



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0025552  
(43) 공개일자 2016년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 1/14 (2006.01) B01D 19/00 (2006.01)  
B01D 3/06 (2006.01) B01D 3/14 (2006.01)  
B01D 3/32 (2006.01) C02F 1/04 (2006.01)  
C02F 1/06 (2006.01) C02F 103/08 (2006.01)  
C02F 103/10 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 1/14 (2013.01)  
B01D 19/0015 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7000448

(22) 출원일자(국제) 2014년06월06일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2016년01월08일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/041226

(87) 국제공개번호 WO 2014/200829

국제공개일자 2014년12월18일

(30) 우선권주장

13/916,038 2013년06월12일 미국(US)

(71) 출원인

메사추세츠 인스티튜트 오브 테크놀로지

미국 02139 메사추세츠 캄브리지 메사추세츠 애브뉴 77

킹 에프에이에이치디 유니벌시티 오브 패트로레움 앤 미네랄스

사우디아라비아, 31261, 다란

(72) 발명자

고빈단, 프라카시

미국, 메사추세츠 01801, 워번, 78-에이치 올림피아 애비뉴, 그라디언트 코퍼레이션

엘샤르와이, 모스타파

사우디아라비아, 31261 다란, 콤포 컴파운드, 하우스 #5283

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

허용록

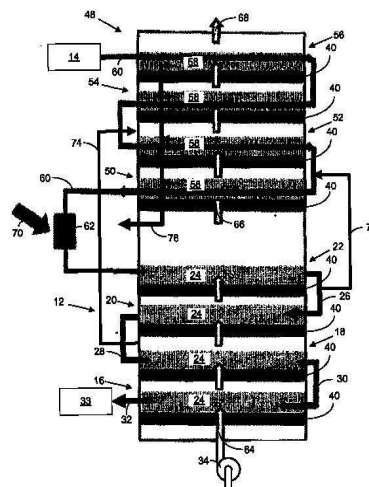
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 다단식 기포탑 가습 장치

(57) 요약

공급 액체는 제2 스테이지 가습기 욕을 형성하도록 제2 스테이지 가습기 챔버로 유동한다. 그 후, 제2 스테이지 가습기 챔버로부터의 공급 액체의 제1 잔유물은 제2 스테이지 욕의 온도보다 낮은 온도를 갖는 제1 스테이지 가습기 욕을 형성하도록 제1 스테이지 가습기 챔버로 유동한다. 그 후, 공급 액체의 제2 잔유물은 제1 스테이지 가습기로부터 제거된다. 한편, 캐리어 가스가 제1 스테이지 가습기 욕으로 주입되어, 이 제1 가습기 스테이지를 통하여 기포를 형성하며, 이 캐리어 가스를 부분적으로 가습하기 위해 공급 액체의 제1 잔류물로부터 증기 형태의 증발성 성분을 수집한다. 그 후, 부분적으로 가습된 캐리어 가스는 제2 스테이지 가습기 욕을 통하여 기포를 형성하며, 캐리어 가스는 제2 스테이지 가습기 챔버로부터의 제거 전에 캐리어 가스를 더 가습하기 위해 공급 액체로부터 증발된 성분을 더 수집한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

**B01D 3/065** (2013.01)

**B01D 3/146** (2013.01)

**B01D 3/32** (2013.01)

**C02F 1/048** (2013.01)

**C02F 1/06** (2013.01)

**C02F 2103/08** (2013.01)

**C02F 2103/10** (2013.01)

(72) 발명자

**람, 스티븐**

미국, 메사추세츠 01801, 워번, 78-에이치 올림피아 애비뉴, 그라디언트 코퍼레이션

**세인트 존, 막시무스**

미국, 메사추세츠 01801, 워번, 78-에이치 올림피아 애비뉴, 그라디언트 코퍼레이션

**리엔하드, 존**

미국, 메사추세츠 02139, 캠브리지, 77 메사추세츠 애비뉴, 메사추세츠 공과대학

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

공급 액체로부터 증발성 성분의 캐리어 가스 내로의 가습을 위한 방법에 있어서,

제2 스테이지 가습기 욕을 형성하도록 증발성 성분을 포함하는 공급 액체를 제2 가습 온도에서 다단식 가습 장치의 제2 스테이지 가습기 챔버로 유동시키는 단계;

제1 스테이지 가습기 욕을 형성하도록 공급 액체의 제1 잔유물을 제1 가습 온도에서 다단식 가습 장치의 상기 제2 스테이지 가습기 챔버로부터 제1 스테이지 가습기 챔버로 유동시키며, 상기 제1 가습 온도가 상기 제2 가습 온도보다 더 낮은 단계;

공급 액체의 제2 잔유물을 상기 제1 스테이지 가습기 챔버로부터 제거하는 단계;

상기 제1 스테이지 챔버의 제1 스테이지 가습기 욕으로 캐리어 가스가 주입되어, 상기 캐리어 가스가 상기 제1 스테이지 가습기 욕을 통하여 기포를 형성하며, 증발성 성분에 의해 캐리어 가스를 부분적으로 가습하도록 상기 캐리어 가스는 공급 액체의 상기 제1 잔유물로부터 증기 형태의 증발성 성분을 수집하는 단계;

부분적으로 가습된 캐리어 가스는 상기 제1 가습기 챔버로부터 상기 제2 스테이지 가습기 챔버의 제2 스테이지 가습기 욕으로 향하고, 상기 캐리어 가스는 제2 스테이지 가습기 욕을 통하여 기포를 형성하며, 증발성 성분에 의해 캐리어 가스를 더 가습하도록 상기 캐리어 가스는 공급 액체로부터 증기 형태의 증발성 성분을 더 수집하는 단계; 및

가습된 캐리어 가스를 상기 제2 스테이지 가습기 챔버로부터 제거하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 스테이지 가습기 챔버로 유동하는 상기 공급 액체는 제3 스테이지 가습기 챔버 내의 제3 가습 온도의 제3 스테이지 가습기 욕으로부터의 액체의 잔유물이며,

상기 제3 가습 온도는 상기 제2 가습 온도보다 높으며,

상기 방법은, 상기 가습된 캐리어 가스가 상기 제2 스테이지 가습기 챔버로부터 제3 스테이지 가습기 챔버의 제3 스테이지 가습기 욕으로 향하고, 상기 가습된 캐리어 가스는 상기 제3 스테이지 가습기 욕을 통하여 기포를 형성하는 단계를 더 포함하며,

상기 가습된 캐리어 가스는 상기 제3 스테이지 욕으로부터 증기 형태의 더 많은 증발성 성분에 의해 더 가습되는, 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 가습된 캐리어 가스가 상기 제2 가습기 챔버로부터 제거된 후, 상기 가습된 캐리어 가스로부터의 증발성 성분을 제습 장치에서 응축시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 증발성 성분은 물인, 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 공급 액체는 해수 또는 기수인, 방법.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 공급 액체는 환류수 또는, 오일 또는 가스 추출로부터 생산된 물인, 방법.

