



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년09월14일

(11) 등록번호 10-2442879

(24) 등록일자 2022년09월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01F 23/20 (2022.01) *B01F 25/00* (2022.01)
B01F 25/30 (2022.01) *C02F 1/68* (2006.01)
C02F 1/72 (2006.01) *F28C 1/00* (2006.01)
F28C 3/00 (2006.01) *F28F 13/02* (2006.01)
F28F 19/00 (2006.01) *F28F 23/00* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B01F 23/2323 (2022.01)
B01F 25/31243 (2022.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7029279
- (22) 출원일자(국제) 2017년03월10일
 심사청구일자 2020년02월19일
- (85) 번역문제출일자 2018년10월10일
- (65) 공개번호 10-2018-0125158
- (43) 공개일자 2018년11월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2017/021814
- (87) 국제공개번호 WO 2017/156410
 국제공개일자 2017년09월14일
- (30) 우선권주장
 62/306,637 2016년03월11일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2005052683 A*
 JP2008104942 A*
 JP2008178870 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
 물레에르, 인크
 미국 캘리포니아 90746, 카슨, 벨쇼 애비뉴 20800
- (72) 발명자
 러셀 워렌 스튜어트
 미국 90501 캘리포니아주 토렌스 스위트 씨105 웨
 스트 205티에치 스트리트 2441
- (74) 대리인
 솔텐 브루스
 미국 90501 캘리포니아주 토렌스 스위트 씨105 웨
 스트 205티에치 스트리트 2441
- (74) 대리인
 김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 이승진

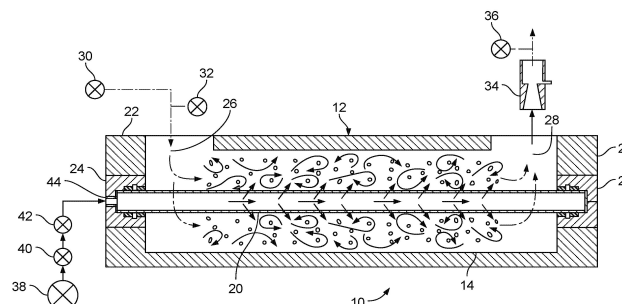
(54) 발명의 명칭 액체 캐리어에 나노-버블을 함유하는 조성물

(57) 요약

본 발명에 따른, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하기 위한 장치는: (a) 제1 단부 및 제2 단부를 포함하고, 액체 입구와, 액체 출구, 그리고 액체 공급원으로부터 액체 캐리어를 수용하도록 되어 있는 내부 공동을 획정하는 세장형 하우징; 및 (b) 상기 하우징의 내부 공동 내에 적어도 부분적으로 배치된 기체

(뒷면에 계속)

대표도



투과형 부재를 포함한다. 상기 기체 투과형 부재는 기체 공급원으로부터 가압 기체를 수용하도록 되어 있는 개방 단부와, 폐쇄 단부, 그리고 개방 단부와 폐쇄 단부의 사이에서 연장되며 1.0 μm 이하의 평균 기공 크기를 갖는 다공성 측벽을 포함한다. 상기 기체 투과형 부재는 내부 표면, 외부 표면 및 루멘을 획정한다. 상기 하우징과 기체 투과형 부재는, 액체 캐리어 및 액체 캐리어에 분산된 나노-머블을 포함하는 조성물을 형성하도록 구성되어 있다.

(52) CPC특허분류

B01F 25/3131 (2022.01)

B01F 25/313311 (2022.01)

B01F 25/32 (2022.01)

C02F 1/685 (2013.01)

C02F 1/72 (2013.01)

F28C 1/00 (2013.01)

F28C 3/00 (2013.01)

F28F 13/02 (2013.01)

F28F 23/00 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하기 위한 장치로서:

(a) 제1 단부 및 제2 단부를 포함하고, 액체 입구와, 액체 출구, 그리고 액체 공급원으로부터 액체 캐리어를 수용하도록 되어 있는 내부 공동을 획정하는 세장형 하우징; 및

(b) 상기 하우징의 내부 공동 내에 적어도 부분적으로 배치된 기체 투과형 부재로서, 기체 공급원으로부터 가압 기체를 수용하도록 되어 있는 개방 단부와, 폐쇄 단부, 그리고 개방 단부와 폐쇄 단부의 사이에서 연장되며 1.0 μm 이하의 평균 기공 크기를 갖는 다공성 측벽을 포함하고, 내부 표면, 외부 표면 및 루멘을 획정하는 것인 기체 투과형 부재

를 포함하고, 상기 하우징의 액체 입구는, 액체 캐리어를 액체 공급원으로부터 하우징의 내부 공동에, 선택적으로 하우징을 통과하는 액체 유동의 방향에 대해 각도를 이루며 도입하도록 배치되어 있으며,

