
(19) Korean Intellectual Property Office (KR) **(45) Publication Date** **October 14, 2013**
(12) Notice of Publication of Registration (B1) **of Registration:**
(11) Registration No.: **10-1317280**
(24) Registration Date: **October 4, 2013**

(51) Int. Cl. (73) Patentee
F02B 75/20 (2006.01) **F02M 61/18** (2006.01) **SCUDERI GROUP LLC**
F02M 61/14 (2006.01) 1111 Elm Street, Suite 33, West
Springfield, MA 01089 U.S.A.
(21) Appln. No.: **10-2011-7006147**
(22) Intl. Filing Date: **April 27, 2010**
Request Date for **March 17, 2011** (72) Inventor
Examination: **PHILLIPS, Ford**
(85) Translation submitted on: **March 17, 2011** 9303 Strong Box Way, San Antonio, TX
(65) Publication No.: **10-2011-0055659** 78254 U.S.A.
(43) Publication Date: **May 25, 2011**
(86) Intl. Appln. No.: **PCT/US2010/032472** (74) Patent Attorney
(87) Intl. Publication No.: **WO 2010/126849** **Young-Woo PARK**
Intl. Publication Date: **November 4, 2010**
(30) Priority Claim
61/215,146 May 1, 2009 US
(56) Searched Prior Art Document
JP2005307904 A*
WO2009020491 A1*
* cited by Examiner

Number of Claims in total: 23 claims

Examiner: Seok-Yeon LIM

(54) Title of the Invention
SPLIT-CYCLE ENGINE WITH DUAL SPRAY TARGETING FUEL INJECTION

(57) Abstract

An engine includes a rotatable crankshaft and an expansion piston slidably received within an expansion cylinder and operatively connected to the crankshaft. A crossover passage including walls connects a source of high pressure gas to the expansion cylinder. A crossover expansion (XovrE) valve is operable to control fluid communication between the crossover passage and the expansion cylinder. The XovrE valve includes a valve head and a valve stem extending from the valve head. A fuel injector operable to inject fuel into the crossover passage includes a plurality of spray holes disposed in a nozzle end and aimed at an at least one target at which fuel emitting from the spray holes is directed to form at least one spray pattern. The at least one target is located above a seated position of the XovrE valve head and between the walls of the crossover passage and the XovrE valve stem.

Fig. 4 for Publication



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월14일
(11) 등록번호 10-1317280
(24) 등록일자 2013년10월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02B 75/20 (2006.01) F02M 61/18 (2006.01)
F02M 61/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7006147
(22) 출원일자(국제) 2010년04월27일
심사청구일자 2011년03월17일
(85) 번역문제출일자 2011년03월17일
(65) 공개번호 10-2011-0055659
(43) 공개일자 2011년05월25일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/032472
(87) 국제공개번호 WO 2010/126849
국제공개일자 2010년11월04일
(30) 우선권주장
61/215,146 2009년05월01일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2005307904 A*
W02009020491 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
스쿠데리 그룹 엘엘씨
미국 01089 매사추세츠주 웨스트 스프링필드 스위트 33 엘름 스트리트 1111
(72) 발명자
필립스, 포드
미국 78254 텍사스주 샌안토니오 9303 스트롱 박스 웨이
(74) 대리인
박영우

전체 청구항 수 : 총 23 항

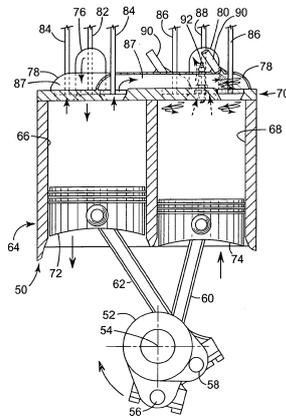
심사관 : 임석연

(54) 발명의 명칭 이중 분무 타겟팅 연료 분사기를 가진 스플릿-사이클 엔진

(57) 요약

스플릿-사이클 엔진은 회전가능한 크랭크샤프트와 팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결된 팽창 피스톤을 포함한다. 벽들을 포함하는 교차 통로는 고압가스의 소스를 상기 팽창 실린더로 연결한다. 교차팽창(XovrE) 밸브는 상기 교차 통로와 상기 팽창 실린더 사이의 유체 전달을 조절할 수 있다. 상기 교차팽창 밸브는 밸브 헤드와 상기 밸브 헤드로부터 연장된 밸브 스템을 포함한다. 상기 교차 통로들에 연료를 주입할 수 있는 연료 분사기는 노즐 단부에 배치된 복수개의 스프레이 홀들을 포함하고, 상기 스프레이 홀들은 상기 스프레이 홀들로부터 발사되는 연료가 향하는 적어도 하나의 타겟에 적어도 하나의 분사 패턴을 형성하도록 조준된다. 상기 적어도 하나의 타겟은 상기 교차팽창 밸브 헤드의 안착 위치의 상부와 상기 교차 통로와 상기 교차팽창 밸브 스템의 벽들 사이에 위치한다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

크랭크샤프트 축에 대해 회전가능한 크랭크샤프트;

팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동하는 팽창 피스톤;

벽들을 포함하며, 고압가스의 소스를 상기 팽창 실린더로 연결하는 교차 통로;

상기 교차 통로와 상기 팽창 실린더 사이의 유체 전달을 조절하며, 밸브 헤드와 상기 밸브 헤드로부터 연장된 밸브 스템을 포함하는 교차팽창(XovrE) 밸브; 및

상기 교차 통로로 연료를 주입하기 위한 연료 분사기를 포함하며,

상기 교차팽창 밸브는 외측 개방형 밸브이고,

상기 연료 분사기는 상기 연료 분사기의 노즐 단부에 배치된 복수개의 스프레이 홀들을 포함하고, 상기 스프레이 홀들은 상기 스프레이 홀들로부터 발사되는 연료가 향하는 적어도 하나의 타겟에 적어도 하나의 분사 패턴을 형성하도록 조준되고,

상기 적어도 하나의 타겟은 상기 외측 개방형 교차팽창 밸브의 안착 위치보다 상부와 상기 교차팽창 밸브 스템과 상기 교차 통로의 벽들의 일부분 사이에 위치하고,

상기 교차 통로의 벽들의 일부분은 상기 연료 분사기보다 상기 교차팽창 밸브 스템에 인접하게 위치하고,

상기 스프레이 홀들은 복수의 분사 패턴들을 형성하도록 복수의 분사 타겟들을 향하여 조준되며, 상기 타겟들은 상기 분사 패턴들이 상기 교차팽창 밸브의 상기 밸브 스템에 분기하도록(straddle) 위치하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서, 각각의 상기 스프레이 홀은 각각의 상기 스프레이 홀을 통해서 연장된 중심선을 가지며, 상기 스프레이 홀 중심선들이 상기 스프레이 홀들이 조준하는 상기 적어도 하나의 타겟을 통해서 지나가도록 상기 복수개의 스프레이 홀들이 배향(oriented)되어 있는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 교차팽창 밸브가 상기 교차팽창 밸브의 안착 위치보다 위로 기 설정된 타겟 리프트 거리를 올라갈 때, 상기 적어도 하나의 타겟 중 하나는 상기 복수개의 스프레이 홀들 중에서 하나의 스프레이 홀의 상기 중심선 위의 지점에 위치한 외경 타겟이며, 상기 지점에서 상기 중심선은 상기 교차팽창 밸브 헤드의 최대 외경과 교차하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 타겟 리프트 거리는 최대 교차팽창 밸브 리프트의 10에서 60퍼센트의 범위 이내인 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 6

제 3 항에 있어서, 상기 스프레이 홀 중심선들은 실질적으로 독립적으로 배향된 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 분사 패턴들의 개수는 상기 분사 타겟들의 개수와 동일한 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 교차 통로는 상기 교차팽창 밸브에 배치된 나선형의 단부를 포함하는 나선형 교차 통로이고, 상기 적어도 하나의 타겟은 상기 나선형 단부 내에 위치하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 나선형 단부는 시계 방향 또는 반시계 방향 중에서 하나로 나선형을 그리는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 10

삭제

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 고압가스의 소스는 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤을 포함하는 압축 실린더이며,

상기 교차 통로는 상기 팽창 및 압축 실린더들을 서로 연결하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 12

크랭크샤프트 축에 대해 회전가능한 크랭크샤프트;

팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동하는 팽창 피스톤;

고압가스의 소스를 상기 팽창 실린더로 연결하는 교차 통로;

상기 교차 통로와 상기 팽창 실린더 사이의 유체 전달을 조절하며, 밸브 스템을 포함하는 교차팽창(XovrE) 밸브; 및

상기 교차 통로로 연료를 주입하기 위한 연료 분사기를 포함하고,

상기 교차팽창 밸브는 외측 개방형 밸브이고,

상기 연료 분사기는 상기 연료 분사기의 노즐 단부에 배치되는 다수개의 스프레이 홀들을 포함하고, 상기 스프레이 홀들은 상기 스프레이 홀들로부터 방사되는 연료가 향하는 적어도 2개 또는 그 이상의 타겟들에 적어도 두 개의 연료 분무들을 형성하도록 조준되고,

상기 적어도 2개 또는 그 이상의 타겟은 상기 외측 개방형 교차팽창 밸브의 안착 위치보다 상부와 상기 교차팽창 밸브 스템과 상기 교차 통로의 벽들의 일부분 사이에 위치하고,

상기 교차 통로의 벽들의 일부분은 상기 연료 분사기보다 상기 교차팽창 밸브 스템에 인접하게 위치하고,

상기 적어도 2개의 연료 분무들은 상기 교차팽창 밸브의 상기 밸브 스템에 분기하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 각각의 상기 스프레이 홀은 각각의 상기 스프레이 홀을 통해서 연장된 중심선을 가지며, 각각의 상기 스프레이 홀 중심선이 연료가 조준하는 하나의 상기 타겟을 통해서 지나가도록 복수의 스프레이 홀들이 배향되어 있는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 하나의 상기 분사 패턴을 형성하는 상기 스프레이 홀들의 상기 중심선들은, 또 다른 상기 분사 패턴을 형성하는 상기 스프레이 홀들의 상기 중심선들이 배향되는 타겟과는 구별되는 타겟으로 배향되는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 15

제 13 항에 있어서, 상기 교차팽창 밸브는 상기 밸브 스템의 단부에 배치된 밸브 헤드를 포함하고, 상기 교차팽창 밸브가 상기 교차팽창 밸브의 안착 위치보다 위로 기 설정된 타겟 리프트 거리를 올라갈 때, 상기 타겟들 중 하나는 상기 복수개의 스프레이 홀들 중에서 적어도 하나의 상기 스프레이 홀의 중심선 위의 지점에 위치한 외경 타겟이며, 상기 지점에서 상기 중심선은 상기 교차팽창 밸브 헤드의 최대 외경과 교차하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 타겟 리프트 거리는 최대 교차팽창 밸브 리프트의 10에서 60퍼센트의 범위 이내인 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 17

제 12 항에 있어서, 상기 교차 통로는 상기 교차팽창 밸브에 배치된 나선형의 단부를 포함하는 나선형 교차 통로이고, 상기 2개 또는 그 이상의 타겟은 상기 나선형 단부 내에 위치하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 나선형 단부는 시계 방향 또는 반시계 방향 중에서 하나로 나선형을 그리는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 19

삭제

청구항 20

제 12 항에 있어서,
상기 고압가스의 소스는 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤을 포함하는 압축 실린더이며,
상기 교차 통로는 상기 팽창 및 압축 실린더들을 서로 연결하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 21

크랭크샤프트 축에 대해 회전가능한 크랭크샤프트;
팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동하는 팽창 피스톤;
벽들을 포함하며, 고압가스의 소스를 상기 팽창 실린더로 연결하는 교차 통로;
상기 교차 통로의 출구 단부에 배치되고, 상기 교차 통로와 상기 팽창 실린더 사이의 유체 전달을 조절하며, 밸브 헤드와 상기 밸브 헤드로부터 연장된 밸브 스템을 포함하는 교차팽창(XovrE) 밸브; 및
상기 교차 통로로 연료를 분사하기 위한 연료 분사기를 포함하며, 상기 교차팽창 밸브는 외측 개방형 밸브이고, 상기 연료 분사기는 상기 연료 분사기의 노즐 단부에 배치된 복수개의 스프레이 홀들을 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진에 있어서,
상기 스프레이 홀들로부터 발사된 연료가 향하는 두개의 타겟들 중 하나에 2개의 분사 패턴들을 형성하도록 각각의 상기 스프레이 홀을 조준하되, 상기 분사 패턴들이 상기 교차팽창 밸브 스템에 분기하도록 상기 두개의 타겟들은 상기 교차팽창 밸브 헤드의 안착 위치보다 상부와 상기 교차 통로와 상기 교차팽창 밸브 스템의 벽들의 일부분 사이에 위치하고, 상기 교차 통로의 벽들의 일부분은 상기 연료 분사기보다 상기 교차팽창 밸브 스템에 인접하게 위치하는 것을 특징으로 하는 단계;
상기 연료 분사기에서 상기 교차 통로의 출구 단부로 연료 주입을 개시하는 단계;