#### 청구항 7

제3항에 있어서,

상기 제2 스테이지 가습기 욕을 빠져나올 때의 상기 캐리어 가스는 상기 제1 스테이지 가습기 욕을 빠져나오는 캐리어 가스의 온도보다 3 ~ 8? 더 높은 온도를 갖는, 방법.

#### 청구항 8

제3항에 있어서,

상기 가습기 욕들은 상기 욕을 통과하는 캐리어 가스의 유동에 수직으로 측정된 폭, 상기 캐리어 가스의 유동에 평행하게 측정된 높이를 가지며, 상기 폭이 상기 높이의 적어도 2배인, 방법.

#### 청구항 9

제3항에 있어서,

상기 제습 장치에서, 상기 가습된 캐리어 가스가 제1 스테이지 제습기 챔버의 제1 제습 온도의 제1 스테이지 제습기 욕을 통하여 기포를 형성시키는 것에 의해 상기 증발성 성분은 상기 가습된 캐리어 가스로부터 응축되며,

상기 제1 제습 온도는 상기 제2 가습 온도보다 낮은, 방법.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 공급 액체가 상기 제2 스테이지 가습기 챔버로 유동하기 전에, 상기 공급 액체를 제2 스테이지 제습기 욕을 통과하는 공급-액체 도관을 통하여 유동시킨 후, 상기 제1 스테이지 제습기 욕을 통하여 유동시키는 단계를 더 포함하며,

상기 공급 액체가 상기 제습기 욕들을 통과하는 상기 공급-액체 도관을 통하여 유동함에 따라, 상기 공급 액체는 상기 제2 및 제1 스테이지 제습기 욕으로부터 추출된 열 에너지에 의해 가열되는, 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 공급 액체가 제습기 챔버들을 통과하는 도관을 통하여 유동한 후, 그리고 상기 공급 액체가 가습기 챔버들을 통하여 유동하기 전에, 상기 공급 액체를 더 가열하기 위한 추가적인 열원을 사용하는 단계를 더 포함하는, 방법.

#### 청구항 12

제3항에 있어서,

상기 제습 장치는 복수의 제습 챔버를 포함하는 다단식 제습 장치인, 방법.

#### 청구항 13

제3항에 있어서,

가스 질량 유량의 조작 및 더 큰 열 회수를 위해, 상기 캐리어 가스의 일부는 상기 다단식 가습 장치의 적어도 하나의 중간 위치로부터 추출되고, 각각의 추출된 중간 위치로부터 상기 제습 장치의 대응하는 중간 위치로 공급되는, 방법.

#### 청구항 14

제3항에 있어서,

공급 액체 유동의 조작 및 더 큰 열 회수를 위해, 상기 공급 액체의 잔유물의 일부는 상기 다단식 가습 장치의 적어도 하나의 중간 위치로부터 추출되고, 각각의 추출된 중간 위치로부터 상기 제습 장치의 대응하는 중간 위치로 공급되는, 방법.

#### 청구항 15

제9항에 있어서,

상기 제습기 욱들은, 상기 공급 액체로부터의 증발성 성분과 실질적으로 동일한 조성을 갖는 액체 형태인, 방법.

#### 청구항 16

제1항에 있어서,

상기 다단식 가습 장치는 상기 스테이지들이 스파저 플레이트에 의해서만 분리된 일체형 구조이며,

상기 부분적으로 가습된 캐리어 가스는 상기 제1 가습기 챔버로부터 상기 스파저 플레이트를 통하여 상기 제2 스테이지 가습기 챔버로 직접적으로 향하는, 방법.

#### 청구항 17

공급 액체를 포함하는 공급-액체 공급원;

상기 공급-액체 공급원으로부터 공급 액체를 수용하도록 구성되며, 제2 스테이지 기포 분배기를 포함하는 제2 스테이지 가습기 챔버;

상기 제2 스테이지 가습기 챔버와 일체로 결합되고, 상기 제2 스테이지 가습기 챔버로부터 공급 액체의 잔유물을 수용하도록 구성되며, 제1 스테이지 기포 분배기를 포함하는 제1 스테이지 가습기 챔버; 및

캐리어 가스를 포함하는 캐리어-가스 공급원을 포함하며,

상기 제1 스테이지 가습기 챔버는 상기 캐리어-가스 공급원으로부터 캐리어 가스를 수용하고, 상기 제1 스테이지 기포 분배기를 통하여 상기 캐리어 가스를 분산시키도록 구성되며,

상기 제2 스테이지 가습기 챔버는 상기 제1 스테이지 가습기 챔버로부터 캐리어 가스를 수용하고, 상기 제1 스테이지 가습기 챔버로부터 상기 제2 스테이지 기포 분배기를 통하여 직접적으로 상기 캐리어 가스를 분산시키도록 구성되는, 다단식 기포탑 가습 장치.

#### 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 공급 액체는 (a) 해수 또는 기수 및 (b) 환류수 또는, 오일 또는 가스 추출로부터 생산된 물 중 적어도 하나로부터 선택되는, 다단식 기포탑 가습 장치.

#### 청구항 19

제17항에 있어서,

상기 가습기 챔버들은 수직으로 적층되는, 다단식 기포탑 가습 장치.

#### 청구항 20

제19항에 있어서,

상기 가습기 챔버들 각각은 수평으로 측정된 폭 및 수직으로 측정된 높이를 가지며, 상기 폭이 상기 높이의 적어도 2배인, 다단식 기포탑 가습 장치.

