(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월29일
(11) 등록번호 10-2038208
(24) 등록일자 2019년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 61/18 (2006.01) *B01D 61/00* (2006.01)
B01D 65/02 (2006.01) *B01D 65/08* (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 61/18 (2013.01)
B01D 61/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7011198(분할)
(22) 출원일자(국제) 2010년07월30일
심사청구일자 2017년04월25일
(85) 번역문제출일자 2017년04월25일
(65) 공개번호 10-2017-0048612
(43) 공개일자 2017년05월08일
(62) 원출원 특허 10-2012-7008542
원출원일자(국제) 2010년07월30일
심사청구일자 2015년06월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/043926
(87) 국제공개번호 WO 2011/028341
국제공개일자 2011년03월10일
(30) 우선권주장
12/553,346 2009년09월03일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP01111494 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 14 항

(73) 특허권자
제논 테크놀로지 파트너쉽
미국 델라웨어 윌밍톤 오렌지 스트리트 1209 코포레이션 트러스트 센트레 더 코포레이션 트러스트 컴퍼니 (우:19801)
(72) 발명자
쿠민 제프리 로날드
캐나다 온타리오 엘6엠 4비2 오크빌 던다스 스트리트 웨스트 3239
베흐만 헨리
캐나다 온타리오 엔0비 2제이0 푸슬린치 빅토리아 로드 사우쓰 알알#1 4436
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

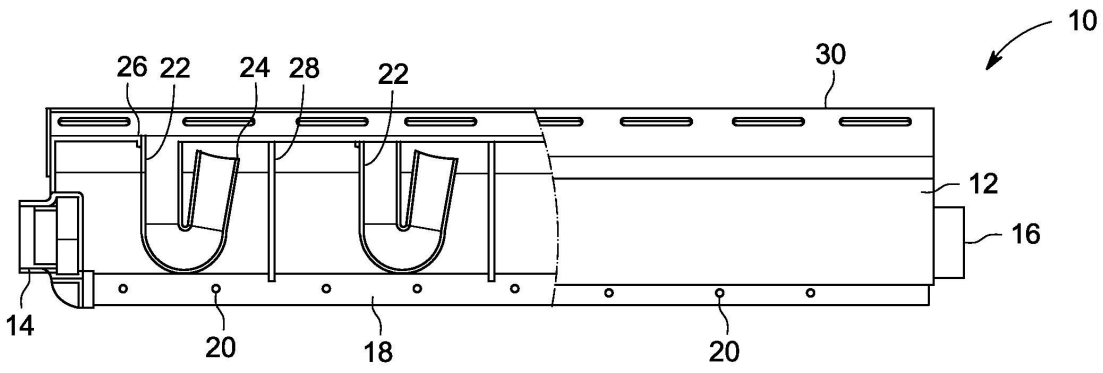
심사관 : 김상준

(54) 발명의 명칭 **필터링 멤브레인용 가스 스파저**

(57) 요 약

필터링 멤브레인 시스템용 가스 스파저는 비교적 연속적인 가스 유동이 제공되어도 단속적인 기포 유동을 생성한다. 스파저는 가스 포켓을 수집하기 위한 하우징, 및 포켓이 충분한 크기에 도달할 때 포켓으로부터 가스의 일부를 방출시키기 위한 도관을 갖는다. 선택적으로, 도관으로부터의 유출구 위의 커버가 방출된 가스를 분쇄하거나 분배할 수 있다. 대형 스파저는 복수의 소형 유닛 또는 영역을 포함할 수 있다. 스파저에 대한 가스 공급은 기포의 연속 폭발 간격을 변화시키기 위해 멤브레인 시스템내 조건의 변화에 반응하여 긴 기간에 걸쳐서 유량이 변경될 수 있다. 가스 공급 파이프는 둘 이상의 유닛 또는 영역의 각각과 연통하는 둘 이상의 유출구를 상이한 높이에 가질 수 있다. 둘 이상의 유닛 또는 영역 사이에서의 가스 배출은 동기화될 수 있다. 유닛 또는 영역 세트 중 하나 이상은 공급되는 가스를 고유량으로 수용할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
B01D 65/02 (2013.01)
B01D 65/08 (2013.01)
C02F 1/44 (2013.01)

(72) 발명자
홍 영석
캐나다 온타리오 엘6엠 4비2 오크빌 던다스 스트리트 웨스트 3239
베이리 레이드
캐나다 온타리오 엘6엠 4비2 오크빌 던다스 스트리트 웨스트 3239
완 자오양
미국 펜실베니아주 19067 야들리 사우쓰 필드스톤 코트 232
브라이트너 조셉
캐나다 온타리오 엘6엠 4비2 오크빌 던다스 스트리트 웨스트 3239

(56) 선행기술조사문헌
US20090194477 A1*
WO2008153818 A1*
US3068655 A*
KR1020010112874 A*
US03068655 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

튜브 시트를 갖는 침지 멤브레인 모듈에 액체 내의 기포를 제공하기 위한 장치에 있어서,

(a) 챔버를 규정하고, 상기 챔버의 내부와 상기 챔버의 외부 사이를 연통시킬 수 있는 챔버 아래의 개구를 갖는 하우징과,

(b) 상기 챔버의 내부의 제 1 개구 및 상기 튜브 시트 위의 액체 측으로 개구된 제 2 개구를 갖는 도관으로서, 상기 제 1 개구로부터 상기 제 2 개구로의 방향으로 도관의 저점을 향해 하향 연장되는 부분 및 상기 도관의 저점으로부터 상기 침지 멤브레인 모듈의 튜브 시트를 통과하여 위쪽으로 연장하는 부분을 갖는 채널을 규정하는, 상기 도관을 포함하며,

(c) 상기 챔버는 가스 포켓을 상기 가스 포켓과 액체 사이의 경계면 위에 유지시키도록 구성되고, 상기 경계면은 상기 도관 내의 제 1 개구의 적어도 하방 경계로부터 상기 도관의 저점의 상방 경계에 이르는 가변 높이를 갖는

기포 제공 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 챔버 내로 가스를 배출하기 위한 유출구를 상기 도관의 제 1 개구 위에 갖는 가스 공급 파이프를 추가로 포함하는

기포 제공 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 챔버 내로 가스를 배출하기 위한 유출구를 상기 도관의 저점의 상방 경계 아래에 갖는 가스 공급 파이프를 추가로 포함하는

기포 제공 장치.

청구항 6

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 도관의 제 2 개구 위에 복수의 구멍을 갖는 커버를 추가로 포함하는

기포 제공 장치.

청구항 7

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 제 2 개구는 1㎠ 내지 10㎠의 면적을 갖는

기포 제공 장치.

청구항 8

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 도관의 제 2 개구의 단면적은 관련 챔버의 수평 단면적보다 적어도 10배 적은

기포 제공 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서,

복수의 상기 기포 제공 장치가 배치되는

기포 제공 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

각각의 챔버 내로 가스를 배출하기 위한 유출구를 갖는 가스 공급 파이프를 구비하는

기포 제공 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

액체에 침지된 멤브레인 모듈을 가스 스파징하기 위한 방법에 있어서,

(a) 상기 액체에 상기 멤브레인 모듈 및 제 1 항 또는 제 5 항에 따른 상기 기포 제공 장치인 제 1 장치를 침지시키는 단계와,

(b) 30초마다 적어도 한 번씩 상기 제 2 개구로부터 기포가 나오게 하기에 충분한 속도로 상기 제 1 장치 내에 가스를 공급하는 단계를 포함하는

가스 스파징 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 제 2 개구로부터 기포가 나온 후에 기포를 확산 또는 분배시키는 단계를 추가로 포함하는

가스 스파징 방법.