상기 교차팽창 밸브를 개방하는 단계; 및

상기 개방된 교차팽창 밸브의 폐쇄 이전에 연료의 주입을 종료하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진의 연료 주입 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 연료 주입을 상기 교차팽창 밸브의 개방 전에 시작하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 23

제 21 항에 있어서, 연료 주입을 상기 교차팽창 밸브의 개방 후에 시작하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

제 21 항에 있어서,

상기 개방된 교차팽창 밸브를 통해서 상기 교차 통로에서부터 상기 팽창 실린더로 공기 유동을 확립하는 단계; 및

하나의 상기 분사 패턴이 상기 교차팽창 밸브 스템을 위로 가로질러 움직이도록 끌어당겨지고, 다른 상기 분사 패턴과 합병하여 하나의 결합된 분무를 형성하도록 상기 두개의 분사 패턴들을 스위프(sweep)하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 결합된 분무를 상기 교차 통로의 상기 출구 단부의 가장자리로 끌어당기고 이에 의하여 상기 결합된 분무는 상기 교차팽창 밸브를 통해서 상기 교차 통로를 빠져나가는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

삭제

청구항 27

제 21 항에 있어서, 연료주입의 개시부터 연료주입의 종료까지의 주입 이벤트의 지속기간은 크랭크 각도 45도 이하인 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 내부 연소 엔진들에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 이중 분사 패턴들을 생성하는 연료 분사기들을 포함하는 스플릿-사이클 엔진에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 명확한 이해를 위해, 본 출원에서 사용되는 "종래의 엔진"이라는 용어는 오토(Otto) 사이클 또는 디젤(Diesel) 사이클로 널리 알려진 4행정(즉, 흡입, 압축, 팽창 및 배기 행정)이 상기 엔진의 각각의 피스톤/실린더 결합에 포함된 내부 연소 엔진을 의미할 때, 사용된다. 각각의 행정들은 상기 크랭크샤프트의 반회전(180도 크랭크 각도)을 필요로 하고, 상기 크랭크샤프트의 완전한 2회전(720도 크랭크 각도)이 종래 엔진의 각각의 실린더에서 전체의 오토 사이클 또는 디젤 사이클을 완료하기 위해서 필요로 하다.

[0003] 또한 명확한 이해를 위해 선행기술로서 개시되고, 본 출원에서 참조되는 "스플릿-사이클 엔진"이라는 용어에 대해 다음과 같은 정의가 제공된다.

[0004] 스플릿-사이클 엔진은,

[0005] 크랭크샤프트 축에 대해서 회전가능한 크랭크샤프트;

- [0006] 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복운동할 수 있는 압축 피스톤;
- [0007] 팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복운동할 수 있는 팽창(파워) 피스톤; 그리고
- [0008] 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키고, 그 사이에 위치한 압력 챔버를 정의하는 교차압축(XovrC) 밸브 및 교차팽창(XovrE) 밸브를 포함하는 교차 통로를 포함한다.
- [0009] 2003. 4. 8에 Carmelo J. Scuderi 에 허여된 미국등록특허 제6,543,225호(Scuderi 특허)와 2005. 10. 11에 David P. Branyon 등에 허여된 미국등록특허 제6,952,923호(Branyon 특허)는 각각 스플릿-사이클 엔진 및 유사한 유형의 엔진들에 대한 광범위한 논의를 포함한다. 더욱이, Scuderi 특허와 Branyon 특허는 본 발명이 추가적으로 개선요소를 부가한 엔진의 선행기술에 대한 세부적인 내용을 개시하고 있다. Scuderi 특허와 Branyon 특허는 모두 그것들 전체로서 여기에서 참조로 포함된다.
- [0010] 도 1에 의하면, Branyon과 Scuderi 특허들에 기재된 것과 유사한 유형의 종래 스플릿-사이클 엔진은 참조부호 8로 나타난다. 상기 스플릿-사이클 엔진은 종래 엔진의 인접한 2개의 실린더들을 한 개의 압축 실린더(12)와 한 개의 팽창 실린더(14)의 조합으로 교체한다. 실린더 헤드(33)는 전형적으로 팽창 및 압축 실린더들(12, 14)의 개방 단부에 위치하여, 상기 실린더들을 덮고 밀봉한다.
- [0011] 상기 오토 사이클의 4행정들은 2개의 실린더들(12, 14)에 "스플릿"되어, 압축 실린더(12)는 이와 관련된 압축 피스톤(20)과 함께 상기 흡입 및 압축 행정들을 수행하고, 팽창 실린더(14)는 이와 관련된 팽창 피스톤(30)과 함께 상기 팽창 및 배기 행정들을 수행한다. 그러므로 상기 오토 사이클은 이러한 2개의 실린더들(12, 14)에서 크랭크샤프트 축(17)에 대해서 크랭크샤프트(16)의 각 일회전(360도 크랭크 각도)에 대하여, 일회 완료된다.
- [0012] 상기 흡입 행정 동안, 흡입 공기가 상기 실린더 헤드에 위치한 흡입 포트(19)를 통해서 압축 실린더(12)로 이동한다. 내측 개방(상기 실린더 내측으로 개방) 포핏 흡입 밸브(18)는 흡입 포트(19)와 압축 실린더(12) 사이의 유체 전달을 제어한다.
- [0013] 상기 압축 행정 동안, 압축 피스톤(20)은 상기 공기 차지(charge)를 가압하고, 상기 공기 차지를 전형적으로 실린더 헤드(33)에 위치한 교차 통로(또는 포트(port))(22)로 이동시킨다. 이것은 압축 실린더(12)와 압축 피스톤(20)이 팽창 실린더(14)에 대한 흡입 통로로 역할을 하는 상기 교차 통로들에 대한 고압가스의 소스인 것을 의미한다. 실시예들에서 2개 또는 그 이상의 교차 통로들(22)은 압축 실린더(12)와 팽창 실린더(14)를 연결한다.
- [0014] 스플릿-사이클 엔진(8)의 (그리고 일반적 스플릿-사이클 엔진들을 위한) 압축 실린더(12)의 부피 압축비를 상기 스플릿-사이클 엔진의 "압축비"라 한다. 스플릿-사이클 엔진(8)의 (그리고 일반적 스플릿-사이클 엔진들을 위한) 팽창 실린더(14)의 부피 압축비를 상기 스플릿-사이클 엔진의 "팽창비"라 한다. 상기 기술분야에서 실린더의 부피 압축비는 그곳에서 왕복 운동하는 피스톤이 그것의 하사점 위치에 있을 때, 상기 실린더(모든 리세스(recess)를 포함)안에 밀폐(또는 포획)된 부피와 피스톤이 그것의 상사점 위치에 있을 때, 상기 실린더 안에 밀폐된 부피(예를 들어, 이격 부피(clearance volume))의 비율로 널리 알려져 있다. 특히 여기에서 정의된 스플릿-사이클 엔진들에서, 상기 교차압축 밸브가 폐쇄될 때, 압축 실린더의 상기 압축비가 결정된다. 또한, 특히 여기에서 정의된 스플릿-사이클 엔진들에서, 상기 교차팽창 밸브가 폐쇄될 때, 팽창 실린더의 상기 팽창비가 결정된다.
- [0015] 매우 높은 압축비들(예를 들어, 20 대 1, 30 대 1, 40 대 1, 또는 그 이상)로 인해서, 교차 통로 입구(25)에 위치한 외측 개방(상기 실린더로부터 외측으로 개방) 포핏 교차압축 밸브(24)는 압축 실린더(12)로부터 교차 통로(22)로 가는 흐름을 제어하는데 사용된다. 매우 높은 팽창비들(예를 들어, 20 대 1, 30 대 1, 40 대 1, 또는 그 이상)로 인해서, 교차 통로(22)의 출구(27)에 위치한 외측 개방 포핏 교차팽창 밸브(26)는 교차 통로(22)로부터 팽창 실린더(14)로 가는 흐름을 제어하는데 사용된다. 상기 오토 사이클의 모든 4행정 동안, 교차 통로(22)안의 압력을 최소 고압(전형적으로 전-부하 작동에서 20bar의 절대압력 또는 그 이상)으로 유지하도록 교차압축 및 교차팽창 밸브들(24, 26)의 위상과 작동속도가 타이밍 된다.
- [0016] 적어도 하나 이상의 연료 분사기(28)는 교차팽창 밸브(26)의 개방에 대응하여, 팽창 피스톤(30)이 그것의 상사점 위치에 도달하기 직전에, 교차 통로(22)의 출구 단부에서 상기 가압된 공기로 연료를 분사한다. 비록 일정동작 조건에서 상사점 위치에 도달하기 직전에 상기 공기/연료 차지가 들어가기 시작할 수도 있지만, 일반적으로 팽창 피스톤(30)이 그것의 상사점 위치에 도달한 직후에 상기 공기/연료 차지가 팽창 실린더(14)에

들어간다. 피스톤(30)이 그것의 상사점 위치로부터 내려오기 시작하면서, 그리고 교차팽창 밸브(26)가 여전히 개방되어 있는 동안, 스파크 플러그(32)(상기 스파크 플러그는 실린더(14)로 돌출된 스파크 플러그 팁(39)을 포함함)가 스파크 플러그 팁(39) 근처의 지역에서 점화하여 연소를 개시한다. 상기 팽창 피스톤이 그것의 상사점 위치 이후 1도에서 30도 크랭크 각도 사이에 있는 동안에 연소가 개시될 수 있다. 가장 바람직하게, 상기 팽창 피스톤이 그것의 상사점 위치 이후 10도에서 20도 크랭크 각도 사이에 있는 동안에 연소가 개시될 수 있다. 추가적으로 연소는 예열 플러그들, 마이크로파 점화 장치 또는 압축 점화 방법들과 같은 다른 점화 장치들 및/또는 방법들을 통해서 개시될 수 있다.

[0017] 연소가 개시된 이후이지만, 상기 결과적인 연소 이벤트(combustion event)가 교차 통로(22)에 들어가기 전에, 교차팽창 밸브(26)는 폐쇄된다. 상기 연소 이벤트는 팽창 피스톤(30)을 출력 행정 동안 하향으로 이끈다.

[0018] 상기 배기 행정동안, 배기가스들은 팽창 실린더(14)로부터, 실린더 헤드(33)에 위치한 배기 포트(35)를 통해서 외측으로 빠져나간다. 배기 포트(35)의 입구(31)에 위치한 내측 개방 포핏 배기 밸브(34)는 팽창 실린더(14)와 배기 포트(35) 사이의 유체 전달을 제어한다.

[0019] 상기 스플릿-사이클 엔진 개념에서, 압축(12) 및 팽창(14) 실린더들의 기하학적인 엔진 파라미터들(즉, 내경(bore), 스트로크(stroke), 커넥팅 로드(connecting rod) 길이, 부피 압축비(volumetric compression ratio), 등.)은 일반적으로 각각 독립적이다. 예를 들어, 압축 실린더(12)와 팽창 실린더(14) 각각의 크랭크 쏘로우(crank throw)(36, 37)는 다른 반지름을 가질 수 있고, 압축 피스톤(20)의 상사점 이전에 팽창 피스톤(30)의 상사점이 발생하도록, 각각이 서로 다른 위상을 가질 수 있다. 이러한 독립성은 스플릿-사이클 엔진(8)이 전형적인 4행정 엔진들에 비해서, 더 높은 효율 수준들과 더 큰 토크(torques)를 얻을 수 있게 한다.

[0020] 스플릿-사이클 엔진(8)에서 엔진 파라미터들의 기하학적인 독립성은 앞서 언급한 것처럼 왜 교차 통로(22)에서 압력을 유지할 수 있는지에 대한 주요한 이유들 중에 하나이다. 특히, 팽창 피스톤(30)은 압축 피스톤(20)이 상사점 위치에 도달하기보다 불연속 위상각도(전형적으로 10에서 30 크랭크 각도 사이)전에 상사점 위치에 도달한다. 교차압축 밸브(24)와 교차팽창 밸브(26)의 적절한 타이밍과 함께 이러한 위상 각도가 스플릿-사이클 엔진(8)이 상기 엔진의 압력/부피 사이클의 모든 4행정 동안, 교차 통로(22)안의 압력을 최소 고압(전형적으로 전-부하 작동에서 20bar의 절대압력 또는 그 이상)으로 유지할 수 있게 한다. 즉, 스플릿-사이클 엔진(8)은 상기 교차압축 및 교차팽창 밸브들이 모두 시간의 상당한 기간(또는 크랭크샤프트 회전의 기간)동안 개방되고, 상기 기간동안 팽창 피스톤(30)은 상사점 위치로부터 하사점 위치로 내려가고, 압축 피스톤(20)은 동시에 하사점 위치로부터 상사점 위치로 올라가도록 교차압축 밸브(24)와 교차팽창 밸브(26)가 시기를 맞출 수 있게 한다. 교차 밸브들(24, 26)이 모두 개방되는 상기 시간(또는 크랭크샤프트 회전)의 기간동안, 실질적으로 동일 질량의 가스가 (1) 압축 실린더(12)로부터 교차 통로(22)로 (2) 교차 통로(22)로부터 팽창 실린더(14)로 전달된다. 따라서 이 기간동안, 상기 교차 통로 안의 압력은 기 설정된 최소 압력(전형적으로 전-부하 작동에서 20, 30 또는 40bar의 절대압력) 이하로 떨어지는 것을 방지한다. 게다가, 상기 흡입 및 배출 행정들의 상당한 부분(전형적으로 상기 흡입 및 배출 행정 전체의 90% 또는 그 이상)동안, 교차압축 밸브(24)와 교차팽창 밸브(26)는 모두 폐쇄되어, 교차 통로(22)안의 갇힌 가스의 무게를 대체로 일정한 수준으로 유지한다. 결과적으로, 교차 통로(22)안의 압력은 상기 엔진의 압력/부피 사이클의 모든 4행정 동안 기 설정된 최소압력으로 유지된다.

