



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0148006
(43) 공개일자 2024년10월10일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 63/08 (2006.01) B01D 63/14 (2006.01)
B01D 65/02 (2006.01) B01D 65/08 (2006.01)
C02F 3/12 (2006.01) C02F 3/20 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B01D 63/0821 (2022.08)
B01D 63/14 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7032177(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2019년07월02일
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2021-7003259
원출원일자(국제) 2019년07월02일
심사청구일자 2021년11월04일
- (85) 번역문제출일자 2024년09월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/CA2019/050910
- (87) 국제공개번호 WO 2020/006628
국제공개일자 2020년01월09일
- (30) 우선권주장
62/693,617 2018년07월03일 미국(US)

- (71) 출원인
파이버라케스트 리미티드
캐나다 온타리오 한논 글러버 로드 525 (우: 엘0
알 1피0)
- (72) 발명자
베네텍, 다이애나
미국 92067 캘리포니아 랜초 산타 페 칼레 레이나
6565 피.오. 박스 0688
락고미, 바락
캐나다 엘8피 2씨9 온타리오 헤밀턴 찰턴 애비뉴
웨스트 195 유닛 3
턴블, 데이비드 엠.
캐나다 엘7에스 1피4 온타리오 벌링턴 헤이거 애
비뉴 561
- (74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹

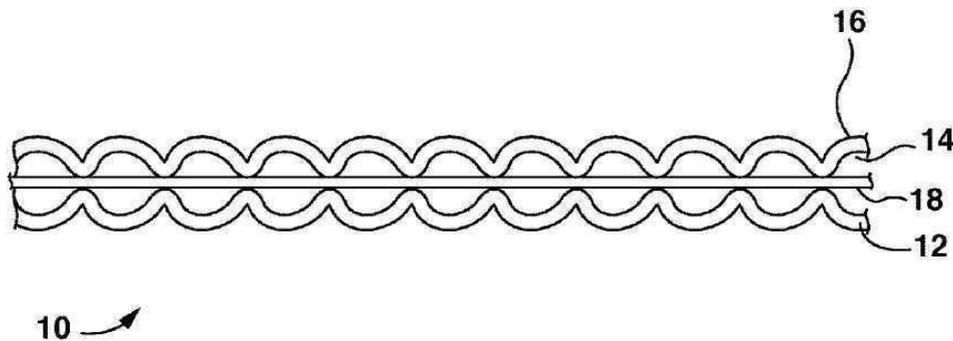
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 밀착 이격되는 평탄 시트 침지식 멤브레인들 및 미세 거품 폭기

(57) 요약

침지식 멤브레인들은, 폭기(기포들이 멤브레인들을 지나 상승함)를 멤브레인 표면을 세척하기 위한 수단으로서 사용하고 그리고 멤브레인 표면을 고형물들, 또는 오염물들로부터 깨끗하게 유지하여, 연속적인 그리고 효과적인 작동을 허용한다. 평탄 시트 멤브레인들의 모듈에서, 미세 거품 폭기는 멤브레인 시트들 사이에서 공간을 형성하고 그리고 유지하는데 사용된다. 거품들은 시트들이 함께 접촉하고 그리고 막혀, 이에 따라 그들의 표면적 및 그들의 생산성을 감소시키는 것을 억제한다. 폭기는 산소를 바이오매스에 공급하도록 세척하기 위해 그리고 침지식 평탄 시트 멤브레인들의 작동 표면적을 유지하기 위해 스페이서로서 사용될 수 있다. 멤브레인 시트들 사이의 면 대 면 간격은 4mm 이하일 수 있다. 거품들은 멤브레인 시트들 사이에 면 대 면 간격의 2배보다 더 작을 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 65/02 (2022.08)

B01D 65/08 (2022.08)

C02F 3/1273 (2013.01)

C02F 3/201 (2013.01)

B01D 2313/26 (2013.01)

B01D 2315/06 (2013.01)

B01D 2321/185 (2013.01)

B01D 2325/08 (2013.01)

C02F 2303/16 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

침지식 멤브레인 여과 유닛(immersed membrane filtration unit)으로서,

평탄 시트 멤브레인들(flat sheet membranes)의 모듈(module) — 상기 평탄 시트 멤브레인들은 4mm 이하의 멤브레인들 사이의 면 대 면 간격(face-to-face spacing)을 가짐 — ; 및,

상기 멤브레인들 아래에 있는 미세 거품 폭기장치(fine bubble aerator)를 포함하며, 상기 미세 거품 폭기장치는 4mm 이하, 3mm 이하, 또는 상기 멤브레인들 사이의 간격보다 100%이하 또는 50% 초과 만큼 더 큰 크기를 가지는 거품들을 생성하도록 구성되는,

침지식 멤브레인 여과 유닛.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 미세 거품 폭기장치는 2mm 이하 또는 상기 멤브레인들 사이의 면 대 면 간격 이하의 크기를 가지는 거품들을 생성하도록 구성되는,

침지식 멤브레인 여과 유닛.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 멤브레인들 사이의 상기 면 대 면 간격은 3mm 이하, 2mm 이하 또는 1.5mm 이하인,

침지식 멤브레인 여과 유닛.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 멤브레인들 사이의 상기 면 대 면 간격은 3mm 이하, 예를 들어, 약 2.2mm이며, 그리고 상기 미세 거품 폭기장치는 직경이 5mm 이하, 예를 들어 약 4mm의 개구들을 가지는,

침지식 멤브레인 여과 유닛.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 멤브레인들 사이의 상기 면 대 면 간격은 2mm 이하, 예를 들어, 약 1.5mm이며, 그리고 상기 미세 거품 폭기장치는 직경이 3mm 이하, 예를 들어 약 2mm의 개구들을 가지는,

침지식 멤브레인 여과 유닛.

청구항 6

제1 항 내지 제5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 멤브레인들은 주름진(corrugated) 면들을 가지는,

침지식 멤브레인 여과 유닛.

청구항 7

제6 항에 있어서,
인접한 멤브레인들의 주름부들은 상이한 높이들에 있는,
침지식 멤브레인 여과 유닛.

청구항 8

물을 여과하는 프로세스로서,
상기 프로세스는,

평탄 시트 멤브레인들의 모듈을 물에 침지하는 단계 — 상기 모듈은 4mm 이하의 멤브레인들 사이의 간격을 가짐 — ; 및,

상기 멤브레인들 아래에 거품들을 생성하는 단계를 포함하며, 상기 거품들은 5mm 이하, 또는 3mm 이하, 또는 상기 멤브레인들 사이의 간격보다 100%이하 또는 50% 초과만큼 더 큰 크기를 가지는,

물을 여과하는 프로세스.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 거품들은 2mm 이하, 또는 상기 멤브레인들 사이의 간격 이하의 크기를 가지는,

물을 여과하는 프로세스.