## 청구항 21

제17항에 있어서,

상기 제2 스테이지 가습기 챔버로부터 상기 캐리어 가스를 수용하도록 구성된 제1 스테이지 제습기 챔버;

상기 제1 스테이지 제습기 챔버로부터 상기 캐리어 가스를 수용하도록 구성된 제2 스테이지 제습기 챔버;

상기 공급-액체 공급원과 결합되고, 상기 제2 스테이지 가습기 챔버 내로의 출력을 종료하기 전에 상기 공급 액체 공급원으로부터 상기 제2 스테이지 제습기 챔버를 통과한 후, 상기 제1 스테이지 제습기 챔버를 통과하도록 구성되는, 공급-액체 도관; 및

상기 제1 스테이지 제습기 챔버와 상기 제2 스테이지 가습기 챔버 사이에서 상기 공급-액체 도관을 가열하도록 구성된 가열기를 더 포함하는, 다단식 기포탑 가습 장치.

## 청구항 22

제21항에 있어서,

(a) 상기 제1 스테이지 제습기 챔버와 상기 제2 스테이지 제습기 챔버 사이의 중간 위치에서 상기 공급-액체 도관과, (b) 상기 제1 스테이지 또는 제2 스테이지 가습기 챔버 사이에서, 공급 액체를 직접적으로 교환하도록 구성된 다중-추출 도관을 더 포함하는, 다단식 기포탑 가습 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 다단식 기포탑 가습 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 금세기에, 담수의 부족은 인류에 대한 글로벌 관심사인 에너지의 부족을 능가할 수 있으며; 이 두 가지 문제는, 예를 들어 이코노미스트의 2010년 5월 20일 호의 "물에 대한 특별 보고서"에서 설명된 바와 같이, 밀접하게 연결되어 있다. 담수는 인간과 다른 생물들의 가장 기본적인 요구사항 중 하나이며; 각 사람은 하루에 최소 약 2 리터의 물을 소모할 필요가 있다. 또한, 세계는 농업과 산업 공정에서 큰 담수 요구에 직면해 있다.

[0003] 불충분한 물 공급으로 인한 위험은 특히 심각하다. 담수의 부족은 기근, 질병, 사망, 강제 이주, 교차 지역 분쟁/전쟁, 생태계 붕괴를 포함한 다양한 위기로 이어질 수 있다. 담수의 필요성 및 물 부족의 심각한 결과의 중요성에도 불구하고, 담수 공급은 특히 제한되고 있다. 지구에 있는 물의 97.5%는 짙물이며, 나머지의 약 70%도 얼음으로 (대부분 만년설과 빙하에) 갇혀있으며, 지구상의 모든 물의 일부만이 사용할 수 있는 담수(비염류)로 남아 있다.

[0004] 더욱이, 신선하고 사용할 수 있는 지구의 물은 고르게 분포되어 있지 않다. 예를 들면, 인도와 중국과 같은 인구가 많은 국가들은 물 공급이 부족한 지역이 많다. 한층 더, 담수의 공급은 종종 계절에 따라 다르다. 한편, 담수에 대한 요구는 전 세계적으로 더 엄격해지고 있다. 저수지가 고갈되고; 대수층이 감소되고; 강이 죽어가며; 빙하와 만년설이 감소되고 있다. 농업의 변화와 증가된 산업화 또한 그러하듯이, 인구의 증가는 수요를 증가시킨다. 기후 변화는 많은 지역에서 더 많은 위협을 제기한다. 결과적으로, 물 부족에 직면하는 사람들의 수가 증가하고 있다. 그러나, 자연적으로 발생하는 담수는 지역적인 배수 유역에 국한되며; 물 수송은 비용과 에너지를 많이 사용한다. 그럼에도 불구하고, 해수(또는, 기수(brackish water) 또는 오염된 폐수)에서 담수를 생산하는 기존 프로세스의 대부분은 엄청난 양의 에너지를 필요로 한다. 현재, 역삼투(reverse osmosis, RO)가 선도적인 담수화 기술이다. 대규모 설비에서 필요한 특정 전기는 약 1 kWh/m<sup>3</sup>의 이론적인 최소값에 비해, 30% 회수에서 4 kWh/m<sup>3</sup> 정도로 낮을 수 있으며; (예를 들어, 선박 탑재) 소규모 RO 시스템들은 덜 효율적이다.

[0005] 기존의 다른 해수 담수화 시스템들은 에너지 및 자본 집약적인 프로세스인, 열-에너지 기반 다단증발법(multi-stage flash(MSF) distillation)과 다중효용법(multi-effect distillation, MED)을 포함한다. 그러나, MSF와 MED 시스템들에서, 최대 브라인 온도(brine temperature) 및 열 입력의 최대 온도는 열 전달 장치에 연결 및 경질 스케일의 형성을 유도하는 황산 칼슘, 수산화 마그네슘 및 탄산 칼슘의 침전을 피하기 위해 제한된다.

[0006] 가습-제습(HDH) 담수화 시스템들은 그들의 주 구성 요소들로서 가습기와 제습기를 포함하며, 열원과 브라인

(brine) 사이에 에너지를 전달하기 위한 캐리어 가스(예를 들어, 공기)를 사용한다. 이 기술의 간단한 버전은 가습기, 제습기 및 해수 스트림을 가열하기 위한 가열기를 포함한다. 가습기에서, 뜨거운 해수는 건조한 공기와 직접 접촉하고, 이 공기는 가열되어 가습된다. 제습기에서, 가열되고 가습된 공기는 차가운 해수와 (간접적으로) 접촉하여 제습되어, 순수한 물 및 제습된 공기를 얻는다. MSF와 MED 시스템에서와 같이, 온도가 너무 높게 상승되는 경우, 시스템 내에서 스케일링 성분들의 침전이 발생하여 필연적인 손상이 발생할 수 있다.

[0007] 미국 특허 제8,119,007 B2호(A. Bajpayee, *et al.* 등)에 개시된 또 다른 접근은, 물을 방향적으로 용해하지만 염을 용해하지 않는 방향성 용매(directional solvent)를 사용한다. 방향성 용매는 염 용액으로부터 물을 방향성 용매 내로 용해시키도록 가열된다. 잔류 고농도 염수를 제거하고, 방향성 용매와 물의 용액은 이 용액으로부터 실질적으로 순수한 물을 침전시키도록 냉각된다.