청구항 24

삭제

청구항 25

제 22 항에 있어서,

2초 내지 20초 마다 한 번씩의 폭발 시에 상기 제 2 개구로부터 기포가 나오는 속도로 상기 제 1 장치 내에 가스가 공급되는

가스 스파징 방법.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

상기 가스는 멤브레인 시스템 작동 파라미터를 고려하여 결정되는 속도로 상기 제 1 장치 내에 공급되는

가스 스파징 방법.

청구항 27

제 22 항에 있어서,

상기 제 1 장치의 구조와 동일한 구조인 제 2 장치에 대해 단계 (a) 및 (b)가 반복되고, 상기 제 2 장치는 선택적으로 상기 제 1 장치와 일체이거나 상기 제 1 장치와 분리되며, 상기 제 1 장치 및 상기 제 2 장치로부터 기포가 동시에 나오도록 상기 제 1 장치 및 상기 제 2 장치에 공급된 가스가 상기 제 1 장치 및 상기 제 2 장치 사이에서 유동하게 하는 경로를 제공하는

가스 스파징 방법.

청구항 28

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 도관은 상기 제 1 개구 및 상기 제 2 개구를 제외하고 폐쇄되는

기포 제공 장치.

청구항 29

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 미국에서, 본원은 2009년 9월 3일자로 출원된 미국 특허 출원 제 12/553,346 호의 일부 연속 출원이다. 미국 출원 제 12/553,346 호는 그 전체가 본 명세서에 원용된다.

[0002] 본 발명은 가스 스파저에 관한 것이며, 필터링 멤브레인의 오염(fouling)을 방지하기 위한 가스 세정(scouring)에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 하기 배경 논의가, 후술하는 어느 것이든 종래 기술 또는 상식으로서 인용될 수 있다고 승인하는 것은 아니다.

[0004] 국제 공개 공보 제 WO/2000/021890 호는 무엇보다도, 송풍기에 연결된 폭기 장치 세트, 밸브, 및 개별 폭기 장치에 고유량의 공기와 저유량의 공기를 반복적인 사이클로 번갈아 제공하도록 구성된 컨트롤러를 갖는 침지 멤브레인 모듈용 폭기(aeration: 曝氣) 시스템을 기재하고 있다. 일부 시스템에서, 송풍기, 밸브 및 컨트롤러는, 전체 시스템 공기 유동이 일정하여 송풍기가 일정 속도로 작동될 수 있지만 각각의 폭기 장치는 시간에 따라 변하는 공기 유동을 수용하도록, 두 세트 이상의 폭기 장치에 동시적이지만 교호적인 공기 유동을 제공한다. 과도기적 유동 조건은 탱크 워터를 초래하며, 이는 멤브레인의 비활용 공간을 방지하는데 도움이 되고 멤브레인의 오염을 세척하거나 방지한다. 국제 공개 공보 제 WO/2000/021890 호는 그 전체가 본 명세서에 원용된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 하기 논의는 후술하는 보다 상세한 논의를 독자에게 소개하기 위한 것이지 임의의 청구항을 제한하거나 한정하기 위한 것이 아니다.

[0006] 국제 공개 공보 제 WO/2000/021890 호에 기재된 공기 순환 프로세스는 필터링 멤브레인 시스템을 작동시키는데 필요한 공기 등의 가스와, 그로 인한 에너지의 양을 감소시키는데 매우 효과적인 것으로 입증되었다. 국제 공개 공보 제 WO/2000/021890 호에서는, 신속한 밸브 움직임으로 인해 매우 큰 기포가 단기간에 생성되고 이들 매우 큰 기포가 멤브레인 오염을 방지하는데 특히 유용할 수 있다는 것에 유의해야 한다. 그러나, 국제 공개 공보 제 WO/2000/021890 호에서는 신속한 밸브 움직임은 관리될 필요가 있는 폭기 시스템에서 일시적인 압력 급상승을 초래한다는 것도 유의해야 한다. 연속적인 가스 유동이 제공될 때에도 단속적인 기포 유동을 발생시키는, 폭기 장치로도 지칭되는 가스 스파저에 대해 후술할 것이다. 기포의 유동은 매우 큰 기포의 짧은 폭발 형태일 수 있지만 신속한 밸브 움직임은 요구되지 않는다.

과제의 해결 수단

[0007] 스파저는 가스 포켓을 수집하기 위한 하우징, 및 포켓이 충분한 크기에 도달하면 포켓으로부터 가스의 적어도 일부를 방출시키기 위한 도관을 갖는다. 선택적으로, 도관으로부터의 출구 위의 커버가 방출된 가스를 분배시킬 수 있으며, 이는 또한 가스가 초기에 보다 벌크에 가까운 형태로 방출되는 경우에 가스를 기포 또는 작은 기포로 분쇄할 수도 있다. 시판용 멤브레인 모듈 또는 카세트에 사용하기 위한 대형 스파저는 복수의 소형 유닛 또는 영역을 포함할 수 있다. 연속적인 가스 공급이 일정한 속도로 이루어져도, 스파저는 시간에 따라 변화하는 기포의 출력 유동을 생성한다. 선택적으로, 출력 유동은 대체로 개별적인 기포 유동 기간의 형태이며, 추가적인 경우에 따라서는 큰 기포의 짧은 폭발 형태이다. 예를 들어, 기포의 폭발 기간은 기포의 연속 폭발 간격의 절반 또는 그 이하일 수 있다.

[0008] 스파저에 대한 가스 공급은, 기포의 수회 이상의 폭발을 포함하는 일정 기간에 걸쳐서 연속적이어도, 큰 기간에 걸쳐서 그 유량이 변화할 수 있다. 공급되는 가스 유량의 변화가 기포의 출력 폭발 기간 및 유량의 큰 변화를 초래하지는 않는다. 그러나, 공급되는 가스 유량의 변화가 기포의 연속 폭발 간격을 변화시키지 않는다. 본 명세서에는 공급되는 공기를 둘 이상의 스파저 각각에 유입시키기 위해 둘 이상의 유출구를 갖는 가스 공급 파이프가 기재된다. 상기 둘 이상의 유출구는 상이한 높이에 위치한다. 이러한 가스 공급 파이프는 입력 가스 유량에 있어서 더 큰 범위를 허용하는 한편, 공급되는 가스의 대체로 동일한 분할 또는 기타 소정 분할을 다중

스파저에 송출한다.

[0009] 본 명세서에는 공급되는 가스 유량이 시스템 작동 파라미터에 반응하여 변화하는 스파저 작동 방법이 기재된다.

[0010] 본 명세서에는 하나 이상의 스파저 세트가 공급 가스를 고유량으로 수용하는 폭기 시스템이 기재된다. 고유량의 공급 가스를 수용하는 하나 이상의 스파저는 증가된 양의 출력 기포 유동을 요구하는 멤브레인 시스템의 영역 근처에 위치한다.