액체 공급원으로부터의 액체 캐리어가 액체 입구로부터 액체 출구까지 기체 투과형 부재의 외부 표면에 평행하게 유동할 때, 액체의 유속이 액체의 난류 임계값보다 높도록 그리고 기체 투과형 부재의 루멘에 도입된 가압 기체가 나노-버블 형태로 기체 투과형 부재의 다공성 측벽을 통과하여 기체 투과형 부재의 외부 표면 쪽으로 나아가도록 상기 하우징과 기체 투과형 부재가 구성되어, 액체 캐리어 및 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 형성하는 것인 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 조성물은, 상기 액체 출구로부터 나오고 나서 10분 후에 측정될 때 실질적으로 마이크로 버블이 없는 것인 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 액체 출구에서 액체 캐리어 내의 나노-버블의 농도가 적어도 1×10^7 나노-버블/ mL 인 것인 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 조성물은, 주위 압력 및 온도 하에서 적어도 1개월 동안 액체 캐리어 내에서 안정적인 나노-버블을 포함하는 것인 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 액체 캐리어는 계면활성제가 없는 것인 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 기체 투과형 부재는 튜브 형태의 경질 세라믹 부재를 포함하고, 상기 기체 투과형 부재의 다공성 측벽은 알루미늄, 티타니아, 지르코니아 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택된 1 μm 이하의 평균 기공 크기를 갖는 다공성 코팅을 포함하는 것인 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 다공성 코팅은 상기 기체 투과형 부재의 내부 표면, 외부 표면, 또는 양 표면에 배치되는 것인 장치.

청구항 8

제1항의 장치를 이용하여, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하기 위한 방법으로서:

상기 기체 투과형 부재의 외부 표면에서 난류 임계값 이상의 난류를 일으키는 유속으로 액체 캐리어를 액체 공급원으로부터 하우스의 액체 입구를 통해 하우스의 내부 공동에 도입하는 단계; 및

상기 루멘 내의 압력이 상기 하우스의 내부 공동 내의 압력보다 크도록 선택된 기체 압력으로 가압 기체를 기체 공급원으로부터 기체 투과형 부재의 루멘에 도입하여, 기체를 다공성 측벽을 통과해 나아가게 하고 그리고 기체 투과형 부재의 외부 표면에 나노-버블을 형성하는 단계

를 포함하고, 액체 입구로부터 액체 출구까지 기체 투과형 부재의 외부 표면에 평행하게 유동하는 액체 캐리어는, 기체 투과형 부재의 외부 표면으로부터 나노-버블을 제거하여, 액체 캐리어 및 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 형성하는 것인 방법.

청구항 9

물을 처리하는 방법으로서:

제1항의 장치를 이용하여, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생성하는 단계; 및

처리를 필요로 하는 물의 공급원에 상기 조성물을 이송하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 10

액체를 파이프를 통해 이송하는 방법으로서:

제1항의 장치를 이용하여, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생성하는 단계;

상기 조성물을 액체와 조합하여, 상기 액체의 점도보다 낮은 점도를 갖는 펌핑 가능한 조성물을 생성하는 단계; 및

상기 펌핑 가능한 조성물을 파이프를 통해 소기의 목적지로 이송하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 11

식물 생장을 촉진하도록 액체를 식물 뿌리에 전달하는 방법으로서:

제1항의 장치를 이용하여, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생성하는 단계;

상기 조성물을 액체와 조합하여 산소-농후 조성물을 생성하는 단계; 및

식물 생장을 촉진하도록 상기 조성물을 식물 뿌리에 적용하는 단계

를 포함하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2016년 3월 11일자로 출원된 미국 출원 제62/306,637호에 대해 우선권의 이익을 주장한다. 상기 종래의 출원은 그 전체가 본원에 참조로 인용되어 있다.

[0003] 본 발명은 액체 캐리어와 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 나노-버블은, 그 표면이 음으로 대전되어 있기 때문에, 액체에서 수명이 긴 것과 같은 몇 가지 고유한 특성을 갖는다. 나노-버블은 또한, 그 내부 압력이 높기 때문에, 액체에서의 기체 용해도가 높다. 반대로, 마이크로버블 및 매크로 버블은 크기가 더 크고, 이에 따라 빠르게 상승하여 수면에서 터진다.

[0005] 나노-버블은 다양한 분야에 적용 가능하고, 의료, 산업 및 농업의 관점에서 다수의 유익한 효과를 가질 수

있다. 예를 들어, 나노-버블의 존재는 생물의 생리 활동을 촉진시킬 수 있고 신진대사를 증가시킬 수 있으며, 그 결과 개체 발생학적 성장이 향상된다.

[0006] 지금까지 나노-버블을 생성하는 몇 가지 방법이 제안되었다. 이들 방법은 와류형 액체 유동, 벤츄리, 고압 용해, 이젝터, 혼합 증기 직접 접촉 응축 및 초음파 진동을 포함한다. 이들 방법 모두는 에너지 집약적이고, 나노-버블의 생성에 있어서의 성공도가 가변적이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 본원에서 사용된 바와 같이, 용어 "나노-버블"은 1 미크론 미만의 직경을 갖는 버블을 지칭한다. 나노-버블보다 큰 마이크로버블은, 1 미크론 이상 50 미크론 미만의 직경을 갖는 버블이다. 매크로-버블은, 50 미크론 이상의 직경을 갖는 버블이다.

