



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년01월09일
(11) 등록번호 10-1219617
(24) 등록일자 2013년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02B 23/08 (2006.01) F02F 3/28 (2006.01)
F02B 75/12 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7000987
(22) 출원일자(국제) 2010년03월29일
심사청구일자 2011년01월14일
(85) 번역문제출일자 2011년01월14일
(65) 공개번호 10-2011-0017928
(43) 공개일자 2011년02월22일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/029029
(87) 국제공개번호 WO 2010/117713
국제공개일자 2010년10월14일

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

(30) 우선권주장
12/722,500 2010년03월11일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
KR100662235 B1
KR100753227 B1

전체 청구항 수 : 총 15 항

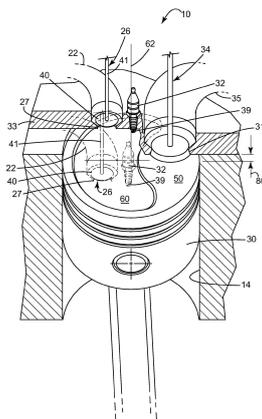
심사관 : 임석연

(54) 발명의 명칭 스플릿-사이클 엔진의 피스톤 내의 크리센트 형 리세스

(57) 요약

본 발명은 팽창/파워 실린더 내의 연료 분배 및 스파크-플러그 위로의 공기/연료 비율을 증진시키기 위해 스플릿-사이클 엔진의 팽창 피스톤의 상부(또는 크라운) 내에 리세스를 제공한다.

대표도 - 도3



(30) 우선권주장

61/167,270 2009년04월07일 미국(US)

61/169,395 2009년04월15일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

크랭크샤프트 축(17) 주위로 회전가능한 크랭크샤프트(16);

중심선 축(62)을 포함하는 팽창 실린더(14);

팽창 실린더(14) 내에서 슬라이딩가능하게 수용되고 크랭크샤프트(16)에 작동가능하게 연결되어 크랭크샤프트(16)의 일 회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복하도록 작동가능하며, 상부 표면(50) 및 외측 주변부(74)를 포함하는 팽창 피스톤(30);

팽창 실린더(14) 위로 배치되어 하부 표면(52)이 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50)을 직면하고, 내부에 배치된 교차통로 출구(27) 및 배기 포트 입구(53)를 포함하며, 배기 포트 입구(53) 및 교차 통로 출구(27)는 각각 팽창 실린더(14)에 근접하여 위치하는 실린더 헤드(33);

고압 가스 소스(12/20)를 교차 통로 출구(27)를 통해 팽창 실린더(14)로 연결하는 교차 통로(22);

상기 팽창 행정의 일부 동안 교차 통로(22) 및 팽창 실린더(14) 사이에서 유체 교환이 이루어지도록 작동 가능하며 교차 통로 출구(27) 내에 배치된 외부로 개방시키는 교차 팽창 밸브(XovrE 밸브, 26);

배기 포트 입구(53) 내에 배치되고, 상기 배기 행정의 일부 동안 배기 포트 입구(31)를 통해 팽창 실린더(14)로 혹은 팽창 실린더(14)로부터 유체 교환이 이루어지도록 작동가능한 배기 밸브(34);

팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 내에 배치되고 하부 표면을 포함하는 리세스(60);

팽창 피스톤(30)이 상사점(TDC) 위치에 있을 때, 중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 및 실린더 헤드(33)의 하부 표면(52) 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 팽창 피스톤 클리어런스(80);

중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라, 리세스(60)의 하부 표면(64) 및 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 리세스 깊이(82); 및

상기 팽창 피스톤이 하사점(BDC) 위치에 있을 때 상기 팽창 실린더 내에 밀폐된 부피 대 상기 팽창 피스톤이 상사점(TDC) 위치에 있을 때 상기 팽창 실린더 내 밀폐된 부피의 비율인 팽창비를 포함하고,

리세스(60)의 일부는 교차 통로 출구(27)의 일부와 중첩되고,

배기 포트 입구(31)의 일부는 리세스(60)의 어떤 일부와도 중첩되지 않으며,

리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80)의 1.0 및 3.0 배 사이에 있는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 팽창비는 최소한 20 대 1, 최소한 30 대 1, 또는 최소한 40 대 1인 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 3

제 1 항에 있어서, 팽창 피스톤(30)이 팽창 피스톤(30)의 상사점 위치를 지나 크랭크샤프트(16)의 10 및 25도의 회전 사이에서, 또는 팽창 피스톤(30)의 상사점 위치를 지나 크랭크샤프트(16)의 10 및 20도의 회전 사이에서, 상사점(TDC) 위치에서 하사점(BDC) 위치로 하강하는 동안 팽창 실린더(14) 내에 연소 이벤트를 개시하도록 작동가능한 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 4

제 1 항에 있어서, 리세스(60)의 어떤 일부도 배기 포트 입구(31)의 일부와 중첩되지 않는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 5

제 1 항에 있어서, 리세스(60)의 부분들은 최소한 하나의 점화 장치(32), 또는 최소한 두 개의 점화 장치(32)들

과 중첩하는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 6

제 1 항에 있어서, 리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80)의 2.0 및 3.0 배 사이인 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 7

제 1 항에 있어서, 배기 포트 입구(31)의 전체 영역의 20% 이하, 또는 10% 이하의 영역이 리세스(60)와 중첩하는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 8

크랭크샤프트 축(17) 주위로 회전가능한 크랭크샤프트(16);

중심선 축(62)을 포함하는 팽창 실린더(14);

팽창 실린더(14) 내에서 슬라이딩가능하게 수용되고 크랭크샤프트(16)에 작동가능하게 연결되어 크랭크샤프트(16)의 일 회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복하도록 작동가능하며, 상부 표면(50) 및 외측 주변부(74)를 포함하는 팽창 피스톤(30);

팽창 실린더(14) 위로 배치되어 하부 표면(52)이 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50)을 직면하고, 내부에 배치된 교차통로 출구(27) 및 배기 포트 입구(53)를 포함하며, 배기 포트 입구(53) 및 교차 통로 출구(27)는 각각 팽창 실린더(14)에 근접하여 위치하는 실린더 헤드(33);