청구항 10

제8 항 또는 제9 항에 있어서,

상기 멤브레인들 사이의 상기 간격은 3mm 이하, 2mm 이하 또는 1.5mm 이하인,

물을 여과하는 프로세스.

청구항 11

제8 항에 있어서,

상기 멤브레인들 사이의 상기 면 대 면 간격은 3mm 이하, 예를 들어, 약 2.2mm이며, 그리고 상기 미세 거품 폭 기장치는 직경이 5mm 이하, 예를 들어 약 4mm의 개구들을 가지는,

물을 여과하는 프로세스.

청구항 12

제8 항에 있어서,

상기 멤브레인들 사이의 상기 면 대 면 간격은 2 mm 이하, 예를 들어, 약 1.5mm이며, 그리고 상기 미세 거품 폭 기장치는 직경이 3 mm 이하, 예를 들어 약 2mm의 개구들을 가지는,

물을 여과하는 프로세스.

청구항 13

제8 항 내지 제12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 멤브레인들은 주름진 면들을 가지는,

물을 여과하는 프로세스.

청구항 14

제13 항에 있어서,

인접한 멤브레인들의 주름부들은 상이한 높이들에 있는, 물을 여과하는 프로세스.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] [0001] 본 출원은 2018년 7월 3일자로 출원된 미국 가특허 출원 일련 번호 제62/693,617호의 이익을 주장하며, 이는 인용에 의해 본원에 포함된다.
- [0002] [0002] 본 명세서는 침지식 멤브레인들(immersed membranes)(대안적으로, 잠수식 멤브레인들(submerged membranes)로 불림) 및 침지식 멤브레인들을 작동하는 방법들에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] [0003] 다음 내용은 아래에서 논의된 임의의 것이 공통의 일반적인 지식이거나 종래 기술로서 인용될 수 있는 할 수 있다는 것을 인정하는 것은 아니다.
- [0004] [0004] 침지식 여과 멤브레인들은 대안적으로 플레이트(plate) 및 프레임 구성으로 불리는 평탄 시트로 제조될 수 있다. 이러한 구성에서, 멤브레인 시트의 물은 부직포 기관의 물 상에 주조되는 중합체 분리 층을 주조함으로써 제조된다. 멤브레인 시트의 2개의 일반적으로 직사각형 피스들이 중공형 플라스틱 프레임의 대향하는 측들 상에 그들의 모서리들에서 부착된다. 이는, 대안적으로 투과물(permeate)로 불리는 여과된 물을 수집하기 위해 중공형 내부 채널을 갖는 패널을 생성한다. 투과물은 멤브레인의 내부에 적용되는 흡입에 의해 인출된다. 수 개의 패널들은, 여과되도록 물에 침지될 수 있는 프레임 내로 나란히 미끄러진다. 여과될 물은 통상적으로 개방 탱크에 유지된다. 패널들의 내측들은 멤브레인 시트들을 통해 투과물을 인출하기 위해 펌프의 흡입 측에 연결된다. 프레임 아래로부터 제공되는 거품들은, 거품들 및 액체의 혼합된 유동이 멤브레인 표면들을 깨끗하게 유지하기 위해 패널들 사이의 수직 슬롯들을 통해 상승하는 것을 유발한다. 이러한 유형의 디바이스의 예들은, Kubota 회사에 의해 모두 소유된, 미국 특허 번호 제5,482,625호; 제5,651,888호; 제5,772,831호; 제6,287,467호; 및 제6,843,908호에서 도시된다.
- [0005] [0005] 평탄 시트 멤브레인 모듈들은 일반적으로 견고하고 그리고, 모듈들이 넓은 시트에서 주조될 수 있기 때문에, (중공형 섬유 멤브레인들에 비해) 단위 면적당 낮은 제조 비용을 갖는다. 그러나, 종래의 평탄 시트 멤브레인들은 중공형 섬유 멤브레인들에 비해 조악한 패킹(packaging) 밀도들(모듈의 단위 부피당 멤브레인 표면적)을 갖는다.
- [0006] [0006] 평탄 시트 멤브레인 요소의 변형은 Microdyn-Nadir GMBH의 국제 공보 번호 WO 2007/036332에서 도시된다. 이러한 요소들에서, 멤브레인 재료의 2개의 층들은 2개의 밀집 층들 사이에서 다공성 중앙 영역을 가지는 직물의 전방 측 및 후방 측 상에서 주조된다. 중앙 영역은 투과물 채널을 제공하고 그리고 또한, 기계적 세정을 위해 역세척되는(backwashed) 것을 유발하는 2개의 밀집 층들을 함께 연결시킨다. 이러한 요소들은 4-측 형성된(four-sided) 프레임들을 요구하지 않으며, 그리고 요소들은 두께가, 전술된 플레이트 및 프레임 요소들보다 더 얇은 약 2mm 초과이다. 그러나 이러한 요소는 또한 유연하며, 그리고 요소들은 프레임에서 중심 대 중심(center to center)에서 약 10mm만큼 이격된다. 패킹 밀도는 전술된 플레이트 및 프레임 요소들에 대해서보다 더 양호하지만, 여전히 중공형 섬유 멤브레인 모듈보다 훨씬 더 낮다. 유사하지만 통합형 투과물 채널을 갖는 평탄 시트 멤브레인은 국제 공보 번호 WO 2012/098130 및 미국 특허 번호 제7,862,718호에서 설명된다.
- [0007] [0007] 주름진 평탄 시트 멤브레인은 국제 공개 번호 WO 2011/130853에 설명된다. 전술된 매끄러운 측형성된(smooth sided) 평탄 시트 멤브레인들과 달리, 이러한 멤브레인들은 오목부들 사이에 함께 결합되는 일련의 평행 오목부들이 형성되는 2개의 기관 시트들로 제조된다. 오목부는 멤브레인 내부에 투과물 채널들을 형성한다. 미국 공개 번호 제2017095773호는 굽은 거품 폭기장치 및 주름진 평탄 시트 멤브레인들을 작동하는 방법을 설명한다.
- [0008] [0008] 굽은 거품 폭기장치는, 교차-유동 모드에서 멤브레인 표면으로 이동하는 공기, 액체 및 고형물들의 움직임의 조합된 에너지를 사용하여 침지식 멤브레인들의 표면을 깨끗하게 유지하는 수단으로 수년 동안 사용되어 왔다. 굽은 거품 디퍼저들로부터의 통상적인 거품 직경들은 5mm 내지 9mm의 범위를 갖는다. Simon Judd의 The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater(Elsevier Science, 2011년 4월)는, “전형적으로 미세 거품 확산은 바이오매스 폭기를 위해 사용되었으며 그리고 별도의

굵은 거품 폭기 시스템은 멤브레인 세척을 위해 적용되었다” (129쪽) 그리고 “멤브레인 폭기는 일반적으로, 증가된 난류 및 이에 따라 생성된 전단력 때문에 굵은 거품 폭기를 사용하여 실행된다” (130 페이지)로 요약했다.