[0021] 팽창 피스톤(30)이 그것의 상사점 위치에 도달하기 직전에 교차팽창 밸브(26)가 개방된다. 이때에, 교차 통로(22) 안의 최소 압력이 엔진 전-부하에서 전형적으로 20bar의 절대압력 또는 그 이상이고, 팽창 실린더(14) 안의 압력이 상기 배출 행정 동안 전형적으로 약 1bar에서 2bar사이의 절대압력이라는 사실 때문에, 교차 통로(22)안의 압력과 팽창 실린더(14)안의 압력의 압력비는 높다. 즉, 교차팽창 밸브(26)가 개방될 때, 교차 통로(22)안의 압력(전형적으로 전-부하에서 20 대 1 또는 그 이상)이 팽창 실린더(14)안의 압력보다 실질적으로 더 높다. 이러한 높은 압력비는 상기 공기 및/또는 연료 차지의 초기 유동을 일으켜서, 연료 차지가 높은 속도로 팽창 실린더(14)로 흐르도록 한다. 이러한 높은 유동 속도들은 소리의 속도에 도달할 수 있고, 음속 유동이라고 불린다. 음속 유동은 빠른 연소 이벤트를 일으키기 때문에, 이러한 음속 유동은 특히 스플릿-사이클 엔진(8)에 유용하다. 비록 팽창 피스톤(30)이 그것의 상사점 위치에서 내려올 때, 점화가 개시되더라도, 빠른 연소 이벤트는 스플릿-사이클 엔진(8)이 높은 연소 압력들을 유지할 수 있게 한다.

[0022] 연료 분사기들(28)은 상기 연료 분사기들의 상기 노즐 단부에 배치된 복수개의 스프레이 홀들을 포함하며, 상기 스프레이 홀들은 하나 또는 그 이상의 일반적으로 원뿔 모양의 분사 패턴들을 형성하도록 조준된다. 하지만 이들 변수들의 변동들이 최적의 연료 전달보다 낮은 결과를 야기하므로, 연료 분사기들(28)의 다양한 변수들과 스프레이 홀의 조준이 상기 팽창 실린더로의 연료의 적절한 운반을 보증하는데 대단히 중요하다. 이들 변수들의

일부는, 이에 의해서 한정되지는 않지만, 스프레이 홀들의 개수와 크기(즉, 직경), 상기 스프레이 홀들의 상기 스프레이 홀 타겟들의 개수와 위치, 분사기의 작동 압력과 온도, 상기 스프레이 홀들에 의해서 만들어진 연료 방울 크기, 및 상기 분사기들의 타이밍들을 포함한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0023] 본 발명은 엔진의 연료 분사기들의 스프레이 홀들이 특정한 타겟들에 조준되어 상기 엔진의 성능을 향상시키는 연료 분무들을 생성하는 상기 엔진으로의 연료 주입 장치 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0024] 보다 구체적으로, 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 엔진은 크랭크샤프트 축에 대해 회전가능한 크랭크샤프트를 포함한다. 팽창 피스톤은 팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동한다. 벽들을 포함하는 교차 통로는 고압가스의 소스를 상기 팽창 실린더로 연결한다. 교차팽창(XovrE) 밸브는 상기 교차 통로와 상기 팽창 실린더 사이의 유체 전달을 조절한다. 상기 교차팽창(XovrE) 밸브는 밸브 헤드와 상기 밸브 헤드로부터 연장된 밸브 스템을 포함한다. 연료 분사기 상기 교차 통로로 연료를 분사할 수 있다. 상기 연료 분사기는 연료 분사기의 노즐 단부에 배치된 복수개의 스프레이 홀들을 포함하고, 상기 스프레이 홀들은 상기 스프레이 홀들로부터 발사되는 연료가 향하는 적어도 하나의 타겟에 적어도 하나의 분사 패턴을 형성하도록 조준된다. 상기 적어도 하나의 타겟은 상기 교차팽창 밸브의 안착 위치 상부와 상기 교차팽창 밸브 스템과 상기 교차 통로의 벽 사이에 위치한다.

[0025] 상기 교차팽창 밸브는 외측 개방형 밸브일 수 있다. 상기 스프레이 홀들은 복수의 분사 패턴들을 형성하도록 복수의 분사 타겟들을 향하여 조준되며, 상기 타겟들은 상기 분사 패턴들이 상기 교차팽창 밸브의 상기 밸브 스템에 분기하도록(straddle) 위치할 수 있다. 각각의 스프레이 홀은 각각의 스프레이 홀을 통해서 연장된 중심선을 가질 수 있으며, 상기 스프레이 홀 중심선들이 상기 스프레이 홀들이 조준하는 적어도 하나의 타겟을 통해서 지나가도록 복수개의 스프레이 홀들이 배향(oriented)되어 있다. 상기 교차팽창 밸브가 상기 교차팽창 밸브의 안착 위치보다 위로 기 설정된 타겟 리프트 거리를 올라갈 때, 상기 적어도 하나의 타겟 중 하나는 상기 복수개의 스프레이 홀들 중에서 하나의 스프레이 홀의 상기 중심선 위의 지점에 위치한 외경 타겟일 수 있으며, 상기 지점에서 상기 중심선은 상기 교차팽창 밸브 헤드의 최대 외경과 교차한다. 상기 타겟 리프트 거리는 최대 교차팽창 밸브 리프트의 10에서 60퍼센트의 범위 내 일 수 있고, 바람직하게는 최대 교차팽창 밸브 리프트의 15에서 40퍼센트의 범위 내 일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 최대 교차팽창 밸브 리프트의 20에서 30퍼센트의 범위 내 일 수 있다.

[0026] 상기 스프레이 홀 중심선들은 실질적으로 독립적으로 배향될 수 있다. 상기 분사 패턴들의 개수는 상기 분사 타겟들의 개수와 동일할 수 있다.

[0027] 상기 교차 통로는 상기 교차팽창 밸브에 배치된 나선형의 단부를 포함하는 나선형 교차 통로일 수 있다. 상기 적어도 하나의 타겟은 상기 나선형 단부 내에 위치할 수 있다. 상기 나선형 단부는 시계 방향 또는 반시계 방향 중에서 하나로 나선형을 그릴 수 있다.

[0028] 상기 고압가스의 소스는 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤을 포함하는 압축 실린더일 수 있다. 상기 교차 통로는 상기 팽창 및 압축 실린더들을 서로 연결한다.

[0029] 또 다른 예시적인 실시예에서, 본 발명에 따른 엔진은 크랭크샤프트 축에 대해 회전가능한 크랭크샤프트를 포함한다. 팽창 피스톤은 팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동한다. 교차 통로는 고압가스의 소스를 상기 팽창 실린더로 연결한다. 교차팽창(XovrE) 밸브는 상기 교차 통로와 상기 팽창 실린더 사이의 유체 전달을 조절한다. 상기 교차팽창 밸브는 스템을 포함한다. 연료 분사기는 상기 교차 통로로 연료를 주입할 수 있다. 상기 연료 분사기는 상기 연료 분사기의 노즐 단부에 배치되는 다수개의 스프레이 홀들을 포함하고, 상기 스프레이 홀들은 상기 스프레이 홀들로부터 발사되는 연료가 향하는 적어도 2개 또는 그 이상의 타겟들에 적어도 2개의 연료 분무들을 형성하도록 조준된다. 상기 적어도 2개의 연료 분무들은 상기 교차팽창 밸브의 상기 밸브

브 스템에 분기한다.

- [0030] 각각의 상기 스프레이 홀은 각각의 상기 스프레이 홀을 통해서 연장된 중심선을 가질 수 있다. 각각의 상기 스프레이 홀 중심선이 연료가 조준하는 하나의 상기 타겟을 통해서 지나가도록 복수의 스프레이 홀들이 배향될 수 있다. 하나의 상기 분사 패턴을 형성하는 상기 스프레이 홀들의 상기 중심선들은, 또 다른 상기 분사 패턴을 형성하는 상기 스프레이 홀들의 상기 중심선들이 배향되는 타겟과는 구별되는 타겟으로 배향된다.
- [0031] 상기 교차팽창 밸브는 상기 밸브 스템의 단부에 배치된 밸브 헤드를 포함할 수 있다. 상기 교차팽창 밸브는 또한 외측 개방 밸브일 수 있다. 상기 타겟들 중 하나는 상기 스프레이 홀들 중에서 적어도 하나의 상기 스프레이 홀의 중심선 위의 지점에 위치한 외경 타겟일 수 있으며, 상기 교차팽창 밸브가 상기 교차팽창 밸브의 안착 위치보다 위로 기 설정된 타겟 리프트 거리를 올라갈 때, 상기 지점에서 상기 중심선은 상기 교차팽창 밸브 헤드의 최대 외경과 교차한다. 상기 타겟 리프트 거리는 최대 교차팽창 밸브 리프트의 10에서 60퍼센트의 범위 이내일 수 있고, 바람직하게는 최대 교차팽창 밸브 리프트의 15%에서 40%의 범위 이내일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 최대 교차팽창 밸브 리프트의 20%에서 30%의 범위 이내일 수 있다.
- [0032] 상기 교차 통로는 상기 교차팽창 밸브에 배치된 나선형의 단부를 포함하는 나선형 교차 통로일 수 있다. 상기 2개 또는 그 이상의 타겟은 상기 나선형 단부 내에 위치할 수 있다. 상기 나선형 단부는 시계 방향 또는 반시계 방향 중에서 하나로 나선형을 그릴 수 있다.
- [0033] 상기 고압가스의 소스는 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤을 포함하는 압축 실린더일 수 있다. 상기 교차 통로는 상기 팽창 및 압축 실린더들을 서로 연결한다.
- [0034] 또 다른 실시예에서, 엔진에 연료를 주입하는 방법이 개시되어 있다. 상기 엔진은 크랭크샤프트 축에 대해 회전 가능한 크랭크샤프트를 포함한다. 팽창 피스톤은 팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동한다. 벽들을 포함하는 교차 통로는 고압가스의 소스를 상기 팽창 실린더로 연결한다. 교차팽창(XovrE) 밸브는 상기 교차 통로의 출구 단부에 배치되고, 상기 교차 통로와 상기 팽창 실린더 사이의 유체 전달을 조절한다. 상기 교차팽창 밸브는 밸브 헤드와 상기 밸브 헤드로부터 연장된 밸브 스템을 포함한다. 연료 분사기는 상기 교차 통로로 연료를 분사할 수 있다. 상기 연료 분사기는 연료 분사기의 노즐 단부에 배치된 복수개의 스프레이 홀들을 포함한다. 상기 스프레이 홀들로부터 발사된 연료가 향하는 2개의 타겟들 중 하나에 2개의 분사 패턴들을 형성하도록 각각의 상기 스프레이 홀을 조준한다. 상기 분사 패턴들이 상기 교차팽창 밸브 스템에 분기하도록 상기 2개의 타겟들은 상기 교차팽창 밸브 헤드의 안착 위치 상부와 상기 교차 통로와 상기 교차팽창 밸브 스템의 벽들 사이에 위치한다. 연료의 주입은 상기 연료 분사기로부터 시작되어 상기 교차 통로의 출구 단부로 향한다. 상기 교차팽창 밸브는 개방된다. 연료의 주입은 상기 개방된 교차팽창 밸브의 폐쇄 전에 종료된다.
- [0035] 상기 교차팽창 밸브는 상기 팽창 실린더에 대하여 외측으로 개방될 수 있다. 연료 주입은 상기 교차팽창 밸브의 개방 전에 또는 개방 후에 시작될 수 있다. 상기 방법은 상기 개방된 교차팽창 밸브를 통해서 상기 교차 통로에 서부터 상기 팽창 실린더로 공기 유동을 확립하는 단계; 하나의 상기 분사 패턴이 상기 교차팽창 밸브 스템을 위로 가로질러 움직이도록 끌어당겨지고, 다른 상기 분사 패턴과 합병하여 하나의 결합된 분무를 형성하도록 상기 두개의 분사 패턴들을 스위프(sweep)하는 단계; 및 상기 결합된 분무를 상기 교차 통로의 상기 출구 단부의 가장자리로 끌어당기고 이에 의하여 상기 결합된 분무는 상기 교차팽창 밸브를 통해서 상기 교차 통로를 빠져나가는 단계를 더 포함할 수 있다. 연료주입의 개시부터 연료주입의 종료까지의 주입 이벤트의 지속기간은 대략적으로 크랭크 각도 45도 이하이고, 바람직하게는 크랭크 각도 40도 이하이며, 보다 바람직하게는 크랭크 각도 35도 이하일 수 있다.
- [0036] 상기 발명의 이런 특징들 및 다른 특징들과 이점들은 수반되는 도면들과 함께 하기의 실시예들을 통해 더욱 완전하게 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1은 종래의 스플릿-사이클 엔진의 단면도이다.
- 도 2는 입구 매니폴드를 엔진 실린더 헤드의 입구 밸브에 연결하는 나선형 통로의 사시도이다.
- 도 3은 상기 나선형 통로의 또 다른 사시도이다.