[0008] 일 양태에서는, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하기 위한 장치가 기술되어 있다. 상기 장치는, (a) 제1 단부 및 제2 단부를 포함하고, 액체 입구와, 액체 출구, 그리고 액체 공급원으로부터 액체 캐리어를 수용하도록 되어 있는 내부 공동을 획정하는 세장형 하우징; 및 (b) 상기 하우징의 내부 공동 내에 적어도 부분적으로 배치된 기체 투과형 부재를 포함한다.

[0009] 상기 기체 투과형 부재는 기체 공급원으로부터 가압 기체를 수용하도록 되어 있는 개방 단부와, 폐쇄 단부, 그리고 개방 단부와 폐쇄 단부의 사이에서 연장되며 1.0 μm 이하의 평균 기공 크기를 갖는 다공성 층벽을 포함한다. 상기 기체 투과형 부재는 내부 표면, 외부 표면 및 루멘을 획정한다.

[0010] 상기 하우징의 액체 입구는, 상기 기체 투과형 부재의 외부 표면에 대해 전반적으로 직교하는 각도로 액체 캐리어를 액체 공급원으로부터 하우징의 내부 공동에 도입하도록 배치되어 있다. 상기 하우징과 기체 투과형 부재는, 액체 공급원으로부터의 액체 캐리어가 액체 입구로부터 액체 출구까지 기체 투과형 부재의 외부 표면에 평행하게 유동할 때, 기체 투과형 부재의 루멘에 도입된 가압 기체가 나노-버블 형태로 기체 투과형 부재의 다공성 층벽을 통과하여 그리고 기체 투과형 부재의 외부 표면 쪽으로 나아가게 되어, 액체 캐리어 및 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 형성하도록, 구성되어 있다.

[0011] 일부 실시형태에서, 상기 조성물은, 상기 액체 출구로부터 나오고 나서 10분 후에 측정될 때 실질적으로 마이크로버블이 없다. "실질적으로 마이크로버블이 없는" 조성물은, 마이크로버블이 조성물에 있어서의 버블의 총 체적 중 1% 미만을 이루고 있는 조성물이다.

[0012] 나노-버블은 500 nm 미만 또는 200 nm 미만, 또는 약 10 nm 내지 약 500 nm 범위의 (예를 들어 약 75 nm 내지 약 200 nm 범위의) 평균 직경을 가질 수 있다. 상기 액체 출구에서 액체 캐리어 내의 나노-버블의 농도는 적어도 1×10^6 나노-버블/ mL , 적어도 1×10^7 나노-버블/ mL , 또는 적어도 1×10^8 나노-버블/ mL 일 수 있다. 일부 실시형태에서, 상기 조성물은, 주위 압력 및 온도 하에서 적어도 1개월 동안 또는 적어도 3개월 동안 액체 캐리어 내에서 안정적인 나노-버블을 포함한다.

[0013] 상기 기체는 공기, 산소, 이산화탄소, 질소, 수소 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 일부 실시형태에서, 상기 기체 투과형 부재는 적어도 5 psi 또는 적어도 100 psi까지 가압된 기체를 수용하도록 될 수 있다.

[0014] 상기 액체 캐리어는 물을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 상기 액체 캐리어는 계면활성제가 없다.

[0015] 일부 실시형태에서, 상기 기체 투과형 부재는 경질(硬質) 세라믹 부재를 포함한다. 상기 다공성 층벽은 0.0009 μm 내지 1 μm 범위의 평균 기공 크기를 가질 수 있다. 상기 다공성 층벽은 다공성 코팅을 포함할 수 있다. 적절한 다공성 코팅의 예로는 알루미늄, 티타니아, 지르코니아, 망간 및 이들의 조합 등과 같은 금속 산화물 등이 있다. 상기 다공성 코팅은 상기 기체 투과형 부재의 내부 표면, 외부 표면, 또는 양 표면에 배치될 수 있다.

[0016] 일부 실시형태에서, 상기 하우징은 복수 개의 기체 투과형 부재를 포함한다. 상기 기체 투과형 부재는 단일 채널 튜브 또는 다중 채널 튜브의 형태일 수 있다.