[0008] 본 발명자들의 일부는 HDH 및 물을 정화하기 위한 다른 프로세스들의 추가 논의를 포함하는 하기 특허출원들에서 발명자들로 또한 선정된다: 미국 특허 제8,465,006 B2호; 미국 특허 제8,252,092 B2호; 미국 특허출원 공보 제2012/0205236 A1호; 미국 특허출원 공보 제2013/0074694 A1호; 및 미국 특허 제8,496,234 B1호.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 비용 효율적인 방식으로, 공급 액체(예를 들어, 해수, 기수, 폐수, 또는 환류수 또는 생산된 물)로부터 액체(예를 들어, 순수한 물)를 분리하기 위한 방법 및 장치가 본 명세서에서 기술된다. 이러한 방법 및 장치의 다양한 실시예들은 후술하는 구성 요소, 특징 및 단계의 일부 또는 전부를 포함할 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 공급 액체로부터 증발성 성분의 가습을 위한 방법에 있어서, 증발성 성분을 포함하는 공급 액체는 제2 스테이지 가습기 욕(bath)을 형성하도록 제2 가습 온도에서 제2 스테이지 가습기 챔버로 유동한다. 그 후, 제2 스테이지 가습기 챔버로부터의 공급 액체의 제1 잔유물(remnant)은 제1 스테이지 가습기 욕을 형성하도록 제1 가습 온도에서 제1 스테이지 가습기 챔버로 유동하며, 제1 가습 온도는 제2 가습 온도보다 낮다. 그 후, 공급 액체의 제2 잔유물은 제1 스테이지 가습기 챔버로부터 제거된다.

[0011] 한편, 제1 스테이지 챔버의 제1 스테이지 가습기 욕으로 캐리어 가스가 주입되어, 제1 스테이지 가습기 욕을 통하여 기포를 형성하며, 증발성 성분에 의해 캐리어 가스를 부분적으로 가습하도록 캐리어 가스는 공급 액체의 제1 잔유물로부터 증기 형태의 증발성 성분을 수집한다. 그 후, 부분적으로 가습된 캐리어 가스는 제1 가습기 챔버로부터 제2 스테이지 가습기 챔버의 제2 스테이지 가습기 욕으로 향하고, 캐리어 가스는 제2 스테이지 가습기 욕을 통하여 기포를 형성하며, 증발성 성분에 의해 캐리어 가스를 더 가습하도록 캐리어 가스는 공급 액체로부터 증기 형태의 증발성 성분을 더 수집하며; 그 후, 가습된 캐리어 가스는 제2 스테이지 가습기 챔버로부터 제거된다.

[0012] 다단식 기포탑 가습 장치에 있어서, 공급-액체 공급원은 공급 액체를 포함하며; 제2 스테이지 가습기 챔버는 공급-액체 공급원으로부터 공급 액체를 수용하도록 구성되며, 기포 분배기를 포함한다. 또한, 제1 스테이지 가습기 챔버는 제2 스테이지 가습기 챔버로부터 공급 액체의 잔유물을 수용하도록 구성되며, 기포 분배기를 포함한다. 캐리어-가스 공급원은 캐리어 가스를 포함하며, 제1 스테이지 가습기 챔버는 캐리어-가스 공급원으로부터 캐리어 가스를 수용하고, 제1 스테이지 가습기 챔버의 기포 분배기를 통하여 캐리어 가스를 분산시키도록 구성되며, 제2 스테이지 가습기 챔버는 제1 스테이지 가습기 챔버로부터 캐리어 가스를 수용하고, 제2 스테이지 가습기 챔버의 기포 분배기를 통하여 캐리어 가스를 분산시키도록 구성된다.

[0013] 본 명세서에 기술된 다단식 기포탑 가습 장치는 건조 공기를 효율적으로 가습하기 위해, 가습-제습 시스템들에서 이전에 사용된 충전층 열교환기를 대체할 수 있다. 본 명세서에 기술된 방법 및 장치의 실시예들에 의하면, 설비 비용 및 운전 에너지 비용 모두를 감소시킬 수 있는 원가절감된 제습을 포함하는 이점을 제공할 수 있다. 특히, 가습을 위한 에너지는 가습 챔버들에서 공급 액체에 의해 직접적으로 제공될 수 있다. 또한, 다단식 가습 장치에서의 매우 높은 열 및 질량 전달 속도는 매우 작은 가습 장치의 설계 및 사용을 가능하게 한다. 한층 더, 열 회수를 더 증가시키도록 이러한 다단식 기포탑에서 다중-추출(multi-extraction)이 사용될 수 있다.

[0014] 또한, 본 명세서에 기술된 방법들은 담수를 생산하고, 또한 폐수를 농축시켜 폐수의 양을 감소시키기 위해, (예를 들어, 오일 및 가스 생산에서) 오염된 폐수로부터 물을 유리하게 추출하는 데 사용될 수 있으며, 이에 의해

공해 및 오염물질을 감소시키고 또한 비용을 감소시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 다단식 기포탑 가습 장치의 일 실시예의 개략 단면도이다.

도 2는 다단식 기포탑 가습 장치의 제1 스테이지 가습 챔버의 일 실시예의 단면도이다.

도 3은 다단식, 단일-칼럼 가습-제습(HDH) 시스템의 개략 단면도이다.

도 4는 공급 액체 및 캐리어 가스에 대한 다중-추출 도관들을 포함하는 다단식, 단일-칼럼 가습-제습(HDH) 시스템의 개략 단면도이다.

첨부 도면들에서, 유사한 참조 부호들은 상이한 도면들을 통하여 동일하거나 또는 유사한 부분들을 언급한다. 도면들은 반드시 일정한 비율로 도시된 것은 아니며, 그 주안점은 후술하는 바와 같이 특정 원리를 설명하기 위한 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명(들)의 다양한 양태들의 전술한 특징과 다른 특징 및 이점들은 후술하는 본 발명(들)의 폭넓은 범위 내의 다양한 개념 및 특정 실시예들의 더 특정한 설명으로부터 명백해질 것이다. 전술하고 이하에서 더 상세히 논의되는 주제의 다양한 양태들은, 이러한 주제가 임의의 특정 구현 방식에 제한되지 않으므로 다양한 방식들 중 임의의 하나로 구현될 수 있다. 특정 구현 예 및 응용 예들은 주로 예시적인 목적을 위해 제공된다.