고압 가스 소스(12/20)를 교차 통로 출구(27)를 통해 팽창 실린더(14)로 연결하는 교차 통로(22);

교차 통로 출구(27) 내에 배치되며 상기 팽창 행정의 일부 동안 교차 통로(22) 및 팽창 실린더(14) 사이에서 유체 교환이 이루어지도록 작동 가능한 교차 팽창 밸브(XovrE 밸브, 26);

배기 포트 입구(53) 내에 배치되고, 상기 배기 행정의 일부 동안 배기 포트 입구(31)를 통해 팽창 실린더(14)로 혹은 팽창 실린더(14)로부터 유체 교환이 이루어지도록 작동가능한 배기 밸브(34);

팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 내에 배치되고 하부 표면을 포함하는 리세스(60);

팽창 피스톤(30)이 상사점(TDC) 위치에 있을 때, 중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 및 실린더 헤드(33)의 하부 표면(52) 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 팽창 피스톤 클리어런스(80);

중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라, 리세스(60)의 하부 표면(64) 및 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 리세스 깊이(82); 및

상기 팽창 피스톤이 하사점(BDC) 위치에 있을 때 상기 팽창 실린더 내에 밀폐된 부피 대 상기 팽창 피스톤이 상사점(TDC) 위치에 있을 때 상기 팽창 실린더 내 밀폐된 부피의 비율인 팽창비를 포함하며,

상기 팽창비는 최소한 20 대 1이고,

리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80) 이상인 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 9

제 8 항에 있어서,

리세스(60)의 일부는 교차 통로 출구(27)의 일부와 중첩되고,

배기 포트 입구(31)의 일부는 리세스(60)의 어떤 일부와도 중첩되지 않는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 10

제 8 항에 있어서, 리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80)의 1.0 및 3.0 배 사이, 또는 2.0 및 3.0 배 사이에 있는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 11

제 8 항에 있어서, 상기 팽창비는 최소한 30 대 1, 또는 최소한 40 대 1의 값을 갖는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 12

제 8 항에 있어서, 팽창 피스톤(30)이 팽창 피스톤(30)의 상사점 위치를 지나 크랭크샤프트(16)의 10 및 20도의 회전 사이에서 상사점(TDC) 위치로부터 하사점(BDC) 위치로 하강하는 동안 팽창 실린더(14) 내에 연소 이벤트를 개시하도록 작동가능한 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 13

제 8 항에 있어서, 리세스(60)의 어떤 일부도 배기 포트 입구(31)의 일부와 중첩되지 않는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 14

제 8 항에 있어서, 리세스(60)의 부분들은 최소한 하나의 점화 장치(32), 또는 최소한 두개의 점화 장치(32)들과 중첩되는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

청구항 15

제 8 항에 있어서, 배기 포트 입구(31)의 전체 영역의 20% 이하의 영역, 또는 10% 이하의 영역이 리세스(60)와 중첩하는 것을 특징으로 하는 엔진(10).

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 대체로 피스톤의 상부 내의 리세스에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 스플릿-사이클 엔진의 팽창 피스톤의 상부 내의 크리센트(crescent) 형 리세스에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 명확한 이해를 위해, 본 명세서에서 사용되는 "종래의 엔진"이라는 용어는 오토(Otto) 사이클로 널리 알려진 4 행정(즉, 흡입, 압축, 팽창 및 배기)이 엔진의 각각의 피스톤/실린더의 결합에 포함된 내부 연소 엔진을 지칭한다. 상기의 각 행정은 크랭크샤프트의 반 회전(180 도의 크랭크 각도(crank angle, CA))을 요구하며, 크랭크 샤프트의 2 회전(720 CA)이 수행되어 종래 엔진의 각 실린더내의 완전한 오토 사이클을 완성한다.

[0003] 또한, 명확한 이해를 위해, 선행 기술에 개시된 엔진에 적용되며 및 본 출원에서 언급되는 "스플릿-사이클 엔진"이라는 용어에 대한 정의가 하기에 제공된다.

[0004] 스플릿 사이클 엔진은,

[0005] 크랭크샤프트 축에 대해 회전가능한 크랭크샤프트;

[0006] 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 및 압축 행정을 통해 왕복운동하는 압축 피스톤;

[0007] 팽창 실린더내에 슬라이딩 가능하게 수용되며, 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 및 배기 행정을 통해 왕복운동하는 팽창(파워) 피스톤; 및

[0008] 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키고, 압력 챔버를 정의하는 교차 압축(XovrC) 밸브 및 교차 팽창(XovrE) 밸브를 포함하는 교차 통로를 포함한다.

[0009] 2003. 4. 8에 Carmelo J. Scuderi(Scuderi 특허) 에 허여된 미국등록특허 제6,543,225호 및 2005. 10. 11에 David P.Branyon et al.(Branyon 특허)에 허여된 미국등록특허 6,952,923호는 각각 스플릿-사이클 엔진 및 유사한 유형의 엔진들에 대한 광범위한 논의를 포함한다. 더욱이, 상기 Scuderi 및 Branyon 특허는 본 발명이 추가적으로 개선요소를 부가한 엔진의 선행기술에 대한 세부적인 내용을 개시하고 있다. 상기 Scuderi 및 Branyon 특허 모두 전체가 참조로서 본 출원에 병합되어 있다.

[0010] 도 1을 참조하면, 상기 Scuderi 및 Branyon 특허에서 기술된 것과 유사한 타입의 선행기술인 스플릿-사이클 엔

진이 참조부호 8로 일반적으로 표현된다. 스플릿-사이클 엔진(8)은 종래의 엔진의 두 개의 인접한 실린더들을 하나의 압축 실린더 (12) 및 하나의 팽창 실린더(14)의 결합으로 대체한다. 실린더 헤드(33)는 전형적으로 압축 및 팽창 실린더들(12, 14)의 개방 말단 위로 배치되어 상기 실린더들을 커버하여 밀봉한다.

