



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월26일
(11) 등록번호 10-2747199
(24) 등록일자 2024년12월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02D 19/02 (2022.01) F02B 47/02 (2006.01)
F02B 47/04 (2006.01) F02D 19/10 (2006.01)
F02D 19/12 (2022.01) F02D 35/02 (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F02D 19/023 (2013.01)
F02B 47/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7040318(분할)
(22) 출원일자(국제) 2017년12월20일
심사청구일자 2023년11월22일
(85) 번역문제출일자 2023년11월22일
(65) 공개번호 10-2023-0164232
(43) 공개일자 2023년12월01일
(62) 원출원 특허 10-2022-7030441
원출원일자(국제) 2017년12월20일
심사청구일자 2022년09월02일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2017/053831
(87) 국제공개번호 WO 2018/115863
국제공개일자 2018년06월28일
(30) 우선권주장
1622114.5 2016년12월23일 영국(GB)
1706792.7 2017년04월28일 영국(GB)
(56) 선행기술조사문헌
US20130160726 A1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
리카도 유케이 리미티드
영국, 비엔43 5에프지 쇼어햄-바이-씨 웨스트 서섹스, 올드 쇼어햄 로드, 쇼어햄 테크니컬 센터
(72) 발명자
모건, 로버트
영국 비엔43 6티에이치, 쇼어햄 바이 씨 서섹스, 호킨즈로드 42
잇웰, 제임스
영국 비엔43 6더블유이 쇼어햄 바이 씨 서섹스, 고턴로드 72
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이철희, 교윤희

전체 청구항 수 : 총 21 항

심사관 : 윤마루

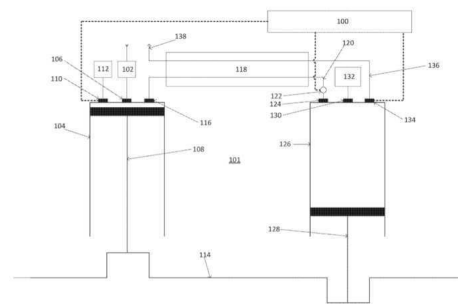
(54) 발명의 명칭 스플릿 사이클 엔진

(57) 요약

스플릿 사이클 내연 기관이 본 명세서에 개시된다. 스플릿 사이클 내연 기관은 연소 피스톤을 수용하는 연소 실린더, 및 압축 피스톤을 수용하는 압축 실린더를 포함한다. 스플릿 사이클 내연 기관은 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 파라미터의 표시를 수신하고 표시 파라미터에 의존하여 연소 실린더의 배기 밸브를 제

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



어하여, 표시 파라미터가 파라미터를 위한 목표값보다 작을 때 연소 피스톤이 그 상사점 위치(TDC)에 도달하기 전에 연소 피스톤의 귀환 행정 동안 배기 밸브를 폐쇄하고; 표시 파라미터가 파라미터를 위한 목표값과 같거나 클 때 연소 피스톤이 그 상사점 위치(TDC)에 도달함에 따라서 연소 피스톤의 귀환 행정의 완료시에 배기 밸브를 폐쇄하도록 배열된 컨트롤러를 또한 포함한다.

(52) CPC특허분류

F02B 47/04 (2013.01)

F02D 19/105 (2013.01)

F02D 19/12 (2022.01)

F02D 35/025 (2013.01)

F02D 41/0025 (2013.01)

(72) 발명자

앳킨즈, 앤드류

영국 비엔43 5에프지 쇼어햄 바이 씨 서섹스 쇼어
햄테크니컬센터 리카도 유케이 리미티드

구르, 아담

영국 비엔43 5에프지 쇼어햄 바이 씨 서섹스 쇼어
햄테크니컬센터 리카도 유케이 리미티드

(56) 선행기술조사문헌

KR1020160029098 A

KR1020120083327 A

KR1020120027530 A

JP2014238030 A

JP2007247438 A

CN102852633 A

명세서

청구범위

청구항 1

스플릿 사이클 내연 기관으로서,

연소 피스톤을 수용하는 연소 실린더;

압축 피스톤을 수용하고 상기 연소 실린더에 압축 유체를 제공하도록 배열되는 압축 실린더로서, 상기 압축 실린더가 냉동 프로세스를 통해 그 액상으로 응축된 액체를 수용하도록 배열되어서, 압축 행정에 의해 유발된 온도에서의 상승이 상기 액체에 의한 열의 흡수에 의해 제한되도록, 상기 액체는 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 그 기상으로 기화되는, 상기 압축 실린더; 및

상기 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 파라미터의 표시를 수신하고 표시 파라미터에 의존하여 상기 압축 실린더에 제공되는 상기 액체의 양을 제어하여서:

상기 표시 파라미터가 상기 파라미터를 위한 목표값과 같거나 클 때 상기 액체의 "정상 모드" 양이 상기 압축 실린더에 제공되고;

상기 표시 파라미터가 상기 파라미터를 위한 목표값보다 작을 때 상기 액체의 "냉 모드" 양이 상기 압축 실린더에 제공되도록, 배열되는 컨트롤러를 포함하며,

상기 "냉 모드" 양은 상기 "정상 모드" 양보다 적은, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 액체는 액체 질소, 아르곤, 및 네온 중 적어도 하나를 포함하는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 스플릿 사이클 내연 기관 또는 그 안의 유체와 관련된 압력의 표시를 수신하고 표시 압력에 의존하여 상기 압축 실린더에 제공되는 상기 액체의 양을 제어하도록 배열되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 스플릿 사이클 내연 기관 또는 그 안의 유체와 관련된 산소 농도의 표시를 수신하고 표시 산소 농도에 의존하여 상기 압축 실린더에 제공되는 상기 액체의 양을 제어하도록 배열되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 항에 있어서, 상기 연소 실린더에 제공된 압축 유체를 가열하도록 상기 연소 실린더의 배기 생성물에 상기 압축 유체를 열적으로 결합하도록 배열된 복열 장치를 더 포함하는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 6

제5항에 있어서, 사용시에 상기 배기 생성물과 접촉하는 상기 복열 장치의 표면 상에 촉매 코팅이 제공되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 촉매 코팅은 촉매의 활성을 가속하도록 압축 유체와 배기 생성물에 의해 가열되기 위하여 사용시에 상기 압축 유체와 상기 배기 생성물과 열 연통하도록 제공되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 8

제5항에 있어서, 목표 온도보다 큰 임계 온도를 초과하는 표시 온도에 대하여, 상기 컨트롤러는 상기 복열 장치 내로의 물의 분사를 제어하도록 배열되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 9

제5항에 있어서, 상기 컨트롤러는 목표 온도보다 큰 임계 온도를 초과하는 표시 온도에 대해 고온 모드 작동을 한정하는 메모리를 가지며,

상기 컨트롤러는 상기 고온 모드에서:

상기 표시 온도에 의존하여 상기 압축 실린더에 제공되는 상기 액체의 속도 및 양 중 적어도 하나를 제어하고;

상기 표시 온도에 의존하여 상기 스플릿 사이클 내연 기관의 복열 장치 내로 물의 분사를 선택적으로 제어하도록 배열되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 10

제5항에 있어서, 상기 연소 실린더와 관련된 온도의 표시는 압축 실린더 출구에서의 온도, 연소 실린더 입구에서의 온도, 연소 실린더 출구에서의 온도, 및 복열 장치에서의 온도 중 적어도 하나를 감지하도록 배열된 센서에 의해 제공되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 11

제6항에 있어서, 상기 연소 실린더의 온도의 표시는 상기 축매의 위치에서의 온도를 감지하도록 배열된 센서에 의해 제공되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 12

제1항 내지 제4항 중 어느 항에 있어서, 상기 연소 실린더의 흡입 밸브는 상기 압축 유체가 상기 연소 실린더 내로 허용되도록 상기 연소 실린더 내로 개방되기 위해 배열되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 13

제1항 내지 제4항 중 어느 항에 있어서, 상기 연소 실린더의 흡입 밸브는 상기 압축 유체가 상기 연소 실린더 내로 허용되도록 상기 연소 실린더로부터 바깥쪽으로 개방되기 위해 배열되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 14

제1항 내지 제4항 중 어느 항에 있어서, 상기 압축 실린더는 각각 강 또는 세라믹을 포함하는 하나 이상의 층으로 단열되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 15

제1항 내지 제4항 중 어느 항에 있어서, 상기 연소 실린더는 각각 강 또는 세라믹을 포함하는 하나 이상의 층으로 단열되는, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 16

스플릿 사이클 내연 기관으로서,

연소 피스톤을 수용하는 연소 실린더;

압축 피스톤을 수용하고 상기 연소 실린더에 압축 유체를 제공하도록 배열되는 압축 실린더로서, 상기 압축 실린더가 냉동 프로세스를 통해 그 액상으로 응축된 액체를 수용하도록 배열되어서, 압축 행정에 의해 유발된 온도에서의 상승이 상기 액체에 의한 열의 흡수에 의해 제한되도록, 상기 액체는 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 그 기상으로 기화되는, 상기 압축 실린더; 및

상기 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 온도의 표시를 수신하고 표시 온도에 의존하여 상기 압축 실린더에 제공되는 상기 액체의 양을 제어하여서:

상기 표시 온도가 목표 온도와 같거나 클 때 상기 액체의 "정상 모드" 양이 상기 압축 실린더에 제공되고;

상기 표시 온도가 상기 목표 온도보다 낮을 때 상기 액체의 "냉 모드" 양이 상기 압축 실린더에 제공되도록, 배열되는 컨트롤러를 포함하며,

상기 "냉 모드" 양은 상기 "정상 모드" 양보다 적은, 스플릿 사이클 내연 기관.

청구항 17

연소 피스톤을 수용하는 연소 실린더;

압축 피스톤을 수용하고 상기 연소 실린더에 압축 유체를 제공하도록 배열되는 압축 실린더로서, 상기 압축 실린더가 냉동 프로세스를 통해 그 액상으로 응축된 액체를 수용하도록 배열되어서, 압축 행정에 의해 유발된 온도에서의 상승이 상기 액체에 의한 열의 흡수에 의해 제한되도록, 상기 액체는 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 그 기상으로 기화되는, 상기 압축 실린더를 포함하는 스플릿 사이클 내연 기관을 작동시키는 방법으로서,

상기 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 파라미터의 표시를 수신하는 단계; 및

상기 표시된 파라미터에 의존하여 상기 압축 실린더에 제공되는 상기 액체의 양을 제어하여서:

상기 표시된 파라미터가 파라미터를 위한 목표값과 같거나 클 때 상기 액체의 "정상 모드" 양이 상기 압축 실린더에 제공되고;

상기 표시된 파라미터가 상기 파라미터를 위한 목표값보다 낮을 때 상기 액체의 "냉 모드" 양이 상기 압축 실린더에 제공되는 단계를 포함하며,

상기 "냉 모드" 양은 상기 "정상 모드" 양보다 적은, 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 파라미터의 표시는 상기 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 온도의 표시이며, 상기 파라미터를 위한 목표값은 목표 온도인, 방법.

청구항 19

제17항에 있어서, 상기 파라미터의 표시는 상기 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 압력의 표시이며, 상기 파라미터를 위한 목표값은 목표 압력인, 방법.

청구항 20

제17항에 있어서, 상기 파라미터의 표시는 상기 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 산소 농도의 표시이며, 상기 파라미터를 위한 목표값은 목표 산소 농도인, 방법.

청구항 21

제17항 내지 제20항 중 어느 항에 따른 방법을 수행하도록 프로세서를 프로그래밍하도록 구성된 컴퓨터 프로그램 명령을 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스플릿 사이클 내연 기관 및 그 작동 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스플릿 사이클 내연 기관에서, 공기를 포함하는 작동 유체는 제1 압축 실린더에서 압축되어, 제2 연소 실린더로 공급되고, 여기에서, 연료는 분사되고, 연료와 고압 유체의 혼합물은 주행을 만들도록 연소된다. 열역학적 이점은 이러한 방식으로 압축 및 팽창/연소 프로세스를 분리함으로써 도출될 수 있다. W02010/067080은 스플릿 사이클 엔진 및 관련 열역학 이점을 기술한다.

[0003] 스플릿 사이클 엔진에서, 추가적인 열역학적 이점은 압축 행정 동안 압축 실린더 내로 극저온 유체를 분사하는

것에 의해 달성될 수 있다. 이러한 시스템 및 방법은 WO 2016/016664에 기술되어 있다.

[0004] 특히, 극저온 유체(cryogen)가 사용되는 엔진에서, 연소 실린더로의 도중에 압축 유체를 가열하기 위하여, 압축 실린더로부터 팽창 실린더로 압축 유체를 운반하는 제1 유체 경로와, 연소 실린더의 출구로부터 배기 가스를 운반하는 제2 유체 경로를 가지는 복열 장치(recuperator)가 제공될 수 있다. 이러한 것은 연소 실린더에 도달하는 압축 유체가 충분히 고온이어서, 연료가 분사될 때 연소가 발생할 수 있는 것을 보장하는데 도움이 될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명에서의 발명자는 복열 장치에서 배기열(exhaust heat)이 거의 또는 전혀 없어서 연소를 위해 부적당한 온도로 연소 실린더에 도달하는 압축 유체로 이어질 때, 엔진의 시동("냉 시동(cold start)") 동안 효율적인 연소를 달성하는 것이 어려울 수 있다는 것을 알았다.

[0006] 본 명세서에 설명된 실시예는 이러한 어려움을 해결한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 의하면, 전술한 목적과 기타의 목적 및 이점을 실현할 수 있는 고정 초점 카메라 모듈은,

[0008] 감광성 소자;

[0009] 광학 렌즈; 및

[0010] 렌즈 홀더를 포함하되, 상기 광학 렌즈가 상기 렌즈 홀더에서 외부로 돌출되도록 상기 광학 렌즈는 상기 렌즈 홀더의 상단에 패키징되고, 상기 광학 렌즈는 상기 감광성 소자의 감광 경로에 홀딩된다.