발명의 내용

- [0009] [0009] 다음 소개는 독자에게 후속하는 상세한 설명을 소개하고 그리고 임의의 청구된 발명을 제한하거나 규정하지 않는다.
- [0010] [0010] 출원인에 의해 발생된 국제 공보 번호 WO 2011/130853에서 설명되는 바와 같은 평탄 시트 멤브레인들의 모듈들은, 매우 근접하게 함께 이격되는 멤브레인들로 제조되었다(통상적으로 약 1.5mm의 면 대 면 간격, 그러나 2.2mm 및 3.8mm의 간격들로 구성가능함). 일부 경우들에서, 특히 1.5mm 간격에서, 멤브레인들은 단지 수 시간의 작동 후 상당한 양의 그들의 투과성을 손실한다. 5분 내지 10 분마다 멤브레인들을 역세척함으로써 투과성을 복원하는 시도는 모듈의 회수 속도를 감소시키고 그리고 일부 경우들에서, 명백한 투과성을 실질적으로 개선시키지 않는다.
- [0011] [0011] 발명자들은 투과성의 명백한 손실이 실제로 유효 표면적의 손실에 의해 유발된다는 것을 믿는다. 멤브레인 시트들이 이동함에 따라, 인접한 시트들의 중심들은 모듈 내부에서 서로 접촉할 수 있다. 2개의 멤브레인 시트들이 서로 접촉한 후, 멤브레인 시트들은 서로 접촉할 수 있다. 멤브레인들의 내측들에 적용되는 흡입은 멤브레인들을 함께 유지하는 것을 도울 수 있지만, 발명자들은 접촉 문제를 유발하는 굵은 거품들을 가정했다. 채널로 변형되는 큰 거품이 효과적인 세척을 제공하는 것이 공지되어 있다. 그러나 근접하게 이격된 평탄 시트 멤브레인들의 경우, 굵은 거품들은 인접한 멤브레인 시트들의 일부 쌍들을 떨어지게 밀므로써 모듈을 통해 큰 우선적인 경로들을 생성하며, 이는 인접한 멤브레인 시트들의 다른 쌍들을 함께 강제한다.
- [0012] [0012] 아래에서 더 자세히 설명되는 바와 같이, 미세 거품을 사용하여, 폭기장치들은 근접하게 이격되는 시트들을 갖는 모듈의 투과성이 개선시킨다. 미세한 거품들은 시트들의 인접한 쌍들을 떨어지게 밀지 않고 멤브레인 시트들 중에서 고르게 분산되는 것처럼 보인다. 선택적으로, 미세 거품들은 5mm 미만, 또는 4mm 이하 또는 3mm 이하의 크기를 가질 수 있다. 선택적으로, 미세 거품들은 멤브레인 시트들 사이의 면 대 면 간격보다 최대 약 100% 또는 최대 약 50%만큼 더 클 수 있다. 선택적으로, 거품 크기는 멤브레인 시트들 사이의 간격과 거의 동일하거나 그 초과일 수 있다. 멤브레인 시트들은 주름지거나 그렇지 않으면 텍스처링되거나(textured) 매끄러운 측면이 형성될 수 있다. 멤브레인 시트들은 수직으로 배향된 평행 평면들의 세트에 배열될 수 있다. 멤브레인 시트들 사이의 간격은 4mm 이하, 3mm 이하 또는 2mm 이하일 수 있다. 선택적으로, 미세 거품 디퓨저들은 멤브레인 시트들과 평행하게 배향될 수 있다. 디퓨저들은, 예를 들어, 멤브레인 시트들 아래에서 10mm 내지 300mm 또는 50mm 내지 200mm에 위치될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] [0013] 도 1은 멤브레인 시트의 모서리 도면을 도시한다.
- [0014] [0014] 도 2는 도 1에서와 같은 멤브레인 시트를 포함하는 멤브레인 모듈의 입면도를 도시한다.
- [0015] [0015] 도 3은 공급 액체 및 투과 유동 방향들을 도시하는 절취 개방된 모듈의 개략적 사시도이다.
- [0016] [0016] 도 4는 함께 적층된 도 2의 모듈들 중 3개의 입면도이다.
- [0017] [0017] 도 5는 도 2의 모듈들 중 수개를 보유하는 블록의 등축도이다.
- [0018] [0018] 도 6은 함께 적층된 도 5의 블록들 중 3개를 가지는 카세트(cassette)의 등축도이다.
- [0019] [0019] 도 7은 탱크에서 도 6의 카세트의 입면도의 단면이다.
- [0020] [0020] 도 8은 멤브레인 시트들의 간격 및 배열을 도시하는 모듈의 단면이다.
- [0021] [0021] 도 9는 다양한 플럭스 및 폭기 레벨들에서 굵은 및 미세 거품 폭기장치들을 비교하는 투과성의 그래프이다.
- [0022] [0022] 도 10은 투과성 상의 거품 크기의 효과를 도시하는 투과성 연구들의 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] [0023] 특히 0.1% 초과와 고형물들을 보유하는 물에서, 거품들이 없는 개방 탱크를 통한 물 유동은 플럭스 및

멤브레인 생산성을 유지하기에 충분하지 않다. 대부분의 침지식 멤브레인들은 멤브레인 표면을 세척하고(scouring) 그리고 이에 따라 플럭스를 유지하기 위한 굵은 거품 폭기를 사용한다. 굵은 거품은 표면을 효과적으로 세척하기에 충분한 에너지를 가지고 그리고 대부분의 멤브레인 제조자들의 표준 선택이다. 미세 거품 디퓨저들(즉, 직경 5mm의 원의 면적보다 작은 면적을 가지는 개구들을 갖는 디퓨저들)은 통상적으로 멤브레인 표면들을 세척하는데 효과적이지 않은 매우 많은 양의 작은 거품들을 생성한다. 그러나, 근접하게 이격된 멤브레인 시트들을 갖는 평탄 시트 멤브레인 모듈의 맥락에서, 미세 거품들은 멤브레인들의 투과성을 유지하는데 효과적이다.

