



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월22일
(11) 등록번호 10-2698164
(24) 등록일자 2024년08월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B08B 3/00 (2006.01) B01F 23/235 (2022.01)
B01F 25/313 (2022.01) B01F 25/452 (2022.01)
B01F 27/118 (2022.01) B01F 27/13 (2022.01)
B01F 27/50 (2022.01) F01D 25/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B08B 3/003 (2013.01)
B01F 23/2351 (2022.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7029978(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년10월02일
심사청구일자 2022년08월30일
- (85) 번역문제출일자 2022년08월30일
- (65) 공개번호 10-2022-0123759
- (43) 공개일자 2022년09월08일
- (62) 원출원 특허 10-2022-7001934
원출원일자(국제) 2014년10월02일
심사청구일자 2022년02월18일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/058865
- (87) 국제공개번호 WO 2015/051146
국제공개일자 2015년04월09일
- (30) 우선권주장
61/885,777 2013년10월02일 미국(US)
61/900,749 2013년11월06일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
KR102439593 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
에어로코어 테크놀로지스 엘엘씨
미국 46268 인디애나주 인디애나폴리스 피오 박스 68607
- (72) 발명자
사옌스, 조지, 이반
미국 46268 인디애나주 인디애나폴리스 피오 박스 68607
- (74) 대리인
김정훈

전체 청구항 수 : 총 23 항

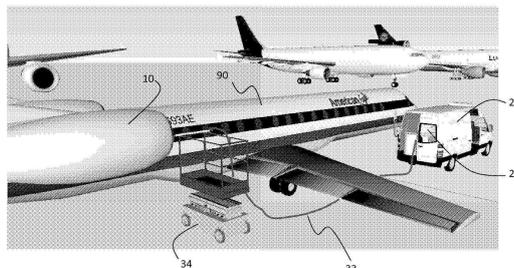
심사관 : 김정현

(54) 발명의 명칭 제트 엔진용 세정 방법

(57) 요약

터빈과 관련 장비가 연무, 스프레이 시스템을 통하여 물 또는 화학 물질을 거쳐 정상적으로 세정된다. 그러나, 이 시스템은 파울링 물질을 제거하기 위하여 가스 경로를 가로질러 깊이 도달하지 못한다. 본원의 다양한 실시예들은 포말을 발생시키기 위하여 물과 기존의 화학 물질을 활용하는 장치 및 방법에 속한다. 이 포말은 성능을 (뒷면에 계속)

대표도



회복시키기 위하여 파울링과 접촉하고, 문지르며, 운반하고, 그로부터 파울링을 제거하기 위하여, 계단과 내부 표면과 접촉하는 장비의 가스 경로 입구에서 유입될 수 있다.

(52) CPC특허분류

B01F 25/313311 (2022.01)

B01F 25/4523 (2022.01)

B01F 27/118 (2022.01)

B01F 27/13 (2022.01)

B01F 27/50 (2022.01)

F01D 25/002 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

가스 터빈 엔진에 가스 포말 액체 세정제를 제공하는 방법에 있어서,
비행기 상에 설치된 가스 터빈 엔진을 작동시키는 단계;
상기 작동 동안에 상기 엔진의 성능을 측정하는 단계;
상기 측정을 포말 세척에 의해 달성 가능한 미리 결정된 성능 개선과 비교함으로써 상기 엔진이 포말 세척되어야 하는지를 결정하는 단계;
액체 세정제의 소스(source), 액체 펌프 및 압축 가스의 소스를 작동시키는 단계;
상기 압축 가스를 압축된 액체와 혼합하고 포말 공급을 생성하는 단계; 및
상기 엔진으로 상기 포말 공급을 스트리밍하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 측정된 성능을 원거리 측정(telemetry)에 의해 데이터 센터에 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 데이터 센터에 의해 상기 엔진의 포말 세척을 예정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 엔진을 작동시키는 단계는, 일정 기간 동안 상기 엔진을 상업적으로 작동시키고,
상기 성능을 측정하는 단계는, 상기 기간 동안 상기 성능을 측정하는 것인, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 엔진은 소유자를 갖고,
상기 결정하는 단계는, 상기 엔진의 소유자에 의해 결정하는 것인, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 엔진은 오퍼레이터를 갖고,
상기 결정하는 단계는, 상기 엔진의 오퍼레이터에 의해 결정하는 것인, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 측정하는 단계는, 터빈 온도를 측정하는 것인, 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 측정하는 단계는, 스타트 시간을 측정하는 것인, 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,
상기 측정하는 단계는, 연료 소모를 측정하는 것인, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,
상기 측정하는 단계는, 로터 속도를 측정하는 것인, 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,
상기 측정하는 단계는, 엔진 압력비를 측정하는 것인, 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,
상기 측정하는 단계는, 상기 엔진의 동작 속도를 측정하는 것인, 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,
상기 측정된 성능은 원거리 측정에 의해 제공되고,
상기 엔진의 포말 세척을 예정하는 단계를 더 포함하는,
방법.

청구항 14

제1항에 있어서,
상기 스트리밍 동안 상기 엔진을 회전시키는 단계
를 더 포함하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,
상기 가스 터빈 엔진은 멀티스풀 엔진이고,
상기 회전시키는 단계는, 엔진 스타터를 사용하는 단계를 포함하고,
상기 스트리밍 동안 상기 엔진 스타터에 의해 상기 멀티스풀 엔진의 적어도 하나의 스푼을 회전시키는 단계를
더 포함하는,
방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 회전시키는 단계는, 최대 엔진 모터링 속도의 25% 내지 75%의 속도로 회전시키는 것인, 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 설치된 엔진은 전형적인 공회전 속도를 갖고,

상기 회전시키는 단계는 전형적인 공회전 속도보다 낮은 속도로 회전시키는 것인,

방법.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 설치된 엔진은 유입구를 갖고, 방향이 실질적으로 수직이며,

상기 스트리밍하는 단계는, 상기 엔진의 회전 없이 설치된 상기 유입구로 들어가는 것인,

방법.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 엔진은 유입구를 갖고,

상기 유입구는 개방되며,

상기 스트리밍하는 단계는, 상기 개방된 유입구로 들어가는 것인,

방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 가스 터빈 엔진은 유입구 및 핫 섹션(hot section)을 포함하고,

상기 포말을 상기 유입구로 스트리밍함으로써 상기 핫 섹션을 세정하는 단계를 더 포함하는,

방법.

청구항 21

제1항에 있어서,

상기 스트리밍은 비분무식 노즐을 통하는 것인, 방법.

청구항 22

제1항에 있어서,

상기 측정된 성능은 원거리 측정에 의해 제공되고,

상기 결정에 기초하여 상기 엔진의 포말 세척을 예정하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 23

제1항에 있어서,

상기 측정된 성능을 원거리 측정에 의해 제공하는 단계를 더 포함하고,

상기 결정하는 단계는, 원거리 측정에 의해 제공된 상기 측정된 성능을 사용하는, 방법.

청구항 24

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 관련 출원의 상호 참조
- [0002] 본 출원은 참조에 의하여 본원에 합체되는 2013년 11월 2일 출원된 미국 예비 출원 일련번호 61/885,777과 2013년 11월 6일에 출원된 61/900,749에 대한 우선권을 주장한다.
- [0003] 본 발명의 다양한 실시 예는 연소 챔버를 포함하는 가스 경로를 구비하는, 장치를 세정하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 가스 터빈 엔진의 세정을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0004] 터빈 엔진은 에너지를 추출하여 광범위한 플랫폼을 가로 질러 동력을 제공한다. 에너지는 스트림으로부터 연료 연소까지의 범위일 수 있다. 추출된 동력은 전기, 추진, 또는 일반 동력을 위하여 활용된다. 터빈은, 헬리콥터, 비행기, 탱크, 발전소, 선박, 특수 차량, 도시 등에 동력을 공급하기 위하여 유체 또는 가스의 유동을 사용 가능한 에너지로 바꿈으로써 작동한다.
- [0005] 터빈은, 제트 엔진, 산업용 터빈, 또는 지상 기반 및 선박 기반의 공기 추진 유닛과 같은, 많은 형태로 존재한다는 점이 잘 알려져 있다. 비행기 또는 헬리콥터 엔진의 것과 같은, 장비의 내면은 파울링 물질을 축적시키고, 엔진을 가로질러 공기 유동을 악화시키며, 성능을 감소시킨다.
- [0006] 이러한 경향과 관련하여, 연료 소모가 증가하고, 엔진의 수명이 단축되며, 사용 가능한 동력이 감소한다. 엔진의 상태(engine health)를 유지하고 성능을 회복하기 위하여 가장 단순한 수단과 가장 비용 효율적인 수단은 엔진을 적절히 세정하는 것이다. 연무(mist), 스프레이, 또는 증기 시스템과 같은 유용한 많은 방법들이 존재한다. 그러나, 이 모두는 전 엔진 가스 경로에 깊이 또는 가로질러 도달하지 못한다.
- [0007] 엔진 상의 원거리 측정 또는 진단 툴은 엔진의 상태를 모니터링하기 위한 통상적인 기능이 되어 왔다. 또한, 포말 엔진 세정으로부터의 개선점을 모니터링하고, 촉발하며, 정량화하기 위한 이러한 툴을 이용하는 것은 과거에는 활용되지 못했다.
- [0008] 본 발명의 다양한 실시 예는 이러한 발전소의 세정을 위한 신규의 비자명한 방법 및 장치를 제공한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 포말 물질은 오프라인 동안에 터빈 장비의 가스 경로 입구에서 유입된다. 포말은 장비로부터 파울링 물질을 문질러, 제거하고, 운반하면서, 내부 표면을 코팅하고 접촉할 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 양상은 세정제를 포말화하는 장치에 속한다. 일부 실시 예는 제1, 제2, 및 제3 유동 부분을 갖는 내부 유동 경로를 정의하는 하우징, 가스 유입구, 세정제를 위한 액체 유입구, 및 포말 유출구를 구비한다. 상기 제1 유동 부분은 상기 가스 유입구로부터 압력 하의 가스를 받도록 구성되며 다수의 애퍼처를 구비하는 가스 플레넘을 구비하고, 상기 플레넘과 상기 하우징의 내부는 액체와 가스의 제1 포말을 제공하는 혼합 영역을 형성한다. 상기 제2 유동 부분은 상기 제1 포말을 받아서, 셀들의 부착과 합류를 위한 표면 영역을 제공하도록 구성된 포말 성장 매트릭스를 지나서 제1 포말을 유동시킨다. 상기 제3 유동 부분은 상기 셀들 중 적어도 일부의 사이즈를 감소시키도록 구성된 제1 부분 또는 제2 부분의 하류에서 포말 구조화 부재를 통하여 제2 포말을 유동시킨다. 본 발명의 또 다른 실시 예는 다양한 다른 핵 형성 장치에서 오직 제1 부분, 제1 및 제2 부분, 또는 오직

제1 및 제3 부분을 갖는 하우징을 고려한다.

- [0011] 본 발명의 다른 양상은 액체 세정제를 포말화하는 방법에 속한다. 일부 실시 예들은 제1 포말을 형성하기 위하여 상기 액체 세정제와 압축된 가스를 혼합하는 단계를 포함한다. 다른 실시 예는 제2 포말을 형성하기 위하여, 부재 또는 매트릭스 상에서 상기 제1 포말을 유동시키고 상기 제1 포말의 셀의 크기를 증가시키는 단계를 포함한다. 또 다른 실시 예는 메쉬 또는 하나 이상의 구멍난 플레이트를 통하여 상기 제2 포말을 유동시키는 단계와 제3 포말을 형성하기 위하여 상기 제2 포말의 셀들의 크기를 감소시키는 단계를 포함한다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 양상은 공기 포말화된 액체 세정제를 제공하는 시스템에 속한다. 다른 실시 예들은 주변 압력보다 더 높은 압력으로 공기 또는 가스를 제공하는 공기 펌프 또는 압축 가스 저장소와, 압력 하의 액체를 제공하는 액체 펌프를 구비한다. 또 다른 실시 예들은 압축 공기를 받는 핵 형성 장치, 압축된 액체를 받는 액체 유입구, 및 포말 유출구를 구비하며, 상기 핵 형성 장치는 포말을 생성하기 위하여 압축 공기와 액체를 난류식으로 혼합한다. 또 다른 실시 예들은 포말 도관(foam conduit)을 통해 상기 포말을 받는 노즐로서, 상기 노즐과 상기 도관의 내부 통로들은 상기 포말의 난류를 증가시키지 않도록 구성되고, 상기 노즐은 포말의 저속 스트림을 전달하도록 구성되어 있다.
- [0013] 또 다른 양상은 공기 포말화된 액체 세정제를 비행기 상에 설치된 제트 엔진의 유입구로 제공하는 방법에 속한다. 일부 실시 예들은 압축된 액체 세정제 공급부, 에어 펌프, 난류 혼합 챔버, 및 비분무 공급 애퍼처를 제공하는 단계를 포함한다. 다른 실시 예들은 상기 혼합 챔버에 압축된 공기를 압축된 액체와 혼합하여 포말의 공급을 생성하는 단계를 포함한다. 또 다른 실시 예들은 상기 애퍼처로부터 상기 유입구를 통하여 또는 상기 엔진에 부착된 다양한 튜브 배관을 통하여 설치된 엔진 내로 포말의 공급을 스트리밍화하는 단계를 포함한다.
- [0014]
- [0015] 본 발명의 또 다른 양상은 수용성 액체 세정제를 포말화하는 장치에 속한다. 일부 실시 예들은 포말을 생성하기 위하여 압축된 가스를 흐르는 수용성 액체와 혼합하는 수단을 구비한다. 다른 실시 예들은 포말의 셀들의 크기를 성장시키는 수단과 성장된 셀들의 크기를 감소시키는 수단을 구비한다.
- [0016] 본 발명의 다양한 실시 예에서, 세정 작동 후의 오수가 취집되어 평가된다. 이 평가는 오수의 내용물의 현장 분석(site-analysis)을 포함할 수 있으며, 특별한 금속들 또는 성분이 오수에 존재하는지를 포함한다. 이 평가의 결과를 토대로, 추가적인 세정이 적절한지에 대한 결정이 이루어진다.
- [0017] 본 발명의 또 다른 실시 예들은 세정 작동의 효과가 평가된 방법에 속하고, 이 평가는 계약 조건을 평가하기 위하여 사용된다. 하나의 예로서, 이 계약은 엔진 제조사에 의하여 비행기의 조작자 또는 소유자에게 제공되는 엔진 보증의 조건에 속할 수 있다. 또 다른 실시 예에서, 상기 평가는 엔진 세정 작동 자체에 속하는 계약의 조건을 평가하기 위하여 사용될 수 있다. 또 다른 실시 예에서, 엔진 상에 미치는 세정 효과의 평가는 엔진의 FFA 유지 표준을 확립하기보다는 엔진을 평가하기 위하여 사용될 수 있다.
- [0018] 일 실시 예에서, 상기 평가 방법은 약 1개월 이상 동안 상업용 비행 조건에서 엔진을 동작시키는 단계를 포함한다. 일부 실시 예에서는, 이 작동이 하루에 다수의 비행, 및 일주일에 수 일 동안의 비행기의 사용을 포함할 수 있다. 이 방법은 사용된 엔진을 작동시키는 단계와 기준 특성을 확립하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시 예에서, 상기 기준 특성은 특정 레벨의 스트레스, 엔진 압력비, 또는 로터 속도에서의 특정 연료 소모일 수 있다. 일부 다른 대안에서, 상기 방법은 주변 대기 특성을 위한 기준 데이터를 수정하는 단계를 포함한다. 또 다른 실시 예에서, 상기 기준 변수는 0 rpm에서 공회전 속도까지 엔진의 스타트에 대한 경과 시간일 수 있다. 또 다른 실시 예들에서, 사용된 엔진의 상기 기준 평가는 하기의 방식으로의 엔진 스타트 시간의 평가를 포함한다. 엔진의 제1 스타트를 수행하는 단계; 엔진을 차단하는 단계; 소정의 시간 동안 (연료의 연소 없이) 스타터 상에서 엔진을 모터링하는 단계; 및 상기 모터링 후에, 제2 엔진 스타트를 수행하고, 기준 스타트 시간으로서 상기 제2 엔진 스타트 시간을 이용하는 단계.
- [0019] 상기 방법은 엔진을 세정하는 단계를 더 포함한다. 이 엔진의 세정은 하나 이상의 연속적인 세정 사이클을 포함할 수 있다. 엔진이 세정된 후, 기준 테스트 방법이 반복된다. 상기 (세정된 엔진의) 제2 테스트 결과는 (받은 대로의, 사용된 엔진의) 기준 테스트 결과에 비교되고, 엔진 특성의 변화는 계약 상의 보증에 대하여 평가된다. 일례로서, 세정 장비의 조작자는 세정 방법에 의하여 이루어질 개선점에 대하여 비행기의 소유자 또는 조작자에게 계약 조건을 제공할 수 있다. 또 다른 실시 예들에서, 세정 방법에 의하여 제공되는 델타 개선점(또는 자체에 의하여 고려되는 세정된 엔진의 테스트 결과)은 세정된 엔진이 이러한 계약 조건을 만족시키는지를 평가하기 위하여 엔진의 제조사 사이의 계약 상의 보증(엔진의 이전 점검을 수행한 설비, 또는 엔진의 사용 허가)과 비교

될 수 있다.

- [0020] 또 다른 실시 예들에서, 기준 테스트가 사용된 엔진 상에서 수행되고, 이 엔진이 세정되며, 기준 테스트가 다시 수행되는 세정 방법이 존재한다. 기준 테스트와 세정 엔진 테스트의 비교가 어떤 이유로 사용될 수 있다.
- [0021] 또 다른 실시 예들에서, 상기 세정 방법은 엔진이 세정 사이클로 작동되는 절차를 포함하고, 이 세정 사이클(또는 다른 세정 사이클)은 이어서 이 엔진에 적용된다. 바람직하게, 상기 세정 화학 물질은 상대적 낮은 회전 속도, 또한 바람직하게는, 이 엔진 용의 전형적인 공회전 속도의 약 1/2 이하인 속도에서 엔진에 제공된다.
- [0022] 또 다른 실시 예들에서, 실질적으로 수직으로 지지되는 엔진에서와 같이, 이 세정 화학 물질은 엔진이 정지일 때(즉, 0 rpm) 이 엔진에 적용될 수 있다. 충분한 양의 화학 물질을 적용한 후에, 이 엔진은 어떤 속도로 회전될 수 있으며, 상기 세정 화학 물질은 이어서 씻겨진다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 실시 예는 세정 화학 물질의 온도의 조작 및/또는 세정되는 엔진의 온도의 조작을 포함하는 엔진의 세정하는 방법에 속한다. 일 실시 예에서, 상기 세정 시스템은 세정 포말의 생성 전에 세정 화학 물질을 가열하도록 구성된 히터를 구비한다. 또 다른 실시 예들에서, 상기 방법은 세정 액체로 포말을 생성하기 위하여 사용되는 공기를 가열하기 위한 히터를 구비한다. 또 다른 실시 예들에서, 상기 세정 장치는 (건설 현장에서 사용되는 "엘리게이터" 히터와 유사한) 가열된 주변 공기원을 제공하는 하나 이상의 공기 블로어를 구비한다. 이러한 뜨거운 공기 블로어는 이 엔진의 유입구에 위치할 수 있으며, 이 엔진은 (주변 조건을 토대로 할 수 있는) 소정의 시간 동안 모터링(즉, 연료의 연소 없이 스타터 상에서 회전됨)될 수 있거나, 엔진의 뜨거운 구간에서의 열전 장치 또는 다른 온도 측정 장치가 소정의 온도에 도달할 때까지 모터링될 수 있다. 또 다른 실시 예에서, 세정 포말의 유입 전에 엔진의 온도는 이 엔진을 스타트시키고 소정의 시간 동안 공회전 상태에서 엔진을 작동시켜 상승될 수 있으며, 이후 세정 포말의 유입 전에 이 엔진을 차단할 수 있다. 또 다른 실시 예들에서, 이 엔진은 포말의 유입 전에 일정한 기준 온도 상태를 더 달성하기 위하여, 공회전의 차단 후에 또한 화학 물질의 유입 전에 모터링될 수 있다. 본 발명의 또 다른 실시 예들은 외부적으로 가열된 엔진, 및 하나 이상의 최근의 작동 기간에 의하여 따뜻해지는 엔진의 조합을 고려할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 실시 예에서, 상기 세정 포말은 세정 포말을 혼합하여 생성하기 위하여 사용되는 상기 장치 내의 히팅 요소를 제공하여 가열될 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 이 출원의 다른 부분뿐 아니라 이 요약부에 기재된 다양한 장치 및 방법은 많은 서로 다른 조합과 부조합으로서 표현될 수 있음을 이해하여야 한다. 모든 이러한 유용하고, 신규하고, 진보성 있는 조합 및 부조합이 본원에서 제시되며, 이러한 조합 각각의 명시적인 표현은 불필요함이 인식된다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 본원에 도시된 몇몇 도면은 크기를 포함할 수 있다. 또한, 본원에 도시된 몇몇 도면은 크기가 조정된 도면들 또는 크기가 조정될 수 있는 사진들로부터 생성될 수 있다. 이러한 도면 내의 크기, 또는 상대적인 치수는 예시적이며, 한정하는 것으로 해석되어서는 아니된다는 점을 이해하여야 한다.

도 1은 가스 터빈 엔진의 개략도이다.

도 2은 본 발명의 일 실시 예에 세정 장치의 개략도이다.

도 3a는 도 2의 장치의 일부의 사진을 윤곽 작도한 것이다.

도 3b는 포말(foam)을 설치된 엔진의 유입구 내로 제공하는 것으로 도시된 도 2의 장치의 일부의 사진을 윤곽 작도한 것이다.

도 3c는 엔진 유입구의 전방에 있는 본 발명의 일 실시 예에 따른 노즐의 사진을 윤곽 작도한 것이다.

도 3d는 엔진 유입구의 전방에 있는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 노즐의 사진을 윤곽 작도한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말의 구조의 사진도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따라 세척되기 전과 후의 엔진의 배기 구조의 일부의 사진도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따라 세척된 엔진에 대한 엔진 스타트 시간의 개선안의 그래프도이다.

- 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따라 엔진 테스트 스탠드 상에서 세척되는 엔진의 사진도이다.
- 도 8은 도 7의 장치의 일부의 사진도이다.
- 도 9은 본 발명의 일 실시 예에 따라 세척된 엔진에 대한 변수적 개선안의 그래프도이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따라 세척된 엔진에 대한 변수적 개선안의 그래프도이다.
- 도 11a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 세정 시스템의 개략도이다.
- 도 11b는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 세정 시스템의 개략도이다.
- 도 12a, 도 12b, 및 도 12c는 도 11a의 장치의 일부의 일 실시 예의 사진도이다.
- 도 13a, 도 13b, 도 13c, 및 13d는 도 12의 장치의 일부의 클로즈업 사진도이다.
- 도 14a, 도 14b, 도 14c, 및 도 14d는 도 12의 캐비닛의 내부의 사진도이다.
- 도 15a, 도 15b, 도 15c, 도 15d, 도 15e, 및 도 15f는 도 14b에 도시된 부품의 사진도이다.
- 도 16a 내지 도 16r은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 핵 형성 챔버의 절개 개략도이다.
- 도 16l 내지 도 16r은 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버의 다양한 개략도를 제공한다.
- 도 16l은 핵 형성 챔버(1260)의 횡단면도(AA)이다.
- 도 16m은 도 16l의 16M-16M으로부터 본 것과 같은 핵 형성 챔버(1260)의 단부도이다.
- 도 16n은 도 16l의 장치의 일부의 클로즈업도이다.
- 도 16o, 도 16p, 도 16q, 및 16r은 도 16l의 장치의 일부의 클로즈업 개략도이다.
- 도 17a, 도 17b, 및 도 17c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템으로 세정되는 비행기 엔진의 그림도이다.
- 도 17d는 포말 세척되는 엔진이 설치된 비행기의 CAD도이다.
- 도 17e는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 다수의 오수 취집기의 CAD도이다.
- 도 18a 및 도 18b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템으로 세정되는 비행기 엔진의 그림도이다.
- 도 19는 오수 포집 장치의 일 실시 예를 갖는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템으로 세정되는 비행기 엔진의 그림도이다.
- 도 20는 하나의 비행기 시나리오에 따라, 오수 포집 시스템의 일 실시 예를 갖는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템으로 세정되는 비행기 엔진의 그림도이다.
- 도 21는 변화하는 포말 오수 포집 시스템을 갖는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템으로 세정되는 비행기 엔진의 그림도이다.
- 도 22a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템으로 세정되는 비행기 엔진의 사진을 윤곽 작도한 것이다.
- 도 22b는 비행기의 개략적인 도면을 나타낸다.
- 도 22c는 비행기의 개략적인 도면을 나타낸다.
- 도 23은 본 발명에 따른 세정 공정의 개략도이다.
- 도 24a 및 도 24b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말 분사 시스템을 묘사하는 엔진의 개략도이다.
- 도 25a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말 연결 시스템을 묘사하는 엔진의 절개 및 내부 개략도이다.
- 도 25b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말 연결 시스템을 묘사하는 엔진의 내부 및 외부 개략도이다.
- 도 26은 본 발명의 일 실시 예/방법에 따른 엔진 세정 사이클 규정의 그래프도이다.
- 도 27은 본 발명의 일 실시 예/방법에 따른 엔진 모니터링 및 정량화 이점을 위한 하나의 그래프도이다.
- 도 28a는 본 발명의 실시 예에 따른 오수 취집기의 사진도이다.

도 28b는 도 28a의 장치의 후미를 바라보는 전방도이다.

도 28c는 도 28a의 장치의 전방을 바라보는 후방도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 구성 요소의 숫자 표기

[0028] 이하는 구성 요소 숫자와 이 요소를 기술하기 위하여 사용된 적어도 하나의 명사의 목록이다. 본원에 개시된 실시 예들은 이러한 명사들에 한정되지 않으며, 이러한 구성 요소의 숫자들은 본 개시를 그 전체로 읽고 검토하는 당업자에 의하여 이해될 수 있는 다른 단어들을 포함할 수 있다는 점을 이해하여야 한다.

표 1

[0029]

10	엔진
11	유입구
12	팬(fan)
13	압축기
14	연소기
15	터빈
16	배기부
20	세척 시스템
21	차량
22	화학 물질 공급부
23	불
24	물 공급부
25	물 공급부
26	가스 공급부 (압축 공기)
28	포말 출력
30	노즐
32	오수 취집기
32.1	트레일러
32.2	오수 풀
32.3	배기 취집기
32.31	엔클로저, 시트
32.32	리브
32.33	수직 지지대
32.34	유입구
32.35	드레인
32.4	유입구 취집기
32.41	시트, 오목
32.42	리브
32.43	수직 지지대
33	하우징
34	지지대
35	저장소
36	유출구
37	격납 벽(containment wall)
38	히터
40	포말화 시스템
41	포말 연결부
42	캐비닛
43	튜브 배관
44	유량계, 연동 펌프
46	압력 게이지
48	압력 조절기
50	펌프 및 모터
60	핵 형성 챔버, 세정제를 포말화하는 수단
61	하우징

62	가스 유입구
63	액체 유입구
64	유출구
65	혼합 및 핵 형성 구간; 액체와 가스를 혼합하는 수단
66	가스 튜브 또는 슬리브; 가스 챔버 또는 플레넘
68	중앙 통로
70	핵 형성 제트 또는 기공
71	받음각
72	핵 형성 존
74	성장 구간; 포말 셀의 양 및/또는 크기를 증가시키는 수단
75	물질
78	셀 구조화 구간; 포말을 균질화시키는 수단
79	물질
80	처리 유닛(재활용, 정화)
82	층류 구간; 포말의 난류를 감소시키는 수단
84	모터
86	임펠러
90	비행기

[0030] 본 발명의 원리의 이해를 돕기 위하여, 도면에 도시된 실시 예가 참조되며 특정 언어가 이러한 실시 예를 기술하기 위하여 사용될 것이다. 그러나, 본 발명의 범위에 어떤 한정도 의도되지 않으며, 도시된 장치에 있어서의 변경과 추가적인 변형, 및 본원에 도시된 바와 같은 본 발명의 원리의 추가적인 적용은 당업자가 보통 행할 수 있음을 이해하여야 한다. 본 발명의 적어도 하나의 실시 예가 기술되고 도시될 것이며, 이 응용은 본 발명의 다른 실시 예를 도시하고 및/또는 기술할 수 있다. 다르게 명확히 언급되지 않는 한, 본 발명에 대한 어떠한 참조가 단일 실시 예가 모든 실시 예에 포함되어야 할 장치, 공정, 또는 화합물을 포함하지 않는, 일측의 발명에 대한 참조임을 이해하여야 한다. 또한, 본 발명의 어떤 실시 예에 의하여 제공되는 이점에 대한 논의가 있을 수 있지만, 다른 실시 예는 동일한 이점을 갖지 않을 수 있고, 다른 이점을 가질 수도 있다. 본원에서 기술된 이점들은 청구항을 한정하는 것으로 해석되어서는 아니 된다. "바람직하게"와 같은 선호를 나타내는 단어의 사용은 적어도 하나의 실시 예에 존재하나 어떤 실시 예에서는 선택적인 특징과 양상을 지칭한다. 구성 요소 숫자(NXX.XX)에 대한 N 시리즈의 접두어의 사용은, 도시되고 기술된 것을 제외하고, 접두어가 붙지 않은 구성 요소(XX.XX)와 동일한 구성 요소를 지칭한다. 예를 들어, 구성 요소 1020.1은, 도시되고 기술된 구성 요소 1020.1의 다른 특징들을 제외하고는, 구성 요소 20.1과 동일할 것이다. 또한, 관련된 구성 요소의 공통된 구성 요소 및 공통된 특징이, 다른 도면에서 동일한 방식으로 그려지거나 및/또는 다른 도면에서 동일한 심볼을 사용할 수 있다. 이와 같이, 이러한 공통된 특징들이 관련된 기술 분야에서의 당업자에게 자명하므로, 동일한 1020.1과 20.1의 특징을 기술하는 것은 필요하지 않다. 또한, 당업자에 의하여 이해되는 바와 같이, 특징 NXX.XX가 다른 다양한 실시 예들(MXX.XX)과 양립되는 특징을 포함하도록, 특징들 1020.1 및 20.1은 역으로 양립할 수 있다는 점을 이해하여야 한다. 기술 관례는 또한 한점 따옴표('), 두점 따옴표("), 및 세점 따옴표(" ")가 뒤에 붙은 숫자들에 적용된다. 따라서, 이러한 공통된 특징들이 관련된 기술 분야에서의 당업자에게 자명하므로, 동일한 20.1, 20.1', 20.1", 및 20.1"'의 특징을 기술하는 것은 필요하지 않다.

[0031] 다양한 특정 양들(공간 크기, 온도, 압력, 횡수, 힘, 저항, 전류, 전압, 농도, 파장, 주파수, 열전달 계수, 무차원 변수 등)이 본원에서 언급될 수 있으나, 이러한 특정 양들은 단지 예시에 의하여 제공되고, 또한, 달리 명백히 언급되지 않는 한, 적절한 수치들이며, "약"이라는 말이 각각의 양 앞에 오지 않더라도 고려되어야 한다. 또한, 특정 화합물에 속하는 논의에서, 이 기술은 단지 예시적이며, 다른 종의 화합물의 적용을 한정하지 않으며, 또는 인용된 화합물과 무관한 다른 화합물의 적용을 한정하지도 않는다.

[0032] 하기는 본 발명의 특별한 실시 예를 표현하는 문단들이다. 하기의 문단들에서, 일부 구성요소의 숫자들은 단어들의 도면에 도시되거나 텍스트에 기재된 유사한 특징들 중의 어느 것에 속한다는 것을 지칭하는 "X"라는 어두가 달려 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따라 본원에 도시되고 기재될 내용은 수행되는 하나 이상의 테스트의 논의이다. 이러한 예들은 단지 예시에 의할 뿐이며, 본 발명의 어떤 실시 예에도 한정을 하는 것으로 해석되어서는 아니된다는 점을 이해하여야 한다. 또한, 본 발명의 실시 예들은 본원에 제시된 수학적 해석에 의하여 필연적으로 한정되거나 기재되지 않음을 이해하여야 한다.

[0033] 특별한 순서로 이루어진 다이어그램을 동반하는 하나 이상의 공정, 알고리즘, 동작 방법, 또는 로직에 대하여

다양한 참조가 이루어진다. 이러한 순서의 차례는 단지 예시적이며, 본 발명의 어떤 실시 예를 한정하는 것을 의도하지 않는 것을 이해하여야 한다.

