 상기 복합 수처리 시스템의 설치 면적을 최소화할 수 있으며, 유기물, 질소, 인 등의 오염물질 처리효율을 향상시킬 수 있는 입상활성 슬러지와 막 생물반응기를 조합공정을 통해 고도의 수처리가 가능한 복합 수처리 시스템과 방법을 제공할 수 있으며, 입상화조 내에서 슬러지 블랭킷의 고착화를 방지하기 위해, 소정의 교반 효과를 부여할 수 있도록 내부에 교반 수단이 구비된 복합 수처리 장치 및 방법을 제공함으로써, 설치 비용 및 운전 비용을 최소화할 수 있어, 산업상 이용가능성이 있다.