[0015] [0024] 굵은 거품 폭기는 일부 적용들에서 유용하지만, 모든 적용들에서 근접하게 이격된 멤브레인 시트들로 높은 플럭스를 유지하는데 효과적이지 않다. 이론에 의해 제한되는 것으로 의도되지 않고, 굵은 거품들은, 멤브레인들이 접촉하는 것으로 인해, 표면적이 손실되는 것을 유발할 수 있다. 그러나, 근접하게 이격된 멤브레인 시트 어레이를 갖는 미세 거품 공기 디퓨저들을 사용할 때, 선택적으로 거품 크기가 멤브레인 시트들 사이의 거리보다 100% 이하 또는 50% 초과만큼 더 클 때, 멤브레인 시트들은 분리된 상태를 유지한다. 선택적으로, 거품들은 멤브레인 시트들 사이의 간격과 대략 동일하거나 더 큰 크기를 가질 수 있다. 거품들은 시트들 사이의 분리기들 또는 스페이서들로서 작용할 수 있거나 적어도 시트들을 함께 푸시하지 않을 수 있다. 실질적으로, 모든 멤브레인 표면적은 활성 상태를 유지한다. 멤브레인 시트들 사이의 면 대 면 간격은 4mm 이하, 3mm 이하 또는 2mm 이하일 수 있다.

[0016] [0025] 침지식 멤브레인 시트들은 모듈에서 근접하게 이격된다. 예를 들어, 멤브레인 시트들은 4mm 이하, 3mm 이하 또는 2mm 이하의 면 대 면(face-to-face) 간격을 가질 수 있다. 모듈들은 개방 탱크에 배치되며 그리고 투과물(permeate)은 흡입에 의해 인출된다. 미세 거품 폭기장치로부터의 거품들은 인접한 평탄 시트 멤브레인들의 쌍들 사이에서 상승한다. 기포들(air bubbles)은 시트들을 분리할 수 있고, 멤브레인들을 세척할 수 있고 그리고/또는 물에서의 미생물들에 의해 생물학적으로 흡수를 위해 산소를 제공할 수 있다.

[0017] [0026] 침지식 멤브레인 시스템은 미세 거품 폭기장치 및 멤브레인 모듈을 조합으로 포함한다. 미세 거품 폭기장치는 임의의 상업적으로 이용가능한 미세 거품 폭기장치 또는 주문제작형일 수 있다. 미세 거품 폭기장치는 침지식 멤브레인 시트들의 모듈 및/또는 카세트들 아래에 그리고/또는 사이에 장착될 수 있다. 미세 거품 폭기장치는 통상적으로 멤브레인 모듈 아래에 배치된다. 거품들이 멤브레인들의 저부 아래로 또는 멤브레인들의 저부 위에서의 약 100mm 이내에서 방출된다면, 폭기 장치는 모듈 아래에 있는 것으로 고려된다. 그러나 미세 거품 폭기장치는 통상적으로 멤브레인 시트들의 저부 아래에 10mm 내지 300mm 또는 50mm 내지 200mm에 배치된다. 미세 거품 폭기장치는 세장 형상을 가질 수 있고, 그리고 선택적으로 멤브레인 시트들과 평행하게 배향될 수 있다.

[0018] [0027] 멤브레인 시트들은 예를 들어, 4mm 이하, 3mm 이하 또는 2mm 이하 또는 1.5mm 이하의 멤브레인 시트들 사이의 수직으로 연장하는 갭(즉, 면 대 면 간격)으로 함께 근접하게 이격된다. 미세 거품 폭기장치는 멤브레인 시트들 사이에서 면 대 면 간격(즉, 수직으로 연장하는 갭)보다 100% 이하 또는 50% 초과 만큼 더 큰, 선택적으로 멤브레인 시트들 사이에서 간격(즉, 수직으로 연장하는 갭)보다 크기 않은 크기를 가지는 거품들을 생성하도록 선택적으로 구성되고 그리고 작동된다. 거품의 크기는 거품들을 생성하는 폭기장치의 개구의 면적과 동일한 면적을 가지는 원의 직경으로 추정할 수 있다. 대안적으로, 예를 들어, 폭기장치가 가장 낮은 멤브레인의 저부의 300mm 초과 만큼 아래에 위치되는 경우, 거품 크기는, 침지(submergence)의 통상적인 또는 공칭적인 작동 깊이로 또는 이러한 높이(elevation)에 가깝게, 예를 들어 작동 깊이의 100mm 내에 개방 탱크에서 함침되는, 모듈의 저부 또는 수직으로 적층된 모듈들의 카세트에서의 가장 낮은 모듈의 저부에서 거품들을 측정함으로써 획득될 수 있다. 거품들은 통상적으로, 일반적으로 하나의 크기이지만, 거품 크기는 선택적으로 중앙 값 또는 바람직하게는 수 평균 거품 크기로서 측정될 수 있다. 미세 거품들은, 선택적으로 4mm 이하, 3mm 이하 또는 2mm 이하의 멤브레인 시트들 사이에 면 대 면 간격을 갖는 모듈들에 대해 직경이 5mm 미만, 직경이 4mm 이하, 직경이 3mm 이하, 또는 직경이 2mm 이하일 수 있다.

[0019] [0028] 미세 거품 폭기장치들은 시트들 사이에서 공간을 생성하는데 사용될 수 있다. 멤브레인 시트들은 근접하게 이격되고 그리고 "키스(kiss)"하거나 접촉할 수 있고 그리고 거품들의 사용 없이는 통제가 안될(blind) 수 있다.

[0020] [0029] 미세 거품 폭기장치는 단일 모듈 아래에 또는 다수의 모듈들, 예를 들어 수직으로 적층된 모듈들을 보유하는 카세트 아래에 설치될 수 있다. 멤브레인 시트들은 통상적으로 수직으로 배향된다. 멤브레인 시트들의 모서리에 있는 헤더들 또는 다른 구조 요소들은, 존재한다면, 수평 또는 수직일 수 있다.