[0011] 본 명세서에 기재된 다른 스파저는 개별 영역들로부터의 기포의 폭발의 방출이 대체로 동기화되도록 유체 연결되는 기포를 방출하기 위한 개별 영역을 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 스파저의 부분 단면 측면도,

도 2는 도 1의 스파저의 평면도,

도 3은 도 1의 스파저의 단부도,

도 4는 도 1의 스파저의 등각도,

도 5는 폭기 프로세스의 다양한 스테이지에서의 액체에 침지된 4개의 스파저의 개략 측면도,

도 6 및 도 7은 다른 스파저의 평면도 및 측단면도,

도 8은 대체 급기 매니폴드의 도시도,

도 9는 관찰자에 가장 가까운 쪽이 제거된 상태의 다른 스파저의 측면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 도 1 내지 도 4는 스파저(10)를 도시하는 다양한 도면이다. 스파저(10)는 상면에 의해 경계지어지는 내부 챔버를 규정하는 하우징(12)을 갖는다. 도시된 하우징(12)은 그 길이가 그 폭의 두 배 이상인 세장형이며, 대체로 역 "U"자형 단면을 갖지만, 다른 형상도 사용될 수 있다. 도시된 하우징(12)은 일 단부에 연결체(14)를 갖는다. 연결체(14)는 스파저(10)에 가스를 제공하고 스파저(10)의 일 단부를 액체에 침지되는 선택 위치에 유지하기 위해 가스 공급 매니폴드(도시되지 않음)의 포트 내에 또는 그 위에 끼워질 수 있다. 스파저(10)의 다른 단부는 하우징(12)으로부터 연장되는 핀(16)에 의해 액체에 침지되는 선택 위치에 유지될 수 있다.

[0014] 연결체(14)는 하나 이상의 분배 파이프(18)에 연결된다. 단수 또는 복수의 분배 파이프(18)는 일반적으로 스파저(10)의 길이를 따라서 연장되며, 그 길이를 따라서 가스 유출구(20)를 갖는다. 가스 유출구(20)의 크기는, (a) 분배 파이프(18)가 정확히 수평적이지 않아도 가스 유출구(20)로부터의 가스 유동의 균등한 분배를 촉진하는 수두 손실을 생성하기 위해서 및 (b) 가스 유출구(20)를 통한 가스 유동의 충분한 속도가 분배 파이프(18) 내로의 액체 유입을 방지하도록 하기 위해서, 가스 유량에 대해 충분히 작게 만들어질 수 있다. 분배 파이프(18)는 도시하듯이 스파저(10)의 바닥 근처에 배치되거나 또는 다른 높이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 분배 파이프(18)는 가스 포켓을 항상 구비하는 영역에 유출구(20)가 제공되는 하우징(12)의 상부를 따라서 배치될 수 있다. 추가로, 경우에 따라서, 하우징(12)의 상이한 부분들은 하우징(12)으로부터 더 멀리 위치하는 가스 공급 매니폴드에 연결된 별도 가스 튜브로부터 가스를 수용할 수도 있다.

[0015] 스파저(10)는 그 길이를 따라서 복수의 배출 도관(22)을 갖는다. 배출 도관(22)은 하우징(12)의 상부 근처 내부 영역과 연통하는 제 1 유출구(24), 및 하우징(12) 외부로 개방되는 제 2 유출구(26)를 갖는다. 도관(22)의 적어도 일부는 제 1 개구(24)와 제 2 개구(26) 사이에서 하향 연장된다. 도관(22)의 다른 부분은 제 2 개구(26)에 도달하기 전에 다시 상향 연장된다. 도관(22)을 통해서 하우징(12)을 떠나는 가스는 도시된 대체로 J형 또는 U형 도관(22)에서와 같이 제 1 개구(24)와 제 2 개구(26) 사이에서 도관(22) 내의 저점을 통과해야 한다. 제 2 개구(26)는 1㎠ 내지 10㎠ 또는 3㎠ 내지 6㎠의 면적을 가질 수 있다. 도관(22)과 연통하는 가스 포켓의 단면적은 제 2 개구(26)의 면적보다 10배 이상, 예를 들어 20배 내지 35배 큰 것이 바람직하다.

[0016] 인접하는 도관(22)은 예를 들어 분할기(divider)(28)에 의해 상호 분리되는 것이 바람직하다. 분할기(28)는, 다른 도관(22)으로부터 가스가 거의 또는 전혀 배출되지 않을 정도로 하나의 도관(22)이 하우징(12) 내의 가스 포켓을 고갈시키는 것을 방지한다. 중실 분할기(28)가 도시하듯이 하우징(12) 내 가스 포켓의 최저 예상 한도 아래까지 연장되는 상태에서, 다른 도관(22)과 연관된 가스 포켓은 유체적으로 상호 분리된다. 스파저(10)는

복수의 개별 소형 스파저가 있는 것처럼 작용한다. 작동 기간에 걸쳐서, 스파저(10) 내의 상이한 도관(22)들로부터의 가스 배출 타이밍은 각 도관(22)으로부터 가스가 동시에 배출되지 않도록 변경 또는 분산될 수 있다. 그러나, 개별 도관으로부터의 가스 배출 패턴은, 가스의 짧은 폭발 이후 가스가 배출되지 않거나 소량만 배출되는 기간이 이어지는 대체로 규칙적인 사이클을 따르는 것으로 나타난다.

[0017] 경우에 따라 하우징(12) 위에는 커버 또는 분배기(30)가 제공될 수도 있다. 커버(30)는 하나 이상의 배출 도관(22)으로부터 가스를 수용하고, 커버(30) 내의 구멍(32)으로부터 가스를 기포 형태로 배출한다. 커버(30)는 큰 수평 영역에 걸쳐서 가스 유동을 분산시키기 위해 도관(22)마다 복수의 구멍(32)을 가질 수 있다. 커버(30)는 또한 필요할 경우 도관(22)을 떠나는 가스의 폭발을 기포 또는 작은 기포로 분쇄할 수 있다. 도시하듯이, 커버(30)는 기포 유동을 이들 기포용 가스를 방출한 도관(22) 근처에 유지하기 위해 하우징(12) 내의 분할기(18)와 대체로 정렬될 수 있다. 선택적으로, 구멍(32)은 기포에 의해 세정되도록 의도된 하나 이상의 침지 멤브레인 모듈에 대해 필요할 경우 기포 유동을 분산시키기 위해 하우징(12)의 길이를 따라서 또는 하우징(12)의 폭을 가로질러서 분포되거나 양자의 방식으로 분포될 수 있다. 모듈은 탱크 내에서 스파저(10) 위에 배치될 수 있다. 선택적으로, 멤브레인들 사이의 튜브 시트를 통과하는 공기 통로를 갖는 모듈의 튜브 시트가 커버(30)로서 기능할 수 있다. 추가로 경우에 따라 도관(22)은 제 2 개구(26)가 튜브 시트 위에 배치되도록 멤브레인 모듈의 튜브 시트를 통해서 연장될 수 있다. 이 경우, 커버(30) 또는 기타 확산기가 제 2 개구 및 튜브 시트 위에 배치될 수 있다. 이들 옵션은 멤브레인 사이에 기포를 배출할 필요가 있도록 큰 폭 또는 직경을 갖는 라운드형 또는 사각형 헤더를 갖는 모듈에 있어서 유용할 수 있다. 그러나, 내부 폭기를 요하지 않고 멤브레인 번들 내로의 양호한 기포 침투를 허용하는 모듈에서는, 임의의 커버(30)를 구비하는 스파저(10)를 모듈의 튜브 시트 아래에 배치하는 것이 바람직하다. 모듈 카세트의 경우에, 스파저(10)는 모듈 아래에 또는 모듈 사이 갭 아래에 배치될 수 있다. 모듈로부터의 스파저(10) 분리는 또한 모듈 또는 스파저(10)를 청소나 정비를 위해 독립적으로 제거시킬 수 있고, 스파저(10)를 다중 모듈 또는 기존 모듈에 대해 이용 가능하게 할 수 있으며, 프로세스 조건에 따라 다양한 스파저(10) 형상 또는 크기가 모듈 하에 사용 가능하게 할 수 있다.