- [0034] 하나 이상의 제조 방법에 대하여 다양한 참조가 이루어진다. 이들은 단지 예시에 의할 뿐, 본 발명의 다양한 실시 예들이, 예를 들어, 주조, 센터링, 용접, 액중 방전 가공, 밀링 등과 같은 광범위한 방법에 의하여 제조될 수 있음을 이해하여야 한다. 또한, 다양한 다른 실시 예가, 일부가 3-D 프린팅으로 지칭되는 다양한 부가적 제조 방법들 중 어느 하나에 의하여 제조될 수 있다.
- [0035] 본 문서는 동일한 구성 요소 숫자를 기술하기 위하여 다른 단어를 사용할 수 있으며, 특정한 족의 특징들(NXX.XX)에서 구성 요소 숫자를 지칭할 수 있다. 이러한 다중적인 사용은 본원에서 어떤 용어의 재정의의 제공 하는 것을 의도하지 않음을 이해하여야 한다. 이러한 단어들은 특별한 특징이, 또한 필수적으로 추가하거나 배제하지 않는 방식으로, 다양한 언어 방식으로 고려될 수 있음을 보여 준다는 점을 이해하여야 한다.
- [0036] 본원에 도시되고 기재될 사항은 변수들 사이의 하나 이상의 기능적 관계이다. 이러한 변수들에 대한 특정한 명명이 제공될 수 있으며, 일부 관계들은 이러한 의미에 대하여 당업자에 의하여 인식될 변수들을 포함할 수 있다. 예를 들어, "t"는 그 사용예에 의하여 명백하듯이 온도 또는 시간을 나타낼 수 있다. 그러나, 이러한 기능적 관계들은 수학적 해석의 표준 기법을 이용하여 다양한 균등한 것들로 표시될 수 있다(예를 들어, 관계 $F' = ma$ 는 관계 $F/a = m$ 의 균등한 표현이다). 또한, 기능적 관계들이 알고리즘 또는 컴퓨터 소프트웨어에서 구현되는 실시 예들에서, 알고리즘에 의해 구현되는 변수는 본원에 도시된 변수에 대응할 수 있으며, 이러한 대응은 크기 인자, 제어 시스템 이득, 노이즈 필터 등을 포함할 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0037] 광범위한 방법들이 가스 터빈 엔진을 세정하기 위하여 사용되어 왔다. 일부 사용자는 엔진의 유입구 내로 스프레이되는 물을 활용하며, 일부는 엔진의 유입구 내로 스프레이되는 세정 유체를 활용하고, 다른 사용자들은 월넛 쉘(walnut shells)과 같이, 엔진 유입구로 고체의 마모 재료를 제공한다.
- [0038] 이러한 방법들은 여러 면에서 성공적인 면을 달성하나, 또한 여러 면에서 문제를 발생시킨다. 예를 들어, 일부 세정제는 엔진의 뜨거운 부분을 세정할 수 있을 정도로 강하고 뜨거운 부분의 물질 상에 화학적으로 수용될 수 있으며, 엔진의 차가운 부분에서 사용되는 물질 상에는 화학적으로 수용될 수 없다. 물 세척은 엔진의 어떤 물질 상에도 사용될 수 있을 정도로 온화하나, 제거가 힘든 침적물에는 특별히 효과적이지 않고, 또한 압축기의 일부 단계에서는 실리카 침적물을 남길 수 있다. 많은 수용성 세정제들은 MIL-PRF-85704C에서 인식되는데, 이러한 세정제의 많은 사용자들은 이들을 엔진 작동 변수에 대한 성능을 회복시키는데 미미하게 성공적인 것으로 생각하고 있으며, 다른 사용자들은 이러한 MIL 세정제를 이용한 단순한 세척이 작동 변수를 사실상 저하시키는 점을 주목해 왔다. 따라서, 많은 비행기 조작자들은 얼마나 효과적으로 액체가 엔진에 대한 성능을 회복할지에 대하여 일부 액체 세정 방법에 대하여 만들어진 청구항들에 대한 의심을 갖고 있다. 엔진의 액체 세척에 의하여 초래되는 비용이 존재하며, 이는 액체 세척의 비용과 비행기가 작동으로부터 제거되는 시기의 가치를 포함한다. 종종, 액체 세척의 이점들은 초래되는 비용을 능가하지 못하거나, 단지 무시할 만한 상업적인 이익을 제공한다.
- [0039] 본 발명의 다양한 실시 예는 포말로 가스 터빈 엔진을 세척함으로써 얻어지는 실질적인 상업적 이익을 나타낸다. 본원에서 도시된 바와 같이, 엔진의 포말 세정은, 액체 세척으로 얻어질 수 없는 개선점을 포함하여, 작동 변수에서의 실질적인 개선점을 제공할 수 있다. 포말 세척에 의하여 실현되는 실질적인 개선안에 대한 이유는 완전히 이해되지 않는다. 동일한 액체의 포말의 유입구 내로의 유입이 뒤따르는 유입구 내로의 분무된 액체의 유입으로 백투백 엔진 테스트가 동일한 특정 엔진 상에서 수행되어 왔다. 모든 경우에, 액체(또는 포말)가 전 가스 경로를 적신다는 점을 나타내면서, 액체(또는 포말)가 엔진 배기 구간에서 관찰되었다.
- [0040] 그럼에도 불구하고, 액체의 포말화된 형태의 사용은 특별한 동력 출력을 달성하는데 요구되는, 엔진 스타트 시간, 특정 연료 소모, 및 터빈 온도와 같은, 중요한 동작 변수들에서의 어떠한 액체 세척 개선점에 대하여 또는 그 위에서 중요한 개선점을 제공한다.
- [0041] 본 발명의 일부 실시 예는 수용성 세정제로부터 포말을 발생시키기 위한 시스템에 속한다. 수용성 화학 물질 또는 비수용성 화학 물질로 허용 가능한 포말을 발생시키는 장치 및 방법에 차이가 존재하는 점이 알려져 왔다. 본 발명의 다양한 실시 예들은 압축된 액체와 또한 압축된 공기가 제공되는 핵 형성 챔버를 구비하는 시스템에 속한다.
- [0042] 조건부 분무 노즐에 의하여 엔진 유입구 내로 이 포말을 분사하면 포말의 세정 효과가 감소할 수 있다는 점이 알려져 왔다. 또한, 포말을 핵 형성 챔버로부터 노즐로 전달하는 어떤 배관(plumbing), 튜브 배관(tubing), 또는 호스도 일반적으로 매끄럽고, 유동 경로에 (날카로운 회전, 포말 유동 경로의 유동 영역의 갑작스런 감소,

또는 포말의 속도를 증가시키는 집중(convergence)과 같은 과도한 집중을 갖는 영역을 구비한 전달 노즐과 같은) 난류 발생 특징이 실질적으로 없어야 한다.

[0043] 본 발명의 다양한 실시 예에서, 포말의 보다 높은 에너지 상태를 유지하고 전달 전에 그 에너지를 발산시키지 않는 발생된 포말에 유동 경로를 제공하는 것이 도움이 된다. 도 3b는 본 발명의 일 실시 예에 따라 전달되는 포말을 도시한다. 노즐(30)은 실질적으로 동일한 직경의 포말 스트림을 제공하는 것을 알 수 있다. 도 3b의 사진에는 집중(convergence)이 거의 없거나 전혀 없으며, 유동 스트림의 발산(divergence)도 없다. 또한, 포말 유동 스트림에서의 리플(ripples)이나 럼프(lumps)는 저속 전달 시스템을 나타내며, 보일 정도로 스피너에 충격을 가할 때 포말 스트림에 전달되는 난류는 노즐을 향하여 상류 방향으로 통과한다. 포말 유동 경로에서의 럼프의 진폭은 스피너로 인한 포말의 충격 부근에서 최대 진폭으로 보일 수 있으며, 출구 노즐(30)을 향하는 방향으로 더 작은 진폭을 보일 수 있다. 포말 출구 노즐(30)은 실질적으로 일정한 직경을 가지며, 바람직하게 초당 약 15 피트보다 작은 속도이다.

[0044] 본 발명의 다양한 실시 예는 또한 압축된 상태에서의 (공기, 질소, 이산화탄소, 또는 다른 가스를 포함하는) 가스의 세정 액체 유동 내로의 유입에 의하여 지원된다. 바람직하게, 공기는 약 5 psig를 초과하고 약 120 psig 미만이 되도록 압축되고, 펌프 또는 압축된 저장소에 의하여 공급된다. 본 발명의 일부 실시 예는 주변 공기를 나를 수 있는 공기 유동 배출 장치의 사용을 포함하지만, 압축된 공기를 이용하는 다른 실시 예는 개선된 결과를 제공하는 것으로 알려져 있었다.

[0045] 본 발명의 또 다른 실시 예는 비행 엔진과 함께 하는 포말 세정의 상업적 사용에 속한다. 상술된 바와 같이, 포말된 세정제가 비포말된 세정제보다 탁월한 결과를 제공하는 메카니즘은 현재 잘 이해되지 않는다. 이와는 반대로, 제트 엔진 유지 분야의 많은 전문가들은 처음에 포말된 세정제가 비포말된 세정제에 의하여 제공되는 동일한 실망스런 결과를 제공할 것이라고 믿고 있다. 따라서, 포말 세정제의 사용이 더 잘 이해됨에 따라, 일군의 엔진을 지원하는데 있어서의 재정적 고려에 미치는 개선된 포말 세정의 효과가 더 잘 이해될 것이다. 작동 온도, 특정 연료 소모, 본원에 기재된 테스트에 의하여 나타내지는 스타트 시간에서의 개선안과 같은, 이러한 개선안의 일부는 매우 명백할 수 있다. 포말 세정제의 사용으로부터의 다른 충격은 엔진의 다른 수명이 한정된 부품의 설계에 더 충격을 줄 수 있다.

[0046] 예를 들어, 엔진들은 현재 (사용 시간, 온도에서의 시간, 엔진 사이클의 수 등과 같은) 수명이 한정된 부분들을 갖도록 설계되며, 이러한 부품들의 검사는 엔진의 액체 세척과 일치하는 시간에 예정될 수 있다. 그러나, 포말 세척의 사용은 일반적으로 엔진이 비행기에 설치될 수 있는 시간을 증가시키며, 이는 포말 세척이 사용된 엔진을 액체 세척보다 더 나은 성능 수준으로 회복시킬 것이기 때문이다. 그러나, (액체 세척 사이의 간격과 비교하여 증가된) 포말 세척 사이의 사간의 증가는 포말 세척이 수명이 한정된 부분의 검사와 일치하는 정도까지 길어질 것이다. 이러한 조건 하에서, 수명이 한정된 부분을 약간 더 긴 사이클로 설계하는 것이 재정적으로 도움이 될 수 있다. 더 길게 된 수명이 한정된 부품의 비용에 있어서의 증가는 포말 세정된 엔진이 워 상에 남을 수 있는 증가된 시간에 의하여 옹섯 이상으로 될 수 있다.

[0047] 이러한 실시 예에서, 포말 세척의 결과로 나타나는 개선된 세정을 적어도 부분적으로 가져오면서 엔진 세척, 검사, 및 유지 간격의 패러다임에 있어서 변화가 있을 수 있다. 일부 실시 예에서, (스타트 시간, 최대 동력에서의 온도, 특정 연료 소모, 탄소 배출량, 질소 중의 산화물 배출량, 순항 및 이륙 시의 전형적인 동작 속도 등과 같은) 엔진 성능 변수 상에서의 포말 세척의 효과가 정량화될 수 있다. 이러한 정량화는 일군(family)의 엔진 내에서 발생할 수 있으나, 어떤 경우에는 다른 군 사이에서도 적용 가능하다. 이 군 내의 특정 엔진이 비행기 상에서 작동함에 따라, 비행기의 조작자는 이 특정 엔진의 포말 세척에 의하여 얻어질 개선점과 상호 관련될 수 있는 작동 변수에서의 어떤 변화를 느끼게 될 것이다. 비행기 조작자에 의한 정보는 (미국 정부, 엔진 제조사, 또는 엔진 리스 회사일 수 있는) 엔진 소유자에 전달되고, 이 엔진 소유자는 이 특정 엔진의 포말 세척을 언제 할 것인지를 결정한다.

[0048] 본원에 기재된 포말 세정 방법 및 장치의 다양한 실시 예가 액체 세정제의 스프레이 세정에 의하는 것보다 사용된 엔진으로부터 오염 물질을 제거하는데 더 효과적이라는 것이 실험적으로 알려져 왔다. 어떤 경우에, 액체 세정이 포말 세정 전에 이루어진 상태에서, 포말 세정 후에 터빈에서 취집된 오수는 액체 세정 후에 터빈에서 취집된 오수와 비교되어 왔다. 이러한 경우, 포말 오수가 그 내에 액체 세정으로 제거되지 않는 실질적인 양의 때와 침전물을 포함하고 있는 것을 알게 되었다.

[0049] 어떤 군의 엔진에서는 포말 세정의 사용이 연소기 라이너의 세정에서 개선점을 제공할 것이라고 믿어진다. 연소기 라이너는 복잡한 배열의 냉각 홀들을 구비하며, 이러한 냉각 홀들은 라이너 자체를 안전한 온도에서 단순히

유지하기 위하여가 아니라 가스 경로 온도를 감소시키도록 설계되어, 질소 중의 산화물의 형성을 제한하는 점이 잘 알려져 있다. 본 발명의 다양한 실시 예는 질소 중의 산화물의 세정된 엔진의 배출량의 감소를 보여 줄 것으로 기대되고 있다.

- [0050] 도 1 내지 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 세척 또는 세정 시스템(20)의 다양한 도면을 제공한다. 도시되고 기재된 것이 가스 터빈 엔진의 세정에 적용되는 세척 시스템(20)이나, 본 발명의 다양한 실시 예는 어떤 목적의 세정도 고려하고 있음을 이해하여야 한다.
- [0051] 도 1 및 도 2는 제트 엔진(10)을 세정하기 위하여 사용되는 시스템(20)을 개략적으로 나타낸다. 엔진(10)은 전형적으로 유입구(11), 팬(12), 및 하나 이상의 압축기(13)를 포함하는 차가운 구간을 구비한다. 압축된 공기가, 연소기(14), 하나 이상의 터빈(15) 및 배기 시스템(16)을 포함하는 뜨거운 구간에 제공되고, 후자는, 예로써, 단순한 집중화 노즐, (도 5에 보이는 바와 같은) 노이즈 감소 노즐, 및 (연소 후 엔진과 같이 사용되는 것과 같은, 또한 집중화 및 발산 구간을 포함하는) 냉각된 노즐을 포함한다.
- [0052] 도 2는 포말화 엔진(10)을 세정하기 위하여 사용되는 시스템(20)을 개략적으로 도시한다. 시스템(20)은 전형적으로 가스 공급부(26), 물 공급부(24), 및 세정 화학 물질 공급부(22)를 구비하고, 이 모두는 포말화 시스템(40)으로 제공된다. 포말화 시스템(40)은 이러한 입력 구성 성분들을 받아 들이고, 포말을 엔진(10)의 유입구(11)로 제공하는 노즐(30)에 포말(28)의 출력을 제공한다. 그러나, 다른 실시 예들은 포말이 먼저 압축기 구간(13)으로 제공되도록 노즐(30)을 위치시키는 것을 고려하며, 다른 실시 예에서는, 먼저 엔진(10)의 다른 부품들로 제공된다. 시스템(20)은 바람직하게, 그 내에 엔진(10)으로부터 분리된 소모된 포말, 화학 물질, 물, 및 입자 물질을 취집하도록, 엔진(10)의 배기부(16)의 후미에 위치하는 오수 취집기(32)를 구비한다.
- [0053] 도 3a 및 도 3b는 작동 시의 세척 시스템(20)을 묘사한다. 일 실시 예에서, 포말화 시스템(40)은 캐비넷(42) 내에 제공된다. 캐비넷(42)은, (도 14를 참조하여 도시되고 기재된 바와 같은) 핵 형성 챔버, 펌프, 및 다양한 밸브 및 배관을 포함하는, 포말(28)을 생성하기 위하여 사용되는 다양한 장비를 구비한다. 캐비넷(42)은 바람직하게 (도 11 내지 도 13을 참조하여 기재되는) 다양한 유동계 또는 연동 펌프(44), 압력 게이지(46), 및 압력 조정기(48)를 구비한다.
- [0054] 도 3b는 엔진의 유입구(11) 내로 포말(28)을 분사하는 노즐(30)의 사진도이다. 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말(28)의 확대된 사진도이다.
- [0055] 도 3c 및 도 3d는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 유입구(10)의 전방에 있는 노즐(30)을 도시한다. 일부 실시 예들은, 엔진 중심선의 양측을 제외하고는, 실질적으로 동일한 위치와 공간으로부터 유입구로 포말을 전달하는 한 쌍의 노즐을 활용하는 것을 알 수 있다. 일반적으로, 일부 실시 예의 노즐은 주변 조건 내로 포말 스트림을 제공하는 비분무식 노즐(non-atomizing nozzles)을 가진다. 도 3c 및 도 3d에서 알 수 있는 바와 같이, 노즐 장치(30)의 횡단면적은 일반적으로 유니테리 중심 전달 튜브로부터 각각 실질적으로 동일한 횡단면적을 갖는 한 쌍의 나란한 출구 노즐로 증가한다. 따라서, 장치(30)의 유동 경로를 따른 길이의 함수로서의 횡단면적은 중심 구간에 대하여 상대적으로 일정하고, 이후 중심 구간이 2개의 나란한 노즐로 분할됨에 따라 증가한다.
- [0056] 도 5 내지 도 10은 본 발명의 서로 다른 실시 예로 수행되는 다양한 테스트에 속한다. 도 5는 기존 절차에 따른 세척 후와 본 발명의 일 실시 예에 따라 수행되는 세척 후에 모두, 골진 변수 노이즈 억제 배기 노즐(16)의 도면을 제공한다. 좌측 및 우측 사진을 비교함에 있어서, 본 발명(우측 사진)의 일 실시 예에 따라 수행되는 세척 후에, 배기 노즐(16)이 표준 세척 절차(좌측 사진) 후에 전에 달성된 세정 레벨을 넘어서 세정되었다.
- [0057] 도 6은 표준 세척 후의, 또한 본 발명의 일 실시 예에 따른 세척 후의 결과를 포함하는, 엔진 스타트 시간에서의 개선점의 그림도를 제공한다. 이 표준 세척은 69초에서 66초로 3초만큼 특정한 엔진의 스타트 시간을 단축시켰다. 그러나, 발명적인 세척 시스템을 갖는 동일한 엔진의 다음 세척은, 본 발명의 일 실시 예에 따른 세정 방법이 표준 세정(엔진의 유입구 내로 분무된 세정 액체의 스프레이가 제공되는 방법과 같은)으로 달성되는 개선점을 넘어서 가스 경로 유동 역학을 개선할 수 있다는 것을 보여 주면서, 거의 9초의 스타트 시간의 추가적인 단축을 제공하였다.
- [0058] 도 7 내지 도 10은 헬리콥터 엔진 상에서 수행된 테스트와 테스트 결과를 묘사한다. 도 7 및 도 9은 듀얼 배기 노즐(16)을 나오는 오수 포말(28)로 세정되는 엔진(10)을 도시한다. 도 9는 헬리콥터 엔진 상에서 수행되는 다수의 스타트 테스트의 결과를 도시한다. 사용된 엔진의 스타트 시간이 기존의 세척 기법을 이용하여 약 5 퍼센트 감소된 것을 알 수 있다. 그러나, 본 발명의 일 실시 예에 따른 세정 시스템으로 동일한 엔진을 세정하는 것은 22 퍼센트를 상회하는 (원래의, 사용된 엔진과 비교하여) 추가적인 이득과 스타트 시간의 감소를

제공하였다.

- [0059] 도 10은 세정 전후에 전 동력(full power)로 작동하는 헬리콥터 엔진의 배기 가스 온도 차이에서의 개선점을 그림으로 보여 준다. 엔진의 기존 세정 시스템의 사용은 EGT 차이에서의 측정할 수 있는 개선점을 제공하지 않았다는 것을 알 수 있다. 그러나, 동일한 엔진이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템과 방법으로 세정된 후, 30 도C를 초과하는 EGT 차이(즉, 냉각기를 운영하는 능력)에서의 증가를 경험하였다.
- [0060] 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 세척 시스템(20,120)을 개략적인 형태로 묘사한다. (압력 게이지, 유량계, 압력 감소 밸브, 펌프, 체크 밸브, 핵 형성 챔버, 및 다른 밸브와 배관을 포함하는) 도 11a 및 도 11b에 개략적으로 묘사된 부품들 중 다수는 바람직하게, 도 12, 도 13, 및 도 14에서 볼 수 있는, 캐비닛(42) 내에 내장된다.
- [0061] 도 12a, 도 12b, 및 도 12c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말화 시스템(40)의 캐비닛(42)의 외부의 사진도이다. 다양한 유입구, 차단 밸브, 유량계, 압력 게이지, 및 연결부들을 이러한 사진도에서 볼 수 있다. 또한, 도 12, 도 13, 및 도 14의 묘사는 동일한 유동 시스템(40)에 관한 것이고, 도 14에서 볼 수 있는 다양한 중간 연결부들은 도 12 및 도 13에 도시된 캐비닛 외부로 추적될 수 있다.
- [0062] 도 13은 도 12a3의 유동 캐비닛(42)의 부분의 클로즈업 도면이다. 도 13b는 일 실시 예에서 화학 물질 A는 바람직하게 시간당 약 7 갤런으로 제공되고, 화학 물질 B는 시간당 약 19 갤런으로 제공된다는 것을 도시한다. 도 13c는 핵 형성 챔버 내로의 공기 유동이 분당 약 13 내지 14 표준 평방 피트 사이이고, 포말을 생성하기 위하여 사용되는 (펌프 후의) 물 유동은 약 7 및 8 갤런이었다는 것을 도시한다. 도 13d는 펌프 전에 측정된 물의 유동의 분당 약 7 갤런이었다는 것을 도시한다. 도 13d의 압력 게이지는 약 18 내지 20 psig의 공기, 물, 및 포말의 동작 압력을 지시한다. 이러한 특정 세팅은 단지 예시적이며, 한정적인 것으로 해석되어서는 아니 된다. 또한, 이러한 세팅은 Zok27의 화학 물질 A 및/또는 Turco 5884의 화학 물질 B를 유동시키는 실시 예와 활용되었다. 유사하게, 엔진 매뉴얼에 따라, 승인된 제품 또는 기본 성분들(예를 들어, 케로센, 아이소프로필 알코올, 석유 용매)의 조합이 활용될 수 있다. 기준 지점으로, 자격 있는 제품 리스트 또는 승인이 FAA 또는 Naval Air Systems Command 승인에 의하여 연관된다. 이러한 가스 경로 승인 보고서는 산업용의 MIL-PRE-85704 문서화에 의하여 구술되었다.
- [0063] 도 14는 캐비닛(42) 내에 내장된 부품들과 배관을 묘사하며, 도 12, 도 13, 및 도 15과 연관된다.
- [0064] 도 15 및 도 16은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(X60)의 다양한 실시 예를 도시한다. 이러한 실시 예들 중 다수는 가스용 유입구(X62), 하나 이상의 액체용 유입구(X63), 및 노즐(X30)으로 제공되는 포말 출력(28)을 제공하는 유출구(X64)를 구비한다. 일부 실시 예에서, 가스 챔버(X66)는 유입구(X62)로부터 압력 하의 가스를 받는다. 가스 챔버(X66)는 바람직하게 하우징(X61) 내에서 포위되어 있으며, 가스 챔버(X66)의 일부는 하우징(X61) 내의 유입구(X63)로부터의 유체와 접촉하도록 배열된다. 몇몇 실시 예들은 챔버(x66)의 내부 통로로부터 하우징(X61) 내의 유체와 유체 연통을 제공하는 하나 이상의 애퍼처 또는 다른 특징들(X70)을 갖는 가스 챔버(X66)를 구비한다.
- [0065] 애퍼처(X70)를 통한 가스의 유입은 핵 형성 존(X65) 내에서 세정 액체와 포말을 생성하도록 구성되어 있다. 바람직하게, 포말은, 보다 안정된 비포말된 액체 화학 물질의 더 높은 에너지, 짧은 수명 상태인 포말을 생성하도록 사용될 수 있는, 고속 에어 제트, 디퓨저 구간, 성장 스파이크, 및/또는 화학 물질의 원심 전단의 적절한 배열로 미리 공인된 비행 화학 물질의 핵 형성에 의하여 생성된다. 결과적인 포말은 세정되는 장치의 유입구 내로의 유입을 위하여 유출구(X64)로 제공된다.
- [0066] 일부 실시 예에서, 챔버(X60)는 더 작은 포말의 더 큰 포말 셀로의 합류를 복돋우는 재로 또는 장치가 있는 셀 성장 구간(X74)을 더 구비한다. 또 다른 실시 예들에서, 핵 형성 챔버(X60)는 포말 재료의 균질성을 개선하기 위한 재료나 장치를 구비하는 셀 구조화 구간(X78)을 구비할 수 있다. 챔버(X60)의 또 다른 실시 예들은 포말 셀의 수명을 증가시키고, 따라서 세정되는 제품(10)의 유입구(11)에 전달된 포말 셀들의 수를 증가시키기 위하여, 포말된 물질(28)가 덜 난류적인 되는 층류 유동 구간(X82)을 구비한다.
- [0067] 핵 형성 챔버들(X60) 중의 일부는 핵 형성 존, 성장 구간, 및 포말 유동 경로 내에서 연속적으로 배열된 구조화 구간을 구비한다. 또 다른 실시 예에서, 이러한 존들과 구간들은 동심으로 배열되고, 이 때 포말은 먼저 유동 경로의 중심선에 인접하게 생성된다. 또 다른 실시 예에서, 이 존들과 구간들은, 포말이 유동 경로의 주변에서 생성되고, 셀들이 유동 경로의 중심을 향하여 점진적으로 성장되고 구조화된 상태에서, 동심으로 배열된다. 본원에 기재된 핵 형성 챔버들(X60) 중의 일부는 핵 형성 존, 성장 구간, 및 단일 플레넘 내에 배열된 구조화 구

간을 구비한다.

- [0068] 그러나, 다른 실시 예들은 핵 형성 챔버에 모듈식 배열을 고려한다. 예를 들어, 핵 형성 존은 구조화 존에, 또는 증류 존에 볼트 결합되는 별도의 부품일 수 있다. 예를 들어, 다양한 구간들이 플랜지, 파스너, 나사 결합 등에 의하여 서로 부착될 수 있다. 또한, 시스템(X20)은 단일 핵 형성 챔버를 구비하도록 본원에 기재된다. 그러나, 이 세정 시스템은 다수의 핵 형성 챔버를 구비할 수 있는 것으로 이해된다. 일례로서, 다수의 챔버는 액체 및 가스를 제공하는 매니폴드로부터 이송될 수 있다. 이 평행한 유동 배열은 마찬가지로 함께 단일 노즐(X28) 또는 엔진의 유입구 기하 형상과 최적으로 매칭되는 패턴으로 배열되는 다수의 노즐로 함께 매니폴드되는 포말 출력을 제공할 수 있다.
- [0069] 본원에서 논의된 다양한 세척 시스템(X20)은 그 내에서 가스가 액체 혼합물로부터 포말을 생성하도록 분사되는 핵 형성 챔버의 유입구로 제공되는 (물, 화학 물질 A, 및 화학 물질 B와 같은) 액체의 혼합물을 포함할 수 있다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 액체들이 별개로 포말화될 수 있는 실시 예들을 포함한다. 예를 들어, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 세정 시스템은 화학 물질 A 용의 제1 핵 형성 챔버, 및 화학 물질 B와 물의 혼합물 용의 제2 핵 형성 챔버를 구비할 수 있다. 이러한 결과적인 2개의 포말은 이후 단일 노즐(X28)로 제공되어, 별도의 노즐(X28)로 제공될 수 있다.
- [0070] 하기의 다양한 기제는 수 많은 차이와 수 많은 유사성을 통합한 핵 형성 챔버(X60)의 다양한 실시 예에 속한다. 이들 각각은 단지 예시에 의하여 제공되며, 본원에서 표현되는 광범위한 아이디어에 경계를 긋는 것을 의도하지 않는 것으로 이해하여야 한다. 또 다른 예에서, 본 발명은 액체 제품이 유입구(X63)에 제공되어, 원주 가스 챔버(X66)에 의하여 둘러싸인 유동 경로 내에서 유동하는 실시 예를 고려한다. 이러한 실시 예에서, 가스 챔버(X66)는 환형 유동 공간을 정의하고, 유입구(X62)로부터의 압력 하의 가스를 이 환형 내에서 유동하는 액체 제품 내로 제공한다.
- [0071] 도 16a 및 도 16b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(60)를 도시한다. 하우징(61)은 가스 유입구(62), 액체 유입구(63), 및 포말 유출구(64)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다. 유입구(62)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형인 가스 튜브(66)가 하우징(61) 내에 담겨 있다. 가스 챔버(66)가 원통형 튜브로서 기재되었으나, 본 발명의 또 다른 실시 예는 포말이 생성되도록 액체의 유동 내로 가스의 유동을 제공하도록 구성된 어떠한 크기와 형상의 내부 가스 챔버를 고려한다.
- [0072] 가스 튜브(66)는, 유입구(63)으로부터의 액체가 일반적으로 튜브(66)의 외부면 주위에서 유동하도록, (동심 위치가 요구되지는 않지만) 하우징(61) 내에서 일반적으로 동심으로 위치한다. 튜브(66)는 바람직하게 일반적으로 하우징(61)의 내부 포말 생성 통로 내로 튜브(66) 내의 가스를 유동시키도록 구성된 다수의 애퍼처(70)를 구비한다. 도 16a에 도시된 바와 같이, 애퍼처(70)는 일반적으로 튜브(66)의 길이를 따라 위치하며, 바람직하게는 튜브(66)의 원주를 둘러싼다. 그러나, 본 발명의 또 다른 실시 예는, 예를 들어, 유입구를 향하여, 유출구를 향하여, 일반적으로 중심에, 또는 그 조합으로, 튜브(66)의 일정 선택 위치로 한정된 위치를 갖는 애퍼처(70)를 고려한다.
- [0073] 일례로서, 핵 형성 제트(70)는 하우징(61)의 횡단면 유동 면적과 대략 같거나 횡방향 면적보다 작은 총 유동 면적을 갖도록 구성되어 있다. 일례로서, 제트(70)는 약 1/8 인치 내지 약 1/16 인치의 구멍 직경을 가진다.
- [0074] 핵 형성 챔버(60) 내의 포말은 상술한 바와 같이 가스와 액체 스트림의 초기 혼합을 포함하는 핵 형성 존(65) 내에서 먼저 생성된다. 포말이 이 존을 벗어남에 따라, 하류 성장 구간(74) 내로 유동하여 해당 물질(75) 상에서 통과한다. 물질(75)은 개별 포말 셀들이 더 많은 포말 셀들로 분할되도록 다른 포말 셀들과 부착되고 결합될 수 있게 하는 구조 표면 영역을 제공하도록 구성되어 있다. 물질(75)은 더 크고, 보다 에너지가 많은 셀들을 수 많은 더 작은 셀들로 분할되도록 하는 다수의 특징을 구비한다. 일부 실시 예에서, 물질(75)은 바람직하게 금속 재료로 형성된 메쉬이다. 플라스틱 물질이 또한 대체되고 제공되어, 유기 물질이 세정에 사용되는 액체(22)에 노출되는 것을 견딜 수 있다. 또 다른 실시 예는 물질(75)이 메쉬 이외의 재료일 수 있다는 점을 더 고려한다.
- [0075] 더 많은 분할된 포말이 성장 구간(74)을 나감에 따라, 이들은 바람직하게 하우징(61)의 내부 포말 통로 내에 물질(79)을 포함하는 셀 구조화 구간(78)로 들어간다. 셀 구조화 구간(78)의 물질(79)은 구간(74)로부터 제1의 다양한 포말 셀 크기의 분배를 받아서, 제2의 더 작고 더 타이트한 셀 크기 분배를 출력(64)하도록 구성되어 있다. 일부 실시 예에서, 구조화 물질(79)은, 구간(78)의 셀 크기가 성장 구간(74)의 메쉬 크기보다 작은 상태에서, 금속으로 형성된 메쉬를 구비한다.
- [0076] 합류된(보다 풍부한 셀들) 그리고 구조화된(개선된 균질성) 셀들이 구간(78)을 나온 후에, 이들은, 일부는 하우

징(61) 내에 있을 수 있으며 일부는 하우징(61)의 밖에 있을 수 있는 유동 경로의 부분으로 들어가며, 이 유동 경로는 포말(28)의 층류를 제공하도록 구성되어 있다. 따라서, 이 층류 구간(82)의 횡단면적은 바람직하게, 핵 형성 구간(65), 성장 구간(74), 또는 구조화 구간(78)의 대표적인 횡단면 유동 면적들보다 크다. 유동 구간(82)은 층류를 촉진시키고, 포말의 양 또는 질을 감소시킬 난류를 억제시킨다. 또한, 노즐(30)로 연장된 유동 통로와 함께, 장치(60)의 출력 구간은 일반적으로 매끄럽고, 층류를 더 촉진시키고 난류를 억제시키는 충분히 완만한 선회 반경을 가진다.