- [0011] 상기 오토 사이클의 4 행정은 두 실린더들(12, 14) 상에서 "스플릿"되어 압축 실린더(12)는 이에 부속되는 압축 피스톤(20)과 함께 흡입 및 압축 행정을 수행하고, 팽창 실린더(14)는 이에 부속되는 팽창 피스톤(30)과 함께 팽창 및 배기 행정을 수행한다. 그러므로, 상기 오토 사이클은 크랭크샤프트(16)가 크랭크샤프트 축(17) 주위로 일 회전(360도 CA)할 때마다 두 실린더들(12, 14) 내에서 일 회 완결된다.
- [0012] 상기 흡입 행정시, 흡입 공기는 실린더 헤드(33) 내에 배치된 흡입 포트(19)를 통해 압축 실린더(12) 내부로 유도된다. 내부로 개방시키는(상기 실린더 내부를 향해 개방시키는) 포핏(poppet) 흡입 밸브(18)는 흡입 포트(19) 및 압축 실린더(12) 사이의 유체 교환을 제어한다.
- [0013] 상기 압축 행정시, 압축 피스톤(20)은 공기 차지를 압축하고 상기 공기 차지를 전형적으로 실린더 헤드(33) 내에 배치되는 교차 통로(혹은 포트, 22) 내부로 이동시킨다. 이는 압축 실린더(12) 및 압축 피스톤(20)이 팽창 실린더(14)에 대한 흡입 통로로서 기능하는 교차 통로(22)로의 고압 가스의 소스임을 의미한다. 일부 실시예들에서, 2 이상의 교차 통로들(22)이 압축 실린더(12) 및 팽창 실린더(14)를 상호 연결시킬 수 있다.
- [0014] 스플릿-사이클 엔진(8) 및 일반적인 스플릿-사이클 엔진들에 대한 압축 실린더(12)의 용적 압축 비율을 본 명세서에서는 스플릿-사이클 엔진의 "압축비"로 지칭한다. 스플릿-사이클 엔진(8) 및 일반적인 스플릿-사이클 엔진들에 대한 팽창 실린더(14) 용적 압축 비율을 본 명세서에서는 스플릿-사이클 엔진의 "팽창비"로 지칭한다. 실린더의 용적 압축 비율은 선행 기술들에서 실린더 내에서 왕복운동하는 피스톤이 하사점(bottom dead center, BDC) 위치에 있을 때 상기 실린더(모든 리세스들을 포함하는) 내의 밀폐된(혹은 포획된) 부피의 상기 피스톤이 상사점(top dead center, TDC) 위치에 있을 때 상기 실린더 내의 밀폐된 부피(즉, 클리어런스(clearance) 부피)에 대한 비율로서 알려져 있다. 특히, 본 명세서에서 정의된 스플릿-사이클 엔진에서는, 압축 실린더의 상기 압축비는 XovrC 밸브가 폐쇄될 때 결정된다. 또한, 본 명세서에서 정의된 스플릿-사이클 엔진에서는, 팽창 실린더의 상기 팽창비는 XovrE 밸브가 폐쇄될 때 결정된다.
- [0015] 매우 높은 압축비(예를 들면, 40 대 1, 80 대 1 혹은 그 이상의)에 기인하여, 교차 통로 입구(25)에서 외부로 개방시키는(실린더로부터 외부로 개방시키는) 포핏 교차 압축(XovrC) 밸브(24)가 사용되어 압축 실린더(12)로부터 교차 통로(22) 내부로의 플로우를 제어한다. 매우 높은 팽창비(예를 들면, 40 대 1, 80 대 1 혹은 그 이상의)에 기인하여, 교차 통로(22)의 출구(27)에서 외부로 개방시키는 포핏 교차 팽창(XovrE) 밸브(26)가 교차 통로(22)로부터 팽창 실린더(14) 내부로의 플로우를 제어한다. 상세하게 후술하는 바와 같이, XovrC 및 XovrE 밸브들(24, 26)의 작동 속도 및 위상은 교차 통로(22) 내의 압력을 상기 오토 사이클의 4 행정동안 높은 최소 압력(전형적으로 20bar의 절대압력 또는 풀 로드(full load) 동작시 그 이상의 압력)으로 유지하기 위해 타이밍 되어 있다.
- [0016] 최소한 하나의 연료 인젝터(28)가 팽창 피스톤(30)이 상사점 위치에 도달하기 직전에 발생하는 XovrE 밸브(26)의 개방에 대응하는 교차 통로(22)의 출구 말단에서 연료를 압축 공기 내부로 주입한다. 상기의 공기/연료 차지는 일부 공정 작동 조건들 하에서는 상사점 직전에 시작될 수도 있으나, 항상 팽창 피스톤(30)이 상사점 위치에 도달한 직후에 팽창 실린더(14)로 진입한다. 피스톤(30)이 상사점 위치로부터 하강하기 시작하고 XovrE 밸브(26)가 여전히 개방되어 있는 동안, 실린더(14) 내부로 돌출하는 스파크 플러그 팁(39)을 포함하는 스파크 플러그(32)는 점화되어 스파크 플러그 팁(39) 주변 영역에서 연소를 개시한다.
- [0017] 연소는 팽창 피스톤이 상사점(TDC) 위치를 지나 1 및 30도의 CA 사이에 있을 때 개시될 수 있다. 보다 바람직하게는, 연소는 상기 팽창 피스톤이 상사점 위치를 지나 5 및 25도의 CA 사이에 있을 때 개시될 수 있다. 더욱 바람직하게는, 연소는 상기 팽창 피스톤이 상사점 위치를 지나 10 및 25도의 CA 사이에 있을 때 개시될 수 있다. 가장 바람직하게는, 연소는 상기 팽창 피스톤이 상사점 위치를 지나 10 및 20도의 CA 사이에 있을 때, 개시될 수 있다. 추가적으로, 연소는 글로우(glow) 플러그, 마이크로파 점화 장치 또는 압축 점화 방법과 같은 다른 점화 장치 및/또는 방법들을 통해 개시될 수 있다.
- [0018] XovrE 밸브(26)는 연소가 개시된 이후 및 야기되는 연소 이벤트가 교차 통로(22)로 진입하기 전에 폐쇄된다. 상기 연소 이벤트는 팽창 피스톤(30)을 파워 행정 내에서 아래로 구동시킨다.
- [0019] 배기 행정시, 배기 가스는 실린더 헤드(33) 내에 배치된 배기 포트(35)를 통해 팽창 실린더(14)의 외부로 펌핑된다. 배기 포트(35)의 입구(31) 내에 배치된 내부로 개방시키는 포핏 배기 밸브(34)는 팽창 실린더(14) 및 배

기 포트(35) 사이의 유체 교환을 제어한다. 배기 밸브(34) 및 배기 포트(35)는 교차 통로(22)로부터 분리되어 있다. 즉, 배기 밸브(34) 및 배기 포트(35)는 교차 통로(22)와 접촉하지 않는다.