도 4는 도 5의 4-4 라인을 따라 절단한 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 스플릿-사이클 엔진의 단면도이다.

도 5는 도 4의 상기 스플릿-사이클 엔진의 평면도이다.

도 6은 상기 엔진의 실린더 헤드와 통로들의 내부를 나타내는 상기 스플릿-사이클 엔진의 부분의 사시도이다.

도 7은 상기 스플릿-사이클 엔진의 연료 분사기의 사시도이다.

도 8은 도 7의 8-8 라인을 따라 바라본 연료 분사기의 확대 정면도이다.

도 9는 도 8의 9-9 라인을 따라 절단한 상기 연료 분사기의 단면도이다.

도 10은 상기 분사기의 스프레이 홀을 통해서 배출되는 연료에 의해서 형성되는 연료 분사 패턴들을 나타내는 상기 연료 분사기의 사시도이다.

도 11은 상기 엔진 통로들로의 연료의 주입을 나타내는 상기 스플릿-사이클 엔진의 일부분의 사시도이다.

도 12는 상기 엔진의 팽창 실린더에 걸쳐진 삼차원 데카르트 좌표계의 X-Y 평면을 나타내는 사시도이다.

도 13은 도 12의 13-13 라인을 따라 절단한 상기 삼차원 데카르트 좌표계의 Y-Z 평면을 나타내는 단면도이다.

도 14는 도 12의 14-14 라인을 따라 절단한 단면도이다.

도 15는 외경(OD) 타겟들과 파이어덱(firedeck) 타겟들의 상기 데카르트 좌표를 나타내는 분사 타겟 위치도의 예시적인 실시예이다.

도 16은 상기 엔진의 상기 팽창 실린더와 관련된 통로들의 내부를 나타내는 상기 스플릿-사이클 엔진의 일부분의 평면도이다.

도 17은 상기 엔진 교차 통로들의 나선형 단부들로 연료 분무 주입의 개시를 도식적으로 나타낸 도 16의 상기 엔진의 평면도이다.

도 18은 상기 통로들 내에서 공기 흐름이 상기 연료 분무들의 궤적에 영향을 미치기 시작하게 하는, 상기 통로들 내의 엔진 밸브들의 개방을 도식적으로 나타내는 평면도이다.

도 19는 상기 연료 분무들이 상기 공기 흐름에 휩쓸려서, 상기 연료 분무들의 궤적의 왜곡을 도식적으로 나타내는 평면도이다.

도 20은 연료 분무들이 밸브 스템을 가로질러 움직이고 다른 연료 분무와 합쳐지기 시작하는 것을 도식적으로 나타내는 평면도이다.

도 21은 상기 합쳐진 연료 분무들이 상기 나선형 단부들의 먼 모서리로 움직이는 것을 도식적으로 나타내는 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 도 2 및 도 3을 참조하면, 명확한 이해를 위하여, (여기서 설명되는) 나선형 통로(38)는 전형적으로 종래 엔진 내에서 입구 매니폴드를 실린더 헤드의 입구 밸브에 연결하는 연결 통로(포트)이다. 나선형 통로(38)의 하류 부분(downstream portion)은 입구 밸브(41)에 배치된 나선형 단부(40)에 완전하게 연결된 대체적으로 곧은 런너부(generally straight runner section)(39)를 포함한다. 입구 밸브(41)는 스템(42)과 헤드(43)를 포함하고, 그 중에 헤드(43)는 실린더(도시되지 않음)에 대해서 열려있다. 나선형 단부(40)의 유동 영역은 밸브 스템(42) 주위의 원주형이고 하강하는 깔때기(44)에 배치되고, 상기 깔때기는 단부(40)의 내경(bore)(46)으로 들어간다. 유입되는 공기가 상기 실린더에 들어가기 전에, 밸브 스템(42)에 대해서 회전하게 강제하도록, 깔때기(44)는 밸브 스템(42)에 대해서 적어도 3분의 1 바퀴, 그리고 바람직하게는 2분의 1바퀴와 4분의 3바퀴 사이로 나선형을 그린다. 깔때기(44)가 밸브 스템(42)의 주위를 나선형으로 돌도록, 깔때기(44)의 천장(47)은 높이가 낮아진다.

[0039] 런너부(runner section)(39)는 선택적으로 상기 실린더에 대해서 접선으로 또는 방사상으로 배향될 수 있고, 그러한 배향은 연료/공기 차지가 상기 실린더로 들어갈 때, 연료/공기 차지의 벌크 흐름 방향을 결정한다. 또한, 선택적으로, 각각의 나선형 단부(40)는 시계 방향 또는 반시계 방향으로 나선형을 그리고, 그러한 회전 방향은 상기 연료/공기 차지가 상기 실린더로 들어올 때, 상기 연료/공기 차지가 가지는 회전 또는 스핀 방향을 결정한다.

- [0040] 도 4 및 도 5를 참조하면, 참조부호 50은 일반적으로 본 발명의 실시예에 따른 각각의 교차 통로(78)의 하류 부분에 배치된 연료 분사기(90)를 포함하는 이중 접선방향 나선형 교차 통로(78)를 갖는 스플릿-사이클 엔진을 나타낸다. 스플릿-사이클 엔진(50)은 도 1에 도시되고 설명된 종래 기술의 스플릿-사이클 엔진과 기능적으로 그리고 구조적으로 유사하다.
- [0041] 엔진(50)은 상기 도면들에 도시된 바와 같이 크랭크샤프트 축(54)에 대해서 시계방향으로 회전가능한 크랭크샤프트(52)를 포함한다. 크랭크샤프트(52)는 각각이 커넥팅 로드들(60, 62)에 연결되고, 근접한 각도로 떨어져서 선행하고 후행하는 크랭크 크로우들(56, 58)을 포함한다.
- [0042] 엔진(50)은 한 쌍의 인접한 실린더들에 의해서 정의되는 실린더 블록(64)을 더 포함한다. 특히, 엔진(50)은 크랭크샤프트(52)의 반대쪽인 상기 실린더들의 상단부에 있는 실린더 헤드(70)에 의해서 폐쇄되는 압축 실린더(66)와 팽창 실린더(68)를 포함한다.
- [0043] 압축 피스톤(72)은 압축 실린더(66) 내에 수용되며, 상사점(TDC)과 하사점(BDC) 사이에서 피스톤(72)의 왕복운동 동안 후행하는 커넥팅 로드(62)에 연결된다. 팽창 피스톤(74)은 팽창 실린더(68) 내에 수용되며, 유사한 상사점/하사점(TDC/BDC) 왕복운동 동안 선행하는 커넥팅 로드(60)에 연결된다.
- [0044] 실린더 헤드(70)는 가스가 유입, 배출, 그리고 실린더들(66, 68) 사이에 흐르기 위한 구조를 제공한다. 가스 유동을 위해서, 실린더 헤드(70)는 흡입된 공기가 압축 실린더(66)로 끌려가는 흡입 통로(76), 압축된 공기가 압축 실린더(66)에서부터 팽창 실린더(68)로 이동되는 한 쌍의 접선방향의 나선형 교차(Xovr) 통로들(78), 및 소비된 가스들이 팽창 실린더(68)로부터 배출되는 배출 통로(80)를 포함한다.
- [0045] 압축 실린더(66) 내부로의 가스 흐름은 내측 개방 포핏 흡입 밸브(82)에 의해서 조절된다. 각각의 나선형 교차 통로(78) 내부 및 외부로의 가스 흐름은 한 쌍의 외측 개방 포핏 밸브들, 즉, 나선형 교차 통로들의 입구 단부들에 있는 교차압축(XovrC) 밸브들(84)과 상기 나선형 교차 통로들의 출구 단부에 있는 교차팽창(XovrE) 밸브들(86)에 의해서 조절된다. 각 쌍의 교차 밸브들(84, 86)은 이에 대응하는 교차 통로들 내에서 그들 사이의 압력 챔버(87)를 정의한다. 배출 통로(80)를 빠져나가는 배출 가스 흐름은 내측 개방 포핏 배출 밸브(88)에 의해서 조절된다. 이들 밸브들(82, 84, 86 및 88)은 기계적으로 구동되는 캠(cam), 가변밸브 구동기술 또는 그밖에 유사한 것과 같이 어떤 적절한 방식으로도 작동된다.
- [0046] 각각의 나선형 교차 통로(78)는 상기 나선형 교차 통로 내에 배치된 적어도 하나의 고압 연료 분사기(90)를 포함한다. 연료 분사기들(90)은 나선형 교차 통로들(78)의 압력 챔버들(87) 내의 압축된 공기의 차지로 연료를 주입할 수 있다.
- [0047] 엔진(50)은 또한 하나 또는 그 이상의 점화 플러그들(92) 또는 다른 점화 장치들을 포함한다. 점화 플러그들(92)은 팽창 실린더(68)의 단부의 적절한 장소들에 위치하여 혼합된 연료 및 공기 차지는 상기 팽창 행정 동안 점화되고 연소된다.
- [0048] 도 6을 참조하면, 배출 통로(80)와 이중 접선방향 나선형 교차 통로들(78)의 하류 부분을 포함하는 통로들과 실린더 헤드(70)의 내부를 나타내는 확대도가 도시되어 있다. 연료 분사기들(90)은 교차 통로들(78)의 각각의 하류 부분에 배치되어, 교차팽창 밸브들(86)이 작동하는 동안, 상기 공기 흐름에 연료를 주입한다. 여기에서 매우 자세히 논의될 것처럼, 분사기들(90)로부터의 상기 연료 분무(도시되지 않음)는 팽창 실린더(68)로의 상기 연료/공기 차지의 흐름과 분배를 최적화하기 위해서 조준된다.
- [0049] 이전에 논의된 것과 같이, 연료/공기 차지는 교차 통로들(78)에서부터 팽창 실린더(68)로 흘러가야 하고, 여기에서 상기 팽창 행정 동안 상기 연료/공기 차지는 연소되고, 상기 연소의 결과물은 상기 배기 행정 동안 배기 통로(80)를 통해서 결국 배출된다. 연소하기 전에, 상기 연료/공기 차지는 빠르게 혼합되어, 팽창 실린더(68)에 완전히 분산되어야 한다.
- [0050] 양쪽의 교차 통로들(78)은 상기 외측 개방 포핏 교차팽창 밸브(86)의 위에 위치한 시계방향 나선형 단부(102)에 완전히 연결된 대체적으로 곧은 접선방향 런너부(generally straight tangential runner section)(100)로 구성되어 있다.
- [0051] 도 6의 실시예에 따르면, 각각의 시계방향 나선형 단부(102)는 내경(bore)(108)에 수용된 밸브 스템(106)에 대해서 시계방향으로 나선형을 그리는 깔때기(104)를 포함하며, 상기 내경을 통해서 각각의 외측 개방형 교차팽창 밸브(106)의 상기 밸브 스템은 연장된다. 나선형 깔때기(104)는 유입되는 공기가 팽창 실린더(68)에 들어가기 전에 밸브 스템(106)에 대해서 회전하게 한다. 상기 밸브 스템은 외측 개방 밸브 헤드(109)를 지탱하고, 상기

밸브가 안착(seated)될 때, 상기 외측 개방 밸브 헤드는 부분적으로 압력 챔버(87) 내의 압력에 의해서 폐쇄된 상태로 유지된다.

[0052] 각각의 런너부(100)는 팽창 실린더(68)의 주면부에 대해서 접선을 이룬다. 즉, 각각의 런너부(100)는 유동 경로에서 공기 유동을 깔때기(104)로 향하도록 하고, 상기 유동 경로는 상기 밸브 스템에 대해서 가장 가까운 팽창 실린더(68)의 주면부에 있는 지점을 통해서 연장된 접선에 대해서 대략적으로 평행(즉, 바람직하게 20도 내외, 보다 바람직하게 10도 내외, 가장 바람직하게 5도 내외)하다. 밸브 스템(106)은 외측 개방 밸브 헤드(109)를 지탱하고, 상기 밸브가 안착될 때, 상기 외측 개방 밸브 헤드는 부분적으로 상기 압력 챔버 내의 압력에 의해서 폐쇄된 상태로 유지된다. 양쪽의 나선형 단부들(102)이 같은 방향으로 나선형을 그리는 이중 접선방향 나선형 교차 통로의 조합은 스플릿-사이클 엔진(50) 내에서, 공기/연료의 빠른 혼합을 크게 촉진시킨다는 것이 발견되었다. 본 실시예는 양쪽의 나선형 단부들(102)이 시계방향으로 나선형을 그리는 것을 묘사하지만, 또 다른 실시예들에서는 양쪽의 나선형 단부들(102)은 반시계방향으로 나선형을 그리는 것이 선호될 수 있다.