[0017] 본 명세서에서 달리 정의되거나, 사용되거나 또는 특정되지 않는 한, 본 명세서에서 사용된 (기술적이거나 과학적인 용어들을 포함하는) 용어들은 관련 기술의 문맥에서 그들의 일반적인 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명확하게 정의하지 않는 한 이상적인 또는 과도하게 형식적인 의미를 갖는 것으로 해석되어서는 안 된다. 예를 들면, 특정 조성을 언급하는 경우, 이러한 조성은 실제적이고 불완전한, 실질적으로, 완벽하게 순수하지 않은 실제 상황이 적용될 수 있으며; 예를 들어, 적어도 극소량 불순물(예를 들어, 1 또는 2% 미만)의 잠재적 존재는 설명의 범위 내에 있는 것으로 이해될 수 있으며; 유사하게, 특정 형상을 언급하는 경우, 이러한 형상은 이상적인 형상으로부터 불완전한 변형, 예를 들어 제조상의 허용 오차에 의한 불완전한 변형을 포함하도록 의도된다. 본 명세서에서 표현된 백분율 또는 농도는 중량 퍼센트 또는 부피 퍼센트 중 하나로 나타낼 수 있다.

[0018] 본 명세서에서 제1, 제2, 제3 등의 용어들이 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용되지만, 이 구성 요소들은 이러한 용어들에 의해 한정되는 것은 아니다. 이 용어들은 단순히 하나의 구성 요소를 다른 것과 구별하기 위해 사용된다. 따라서, 후술하는 제1 구성 요소는 예시적인 실시예들의 교시로부터 벗어나지 않으면서 제2 구성 요소로 명명될 수 있다.

[0019] 본 명세서에서 사용된 "위", "아래", "좌측", "우측", "전방", "후방" 등과 같은 공간적으로 상대적인 용어들은, 도면들에 도시된 바와 같이, 하나의 구성 요소의 다른 구성 요소에 대한 관계를 설명하기 위한 설명의 편의를 위해 이용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어뿐만 아니라, 도시된 구성들은 본 명세서에서 기술되고 도면들에 도시된 방향들 이외에, 사용 또는 운전시의 장치의 서로 다른 방향을 포함하도록 의도된 것임을 이해해야 한다. 예를 들면, 도면에서 장치를 뒤집은 경우, 다른 구성 요소 또는 특징들의 "아래" 또는 "밑"으로 기술된 구성 요소들은 다른 구성 요소 또는 특징들의 "위"에 지향될 것이다. 따라서, "위"와 같은 예시적인 용어는 위 및 아래의 방향을 모두 포함할 수 있다. 장치는 다른 방식으로 지향(예들 들어, 90° 회전 또는 다른 방향으로 회전)될 수 있으며, 본 명세서에 사용된 공간적으로 상대적인 기제는 그에 맞춰 해석될 수 있다.

[0020] 한층 더, 하나의 구성 요소가 다른 구성 요소 "상에 있는", "에 연결된" 또는 "에 결합된" 것으로 언급될 때, 이는 하나의 구성 요소가 직접적으로 다른 구성 요소 "상에 있거나", "에 연결되거나" 또는 "에 결합되는" 것을 의미하거나, 또는 별도로 기술되어 있지 않는 한 개재 요소(intervening element)들로 존재할 수 있다.

[0021] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 예시적 실시예들을 한정하려는 의도는 아니다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "하나(a)" 및 "하나(an)"와 같은 단수 형태들은 문맥상 달리 표시되지 않는 한 복수 형태들을 포함하도록 의도된다. 또한, "포함하는(includes)", "포함하고 있는(including)", "포함하는(comprises)" 및 "포함하고 있는(comprising)"으로 기재된 용어들은 명시된 구성 요소 또는 단계들의 존재를 특정하지만, 하나 이상의 다른 구성 요소 또는 단계의 존재 또는 부가를 배제하는 것은 아니다.

