



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월25일
(11) 등록번호 10-1739935
(24) 등록일자 2017년05월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02B 43/10 (2006.01) F01K 25/06 (2006.01)
F02B 75/00 (2006.01) F04F 1/16 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7033324(분할)
(22) 출원일자(국제) 2009년02월13일
심사청구일자 2014년02월12일
(85) 번역문제출일자 2012년12월20일
(65) 공개번호 10-2013-0004938
(43) 공개일자 2013년01월14일
(62) 원출원 특허 10-2010-7010316
원출원일자(국제) 2009년02월13일
심사청구일자 2010년05월11일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2009/000407
(87) 국제공개번호 WO 2009/101420
국제공개일자 2009년08월20일
(30) 우선권주장
0802714.6 2008년02월13일 영국(GB)
0900159.5 2009년01월07일 영국(GB)
(56) 선행기술조사문헌
US05127369 A
US20050166869 A1

(73) 특허권자
부캐넌, 나이젤, 알렉산더
영국, 피페 케이와이8 5티에프, 바이 레벤, 뉴 길
스톤, 비치트리 카티지
(72) 발명자
부캐넌, 나이젤, 알렉산더
영국, 피페 케이와이8 5티에프, 바이 레벤, 뉴 길
스톤, 비치트리 카티지
(74) 대리인
강명구, 김현석

전체 청구항 수 : 총 1 항

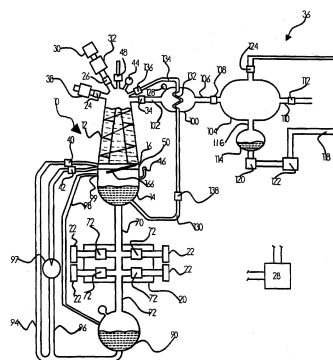
심사관 : 이택상

(54) 발명의 명칭 내연기관

(57) 요약

내연기관(10)은 챔버(12), 입구밸브(24, 26), 출구밸브(16), 가열된 수성 유체를 챔버 내로 선택적으로 유입시키기 위한 유입밸브(136) 및 가열된 수성 유체를 상기 유입밸브로 공급하기 위한 공급시스템(130, 132, 134)을 포함하는데, 상기 입구밸브(24, 26)는 챔버 내에 압력 증가를 제공하도록 챔버 내에서 연소시키기 위해 가연성 혼합물의 구성성분(constituent)들을 챔버 내로 유입시키도록 작동가능하며, 상기 출구밸브(16)는 상기 압력 증가의 영향 하에서 챔버의 에너지출력으로서 상기 챔버로부터 유출 액체를 방출시키도록 작동가능하다. 상기 유입밸브는 가열된 수성 유체를 가연성 혼합물의 연소가 일어나는 챔버의 한 영역 내로 유입시키도록 배열되며 상기 가열된 수성 유체의 적어도 일부분이 분해되어 상기 챔버 내에서 연소되는 수소를 제공한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

챔버, 입구밸브, 출구밸브, 가열된 수성 유체를 챔버에 선택적으로 유입시키기 위한 유입밸브 및 가열된 수성 유체를 상기 유입밸브로 공급하기 위한 공급시스템을 포함하는 내연기관에 있어서,

상기 입구밸브는 챔버 내에 압력 증가를 제공하도록 챔버 내에서 연소시키기 위해 가연성 혼합물의 구성성분들을 챔버 내로 유입시키도록 작동가능하며,

상기 출구밸브는 상기 압력 증가의 영향 하에서 챔버의 에너지출력(energy output)으로서 상기 챔버로부터 유출 액체를 방출시키도록 작동가능하고,

상기 유입밸브는 상기 가열된 수성 유체를 가연성 혼합물의 연소가 발생하는 챔버의 한 영역 내로 연무, 스팀 또는 이들의 결합형태로 유입시키도록 배열되며,

상기 가열된 수성 유체의 일부분이 분해되어 챔버 내에서 연소되는 수소를 제공하고,

공급시스템은 가열된 수성 유체를 과열된 스팀(superheated steam)으로서 공급하도록 작동가능하며,

수소 함유 화합물로부터 수소를 방출시키기 위하여 촉매가 제공되고,

상기 챔버는 유출 액체를 위하여 내부에 형성되는 유동경로를 포함하며, 상기 유동경로는 동일한 상태로 유지되거나 유동경로의 하류방향으로 감소하는 횡단면적을 가지는 것을 특징으로 하는 내연기관.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 내연기관에 관한 것으로서, 특히 자동차에 파워를 공급하기 위한 내연기관에 관한 것이나 이에 제한되지는 않는다.

배경 기술

- [0002] 왕복피스톤 스파크 점화 엔진(reciprocating piston spark ignition engine)은 자동차에 파워를 공급하도록 사용되는 내연기관의 공지된 한 형태이다. 왕복피스톤 스파크 점화 엔진은 각각의 실린더 내에서 왕복운동 하도록 배열된 다수의 피스톤을 포함하는데 이 피스톤들은 각각 크랭크샤프트에 연결된다. 각각의 실린더에는, 유입되는 공기와 연료를 조절하기 위한 입구밸브, 연소생성물들이 배출되는 것을 조절하기 위한 배기밸브 및 공기 연료 혼합물을 점화시키기 위한 스파크 플러그가 제공된다. 카뷰레터(carburettor)에 의해 엔진에 연료가 공급되는 것이 조절되는 위치에서, 공기와 연료는 실린더의 상류에 있는 흡입 매니폴드 내에서 혼합되며 입구밸브는 연료-공기 혼합물이 실린더 내로 흡입되는 것을 조절하는 흡입밸브를 포함한다. 실린더로의 연료 공급이 연료 주입에 의한 것일 경우, 입구밸브는 두 개의 밸브를 포함한다. 이 밸브들 중 하나는 연료주입기(fuel injector)이며 다른 하나는 공기 흡입밸브이다. 연료주입기는 연료를 실린더 내로 직접적으로 주입하도록 배열될 수 있거나 또는 공기 흡입밸브의 바로 상류에 있는 공기 흡입덕트 내로 연료를 주입할 수 있다.
- [0003] 일반적으로, 왕복 스파크 점화 엔진은 4-행정 사이클로 작동된다. 피스톤의 상부방향 움직임 또는 하부방향 움직임 각각에 대해 피스톤의 실린더는 4-행정 사이클 중 하나의 행정을 포함한다. 이 4-행정 사이클은:
- [0004] -유도 행정(induction stroke)을 포함하고, 이 유도 행정 동안 입구밸브가 개방되며 피스톤이 크랭크샤프트를 향해 이동할 때 공기와 연료가 엔진 내로 흡입되고;
- [0005] -압축 행정(compression stroke)을 포함하며, 이 압축 행정 동안 입구밸브와 배기밸브는 닫히고 공기 연료 혼합물은 피스톤이 크랭크샤프트로부터 멀어지도록 이동할 때 압축되며;
- [0006] -파워(power), 또는 작동 행정(working stroke)을 포함하고, 이 파워 또는 작동 행정 동안에는 압축된 혼합물이 점화되며 혼합물이 연소됨으로써 야기된 급격한 팽창은 피스톤을 크랭크샤프트를 향해 후방으로 밀어내고; 및
- [0007] -배기 행정(exhaust stroke)을 포함하며, 이 배기 행정 동안 배기밸브는 개방되고 피스톤이 다시 크랭크샤프트로부터 멀어지도록 이동할 때 배기가스가 실린더로부터 배출된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 몇몇 왕복피스톤 스파크 점화 엔진들은 2-행정 사이클로 작동되는데, 이 2-행정 사이클은 4-행정 사이클이 변형

된 것이다. 이러한 엔진들은 통상 4-행정 엔진들보다 더 작은 용량으로 구성되며 승용차 관점에서 볼 때 2-행정 엔진들은 이를 차량용으로 사용되는 경향이 있다. 2-행정 엔진들은 밸브 대신에 실린더의 측면을 따라 위치한 포트들을 사용한다. 피스톤이 실린더를 상부와 하부방향으로 이동시킬 때, 이 포트들은 피스톤이 실린더 내의 어느 위치에 있게 되는지에 따라 가려지거나 가려지지 않는다. 실질적으로, 2-행정 엔진에서, 제 1 행정 동안 유도 행정과 압축 행정이 일어나고 제 2 행정 동안 연소 행정과 배기 행정이 일어난다.

[0009] 왕복피스톤 압축 점화 내연기관(reciprocating piston compression ignition internal combustion engine)은 자동차에 파워를 공급하도록 일반적으로 사용되는 또 다른 형태이다. 왕복피스톤 압축 점화 엔진들은 스파크 점화 엔진들에 의해 사용되는 연료보다 더 높은 자동-점화 온도를 가진 연료를 사용하며 위에서 언급한 4-행정 사이클의 변형된 형태로 작동된다. 구체적으로, 유도 행정 동안 공기가 실린더 내로 흡입되고 이 공기는 압축 행정 동안 고압과 고온으로 압축된다. 그 뒤 연료는 실린더 내로(또는 실린더 내로 이어지는 혼합챔버 내로) 직접 주입되어 이 연료가 실린더 내에서 고온의 압축공기와 혼합될 때 연소가 일어난다. 종래적으로, 왕복피스톤 압축 점화 엔진들은 소음이 심하고 작동이 느리다고 간주되었으며 자동차 업계에서는 주로 트럭과 버스와 같은 상용차량 용도로 사용되어 왔다. 하지만, 최근에, 고성능의 왕복피스톤 압축 점화 엔진들이 개발되었으며 이제 왕복피스톤 압축 점화 엔진들은 세단형 자동차(세단)와 같은 소형 승용차에서 일반적으로 사용된다.

[0010] 방켈 엔진(Wankel engine)은 자동차에 파워를 공급하도록 사용되어온 또 다른 형태의 스파크 점화 엔진이다. 방켈 엔진은 왕복피스톤 스파크 점화 내연기관에 의해 이용되는 4-행정 사이클과 유사한 4개의 '행정' 사이클을 이용한다. 하지만, 왕복피스톤 대신, 방켈 엔진은 거의 타원형(oval)(에피트로코이드(epitrochoid) 형태)의 챔버 내에서 회전을 위한 편심샤프트(eccentric shaft) 위에 장착된 대략 삼각형 형태의 로터를 가진다. '4개의 행정'들은 상기 로터와 챔버 벽 사이의 공간에서 일어난다.

[0011] 상기 공지된 내연기관들의 공통적인 특징에 따르면, 연료 공기 혼합물은 챔버로 유입되어 상기 챔버 내에서 연소되며 이 연소에 의해 혼합물을 급격하게 팽창시켜 샤프트를 회전하게 하도록 출력샤프트에 연결된 몸체(피스톤 또는 로터)에 직접적으로 작용하며; 이는 즉 엔진의 출력(output)이 샤프트를 회전시키는 것을 말한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명은 챔버, 입구밸브, 출구밸브, 가열된 수성 유체를 챔버에 선택적으로 유입시키기 위한 유입밸브 및 가열된 수성 유체를 상기 유입밸브로 공급하기 위한 공급시스템을 포함하는 내연기관을 제공하는데, 상기 입구밸브는 챔버 내에 압력 증가를 제공하도록 내부에서 연소시키기 위해 가연성 혼합물의 구성성분(constituent)들을 챔버 내로 유입시키도록 작동가능하며, 상기 출구밸브는 상기 압력 증가의 영향 하에서 챔버의 에너지출력으로서 상기 챔버로부터 유출 액체를 방출시키도록 작동가능하고, 상기 유입밸브는 상기 가열된 수성 유체를 가연성 혼합물의 연소가 발생하는 챔버의 한 영역 내로 유입시키도록 배열되며 상기 가열된 수성 유체의 적어도 일부분이 분해되어 챔버 내에서 연소되는 수소를 제공한다.

[0013] 또한 본 발명은 챔버, 입구밸브, 출구밸브, 수성 유체를 챔버로 유입시키기 위한 유입밸브 및 상기 유입밸브를 위한 컨트롤장치를 포함하는 내연기관에 관한 것으로서, 상기 입구밸브는 챔버 내에 압력 증가를 제공하도록 내부에서 연소시키기 위해 가연성 혼합물의 구성성분들을 챔버 내로 유입시키도록 작동가능하고, 상기 출구밸브는 상기 압력 증가의 영향 하에서 챔버의 에너지출력으로서 챔버로부터 유출 액체를 방출시키도록 작동가능하며, 상기 컨트롤장치는 유입밸브를 조절하도록 배열되어 가연성 혼합물의 하나 이상의 구성성분이 챔버 내에서 압축된 후 수성 유체가 공급되어 챔버에 유입되고, 적어도 일부분의 수성 유체 구성성분들이 분해되어 가연성 혼합물 내에서 연소되는 수소를 제공할 수 있다.

[0014] 또한 본 발명은 챔버, 입구밸브, 출구밸브, 수성 유체를 챔버 내에 유입시키도록 작동가능한 유입밸브 및 컨트롤장치를 포함하는 내연기관에 관한 것으로서, 상기 입구밸브는 챔버 내에 압력 증가를 제공하도록 내부에서 연소시키기 위해 가연성 혼합물의 구성성분들을 챔버 내로 유입시키도록 작동가능하고, 상기 출구밸브는 상기 압력 증가의 영향 하에서 챔버로부터의 에너지출력으로서 챔버로부터 유출 액체를 방출시키도록 작동가능하며, 상기 컨트롤장치는 가연성 혼합물의 연소 동안 챔버 내에 충분한 양의 수소 함유 화합물과 물 분자들이 존재하도록 챔버의 작동을 조절하여, 수소 함유 화합물의 스팀개질이 획득되어 가연성 혼합물 내에서 수소가 연소되는 수소 함유 화합물로부터 수소가 분리된다.

[0015] 또한 본 발명은 내연기관 작동방법을 포함하는데, 이 내연기관 작동방법은 챔버의 에너지출력으로서 챔버로부터 액체를 유출시키기 위해 압력 증가를 제공하도록 챔버 내에서 가연성 혼합물을 연소시키는 단계와 챔버 내에서 가연성 혼합물의 하나 이상의 구성성분을 압축시킨 후에 수성 유체를 챔버 내에 제공하는 단계를 포함하고, 가

연성 혼합물의 연소 동안 수성 유체는 가연성 혼합물 내에 존재하여 수성 유체의 적어도 일부분이 챔버 내에서 분해되어 가연성 혼합물 내에서 연소되는 수소를 제공한다.

[0016] 또한 본 발명은 내연기관의 작동방법을 포함하며, 상기 내연기관 작동방법은 챔버의 에너지출력으로서 챔버로부터 액체를 유출시키기 위해 압력 증가를 제공하도록 챔버 내에서 가연성 혼합물을 연소시키는 단계와 가연성 혼합물의 연소가 발생하는 챔버의 한 영역 내로 가열된 수성 유체를 공급하는 단계를 포함하고, 가연성 혼합물의 연소 동안 상기 가열된 수성 유체의 적어도 일부분이 분해되어 가연성 혼합물 내에서 연소되는 수소를 제공한다.

[0017] 또한 본 발명은 내연기관의 작동방법을 포함하며, 상기 내연기관 작동방법은 챔버의 에너지출력으로서 챔버로부터 액체를 유출시키기 위해 압력 증가를 제공하도록 챔버 내에서 가연성 혼합물을 연소시키는 단계와 가연성 혼합물의 연소 동안 수소 함유 화합물의 적어도 일부분의 스팀개질을 촉진시키기 위하여 가연성 혼합물 내에 물 분자와 수소 함유 화합물의 양을 제공하여 수소가 가연성 혼합물 내에서 연소되는 수소 함유 화합물로부터 수소가 분리된다.

[0018] 또한 본 발명은 챔버, 입구밸브, 출구밸브 및 상기 챔버 내에 유체홀더(fluid holder)를 포함하는 내연기관에 관한 것으로서, 상기 입구밸브는 팽창하는 기상물질(gaseous mass)을 챔버 내에 제공하도록 챔버 내에서 가연성 혼합물을 연소시키기 위하여 가연성 혼합물의 구성성분들을 챔버 내로 유입시키도록 작동가능하고, 상기 출구밸브는 상기 팽창하는 기상물질의 영향 하에서 챔버의 에너지출력으로서 상기 챔버로부터 유출 액체를 방출시키도록 작동가능하고, 상기 유체홀더는 유체홀더에 의해 고정된 수성 유체가 상기 팽창하는 기상물질 내에 배열되도록 가연성 혼합물의 연소가 일어나는 챔버의 한 영역 내에 배열되어 상기 수성 유체가 챔버 내에서 연소되는 수소를 제공하기 위한 공정 내에서 가열되고, 팽창하는 기상물질을 위한 유체홀더를 지나는 하나 이상의 유동경로가 존재하여 팽창하는 기상물질이 액체에 작용하도록 하게 한다.

[0019] 또한 본 발명은 내연기관 작동방법을 포함하는데, 상기 내연기관 작동방법은 챔버의 에너지출력으로서 챔버로부터 액체를 유출시키기 위해 팽창하는 기상물질을 제공하도록 챔버 내에서 가연성 혼합물을 연소시키는 단계와 챔버 내의 한 위치에 위치된 하나 이상의 유체홀더 위에 수성 유체를 제공하는 단계를 포함하며, 상기 위치에서 수성 유체는 가연성 혼합물의 연소 동안 연소 중인 가연성 혼합물 내에 있게 되어 상기 수성 유체가 챔버 내에서 연소를 위해 수소를 제공하기 위한 공정에서 가열된다.

[0020] 또한 본 발명은 챔버, 입구밸브, 출구밸브 및 상기 챔버의 작동을 조절하기 위한 컨트롤장치를 포함하는 내연기관에 관한 것으로서, 상기 입구밸브는 내부에서 연소시키기 위해 가연성 혼합물의 구성성분들을 챔버 내로 유입시키도록 작동가능하고, 상기 출구밸브는 챔버의 에너지출력으로서 상기 챔버로부터 유출 액체를 방출시키도록 작동가능하며, 가연성 혼합물이 연소되어 챔버 내에서 제 1 압력 증가를 생성하여 유출 액체가 움직이기 시작하게 하고 가연성 혼합물의 연소 동안 챔버 내에서 수소 함유 화합물로부터 분리된 수소가 연소되어 유출 액체에 작용하는 제 2 압력 증가를 생성하며, 상기 제 2 압력 증가는 상기 제 1 압력 증가에 의해 움직이고 있는 액체에 작용한다.

[0021] 또한 본 발명은 내연기관 작동방법을 포함하는데, 상기 내연기관 작동방법은 챔버 내에서 가연성 혼합물을 연소시켜 챔버의 에너지출력으로서 챔버로부터 액체를 유출시키기 위해 제 1 압력 증가를 제공하는 단계, 상기 가연성 혼합물 내에 수소 함유 화합물을 제공함으로써 챔버 내의 수소 함유 화합물로부터 수소를 분리시키는 단계 및 상기 연소하고 있는 가연성 혼합물 내에서 상기 수소를 연소시켜 챔버로부터 유출된 액체에 작용하는 제 2 압력 증가를 제공하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0022] 또한 본 발명은 챔버, 입구밸브, 출구밸브, 가열된 수성 유체를 챔버에 선택적으로 유입시키기 위한 유입밸브 및 가열된 수성 유체를 상기 유입밸브로 공급하기 위한 공급시스템을 포함하는 내연기관에 관한 것으로서, 상기 입구밸브는 챔버 내에 압력 증가를 제공하도록 내부에서 연소시키기 위해 가연성 혼합물의 구성성분(constituent)들을 챔버 내로 유입시키도록 작동가능하며, 상기 출구밸브는 상기 압력 증가의 영향 하에서 챔버의 에너지출력으로서 상기 챔버로부터 유출 액체를 방출시키도록 작동가능하고, 상기 유입밸브는 가연성 혼합물의 연소가 일어나는 챔버의 한 영역 내로 상기 가열된 수성 유체를 연무, 스팀 또는 이들의 결합형태로 유입시키도록 배열되며 수소분리공정(hydrogen separation process)을 촉진시켜 챔버 내에서 연소되는 수소를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0023]

본 발명이 잘 이해될 수 있도록 하기 위하여, 오직 예로서만 제공된 본 발명의 몇몇 구체예들이 하기에서 도면들을 참조하여 기술될 것이다.

도 1은 자동차 구동트레인에 연결된 단일 실린더 내연기관을 도식적으로 예시한 도면이다.

도 2는 도 1의 내연기관의 배출밸브를 도식적으로 도시한 횡단면도이다.

도 3은 도 1의 자동차 구동트레인의 펌프유닛을 도식적으로 예시한 도면이다.

도 4는 도 1의 내연기관의 실린더의 단면을 도식적으로 도시한 도면이다.

도 5는 도 4에서 우측으로부터 바라본 실린더의 부분 단면도를 도시한다.

도 6은 도 1 내지 도 5의 실린더의 요소들을 나타내는 도식적인 도면이다.

도 7은 작동 사이클 중 공기와 연료의 흡입과정(intake process) 동안 도 1의 내연기관을 도식적으로 예시한 도면이다.

도 8은 작동 사이클 중 압축과정 동안 내연기관을 보여주는, 도 7에 상응하는 도면이다.

도 9는 내연기관에서 연소 이벤트(combustion event)가 개시되는 것을 보여주는, 도 7에 상응하는 도면이다.

도 10은 연소 이벤트에 의해 발생된 압력 증가에 의해 내연기관의 실린더로부터 액체가 흘러나오는 것을 보여준다, 도 7에 상응하는 도면이다.

도 11은 스팀주입과정(steam injection process)을 보여주는, 도 7에 상응하는 도면이다.

도 12는 내연기관으로부터 연소생성물이 배출되는 것을 보여주는, 도 7에 상응하는 도면이다.

도 13은 연소 이벤트 동안 실린더 내의 상태들을 예시하는 압력 곡선(pressure curve)을 도시한 도면이다.

도 14는 내연기관에 제공될 수 있는 몇몇 변경사항들을 보여주는, 도 4와 유사한 도면이다.

도 15는 내연기관에 제공될 수 있는 또 다른 변경사항들을 보여주는, 도 1과 유사한 도면이다.

도 16은 자동차 구동트레인에 연결된 다중-실린더 내연기관을 도식적으로 예시한 도면이다.

도 17은 시동 때의 내연기관을 보여주는 2개의 구동유닛에 연결된 또 다른 내연기관을 도식적으로 예시한 도면이다.

도 18은 내연기관의 연소챔버로부터 리저버로 유체가 배출되고 연료가 이송되는 것을 예시하는, 도 17에 상응하는 도면이다.

도 19는 연소챔버로부터 또 다른 리저버로 유체가 배출되고 이 리저버로부터 연소챔버 내로 유체가 주입되는 것을 예시하는, 도 17에 상응하는 도면이다.

도 20은 배기과정(exhaust process)의 첫 번째 단계들을 예시하는, 도 17에 상응하는 도면이다.

도 21은 연소챔버 내로 흡입되는 공기를 예시하는, 도 17에 상응하는 도면이다.

도 22는 압축과정 동안 내연기관의 작동을 예시하는, 도 17에 상응하는 도면이다.

도 23은 에너지화된 유체(energized fluid)가 구동유닛들로 이동되는 것을 보여주는, 도 17에 상응하는 도면이다.

도 24는 도 17 내지 도 23의 내연기관의 한 변형예를 예시하는 도면이다.

도 25는 연소과정 동안 도 24의 내연기관의 또 다른 변형예를 보여주는 도면이다.

도 26은 배기과정의 제 1 단계 동안 도 25의 내연기관을 보여주는 도면이다.

도 27은 배기과정의 제 2 단계 동안 도 25의 내연기관을 보여주는 도면이다.

도 28은 도 1 내지 도 27의 내연기관의 연소챔버 벽 위에 제공될 수 있는 표면경화(surface roughening)를 예시하는 도면이다.

도 29는 도 1 내지 도 24에 도시된 내연기관에서 사용될 수 있는 유체홀더(fluid holder)를 도시한다.

도 30은 도 1 내지 도 27에 도시된 내연기관용 컨트롤유닛의 한 예를 도식적으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 도 1에서, 내연기관(10)은 단일의 연소챔버를 포함하며, 이 연소챔버는 출구밸브(16)를 통해 제 1 리저버(14)와 연결된 닫혀있는 실린더(12)의 형태로 구성된다. 실린더(12)는 가연성 혼합물(combustible mixture)의 구성성분(constituent)들이 실린더에 선택적으로 유입되는 입구 단부 영역과 출구밸브(16)가 위치한 곳인 출구 단부 영역을 가진다. 가연성 혼합물은 실린더(12) 내에서 연소되어 실린더 내에서 압력 증가가 발생되며 출구밸브(16)는 이러한 압력 증가의 영향 하에서 실린더의 주(main) 에너지출력(energy output)으로서 실린더로부터 유출 액체(liquid outflow)가 방출되도록 작동가능하다.
- [0025] 제 1 리저버(14)는 에너지화된(energized) 유출 액체를 수용하기 위해 일반적으로 실린더의 출구 단부 영역에서 실린더(12) 하부에 배치되며 필요할 때까지 에너지출력(energy output)을 저장한다. 제 1 리저버(14) 내에 저장된 액체는 필요시에 자동차 구동트레인의 구동유닛(20)으로 공급된다. 구동유닛(20)은 제 1 리저버(14) 내에 저장된 에너지를 자동차(도시되지 않음)의 4개의 휠(22)들을 회전시키도록 사용되는 구동력(drive force)으로 변환시킨다.
- [0026] 내연기관(10)은 입구밸브(24, 26)를 포함하는데, 이 입구밸브(24, 26)는 실린더(12)와 연결되고 가연성 혼합물의 구성성분들을 실린더 내로 유입시키도록 작동가능하다. 이 구체예에서, 입구밸브(24, 26)는 연료와 공기가 실린더(12) 내로 유입되는 것을 개별적으로 조절하기 위한 것으로, 입구밸브는 실린더 내로의 흡입공기(aspirant air)의 흐름을 조절하기 위한 통상 닫혀있는(closed) 솔레노이드 작동식 공기 흡입밸브(24)와 연료가 실린더 내로 직접 주입되는 전기 작동식 연료주입기(26)를 포함한다. 공기 흡입밸브(24)와 연료주입기(26)의 작동은 마이크로프로세서-기반 컨트롤유닛(28)을 포함하는 컨트롤시스템에 의해 조절된다. 상기 연료주입기(26)는 연료펌프(32)를 통해 연료 리저버(30)에 연결된다.
- [0027] 도면들을 더욱더 잘 이해할 수 있게 하기 위하여, 컨트롤유닛(28)과 이 컨트롤유닛(28)이 조절하며 및/또는 부분(part)들로부터 나온 신호들을 수신하는 부분들 간의 연결은 도시되지 않는다.
- [0028] 또한, 내연기관(10)은 실린더(12)와 연결된 배기밸브(34)를 포함한다. 상기 배기밸브는 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 배기밸브(34)의 한 형태이다. 배기밸브(34)의 작동은 컨트롤유닛(28)에 의해 조절된다. 컨트롤유닛(28)은 배기밸브(34)에 신호를 제공하여 밸브가 선택적으로 개방되게 하여 연소생성물(배기가스)들이 실린더(12)로부터 배기시스템(36)으로 배출되게 할 수 있다. 배기시스템(36)은 하기에서 더욱 상세하게 기술된다.
- [0029] 공기 흡입밸브(24)는 하나 이상의 공기 필터 및 적절한 덕트 및/또는 하나 이상의 공기 흡입 매니폴드를 포함할 수 있는 공기 흡입시스템(38)과 유체소통(flow communication)하며, 상기 공기 흡입시스템(38)을 통해 흡입공기가 공기 흡입밸브를 통해 실린더(12)로 공급된다. 흡입공기(intake air)는 터보차징(turbo charging)과 수퍼차징(supercharging)에 의해 압축될 수 있지만, 반드시 그럴 필요는 없다. 수퍼차징과 터보차징은 둘 다 해당 업계의 당업자에게 익숙한 기술이며 본 명세서에서는 상세하게 기술되지 않을 것이다.
- [0030] 또한 내연기관(10)은 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 유체 유입 컨트롤밸브(40)와 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 스타트 업(start up) 유입 컨트롤밸브(42)의 형태인 유체 유입 컨트롤밸브를 포함한다. 두 유체 유입 컨트롤밸브(40, 42)는 모두 제 1 리저버(14)로 배출되기 전에 연소공정(combustion process)에 의해 에너지화되어야 하는 액체가 실린더(12)에 유입되는 것을 조절하기 위하여 배열된다. 유체 유입 컨트롤밸브(40, 42)들의 작동은 컨트롤유닛(28)에 의해 조절된다.
- [0031] 컨트롤유닛(28) 외에도, 내연기관(10)용 컨트롤시스템은 실린더(12) 내의 압력을 나타내는 신호들을 출력하기 위해 배열된 센서(44)를 포함한다. 적절한 어떠한 센서도 사용가능하다. 실린더(12) 내의 온도가 압력에 밀접하게 따를 것이기 때문에, 상기 센서는 온도감지부분을 포함하며 실린더(12) 내에 위치한 써모커플과 같은 온도센서(44)가 될 수 있다.
- [0032] 또한, 내연기관(10)용 컨트롤시스템은 제 1 리저버(14) 내의 압력을 나타내는 신호들을 컨트롤유닛(28)에 제공하도록 배열된 센서(46)를 포함한다. 이 센서(46)는 온도센서를 포함하여 임의의 적절한 센서가 될 수 있다. 내연기관(10)에 대한 요구 사항들이 달라지기 때문에, 거의 대부분의 저장된 액체가 구동유닛(20)에 의해 요구됨에 따라 제 1 리저버(14) 내의 압력은 달라질 것이다. 컨트롤유닛(28)은 제 1 리저버(14)에 대한 액체의 적절한 공급상태를 유지하고 구동유닛(20)의 요구사항에 부합시키도록 엔진의 작동을 조절하기 위해 센서(46)로부터 나

온 신호들을 사용한다.

[0033] 또한 내연기관(10)은 연소기폭장치(combustion initiator)를 포함하는데, 이 구체예에서는 상기 연소기폭장치가 스파크 플러그(48)의 형태로 구성된다. 스파크 플러그(48)는 컨트롤유닛(28)의 조절 하에서 작동되며 적절한 전압공급시스템(도시되지 않음)과 연결되는데, 이 전압공급시스템은 스파크에 필요한 전압이 유도될 수 있는 코일을 포함할 수 있다. 스파크 플러그 기술은 해당 업계의 당업자들에게 익숙하기 때문에 본 명세서에서는 상세하게 기술되지 않을 것이다.