[0011] 본 발명의 다른 일 방면에 의하면, 본 발명은 고정 초점 카메라 모듈의 제조 방법을 제공하며, 상기 제조 방법은,

[0012] 광학 렌즈를 렌즈 홀더의 상단에 패키징시켜, 상기 광학 렌즈가 상기 렌즈 홀더에서 외부로 돌출되도록 하고 상기 광학 렌즈가 회로 기판에 부착된 감광성 소자의 감광 경로에 홀딩되도록 하여, 상기 고정 초점 카메라 모듈을 제조하는 단계를 포함한다.

[0013] 본 발명의 상기 고정 초점 카메라 모듈은 상기 감광성 소자, 상기 광학 렌즈, 및 상기 렌즈 홀더를 포함한다. 상기 감광성 소자는 상기 렌즈 홀더의 일측에 설치되고, 상기 광학 렌즈는 상기 렌즈 홀더의 다른 일측에 직접적으로 패키징되고, 상본 발명은 본 명세서에 첨부된 청구범위에서 제시된다.

[0014] 다음의 설명에서, 용어 "극저온성(cryogenic)" 유체 또는 액체는 냉동 프로세스를 통해 그 액상으로 응축된 유체를 지칭하도록 사용된다. 액체는 액체 질소, 아르곤, 및 네온 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0015] 본 명세서에 기술된 실시예는 극저온성 유체가 압축 행정 동안 분사되는 스플릿 사이클 엔진에 관한 것이다. 다른 예에서, 본 명세서에 기술된 방법은 극저온 유체의 분사없이 실시될 수 있다. 추가적으로, 예를 들어 물과 같은 다른 유체는 복열 장치로부터 출구에서의 단자 온도를 제어하기 위해 복열 장치에 추가될 수 있다.

[0016] 본 명세서에 기술된 바와 같이, 스플릿 사이클 엔진은 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 파라미터의 표시를 수신하고 표시 파라미터에 의존하여 엔진의 특징을 제어하도록 배열된 컨트롤러를 가진다.

[0017] 파라미터는 온도, 압력 및 산소 농도 중 하나 이상일 수 있으며, 그러므로, 파라미터의 표시는 온도 데이터, 압력 데이터 및 산소 농도 데이터 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0018] 컨트롤러는 온도 및 압력 데이터, 온도 및 산소 농도 데이터, 압력 및 산소 농도 데이터 또는 온도, 압력 및 산소 농도 데이터를 수신하고, 극저온 유체 분사, 배기 밸브 타이밍 및 복열 장치 물 분사 중 하나 이상을 개별적으로 또는 조합하여 제어하도록 이러한 데이터를 사용할 수 있다.

[0019] 파라미터가 온도인 경우에, 표시 온도는 연소 실린더 내부의 온도, 엔진의 복열 장치 내부, 특히 촉매로 코팅된 복열 장치의 표면의 온도, 복열 장치에서의 압축 유체의 온도, 연소 실린더의 입구에서의 압축 유체의 온도 또는 배기 가스의 온도 중 적어도 하나일 수 있다. 촉매 코팅은 촉매의 활성을 가속하도록 압축 유체와 배기 생성

물에 의해 가열되기 위하여 사용시에 압축 유체와 배기 생성물과 열 연통하도록 제공될 수 있다.

- [0020] 파라미터가 압력인 경우에, 표시 압력은 연소 실린더 내부의 압력, 엔진의 복열 장치 내부의 압력, 복열 장치에서의 압축 유체의 압력, 연소 실린더의 입구에서의 압축 유체의 압력 또는 배기 가스의 압력 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0021] 파라미터가 산소 농도인 경우에, 표시 산소 농도는 연소 실린더 내부의 산소 농도, 엔진의 복열 장치 내부의 산소 농도, 복열 장치에서의 압축 유체의 산소 농도, 연소 실린더의 입구에서의 압축 유체의 산소 농도 또는 배기 가스의 산소 농도 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0022] 제어되는 엔진의 특징은 배기 밸브의 폐쇄 타이밍, 압축 행정 동안 극저온 유체의 분사량 또는 속도, 및 연소 실린더 내로의 연료 분사의 속도, 양 또는 타이밍 중 하나 이상일 수 있다.
- [0023] 실시예에서, 엔진의 특징은 파라미터의 표시와 파라미터를 위한 목표값 사이의 비교에 기초하여 제어된다.
- [0024] 실시예에서, 엔진의 특징은 파라미터의 표시와 파라미터를 위한 목표값 사이의 차이에 기초하여 제어된다.
- [0025] 실시예에서, 컨트롤러는 연소 실린더의 입구에서 압축 유체의 온도의 표시를 수신하고, 표시 온도와 연소 실린더 입구에서의 압축 유체를 위한 목표 온도 사이의 비교에 기초하여 연소 실린더의 배기 밸브의 폐쇄를 제어하도록 배열된다. 목표 온도는 실린더에서의 연소를 위해 필요한 온도에 기초하여 정해질 수 있다. 본 명세서에 기술된 바와 같이, 컨트롤러는, 표시 온도가 온도보다 낮을 때, 연소 피스톤이 그 상사점 위치(TDC)에 도달하기 전에, 연소 피스톤(108, 128)의 귀환 행정 동안 배기 밸브를 폐쇄하고, 표시 온도가 목표 온도와 같거나 높을 때, 연소 피스톤이 그 상사점 위치(TDC)에 도달함에 따라서 연소 피스톤의 귀환 행정의 완료시에 배기 밸브를 폐쇄하도록 배열된다.
- [0026] 표시 온도가 온도보다 낮을 때, 연소 피스톤이 그 상사점(TDC)에 도달하기 전에 배출 밸브를 폐쇄하는 것은 "냉시동" 모드 작동으로서 기술될 수 있다. 이러한 것은 연소에 부적당한 표시 온도에 해당하며, 이는 복열 장치에서 수집에 이용 가능한 열의 부족에 기인할 수 있다. 연소 피스톤이 TDC에 도달하기 전에 배기 밸브를 폐쇄하는 것에 의해, 고온의 연소 배기 가스 중 일부가 연소 실린더 내부에 보유되어 다음의 엔진 사이클에서 연소를 돕기 위해 실린더의 온도를 상승시키도록 압축될 수 있다.
- [0027] 연소 피스톤이 그 상사점(TDC)에 도달함에 따라서 연소 피스톤의 귀환 행정의 완료시에 배기를 폐쇄하는 것은 연소를 위해 허용 가능한 표시 온도에 대응하는 "정상 모드" 작동으로서 기술될 수 있다. 이러한 상태는 통상적으로 복열 장치 뒤에 도달되는 것으로 예상되며, 이에 의해, 연소 실린더 입구에 공급된 압축 유체의 온도는 고온의 배기 가스가 복열 장치를 통해 유동함에 따라서 데워졌다. 이러한 상태에서, 배기 밸브는 연소 피스톤이 그 귀환 행정을 완료함에 따라서 폐쇄되어, 연소 실린더로부터 모든 배기 가스를 복열 장치 경로 내로 방출할 수 있다.
- [0028] 다른 예에서, 밸브 타이밍 제어는 선택적으로 온도 측정에 추가하여 압력 및/또는 산소 농도의 측정에 기초한다.
- [0029] 실시예에서, 컨트롤러는 연소 실린더의 입구에서 압축 유체의 온도의 표시를 수신하고 압축 행정 동안 압축 실린더에 제공되는 극저온성 유체의 양을 제어하도록 배열된다. 이러한 것은 연소 실린더 입구에서 목표 연소 온도로 압축 유체를 상승시키기 위해 복열 장치에서 불충분한 열이 있는 "냉" 사이클 동안 압축 유체의 온도 상승에 대한 제한을 감소시킨다.
- [0030] 제어는 표시 온도와 연소 실린더 입구에서의 압축 유체를 위한 목표 온도 사이의 비교에 기초할 수 있다. 목표 온도는 실린더에서의 연소를 위해 필요한 온도에 기초하여 정해질 수 있다. 본 명세서에 기술된 바와 같이, 컨트롤러는, 표시 온도가 목표 온도와 같거나 높을 때 극저온성 액체의 "정상 모드" 양이 압축 실린더에 제공되고, 표시 온도가 목표 온도보다 낮을 때 극저온성 액체의 "냉 모드(cold mode)" 양이 압축 실린더에 제공되도록, 압축 실린더 내로 분사된 극저온 유체의 양을 제어하도록 배열될 수 있으며, "냉 모드" 양은 상기 "정상 모드" 양보다 적다.
- [0031] 극저온 유체의 "정상 모드" 양은 일반적으로, 극저온성 액체가 압축 피스톤의 압축 행정 동안 그 기상(gaseous phase)으로 기화하여서, 압축 행정에 의해 유발되는 온도에서의 상승이 극저온성 액체에 의한 열의 흡수에 의해 대략 0으로 제한되도록, 극저온 유체 분사의 속도 및 양으로 이해될 것이다. 이러한 것은 보다 효율적인 압축을 가능하게 할 수 있다. 이러한 것은 열의 최대량이 배기 가스로부터 회수되는 것을 또한 가능하게 할 수 있다.

[0032] 표시 온도가 "정상 모드" 작동을 위한 목표 온도보다 높을 때, "고온 모드" 작동이 가능하게 될 수 있다. 이러한 모드에서, 추가된 극저온성 액체의 양은 입구에서의 온도에 기초하여 최적화될 수 있어서, 더욱 많은 열이 이용 가능할 때 높은 부하 조건에서, 온도는 압축 작업을 수행하기 전보다 압축의 종료시에 더 낮다. 극저온 유체의 "고온 모드" 양은, 압축 실린더 내의 유체의 온도가 안전 한계(safe limits) 내에서 제어되는 것을 가능하게 되도록 "정상 모드" 양보다 압축 행정당 극저온 유체 분사의 보다 높은 양 및/또는 속도인 것으로 이해될 것이다. 추가의 온도 제어 및 하드웨어 보호를 위해, 물은 높은 부하 조건 하에서 복열 장치에 추가될 수 있다.

[0033] 극저온 유체의 "냉 모드" 양은, 압축 실린더 내의 유체의 온도가 압축의 결과로서 상승되는 것이 가능하게 되도록 "정상 모드" 양보다 압축 행정당 극저온 유체 분사의 보다 낮은 양 및/또는 속도인 것으로 이해될 것이다. 이러한 것은 복열 장치에서 이용 가능한 열의 부족을 보상하도록 압축 유체가 보다 고온의 상태에서 압축 실린더를 빠져나가는 것을 가능하게 한다.

발명의 효과

[0034] 다른 예에서, 극저온 유체 분사 제어는 선택적으로 온도 측정에 추가하여 압력 및/또는 산소 농도의 측정에 기초한다.

[0035] 다른 예에서, 배기 밸브 타이밍 및 극저온 유체 분사는 모두 하나 이상의 측정된 엔진 파라미터에 기초하여 제어된다.

도면의 간단한 설명

[0036] 본 발명의 실시예는 첨부된 도면을 참조하여 예로서 지금 설명될 것이다.

도 1은 스플릿 사이클 내연 기관의 개략도.

도 2a는 냉 시동 모드 동안 스플릿 사이클 엔진의 연소 실린더의 작동에서의 스테이지를 도시한 도면.

도 2b는 정상 구동 모드 동안 연소 실린더의 작동에서의 스테이지를 도시한 도면.

도 3은 연소 실린더의 배기 밸브를 제어하기 위한 결정 차트를 도시한 도면.

도 4는 연소 실린더의 상대 밸브 타이밍을 도시한 도면.

도 5a는 연소 실린더 내에서의 연소 피스톤의 위치에 의해 도시된 배기 밸브 폐쇄 위치의 예를 도시한 도면.

도 5b는 배기 밸브를 제어하기 위한 컨트롤러 결정 프로세스를 도시한 도면.

도 5c는 배기 밸브를 제어하기 위한 사용되는 룩업 테이블을 도시한 도면.

도 6은 스플릿 사이클 엔진의 압축 실린더의 극저온 유체 흡입 밸브를 제어하기 위한 결정 프로세스를 도시한 도면.

도 7은 연소 실린더의 실린더 헤드 내에서 밸브 배열의 예를 도시한 도면.

도 8은 스플릿 사이클 내연 기관의 개략도.

도 9a는 냉 시동 모드 동안 스플릿 사이클 엔진의 연소 실린더의 작동에서의 스테이지를 도시한 도면.

도 9b는 정상 구동 모드 동안 연소 실린더의 작동에서의 스테이지를 도시한 도면.

도 10a는 냉 시동 모드 동안 스플릿 사이클 엔진의 연소 실린더의 작동에서의 스테이지를 도시한 도면.

도 10b는 정상 구동 모드 동안 연소 실린더의 작동에서의 스테이지를 도시한 도면.

도 11은 정상 구동 모드 동안 스플릿 사이클 내연 기관의 최적의 작동을 위한 이상적인 압력 트레이스를 도시한 도면.

도 12는 흡입 밸브의 개방 타이밍 및 배기 밸브의 폐쇄 타이밍을 변경한 결과를 도시하는 그래프.