- [0021] [0030] 멤브레인 시트들 사이에 공간을 생성하거나 유지하기 위해 거품들을 사용하는 것은 시트들 사이에 물리적 스페이서들을 추가하는 것보다 바람직하다. 멤브레인 시트들이 높은 고형분 내용물(예를 들어, 멤브레인 바이오리액터의 활성화된 슬러지)을 갖는 물을 여과하는데 사용될 때, 물리적 스페이서들은 고형물들의 자유 유동을 방해하거나 물 유동에서 와류들을 생성할 것이다. 물리적 스페이서들은 슬러지 침전물들을 축적할 가능성이 있으며, 이는, 그 후, 멤브레인 시트에 걸쳐 팽창할 것이다.
- [0022] [0031] 미세 거품들의 효과는, 보다 높은 플럭스들(예를 들어, 18 GFD 이상)에서 작동할 때 가장 두드러진다. 침지식 멤브레인에서 플럭스를 증가시키는 방식은 진공을 증가시키는 것이며, 이는 결국, 시트들이 서로 접촉하는 경우 보다 많은 시트들이 접촉상태를 유지하는 것을 유발시킬 수 있어서, 유효 표면적이 손실된다. 이에 따라, 미세 거품들로 멤브레인 시트들 사이의 접촉을 방지하는 것은 보다 높은 플럭스에서 보다 유익할 수 있다.
- [0023] [0032] 도면들은 근접하게 이격된 멤브레인 시트들 및 미세 거품 폭기장치를 갖는 모듈의 예를 도시한다.
- [0024] [0033] 도 1은 멤브레인 시트(10)를 도시한다. 멤브레인 시트(10)는 내부 채널들(14)을 제공하기 위해 형성되고 그리고 함께 결합된 2개의 기관 시트들(12)로 구성된다. 기관 시트들(12)의 외측들은 다공성 분리 층(16)으로 코팅된다. 분리 층(16)은 한외 여과(ultrafiltration) 또는 정밀 여과(microfiltration) 범위의 공극들을 가질 수 있다. 2개의 기관 시트들(12) 사이의 중앙 시트(18)는 선택적이지만, 보다 강성적인 멤브레인 시트(10)를 제공하기 위해 부가될 수 있다. 대안적으로, 멤브레인 시트(10)는 매끄러운 면형성된(faced) 평탄 시트 멤브레인일 수 있다. 매끄러운 면 평탄 시트 멤브레인은, 예를 들어, 내부 프레임 구성, 내부 투과물 스페이서 구성 또는 통합 투과물 채널 구성을 가질 수 있다. 멤브레인 시트(10)는 MF(microfiltration) 또는 UF(ultrafiltration) 범위의 공극들을 가질 수 있다.
- [0025] [0034] 도 2는 멤브레인 모듈(20)을 도시한다. 모듈(20)은 하나 이상의 멤브레인 시트들(10)을 갖는다. 내부 채널들(14)에 개방된 멤브레인 시트들(10)의 모서리들(즉, 도 1에 도시되는 모서리들)은 대안적으로, 대안적으로 포팅 헤드들 또는 투과물 수집기들로 불리는 헤드들(22)에서 포팅된다(potted). 사용시, 헤드들(22)은 일반적으로 수직으로 배향되며 그리고 내부 채널들(14)은 일반적으로 수평이다. 헤드들(22)의 투과물 포트들(24)에 적용되는 흡입은 투과물(26)이 내부 채널들(14)에서 생성되고 그리고 헤드들(22)을 통해 유동하는 것을 유발한다. 모듈(20)은 통상적으로 다수의 평행한 멤브레인 시트들(10)을 갖는다. 인접한 멤브레인 시트들(10)은 통상적으로, 일반적으로 동일한 폭의 수직 겹들에 의해 분리된다. 멤브레인 시트들(10) 사이에, 메쉬와 같은 시트 형상 공급 측 스페이서가 존재하지 않는다. 바람직하게는, 멤브레인 시트들(10) 사이에 수직 바들의 세트와 같은 간헐(intermittent) 스페이서가 또한 존재하지 않는다. 바람직하게는, 인접한 멤브레인 시트들(10) 사이의 겹들은 개방된다.
- [0026] [0035] MBR(Membrane Bioreactor)에서 사용될 때, 모듈(20)을 유지하는 개방 탱크는 통상적으로 활성화된 슬러지 프로세스에 따라 혼합액(mixed liquor)으로 채워진다. 멤브레인 모듈(20) 및 탱크는 2차 정화기(clarifier)를 대체한다. 모듈(20) 아래로부터 제공되는 거품들(28)은, 혼합액(30)이 인접한 멤브레인 시트들(10) 사이의 겹들을 통하는 것을 포함하는 모듈(20)을 통해 위쪽으로 유동하는 것을 돕거나 유발한다.
- [0027] [0036] 도 3은 모듈(20)을 통한 혼합액(30)(또는 다른 공급 액체)의 유동을 추가적으로 예시하기 위해 절취 개방된 모듈(20)의 개략도를 도시한다. 멤브레인 시트들(10)의 물결(undulating) 모양은, 혼합액이 상승함에 따라, 혼합액(30)에서 난류를 생성한다. 멤브레인 시트들(10)은 혼합액(30) 및 거품들(28)이 멤브레인 시트들 사이를 이동함에 따라 진동한다. 거품들(28)은 혼합액 유동을 보조하거나 유발하는 것 이외에도, 멤브레인 시트들(10)의 일부 직접 세척을 제공할 수 있다.
- [0028] [0037] 도 4는 3개의 모듈들(20)의 스택(32)을 도시한다. 모듈들(20)은 상하로 수직으로 적층된다. 하부 모듈의 투과물 포트들(24)은 상부 모듈의 헤드들(22)에서의 소켓들(보이지 않음)에 끼워맞춘다. 가장 낮은 모듈(20)에서의 소켓들은 플러그된다(plugged). 가장 높은 모듈의 투과물 포트들(24)은 투과물 인출 파이프에 연결될 수 있고, 그리고 3개 모두의 모듈들(20)로부터 투과물을 인출하는데 사용될 수 있다. 스택들(32)은 또한, 2개, 4개 또는 다른 수의 모듈들(20)로 제조될 수 있다. 인접한 모듈들의 헤드들(22)이 수직으로 정렬되고 연속적이기 때문에, 공급 액체는 헤드들(22)에 의해 방해받지 않고 전체 스택(32)을 통해 수직으로 유동할 수 있다.
- [0029] [0038] 도 5는 프레임(42)에서 복수의 모듈들(20)을 보유하는 블록(40)을 도시한다. 모듈들(20)은 프레임(42)에 나란히 배치된다. 모듈(20)은 프레임(42) 안으로 또는 밖으로 수직으로 미끄러질 수 있다. 프레임(42)에 있을 때, 모듈(20)의 헤드들(22)은, 도시되는 예에서 프레임(42)에 부착된 플라스틱 몰딩들에 의해 제공되는 대응하는 슬롯들(44) 내이 끼워맞춘다.