[0034] 이 구체예에서, 출구밸브(16)는 실린더(12)의 하측 단부를 형성하는 엔진의 벽(50) 내에 제공된 자동-개폐식 압력 릴리스밸브를 포함한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 출구밸브(16)는 실린더(12) 내로 개방되는 보어(52)를 포함한다. 보어(52)는 상대적으로 좁은 직경부(54)와 상대적으로 넓은 직경부(56)를 가지는데, 상기 상대적으로 좁은 직경부(54)는 실린더(12)에 인접하게 위치되고 실린더(12) 내로 이어지며 상기 상대적으로 넓은 직경부(56)는 실린더로부터 이격되어 위치되어 있고 원뿔형 밸브시트(58)를 형성하는 벽에 의해 상기 상대적으로 좁은 직경부(54)에 연결된다. 밸브시트(58)는 보어(52)의 상대적으로 좁은 직경부(54)를 향해 축방향에서 내부방향으로 테이퍼진다(taper). 자유로이 이동가능한 볼(60) 형태로 구성된 밸브부재(valve member)가 보어(52)의 상대적으로 넓은 직경부(56) 내에 제공된다. 볼(60)은 제 1 리저버(14)와 실린더(12) 내에 있는 유체들 간의 압력균형(pressure balance)에 의해 작동된다(actuated). 볼(60)을 위한 천공된 보유장치(retaining device, 62)가 보어(52)의 상대적으로 넓은 직경부(56) 내에 제공되어 볼은 상기 보유장치와 밸브시트(58) 사이에 포획된다(trapped). 예시된 구체예에서, 보유장치(62)는 보어(52)의 상대적으로 넓은 직경부(56) 내에 고정된 환형 프레임(64)과 내부에서 직경방향으로 연장되고 상기 프레임(64)에 연결된 각각의 마주보는 단부를 가진 한 쌍의 상호 수직인 횡단-부재(66)를 포함한다. 대안으로, 보유장치는 볼의 직경보다 더 작은 내측 직경을 가진 칼러(collar)가 될 수 있거나, 또는 볼이 밸브시트(58)로부터 멀어지도록 이동할 때 보어를 통해 유체가 상대적으로 자유로이 흐를 수 있게 하는 동안 볼이 보어(52)의 상대적으로 넓은 직경부(56)로부터 빠지는 것을 방지하게 하는, 그 외의 다른 임의의 장치가 될 수 있다.

[0035] 선택적으로, 배출밸브(16)에는 보어(52)의 상대적으로 넓은 직경부(56) 내에 제공된 플루트(68) 형태로 구성된 유동변경시스템(flow modifying system)이 제공된다. 플루트(68)는 보어(52)의 상대적으로 넓은 직경부(56)를 통과하는 액체의 흐름에 영향을 미치도록 배열되며, 볼(60)이 밸브시트(58)로부터 멀어지도록 이동하고 액체가 보어(52)를 통해 흐를 때 상기 볼(60)은 선회(spin)하게 되지 않는다(또는 적어도 볼의 비-병진운동(non-translational movement)은 감소된다). 이에 따라 볼(60)은 압력 변화들에 대해 보다 반응적(responsive)이 되며 밸브는 제 1 리저버(14)와 실린더(12) 내의 유체들 간에 압력균형에서의 변화들에 반응하여 보다 신속하게 개폐될 것이다. 예시된 구체예에서는 거리가 동일하게 떨어진 4개의 플루트(68)가 있는데, 통상 이들은 각각 보어(52)의 상대적으로 넓은 직경부(56)의 축에 대해 평행하게 연장된다. 특정 엔진 내에 존재하는 것으로 판명된 흐름 상태들에 대해 최상의 결과를 얻기 위하여, 플루트(68)의 개수, 형태 및 배열 및/또는 제공된 그 외의 유동변경포메이션(flow modifying formation)들은 변경될 수 있음을 이해해야 한다. 도시되지는 않았지만, 볼(60)을 볼의 단한 위치로 편향시키기 위하여 스프링과 같은 편향장치(biasing device)가 사용될 수 있다.

[0036] 다시, 도 1에서, 제 1 리저버(14)는 출구덕트(70)에 의해 구동유닛(20)에 연결된다. 구동유닛(20)은 각각의 펌프유닛(72)들을 포함하는데, 이 펌프유닛(72)들은 제 1 리저버(14)로부터 상대적으로 높은 압력의 액체를 수용하며 그 액체 내에 저장된 에너지를 휠(22)에 가해지는 회전력(turning force)로 변환시킨다.

[0037] 도 3에서, 각각의 펌프유닛(72)은 펌프(74), 입구(76), 출구(78) 및 출력샤프트(80)를 포함하는데, 제 1 리저버(14)로부터 나온 상대적으로 높은 압력의 액체는 상기 입구(76)를 통해 수용되고, 사용된 액체는 펌프유닛으로부터 상기 출구(78)를 통해 배출되며, 상기 출력샤프트(80)는 펌프유닛에 의해 구동력 출력(drive force output)을 출력샤프트(80)가 연결된 휠(22)로 전달한다. 펌프유닛(72)은 기어(82) 및/또는 출력샤프트(80)의 회전방향이 선택적으로 전환되게 할 수 있도록 작동가능한 그 외의 적절한 메커니즘을 포함하여, 이에 따라 전진구동과 후진구동이 휠(22)로 공급될 수 있다. 펌프유닛(72)의 입구쪽과 출구쪽 위에 가해지는 액체 압력을 감지하기 위해 각각의 압력센서(84, 86)들이 제공된다. 이 압력센서(84, 86)들은 펌프유닛(72)의 입구쪽과 출구쪽 위에 가해지는 압력들을 나타내는 신호들을 컨트롤유닛(28)에 공급한다. 컨트롤유닛(28)은 휠(22)이 미끄러지는 지를(slipping) 판단하기 위하여 상기 센서(84, 86)들로부터 나온 신호들을 이용한다. 휠이 미끄러지는 것으로 판단되면, 컨트롤유닛(28)에 의해 조절되는 전기 작동식 밸브(88)가, 더 이상 미끄러지지 않는 곳에 공급 수준이 도달할 때까지, 펌프유닛(72)을 통과하는 액체의 흐름을 감소시키도록 작동될 수 있다. 또한 상기 밸브(88)는 휠(22)에 제동력을 제공할 수 있도록, 펌프유닛(72)을 통과하는 흐름을 조절하기 위한 신호를 받을 수 있다.

- [0038] 도 1에서, 펌프유닛(72)들로부터 나온 사용된 상대적으로 낮은 압력의 액체는 덕트(92)를 통해 제 2 리저버(90) 내로 배출된다. 이 도면에서, 상기 덕트(92)는 단일 덕트로서 도시된다. 하지만 실질적으로는, 각각의 펌프유닛(72)을 위한 개별 덕트가 될 수도 있다. 제 1 덕트시스템(94)이 제 2 리저버(90)로부터 유체 유입 컨트롤밸브(40)로 연장되어 상기 밸브가 개방될 때 제 2 리저버로부터 나온 상대적으로 낮은 압력의 액체가 실린더(12) 내로 통과할 수 있다. 제 2 덕트시스템(96)이 제 1 덕트시스템(94)으로부터 스타트 업 유체 유입 컨트롤밸브(42)로 연장된다. 대안으로, 제 2 덕트시스템(96)은 제 2 리저버로부터 직접 연장될 수도 있다. 제 2 리저버로부터 실린더(12)로 이송되는 액체의 압력을 높이기 위하여 제 2 리저버(90)와 스타트 업 유체 유입 컨트롤밸브(42) 사이에서 제 2 덕트시스템(96) 내에 스타트 업 펌프(97)가 제공된다. 상기 스타트 업 펌프(97)는 컨트롤유닛(28)으로부터 수신된 신호들에 반응하여 작동한다.
- [0039] 제 1 리저버(14)에는 덕트(98)를 포함하는 압력 릴리프시스템이 제공되는데, 상기 덕트(98)에는 제 2 리저버(90)로 연장되는 압력 릴리프밸브(99)가 장착된다(fitted). 압력 릴리프밸브(99)는 미리 결정된 압력에서 개방되도록 설정되어, 이를 초과하는 압력은 덕트(98)를 통해 제 1 리저버(14)로부터 제 2 리저버(90)로 빠져나가게(vent) 할 수 있다. 상기 압력 릴리프밸브는 임의의 적절한 밸브가 될 수 있는데, 이것에는 센서(46)로부터 나온 신호들에 반응하여 작동되는 전기 작동식 밸브 또는 공지된 스프링-편향된 일-방향 압력 릴리프밸브가 포함된다. 제 2 리저버(90)로 빠져나가는 대신에, 덕트(98)가 제거될 수 있으며 이에 따라 초과압력이 대기로 빠져나가게 할 수 있다.
- [0040] 배기시스템(36)은 덕트(102)에 의해 배기밸브(34)에 연결된 열교환기(100)와 덕트(106)에 의해 상기 열교환기(100)와 연결된 콘덴서(104)를 포함한다. 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 밸브(108)가 덕트(106) 내에 제공되어 열교환기(100)로부터 콘덴서(104)로의 배기가스 흐름이 조절될 수 있다. 콘덴서(104)는 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 배기 출구밸브(112)의 작동에 의해 대기로 개방될 수 있는 배기출구(110)를 가진다. 콘덴서(104)는 열교환기(100)와 실린더(12)의 용적보다 더 큰 용적을 가져서 배기 출구밸브(112)가 닫힌 상태를 유지하는 동안 열교환기와 실린더(12)의 적어도 실질적으로 모든 함유물(content)을 수용할 수 있다.
- [0041] 콘덴서(104)는 덕트(116)를 통해 리저버(114)와 연결되어 콘덴서로부터 나온 응축물(condensate)은 상기 콘덴서로부터 리저버 내로 흐를 수 있다. 리저버(114) 내의 응축물은 덕트(118)를 통해 냉수 스프레이(cold water spray)로서 콘덴서(104)로 회수될 수 있다. 냉동유닛(refrigeration unit, 122)을 통해 상기 응축물을 콘덴서(104) 내로 퍼올리기(pumping) 위하여 펌프(120)가 덕트(118) 내에 제공된다. 덕트(118)의 출구 단부에서 밸브(124)가 제공된다. 이 밸브(124)는 원자화된 물방울(atomized droplet)의 연무(mist) 형태로 냉수를 이송하기 위한 노즐을 포함한다. 열교환기(100) 내의 압력을 나타내는 신호들을 컨트롤유닛(28)에 공급하기 위하여, 열교환기(100)에는 예를 들어 온도센서와 같은 센서(128)가 제공된다. 밸브(108, 112, 124)들과 펌프(120) 및 냉동유닛(122)은 컨트롤유닛(28)의 조절 하에서 작동한다.
- [0042] 내연기관(10)은 제 1 리저버(14)로부터 열교환기(100)로 이어지는 덕트(130)를 포함하는데, 리저버로부터 나온 액체는 실린더(12)로부터 나온 배기가스에 의해 가열될 수 있도록 상기 덕트(130)를 통해 열교환기로 통과할 수 있다. 이 액체는 열교환기(100) 내에서 코일(132)을 통과하며 스팀(steam)을 공급하도록 열교환기(100) 내에서 가열된다. 도시되지는 않았지만, 배기가스로부터 액체로의 열전달을 향상시키기 위하여, 코일(132)에는 핀(fin)들과 그 외의 집열요소(heat collecting element)들이 제공될 수 있다. 열교환기로부터 실린더로 스팀을 이송시키기 위하여, 덕트(134)가 열교환기(100)로부터 실린더(12)의 입구 단부 영역에 제공된 입구로 이어진다. 실린더(12) 내로의 스팀의 흐름을 조절하기 위해 스팀 컨트롤밸브(136)가 덕트(134)의 하류 단부(downstream end)에 제공되는데, 이 구체예에서 상기 스팀 컨트롤밸브(136)는 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 밸브이다. 스팀 컨트롤밸브(136)는 컨트롤유닛(28)의 조절 하에서 작동한다. 일-방향 밸브(128)가 덕트(134) 내에 제공된다.
- [0043] 이제, 도 4와 도 5를 참조하여 엔진 실린더(12)가 매우 상세하게 기술될 것이다. 실린더(12)는 실린더의 주 측벽(152)을 포함하는 원통형의 주 몸체부(150)를 포함한다. 주 몸체부(150)는 테이퍼지며, 돔형의 실린더 헤드(154)에 의해 닫히는 상대적으로 좁은 단부와 벽(50)에 의해 닫히는 상대적으로 넓은 단부를 가진다. 이 구체예에서, 벽은 통상 원형의 판(plate)과 유사한 몸체를 포함한다. 주 몸체부(150)는 볼트(158)와 같은 적절한 고정장치에 의해 실린더 헤드(154)와 벽(50)에 고정된다. 닫힌 챔버를 형성하도록 실린더(12)가 유체와 압력이 새지 않게 하기 위하여 상기 부분(part)들 간에는 적절한 가스킷 및/또는 밀봉재들이 제공된다.
- [0044] 주 몸체부(150)는 원뿔형 몸체(160)를 수용하는 원추대 형태의(frusto-conical) 내부 공간을 형성한다. 원뿔형 몸체(160)는 벽(50)에 고정되거나 또는 벽(50)과 일체로 구성되며 실질적으로 주 몸체부(150) 전체 길이를 초과하여 연장된다. 실린더(12)로부터 배출되어야 하는 액체를 위한 유동경로(flowpath)가 주 측벽(152)과 원뿔형

몸체(160) 사이에 형성된다. 이 유동경로는 실린더(12)의 입구 단부 영역에 인접한 유동경로의 상류 단부(upstream end)와 실린더의 출구 단부 영역에 있는 유동경로의 하류 단부를 가진다. 액체의 소용돌이 흐름(vortex flow)을 증진시키기 위해 선택적으로 하나 이상의 유동변경포메이션들이 상기 유동경로 내에 제공될 수 있다. 이 구체예에서, 유동변경포메이션은 나선형 벽(162) 형태로 제공된다. 이 벽(162)은 측벽(152) 또는 원뿔형 몸체(160)에 의해 지지될 수 있으며 이 구체예에서는 원뿔형 몸체와 일체로 구성된다. 벽(162)은 상기 원뿔형 몸체(160)에 대해 원뿔형 몸체의 끝단(tip)에 가까운 위치로부터 몸체의 기저부(base)에 가까운 위치로 연속적인 나선형으로 구성된다. 벽(160)의 반경방향 크기(extent)는 벽의 주변(periphery)이 주 측벽(152)에 인접하여 이에 따라 연속적인 나선형 통로(164)가 유동경로의 길이의 따라 형성되도록 정해진다.

[0045] 나선형 통로(164)는 출구밸브(16)의 상류 단부에 가까이 위치된 나선형 통로의 하류 단부를 포함하며 이에 따라 유동경로를 따라 흘러가는 액체가 보어(52) 내로 유입되기 쉽도록 한다. 보어(52)는 벽(50)을 통해 연장되며 보어의 하류 단부로부터 연장되는 파이프(166)를 가진다. 보어(52)와 파이프(166)는 연속적인 나선형 유동경로를 적어도 실질적으로 형성할 수 있도록 만곡된(curved) 덕트를 형성한다. 여기서, 일반적인 목적은, 유출 액체(outflowing liquid)의 흐름을 늦추고 및/또는 그 외의 경우에 유출 액체의 흐름을 저해하는, 흐름의 방향을 급격하게 바꾸거나 또는 흐름의 방향을 불필요하게 변경시키지 않는 나선형의 하류 유동경로를 제공해야 하는 것으로서, 이런 이유로 파이프(166)를 실질적으로 일직선 파이프로 제조하는 것이 바람직할 것이다.

[0046] 도 5는 유체 유입 컨트롤밸브(40, 42)와 제 1 및 제 2 덕트시스템(94, 96)을 통해 제 2 리저버(90)로부터 공급되는 액체를 수용하기 위해 벽(50) 내에 제공된 각각의 입구포트(168, 170)를 도시한다. 각각의 통로(도시되지 않음)들은 벽(50)을 통해 상기 입구포트(168, 170)들로부터 입구포트(168, 170)들이 주 측벽(152)과 원뿔형 몸체(160) 사이의 공간 내부로 개방되는 위치들로 연장된다. 선택적으로, 입구포트(168, 170)들로부터 연장되는 통로들은 벽(50) 내부에서 서로 만나고 공통의 출구 단부를 통해 실린더 내로 나가도록(output) 배열될 수 있다.

[0047] 도 6에서, 실린더(12)는 길이방향으로 연장되는 중앙선 또는 축(174)을 가진다. 실린더(12)의 출구 단부 영역을 향하는 흐름 방향에서, 주 측벽(152)과 원뿔형 몸체(160)는 둘 다 중앙선(174)에 대해 외부방향으로 테이퍼진다. 주 측벽(152)은 각도(θ)로 표시된 테이퍼율(taper rate)을 가지며 원뿔형 몸체(160)는 각도(α)로 표시된 테이퍼율을 가진다. 이 각도(θ , α)들은 서로 동일하게 선택되거나 또는 각도(α)에 의해 형성된 테이퍼율이 각도(θ)에 의해 형성된 테이퍼율보다 더 크도록 선택된다. 다시 말해서, 주 측벽(152)의 반경(R_1)은 원뿔형 몸체(160)의 반경(R_2)의 증가율과 동일한 비율 또는 원뿔형 몸체(160)의 반경(R_2)의 증가율보다 더 작은 비율로 실린더(12)의 하류 방향에서 증가된다. 이에 따라 측벽(152)과 원뿔형 몸체(160) 사이에 형성된 유동경로의 전체 횡단면적은 유동경로의 길이를 초과하여 증가하지 않는다. 이 구체예에서, 원뿔형 몸체(160)의 테이퍼율은 측벽(152)의 테이퍼율보다 더 크다. 이에 따라 (위치(176, 178 및 180)에 표시된 것과 같이) 중앙축(174)에 대해 수직으로 측정된 유동경로의 횡단면적은 흐름 방향으로 감소된다. 따라서 유동경로는 유동경로의 하류 단부를 향하여 좁아진다.

[0048] 흐름 방향에서 외부방향으로 테이퍼진 실린더의 주 몸체부(150)를 가지는 목적은 액체의 소용돌이 흐름이 출구밸브(16)로 향하도록 촉진시키는 것이다. 실린더(12) 내에 원뿔형 몸체(160)가 없다면 출구밸브(16)로의 유동경로의 원형 횡단면적은 현저하게 증가될 것임을 이해할 수 있을 것이다. 이에 따라 유출 액체 내에는 버블(bubble) 또는 연소가스(combustion gas)의 포켓(pocket)들로 공동현상(cavitation)이 발생할 수 있으며, 이들은 유출 액체와 함께 제 1 리저버(14) 내로 이송된다. 이는 가스들이 냉각되고 수축되기 때문에 제 1 리저버(14) 내에서 바람직하지 못한 압력손실을 발생시킬 수 있다. 유동경로의 횡단면적이 증가되지 않거나 또는 흐름 방향으로 실질적으로 감소하는 사실에 의해, 실린더(12)로부터 제 1 리저버(14) 내로 이송되는 가스 부피는 적어도 최소화되어야 한다.

[0049] 도 7 내지 도 12를 참조하여 이제 내연기관(10)의 작동 사이클(operating cycle)이 기술될 것이다. 도 7 내지 도 12에서, 밸브들이 개방될 때 이들은 포핏밸브(poppet valve) 형태로 도시되어 있다. 이 형상은 순전히 더 쉽게 도시하고 독자들을 위해 더 쉽게 이해시키기 위하여 채택된 것으로, 어떤 경우에라도 청구항들의 권리범위를 제한하는 것으로 받아들여져서는 안 된다. 또한 상기와 같은 이유로, 도 7 내지 도 12에서는 나선형 벽(162)이 생략되어 있다.

[0050] 하기에, 내연기관(10)의 작동을 기술하는데 있어서, 출구밸브(16)를 통해 배출되고 에너지화되어야 하는 액체는 증류수이며 연료주입기(26)를 통해 공급되는 연료는 휘발유(가솔린)이다. 하지만 작동유체(working fluid)로

서 증류수 이외의 액체들도 사용될 수 있으며 휘발유 외의 연료들도 사용될 수 있음을 이해할 수 있다.

- [0051] 도 7은 새로운 작동 사이클의 개시 단계(initial stage) 동안의 내연기관(10)을 도시한다. 사이클이 시작될 때, 출구밸브(16), 공기 흡입밸브(24), 연료주입기(26), 배기밸브(34) 및 유체 유입밸브(40, 42)들은 모두 닫혀있다. 새로운 사이클을 개시하기 위하여, 컨트롤유닛(28)은 신호를 전송하여 공기 흡입밸브(24)가 개방되게 하고 신선한 흡입공기(200)가 실린더(12) 내로 흐를 수 있게 한다. 공기 흡입밸브(24)가 개방되는 시기는 실린더(12) 내의 압력에 의해 결정된다. 실린더 내의 압력은 온도센서(44)에 의해 제공된 신호들을 나타내는 온도를 참조하여 결정된다.
- [0052] 신선한 흡입공기(200)가 공기 흡입밸브(24)를 통해 실린더(12)로 유입될 때, 실린더(12) 내의 압력은 대기압 이하이며 이에 따라 공기는 실린더 내로 흡입된다. 실린더(12)로 유입되는 상대적으로 차가운 공기는 실린더와 실린더 내부의 함유물들을 냉각시킨다. 실린더(12) 내부의 냉각과 낮은 압력의 결과로서, 공기(200)는 실린더 내로 계속 들어올 수 있으며 실린더 내에 남아있는 물(202)의 적어도 일부분이 증발되어 증기(204)를 형성한다.
- [0053] 상기 공기 흡입단계 동안의 설정시간에서, 컨트롤유닛(28)은 신호를 발생시켜 연료주입기(26)를 개방하게 하여 휘발유(206)의 측정된 양이 실린더(12) 내로 흐르게 하며 여기서 이 휘발유는 공기(200)와 혼합되어 휘발유와 공기의 가연성 혼합물을 형성한다. 하기에서 더욱 상세하게 설명되겠지만, 유입된 휘발유 양은 상기 혼합물이 과잉 탄화수소를 연소챔버에 제공하기 위해 화학량적 비율(stoichiometric ratio)보다 더 농후하게 되도록 한다.
- [0054] 도 8은 공기와 연료가 흡입된 후 공기 흡입밸브(24)와 연료주입기(26)가 닫힌 내연기관(10)을 도시한다. 일단, 공기 흡입밸브(24)와 연료주입기(26)가 닫히면, 컨트롤유닛(28)은 신호를 발생시켜 유체 유입 컨트롤밸브(40)가 개방되게 한다. 구동유닛(20)으로부터 제 2 리저버(90)로 회수된 물(208)은 유체 유입 컨트롤밸브(40)를 통해 실린더(12) 내부로 흐른다. 그 뒤 실린더(12)는 공기(200), 증기(204) 및 연료(206)를 함유하는 제 1 유동물질(fluid mass, 210)과 남아있는 물(202) 및 유입되는 물(208)을 함유하는 제 2 유동물질(212)을 포함한다. 제 2 유동물질(212)이 실린더(12)에 채워질 때, 제 1 유동물질(210)은 압축되어 압력과 온도가 올라간다. 온도센서(44)로부터 나온 신호들에 의해 나타난, 미리 결정된 충전점(fill point)에 도달하면, 컨트롤유닛(28)은 유체 유입 컨트롤밸브(40)를 닫도록 명령을 내린다.
- [0055] 도 9에서, 일단 유체 유입 컨트롤밸브(40)가 닫히면 실린더(12)는 제 1 유동물질(210) 내에서 공기(200)/연료(206)의 혼합물이 연소되기 위한 준비상태가 된다. 스파크 플러그(48)가 실린더(12) 내에 스파크(214)를 제공하게 하도록 신호를 발생하는 컨트롤유닛(28)에 의해 연소가 개시된다. 제 1 유동물질(210)에서 발생하는 연소로 인해 압력은 급격히 올라가게 되고 제 1 유동물질은 팽창(expansion)하게 된다. 팽창하는 제 1 유동물질(210)은 제 2 유동물질(212)에 직접적으로 작용한다. 실린더(12) 내의 압력은 제 2 유동물질(212)이 액체 형태로 유지되기에 충분히 높지만, 제 1 유동물질(210) 내의 급격한 온도 상승은 제 2 유동물질(212) 내의 물이 두 유동물질 사이의 경계면(interface)에서 증발되게 하여 상기 경계면이 거의 수증기/스팀 상태가 되게 하기에 충분하다. 이 증발공정은 종래의 내연기관에서 일반적으로 낭비되는 열에너지를 사용하여 실린더(12) 내에 유용한 압력 증가를 추가적으로 제공한다.
- [0056] 도 10에서, 제 1 유동물질(210) 내에서 발생하는 연소공정으로 인한 실린더(12) 내의 급격한 압력 증가는 실린더(12) 내의 함유물(content)들과 제 1 리저버(14)의 함유물 간의 압력균형을 변경시킨다. 볼(60)의 실린더 측면에 작용하는 상대적으로 높은 압력은 볼이 밸브시트(58)로부터 상승하게 하며 제 2 유동물질(212)을 포함하는 물이 높은 압력과 속도에서, 급격하게 팽창하는 제 1 유동물질(210)에 의해 발생하는 전진 압력파(pressure wave)에 의해, 실린더로부터 제 1 리저버(14) 내로 들어갈 수 있게 한다. 화살표(214)로 표시된 바와 같이, 물이 나선형 통로(164)를 따라 흐르기 때문에 물은 실린더의 중앙선 주위로 나선형으로 흐른다.
- [0057] 도 11에서, 스파크 플러그(48)의 작동에 의해 연소가 개시된 바로 직후에, 컨트롤유닛(28)은 신호를 발생시켜 스팀 컨트롤밸브(136)가 개방되게 하여 스팀(218)의 조절된 양이 고압에서 덕트(134)로부터 실린더(12) 내로 흐를 수 있게 한다. 스팀개질공정(steam reformation process)이 대략 700℃ 내지 1000℃의 온도에서 일어난다. 주입된 스팀이 연소가스들을 냉각시키겠지만, 스팀 유입량(steam input)을 조절함으로써, 1000℃ 내지 2000℃ 또는 그 이상으로 온도가 유지될 수 있으며 이에 따라 스팀이 연료(탄화수소) 농후 연소가스 내로 주입될 때 스팀개질공정이 발생하여 탄화수소로부터 수소가 분리되게 한다. 수소가 대략 585℃의 온도에서 자동 점화가 일어나기 때문에, 스팀으로부터 방출된(released) 수소는 자연적으로 연소된다. 이에 따라 실린더 내의 압력과 온도가 올라가서 물(216)을 실린더로부터 제 1 리저버(14) 내로 유입되게 하는 힘을 증가시킨다.

- [0058] 대략 2730℃ 및 그 이상의 온도에서, 과열된 물/스팀으로부터 수소와 산소가 분해(dissociation)된다. 스팀개질 공정에 의해 생성된 수소가 연소함에 따라 형성되는 실린더(12) 내의 상승된 온도 및 압력 상태에서 볼 때(이 온도는 종래의 탄화수소 연료보다 수소가 더 뜨겁고 더 빠르게 그리고 보다 강렬하게 탄다는 사실로 인해 대략 3500℃가 될 수 있음), 실린더 내로 계속 스팀(218)이 조절되어 주입됨으로써 분해에 의해 부가적인 수소와 산소가 생성된다. 수소와 산소는 실린더(12) 내에서 연소가스와 혼합되며 실린더(12) 내의 압력을 추가로 증가시키기 위해 자연적으로 연소하여 제 1 리저버 내에서 높은 압력을 유지하기 위하여 실질적으로 실린더 내의 모든 물이 높은 압력에서 제 1 리저버(14) 내로 들어가게 된다.
- [0059] 실린더(12) 내의 압력 상태들이 도 13에 예시되는데, 이 도면에서는 테스트 장치(test rig)로부터 얻어진 결과들에 따른 대표적인 압력-시간 곡선이 도시되어 있으며 종래의 내연기관의 출력(output)을 나타내는 곡선이 점선으로 도시되어 있다. 연소는 P_0 에서 개시되는데, 이 P_0 는 압축공정(compression process)의 끝부분에서 실린더(12) 내의 압력이다. 연료 농후 혼합물(fuel rich mixture)이 연소됨으로써 압력은 P_1 으로 급격하게 증가된다. 추후에 압력이 P_2 로 증가하는 것은 실린더(12) 내에서 발생하는 스팀개질공정에 의해 방출된(released) 수소가 연소되기 때문이다. 그 후 압력이 P_3 로 증가하는 것은 주입된 스팀(그리고 아마도 물(212)로부터)의 분해에 의해 생성되는 산소와 수소가 연소되기 때문이다. 두 곡선 밑의 면적들을 비교함으로써, 종래의 내연기관의 곡선과 비교할 때, 내연기관(10)으로부터 상당한 추가적인 파워출력(power output)이 얻어지는 것을 볼 수 있다.
- [0060] 도 11과 도 12에서, 출구밸브(16)가 개방되고, 에너지화된 물(216)은 실린더(12)로부터 나와 제 1 리저버(14) 내로 흘러들어가며, 실린더(12) 내의 압력은 결국 제 1 리저버 내의 압력을 더 이상 초과하지 않는 압력으로(또는 복귀스프링이 사용된 곳에서는 리저버로부터의 압력힘과 스프링의 조합된 힘으로) 떨어지게 된다. 그 뒤 볼(60)은 밸브시트(58) 위에 안착되도록 복귀되며 실린더 내에 잔여 물(202)을 남긴다(도 7 및 도 12 참조). 실린더(12) 내의 감소된 압력은 온도센서(44)로부터 발생된 신호들을 나타내는 온도에 의해 나타내진다. 미리 결정된 압력에 상응하는 신호를 나타내는 온도에 도달할 때, 컨트롤유닛(28)은 신호를 발생하여 배기밸브(34)가 개방될 수 있게 한다(도 12). 그 뒤 연소생성물(220)은 배기밸브(34)를 통해 배출되고, 실린더(12) 내의 압력을 추가로 감소시킨다.
- [0061] 도 1에서, 배기밸브(34)를 통해 실린더(12)로부터 흘러나온 연소생성물(배기가스)은 덕트(102)를 통과하여 열교환기(100) 내로 들어간다. 배기가스는 열교환기 내에서 유지되는 부분 진공상태(partial vacuum)와 실린더(12) 내의 상대적으로 높은 압력으로 인해 열교환기(100) 내로 빨려들어간다(sucked). 연소 동안 스팀 컨트롤밸브(136)를 통해 실린더(12)로 공급되는 스팀을 생성하기 위하여 배기가스로부터의 열이 추출되어 코일(132) 내의 물을 증발시킨다.
- [0062] 열교환기(100) 내의 압력/온도가 센서(128)로부터 나온 신호들에 의해 나타난 미리 결정된 수준에 도달하고 나면, 컨트롤유닛(28)은 신호를 발생시켜 열교환기와 콘덴서(104) 사이의 밸브(108)를 개방시키게 하여 배기가스가 열교환기로부터 콘덴서 내로 흘러들어갈 수 있다. 밸브(108)가 개방되는 시간에, 콘덴서(104) 내에는 부분 진공상태가 형성되며 이에 따라 배기가스가 열교환기(100)와 실린더(12)로부터 콘덴서 내부로 유입된다. 그 후 미리 결정된 시간에서 밸브(108)가 개방될 때, 배기 출구밸브(112)가 개방되어 콘덴서가 대기로 통기되게 할 수 있다. 이 단계에서, 실린더(12), 열교환기(100) 및 콘덴서(104) 내의 압력은 대기압과 실질적으로 동일한 압력으로 급격히 떨어질 것이다. 센서(128)로부터 나온 신호들을 나타내는 압력에 반응하여 또는 개방 이후에 미리 결정된 시간에서, 컨트롤유닛(28)은 밸브(112)가 닫힐 수 있게 한다. 그 후 컨트롤유닛(28)은 신호들을 발생시켜 펌프(120)가 작동되게 하며 리저버(114)로부터 냉동유닛(122)를 통해 물을 퍼올려(pump) 밸브(124)가 개방되게 한다. 냉각된 물은 미세한 스프레이(fine spray)로서 밸브(124)로부터 콘덴서(104) 내로 배출되어 배기가스를 급격하게 냉각하게 한다. 배기가스의 급격한 냉각은 압력강하(pressure drop)를 발생시키며, 이 압력강하로 인해 열교환기(100)와 실린더(12) 내에 부분 진공상태를 만들기 위해 실린더(12)로부터 콘덴서(104)로 배기가스가 흐르는 것이 유지된다. 또한 배기가스의 냉각은 배기가스 내에 혼입된(entrained) 수증기가 응축되게 한다. 이 응축물은 덕트(116)를 통해 리저버(114)로 다시 흐른다.
- [0063] 센서(128)로부터 나온 신호들에 의해 나타난 것과 같이, 요구된 압력에 도달되었을 때, 컨트롤유닛(28)은 신호를 발생시켜 배기밸브(34)와 밸브(108)가 닫히게 한다. 배기밸브(34)와 밸브(108)가 닫히면, 열교환기(100)는 실린더(12)와 콘덴서(104)로부터 격리된다(isolated). 밸브(34, 108)가 닫힐 때 열교환기(100) 내에 존재하는 부분 진공상태는 가열코일(132)을 단열(insulate)시키도록 사용되며 추후의 배기공정이 개시되는 단계 동안 배

기가스를 실린더(12)로부터 끌어내기에(draw) 유용하다.