[0077] 도 15는 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(260)를 도시한다. 하우징(261)은 가스 유입구(262), 액체 유입구(263), 및 포말 유출구(264)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다.

[0078] 유입구(262)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형인 가스 튜브(266)가 원통형 하우징(261) 내에 담겨 있다. 가스 챔버(266)가 원통형 튜브로서 기재되었으나, 본 발명의 또 다른 실시 예는 포말이 생성되도록 액체의 유동 내로 가스의 유동을 제공하도록 구성된 어떠한 크기와 형상의 내부 가스 챔버를 고려한다.

[0079] 가스 튜브(266)는, 유입구(263)으로부터의 액체가 일반적으로 튜브(266)의 외부면 주위에서 유동하도록, (동심 위치가 요구되지는 않지만) 하우징(261) 내에서 일반적으로 동심으로 위치한다. 튜브(266)는 바람직하게 일반적으로 하우징(261)의 내부 포말 생성 통로 내로 튜브(266) 내의 가스를 유동시키도록 구성된 다수의 규칙적으로 이격된 애퍼처(270)를 구비한다. 도 15a에 도시된 바와 같이, 이 애퍼처들(270)은 일반적으로 튜브(266)의 길이를 따라서 위치하고, 바람직하게는 튜브(266)의 원주를 둘러싼다.

[0080] 핵 형성, 성장, 셀 구조화 존(각각 272, 274, 및 278)은 동심으로 배열된다. 핵 형성 존(272)은 튜브의 외주와 파이프(266) 사이에서 생성된다. 성장 구간(274)의 와이어 메쉬 물질(275)은, 도 15f(여기서 3개의 전기 연결 스트립들로 대체된다)에서 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 튜브(266)의 외주 주위에서 래핑된다. 핵 형성 구간(272)은 파이프(266)의 외부 표면과 성장 물질(275)의 최내부 표면 사이에서 생성된다. 가스 거품이 애퍼처(270)로부터 방출되어 핵 형성 존(272)을 통과함에 따라, 포말이 형성되고, 이 포말은 메쉬 물질(275)의 하나 이상의 일반적으로 동심인 층들을 통과한다. 더 큰 포말 셀들이 성장 구간(274)의 물질(275)을 나옴에 따라, 더 큰 셀들은, (도 15c 및 도 15f를 참조하여 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이) 셀 구조 및 균질화 구간(278)을 포함하는 환형으로 배열된 금속 물질(279) 내로 들어간다. 도 15e를 참조하면, 일 실시 예에서의 균질화 구간(278)의 물질(279)은 핵 형성 챔버(260)의 중심선을 향해 테이퍼짐을 알 수 있다. 이 포말 셀들은 액체와 가스의 혼합에 의하여 생성되고, 상술한 바와 같은 방식으로 크기가 증가되고, 균질화된다.

[0081] 이 합류된(성장된) 또한 구조화된(개선된 균질성) 셀들은 구간(278)을 나온 후에, 일부가 하우징(261) 내에 있고 일부가 하우징(261)의 밖에 있는 유동 경로의 일부로 들어가며, (도 15e, 도 15a, 및 도 15b에서 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이) 포말(228)의 층류 유동을 촉진하도록 구성되어 있다. (도 12b 및 도 14a에서 가장 잘 보이듯이) 유출구(264)로부터 캐비닛(42) 상에 장착된 유출구(228-1)로의 유동 경로의 외경이 핵 형성 챔버(260)의 외경과 실질적으로 동일한 크기인 것을 알 수 있다. 그러나, (도 15a 및 도 15f로부터 볼 수 있듯이) 핵 형성 챔버(260)의 횡단면은 (도 14a에서 가장 잘 보이듯이) 출구(264)의 하류의 배관의 횡단면 유동 면적보다 작은 횡단면 유동 면적을 가진다. (도 14a 및 도 14b에서 가장 잘 보이는) 유동 구간(282)은 층류를 촉진시키고, 그렇지 않은 경우 포말의 양과 질을 감소시킬 난류를 억제시킨다. 또한, 노즐(230)로 연장된 유동 통로와 함께, 장치(260)의 출력 구간은 일반적으로 매끄럽고, 층류를 더 촉진시키고 난류를 억제시키는 충분히 완만한 선회 반경을 가진다.

[0082] 도 16c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(360)를 도시한다. 하우징(361)은 가스 유입구(362), 액체 유입구(363), 및 포말 유출구(364)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다.

[0083] 유입구(362)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형인 가스 튜브(366)가 하우징(361) 내에 담겨 있다. 가스 챔버(366)가 원통형 튜브로서 기재되었으나, 본 발명의 또 다른 실시 예는 포말이 생성되도록 액체의 유동 내로 가스의 유동을 제공하도록 구성된 어떠한 크기와 형상의 내부 가스 챔버를 고려한다.

[0084] 가스 튜브(366)는, 유입구(363)으로부터의 액체가 일반적으로 튜브(366)의 외부면 주위에서 유동하도록, (동심 위치가 요구되지는 않지만) 하우징(361) 내에서 일반적으로 동심으로 위치한다. 튜브(366)는 바람직하게 일반적으로 하우징(361)의 내부 포말 생성 통로 내로 튜브(366) 내의 가스를 유동시키도록 구성된 다수의 애퍼처(370)를 구비한다. 도 16c에 도시된 바와 같이, 이 애퍼처(370)들은 일반적으로 튜브(366)의 길이를 따라서 위치하고, 바람직하게는 튜브(366)의 원주를 둘러싼다.

[0085] 핵 형성 존(365)은 다수의 서브 존에 배열된 제트 또는 기공(perforations)(370)을 구비하며, 이러한 서브 존

(372) 내의 제트는 서로 다른 받음각(angle of attack)에서 유동하는 액체 내로 가스를 유입시킨다. 제1 핵 형성 존(372a)은, 제3의 핵 형성 존(372c)이 뒤따르는 제2의 중간 핵 형성 존(372b)의 상류에 위치한다(그 각각은 가스 챔버(366)의 길이를 따라 위치하거나 이격되어 있다). 도 16c 상에서 지시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시 예는 중첩이 없는 경우를 포함하여 다소의 중첩을 고려하지만, 존(372b)은 존(372a, 372c)와 중첩된다.

[0086] 존(372a) 내의 제트 또는 기공(370a)은 바람직하게 (도 16c에서 볼 때, 좌측에서 우측으로 일어나는) 액체의 유세한 유동에 일반적으로 반대되는(또는 대항하는) 받음각을 갖도록 구성되어 있다. 일례로서, 이러한 제트(370a)의 중심선은 (즉, 중심선과 60-50도를 형성하면서) 챔버(360) 내의 포말 유동의 중심선에 수직으로 연장된 선분으로부터 약 30-40도이다. 따라서, 존(372a) 내의 기공들(370a)을 나가는 공기는 액체의 속도를 늦추도록 작용하는 주변 액체의 유동에 에너지를 준다(즉, 노즐(370a)을 나가는 속도 벡터는 챔버(360)의 도 16c 내에서 좌측에서 우측으로 유동하는 액체의 속도 벡터에 반대인 성분을 가진다).

[0087] 존(372b) 내의 핵 형성 제트(370)는 포말 유동 경로 내의 액체에 회전 소용돌이를 주도록 각이져 있다. 일 실시 예에서, 핵 형성 제트(370b)는, 핵 형성 챔버(360) 내에서 토네이도와 같은 회전을 주는 방향으로, 유동 경로 중심선으로부터 연장된 수직선으로부터 약 30-40도 만큼 각이져 있다.

[0088] 제3 핵 형성 존(372c)은 일반적으로 포말 유동 경로 내의 유동의 전반적인 방향으로 액체를 축방향으로 밀기 위한(즉, 좌측으로부터 우측으로, 또한 일반적으로 제트(370a)의 각 방향에 반대되게) 방향으로 약 30-40도 각이진 다수의 제트(370c)를 구비한다.

[0089] 존(370) 내의 기공 또는 핵 형성 제트(372)는 모든 제트 중에서 전체로서 또는 제트의 몇몇의 단지 일부로서 상술된 바와 같은 받음각을 가질 수 있다는 점을 더 이해하여야 한다. 본 발명의 또 다른 실시 예들은 각각 제트(370a, 370b, 또는 370c) 중의 단지 몇몇이 상술한 바와 같이 각이져 있으며, 제트(370a, 370b, 또는 370c) 중의 나머지는 각각 서로 달리 방향을 갖는 존들(372a, 372b, 372c)을 고려한다. 또한, 지금까지 도시되고 기재된 것은, 유체 유동의 것에 반대되는 받음각을 가지며, 소용돌이를 주도록 방향을 갖는 받음각을 갖는 제트를 갖는 제2 구간 존 B가 뒤따르고, 이후 유출구를 향하여 포말을 밀도록 방향을 갖는 받음각을 갖는 제트를 갖는 제3 구간 존 C가 뒤따르나, 본 발명의 다양한 실시 예들은 각이진 제트의 더 추가적인 배열을 고려함을 이해하여야 한다. 일례로서, 또 다른 실시 예는 핵 형성 존의 시작부 또는 끝부에 위치하는 유체 소용돌이 발생 구간을 고려한다. 또 다른 예로서, 또 다른 실시 예들은 핵 형성 존의 말단 단부를 향하여 위치하는(즉, 성장 구간(374)을 향하여 보다 가깝게 향하는) (존(372a)로 상술된) 역 유동 구간을 고려한다. 또 다른 실시 예에서, 상술한 존 A, B, 및 C의 특성 중의 오직 하나와 배열된 구멍들을 갖는 실시 예들을 포함하는, 존 A, B, 및 C의 3개 모두보다는 작은 수를 포함하는 핵 형성 존이 존재한다.

[0090] 도 16d은 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(460)를 도시한다. 하우징(461)은 가스 유입구(462), 액체 유입구(463), 및 포말 유출구(464)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다.

[0091] 유입구(462)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형인 가스 튜브(466)가 하우징(461) 내에 담겨 있다. 가스 챔버(466)가 원통형 튜브로서 기재되었으나, 본 발명의 또 다른 실시 예는 포말이 생성되도록 액체의 유동 내로 가스의 유동을 제공하도록 구성된 어떠한 크기와 형상의 내부 가스 챔버를 고려한다.

[0092] 가스 튜브(466)는, 유입구(463)으로부터의 액체가 일반적으로 튜브(466)의 외부면 주위에서 유동하도록, (동심 위치가 요구되지는 않지만) 하우징(461) 내에서 일반적으로 동심으로 위치한다. 튜브(466)는 바람직하게 일반적으로 하우징(461)의 내부 포말 생성 통로 내로 튜브(466) 내의 가스를 유동시키도록 구성된 다수의 애퍼처(470)를 구비한다. 도 16d에 도시된 바와 같이, 애퍼처(470)는 일반적으로 튜브(466)의 길이를 따라 랜덤으로 위치하며, 바람직하게는 튜브(466)의 원주를 둘러싼다. 그러나, 본 발명의 또 다른 실시 예는, 예를 들어, 유입구를 향하여, 유출구를 향하여, 일반적으로 중심에, 또는 그 조합으로, 튜브(466)의 일정 섹터 위치로 한정된 위치를 갖는 애퍼처(470)를 고려한다.

[0093] 도 16e은 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(560)를 도시한다. 하우징(561)은 가스 유입구(562), 액체 유입구(563), 및 포말 유출구(564)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다.

[0094] 유입구(562)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형인 가스 챔버 또는 플레넘(566)이 하우징(561) 내에 담겨 있다. 가스 챔버(566)가 원통형 튜브로서 기재되었으나, 본 발명의 또 다른 실시 예는 포말이 생성되도록 액체의 유동 내로 가스의 유동을 제공하도록 구성된 어떠한 크기와 형상의 내부 가스 챔버를 고려한다.

[0095] 가스 튜브(566)는, 유입구(563)으로부터의 액체가 일반적으로 튜브(566)의 외부면 주위에서 유동하도록, (동심 위치가 요구되지는 않지만) 하우징(561) 내에서 일반적으로 동심으로 위치한다. 튜브(566)는 바람직하게 일반적

으로 하우징(561)의 내부 포말 생성 통로 내로 튜브(566) 내의 가스를 유동시키도록 구성된 다수의 애퍼처(570)를 구비한다. 도 16e에 도시된 바와 같이, 애퍼처(570)는 일반적으로 튜브(566)의 길이를 따라 위치하며, 바람직하게는 튜브(566)의 원주를 둘러싼다. 그러나, 본 발명의 또 다른 실시 예는, 예를 들어, 유입구를 향하여, 유출구를 향하여, 일반적으로 중심에, 또는 그 조합으로, 튜브(566)의 일정 선택 위치로 한정된 위치를 갖는 애퍼처(570)를 고려한다.

[0096] 존(572a, 572b, 572c) 내의 애퍼처들은 핵 형성 챔버(560)에 대하여 일반적으로 상술한 바와 같이 배열된다. 도 16e는 받음각(571a)을 갖는 단일의 핵 형성 제트(570a)를 도시하는 삽입도를 포함한다. 가스 배출 제트(570a)의 속도 벡터는 유입구(562, 563)으로부터 출구(564)로의 포말 유동 경로의 전반적인 유동 방향에 거스르는 방향인 (즉, 상류 방향인) 속도 성분을 포함한다.

[0097] 도 16f는 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(660)를 도시한다. 하우징(661)은 가스 유입구(662), 액체 유입구(663), 및 포말 유출구(664)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다.

[0098] 유입구(662)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형인 가스 튜브(666)가 하우징(661) 내에 담겨 있다. 가스 챔버(666)가 원통형 튜브로서 기재되었으나, 본 발명의 또 다른 실시 예는 포말이 생성되도록 액체의 유동 내로 가스의 유동을 제공하도록 구성된 어떠한 크기와 형상의 내부 가스 챔버를 고려한다.

[0099] 가스 튜브(666)는, 유입구(663)으로부터의 액체가 일반적으로 튜브(666)의 외부면 주위에서 유동하도록, (동심 위치가 요구되지는 않지만) 하우징(661) 내에서 일반적으로 동심으로 위치한다. 튜브(666)는 바람직하게 일반적으로 하우징(661)의 내부 포말 생성 통로 내로 튜브(666) 내의 가스를 유동시키도록 구성된 다수의 애퍼처(670)를 구비한다. 도 16f에 도시된 바와 같이, 애퍼처(670)는 일반적으로 튜브(666)의 길이를 따라 위치하며, 바람직하게는 튜브(666)의 원주를 둘러싼다. 그러나, 본 발명의 또 다른 실시 예는, 예를 들어, 유입구를 향하여, 유출구를 향하여, 일반적으로 중심에, 또는 그 조합으로, 튜브(666)의 일정 선택 위치로 한정된 위치를 갖는 애퍼처(670)를 고려한다.

[0100] 핵 형성 챔버(660) 내의 포말은 상술한 바와 같이 가스와 액체 스트림의 초기 혼합을 포함하는 핵 형성 존(665) 내에서 먼저 생성된다. 포말이 이 존을 벗어남에 따라, 이는 하루 성장 구간(674) 내로 유동하여 초음파 변환기(675) 상에서 또는 그 주위를 통과한다. 다른 실시 예들에서, 이 초음파 변환기는 핵 형성 존(665)로부터 나오는 포말에 음파 여기(sonic excitation)를 제공하도록 구성되어 있으며, 어떤 형상이어도 된다는 점을 이해하여야 하나, 변환기(675)는 (도시된 바와 같은) 로드이다. 예를 들어, 본 발명의 또 다른 실시 예들은, 포말이 원통의 내경을 통하여 유동하고, 변환기가 유동 경로(661)의 내경보다 작은 일부 실시 예에서는, 포말이 변환기의 외경 상에서 통과하도록, 일반적으로 원통형을 갖는 변환기를 고려한다. 또한, 일 실시 예는 초음파 주파수에서 여기되는 변환기를 구비하나, 또 다른 실시 예는 음파 주파수 및 아음파 주파수를 포함하는 어떤 주파수에서도 진동하여 핵 형성된 포말에 진동을 가하는 센서들을 고려한다.

[0101] 도 16f의 더 작은 삽입도를 참조하면, 변환기(675)는 바람직하게 외부의 전자원(external, electronic source)에 의하여 여기된다. 일 실시 예에서, 이 전자원은 변환기(675) 내에서 압전 소자를 여기시키는 진동 출력 전압을 제공한다. 진동 변환기의 사용은 실질적인 양의 제공된 액체를 포말로 변환하는데 효과적이다. 본 발명의 다양한 실시 예들은 하나 이상의 단일 주파수, 범위에 걸친 주파수 스위프, 또는 주파수 범위에 걸친 랜덤 주파수 입력을 포함하는, 어떤 타입의 진동 입력을 갖는 변환기(675)에서의 여기 진동을 고려한다. 하나의 시도에서, Sharpertek에 의하여 제공된 변환기는 25 kHz를 넘은 주파수에서 여기되었다. 일반적으로 원통형인 로드도 도시되었으나, 또 다른 실시 예는, 챔버 내의 액체와 가스가 개선된 효과를 위한 변환기에 가깝게 유동하도록, 직사각형 챔버 내에 사용될 수 있는 측부에 장착된 변환기를 포함하는, 어떤 형상의 진동 변환기도 고려한다. 또한, 변환기(675)의 전자 여기가 일부 실시 예에서 고려되나, 다른 실시 예에서는 변환기(675)가 유압 또는 공압 입력을 포함하는 다른 기계적 수단에 의하여 여기될 수 있음을 이해하여야 한다. 또한, 또 다른 실시 예는 핵 형성 챔버를 물리적으로 흔들기 위하여 캐비닛(42) 내의 진동 테이블을 사용하는 것을 고려한다. 이러한 실시 예에서, 핵 형성 챔버의 유입구와 유출구는 신축성 있는 부착에 의하여 캐비닛 내의 다른 배관과 결합된다.

[0102] 더 많은 포말이 성장 구간(674)을 나감에 따라, 이들은 바람직하게 하우징(661)의 내부 포말 통로 내에 물질(679)을 포함하는 셀 구조화 구간(678)로 들어간다. 셀 구조화 구간(678)의 물질(679)은 구간(674)로부터 제1의 더 큰 포말 셀 크기의 분배를 받아서, 제2의 더 작고 더 타이트한 셀 크기 분배를 출력(664)하도록 구성되어 있다. 일부 실시 예에서, 구조화 물질(679)은 메쉬를 포함한다.

- [0103] 도 16g은 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(760)를 도시한다. 하우징(761)은 가스 유입구(762), 액체 유입구(763), 및 포말 유출구(764)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다.
- [0104] 유입구(762)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형인 가스 튜브(766)가 하우징(761) 내에 담겨 있다. 가스 챔버(766)가 원통형 튜브로서 기재되었으나, 본 발명의 또 다른 실시 예는 포말이 생성되도록 액체의 유동 내로 가스의 유동을 제공하도록 구성된 어떠한 크기와 형상의 내부 가스 챔버를 고려한다.
- [0105] 가스 튜브(766)는, 유입구(763)으로부터의 액체가 일반적으로 튜브(766)의 외부 표면 주위에서 유동하도록, (동심 위치가 요구되지는 않으나) 하우징(761) 내에서 일반적으로 동심으로 위치한다. 튜브(766)는 다수의 핵 형성 장치(770)를 구비하며, 그 각각은 공기의 통로 용의 다수의 작은 구멍을 구비한다. 도 16g의 삽입도에 도시된 바와 같이, 일 실시 예에서, 이 장치(770)는 Ohio의 North Royalton의 Alwitco에 의하여 만들어진 것과 같은, 기공성 금속 필터-머플러이다. 이 장치들은 나사 부재에 부착된 기공성 금속 부재이다. 공기가 나사 부재를 통하여 기공 물질로 제공되며, 일 실시 예에서, 이 기공 물질은 이 기공 물질의 가장자리와 단부를 둘러싸는 다양한 구멍을 구비하고, 이 구멍들은 직경이 약 10 내지 100 마이크로미터 사이이다. 또 다른 실시 예는 Alwitco에 의하여 제공된 것과 같은 기공성 금속 브리더-벤트-필터의 사용을 고려한다. 또 다른 실시 예는 Alwitco 최미니 및 미니 머프 머플러의 것과 유사한 가스 출구 유동 경로를 구비한 장치(77)이다.
- [0106] 보다 일반적으로, 장치(770)는 챔버(766) 내로부터 압력 하의 가스를 받는 내부 유동 경로를 구비한다. 장치(770)의 단부는, 장치(770)의 내부 통로로부터의 가스가 액체의 둘러싸는 혼합물 내로 유동하여 포말을 생성하도록, (랜덤 또는 순차적인) 패턴으로 (기공성 금속의 사용에 의하여 달성되는 또는 드릴링, 스탬핑, 화학적 에칭, 포토 에칭, 전기 방전 가공 등에 의하여 달성되는) 다수의 구멍을 구비한다. 도 16g에 가장 잘 보이듯이, 일부 실시 예에서는, 장치(770)의 기공성 단부는 원통형이며 액체 유동 경로 내로 연장되는 반면, 또 다른 실시 예에서는, 이 기공 단부가 일반적으로 수평을 이루고, 또 다른 실시 예에서는 어떤 형상이어도 된다. 일부 실시 예에서는, 장치(770)는, 장치의 돌출 단부가 상류 측에서 일반적으로 비기공성이고, 장치의 하류 측은 기공성이 되도록, 방향이 정해진 기공성을 가진다. 이러한 실시 예들에서, 포말은 액체가 장치(770)의 돌출 바디 상에서 지나감에 따라 액체에 뒤이어 생성된다. 도 16g에 묘사된 바와 같이, 일부 실시 예에서는, 가스 챔버(766)의 길이를 따라 또한 (그렇지 않으면 그로부터 연장된) 원주 주위에 위치하는 다수의 장치(770)가 존재한다.
- [0107] 또 다른 실시 예는, 상술한 기공성 금속과 같은, 기공성 금속으로부터 제조되는 가스 챔버(766)를 고려한다. 이러한 실시 예에서, 가스는 챔버로부터 벗어나 기공성 구조의 전 길이를 따라 액체 유동 경로 내로 들어간다. 또한, 일부 실시 예는 (드릴링, 스탬핑, 화학적 에칭, 포토 에칭, 전기 방전 가공 등에 의하여 형성된) 다수의 구멍을 구비하는 물질로부터 구성된 가스 챔버를 고려한다.
- [0108] 도 16h는 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(860)를 도시한다. 하우징(861)은 가스 유입구(862), 액체 유입구(863), 및 포말 유출구(864)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다.
- [0109] 유입구(861)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형인 가스 튜브(866)가 하우징(862) 내에 담겨 있다. 가스 챔버(866)가 원통형 튜브로서 기재되었으나, 본 발명의 또 다른 실시 예는 포말이 생성되도록 액체의 유동 내로 가스의 유동을 제공하도록 구성된 어떠한 크기와 형상의 내부 가스 챔버를 고려한다.
- [0110] 가스 튜브(866)는 유입구(863)으로부터의 액체가 일반적으로 튜브(866)의 외부 표면 주위에서 유동하도록 (동심 위치가 요구되지는 않으나) 하우징(861) 내에서 일반적으로 동심으로 위치한다. 튜브(866)는 바람직하게 상술한 핵 형성 제트(770)와 유사한 다수의 장치(870)를 구비한다. 핵 형성 챔버(860) 내의 포말은 상술한 바와 같이 가스와 액체 스트림의 초기 혼합을 포함하는 핵 형성 존(872) 내에서 먼저 생성된다. 포말이 이 존을 벗어남에 따라, 이는 하루 성장 구역(874) 내로 유동하여 해당 성장 물질(875) 상에서 통과한다. 일부 실시 예에서, 물질(875)는 바람직하게 금속 재료로 형성된 메쉬이다. 플라스틱 물질이 또한 대체되고 제공되어, 유기 물질이 세정에 사용되는 액체(822)에 노출되는 것을 견딜 수 있다. 또 다른 실시 예는 물질(875)가 메쉬 이외의 재료일 수 있다는 점을 더 고려한다.
- [0111] 더 많은 포말이 성장 구간(874)을 나감에 따라, 이들은 바람직하게 하우징(861)의 내부 포말 통로 내에 물질(879)을 포함하는 셀 구조화 구간(878)로 들어간다. 셀 구조화 구간(878)의 물질(879)은 구간(874)로부터 제1의 더 큰 포말 셀 크기의 분배를 받아서, 제2의 더 작고 더 타이트한 셀 크기 분배를 출력(864 a)하도록 구성되어 있다. 일부 실시 예에서, 이 구조화 물질(879)은 금속로부터 형성된 메쉬를 구비하며, 구간(878)의 메쉬의 셀 크기는 성장 구간(874)의 메쉬 크기보다 작다. 하나의 시도에서, 장치(860)는 많은 액체를 포말로 변환하는데 성공적이다.

- [0112] 도 16i는 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(960)를 도시한다. 하우징(961)은 가스 유입구(962), 액체 유입구(963), 및 포말 유출구(964)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다.
- [0113] 유입구(962)로부터 압력 하의 가스를 받는 일반적으로 원통형의 챔버(966)가 하우징(961) 내에 담겨 있다.
- [0114] 가스 챔버(966)는, 유입구(963)으로부터의 액체가 일반적으로 챔버(966)의 외부 표면 주위에서 유동하도록 일반적으로 챔버(960)의 포말 유동 경로 내에 위치한다. 일 실시 예에서 또한 도 18i의 삽입도에 묘사된 바와 같이, 챔버(966)는 포말 유동 경로 내에 다수의 라디에이터와 같은 구조를 포함한다. 각 구조는 포말 유동 경로를 가로질러 연장된 하나 이상의 크로스 튜브(966.2)에 유입구(962)로부터의 가스를 제공하는 하나 이상의 메인 피드 파이프(966.1)를 구비한다. 이러한 크로스 파이프(966.2) 각각은 가스가 유동 액체 내로 빠져 나오는 다수의 핵 형성 제트(970)를 구비한다. 일 실시 예에서, 크로스 튜브(966.2)는, 크로스 튜브(966.2)의 일부 또는 모두를 가로질러 일반적으로 연장된 다수의 핀(fin)과 같은 부재(975)와 일반적으로 긴밀히 접촉한다. 이 챔버(966)는 따라서 핵 형성 존(972)와 성장 및/또는 균질화 구간(974, 978)을 각각 결합시켜 하나의 장치로 한다. 이 결과는 액체가 장치(966)의 상류 측 내로 들어가서, 포말이 장치(966)의 하류 측으로부터 나온다는 것이다. 일 실시 예에서, 장치(966)는 컴퓨터 칩 냉각 라디에이터 및 히트 싱크와 유사하다.
- [0115] 도 16j는 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(1060)를 도시한다. 하우징(1061)은 가스 유입구(1062), 액체 유입구(1063), 및 포말 유출구(1064)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다. 유입구(1062)로부터 압력 하의 가스를 받는 가스 챔버(1066)가 하우징(1061) 내에 담겨 있다.
- [0116] 일 실시 예에서, 챔버(1066)는 다수의 종방향으로 연장된 튜브(1066.2)와 유체 연통하는 공급 플레넘(1066.1)을 구비한다. 바람직하게, 튜브(1066.1, 1066.2) 각각은 핵 형성 챔버(1060)의 유동 경로 내에서 연장되고, 다수의 핵 형성 제트(1070)과 더 결합된다. 도 16j에서 볼 수 있는 바와 같이, 일부 실시 예에서, 튜브(1066.2)는, 액체가 일반적으로 튜브(1066.2)의 길이를 따라 유동하도록, 종방향으로 배열된다. 그러나, 다른 실시 예에서는, 튜브(1066.2)는, 핵 형성 챔버(960)에 대하여 기술된 바와 같은 튜브(966.2)와 유사한 방식으로, 수직으로 더 배열될 수 있다.
- [0117] 도 16k는 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(1160)를 도시한다. 하우징(1161)은 가스 유입구(1162), 액체 유입구(1163), 및 포말 유출구(1164)를 구비하며, 포말 생성 통로는 이 유입구와 유출구 사이에 위치한다. 가스를 포말 유동 경로 내로 해제시키기 위한 플레넘(1166)과 모터(1184)에 의하여 구동되는 임펠러(1186)를 구비하는 모터식 혼합 장치 모두를 구비하는 핵 형성 존(1172)이 하우징(1161) 내에 담겨 있다. 일 실시 예에서, 임펠러(1186)는 샤프트에 연결되며, 페인트 교반 장치와 유사한 하나 이상의 곡면을 이루는 교반 패들(stirring paddles)을 구비한다. 챔버(1166)의 유출구 튜브로부터의 가스가 교반 패들의 상류에 제공된다. 이러한 식으로 생성된 포말은, 포말 셀 크기가 광범위하지만, 받아 들일 만하다는 것을 알게 되었다. 또 다른 실시 예는 핵 형성 구간(1172)의 하류에 위치하는 (도시하지 않은) 셀 구조화 구간(1178)을 구비한다. 교반 부재의 또 다른 예가 장치(1186-1, 1186-2)를 구비하는 도 16k에 대한 삽입도에 도시되어 있다. 하나의 응용예에서, 핵 형성 장치(1186-1)는 McMaster Carr에 의해 판매되는 것과 같은 코일 스포링 임펠러와 유사하다. 또 다른 실시 예에서, 장치(1186-2)는 헤어 드라이어의 임펠러와 유사한 구조를 가진다. 일부 실시 예에서, 챔버(1160)에 준비된 포말은 바람직하게 상대적으로 낮은 유속에서 제공되는 액체(1163)으로 만들어진다.
- [0118] 도 16l, 도 16m, 도 16n, 도 16o, 도 16p, 도 16q, 및 도 16r은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 핵 형성 챔버(1260)를 묘사한다. 이러한 도면은 핵 형성 장치(1260)의 다양한 부품 사이의 다양한 각도 관계 및 다른 기하학적 관계를 도시한다. 도 16o는 핵 형성의 제1 존(1272a)이 음의 받음각을 갖는 것을 도시하며, 이는 핵 형성 장치 내에서 유동하는 액체의 일반적인 유동 방향에 반대되는 가스 플레넘을 나가는 공기의 속도 성분이 존재할 수 있다는 것을 의미한다. 도 16p 및 도 16q는 하류 방향 핵 형성 존(1272b, 1272c)이 (일부가 포말화되고, 제1 존(1272a)을 통과한) 액체의 유동과 동일한 방향으로의 속도 성분을 포함하는 공기의 분사 각도를 포함할 수 있다는 것을 도시한다. 도 16r은 포말화된 혼합물에 스웰(즉, 핵 형성 장치의 중심축에 대한 회전)을 제공하도록 방향이 정해진 핵 형성 제트(1270)를 도시한다. 다양한 핵 형성 제트가 각각 도 16o, 도 16p, 또는 도 16q에 도시된 알파, 베타, 로우 각도 중의 어느 것을 갖는 도 16r에 도시된 바와 같은 소용돌이 각의 조합을 가질 수 있다는 점을 또한 이해하여야 한다.
- [0119] 본 발명의 일부 실시 예에서, 모든 핵 형성 제트의 총 유동 면적은 가스 플레넘의 횡단면 유동 면적(N)의 약 50 퍼센트로부터 가스 플레넘의 총 횡단면 유동 면적(N)의 약 3배까지의 범위이다. 총 핵 형성 면적 대 총 플레넘 횡단면적의 비율을 달성하기 위하여, 길이(NL)는 이에 따라 조절될 수 있다. 또 다른 실시 예들에서, 핵 형성

장치의 내경의 횡단면적(0) 대 가스 플레넘의 단면(N)의 비는 약 5 미만이어야 한다.