도 13은 흡입 밸브의 개방 타이밍과 배기 밸브의 폐쇄 타이밍을 변경한 결과를 도시하는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 도 1은 스플릿 사이클 내연 기관(101)의 개략도를 도시한다. 도시된 바와 같이, 엔진은 압축 실린더(104) 및 연

소 실린더(126)를 포함하며, 각각의 실린더는 그 안에서 왕복 운동하도록 구성된 관련 피스톤을 가진다. 당업자라면 알 수 있듯이, 다수의 유사한 압축 실린더 및 연소 실린더가 존재할 수 있다. 압축 실린더(104)는 극저온 유체 저장조(112)에 연결된 극저온 유체 흡입 밸브(110)를 포함한다. 압축 실린더(104)는 압축 공기 공급을 수용하도록 터보 과급기(102)에 연결되는 유체 흡입 밸브(106), 및 유체 배출 밸브(116)를 가진다. 연소 실린더(126)의 유체 흡입 밸브(124)는 압축 실린더(104)로부터 압축 유체를 수용하도록 유체 배출 밸브(116)에 결합된다. 연소 실린더는 연료 소스(132)에 결합된 연료 흡입 밸브(130), 및 배기 밸브(134)를 가진다. 이때, 압축 실린더 및 연소 실린더는 각각 강 또는 세라믹을 포함하는 하나 이상의 층으로 단열될 수 있다.

[0038] 압축 실린더 유체 배출 밸브(116)와 연소 실린더 유체 흡입 밸브(124) 사이의 경로(120)를 따라서, 압축 유체는 복열 장치(118)를 통과한다. 이러한 복열 장치(118)는 연소 실린더 배기 밸브(134)로부터 배기 경로(136)를 따라서 배기 출구(138)로 보내지는 배기 가스에 의해 가열된다.

[0039] 스플릿 사이클 엔진(101)은 컨트롤러(100)를 포함한다. 이러한 컨트롤러(100)는 적어도 하나의 센서(122)에 연결된다. 예에서, 적어도 하나의 센서(122)는 온도 센서, 압력 센서, 산소 농도 센서 또는 그 임의의 조합일 수 있다. 도시된 예에서, 온도 센서(122)는 복열 장치(118)와 연소실 유체 흡입 밸브(124) 사이의 압축 유체의 경로(120)를 따르는 지점에서 연소 실린더(126) 근처에 배치된다. 이러한 센서(122)는 압축 유체의 온도를 감지하고 감지된 온도 데이터를 컨트롤러(100)에 다시 보고하도록 작동할 수 있다. 컨트롤러(100)는 이러한 온도 데이터를 수신하고, 수신된 온도 데이터에 적어도 부분적으로 기초하여 연소 실린더(126) 상의 배기 밸브(134)의 타이밍을 제어하도록 배열된다. 컨트롤러(100)는 또한 압축 실린더(104) 내로 분사되는 극저온 유체의 양을 제어하도록 극저온 유체 흡입 밸브(110)의 작동을 조정하도록 작동할 수 있다.

[0040] 연소 실린더(126)에서 연소가 발생한 후에, 배기 가스는 배기 밸브(134)를 통해 연소 실린더(126)를 떠나, 압축 실린더 배출 밸브(116)와 연소 실린더 흡입 밸브(124) 사이의 경로(120)를 따라서 이동하는 압축 유체를 가열하도록 복열 장치(118)와 열 연통하는 배기 경로(136)를 따라서 이동한다.

[0041] 위에서 언급한 센서는 다수의 장소에 위치될 수 있다. 특히, 하나 이상의 센서는 도 1에 도시된 바와 같이 연소 실린더 상의 흡입 밸브(124), 특히 복열 장치(118)의 근처 또는 압축 실린더 배출 밸브(116) 근처에 배치될 수 있다.

[0042] 도 2a는 정상 구동 모드의 스테이지(200b, 202b, 204b, 206b 및 208b)를 도시하는 도 2b와 비교하는 것에 의해 스테이지(200a, 202a, 204a, 206a 및 208a)를 포함하는 냉 시동 모드 작동 동안 연소 실린더를 제어하는 프로세스를 개략적으로 도시한다. 스테이지(200a)에서, 압축 유체-연료 혼합물은 연소 피스톤(128)이 TDC에 있음에 따라서 점화된다. 엔진의 연료 형태에 의존하여, 이러한 점화는 점화 플러그 또는 자동 점화에 의해 개시될 수 있다. 연료 연소로부터 방출된 에너지로 인한 증가된 압력은 연소 피스톤을 하사점(BDC)을 향해 구동하고, 크랭크 샤프트(114)를 또한 구동한다. 피스톤이 BDC에 도달하면, 연소된 혼합물은 연소 실린더(126)를 채우고, 배기 밸브(134)가 개방된다(스테이지(202a)). 연소 피스톤은 그런 다음 TDC를 향해 진행하여, 배기 가스를 배기 밸브(134) 밖으로 방출한다.

[0043] 냉 시동 모드에서, 배기 밸브(134)는 연소 피스톤이 TDC에 도달하기 전에 폐쇄된다. 이러한 것은 피스톤이 BDC로부터 TDC로 약 65% 진행할 때 배기 밸브(134)가 폐쇄되는 스테이지(204a)에서 도시된다. 나머지 배기 가스는 그런 다음 피스톤이 TDC에 도달함에 따라서 압축되고, 스테이지(206a)에 도시된 바와 같이, 흡입 밸브가 개방되어, 압축 유체가 연소 실린더(126) 내로 유동하는 것을 가능하게 한다. 흡입 밸브(124)가 폐쇄되고 분사된 연료가 점화되고(스테이지(208a)), 사이클을 다시 시작한다. 배기 밸브(134)가 폐쇄될 때 연소 실린더(126)에 남은 배기 가스는 압축 유체를 가열할 것이다. 이러한 것은 엔진, 특히 복열 장치(188)에서 열의 부족을 상쇄시키는 것에 의해 엔진에서의 효율 증가로 이어질 수 있다. 그러므로, 압축 유체는 배기 가스로부터 회수된 열을 가지는, 충분히 높은 온도에서 연소 실린더 입구에 도달한다.

[0044] 이러한 것은 도 2b에서의 정상 구동 모드와 대비된다. 이러한 사이클에서, 스테이지(200b, 202b, 206b 및 208b)는 스테이지(200a, 202a, 206a 및 208a)에 각각 대응한다. 냉 시동 모드와 정상 구동 모드 사이의 차이는 스테이지(204b)에서 강조된다. 여기에서, 배기 밸브(134)는 연소 피스톤이 TDC에 도달할 때까지 개방되어서, 대부분의 배기 가스가 실린더로부터 방출된다. 이러한 모드에서, 엔진은 "정상적으로" 구동되고, 이에 의해, 모든 또는 대부분의 배기 가스가 복열 장치 내로 방출된다.

[0045] 도 3은 컨트롤러(100)에서 발생하는 제어 프로세스에 대한 흐름도를 도시한다. 컨트롤러(100)는 연소 실린더(126) 입구 근처에 위치한 온도 센서로부터 연소 실린더(126) 입구 온도의 표시를 수신한다. 이러한 온도(T_i)는

목표 온도(T_{target})에 대해 비교된다. 이러한 예에서, T_{target} 는 연료가 분사될 때 효율적인 연소를 가능하게 하는 것과 같이, 연소 실린더 입구(124)에서 압축 유체에 필요한 온도이다.

- [0046] T_i 가 T_{target} 보다 크지 않거나 같으면("정상 구동" 모드에 대응하는), 컨트롤러는 연소 피스톤이 TDC에 도달하기 전에 배기 밸브(134)가 폐쇄되도록 배기 밸브(134) 타이밍을 제어하여, 배기 가스의 일부가 연소 실린더(126)에서 포획되도록 한다.
- [0047] T_i 가 T_{target} 보다 크거나 또는 같으면("냉 시동" 모드에 대응하는), 컨트롤러는 연소 피스톤이 TDC에 있는 지점에서 배기 밸브(134)가 폐쇄되도록 배기 밸브(134) 작동 타이밍을 제어하고, 이러한 지점에서, 압축 가스가 복열 장치에 의해 충분히 가열됨에 따라서 대부분의 배기 가스가 방출되었을 것이다.
- [0048] 도 4는 정상 구동 모드에서의 연소 실린더 밸브의 개폐 작동의 상대적인 타이밍(위상각/크랭크 각으로서)을 도시한다. 보다 긴 반경 방향 선(400, 404 및 408)은 밸브 제어 이벤트를 나타낸다. 원의 완전한 360° 시계 방향 이동은 완전한 피스톤 사이클을 나타낸다.
- [0049] 위상각(408)에서, 연소 실린더(126)의 모든 밸브는 폐쇄되고, 가연성 혼합물이 연소 실린더에 존재한다. 연소 피스톤은 상사점에 있다. 혼합물은 그런 다음 점화되고, 피스톤은 BDC를 향해 이동한다.
- [0050] 시계 방향으로 이동하면, 위상각(400)은 연소 피스톤이 BDC에 도달하기 전에 짧은 시간 동안 발생하는 배기 밸브의 개방(EVO)을 나타낸다. 이 위치는 TDC로부터 연소 피스톤의 위상각 오프셋에 대응하는 수직선으로부터 시계 방향으로의 각도의 양(amount of degrees)에 의해 설명될 수 있다. 예를 들어 EVO는 도 4에 도시된 예에서와 같이 170° 에서 발생할 수 있다.
- [0051] 배기 밸브(134)는 도시된 예에서 대략 340° 의 위상각(404)까지 개방되며, 이 지점에서, 배기 밸브 폐쇄(EVC) 이벤트가 발생한다. 이러한 것은 EVC 직후에 발생할 유체 흡입 밸브 개방 이벤트(IVO) 직전이다. 도 4에서, 이러한 이벤트에 대한 선은 이러한 이벤트와 배기 밸브 폐쇄(EVC) 이벤트 사이의 시간이 너무 짧아 명확하게 보이지 않음에 따라서 별도로 도시되지 않는다. 흡입 밸브는 그런 다음 전체 사이클이 360° 로 완료될 때까지 개방되고, 이 지점에서, 흡입 밸브는 폐쇄되고(IVC), 연소 피스톤은 TDC에 있으며 가연성 혼합물이 0° /360° 에서 점화되고 사이클은 그런 다음 반복된다.
- [0052] 냉 시동 모드에서, EVC/IVO의 위상각은 배기 밸브(134)가 개방되는 시간이 감소됨에 따라서 변한다. 이러한 것은 EVC/IVO가 보다 작은 위상각 오프셋에서 발생한다는 것을 의미한다. 이러한 위상각 오프셋은 TDC(0°) 앞의 다수의 각도로서 설명될 수 있다. 예는 EVO/IVO가 TDC 앞의 약 60° 에서 발생하는 도 4에서의 점선(403)으로서 도시된다.
- [0053] 도 5a는 연소 실린더(126) 내의 연소 피스톤(128)을 도시한다. 배기 밸브(134)의 조기 폐쇄 위치에 대응하는 다양한 가능한 연소 피스톤(128) 위치가 점선으로 도시된다.
- [0054] TDC는 최상측 점선(500)으로 표시된다. 이러한 것은 배기 밸브의 "정상 폐쇄" 위치에 대응하는 피스톤 위치이며, 표시 온도는 충분히 높고, 모든 배기 가스는 연소 피스톤(128)의 완전한 귀환 행정의 과정 동안 연소 실린더로부터 방출된다. 다양한 냉 시동 모드 작동에 대응하는 다양한 조기 배기 밸브 폐쇄 위치에 대한 피스톤 위치는 추가의 점선(501, 502 및 503)으로 표시된다.
- [0055] 제1 조기 배기 밸브 폐쇄 위치는 TDC 앞의 x° 의 위상각에 있는 연소 피스톤에 대응하는 선(501)으로 표시된다 (이 예에서, x° 로 표시된 위치는 도 4를 참조하여 기술된 원 주위에서 시계 방향 위치(360-x)° 를 나타낸다).
- [0056] 제2 조기 배기 밸브 폐쇄 위치는 TDC 앞의 y° 의 위상각에 있는 연소 피스톤에 대응하는 선(502)으로 표시되며, 여기에서, y° 는 x° 보다 TDC 오프셋으로부터 더욱 큰 각도이다. 이 위치는 제1 폐쇄 위치보다 빠른 밸브 폐쇄 위치에 대응한다.
- [0057] 제3 조기 배기 밸브 폐쇄 위치는 TDC 앞의 z° 의 위상각에 있는 연소 피스톤에 대응하는 선(503)으로 표시되며, 여기에서, z° 는 y° 보다 TDC 오프셋으로부터 더욱 큰 각도이다. 이 위치는 제1 및 제2 배기 밸브 폐쇄 위치보다 이른 배기 밸브 폐쇄 위치에 대응한다. 이 예에서, 제3 조기 배기 밸브 폐쇄 위치는 최대 조기 배기 밸브 폐쇄 위치를 나타낸다. 이러한 것은 배기 밸브(134)가 폐쇄되고 연소 실린더(126)에서 가장 많은 배기 가스를 남길 수 있는 가장 이른 것이며, 이러한 것은 흡입 밸브가 개방될 때 실린더 내로 흡입되는 압축 유체가 가능한 많이 가열되는 것을 가능하게 할 것이다. 그러나, 임의의 더욱 많은 양의 배기 가스의 보유는 유해한 결과를 가질 수 있다.