- [0064] 위에서 기술된 내연기관(10)의 작동 사이클은 엔진이 작동되고 있을 때의 작동 사이클이다. 통상적으로, 엔진 시동 때에는, 실린더(12) 내에서 원하는 압축비를 구현하도록 제 2 리저버(90)로부터 액체를 퍼올리기 위해 엔진 내에서 사용하기에 충분한 압력이 없을 것이다. 따라서, 시동 때에, 컨트롤유닛(28)은 스타트 업 유체 유입 컨트롤밸브(42)가 개방되고 스타트 업 펌프(97)가 유체를 제 2 리저버(90)로부터 실린더(12) 내로 퍼올리도록 신호를 보낸다. 일단 엔진이 정상적으로 작동하면, 컨트롤유닛(28)은 스타트 업 유체 유입 컨트롤밸브(42)와 펌프(97)를 작동 사이클로부터 제외시키고 앞에서 기술한 바와 같이 액체는 유체 유입 컨트롤밸브(40)를 통해 제 2 리저버(90)로부터 실린더(12)로 공급된다.
- [0065] 출구밸브(16)가 닫힐 때 실린더(12) 내에는 항상 잔여 액체가 남겨지게 되도록 형성 및/또는 조절되는 엔진을 고려해 볼 수 있다. 이는 연소생성물이 제 1 리저버(14) 내로 흐르는 것을 방지하기 위함이다. 연소생성물의 일부분이 제 1 리저버(14) 내로 통과할 수 있었다면, 냉각될 때 이 연소생성물의 일부분이 수축할 것이며 이에 따라 바람직하지 못하게 리저버 내의 압력을 감소시킨다.
- [0066] 도 14는 실린더(12)에 대한 다양한 변형예들을 도시한다. 이 변형예들은 독립적으로 또는 조합되어 수행될 수 있다. 제 1 변형예는 주 몸체부(150)의 측벽이 고정식 외부벽(250)과 회전식 내부벽(252)을 포함하는 2-부분 벽으로 구성된다. 외부벽(250)은 벽(50)에 고정되고 이와 유사하게 실린더 헤드(154)는 측벽(152)에 고정된다. 회전식 내부벽(252)은 상기 내부벽이 외부벽(250)에 대해 회전할 수 있도록 내부벽과 외부벽 사이에 배치된 테이퍼 롤러 베어링(254) 위에서 지지된다. 이에 따라 내부벽(252)이 액체 소용돌이(liquid vortex)와 함께 회전할 수 있게 하며, 이 소용돌이에 대한 저항이 감소되고 출구밸브(16)를 향하는 액체의 흐름에 대한 저항이 감소된다. 내부벽(252)은 저-질량(low mass)을 가져야 하며 나선형 벽(164)과 같이 하나 이상의 유동변경포메이션(flow modifying formation)들이 제공된 곳에서, 상기 유동변경포메이션들은 원뿔형 몸체(160)에 의해 지지되어야 하거나 또는 적어도 내부벽(252)에 의해서는 지지되어서는 안 된다.
- [0067] 도 14에 도시된 추가적인 변형예에서는, 원뿔형 몸체(160)가 중공(hollow)이며 단부벽(50)은 통상 환형이다. 따라서 원뿔형 몸체(160)는 실린더(12)와 제 1 리저버(14)를 분리시키는 벽의 일부분으로서의 기능을 수행하며 상기 원뿔형 몸체의 내부(258)는 제 1 리저버(14)의 일부분을 형성한다. 이 구조로 인해, 내연기관의 용량을 감소시키지 않고도 내연기관의 전체 크기가 감소될 가능성이 생긴다.
- [0068] 또한, 도 14에는 입구포트(168)(도 5 참조)로부터 측벽(252)과 원뿔형 몸체(160) 사이에 형성된 공간으로 액체를 이송시키기 위한 내부 통로(260)가 도시된다.
- [0069] 또한, 단부벽(50) 내부가 아니라 파이프(166) 내부에 출구밸브(16)가 위치된다.
- [0070] 스팀(218)을 실린더(12) 내로 주입하는 것을 조절하는 것은 중요하다. 만약 스팀 주입이 적절하게 조절되지 않고 너무 많은 스팀이 실린더(12) 내에 주입되면, 다음의 문제점들 중 하나 이상의 문제점이 발생할 가능성이 생길 수 있다: 연료 공기 혼합물이 점화되기에 너무 습윤(damp)될 수 있고, 연소가스가 냉각(quenched)될 수 있으며, 연소가스의 냉각으로 인해 상당한 양의 파워손실과 챔버 내 압력손실이 발생할 수 있고 및/또는 챔버 내의 압력과 온도가 스팀개질 및/또는 분해를 지지하지 못하는 수준으로 감소될 것이다. 도 1에 도시된 구체예에서, 컨트롤유닛(28)은 온도센서(44)로부터 나온 온도 신호들을 사용하여 스팀 주입을 조절하고 실린더 내의 온도가 미리 결정된 수준 이하로 떨어지면 밸브를 닫는다. 이제, 도 15를 참조하여, 실린더 내로의 스팀 주입을 조절하기 위한 대안의 수단이 기술될 것이다.
- [0071] 하기, 도 15에 도시된 변형된 내연기관(10)을 기술하는 데 있어서, 도 1 내지 도 12에 예시된 부분들과 시스템들과 유사하거나 또는 동일한 부분들과 시스템들은 동일한 도면부호로 표시될 것이며 여기서 다시 기술되지 않을 것이다.
- [0072] 내연기관의 작동을 조절하기 위하여, 내연기관 작동의 적어도 몇몇 상(phase) 동안에는, 실린더(12) 내의 온도를 감지하도록 사용되는 온도센서가 실린더 내에서 발생하는 온도변화들에 대해 매우 반응적이 될 필요가 있을을 이해해야 한다. 도 15에서, 온도센서는 반투명 윈도우(도시되지 않음)를 통해 실린더 내의 온도를 감지하는 적외선 온도센서(44)이다. 대안으로, 예를 들어, US5659133호(이 내용은 본 명세서에서 참조문헌으로 통합됨)에 개시된 것과 같은 고온 매립식 포토다이오드(high temperature embedded photodiode)가 사용될 수 있다.
- [0073] 온도감지시스템 내의 변화 외에도, 도 15에 도시된 변형된 내연기관(10)은 변형된 배기시스템(36)과 스파크 플러그(48)용 보호장치(49)를 포함한다. 도 1에서와 같이 두 개의 콘덴서 대신에, 상기 변형된 배기시스템(36)은 열교환장치(101)를 가지는데, 이 열교환장치(101)는 연소공정 동안 실린더 내로 주입하기 위한 스팀을 제공하도

록 배출물로부터 열을 추출해 내는 기능과 배기가스를 냉각시키고 이 배기가스 내에 혼입된 수증기를 응축시키기 위한 콘텐서로서의 기능을 둘 다 수행한다.

[0074] 보호장치(49)는 적합한 임의의 재료(즉 엔진이 작동하고 있을 때 실린더(12) 내에 존재하는 온도와 압력을 견딜 수 있는 재료)로 제조된 쉴드(shield)이며 스파크 플러그(48)가 습윤되고(damp) 및/또는 부식되어 잘못 점화될 수 있게 하는 불꽃이 튀는 것(splashing)으로부터 스파크 플러그(48)를 보호하도록 위치된다. 이 보호장치(49)는 실린더(12) 내로 유입되는 공기와 연료의 혼합과 흐름을 방해하지 않으며 연료-공기 혼합물을 통해 점화 불꽃(ignition flame)의 확산을 지체시키는 것을 최소화하도록 형성되고 및/또는 위치된다. 특정 실린더 형상을 위한 최상의 형태와 위치는 실험적으로 결정될 수 있다.

[0075] 열교환장치(101)는 덕트(102)에 의해 실린더(12)에 연결되며 실린더와 열교환장치 간의 흐름 소통(flow communication)은 도 1 내지 도 12에 도시된 내연기관에서와 동일한 방식으로 배기밸브(34)에 의해 조절된다. 배기가스로부터 열을 추출함으로써 스팀이 생성되는 가열코일(132)은 열교환장치의 상류 단부를 통과하며 스팀 컨트롤밸브(136)가 장착된 덕트(134)에 의해 실린더에 연결된다. 열교환장치(101)의 하류 단부에, 대기에 영구적으로 개방되는 배기출구(110)가 있다. 열교환장치(101)는 덕트(116)에 의해 리저버(114)에 연결되며 이에 따라 리저버로부터 나온 응축물은 열교환장치로부터 리저버 내로 흐를 수 있다. 덕트(118)는 리저버(114)로부터 열교환장치(101)의 일부분이며 가열코일(132)의 하류에 위치한 응축코일(103)의 입구 단부로 연장된다. 복귀덕트(return duct, 119)는 응축코일(103)의 출구 단부로부터 리저버(114)로 연장된다. 복귀덕트(119)와 덕트(118)는 응축코일(103)과 함께 열교환장치(101)를 통과할 때 배기가스로부터 열을 추출하기 위한 냉각수 회로(cooling water circuit)를 형성한다. 펌프(120)와 라디에이터 및/또는 냉동유닛(122)은 물이 응축코일(103)에 도달하기 전에 리저버(114)로부터 나온 물을 냉각시키기 위하여 덕트(118) 내에 장착된다.

[0076] 사용시에, 배기밸브(34)가 개방될 때, 배기가스가 덕트(102)를 통해 열교환장치(101)의 상류 단부 내로 흐를 것이다. 여기서 배기가스는 가열코일(132) 위로 통과할 것이다. 배기가스가 가열코일(132) 위로 통과할 때 열이 이 배기가스로부터 추출되어 가열코일을 통해 흐르는 물을 스팀으로 변환시킨다. 가열코일(132)의 하류에서, 배기가스는 응축코일(103)을 통해 흐르는 냉각된 물에 열을 추가로 빼앗긴다. 응축코일(103)은 배기가스를 냉각시키기 위하여 충분히 접촉할 수 있도록 길게 제조되어, 혼입된 수증기가 응축되게 하고 열교환장치(101)의 바닥에서 덕트(116)를 통해 리저버(114)로 다시 흐르는 응축물 풀(condensate pool)을 형성한다. 도시되지는 않았지만, 응축코일(103) 및/또는 가열코일(132) 위로의 유동경로를 늘여서 원하는 양의 열이 배기가스로부터 제거될 수 있도록 하기 위하여 열교환장치(101) 내에 배플(baffle)이 제공될 수 있다.

[0077] 이 구체예에서, 배기출구(110)는 대기에 영구적으로 개방된다. 배기가스 실린더(12)를 정화(purge)시키기 위하여, 배기밸브(34)가 닫히고 공기 흡입밸브(24)가 개방되는 것이 중첩적으로 이루어지며 이에 따라 유입 공기가 실린더를 소기할 수 있다(scavenge). 공기 흡입밸브(24)가 개방되고 배기밸브(34)가 닫히는 것이 중첩적으로 이루어지는 시기는 내연기관(10)으로부터 원하는 수준의 성능을 얻기 위한 측면에서 볼 때 실험적으로 결정될 수 있다.

[0078] 또한 도 15는 스팀 컨트롤밸브(136)를 통해 실린더(12) 내로 주입되는 스팀에 가연성 수소 함유 화합물을 제공하기 위한 시스템(280)을 예시한다. 이 가연성 수소 함유 화합물은 실린더(12) 내에서 스팀개질(steam reformation)을 촉진하기 위해 제공된다. 도 1 내지 도 12를 참조하여 기술된 구체예에서, 실린더(12) 내에 제공된 가연성 혼합물은 스팀이 스팀 컨트롤밸브(136)를 통해 실린더 내에 주입될 때 실린더(12) 내의 스팀개질을 촉진시키기 위하여 초과 탄화수소를 제공하도록 농후한 연료로 제조된다. 몇몇 구체예들에 있어서, 초기 연소를 위하여 농후한 연료-공기 혼합물을 가지는 것이 바람직하지 않을 수도 있거나, 또는 연소가 시작되고 난 뒤 스팀개질을 위하여 연료에 추가하는 것이 바람직할 수도 있다. 상기 시스템(280)은 스팀개질공정을 위해 연료의 일부 또는 연료 전체를 제공하도록 사용될 수 있다.

[0079] 시스템(280)은 연료를 스팀 컨트롤밸브(136)의 상류에 있는 덕트(134) 내에 주입하기 위한 밸브(282)를 포함한다. 이 밸브(282)는 덕트(134) 내에 주입되어야 하는 가연성 수소 함유 화합물이 들어있는 리저버(284)와 연결된다. 리저버(284)는 연료 리저버(30) 또는 개별 리저버가 될 수 있다. 개별 리저버가 제공될 때, 개별 리저버는 연료 리저버(30)에서와 동일한 가연성 수소 함유 화합물 또는 이와 상이한 화합물을 함유할 수 있다. 따라서, 예를 들어, 연료 리저버(30)는 예컨대, 실린더 내에서 가연성 혼합물을 형성하기 위해 탄화수소 연료를 공급하도록 사용될 수 있는 반면에, 리저버(284)는 이와 상이한 탄화수소 또는 알콜, 가령, 예컨대, 메탄올을 공급하도록 사용되는데, 이것은 스팀개질에 적합하다. 밸브(282)의 작동은 센서(44)로부터 나온 신호들에 따라 컨트롤유닛(28)에 의해 조절될 수 있거나 또는 이와 다른 센서로부터 나온 신호들을 사용하는 개별 컨트롤장치

에 의해 조절될 수 있다.

- [0080] 몇몇 구체예들에 있어서, 수소 함유 화합물을 스팀 내에 간헐적으로 주입하여 스팀 컨트롤밸브(136)가 개방될 때, 상기 주입된 스팀은 수소 함유 화합물과 혼합된 스팀을 포함하는 제 1 부분과 어떠한 수소 함유 화합물도 첨가되지 않은 제 2 부분을 포함하는 것이 바람직할 것이다.
- [0081] 선택적으로, 시스템(280)은 밸브(284)의 하류에 배열된 촉매유닛(286)을 포함할 수 있다. 이 촉매유닛(286)은 내부에서 스팀과 혼합되는 가연성 수소 함유 화합물로부터 수소를 방출(release)하는 것을 촉진하는 촉매재료(catalytic material)를 포함한다. 예를 들어, 수소 함유 화합물이 메탄올인 경우, 360℃의 온도에서 촉매로서 구리 크로마이트 파이프가 사용될 수 있다. 촉매가 사용되는 경우에서, 스팀 컨트롤밸브(136)를 통해 주입된 유체는 스팀, 수소 함유 화합물 및 수소를 포함하는 수성 유체(aqueous fluid)가 될 것이다. 실린더 내로 주입될 때 이 혼합물은 스팀개질을 촉진시킬 것이며 실린더(12) 내에서 연소되는 수소를 더 많이 생성시킬 것이다.
- [0082] 변형된 내연기관(10)에는 써모커플과 같은 온도센서를 포함하는 압력센서 외에도 적외선 온도감지장치(또는 그 외의 광학 온도감지장치)가 제공될 수 있음을 이해해야 한다. 또한 도 1 내지 도 12에 도시된 내연기관에는 이미 도시된 압력센서 외에 또는 이 압력센서 대신에 적외선 온도센서(또는 그 외의 광학센서)가 장착될 수 있으며 가연성 수소 함유 화합물을 스팀 컨트롤밸브(136)의 스팀의 상류에 첨가하기 위하여 시스템(280)이 제공될 수 있음을 이해해야 한다.
- [0083] 도 16은 다중-실린더(multi-cylinder) 내연기관(310)을 도시한다. 반복설명을 피하기 위해, 내연기관(10)의 부분들과 동일하거나 또는 유사한 다중-실린더 내연기관(310)의 부분들은 "300"만큼 더한 동일한 도면부호로 표시될 것이며 다시 상세하게 기술되지 않을 것이다.
- [0084] 다중-실린더 내연기관(310)은 내연기관(10)의 실린더(12)와 동일한 방식으로 구비되고 작동되는 5개의 실린더(312(1)-312(5))를 포함한다. 이 구체예에서, 실린더(312(1)-312(5))들은 각각 공통의 공기 흡입시스템(338)과 배기시스템(336)에 연결되며 각각의 실린더에는 공통의 연료펌프(332)를 통해 공통의 연료 리저버(330)로부터 공급되는 연료주입기(도시되지 않음)가 제공된다. 제 2 리저버로부터 도 1에 도시된 밸브(40, 42)들에 상응하는 유체 유입 컨트롤밸브(도시되지 않음)로 유체를 공급하는 스타트 업 펌프(398)와 제 2 리저버(390)가 있다. 위에서 기술된 것처럼 공통의 부분들을 사용하는 것이 다수의 엔진 형상들에 대해서 편리할 수 있으나, 다중-실린더 내연기관에서 복수의 공기 흡입시스템, 배기시스템, 액체 회수시스템 및/또는 연료펌프와 리저버가 사용될 수 있음을 이해해야 한다.
- [0085] 제 1 리저버(314)는 각각의 실린더(312)의 배출밸브(316)에 연결된다. 예시된 구체예에서, 제 1 리저버(314)는 고리 모양의 관형 구조이다. 이와 같은 '도넛' 형상을 사용하여 흐름 저항에 따른 압력손실을 감소시키는 것을 고려해 볼 수 있다. 이와 관련하여 도시되지는 않았지만, 실린더(312(1)-312(5))는 제 1 리저버(314)에 직접적으로 연결될 수 있어서 유출 액체는 도 1, 도 4 및 도 13에 예시된 것과 같이 리저버 내로 직접 흐를 수 있다.
- [0086] 제 1 리저버(314)는 전방 휠 구동유닛(320F)과 후방 휠 구동유닛(320R)으로 이어지는 각각의 덕트시스템(602, 604)에 연결된다. 이 구동유닛(320F, 320R)들은 제 1 리저버(314)로부터 수용된 액체 내에 저장된 에너지를 각각의 휠 쌍(322F, 322R)들을 회전시키는 구동력으로 변환시킨다. 각각의 구동유닛(320F, 320R)들은 사용된 액체를 제 2 리저버(390) 내로 회수시키고 도 1의 구동유닛(20)과 실질적으로 동일한 방식으로 작동한다.
- [0087] 이 구체예에서, 컨트롤유닛(328)은 마스터 엔진 컨트롤유닛(606)의 조절 하에서 개별 실린더(312(1)-312(5))의 작동을 조절한다. 상기 마스터 엔진 컨트롤유닛(606)은 운전자가 작동하는 페달 및/또는 버튼(도시되지 않음)으로부터 입력명령들을 수용하며 구동유닛(320F, 320R)의 작동을 조절한다. 도시되지는 않았지만, 구동유닛(320F, 320R)들의 제동기능을 조절하기 위하여 개별 컨트롤유닛이 제공될 수 있음을 이해해야 한다. 이러한 컨트롤유닛은 전반적으로 내연기관(310) 조절을 담당하는 마스터 컨트롤유닛(606)에 연결될 것이다.
- [0088] 사용시에, 다중-실린더 내연기관(310)의 개별 실린더(312(1)-312(5))는 내연기관(10)에서와 동일하게 작동된다. 개별 실린더(312(1)-312(5))의 활동(activity) 수준은 제 1 리저버(314) 내의 압력에 따라 조절된다. 제 1 리저버(314) 내의 압력은 미리 결정된 수준 이상이고 엔진에 대한 요구사항이 낮으면, 작동하는 실린더(312(1)-312(5))의 개수는 이에 비례하여 감소될 수 있다.
- [0089] 이제, 도 17을 참조하여, 구동유닛에 연결된 또 다른 내연기관(710)이 기술될 것이다. 이후의 내용에서는, 차량을 구동시키기 위해 사용되는 구동유닛(720)이 기술될 것이지만 이러한 용도에만 제한되지는 않는다. 내연기관(710)과 구동유닛(720)은 도 1 내지 도 12에 예시된 내연기관(10)과 구동유닛(20)의 구성요소들과 특징들에 상응하거나 또는 이것들과 유사한 여러 구성요소들과 특징들을 가진다. 반복설명을 피하기 위해, 이어지는 내용에

서, 도 1 내지 도 12에 도시된 구성요소들과 동일하거나 또는 유사한 구성요소들은 "700"만큼 더한 동일한 도면 부호로 표시될 것이며 다시 상세하게 기술되지 않을 것이다. 쉽게 설명하기 위해, 내연기관(710)은 단일 실린더 엔진으로 기술될 것이다. 하지만, 상기 내연기관(710)은 예를 들어 도 16을 참조하여 기술된 것과 같은 다중-실린더 엔진이 될 수 있음을 이해해야 한다.

[0090] 이 구체예에서, 내연기관(710)은 압축 점화 엔진이며 연소공정에 의해 에너지화된 작동유체는 증류수 또는 물과 부식억제제(corrosion inhibitor)의 혼합물이다.

[0091] 내연기관(710)은 엔진블록(도시되지 않음)에 의해 형성된 닫힌 실린더(712) 형태의 단일 연소챔버를 포함한다. 실린더(712)는 길이방향에서 테이퍼지며 실린더(712) 하부의 상대적으로 더 넓은 단부에서 제 1 리저버(714)와 연결된다. 실린더(712)와 제 1 리저버(714) 간의 연결부분에 배출밸브(716)가 제공된다. 이 구체예에서, 배출밸브(716)는 도 2에 예시된 밸브(16)와 유사한 압력 작동식 일-방향 밸브이지만, 전기 작동식 밸브를 포함하여 그 외 임의의 적절한 형태의 밸브도 사용될 수 있다. 제 1 리저버(714)는 실린더(712)로부터 배출되는 상대적으로 더 높은 압력의 물을 저장하도록 사용된다. 제 1 리저버(714)에는 리저버 내의 과잉압력(overpressure)에 대해 보호하는 압력 릴리프밸브(718)가 제공된다. 도시되지는 않았지만, 압력 릴리프밸브(718) 대신에, 상기 내연기관(710)에는 도 1에 도시된 것과 유사한 압력 릴리프시스템이 제공될 수 있다.

[0092] 제 1 리저버(714) 내에 저장된 물은 상대적으로 더 높은 압력에서 구동유닛(720)에 공급되는데, 상기 구동유닛(720)은 이 구체예에서 두 개의 구동유닛들 중 제 1 구동유닛이며 이 두 개의 구동유닛들 중 제 2 구동유닛은 하기에서 매우 상세하게 기술될 것이다. 제 1 구동유닛(720)은 도 1과 도 3에 관해 기술된 바와 같이 차량(도시되지 않음)의 휠, 또는 도 16에 관해 기술된 바와 같이 개별적인 전방 구동유닛과 후방 구동유닛들을 구동시키기 위해 각각의 펌프(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 예시된 구체예에서, 제 1 구동유닛(720)은 제 1 리저버(714)로부터 수용된 상대적으로 더 높은 압력의 물 내에 저장된 에너지를 차량의 휠들을 회전시키도록 사용되는 구동력으로 변환시키는 펌프이다. 제 1 리저버(714)와 제 1 구동유닛(720) 사이에 전기 작동식 컨트롤밸브(721)가 제공되며 이 전기 작동식 컨트롤밸브(721)는 리저버로부터 구동유닛으로의 물의 흐름을 조절하도록 작동가능하다.

[0093] 실린더(712)에는 공기 흡입밸브(724)와 연료주입기(726) 형태인 입구밸브와 배기밸브(734) 형태인 배기밸브가 제공된다. 배기밸브(734)는 배기시스템(736)으로 출력된다(output). 공기 흡입밸브(724)는 도 1에 관해 기술한 공기 흡입시스템(38)과 같은 공기 흡입시스템(도시되지 않음)에 연결되며 연료주입기(726)는 예를 들어 도 1에 도시된 연료주입기(26)와 유사한 방식으로 연료펌프를 통해 연료 리저버에 연결된다.

[0094] 컨트롤밸브(721), 공기 흡입밸브(724), 연료주입기(726) 및 배기밸브(734)의 작동은 마이크로프로세서-기반 컨트롤유닛(728)을 포함하는 컨트롤시스템에 의해 제어된다. 컨트롤유닛(728)은 상위 수준의 엔진 제어 컨트롤유닛이 될 수 있는데, 이 컨트롤유닛(728)은 특정 엔진 기능들을 제어하도록 전달되고 상위 수준의 엔진 제어 컨트롤러에 작동가능하게 연결된 유닛 또는 엔진 작동의 모든 양태(aspect)들을 제어한다. 도면들을 더욱더 잘 이해할 수 있게 하기 위하여, 컨트롤유닛(728)과 이 컨트롤유닛(728)이 제어하며 및/또는 상기 컨트롤유닛(728)이 부분들로부터 나온 신호들을 수신하는 부분(part)들 간의 연결은 도시되지 않는다.

[0095] 도 1에서의 실린더(12)와 동일한 방식으로, 제 2 리저버(790)로부터 공급되는 작동유체(물)가 실린더 내로 유입되는 것을 조절하기 위해 실린더(712)에는 두 개의 전기 작동식 유체 유입 컨트롤밸브(740, 742)가 제공된다. 스타트 업 유체 유입 컨트롤밸브(740)는 엔진 시동 동안 제 2 리저버(790)로부터 상대적으로 더 낮은 압력의 물이 유입되는 것을 조절한다. 스타트 업 유체 유입 컨트롤밸브(740)를 통해 실린더(720) 내로 유입된 물은 스타트 업 펌프(797)에 의해 압축된다. 유입 컨트롤밸브(742)는 내연기관(710)이 정상적으로 작동하는 동안 제 2 리저버(790)로부터 상대적으로 더 낮은 압력의 물이 유입되는 것을 조절한다.

[0096] 추가적으로, 실린더(712)에는 제 3 리저버(1004)로부터 온수(hot water)가 실린더에 유입되는 것을 조절하기 위하여 두 개의 전기 작동식 온수 유입 컨트롤밸브(1000, 1002)가 제공된다. 제 1 온수 유입 컨트롤밸브(1000)는 실린더 내에서 흡입공기를 압축시키는 공정 동안 실린더(712) 하부의 상대적으로 더 넓은 단부로 온수가 유입되는 것을 조절한다. 제 2 온수 유입 컨트롤밸브(1002)는 실린더(712) 상부의 상대적으로 더 좁은 단부로 온수가 유입되는 것을 조절한다. 네 개의 전기 작동식 유입 컨트롤밸브(740, 742, 1000, 1002)들은 각각 컨트롤유닛(728)로부터 나온 신호들에 의해 제어된다.

[0097] 실린더(712)에는 원뿔형 몸체(860)와 나선형 벽이 제공되는데, 이 나선형 벽은 도 4와 도 5에 도시된 실린더(12) 내의 경우와 유사하게 나선형 통로(864)를 형성한다.

