

---

**(19) Korean Intellectual Property Office (KR)**    **(45) Publication Date**    **April 27, 2012**  
**(12) Notice of Publication of Registration (B1)**    **of Registration:**  
**(11) Registration No.:**    **10-1139893**  
**(24) Registration Date:**    **April 18, 2012**

---

<p>(51) Int. Cl.  <b>F02B 33/22</b> (2006.01)</p> <p>(21) Appln. No.:            <b>10-2010-7002439</b></p> <p>(22) Filing Date:            <b>June 11, 2008</b>  Request Date for            <b>February 2, 2010</b>  Examination:</p> <p>(85) Translation submitted on: <b>February 2, 2010</b></p> <p>(65) Publication No.:        <b>10-2010-0028666</b></p> <p>(43) Publication Date:       <b>March 12, 2010</b></p> <p>(86) Intl. Appln. No.:       <b>PCT/US2008/007332</b></p> <p>(87) Intl. Publication No.:   <b>WO 2009/020491</b>  Intl. Publication Date:      <b>February 12, 2009</b></p> <p>(30) Priority Claim  60/963,742    August 7, 2007    US</p> <p>(56) Searched Prior Art Documents  JP10122039 A*  JP2001227368 A*  JP2004527682 A*  JP59113239 A*  *cited by Examiner</p>	<p>(73) Patentee  <b>SCUDERI GROUP LLC</b>  1111 Elm Street, Suite 33, West  Springfield, MA 01089 U.S.A.</p> <p>(72) Inventors  <b>TUSSING, Mark</b>  24310 Middle Fork, San Antonio, TX  78258 U.S.A.</p> <p><b>LI, Wei</b>  22819 Wichita Pass, San Antonio, TX  78258 U.S.A.</p> <p><b>ROBERTS, Gareth</b>  Old School House, South Heighton, New  Haven, West Sussex BN9 0HL United  Kingdom</p> <p>(74) Patent Attorney  <b>Young-Woo PARK</b></p>
---	--

Number of Claims in total: 15 claims

Examiner: Taek-Sang LEE

---

## **(54) SPLIT-CYCLE ENGINE WITH A HELICAL CROSSOVER PASSAGE**

---

*(57) Abstract*

An engine has a crankshaft. A compression piston within a compression cylinder is connected to the crankshaft such that the compression piston reciprocates through an intake stroke and a compression stroke. An expansion piston within an expansion cylinder is connected to the crankshaft such that the expansion piston reciprocates through an expansion stroke and an exhaust stroke. A crossover passage interconnects the compression and expansion cylinders. The crossover passage includes a crossover compression valve and a crossover expansion valve. A runner section is in a downstream portion of the crossover passage, and a helical end section is integrally connected to the runner section. The helical end section has a funnel spiraling about a valve stem of the crossover expansion valve. The funnel forces incoming air to rotate about the valve stem prior to entering the expansion cylinder to promote turbulent kinetic energy in the cylinder air/fuel charge.

Fig. 4 for Publication



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년04월27일  
(11) 등록번호 10-1139893  
(24) 등록일자 2012년04월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**F02B 33/22** (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2010-7002439  
(22) 출원일자(국제) 2008년06월11일  
심사청구일자 2010년02월02일  
(85) 번역문제출일자 2010년02월02일  
(65) 공개번호 10-2010-0028666  
(43) 공개일자 2010년03월12일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2008/007332  
(87) 국제공개번호 WO 2009/020491  
국제공개일자 2009년02월12일  
(30) 우선권주장  
60/963,742 2007년08월07일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP10122039 A\*  
JP2001227368 A\*  
JP2004527682 A\*  
JP59113239 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
스쿠데리 그룹 엘엘씨  
미국 01089 매사추세츠주 웨스트 스프링필드 스위트 33 엘름 스트리트 1111  
(72) 발명자  
투썬, 마크  
미국 78258 텍사스주 샌 안토니오 미들 포크 24310  
리, 웨이  
미국 78258 텍사스주 샌 안토니오 위치타 패스 22819  
로버츠, 개리스  
영국 비엔9 0에이치엘 웨스트 서식스 뉴 헤이븐 사우스 하이튼 올드 스쿨 하우스  
(74) 대리인  
박영우

전체 청구항 수 : 총 15 항

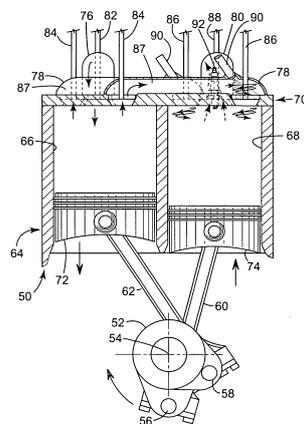
심사관 : 이택상

(54) 발명의 명칭 **나선형 교차 통로를 구비한 스플릿-사이클 엔진**

**(57) 요약**

엔진은 크랭크샤프트를 포함한다. 압축 실린더내의 압축 피스톤은 상기 크랭크샤프트에 연결되어 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하게 된다. 팽창 실린더 내의 팽창 피스톤은 상기 크랭크샤프트에 연결되어 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동하게 된다. 교차 통로는 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결한다. 상기 교차 통로는 교차 압축 밸브 및 교차 팽창 밸브를 포함한다. 러너부는 상기 교차 통로의 하류부에 위치하고, 나선형 단부는 상기 러너부에 일체로 연결되어 있다. 상기 나선형 단부는 상기 교차 팽창 밸브의 밸브 스템 주위로 회전하는 편벨을 갖는다. 상기 편벨은 유입 공기가 상기 팽창 실린더로 진입하는 것에 선행하여 상기 유입 공기를 상기 밸브 스템 주위로 회전시켜 상기 실린더내 공기/연료 차지의 난류 운동 에너지를 증가시킨다.

**대표도 - 도4**



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

엔진의 크랭크샤프트 축 주위로 회전하는 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤;

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

상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키는 적어도 하나의 나선형 교차 통로를 포함하고,

상기 나선형 교차 통로는

압력 챔버를 정의하는 교차 압축 밸브 및 교차 팽창 밸브;

상기 나선형 교차 통로의 하류부내의 직선형 러너부; 및

상기 러너부에 일체로 연결되고 상기 교차 팽창 밸브 위로 배치된 나선형 단부를 포함하고, 상기 교차 팽창 밸브는 밸브 스템과 헤드를 가지며, 상기 나선형 단부는 상기 밸브 스템 주위로 회전하는 편넬을 밀봉하며, 상기 편넬은 유입 공기가 상기 팽창 실린더로 진입하기 전에 상기 유입 공기를 상기 밸브 스템 주위로 회전시키는 것을 특징으로 하며,