- [0030] [0039] 도 6은 수직으로 함께 상하로 적층되는 3개의 블록들(40)로 구성되는 카세트(50)를 도시한다. 선택적으로, 제조된 카세트(50)는 1개, 2개, 4개 또는 다른 수의 블록들(40)을 갖는다. 상부 블록(40)의 투과물 포트들(24)은 선택적으로 도시된 바와 같은 커넥터 파이프들(52)을 통해 투과물 헤더 파이프(54)에 연결된다. 블록들(40)의 프레임들(42)은 도시되는 예에서 그들의 단부들 상의 너트들을 갖는 나사결합식 로드들인 스트럿들(struts)(58)에 의해 서로 연결된다. 스트럿들(58)은 또한, 탱크에 카세트(50)를 걸기 위해 사용될 수 있는 카세트 프레임(56)에 상부 블록(40)을 부착한다. 공기 공급 파이프들(60)은, 카세트의 저부로의 공기가 가장 낮은 블록(40) 아래에서 폭기장치들(보이지 않음) 세트에 공급되게 한다.
- [0031] [0040] 도 7은 탱크(70)에 설치된 카세트(50)를 도시한다. 카세트 프레임들(56)은 탱크(70)의 벽들 상에서, 특히 도시된 예에서 탱크(70)에 부착된 레지들(ledges)(72) 상에 놓인다. 대안적으로, 카세트(50)는 탱크(70)의 저부에 놓일 수 있거나, 카세트(50)는 탱크(70)의 저부에 놓인 프레임 또는 다른 구조에 부착될 수 있다.
- [0032] [0041] 탱크(70)는 선택적으로 도시된 바와 같은 카세트(50)를 근접하게 둘러싼다. 혼합액(또는 다른 공급 액체)은 바람직하게는 탱크의 일단부로부터 탱크(70)의 저부의 채널(74)로 공급되고 그리고 탱크(70)의 반대편 단부의 최상부의 위어(weir)(도시되지 않음)로부터 나온다. 이러한 배열은 모듈들(20)을 통한 공급 액체의 평균 상향 유동을 제공한다. 다수의 카세트들(50)은 탱크(70)의 길이를 따라 이격될 수 있고 그리고 멤브레인 트레이인을 제조하도록 조합될 수 있다. 완전한 멤브레인 시스템은 하나 이상의 트레이인들을 가질 수 있다.
- [0033] [0042] 공기 공급 파이프들(60)은 카세트(50) 아래에서 수평으로 연장된다. 각각의 공기 공급 파이프(60)의 수평 부분은 일련의 홀들을 가지며, 하나의 홀은 1개 내지 5개의 모듈들(20)의 각각의 수직 스택 아래에 위치된다. 복수의 폭기장치들(도 7에서 보이지 않음)(바람직하게는, 하나의 폭기장치는 모듈들(20)의 각각의 수직 스택을 위한 것임)은 가장 낮은 블록(40)의 프레임(42)에 부착되고 그리고 공기 공급 파이프들(60)의 수평 부분들에 대해 수직하고 그리고 공기 공급 파이프들의 수평 부분들 위에 있는 카세트(50)의 저부에 걸쳐 연장한다. 폭기장치들은 폭기장치들 아래로 공기 공급 파이프들(60)에 연결된다. 카세트(50)에서의 모듈들(20)의 각각의 스택은 스택에서 가장 낮은 모듈(20) 아래에 하나의 폭기장치를 갖는다. 폭기장치는 천공된 고무 슬리브에 의해 덮인 길이를 따라 일련의 홀들을 갖는 파이프이다. 공기는 홀 밖으로 그리고 고무 슬리브 내로 유동한다. 공기의 압력은 고무 슬리브에서의 천공들을 강제하여, 미세 거품들이 방출되는 것을 유발한다. 고무 슬리브에서의 개구들은 1 내지 3mm 범위의 직경을 가지는 원의 면적을 가질 수 있다. 대안적으로, 폭기장치는 내부에 일련의 홀들을 갖는 파이프일 수 있다. 홀들은 직경이 5mm 미만, 예를 들어 2mm 내지 4.5mm의 직경을 갖는 원의 면적을 가질 수 있다.
- [0034] [0043] 도 8은 모듈(20)에서 멤브레인 시트들(10)의 세트를 도시한다. 멤브레인 시트들(10)은 오목부들(8)을 갖는다. 멤브레인 시트들(10)은 폭 또는 두께(C)를 갖는다. 도시된 예에서, 두께(C)는, 대부분의 멤브레인 표면적을 덮는 규칙적인 표면 특징부들의 말단에서 측정된다. 매끄러운 측 평탄 시트 멤브레인은 시트(10) 전체에 걸쳐 일반적으로 일정한 폭 또는 두께(C)를 갖는다. 멤브레인 시트들(10)은 또한 중심 대 중심(center-to-center) 간격(B)을 갖는다.
- [0035] [0044] 멤브레인 시트들(10)은 면 대 면 간격(A)을 갖는다. 달리 언급되지 않는 한, 본원에서 간격, 또는 이격되어 있는 멤브레인 시트들 또는 다른 유사한 언급들에 대한 임의의 참조는 면 대 면 간격을 지칭한다. 간격(A)은 중심 대 중심 간격(B)에서 폭(C)을 뺀 것과 동일하다. 도 8에 도시된 바와 같이, 인접한 시트들(10)은 예를 들어, 시트(10)에서 인접한 오목부들(8) 사이의 수직 거리의 절반만큼 수직으로 서로 오프셋되는 오목부들(8)과 배열될 수 있다. 멤브레인 시트들은, 예를 들어, 4mm 이하, 3mm 이하 또는 2mm 이하의 간격(A)으로 서로 근접하게 이격된다.
- [0036] **예들**
- [0037] [0045] 멤브레인 시트들 사이에 1.5mm의 간격을 갖는 본원에 설명되는 모듈(20)과 유사한 주름진 평탄 시트 모듈들은 0.005 및 0.01 scfm(standard cubic feet per minute)의 공기 유량들에서, 굵은 거품 폭기장치 및 미세 거품 폭기장치로 작동되었다. 굵은 거품 폭기장치는 4mm보다 더 큰 거품들을 생성했다. 용어 "굵은"은 모듈 간격에 대해 이러한 예에서 사용되고 그리고 용어의 통상적으로 업계 사용에 따라 사용되지 않는다. 굵은 거품 폭기장치는 3mm보다 더 작은 거품들을 생성했다. 거품 크기는 모듈(20)의 저부 아래, 특히 폭기장치 최상부와 폭기장치의 최상부로부터 5cm 위 사이의 공간에서 측정되었다. 멤브레인들의 내부 상의 흡입은 다양한 플럭스 값들을 생성하도록 변경되었다. 투과성은 다른 플럭스 값들에서 측정되었다.
- [0038] [0046] 도 9는 둘 모두의 폭기장치들로 획득된 통상적인 결과들을 도시한다. 멤브레인의 투과성은 미세 거품

폭기장치로, 특히 보다 높은 플럭스에서 보다 높았다. 결과들은 또한, 심지어 낮은 공기 유량에서도 멤브레인이 미세 거품 폭기장치와 함께 잘 작동하는 것을 도시한다. 미세 거품 폭기장치가 플럭스에 관계없이, 0.005 또는 0.01 scfm의 공기로 작동했을 때, 멤브레인 투과성은 본질적으로 동일했다. 0.005 scfm의 공기로 작동하는 미세 거품 폭기장치와의 멤브레인 투과성은 통상적으로 0.01 scfm의 공기로 작동하는 굵은 거품 폭기장치와의 동일한 플럭스에서 멤브레인 투과성과 동일하거나 이보다 더 양호하여, 미세 거품 폭기장치로의 상당한 에너지 절약을 제안했다.