- [0022] 4개의 스테이지를 갖는 다단식 기포탑 가습 장치(12)의 일 실시예가 도 1에 도시되어 있다. 다른 실시예들에 있어서, 가습 처리를 수행하기 위해, 후술하는 바와 같이, 더 많거나 더 적은 수의 가습 스테이지들이 직렬로 연결될 수 있다. 용해된 성분들을 포함하는 공급 액체는 공급-액체 공급원(14)(예를 들어, 바다, 연못 또는 저장 탱크)으로부터 가습 장치(12)의 제4 스테이지 가습 챔버(22)로 공급되며, 공급 액체는 챔버(22) 내에 포함된 욕(24)을 형성한다. 제1 실시예에 있어서, 공급 액체는 70°의 온도에서 제4 스테이지 가습 챔버(22)로 공급된다. 후술하는 바와 같이, 공급 액체 중의 증발성 성분(예를 들어, 물)은 욕(24)을 통하여 기포를 형성하는 캐리어 가스 내로 증발된다.
- [0023] 공급 액체의 (더 농축된 용해된 성분들을 갖는) 잔유물은 제4 스테이지 가습 챔버(22)로부터 도관(26)을 통하여 제3 스테이지 가습 챔버(20)로 공급되며, 이 제3 스테이지 가습 챔버에서 공급 액체의 잔유물은 다른 욕(24)을 형성하며 이 욕을 통하여 캐리어 가스가 기포를 형성한다. 제1 실시예에 있어서, 공급 액체의 잔유물은 62°의 온도에서 제3 스테이지 가습 챔버(20)로 공급되며, 이 실시예에서, 각각의 스테이지에서 공급 액체로부터 증발성 성분의 캐리어 가스 내로의 증발에 사용된 에너지에 의해 잔유물의 온도는 스테이지에서 스테이지로 부분적으로 감소된다.
- [0024] 결과적으로, 공급 액체의 (더욱 더 농축된 용해된 성분들을 갖는) 잔유물은 제3 스테이지 가습 챔버(20)로부터 도관(28)을 통하여 제2 스테이지 가습 챔버(18)로 공급되며, 이 제2 스테이지 가습 챔버에서 공급 액체의 잔유물은 다른 욕(24)을 형성하며 이 욕을 통하여 캐리어 가스가 기포를 형성한다. 이 실시예에서, 공급 액체의 잔유물은 56°의 온도에서 제2 스테이지 가습 챔버(18)로 공급된다.
- [0025] 최종적으로, 공급 액체의 (더욱 더 농축된 용해된 성분들을 갖는) 잔유물은 제2 스테이지 가습 챔버(18)로부터 도관(30)을 통하여 제1 스테이지 가습 챔버(16)로 공급되며, 이 제1 스테이지 가습 챔버에서 공급 액체의 잔유물은 다른 욕(24)을 형성하며 이 욕을 통하여 캐리어 가스가 기포를 형성한다. 제1 실시예에 있어서, 공급 액체의 잔유물은 51.3°의 온도에서 제1 스테이지 가습 챔버(16)로 공급된다. 이 실시예에서, 저온 브라인 형태일 수 있는 공급 액체의 잔유물은 제1 스테이지 가습 챔버로부터 도관(32)을 통하여 (이 실시예에서, 예를 들어 45.7°에서) 브라인 저장기(33)로 제거될 수 있다. 따라서, 공급 액체의 온도는, 각 스테이지에 거쳐, 예를 들어 약 5% ~ 15%씩 떨어질 수 있다.
- [0026] 한편, 차고 건조한 캐리어 가스는 (도 2에 도시된 바와 같이) 욕(24)들로부터 증발된 성분을 제거하도록 각각의 스테이지의 욕(24)을 통하여 기포를 형성하며, 챔버들 사이의 캐리어 가스의 유동은 도 1에서 화살표 "36"으로 표시되어 있다. 캐리어 가스는, 예를 들어 공기일 수 있으며, 처음에, 저장기(35)에 연결되는 블로어 펌프(34)에 의해 가압된 캐리어-가스 저장기(35)로부터 제1 스테이지 가습 챔버(16)로 공급될 수 있다. 캐리어 가스는 제1 스테이지 가습 챔버(16) 내부의 하부 가스 구역(38)을 채우고, 기포 분배기(본 명세서에서는, 스파저 플레이트(sparger plate)(40)를 통하여 (도 2에 도시된 바와 같이) 기포(42) 형태로 욕(24) 내로 유동하며, 이 캐리어 가스는 (공급 액체에 의해 제공된 열 및 가습에 의해) 가열되고 가습된다. 공급 액체의 증발성 성분(예를 들어, 물)은 욕(24) 및 기포(42)의 기체-액체 계면에서 기포(42) 내로 증발된다. 캐리어 가스가 욕(24) 위의 상부 가스 구역(44)에 진입한 후 가스 도관(46)을 통하여 제2 스테이지 가습 챔버(18)로 진입할 때까지, 기포(42)들은 욕(24)으로부터 열 에너지 및 (증기 형태의) 증발성 성분을 얻으면서 욕(24)을 통하여 상승한다. 나머지 가습 챔버(18, 20, 22)들은 제1 스테이지 가습 챔버(16)와 유사하거나 동일한 설계 및 작동을 가지며; 가습 챔버(16, 18, 20, 22)의 각각의 욕(24)은 증발성 성분이 증발되어 캐리어 가스로 전달되는 효율을 향상시키도록 그 높이(h)보다 실질적으로 더 큰(예를 들어, 높이의 적어도 2배) 폭(w)을 가질 수 있다. 욕 액체가 스파저 플레이트(40)를 통하여 하단 스테이지로 "위핑(weeping)"되는 것을 유지하도록 욕(24)의 수압 높이가 공기에 의해 조절될 필요가 있기 때문에, 스파저 플레이트(40)의 캐리어-가스(하부)측에서의 압력 강하는 욕(24)의 높이의 강한 함수이다. 낮은 높이의 욕(24)의 주요 이점은, 낮은 압력 강하에 의해 공기-이동 장치(블로어)(34)에서의 감소된 전력 소비에 있다. 열 전달의 특성 치수가 대략 수 밀리미터 정도이므로, 이와 관련해서 낮은 높이의 욕을 유지하는 것도 실현 가능하다.
- [0027] 적층된 다단식 기포탑 가습 장치(12)와 제습 장치(48)의 실시예는 도 3에 도시되어 있다. 이 실시예에 있어서, 가습 장치(12)는 4개의 스테이지(16, 18, 20, 22)를 포함하며, 전술한 실시예에서 기술된 바와 같이 작동한다. 그러나, 이 실시예에서, 제4 스테이지 가습 챔버(22)로부터의 제습된 캐리어 가스(66)는 제4 스테이지 가습 챔버(22)로부터 제습 장치(48)의 제1 스테이지 제습 챔버(50)로 펌핑된다. 제습 장치(48)는 미국 출원 제 13/241,907호의 다단식 기포탑 제습 장치와 동일한 또는 본질적으로 동일한 설계를 가질 수 있다. 제습 챔버(50, 52, 54, 56)의 욕(58)들은 가습 장치(12)에서 공급 액체로부터 증발된 성분과 동일한 조성(예를 들어,

물)을 갖는 액체 형태일 수 있다.

[0028] 제습 챔버(50, 52, 54, 56)들 중, 제1 스테이지 제습 챔버(50)의 욕(58)의 온도는 제2 스테이지 제습 챔버(52)의 욕(58)의 온도보다 높으며; 제2 스테이지 제습 챔버(52)의 욕(58)의 온도는 제3 스테이지 제습 챔버(54)의 욕(58)의 온도보다 높으며; 제3 스테이지 제습 챔버(54)의 욕(58)의 온도는 제4 스테이지 제습 챔버(56)의 욕(58)의 온도보다 높다. 순수한 농축 액체(예를 들어, 액체 물)는 제습 챔버(50, 52, 54, 56)들의 각각으로부터 이 응축물이 유동하는 출력 도관(76)을 통하여 제습 장치(48)로부터 추출된다.