상기 러너부는 접선방향의 러너부이며, 상기 밸브 스템에 최근접한 상기 팽창 실린더의 주변부의 한 점을 통해 연장하는 접선방향 라인에 대해 20° 내외의 범위 내에서 평행인 유동 경로를 따라 상기 나선형 단부의 상기 편넬 내부로 공기 유동을 이동시키는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 나선형 교차 통로는 한 쌍의 나선형 통로들을 더 포함하고, 상기 나선형 교차 통로들의 각 쌍의 상기 나선형 단부들은 동일 방향으로 회전하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 나선형 교차 통로들의 쌍은 한 쌍의 접선방향 러너부들을 더 포함하고, 상기 러너부들은 대응하는 상기 각 밸브 스템에 최근접한 상기 팽창 실린더의 주변부의 각 점을 통해 연장하는 각 접선방향 라인에 대해 20° 내외의 범위 내에서 평행인 유동 경로를 따라 상기 각 나선형 단부의 상기 편넬 내부로 공기 유동을 이동시키는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 각 나선형 단부들은 시계 방향으로 회전하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 각 나선형 단부는 반시계방향으로 회전하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 교차 팽창 밸브는 외부로 개방된 포켓 밸브인 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 교차 통로 내에 배치된 연료 주입기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 9**

엔진의 크랭크샤프트 축 주위로 회전하는 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤;

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

상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키는 적어도 하나의 나선형 교차 통로를 포함하고,

상기 나선형 교차 통로는

압력 챔버를 정의하는 교차 압축 밸브 및 교차 팽창 밸브;

상기 나선형 교차 통로의 하류부내의 직선형 러너부; 및

상기 러너부에 일체로 연결되고 상기 교차 팽창 밸브 위로 배치된 나선형 단부를 포함하고, 상기 교차 팽창 밸브는 밸브 스템과 헤드를 가지며, 상기 나선형 단부는 상기 밸브 스템 주위로 회전하는 편뿔을 밀봉하며, 상기 편뿔은 유입 공기가 상기 팽창 실린더로 진입하기 전에 상기 유입 공기를 상기 밸브 스템 주위로 회전시키는 것을 특징으로 하며,

상기 교차 통로는 단일의 통로로부터 갈라지는 최소한 제1 브랜치와 제2 브랜치를 더 포함하고;

상기 제1 브랜치는 상기 러너부 및 상기 교차 팽창 밸브위에 배치된 상기 나선형 단부를 포함하고;

상기 제2 브랜치는 제2 단부에 일체로 연결된 제2 러너부를 포함하고, 상기 제2 단부는 제2 교차 팽창 밸브위에 배치되는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

상기 제2 브랜치의 상기 제2 단부는 상기 제1 브랜치의 상기 나선형 단부와 동일 방향으로 회전하는 제2 나선형 단부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 제1 브랜치의 상기 러너부 및 상기 제2 브랜치의 상기 제2 러너부는 한 쌍의 접선방향 러너부들을 포함하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 12**

엔진의 크랭크샤프트 축 주위로 회전가능한 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며 상기 크랭크샤프트에 작동가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤;

팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며 상기 크랭크샤프트에 작동가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트

의 일 회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동하는 팽창 피스톤; 및  
 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결하는 한 쌍의 접선방향 나선형 교차 통로들을 포함하고,  
 상기 각각의 접선방향 나선형 교차 통로는,  
 압력 챔버를 정의하는 교차 압축 밸브 및 교차 팽창 밸브,  
 각 교차 팽창 밸브위에 배치된 나선형 단부; 및  
 상기 각 나선형 단부에 일체로 연결된 접선방향 러너부를 포함하고,  
 각각의 상기 교차 팽창 밸브는 밸브 스템 및 헤드를 갖고, 각각의 상기 나선형 단부는 상기 교차 팽창 밸브의  
 상기 밸브 스템 주위로 회전하는 편넬을 가지며, 상기 편넬은 유입 공기가 상기 팽창 실린더로 진입하기 전에  
 상기 유입 공기를 상기 밸브 스템 주위로 회전시키며, 상기 나선형 교차 통로들 쌍의 상기 나선형 단부들은 동  
 일 방향으로 회전하고,  
 상기 러너부는 상기 밸브 스템에 최근접한 상기 팽창 실린더 주변부의 한 점을 통해 연장하는 접선방향 라인에  
 대해 20° 내외의 범위 내에서 평행인 유동 경로를 따라 상기 나선형 단부의 상기 편넬 내부로 공기 유동을 이동  
 시키는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,  
 상기 각 나선형 단부는 시계방향으로 회전하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 14**

제 12 항에 있어서,  
 상기 각 나선형 단부는 반시계방향으로 회전하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 15**

제 12 항에 있어서,  
 상기 각 교차 팽창 밸브는 외부로 개방된 포켓 밸브인 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**청구항 16**

제 12 항에 있어서,  
 상기 각 교차 통로들내에 배치된 연료 주입기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스플릿-사이클 엔진.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 내부 연소 엔진에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 압축 실린더 및 이중의 접선방향 나선형 교차 통로들에 의해 연결된 팽창 실린더를 갖는 스플릿-사이클 엔진에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 명확한 이해를 위해, 본 출원에서 사용되는 "종래의 엔진"이라는 용어는 오토(Otto) 사이클로 널리 알려진 4행정(즉, 흡입, 압축, 팽창 및 배기)이 엔진의 각각의 피스톤/실린더의 결합에 포함된 내부 연소 엔진을 나타낸다. 또한, 명확한 이해를 위해, 선행기술로서 개시되고 및 본 출원에서 참조되는 "스플릿-사이클 엔진"이라는 용어에 대해 다음과 같은 정의가 제공된다.

[0003] 본 발명에서 설명되는 스플릿-사이클 엔진은,  
 [0004] 크랭크샤프트 축에 대해 회전가능한 크랭크샤프트;  
 [0005] 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트

트의 일회전동안 흡입 및 압축 행정을 통해 왕복운동하는 압축 피스톤;