- [0120] 도 17은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 비행기 엔진의 세정의 그림도를 제공한다. 도 17a는 DC-9의 군에서의 비행기의 윙과 엔진 사이에 주차된 차량(21)을 도시한다. 도 17a 및 도 17c는 DC-10 타입의 비행기의 우측 엔진을 세정하기 위하여 세척 시스템(20)을 사용하는 자동차(21)를 묘사한다. 차량(21)은 세척 시스템(20)을 구비한다. 노즐(30)은 동체가 장착된 엔진(10)의 유입구(11) 부근에서 연장 가능한 붐(23)으로부터 지지된다. 오수 취집기(32)는 엔진(10)의 배기측(16) 부근에 위치한다. 일 실시 예에서의 취집기(32)는 홀딩 부재(34)에 결합된 하우징(33)을 구비한다. 일부 실시 예에서의 홀딩 부재(34)는 세정 공정 동안에 엔진(10)의 후미에 취집기(32)의 위치를 유지하기 위하여 차량(21)(또는 포장도로 또는 다른 적절한 한정)에 결합된다. 일부 실시 예에서, 하우징(33)은 큰 야의 공연 장비와 유사하게 팽창 가능하다. 이러한 실시 예들에서, 차량(21)은 하우징(33)에 압력 하의 공기를 제공하기 위한 블로어를 더 구비한다.
- [0121] 붐(23)에 의하여 지지된 노즐(20)로부터의 포말이 엔진(10), 바람직하게는 스타터에 의하여 회전되는 엔진(10)의 유입구 내로 제공된다. 엔진(10)이 스타터 상에서 회전함에 따라, 포말(28)은 유입구(11) 내로 분사된다. 일부 실시 예에서, 스타터의 전형적인 동작은, 전형적으로 엔진 공회전(즉, 작동) 속도보다 작은 최대 엔진 모터링(즉, 비작동) 속도를 가져온다. 그러나, 일부 실시 예에서는, 시스템(20)을 활용하는 방법은 바람직하게 전형적인 모터링 속도보다 작은 회전 속도에서 엔진을 회전시키는 단계를 포함한다. 이러한 저속 동작에서, 엔진(10)의 차가운 구간 부품들은 엔진의 뜨거운 구간에 제공되기 전에 포말의 질 또는 양을 덜 감소시킬 것이다. 일 실시 예에서, 세정 동안에 바람직한 회전 속도는 모터링 속도의 약 25퍼센트로부터 모터링 속도의 약 75퍼센트 미만까지이다.
- [0122] 도 18a 내지 도 18b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 세척 또는 세정 시스템(20)의 다양한 도면을 나타낸다. 가스 터빈 엔진의 세정에 적용되는 세척 시스템(20)이 도시되나, 본 발명의 다양한 실시 예는 어떤 목적의 세정도 고려하고 있음을 이해하여야 한다. 세정 시스템(20)은 차량(21)의 내부에서 구현될 수 있다. 차량(21)은 또한 용량이 변화하는 원하는 위치로 차량처럼 롤링될 수 있도록 트레일러, 콤팩트 카트, 또는 짐수레의 형태를 가질 수 있다.
- [0123] 도 18a는 공항 세팅에서 비행기(90)의 윙 상에서 세정되는 엔진의 후방도를 그림으로 제공한다. 차량(21)은 지지대(34)에 의하여 엔진(10) 상에 거치된 호스(33)를 거쳐 엔진(10)으로 세정 포말 제품을 공급하기 위하여 세척 시스템(20)을 포함한다. 차량(21)은 붐(23)과 같은 지지대(34)를 공급한다 (도 19에서 나중에 도시됨).
- [0124] 도 18b는 제트 엔진(10)을 세정하기 위하여 사용되는 세척 시스템(20)의 전방도를 그림으로 보여 준다. 시스템(20)은 전형적으로 (도시하지 않은) 가스의 공급부(26), 물의 공급부(24), 세정 화학 물질의 공급부(22), 및 (도시하지 않은) 전기의 공급부를 구비하며, 이 모두는 포말화 시스템(40)에 제공된다. 포말화 시스템(40)은 이러한 입력 성분들을 수용하여, 노즐(30)을 거쳐 엔진(10)의 유입구(11)로 (도시하지 않은) 포말(28)의 출력을 제공한다.
- [0125] 도 19, 도 20, 및 도 21은 오수 취집기(32)와 차량(21)의 위치 설정의 다양한 실시 예를 그림으로 보여 준다. 오수 취집기(32)는 후처리, 재활용(도 23에서 후에 도시되는 바와 같은 처리 유닛(80)) 또는 처분을 위하여 포말 및 오수를 취집하도록 설계된다.
- [0126] 도 19는 오수 취집기(32)를 그림으로 보여 준다. 오수 취집기(32)는 실외 레크리에이션 장비와 유사하게 또는 비행기 비상 램프(ramp) 또는 라이프 래프트(life-raft)와 유사하게 팽창될 수 있다. 일 실시 예에서의 오수 취집기(32)는 비행기 용으로 안전하고 무난하며, 포말, 액체, 및 고체 입자들을 담도록 구조적으로 지지된다.
- [0127] 추가적으로, 차량(21)은 노즐(30)(도 27의 노즐(30))을 지지하기 위하여 붐(23)을 가질 수 있다. 붐(23)은 엔진(10)으로의 포말의 유입을 위한 노즐(30)을 위치시키는 것을 허용한다. 붐(23)은 늘어남, 회전, 및/또는 각도에 한정되지 않고, 공간의 자유도에서 조합 또는 범위를 가질 수 있다.
- [0128] 도 20은 더 큰 제트 엔진(10) 상의 (도 19와 유사한) 오수 취집기(32)를 나타낸다. 차량(21)은 엔진(10)의 전방에 위치할 수 있으며, 이 실시 예에 한정되지 않는다. 예를 들어, 비행기(90)의 최후방의 제트 엔진(10)은 차량(21)의 위치보다 충분히 높으며, 붐(23)은 (도 18a에서와 같이) 유입구에 도달할 것이다. 이러한 고려된 시나리오에서, 오수 취집기(32)는 붐(23)을 갖는 다른 차량(21)에 의하여, 또는 (도 18a0과 같이) 지지대(34)에 의하여 승강될 수 있다.
- [0129] 도 21은 오수 취집기(32)의 일 실시 예를 그림으로 보여 준다. 취집기(32)는 격납 벽(37)을 갖는 마루 매트일 수 있다. 일 실시 예에서, 격납 벽(37)은 브라켓으로 지지되거나, 팽창될 수 있도록 고려될 수 있다. 오수 취집

기(32)는 세정 공정 동안에 하나 이상의 엔진(10)을 둘러싸도록 다양한 크기와 치수일 수 있다.

[0130] 도 22a, 22b, 및 22c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템으로 세정되는 비행기 엔진(10)의 개략적이며 예술적인 사진도이다. 엔진(10)은 비행기(90)의 설계에 따라 장착되며, 도 22c는 후방을 향하여 수평으로 장착된 엔진(10)을 갖는 듀얼 로터 헬리콥터(Bell)를 도시하고, 도 22a 및 22b는 다른 설계 - 수직과 수평 사이에서의 윙과 피봇의 측부에 장착된 엔진(10)(V22 Osprey)을 가진 -를 나타낸다. 이 사진도에 보여지는 차량(21)은 트레일러를 구현한다. V22 비행기 상의 엔진(10)의 방향은 수직이고, 그 호스(33)는 엔진 유입구(11)에서 포말 세정 제품이 노즐(30)을 향하게 한다. 이러한 형태의 세정 또는 세척 엔진(10)은, (도 26에서 보다 상세한) 엔진 규정이 회전하거나 정지, 또는 모두를 위하여 엔진(10)의 핵심 부품들을 교번하게 한다. 세정 포말 제품은 교반/회전 없이도 하방향으로 흐를 수 있음이 고려되었다. 이후 오수는 엔진(10)의 바닥에서 나와서, (도 21와 유사하게) 포집되고, 하수관으로 들어갈 것이다.

[0131] 도 23은 본 발명의 일 실시 예에 세정 처리/방법의 개략도이다. 모든 이전 도면에서 보여지듯이, 본 발명의 장치와 방법은 현장에서의 융통성이 허용될 수 있다. 개략은 엔진(10)을 세정하기 위한 공정 단계의 방법 경로를 도시한다. 설명을 목적으로, 이 공정은 세척 시스템(20)을 포함하는 차량(21)에서 출발한다. 세척 시스템은 먼지, 오염 물질, 액체 및 포말, 오수가 엔진을 빠져 나가는, 엔진(10)을 세정하기 위하여 포말 세정 제품을 제공한다. 현장 조건과 규정이 변하기 때문에(즉 공항, 사유지, 또는 군사 지역), 이 방법과 발명 설계는 차량(21)에 모듈식 신속성을 결합하는 것을 고려한다. 예를 들어, 오수는 취할 수 있는 3개의 방법 루트, 경로 A, B, 또는 C를 가진다. 먼저, 경로 A에서, 오수가 하수관 또는 지면으로 바로 갈 수 있다. 둘째로, 오수 취집기(32) 시스템 때문에, 경로 B 또는 C에 도시된 바와 같이, 포말, 액체, 및 파울링 물질이 재활용되거나 및/또는 처리 유닛(80)에 의하여 처리될 수 있다. 차량(21)은 경로 B에 도시된 바와 같은 처리 유닛(80)을 수용할 수 있다. 반면, 경로 C에서는, 처리 유닛(80)이 차량(21)로부터 별도로 조작될 수 있다. 처리 유닛(80)은 AXEON Water Technologies의 의하여 판매되는 것과 유사한 미리 만들어진 모듈일 수 있다.

[0132] 도 24a 및 도 24b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말 분사 시스템을 묘사하는 엔진의 유사한 개략도이다. 개략은 팬 및 압축기 구간의 유입구(11)를 갖는 엔진(10)의 보다 가까운 전방도를 묘사한다. 엔진(10)과 관련하여 특별히 노즐(30)에 대한 사시도에 명료성을 부여하기 위하여 2개의 도면이 도시된다. 노즐(30)은 다수의 노즐, 및/또는 위치, 각도, 및/또는 회전에서 연계된 노즐일 수 있다. 예를 들어, 양 도면에서 지점 A는, 세정 포말 제품이 엔진(10)의 압축기 유입구(11)에 도달하여 그를 대상으로 하는 (크기에서 한정되지 않은) 세장형 튜브(elongated tube)를 갖는 연계 노즐(즉, Task Force Tips에 의하여 판매되는 로봇 또는 모니터, 원격 조정되는 모니터 Y2-E11A)을 도시한다. 유사하게, 양 도면에서, 지점 B는 노즐이 압축기 유입구(11) 존을 따라서 축방향으로 회전할 수 있는 엔진(10) 코어의 회전 축을 따라서 위치하는, (설계에서 한정되지 않는) Y 형상의 노즐 출구를 갖는 연계 노즐을 도시한다.

[0133] 도 25b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말 연결(41) 시스템을 묘사하는 엔진의 절개 및 내부 개략도이다. 엔진(10)은 전형적으로 유입구(11), (도시하지 않은) 팬(fan)(12), 및 하나 이상의 압축기(13)를 구비하는 차가운 구간을 구비한다. 압축 공기는 연소기(14), 하나 이상의 터빈(15), 및 배기 시스템(16)을 포함하는, 엔진(10)의 뜨거운 구간에 제공된다. 서로 다른 엔진이 엔진(10)의 파울링으로 인하여 마모 및 찢어짐에서 다양함을 보이기 때문에, 제조사들은 전용 튜브 배관(42), 연결부, 또는 물 세척 절차를 위해 설계된 통로를 가진다. 본 발명은 포말에 의한 세정 시스템이 개선점을 가진다는 점을 보여 주므로, 도 22a, 22b 및 22c를 참조하여, 노즐(30) 또는 호스(33)는 특징의, 몇몇 또는 모든 엔진 구간을 대상으로 하여, (점선으로 보인) 포말 연결(41) 지점들 중의 하나 또는 다수에 직접 연결될 수도 있다.

[0134] 일례로서, 일부 압축기 구간은, 예를 들어, 비행기에 블리드 에어를 제공하거나, 엔진의 뜨거운 구간의 냉각을 위해 상대적으로 차가운 압축 공기를 제공하기 위하여, 압축 공기를 운반하는 하나 이상의 매니폴드 또는 파이프를 구비하는 것으로 알려져 있다. 일부 실시 예에서, 세정 포말이 이러한 매니폴드나 파이프를 통하여 엔진으로 제공된다. 이 포말은 엔진이 회전하거나, 또는 엔진이 정지한 동안에 제공될 수 있다. 따라서, 엔진의 뜨거운 구간은, 보어스코프 검사 또는 다른 목적으로 사용되는 뜨거운 구간, 및 빈 포트를 냉각시킬 목적으로 한 더 차가운 압축 공기를 받아 들이는 파이프 또는 매니폴드를 구비하는 것으로 알려져 있다. 본 발명의 또 다른 실시 예는 정지된 엔진 또는 회전 엔진에서, 이러한 파이프 또는 포트로의 포말의 유입을 고려한다.

[0135] 도 25b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 포말 연결 시스템을 도시하는 엔진의 내부 및 외부 개략도이다. 도 25a와 유사한 방식으로, 엔진(10)은 유입구(11), 팬(12), 압축기(13) 구간, 연소기(14) 구간, 터빈(15) 구간, 및 배기(16) 구간을 가진다. 튜브 배관(43), 통로, 연결부가 기존의 또는 미래의 엔진 제조 엔지니어링이 변화하더

라도, 엔진(10) 구간을 세정하기 위한 포말을 전달하기 위하여 사용될 수 있다. 도 18b를 참조하여, 호스(33)는 노즐(30)에 연결되는 것을 의미하므로, 또한 호스(33)는 하나의 또는 반복된 연결부(41)로 엔진(10)을 직접 연결할 수 있다.

[0136] 도 26은 본 발명의 일 실시 예/방법에 따른 엔진 세정 회전 사이클 규정의 그래프도이다. 대다수의 이전 도면들에서 보이듯이, 엔진(10)은 많은 형태(즉, 수평, 수직)로 장착될 수 있으며, 엔진은 많은 형상과 크기로 나타날 수 있다. 이를 유념하여, 포말 세정 절차는 규정된 엔진(10) 핵심 속도에서 보다 효과적으로 작용할 수 있다(압축기(13) 구간, 및 터빈(15) 구간). 예시에 의하여, 이 그래프도는 N1, N2, 및 N3로 도시된 3개의 타입(3개 각각-샤프트를 거쳐 연결된 터빈(15)로의 압축기(13))의 핵심 속도를 가지고 있다. y 축은 허용된 최대의 회전 속도이다(실제 값은 보여지지 않으며, 예시로서 척도가 도시됨). x 축은 시간이다 (척도로서가 아니고, 단지 예시를 위함). 엔진 세정 규정의 목적은 엔진(10) 내의 가스 경로에서 넘치는 포말을 회전시키고 교반하는 것이다. 포말은 파울링과 접촉하고, 문지르며, 제거한다. 포말은 서로 다른 회전(교반) 속도에서 서로 다른 유체 역학적 성질들을 가진다. 따라서, 다양한 범위의 속도에서 엔진(10)을 사이클링시켜, 세정 효과가 얻어진다. 차트는 엔진(10)이 3번(3 사이클) 크랭크되는 것을 도시하며, 이 주파수에 한정되지 않는다. 제1 사이클을 평균함으로써, N1, N2, 및 N3가 관성의 양에 따라 거동하는 것은 명백하다. 영(0) 시간에서, N1, N2, N3는 영이고, 엔진이 1 유닛에 대하여 크랭크될 때, N1, N2, N3는 각각 약 10.5%, 8.5%, 5.8%의 최대 한계(ceiling)에 도달한다. 엔진(10) 내의 넘치는 포말 제품은, N3를 수력학적 마찰에 의하여 더 빨리 정지시키나, 비교적으로, N1은 더 긴 회전을 지탱한다. 규정에서 한번 또는 수회를 사이클링하는 것이 바람직하나, 엔진(10)은 또한 도 22에서 논의된 바와 같이 가스 경로를 분사하게 넘치게 하여 회전 없이도 세정될 수 있다.

[0137] 포말의 온도는 사이클링 규정의 주파수 및 진폭에 유용하다. 차량(21)은 세정 규정의 효과를 조정하고 효과적으로 하기 위하여 히터(38)를 내장할 수 있다.

[0138] 도 27은 엔진 모니터링 및 정량화의 이익을 위한, 본 발명의 하나의 방법의 그래프도이다. 적절히 엔진(10)을 세정하는 것이 긍정적 효과 및 이익은 본 발명 내로 더 정량화될 수 있다. 진단 및 원거리 측정 툴을 이용하여, 재정적, 작동적, 유지, 환경(즉, 탄소 량, 워의 시간, 연소 절약 등)이 얻어 질 수 있다. 데이터 분석 툴은 엔진(10)의 수명과 안전을 향상시키는 과학적인 방법들이다. 도 27에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예는 방법을 포함한다. 예를 들어, 비행기나 보트의 엔진(10)은 정보를 데이터 센터에 송신한다. 다음으로, 컴퓨터 자동화에 의한 엔진 조작자 또는 제조사가 별도로, 또는 전문적으로 훈련된 사람과 연계하여 포말 엔진 세정 방법을 요청한다. 이 모니터링 방법과 연계하여 포말 세정 방법을 수행하면, 성능 회복 척도가 개선을 보일 수 있다. 이러한 정량화된 개선점은 재정적 목표, 탄소량, 엔진 수명 연장, 및/또는 안전을 위하여 수집될 수 있다.

[0139] 도 28은 본 발명의 일 실시 예에 따른 휴대용 오수 취집기의 다양한 도면들을 도시한다. 오수 취집기는 지면으로부터 그를 지지하는 다수의 휠을 갖는 트레일러(232.1)를 포함하며, 바람직하게는 다른 차량에 의하여 견인되는 트레일러 히치(trailer hitch)를 구비한다. 이 트레일러는 엔진 세정 공정 동안에 포말 오수를 지지하고 포함하도록 구성될 수 있는 화물칸을 구비한다. 이러한 도면에 도시된 바와 같이, 화물칸은, 일반적으로 휠에 의하여 지지되는 취집 풀(collection pool)(232.2)을 형성하도록 플라스틱의, 방수(waterproof and watertight) 신축성 시트(flexible sheet)과 열을 이룬다.

[0140] 트레일러는 바람직하게 운송용을 위해 컴팩트한 형상으로 편리하게 접힐 수 있는 다수의 취집 장치를 구비한다. 이러한 장치들은 또한 세정 공정 동안에 포말의 취집을 위하여 직립 조건에서 연장되고 지지될 수 있다.

[0141] 도 28은 세정 공정 동안에 포말을 취집하기에 적당한 연장된 조건에서 트레일러 및 취집 장치를 도시한다. 배기 취집기(232.3)는 방수가 되는 신축성 시트에 의하여 형성되며, 한 쌍의 이격된 리브(232.34)에 의하여 분리된다. 지지 리브 각각은 트레일러의 양 반대측 상에 위치하고, 이들 각각은 트레일러(232.1)의 전방 단부에 선회 가능하게 결합된다.

[0142] 바람직하게, 이 시트는, 수직으로 지지된 상태에서, 시트가 엔진의 배기부로부터 빠져 나오는 포말의 취집을 위하여 유입구(232.34)를 갖는 엔클로저(32.31)를 형성하도록, 충분히 크고, 또한 리브들 상에서 느슨하게 걸쳐진다. 이 엔클로저(232.31)는 유입구로부터 풀(232.2)에 근접하게 위치하는 드레인으로서의 중력에 의한 유동 경로를 형성한다. 유입구에서 받아들인 포말은 엔클로저 내에서 하방향으로 유동하여 드레인에 의하여 풀 내로 들어간다. 한 쌍의 수직 지지대(232.33)은 이 엔클로저의 양측에 제공된다. 상기 수직 지지대 각각은 일단에서 트레일러의 측부에 결합되며, 타단에서 해당 리브에 결합된다. 이 리브와 해당 수직 지지대는, 이 엔클로저를 직립 상태에서 유지하기 위하여 (도 28에 도시된 바와 같은) 연장된 상태에서 서로 잠긴다. 리브와 수직 지지대가 잠금 해제되면, 리브는 트레일러의 뒤를 향하여 접히고, 수직 지지대는 트레일러의 전방을 향하여 접히거나, 또는

이송을 목적으로 제거된다. 트레일러의 후단(232.1)은 엔진실이 열리면 세척된 엔진의 유입구로부터의, 또한 엔진의 아래로부터의 유출 액체를 잡도록 구성된 취집기(232.4)를 구비한다. 취집기(232.4)는 트레일러(232.2)의 전방 단부를 향하여 연장되며, 수직 지지대(232.43)에 의하여 지지될 때, 세정되는 엔진의 유입구를 향하여 상방향 각도를 제공한다. 엔진 유입구로부터 또는 엔진실로부터 나오는 포말은 한 쌍의 이격된 실질적으로 평행한 지지 리브(232.42) 사이의 시트(232.41)의 지지에 의하여 생성되는 배출 경로(drainage path) 상에 떨어진다. 이러한 리브 각각은 트레일러의 전방 단부에 선회 가능하게 연결된다. 수직 지지대(232.43)는 각각 리브에 부착되어, 지면과 접촉한다. 오목한 시트(232.41)의 배출 경로 상에 떨어지는 포말은 폴(232.2)를 향해 중력에 의하여 이동한다.

- [0143] 본 발명의 서로 다른 실시 예의 다양한 양상은 하기에 문단 X1, X2, X3, X4, X5, X6, 및 X7에서 표현된다.
- [0144] X1. 본 발명의 하나의 양상은 수용성 액체 세정제를 포말화하는 장치에 있어서, 순차적으로 배열된 부분들 또는 영역들을 조작하는 다수의 포말을 갖는 하우징으로서, 상기 하우징은 가스 유입구, 상기 수용성 세정제 용의 액체 유입구, 및 포말 유출구를 갖는 하우징을 포함하고; 하나의 영역 또는 부분은 다수의 에퍼처를 갖는 압축 가스 분사 장치를 구비하고, 상기 하우징의 내부는 상기 액체 유입구로부터 액체를 받고 상기 에퍼처로부터 빠져 나온 가스를 받고, 제1 평균 셀 크기와 제1 셀 크기 범위의 포말을 생성하고; 다른 포말 조작 부분은 제1 분배 범위와 제1 평균 크기를 갖는 셀들을 받아서, 제2의 더 큰 평균 셀 크기를 갖는 포말을 생성하기 위하여 셀들의 부착 및 합류를 위한 표면 영역을 제공하는 셀 부착 및 성장 부재 상에서 유동시키는 장치에 속하고; 또 다른 포말 조작 영역 또는 부분은 제1 범위의 셀 크기를 갖는 포말을 받아서, 상기 포말 크기의 범위를 줄이고 더욱 균질한 포말 출력을 감소시키도록 구성된 포말 구조화 부재를 통하여 이 포말을 유동시키는 장치에 속한다.
- [0145] X2. 본 발명의 다른 양상은 액체를 포말화하는 방법에 있어서, 포말을 형성하기 위하여 액체와 압축 가스를 혼합하고, 부재 상에서 포말을 유동시키며, 셀들의 크기를 증가시키는 단계; 및 이후 셀들의 크기를 감소시키기 위하여 다수의 에퍼처들 또는 격자를 통하여 포말을 유동시키는 단계를 포함하는 방법에 속한다.
- [0146] X3. 본 발명의 또 다른 양상은 공기 포말화된 수용성 액체 세정제를 제공하는 시스템에 있어서, 주변 압력보다 높은 압력으로 공기를 제공하는 에어 펌프; 압력에서 상기 수용성 액체 세정액을 제공하는 액체 펌프; 상기 공기 펌프로부터 공기를 받는 공기 유입구, 상기 액체 펌프로부터 액체를 받는 액체 유입구, 및 포말 유출구를 갖는 핵 형성 장치로서, 상기 핵 형성 장치는 포말을 생성하기 위하여 상기 압축된 공기와 상기 액체를 난류식으로 혼합하는 핵 형성 장치; 및 포말 도관을 통해 상기 포말을 받는 노즐로서, 상기 노즐과 상기 도관의 내부 통로들은 상기 포말의 난류를 감소시키도록 구성되고, 상기 노즐은 포말의 저속 스트림을 전달하도록 구성된 시스템에 속한다.
- [0147] X4. 본 발명의 또 다른 양상은 공기 포말화된 수용성 액체 세정제를 비행기 상에 설치된 제트 엔진의 유입구로 제공하는 방법에 있어서, 수용성 액체 세정제의 소스(source), 액체 펌프, 공기 펌프, 난류 혼합 챔버, 및 비분무식 노즐(non-atomizing nozzle)을 제공하는 단계; 상기 혼합 챔버 내에서 압축 공기와 압축 액체를 혼합하고 포말의 공급을 생성하고, 설치된 유입구의 전방에 상기 노즐을 위치시키는 단계; 및 상기 노즐로부터 상기 설치된 유입구 내로 포말 공급을 스트리밍하는 단계를 포함하는 방법에 속한다.
- [0148] X5. 본 발명의 다른 양상은 수용성 액체 세정제를 포말화하는 장치에 있어서, 포말을 생성하기 위하여 압축된 가스를 흐르는 수용성 액체와 혼합하는 수단; 포말의 셀들의 크기를 성장시키는 수단과 성장된 셀들의 크기를 감소시키는 수단을 포함하는 장치에 속한다.
- [0149] X6. 본 발명의 또 다른 양상은 제트 엔진의 포말 세정을 예정하는 방법에 있어서, 개선 범위를 일군의 제트 엔진의 일원의 포말 세척에 의하여 달성될 수 있는 상기 군의 제트 엔진의 작동 변수로 정량화시키는 단계; 주기 동안 비행기 상에 설치된 군 중의 특정 엔진을 작동시키는 단계; 상기 작동 동안에 상기 특정 엔진의 성능을 측정하는 단계; 상기 특정 엔진이 포말 세정되어야 한다는 것을 결정하는 단계; 및 상기 특정 엔진의 포말 세정을 예정하는 단계를 포함하는 방법에 속한다.
- [0150] X7. 본 발명의 또 다른 양상은 가스 터빈 엔진의 포말 세정을 위한 장치에 있어서, 화물칸을 갖는 다중 휠 트레일러로서, 상기 칸은 방수 라이너를 갖는 다중 휠 트레일러; 제1 쌍의 이격된 리브(ribs)에 의하여 지지되는 제1 시트(sheet)를 구비하는 배기 포말 오수 취집기(collector)로서, 상기 제1 리브는 상기 트레일러의 단부에 선회 가능하게 결합되고, 상기 리브와 상기 시트는 포워딩 유동 경로를 제공하도록 협동하고, 상기 유동 경로의 단부는 포말을 받기 위한 유입구를 가지며, 상기 유동 경로의 타단은 상기 라이너에 포말 오수를 제공하도록 구성된 드레인을 갖는 배기 포말 오수 취집기; 및 제2 쌍의 이격된 리브에 의하여 지지되는 제2 시트를 구비

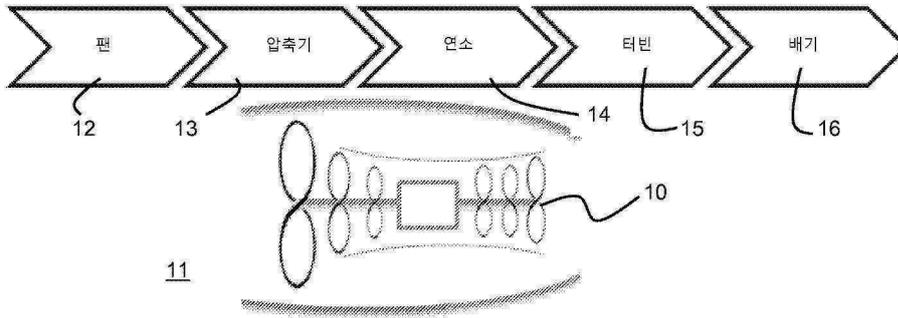
하는 유입구 포말 취집기로서, 상기 제2 리브는 상기 트레일러의 상기 타단에 선회 가능하게 결합되고, 상기 리브와 상기 시트는 상기 라이너의 드레인 경로를 제공하도록 협동하는 유입구 포말 취집기를 포함하는 장치에 속한다.

- [0151] 또 다른 실시 예들은 이전의 언급 사항들 X1, X2, X3, X4 중의 어느 것에 속한다.
- [0152] X5, X6, 또는 X7은 하기의 다른 양상들 중의 하나 이상과 조합된다. 상술한 X 문단들 중의 어느 하나는 다른 X 문단들의 개별 특징과 결합될 수 있는 개별 특징들의 나열을 구비하는 점을 이해하여야 한다. 상기 제1 유동 부분, 상기 제2 유동 부분, 및 상기 제3 유동 부분은 실질적으로 동일한 유동 면적을 갖는다.
- [0153] 상기 하우징은 내부 벽과 내부 축선을 가지며, 상기 내부 유동 경로의 방향은 상기 축선으로부터 상기 내부 벽면을 향한다.
- [0154] 상기 제1, 제2, 및 제3 유동 부분 중의 적어도 2개는 동심이며, 상기 제3 유동 부분은 상기 제1 또는 제2 부분의 최외측에 있으며, 상기 제1 유동 부분은 상기 제2 또는 제3 부분의 최내측에 있다.
- [0155] 상기 제1, 제2, 및 제3 유동 부분은 동심이며, 상기 제2 유동 부분은 상기 제1 부분과 상기 제2 부분 사이에 있다.
- [0156] 상기 내부 유동 경로의 방향은 상기 액체 유입구로부터 상기 포말 유출구를 향한다.
- [0157] 상기 성장 부재는 와이어 메쉬를 구비한다.
- [0158] 상기 와이어 메쉬는 제1 메쉬 크기를 가지며, 상기 구조화 부재는 상기 제1 메쉬 크기보다 작은 제2 메쉬 크기를 갖는 와이어 메쉬를 구비한다.
- [0159] 상기 메쉬는 플라스틱 물질 또는 금속 물질을 포함한다.
- [0160] 상기 구조화 부재는 에퍼처 플레이트, 격자, 또는 섬유 매트릭스를 포함한다.
- [0161] 부재 상에서 상기 제1 포말을 유동시키는 상기 단계는 제1 포말의 난류를 증가시킨다.
- [0162] 유입구 및 유출구를 갖는 챔버 내에서 상기 제3 포말을 유동시키는 단계를 더 포함하고, 상기 챔버는 상기 제3 포말의 난류를 감소시키도록 구성된다.
- [0163] 상기 챔버는 상기 유입구와 상기 유출구 사이에 상기 제3 포말의 보다 많은 층류를 제공한다. 상기 혼합 단계는 제1 방향으로 상기 액체를 유동시키고, 상기 제1 방향에 적어도 부분적으로 반대되는 속도 성분을 갖는 제2 방향으로 상기 가스를 분사하는 단계를 포함한다.
- [0164] 상기 제2 포말을 유동시키는 단계는 소정의 속도에서 이루어지고, 상기 방법은 물체 내로 실질적으로 동일한 속도로 상기 제3 포말을 유동시키고 상기 물체를 세정하는 단계를 더 포함한다.
- [0165] 상기 노즐은 제트 엔진의 블리드 공기 도관(bleed air duct)으로 포말 스트림을 제공하도록 구성된다.
- [0166] 상기 노즐은 제트 엔진에 장착된 튜브 배관의 매니폴드에 포말 스트림을 제공하도록 구성된다.
- [0167] 상기 스트림은 실질적으로 일정한 직경을 가진다.
- [0168] 상기 노즐은 제1 유동 면적을 가지며, 상기 도관은 제2 유동 면적을 가지고, 상기 제1 유동 면적은 상기 제2 유동 면적과 대략적으로 동일하다.
- [0169] 상기 포말 유출구는 제1 유동 면적을 가지며, 상기 도관은 제2 유동 면적을 가지고, 상기 제1 유동 면적은 상기 제2 유동 면적과 대략적으로 동일하다.
- [0170] 상기 노즐은 총 유동 면적을 갖는 하나 이상의 노즐이고, 상기 포말 유출구는 유출구 면적을 가지고, 상기 유출구 면적은 상기 총 유동 면적과 대략적으로 동일하다.
- [0171] 상기 핵 형성 장치는 다수의 공기 유동 에퍼처를 갖고 액체 유동이 제공된 챔버 내에 위치하는, 공기 압축된 플레넘을 구비하고, 상기 에퍼처는 포말을 생성하기 위하여 유동하는 액체 내로 공기를 배출한다.
- [0172] 상기 핵 형성 장치에 의하여 받은 공기는 약 10 psig를 초과하고 약 120 psig 미만인 압력이며, 상기 핵 형성 장치에 의하여 받은 액체는 약 10 psig를 초과하고 약 120 psig 미만인 압력을 갖는다. 상기 스트리밍된 공급은 초당 약 3 인치 또는 피트보다 크고 초당 약 15피트보다 작은 속도이다.