[0053] 도 7, 도 8 및 도 9를 참조하면, 분사기(90)의 사시도가 도 7에 도시되어 있고, 분사기(90)와 관련된 분사기 팁(120)의 확대 정면도가 도 8에 도시되어 있고, 도 8의 9-9 라인을 따라 절단한 팁(120)의 확대 측면도가 도 9에 도시되어 있다. 본 예시적인 실시예에서, 분사기 팁(120)은 분사기 팁 센터(124)(도 8에서 가장 잘 보임)의 주위에 원주방향으로 배치된 복수의 6개의 분사기 스프레이 홀들(122)을 포함한다. 비록 6개의 스프레이 홀들이 본 실시예에서 나타나있지만, 어떤 타당한 숫자의 홀들이 분사기 팁(120)에 배치될 수 있다(즉, 1 내지 8 또는 그 이상). 각각의 분사기 스프레이 홀(122)은 직경 및/또는 길이 면에서 다양하고, 각각의 홀(122)은 상기 홀을 통해서 연장되는 스프레이 홀 중심선(126)을 포함한다(도 9에서 가장 잘 보임).

[0054] 홀들(122)의 스프레이 홀 중심선(126)들 각각은 대체로 독립적으로 배향(조준)되어서 연료가 엔진(50)의 기하학적 구조 내에 있는 독립된 개별의 타겟 또는 복수의 공동된 타겟들을 향하도록 하는 것이 중요하다. 즉, 연료 분사기(90)가 엔진(50)에 탑재될 때, 각각의 홀(122)의 연장된 중심선(126)이 일반적으로 엔진(50)의 기하학적 구조 내에 있는 특정 타겟을 통과해서 지나가도록 홀들(122)은 배향되고, 홀(122)로부터 발사되는 상기 연료는 상기 방향을 향하도록 한다. 모든 홀들(122)이 조준되는 방향에는, 홀들(122)의 개수만큼의 타겟들이 있을 수 있거나, 하나의 타겟 이상은 없을 수도 있으며, 또는 다양한 그룹의 홀들이 조준되는 방향에는 그 사이(하나와 홀의 개수 사이)의 많은 타겟들이 있을 수 있다. 도 10을 참조하고, 도 8 및 도 9를 다시 참조하면, 분사기(90)의 각각의 스프레이 홀(122)은 연료를 발사하고, 만약 연료가 발사될 때, 다른 외부의 힘(즉, 높은 공기 유동)이 작용하지 않는다면, 상기 연료들이 스프레이 홀(122)로부터 횡단해가면서, 상기 연료들은 일반적으로 원뿔형의 연료 분사 패턴(또는 연료 분무)으로 펼쳐진다. 원뿔형의 분사 패턴들의 개수는 홀들(122)이 조준되는 타겟들의 개수와 일치한다. 본 예시적인 실시예에서, 제1 그룹의 3개의 홀들이 조준하는 2개의 타겟 중에 첫 번째 타겟과 제2 그룹의 3개의 홀들이 조준하는 2개의 타겟 중에 두 번째 타겟을 포함하는 2개의 타겟(도시되지 않음)이 있다. 결과적으로, 2개의 그룹 각각으로부터의 상기 분무들은 결합되어 2개의 별개의 일반적으로 원뿔형상의 분사 패턴(128, 130)을 형성한다. 각각의 분사 패턴(128, 130)은 각각의 타겟에 조준되는 각각의 분사 패턴 중심선(132, 134)을 포함한다. 즉, 중심선들(132, 134)은 일반적으로 각각의 분사기 팁(120)의 분사기 팁 중심(124)으로부터 상기 타겟을 향해서 그리고 상기 타겟을 통해서 연장된다. 게다가, 스프레이 홀(122)의 중심으로부터 분사기 팁 중심(124)으로의 짧은 거리를 제외하고, 각각의 원뿔형의 분사 패턴(128, 130)의 중심선(132, 134)은 동일한 타겟에 조준되는 각각의 스프레이 홀(122)의 각각의 중심선(126)과 실질적으로 일치선이 된다.

[0055] 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 복수개의 스프레이 홀들(122)(및 스프레이 홀들의 중심선들(126))이 조준되는 타겟들이 매우 근접하므로, 각각의 복수개의 홀들(122)로부터의 상기 연료 분무들이 결합하여 하나의 별개의 일반적으로 원뿔형의 분사 패턴을 형성할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 여기에서의 목적을 위해, 상기 분무들이 결합하여 하나의 분사 패턴을 형성할 때, 홀들(122)은 동일한 타겟에 조준되어 있는 것으로 생각할 수 있다.

[0056] 도 11을 참조하면, 사시도는, 도 6과 유사하게, 배출 통로(80)와 이중 접선방향 나선형 교차 통로들(78)의 하류 부분을 포함하는 통로들과 실린더 헤드(70)의 내부를 도시한다. 연료 분사기들(90)은 교차 통로들(78)의 하류 부분에 배치된다. 교차 통로들(78)의 나선형 단부들(102)을 건너서 이중의 연료 분무들 발사하도록 연료 분사기들(90)은 활성화 된다. 이중의 연료 분무들(128, 130)은 교차팽창 밸브(86)들의 밸브 스템들(106)에 분기하도록 조준된다. 상기 분사기들은 전형적으로 가솔린 고압(예를 들어, 20-200bar)을 위해서 설계된다. 따라서 분사기들은 교차(Xovr) 포트들(78)의 고압과 고온 환경에서 작동하도록 설계된다.

- [0057] 연료 분사기로부터의 연료 분무들이 팽창 실린더(68)로 최적의 연료/공기 유동과 분배를 위해서 조준될 때, 여러 가지 요소들이 고려되어야 한다. 일반적으로 연료 분무들(128, 130)은 저온의 표면들에 가능한 가장 적은 영향을 미치고, 최대 공기 유동의 면적에 가능한 가장 많이 향하도록 조준되어야 한다. 엔진(50)의 경우, 피해야 하는 상대적으로 저온의 표면은 상기 교차 통로(나선형 단부들(102)을 포함함)의 상기 벽들과 교차팽창 밸브들(86)의 밸브 스템들(106)이다. 교차팽창 밸브 헤드들(109)은 비교적 고온의 표면을 포함한다. 하지만, 교차팽창 밸브 헤드들(109)이 안착될 때, 상기 교차팽창 밸브 헤드들은 일반적으로 나선형 부분(102)에서 소용돌이치는 상기 공기의 주요한 유동 경로에서부터 떨어져서 위치하고, 또한 피해져야만 한다. 따라서 연료 분무들(128, 130)은 밸브 헤드들(109)의 안착 위치보다 상부에 위치하고, 나선형 단부들(102)과 밸브 스템들(106)의 사이에 위치한 타겟에 조준된다.
- [0058] 게다가 연료 방울 크기는 상기 연료/공기 유동을 최적화하는데 또 다른 중요한 요소이다. 일반적으로, 큰 연료 방울들은 작은 연료 방울들보다 큰 모멘텀을 가지지만, 더 천천히 증발한다. 만약 상기 연료 방울들이 지나치게 큰 경우, 상기 연료 방울들은 주요한 공기 유동 경로로 잘 이동될 수 있으나, 충분히 빠른 속도로 증발하지 않을 것이고, 나선형 단부(102)의 저온의 벽에 영향을 미칠 수 있어, 상기 저온의 벽에서 액체 연료로 응집되어서, 적절히 연소되지 않는다. 만약, 연료 방울들이 지나치게 작은 경우, 상기 연료 방울들은 빠르게 증발하지만, 상기 주요한 공기 유동 경로로 이동하고, 상기 팽창 실린더로 들어가는데 충분한 모멘텀을 가지지 못한다. 또한 일반적으로, 분사 패턴들의 개수가 커질수록, 주어진 차지(무게)의 연료에서, 스프레이 홀(122)들의 직경과 상기 방울 크기가 작아진다.
- [0059] 스플릿-사이클 엔진(50)의 예시적인 실시예들에서, 2개의 구별되는 타겟들을 가지는 이중의 연료 분사 패턴들(128, 130)은 상기 방울 크기들을 최적화하여, 가장 잘 작동한다. 즉, 하나의 분사 패턴은 지나치게 커서 나선형 단부(102)의 저온의 표면에 지나치게 영향을 미치는 방울들을 형성할 것이다. 반대로, 3개 또는 그 이상의 분사 패턴들이 형성하는 방울들은 지나치게 작아서 나선형 단부(102)를 건너서 이동하고 팽창 실린더(68)로 들어가는 상기 주요한 공기 유동 경로와 혼합되는데 충분한 모멘텀을 가지지 못한다.
- [0060] 도 12 및 도 13을 참조하면, 삼차원 데카르트 좌표계(X, Y 및 Z축을 포함)는 엔진(50)에 겹쳐지고, 보다 분명히, 팽창 실린더(68)에 겹쳐진다. 도 12는 상기 좌표계의 Y-X 평면(즉, Z=0)을 나타낸다. 도 13은 도 12에서 13-13라인을 따라 절단한 단면도이고, 도 13은 상기 좌표계의 Y-Z 평면(즉, X=0)을 나타낸다. 상기 Y-Z 평면은 배기 밸브(88)의 중심선(139)뿐만 아니라, 팽창 실린더(68)의 중심선(138)을 통해서 지나간다. 상기 좌표계의 원점(136)(즉, X, Y 및 Z가 0인 지점)은 팽창 실린더(68)의 중심선(138)(도 13에서 가장 잘 보임)과 실린더 헤드(70)(도 13에서 가장 잘 보임)의 밑면(일반적으로 파이어덱(firedeck) 또는 프레임페이스(flameface)로 알려짐)의 교차점에 위치한다.
- [0061] 도 12를 참조하면, 분사기들(90)로부터 발사된 분사 패턴(128, 130)의 각각의 중심선들(132, 134)은 교차팽창 밸브 스템들(106)과 나선형 단부들(102)의 벽들 사이에 위치한 타겟들로 조준되는 것을 알 수 있다. 이것은 나선형 단부들(102)의 벽들과 교차팽창 밸브들(86)의 상기 밸브 스템들이 비교적 저온의 표면을 가지고, 분사기들(90)로부터 발사된 상기 연료들의 증발속도를 방해할 수 있기 때문이다. 또한, 만약 분사 패턴들(128, 130)의 각각의 중심선들(132, 134)이 교차팽창 밸브 스템(106)과 나선형 단부(102) 벽들 사이로 조준된다면, 결합을 통해서 각각의 연관된 분사 패턴(128, 130)을 형성하는 스프레이 홀들(122)의 중심선들(126)도 그 사이에 존재한다는 것을 주목하라.
- [0062] 도 14를 참조하면, 도 14는 도 12에서 14-14라인을 따라 절단한 단면도이고, 간단함을 위해서, 분사기(90)로부터 발사된 2개의 분사 패턴들(128, 130)중에서 오직 하나의 분사 패턴(130)만이 도시되었다. 앞서 논의된 것처럼, 분사 패턴(130)은 분사기 텃(120)의 중심(124)에서부터 비롯되고, 엔진(50)의 기하학적 구조 내에 위치한 타겟에 조준되는(즉, 통해서 지나감) 연관된 중심선(134)을 가진다. 또한, 앞서 논의했듯이, 결합하여 분사 패턴들(128, 130)을 형성하는 스프레이 홀들(122)의 중심선들(126)은 동일한 타겟들에 조준됨을 주목하라.
- [0063] 본 실시예에서, 타겟들의 2개의 대안적인 형태들이 이용될 수 있다. 타겟의 첫 번째 형태는 여기에서 외경(OD) 타겟(142)으로 지칭되고, 타겟의 두 번째 형태는 여기에서 파이어덱(firedeck) 타겟으로 지칭된다. 외경 타겟(142)과 파이어덱 타겟(133) 모두는 연장된 중심선(134)이 통해서 지나가게 될 지점에 위치한다.
- [0064] 밸브 헤드(109)가 안착 위치에 있을 때, 타겟들(142, 144) 모두는 교차 팽창 밸브 헤드(109)보다 위에 있는 중심선(134)을 조준한다. 즉, 타겟들(142, 144) 모두는 헤드(109)의 최대 외경이 조준된 중심선(134)과 교차하기 전에, 밸브(86)가 밸브의 안착 위치 위로 기 설정된 타겟 리프트 거리를 올라가는 것을 요구한다. 교차팽창 밸브 헤드(109)의 상기 안착 위치보다 위에 있는 분무 중심선(134)을 조준하는 타겟들을 선택하는 주요한 이유들

중에 하나는 공기/연료의 혼합과 분배를 촉진하기 위해서, 분사 패턴(130)을 최대 공기 유동 근처의 지역으로 주입하기 위해서 이다.