[0020] 상기 스플릿-사이클 엔진의 개념에서, 압축 및 팽창 실린더들(12, 14)의 기하학적인 엔진 변수들(즉, 보어(bore), 행정, 커넥팅 로드 길이, 용적 압축 비율 등)은 일반적으로 서로 독립적이다. 예를 들면, 압축 실린더(12) 및 팽창 실린더(14) 각각의 크랭크 스토크우들(36, 38)은 상이한 반지름 및 서로 이격된 위상을 가져 팽창 피스톤(30)의 상사점(TDC)이 압축 피스톤(20)의 상사점에 선행하여 발생할 수 있다. 이러한 독립성은 스플릿-사이클 엔진(8)이 잠재적으로 보다 높은 효율 레벨 및 전형적인 4 행정 엔진보다 높은 토크 획득을 가능케 한다.

[0021] 스플릿-사이클 엔진(8) 내의 엔진 변수들의 기하학적 독립성은 전술한 바와 같이 교차 통로(22) 내에서 압력이 유지될 수 있는 주된 이유 중의 하나이다. 구체적으로, 팽창 피스톤(30)은 디스크리트(discreet) 위상 각도(전형적으로 10 및 30도의 CA 사이의)에 의해 상기 압축 피스톤이 상사점 위치에 도달하기 전에 상사점에 도달한다. 상기의 위상 각도는 XovrC 밸브(24) 및 XovrE 밸브(26)의 적절한 타이밍과 함께, 스플릿-사이클 엔진(8)이 이의 압력/부피 사이클의 모든 4 행정 동안 교차 통로(22) 내에서 높은 최소 압력(전형적으로 20bar의 절대압력 또는 풀 로드 동작시 더 높은 압력)으로 압력을 유지하도록 한다. 즉, 스플릿-사이클 엔진(8)은 XovrC 밸브(24) 및 XovrE 밸브(26) 모두 팽창 피스톤(30)이 이의 상사점 위치에서 하사점(BDC) 위치로 하강하고, 압축 피스톤(20)이 동시에 이의 하사점 위치에서 상사점 위치로 상승되는 상당한 주기(혹은 크랭크샤프트의 회전 주기 동안)동안 개방되도록 타이밍되어 작동가능하다. 교차 밸브들(24, 26)이 모두 개방된 상기 주기(혹은 크랭크 샤프트의 회전) 동안, 실질적으로 동일한 질량의 가스가 1) 압축 실린더(12)로부터 교차 통로(22)로, 그리고 2) 교차 통로(22)로부터 팽창 실린더(14)로 이송된다. 이에 따라, 상기 주기 동안, 상기 교차 통로 내의 압력이 소정의 최소 압력(전형적으로, 풀 로드 동작시 20, 30 혹은 40bar의 절대 압력) 아래로 떨어지지 않는 것이 방지된다. 더욱이, 흡입 및 배기 행정의 상당 부분(전형적으로 전체 흡입 및 배기 행정의 90% 혹은 그 이상)에서 XovrC 밸브(24) 및 XovrE 밸브(26)는 양 쪽 모두 폐쇄되어 교차 통로(22) 내에 포획된 가스의 질량이 실질적으로 일정한 레벨로 유지된다. 그 결과, 교차 통로(22) 내의 압력은 엔진의 압력/부피 사이클의 모든 4 행정 동안 소정의 최소 압력으로 유지된다.

[0022] 설명의 목적을 위해, 실질적으로 동일한 질량의 가스를 교차 통로(22)의 내, 외부로 동시에 이송하기 위해 팽창 피스톤(30)이 상사점으로부터 하강하고 압축 피스톤(20)이 상사점을 향해 상승하는 동안 XovrC 밸브(24) 및 XovrE 밸브(26)를 개방하는 방법을 본 명세서에서 가스 이송의 푸쉬-풀(Push-Pull) 방법으로 지칭한다. 상기 푸쉬-풀 방법에 의해 스플릿-사이클 엔진(8)의 교차 통로(22) 내의 압력이 상기 엔진이 풀 로드로 작동할 때 상기 엔진 사이클의 모든 4 행정들 동안 전형적으로 20bar 혹은 그 이상으로 유지된다.

[0023] 전술한 바와 같이, 배기 밸브(34)는 교차 통로(22)와 분리되어 실린더 헤드(33)의 배기 포트(35) 내에 배치된다. 배기 밸브(34)가 교차 통로(22) 내에 배치되지 않고, 따라서 배기 포트(35)가 교차 통로(22)와 공통 부분을 공유하지 않는 구조적 배열은 상기 배기 행정 동안 교차 통로(22) 내에 포획된 가스의 질량을 유지하기 위해 선호된다. 이에 따라, 상기 교차 통로 내의 압력을 상기 소정의 최소 압력 아래로 하락시키는 대량의 주기적 압력 하강이 방지된다.

[0024] 압축 실린더(12) 내의 고 압축비 및 팽창 실린더(14) 내의 고 팽창비는 그 중에서도 플랫-탑(flat-topped) 압축 피스톤(20) 및 플랫-탑 팽창 피스톤(30)을 각각 사용하여 획득될 수 있다. 즉, 스플릿-사이클 엔진에 대한 선행 기술에서, 압축 피스톤(20) 및 팽창 피스톤(30) 각각의 상부 또는 상부 표면(즉, 실린더 헤드(33)을 향해 직면하는 일반적으로 원형 측면)은 실질적으로 평면이다. 실린더 헤드(33)는 또한 전형적으로 압축 및 팽창 실린더들(12, 14) 각각을 향해 직면하는 평평한 하부 표면(즉, 상기 압축 및 팽창 피스톤들의 상부 표면들을 향해 직면하는 실린더 헤드(33)의 표면)을 가지므로, 상기 실린더들 내의 부피는 피스톤들(20, 30)이 각각 그들의 상사점(TDC) 위치에 있을 때 최소화된다.