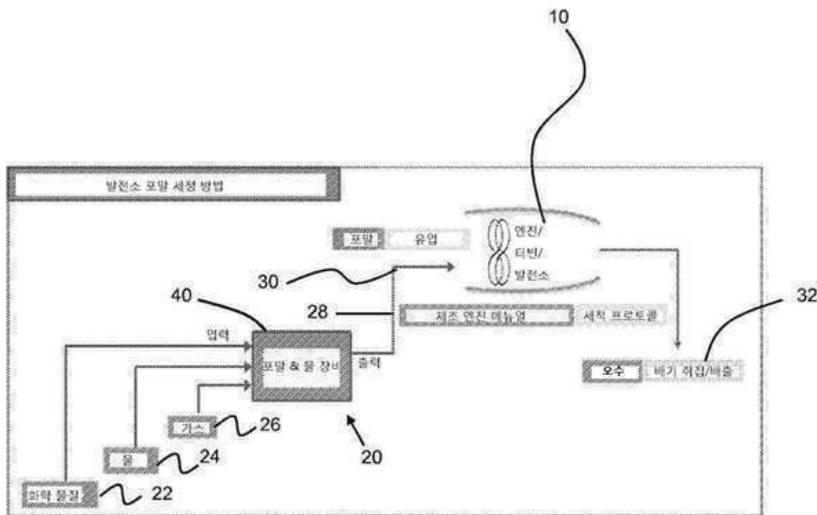
- [0173] 상기 스트리밍된 공급은 실질적으로 일정한 직경의 유니터리 스트림이다.
- [0174] 상기 제공하는 단계는 상기 혼합 챔버의 하류에 있는 셀 성장 챔버를 부기하고, 상기 방법은 상기 혼합 단계 후에 또한 상기 스트리밍 단계 전에 상기 포말 셀들의 크기를 성장시키는 단계를 더 포함한다.
- [0175] 상기 제공하는 단계는 상기 혼합 챔버의 하류에 있는 난류 감소 챔버를 부기하고, 상기 방법은 상기 혼합 단계 후에 또한 상기 스트리밍 단계 전에 상기 혼합된 포말의 난류를 감소시키는 단계를 더 포함한다.
- [0176] 상기 설치된 엔진은 실질적으로 수직 방향이고, 상기 스트리밍은 상기 엔진의 회전 없이 상기 설치된 유입구 내로 이루어진다.
- [0177] 상기 성장시키는 수단은 성장 메쉬를 구비하고, 상기 감소시키는 수단은 감소 메쉬를 구비하며, 상기 감소 메쉬의 메쉬 크기는 상기 성장 메쉬의 메쉬 크기보다 작다.
- [0178] 상기 성장시키는 수단은 상기 혼합시키는 수단으로부터의 상기 포말의 셀들의 부착 및 합류를 위한 표면을 제공하도록 구성된다.
- [0179] 상기 성장시키는 수단은 다수의 제1 통로를 구비하고, 상기 감소시키는 수단은 상기 제1 통로보다 작은 다수의 제2 통로를 통해 상기 성장된 셀들을 통과시켜 상기 성장된 셀들의 적어도 일부의 크기를 감소시키도록 구성된다.
- [0180] 상기 혼합시키는 수단은 튜브 내로부터 유동하는 액체 내로의 상기 가스의 분사이다.
- [0182] *상기 혼합시키는 수단은 기공성 금속 필터를 통해 유동하는 액체 내로 압축된 가스를 제공하여 이루어진다. 상기 혼합시키는 수단은 모터식 회전 임펠러를 구비한다.
- [0183] 상기 혼합시키는 수단은 가스의 분사에 의하여 상기 유동하는 액체에 소용돌이를 준다.
- [0184] 상기 성장시키는 수단은 진동 로드, 또는 초음파 변환기이다.
- [0185] 상기 특정 엔진의 측정된 성능을 상기 엔진의 소유자에게 제공하는 단계를 더 포함하며, 상기 결정하는 단계는 상기 엔진 소유자에 의하여 이루어진다.
- [0186] 상기 작동 변수는 스타트 시간이다.
- [0187] 상기 작동 변수는 상기 엔진의 특정 연료 소모이다. 상기 작동 변수는 상기 엔진에 의하여 방출되는 탄소 도는 질소 중의; 산화물이다.
- [0188] 상기 측정하는 단계는 상업적 승객 작동 동안에 이루어진다.
- [0189] 상기 장치는 일단에서 상기 트레일러에 타단에서 상기 제1 리브 중의 하나에 부착되는 수직 지지대를 더 포함하고, 상기 수직 지지대는 상기 유입구로부터 상기 드레인으로의 중력 유도 배출(gravity-induced drainage)을 용이하게 하기 위하여 직립 상태(upright condition)에서 상기 포워딩 유동 경로를 유지한다.
- [0190] 상기 장치는 일단에서 상기 트레일러에 타단에서 상기 제2 리브 중의 하나에 부착되는 수직 지지대를 더 포함하고, 상기 수직 지지대는 상기 유입구로부터 상기 라이너를 향하는 중력 유도 유동을 용이하게 하기 위하여 상방향 각도(upward angle)에서 상기 배출 경로를 유지한다.
- [0191] 본 발명의 도면과 상술한 기술에서 상세히 도시되고 기술되었으나, 동일한 것들이 성격에 있어서 도시적이나 한정적이지 않는 것으로 고려되고, 단지 몇몇 실시 예가 도시되고 기술된 것이며 본 발명의 사상 내의 모든 변화와 변경이 보호되기를 의도한 것으로 이해하여야 한다.