- [0006] 팽창 실린더내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 및 배기 행정을 통해 왕복운동하는 팽창(파워) 피스톤; 그리고
- [0007] 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키고, 압력 챔버를 정의하는 교차 압축(XovrC) 밸브 및 교차 팽창(XovrE) 밸브를 포함하는 교차 통로를 포함한다.
- [0008] 2003. 4. 8에 Carmelo J. Scuderi 에 허여된 미국등록특허 제6,543,225호는 스플릿-사이클 엔진 및 유사한 유형의 엔진들에 대한 광범위한 논의를 포함한다. 더욱이, 상기 미국 특허는 본 발명이 추가적으로 개선요소를 부가한 엔진의 선행기술에 대한 세부적인 내용을 개시하고 있다.
- [0009] 도 1을 참조하면, 미국등록특허 제6,543,225호에서 기술된 유형의 선행기술인 스플릿-사이클 엔진 개념의 실시예가 참조부호 10으로 일반적으로 표현된다.
- [0010] 스플릿-사이클 엔진(10)은 종래의 4행정 기관의 두개의 인접한 실린더들을 하나의 압축 실린더 (12)및 하나의 팽창 실린더 (14)의 결합으로 대체한다. 이러한 두개의 실린더들(12, 14)은 크랭크샤프트(16)의 일회전 마다 일회씩 각각의 기능을 수행한다. 상기 흡입 공기와 연료 차지(charge)는 전형적인 포펫(poppet) 타입의 흡입 밸브들(18)을 통해 압축 실린더(12) 내부로 유도된다. 압축 피스톤(20)은 상기 차지를 압축시키고, 이를 팽창 실린더(14)의 흡입 통로로서 작용하는 교차 통로(22)를 통해 이동시킨다.
- [0011] 상기 교차 통로 입구의 체크 타입의 교차 압축(Xovrc) 밸브(24)는 교차 통로(22)로부터 역류를 방지하기 위해 사용된다. 교차 통로(22) 출구의 교차 팽창(XovrE) 밸브(26)는 압축된 상기 흡입 차지의 유동을 제어하여 팽창 피스톤(30)이 상사점(top dead center) 위치에 이르면 즉시 상기 차지가 팽창 실린더(14)로 완전히 전달되도록 한다. 스파크 플러그(28)는 상기 흡입 차지가 압축 실린더(14)내로 전달된 직후 발화되며 상기 연소로 인해 팽창 피스톤(30)이 하강한다. 배기 가스들은 포펫 배기 밸브(32)를 통해 상기 팽창 실린더 밖으로 배출된다.
- [0012] 상기 스플릿-사이클의 엔진 개념에서, 상기 압축 및 팽창 실린더들의 기하학적인 엔진 변수들(즉, 구경, 행정, 연결 봉 길이, 압축 비율 등)은 일반적으로 상호 독립적이다. 예를 들면, 각 실린더의 크랭크 쓰로우(throws)들(34, 36)은 서로 다른 반지름을 가질 수 있으며 압축 피스톤(20)의 상사점보다 선행하여 일어나는 팽창 피스톤(30)의 상사점에 대하여 서로 위상이 달라질 수 있다. 상기 독립성은 상기 스플릿-사이클 엔진이 전형적인 4행정 엔진들에 비하여 잠재적으로 더 높은 효율 레벨과 더 큰 토크를 획득할 수 있게 한다.
- [0013] 종래의 내부 연소 엔진과 비교하여 스플릿-사이클 엔진(10)의 차이점 중에 하나는 종래 엔진의 차지 모션이 팽창 행정의 상사점 이전(BTDC)에(즉, 흡입행정이 시작되는 시점에) 대략 360 크랭크 각도(crank angle, CA)로 시작되는 반면, 스플릿-사이클 엔진(10)의 차지 모션은 팽창 실린더(14)내의 상기 팽창 행정 동안 팽창 피스톤(30)이 상사점에 도달한 이후 시작된다는 점이다. 이는 스플릿-사이클 엔진에 비해 상기 종래 엔진은 연료/공기의 혼합 및 연소를 지원하는 적정 차지모션을 발달시키는데 더 많은 시간이 요구되도록 한다.
- [0014] 차지 모션은 만족스러운 스파크 점화(spark ignition, SI) 연소를 위해 필수적이다. 따라서, 상사점 이후(ATDC)에 대략 15 내지 20° (CA)로 발생하는 연소 개시에 선행하여 연료/공기 차지를 신속히 혼합하고, 적절히 분배하기 위해 스플릿-사이클 엔진내의 차지 모션을 신속하게 발생시킬 필요가 있다. 추가적으로, 작업 조건들에 따라, 상사점 이후(ATDC) 대략 20 내지 40° 로 일어나는 연소의 주요 단계(phase) 동안 적절한 연료/공기 움직임이 일어나야 한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0015] 본 발명의 목적은 압축 실린더 및 이중의 접선방향 나선형 교차 통로들에 의해 연결된 팽창 실린더를 갖는 스플릿-사이클 엔진을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0016] 본 발명에 따른 스플릿-사이클 엔진은
- [0017] 상기 엔진의 크랭크샤프트 축 주위로 회전가능한 크랭크샤프트;
- [0018] 압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되며 상기 크랭크샤프트의 일 회전동안 흡입 및 압축 행정을 통해

왕복운동 가능하도록 상기 크랭크샤프트에 작동가능하게 연결된 압축 피스톤;

- [0019] 팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되며 상기 크랭크샤프트의 일 회전 동안 팽창 및 배기 행정을 통해 왕복운동 가능하도록 상기 크랭크샤프트에 작동가능하게 연결된 팽창 피스톤; 및
- [0020] 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키는 나선형 교차 통로를 포함할 수 있다.
- [0021] 이 때, 상기 나선형 교차 통로는
- [0022] 압력 챔버를 정의하는 교차 압축 밸브와 교차 팽창 밸브,
- [0023] 상기 나선형 통로의 하류부 내에 일반적인 직선형의 러너(runner)부, 및
- [0024] 상기 러너부에 일체로 연결되고 상기 교차 팽창 밸브 위로 배치된 나선형 단부를 포함하고, 상기 교차 팽창 밸브는 밸브 스템(stem)과 헤드를 가지며, 상기 나선형 단부는 상기 밸브 스템 주위로 나선형으로 회전하는 편뿔을 밀봉하며, 상기 편뿔은 유입 공기가 상기 팽창 실린더 내로 진입하는 것에 선행하여 상기 유입 공기를 상기 밸브 스템 주위로 회전시켜 난류 운동 에너지를 상승시키고 상기 팽창 실린더로 전달된 상기 공기/연료 차지의 와류를 발생시키는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 본 발명은 추가적으로 다음과 같은 특징을 포함할 수 있다:
- [0026] 상기 팽창 실린더의 주변에 대해 접선 혹은 반경 위치로의 상기 직선형 러너부들의 배향;
- [0027] 시계, 반시계 및 직선위치로의 상기 교차 통로 단부들의 배향.

**발명의 효과**

- [0028] 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 스플릿 사이클 엔진은 나선형 교차통로들을 통해 팽창 행정시 빠른 연료/공기의 혼합을 용이하게 증진시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0029] 본 발명의 특징들 및 기타 이점들은 상세한 설명 및 첨부된 도면들을 참조하여 다양한 실시예들을 상세하게 기술함으로써 더욱 명확하게 이해될 것이다.
- 도 1은 본 발명의 엔진과 관련된 선행 기술인 스플릿-사이클의 단면도이다.
- 도 2는 나선형 단부 측면에서 바라본, 포켓 밸브 위로 배치된 나선형 통로 하류부의 직선형 러너부 및 나선형 단부들을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 도 2와 유사하나 직선형 러너부 측면에서 바라본 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 나선형 교차 통로를 구비한 스플릿-사이클의 예를 나타내는 도 5의 4-4라인을 따라 절단한 단면도이다.
- 도 5는 도 4의 스플릿-사이클 엔진의 평면도이다.
- 도 6은 내부 배기 포트와 교차통로 하류부들 및 밸브들을 갖는 팽창 실린더 헤드의 내부 면을 나타낸 도면이다.
- 도 7 내지 도 9는 시계방향, 반시계방향의 나선형 및 직선형 단부들을 갖는 접선 및 반경방향의 러너부들을 포함하는 팽창 실린더의 교차 통로 하류부들의 예를 나타내는 평면도이다.
- 도 10은 36개의 이중 교차 통로의 결합들에 대한 선회비와 난류 운동 에너지 예상치를 나타내는 그래프 및 해석 눈금이다.
- 도 11은 도 5와 유사하나 다양한 대체적인 교차 통로 배치들의 한 예를 나타내는 평면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0030] 이하, 본 발명의 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하지만, 본 발명이 하기의 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 또한, 하기 실시예들에 설명되는 모든 조합들(combinations)이 본 발명에 있어서 필수 불가결한 것은 아니다.
- [0031] 용어 설명