- [0058] 배기 밸브(134)가 어느 위치에서 폐쇄되는지의 선택은 컨트롤러(100)가 임의의 부착된 센서로부터 수신하는 데이터에 기초하여 변한다. 전술한 바와 같이, 배기 밸브(134)가 폐쇄되는 지점은 온도 센서로부터의 온도 데이터에 의존하여 변할 수 있다. 온도 센서가 목표 온도 이상인 온도를 나타낼 때, 정상 구동 모드가 사용되고, 배기 밸브(134)는 TDC에서 폐쇄된다. 이러한 목표 온도는 연소를 위한 목표 온도일 수 있어서, 유체 연료 혼합물은 점화 전에 이러한 온도로 있다.
- [0059] 온도가 T_{target} 보다 낮으면, 배기 밸브(134)는 예를 들어 TDC 앞의 위치(위상각) z° , y° 또는 x° 에서 폐쇄될 수 있다. 적절한 조기 배기 밸브 폐쇄 지점(냉 시동 모드)의 선택은 상이한 조기 폐쇄 위치가 상이한 표시 온도 범위로 매핑되는 도 5c에 도시된 바와 같은 룩업 테이블을 참조하여 결정될 수 있다. 일반적으로, 시동시에, T_i 가 일반적으로 가장 낮을 때, 컨트롤러(100)는 최대 가열 효과를 위해 연소 실린더 내부에서 배기 가스의 최대 수용 가능한 양을 보유하도록 최대 조기 배기 밸브 폐쇄 위치(z° , 503)를 선택할 수 있다. 후속 엔진 사이클에서, T_i 가 증가되었지만 여전히 T_i 아래일 때, 컨트롤러는 y° , 502와 같은 중간 조기 배기 밸브 폐쇄 위치를 선택할 수 있다. 다시 후속 사이클에서, T_i 가 더욱 증가되었지만 여전히 T_{target} 아래일 때, 컨트롤러(100)는 TDC에 더욱 근접한 다른 조기 밸브 폐쇄 위치(x° , 501)를 선택할 수 있다. 추후 엔진 사이클에서, T_i 가 T_{target} 와 일치하거나 초과할 때, 컨트롤러는 TDC에서의 피스톤으로 정상 폐쇄 위치를 선택할 수 있으며, 여기에서, 모든 배기 가스는 추가의 가열이 요구되지 않음에 따라서 귀환 행정의 완료시에 방출된다.
- [0060] 컨트롤러의 결정 프로세스는 도 5b에서 흐름도로 도시된다. 컨트롤러(100)는 온도 센서로부터 온도 데이터를 수신한다. 표시 온도(T_i)는 목표 온도(T_{target})와 비교된다. 표시 온도(T_i)가 T_{target} 보다 크거나 같으면, 컨트롤러(100)는 연소 피스톤이 TDC에 도달할 때 배기 밸브(134)를 폐쇄하도록 제어할 것이다. T_i 가 T_{target} 보다 작으면, 컨트롤러(100)는 목표 온도보다 작은 제2 온도(T_x)와 T_i 를 비교할 것이다. T_i 가 T_x 보다 크면, 컨트롤러(100)는 도 5a에서 알 수 있는 바와 같이, 연소 피스톤이 TDC에 도달하기 전에 배기 밸브(134)를 x° 의 위상각에서 폐쇄하도록 제어한다. 이러한 비교 후에, 컨트롤러(100)는 T_x 가 차단 온도($T_{cut\ off}$)인지를 체크한다. 이러한 온도가 일치하면, 컨트롤러(100)는 이러한 것이 엔진에 대한 차단 위치 또는 "최대 조기 배기 밸브 폐쇄 위치"임에 따라서 대응하는 위치에서 배기 밸브를 폐쇄하도록 제어한다. 이러한 결정 분지도(decision tree)는 T_i 가 계속적으로 T_y 및 T_z 와 비교되는 도 5b에서 계속된다. 이들 각각은 TDC 앞의 y° 및 z° 의 위상각인 연소 피스톤에 각각 대응하는 관련 위치를 가진다. 예에서, T_{target} 로부터 $T_{cut\ off}$ 까지의 범위에 있는 추가 온도 임계값이 있을 수 있다. 마지막으로, T_z 는 최대 조기 폐쇄 위치에 대응하는 차단 온도와 동일하며, 그러므로 컨트롤러(100)는 연소 실린더가 TDC 앞의 위상각(z°)에 있는 최대 조기 배기 밸브 폐쇄 위치에 근접하도록 배기 밸브(134)를 제어한다.
- [0061] 최대 조기 배기 밸브 폐쇄 위치는, 연소 실린더 내에서 보다 많은 배기 가스를 보유하는 것으로부터 보다 큰 값이 도출되지 않을 지점, 또는 배기 가스를 보유하는 부정적인 영향이 온도 이점보다 더 클 지점으로서 정의될 수 있다. 이러한 결정 프로세스는 컨트롤러(100)가 모든 피스톤 사이클에 대해 업데이트된 조기 폐쇄 위치를 제공할 수 있도록 연소 피스톤의 모든 사이클 후에 발생할 수 있다.
- [0062] 도 5c는 설정 온도점 및 그 대응 배기 밸브(134) 폐쇄 위치와 함께 이러한 값의 룩업 테이블을 도시한다. 이러한 것은 컨트롤러(100)에 의해 메모리에 저장될 수 있으며, 목표 온도 및 다른 임계 온도가 룩업 테이블로부터 리콜되어 표시 온도와 비교되는 것을 가능하게 한다. 예를 들어, $z^\circ = 120^\circ$, $y^\circ = 80^\circ$ 및 $x^\circ = 40^\circ$ 인 상황이 있을 수 있다. 다른 예에서, 최대 조기 폐쇄 위치와 TDC 사이에 다소의 중간 위치가 있을 수 있다.
- [0063] 다른 실시예에서, 조기 폐쇄 위치는 표시 온도 및/또는 목표 온도를 고려한 알고리즘에 기초하여 계산된다. 이러한 것은 단순한 비례 의존 관계이거나, 또는 보다 복잡한 형태일 수 있다.
- [0064] 도 6은 압축 실린더 내로 분사된 극저온 유체의 양이 온도 표시에 의존하여 제어되는 실시예를 도시한다. 온도 표시의 수신시에, 컨트롤러(100)는 T_i 를 목표 온도(T_{target})와 비교한다. 표시 온도가 더 크면, 컨트롤러(100)는 압축 실린더(104)로의 극저온 유체 흡입구를 제어하여, "정상 작동" 양의 극저온 유체를 압축 실린더(104) 내로 허용한다. 상기 양은 극저온 유체의 양을 결정하는 컨트롤러에 의해 제어될 수 있다.
- [0065] 실시예에서, 이러한 것은 배기 밸브 타이밍을 작동시키기 위해 컨트롤러에 의해 사용된 것과 동일한 온도 데이터를 사용할 수 있고, 밸브 타이밍 및 복열 장치 물 분사에 추가하여 수행될 수 있다. 다른 예에서, 컨트롤러는

다른 센서에 의해 수집된 별도의 온도 데이터를 사용할 수 있다. 물론, 이러한 것은 압력 및 산소 농도 센서 데이터 및 이러한 데이터가 수집되는 실시예에서의 대응하는 센서 모듈에 적용된다.

[0066] 표시 온도가 목표 온도보다 작으면, 컨트롤러(100)는 극저온 유체 입구를 제어하여, 압축 실린더(104) 내로 극저온 유체의 "냉 시동" 양을 허용할 수 있다. 이러한 양은 표시 온도 온도를 설정 온도값의 범위에 비교하는 것과 같은 추가의 결정, 또는 계산을 만드는 것에 의해 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 어떠한 극저온 유체도 냉 시동 모드 동안 압축 실린더(104) 내로 분사되지 않는다.

[0067] 감지된 파라미터가, 목표 온도와 비교되는 표시 온도인 전술한 프로세스는 감지된 파라미터가 압력 또는 산소 농도인 상황에 적용될 수 있다. 이러한 경우에, 압력 또는 산소 농도 센서 표시는 물론 경우에 따라 목표 압력 또는 산소 농도와 비교되어, 컨트롤러(100)가 이러한 파라미터 또는 표시에 기초하여 배기 밸브(134)에 대한 조기 배기 폐쇄 위치를 결정하는 것을 가능하게 한다.

[0068] 표시 온도가 "정상 모드" 작동을 위한 목표 온도보다 클 때, "고온 모드" 작동이 가능하게 될 수 있다. 이러한 모드에서, 추가된 극저온성 액체의 양은 입구에서의 온도에 기초하여 최적화될 수 있어서, 높은 부하 조건 하에서, 보다 많은 열이 이용 가능할 때, 온도는 압축 작업을 수행하기 전보다 압축의 종료시에 낮다. 극저온 유체의 "고온 모드" 양은 압축 실린더 내의 유체의 온도가 안전 한계 내에서 제어되도록 "정상 모드" 양보다 압축 행정당 보다 많은 극저온 유체 분사의 양 및/또는 속도로서 이해될 것이다. 추가의 온도 제어 및 하드웨어 보호를 위해, 물이 높은 부하 조건 하에서 복열 장치에 추가될 수 있다.

[0069] 도 7은 스플릿 사이클 엔진에서 사용되고 입구(124) 및 출구(134) 밸브를 포함할 수 있는 연소 실린더(126) 헤드의 예를 도시한 단면도이다. 이 도면에서, 흡입 밸브(124)는 연소 실린더(126)로부터 멀어지는 방향으로 개방된다. 흡입 밸브(124)는 제1 폐쇄 위치(710)와 제2 개방 위치(712) 사이를 이동하도록 작동할 수 있다. 배기 밸브(134)는 연소 실린더(126)로부터의 배기 가스가 복열 장치(118)에 결합된 배기 경로(136) 내로 허용되도록 작동 가능한 내향 개방 밸브이다. 밸브는 도 1에 도시된 컨트롤러(100)에 연결된 밸브 제어 장치에 의해 작동된다.

[0070] 도 8은 스플릿 사이클 내연 기관(101)의 개략도를 도시한다. 도 8은 도 1과 유사하며, 동일하거나 유사한 요소는 동일하거나 유사한 기능을 가진다. 도 8은 흡입 밸브(124)에 연결된 컨트롤러(100)를 도시한다. 도시된 예에서, 온도 센서(122)는 복열 장치(118)와 연소 실린더 유체 흡입 밸브(124) 사이에서 압축 유체의 경로(120)를 따르는 지점에서, 연소 실린더(126) 유체 흡입 근처에 배치된다. 이러한 센서(122)는 압축 유체의 온도를 감지하고 감지된 온도 데이터를 컨트롤러(100)에 다시 보고하도록 작동할 수 있다. 컨트롤러(100)는 이러한 온도 데이터를 수신하고, 적어도 부분적으로 수신된 온도 데이터에 기초하여 연소 실린더(126) 상의 흡입 밸브(124)의 타이밍을 제어하도록 배열된다. 이러한 개시의 맥락에서, 센서는 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 파라미터의 표시를 감지하도록 임의의 적절한 위치에 배치될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들어, 센서는 복열 장치 또는 연소 실린더의 배출 가스 출구에 배치될 수 있다.

[0071] 흡입 밸브(124)는 연소 실린더 내로의 유체 유동을 제어하도록 구성된다. 작동 시에, 컨트롤러는 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체와 관련된 파라미터의 표시를 수신하도록 배열된다. 표시를 수신하는 것에 응답하여, 컨트롤러는 표시 파라미터가 임계 기준을 만족시키는지, 예를 들어 표시 파라미터의 값이 목표값과 같거나 큰지를 결정하도록 구성된다. 컨트롤러(100)는 흡입 밸브의 개폐를 제어하도록 흡입 밸브(124)에 연결된다.

[0072] 이 예에서, 피스톤의 사이클은 그 하사점 위치('BDC')에서 연소 피스톤(128)으로 시작하는 것으로 간주될 수 있다. 크랭크 샤프트(114)의 회전에 따라서, 연소 피스톤(128)은 BDC로 다시 내려가기 전에, BDC로부터 그 상사점 위치('TDC')를 향하여 위로 이동한다. 따라서, 피스톤의 사이클은 BDC로부터 TDC를 통해 BDC로 이동하는 연소 피스톤(128)을 포함하는 것으로 간주될 수 있다. 연소 피스톤(128)은 연소 실린더의 길이 방향 축인 단지 하나의 축을 따라서 이동하도록 구속된다. 연소 피스톤(128)의 이러한 이동은 원형 형태로 회전하는 크랭크 샤프트(114)의 회전에 따르며, 그래서, TDC 및 BDC 근처에서의 연소 피스톤의 이동은, 크랭크 샤프트의 원형 운동이 그 영역에서 각각의 회전 각도(degrees of rotation)에 대해 상기 하나의 축의 방향으로의 작은 이동만을 생성함에 따라서 더욱 느리다. 그러므로, TDC 및 BDC 근처에서, 연소 피스톤에 의해 봉입된 실린더의 체적에서의 변화는 완만하게 변하고, 크랭크 샤프트(114)의 단위 회전(즉, "위상각" 또는 "크랭크 각")당 연소 실린더(126)에서의 압력 변화가 감소된다. 연소 실린더(126)에서의 연소 피스톤(128)의 위치가 크랭크 샤프트의 회전 각도에 관하여 설명될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0073] 컨트롤러(100)는 연소 피스톤(128)이 연소 실린더(126)에서 상이한 위치에 있을 때 흡입 밸브(124)가 개방될 수

있도록 흡입 밸브(124)의 개폐를 동적으로 제어하기 위해 구성된다. 그러므로, 흡입 밸브(124)는 피스톤의 사이클 동안 상이한 스테이지에서 개방될 수 있다. 엔진의 '냉 시동' 동안, 컨트롤러(100)는 예를 들어 흡입 밸브(124)가 피스톤의 사이클 동안 초기 개방 위치에서 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어하기 위해 배열될 것이다. 엔진의 '정상' 구동 상태 동안, 작동 유체가 충분한 연소를 일으키도록 충분히 데워졌을 때, 컨트롤러(100)는 지연 개방 위치에서 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어할 것이다. 컨트롤러(100)는 수신된 표시 파라미터에 기초하여 냉 시동 모드 또는 정상 모드에서 엔진을 작동시킬지를 결정하도록 구성된다.