- [0098] 압축된 물을 실린더로부터 이차적으로 제 1 리저버(714)에 수용하기 위하여 제 3 리저버(1004)가 실린더(712)에 연결된다. 전기 작동식 밸브(1006)에 의해 제 3 리저버(1004) 내로 물의 유입이 조절되는데, 이 전기 작동식 밸브(1006)는 컨트롤유닛(728)으로부터 나온 신호들에 의해 조절된다. 제 3 리저버(1004)는 출구덕트(1008)와 연결된 제 1 출구를 가지며 상기 출구덕트(1008)를 통해 제 3 리저버로부터 나온 온수가 제 1 온수 유입 컨트롤밸브(1000)를 거쳐 실린더(712)로 이송된다. 제 3 리저버(1004)는 출구덕트(1010)와 연결된 제 2 출구를 가지며 제 2 출구는 제 2 온수 유입 컨트롤밸브(1002)로 이어진다. 제 3 리저버(1004)로부터 배출되는 온수의 압력을 상승시키기 위하여 출구덕트(1010) 내에 펌프(1012)가 제공된다. 선택적으로, 제 3 리저버(1004)와 펌프(1012) 사이의 출구덕트(1010) 내에 전기 작동식 출구밸브(1014)가 제공된다. 출구밸브(1014)의 기능은 펌프(1012)에 의해 제공될 수 있다.
- [0099] 제 3 리저버(1004)는 전기 작동식 컨트롤밸브(1018)를 통해 제 2 구동유닛(1016)에 연결된 제 3 출구를 가진다. 전기 작동식 컨트롤밸브(1018)는 컨트롤유닛(728)으로부터 나온 신호들에 의해 작동되어 상대적으로 높은 압력의 물이 제 3 리저버(1014)로부터 제 2 구동유닛(1016)으로 배출되는 것을 조절한다. 예시된 구체예에서, 제 2 구동유닛(1016)은 물 안에 저장된 에너지를 자동차의 휠들을 구동시키도록 사용될 수 있는 힘으로 변환시키는 펌프유닛이다. 도시된 바와 같이 개별적인 구동유닛(720, 1016)을 가지는 것에 대한 대안으로서 제 3 리저버(1004)가 구동유닛(720)에 공급될 수 있으며, 이 경우, 엔진은 제 1 리저버(714)와 제 3 리저버(1004)로부터의 공급물(supplies)들을 전환(switch)시키도록 구비될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또 다른 대안은, 각각의 베인(vane) 세트를 가진 펌프에 대한 두 개의 리저버(714, 1004)의 배출압력(output)을 두 리저버들의 평균 출구압력에 일치시켜서 이 배출압력들을 단일의 출력샤프트를 구동시키기 위해 차례로 사용될 수 있게 하는 것이 될 수 있다.
- [0100] 배기시스템(736)은 덕트(802)에 의해 배기밸브(734)에 연결된 제 1 콘덴서(800)와 덕트(806)에 의해 제 1 콘덴서(800)와 연결된 제 2 콘덴서(804)를 포함한다. 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 밸브(808)가 덕트(106) 내에 제공되어 제 1 콘덴서(800)로부터 제 2 콘덴서(804)로의 배기가스 흐름이 조절될 수 있다. 제 2 콘덴서(804)는 대기로 개방되는 배기출구(810)를 가진다. 제 1 콘덴서(800)와 제 2 콘덴서(804)는 각각 덕트(816)와 연결된다. 이 콘덴서들로부터 나온 응축물은 덕트(816)를 통해 리저버(814) 내로 흐른다. 콘덴서(800)로부터 나온 응축물 흐름은 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 밸브(817)에 의해 조절되며 이 솔레노이드 작동식 밸브(817)는 컨트롤유닛(728)에 의해 조절된다. 덕트(818)는 물 리저버(814)로부터 각각의 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 밸브(824)로 이어진다. 물 리저버(814)로부터 유입된 물을 압축시키기 위해 덕트(818) 내에 물 펌프(820)가 제공된다. 물 펌프(820)와 밸브(824) 사이의 유동경로 내에 라디에이터(821)와, 선택적으로, 냉동유닛(822)이 제공된다. 밸브(824)와 물 펌프(820)는 컨트롤유닛(728)에 의해 조절되며 제 1 콘덴서(800)와 제 2 콘덴서(804) 내에 미세한 냉각수 스프레이를 제공하도록 작동가능하다.
- [0101] 컨트롤유닛(827) 외에도, 내연기관(710)용 컨트롤시스템은 실린더(712), 제 1 리저버(714), 제 2 리저버(790), 배기시스템(736)의 제 1 콘덴서(800) 및 제 3 리저버(1004) 내의 압력을 감지하기 위하여 각각 압력센서(744, 746, 791, 828, 1020)를 포함한다. 각각의 압력센서는 컨트롤유닛(728)에 의해 사용하기 위한 압력을 나타내는 신호들을 제공한다. 각각의 경우, 압력센서(744, 746, 791, 828, 1020)은 압력을 나타내는 신호를 제공하기에 적절한 임의의 형태의 센서가 될 수 있는데, 여기에는 써모커플과 같이 온도센서들이 포함된다.
- [0102] 이제, 도 17 내지 도 23을 참조하여 내연기관(710)의 작동이 기술될 것이다.
- [0103] 도 17에서, 엔진 시동시의 내연기관(710)이 도시된다. 엔진 시동이 개시될 때, 컨트롤유닛(728)은 스타트 업 유체 유입 컨트롤밸브(740)가 개방되게 하고 스타트 업 펌프(797)가 시작될 수 있도록 한다. 스타트 업 펌프(797)는 제 2 리저버(790)로부터 상대적으로 더 낮은 압력의 물의 압력을 상승시켜 이 물을 스타트 업 유체 유입 컨트롤밸브(740)를 통해 실린더(712) 내로 퍼올린다(pump). 실린더(712)는 흡입공기를 포함하는 제 1 유동물질(1022)과 유입되는 압축된 물과 시동시에 실린더(712) 내에 남아있는 물을 포함하는 제 2 유동물질(1024)을 함유한다. 제 2 유동물질(1024)이 실린더(712)를 채울 때, 제 1 유동물질(1022)은 압축되어 제 1 유동물질(1022)의 압력과 온도를 상승시킨다. 센서(744)로부터 나온 신호들이 제 1 유동물질(1022)의 압력이 미리 결정된 수준에 있음을 나타낼 때, 컨트롤유닛(728)은 스타트 업 유입 컨트롤밸브(740)가 닫히도록 신호를 보내 스타트 업 펌프(797)를 비활성화시킨다(deactivate). 이 구체예에서, 제 1 유동물질(1022)은 엔진에 의해 사용된 연료가 실린더(712) 내로 주입시에 자연스럽게 점화될 때의 압력으로 압축된다.
- [0104] 도 18에서, 스타트 업 유입 밸브(740)가 닫히고 나면, 컨트롤유닛(728)은 연료주입기(726)를 개방시키고 연료(1026)를 제 1 유동물질(1022) 내에 주입하도록 신호를 보냄으로써 연소 이벤트(combustion event)를 개시한다.

연료(1026)가 뜨거운 압축공기와 혼합될 때, 연료가 점화되고 연소가 일어나서 실린더(712) 내의 압력이 급격히 증가되게 한다. 실린더(712) 내의 압력은, 두 유동물질(1022, 1024) 사이의 경계면에서 국소적으로 스팀의 형성(formation)과는 별도로 물의 상태에는 변동이 없으며 액체 형태를 유지하도록 형성된다.

[0105] 연소 이벤트가 시작되고 난 뒤 실린더(712) 내의 급격한 압력 증가는 배출밸브(716)에 작용하는 압력균형을 변경시킨다. 배출밸브(716)는 개방에 의해 반응하여 급격히 팽창하는 연소가스에 의해 생성된 압력파(pressure wave)가 제 2 유동물질(1024)의 일부분을 실린더로부터 제 1 리저버(714) 내로 유입되게 하여 에너지화된 유체의 흐름을 상대적으로 고속의 물의 흐름(1028) 형태로 제공할 수 있게 한다.

[0106] 도 19에서, 배출밸브(716)가 개방되고 제 1 리저버(714) 내로의 물(1028)의 흐름이 시작되고 나면, 실린더(712) 내의 압력은 급격히 감소된다. 이는 센서(744)로부터 컨트롤유닛(728)에 의해 수신된 압력을 나타내는 신호들에 반영되며(reflected) 이 압력이 미리 결정된 수준 이하로 떨어지고 나면 컨트롤유닛(728)은 실린더(712)와 제 3 리저버(1004) 사이에 있는 밸브(1006)가 개방되도록 신호를 보낸다. 밸브(1006)가 개방됨으로써 물(1030)이 실린더(712)로부터 제 3 리저버(1004) 내로 흐를 수 있게 한다. 이는 실린더(712) 내의 압력이 추가로 감소되게 하는데, 이에 따라 제 1 리저버(714)(및, 만약 존재한다면, 복귀 바이어스 부재(return bias member)) 내의 상대적으로 더 높은 압력의 영향 하에서, 배출밸브(716)의 볼(760)이 신속하게 후방으로 이동하여 이 배출밸브의 밸브시트와 밀봉접촉하게 한다. 실린더(712) 내의 압력강하는 스팀이 형성되기 시작하는 시점에 결국 도달된다. 스팀의 압력은 가열된 물이 제 3 리저버(1004) 내로 흘러들어가서 리저버 내의 압력을 증가시키도록 유지된다.

[0107] 밸브(1006)가 개방되도록 신호를 받는 대략적인 시간에, 컨트롤유닛(728)은 제 2 온수 유입 밸브(1002)와 출구 밸브(1014)가 개방되고 펌프(1012)를 작동시키도록 신호를 보낸다. 이에 따라 제 3 리저버(1004)로부터 나온 가열된 물이 출구덕트(1010)를 통해 퍼올려지며 제 2 온수 유입 밸브(1002)로부터 배출되어 실린더(712) 내로 들어간다. 제 2 온수 유입 컨트롤밸브(1002)는 가열된 물을 미세한 연무 형태의 물방울로 실린더(12) 내에 제공하기 위해 가열된 물을 원자화된 물방울(atomised droplet)로서 배출하도록 구성된다. 물방울 형태의 온수(1032)가 실린더 내로 분무되어 더 많은 스팀을 형성하기 때문에, 실린더(712) 내에 여전히 존재하는 연소열(combustion heat)은 상기 물방울 형태의 온수(1032)를 증발시킨다. 상기 형성된 스팀은 보다 많은 온수를 제 3 리저버(1004) 내로 흐르게 한다. 컨트롤유닛(728)은 센서(744, 1020)에 의해 제공된 압력을 나타내는 신호들을 사용하여 실린더(712)와 제 3 리저버(1004) 내의 각각의 압력들을 모니터링 한다. 실린더(712) 내의 압력이 제 3 리저버(1004) 내에서의 압력에 가까운 수준으로 떨어지면, 컨트롤유닛(728)은 밸브(1002, 1006, 1014)가 닫히도록 신호를 보낸다.

[0108] 도 20에서 볼 때, 이 단계에서, 실린더(712) 내의 압력은 여전히 상대적으로 높고 배기공정이 시작된다. 이제, 밸브(1002, 1006)는 닫히고, 컨트롤유닛(728)은 배기밸브(734)가 개방되도록 신호를 보내 배기가스가 실린더(712)로부터 제 1 콘덴서(800) 내로 흐를 수 있도록 한다. 시동 시에 압력이 대기압에 근접하게 될 수 있는 때를 제외하고는, 제 1 콘덴서(800) 내에는 부분 진공상태가 될 것이다. 이를 위해, 이 단계에서는, 밸브(808, 817, 824)들이 닫혀서 제 1 콘덴서(800)가 실린더(712) 내의 압력을 제외한 모든 외부 압력들로부터 격리된다(isolated). 실린더(712) 내의 배기가스는 제 1 콘덴서(800) 내로 급격히 배출되어 실린더 내의 압력을 감소시키고 제 1 콘덴서 내의 압력을 상승시킨다. 제 1 콘덴서(800)는 예컨대 냉각수 회로에 의해 냉각되어 배기가스 내의 수증기가 응축되게 하고 콘덴서의 바닥에 풀(1034)을 형성하게 한다. 또한, 컨트롤유닛(728)은 밸브(824)가 개방되도록 신호를 보내고 물 펌프(820)가 작동을 시작하여 냉각 라이에이터(821) 및, 만약 제공된다면, 냉각유닛(chiller unit, 822)을 통해 리저버(814)로부터 물을 퍼올리게 한다. 냉각된 물은 냉각수 스프레이(1036)로서 덕트(818)를 따라 제 1 콘덴서(800)와 제 2 콘덴서(804) 내로 통과한다. 제 1 콘덴서(800) 내의 냉각수 스프레이(1036)는 배기가스 내의 수증기가 응축되게 하도록 보조한다. 제 2 콘덴서(804) 내로의 냉각수 스프레이는 콘덴서를 사전-냉각시킨다(pre-cool).

[0109] 센서(744, 828)들로부터의 압력을 나타내는 신호들에 의해 나타난 것과 같이, 실린더(712)와 제 1 콘덴서(800) 내의 압력이 실질적으로 동등하게 될 때, 컨트롤유닛(728)은 제 1 콘덴서(800)와 제 2 콘덴서(804) 사이의 밸브(808)가 개방되도록 신호를 보낸다. 그 뒤 실린더(712)는 배기출구(810)에서 대기압에 개방된다. 그 결과, 배기가스는 제 1 콘덴서(800)와 제 2 콘덴서(804)를 통해 대기로 흐른다. 제 1 콘덴서(800)와 제 2 콘덴서(804) 내에 있는 배기가스를 추가로 냉각시키면 배기가스 내의 수증기는 응축된다. 제 1 콘덴서(800) 내의 압력이 센서(744, 828)들로부터 나온 신호들에 의해 나타난 충분히 낮은 수준으로 떨어질 때, 컨트롤유닛(728)은 밸브(817)가 개방되도록 신호를 보낸다. 콘덴서(800, 804)의 바닥에 형성된 풀(1034)로부터 나온 응축물은 상기 콘덴서들로부터 덕트(816)를 통해 리저버(814)로 흐른다.

- [0110] 실린더(712)와 제 1 콘덴서(800) 내의 압력이 대기압 또는 센서(744, 828)들로부터 나온 압력을 나타내는 신호들에 의해 나타난 미리 결정된 또 다른 수준에 도달될 때, 컨트롤유닛(728)은 밸브(808, 817)가 닫히도록 신호를 보낸다. 냉각수 스프레이(1036)는 콘덴서(800, 804) 내로 계속하여 흐른다. 제 1 콘덴서(800) 내로 흐르는 냉각수 스프레이로 인해 추가로 냉각되고 압력이 급격히 강하되어 제 1 콘덴서(800)와 실린더(712) 내에 부분 진공상태가 형성된다. 제 1 콘덴서 내의 압력이 센서(828)로부터 나온 신호들에 의해 나타난 미리 결정된 수준에 도달하면, 컨트롤유닛(728)은 배기밸브(734)와 밸브(824)가 닫히도록 신호를 보내 추후의 사이클을 위해 부분 진공상태를 격리시킨다.
- [0111] 도 21에서, 컨트롤유닛(728)은 공기 흡입밸브(724)가 개방되도록 신호를 보내어 새로운 연소 사이클을 개시한다. 공기 흡입밸브(724)가 개방될 때, 흡입공기(화살표(1042)로 표시됨)가 실린더(712) 내로 빨려들어가서 진공상태를 대체하며 제 1 유동물질(1022)을 형성한다.
- [0112] 도 22에서, 센서(744)로부터 나온 압력을 나타내는 신호들이 실린더(712) 내의 압력이 대기압(또는 미리 결정된 또 다른 압력)에 있다는 것을 나타낼 때, 공기 흡입밸브(724)는 닫히고 유체 유입 컨트롤밸브(740)는 개방되도록 신호를 받으며 제 2 리저버(790)로부터 나온 물이 실린더(712) 내로 흐를 수 있게 하여 제 2 유동물질(1024)을 형성하고 제 1 유동물질(1022)을 압축시킨다. 센서(744, 791)들로부터 나온 신호들에 의해 나타난 것처럼 제 2 리저버(790)와 실린더(712) 내의 압력이 동등하게 되면, 컨트롤유닛(728)은 유체 유입 컨트롤밸브(740)가 닫히도록 신호를 보낸다. 센서(744)로부터 나온 압력을 나타내는 신호들이, 자연스럽게 점화되기 위해 필요한 것으로 판명된 미리 결정된 수준으로 실린더(712) 내의 압력이 상승되지 못했다고 나타난다면, 컨트롤유닛(728)은 제 1 온수 유입 컨트롤밸브(1000)가 개방되도록 신호를 보내 제 2 리저버(790) 내에 있는 물보다 훨씬 더 높은 압력상태에 있는 압축된 물이 제 3 리저버(1004)로부터 출구덕트(1008)를 통해 실린더(712)의 하측 단부 안으로 흐를 수 있게 한다. 센서(744)로부터 나온, 압력을 나타내는 신호들이 실린더(712) 내의 압력이 자연스러운 점화를 위해 필요한 수준에 도달하였다고 나타나고 나면, 컨트롤유닛(728)은 제 1 온수 유입 컨트롤밸브(1000)가 닫히도록 신호를 보낸다. 이 단계에서, 제 1 유동물질(1022)은 압축되고 도 18에 예시된 바와 같이 연료주입기(726)로부터 연료가 주입되기 위해 준비상태가 된다. 그 뒤 실린더(712)는 제 1 리저버(714) 내의 원하는 압력을 자동차 운전자에 의해 입력되는 요구사항과 일치시키도록 유지시키기 위하여 앞에서 기술한 연소 및 배기 절차를 차례로 수행한다(cycled).
- [0113] 도 23에서, 제 1 리저버(714)와 제 3 리저버(1004)의 컨트롤밸브(721, 1018)는 에너지화된 유체가 각각 제 1 구동유닛(720)과 제 2 구동유닛(1016)으로 흐를 수 있게 하기 위해 개방된 채로 도시된다. 두 구동유닛(720, 1016)은 제 1 리저버(714)와 제 3 리저버(1004)로부터 배출되는 물 안에 저장된 에너지를 자동차(도시되지 않음)의 휠들을 구동시키도록 사용되는 힘으로 변환시킨다. 컨트롤밸브(721, 1018)는 컨트롤유닛(728) 또는 운전자에 의해 입력되는 요구사항에 반응하여 신호들이 발생하는 또 다른 엔진 컨트롤유닛으로부터 나온 신호들에 반응하여 개폐된다.
- [0114] 종래의 CI 및 SI 연소엔진의 작동 동안 생성되는 대부분의 열은 냉각과정을 거쳐 손실되어야 하며 이 중 일부는 배기흐름 내에서 손실된다. 이러한 냉각과정에서는 종종 엔진의 출력샤프트에 연결된 팬(fan)을 사용할 필요성이 있는데, 상기 팬은 자체적으로 엔진의 출력과워(output power)의 일부분을 흡수한다. 어떤 예측치(estimate)에 따르면, 이러한 방식으로 소모된 에너지는 엔진에 대한 연료 에너지 입력량의 36% 또는 생성된 열의 대략 75%가 된다. 이렇게 소모된 에너지의 적어도 일부는 본 발명에서 예시된 구체예들에 통합된 공정들에 포함되는 것임을 이해해야 하며 그 결과 에너지 측면에서 이러한 엔진들이 종래의 내연기관보다 훨씬 효율적이 될 것이라고 고려될 수 있다. 더 우수한 연료 소비율을 가지며 주어진 파워 요구사항에 대해서 물리적으로 더 작은 크기의 엔진을 사용할 수 있는 것 외에도, 이러한 연료 효율성으로 인해 엔진에 연료를 공급하도록 수소를 생성하기 위한 탑재식 수소추출장비를 장착한 자동차를 제공하는 것이 가능하다.
- [0115] 도 23에 도시된 바와 같이, 제 2 구동유닛(1016)은 수소추출장비(1050)에 선택적으로 연결될 수 있다(점선으로 표시됨). 수소추출장비(1050)는 종래의 적절한 임의의 수소추출장비가 될 수 있다. 수소추출장비(1050)는 제 2 구동유닛(1016)에 의한 기계적 출력힘으로 구동될 수 있다. 대안으로, 수소추출장비(1050)는 제 2 구동유닛의 출력토크에 의해 구동되는 전기생성장치에 의해 생성된 전기로 파워가 공급될 수 있다. 또 다른 대안으로, 제 3 리저버(1004)로부터 수소추출장치의 일부분을 형성하는 구동유닛으로 유체가 공급될 수 있다.
- [0116] 적절한 한 수소추출장비(1050)는 알루미늄 및 갈륨 합금으로 제조된 펠릿(pellet)을 함유하는 한 세트의 연료전지(fuel cell)를 포함한다. 이 연료전지를 통해 물이 퍼올려지고 물이 펠릿에 접촉할 때, 물분자를 분리시킴으로써 자연스럽게 수소가 생성되며 이 수소는 저장 리저버 필요없이 엔진에 직접 공급될 수 있다. 알루미늄 펠릿

은 알루미늄이 산소에 강하게 견인되기(attracted) 때문에 유입되는 물에 반응하며 점점 소모되어 교체되어야 한다. 하지만, 이 공정은 어떠한 독성의 연무(fume)도 방출하지 않아서 갈륨 펄릿은 재활용될 수 있고 다시 계속하여 사용될 수 있다.

[0117] 내연기관이 연료로서 수소를 사용할 수 있는 경우, 필요시마다 사용되는 수소를 생성함으로써 통상 액화될 필요가 있는 수소용 저장탱크에 대한 필요성이 줄어드는 것을 이해할 수 있다. 이러한 저장탱크는 매우 넓은 공간을 차지하며 저장된 수소가 인화성이 매우 높다는 또 다른 단점을 가지고 있다. 수소 저장 용량이 제공되지 않는 경우에, 에탄올, 휘발유(가솔린) 또는 엔진을 시동하기 위해 제공되는 이와 유사한 것들을 공급하기 위한 연료 시스템에는 하이브리드 장치가 사용될 수 있음을 이해할 수 있다. 또한, 연소챔버가 오직 산소에 의해서만 또는 산소 농후 공기 공급에 의해 흡입되게 하기 위해 물로부터 수소를 추출함으로써, 엔진에 흡입되도록 사용될 수 있는 산소 공급이 제공되는 것을 이해할 수 있다.

[0118] 연료로서 수소를 사용하는 구체예에서는 스팀개질을 위한 어떠한 연료도 없음을 이해해야 한다. 수소가 연소하는 속도와 수소 연소 정도에서 볼 때, 스팀개질 없이 열분해(thermolysis)하도록 충분한 열이 발생될 수 있다. 하지만, 이 경우 스팀개질을 형성할 수 있는 작은 양의 연료를 수소-공기 혼합물에 첨가하는 것이 바람직할 수 있다. 이 연료는 연소 전에 또는 도 15에 예시된 시스템(280)과 유사하거나 또는 동일한 시스템을 사용하여 연소 동안 첨가될 수도 있다.

[0119] 이제, 도 24를 참조하여 내연기관(710)의 한 변형예가 기술될 것이다. 반복적인 설명을 피하기 위하여, 유사한 부분들은 도 17 내지 도 23에서와 같이 동일한 도면부호로 표시된다. 도 24에 도시된 변형된 내연기관(1110)은, 공기 흡입시스템이 공기 흡입밸브(724)의 상류에 위치된 수퍼차저(supercharger, 1060)를 포함하며 실린더(712)에는 제 2 유동물질(1022)의 레벨이 실린더 내에서 필요한 레벨에 도달할 때를 감지하기 위한 장치(1062)가 제공된다는 점에서, 도 17 내지 도 23에 도시된 내연기관(710)과 상이하다. 상기 레벨감지장치(1062)는 고온과 고압 상태에서 액체의 레벨을 감지하기에 적절한 임의의 형태의 센서장치가 될 수 있으며 광학센서가 될 수 있다.

[0120] 변형된 내연기관(1110)의 작동은 배기공정과 공기 흡입공정에 있어서 내연기관(710)의 작동과 상이하다. 이 내연기관의 작동들이 변경되지 않은 상태로 유지되기 때문에, 오직 배기공정과 공기 흡입공정 만이 기술될 것이다.

[0121] 배기공정이 시작될 때 밸브(734, 808, 817, 824)는 닫힌다. 배기공정은 배기밸브(734)가 개방되면서 시작된다. 컨트롤유닛(728)은 밸브(824)가 개방되고 펌프(820)가 작동을 시작하여 냉각수 스프레이(1036)가 콘덴서(800, 804) 내에 제공되도록 신호를 보낸다. 앞에서 기술한 것과 같이, 제 1 콘덴서(800)의 바닥에 콘덴서의 풀(1034)이 형성될 것이며 그 후 밸브(808, 817)들이 개방된다. 실린더(712) 내의 압력이 센서(744)로부터 나온 신호들에 의해 나타난 미리 결정된 수준에 도달할 때, 컨트롤유닛(728)은 유체 유입 컨트롤밸브(742)가 개방되도록 신호를 보내 상대적으로 낮은 압력의 물이 제 2 리저버(790)로부터 실린더 내로 흘러서 제 2 유동물질(1024)을 형성할 수 있도록 한다. 유입되는 물은 배기가스를 실린더(712)로부터 배기시스템(736) 내로 이동시킨다. 레벨 감지장치(1062)로부터 신호들이 제 2 유동물질(1024)이 요구 레벨에 도달하였다는 것을 나타낼 때, 컨트롤유닛(728)은 유체 유입 컨트롤밸브(742)가 닫히도록 신호를 보낸다.

[0122] 유체 유입 컨트롤밸브(742)가 닫히도록 신호를 수신할 때, 컨트롤유닛(728)은 공기 흡입밸브(724)가 개방되고 수퍼차저(1060)가 작동을 시작하도록 신호를 보낸다. 수퍼차저(1060)는 실린더(712) 내로 고압의 공기를 송풍한다. 공기 흡입밸브(724)가 개방되도록 신호를 수신하고 난 바로 직후에, 컨트롤유닛(728)은 배기밸브(734)가 닫히도록 신호를 보낸다. 실린더(712) 내로 송풍되는 공기가 나머지 배기가스를 실린더로부터 배기시스템(736) 내로 흐르게 하기 위해, 공기 흡입밸브(724)의 개방과 배기밸브(734)가 닫히는 것이 중첩되도록 설정된다.

[0123] 배기밸브(734)가 닫히고 나서 공기 흡입밸브(724)는 개방된 상태를 계속 유지하며 수퍼차저(1060)가 고압의 공기 덩어리(mass)를 전달할 수 있게 하여 연료가 실린더 내로 주입될 때 자연스럽게 점화하기에 충분히 높은 압력에서 제 1 유동물질(1022)을 형성할 수 있게 한다.

[0124] 실린더(712)로부터 배기가스를 흘러나가게 하기 위해 제 2 리저버(790)로부터의 유입되는 물과 수퍼차저(1060)로부터의 고압의 공기를 사용하는 변형된 내연기관(1110)에서는 냉각의 정도가 약하다.

[0125] 수퍼차저(1060)를 사용하는데 있어서 가능한 이점으로는, 수퍼차저(1060)는 상이한 타입의 연료를 사용할 때 제 1 유동물질(1022)의 설정 압력을 자연스럽게 점화시키기에 적절한 수준으로 조절하기가 상대적으로 용이하다는 점이다. 이에 따라 엔진의 표준 작동 설정사항들이 쉽게 조절될 수 있어서 상이한 타입의 연료를 사용할 수 있

게 한다.

- [0126] 이제, 도 25 내지 도 27을 참조하여, 도 24에서 도시된 내연기관(1110)의 한 변형예인 내연기관(1210)이 기술될 것이다. 반복설명을 피하기 위하여, 유사한 부분들은 도 24에서와 같이 동일한 도면부호들로 주어진다.
- [0127] 이 내연기관(1210)은, 밸브(1212)가 위치된 상측 단부에 근접하게 수축부(constriction)가 실린더에 제공되며 2개의 배기밸브(1214, 1216)와 스파크 플러그(1218) 형태의 연소기폭장치가 있다는 점에서, 도 24의 내연기관(1110)과 상이하다.
- [0128] 도 25에서, 밸브(1212)는 밸브시트(1220)와 볼(1222) 형태인 변위식 밸브부재를 포함한다. 밸브시트(1220)는 수축부를 형성하는 실린더(712)의 벽에 의해 또는 상기 실린더 벽에 장착된 하나 이상의 부재들에 의해 형성될 수 있다. 볼(1222)은 볼에 작용하는 힘들에 대한 반응성을 향상시키기 위해 중공(hollow)으로 제조되고 맞/또는 상대적으로 저밀도 재료로 제조될 수 있는 것이 바람직하다. 밸브(1212)에는 볼(1222)의 움직임을 밸브시트(1220)로부터 멀어져가도록 제한하기 위해 보유장치(1224)가 제공된다. 이 보유장치(1224)는, 볼을 지나 실린더의 하측 단부를 향하여 유체가 상대적으로 자유로이 흐를 수 있게 하며 내연기관(1210)이 작동 중일 때 겪게 되는 압력과 온도를 견뎌낼 수 있으면서, 볼(1222)의 움직임을 밸브시트(1220)로부터 멀어져가도록 제한하기 위하여 임의의 적합한 형태로 제조될 수 있다. 예를 들어, 이 보유장치(1224)는 도 2에 관하여 기술된 보유장치들 중 임의의 한 보유장치와 유사할 수 있다. 또한 밸브(1212)는 볼을 밸브시트(1220)와 맞물리도록(engage) 편향시키는 편향장치(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 이 편향장치는 예컨대 볼(1222)과 보유장치(1224) 사이에 위치된 압축스프링을 포함할 수 있다. 도 25에 도시된 것과 같은 일-방향 압력 작동식 밸브에 대한 대안으로서, 밸브(1212)는 예를 들어 컨트롤유닛(728)으로부터 나온 신호들에 반응하여 개폐되는 전기 작동식 밸브를 포함할 수 있다.
- [0129] 밸브(1220)가 닫혀 있을 때, 상기 밸브(1220)는 실린더를 제 1 부분 또는 서브-챔버(sub-chamber, 1226)와 제 2 부분 또는 서브-챔버(1228)로 분리시킨다. 두 개의 배기밸브(1214, 1216)는 실린더(712)가 배기시스템(736)의 제 1 콘덴서(800)에 연결되는 분기형 덕트(bifurcated duct) 내에 위치된다. 최상측 배기밸브(1214)는 제 1 서브-챔버(1226)와 유체 소통하는 덕트의 암(arm, 1230) 내에 제공되며 최하측 배기밸브(1216)는 제 2 서브-챔버(1228)와 유체 소통하는 덕트의 암(1232) 내에 제공된다.
- [0130] 스파크 플러그(1218)는 제 1 서브-챔버(1226) 내로 배출될 수 있도록 연료주입기(726)에 인접한 실린더(712)의 상측 단부에 위치된다.
- [0131] 사용시에, 연소 이벤트가 개시되기 바로 직전에, 볼(1222)은 밸브시트(1224)에 대해 안착되어 제 1 서브-챔버(1226)가 제 2 서브-챔버(1228)로부터 격리된다. 이 단계에서, 제 1 서브-챔버(1226)에는 제 1 유동물질(1022)인 압축공기가 채워지고 제 2 서브-챔버(1228)는 레벨센서(1062)에 의해 레벨 설정점까지 물로 충전된다. 연료주입기(726)는 연료를 제 1 서브-챔버(1226) 내에 주입하기 위해 컨트롤유닛(728)의 조절 하에서 작동하며, 제 1 서브-챔버(1226)에서 연료는 제 1 유동물질(1022)인 공기와 혼합하여 가연성 혼합물을 형성한다. 연료주입기(726)가 개방된 뒤 미리 설정된 시간간격(interval)에서, 컨트롤유닛(728)은 스파크 플러그(1218)에 신호를 보내 연소를 시작하기 위해 가연성 혼합물 내로 배출된다. 혼합물이 연소될 때 제 1 서브-챔버(1226) 내에서는 압력이 급격히 증가되어 볼(1222)이 밸브시트(1220)로부터 멀어지도록 이동하게 하며 이에 따라 급격하게 팽창되는 뜨거운 연소가스(1236)가 제 2 서브-챔버(1228) 내로 빠르게 통과할 수 있게 하여 앞에서 기술한 바와 같이 엔진의 출력(output)을 에너지화된 물의 흐름 형태로 제공하기 위해 제 2 유동물질(1024)을 형성하는 물에 대해 작용하는 압력파(pressure wave)를 제공한다.
- [0132] 도 26에서, 배기공정이 시작되어 컨트롤유닛(728)이 배기밸브(1214, 1216)를 개방하도록 신호를 보내어, 제 2 리저버로부터 제 2 유동물질(1024)을 형성하는 유입되는 물에 의해 연소생성물이 제 1 서브-챔버(1226)와 제 2 서브-챔버(1228)로부터 밀려갈 수 있게 한다. 제 2 서브-챔버(1228)로부터 나온 연소생성물은 덕트의 암(1232)을 통해 배기시스템(736)의 제 1 콘덴서(800) 내로 흐른다. 유입되는 물에 의해 (및 그곳에 제공된, 편향장치에 의해 제공된 편향력에 의해) 야기된 실린더(712) 내의 상승하는 물의 레벨은 볼(1222)이 밸브시트(1224)와 맞물려서 후방으로 이동하게 하여 제 1 서브-챔버(1226)가 제 2 서브-챔버(1228)로부터 다시 격리되게 한다.
- [0133] 도 27에서, 제 2 유동물질(1024)을 형성하는 유입되는 물이 레벨센서(1062)로부터 나온 신호들에 의해 나타난 것과 같이 요구 레벨에 도달할 때, 컨트롤유닛(728)은 최하측 배기밸브(1216)가 닫히도록 신호를 보낸다. 최상측 배기밸브(1214)가 여전히 개방된 상태에서, 제 1 서브-챔버(1226)로부터 나온 연소생성물들은 덕트의 암(1230)을 따라 배기시스템(736)의 제 1 콘덴서(800) 내로 계속하여 흐를 수 있다. 최하측 배기밸브(1214)가 닫

힘과 동시에, 또는 최하측 배기밸브(1214)가 닫히는 바로 직후에, 컨트롤유닛(728)은 공기 흡입밸브(724)가 개방되도록 신호를 보내 수퍼차저(1060)로부터 나온 압축공기가 제 1 서브-챔버(1226) 내로 흘러들어갈 수 있게 한다. 상기 유입되는 공기는 남아있는 연소생성물을 제 1 서브-챔버(1226)로부터 최상측 배기밸브(1214)를 통해 배기시스템 내로 들어가게 한다. 공기 흡입밸브(724)가 개방된 바로 직후에, 컨트롤유닛(728)은 최상측 배기밸브(1214)가 닫히도록 신호를 보내며 제 1 유동물질(1022)을 형성하는 공기로 제 1 서브-챔버(1226)를 충전시키는 과정은 센서(744)로부터 나온, 필요 압력을 나타내는 신호들에 의해 완료된다. 이 단계에서, 실린더(712)는 연료주입기(726)를 통해 연료를 수용할 준비상태가 된다.