- [0032] 본 발명의 참조를 위해 여기서 사용되는 용어들의 약어 및 정의들에 대해 다음과 같은 용어 정리가 제공된다.
- [0033] 나선형 통로(혹은 나선형 포트) : 도 2 및 도 3을 참조하면 나선형 통로(38)는 전형적으로 입구 매니폴드를 종래의 엔진의 실린더 헤드 내의 입구 밸브에 연결시키는 연결 통로(포트)이다. 나선형 통로(38)의 하류부는 나선형 단부(40)에 일체적으로 연결된 일반적으로 직선형 러너부(39)를 포함하며, 나선형 단부(40)는 실린더를 향해 개방된 스템(42) 및 헤드(43)를 갖는 입구 밸브(41) 상부에 배치된다. 나선형 단부(40) 내부의 유동(flow) 영역은 나선형 단부(40)의 보어(bore)(46)에서 연장하는 밸브 스템(42) 둘레에 원주방향으로 하강하는 편넬(funnel)(44)내에 배치되어 있다. 상기 편넬은 최소 일 회전의 3분의 1 이상, 바람직하게는 일 회전의 2분의 1 과 4분의 3 사이의 범위에서 회전하여 들어오는 공기가 상기 실린더 내로 전달되기 전에 밸브 스템(42) 주위에서 회전이 가능하도록 한다. 편넬(44)의 지붕(47)은 편넬(44)이 밸브 스템(42) 주위로 회전하는 만큼 높이가 감소한다.
- [0034] 와류(swirl) : 상기 실린더 축 주위로 돌도록 편성된 (공기)차지의 회전을 의미한다. 보다 상세하게는, 엔진의 실린더 내에서 공기 혹은 연료/공기 혼합물의 "벌크"(bulk) 와류는 메인 바디(main body)의 회전, 즉 주입(혹은 흡입) 행정시 측정되는 실린더 중심선 주위의 상기 공기 혹은 연료/공기 혼합물인 "벌크"의 회전을 의미한다. 상기 벌크 와류는 상기 주입 행정시 상기 실린더 내에서 발생하는 가변적인 공기 움직임의 매개변수 개념 혹은 평균화를 의미한다. 상기 벌크 와류 개념에 따르면, 상기 와류는 상기 실린더 둘레 표면상의 최대의 와류 속도를 갖는 주 실린더 축 주위로 집중되는 와동(vortex)을 의미한다.
- [0035] 선회비(Swirl Ratio, SR) : 메인 바디, 즉 주입(혹은 흡입) 행정시 측정되고 엔진의 회전 속도와 관련된, 상기 실린더 중심선 주변의 공기 혹은 연료/공기의 혼합물인 "벌크"의 회전 진동수를 측정한 개념이다. 다시 말하면
- [0036] 선회비 = 실린더/엔진 속도에 있어서 공기의 회전 진동수
- [0037] 난류 및 마이크로 난류 : 흔히 상기 공기의 매우 작은 개별적인 부분들과 관련된 작은 스케일의 와동(eddy motions)을 의미한다. 난류 및 마이크로 난류의 진동수는 10~10,000 Hz에 이르고, 더 큰 값을 가질 수도 있는 한편, 상기 마이크로 난류의 지름은, 진동수와 역으로, 상기 실린더의 작은 일부의 길이(수 밀리미터)에서 수 마이크로에 이르기까지 다양한 값을 갖는다. 상기의 고 진동수의 난류는 점성 소산(viscous dissipation)으로 인해 매우 짧은 시간동안, 예를 들어 2~5° 범위의 크랭크 각도 범위에서 유지된다.
- [0038] 난류 운동 에너지 (Turbulent Kinetic Energy, TKE) : 엔진 공기의 난기류 내 와동(eddies)과 연관된 단위 공기 질량당 평균 운동 에너지를 의미한다.
- [0039] 설명
- [0040] 도 4 및 도 5를 참조하여 상세히 살펴보면, 참조부호 50은 일반적으로 본 발명의 일 실시예에 따른 이중의 접선 방향 나선형의 교차통로(78)들을 갖는 스플릿-사이클 엔진을 나타낸다. 하기에서 상세하게 설명하듯이, 나선형 교차통로(78)들의 하류부들은 스플릿-사이클 엔진(50)의 팽창 행정시 빠른 연료/공기의 혼합을 용이하게 증진시키는 나선형 단부들(102)에 일체로 연결된 접선방향 러너부(100)들을 포함한다.
- [0041] 엔진(50)은 도면에서 도시된 바와 같이 크랭크샤프트 축(54)의 시계방향으로 회전가능한 크랭크샤프트(52)를 포함한다. 크랭크샤프트(52)는 연결 로드들(60, 62)에 각각 연결되고, 인접하며 선행 및 후행의 각변위를 갖는 크랭크크로우(56, 58)를 포함한다.
- [0042] 엔진(50)은 한 쌍의 인접한 실린더들을 정의하는 실린더 블록(64)을 추가로 포함한다. 상세하게는, 엔진(50)은 및 크랭크샤프트(52)에 반대하는 쪽으로 상기 실린더들의 상부 단부에 위치한 실린더 헤드(70)에 의해 밀봉된 압축 실린더(66) 및 팽창 실린더(68)를 포함한다.
- [0043] 압축 피스톤(72)은 압축 실린더(66)내에 수용되고 상사점(TDC)과 하사점(BDC) 위치 사이에서 왕복운동할 수 있도록 후행 커넥팅 로드(62)에 연결된다. 팽창 피스톤(74)은 팽창 실린더(68)내에 수용되고 유사한 상사점/하사점 사이의 왕복운동을 위해 선행 커넥팅 로드(60)에 연결된다.
- [0044] 실린더 헤드(70)는 실린더들(66, 68) 사이 및 내부, 외부로의 가스 흐름을 위한 구조를 제공한다. 가스 유동을 위해, 실린더 헤드(70)는 압축 실린더(66) 내부로 흡입공기가 전달되는 흡입 통로(76), 압축 공기가 압축 실린더(66)에서 팽창 실린더(68)로 전달되는 한 쌍의 접선방향 나선형 교차 (Xovr) 통로(78) 및 소모된 가스들이 팽창 실린더(68)로부터 배출되는 배기 통로(80)를 포함한다.