[0074] 컨트롤러(100)에 의해 수신된 표시 파라미터는 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체의 특성을 나타낼 것이다. 안정되고 신속한 연소를 달성하는 것은 스플릿 사이클 내연 기관이 가진 문제였다. 특히 엔진의 냉 시동 동안, 작동 유체가 종종 비교적 차가워 열악한 연소를 유발할 수 있으며, 그래서, 이러한 엔진은 적절하게 시동되지 않을 수 있다. 추가적으로, 너무 많은 물 및/또는 충분하지 않은 산소의 존재는 적절한 연소가 발생하는 것을 막을 수 있다.

[0075] 이러한 것을 설명하기 위해, 컨트롤러(100)에 의해 수신된 표시 파라미터는 연소 실린더(126)에서의 작동 유체와 관련된 온도, 압력, 산소 농도 또는 물 농도 중 하나를 포함할 수 있다. 파라미터를 위한 목표값은 표시 파라미터에 대응할 것이다. 목표값을 충족시키는 표시 파라미터는 연소 실린더(126)에서의 조건이 연소에 적합하다는 것을 나타내는 표시 파라미터를 나타낼 것이다. 따라서, 목표값이 온도, 압력 또는 산소 농도인 경우에, 목표 파라미터보다 크거나 같은 값은 적절한 연소 조건을 나타낼 것이다. 표시 파라미터가 물 농도이면, 목표 파라미터보다 작은 값은 적절한 연소 조건을 나타내었을 것이다.

[0076] 목표값이 충족되지 않았으며 조건이 연소에 적합하지 않았다는 것을 수신된 표시 파라미터가 나타내는 경우에, 컨트롤러(100)는 '냉 시동' 모드 작동에 따라서 작동되도록 흡입 밸브(124)를 제어할 것이다. 이러한 모드에서, 컨트롤러(100)는 피스톤의 사이클 동안 '초기 개방 위치'에서 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어할 것이다. 초기 개방 위치는 상기 연소 피스톤(128)이 그 TDC 위치에 도달하기 전에 연소 피스톤(128)의 귀환 행정 동안 TDC 앞일 것이다. 초기 개방 위치의 위치 선정은 연소 피스톤(128)의 지속적인 이동이 작동 유체에 상당한 압축 효과를 제공하도록 한다. 컨트롤러(100)는 연소 피스톤(128)이 TDC 뒤의 x° 의 크랭크 각에 있는 초기 개방 위치에서 흡입 밸브(124)를 개방하도록 구성되며, 예를 들어, 초기 개방 위치는 TDC 앞의 5° 에서, TDC 앞의 10° 에서, TDC 앞의 20° 에서, TDC 앞의 30° 에 있다. TDC 앞에서 흡입 밸브(124)를 개방하는 것은, 연소 피스톤(128)이 여전히 TDC를 향해 이동하는 동안 작동 유체가 연소 실린더(126) 내로 유동하는 것을 가능하게 한다. 연소 피스톤(128)의 지속적인 이동은 작동 유체의 압축을 제공하고, 이러한 것은 작동 유체의 온도를 증가시킬 것이다. 작동 유체의 온도를 증가시키는 것은 연소 실린더(126)에서의 연소 조건을 향상시킬 수 있다.

[0077] 도 8에서 예시된 스플릿 사이클 내연 기관(101)에 대하여, 연소 실린더(126)로부터의 배기 가스는 연소 실린더(126) 내로 투입될 작동 유체에 열적으로 결합된 복열 장치(118)를 통해 피드백된다. 그러므로, 복열 장치(118)가 연소 실린더(126) 내로 투입될 유체를 충분히 데우기 위해, 복열 장치(118)가 연소 실린더(126)로부터 충분히 고온의 배기 유체를 수용하는 것이 필요하다. 예를 들어, 연소 실린더(126)에서의 불충분한 연소로 인해 열 전달이 불충분하면, 엔진의 작동을 유지하는 것이 가능하지 않을 수 있다. 따라서, 작동 유체가 엔진의 적절한 연소, 그러므로 연속적인 작동을 허용하도록 충분히 데워지는 것은 중요하다.

[0078] 연소 피스톤(128)으로부터의 여분의 압축이 작동 유체의 필요한 가열을 제공할 수 있음에 따라서, 충분히 따뜻한 작동 유체를 제공하는 것은 흡입 밸브(124)의 초기 개방에 의해 달성될 수 있다. 압축 유체의 유입으로 인하여 너무 초기에 개방되어 연소 피스톤(128)의 운동을 방해하는 것과 충분히 따뜻한 작동 유체를 달성하는데 충분한 초기 개방 사이에 균형(trade-off)이 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 따라서, 컨트롤러(100)는 흡입 밸브(124)가 TDC 뒤에 z° 에서 개방되는, 흡입 밸브(124)에 대한 최대 초기 개방 위치가 있도록 구성될 수 있다.

[0079] 추가적으로, 컨트롤러는 표시 파라미터를 연속적으로 모니터링하고 표시 파라미터에 기초하여 흡입 밸브(124)의 개방 위치를 변화시키는 것에 의해 흡입 밸브(124)의 동적 모니터링 및 제어를 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 연소 피스톤(128)이 TDC 앞에 x° 에 있는 초기 개방 위치를 위한 x 의 값은 표시 파라미터와 파라미터를 위한 목표값 사이의 차이에 기초하여 연속적으로 변할 수 있다. 그러므로, 컨트롤러(100)는 연소 실린더 및/또는 작동 유체의 표시 파라미터가 목표값으로부터 더욱 멀어질 때 피스톤의 사이클에서 흡입 밸브(124)를 초기에 개방하도록 제어할 수 있다. 따라서, 유체가 매우 차가울 때, 컨트롤러(100)는 작동 유체에 더욱 많은 양의 압축을 제공하도록, 그러므로 가열하도록 매우 초기에, 예를 들어 z° 에서 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어할 것이다.

- [0080] 일부 실시예에서, 컨트롤러(100)는 피스톤의 사이클에서의 연속적인 위치에서 흡입 밸브(124)를 개방하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 컨트롤러(100)는 표시 온도와 목표 온도 사이의 차이에 따라서, TDC보다 앞선 위상각(z°)과 TDC 사이의 연소 피스톤(128)의 위치에 대하여 흡입 밸브(124)를 위한 복수의 이산 조기 개방 위치 중 하나를 선택하도록 구성될 수 있다. 컨트롤러(100)는 배기 밸브에 대해 전술한 것과 유사한 방식으로 이러한 작동을 수행할 수 있다.
- [0081] 목표값이 충족되었고 연소를 위한 적절한 조건이 있다는 것을 수신된 표시 파라미터가 나타내는 경우에, 컨트롤러(100)는 '정상 모드 작동'에 따라서 작동하도록 흡입 밸브(124)를 제어할 것이다. 이러한 모드에서, 흡입 밸브(124)는 피스톤의 사이클 동안 '지연 개방 위치'에서 연소 실린더(126) 내로 유체의 유동을 허용하도록 개방될 것이다. 지연 개방 위치는 조기 개방 위치보다 피스톤 사이클에서 늦다. 전형적으로, 지연 개방 위치는 조기 개방 위치보다 TDC에 더욱 근접할 것이며; TDC에 있을 수 있거나 또는 TDC 바로 앞에 있을 수 있다.
- [0082] 점화가 일어나기 전에 크랭크 각이 너무 크지 않도록, 연소 피스톤(128)이 그 TDC 위치에 도달한 후에, 복열 장치(118)에서의 모든 작동 유체가 가능한 빨리 연소기 실린더(126) 내로 전달된 것이 필요하다. 컨트롤러(100)는 TDC에서 또는 TDC 바로 뒤에서 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어할 수 있다. 대안적으로, 컨트롤러(100)는 연소 피스톤이 그 TDC 위치에 도달하기 약간 전에 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어할 수 있다. 예를 들어, 연소 피스톤이 그 TDC 위치에 도달하기 전에, 예를 들어, TDC 앞의 1° 에서, 예를 들어 TDC 앞의 3° 에서, 예를 들어 TDC 앞의 5° 에서, 흡입 밸브(124)는 연소 피스톤의 귀환 행정 동안 개방되도록 제어될 수 있다. TDC 앞의 이러한 위치에서 연소 실린더(126)에서의 연소 피스톤(128)의 이동이 크랭크 샤프트(114)의 각 회전(angular rotation)과 관련하여 매우 작음에 따라서, 연소 실린더(126)에서의 임의의 작동 유체에 대해 수행되는 무시 가능한 양의 압축만이 존재한다. 그러므로, 작동 유체의 온도 또는 연소 피스톤(128)의 이동에 대한 유체 저항에서의 증가는 중요한 문제가 아니다. 모든 유체가 연소 실린더(126)에 있으면, 컨트롤러(100)는 흡입 밸브(124)를 폐쇄하도록 제어할 것이다.
- [0083] 스플릿 사이클 내연 기관의 작동 방법이 지금 도 9a 및 도 9b를 참조하여 설명될 것이다. 도 9a는 정상 구동 모드의 스테이지(900b, 902b, 904b, 906b 및 908b)를 도시하는 도 9b와 비교하여 스테이지(900a, 902a, 904a, 906a 및 908a)를 포함하는 냉 시동 모드 작동 동안 연소 실린더를 제어하는 프로세스를 개략적으로 도시한다. 도 9a 및 도 9b에서, 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체의 파라미터의 표시가 수신되고, 연소 실린더(126)의 흡입 밸브(124)는 표시 파라미터에 기초하여 제어된다. 도 9a에서, 표시 파라미터는 목표값보다 작고, 흡입 밸브(124)는 조기 개방 위치에서 개방되도록 제어된다. 도 9b에서, 표시 파라미터는 목표값과 같거나 크며, 흡입 밸브(124)는 지연 개방 위치에서 개방되도록 제어된다.
- [0084] 도 9a에서, 스테이지(900a)에서, 압축 유체-연료 혼합물("작동 유체")은 연소 피스톤(128)이 TDC에 있거나 그 바로 뒤에 있음에 따라서 점화되고 있다. 엔진의 연료 형태에 의존하여, 이러한 점화는 점화 플러그 또는 자동 점화에 의해 개시될 수 있다. 연료 연소로부터 방출된 에너지로 인하여 증가된 압력은 연소 피스톤을 하사점(BDC)을 향해 구동하고, 또한 크랭크 샤프트(114)를 구동한다. 피스톤이 BDC에 도달하면, 연소된 혼합물은 연소 실린더(126)를 충전하도록 팽창되었으며, 배기 밸브(134)는 개방된다(스테이지(902a)). 연소 피스톤은 그런 다음 TDC를 향해 진행하여, 배기 가스를 배기 밸브(134) 밖으로 방출한다.
- [0085] 냉 시동 모드에서, 연소 피스톤(128)이 TDC에 도달하기 전에, 흡입 밸브(124)가 개방된다. 흡입 밸브(124)는 배기 밸브(134)가 폐쇄된 직후에 개방된다. 이러한 것은 피스톤이 BDC로부터 TDC까지 약 65% 진행할 때 흡입 밸브(124)가 개방되는 스테이지(904a)에서 도시된다. 이러한 것은 압축 실린더/복열 장치로부터의 압축 유체가 연소 실린더(126) 내로 유동하는 것을 가능하게 한다. 이러한 유입 유체는 스테이지(906a)에서 도시된 바와 같이 피스톤이 TDC에 도달할 때까지 더욱 압축된다. 흡입 밸브(124)는 폐쇄되고, 분사된 연료는 점화되고(스테이지(908a)), 사이클은 다시 시작한다. 작동 유체의 여분의 가열/압축을 제공하는 것은 엔진, 특히 복열 장치(188)에서의 열 부족을 상쇄시키는 것에 의해 엔진의 효율에서의 증가로 이어질 수 있다.
- [0086] 이것은 도 9b에서의 정상 구동 모드와 대비된다. 이러한 사이클에서, 스테이지(900b, 902b, 906b 및 908b)는 각각 900a, 902a, 906a 및 908a에 대응한다. 냉 시동 모드와 정상 구동 모드 사이의 차이는 스테이지(904b)에서 강조된다. 여기에서, 유입 유체의 어떠한 추가의 압축도 연소 피스톤(128)을 사용하여 달성될 수 없도록, 연소 피스톤이 TDC에 도달할 때까지, 흡입 밸브(124)는 폐쇄된다. 이러한 모드에서, 엔진은 "정상적으로" 구동되고, 이에 의해 유체는 실질적으로 TDC 앞에서 압축 실린더 내로 거의 또는 전혀 유입되지 않는다. 여기에서, 전술한 바와 같이, 실질적으로 TDC 앞은 유체가 연소 피스톤(128)으로부터 상당한 양의 압축을 겪게 되도록 유체의 유입을 타이밍화하는 것을 지칭한다.