[0018] 도시된 커버(30)는 하우징(12)의 상부와 기밀한 시일을 만들지 않으면서 하우징(12) 위에 스냅 연결된다. 그러나, 도시된 실시예에서, 하우징(12)과 커버(30) 양자는 커버(30)와 하우징(12) 사이의 갭이 하우징(12)의 상부 아래에 위치하도록 돔 형상 단면을 갖는다. 이 구조로 인해, 가스는 발명자들에 의해 테스트된 가스 유량으로 커버(30)와 하우징(12) 사이의 갭을 통해서 빠져나가지 않는다. 커버(30) 내에 포함되는 체적은, 예를 들어 하우징(12) 내의 관련 에어 포켓의 체적의 약 50% 이하, 또는 33% 이하와 같이, 작은 것이 바람직하다. 이는 도관(22)을 떠나는 가스의 짧은 폭발 특징을 유지하는 경향이 있다.

[0019] 액체(34)에 침지된 스파저(10)의 작동이 도 5에 개략 도시되어 있다. 도 5의 A, B, C, D 부분은 그 내부에 가스가 공급될 때 스파저(10)에서 발생하는 사건 시퀀스에서의 상이한 네 지점에서의 스파저(10)를 도시한다. 시퀀스는 상태 A에서 B, C, D로 진행되고 이후 상태 A로 돌아가며, 스파저(10)에 가스 공급이 제공되는 한 반복된다. 도 5의 A 부분에서는, 도관(22)이 액체(34)에 잠기지만, 하우징(12) 내에 가스 포켓(36)이 트랩핑될 수 있다. B 부분에서는, 분배 파이프(18)로부터의 가스가 하우징(12) 내에 수집되어 액체(34)를 밀어냄에 따라 가스 포켓(36)의 크기가 성장한다. 액체(34)는 하우징(12)의 바닥을 향한 개구와 도관(22)을 통해서 하우징(12)을 떠난다. C 부분에서는, 가스의 확장 포켓(36)이 도관(12) 내 저점의 상방 경계 아래로 연장된 후, 가스가 포켓(36)으로부터 도관(22)을 통해서 유동하기 위한 경로가 생성되며, 가스는 하우징(12)의 외부로 예를 들어 기포(38)로 배출된다. D 부분에서는, 가스가 도관(22)을 통해서 계속 유동하고, 액체(34)가 하우징(12)에 재진입하며, 포켓(36)은 점점 작아진다. A 부분으로 돌아가서, 하우징(12) 내부의 액체(34)는 결국 도관(22)에 도달하고, 도관(22)이 잠기며, 도관(22)을 통한 가스 유동이 정지된다. 이후 공정이 반복되고, 가스가 계속 공급될 때에도 개별적인 가스 배출 주기가 생성된다. 가스 배출 주기는 평균 기간 및 빈도에 근접하는 경향이 있다. 그러나, 가스 배출의 정확한 타이밍, 체적 및 기간은 예를 들어 다른 스파저(10)로부터의 가스 배출 또는 액체의 웨이브 또는 다른 운동에 의해 평균 주위의 범위 내에서 변경될 수 있다.

[0020] 도 1 내지 도 4는 일정 비율로 축소 도시된 것이다. 스파저(10)는 폭이 85㎜이고, 높이가 139㎜이며, 길이가 770㎜이다. 이들 치수는 작동가능한 스파저의 예를 제공하기 위해 주어진 것이지만, 본 발명은 이들 치수에 한정되지 않는다. 도시된 스파저(10)는 GE Water and Process Technologies에 의한 ZeeWeed™ 멤브레인 모듈의 카세트 아래에 보통 제공되는 폭기 장치 튜브를 대체하고 동일 설비를 사용하도록 설계된 것이다. 이들 모듈은 침지 흡입 주도형(immersed, suction driven) 작동을 위해 의도된 것이다. 모듈은 약 200 내지 525 평방피트(18.6 내지 48.8㎡)의 총 표면적을 갖는 많은 중공 파이버 멤브레인을 갖는다. 이들 멤브레인은 한 쌍의 세장형 포팅(potting) 헤드 사이에 수직 배향된다. 모듈은 평면 도시에서 대체로 장방형이며, 스파저(10)의 길이와

대략 동일한 길이를 갖는다. 모듈은, 여러 개의 모듈이 인접한 모듈 사이의 수직 갭에 의해 분리되는 프레임 내에 나란히 배치되는 카세트 내에 배열된다. 하나의 스파저(10)는 두 모듈마다 약 1㎝ 내지 10㎝ 아래에 배치되며, 모듈과 평행하게 배향된다. 구멍(32)은 기포를 모듈 양쪽의 갭 안으로 인도하기 위해 배치된다. 각각의 스파저(10)는 그 위의 모듈의 양쪽에 기포를 제공하며, 그 모듈의 양쪽에 있는 인접한 모듈의 한 쪽에 제공한다. 공기가 분당 약 4 입방피트(0.113㎥)로 공급될 때, 도시된 스파저(10)는 약 8초 마다 약 1초 내지 2초 지속되는 기포의 폭발을 방출한다. 스파저(10)로의 가스 유량을 증가 또는 감소시키는 것은, 만약 있다고 해도, 기포의 폭발 기간에 거의 영향을 미치지 않지만, 폭발 사이의 시간을 감소 또는 증가시킨다. 본 명세서에 제공되는 값들의 플러스 마이너스 50% 범위 내의 치수, 치수 비율, 가스 유동 및 프로세스 파라미터가 통상적인 시판 침지 흡입 주도형 멤브레인 용도에 적합할 것으로 예상되지만, 다른 치수, 상대 비율 및 가스 유량도 이용될 수 있다. 다른 변경도 가능하다. 예를 들어, 정방형 또는 원형 스파저(10)(경우에 따라 이들 형상에 적합한 단면으로 분할됨)가 다른 형상의 모듈에 사용될 수도 있다. 도관(22)은 요구되는 통로를 제공하는 다양한 형상 중 하나일 수 있다.

[0021] 도 6 및 도 7은 2개의 분할기(28) 사이의 스파저(50)의 하나의 개별 영역 및 2개의 인접한 영역의 부분을 구비하는 대체 스파저(50)의 단면을 도시한다. 스파저(50)는 예를 들어 2 내지 10개의 개별 영역을 가질 수 있다. 선택적으로, 도시되지는 않았지만, 스파저(50)는 복수의 개별 유닛으로 만들어질 수 있으며, 각각의 유닛은 대체로 도시된 바와 같은 하나의 영역을 제공하도록 구성되지만, 하나의 폐쇄 단부와 하나의 개방 단부를 갖는다. 이런 식으로, 임의 개수의 유닛이 임의의 소정 길이의 스파저(50)를 형성하기 위해 함께 부착될 수 있다.