- [0017] 상기 장치는 액체 캐리어에 있어서 난류를 강화하기에 적합한 하나 이상의 나선형 부재(또는 나선형 장치)를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 상기 장치는 상기 하우징과 일체를 이루고 있는 제트 펌프를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 제2 양태에서는, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하기 위한 장치가 기술되어 있다. 상기 장치는: (a) 제1 단부 및 제2 단부를 포함하고, 액체 입구와, 액체 출구, 그리고 액체 공급원으로부터 액체 캐리어를 수용하도록 되어 있는 내부 공동을 획정하는 세장형 하우징; 및 (b) 상기 하우징의 내부 공동 내에 배치된 기체 투과형 튜브를 포함한다.
- [0019] 상기 기체 투과형 튜브는 기체 공급원으로부터 가압 기체를 수용하도록 되어 있는 개방 단부와, 폐쇄 단부와, 내부 표면과, 외부 표면, 그리고 루멘을 포함한다. 상기 기체 투과형 튜브의 내부 표면과 외부 표면 중 적어도 하나는 알루미늄, 티타니아, 지르코니아, 망간 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택된 1 μm 이하의 평균 기공 크기를 갖는 다공성 코팅을 포함한다.
- [0020] 상기 하우징의 액체 입구는, 상기 기체 투과형 튜브의 외부 표면에 대해 전반적으로 직교하는 각도로 액체 캐리어를 액체 공급원으로부터 하우징의 내부 공동에 도입하도록 배치되어 있다. 상기 하우징과 기체 투과형 튜브는, 액체 공급원으로부터의 액체 캐리어가 액체 입구로부터 액체 출구까지 기체 투과형 튜브의 외부 표면에 평행하게 유동할 때, 기체 투과형 튜브의 루멘에 도입된 가압 기체가 나노-버블 형태로 기체 투과형 튜브의 다공성 코팅을 통과하여 그리고 기체 투과형 튜브의 외부 표면 쪽으로 나아가게 되어, 액체 캐리어 및 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 형성하도록, 구성되어 있다.
- [0021] 제3 양태에서는, 전술한 장치들을 이용하여, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 함유하는 조성물을 생산하기 위한 방법이 기술되어 있다. 상기 방법은, 상기 기체 투과형 부재의 외부 표면에서 난류를 일으키는 유속으로 액체 캐리어를 액체 공급원으로부터 하우징의 액체 입구를 통해 하우징의 내부 공동에 도입하는 단계를 포함한다. 상기 방법은, 상기 루멘 내의 압력이 상기 하우징의 내부 공동 내의 압력보다 크도록 선택된 기체 압력으로 가압 기체를 기체 공급원으로부터 기체 투과형 부재의 루멘에 도입하여, 기체를 다공성 층벽을 통과해 나아가게 하고 기체 투과형 부재의 외부 표면에 나노-버블을 형성하는 단계를 더 포함한다. 액체 캐리어는 액체 입구로부터 액체 출구까지 기체 투과형 부재의 외부 표면에 평행하게 유동하고, 기체 투과형 부재의 외부 표면으로부터 나노-버블을 제거하여, 액체 캐리어 및 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 형성한다.
- [0022] 나노-버블이 액체 캐리어에 분산되어 있는 전술한 조성물은 다수의 용례에서 유용하다. 예를 들어, 상기 조성물은 처리를 필요로 하는 물에 상기 조성물을 이송함으로써 물을 처리하는 데 사용될 수 있다. 처리될 수 있는 물 공급원의 예로는 폐수, 산소-결핍 물, 음용수 및 양식용 물 등이 있다.
- [0023] 다른 용례에서, 전술한 조성물은 액체의 점도보다 낮은 점도를 갖는 펌핑 가능한 조성물을 생성하도록 액체와 조합될 수 있고, 그 후에 상기 펌핑 가능한 조성물을 파이프를 통해 소기의 목적지로 이송할 수 있다. 액체의 예로는 원유 및 시추 유체 등이 있다.
- [0024] 다른 용례에서, 전술한 조성물은 산소-농후 조성물을 생성하도록 액체와 혼합되고, 이 산소-농후 조성물은 그 후에 식물 성장을 향상시키도록 식물 뿌리에 적용된다.
- [0025] 예시적인 방법에서, 나노-버블은, 가압 하의 기체를 세라믹 구조의 일측에 공급함으로써 생성되는데, 상기 일측에는 산화티타늄, 산화알루미늄, 또는 다른 금속 산화물이 코팅되어 있고, 상기 세라믹 구조는 0.0009 μm 내지 1.0 μm 의 기공 크기를 가지며, 이에 따라 기체는 세라믹 구조를 통과하고 세라믹 구조의 타측에 나노-버블로서 나오며, 나노 버블이 상기 세라믹 구조로부터 나올 때 나노-버블을 운반해 가도록 상기 세라믹 구조의 타측에 액체 유동을 생성하여, 나노-버블이 보다 큰 버블로 합쳐지는 것을 방지한다.
- [0026] 나노-버블을 생성하기 위한 예시적인 장치는, 제1 표면과 그 반대편의 제2 표면을 갖는 다공성 세라믹 구조, 기체가 세라믹 구조를 통과하고 상기 제2 표면을 통해 나오도록 가압 하의 기체를 상기 세라믹 구조의 제1 표면에 공급하기 위한 기체 공급 시스템, 및 가압 하의 액체를 상기 제2 표면 상에서 유동하는 흐름으로서 공급하기 위한 액체 공급 시스템을 포함한다.
- [0027] 상기 세라믹 구조는 일단부에서 폐쇄되어 있고 타단부에 가압 하의 기체를 위한 입구를 갖는 튜브의 형태일 수 있다. 상기 장치는, 상기 튜브와 동축 관계이며 일단부에 액체용 입구를 갖고 타단부에 액체용 출구를 갖는 세장형 하우징을 더 포함할 수 있고, 이에 따라 액체는 상기 튜브와 상기 하우징 사이에 획정된 원통형 채널을 통해 유동한다. 상기 하우징에 대한 입구는, 액체가 하우징을 통과하는 유동의 방향에 대해 각도를 이루며 하우

징에 유입되도록 배치될 수 있다. 채널 내에서 난류를 증가시키기 위해, 나선형 부재 등과 같은 돌출부가 상기 하우징에 마련될 수 있다.