도면

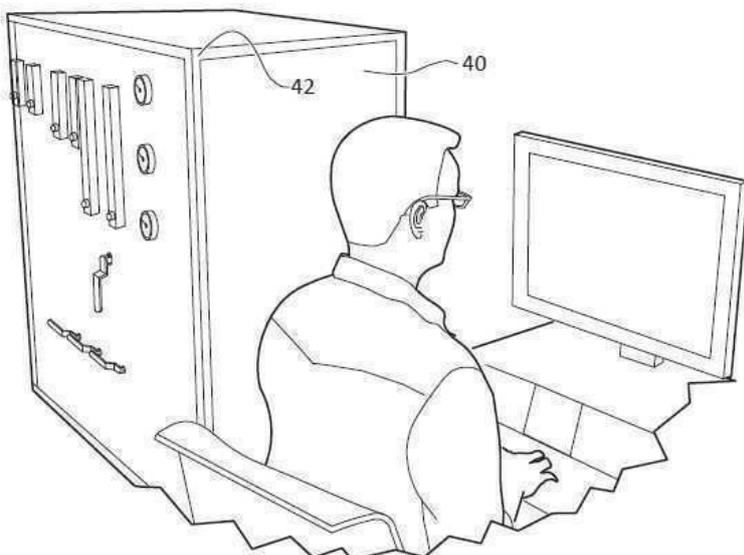
도면1



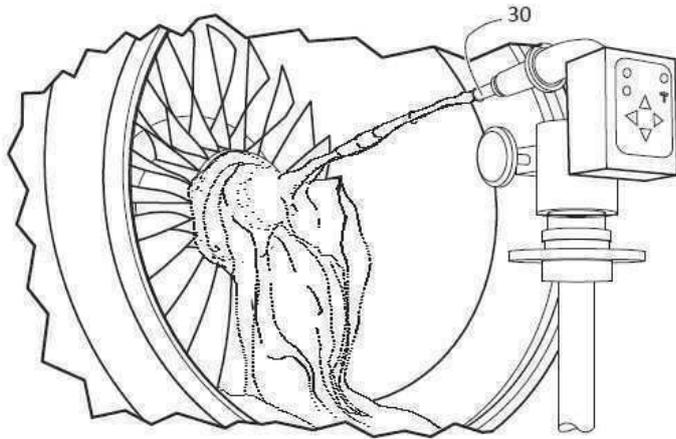
도면2



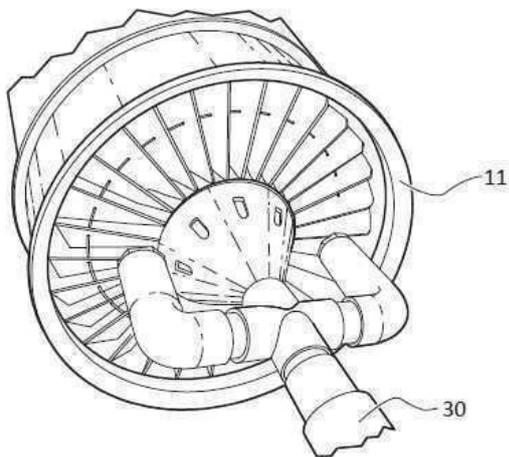
도면3a



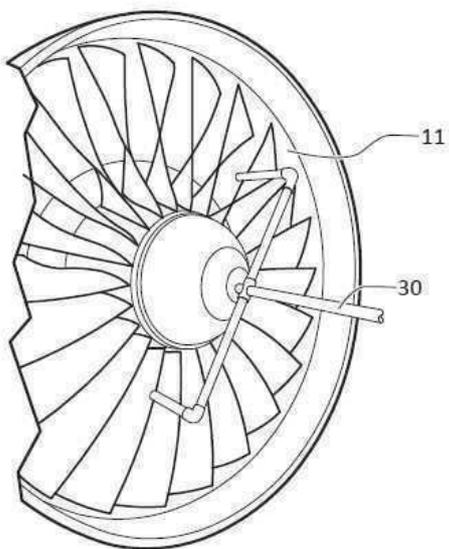
도면3b



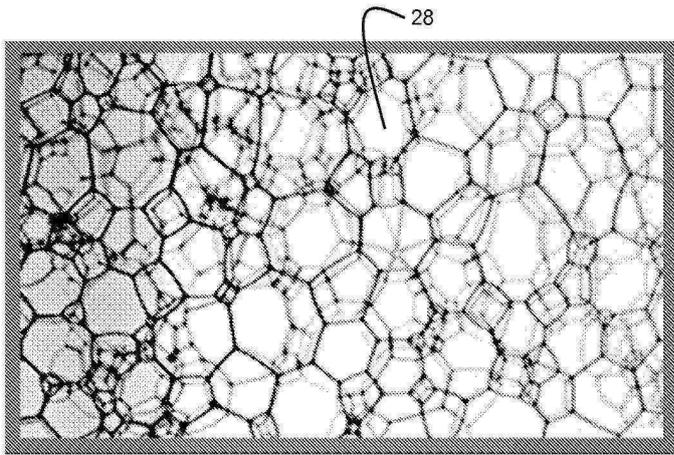
도면3c



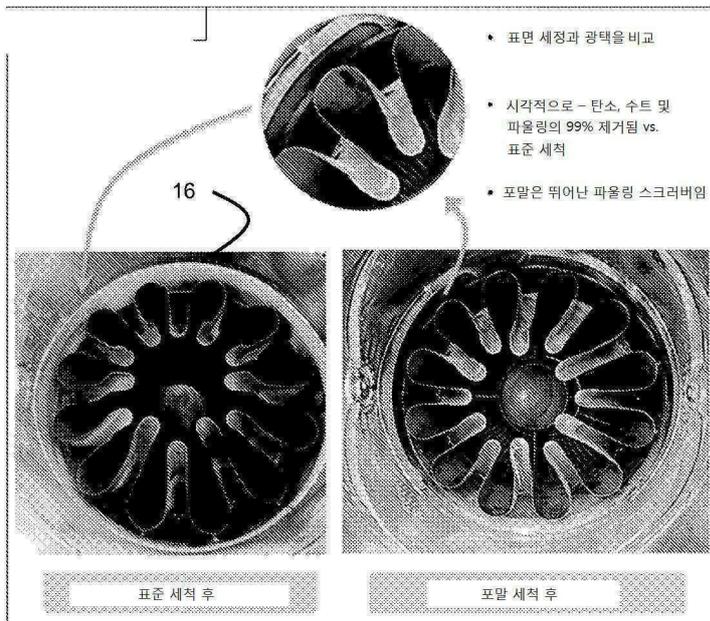
도면3d



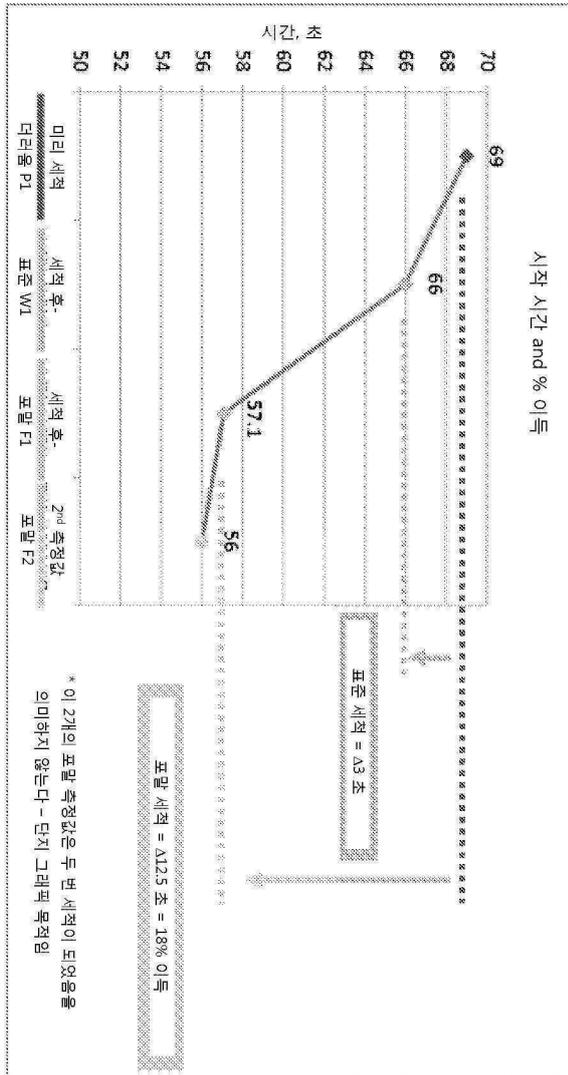
도면4



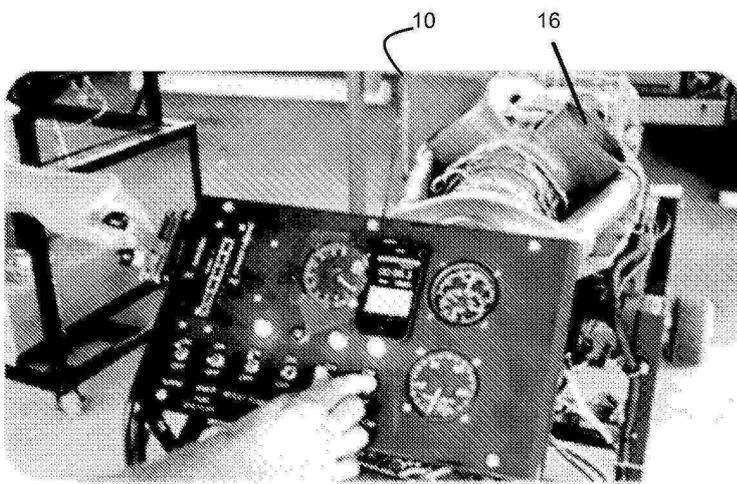
도면5



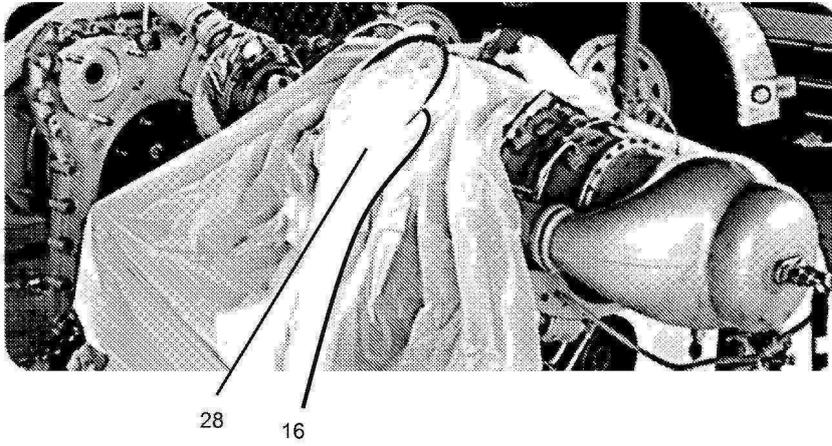
도면6



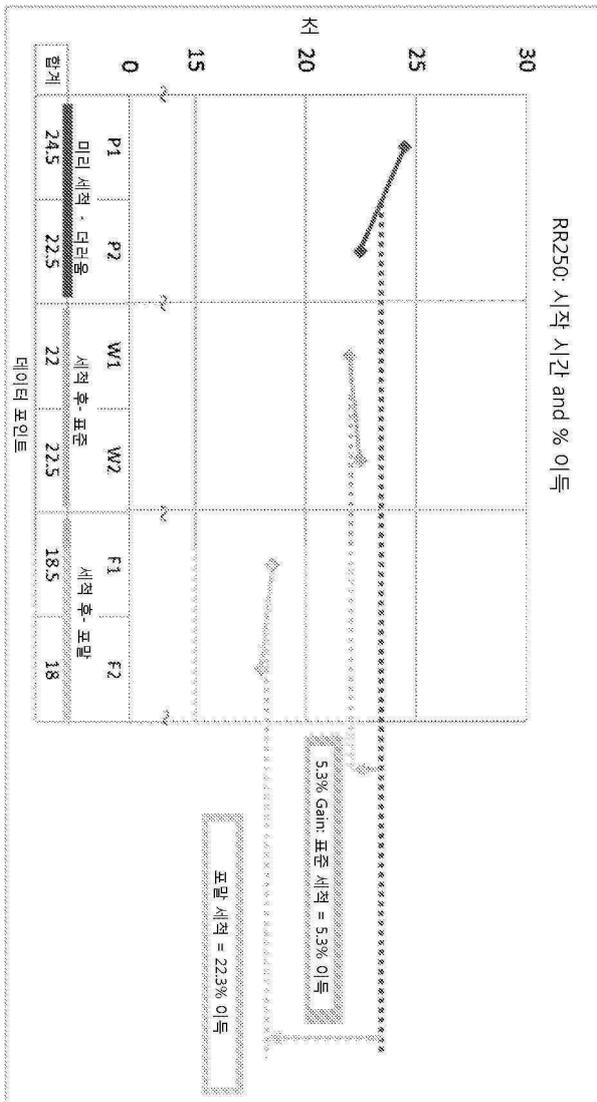
도면7



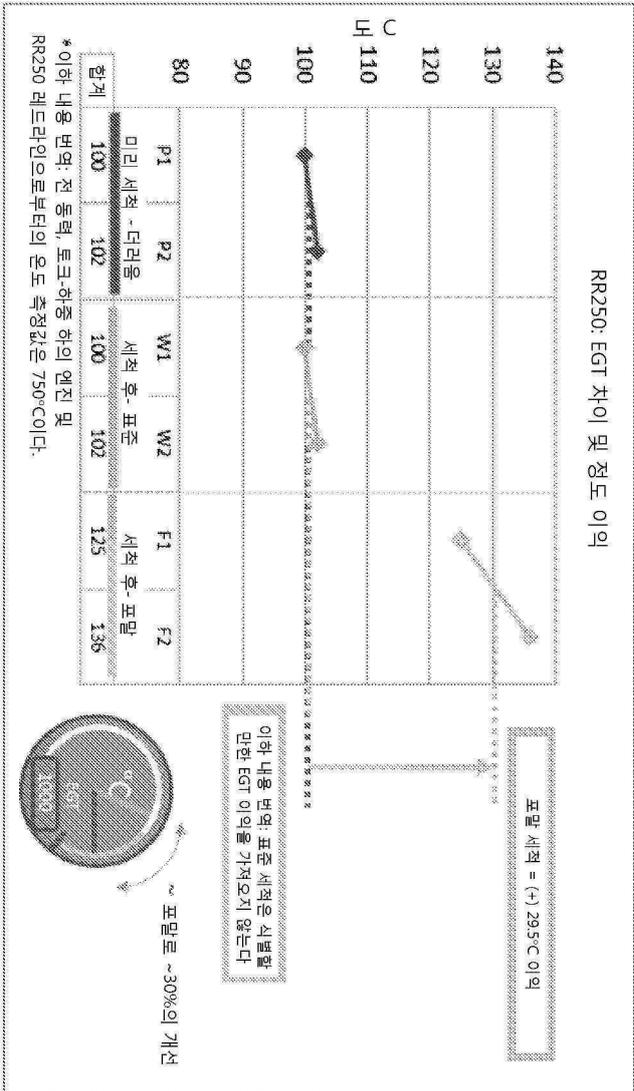
도면8



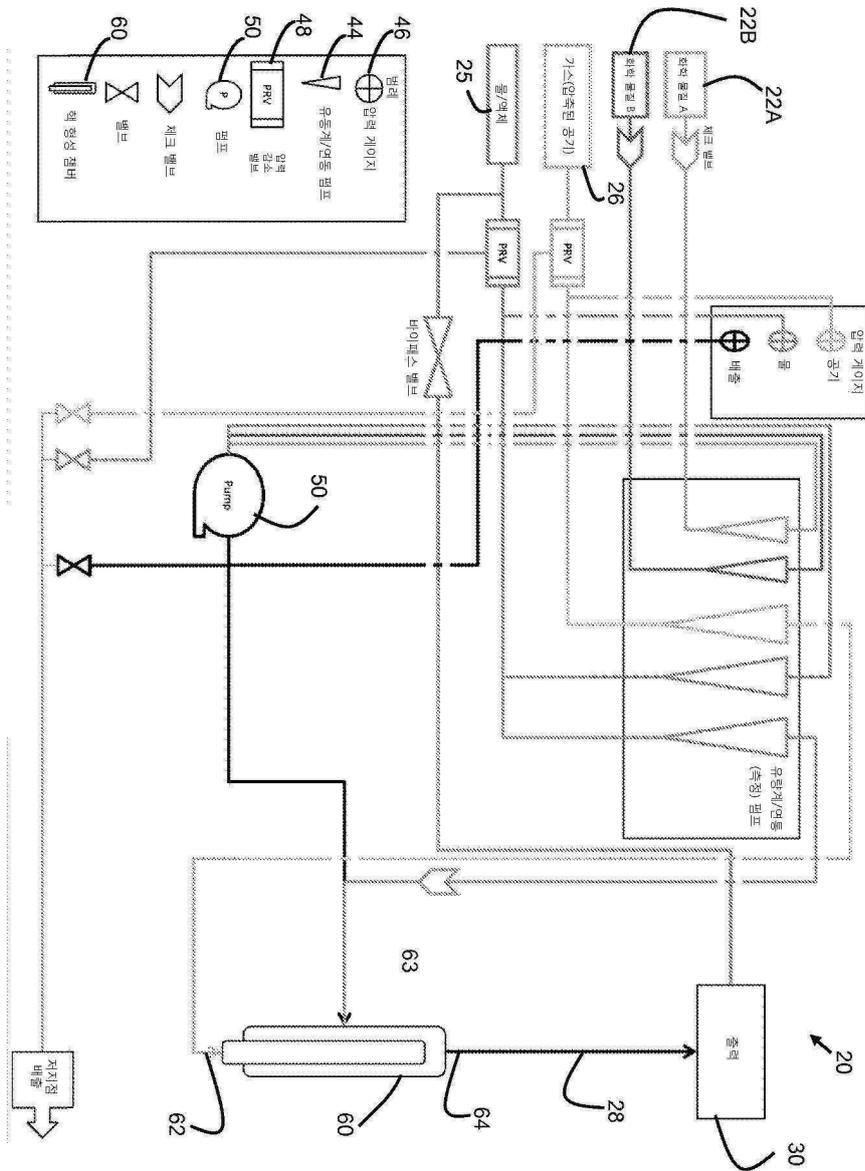
도면9



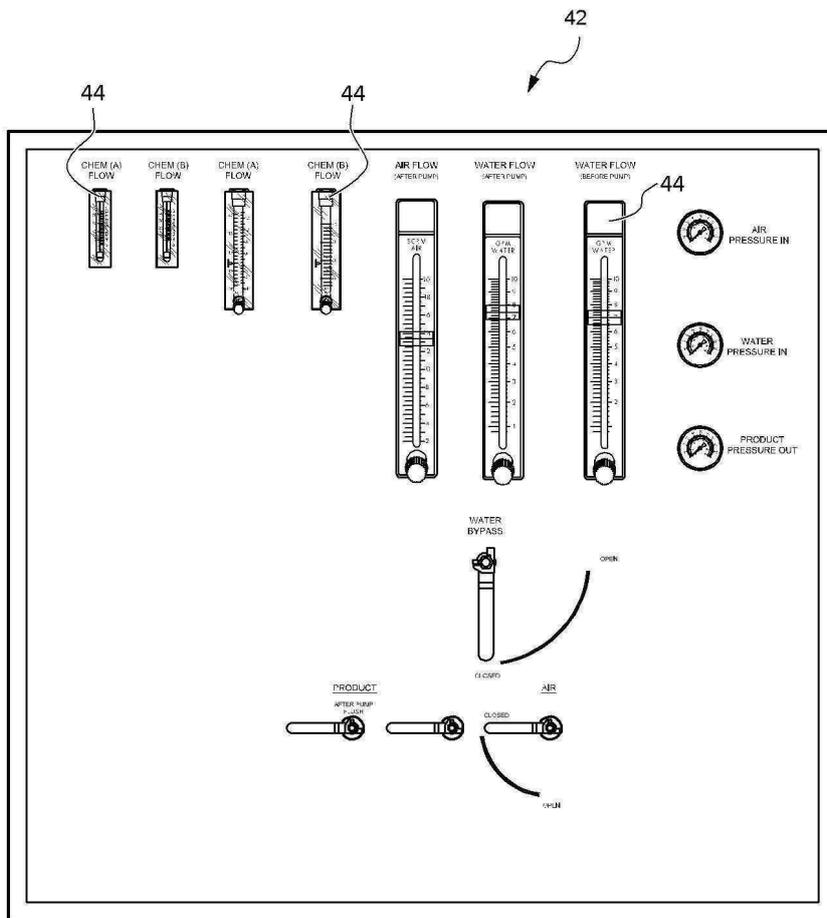
도면10



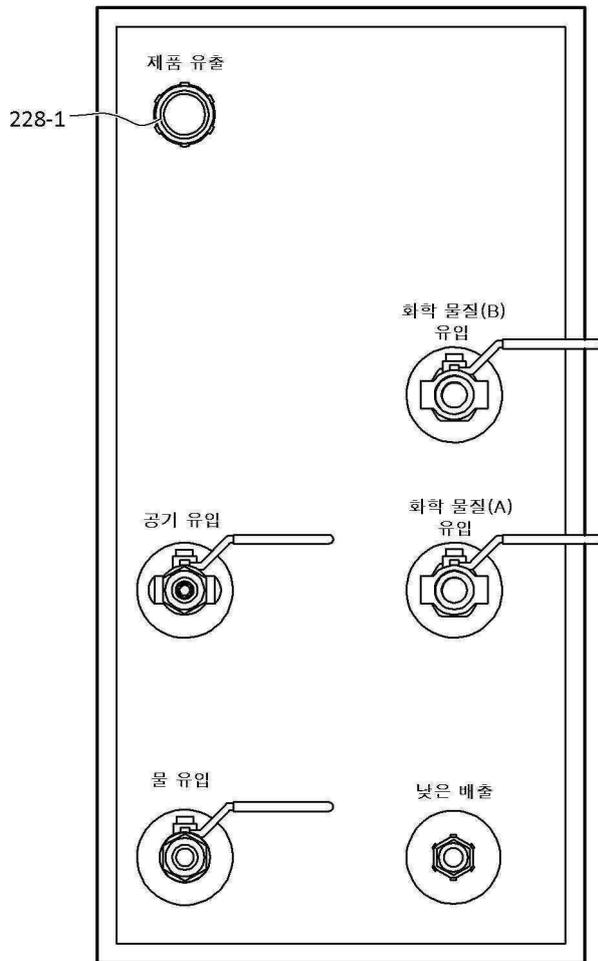
도면11a



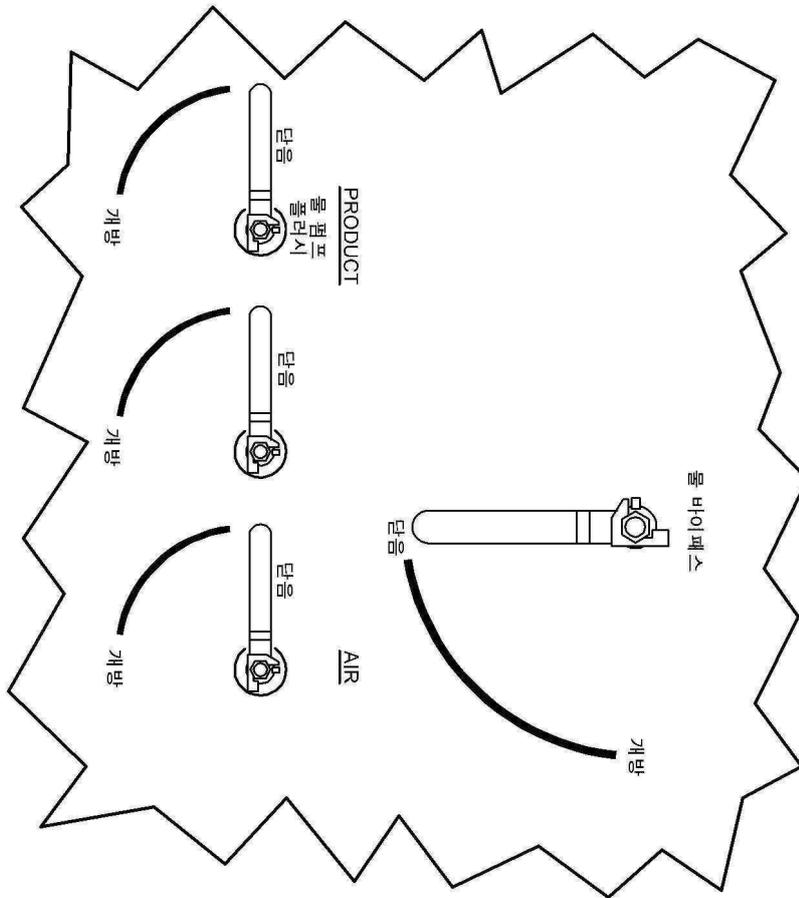
도면12a



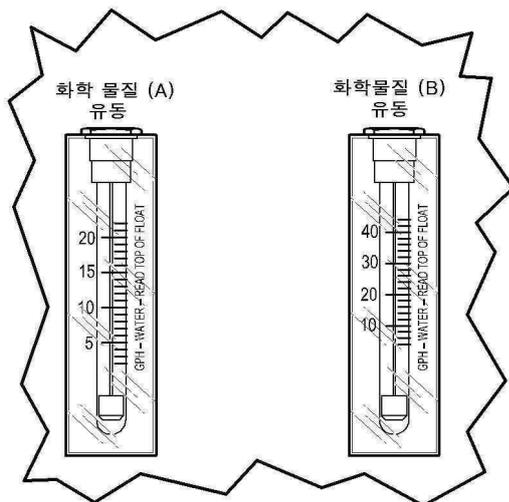
도면12b



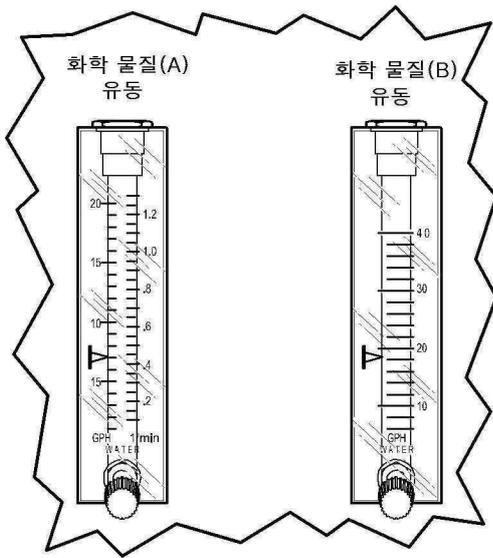
도면12c



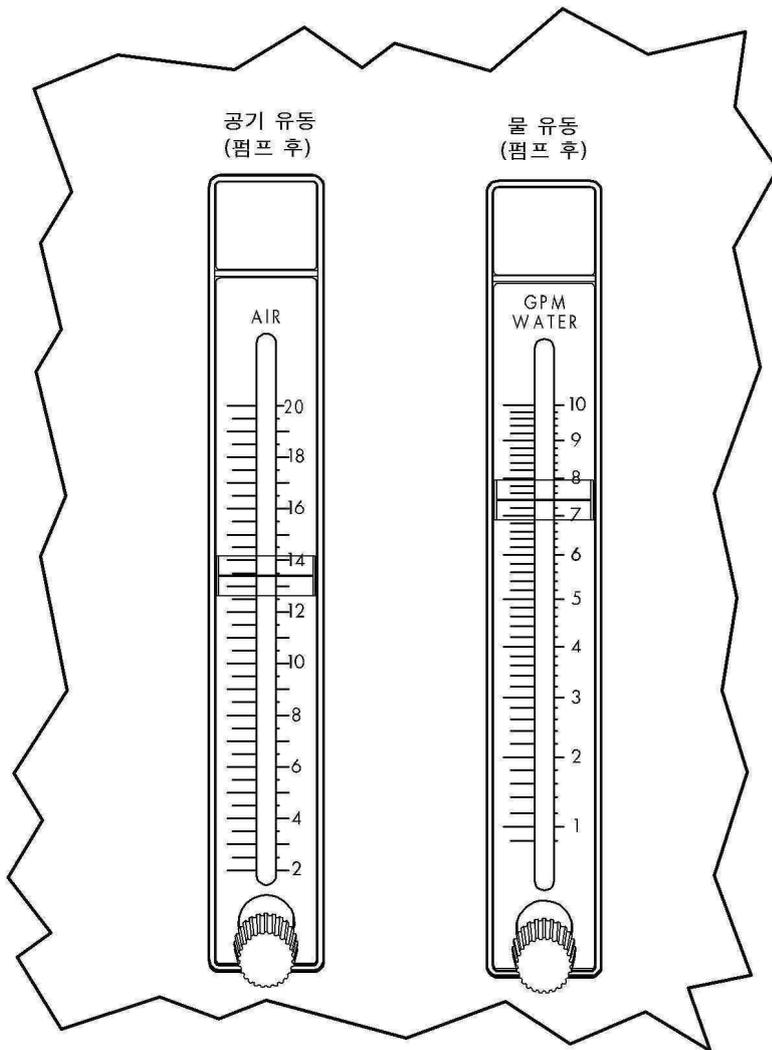
도면13a



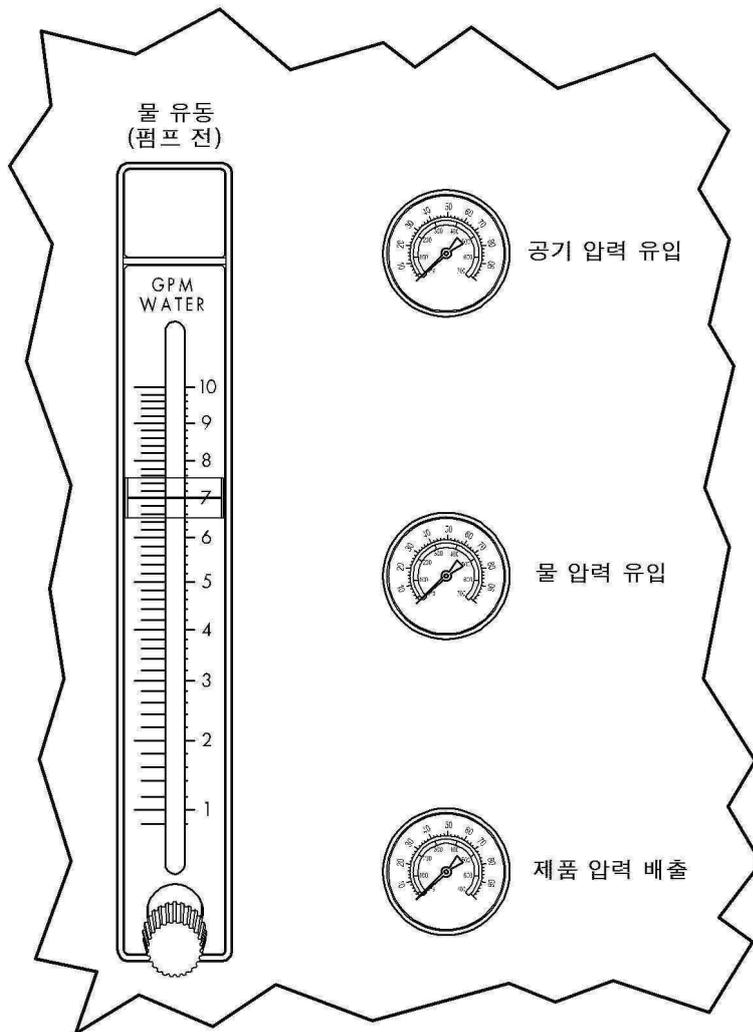
도면13b



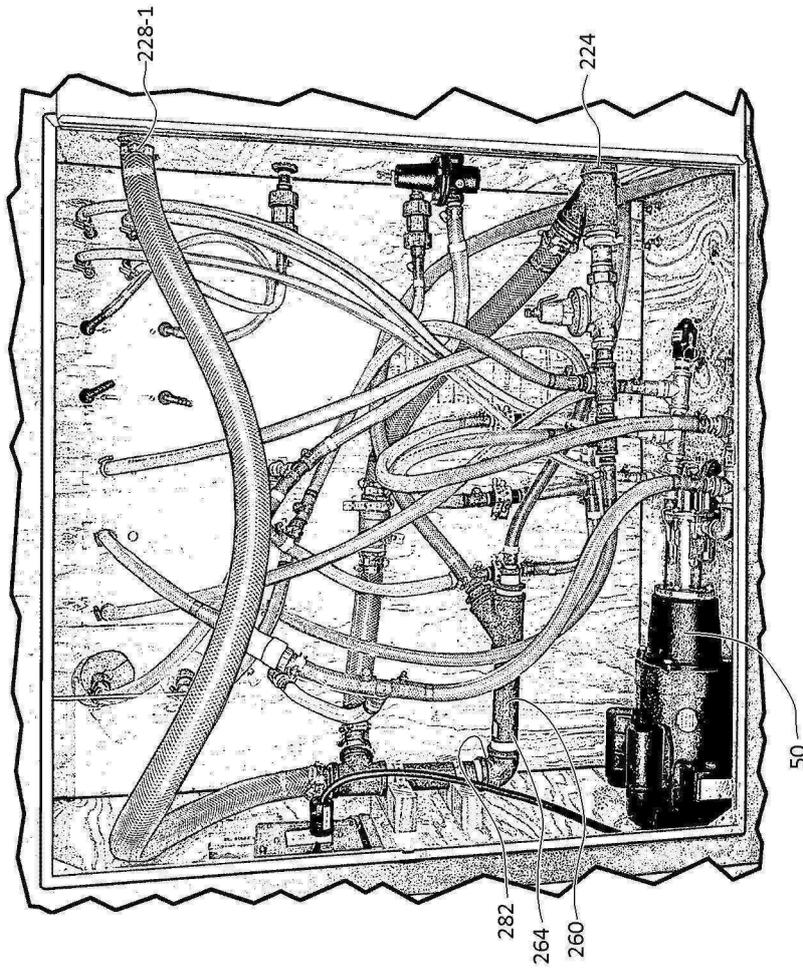
도면13c



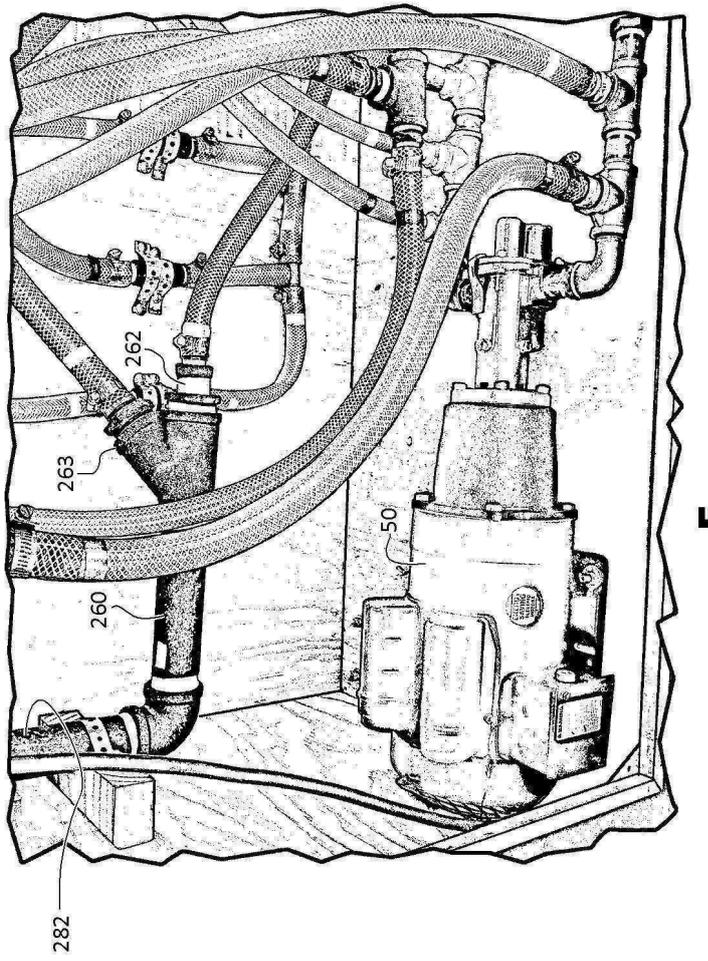
도면13d



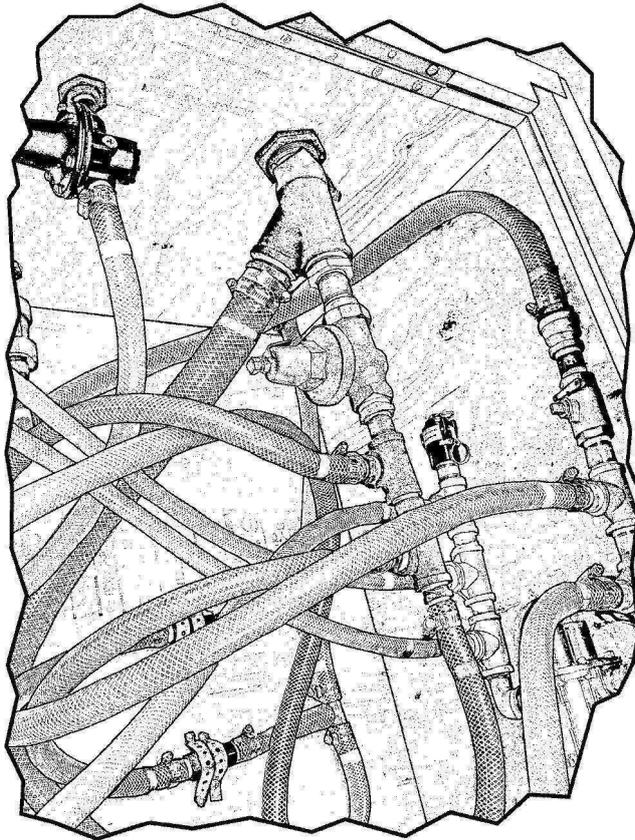
도면14a



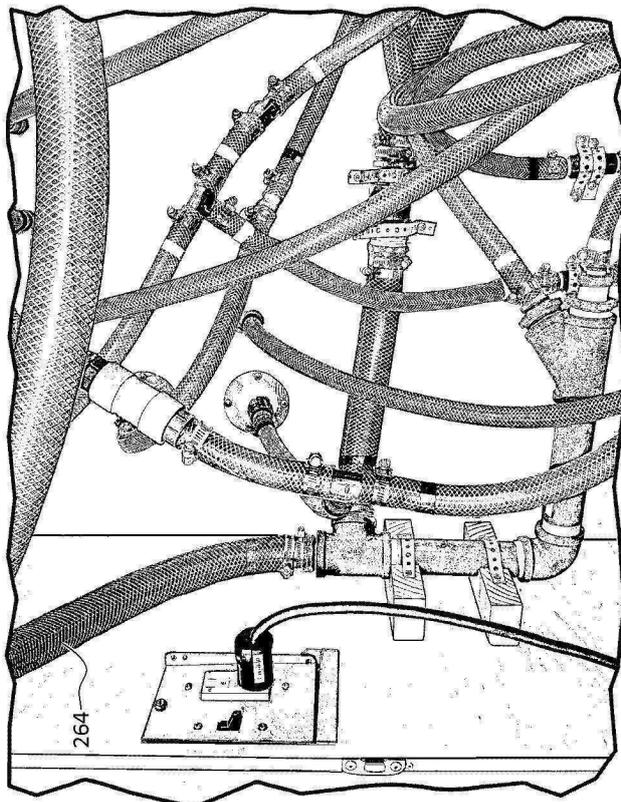
도면14b



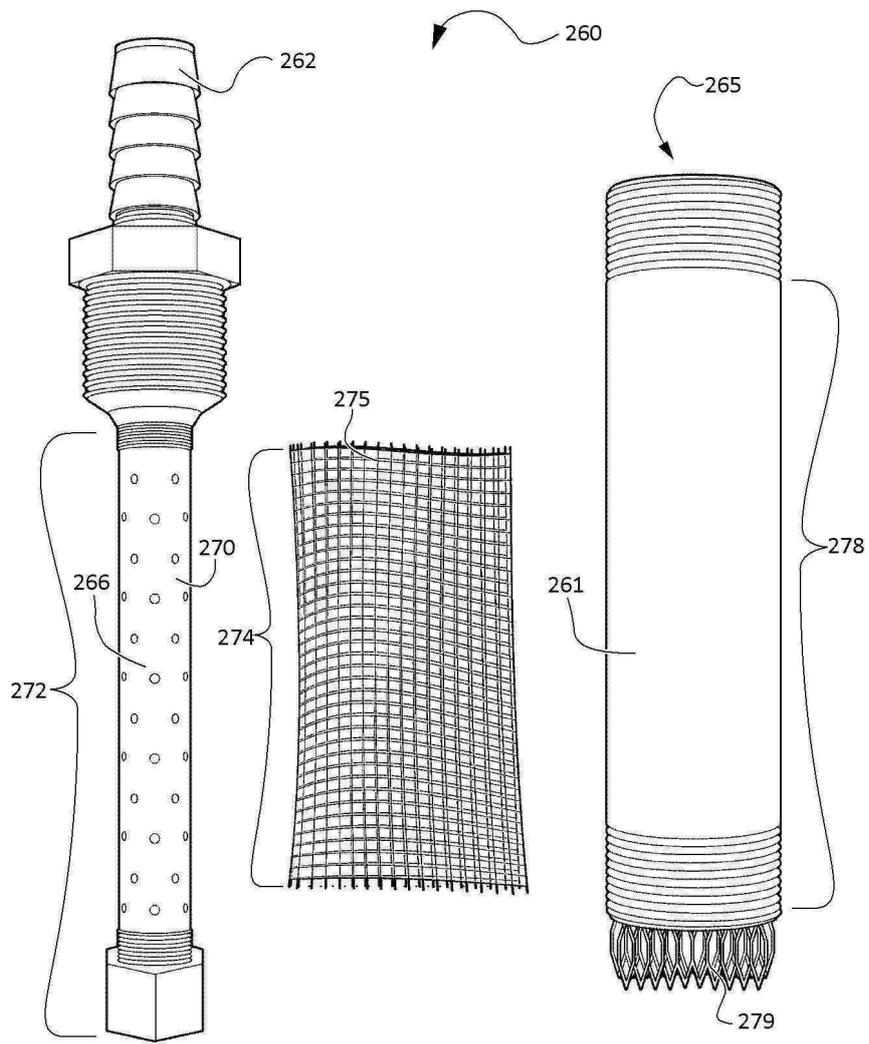
도면14c



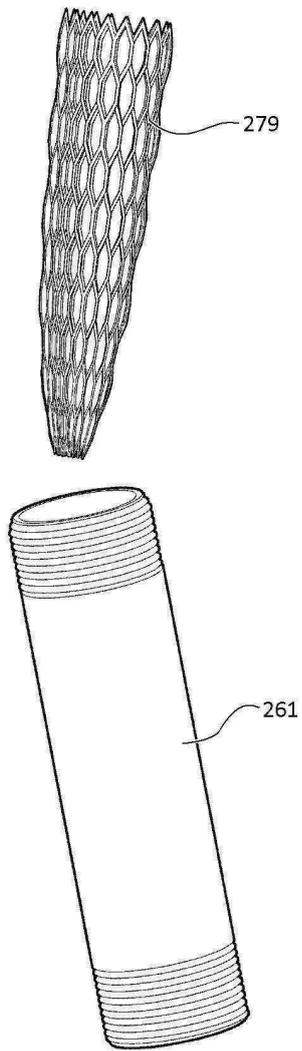