[0022] 대체 스파저(50)는 대체로 장방형인 개방 저부형(open bottomed) 단면을 갖는 하우징(12)을 갖는다. 2부분(two-part) 배출 도관(52)은 컵(56)으로 둘러싸인 하우징(12)의 상부 내에 몰딩되는 분출구(spout)(54)로 형성된다. 컵(56)은 장착 플랜지(58)에 의해 분출구(54) 위에서 하우징(12)의 상부에 부착된다. 장착 플랜지(58)는 또한 제 1 유출구(24)를 형성하기 위해 컵(56)의 테두리(60)를 하우징(12)의 상부로부터 이격시킨다. 분출구(54)의 상부는 제 2 유출구(26)를 제공한다. 포켓 내에 축적되고 하우징(12) 내의 물을 분출구(54)의 바닥 아래로 밀어낸 후, 가스는 컵(56)의 테두리(60)로부터 J형 또는 U형 경로에 유입되어, 컵(54)의 바닥을 향해 그 주위로 하향 유동하고 이후 분출구(54)를 통해서 상향 유동함으로써 하우징을 떠난다. 커버 섹션(66)은 역시 컵(56)의 플랜지(58)를 통과하는 볼트(64)를 수용하도록 설치된 장착 러그(62)에 의해 하우징(12)에 체결될 수 있다. 하우징(12)은 분할기(28)와 하우징(12)의 단부(도시되지 않음)에 의해 개별 영역으로 소분할되며, 각각의 개별 영역에는 2부분 배출 도관(52)이 배치된다. 도시하듯이 하우징(12)의 각 영역 위에 커버 섹션(66)이 배치될 수 있거나, 또는 전술했듯이 다수 영역 위에 큰 커버가 경우에 따라 내부 분할기와 함께 제공될 수 있다. 스파저(50)는 컵(54)과 커버 섹션(60)을 볼트해체한 후 쉽게 청소된다. 이용가능한 기포 폭발 가스 체적, 가스 유량 또는 폭발 기간의 선택이 가능하도록 상이한 형상 또는 테두리(60) 높이를 갖는 다양한 컵(54)이 이용 가능하게 될 수 있다.

[0023] 도 8은 전술한 제 1 스파저(10)에서도 유용한 도 7에 도시된 입력 가스 분배 매니폴드(40)의 측면도이다. 분배 매니폴드(40)는 복수의 다운파이프(downpipe)(44)에 연결되는 수평 도관(42)을 포함한다. 가스 분배 매니폴드(40)가 스파저(50) 내에 설치될 때 적어도 하나의 다운파이프(44)가 분할기(28)에 의해 규정되는 스파저(50)의 각 개별 영역에 설치되도록 다운파이프(44)는 수평 도관을 따라서 이격된다. 등가의 매니폴드 구조물이 스파저(10, 50)의 하우징(12) 내에 몰딩될 수도 있다.

[0024] 각각의 다운파이프(44)는 가스를 스파저 영역 내로 방출하기 위해 상이한 높이에 복수의 가스 유출구(20)를 갖는다. 각각의 다운파이프(44)는 다른 다운파이프(44) 각각에서의 대응 유출구(20)로서 동일한 높이에 동일 크기의 유출구(20)를 가질 수 있다. 도시된 각각의 다운파이프(40)는 상부 유출구(20), 중간 유출구(20), 및 하부 가스 유출구(20)로서 기능하는 저부 개구(46)를 갖는다. 저부 개구(46)는 또한 유입 가스 유량에 따라 물이 다운파이프(44)에 유입되거나 그로부터 유출되게 할 수 있다.

[0025] 작동 시에, 입력 가스 유량의 제 1 범위에서 가스는 각 다운파이프(44)의 상부 유출구(20)를 통해서 스파저(50) 내로만 방출될 것이다. 상부 유출구(20)의 크기는 다운파이프(44)로부터 제 1 범위 내의 입력 가스 유량으로 대체로 균일한 가스 분배를 제공하기 위해 선택된다. 입력 가스 유량이 증가할수록, 다운파이프(44) 내의 물은 하향 변위될 것이다. 입력 가스 유량의 제 2 범위에서, 중간 유출구(20) 또한 스파저(50) 내로 가스를 방출할 것이다. 중간 유출구(20)의 크기는 상부 및 중간 유출구(20)의 조합된 영역이 각 다운파이프(44)로부터 제 2 범위 내의 입력 가스 유량으로 대체로 균일한 가스 분배를 생성하도록 선택된다. 입력 가스 유량이 더 증가되면, 가스는 다운파이프(44)로부터 저부 개구(46)를 통해서 배출될 수 있다. 저부 개구(46)는 또한, 예를 들어 시스템이 정비 또는 검사를 위해 일시적으로 작동중지되는 동안 유출구(20)를 통해서 유입될 수 있는 일체의 물

을 매니폴드(40)가 배수시키게 할 수 있다. 선택적으로, 저부 개구(46)는, 입력 가스 유량이 공기를 저부 개구(46)를 통해서 방출시키는 제 3 범위 내에 있을 때 다운파이프(44)를 통해서 대체로 균일한 가스 유동 분배를 생성하도록 크기를 가질 수 있다. 이런 식으로, 다운파이프(44)로부터 대체로 균일한 가스 유동 분배를 여전히 제공하는 한편으로 광범위한 입력 가스 유량이 수용될 수 있다. 대조적으로, 전술한 가스 분배 파이프(18)에 의하면, 낮은 입력 가스 유량에서는 유출구(20)가 너무 커서 가스의 균일한 분배를 제공하지 못할 수 있으며, 높은 가스 유량에서는 유출구(20)가 가스 공급 스트림에서 과도한 수두 손실을 제공할 수 있거나 또는 스파저(10)에서 기포형성을 제공할 수 있다. 추가로, 전술한 가스 분배 파이프(18)의 단부로부터 하향 연장되는 개방 저부형 파이프를 추가함으로써 드레인이 제공될 수 있지만, 단일 드레인으로부터의 가스의 국소 범람이 바람직하지 않을 것이기 때문에 가스 분배 파이프(18)에 높은 입력 가스 유량이 적용될 수 있으면 드레인 파이프는 매우 길어야 한다.

[0026] 선택적으로, 중간 유출구(20)는 생략될 수도 있다. 추가로 선택적으로, 상부 유출구(20)는 다운파이프(44)보다는 수평 파이프(42)에 설치될 수도 있다. 그러나, 상부 유출구(20)를 다운파이프(44)에 설치하는 것이 보다 균일한 가스 분배를 보존하는 경향이 있으며, 이는 스파저(50)의 인접한 영역들이 상이한 시간에 기포를 배출하므로 스파저(50)의 한 영역으로부터 다른 영역으로의 매니폴드를 통한 가스 유동을 감소시킨다. 추가로 선택적으로, 매니폴드(40)는 가스 유입 밸브를 일시적으로 폐쇄하거나 매니폴드(40)의 내부를 대기로 방출시킴으로써 또는 둘 다 수행함으로써 축적된 고체를 제거하기 위해 때때로 물에 잠길 수 있다. 매니폴드(40)가 물에 잠긴 후에, 기포를 하부 개구(20)를 통해서 송출하고 고체를 매니폴드(40)로부터 씻어내기 위해 가스가 충분한 압력으로 공급될 수 있다. 매니폴드(40) 세척은, 예를 들어 가스 공급 시스템 내의 배압을 증가시킴으로써, 규칙적인 간격으로 이루어지거나 막힘이 관찰될 때 이루어질 수 있다.