[0028] 나노-버블을 형성하기 위한 상기 장치 및 방법은, 주위 온도 및 압력 하에서 1개월 이상 동안 나노-버블이 액체 캐리어에 안정적인 상태로 분산된 채 유지되는, 용액 내에서 1000 nm 이하의 버블 직경을 갖는 나노-버블을 최소의 에너지를 이용하여 형성하는 것을 가능하게 한다. 액체 캐리어에서 고농도의 나노-버블이 생성될 수 있다. 게다가, 나노-버블 내의 기체의 성질에 따라, 나노-버블을 그 안에 함유하는 용액은, 동물, 식물, 유기체 및/또는 미생물에 생리학적 활성화 및/또는 생장 강화 효과를 제공하거나; 박테리아 및 바이러스 등과 같은 미생물에 사멸 또는 항 증식 효과를 제공하거나; 유기 또는 무기 물질과의 화학 반응을 제공하거나; 또는 액체와 기체의 혼합을 제공할 수 있다.

[0029] 또한, 나노-버블에 담지된 기체를 함유하는 조성물의 큰 이점은, 나노-버블이 액체에서의 포화점을 증가시킨다는 것이다. 조성물 내의 나노-버블은 액체의 최대 포화점을 증가시킨다.

[0030] 본 발명의 하나 이상의 실시형태의 세부 사항이 이하의 상세한 설명에 제시된다. 본 발명의 다른 특징, 목적 및 이점은 상세한 설명 및 청구범위를 통해 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하기 위한 장치의 일례의 개략도이다.

도 2는, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하기 위한 장치의 제2 예의 개략도이다.

도 3은, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 포함하는 조성물을 생산하기 위한 장치의 제3 예의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 도 1은 원통 형태의 하우징(12)을 포함하는 예시적인 장치(10)를 도시한다.

[0033] 이하에 보다 상세히 기술되는 세라믹 튜브(20)는 하우징의 양 단부벽(22) 사이에 걸쳐 있고, 양 단부에서 강고히 지지되어 있다. 0-링을 포함하는 밀봉 구조(24)가 튜브(20)와 단부벽(22) 사이에 마련된다.

[0034] 하우징의 입구(26)와 하우징으로부터의 출구(28)가 있다. 펌프(30)가 입구(26)에 연결되고, 펌프(30)와 입구(26) 사이에 압력 조절기(32)가 있다.

[0035] 제트 펌프(34)와 압력계(36)가 출구(28)에 연결되어 있다. 제트 펌프(34)의 기능은 이하에 기술될 것이다.

[0036] 가압 하의 기체의 공급원(38)이 압력 조절기(40) 및 유량계(42)를 통하여 튜브(20)의 입구(44)에 연결된다. 튜브(20)는 입구(44)의 반대편에 있는 단부에서 폐쇄되어 있는 것으로 언급될 것이다.

[0037] 튜브(20)는 바람직하게는, 튜브의 루멘에 가압 기체가 채워질 때, 일정한 기공 크기를 유지하기에 적합한 경질 재료를 포함한다. 예를 들어, 튜브(20)는, 가압 기체가 튜브(20)의 루멘에 도입될 때, 일정한 기공 크기를 유지하기에 충분한 강도 또는 벽 두께를 갖는 재료로 제조될 수 있다. 일정한 기공 크기를 유지하는 것은, 조성물에 형성된 나노-버블의 직경 범위 및 평균 직경을 제어하는 데 유익할 수 있다.

[0038] 튜브(20)는 (알루미나, 티타니아, 지르코니아, 망간, 또는 이들의 조합 등과 같은) 금속 산화물로 코팅된 시판 중인 단일 채널 세라믹 멤브레인일 수 있다. 나노-버블의 생산에 세라믹 멤브레인을 이용하는 것은, 임의의 형태 또는 크기의 구조에 제한되지 않고, 모놀리스, 다중 채널 튜브 등의 형태일 수 있다. 0.9, 1, 3, 5, 10, 30, 70, 100, 200, 250, 400, 600, 800 및 1000 nm(0.0009 μm 내지 1.0 μm)의 단일 평균 기공 크기가, 소기의 버블 크기에 따라 사용된다. 공지의 평균 기공 크기를 갖는 Al_2O_3 또는 TiO_2 결정 코팅으로 코팅되어 있는 시판 중인 단일 채널 세라믹 멤브레인의 예로는 Inopor GmbH에서 판매하는 것이 있다. 일부 실시형태에서, 튜브는 그 길이가 1 미터 이하이고, 7 mm 이상 36 mm 이하의 중공형 루멘을 갖는 것일 수 있다. 튜브의 외경은 약 10 mm 내지 약 42 mm의 범위일 수 있다.