[0134] 밸브(1212)가 존재함으로써 제 1 서브-챔버(1226)와 제 2 서브-챔버(1228)가 분리됨에 따라, 스파크 플러그(1218)가 상대적으로 건조한 환경에서 작동하여 잘못 점화될 가능성을 줄일 수 있음을 이해해야 한다. 연소기폭 장치가 제공되기 때문에, 내연기관(1210)이 수퍼차징될 필요가 없을 수도 있지만, 엔진의 성능을 개선시키기 위하여 여전히 수퍼차저(1060)가 사용되는 것이 고려될 것이다. 또한, 오직 하나의 스파크 플러그(1218)만이 도시되었지만, 연소공정을 향상시키기 위하여 추가적인 스파크 플러그가 제공될 수 있음을 이해해야 한다.

[0135] 예시된 구체예의 내연기관이 연소챔버 벽에 대해 밀봉할 필요가 있는 로터 또는 피스톤을 포함하지 않기 때문에, 연소챔버의 벽은 매끄러운 표면을 가질 필요가 없다. 따라서, 표면들은 빠르게 이동하는 유체들과 이 표면들 사이의 항력(drag)을 감소시키도록 거칠게 제조될 수 있다. 표면경화(surface roughening)는 임의의 적절한 형태를 띌 수 있다. 연소챔버 벽을 상어피부(sharkskin) 위에 형성된 리브(rib)형 표면으로 제공하는 것도 가능하다. 도 28에서 도시된 바와 같이, 상어피부 위에 형성된 표면(1300)은 리지(ridge, 1304)들로 형성된 복수의 톱니형 플레이트릿(platelet, 1302)을 포함할 수 있다. 예시된 구체예에서, 리지(1304)들은 통상 나란하게 정렬되고 표면은 리지들이 유체의 통상적인 흐름 방향을 연장하도록 형성된다. 도 1 내지 도 27에 예시된 구체예들에 대해서, 리지(1304)들은 나선형 통로(164, 864)에 의해 형성된 나선형 유동경로를 따라가도록 배열될 것이다. 또한 나선형 통로(164, 864)를 형성하는 부분들 위에 표면경화를 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 대안으로, 리지(1304)들은 인접한 플레이트릿(1302)의 리지들이 서로 다른 방향으로 연장되도록 배열될 수 있다. 이는 경계층을 분할하고 실린더 내의 유체흐름을 향상시키기에 이로울 것이다.

[0136] 도 29는 도 1 내지 도 24에 도시된 내연기관들과 같은 구성을 가진 내연기관에서 사용될 수 있는 유체홀더(fluid holder, 1400)를 예시한다. 도 4에서, 유체홀더(1400)는 주 몸체부(150)와 돔형 실린더 헤드(154) 사이에 끼워지도록 구성된다. 이 유체홀더(1400)는 볼트(158)와 같은 수용장치(receiving device)를 위해 원주방향으로 동일한 거리에 있는 관통홀(1404)이 제공된 환형의 지지부재(1402)를 포함하며, 상기 볼트(158)와 같은 수용장치는 돔형 실린더 헤드(154)를 주 몸체부(150)에 고정시키도록 사용된다. 환형의 지지부재(1402)는 유체보유부분(fluid holding portion, 1406)을 지지한다. 이 유체보유부분(1406)은 지지부재(1410)들에 의해 상호연결된 복수의 유체보유부재(fluid holding member, 1408)를 포함한다. 예시된 구체예에서, 지지부재(1410)는 메시(mesh) 구조로 구성되지만, 임의의 적절한 지지부재 배열도 사용될 수 있다. 유체보유부재(1408)는 유체를 보유(holding)하기 위해 얇은 접시 구조 또는 컵-유사 구조로 구성된다.

[0137] 사용시에, 실린더(12, 712) 내에 주입된 수성 유체는 유체보유부재(1408)에 의해 보유되는데, 이 유체보유부재(1408)들은 이들이 실린더의 입구 단부 영역에 있도록 지지부재(1402)에 의해 지지되며, 연소 전에 가연성 혼합물은 상기 실린더의 입구 단부 영역에 위치된다. 가연성 혼합물의 연소가 시작될 때, 유체보유부재(1408)들에 의해 보유된 수성 유체의 작은 포켓들은 연소가스 내에 배열되고 전체 연소열에 노출된다. 유체보유부분(1406)의 구조는 상기 유체보유부분(1406)이 연소열을 거의 흡수하지 않도록 구성되며 이 용기(receptacle)들은 보유된 수성 유체의 부피가 어떠한 현저한 냉각효과도 가지지 않도록 크기가 정해진다. 대신, 수성 유체의 얇은 포켓은 연소시의 전체 연소열에 노출되며 스팀개질 및/또는 분해를 위한 스팀을 쉽게 형성한다.

[0138] 유체홀더는 여러 형태로 구성될 수 있으며 도 29에 도시된 구조에만 제한되지 않음을 이해할 것이다. 예를 들어, 유체보유부분들은 실질적으로 평평할 수 있으며 및/또는 상대적으로 작은 다수의 유체보유포켓(fluid holding pocket)들을 형성할 수 있다. 실질적으로 평평한 표면에는 에컨대 마이크로-피팅(micro-pitting)에 의한 유체보유 특징들이 제공될 수 있다.

[0139] 예시된 구체예에서, 유체보유부재(1408)들은 공통 평면 내에 위치된다. 대안으로서, 지지부재들이 서로 다른 평면에서 유체보유부재들을 지지하도록 배열될 수 있다. 이는 연소구역(combustion zone) 내에 제공된 유체보유부재들이 상대적으로 큰 밀도를 가질 가능성을 제공하지만, 실린더 내의 연소가스와 가연성 혼합물이 상대적으로 자유로이 흐를 수 있게 한다. 대안으로서, 몇몇 구체예들에 대해서, 서로 다른 평면에 유체보유표면(fluid holding surface)들을 제공하기 위해 다수의 유체홀더(1400)가 사용될 수 있다.

- [0140] 유체홀더(들)의 배열은, 이상적으로는 유체보유영역을 최대화시켜야 하지만 유체홀더에 의해 흡수된 열의 양과 흐름에 대한 장애물(obstruction) 및/또는 흡입공정 동안 가연성 혼합물의 혼합 및/또는 배기공정 동안 연소생성물의 배출 및/또는 가연성 혼합물의 연소 동안 연소가스의 팽창을 최소화시켜야 됨을 이해해야 한다.
- [0141] 연소열에 노출되는 수성 유체의 얇은 포켓을 보유하고 스팀개질 및/또는 분해를 위한 스팀을 형성하도록 연소구역에 인접한 실린더의 내부 벽의 표면경화를 구성함으로써 또 다른 이점을 얻을 수 있음을 이해해야 한다.
- [0142] 실린더 내에 유체홀더(들)를 가짐으로써, 수성 유체의 작은 부피를 얇은 포켓 또는 필름으로서 연소구역 주위에 분포하도록 제공할 수 있으며 연소시의 전체 연소열에 노출하도록 제공할 수 있음을 이해해야 한다. 수성 유체의 부피 깊이는 상대적으로 작아야 하며 이 수성 유체의 부피는 스팀개질 및/또는 분해가 일어날 가능성을 최대화시키기 위해 연소구역 내에 넓게 분포되어야 한다. 수성 유체는 압축공정 및/또는 연소공정 이전에 실린더에 유입될 수 있다. 수성 유체는 예를 들어 구체예들에서 예시된 방법들 중 임의의 방법에 의해 미리 가열되는 것이 바람직하다. 하지만 연소공정 이전에 수성 유체가 유입되는 경우, 이 수성 유체는 실린더 내의 공기/공기-연료 혼합물이 압축되는 동안 압축열에 의해 가열될 수 있다.
- [0143] 몇몇 구체예들에서, 유체홀더(1400)에 의해 보유될 수 있는 유체는 도 1에 도시된 스팀 컨트롤밸브(136)와 같은 밸브에 의해 유입될 것이다. 대안으로, 유체홀더(1400)는 연소 이전에 유체홀더가 적어도 부분적으로 작동유체(working fluid) 내에 잠기도록 위치될 수 있으며 및/또는 내연기관도 연소 이전에 유체홀더가 적어도 부분적으로 작동유체 내에 잠기도록 작동될 수 있다. 연소가 일어날 때 액체는 스팀개질 및/또는 분해를 위해 유체홀더에 의해 보유될 것이다. 이 경우, 수소가 얻어질 수 있는 수소 함유 화합물은 상기 액체 내에 포함될 수 있으며 그리고 예를 들어 에탄올과 같은 부동제(antifreeze agent)일 수 있다. 액체의 부동제 함량은 공지된 테스트 장치들과 제공된 리저버를 사용하여 쉽게 모니터링될 수 있으며, 이들로부터 액체 내의 부동제 레벨은 원하는 농도를 유지하기 위해 기능이 향상될 수(topped up) 있음을 이해해야 한다.
- [0144] 적절한 컨트롤유닛들과 컨트롤유닛에 연결된 임의의 필요 보조 기구가 해당 업계의 당업자들에게 잘 공지되어 있는 구성요소들이기 때문에, 컨트롤유닛(들)은 앞에서 상세하게 기술되지 않았다. 도 30에서, 적절한 컨트롤유닛(728)은 하나 이상의 프로세서(1600) 및 예를 들어 신호를 증폭시키고 아날로그 신호를 디지털 신호로 그리고 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환시켜 상기 컨트롤유닛이 센서들로부터 나온 신호들과 밸브로의 사용가능한 출력신호를 수용하고 이용하게 하기 위한 시그널 컨디셔닝 구성요소(1602) 및 컨트롤유닛에 의해 제어되는 그 외 다른 구성요소들을 포함할 수 있다. 컨트롤유닛(728)은 내연기관의 작동 동안 생성된 데이터를 저장하기 위하여 랜덤 액세스 메모리(RAM)(1604)와 프로세서를 위하여 사용가능한 입력을 제공하기 위해 하나 이상의 센서로부터 나온 입력 신호들을 샘플링하는데 사용하기 위한 회로망(1606)을 추가로 포함할 수 있다. 컨트롤유닛(728)은 판독전용기억장치(ROM)가 될 수 있는 영구 기억장치(1606) 형태인 하나 이상의 데이터 저장 구성요소를 추가로 포함할 수 있으며, 상기 판독전용기억장치에 하나 이상의 컨트롤 소프트웨어 부분(1608)들이 영구적으로 저장된다. 물론, 몇몇 적용분야들에서는 영구 기억장치가 필요 없다. 예를 들어, 컨트롤유닛은 마스터 컴퓨터와 연결될 수 있는데, 상기 마스터 컴퓨터에 컨트롤 알고리즘(control algorithm)이 저장되고 컨트롤유닛 시동 시에 컨트롤유닛 내의 RAM에 컨트롤 알고리즘을 업로드한다. 또 다른 대안은 마스터 컨트롤유닛 또는 마스터 컴퓨터에 대해 슬레이브될 수 있는 컨트롤유닛이 될 수 있다. 또 다른 대안으로는 하나 이상의 하드-와이어드(hard-wired) 컨트롤 회로를 포함하는 컨트롤유닛이 될 수 있다.
- [0145] 예시된 구체예들의 내연기관들에는 엔진 실린더 내에 동축으로 배열된 원뿔형 몸체가 제공된다. 이 원뿔형 몸체는 원뿔형 몸체와 실린더 벽 사이에 형성된 공간의 횡단면적이 실린더의 하류 방향으로 증가되지도 않도록 또는 감소되도록 배열된다. 원뿔형 몸체에 의해 지지되는 나선형 벽 형태인 유동변경포메이션(flow modifying formation)은 나선형 통로를 형성하기 위해 실린더 벽과 원뿔형 몸체와 협력하며(cooperate) 엔진의 액체 배출물(liquid output)은 출구밸브를 향해 나선형으로 유출되어 나온다. 유도된 나선형 움직임(motion)은 출구밸브를 향하는 물의 흐름을 향상시켜 항력(drag)으로 인한 손실을 감소시키고, 유동경로의 횡단면적을 조절함으로써 유출 액체 내에 바람직하지 못하게 가스가 포함되는 액체의 공동현상(cavitation) 문제를 적어도 감소시킨다. 도 28을 참조하여 기술된 바와 같이, 부분들 위에 표면경화를 제공함으로써 항력손실을 추가로 감소시킬 수 있다. 이러한 혜택들 중 적어도 몇몇 혜택들은 유동경로의 횡단면적이 유동경로의 하류 방향으로 증가되지 않거나 또는 감소되는 유동경로를 제공하는 그 외 다른 구조들로 얻어질 수 있다. 또한 실린더축에 대해 흐름을 회전시키기 위하여 그 외 다른 형태의 유동변경포메이션도 제공될 수 있다. 예를 들어, 예시된 구체예들에서, 흐름에 대해 회전을 제공하도록 배향된 베인(vane)들이 실린더 벽과 원뿔형 몸체 사이에 제공될 수 있다. 이 베인들은 실린더 벽 또는 원뿔형 몸체 중 하나에 의해 지지될 수 있다. 또 다른 대안은 실린더 벽과 원뿔형 몸체 중 하나

위에 또는 이 둘 모두 위에 나선형의 리브(rib)들을 제공하는 것이 될 수 있다.

- [0146] 종래의 내연기관과 비교하였을 때 개선된 파워출력을 얻기 위하여 엔진 내에서 수소를 생성하기 위한 실제 수단 이 구체예들에 예시되어 있는 것을 이해해야 할 것이다. 금속 피스톤이 아니라 수체(body of water) 형태로 작동물체(working body)를 가짐으로써, 연소 동안 실린더 내에서 일어나는 상대적으로 높은 온도와 압력을 겪게 될 때 열분해(thermolysis)에 의해 분해될 수 있는 물 공급원이 제공된다. 하지만, 현재 알려진 바에 따르면, 실린더 내에서 단순히 가연성 수소 함유 화합물을 연소시킴으로써 물을 분해해도 분리물(dissociation)을 생성 할 수 없거나 또는, 적어도, 오직 매우 제한된 분해물을 생성하여 결과적으로 매우 적은 양의 수소를 생성할 것이다. 이는, 부분적으로, 오직 제한된 양의 물이 분해되기에 충분하게 가열될 것이기 때문에, 3500℃의 온도가 얻어질 수 있다 하더라도, 탄화수소 연료가 연소되어 얻어지는 상대적으로 느린 속도의 연소로 인해 열이 분산 될 것임을 의미한다.
- [0147] 실린더 내의 온도를 감소시키기 위해 물/증기 스팀 스프레이를 실린더 내로 유입시키는 것을 고려해 볼 수 있으나, 연소열에 노출된 물의 표면적을 상당히 크게 함으로써 이점이 얻어진다고 알려져 있다. 게다가, 연소를 위해 농후 연료 공기 혼합물을 제공함으로써, 초과량의 가연성 수소 함유 화합물이 실린더 내에서 사용가능하게 되어 물이 분해되기 위해 필요한 온도보다 현저하게 낮은 온도에서 발생할 수 있는 스팀개질이 얻어지게 할 수 있다. 이는 실린더 내에서 연소되는 연소가스 내에 수소 공급을 제공한다. 수소가 연소될 때 얻어지는 상대적으로 빠르고 강한 열로 인해 열이 분산되는데 시간이 더 적게 걸리게 할 수 있고 연소가스 내에 분무되어 제공된 수증기/스팀의 부피는 연소가스의 과냉각을 방지하도록 조절되어 물 분해가 얻어질 수 있다. 이는 연소가스 내에 상당한 부피의 수소와 산소를 제공하며 이 상당한 부피의 수소와 산소는 엔진으로부터 추가적인 파워출력을 생성하기 위하여 자체적으로 연소된다. 도 13의 곡선을 비교하면, 3배 증가하는 사용가능 파워(useable power)가 얻어질 있음을 볼 수 있다.
- [0148] 스팀개질 및/또는 물 분해에 의해 생성되는 수소를 연소시킴으로써 얻어지는 에너지방출(energy release)에 의해 유출 액체에 제공된 추가적인 추동력(impetus)은 이 추동력이 이미 운동량(momentum)을 가지고 있는 액체에 작용한다는 점에서 바람직할 수 있다고 이해해야 한다. 이는 즉, 수소가 연소됨으로써 생성되는 에너지는 고정적인 수체의 관성(inertia of stationary body of water)을 극복하는데 있어서 소모되지 않으며, 그 대신 이미 움직이고 있는 액체에 추가적인 추동력을 제공하여 엔진으로부터의 유출 액체는 단일 에너지 입력(input)보다 반복적인 에너지 폭발(energy burst)에 노출될 가능성이 있다는 의미이다.
- [0149] 예시된 구체예들의 파워출력이 에너지화된 유체이며 엔진은 연소에 의해 생성되는 에너지를 출력하기 위한 출력 샤프트와 연결된 로터 또는 피스톤을 가지고 있지 않음을 이해해야 한다. 에너지화된 유체가 연소공정에 의해 생성된 압력들에 노출되는 챔버로부터 상기 에너지화된 유체가 흘러나올 때, 에너지화된 유체는 가해진 에너지를 압력과 속도(및 어느 정도의 열) 형태로 상기 에너지화된 유체로 이송한다. 압력 리저버(들) 내에 저장될 때, 에너지화된 유체는 리저버 내에 함유된 가스를 압축시킴으로써 상기 가해진 에너지를 저장한다. 저장 리저버로부터 방출될 때, 압력 형태로서 저장된 에너지의 일부는 예를 들어 임펠러, 피스톤 또는 펌프를 구동시킴으로써 운동에너지로 변환된다.
- [0150] 예시된 구체예들에서의 실린더(들)로부터 나온 에너지출력은 팽창하는 연소가스에 의해 나온 유출 액체 형태로 전달되기 때문에, 종래의 왕복피스톤 내연기관에서 발견되는 왕복 및/또는 회전 기계-연결식 파워출력 구성요소(예컨대, 크랭크샤프트에 연결된 피스톤)들이 필요하지 않다는 사실을 이해할 수 있다. 이는 엔진 구성을 요구되는 파워출력에 일치시키는 데 있어서 엔진 설계자들에게 더 많은 여지를 제공한다. 예를 들어, 종래의 내연기관에서 발견되는 고속의 왕복 및 회전 파워 트랜스미션 부품들로 인한 엔진의 균형에 관한 문제점들이 예시된 구체예들의 내연기관에는 영향을 미치지 않아야 하기 때문에, 홀수 개수의 실린더(예컨대, 3개, 5개 또는 7개의 실린더)를 포함하는 내연기관을 형성하는 것이 짝수 개수의 실린더를 가지는 것보다 더 문제를 일으키지 않을 것이라고 고려된다.
- [0151] 꼭 필요한 것은 아니지만, 엔진의 배출물(output)이 압축유체로서 배출물 저장장치(output storage device) 내에 쉽게 저장될 수 있기 때문에, 밑에서 기술되는 것과 같은 이점들이 얻어질 수 있다. 오로지, 쉽게 참조하기 위하여, 이 배출물 저장장치(들)은 리저버(들)로서 언급될 것이다. 이 배출물 저장장치(들)는 적절한 임의의 형태가 될 수 있으며 단지 예들로서만 주어진, 예시된 리저버(들)에만 제한되지 않음을 이해해야 한다.
- [0152] 예시된 리저버들에서, 엔진 실린더로부터 나온 액체 배출물은 리저버의 가스 함유 영역(gas containing region)을 통해 흘러서 내부 연소챔버로부터 나온 저장된 액체 배출물을 함유하는 액체 저장 영역에 도달한다. 저장된 액체는 가스를 압축시킨다. 이는 즉 가스의 압력은 저장된 액체의 부피에 따라 변하게 될 것임을 의미한다.

저장된 액체가 없는 상태로 유지되는 영역을 통해 액체가 챔버 내로 유입되면 흐름 장애(액체 흐름이 유입되는 데 대한 저항)가 감소되고 이에 따라 에너지손실이 줄어들어 내연기관의 효율성이 향상된다. 저장된 액체 배출물에 대해 리저버가 개방될 때, 가스 내에 저장된 압력에 의해 리저버로부터 액체가 유출된다.

[0153] 예시된 구체예들에서, 유출 액체가 수용되는 리저버는 실린더 하부에 위치되고 이 실린더들로부터 액체가 흐르며 액체를 위한 입구는 리저버의 상부 부분에 위치된다. 이에 따라, 중력으로 인해 가스가 항상 리저버의 상부 부분에 위치될 것이기 때문에, 액체는 리저버로 유입될 것이고 가스를 통과하게 될 것이다. 입구가 반드시 리저버의 상부 부분에 위치될 필요가 없다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 상기 입구는 저장된 액체의 원하는 최대 높이 위를 제외하고는 리저버의 상부 부분의 아래 어느 곳에서나 위치될 수 있거나 또는 저장된 액체에 의해 적어도 잠재적으로 점유된 영역 내로 리저버에 유입되는 도관(conduit) 형태가 될 수 있는데, 이 도관은 액체의 원하는 최대 높이 위의 한 지점에 위치한 도관의 출구 단부를 가진다.

[0154] 정상적인 작동 상태 하에서, 저장된 액체보다 가스를 통해 액체가 리저버에 유입되게 하기 위하여, 리저버로 배출되게 하는 챔버 또는 챔버들의 작동이 조절되어 리저버 내에 저장된 액체의 부피는 선택된 레벨 또는 높이를 초과하지 않게 된다. 예시된 구체예에서, 컨트롤유닛은 리저버 내의 압력을 탐지하도록 사용된 센서로부터 나온 신호들을 이용할 수 있다. 대안으로서, 또는 추가적으로, 저장된 액체의 부피를 탐지하기 위한 전용 센서(dedicated sensor)가 사용될 수 있다. 예를 들어 액체 레벨이 미리 결정된 레벨에 도달할 때 완료되는 회로의 적절한 스위치 형성 부분(switch forming part)이 사용될 수도 있다. 대안으로, 광학센서 또는 플로트스위치(float switch)가 사용될 수 있다. 또 다른 대안으로서, 두 개의 센서가 조합되어 사용될 수도 있다. 이들 중 제 1 센서는 저장된 액체에 의해 지속적으로 점유될 수 있도록 기대되는 지점에 위치될 수 있으며 기준신호(reference signal)를 제공할 수 있다. 두 센서 중 제 2 센서는 리저버가 그 이상으로 채워져서는 안 되는 최대 레벨로서 선택된 레벨에 위치될 수 있다. 사용 시에, 저장된 액체의 레벨이 상기 최대 레벨 밑으로 유지되는 한, 제 2 센서로부터 나온 신호는 기준신호와 다를 것이다. 저장된 액체의 레벨이 최대 레벨에 도달하는 즉시, 이 신호는 바뀌어서 기준신호와 실질적으로 동일하게 될 것이다.

[0155] 수평방향에 대해 각을 이루면서 엔진이 작동하는 경우 액체 유입 영역을 실질적으로 액체가 없는 상태로 유지하도록 하기 위하여, 사용되는 동안 이동되도록 하는, 자동차에 장착된 엔진과 같은 엔진의 리저버(들) 내에 배플(baffle) 또는 이와 유사한 것을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 어떤 분야에서는, 탈착식 배플 또는 이와 유사한 것, 가령, 상이한 엔진 배향(orientation)에도 장착할 수 있는 배플 또는 이와 유사한 것이 바람직할 수 있다.

[0156] 실린더 또는 실린더들로부터의 유출 액체를 수용하는 리저버 또는 리저버들은 액체 함유 리저버(liquid containing reservoir)와 가스 함유 리저버(gas containing reservoir)를 포함하는 두 부분의 리저버(들)로 구성될 수 있는데, 상기 가스 함유 리저버는 덕트에 의해 상기 액체 함유 리저버에 연결되고 액체 함유 리저버 내의 액체 레벨이 변경함에 따라 가스 함유 리저버 내에 함유된 가스가 팽창하고 수축되도록 배열된다. 가스 함유 리저버가 넘치는 것을 방지하기 위하여, 리저버들은 서로 다른 높이에 위치될 수 있으며 액체가 액체 함유 리저버로부터 가스 함유 리저버로 상부방향으로 흘러야 한다. 이 배열에서, 액체는 가스 함유 리저버를 통해 배출물 저장장치에 유입되는 것이 바람직할 것이지만, 그럼에도 불구하고, 적절한 상태로 유지되는 액체 함유 리저버의 가스 함유 영역을 통해 유입되는 것도 가능할 수 있다.

[0157] 위에서 언급한 바와 같이, 작동유체를 수용하는 리저버들은 가스의 포켓(pocket)을 함유할 것이다. 리저버 내에서 폭발(detonation)의 위험성을 줄이기 위해 가스는 산소함유량이 낮아야 한다고 고려된다. 예를 들어, 이 가스는 시중에서 구입가능한 산소 미함유 질소가 될 수 있거나 또는 심지어 산소가 고갈된 배기가스가 될 수 있다.

[0158] 엔진의 에너지출력(energy output)이 리저버(들) 내에 저장되어 필요시에 사용할 수 있기 때문에 내연기관에 플라이휠(flywheel)을 제공할 필요가 없는데, 이는 상당한 중량 절감을 의미하는 것을 이해할 수 있다.

[0159] 엔진의 에너지출력이 하나 이상의 저장 리저버 내에 압축유체로서 저장될 수 있기 때문에, 연소챔버가 상대적으로 낮은 비율, 예를 들어, 분당 20 사이클 비율로 사이클을 수행하도록 엔진이 작동할 수 있어야 한다. 종래의 왕복피스톤 내연기관과 비교해 볼 때, 이는 실린더의 각각의 사이클이 수행되는 동안 일어나는 여러 공정들을 더 우수하게 조절할 수 있게 한다. 또한, 연소챔버로 유입되는 유체 흐름과 연소챔버로부터 나오는 유체 흐름을 조절하도록 사용되는 밸브들이 컨트롤유닛의 조절 하에서 서로 독립적으로 작동할 수 있기 때문에, 이러한 이벤트들의 시기가 종래의 왕복피스톤 내연기관의 구조에 의해 요구되는 것과 동일한 정도로 일치시킬 필요가 없을 수도 있다. 다중-실린더 엔진의 경우, 각각의 연소챔버의 작동은 종래의 엔진에서와 동일한 정도로 동기화할 필

요가 없으며, 이에 따라 엔진을 더 유용하고 더 용이하게 조절할 수 있다.

[0160] 내연기관의 에너지출력이 하나 이상의 리저버 내에 저장되기 때문에, 파워는 요구시에 즉시 실질적으로 사용 가능하다. 이에 따라, 에너지가 저장된 리저버(들)를 구동유닛(들)에 연결시키는 밸브를 단순히 개방시킴으로써 기준 시작점으로부터 급가속이 가능하다. 상기 가속을 구현하도록 사용된 에너지는 그 뒤 차량이 움직이는 동안 대체된다(replaced).

[0161] 리저버 내에 저장된 파워출력을 가지는 또 다른 이점에 의하면, 리저버 내의 압력이 미리 결정된 수준에 있고 엔진에 상당한 하중이 가해지질 않을 때(예를 들어 통행 시에 차량이 정지한 경우), 엔진은 사이클을 수행할 필요가 없으며 실질적으로 압력이 미리 결정된 레벨 밑으로 또는 미리 결정된 레벨보다 더 낮은 레벨로 떨어지는 때와 같은 특정 시간까지 중지될 수 있다. 다중-실린더 엔진의 유사한 경우에서, 제 1 리저버 내에서 유체의 압력을 복원(restore)하려는 요구가 있을 때까지 실린더들 중 몇몇 실린더 또는 모든 실린더가 사용되지 않을 수 있음을 이해해야 한다. 차량이 움직이고 있고, 입력되는 구동 요구사항(input drive requirement)이 감소되도록 차량의 운동량(momentum)이 정해지면, 상기와 동일하게 고려된다. 요구 시에 사용가능한 파워를 계속 가지면서도, 이러한 방식으로 선택적으로 스위치-오프될 수 있는 엔진의 이점에 따르면, 특히, 주로 도심 교통환경에서 통상 나타나는 일련의 반복적인 주행/멈춤 운전에서 주로 사용되는 차량의 경우에서 연료를 상당히 절감할 수 있는 기회를 제공한다.

[0162] 엔진 실린더(들)의 각각의 작동 사이클에 실린더 내로 상대적으로 저온 저압의 액체가 유입되는 단계가 포함되고, 유용한 작동출력(work output)을 생성하기 위해 연소열을 더 많이 사용하도록 구성되기 때문에, 종래의 내연기관에 비해 엔진을 냉각시킬 필요성이 현저하게 줄어들 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 이에 따라 그로부터 엔진 블록이 제작되는 재료들을 선택하는 데 있어서 설계자들에게 더 많은 여지를 제공할 것이라 고려된다. 또한 더 얇은 벽을 사용하게 할 수 있고 그 결과 열관성(thermal inertia)으로 인한 손실은 거의 문제가 되지 않을 것이라고 고려된다. 이에 따라 종래의 내연기관에 비해 훨씬 경량의 엔진을 제작할 수 있는 가능성이 제공된다. 또한 연소챔버를 구성하는 구조물을 엔지니어링 플라스틱(engineering plastic)으로 제작할 수 있는 가능성이 제공되는데, 이 엔지니어링 플라스틱도 플라스틱 몰딩 공정을 이용하여 잠재적으로 비용을 절감하도록 부품들을 제작하는 기회를 제공한다. 하지만, 엔진으로부터 나온 고압의 고속 유출 액체가 움직이면서 야기되는 공동현상(cavitation)과 관련된 문제점들을 피하기 위해 연소챔버를 상대적으로 강성의 재료로 라이닝(line)시킬 필요가 있다는 것을 유의해야 한다. 움직이는 액체에 노출된 연소챔버 벽은 예를 들어 세라믹 라이너(ceramic liner)에 의해 보호될 수 있거나 또는 스테인레스 스틸 혹은 이와 유사한 재료로 제조될 수 있다. 만약 엔지니어링 플라스틱이 사용될 수 있다면, 연소가스에 노출된 표면들이 거칠어지게 될 것이며 및/또는 이 표면들에는 연소열로부터 플라스틱 재료를 보호하도록 물이 보유되는 것을 촉진시키기 위해 작은 리세스(recess), 오목부(indentation), 포켓(pocket) 또는 이와 유사한 것들이 제공될 것이라 고려된다. 표면경화(surface roughening)는 예를 들어 도 28에 도시된 것과 동일한 형태 또는 이와 유사한 형태가 될 수 있다.