[0025] XovrE 밸브(26)는 팽창 피스톤(30)이 상사점 위치에 도달하기 직전에 개방된다. 이 때, 교차 통로(22) 내 압력의 팽창 실린더(14) 내 압력에 대한 압력비는 높은 값을 가지며, 이는 상기 교차 통로 내 최소 압력은 전형적으로 20bar의 절대압력 또는 그 이상인 반면 배기 행정 동안 상기 팽창 실린더 내의 압력은 전형적으로 약 1 내지 2의 절대 압력인 사실에 기인한다. 다르게 말하면, XovrE 밸브(26)가 개방되었을 때, 교차 통로(22) 내 압력은 실질적으로 팽창 실린더(14) 내 압력보다 높다(전형적으로 20에서 1 배 혹은 그 이상). 이와 같은 높은 압력비는 공기 및/또는 연료 차지의 개시 플로우가 고속으로 팽창 실린더(14) 내부로 흐를 수 있도록 한다. 이와 같은 고속의 플로우는 소리의 속도에까지 도달할 수 있으며, 이를 음속 플로우(sonic flow)라고 지칭한다. 상기 음속 플로우는 빠른 연소 이벤트를 초래하며 이는 점화가 팽창 피스톤(30)이 상사점 위치에서 하강하는 동안에 개시

되더라도 스플릿-사이클 엔진(8)이 높은 연소 압력을 유지할 수 있기 때문에 특히 유리하다.

- [0026] 그러나, 팽창 실린더(14) 내부로의 고속의(구체적으로, 음속의) 플로우는 압력파를 생성하며, 이는 상기 공기/연료 차지를 팽창 피스톤(30)의 상기 상부 표면을 가로질러 이동시킨다. 상기 압력파는 팽창 실린더(14)의 벽에서 혹은 이에 근접하여 압력 및/또는 온도 피크(peak)를 야기한다. 상기 압력 및/또는 온도 피크는 스파크 점화에 앞서 상기 공기/연료 차지의 빠른 폭발 초래(즉, 예비 점화)와 같은 역효과를 가질 수 있다. 배기 밸브(34)는 팽창 실린더(14) 내에서 가장 뜨거운 표면들 중 하나를 가지므로, 상기 예비 점화의 위험은 상기 압력파가 배기 밸브(34) 부근에서 피크를 형성하면 악화될 수 있다. 이에 따라, 스플릿-사이클 엔진에서 압력파에 의한 운반되는 공기/연료 차지를 압력 및/또는 온도 피크에 의해 예비 점화가 초래되지 않도록 가이드 할 필요가 있다.
- [0027] 도 2를 참조하면, 스플릿-사이클 엔진(8)의 팽창 피스톤(30)이 대략적으로 상사점 위치에 있을 때 XovrE 밸브(26)의 위치가 도시되어 있다. XovrE 밸브(26)는 대체로 디스크 형태의 밸브 헤드(40)를 포함하며, 이로부터 대체로 원통 형태의 헤드 스템(41)이 외부로 연장한다. 피스톤(30)이 이의 상사점 위치에 도달하면, XovrE 밸브(26)의 헤드(40)는 실린더 헤드(33) 내의 폐쇄(혹은 안착) 위치 위로 상승된다. 커튼(curtain) 영역들(42, 44)은 유체가 이를 통해 흐를 수 있는 로컬의 최소 단면 영역들이다. 다르게 말하면, 커튼 영역들(42, 44)은 팽창 피스톤(30)이 상사점 위치에 또는 근접 위치에 있을 때, 교차 통로(22) 및 팽창 실린더(14) 사이의 공기/연료 플로우에 대해 가장 잠재적으로 제한적인 영역들이다.
- [0028] 교차 통로(22)로부터 팽창 실린더(14) 내부로의 상기 공기/연료 차지 플로우는 XovrE 밸브(26) 및 실린더 헤드(33) 사이에서 절두된 콘(cone) 형상(하기에서는 "절두원추형(truncated conical"으로 지칭한다.)을 갖는 커튼 영역(42)를 통과해야 한다. 교차 통로(22)로부터 팽창 실린더(14) 내부로의 상기 공기/연료 차지의 많은 부분은 또한 팽창 피스톤(30) 및 실린더 헤드(33) 사이의 원통형 커튼 영역(44)을 통과해야 한다. 절두 원추형 커튼 영역(42) 및 교차 통로(22)의 출구(27) 사이의 영역은 XovrE 밸브(26)의 밸브 포켓(46)으로 알려져 있다. 보다 구체적으로, 밸브 포켓(46)은 XovrE 밸브(26)의 헤드(40), 실린더 헤드(33), 절두 원추형 커튼 영역(42) 및 교차 통로(22)의 출구(27)에 의해 제한되는 영역이다.
- [0029] 팽창 피스톤(30)이 상사점 위치 혹은 상사점 부근에 있을 때, 팽창 피스톤 클리어런스(48) (즉, 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 및 팽창 실린더(14)의 내부를 향하는 실린더 헤드(33)의 하부 표면(또는 연소 덱(fire deck), 52) 사이의 클리어런스 깊이)는 매우 작을 수 있다(예를 들면, 1.0, 0.9, 0.8, 0.7 혹은 0.6mm 이하). XovrE 밸브(26)가 이의 안착 포지션으로부터 떨어져 개방되는 거리는 XovrE 밸브(26)의 밸브 리프트(lift)로 알려져 있다. 특히, 팽창 피스톤 클리어런스(48)는 XovrE 밸브(26) 리프트에 상응하거나 그보다 매우 작을 수 있다. 이는 원통형 커튼 영역(44)이 절두 원추형 커튼 영역(42)에 상응하거나 이보다 훨씬 작을 수 있음을 의미한다. 상기와 같이 작은 원통형 커튼 영역(44)은 상당한 압력 하강과 플로우 감소를 초래할 수 있다. 다시 말하면, 원통형 커튼 영역(44)이 절두 원추형 커튼 영역(42)에 상응하는 경우, 원통형 커튼 영역(44)은 적절한 양의 공기/연료 차지가 적절한 시간 제한 내에 팽창 실린더(14)로 진입하는 것을 방해할 수 있다. 이러한 현상은 특히 원통형 커튼 영역(44)이 절두 원추형 커튼 영역(42) 보다 작은 경우 발생된다. 이는, 상기와 같은 경우, 팽창 피스톤(30)이 상사점 및 그 부근 위치에 있을 때, 원통형 커튼 영역(44)이 교차 통로(22)로부터 팽창 실린더(14) 내부로의 공기/연료 플로우에 있어 가장 제한적인 영역이기 때문이다.
- [0030] 상술한 압력 하강 및/또는 플로우 감소는 엔진 효율성을 저하시킬 수 있다는 점에서 문제가 있다. 이에 따라, 스플릿-사이클 엔진의 상기 팽창 피스톤 및 상기 실린더 헤드 사이에 형성되는 커튼 영역(44)의 크기를 증가시킬 필요가 있으며, 이로 인한 효율의 증대가 상기 팽창 실린더 내의 팽창비 감소에 기인한 효율 저하보다 큰 경우 유효하다.
- [0031] XovrE 밸브(26)는 밸브들을 180 내지 220도의 CA 범위에서 정상적으로 작동시키는 종래 엔진에 비해 일반적으로 30 내지 60도의 CA 범위의 크랭크샤프트(16) 회전(회전)의 매우 짧은 주기 안에 상기 공기/연료 차지를 완전하게 전송하기 위해 충분한 리프트를 획득하여야 한다. 이는 XovrE 밸브(26)는 종래 엔진 밸브들보다 4 내지 6배 빠르게 작동해야 함을 의미한다. 연료는 XovrE 밸브(26) 작동 타이밍에 동기화되어 교차 통로(22)의 출구 말단 내부로 주입된다. 직후에(바람직하게는, 팽창 피스톤(30)의 상사점 이후 1 내지 30도의 CA, 보다 바람직하게는, 팽창 피스톤(30)의 상사점 이후 5 내지 25도의 CA, 가장 바람직하게는, 팽창 피스톤(30)의 상사점 이후 10 내지 20도의 CA), 스파크 플러그(32)는 발화되어 연소를 개시한다.
- [0032] 상술한 제약조건 하에서, 팽창 실린더(14)를 통한 공기/연료 혼합 및 분배는 매우 짧은 시간(혹은 크랭크샤프트 회전)안에 수행되어야 한다. 팽창 실린더(14)를 통한 적절한 연료 분배 및 스파크 플러그(32) 위로의 최적의 공