[0027] 스파저(50)에 대한 가스 공급과, 그로인한 기포의 폭발 사이의 시간은 멤브레인 시스템의 하나 이상의 작동 파라미터 또는 성능 파라미터를 고려할 때 변경될 수 있다. 고려되는 파라미터는 예를 들어, 저항, 막횡단(transmembrane) 압력, 또는 투과성 중 하나 이상일 수 있다. 파라미터는 예를 들어 백워싱(backwashing) 또는 관련 단계에 의해 분리되는 일련의 투과 단계를 갖는 여과 사이클 내의 투과 단계의 시작 또는 종료 시에 주기적으로 관찰되거나 계산될 수 있다. 파라미터는 또한 값의 변화율이나 변화 추세 또는 일련의 사이클로부터의 다중 측정의 이동 평균일 수도 있다. 파라미터는 가스 공급 유량이 유지되어야 할지, 증가되어야 할지 또는 감소되어야 할지를 결정하기 위해 사용될 수 있다.

[0028] 프로세스의 일 예에서, 하나 이상의 파라미터는 주기적으로 샘플링되며, 경우에 따라서 수학적 조합 또는 변환 이후에는, 일련의 폴링(polling) 인터벌의 각각에서 관측치(X)를 생성하기 위해 사용된다. 각각의 폴링 인터벌에서, 관측치(X)는 멤브레인 시스템의 소정 작동의 한계를 나타내기 위해 사전-결정된 상위 및 하위 임계치와 비교된다. 임계치(A, B)는 시스템의 설계 또는 파일럿작업(piloting) 중에 설정될 수 있거나, 시간에 따라 조절될 수 있다. 시간에 따른 조절은 멤브레인에 의해 처리된 물의 세공(pore) 크기, 연령 또는 누적 양과 같은 멤브레인의 조건의 변경을 설명할 수 있다. 임계치에 대한 조절은 또한, 고체 농도 또는 온도와 같은 처리되는 물의 특징의 변화를 고려하여 이루어질 수 있다. 대안적으로, 관측치(X)는 임계치를 설정하기 위해 가정된 조건을 반영하도록 조절될 수 있다. 예를 들어, 멤브레인을 통한 관측된 플럭스는, 다른 수온을 가정하여 선택된 임계치와 비교하기 전에 여과되는 물의 온도에 기초하여 조절될 수 있다.

[0029] 예시적인 프로세스에서, 관측치(X)가 폴링 인터벌에서의 상위 임계치(A)를 초과하면, 입력 가스 공급량은 사전-선택된 양만큼, 예를 들면 5% 또는 10% 증가된다. 관측치(X)가 상위 임계치와 하위 임계치 사이에 있거나 이들 임계치 중 하나와 동일하면, 입력 가스 공급량은 변하지 않는다. 관측치(X)가 하위 임계치(B)보다 낮으면, 입력 가스 공급량은 사전선택된 양만큼, 예를 들면 5% 또는 10% 감소된다. 대안적으로, 관측치가 가장 근사한 임계치 또는 여러 임계치의 평균과 상이한 정도는 입력 가스 공급량의 소요 변경을 평가하기 위해 사용될 수 있다. 바람직하게, 최소 입력 가스 공급량도 특정되는바, 예를 들면 (a) 가스 매니폴드(40)의 상부 유출구(20)로부터 유동의 대체로 동일한 분할을 생성하는 최저 입력 가스 공급량과 (b) 멤브레인 용기에서의 혼합과 같은 다른 프로세스 요건을 충족할 최저 입력 가스 공급량 중 큰 것에 의해 결정되는 것으로 특정된다.

[0030] 스파저로의 입력 가스 공급량을 증가 또는 감소시키는 것은 기포의 폭발 기간에 거의 영향을 미치지 않지만, 폭발 사이 시간을 증가 또는 감소시킨다. 전술한 제어 방법은 폭발 사이 시간이 예를 들어 하루 이상과 같은 긴 기간에 걸쳐서 변화하는 것을 초래하지만, 폭발 사이 시간은 보다 짧은 기간에 걸쳐서, 예를 들어 작동 시간 내내 일정할 가능성이 있다. 하나의 폭발의 시작에서부터 다음 공기 폭발의 시작까지 측정되는 가스 폭발 간격은 예를 들어 2초 내지 60초 또는 4초 내지 20초로 변화할 수 있다. 입력 공기 유량은 항상, 하위 임계치 이상의

성능을 제공하는데 필요한 최소치에 가깝다.

[0031] 선택적으로, 스파저(50)의 영역들 사이에서의 공기의 균일한 분배는 의도적으로 수정될 수 있다. 예를 들어, 제 1 및 최종 다운파이프(44)는 더 많은 상부 유출구(20) 또는 추가 상부 유출구(20)를 가질 수 있다. 추가 예에서는, 2개의 다운파이프(44)가 스파저(50)의 제 1 및 최종 영역에 설치될 수 있다. 이런 식으로, 보다 많은 가스가 스파저(50)의 제 1 및 최종 영역에 제공되며, 따라서 이들 영역은 기포의 보다 빈번한 폭발을 방출한다. 추가적인 옵션으로서, 멤브레인 모듈의 카세트 아래에는, 각각의 스파저(50)가 공통 유입 가스 공급 파이프에 연결되어 있는 복수의 이격된 스파저(50)의 평행 어레이가 제공될 수 있다. 제 1 및 최종 스파저(50)의 모든 영역은 [중간 스파저(50)에 비해] 더 많거나 추가적인 상부 유출구(20) 또는 2개의 다운파이프(44)를 가질 수 있다. 이런 식으로, 외부 스파저(50)는 중간 스파저(50)에 비해서 더 큰 가스 유량을 수용할 것이며 기포를 평균적으로 더 빈번하게 배출할 것이다. 배출 빈도에 있어서의 이들 의도적인 특수 변경은 하나 이상의 스파저(50)의 출력을 모듈 또는 카세트의 상이한 영역의 스파징 요구에 보다 잘 매치시키기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 평면도에서 대체로 장방형인 대형 카세트에서, 기포의 균일한 분포는 카세트의 중심을 통한 보다 강력한 공기 리프트 또는 굴뚝 효과를 내는 경향이 있다. 카세트의 중심에 대한 기포의 최적 시간평균 유량은 카세트의 주변 근처에서의 멤브레인 오염을 방지하기에 충분하지 않을 수도 있다. 이 경우, 제 1 및 최종 스파저(50)로부터 또는 스파저(50)의 제 1 및 최종 영역으로부터 또는 양자로부터 보다 빈번하게 기포를 방출시키는 것은, 카세트의 중심에서 기포의 유동을 불필요하게 증가시키지 않으면서 주변 멤브레인에 기포의 보다 큰 시간평균 유량을 제공한다. 한 줄의 도관(52)으로부터의 보다 빈번한 방출은 그 줄의 도관(52)과 연통하는 추가 가스 분배 파이프(18)를 추가함으로써 제공될 수도 있다. 이러한 추가 가스 분배 파이프(18)는 다른 가스 분배 파이프(18) 또는 매니폴드(40)에 수직할 수 있다.