[0163] 위에서 언급한 바와 같이, 예시된 구체예들에서 수행되는 공정들은 종래의 내연기관에서 낭비되는 열을 사용하여 추가적인 파워출력을 제공하며 및/또는 추가적인 연료를 수소 형태로 제공한다. 유출 액체를 수용하는 리저버들과 실린더는 주변 환경에 대한 열손실을 최소화하도록 단열되고 및/또는 낮은 열전도율을 가진 재료로 제조될 것이라 고려된다. 이 리저버들은 특히 리저버가 함유하고 있는 압축가스의 온도를 유지시키기 위해 단열되어야 한다. 선택할 수 있는 한 고려사항으로는, 리저버(들) 및/또는 실린더(들)에 진공 재킷(vacuum jacket)을 제공하는 것이다. 진공상태를 생성하는 배기시스템에 관한 구체예들에서, 진공 재킷은 일-방향 밸브가 장착된 덕트에 의해 진공상태가 생성될 수 있는 배기시스템의 한 부분과 연결될 수 있으며 이에 따라 단열 재킷 내의 압력이 배기시스템 내의 진공상태 이상으로 상승하는 경우 일-방향 밸브가 개방되어 진공상태가 복원된다. 몇몇 구체예에서는, 단열 재킷(들)을 배기시스템에 직접 연결하는 것보다 진공 리저버와 연결시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0164] 크랭크샤프트와 플라이휠과 같은 중금속 구성요소들이 없으며 및/또는 각각의 연소 사이클이 시작될 때 상대적으로 저온의 작동유체가 유입됨으로써 얻어지는 냉각효과의 결과로서 경량의 엔진 구성으로 인해 가능하게 된 중량 절감에 따라, 종래의 왕복피스톤 내연기관에 비해 훨씬 경량이면서도 동일한 파워출력을 가진 내연기관을 설계할 수 있게 된다. 엔진이 본래의 위치에서(in situ) 사용되는 경우에는 이러한 중량 절감이 중요하지 않을 수도 있지만, 엔진이 차량에서 사용될 때 그리고 사용하는 동안에 엔진이 이동할 필요가 있는 그 외의 분야에서, 에너지 효율성 측면에 있어서 상당한 이점들이 제공될 수 있다. 이러한 경우, 엔진 자체 중량을 가속하고 추진시키는데 있어서 엔진출력의 일부분이 필연적으로 사용되어야 하기 때문에, 어떠한 중량 절감도 바람

직할 것이라는 것을 이해할 수 있다.

- [0165] 정밀가공되어야 하는 이동 부품들을 포함하는 복잡한 메커니즘이 없기 때문에 제작비용이 줄어드는 것을 이해할 수 있다. 자동차에 적용할 경우, 클러치, 플라이휠, 기어박스 또는 차동기어장치(differential)가 필요하지 않게 되기 때문에 비용과 중량 측면에서 추가적으로 절감될 수 있다.
- [0166] 예시된 구체예들에서, 제 2 유동물질은 물을 포함하거나 또는 적어도 거의 물로 구성된다. 어떤 환경에 대해서, 제 2 유동물질이 거의 물로 구성되는 경우, 엔진이 사용 중에 있지 않을 때 물이 결빙되는 것을 방지하기 위해 첨가제를 포함할 필요가 있을 것임을 이해해야 한다. 제 1 유동물질이 제 2 유동물질과 직접적으로 접촉하는 경우의 구체예들에서, 연료의 일부분은 제 2 유동물질에 의해 흡수될 것이며, 에탄올과 같은 알콜계 연료가 사용될 때 일정하게 부동체 기능이 향상될 것이다(anti freeze top up). 또한 열공정(thermal process)의 효율성을 개선시키기 위해 및/또는 부식을 억제하기 위해 적절한 첨가제를 물에 첨가하는 것이 바람직할 수 있다는 점을 이해해야 한다. 제 2 유동물질이 물을 포함할 때는 증류수를 사용하는 것이 더 좋다고 고려된다.
- [0167] 또한 몇몇 구체예들에서는, 제 2 유동물질 또는 작동유체를 형성하기 위해 물 대신 다른 유체를 사용하는 것도 바람직할 것이라고 고려된다.
- [0168] 연소기폭장치(combustion initiator)로서 하나 이상의 스파크 플러그가 사용된 구체예들도 기술되었다. 그 외 다른 형태의 연소기폭장치도 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 스파크 플러그 대신 글로우 플러그(glow plug) 또는 핫 와이어(hot wire)가 사용될 수 있다. 또 다른 대안은 연소가 개시되어야 하는 연소챔버 내에서 금속성 물체, 예컨대 메탈 메시(metal mesh)를 장착하고 상기 금속성 물체에 표적된 마이크로웨이브 공급원(microwave source)을 제공하는 것이 될 수 있다.
- [0169] 특히 압축 점화 엔진의 구체예에서, 주 실린더 공간 내로 개방되며 연료가 내부로 주입되는 연결 챔버(도시되지 않음)가 엔진 실린더(들)에 제공되는 것이 바람직할 수 있다. 이러한 챔버는 압축된 제 1 유동물질 내에서 소용돌이(swirl)를 생성하도록 구성될 수 있으며 이에 따라 연소공정의 효율성을 개선시키도록 유입 연료와 제 1 유동물질이 혼합되는 것을 보조할 것이다.
- [0170] 다수의 분야에서, 내부의 압력이 모니터링되어야 하는 위치에서의 압력상태들의 변화를 나타내기 위하여 써모커플 또는 광학 온도센서와 같은 온도센서를 사용하는 것이 편리할 수 있으나, 그 대신에 압력센서 또는 실린더 내의 압력을 나타내는 신호들을 제공할 수 있는 그 외의 다른 센서도 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 이러한 센서들은 광섬유센서들을 포함한다.
- [0171] 자동차 및 그 외 다른 형태의 운송수단(transportation)의 분야에 있어서, 엔진으로부터의 출력은 전기 생성장치(electricity generator)에 파워를 공급하도록 사용될 수 있는데, 이 전기 생성장치는 휠 또는 이와 유사한 운송 장비들에 파워를 공급하도록 사용된 하나 이상의 전기모터에 전기를 공급할 것이다. 휠로 구동되는 형태의 운송수단 분야에서는, 구동된 휠(driven wheel)들에 연결된 출력샤프트(output shaft)를 회전시키기 위한 출력을 사용하는 대신, 구동된 휠들에는 엔진으로부터 작동유체 출력을 수용하는 터빈과 같은 구조가 제공될 수 있다.
- [0172] 구체예들에서 예시된 사항들은 도식적으로 도시되었으며 내연기관의 실제 구성을 보여주지 않는다는 것을 이해해야 한다. 일반적으로, 덕트시스템들은 흐름에 대하여 저항에 의해 야기되는 에너지손실을 최소화시키기 위하여, 만약 가능하다면, 직선형 파이프 배열에 의해 또는 완전한 곡선을 이루며 형성될 것이라고 고려되는데, 에너지화된 제 2 유동물질은 상기 덕트시스템을 따라 엔진 실린더로부터 흘러나오고 다시 엔진 실린더(들)로 흘러들어간다.
- [0173] 쉽게 설명하기 위하여, 예시된 구체예들의 엔진 실린더(들)은 압력 관독이 필요한 각각의 위치에서의 압력을 나타내는 신호들을 제공하기 위하여 하나의 센서와 각각의 밸브 중 하나를 가지는 것으로 기술되었다. 단일 밸브 또는 단일 센서가 실패했을 때를 대비하고 및/또는 원하는 성능 수준을 제공하도록 다중 밸브 및/또는 다중 센서들이 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 따라서, 예를 들어, 트윈(twin) 공기 흡입밸브 및/또는 트윈 배기밸브 또는 다중 센서들이 사용될 수 있다.
- [0174] 예시된 구체예들에서는 연소 이벤트(combustion event)의 시기가 종래의 왕복피스톤 내연기관에서와 같이 결정적인 것이 아니라는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 연료 내에서의 옥탄가(octane level)가 변하기 때문에 조기-점화(pre-ignition)가 있는 경우, 연소가 일어날 때 엔진 실린더(들) 내에서의 급격한 압력 증가는 배출밸브를 계속 개방하게 할 것이며 정상적인 연소 이벤트로 이어지는 것과 동일하게 실린더(들)로부터 나올 수 있는 유출 액체가 제 1 리저버 내로 유입되게 할 수 있을 것이다. 따라서 종래의 왕복피스톤 내연기관 내에 조기-점

화가 있을 때 통상적으로 발생하는 과워손실과 엔진 구성요소들에 대한 잠재적인 손상은 방지되거나 혹은 적어도 감소된다. 이는 예시된 엔진들이, 통상 사용되는 휘발유계 연료들과 동일한 일정한 품질을 가지지 못한 연료로 사용하기에 특히 적합하게 하며, 예를 들어, 재생가능한 공급원(renewable source)들로부터 생성될 수 있는 에탄올과 같은 알콜계 연료로 사용하기에 특히 적합하게 한다.

[0175] 예시된 구체예들에서, 실린더의 액체 배출물(liquid output)은 이 반드시 닫힌 회로 내에서 재순환되는(recycled) 것을 이해해야 한다. 하지만, 배기가스 내의 수증기의 증발, 누출 및 불완전 응축으로 인한 손실이 있을 것이다. 따라서, 기능이 향상될 수 있는 작은 물 리저버가 제공될 수 있다고 고려된다. 이렇게 기능을 향상시키기 위해 다양한 메커니즘이 제공될 수 있다. 예를 들어, 시동 때에 제 1 리저버의 레벨이 감지될 수 있으며 이 레벨이 불충분하다고 판명되면, 리저버로부터 탑 업 플로(top up flow)가 제공된다. 대안으로, 리저버(110)로부터 실린더(들) 내로 직접 주기적으로 주입됨으로써 기능이 향상될 수 있다.

[0176] 예시된 구체예들에서, 연료는 제 1 유동물질 내로 직접적으로 주입되는데, 이 구체예들에서 상기 연료에는 주로 공기가 포함된다. 반드시 공기를 포함할 필요는 없다. 대신, 연료는 실린더의 상류에 있는 공기 흐름 내로 계량화될 수 있으며(metered) 이미 공기가 혼합되어 있는 실린더 내로 전달될 수 있다.

[0177] 예시된 구체예들의 내연기관과 연결된 여러 밸브들은 통상 닫혀있는 솔레노이드 작동식 밸브들로서 기술된다. 위에서 언급한 하나 이상의 솔레노이드 작동식 밸브 대신에 다른 형태의 전기 작동식 밸브도 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 또한 이 밸브들은 유압 작동식 또는 공압 작동식 밸브가 될 수 있음을 이해해야 한다.

[0178] 예시된 구체예들에서, 엔진 실린더(들)로부터의 배출밸브는 배출밸브에 작용하는 압력에 반응하는 일-방향 밸브를 포함한다. 하지만 반드시 일-방향 밸브를 포함할 필요는 없다. 대신, 예를 들어, 솔레노이드 밸브와 같은 전기 작동식 밸브가 사용될 수 있다. 연소 이벤트 이후에 실린더 내에서의 압력 증가는 너무 커서 도 1에 도시된 센서(44)와 같은 온도센서에 의해 쉽게 탐지될 것이며, 이 압력 증가로 인해 솔레노이드 밸브가 개방되도록 신호를 보내 에너지화된 유체가 리저버 내로 방출될 수 있게 한다. 스파크 플러그와 같은 기폭장치의 작동에 의해 연소가 유발되는 내연기관에서, 전기 작동식 배출밸브의 개방은 기폭장치의 작동으로부터 시간이 조절될 수 있다(timed).

[0179] *예시된 구체예들에서 작동하는 다수의 공정들은 각각의 엔진의 일부분에서 감지된 온도/압력에 반응하여 개시되는 것으로 기술된다. 이는 가변적인 주위 작동 상태 및/또는 가변적인 하중(load)에도 불구하고 엔진이 효율적으로 기능을 수행할 필요가 있을 때 바람직할 것이다. 하지만, 다수의 컨트롤 이벤트들은 설정 시간 간격(set time interval)에서 개시될 수 있다. 시간 간격에 따른 컨트롤 과정들은 아마도 더 간단하고, (빌딩 내에 수용될 수 있는) 스태틱 엔진(static engine) 및/또는 하중, 혹은 적어도 동력학적으로 가변 하중이 아닌 하중에 있어서 현저한 변화를 겪지 않는 엔진에 적용될 수 있다.

[0180] 예시된 구체예들의 설명에 있어서, 엔진 공정들을 조절하는 것은 현재 감지된 신호들과 판독값(reading)들에 따라 기술된다. 다수의 컨트롤 전략들이 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 하나 이상의 공정들은 하나 이상의 과거 신호들과 판독값들 및 이러한 신호들과 판독값들을 처리하여 생성된 데이터에 따라 조절될 수 있다.

[0181] 구체예들에서 도시된 바와 같이 실린더로부터의 배출 액체를 위해 반드시 나선형 유동경로를 제공할 필요가 없음을 이해해야 한다. 내연기관의 실린더(들)는 속이 비어 있는 용적(volume)이 될 수 있으며 이에 따라 배출 액체는 팽창하는 연소가스에 의해 출구를 향해 단순히 일직선으로 흐르게 될 수 있다.

[0182] 몇몇 구체예들에서는, 연소가스와 작동유체(액체) 사이에 배열된 자유로이 부유하는(floating) 분리부재(separating member)를 가지는 것이 바람직할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 이러한 분리부재가 연소가스로부터 실린더의 전체 폭을 실질적으로 가로지르는 액체에 에너지를 균일하게 전달하는데 보조할 것이라고 고려되는데, 상기 분리부재는 이 분리부재에 작용하는 각각의 압력에 있어서의 변화에 반응하여 실린더 내에서 자유로이 왕복운동을 수행하고 임의의 적절한 재료로 제조될 수 있다. 또한 이러한 분리부재는 제 1 유동물질의 연소생성물 및/또는 연료에 의해 액체가 오염되는 것을 제한하는데 바람직할 수 있다. 이 분리부재는 완전히 자유롭게 이동할 수 있으며 분리부재와 실린더 벽 간에 밀봉을 제공할 필요가 없는데 이는 실질적으로 액체에 의해 밀봉이 제공되기 때문이라고 이해하면 된다.

[0183] 엔진 제조업체들이 이미 작동유체(액체)로 채워진 엔진을 공급할 수 있으며 또는 차량 제조업체, 혹은, 차량이 아닌 분야에 있어서, 내연기관이 공급되는 장비의 제조업체, 혹은 엔진 또는 내연기관이 포함된 장비를 판매하

는 업자, 혹은 사용자에게 의해 추후에 작동유체가 첨가될 수 있음을 이해해야 한다.

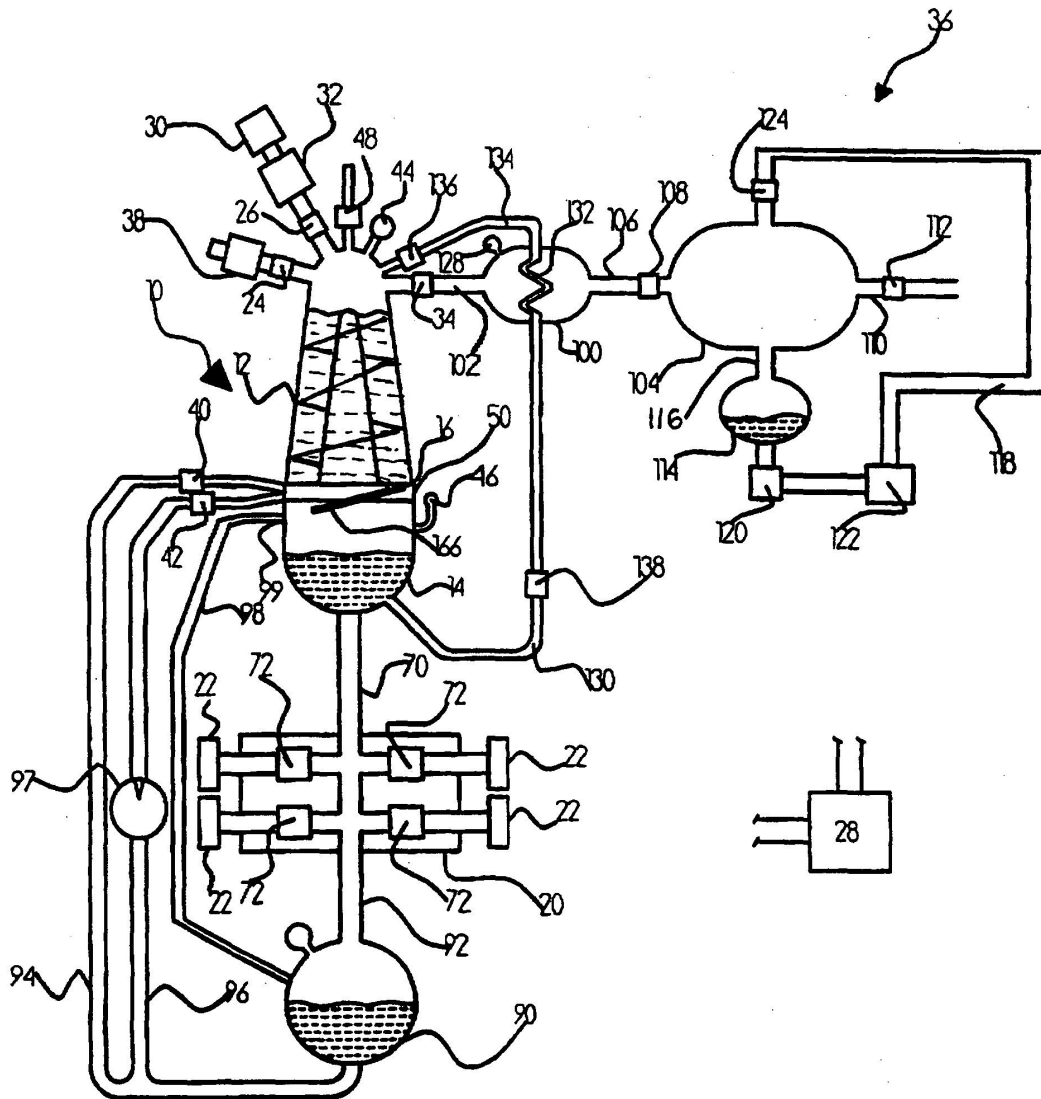
[0184] 내연기관(10)에 대한 변형예들은 도 14와 도 15에 도시되며 내연기관(710)에 대한 변형예들은 도 23 내지 도 27을 참조하여 기술된다. 내연기관(10)에 대한 몇몇 변형예들 또는 모든 변형예들은 내연기관(710)에 적용될 수 있으며, 이와 유사하게 내연기관(710)에 대한 몇몇 변형예들 또는 모든 변형예들은 내연기관(10)에 적용될 수 있다.

[0185] 도면에서 도시된 유체들의 상태와 비율들은 오직 예시 목적을 위해서만 제공되는 것이며 꼭 작동 엔진에 적용되는 것을 반영하는 것은 아니라는 점을 이해해야 한다. 또한, 도면에 도시된 내연기관의 배향(orientation)과 기술된 사항에서 '상부'와 '하부'에 대한 기준은 예에 의한 것과 같이 설명되고 쉽게 이해하기 위해 설명되는 것이며 제한하기 위함이 아니라는 것을 이해할 수 있다. 예를 들어, 도 1과 도 17에서 보는 것처럼, 연소챔버는 수직이 아닌 방향으로 배열될 수 있으며 심지어 수평방향으로 배열될 수 있다. 이는, 서로 개방되어 유체 소통(fluid communication)하고 있는 두 개의 별개 영역들을 가지지만, 에너지화되어야 하는 유체에 의해 오염되지 않고 공기-연료 혼합물이 연소될 수 있으며 연소에 의해 생성된 압력과(pressure wave)가 상기 유체를 에너지화하도록 에너지화되어야 하는 유체에 작용할 수 있도록, 연소챔버를 구성함으로써 구현될 수 있다.

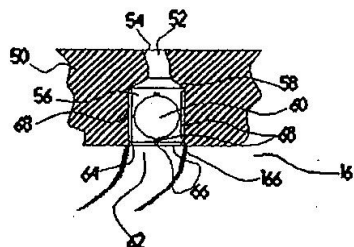
[0186] 예시된 구체예들의 내연기관이 자동차에서의 용도로 기술되었지만, 상기 내연기관은 이러한 용도에만 제한되지 않는다. 이 내연기관은, 예를 들어, 파워 보트(power boat), 전기 생성장치 세트(electricity generator set), 휴대용 기계장치(예컨대 컴프레서), 잔디깎는 기계 및 공구들에 사용될 수 있다.