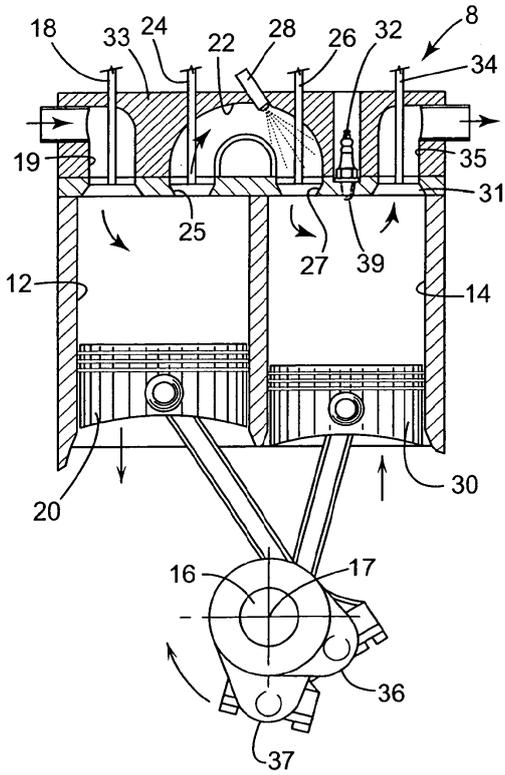
- [0065] 외경 타겟(142)의 경우, 교차팽창 밸브(86)가 교차팽창 밸브(86)의 타겟 리프트 거리(146)에 도달할 때, 타겟(142) 위치는 실질적으로 교차팽창 밸브 헤드(109)의 최대 외경과 조준된 중심선(134) 사이의 실질적인 교차점이다. 파이어텍 타겟(144)의 경우, 타겟(144) 위치는 대체로 실린더 헤드(70)의 파이어텍(140) 위의 지점이고, 조준된 중심선(140)은 외경 타겟(142)의 교차 이후에 상기 지점을 통해서 지나간다.
- [0066] 타겟 리프트 거리(146)는 바람직하게는 최대 교차팽창 밸브(86) 리프트의 퍼센트 범위 내에 위치한다. 타겟 리프트 거리(146)가 최대 교차팽창 밸브(86) 리프트의 10에서 60퍼센트의 범위 내에 있는 것이 바람직하다. 타겟 리프트 거리(146)가 최대 교차팽창 밸브(86) 리프트의 15에서 40퍼센트의 범위 내에 있는 것이 보다 바람직하다. 타겟 리프트 거리(146)가 최대 교차팽창 밸브(86) 리프트의 20에서 30퍼센트의 범위 내에 있는 것이 가장 바람직하다.
- [0067] 예를 들면, 만약 교차팽창 밸브(86)의 최대 리프트(즉, 교차팽창 밸브가 안착 위치에서부터 가장 멀리 떨어진 지점)가 3.0과 3.6 밀리미터(mm) 사이에 있고, 타겟 리프트 거리(146)가 0.9mm로 정해진다면, 리프트 거리(146)는 상기 최대 교차팽창 밸브 리프트의 25에서 30퍼센트 사이의 바람직한 범위 내에 정해진다. 이것은 분사 패턴(130)을 좋은 위치에 위치시켜서, 밸브(86)가 개방될 때, 교차 통로(78)의 상기 하류 부분(downstream portion)에서 야기된 높은 공기 유동에 의해서 상기 분사 패턴이 휩쓸려간다.
- [0068] 도 15를 참조하면, 분사 타겟 위치도의 예시적인 실시예들은 엔진(50)의 기하학적 구조 내의 각각의 외경(OD) 타겟들(142, 148, 150 및 152)과 각각의 파이어텍(firedeck) 타겟들(144, 154, 156 및 158)의 상기 데카르트 좌표를 나타낸다. 추가적으로, 상기 분사기 분무 원점들(즉 분사기 팁 중심(124))을 위한 상기 좌표계들도 또한 도시되어있다. 본 예시적인 실시예에서, 타겟 리프트 거리(146)는 외측 개방 밸브(86)의 안착 표면보다 0.9mm 위로 정해졌다.
- [0069] 상기 타겟 위치 이외에도, 교차팽창 밸브들(86)의 스템들(106)과 헤드들(109)의 최대 외경들(OD)은 그들의 위치들에 관하여 팽창 실린더를 기준으로 도시되어 있다. 추가적으로, 분사 패턴들(128, 130)의 중심선들(132, 134) 각각은 분사기 팁 중심들(124)(즉 상기 분사기 분무 원점)로부터 연장되어, 그들의 연관된 외경 타겟들(142, 148, 150 및 152)과 파이어텍 타겟들(144, 154, 156 및 158)을 통해서 지나가도록 도시된다.
- [0070] 이러한 좌표계에서, 상기 Z=0인 평면은 파이어텍(또는 프레임페이스)(140)(도 13에서 가장 잘 보임)의 위치이다. 결론적으로 파이어텍 타겟들(144, 154, 156 및 158)은 모두 Z축이 0인 값을 가진다.
- [0071] 또한 본 실시예에서, 교차팽창 밸브들(86)이 안착될 때, 헤드들(109)의 최대 외경들은 파이어텍(140)보다 2.6mm 위에 위치한다. 그래서 헤드(109)의 최대 외경이 상기 타겟 리프트 거리인 0.9mm 올라갈 때, 상기 최대 외경들은 파이어텍(140)보다 3.5mm 위에 위치한다. 따라서 외경 타겟들(142, 148, 150 및 152)은 모두 Z축이 3.5mm인 값을 가진다.
- [0072] 외경 타겟(148)은 외경 타겟과 연관된 헤드(109)의 주변부 위로 직접적으로 떨어지는 것이 아님을 주의하라. 이것은 별개의 헤드를 둘러싸는 나선형 단부(102) 내의 기하학적인 장애물 때문이다. 따라서 중심선(132)은 나선형 단부(102)의 상기 저온의 벽 표면으로부터 멀어지고, 고온의 스템(106)에 더 가까워져야 한다. 기술적으로 이것은 돌출된 중심선(132)이 헤드(109)의 최대 외경과 한 지점에서 교차하고, 상기 지점은 바람직한 타겟 리프트 거리인 0.9mm보다 약간 작다. 하지만, 타겟 리프트 거리(146)에서의 희생은 작고, 밸브(86)의 최대 리프트의 10에서 60퍼센트 사이의 바람직한 범위 내에 있다.
- [0073] 도 16 내지 도 21을 참조하면, 크랭크 각도 회전의 각도 변화에 따라 상기 연료 전달 이벤트가 상세하게 도시되어 있다. 각 도면의 우측 상부에 있는 숫자는 팽창 피스톤(74)의 상사점 이후에 팽창 피스톤(74)의 크랭크 각도 위치(이하 'ATDCe')이다.
- [0074] 분사기들(90)은 나선형 단부들(102)의 외부에 고정되지만, 분무가 상기 공기 유동에 의해서 나선형 단부들(102)을 건너서 그리고 나선형 단부들(102) 주위에서 나선형 단부들(102)의 내부를 향해서 이동하도록 조준된다. 그것만으로도, 상기 공기-연료 혼합물은 대부분 교차팽창 밸브(86) 개구들을 통해서 팽창 실린더의 상기 중심을 향해서 빠져나가고, 실린더(68)를 건너서 이동된다.
- [0075] 도 16을 참조하면, -14.5도 ATDCe에서, 상기 주입 이벤트는 아직 시작되지 않았다. 추가적으로, 교차팽창 밸브들(86)은 아직 안착 위치에 있다.

- [0076] 도 17을 참조하면, -10.5도 ATDCe에서, 교차팽창 밸브(86)의 개방 전에 상기 주입 이벤트가 시작되었고, 밸브들(86)의 개방 전에 연료 분무들(128, 130)이 나선형 단부들(102)을 건너서 이동할 시간이 있다. 비록, 상기 주입 이벤트가 전형적으로 교차팽창 밸브(86)가 개방되기 전에 시작(즉, 교차 통로들(78)로의 연료 주입의 시작)되나, 교차팽창 밸브들(86)이 개방되기 시작한 후에, 상기 주입 이벤트가 시작되는 작동 조건들도 있다.
- [0077] 도 18을 참조하면, -6.5도 ATDCe에서, 상당한 양의 공기 유동이 확립되도록 교차팽창 밸브들(86)은 충분히 리프트되고, 분무들(128, 130)의 궤적에 영향을 미치기 시작한다. 2개의 분무들(128, 130)은 여전히 실질적으로 밸브 스템들(106)에 분기하고 있다.
- [0078] 도 19를 참조하면, -2.5도 ATDCe에서, 2개의 분무들(128, 130)은 나선형 단부들(102)을 거의 완전히 건너서 도달되었고, 여전히 스템들(106)에 분기하고 있다. 하지만, 분무들(128, 130)이 나선형 단부(102)주위에서 소용돌이치는 공기 흐름으로 휩쓸려가면서, 분무들(128, 130)의 궤적에 상당한 왜곡이 생겨난다.
- [0079] 도 20을 참조하면, +1.5도 ATDCe에서, 상기 왼쪽 분사기의 분사 패턴(128)은 상기 공기 유동에 의해서 이와 관련된 밸브 스템(106)을 막 가로지르기 시작하는 지점까지 끌어당겨져 움직인다. 상기 오른쪽 분사기의 분사 패턴(128)은 이와 관련된 스템(106)을 완전히 가로지르도록 끌어당겨져 움직이고, 이와 관련된 분사 패턴(130)과 합쳐지기 시작한다.
- [0080] 도 21을 참조하면, +5.5도 ATDCe에서, 분사기들(90)로부터의 분무들(128, 130)은 상기 소용돌이치는 공기 유동에 의해서, 나선형 단부(102)의 먼 모서리로 당겨져 움직이고, 함께 합쳐진다. 상기 결합된 연료 분무들은 이제 팽창 실린더(68)의 중심을 향해서 개방되는 교차팽창 밸브(86)를 통해서 빠져나가고, 실린더(68)를 건너서 이동된다.
- [0081] 상기 주입 이벤트들은 교차팽창 밸브(86)의 폐쇄 전에 끝나고, 상기 남겨진 공기 유동이 상기 주입된 연료의 대부분을 교차팽창 밸브들(86)을 통해서 배출시킬 시간이 있다. 전형적으로 방출 이벤트의 지속시간은 45도 크랭크 각도 또는 그 이하이고, 바람직하게는 40도 크랭크 각도 또는 그 이하이며, 보다 바람직하게는 35도 크랭크 각도 또는 그 이하이다. 이것은 또한 교차 통로들(78)에서 연료가 부분적으로 연소될 가능성을 최소화하는데 도움을 준다.
- [0082] 비록 상기에서는 본 발명의 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 설명된 본 발명의 사상 및 그 영역에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변화들을 만들어 낼 수 있다고 이해되어야 한다. 따라서 상기 발명은 상기 설명된 구체적인 실시예에 제한되지 않고 하기의 청구항들의 표현에 의해 정의되는 모든 영역까지 미치게 하고자 한다.