[0032] 도 9를 참조하면, 하우징(12)의 하부 에지에는 하나 이상의 선택적 스캘럽(scallop: 부채꼴 노치)(70)이나 기타 구멍 또는 만입부가 하우징(12)의 측부에 제공될 수 있다. 스캘럽(70)은 스파저(10) 내의 물과 가스 사이의 경계면의 최저 예상 높이를 나타내는 저수위(low water line)(72) 아래에 위치한다. 가스 포켓이 저수위(72)까지 확장되면, 도관(22)은 개방되어 가스를 방출하며, 이는 가스-물 경계면의 추가 하강을 방지한다. 따라서, 가스 포켓은 보통 스캘럽(72)의 상부에 도달하기 위해 하향 연장되지 않을 것이다. 그러나, 예를 들어 머리카락, 쓰레기 또는 건조 고체의 퇴적으로 인해 도관(20)이 사용 시에 막히게 되는 일이 있을 수 있다. 도관(20)이 막히면, 가스 포켓은 가스가 스캘럽(70)에 도달할 때까지 스파저(10)의 막힌 영역에서 성장할 것이다. 스캘럽(70)은 이후 배출 포인트를 형성하는 복수의 기포를 제공하며 따라서 스파저(10)의 막힌 섹션은 플러그가 제거될 때까지 정규 폭기 장치처럼 기능할 것이다. 스캘럽(70)로부터의 기포의 존재는 도관(20)이 막혀있음을 나타내기 위해 표면으로부터 볼 수 있다. 저수위(72)의 높이는 입력 가스 유량에 관련되어 있으며, 특히 입력 가스 유량이 증가할 때 하향 이동한다. 스캘럽(70)은 또한, 스파저(10)로부터 매우 높은 가스 유량의 제어된 가스 범람을 제공하기 위해 사용될 수 있다.

[0033] 도 9는 또한 분할기(28)를 통한 선택적 포트(80)를 도시한다. 포트(80)는 저수위(72)에 가깝지만 적어도 부분적으로 그 위에 위치한다. 스파저의 인접한 영역들 중 적어도 하나에 있는 가스 포켓이 포트(80)를 향해 하향 연장될 때 포트(80)는 스파저(10)의 인접한 영역들 사이에 공기 통로를 제공한다. 포트(80)는 인접한 영역 내로 기포를 방출하려고 하는 스파저(10)의 한 영역으로부터 기포가 이동되게 할 수 있다. 이로 인해 스파저의 다수 영역에 있는 가스 포켓은 임의의 개별 영역에 있는 가스 포켓이 저수위에 도달하기 전에 크기가 동등해진다. 포트(80)를 통해서 연결되는 영역의 전부가 포트(80)로 연장되는 가스 포켓을 구비하면, 모든 영역에서의 가스 포켓은 저수위(72)에 도달하기 전에 계속 성장하며 대체로 동시에 기포를 방출한다.

[0034] 포트(80)의 부재 시에, 스파저(10)의 각 영역은 주로 독립적으로 작동한다. 스파저(10)의 영역들이 대체로 동일한 크기이고 대체로 동일한 입력 공기 유동을 수용하기 때문에, 스파저(10)의 각 영역의 충전 및 방출 주기는 대체로 동일하다. 그러나, 스파저(10)의 다른 영역에 비해 스파저의 한 영역에서 가스가 방출되는 정확한 시간의 작은 차이는 스파저(10)의 상이한 영역들이 더 이상 기포를 동시에 방출하지 않을 때까지 복수의 충전 및 방출 사이클에 걸쳐서 축적되는 경향이 있다. 포트(80)로 인해, 각각의 가스 포켓이 포트(80)의 바닥으로부터 저수위(72)까지 확장되는데 걸리는 시간에는 여전히 어느 정도의 변동이 있을 수 있지만, 이 시간 변동은 작고 스파저(10)의 복수의 충전 및 방출 사이클에 걸쳐서 축적되지 않는다. 따라서 스파저(10)의 인접한 영역들로부터의 기포 방출 사이의 시간 지연이 감소된다. 충분히 큰 포트(80)는 스파저(10)의 둘 이상의 영역들 사이에서 기포 방출이 거의 동기화되게 할 수 있다. 그러나, 특히 스파저(10)가 수평하지 않을 경우 하나의 도관(20)이 다른 것보다 조기에 가스를 방출하고 포트(80)를 통해서 충분한 공기를 흡인하여 인접한 영역에 있는 가스 포켓이 저수위(72)에 도달하지 못하게 할 가능성이 있기 때문에 포트(80)는 크게 만들어지지 않아야 한다. 선택적

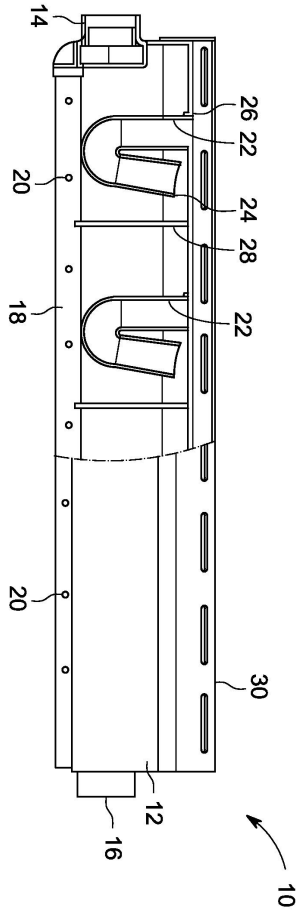
으로, 포트(80)는 분할기(28)의 하부 에지에 있는 만입부와 같은 다른 통로 형성 수단으로 대체될 수 있거나, 분할기(28)의 하부 에지를 저수위(72) 이상으로 상승시킴으로써 대체될 수 있다. 추가로 선택적으로, 인접한 스파저(10)를 연결하여 스파저(10) 사이의 시간 지연을 감소시키기 위해 튜브가 사용될 수도 있다.

[0035] 상기 설명에도 불구하고, 스파저(10)의 상이한 영역들로부터의 기포 폭발을 동기화시키는 것이 바람직한 경우 또는 때가 명료하지 않다. 그러나, 발명자들은 잔잔한 물 안에 기포가 방출될 큰 기포의 세척 효과가 더 클 것 같다는 것을 알아냈다. 따라서 스파저(10) 내에서 또는 스파저(10) 위의 모듈에서 공기 리프트 효과 발생을 회피하는 것이 바람직하다. 스파저(10)의 상이한 영역들로부터 상이한 시간에 기포 폭발이 방출되어 대부분의 시간에 스파저(10)의 일부로부터 기포 유동이 초래되면, 물은 스파저(10) 위에 설치된 멤브레인 모듈을 통한 지속적인 상향 속도를 발전시킬 수 있다. 그 경우, 기포 방출의 동기화는 물이 연속적인 폭발 사이에 정착하여 멤브레인 세척을 향상시킬 수 있도록 기포가 없는 충분히 긴 시간을 생성할 수 있다.