기/연료 비율은 향상된 점화 및 더 많은 연소 가능한 연료를 제공한다. 따라서, 스플릿-사이클 엔진 내의 연료 분배를 가이드하여 상기 팽창 실린더를 통해 적절히 연료를 분배하고 상기 스파크 플러그 위로의 공기/연료 비율을 향상시킬 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0033] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해, 압력과를 가이딩하고, 팽창 피스톤 및 실린더 헤드 사이의 커튼 영역의 사이즈를 증가시키고, 스플릿-사이클 엔진 내의 연료 분배를 가이딩한다. 구체적으로, 본 발명은 스플릿-사이클 엔진의 상기 팽창 피스톤의 상부 내에 리세스를 제공함으로써 상기의 문제점들을 해결한다.

과제의 해결 수단

- [0034] 본 발명의 상술한 이점 및 다른 이점들은 하기의 실시예에 의해 달성될 수 있다. 본 발명에 따른 엔진(10)은:
- [0035] 크랭크샤프트 축(17) 주위로 회전가능한 크랭크샤프트(16);
- [0036] 중심선 축(62)을 포함하는 팽창 실린더(14);
- [0037] 팽창 실린더(14) 내에서 슬라이딩가능하게 수용되고 크랭크샤프트(16)에 작동가능하게 연결되어 크랭크샤프트(16)의 일 회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복하도록 작동가능하며, 상부 표면(50) 및 외측 둘레(74)를 포함하는 팽창 피스톤(30);
- [0038] 팽창 실린더(14) 위로 배치되어 하부 표면(52)이 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50)을 직면하고, 내부에 배치된 교차통로 출구(27) 및 배기 포트 입구(53)를 포함하며, 배기 포트 입구(53) 및 교차 통로 출구(27)는 각각 팽창 실린더(14)에 근접하여 위치하는 실린더 헤드(33);
- [0039] 고압 가스 소스(12/20)를 교차 통로 출구(27)를 통해 팽창 실린더(14)로 연결하는 교차 통로(22);
- [0040] 상기 팽창 행정의 일부 동안 교차 통로(22) 및 팽창 실린더(14) 사이에서 유체 교환이 이루어지도록 작동 가능하며 교차 통로 출구(27) 내에 배치된 외부로 개방시키는 교차 팽창 밸브(XovrE 밸브, 26);
- [0041] 배기 포트 입구(53) 내에 배치되고, 상기 배기 행정의 일부 동안 배기 포트 입구(31)를 통해 팽창 실린더(14)로 혹은 팽창 실린더(14)로부터 유체 교환이 이루어지도록 작동가능한 배기 밸브(34);
- [0042] 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 내에 배치되고 하부 표면을 포함하는 리세스(60);
- [0043] 팽창 피스톤(30)이 상사점(TDC) 위치에 있을 때, 중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 및 실린더 헤드(33)의 하부 표면(52) 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 팽창 피스톤 클리어런스(80); 및
- [0044] 중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라, 리세스(60)의 하부 표면(64) 및 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 리세스 깊이(82)를 포함하며,
- [0045] 리세스(60)의 일부는 교차 통로 출구(27)의 일부와 중첩되고,
- [0046] 배기 포트 입구(31)의 일부는 리세스(60)의 일부와 중첩되지 않으며,
- [0047] 리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80)의 1.0 및 3.0 배 사이에 있다.
- [0048] 팽창비는 최소한 20 대 1이며, 바람직하게는 최소한 30 대 1, 더욱 바람직하게는 최소한 40대 1이다. 엔진(10)은 팽창 피스톤(30)이 바람직하게는 팽창 피스톤(30)의 상사점 위치를 지나 크랭크샤프트(16)의 10 및 25도의 회전 사이에서, 보다 바람직하게는 팽창 피스톤(30)의 상사점 위치를 지나 크랭크샤프트(16)의 10 및 20도의 회전 사이에서 상사점(TDC) 위치에서 하사점(BDC) 위치로 하강하는 동안 팽창 실린더(14) 내에 연소 이벤트를 개시시키도록 작동가능할 수 있다. 리세스(60)의 어떤 일부도 배기 포트 입구(31)의 일부와 중첩되지 않을 수 있다. 리세스(60)의 부분들은 최소한 하나의, 바람직하게는 최소한 두개의 점화 장치(32)들과 중첩될 수 있다. 리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80)의 2.0 배 및 3.0 배 사이에 있을 수 있다. 배기 포트 입구(31)의 전체 영역의 20% 이하의 영역은, 바람직하게는 10% 이하의 영역은 리세스(60)와 중첩될 수 있다.
- [0049] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 엔진(10)은:

- [0050] 크랭크샤프트 축(17) 주위로 회전가능한 크랭크샤프트(16);
- [0051] 중심선 축(62)을 포함하는 팽창 실린더(14);
- [0052] 팽창 실린더(14) 내에서 슬라이딩가능하게 수용되고 크랭크샤프트(16)에 작동가능하게 연결되어 크랭크샤프트(16)의 일 회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복하도록 작동가능하며, 상부 표면(50) 및 외측 둘레(74)를 포함하는 팽창 피스톤(30);
- [0053] 팽창 실린더(14) 위로 배치되어 하부 표면(52)이 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50)을 직면하고, 내부에 배치된 교차통로 출구(27) 및 배기 포트 입구(53)를 포함하며, 배기 포트 입구(53) 및 교차 통로 출구(27)는 각각 팽창 실린더(14)에 근접하여 위치하는 실린더 헤드(33);
- [0054] 고압 가스 소스(12/20)를 교차 통로 출구(27)를 통해 팽창 실린더(14)로 연결하는 교차 통로(22);
- [0055] 교차 통로 출구(27) 내에 배치되며 상기 팽창 행정의 일부 동안 교차 통로(22) 및 팽창 실린더(14) 사이에서 유체 교환이 이루어지도록 작동 가능한 교차 팽창 밸브(XovrE 밸브, 26);
- [0056] 배기 포트 입구(53) 내에 배치되고, 상기 배기 행정의 일부 동안 배기 포트 입구(31)를 통해 팽창 실린더(14)로 혹은 팽창 실린더(14)로부터 유체 교환이 이루어지도록 작동가능한 배기 밸브(34);
- [0057] 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 내에 배치되고 하부 표면을 포함하는 리세스(60);
- [0058] 팽창 피스톤(30)이 상사점(TDC) 위치에 있을 때, 중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 및 실린더 헤드(33)의 하부 표면(52) 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 팽창 피스톤 클리어런스(80);
- [0059] 중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라, 리세스(60)의 하부 표면(64) 및 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 리세스 깊이(82); 및
- [0060] 상기 팽창 피스톤이 하사점(BDC) 위치에 있을 때 상기 팽창 실린더 내에 밀폐된 부피의 상기 팽창 피스톤이 상사점(TDC) 위치에 있을 때 상기 팽창 실린더 내 밀폐된 부피에 대한 비율인 팽창비를 포함하며,
- [0061] 상기 팽창비는 최소한 20 대 1이고,
- [0062] 리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80) 이상이다.
- [0063] 리세스(60)의 일부는 교차 통로 출구(27)의 일부와 중첩될 수 있고, 배기 포트 입구(31)의 일부는 리세스(60)의 어떤 일부와도 중첩되지 않을 수 있다. 리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80)의 1.0 및 3.0 배 사이에 있을 수 있고, 바람직하게는 2.0 및 3.0 배 사이에 있을 수 있다. 상기 팽창비는 최소한 30 대 1, 바람직하게는 최소한 40 대 1의 값을 가질 수 있다. 엔진(10)은 팽창 피스톤(30)이 바람직하게는 팽창 피스톤(30)의 상사점 위치를 지나 크랭크샤프트(16)의 10 및 20 의 회전 사이에서 상사점(TDC) 위치로부터 하사점(BDC) 위치로 하강하는 동안 팽창 실린더(14) 내에 연소 이벤트를 개시시키도록 작동가능할 수 있다. 리세스(60)의 어떤 일부도 배기 포트 입구(31)의 일부와 중첩되지 않을 수 있다. 리세스(60)의 부분들은 최소한 하나의, 바람직하게는 최소한 두개의 점화 장치(32)들과 중첩될 수 있다. 배기 포트 입구(31)의 전체 영역의 20% 이하의 영역은, 바람직하게는 10% 이하의 영역은 리세스(60)와 중첩될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0064] 본 발명의 상기의 측면들 및 다른 측면들과 이점들은 수반하는 도면들과 함께 하기의 본 발명의 상세한 설명으로부터 더욱 완전히 이해될 수 있을 것이다.

도 1은 스플릿-사이클 엔진의 선행 기술에 대한 예시적인 실시예를 나타내는 단면도이다.

도 2는 팽창 피스톤이 상사점(TDC) 위치에 있을 때, 도 1의 교차 팽창 밸브(XovrE)를 나타내는 단면도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 스플릿-사이클 엔진의 팽창 실린더를 나타내는 부분절취 사시도이다.