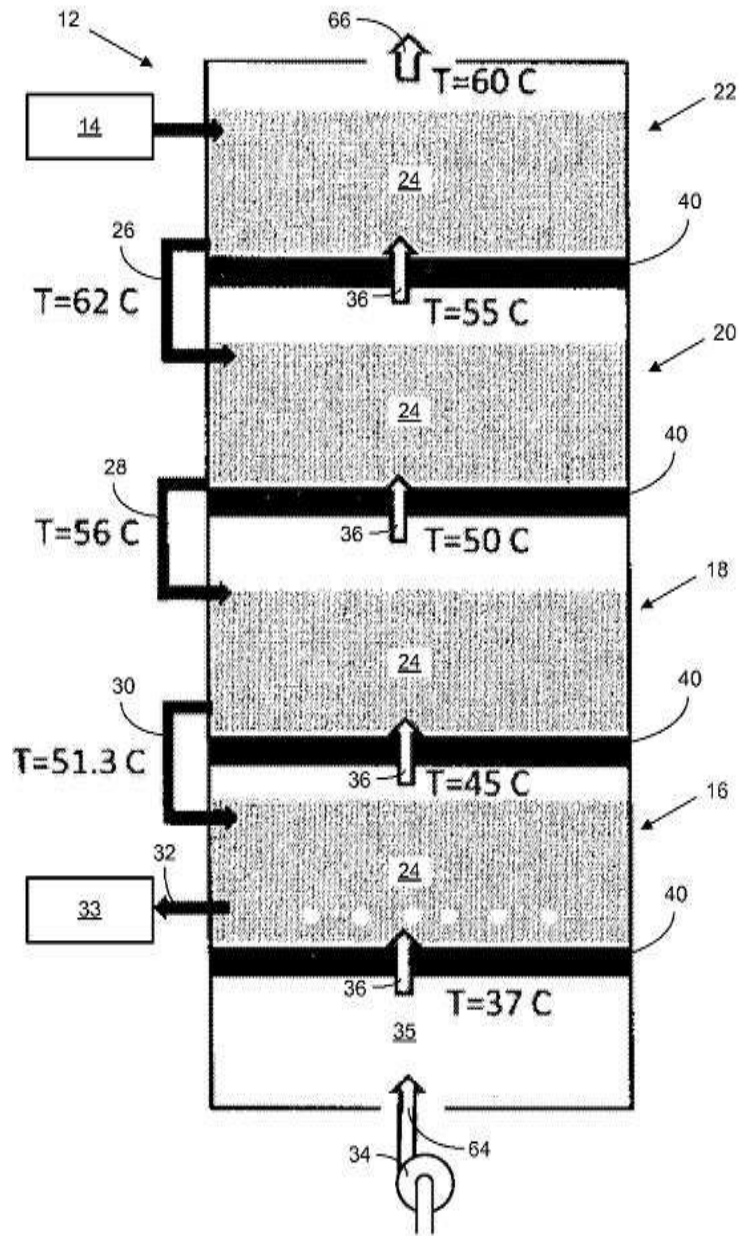
[0029] 욕(58)들은, 욕(58)들의 각각으로 및 이 욕들을 통하여 연속적으로 주입된 고온 가습된 캐리어 가스(66)로부터 전달된 열 에너지에 의해 가열될 수 있으며, 캐리어 가스(66)가 스테이지들을 통하여 연속적으로 냉각됨에 따라 응축성 증기 성분은 가습된 캐리어 가스(66)로부터 욕(58)들 내로 액체 형태로 응축된다. 한편, 공급 액체는 각각의 스테이지의 욕(58)을 통하여 구불구불하게 이어진 구불구불한 도관(60)을 통하여 공급-액체 공급원(14)으로부터 펌핑되며; 열 에너지는 욕(58)들로부터 도관(60)을 통하여 공급 액체 내로 전도되어, 가열기(62)로 가는 도중에 공급 액체가 점진적으로 예열되며, 이 가열기는 공급 액체가 그 안에 욕(24)을 형성하도록 제4 스테이지 가습 챔버(22)로 주입되기 전에, 그 온도를, 예를 들어 70°C까지 상승시키도록 추가적인 열 에너지(70)를 공급 액체로 주입한다.

[0030] 도 4의 실시예에 있어서, 장치는 다단식 가습 장치(12)와 제습 장치(48)의 중간 위치(예를 들어, 초기 챔버와 최종 챔버 사이)들 사이에 연장되는 다중-추출 도관(72, 74)들을 또한 포함한다. 도관(74)은 제4 스테이지로부터 제3 스테이지로의 도관(26)으로부터 공급-액체 잔유물의 일부를 추출하며(도관(28 또는 30)으로부터 또한/대안적으로 추출할 수 있음), (더 따뜻한 온도의) 이 추출된 공급-액체 잔유물은 다단식 제습 장치(48)의 스테이지들 사이(이 실시예에서, 제1 스테이지 제습 챔버(50)와 제2 스테이지 제습 챔버(52) 사이)의 공급-액체 도관(60)으로 다시 재순환된다. 다중-추출에 의해, 도관(72)들을 통하여 기포탑(들)의 스테이지들 중간으로부터의 공급 액체의 추출/주입은 작동 중의 시스템의 열역학적 균형을 용이하게 한다. 유사하게, 캐리어 가스의 일부는, 가습 장치(12)의 적어도 하나의 중간 위치(이 실시예에서, 제2 스테이지 가습 챔버(28))로부터 도관(74)을 통하여 추출되어 다단식 제습 장치(12)의 스테이지(이 실시예에서, 제2 스테이지 제습 챔버(52))로 주입될 수 있다.