도면

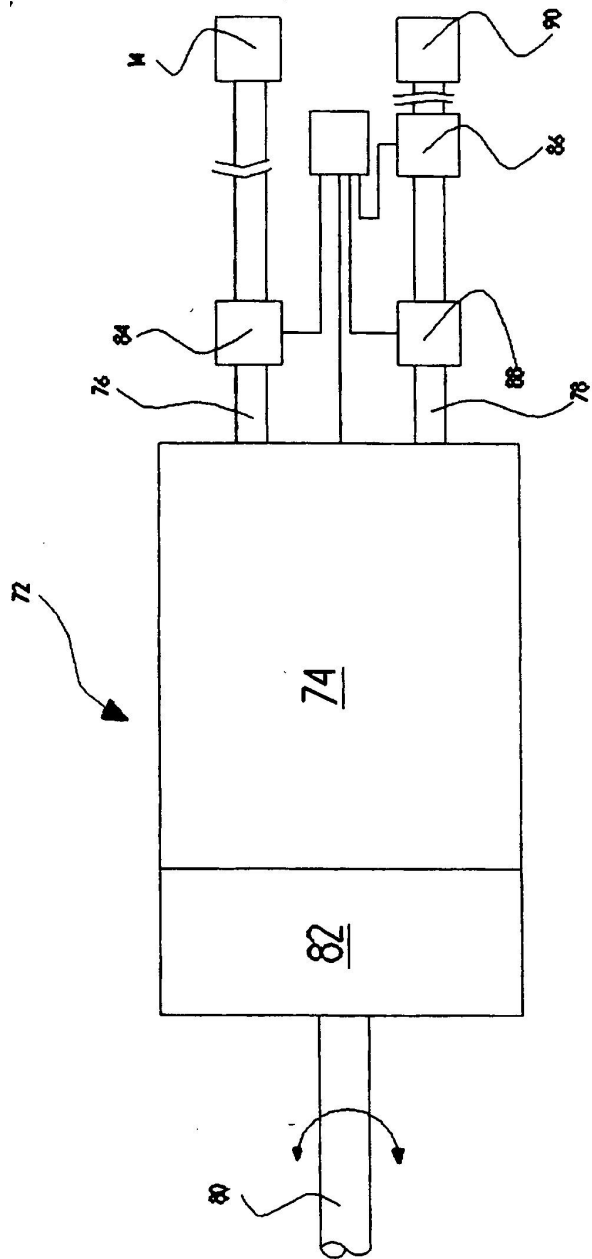
도면1



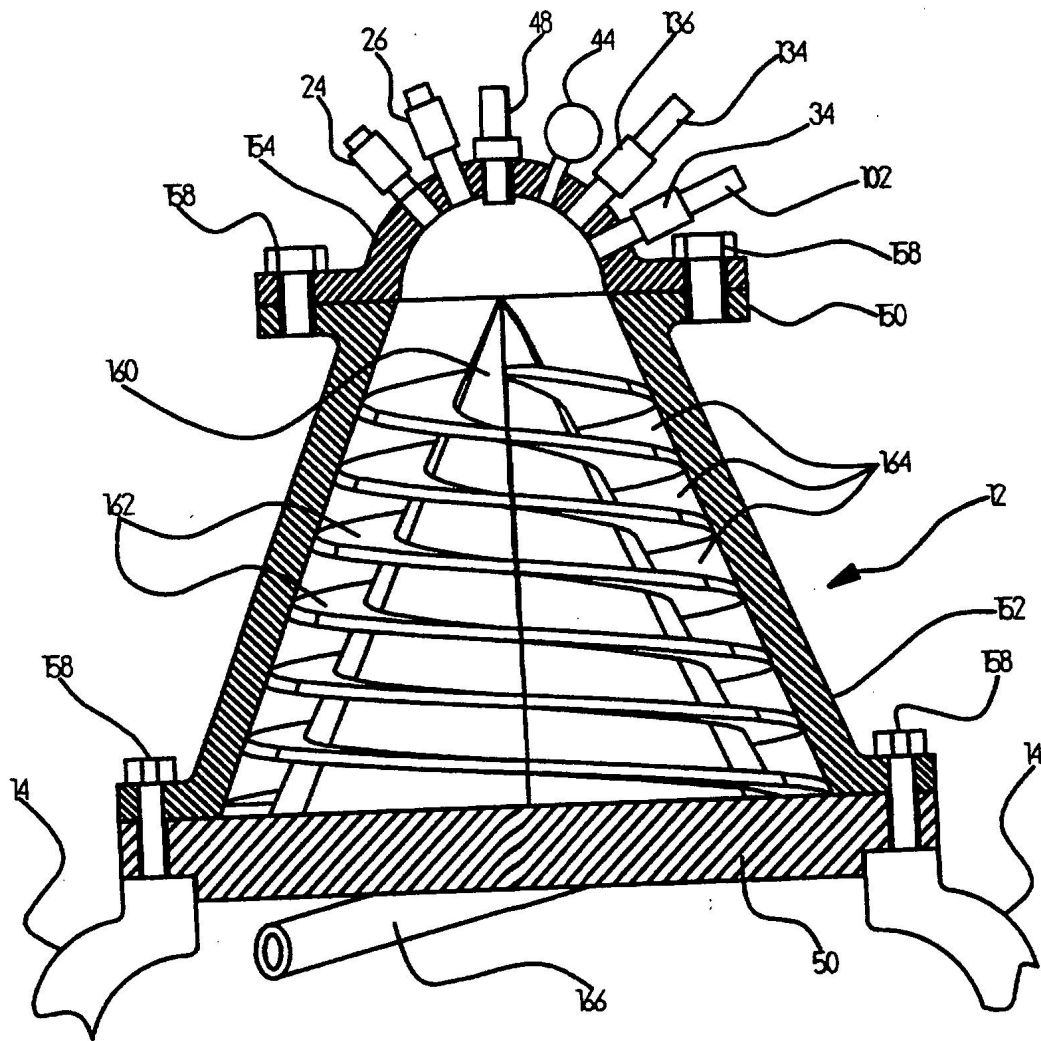
도면2



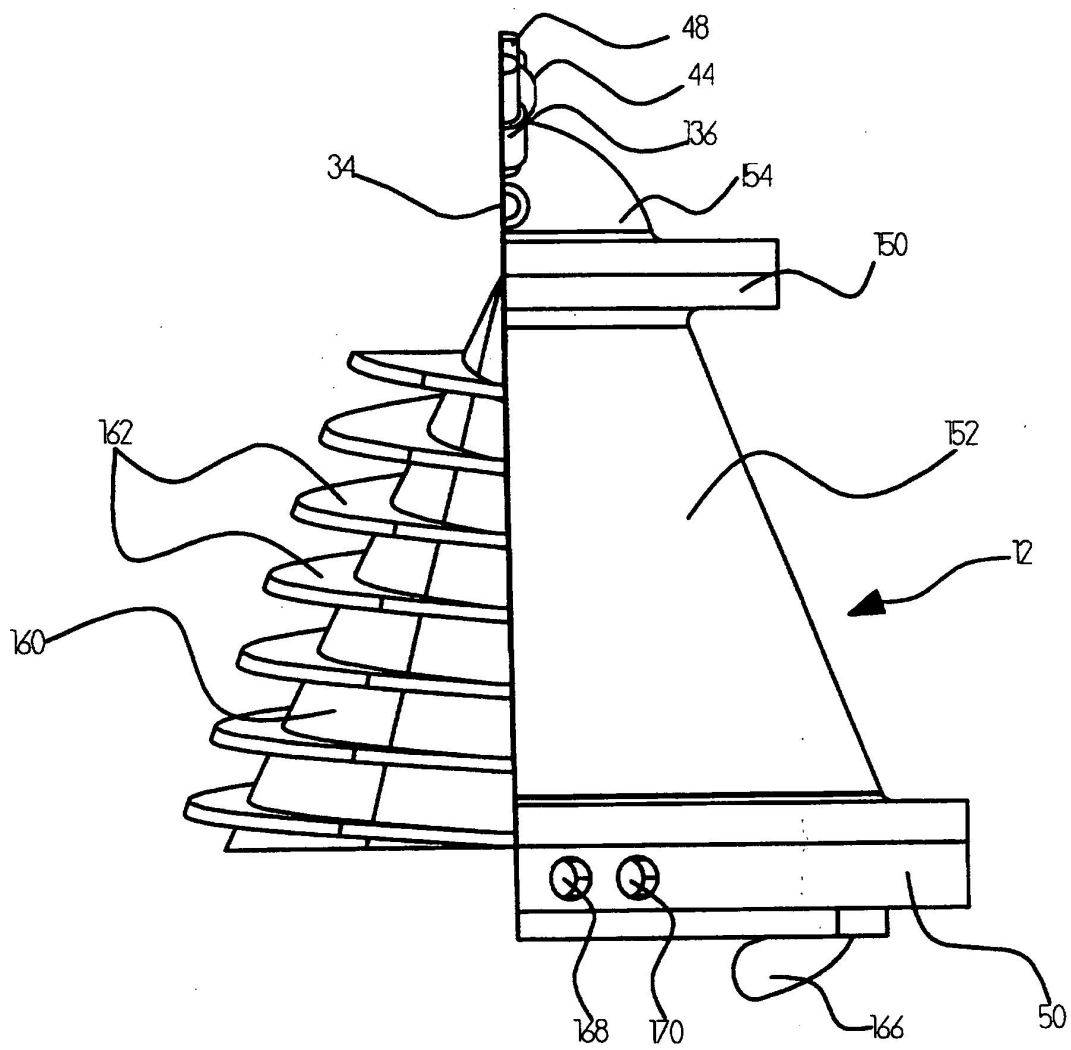
도면3



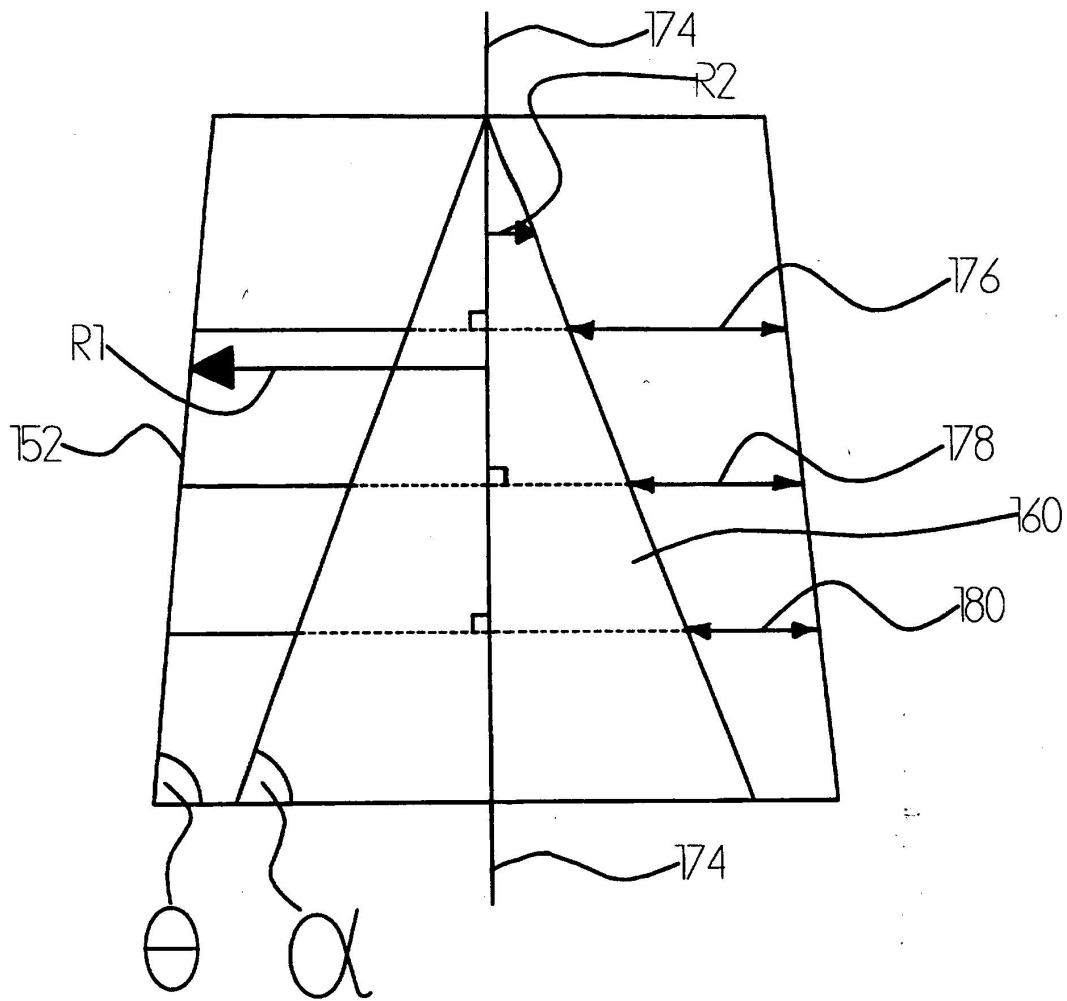
도면4



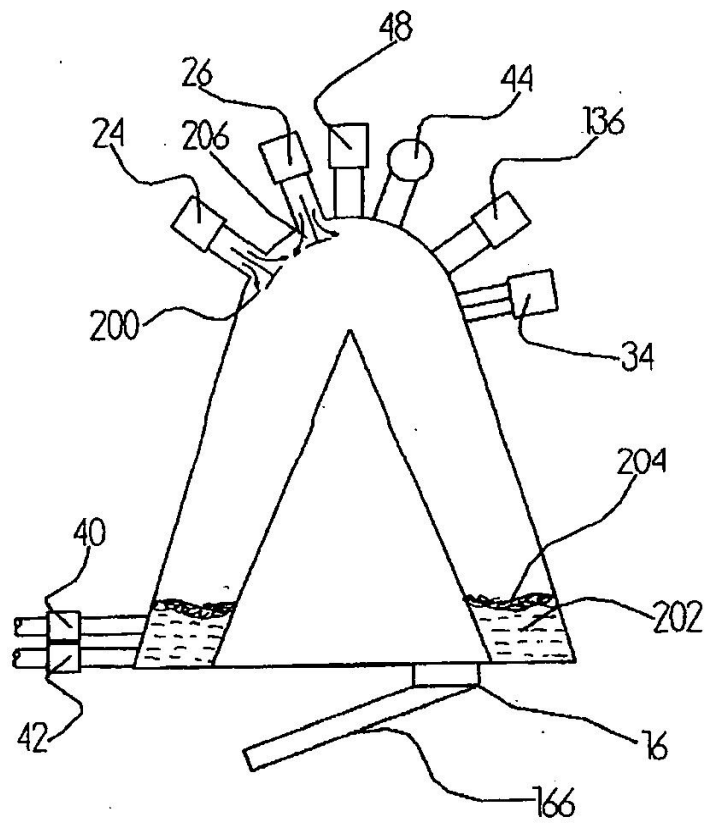
도면5



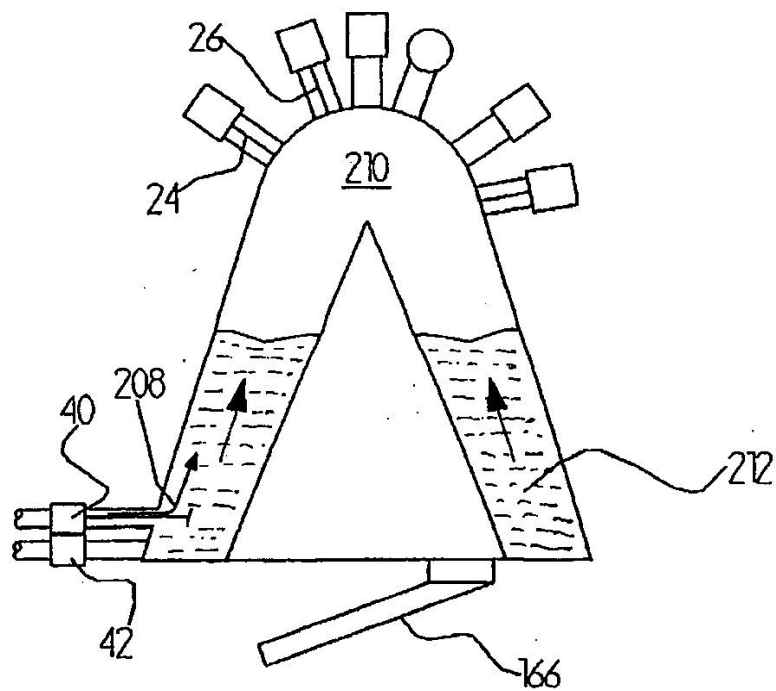
도면6



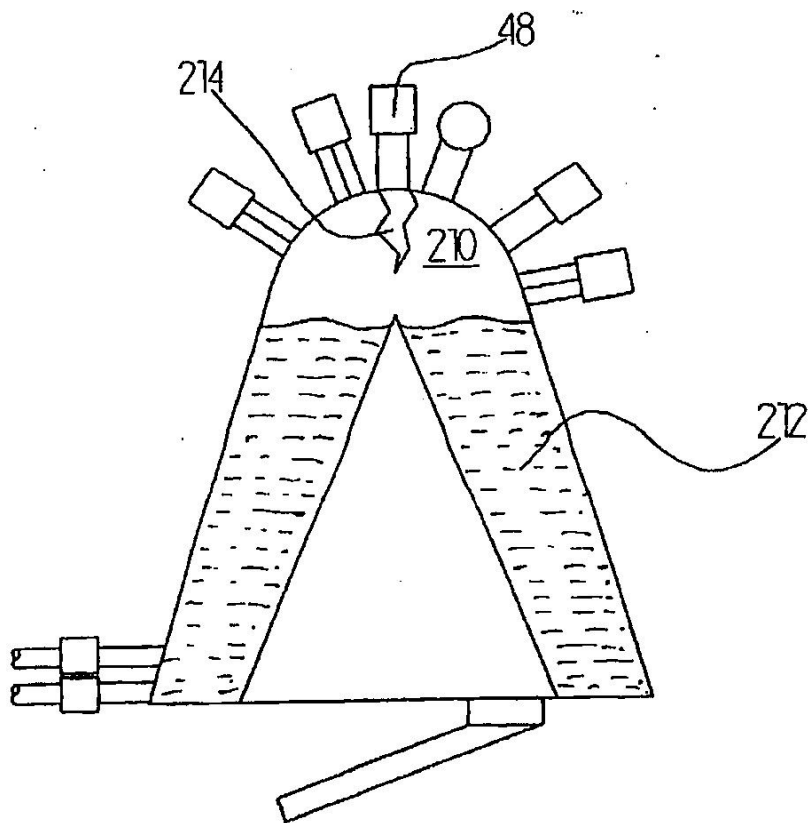
도면7



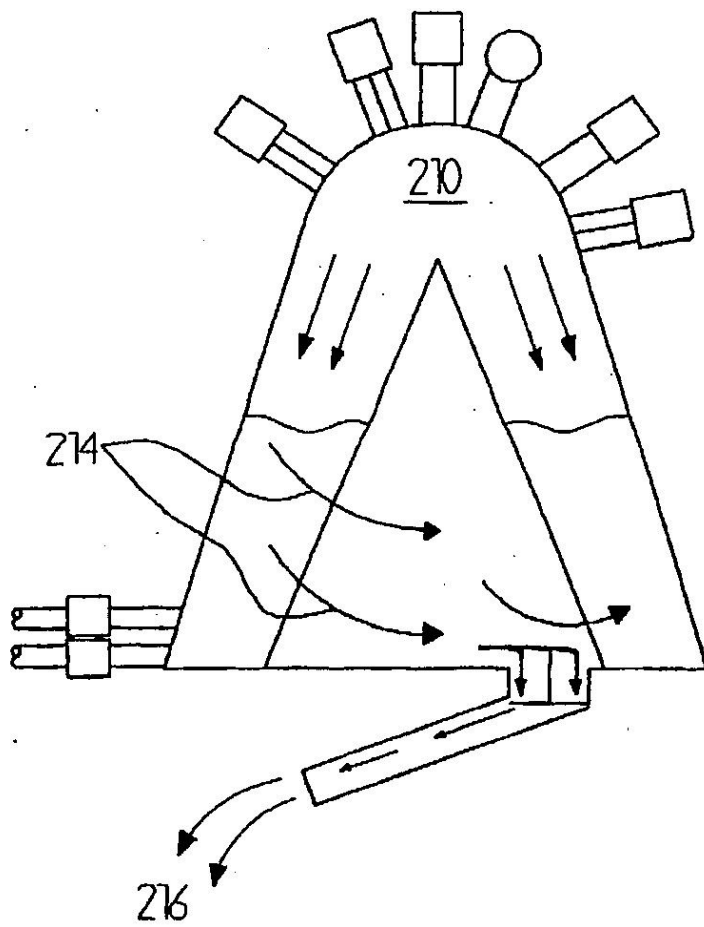
도면8



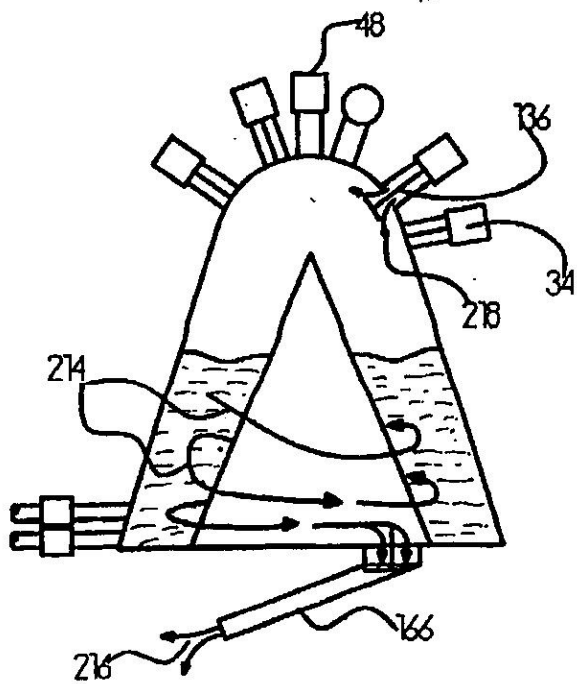
도면9



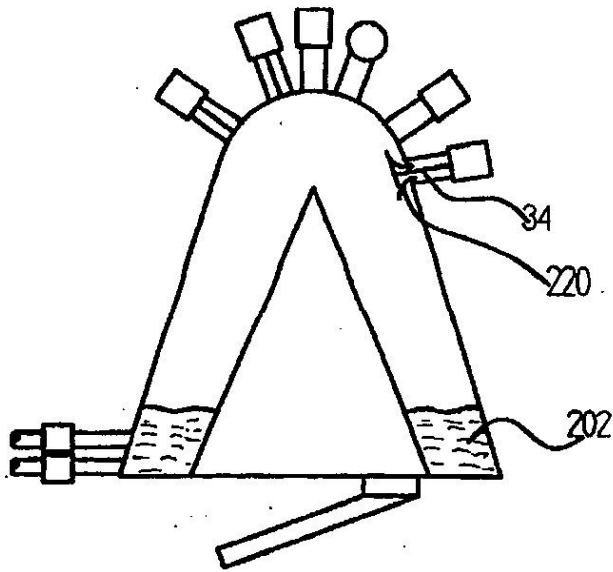
도면10



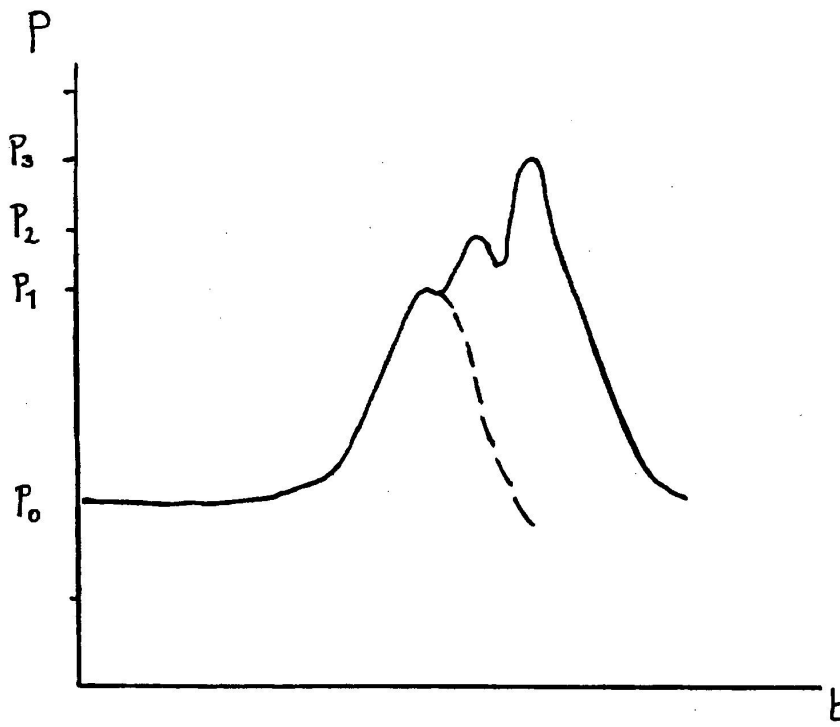
도면11



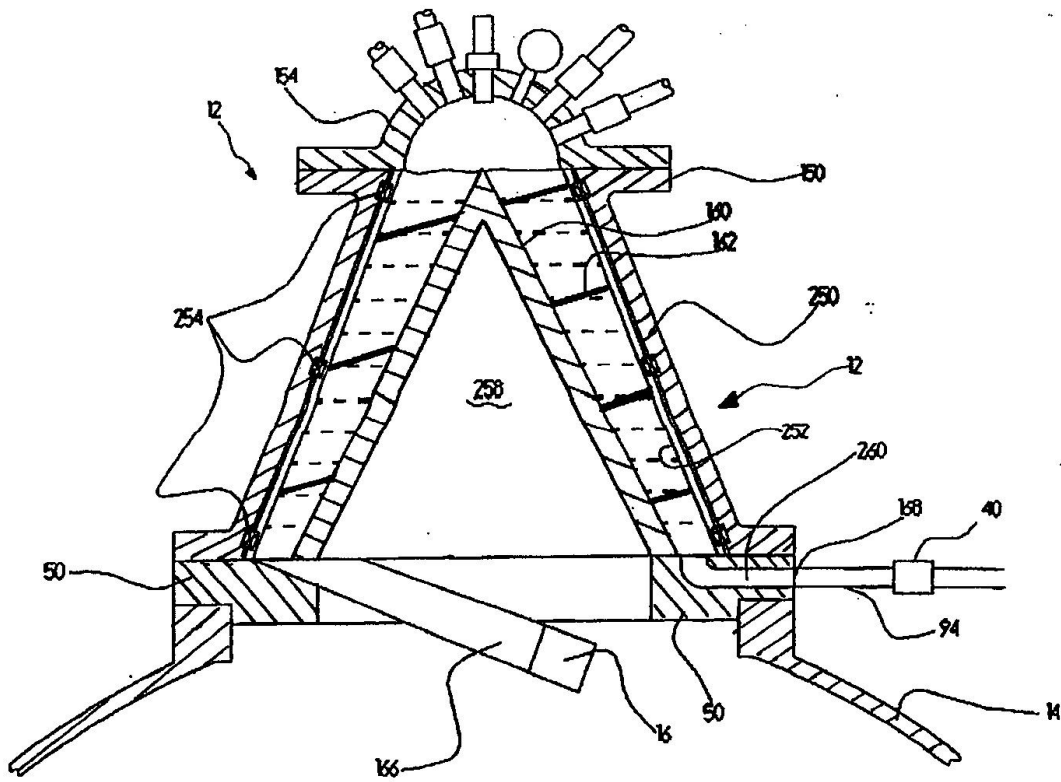
도면12



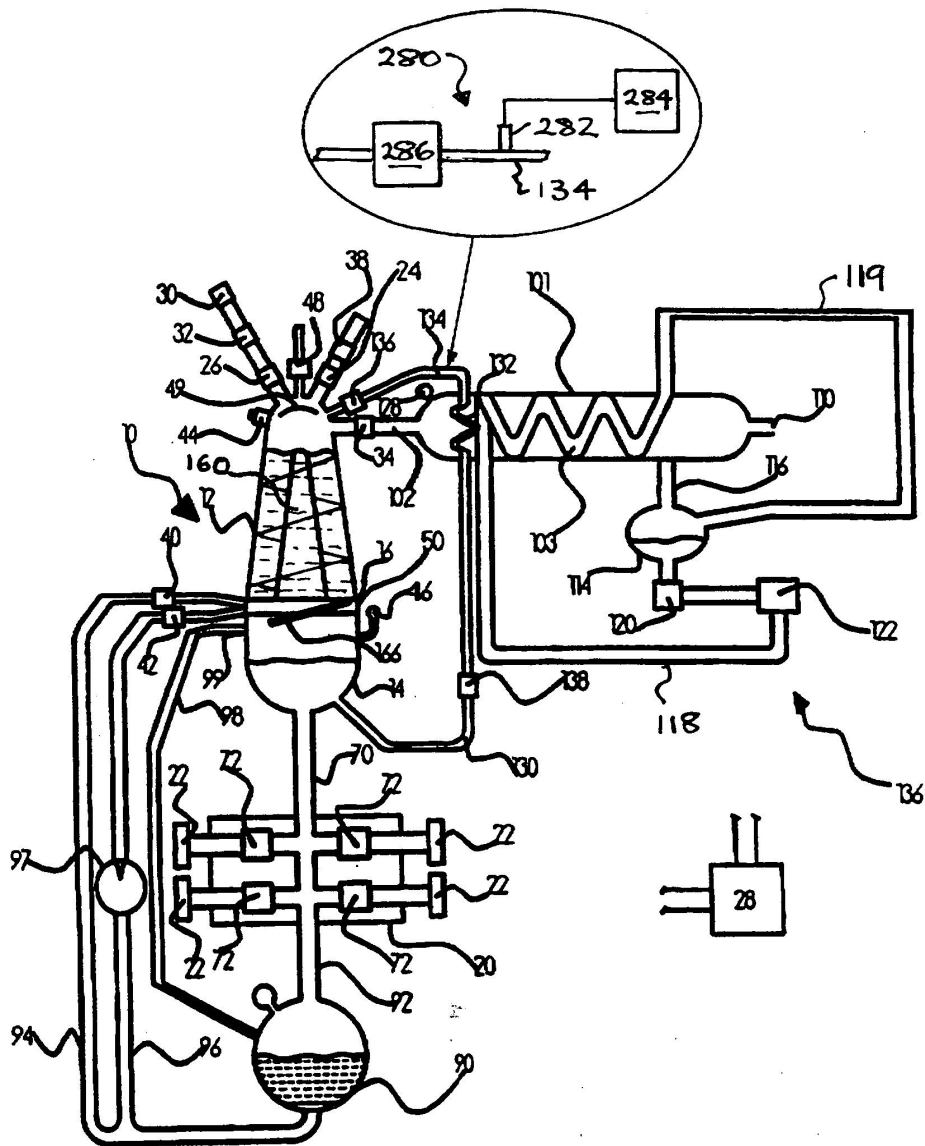
도면13



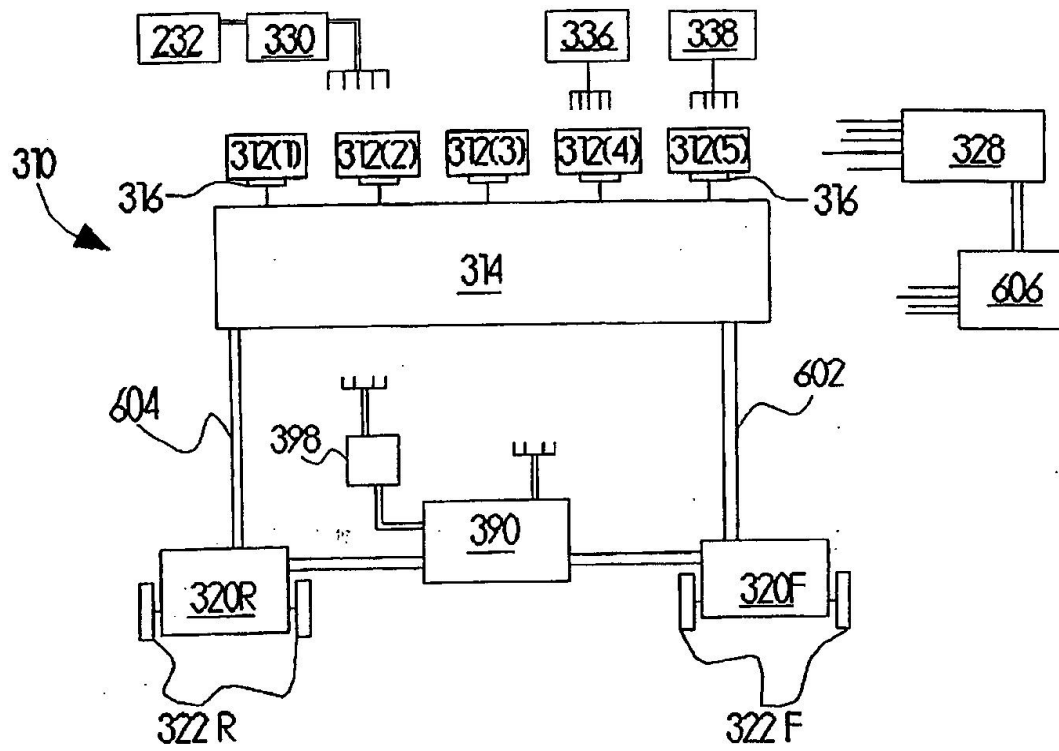