[0039] [0047] 동일한 모듈로의 부가의 검사들은 4개 크기들(평균 직경으로, 1mm 미만; 1.5mm; 2mm 초과; 5mm 초과)의 거품들로 수행되었다. FiberPlate 모듈은 1.5mm의 시트 간격을 갖는다. 모듈은 다양한 플럭스 값들에서 작동되었으며, 그리고 투과성이 측정되었다. 도 10에서 표시된 바와 같이, 약 2mm 이하(즉, 1mm 내지 2mm)의 크기를 갖는 거품은 5mm 거품들보다 상당히 더 양호하게 실시되었다. 1.5mm 크기의 거품들은 약 2mm 크기를 갖는 거품들보다 더 일관되게 양호하게 실시되었다.

[0040] [0048] 추가 테스트들은 1.5mm, 2.2mm 및 3.8mm의 면 대 면 간격들로 구성되는 3개의 유사한 모듈들로 수행되었다. 모듈들은 0.006 scfm/ft²의 멤브레인 표면적에서 제공되는 공기로, 멤브레인 바이오리액터에서 RAS(return activated sludge)의 4Q 재순환에 가까운 재순환 유동을 갖는 탱크에서 3.7g/L의 벤토나이트 현탁액(bentonite suspension)에서 작동되었다. 거품들은 멤브레인들의 저부의 약 150mm 아래에 위치되는 디퓨저들로부터 제공되었다. 하나의 디퓨저는 2mm의 공칭(즉, 동등한 원 직경) 개구 크기를 갖는 고무 슬리브 유형 미세 거품 디퓨저였다. 다른 디퓨저는 4mm 직경의 홀을 갖는다.

[0041] [0049] 표 1은 면 대 면 간격 및 거품 크기의 상이한 조합들로 18GFD의 플럭스에서 작동하는 동안 TMP 증가(psi/분)를 도시한다. 표 1의 결과들은, 면 대 면 간격의 1배 내지 2배의 크기를 가지는 거품들의 경우에, 특히 3mm 이하의 매우 근접한 면 대 면 간격의 경우, 양호한 결과들이 획득된다는 것을 암시한다.

표 1

면 대 면 간격 (mm)	2mm 의 거품들을 갖는 TMP 증가(psi/min)	4mm 의 거품들을 갖는 TMP 증가(psi/min)
1.5	0.029	0.037
2.2	0.061	0.020
3.8	0.048	0.135

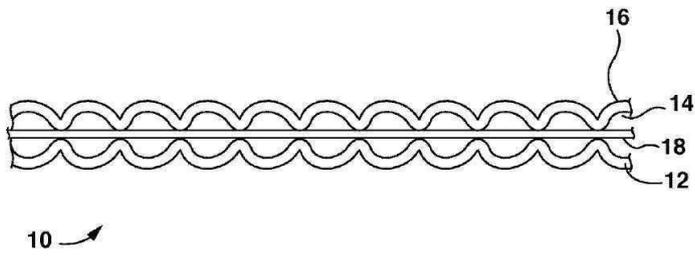
[0042]

[0043] [0050] 본원에서의 상세한 설명 및 예들은 주름진 평탄 시트 모듈에 기초하지만, 유사한 결과들이 매끄러운 측 평탄 시트 모듈들로 달성될 것으로 예상된다. 임의의 특정 프로세스 조건 또는 특정한 예에서의 물리적 치수가 특정한 예에서 양방향으로 약 50% 만큼 변할 수 있는 것이 또한 예상된다.

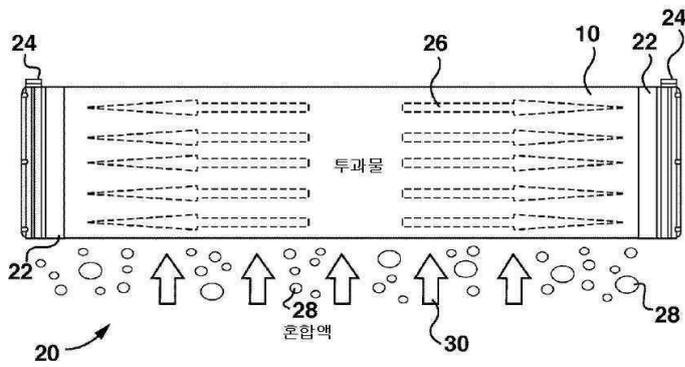
[0044] [0051] 국제 공보 번호 WO 2011/130853 및 미국 공보 번호 제2017095773호는 본원에 인용에 의해 포함된다.