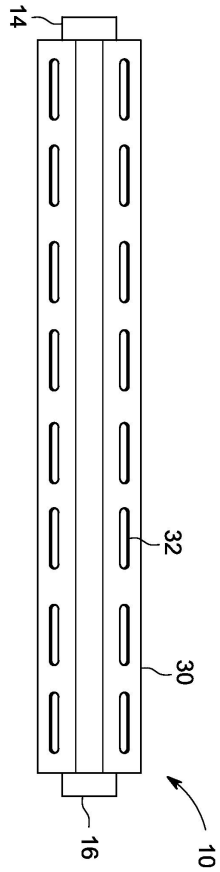
[0036] 하기 청구범위에 의해 한정되는 본 발명의 범위 내에서 다양한 다른 장치 및 방법 또한 제조되거나 사용될 수 있다. 예를 들어, 그러나 비제한적으로, 전술한 다양한 예들의 장치 요소 및 방법 단계는 임의의 실현 가능한 치환 또는 조합으로 함께 조합될 수도 있다.

도면

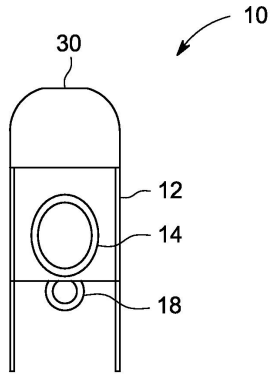
도면1



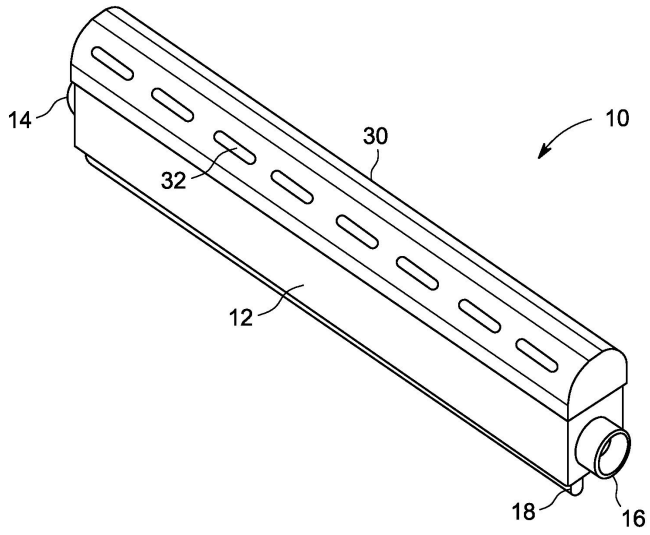
도면2



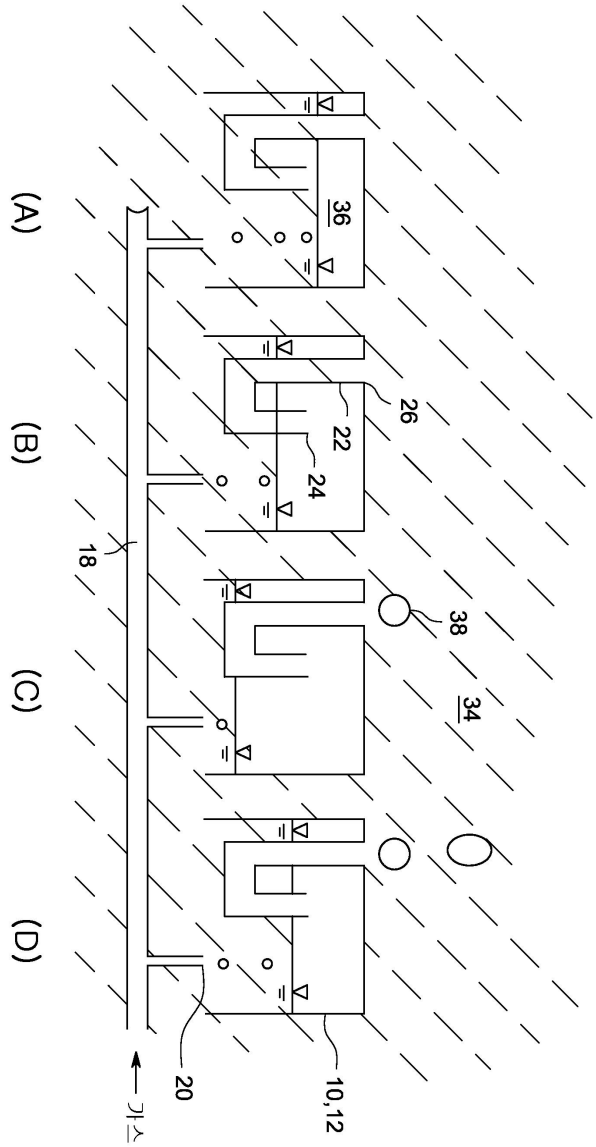
도면3



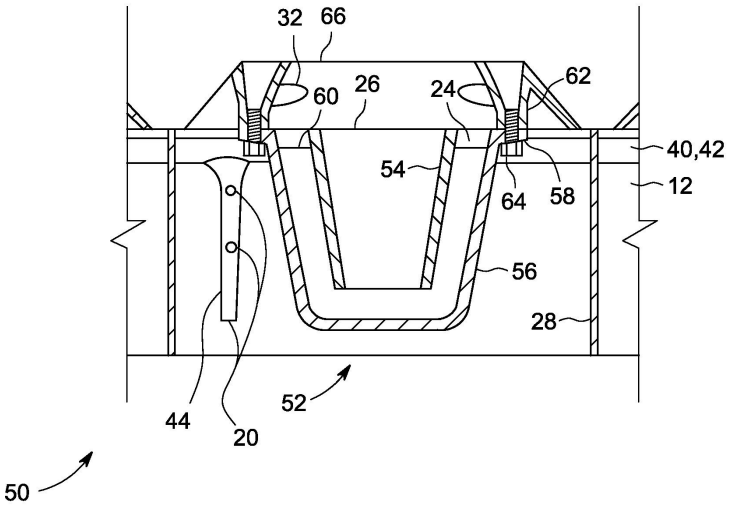
도면4



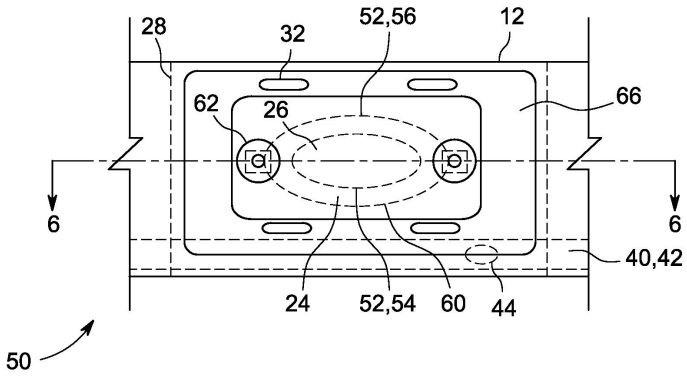
도면5



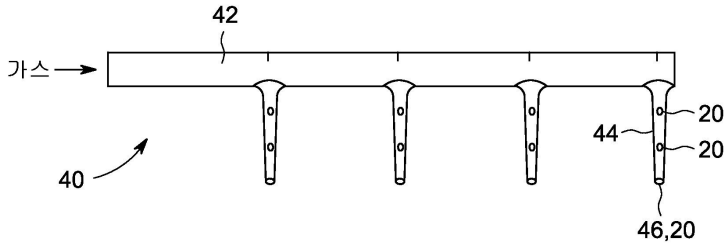
도면6



도면7



도면8



도면9