[0039] 일반적으로 물일 수 있지만 유기 액체일 수도 있는 액체가, 펌프(30)에 의해 입구(26)에 공급된다. 액체에는 계면활성제가 없을 수 있다. 입구(26)는 하우징(12)을 통과하는 유동의 방향에 대해 직각을 이루고 있는 것으로 언급될 것이다. 그 결과, 하우징(12) 내에서의 유동이 난류가 된다. 유동하는 액체 쪽으로 돌출하여 입구의 위치에 의해 야기되는 난류를 강화하는 나선형 부재(46) 등과 같은 요소를 장치(10)에 마련하는 것이 가능하다(도 2 참조). 세라믹 튜브(20)와 하우징(12)은 또한 액체의 막힘을 방지하도록 서로에 대해 배치 및 이격될

수 있다.

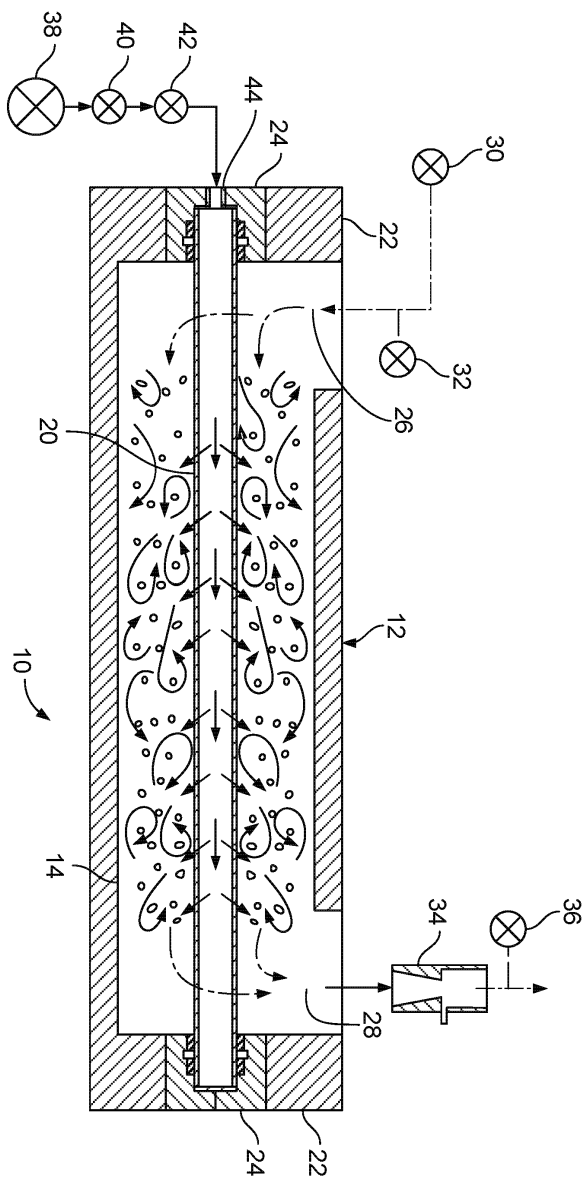
- [0040] 가압 하의 기체는 공급원(38)에서부터 압력 조절기(40) 및 유량계(42)를 통과하여 튜브(20)의 입구(44)까지 유동한다. 상기 기체는 산소, 공기, 수소, 질소, 이산화탄소, 또는 이들의 조합일 수 있다. 튜브(20)는 그 입구 이외에는 폐쇄되어 있으므로, 압입되는 기체는 튜브의 기공을 통해서만 빠져나갈 수 있다. 기체가 튜브의 기공을 통과하여 나가게 되도록, 튜브(20) 내측의 기체 압력과 튜브(20) 외측의 액체 압력 사이의 차압이 유지된다. 이 기체는 나노-버블로서 나와, 튜브(20)의 외측에서 난류 형태로 유동하는 액체의 흐름에 들어간다. 이 액체의 흐름은, 나노-버블이 형성될 때 그리고 나노-버블이 큰 버블로 합쳐질 수 있기 전에, 나노-버블을 운반해 간다. 액체의 속도는 2.0 m/s 이상(예컨대, 적어도 2.0 m/s, 또는 3.0 m/s)일 수 있다.
- [0041] 일부 실시형태에서, 튜브(20) 내측의 기체 압력은 적어도 5 psi 또는 적어도 100 psi까지 가압된다. 보다 큰 압력도 또한 사용될 수 있다.
- [0042] 제트 펌프(34)는 다른 액체 또는 기체가 제트 펌프의 측방 입구를 통해, 제트 펌프(34)를 통과하는 나노-버블 농후 액체의 유동 흐름에 끌려 들어가서, 유동 액체에 정량 투입되는 것을 허용한다.
- [0043] 도 3을 참조해 보면, 장치(110)의 다른 예는 하우징(112)에 통합된 제트 펌프(134)를 포함한다. 도시된 제트 펌프(134)는 하우징(112)의 입구(126)와 출구(128) 사이에 위치해 있다. 제트 펌프(134)는 선택적으로 기체를 도입하기 위한 제트 펌프 입구와, 고속의 유체 유동을 생성하기 위한 노즐을 포함한다. 제트 펌프(134)를 하우징(112)에 통합하는 것은, 액체 캐리어 및 나노-버블을 함유하는 조성물에 함유되는 버블의 버블 크기를 더 감소시키는 데 유익할 수 있다. 제트 펌프 배출은, 하우징(112)의 출구(128)에서 나오는 조성물의 버블을 부수고 혼합하기 위한 고속의 유체 유동을 생성할 수 있다.