도면14



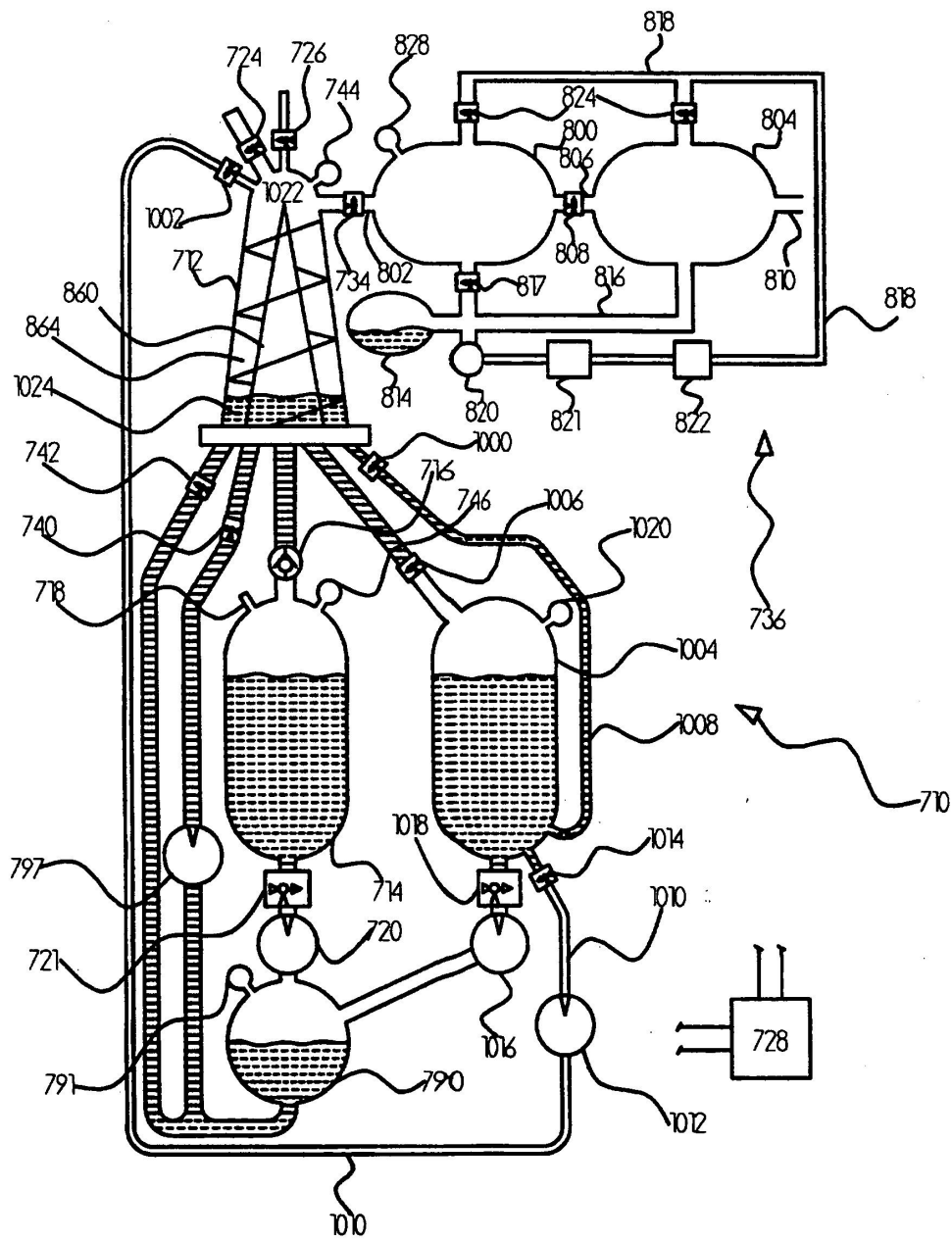
도면15



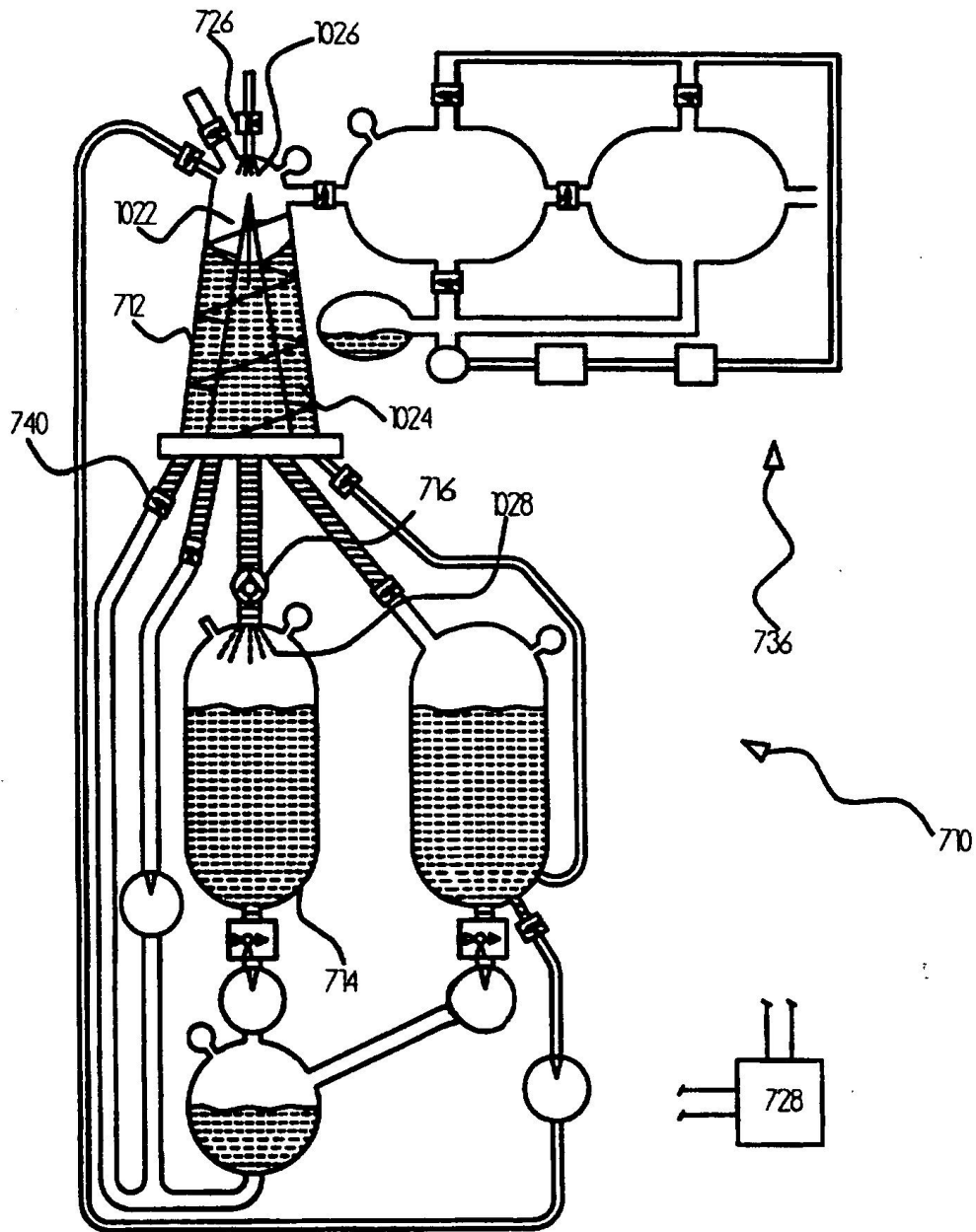
도면16



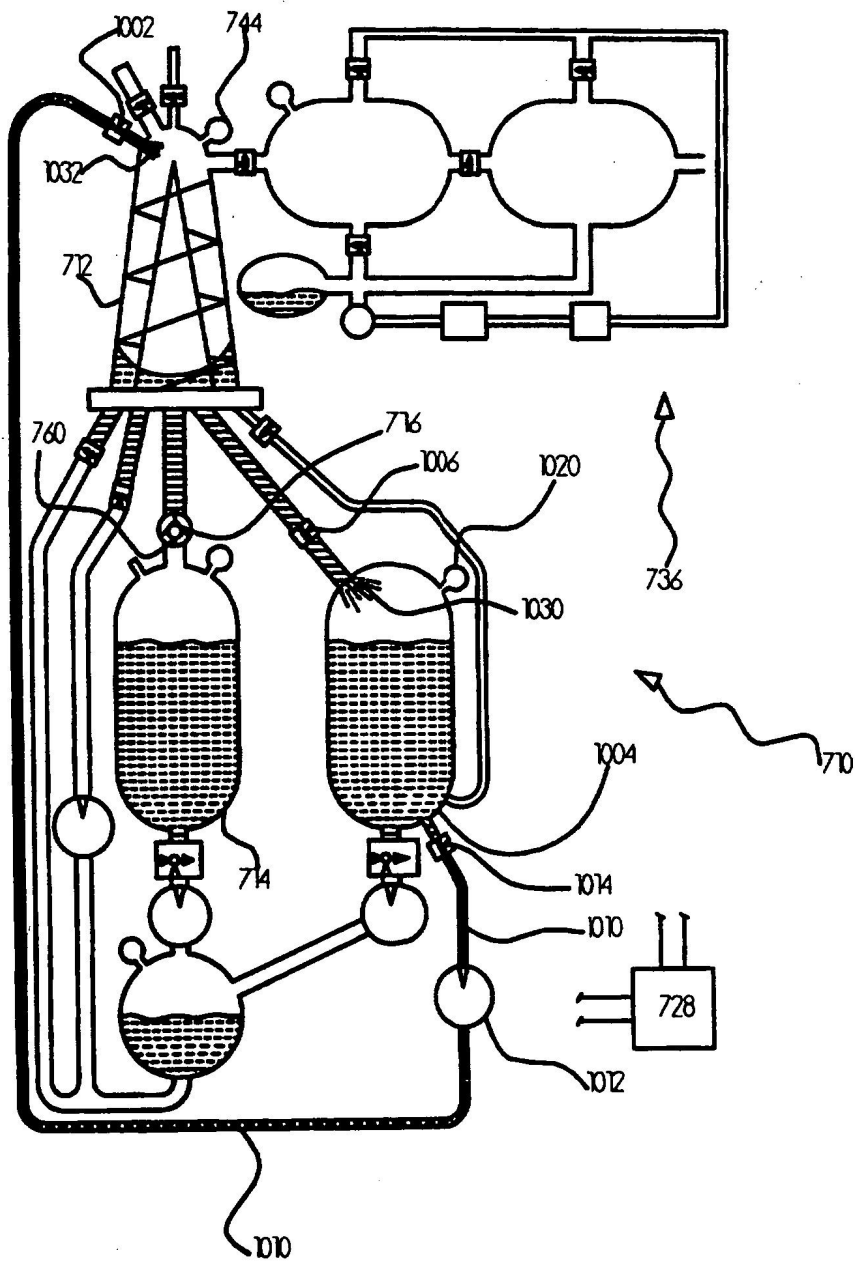
도면17



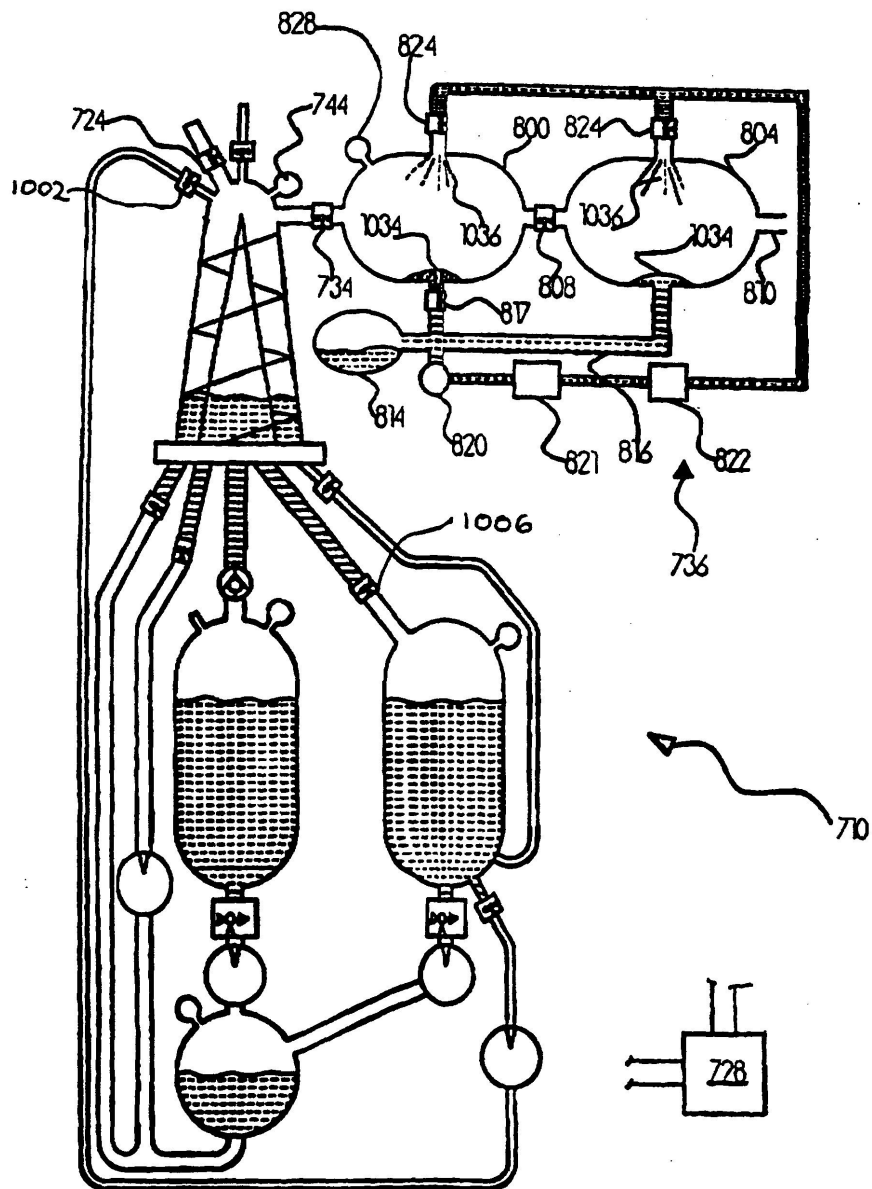
도면18



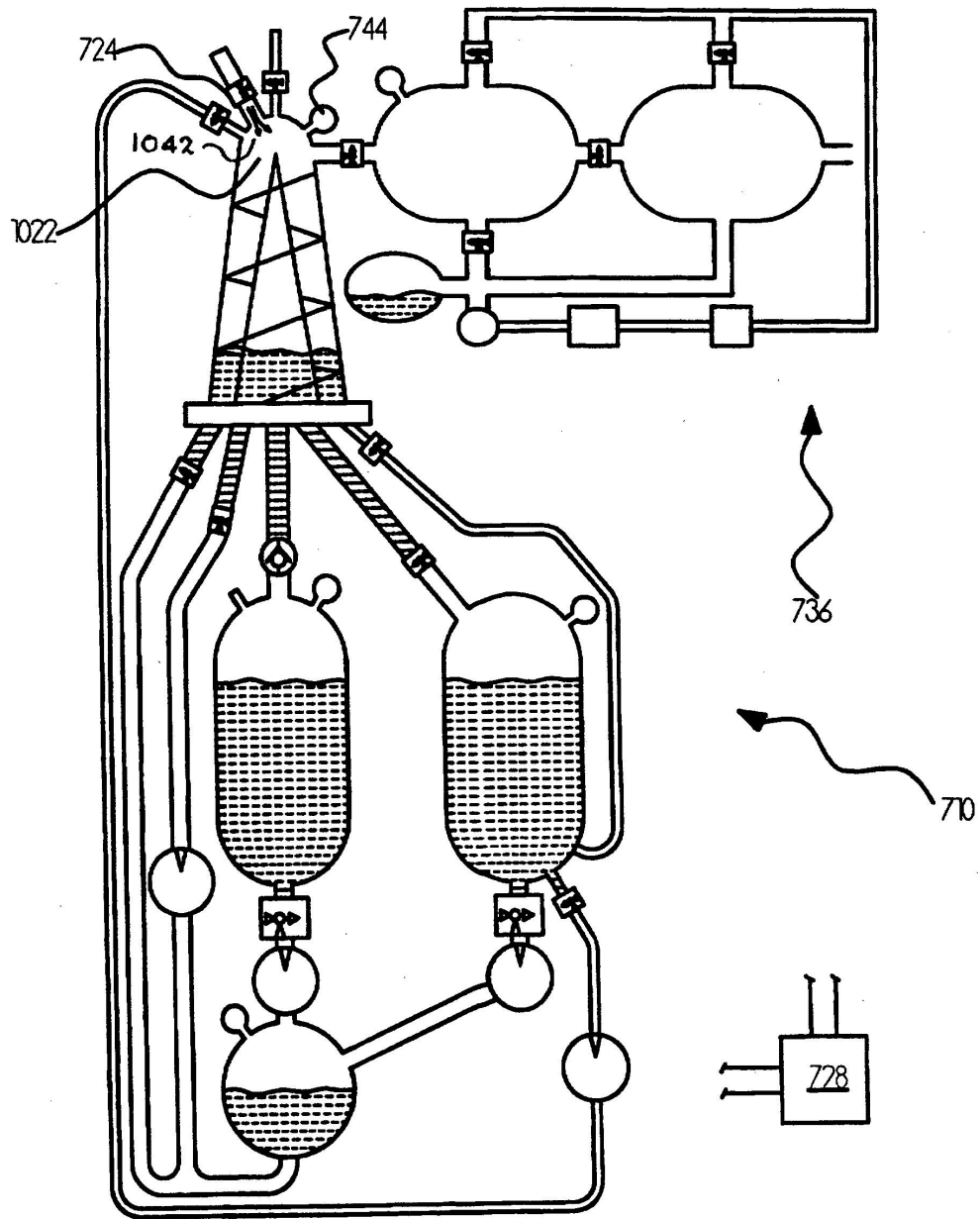
도면19



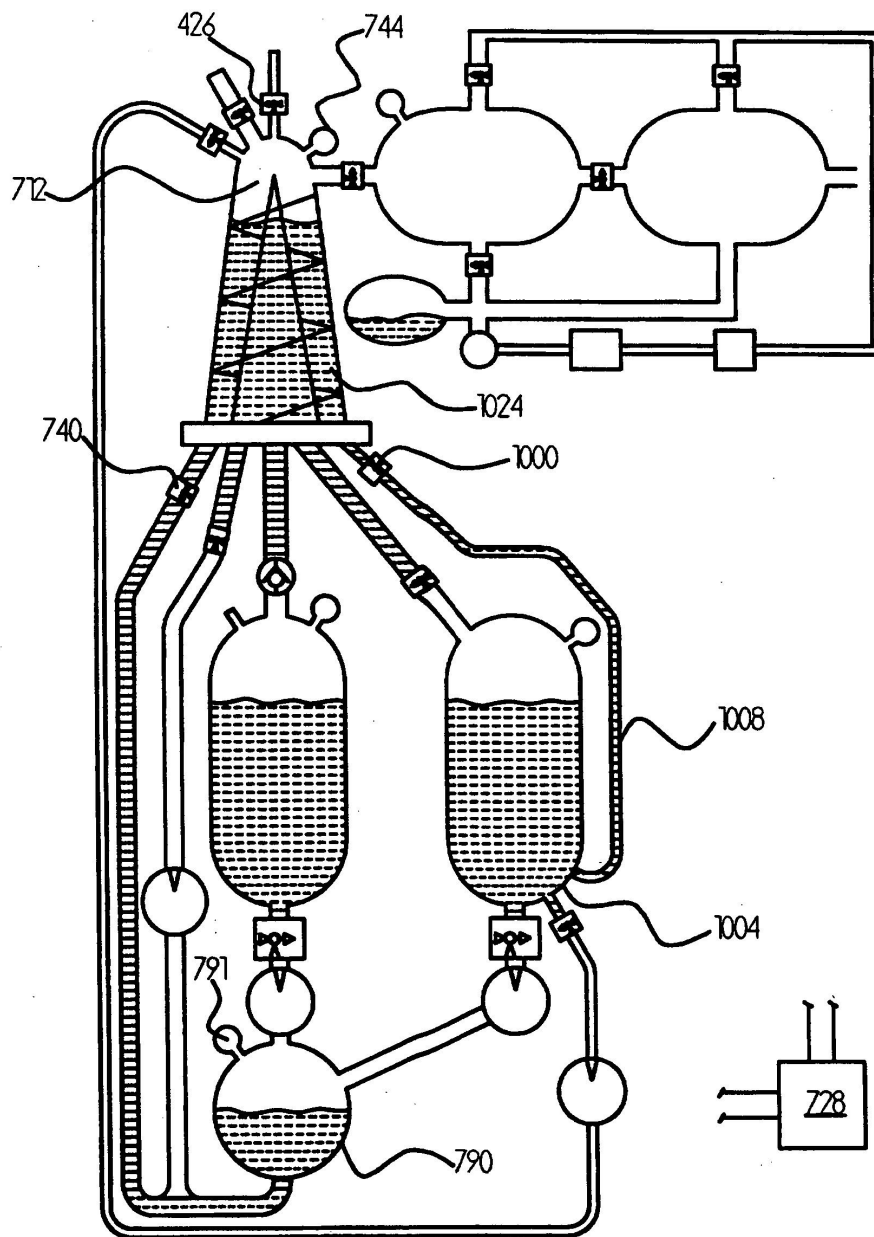
도면20



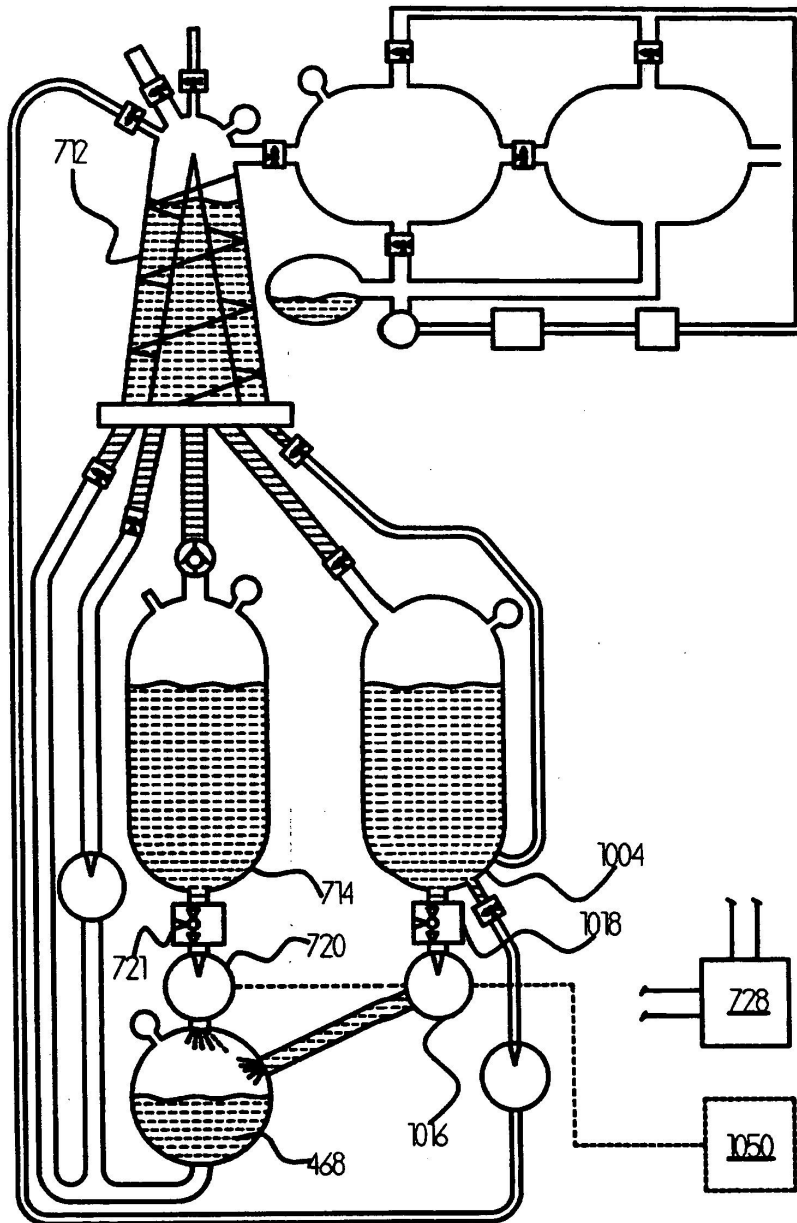
도면21



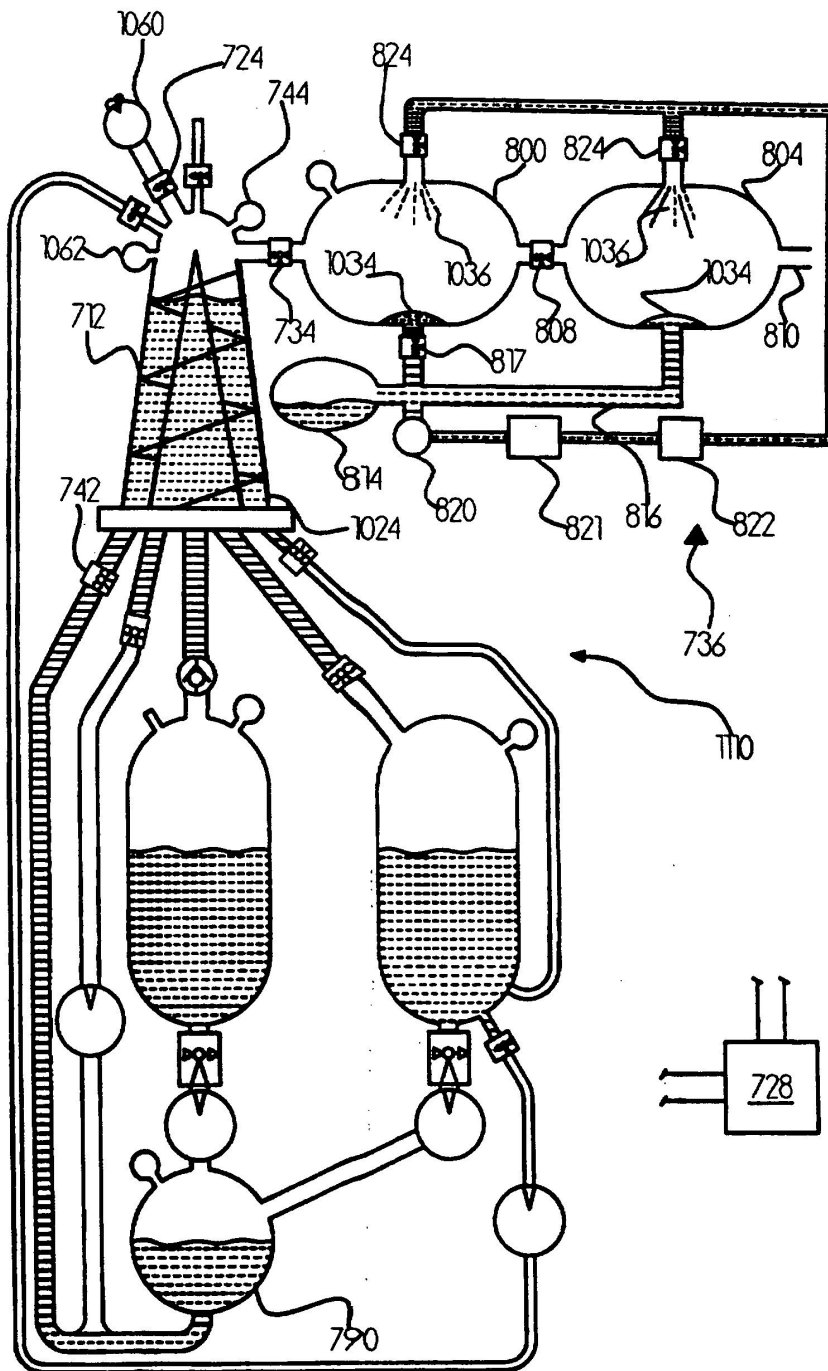
도면22



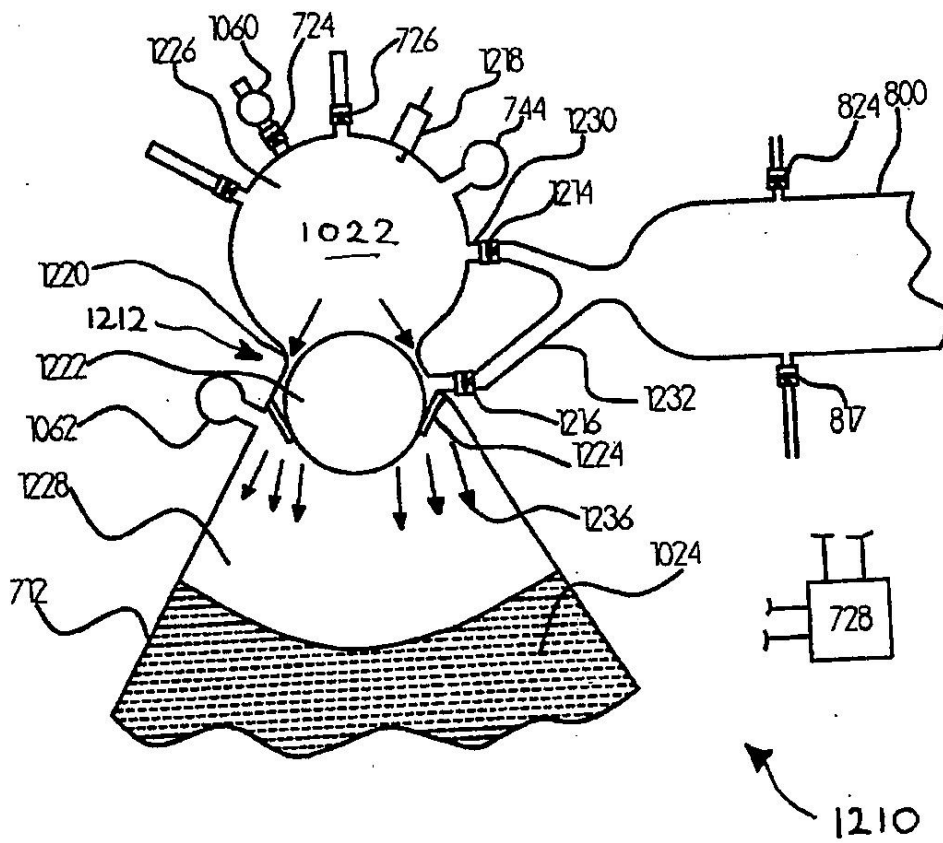
도면23



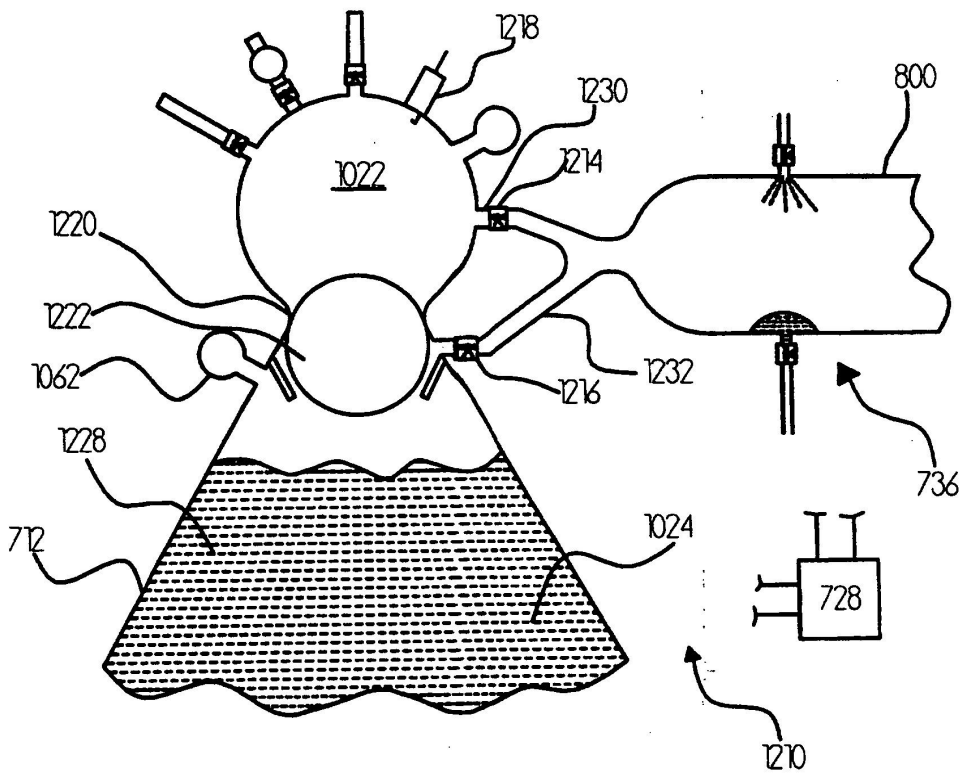
도면24



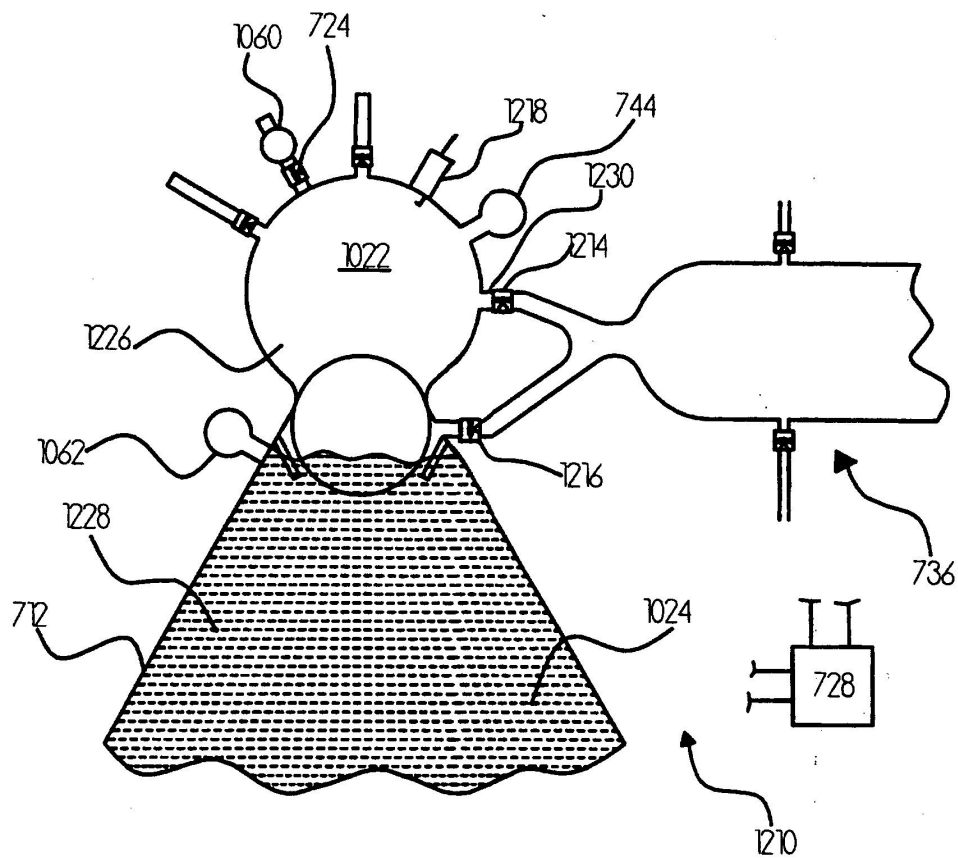
도면25



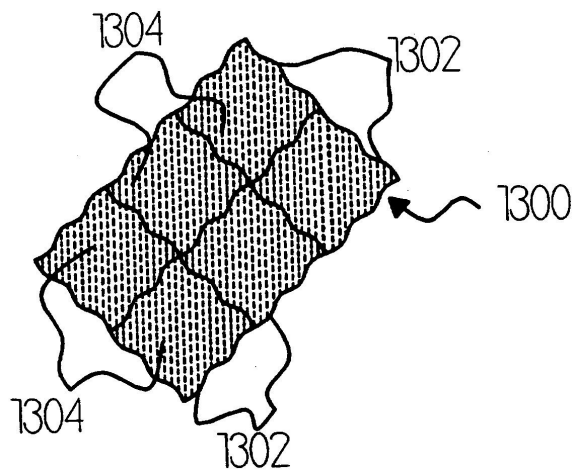
도면26



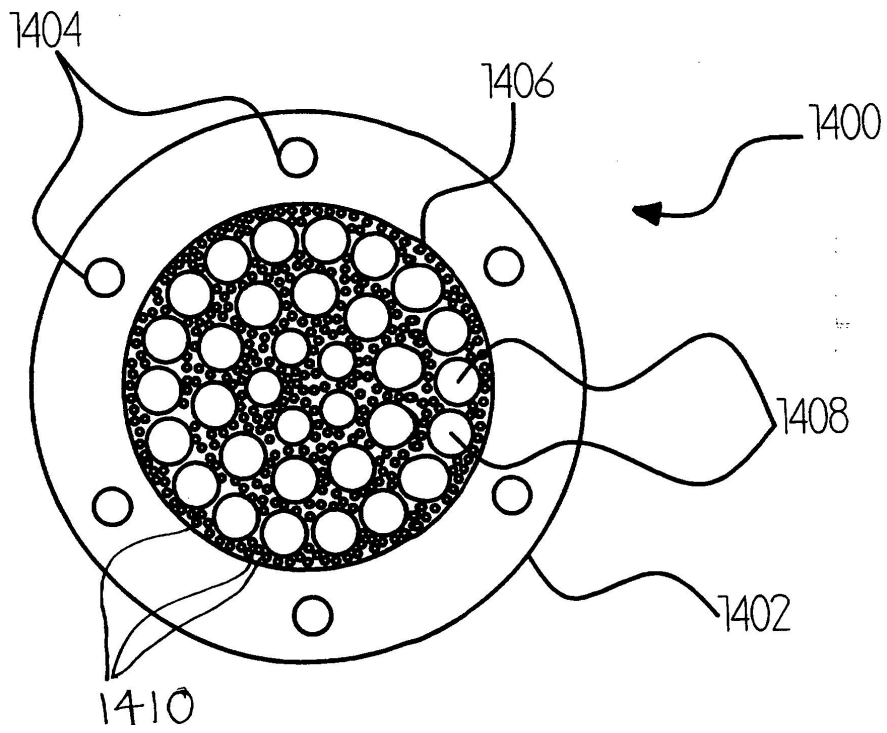
도면27



도면28



도면29



도면30