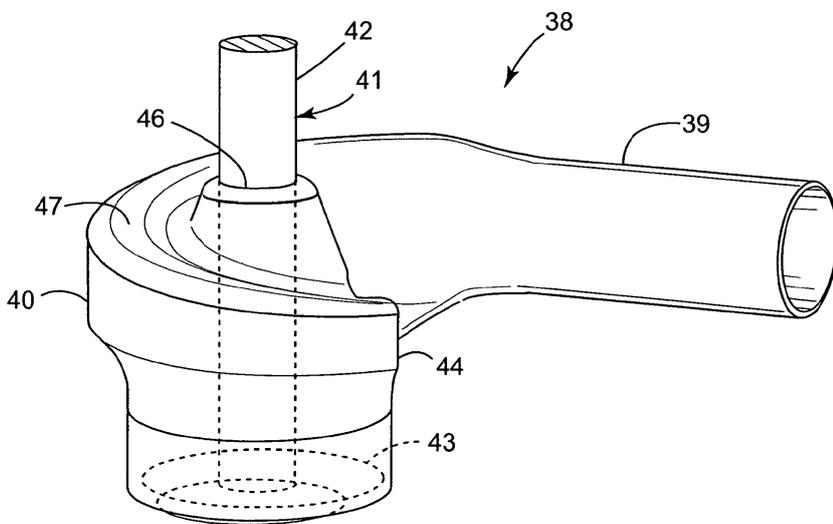
도면

도면1

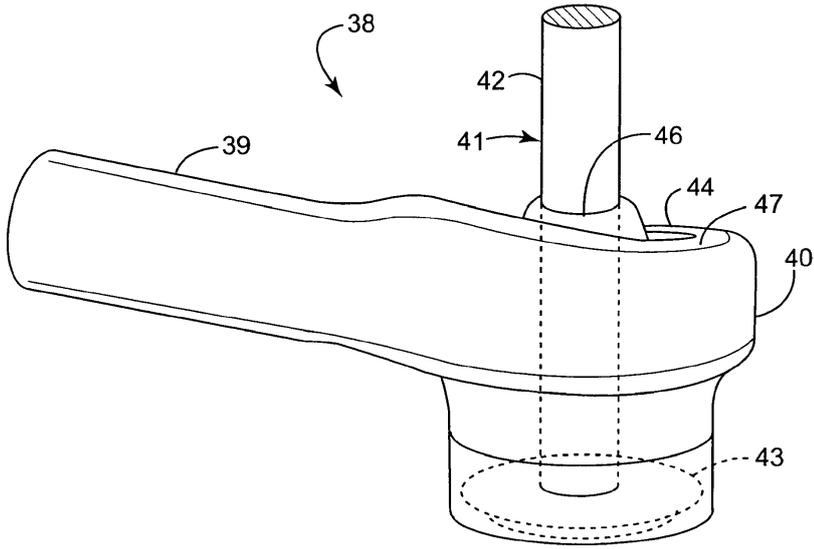
종래기술



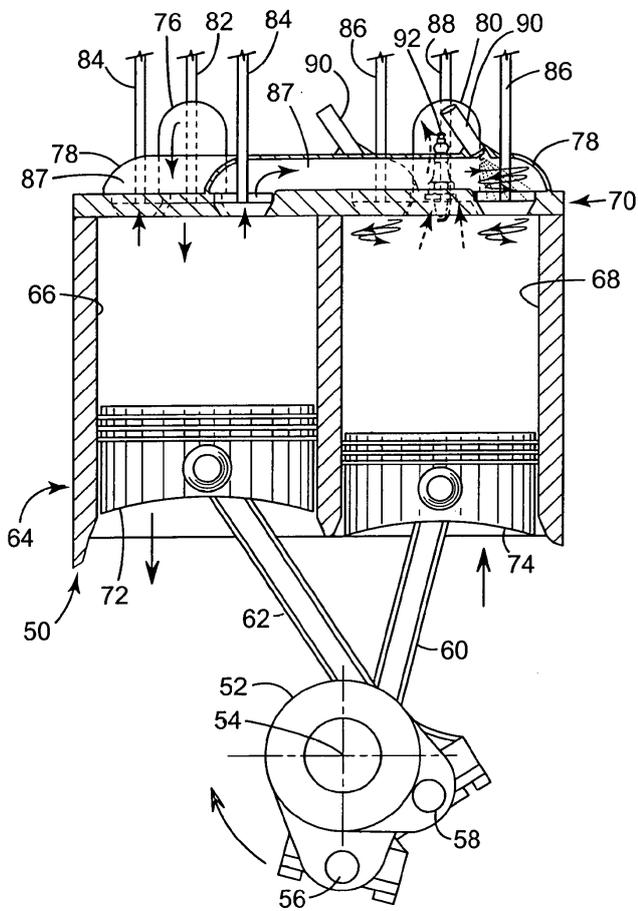
도면2



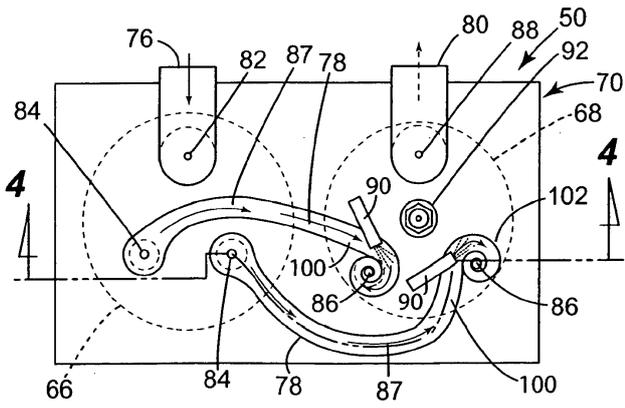
도면3



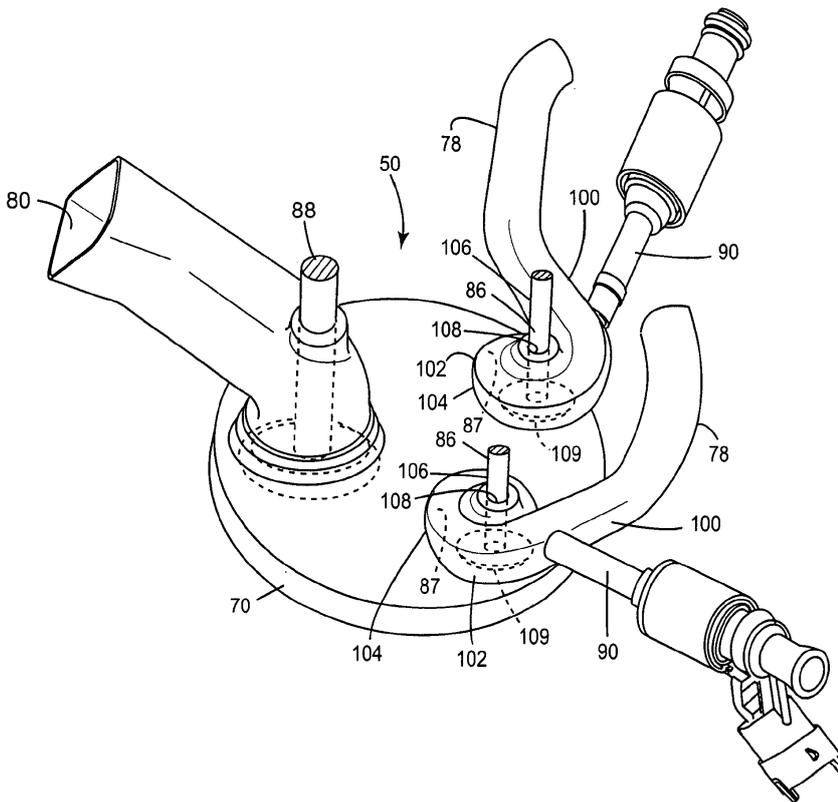
도면4



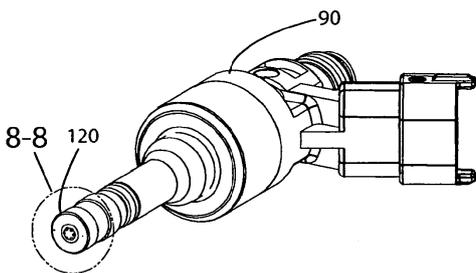
도면5



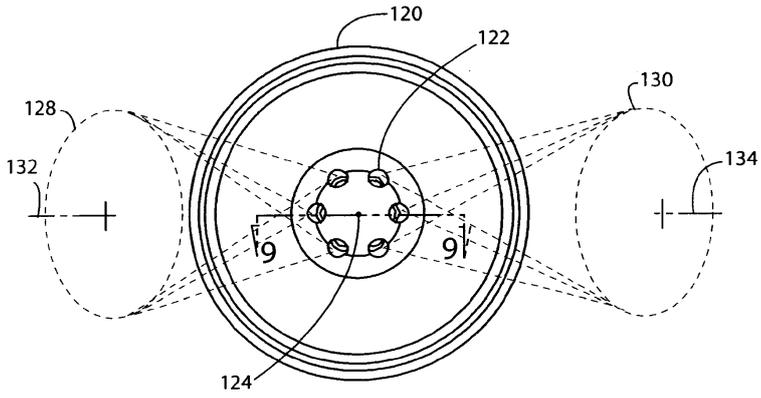
도면6



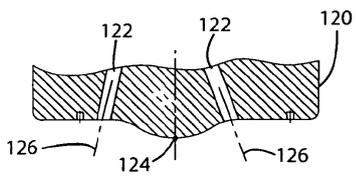
도면7



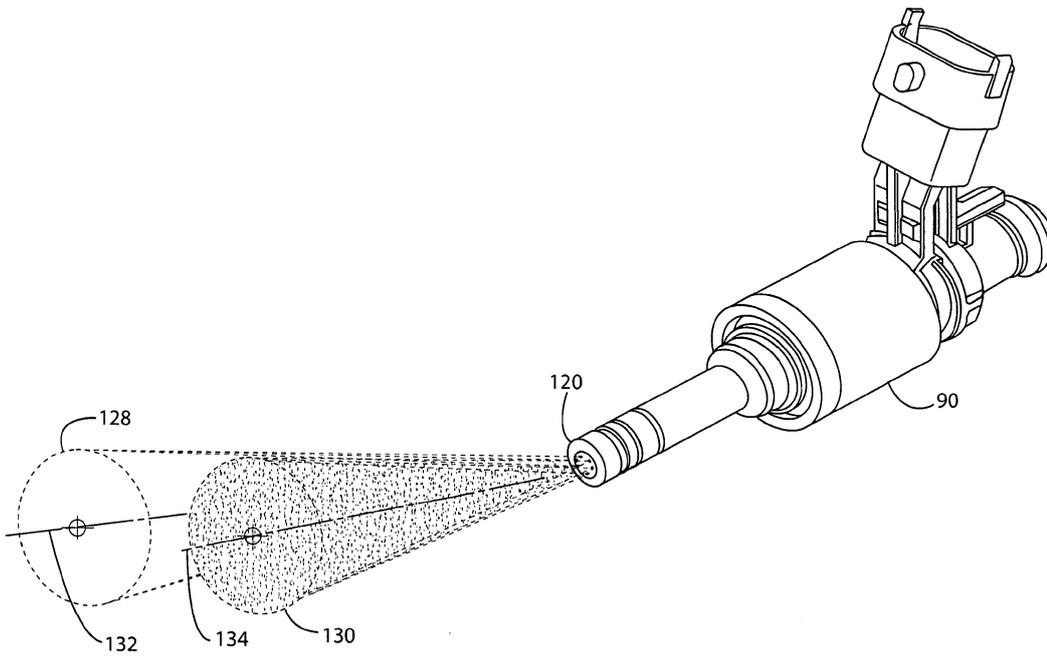
도면8



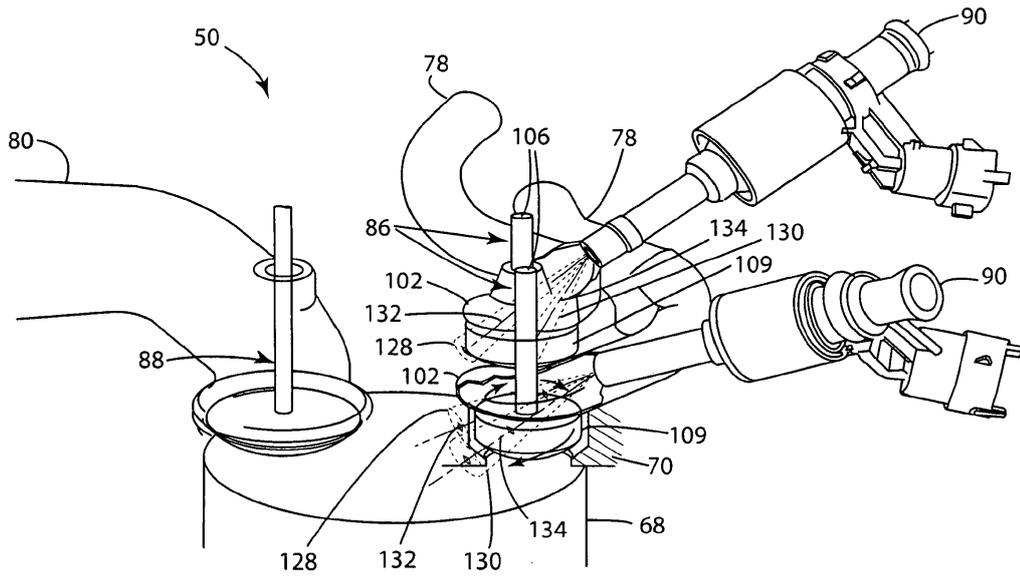
도면9