- [0087] 본 발명의 또 다른 양태는 도 8을 다시 참조하여 지금 설명될 것이다. 이러한 양태에서, 컨트롤러(100)는 연소 실린더(128) 및/또는 이와 관련된 유체의 파라미터의 수신 표시에 기초하여 흡입 밸브(124) 및 배기 밸브(134) 모두를 제어하도록 배열된다. 흡입 밸브(124)의 조기 개방을 참조하여 전술한 바와 같이, 컨트롤러(100)는 수신된 표시 파라미터를 위한 값이 파라미터를 위한 목표값보다 작을 때 피스톤의 사이클 동안 조기 개방 위치에서 연소 실린더(126)의 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어하기 위해 배열된다. 추가적으로, 배기 밸브(134)의 조기 폐쇄를 참조하여 전술한 바와 같이, 컨트롤러(100)는 수신된 표시 파라미터를 위한 값이 파라미터를 위한 목표값보다 작을 때 피스톤의 사이클 동안 조기 폐쇄 위치에서 연소 실린더(126)의 배기 밸브(134)를 폐쇄하도록 제어하기 위해 배열된다. 대응하여, 컨트롤러는 수신된 표시 파라미터가 목표값과 같거나 큰 것에 응답하여 지연 개방 위치에서 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어할 수 있다. 마찬가지로, 컨트롤러는 수신된 표시 파라미터가 목표값과 같거나 큰 것에 응답하여 지연 폐쇄 위치에서 배기 밸브(134)를 폐쇄하도록 제어할 수 있다.
- [0088] 컨트롤러(100)는 다른 밸브에 대해 결정된 개방 및/또는 폐쇄 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 각각의 밸브의 개폐를 위한 피스톤의 사이클에서의 위치를 결정하도록 구성될 수 있다. 컨트롤러(100)는 흡입 밸브(124)가 개방되기 전에 배기 밸브(134)가 차단되는 것을 보장하도록 구성된다. 그렇지 않으면, 압축 공기의 유입은 연소 피스톤(128)에 어떠한 실질적인 작업도 수행하도록 사용됨이 없이 흡입 밸브(124)를 통해 배기 밸브(134) 밖으로 직접 유동할 수 있다. 유사하게, 연소 피스톤(128)이 BDC로 이동함에 따라서 연소 동안 및/또는 후에, 컨트롤러(100)는 가능한 최대 작업량이 연소 피스톤(128)에서 수행되는 것을 보장하기 위하여 두 밸브가 폐쇄된 상태로 있는 것을 보장하도록 구성된다. 피스톤 사이클 동안의 다른 위치에서, 2개의 밸브 중 하나만이 개방될 것이다. 컨트롤러(100)는 수신된 표시 파라미터에 기초하여 어느 위치에서 얼마나 오랫동안 밸브가 개방되어야 하는지를 결정할 수 있다.
- [0089] 그러므로, 컨트롤러(100)는 피스톤의 사이클에서 흡입 밸브(124)의 개방보다 조기에 배기 밸브(134)를 폐쇄하도록 제어하기 위해 구성된다. 배기 밸브(134)가 폐쇄된 것을 나타내는 신호를 수신하는 것에 응답하여, 컨트롤러(100)는 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어하기 위해 구성될 수 있다. 배기 밸브(134)를 폐쇄하도록 제어하는 컨트롤러(100)와 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어하는 컨트롤러 사이의 차이는 발생하는 2개의 이벤트 사이의 시간상의 차이로서, 또는 발생하는 2개의 상이한 이벤트를 위한 피스톤의 사이클의 위치에서 차이로서 설명될 수 있다. 예를 들어, 배기 밸브(134)는 TDC 앞의 a° 에서 폐쇄될 수 있고, 흡입 밸브(124)는 TDC 앞의 $(a-b)^\circ$ 에서 개방될 수 있으며, 여기에서, b 는 상수이거나 또는 변수이다. b 에 대한 값은 수신된 표시 파라미터에 의존할 수 있다. 예를 들어, b 는 엔진 및 제어 시스템의 설정에 의해 허용 가능한 가장 빠른 시간에서의 2개의 상태 사이의 천이를 나타내는 상수일 수 있다. 예를 들어, b 는 표시 파라미터에 대한 값과 목표값 사이의 값에서의 차이에 비례하는 변수일 수 있다. 가능한 짧은 시간에서 2개의 상태 사이를 전환하는 것이 필요할 수 있다.
- [0090] 이러한 밸브 설정으로 테스트를 실행하는 것으로부터 얻어진 과학적 데이터는 엔진이 차가울 때 연소 조건을 개선하는 보다 효과적인 방법은 흡입 밸브(124)를 조기에 개방하는 것이다. 컨트롤러(100)는 예를 들어 룩업 테이블의 형태를 하는, 데이터를 포함하는 메모리를 포함할 수 있다. 컨트롤러(100)는 표시 파라미터에 기초하여, 선택된 연소 조건을 달성하기 위해 연소 실린더 및/또는 이와 관련된 유체의 가열이 얼마나 필요한지를 결정할 수 있다. 이러한 결정에 기초하여, 컨트롤러(100)는 열 발생에 대한 각각의 접근(유입/배기)의 상대적 기여를 결정하도록, 예를 들어, 배기 유체를 압축하는 것에 의해(예를 들어, 배기 밸브(134)의 조기 폐쇄로부터) 얼마나 많은 열이 발생되어야 하는지, 그리고 작동 유체를 더욱 압축하는 것에 의해(예를 들어, 흡입 밸브(124)의 조기 개방으로부터) 얼마나 많은 열이 발생되어야 하는지를 결정하도록 룩업 테이블을 사용할 수 있다. 이러한 것에 따라서, 컨트롤러는 2개의 접근법으로부터 열 발생의 필요한 비율을 달성하도록 두 밸브를 제어할 수 있다. 대안적으로, 컨트롤러는 다른 접근법보다 하나의 접근법을 선호할 수 있고, 그 수단에 의한 열 발생을 최대화하도록 밸브를 제어할 수 있다. 따라서, 컨트롤러(100)는 필요한 레벨의 가열을 달성하기 위해 선택된 비율로 배기 및 유입으로부터의 열 발생을 달성하도록 밸브를 결정하고 제어할 수 있다.
- [0091] 예를 들어, 연소 실린더(126)에서 필요한 열의 증가가 배기 밸브(134)를 조기에 폐쇄하는 것에 의해 거의 달성될 수 있는 경우에, 컨트롤러(100)는, 여분의 열 발생의 단지 작은 부분만이 유입 유체의 압축으로부터 나오도록 배기 밸브(134) 폐쇄와 흡입 밸브(124) 개방 사이의 시간차를 지연시키도록 구성될 수 있다. 따라서, 컨트롤러(100)는 수신된 표시 파라미터에 기초하여 배기 밸브(134)의 폐쇄에 대해 흡입 밸브(124)의 개방을 동적으로 제어할 수 있다.
- [0092] 엔진의 작동의 정상 구동 위상 동안, 컨트롤러(100)는 배기 밸브가 TDC 앞에서 가능한 늦게 폐쇄되도록 밸브의 개방/폐쇄를 제어하기 위해 구성될 수 있다. 전술한 바와 같이, 흡입 밸브(124)는 필요한 연소 효과를 달성하도록 모든 작동 유체가 연소 실린더(126) 내로 유입되는 것을 가능하게 하기 위해 TDC 약간 앞에서 개방될 수 있

다. 따라서, 컨트롤러(100)는 흡입 밸브(124)를 개방하도록 제어하기 바로 전에 가능한 빨리 배기 밸브(134)를 폐쇄하도록 제어할 수 있다.

[0093] 본 발명의 상기 양태의 작동 방법이 도 10a 및 도 10b를 참조하여 지금 설명될 것이다. 도 10a는 도 9a 및 도 9b와 매우 밀접하게 대응하여서, 유사한 단계는 다시 설명되지 않는다. 유사하게, 도 10a는 '냉 시동' 동안 스플릿 사이클 내연 기관의 작동 방법을 도시하고, 도 10b는 '정상 구동 조건' 동안의 방법을 도시한다. 도 10a에서, 방법은 연소 실린더 및/또는 이와 연관된 유체와 관련된 파라미터의 표시를 수신하는 단계, 및 표시 파라미터가 파라미터를 위한 목표값보다 작다는 것을 결정하는 단계를 포함한다. 도 10b는 표시 파라미터가 목표값과 같거나 크다는 것을 결정하는 단계를 포함하는 방법의 예시적인 목적을 위한 예로서 포함된다.

[0094] 2개의 도면 사이의 주요 차이점은 단계 1004 및 1006에서 발생한다. 단계 1004a에서, 배기 밸브(134)는 연소 피스톤(128)이 TDC에 도달하기 전에 폐쇄되도록 제어된다. 단계 1006a에서, 흡입 밸브(124)는 연소 피스톤(128)이 TDC에 도달하기 전에, 그러나 배기 밸브(134)가 차단된 후에 개방되도록 제어된다. 대조적으로, 단계 1004b에서, 배기 밸브(134)는 개방된 채로 있고, 연소 피스톤(128b)이 TDC에 있거나 또는 그 주위에 있는 단지 단계 1006b에서만 폐쇄된다. 흡입 밸브(124)는 그런 다음 연소 피스톤(128)이 TDC에 있는 단계 1008b에서 개방된다.

[0095] 도 11은 정상 구동 모드 동안 스플릿 사이클 내연 기관의 최적 작동을 위한 예시적인 압력 트레이스를 도시한다. 좌측에서 우측으로 이동하면, 연소 피스톤(128)의 복귀 레그(return leg) 동안, 실린더 압력은 연소 피스톤(128)이 BDC로부터 TDC를 향해 이동함에 따라서 배기 밸브(134) 개방 및 흡입 밸브(124) 폐쇄와 함께 상당히 일정하게 유지된다. 배기 밸브(134)는 지점(A)에서 폐쇄되기 시작하고, 지점(B)에서 완전히 폐쇄된다. 배기 밸브(134)의 폐쇄에 응답하여, 실린더 압력이 상승하기 시작한다. TDC 약간 앞의 지점(C)에서, 흡입 밸브(124)는 개방되기 시작하여, TDC에서 완전히 개방된다. 흡입 밸브(124)는 폐쇄되기 시작하는 TDC 직후인 지점(D)까지 완전히 개방된 상태로 유지된다. 지점(E)에서, 흡입 밸브(124)는 완전히 폐쇄된다. 흡입 밸브의 개폐 동안, 실린더 압력은 연소가 시작될 때까지 꾸준히 증가하고, 그 지점에서, 실린더 압력은 지점(F)에서 최대로 급격히 증가한다. 지점(F) 이후에, 실린더 압력은 연소 피스톤(128)이 TDC로부터 BDC를 향해 이동함에 따라서 꾸준히 감소한다.

[0096] 도 12는 흡입 밸브의 개방 타이밍 및 배기 밸브의 폐쇄 타이밍을 변경한 결과를 도시하는 그래프이다. 도 12에 도시된 결과는 800 rpm으로 구동하는 엔진을 기준으로 얻어졌다. 실선은 흡입 밸브의 조기 개방 및 배기 밸브의 조기 폐쇄를 나타내며, 점선은 지연 개방 및 지연 폐쇄를 나타낸다.

[0097] 선(A 및 B)은 배기 밸브의 개방/폐쇄를 나타낸다. 선(A)이 배기 밸브가 TDC 앞의 약 65° 에서 조기 개방되는 것을 도시하는데 반하여, 선(B)은 배기 밸브가 TDC 앞의 35° 에서 지연 개방되는 것을 도시한다. 두 경우 모두 그 그래프에서, 배기 밸브가 완전히 열린 상태에서 완전히 폐쇄된 상태로 이동하는데 약 5 내지 10° 의 회전이 필요하다라는 것이 도시된다. 두 경우 모두에서, 그래프는 배기 밸브가 완전 개방으로부터 완전 폐쇄로 이동하는데 회전의 약 5 내지 10° 가 걸리는 것을 도시한다. 두 경우 모두에서, 배기 밸브를 조기에 폐쇄하는 효과는 각각 선(G 및 H)에 의해 도시된 실린더 압력의 대응하는 증가를 초래한다. 선(C 및 D)은 흡입 밸브의 개방/폐쇄를 나타낸다. 선(C)에 대해, 흡입 밸브가 TDC 앞의 약 23° 에서 개방되기 시작하며, 선(D)에 대해, 흡입 밸브가 TDC 앞의 약 13° 에서 개방되기 시작한다. 두 경우 모두에서, 완전 개방 상태에 도달하는데 약 13° 가 걸리며, 그 지점에서, 밸브는 다시 폐쇄하기 시작하며, 이러한 것은 완전히 폐쇄되는데 약 13° 가 걸린다. 선(E 및 F)은 실린더 내로의 연료의 분사를 나타낸다. 두 경우 모두에서, 분사는 짧고 날카로우며, 약 2° 내에서 0으로 귀환하기 전에 0으로부터 약 2° 내에서 그 피크 레벨까지 진행된다. 선(E)은 TDC 앞의 약 10° 에서 시작하는 분사를 나타내는데 반하여, 선(F)은 TDC 뒤의 약 3° 에서 시작하는 분사를 나타낸다.

[0098] 두 타이밍의 효과는 각각 실린더 압력을 나타내는 선(G 및 H)으로 도시된다. 도시된 바와 같이, 배기 밸브의 조기 폐쇄 및 흡입 밸브의 조기 개방에 대응하는 선(G)은 선(H)의 지연되고 작은 피크(41 bar)와 비해 약 51 bar의 상당히 높은 피크(그러므로 더욱 높은 온도)에 도달한다. 따라서, 이러한 그래프는 흡입 밸브의 조기 개방 및 배기 밸브의 조기 폐쇄와 관련된 이점을 도시한다.

[0099] 도 13은 흡입 밸브의 개방 타이밍과 배기 밸브의 폐쇄 타이밍을 변경한 결과를 도시하는 그래프이다. 도 13에 도시된 결과는 1200 rpm으로 구동하는 엔진을 기준으로 얻어졌다. 다시, 실선은 흡입 밸브의 조기 개방 및 배기 밸브의 조기 폐쇄를 나타내며, 점선은 지연 개방 및 지연 폐쇄를 나타낸다.