- [0045] 압축 실린더(66) 내부로의 가스 유동은 내부로 개방된 포켓 타입의 흡입 밸브(82)에 의해 제어된다. 각각의 나선형 교차 통로(78)의 내부 및 외부로의 가스 유동은 한 쌍의 외부로 개방된 포켓 밸브들, 즉 상기 나선형 교차 통로들의 입구 단부들상에 위치한 교차 압축(Xovrc) 밸브들(84) 및 상기 나선형 교차 통로들의 출구 단부들상에 위치한 교차 팽창(Xovre) 밸브들(86)에 의해 제어될 수 있다. 상기 각 쌍의 교차 밸브들(84, 86)은 각각의 상기 교차 통로들 내의 상기 밸브들 사이에서 압력 챔버(87)를 정의한다. 배기 통로(80) 외부로의 배기 가스 유동은 내부로 개방된 포켓 타입의 배기 밸브(88)에 의해 제어된다. 상기 밸브들(82, 84, 86 및 88)은 기계적으로 작동되는 캠(cam)들, 가변적인 밸브 구동 기술과 같은 기타 유사한 적정 방식으로 가동된다.
- [0046] 각각의 나선형 교차 통로(78)는 내부에 배치된 적어도 하나의 고압 연료 주입기(90)를 갖는다. 연료 주입기(90)들은 나선형 교차 통로(78)들의 압력 챔버들(87)내의 압축공기 차지에 연료 주입을 수행한다.
- [0047] 또한, 엔진(50)은 하나 혹은 그 이상의 스파크 플러그(92)들 또는 다른 점화 장치들을 포함한다. 스파크 플러그들(90)은 혼합 연료 및 공기 차지가 상기 팽창 행정시 점화되거나 연소될 수 있는 팽창 실린더(68) 단부의 적정 위치에 위치한다.
- [0048] 도 6을 참조하면, 실린더 헤드(70)와 배기 통로(80) 및 이중의 접선방향 나선형 교차 통로들(78)의 하류부들을 포함하는 통로들 내부에 대한 상세 도면이 도시되어 있다. 상기에서 설명한 바와 같이, 연료/공기 차지는 교차 통로(78)들로부터 상기 연료/공기 차지가 팽창 행정시 연소되고, 결국은 배기 행정시 배기 통로(80)를 통해 방출되는 팽창 실린더(68) 내부로 흘러가야 한다. 연소에 선행하여, 상기 연료/공기 차지는 빠르게 혼합되어야 하며 팽창 실린더(68)내에서 완전히 분산되어야 한다.
- [0049] 두 교차 통로(78)들은 나선형 단부(102)의 반시계 방향으로 일체로 연결된 일반적으로 직선형 접선방향 러너부(100)로 구성되며, 상기 나선형 단부는 외부로 개방된 포켓 타입의 교차 팽창 밸브(86)위로 배치되어 있다. 선택적으로, 각각의 러너부(100)는 팽창 실린더(68)에 대해 접선방향 혹은 반경방향으로 배향될 수 있고, 상기 배향은 상기 연료/공기 차지가 상기 실린더(68)로 전달될 때 상기 차지의 벌크 유동 방향을 결정한다. 또한, 선택적으로 각각의 나선형 단부(102)는 시계방향 혹은 반시계방향으로 회전할 수 있으며, 상기 회전 방향은 상기 연료/공기 차지가 실린더(68)로 진입할 때 회전 혹은 스핀을 가진다면 그 방향을 결정한다.
- [0050] 이와 다르게, 교차 통로(78)의 상기 단부가 나선형 회전을 포함하지 않는다면, 상기 교차 통로는 벌크 유동 혹은 와류를 결정할 수 있는 직선형 교차 통로(혹은 직선형 교차 포트)로 알려져 있으나 상기 연료/공기 차지는 팽창 실린더(68)로 진입할 때 특정한 회전 스핀을 갖지 않는다.
- [0051] 도 6의 실시예에 있어서, 각각의 반시계방향의 나선형 단부(102)는 보어(108)에서 연장하는 밸브 스템(106)에 대해 반시계방향으로 회전하는 편벨(104)을 포함하며, 각각의 외부로 개방된 교차 팽창 밸브(86)의 상기 밸브 스템은 상기 보어를 통해 연장한다. 나선형 편벨(104)은 유입 공기가 팽창 실린더(68)로 진입하는 것에 선행하여 상기 유입 공기를 밸브 스템(106) 주위로 회전시킨다. 상기 밸브 스템은 외부로 개방된 밸브 헤드(109)를 수반하며, 상기 밸브 헤드는 상기 밸브의 안착시 압력 챔버(87)내에서 압력에 의해 부분적인 폐쇄상태로 유지된다.
- [0052] 각각의 러너부(100)는 팽창 실린더(68)의 주변부에 접한다. 즉, 각각의 러너부(100)는 공기 유동을 상기 밸브 스템에 가장 근접한 팽창 실린더(68)의 주변부내의 한 점을 통해 연장하는 접선방향 라인에 거의 평행한(즉, 바람직하게는 20° 내외, 보다 바람직하게는 10° 내외, 가장 바람직하게는 5° 내외) 유동 경로를 따라 편벨(104) 내부를 향하도록 한다. 밸브 스템(106)은 상기 밸브의 안착시 압력 챔버(87)내의 압력에 의해 부분적으로 폐쇄상태로 유지되는 외부로 개방된 밸브 헤드(109)를 수반한다. 양 나선형 단부들(102)이 동일한 방향으로 회전하는 상기 이중의 접선방향 나선형 교차 통로(78)들의 결합은 스플릿-사이클 엔진(50)내에서 신속한 공기/연료의 혼합을 크게 증진시키는 것으로 밝혀졌다.
- [0053] 도 7 내지 도 9를 참조하면, 상기 접선방향 혹은 반경방향 러너부들과 반시계방향 및 시계방향의 나선형 혹은 직선방향 단부들의 6개의 가능한 결합들이 도시되어 있다. 도 7을 참조하면, 교차 통로(110)는 상기 도 6에서 도시된 바와 같이 반시계방향(ccw) 나선형부(114)를 갖는 접선방향(tan) 러너부(112)를 포함하고, 교차통로(116)는 시계방향(cw) 나선형부(120)를 갖는 접선방향 러너부(118)를 포함한다.
- [0054] 도 8을 참조하면, 교차 통로(112)는 반시계방향 나선형부(126)를 갖는 반경방향(rad) 러너부(124)를 포함하며, 교차통로(128)는 시계방향 나선형부(132)를 갖는 반경방향 러너부(130)를 포함한다. 반경방향 러너부들(124, 130)은 공기 유동을 팽창 실린더(68)의 중심에서 대략 반경방향인 유동 경로를 따라(즉, 바람직하게는 20° 내외, 보다 바람직하게는 10° 내외, 가장 바람직하게는 5° 내외) 나선형부들(126, 132)의 상기 편벨들 내부

로 각각 이동시킨다.