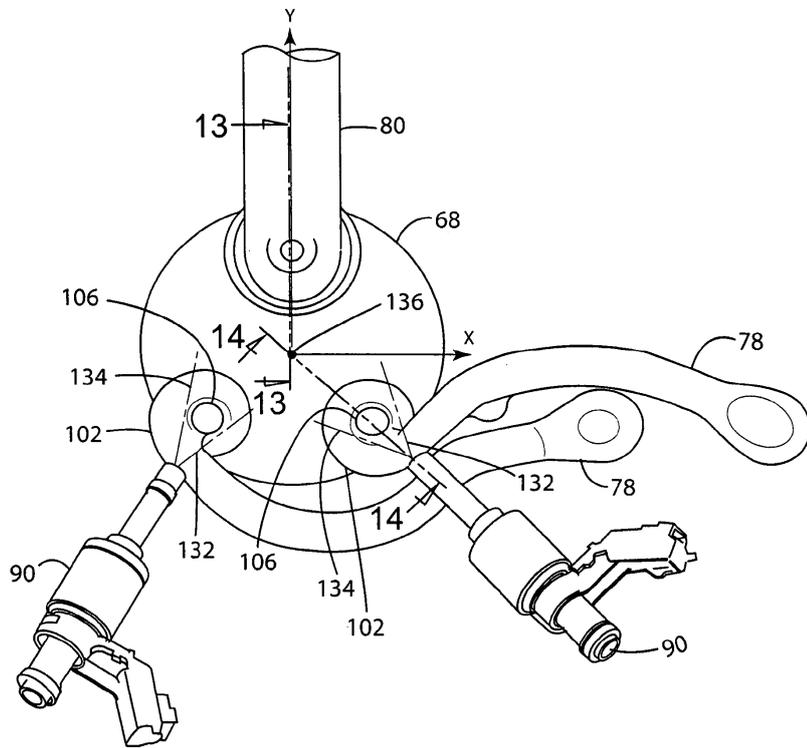
도면10



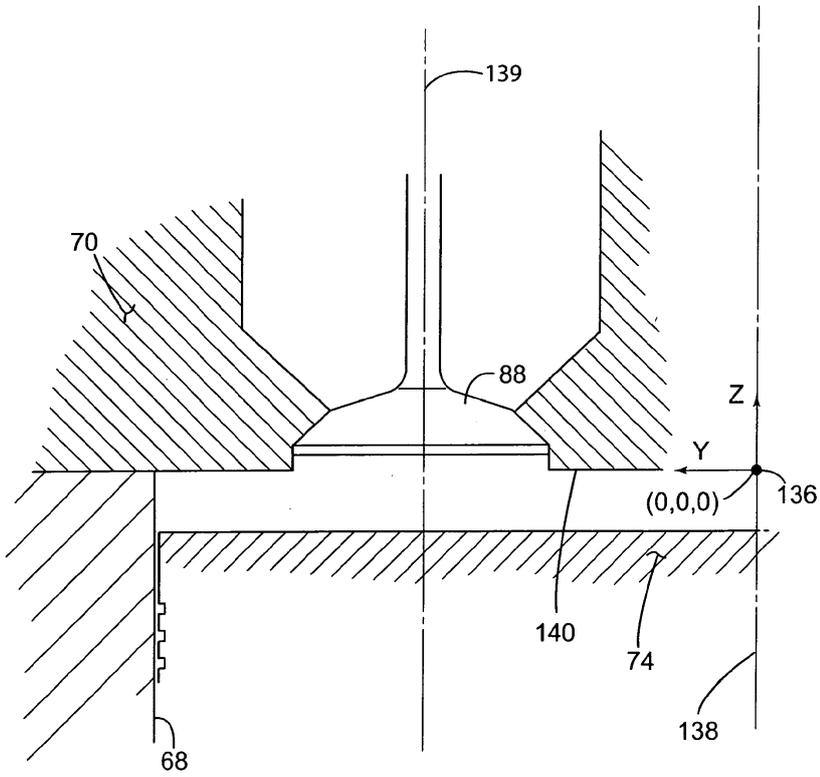
도면11



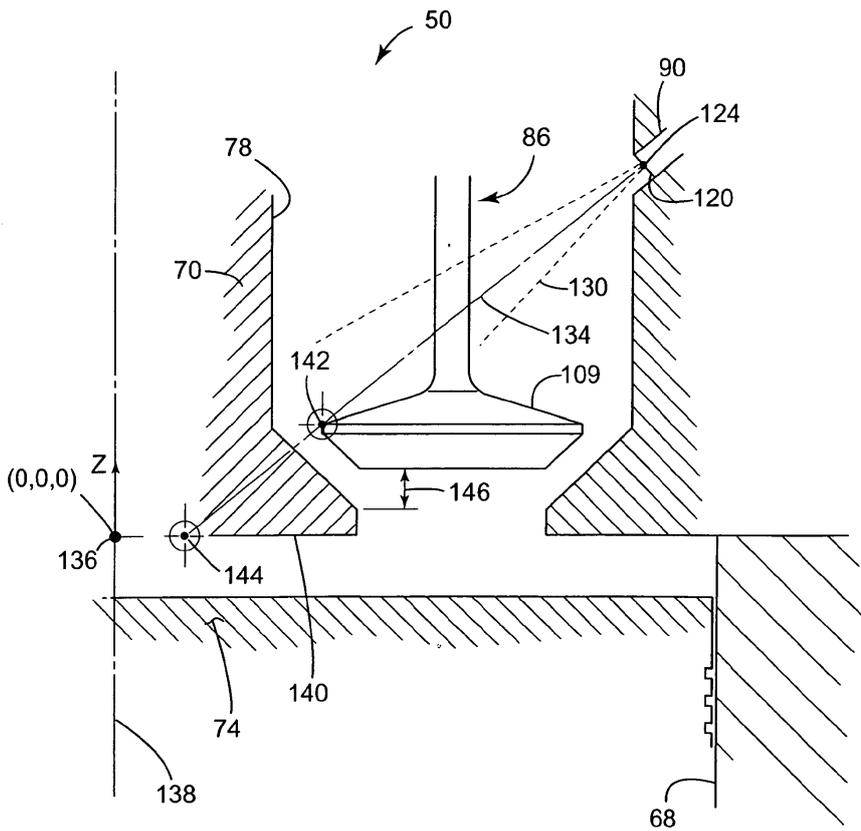
도면12



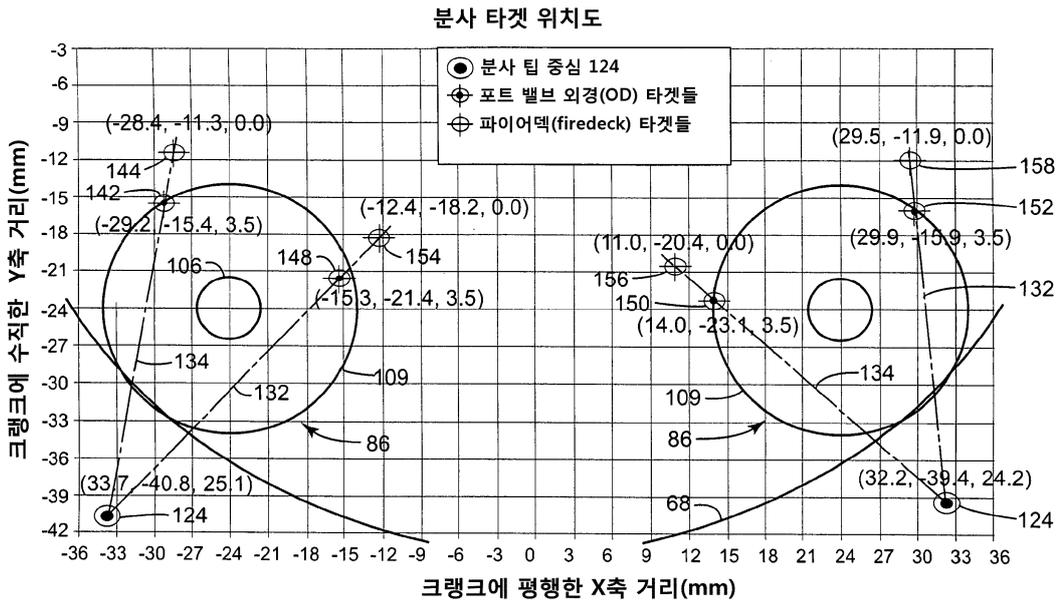
도면13



도면14

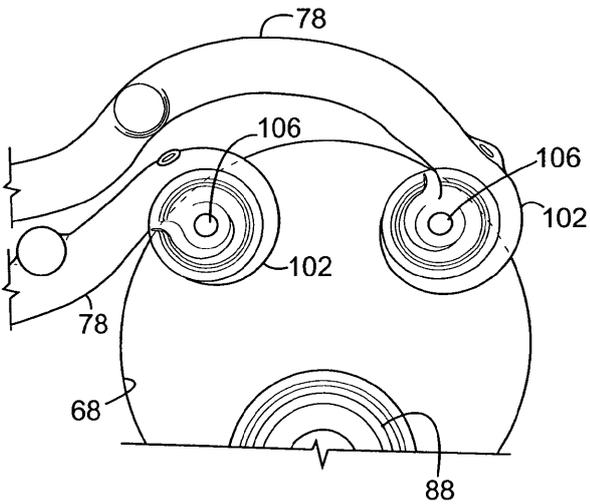


도면15

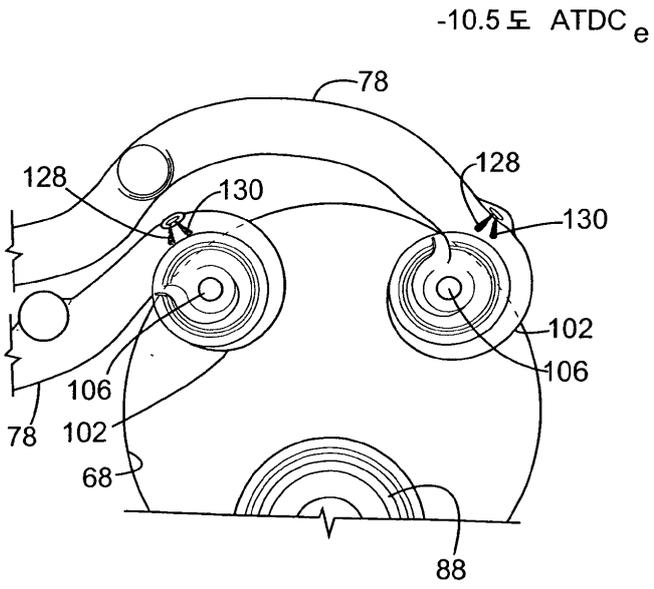


도면16

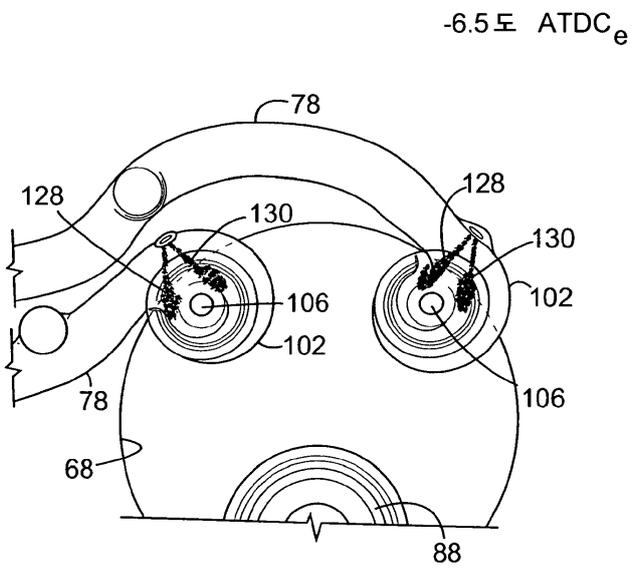
-14.5도 ATDC_e



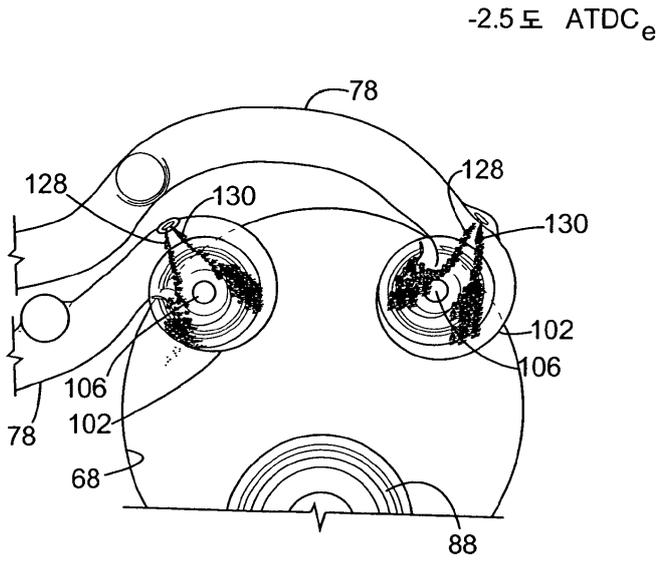
도면17



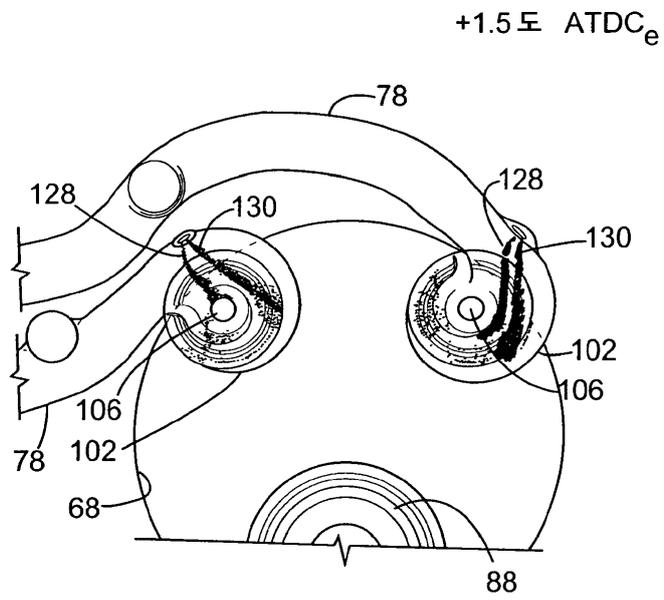
도면18



도면19



도면20



도면21