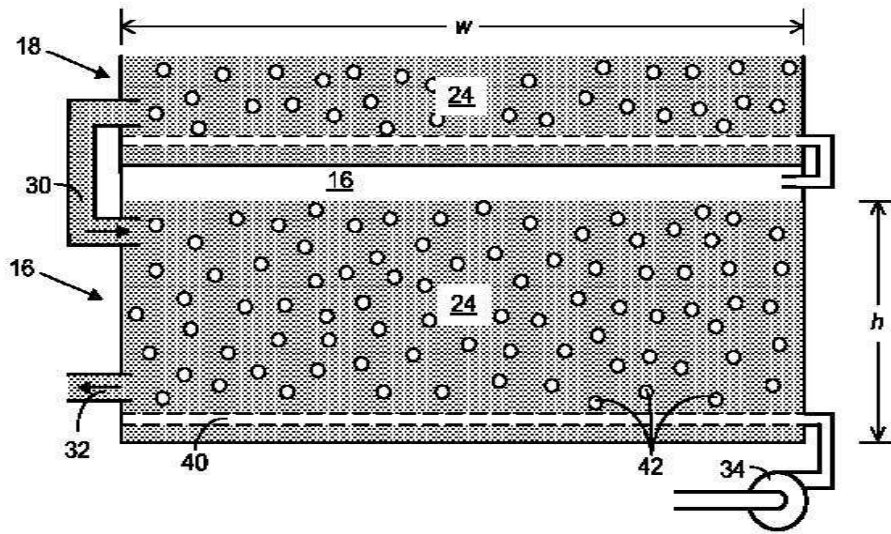
[0031] 본 발명의 실시예들의 설명들에서, 명확성을 위하여 특정 용어가 사용된다. 설명의 목적으로, 특정 용어들은 유사한 결과를 달성하기 위해 유사한 방식으로 작동하는 기술적 및 기능적 등가물을 적어도 포함하도록 의도된다. 부가적으로, 어떤 경우에, 본 발명의 특정 실시예는 복수의 시스템 구성 요소 또는 방법 단계들을 포함하며, 이러한 구성 요소들 또는 단계들은 단일 구성 요소 또는 단계로 대체될 수 있으며; 유사하게, 단일 구성 요소 또는 단계는 동일한 목적을 제공하는 복수의 구성 요소 또는 단계들로 대체될 수 있다. 또한, 다양한 특성 또는 다른 값들에 대한 매개 변수들이 본 발명의 실시예들에 대해 본 명세서에서 특정되는 경우, 이러한 매개 변수 또는 값들은 1/100, 1/50, 1/20, 1/10, 1/5, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 9/10, 19/20, 49/50, 99/100 등으로 상하로 조정되거나 (또는, 최대로 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 50, 100 등의 인수로 조정되거나), 또는 달리 명시하지 않는 한 반올림하여 이의 근사치로 조정될 수 있다. 더욱이, 본 발명은 특정 실시예들을 참조하여 도시되고 기술되었지만, 당업자는 형태 및 세부 사항에서 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 다양한 치환 및 변경이 이루어질 수 있음을 이해할 것이다. 한층 더, 다른 양태들, 기능들 및 이점들이 본 발명의 범위 내에 있으며; 본 발명의 모든 실시예들은 모든 이점을 반드시 달성하거나, 전술한 특징들을 모두 소유할 필요는 없다. 또한, 하나의 실시예와 관련하여 본 명세서에서 논의된 단계, 구성 요소 및 특징들은 다른 실시예들과 함께 유사하게 사용될 수 있다. 본 명세서 전반에 걸쳐 인용된 참조 텍스트, 학술지 논문, 특허, 특허 출원 등을 포함하는 참조 문헌들의 전체 내용은 본 명세서에 참조로 편입되며; 이러한 참조 문헌들로부터의 적절한 구성 요소, 단계 및 특징들은 본 발명의 실시예들에 포함되거나 또는 포함되지 않을 수 있다. 한층 더, "배경기술" 항목에서 확인된 구성 요소 및 단계들은 본 명세서에 통합되며, 본 발명의 범위 내에서 본 명세서의 다른 곳에서 기술된 구성 요소 및 단계들과 함께 사용되거나 또는 대체될 수 있다. 방법 청구항들에서, 스테이지들이 특정 순서로 열거되는 경우 - 참조의 편의를 위해 부가된 기호의 나열을 갖거나 또는 갖지 않는 상태에서 - 스테이지들은 용어 및 표현에 의해 특정되거나 함축되지 않는 한 이들이 열거된 순서에 따라 시간적으로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다.

도면

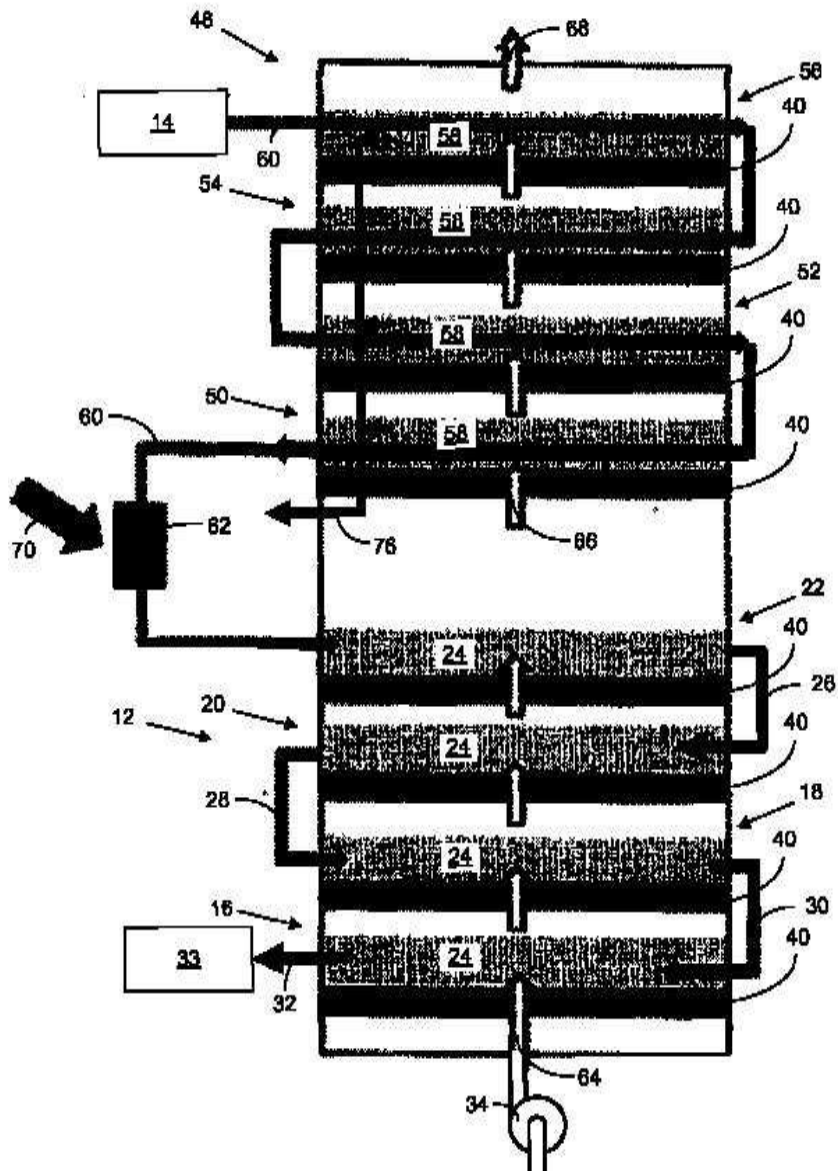
도면1



도면2



도면3



도면4