- [0044] 장치(110)[또는 장치(10)]는, 기체를 입구(144)에서부터 튜브(120)를 통과하게 고속으로 압입함으로써, 액체 캐리어 및 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 함유하는 조성물을 생산한다. 튜브(120)의 표면 상에서 또는 그 부근에서 버블의 병합 또는 성장을 감소시키는 것이 바람직하기 때문에, 장치(110)는 액체의 난류 임계값보다 상당히 더 높은 액체의 유속(예를 들어 2.0 m/s를 상회하는 유속)을 제공한다. 난류는, a) 튜브(120)의 표면으로부터 초기 버블을 전단하는 것; 및 b) 새롭게 형성된 기포를 튜브(120)의 표면 부근으로부터 제거하는 것을 포함하는 두 가지 기능을 수행한다. 장치(110)의 하우징(112) 내의 난류는, 전술한 두 과제를 모두 달성한다. 일례로서, 도 1은 난류 조건 하에서 하우징(112) 내에서의 액체의 움직임(화살표로 도시)을 보여준다.
- [0045] 본원에 기술된 장치 및 방법에 의해 생성된 임의의 조성물은 1 마이크로 미만의 평균 직경을 갖는 나노-버블을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노-버블은 약 10 nm 내지 약 500 nm, 약 75 nm 내지 약 200 nm, 또는 약 50 nm 내지 약 150 nm 범위의 평균 직경을 갖는다. 조성물 내의 나노-버블은, 평균 버블 직경이 1 마이크로 미만이면, 단봉 분포의 직경을 가질 수 있다.
- [0046] 본원에서 제공되는 조성물은 액체 캐리어에 분산된 고농도의 나노-버블을 포함한다. 일부 실시형태에서, 조성물은 액체 출구에서 액체 캐리어 내의 나노-버블의 농도가 적어도 1×10^6 나노-버블/ml, 적어도 1×10^7 나노-버블/ml, 또는 적어도 1×10^8 나노-버블/ml인 나노-버블을 포함한다.
- [0047] 본원에서 제공되는 장치 및 방법은, 액체 캐리어가 소기의 시간에 걸쳐 안정적으로 유지되는 나노-버블을 함유하는 조성물을 생산할 수 있다. 일부 실시형태에서, 본원에서 제공되는 조성물은, 주위 압력 및 온도 하에서 적어도 1개월 동안, 바람직하게는 적어도 3개월 동안, 액체 캐리어 내에서 안정적인 나노-버블을 함유한다.
- [0048] 전술한 나노-버블 함유 조성물은 다수의 용례에서 유용하다. 상기 나노-버블은 액체 캐리어 내에서 안정적이므로, 액체 캐리어 내에서 용해되거나 또는 합쳐지는 일 없이, 장거리 이송될 수 있다. 또한, 액체 조성물에 있어서 나노-버블의 농도가 높기 때문에, 나노-버블은 기체를 소기의 공급원에까지 이송하기 위한 효율적인 공급원이다. 또한, 표면적이 작고 용해도가 높아, 나노-버블 함유 조성물은, 산소 등과 같은 기체를 액체 내로 전달함에 있어서, 종래의 폭기보다 수 배 더 효율적이다.
- [0049] 어느 한 용례는, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 함유하는 조성물이 처리를 필요로 하는 물의 공급원에 이송되는 물 처리를 포함한다. 처리될 수 있는 물의 예로는 폐수, 산소-결핍 물, 음용수 및 양식용 물 등이 있다. 음용수의 경우에, 나노-버블은 휴대용 식수를 생성하는 데 사용될 수 있다. 나노-버블은 또한, 탄산 음용수에도 사용될 수 있다.
- [0050] 특히 유용한 물 처리 용례의 하나로는 환경 용수 개선이 포함된다. 상기 나노-버블은 물에서의 수명이 길고 혼