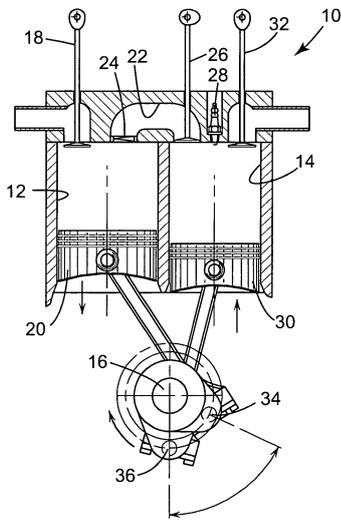
- [0055] 도 9를 참조하면, 교차 통로(134)는 직선방향(dir) 단부(138)를 갖는 반경방향 러너부(136)를 포함하고, 교차통로(140)는 직선방향 단부(144)를 갖는 접선방향 러너부(142)를 포함한다. 직선방향 단부들(138, 144)은 상기 연료/공기 차지가 팽창 실린더(68)로 진입할 때 상기 차지에 특정 회전 스핀을 전달하지 않는다. 그러나 상기 차지의 벌크 유동 경로는 여전히 러너부들(136, 142)의 배향, 즉 반경방향 러너부(136)가 팽창 실린더(68)의 중심 방향을 향하고 접선방향 러너부(142)가 상기 실린더(68) 주변부를 따라 접선방향을 향하는 상기 배향에 의해 결정된다.
- [0056] 종래 엔진에서는, 연소를 위한 적절한 공기의 운동을 얻기 위해 용인되는 수단은 주로 와류와 난류로 알려진 두 개의 분리된 현상에 의존한다. 와류는 실린더 보어 지름에 의해 경계가 확정된 외부 반지름을 가짐으로써 상당한 양의 공기 운동 에너지가 존재하는 큰 회전 와동처럼, 실린더 내의 벌크 공기의 회전 운동의 발생을 의미한다. 상기 벌크 와류 운동은 압축의 후반 단계에서 난류로 변형된다. 보다 상세하게는, 와류 운동은 매우 작은 스케일의 "마이크로-난류", 즉 실린더 지름의 1/100,000에서 1/100에 이르는 다수의 미소 와동들로 변형된다. 상기의 마이크로-난류 와동들은 이상적으로 적정 순간 연소 영역에 존재하여 화염이 퍼질 수 있는 영역을 확장하여, 즉 미연소 연료 및 공기에 접근할 수 있도록 상기 화염의 전면에 주름을 생성한다.
- [0057] 종래 엔진들에서는, 상기 입구 포트들(혹은 통로들)은 흡입 행정 동안 상기 벌크 와류를 발생시키는 역할을 하며, 반면 피스톤 상부의 상사점(TDC) 주변의 실린더 헤드로의 접근은 와류를 난류로 변형시키는 역할을 한다. 따라서 입구 통로들은 엔진 속도에 대비한 와동 속도와 관련된 선회비(SR)라는 용어로 평가되는 와류 증강 능력을 향상시키기 위해 개발된다. 선회비는 특성화된 유동 장치 혹은 최근에는 전산 유체 역학(computational fluid dynamics, CFD) 기술들을 사용하여 측정할 수 있다. 또한 CFD를 사용하면, 연속적인 와류의 난류 전환을 모델링하는 것이 가능하며, 이는 상기 헤드 및/혹은 피스톤의 연소 챔버 형태들의 형상에 의해 크게 영향을 받는다. 난류의 정도를 평가하는데 쓰이는 매개변수들 중 하나는 모든 대소의 와동들의 총 모멘텀에 대한 측정값인 난류 운동 에너지(TKE)이다.
- [0058] 종래 엔진들에 있어서, 상기 두 과정들의 진행은 엔진 작동 사이클 중 상이한 시점에서, 즉 상기 흡입 행정시 와류, 상기 압축 행정시 난류가 발생하므로 주로 분리되어 다루어졌다. 그러나 스플릿-사이클 엔진(50)에서는 교차 통로(78)에서 팽창 실린더(68)까지의 공기 유입이 상사점에 매우 근접하여 일어나므로, 상기 교차 통로들이 스스로 와류와 난류 모두를 발생시키는 역할을 해야 한다.
- [0059] 와류 발생에 적합한 통로 배열들은 종래 엔진들에서도 합리적으로 설계되어 있으나, 상기의 배열들이 스플릿-사이클(50)에서도 효율적인지 여부는 알려지지 않았다. 추가적으로, 종래의 엔진들은 대부분 보편적으로 종래의 팽창 실린더 내부로 개방된 포켓 밸브들을 활용하는 반면 상기 엔진(50)은 팽창 실린더(68)의 외부로 개방된 포켓 XovrE 밸브(86)들을 포함하고 있으므로, 스플릿-사이클(50)내 와류에 있어서 통로 배열들의 효과에 대한 불확실성의 정도는 증가되었다. 게다가 와류의 발생이 난류 운동 에너지(TKE)와 관련되는 방식도 알려지지 않았다.
- [0060] 더욱이, 스플릿-사이클 엔진(50)에서 와류 및 난류에 대한 도 7 내지 도 9에서 도시된 6개의 교차 통로(78)의 배치가 가지는 효과 역시 알려지지 않았다. 추가적으로, 두 개의 개별 교차 통로들(78)이 존재하므로, 각각의 팽창 실린더(68)에 대해 최소한 36개의 가능한 교차 통로 배치들의 결합들이 존재하며, 각각의 이중 교차 통로 배치가 와류 및 난류에 영향을 미치는 방식 역시 알려지지 않았다.
- [0061] 이에 따라, 도 10을 참조하면, 스플릿-사이클 엔진(50)의 최적의 차지 모션을 얻기 위해 대해서 36개의 교차 통로 배치들을 비교한 배기 CFD 예측치의 연구가 수행되었다. 그래프(150)는 상기 연구의 결과들을 보여주고 있다. 그래프(150)의 저부에서 수평으로 연장하며 36개의 열들과 5개의 행들로 정렬된 데이터 눈금(166)은 이중 교차 통로(78)의 상기 36개의 가능한 매개변수들의 조합을 표현한다. 상대적인 난류 운동 에너지 값들은 그래프(150)의 좌측을 따라 수직으로 이어지고, 반면 상대적인 선회비의 값들이 그래프(150)의 우측을 따라 수직으로 이어진다.
- [0062] 눈금(166) 사이에서, 행(156)은 두 교차 통로들(78) 중 제1 통로의 러너부(100)의 접선방향(tan) 혹은 반경방향(rad) 배향을 나타내고 있으며 행(158)은 두 교차 통로들(78) 중 제1 통로의 단부(102)에 대한 시계방향(cw) 나선형, 반시계방향(ccw) 나선형 혹은 직선방향(dir)의 배치를 나타낸다. 또한 눈금(166) 사이에서, 행(160)은 두 교차 통로들(78) 중 제2 통로의 러너부(100)에 대한 접선방향(tan) 혹은 반경방향(rad) 배향을 나타내고 있으며, 행(162)은 두 교차 통로들(78) 중 제2 통로의 단부(102)에 대한 시계방향(cw) 나선형, 반시계방향(ccw)

나선형, 직선방향(dir)의 배치를 나타낸다. 행(164)은 참조의 편의를 위해 1 내지 36의 다양한 매개변수의 결합들에 대해 번호를 부여하였다. 선회비 및 난류 운동 에너지에 대한 36개의 결합들의 효과는 라인(152) 및 라인(154)에서 각각 도시되고 있다.