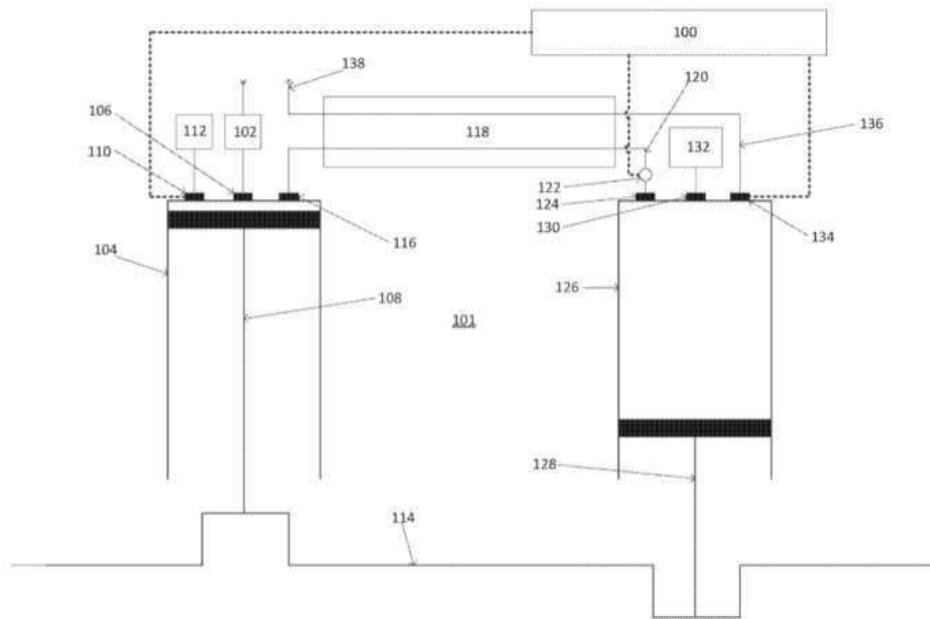
[0100] 도 13의 선 및 그 도면 부호는 도 12와 관련하여 전술한 것과 대응하고, 그래서 반복되지 않을 것이다. 도 13의

선(A)은 배기 밸브가 TDC 앞의 약 75° 에서 조기에 폐쇄되는 것을 도시하고, 선(B)은 배기 밸브가 TDC 앞의 약 60° 에서 폐쇄되는 것을 도시한다. 두 밸브의 폐쇄는 실린더 압력에서 약간의 증가를 유발한다(각각 선(G 및 H)). TDC 앞의 약 30° 에서, 선(C 및 D)은 흡입 밸브가 개방되는 것을 도시하며, 선(D)은 약간 앞에서 개방된다. 선(D)은 또한 선(C)에 대해 TDC 앞의 약 3° 에서 완전히 폐쇄되는 흡입 밸브와 비교하여, 보다 긴 시간 동안 개방된 상태로 있으며, 흡입 밸브는 TDC 뒤의 약 3° 에서 완전히 폐쇄된다. 선(E)은 TDC 앞의 약 14° 에서 분사가 시작되는 것을 도시하는데 반하여, 선(F)은 TDC 앞의 약 8° 에서 분사가 시작되는 것을 도시한다.

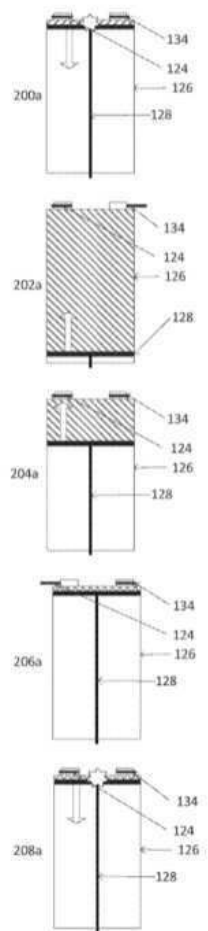
- [0101] 도 12에서처럼, 선(G 및 H)은 실린더 압력을 나타내며, 선(G)이 선(H)(약 50 bar)보다 높은 압력(약 53 bar, 따라서 더 높은 온도를 나타냄)에 도달하는 것이 분명하다. 추가적으로, 선(G)의 피크는 선(H)의 피크 앞의 약 5° 에 도달하고, 선(G)은 TDC 바로 뒤에서 피크를 이룬다. 따라서, 이러한 그래프는 엔진을 위한 조기 타이밍 시스템의 이점을 예시한다.
- [0102] 극저온 유체 투입, 배기 밸브 타이밍, 및 복열 장치 물 분사 중 임의의 것의 제어가 스플릿 사이클 엔진의 효율을 개선하기 위해 개별적으로 또는 조합하여 실시될 수 있는 것으로 고려된다.
- [0103] 예에서, 스플릿 사이클 엔진은 압축 실린더에서 극저온 유체 분사를 이용할 필요가 없다.
- [0104] 예에서, 스플릿 사이클 엔진은 가솔린, 디젤 또는 다른 연료를 사용할 수 있다.
- [0105] 일부 예에서, 하나 이상의 메모리 소자들은 본 명세서에서 설명된 작동을 실시하도록 사용되는 데이터 및/또는 프로그램 명령을 저장할 수 있다. 본 발명의 실시예는 본 명세서에서 설명되고 및/또는 청구된 방법 중 임의의 하나 이상을 수행하고 본 명세서에서 설명되고 및/또는 청구된 데이터 처리 장치를 제공하도록 프로세서를 프로그래밍하도록 동작할 수 있는 프로그램 명령을 포함하는 유형의 비일시적 저장 매체를 제공한다.
- [0106] 본 명세서에서 개괄된 행위 및 장치는 로직 게이트의 어셈블리와 같은 고정된 로직 또는 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 및/또는 컴퓨터 프로그램 명령과 같은 프로그램 가능 로직으로 실시될 수 있다. 다른 종류의 프로그램 가능 로직은 프로그램 가능 프로세서, 프로그램 가능 디지털 로직(예를 들어, 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA), 소거 및 프로그램 가능 읽기 전용 메모리(EPROM), 전기적 소거 및 프로그램 가능 읽기 전용 메모리(EEPROM)), 애플리케이션 특정 통합 회로, ASIC, 또는 임의의 다른 종류의 디지털 로직, 소프트웨어, 코드, 전자 명령, 플래시 메모리, 광학 디스크, CD-ROM, DVD ROM, 자기 또는 광학 카드, 전자 명령을 저장하는데 적합한 다른 형태의 기계 판독 가능 매체, 또는 그 임의의 적절한 조합을 포함한다.
- [0107] 상기 논의로부터, 도면에 도시된 실시예가 단지 예시적인 것이며, 본 명세서에 설명되고 청구범위에 제시된 바와 같이 일반화되거나, 제거되거나 또는 대체될 수 있는 특징을 포함한다는 것을 알것이다. 본 명세서의 문맥에서, 본 명세서에 기술된 장치 및 방법의 다른 예 및 변형은 당업자에게 자명할 것이다.