도면14d



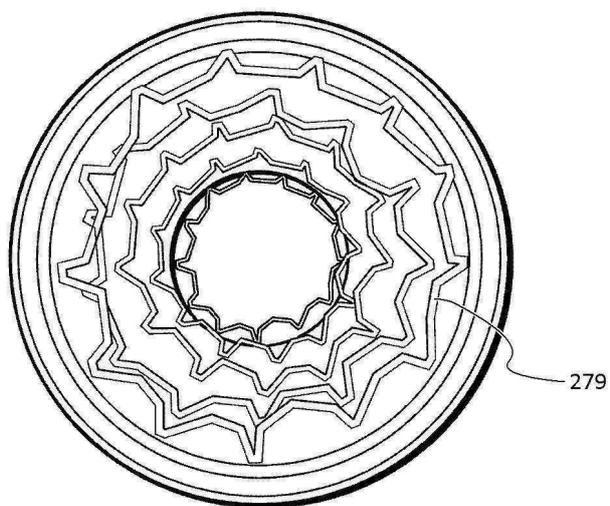
도면15a



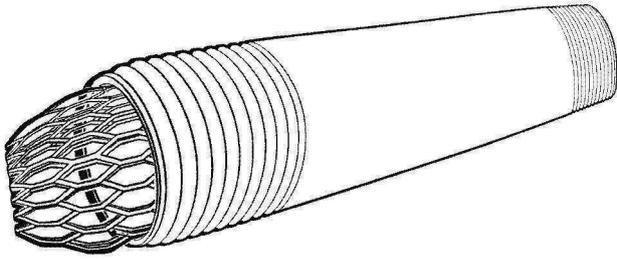
도면15b



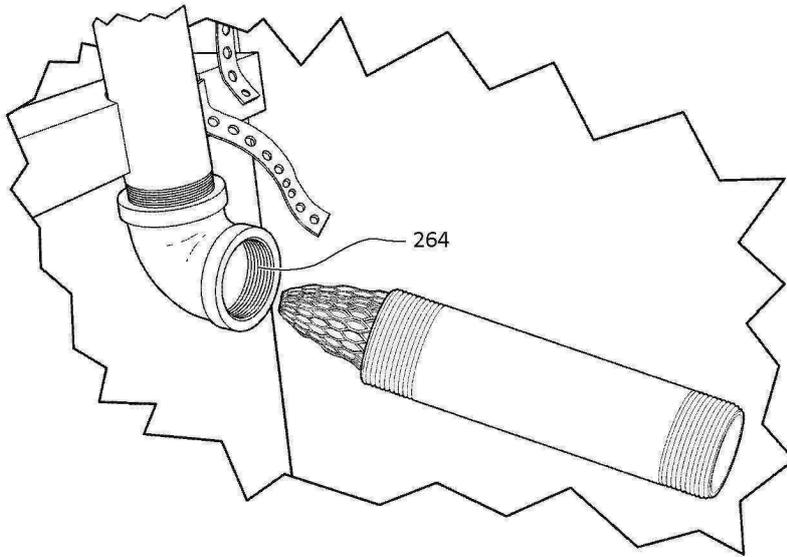
도면15c



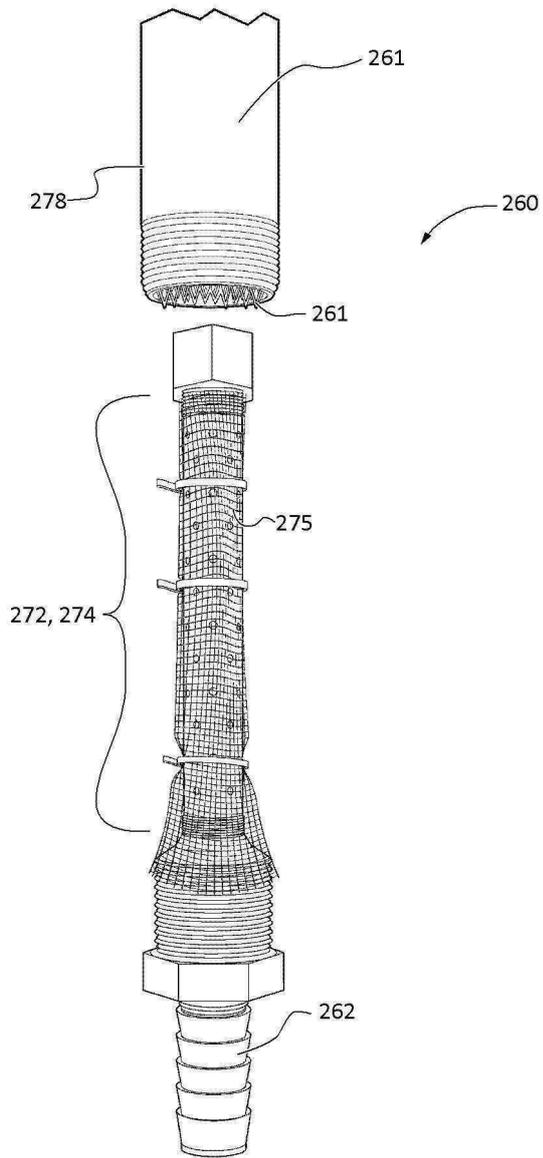
도면15d



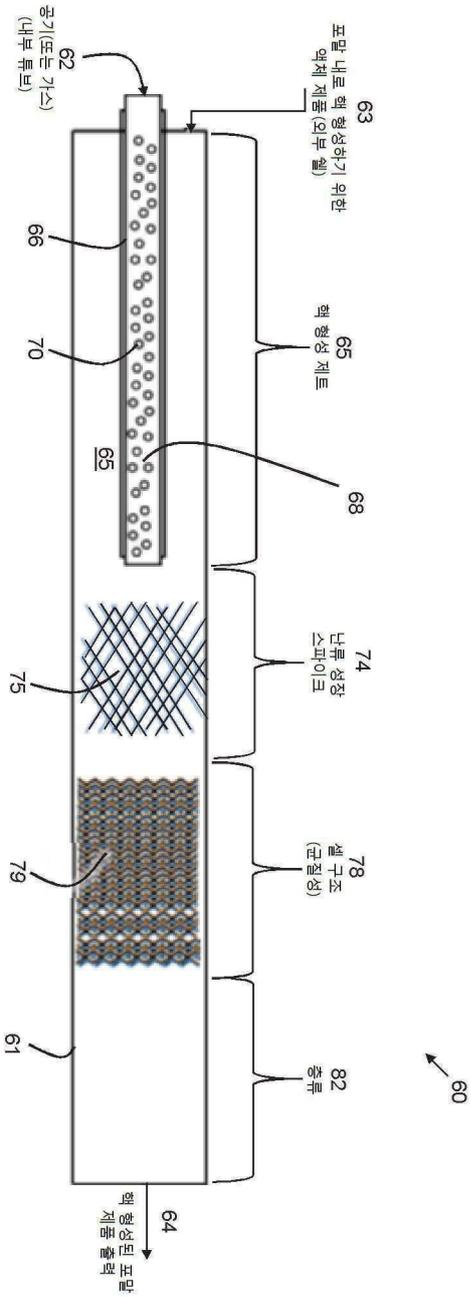
도면15e



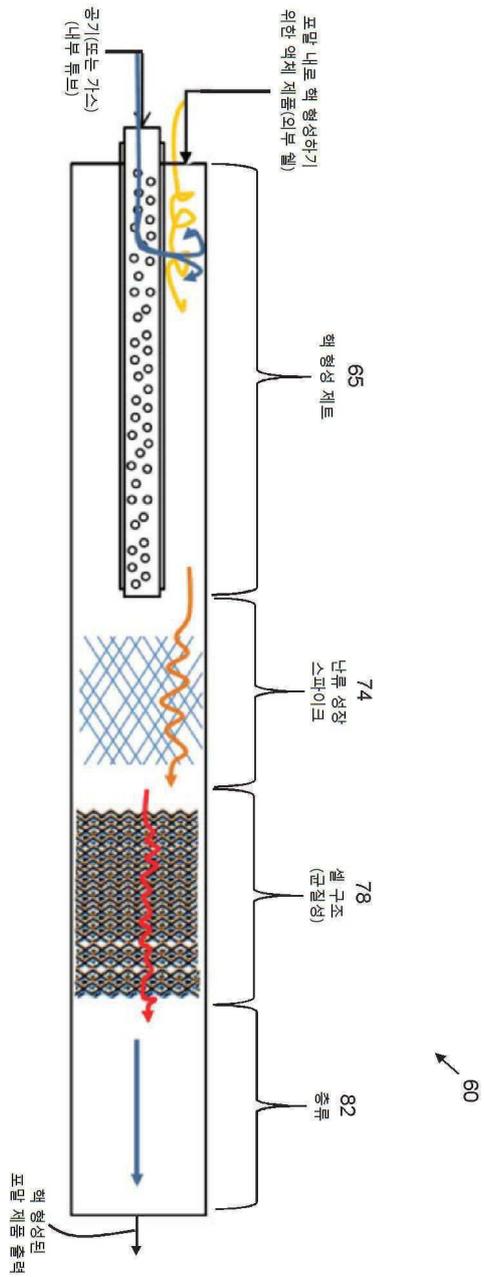
도면15f



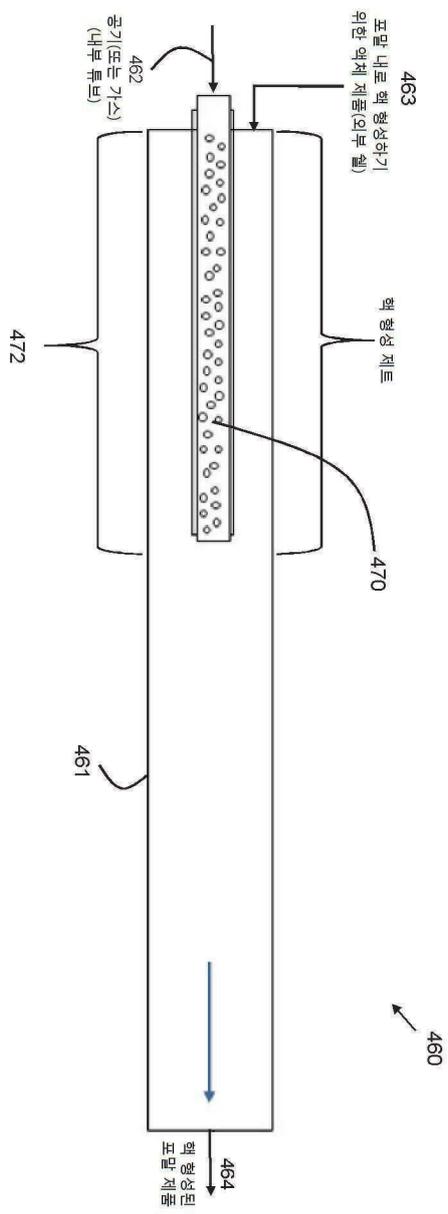
도면16a



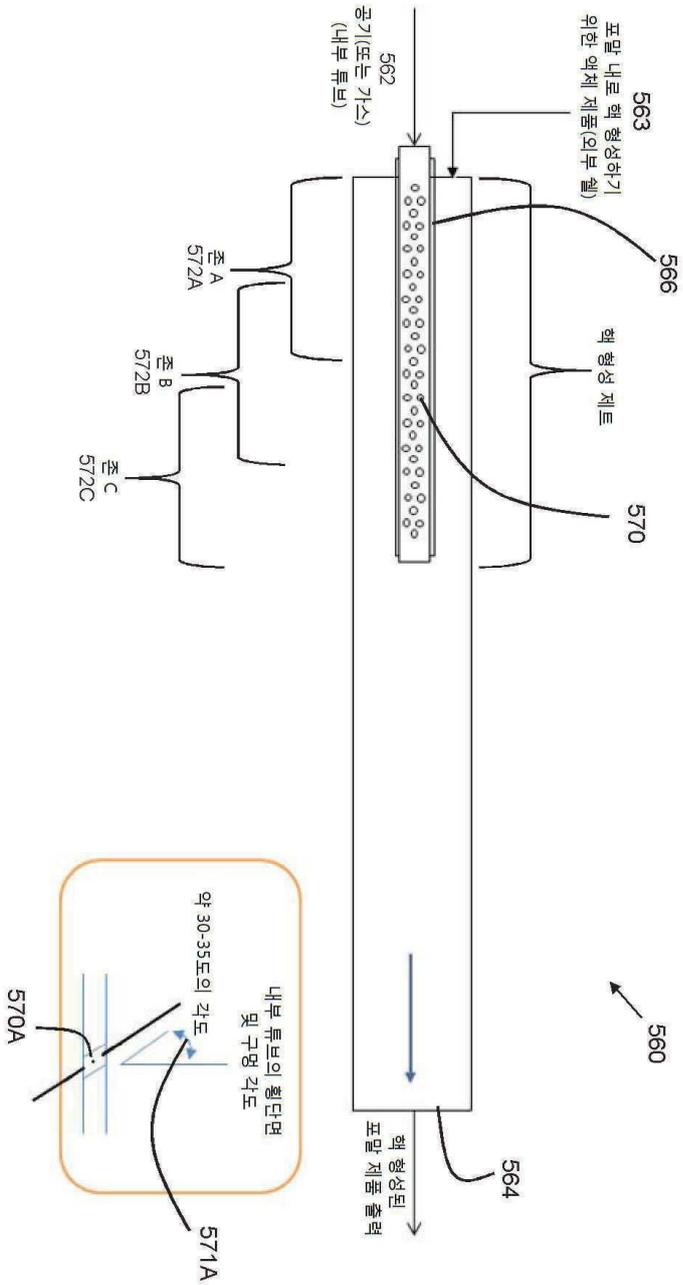
도면16b



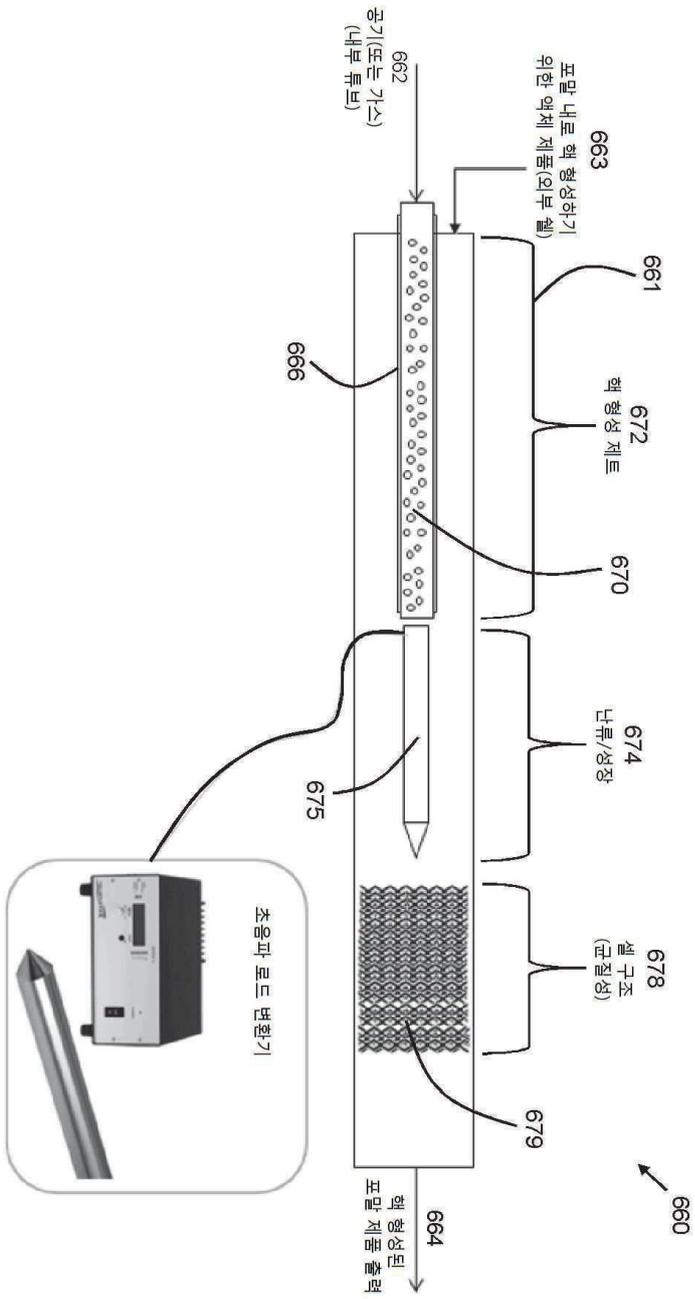
도면16d



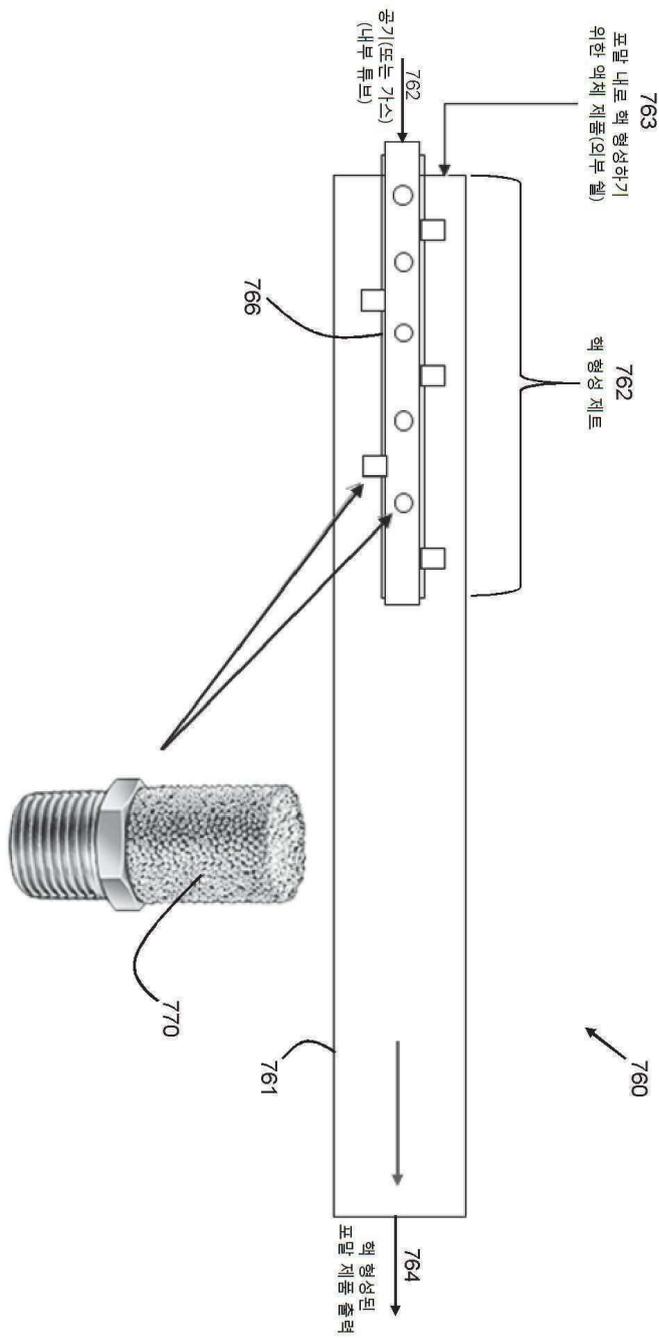
도면16e



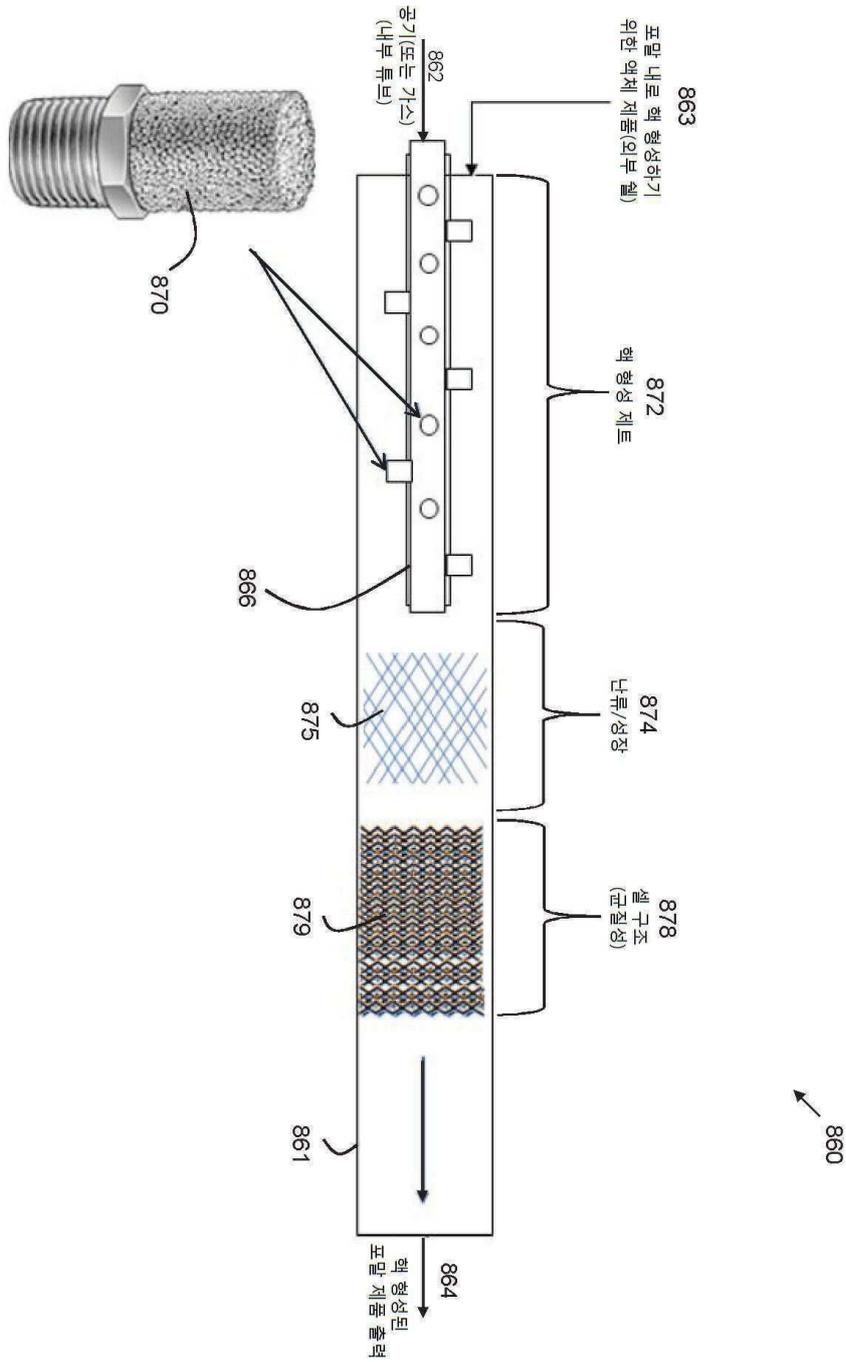
도면16f



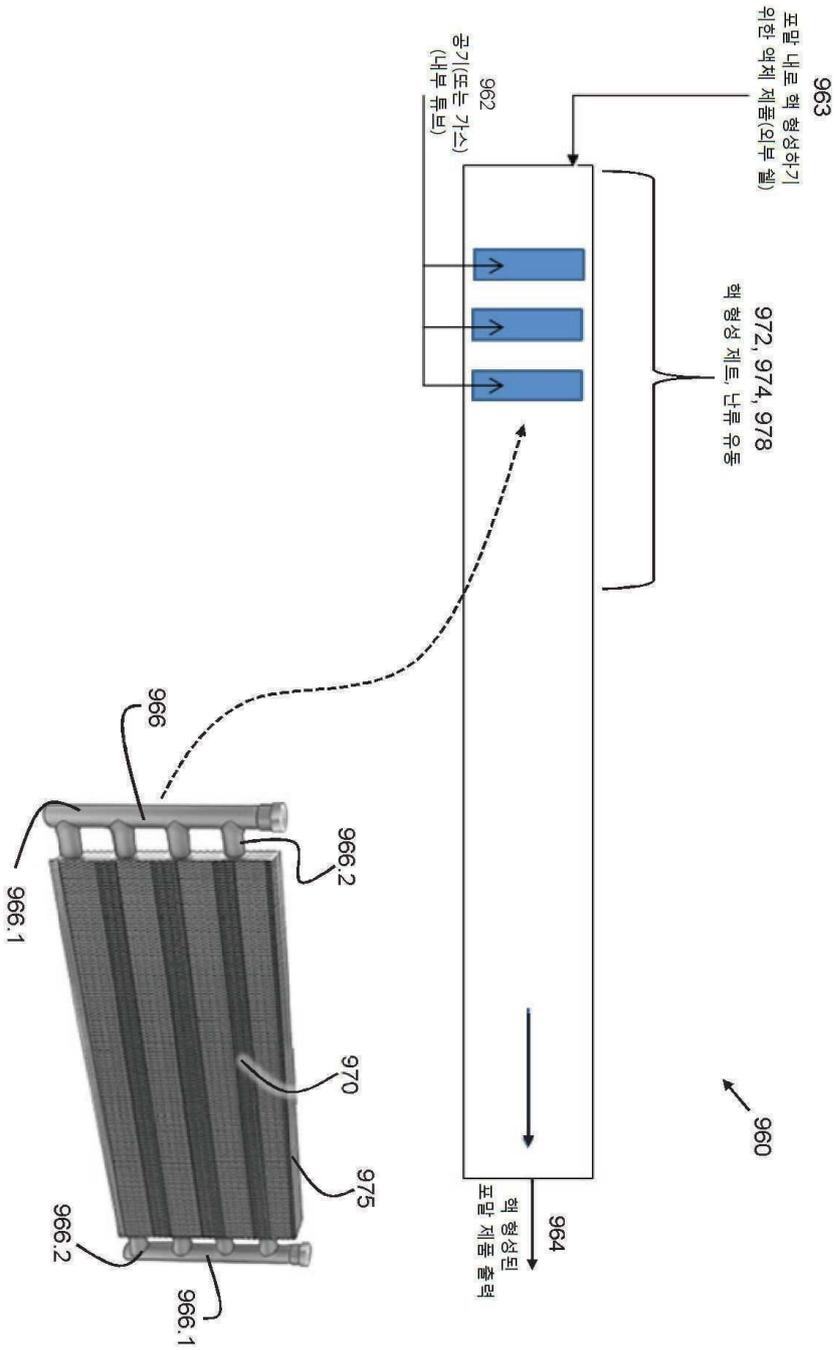
도면16g



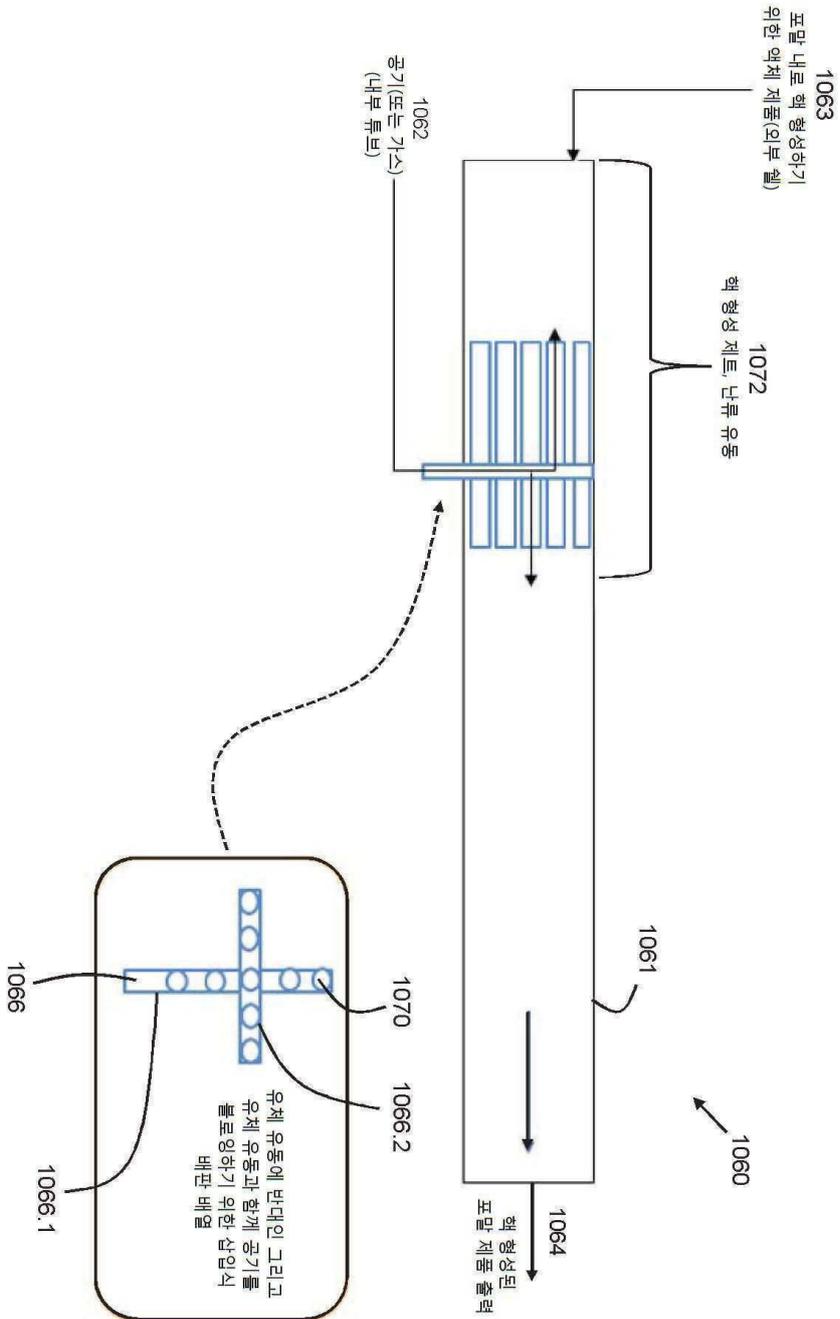
도면16h



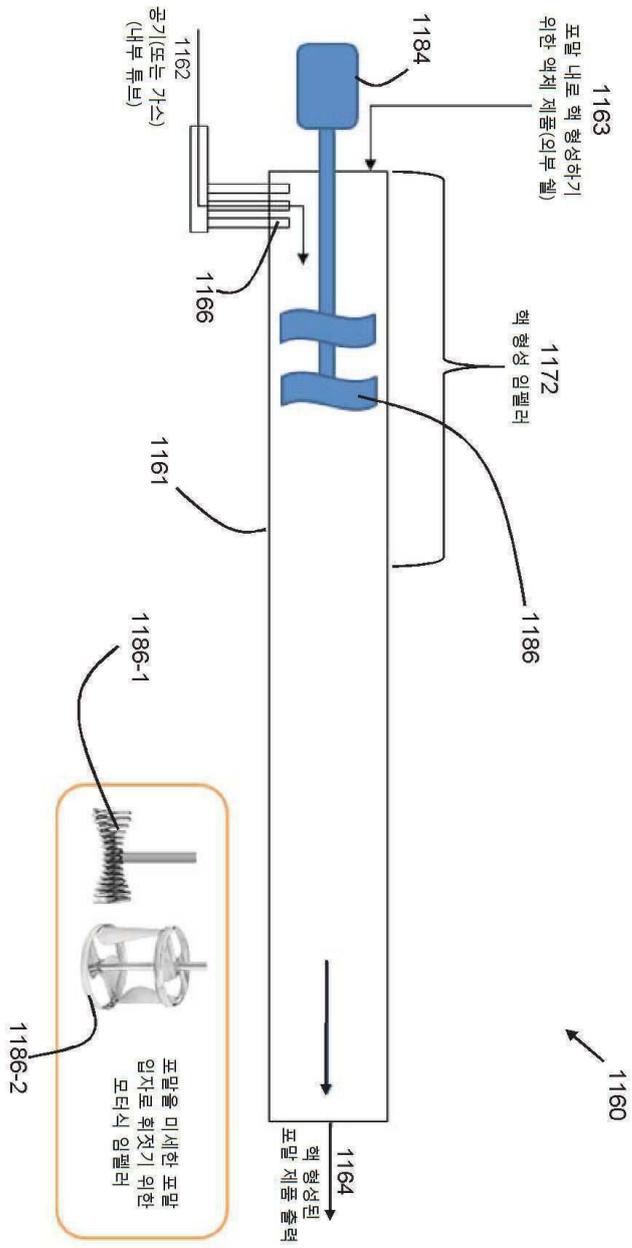
도면16i



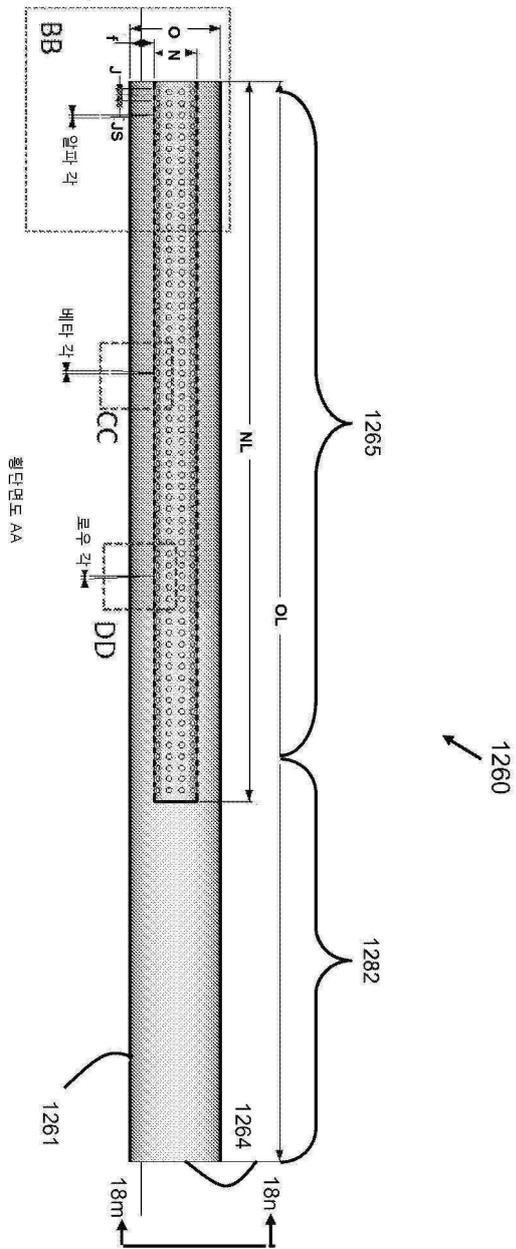
도면16j



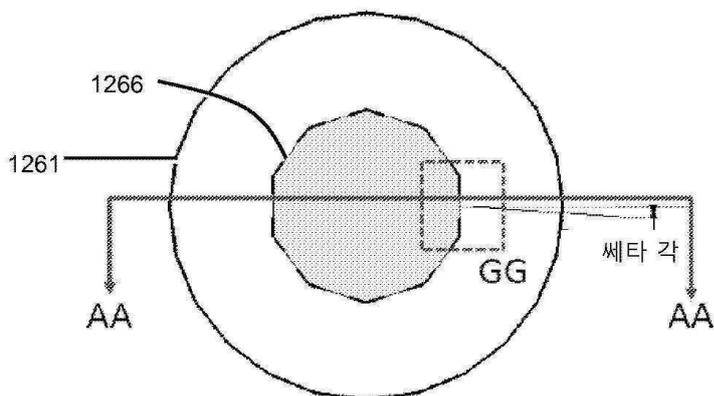
도면16k



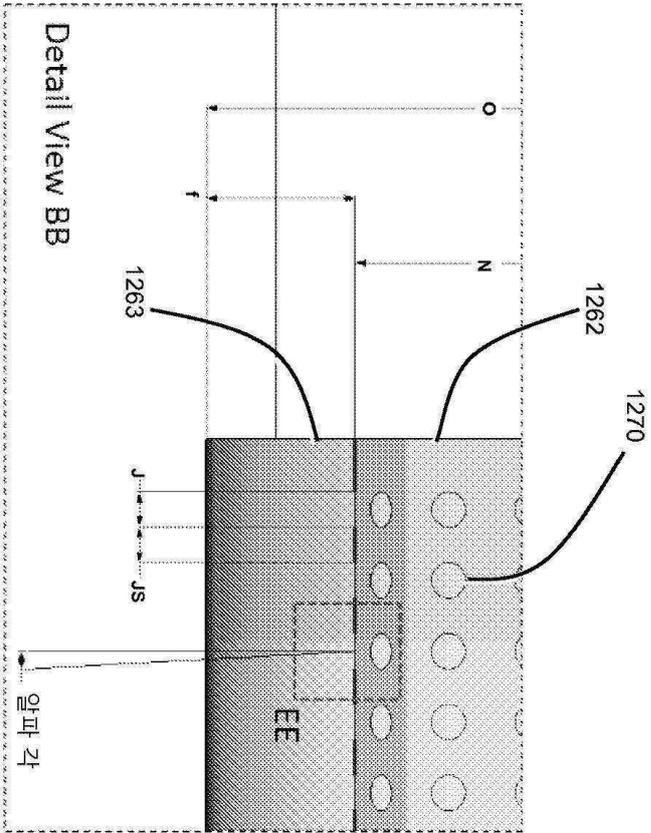
도면16l



도면16m

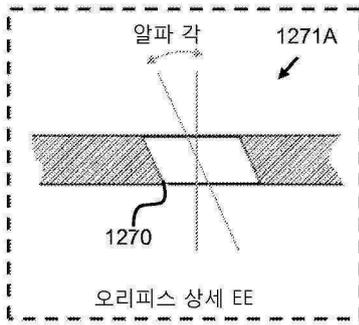


도면 16n

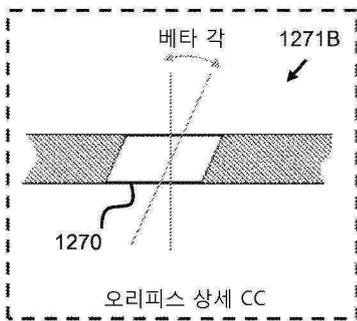


- O - 외부 셀 길이
- NL - 외부 셀 길이
- O - 외부 셀 직경
- N - 내부 셀 직경
- f - 중심의 또는 중심을 벗어난 치수
- J - 핵 형성 제트 오리피스 직경
- JS - 핵 형성 제트 오리피스 간격
- 알파 각 - 핵 형성 제트 오리피스 각 x-축
- 베타 각 - 핵 형성 제트 오리피스 각 x-축
- 세타 각 - 핵 형성 제트 오리피스 각 Z-축
- 문우 - 핵 형성 제트 오리피스 각 -y-축