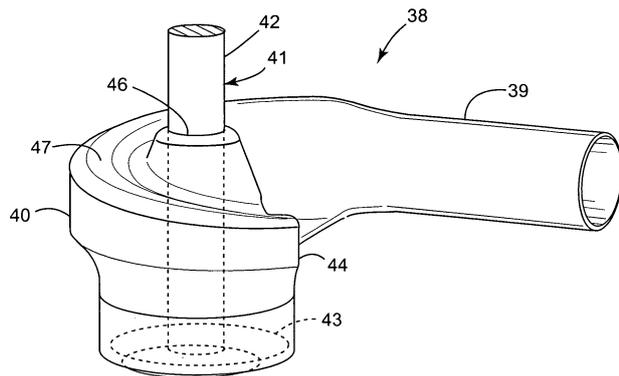
- [0063] 강한 와류를 생성하는 통로들일수록 더 높은 수준의 난류 운동 에너지를 생성한다는 것이 일반적인 경향으로 관측되었다. 동일 방향의 단부 회전들, 즉 행(164)의 매개변수 결합들(1,2)을 갖는 이종의 접선방향 나선형 통로들은 최고치 수준의 벌크 와류 및 난류 운동 에너지를 생성하였다.
- [0064] 상기 예측 작업은 스플릿-사이클 엔진(50)의 팽창 실린더(68)에 대한 인-실린더(in-cylinder) 차지 모션을 발생시키는 효과적인 수단은 도 6에서 가장 잘 알 수 있듯이, 팽창 실린더(68) 주변부에 대해 접선방향으로 방출하는 접선방향 러너부(100)들 및 동일 방향(시계 혹은 반시계방향)으로 회전하는 두 나선형 단부(102)들과 정렬된 두 접선방향 나선형 교차 통로(78)들을 사용하는 것임을 보여주었다. 따라서 각 통로를 이탈하는 공기의 회전방향은 동일 방향이다. 상기 방식으로, 각 통로로부터 도출되는 상기 공기의 운동 에너지는 부가적이며, 따라서 최고치의 실린더 벌크 모션을 제공할 수 있으며, 이와 동시에 높은 수준의 난류 운동 에너지를 발생시킨다.
- [0065] 도 4 내지 도 6에서 본 발명의 실시예를 도시하였고, 도 7 내지 도 10은 고려된 다양한 포트 배열들 중 어느 것이 최고치의 선회비 및 난류 운동 에너지 값들을 제공할 것으로 예측되었는지 결정하기 위해 수행된 광범위한 연구결과들을 나타내고 있으며, 다른 대체적인 교차 통로 배열들이 본 발명의 의도된 범위 내에서 포함된 특징들을 가지며 활용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0066] 도 11은 그러한 대체적인 배열 중 하나의 예를 도시하고 있으며, 도 4 내지 도 6에서 도시된 것과 유사한 구성요소 혹은 특징들을 나타내기 위해 유사한 참조 번호들이 사용되었다. 도 11은 특히, 도 4 및 도 5에서 표현된 엔진(50)과 일반적으로 유사한 엔진(170)을 도시하고 있다. 실린더 블록, 피스톤들 및 크랭크 메커니즘은 도시되지 않았으나 상기 엔진(50)과 동일한 메커니즘을 가질 수 있다. 압축 및 팽창 실린더들은 도 11에서 파선(66, 68)으로 표현된다.
- [0067] 도 11에서 엔진(170)은 추가적으로, 엔진(50)과 유사하게 흡입 통로(76) 및 흡입 밸브(82)를 포함한 실린더 헤드(70), 배기 통로(80), 배기 밸브(88) 및 스파크 플러그(92)를 포함한다. 이중 교차 압축 밸브들(84) 및 교차 팽창 밸브들(86) 또한 엔진(50)과 유사한 위치에 포함되고 있다.
- [0068] 엔진(170)은 이중 교차 밸브들이 교차 밸브들(84, 86) 사이에서 공통적인 압력 챔버(174)를 정의하는 변형된 교차 통로(172)에 의해 연결되어 있다는 점이 상이하다. 교차 통로(172)는 양 교차 압축 밸브들(84)과 연속적으로 연결하는 단일의 통로부(176)로 형성되어 있다. 통로부(176)는 최소한 제1 브랜치(branch)(178) 및 제2 브랜치(180)의 두 갈래로 갈라지며, 각각의 브랜치들은 개별적으로 접선방향 러너부(182)를 통해 교차 팽창 밸브들(86) 중 하나와 연결한다. 러너부들(182)은 엔진(50)의 단부들(102) 및 러너부들(100)에 상응하는 나선형 단부(184)와 각각 연결한다. 연료 주입기들(90)은 엔진(50)에서처럼 나선형 단부들(184) 근방에 교차 통로(172)의 상기 분리된 브랜치들 내부로 연료를 주입하기 위해 위치하고 있다.
- [0069] 다양한 다른 대체적인 실시예들 역시 가능하다. 비한정적인 예시들로서, 상기 교차 압축 밸브들은 통로의 중심부 혹은 단부에 의해 연결된 상기 브랜치들을 갖는 Y형 혹은 X형 교차 통로의 분리된 브랜치들에 연결될 수 있다. 압축 및 팽창 실린더 쌍의 다른 수들의 교차 밸브들을 함께 연결하는 교차 매니폴드 역시 가능하다. 예를 들면, 하나 혹은 그 이상의 교차 압축 밸브들이 하나 혹은 그 이상의 교차 팽창 밸브들과 연결이 가능하다. 하나 이상의 실린더 쌍을 연결하는 매니폴드들도 역시 가능하다. 또한, 필요하다면, 상기 연료 주입기들은 연료를 스플릿-사이클 엔진의 상기 교차 통로들 대신 상기 팽창 실린더들 내부로 직접 주입하기 위해 설치될 수 있다. 게다가 스플릿-사이클 압축 점화 엔진 내부로의 직접적인 연료 주입은 본 발명의 범위내에 있다.
- [0070] 상기에서는 본 발명의 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