도면

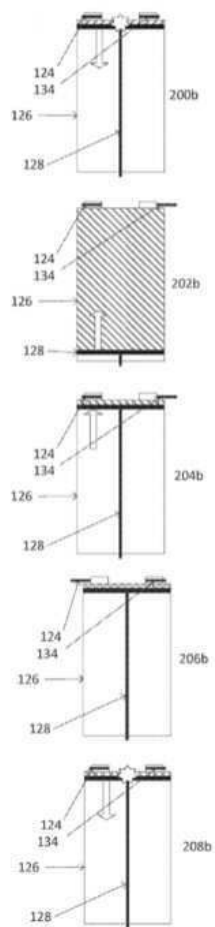
도면1



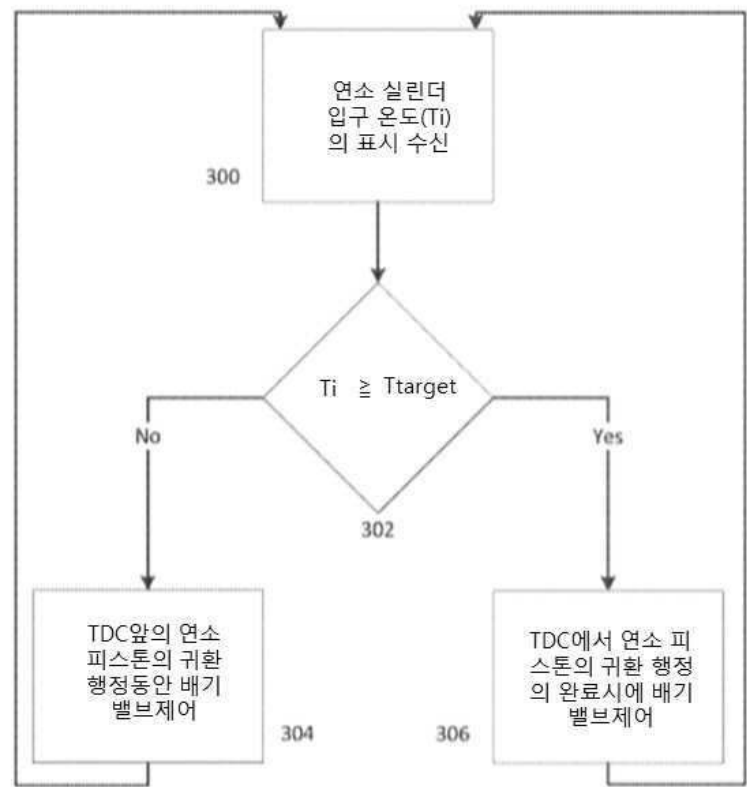
도면2a



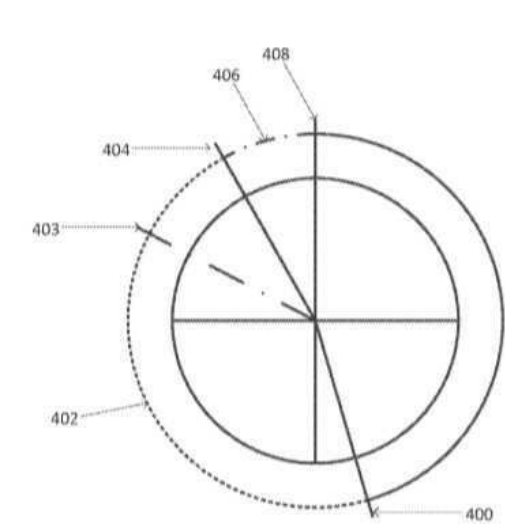
도면2b



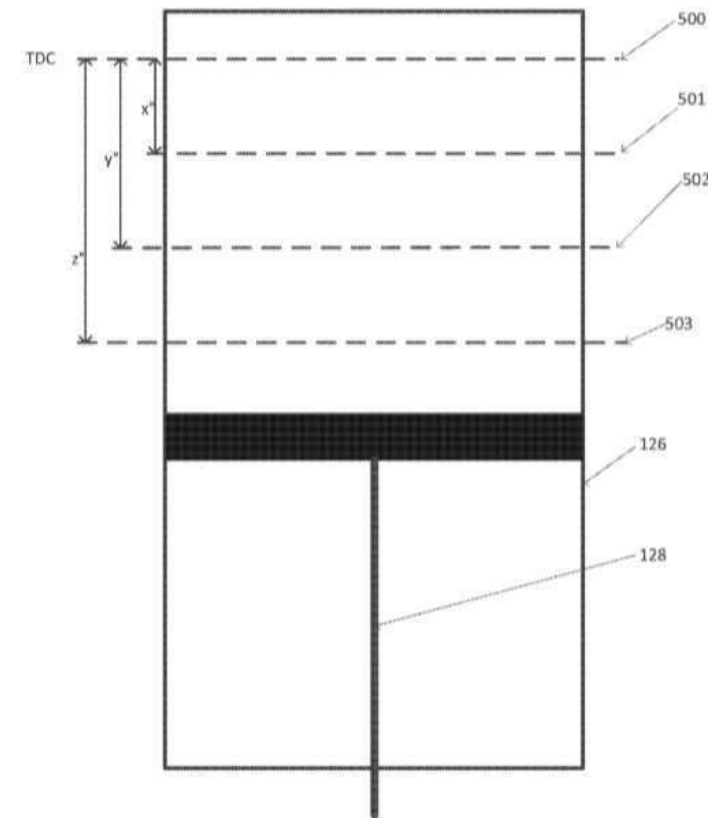
도면3



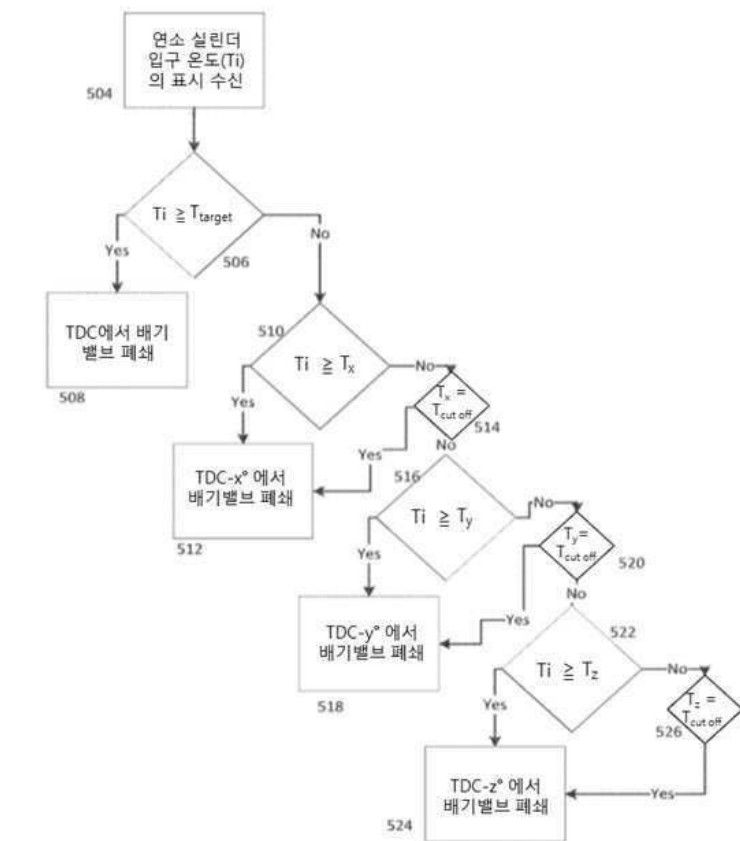
도면4



도면5a



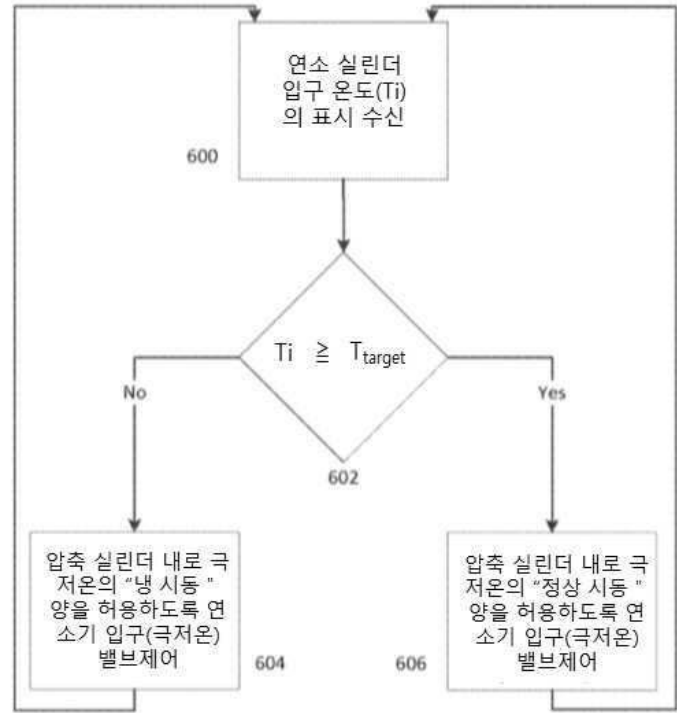
도면5b



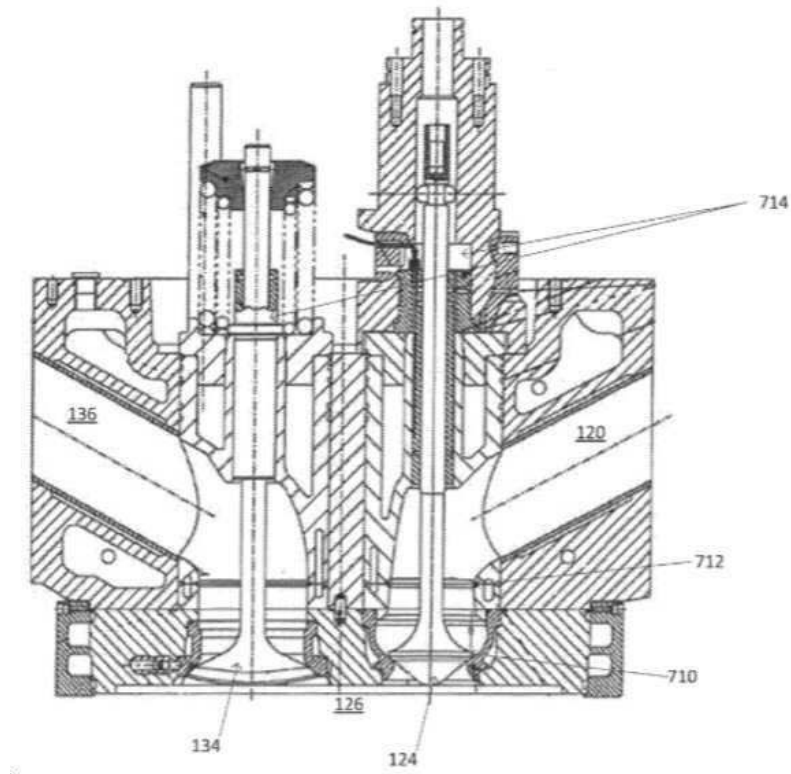
도면5c

온도증분	밸브	배기밸브 폐쇄위치
T_{target}	목표연소온도 예를 들어, 700 °C	TDC
T_x	예를 들어, 550 °C	TDC - x° 예를 들어, 40 °
T_y	예를 들어, 400 °C	TDC - y° 예를 들어, 80 °
T_z	예를 들어, 250 °C	TDC - z° 예를 들어, 120 °

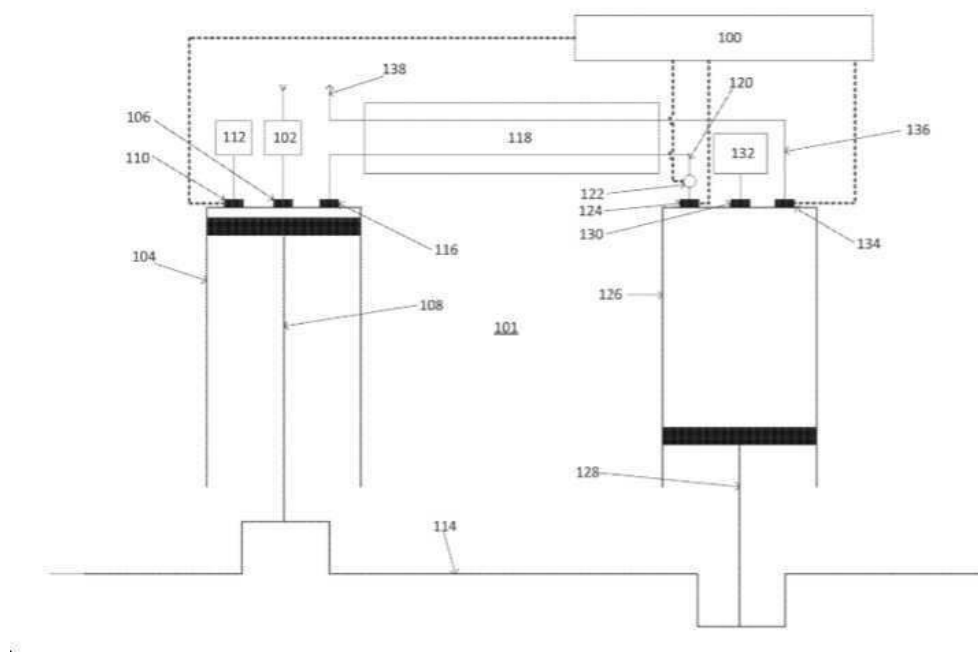
도면6



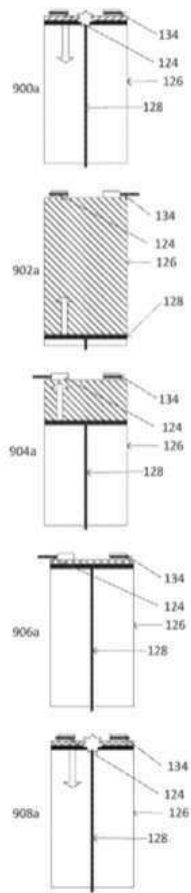
도면7



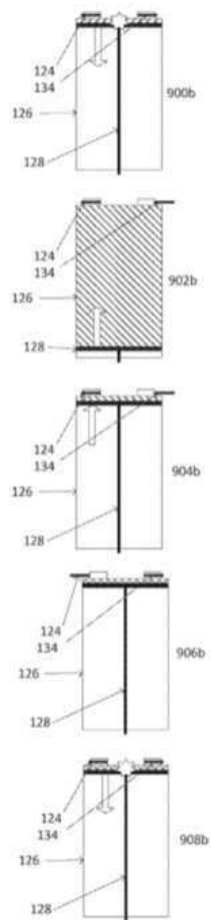
도면8



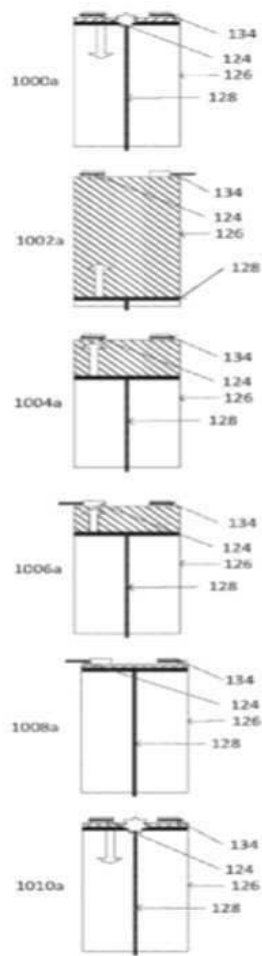
도면9a



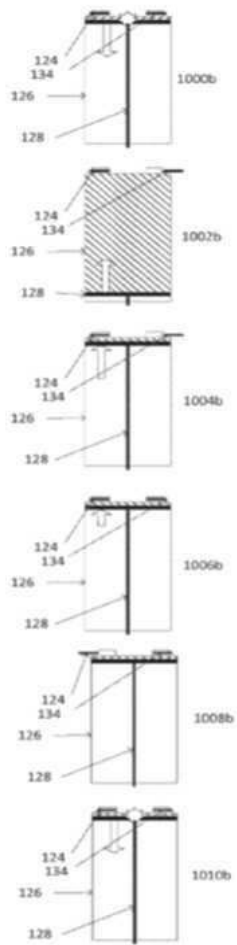
도면9b



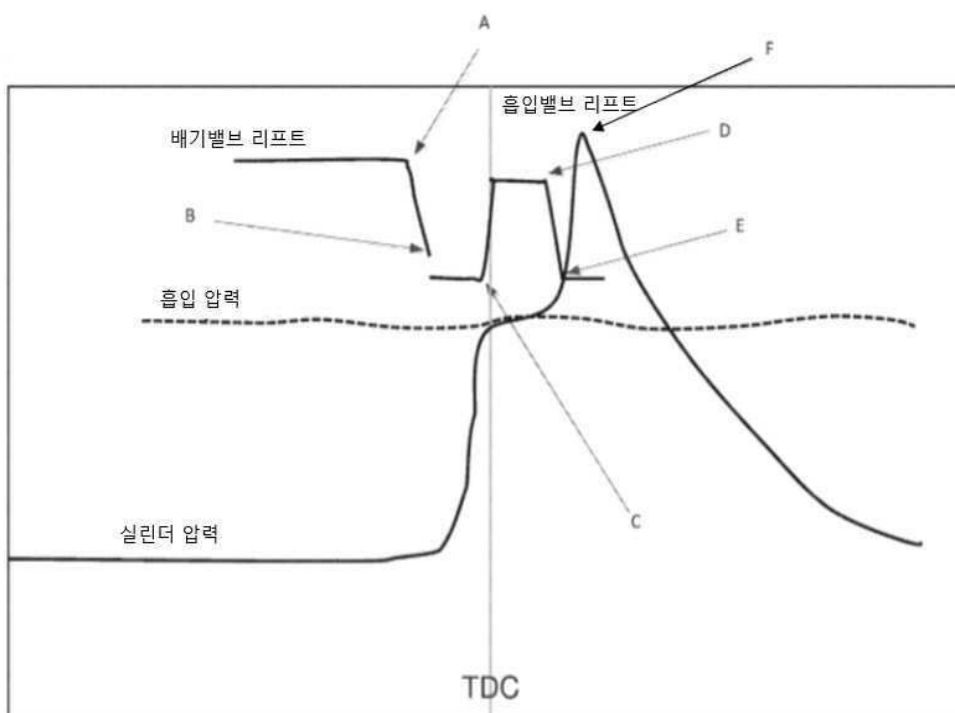
도면10a



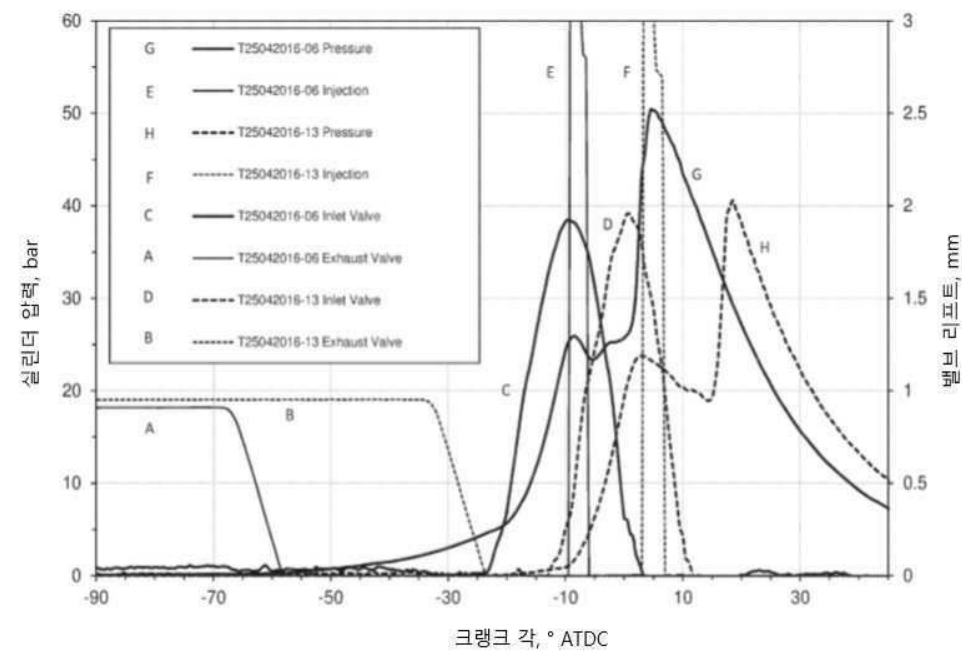
도면10b



도면11



도면12



도면13