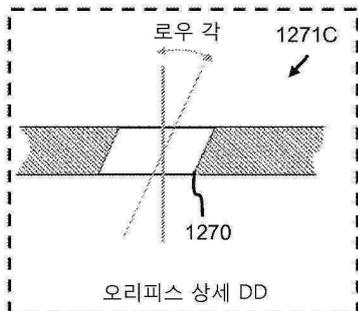
도면16o



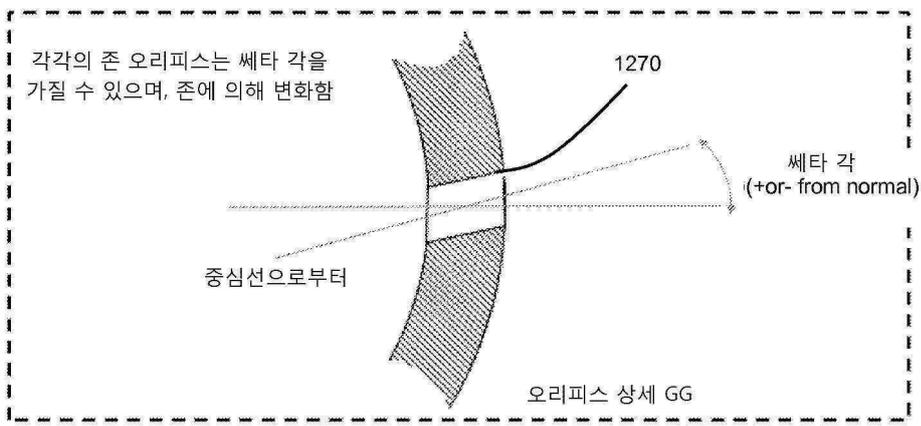
도면16p



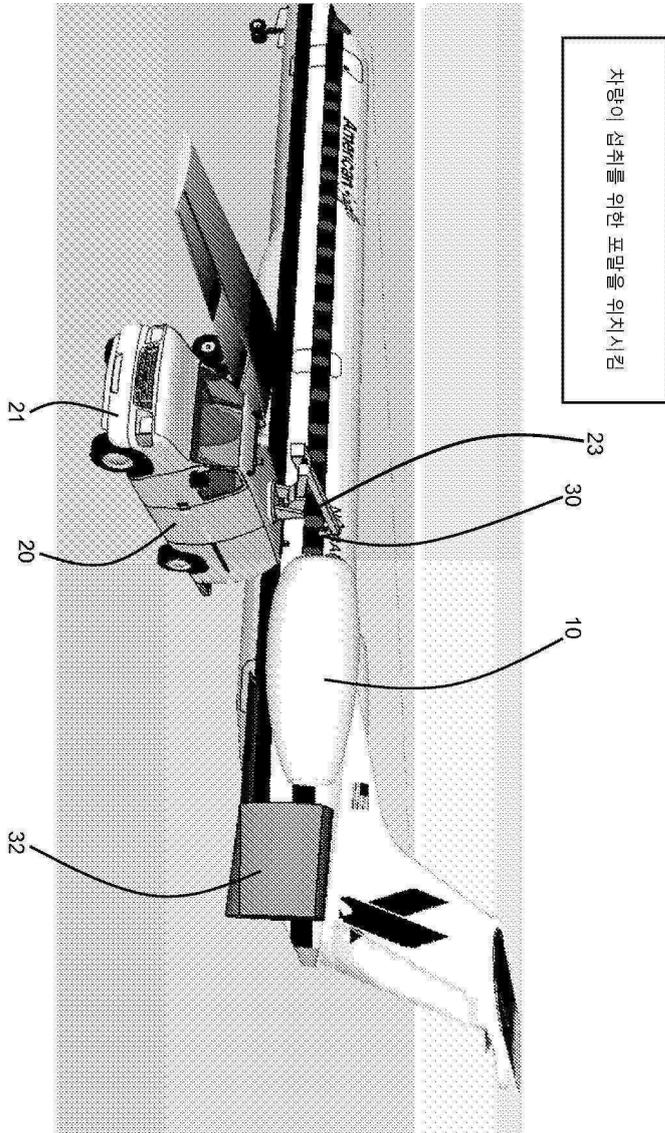
도면16q



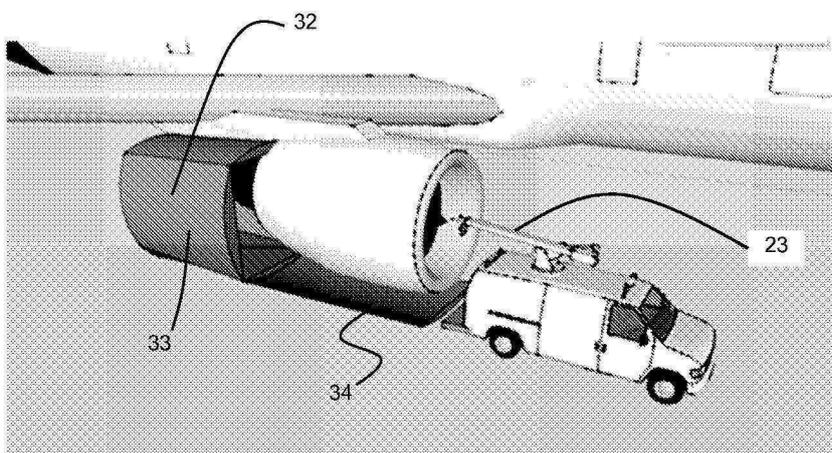
도면16r



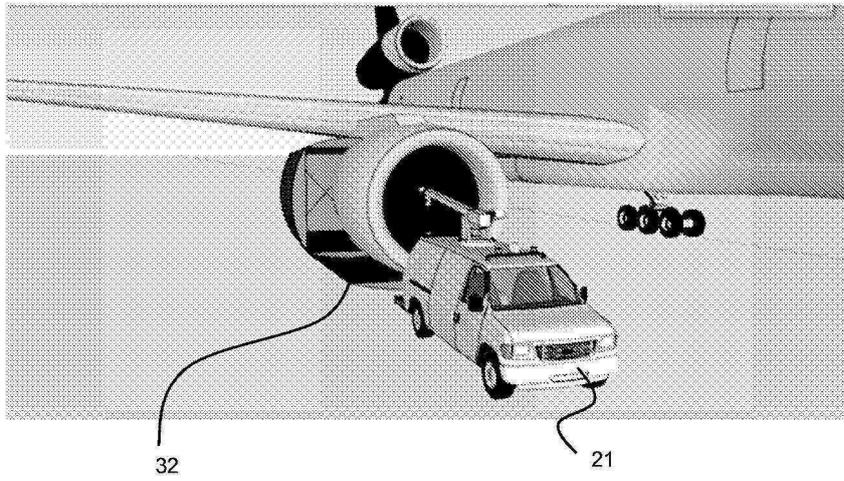
도면17a



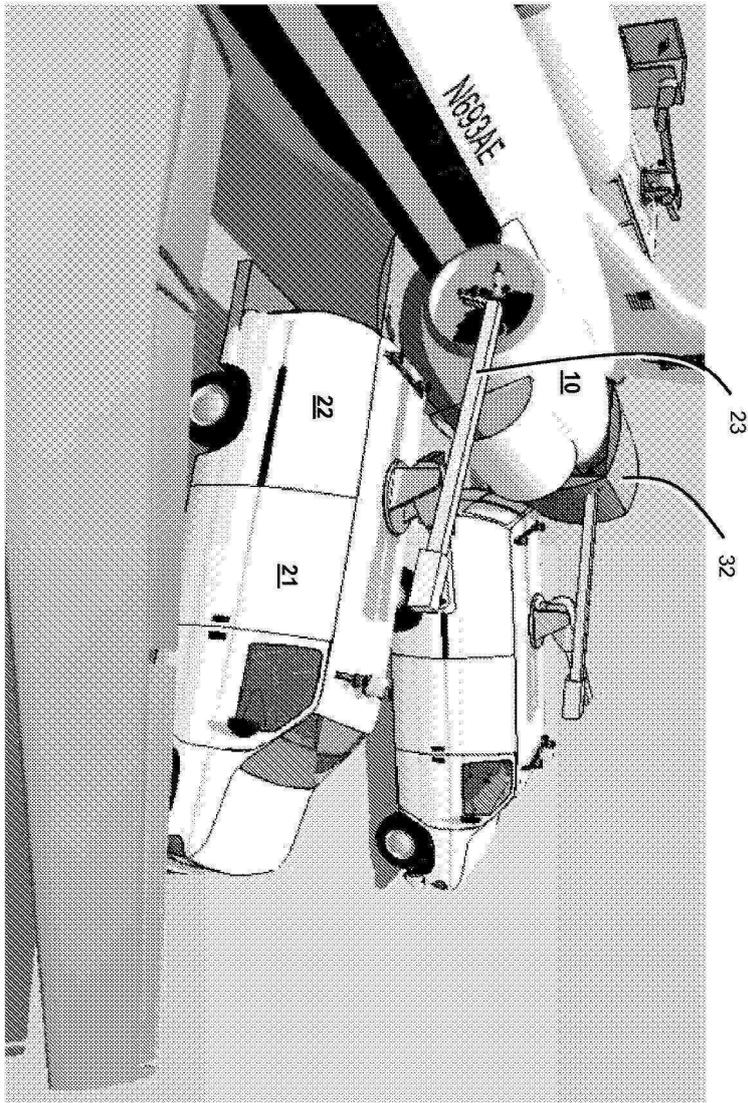
도면17b



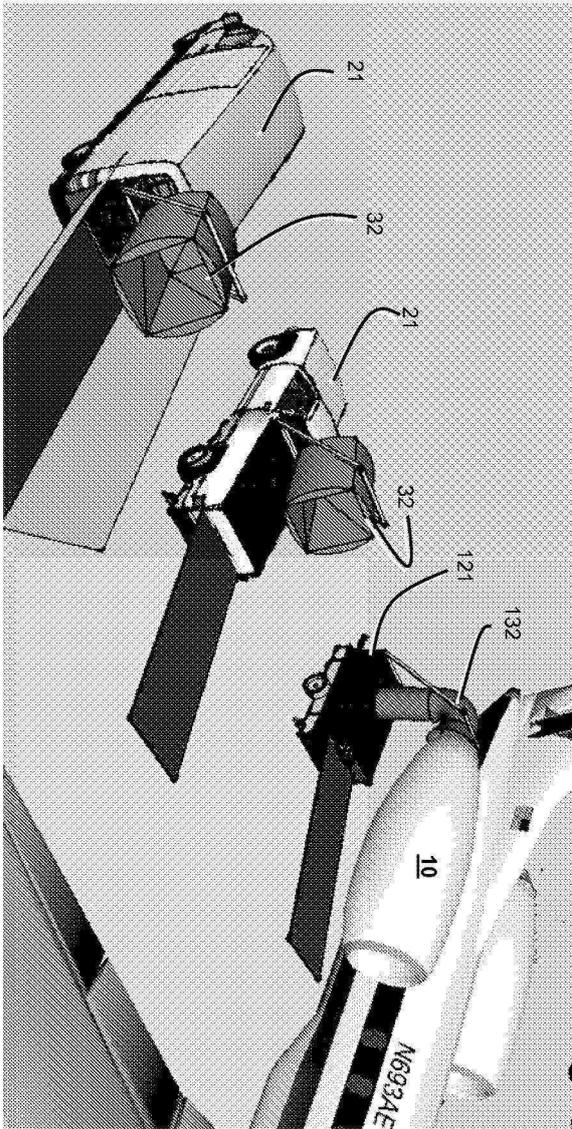
도면17c



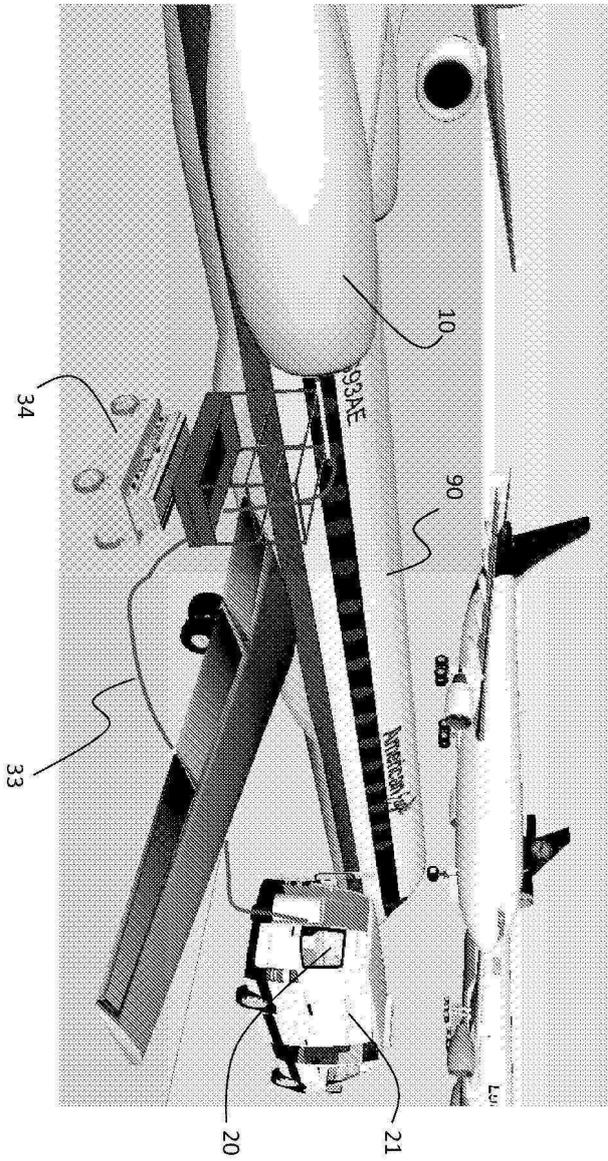
도면17d



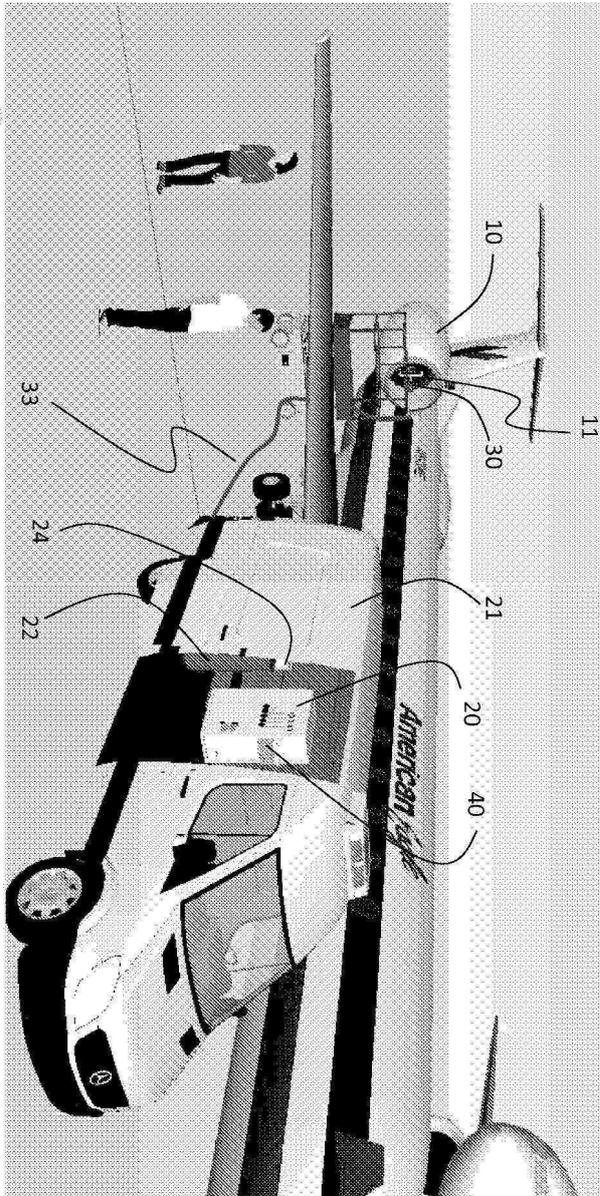
도면17e



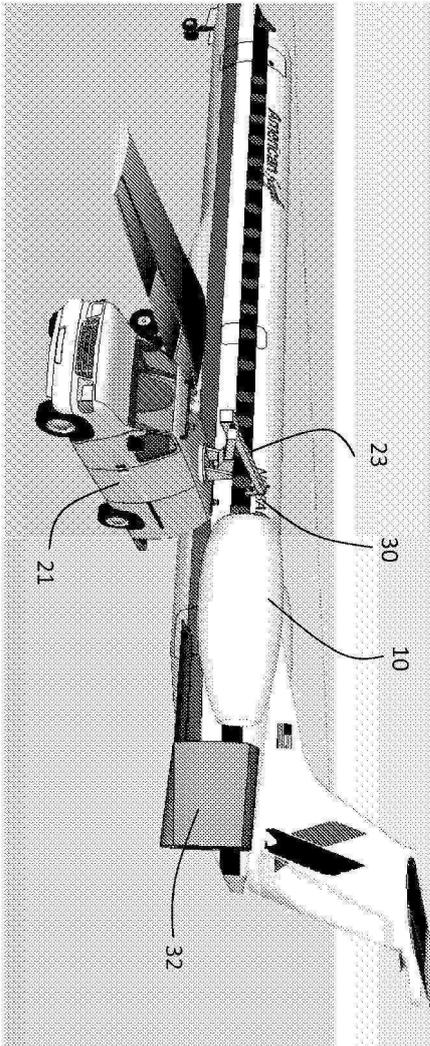
도면18a



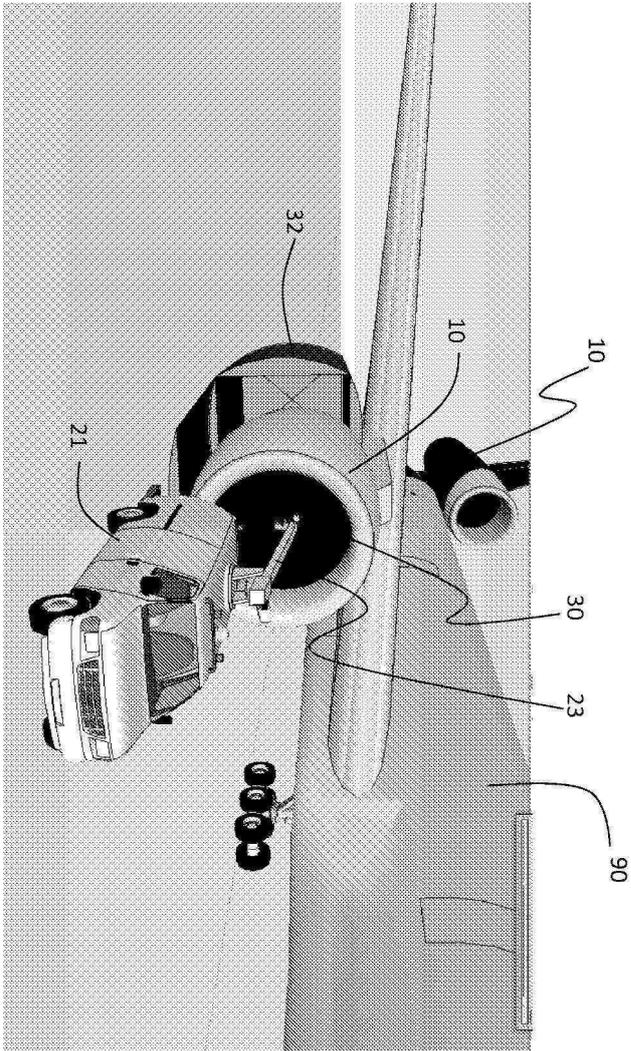
도면18b



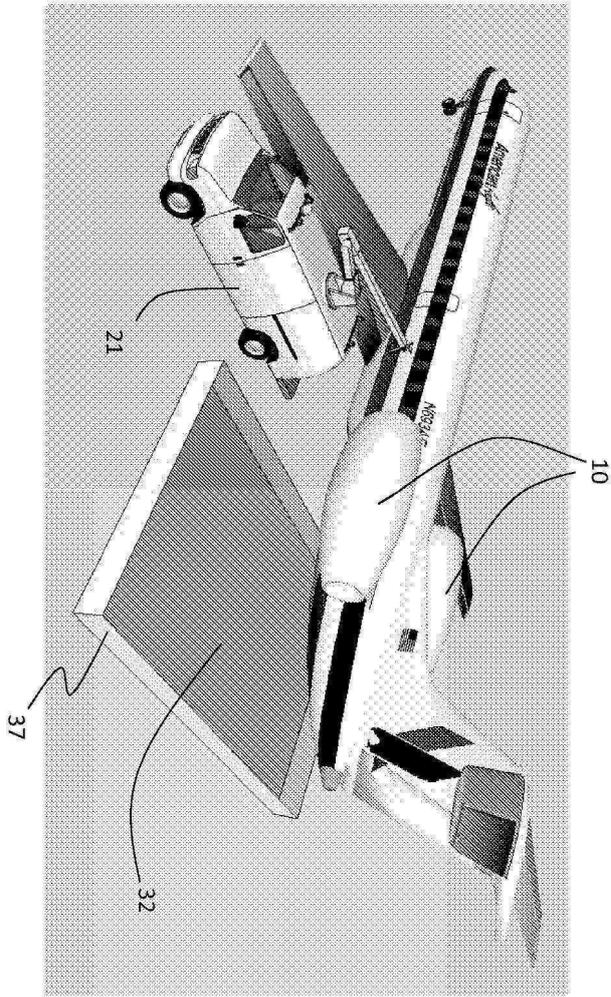
도면19



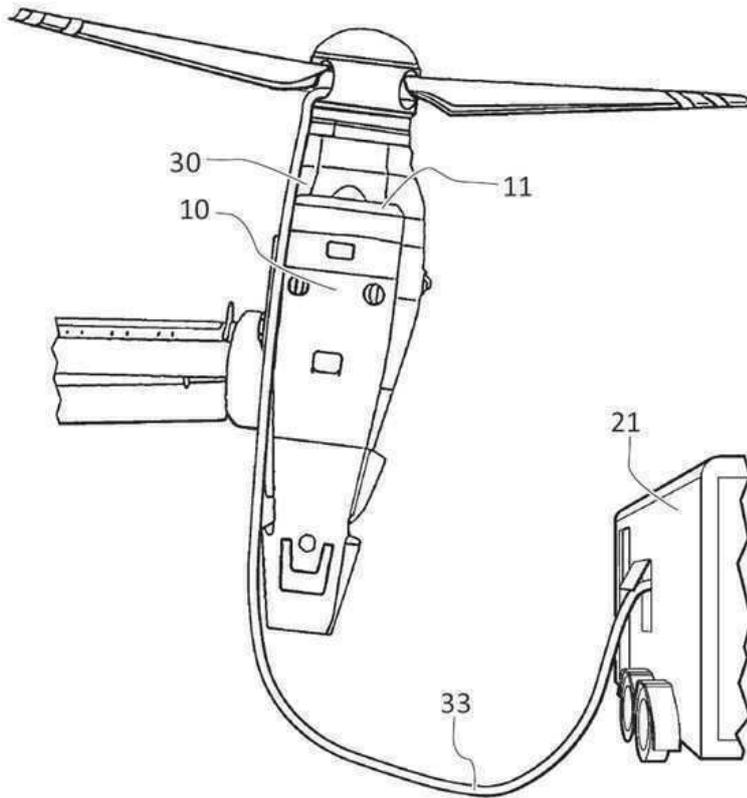
도면20



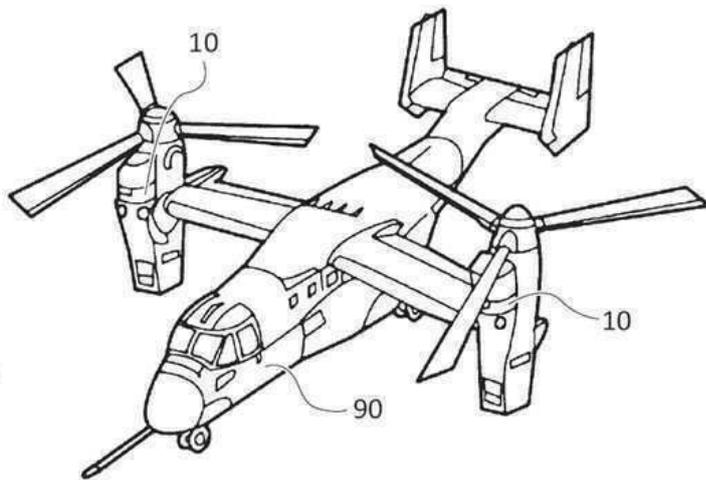
도면21



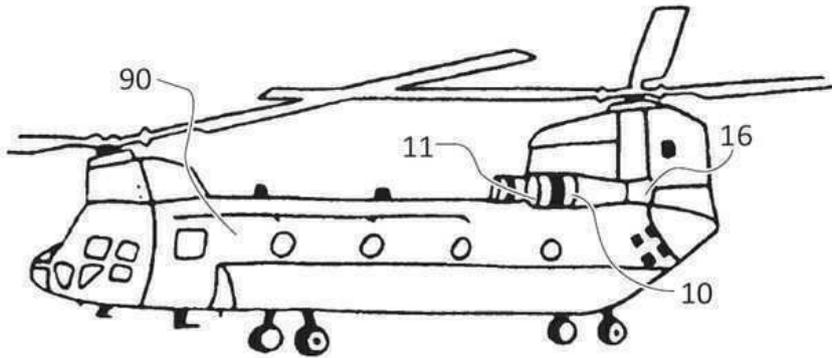
도면22a



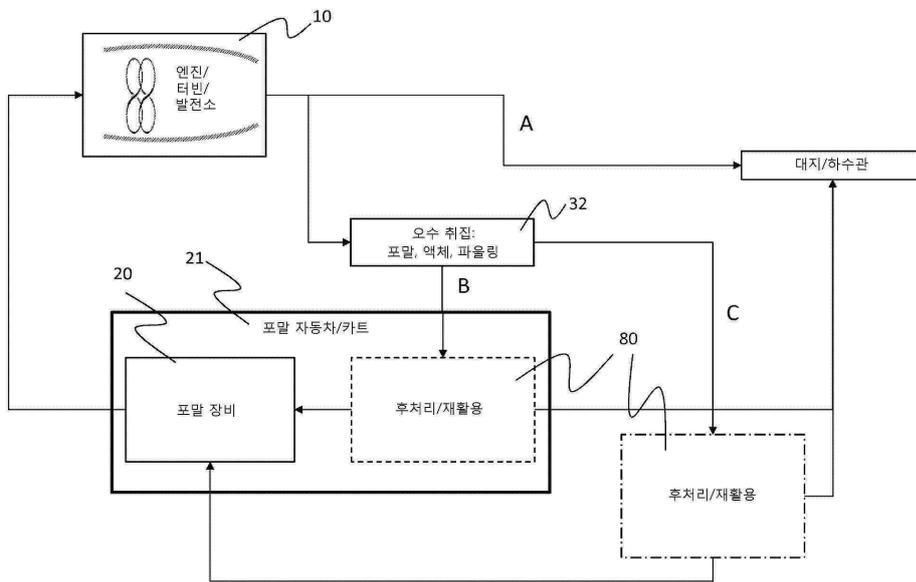
도면22b



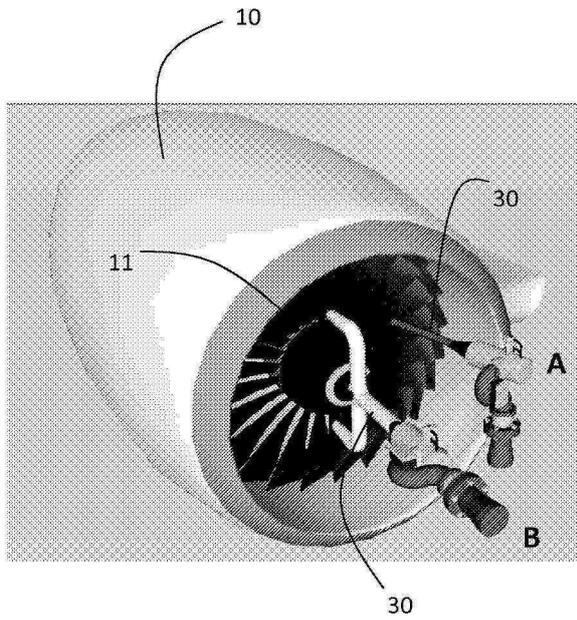
도면22c



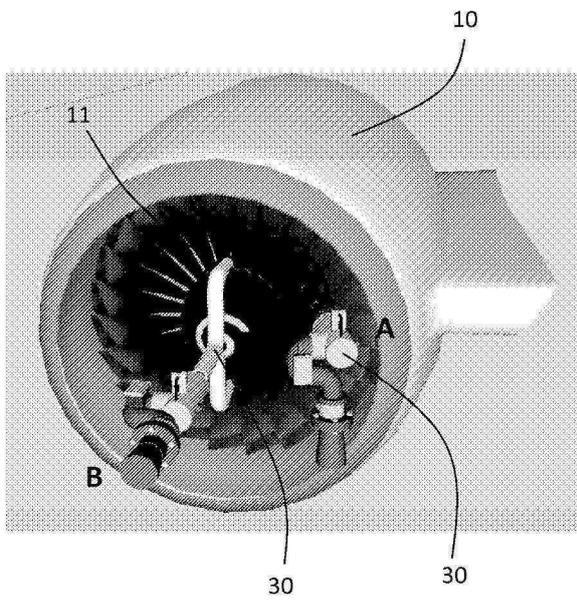
도면23



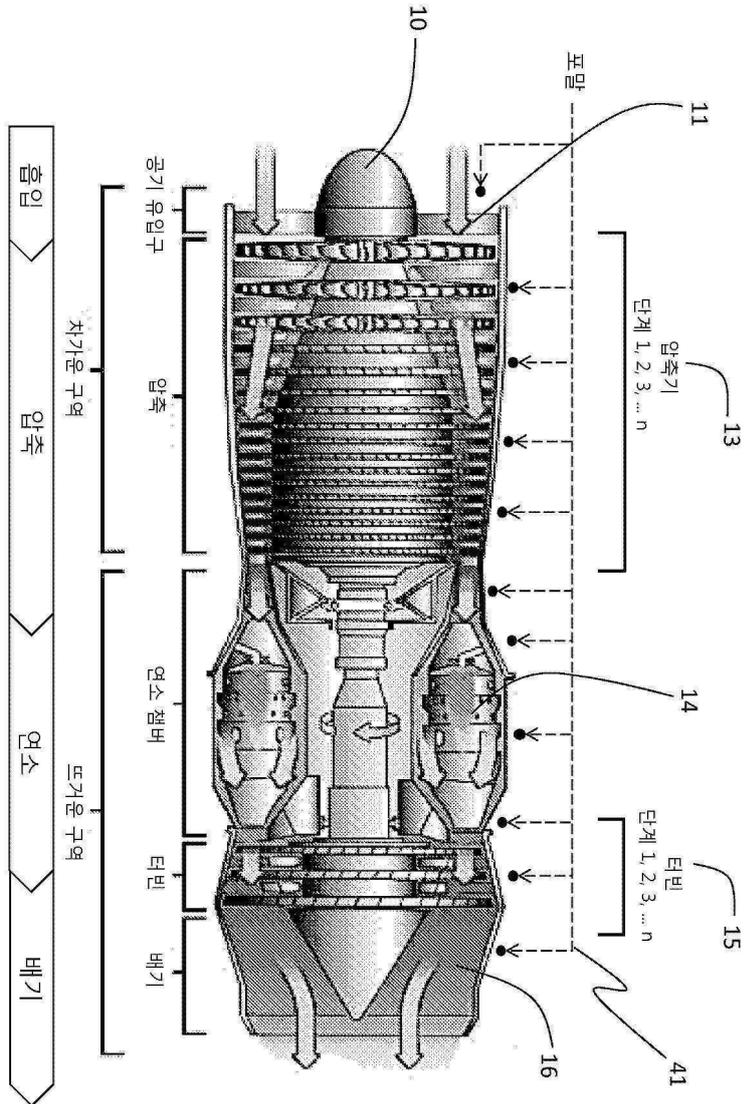
도면24a



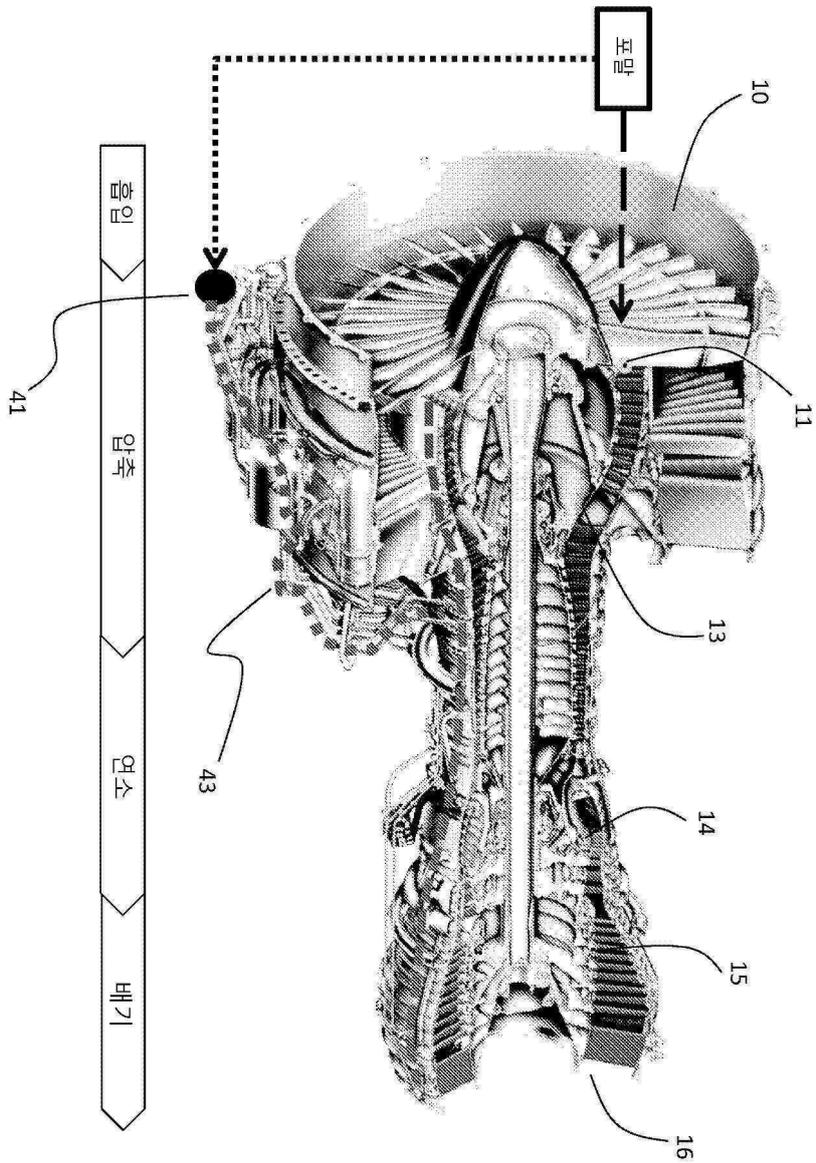
도면24b



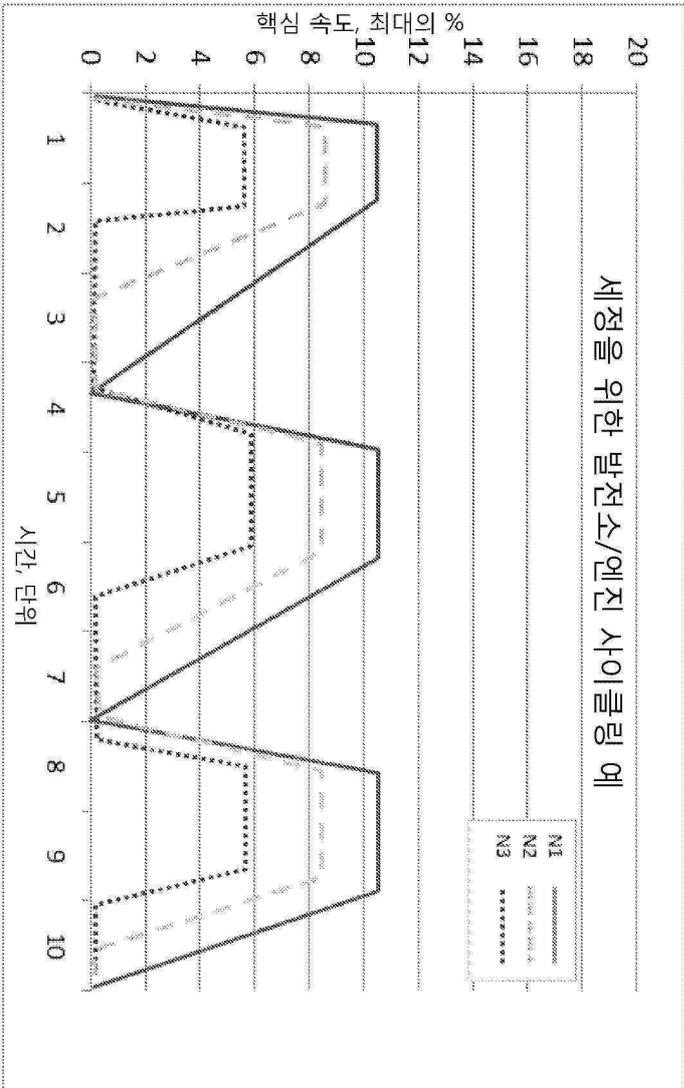
도면25a



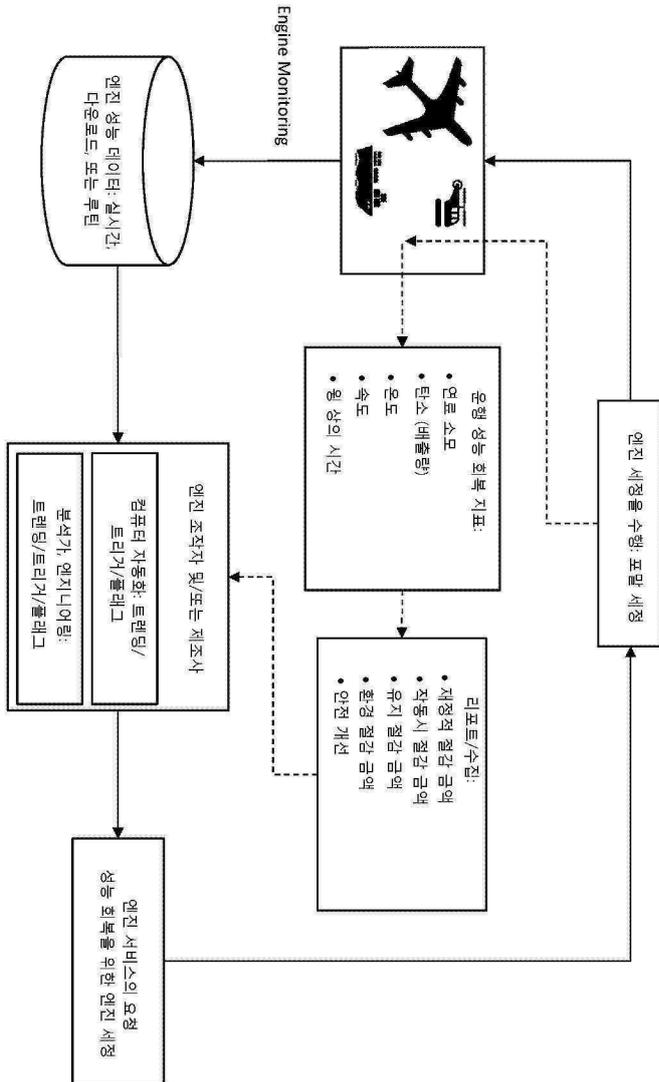
도면 25b



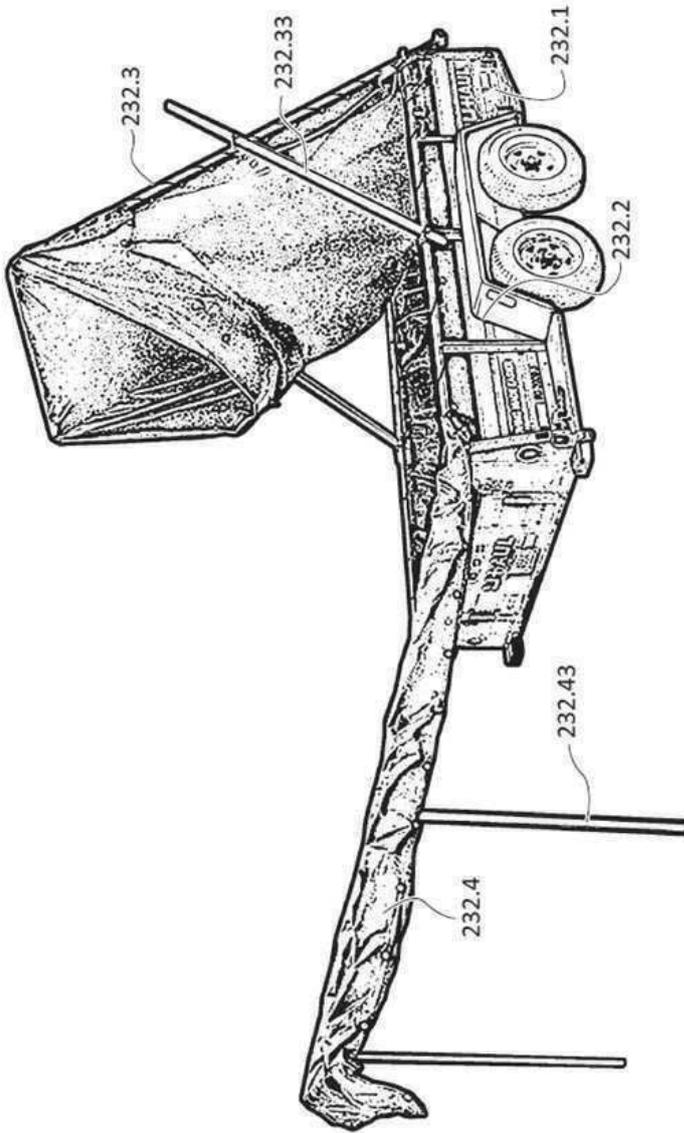
도면26



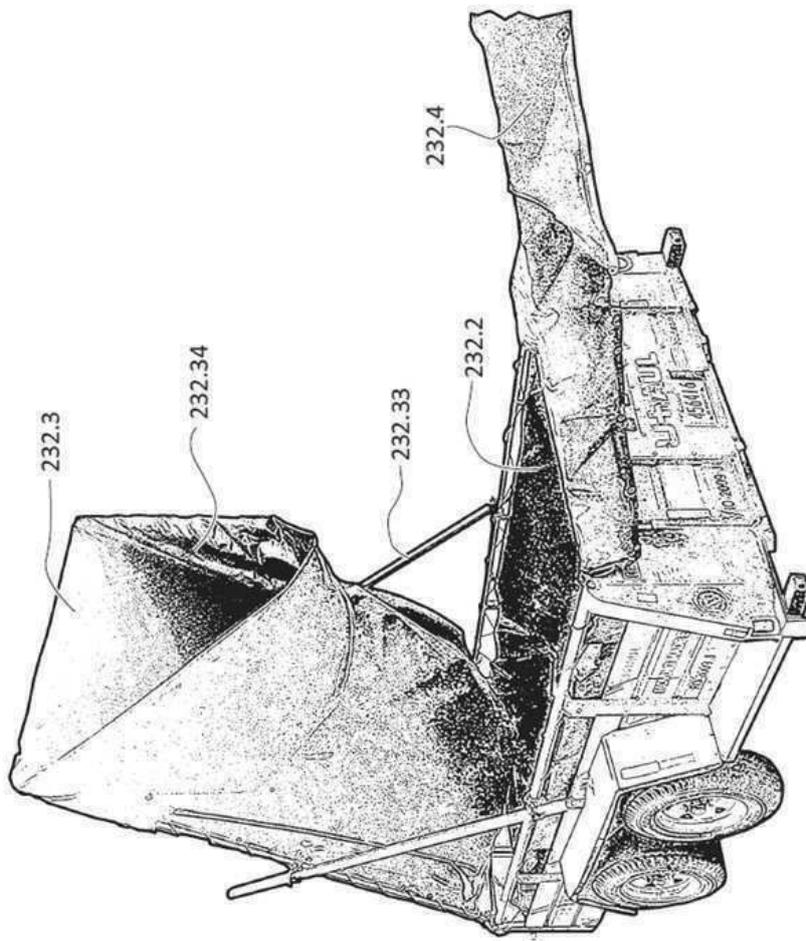
도면27



도면28a



도면28b



도면28c