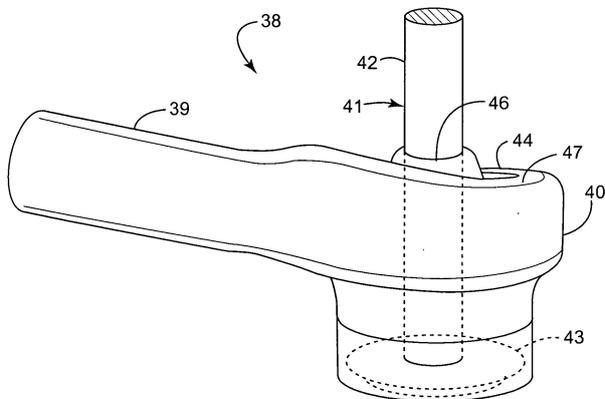
도면1



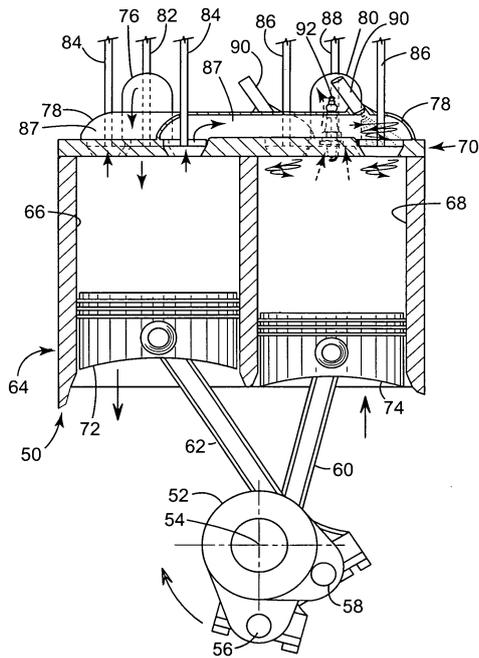
도면2



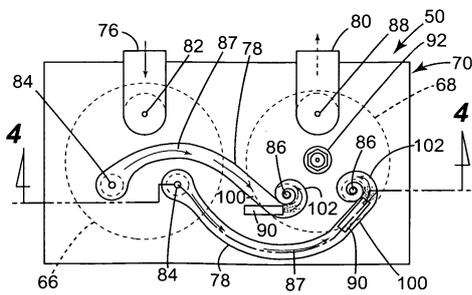
도면3



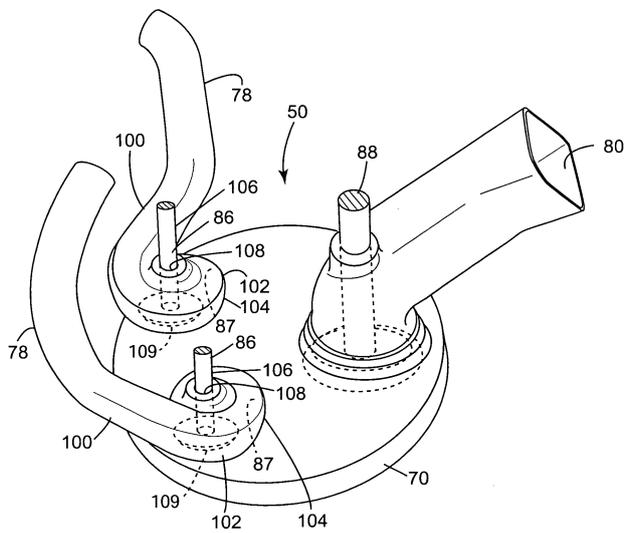
도면4



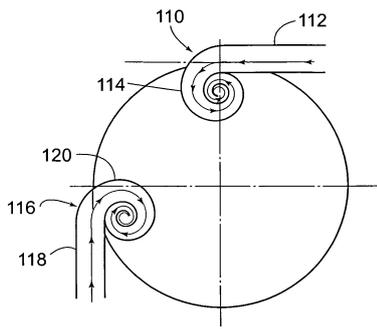
도면5



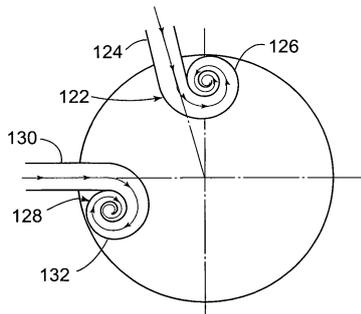
도면6



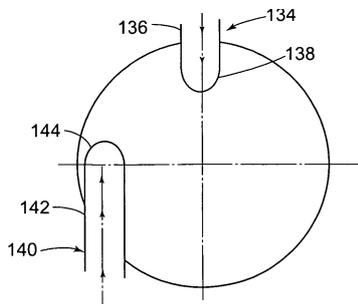
도면7



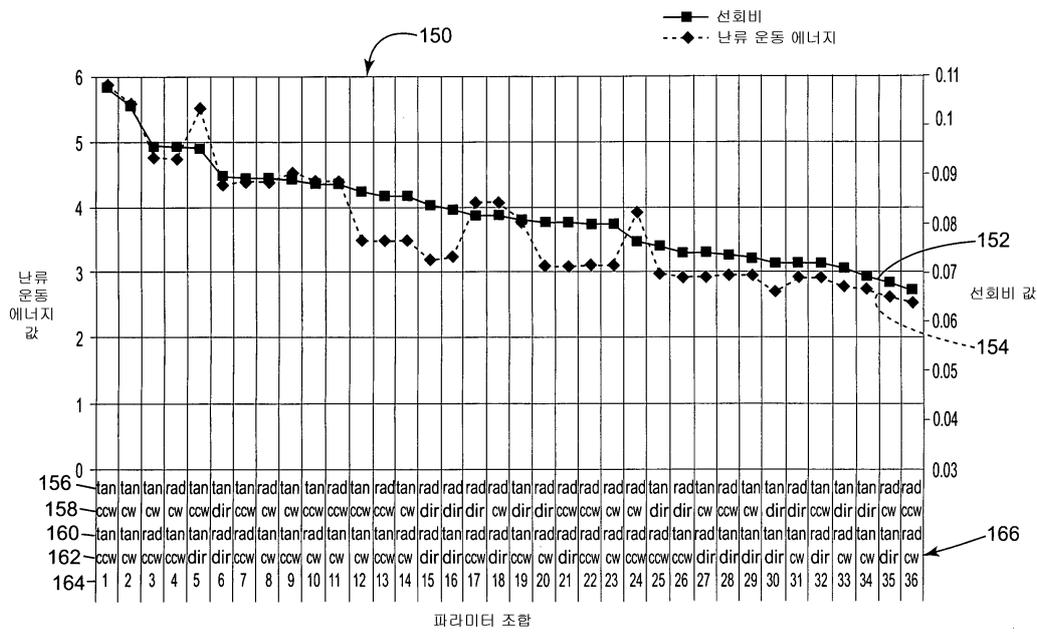
도면8



도면9



도면10



도면11