도면

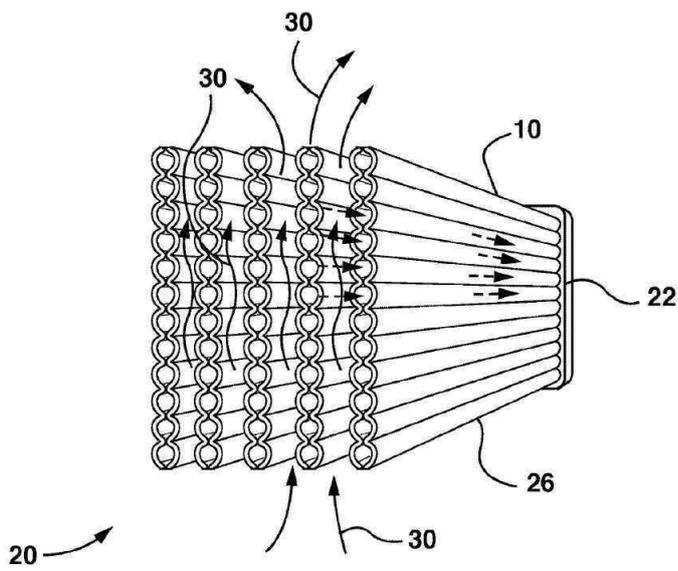
도면1



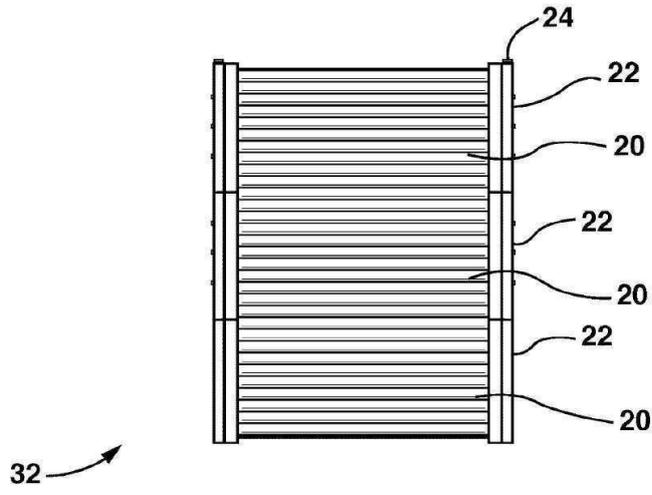
도면2



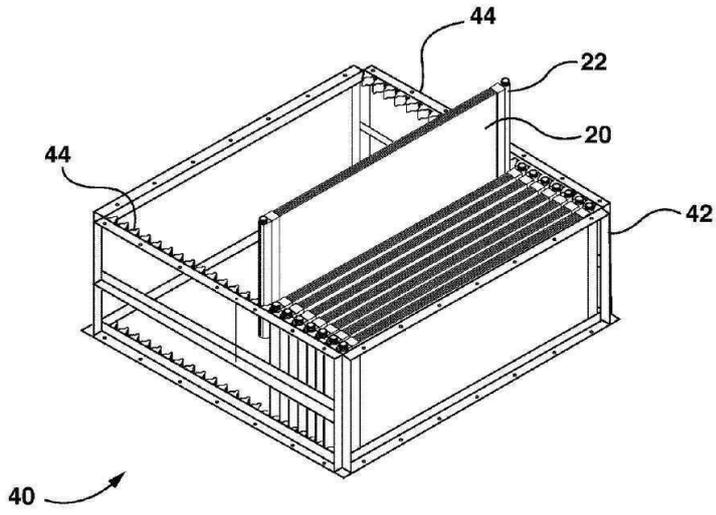
도면3



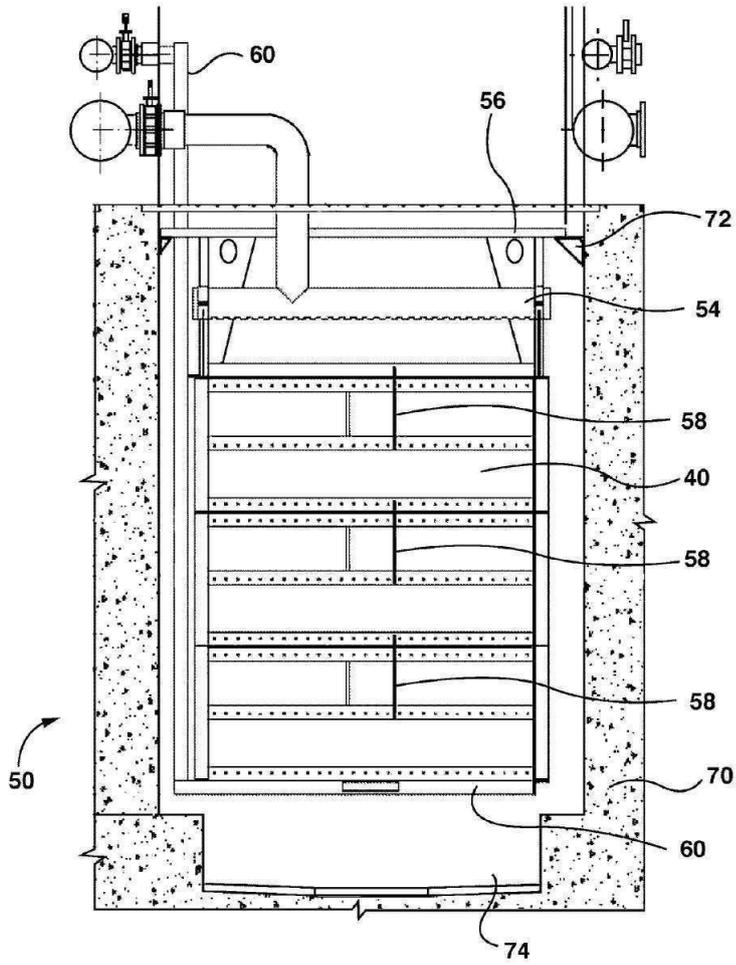
도면4



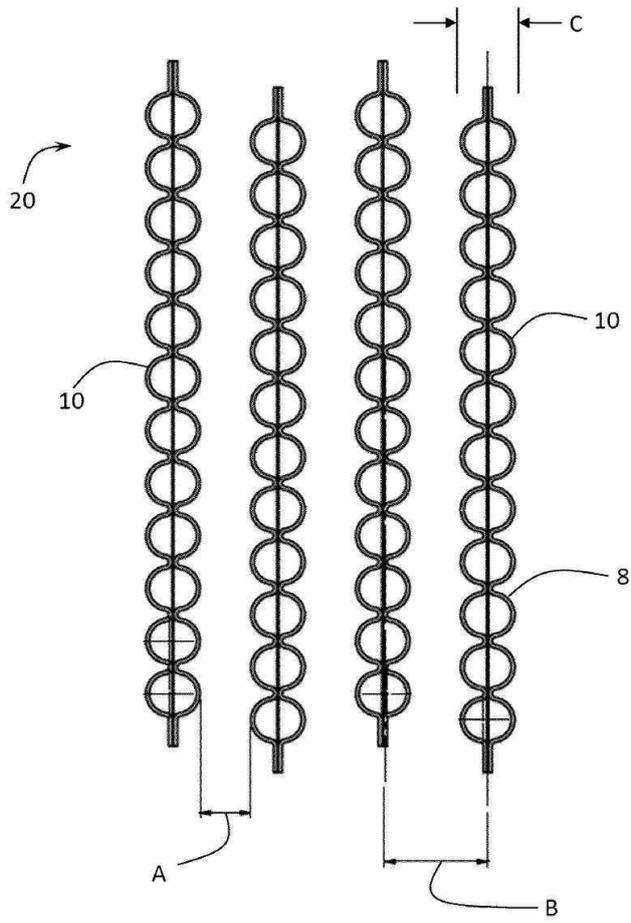
도면5



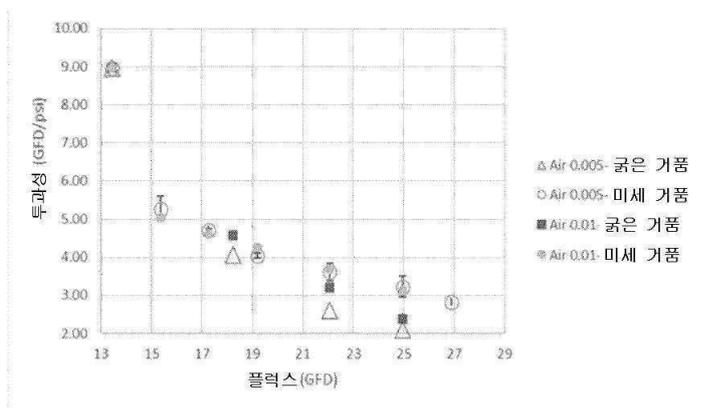
도면7



도면8



도면9



도면10