합 포텐셜이 상당하기 때문에, 조성물은 호수, 강 및 바다의 생태적 균형을 개선하는 데 사용될 수 있다. 산소가 풍부한 풍요로운 수체는, 슬러지, 황화수소, 환경적 독소 및 병원체를 분해하는 작용을 하는 유익한 호기성 활동을 복원하는 데 도움을 줄 수 있다.

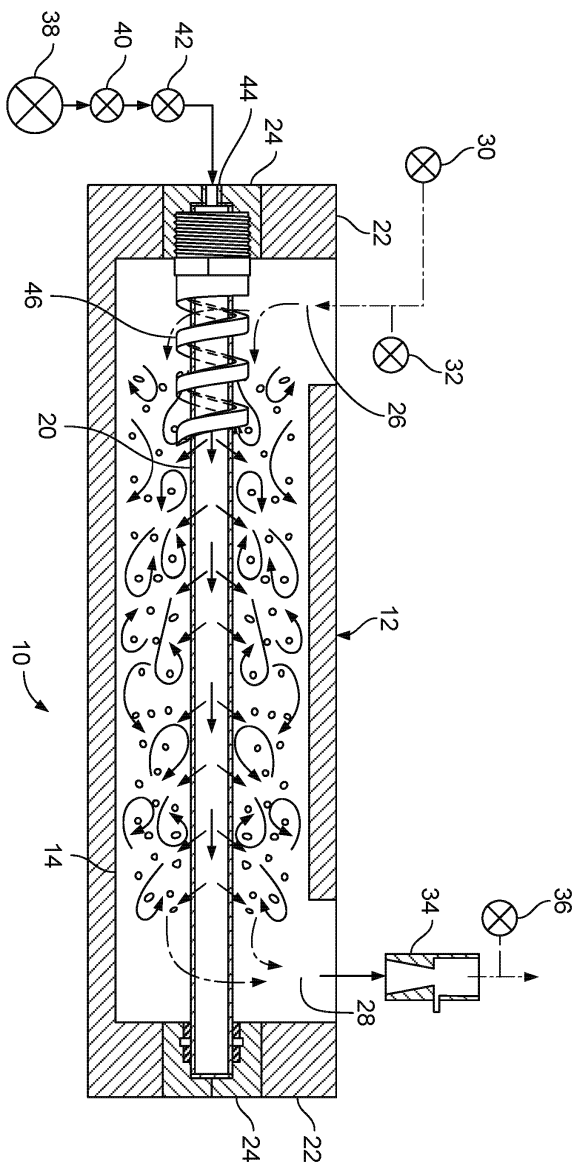
- [0051] 다른 용례는, 원유 또는 시추 유체 등과 같은 액체를 파이프를 통해 이송하는 것을 포함한다. 대개 이들 액체는 점성이 있고, 상당한 거리에 걸쳐 이송될 필요가 있다. 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 함유하는 조성물은, 액체의 점도보다 낮은 점도를 갖는 펌핑 가능한 조성물을 생성하도록 액체와 조합되어, 파이프를 통해 소기의 목적지로 이송될 수 있는 펌핑 가능한 조성물을 생성할 수 있다.
- [0052] 다른 용례는 식물 성장을 촉진하도록 식물 뿌리를 처리하는 것을 포함한다. 예를 들어, 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 함유하는 조성물은, 다른 액체와 조합되어, 이후에 식물 뿌리에 적용되는, 산소-농후 조성물을 형성할 수 있다. 유사하게, 액체 캐리어에 나노-버블을 함유하는 조성물은, 물고기 및 갑각류의 성장을 촉진시키는 산소과잉 환경을 생성하도록 양식에 사용될 수 있다.
- [0053] 다른 용례는 열전달을 개선하는 것과 관련이 있다. 예를 들어, 액체 캐리어에 나노-버블을 함유하는 조성물과 함께 주입된 가열 또는 냉각 액체는, 이들 액체에 있어서의 온도 변화의 속도를 더 빠르게 만들 수 있다. 비제한적인 예시적인 용례로는 냉각탑 용례가 있다.
- [0054] 다른 용례로는, 멸균을 위해 액체 캐리어에 나노-버블을 함유하는 조성물을 사용하는 것이 있다. 나노-버블이 붕괴될 때, 산소가 공기 중에서 활성화되어 O_3 및 OH^- 등과 같은 분자를 형성한다. 이들 분자는 병원체 및 특정 휘발성 유기 화합물을 파괴하는 데 사용될 수 있는 강력한 멸균제이다.
- [0055] 다른 용례로는 조직 보존이 있다. 나노-버블 조성물을 조직 세포와 조합함으로써, 동결 이후에도 세포를 보존하는 것이 가능해진다.
- [0056] 다른 용례로는 기화가 있다. 액체 캐리어에 분산된 나노-버블을 함유하는 조성물은 일반적인 물보다 높은 기화 포텐셜을 갖는다. 따라서, 냉각탑 내의 물을 나노-버블 조성물과 조합함으로써, 냉각탑 물의 기화를 향상시키는 것과, 관련 냉각 프로세스의 효율을 개선하는 것이 가능해진다.
- [0057] 다른 용례는 멤브레인 또는 지열정을 처리하기 위해 나노-버블 조성물을 사용하는 것과 관련이 있다. 멤브레인 또는 지열정이 상기 액체 캐리어에 나노-버블을 함유하는 조성물에 지속적으로 노출되는 경우, 상기 조성물은 멤브레인 또는 지열정의 표면 상에 오염물이 쌓이는 것을 방지할 수 있다. 이는, 나노-버블이 음으로 대전되어 있고, 염 또는 유기 오염물 등 같은 특정 오염물을 배제하는 기하학적 구조(예컨대, 격자)를 멤브레인 또는 지열정의 표면 상에 형성할 수 있다는 사실에 기인한다.
- [0058] 본 발명의 다수의 실시형태를 기술하였다. 그럼에도 불구하고, 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나는 일 없이 다양한 변형이 실시될 수 있는 것으로 이해될 것이다. 따라서, 다른 실시형태들은 이하의 청구항들의 범위 내에 있다.

도면

도면1



도면2



도면3