도 4는 스플릿-사이클 엔진의 상기 팽창 실린더의 중심선 축에 수직한 투사 평면 상에 도 3의 스플릿-사이클 엔진의 구성들을 정사형으로 투사한 도면이다; 및

도 5는 도 3에 도시된 스플릿-사이클 엔진의 팽창 실린더를 나타내는 측면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0065] 도 3, 4 및 5는 본 발명에 따른 스플릿-사이클 엔진(10)의 예시적인 실시예를 나타내는 다양한 도면 또는 투사도들이다. 스플릿-사이클 엔진(10)은 도 1 및 도 2에 도시하고 설명한 선행 기술인 스플릿-사이클 엔진(8)과 유사하다. 따라서, 스플릿-사이클 엔진들(8 및 10) 사이의 비교 목적으로 유사한 구성들에는 유사한 참조 부호를 사용한다.
- [0066] 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 스플릿-사이클 엔진(10)은 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 상에 배치된 획기적인 리세스(60)를 포함한다. 상세하게 후술하듯이, 리세스(60)는 교차 통로(22)과 팽창 실린더(14) 사이의 플로우 제한을 완화시킴으로써 교차 통로(22)로부터 팽창 실린더(14)로의 플로우를 증진시킨다. 또한, 리세스(60)는 공기/연료 혼합물을 스파크 플러그(32)의 일반적인 방향으로 가이드하며, 실질적으로 상기 공기/연료 혼합물을 배기 밸브(34) 및 팽창 실린더(14)의 실린더 벽들로부터 멀리 인도한다. 추가적으로, 리세스(60)는 이로 인해 발생하는 증진된 플로우의 이점을 넘어설 만큼 팽창비를 감소시킴 없이, 팽창 피스톤(30) 및 실린더 헤드(33) 사이에 형성된 원통형 커튼 영역(44)을 증가시킨다.
- [0067] 도 3은 예시적인 스플릿-사이클 엔진(10)의 팽창 실린더를 나타내는 부분절취 사시도이다. 스플릿-사이클 엔진(10)은 두 개의 교차 통로들(22)을 포함한다. 각 교차 통로(22)는 교차 통로 입구(도 1에 가장 잘 도시됨, 25)를 통해 압축 실린더(도 1에 가장 잘 도시됨, 12) 및 교차 통로(22) 사이의 유체 교환을 제어하는 도 1에 도시된 타입의 XovrC 밸브(24)를 포함한다. 또한, 각 교차 통로(22)는 교차 통로 출구(27)를 통해 교차 통로(22) 및 팽창 실린더(14) 사이의 유체 교환을 제어하는 XovrE 밸브(26)를 더 포함한다.
- [0068] 스플릿-사이클 엔진(10)은 각각 실린더 헤드(33) 내에 배치된 한 쌍의 점화 장치(여기서는 스파크-플러그, 32)를 더 포함한다. 각 점화장치(32)는 팽창 실린더(14) 내부로 연장하며 연소 공정을 개시하는데 요구되는 에너지를 생성하는 각 점화장치(32)의 일부인 점화장치 팁(39)을 포함한다, 보다 구체적으로, 이 경우, 스파크 플러그 팁(39)은 전형적으로 하나 혹은 그 이상의 측면(혹은 접지) 전극들을 포함한다. 스파크 플러그 팁(39)은 전형적으로 연소 이벤트를 개시하기 위해 전자들(캐소드)을 주입하도록 설계된 중앙 전극(도 4에 가장 잘 도시됨, 43)을 더 포함한다. 대체적인 실시예들에 있어서, 스파크-플러그(32)들 이외의 다른 점화 방법 혹은 장치들이 사용될 수 있다. 예를 들면, 대체적인 실시예들에 있어서, 글로우(glow) 플러그, 마이크로파 점화 장치, 디젤 연소(점화 장치가 필요없는)를 위한 압축 점화 방법, 또는 기타의 적합한 점화 방법이나 장치들이 사용될 수 있다.
- [0069] 실린더 헤드(33)는 싱글 배기 포트(35)를 포함하고, 싱글 배기 포트(35)의 출구(31) 내에 배치된 배기 밸브(34)를 구비한다. 일반적으로 크리센트 형 리세스(60)는 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 내에 배치된다. 팽창 실린더(14)의 중심선 축(62)은 팽창 실린더(14)의 중심을 통과하여 수직으로 연장하며, 팽창 피스톤(30)이 왕복 운동하는 라인이 된다.
- [0070] 도 4는 팽창 실린더(14)의 중심선 축(62)에 수직한 투사 평면 상에 스플릿-사이클 엔진(10)의 구성들을 정사형으로 투사한 도면이다. 예시적인 실시예들에 있어서, 투사 평면은 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50)에 실질적으로 평행하다.
- [0071] 리세스(60)는 일반적으로 중심선 축(62)에 수직한 평면을 따라 놓인 하부 표면(64)을 포함한다. 리세스(60)는 수직으로 연장하는 벽(도 5에 가장 잘 도시됨, 68)을 포함한다. 리세스(60)는 하부 표면(64) 및 수직으로 연장하는 벽(68)을 일체로 연결하는 곡선형 전이부(66)를 포함한다. 수직으로 연장하는 벽(68)은 오목 엣지부(70) 및 볼록 엣지부(72)를 포함한다.
- [0072] 상부 표면(50)은 전형적으로 평평하며 팽창 실린더(14)의 중심선 축(62)에 실질적으로 수직한 평면을 따라 놓여 있다. 상부 표면(50)은 일반적으로 원형의 외측 주변부(74)를 포함한다. 상부 표면(50)은 1) 상부 표면(50)의 외측 주변부(74) 및 2) 리세스(60) 벽(68)의 볼록 엣지부(72) 사이에 배치된 경계 영역(76)을 더 포함한다.
- [0073] 설명의 목적을 위해, 제1 구성, 예를 들면, 리세스, 출구, 통로, 표면, 주변부, 경계 영역, 엣지부, 전이부, 벽, 밸브, 스파크 플러그, 피스톤 혹은 그 유사체(또는 이들의 일부) 및 제2 구성(또는 이들의 일부)은 상기 제1 구성(또는 이들의 일부) 및 상기 제2 구성(또는 이들의 일부)이 상술한 투사 평면들의 특정 면 상에서 동일한 좌표를 공유할 때 중첩된다고 지칭한다. 도 4에서 스플릿-사이클 엔진(10)의 상호 중첩되는 세부 구성들(혹은 그 일부들)이 도시되어 있다.
- [0074] 각 교차 통로(22)의 교차 통로 출구(27)의 부분들은 리세스(60)의 부분들과 중첩된다. 보다 구체적으로, 출구(27)들의 부분들은 하부 표면(64), 전이부(66) 및 벽(68)의 각 부분들과 중첩된다. 또한, 각 교차 통로(22)의 출구(27)들의 부분들은 상부 표면(50)의 부분들과 중첩된다. 보다 구체적으로, 각 출구(27)의 부분들은 상부 표

면(50)의 경계 영역(76)의 부분들과 중첩된다.

- [0075] 배기 포트(35)의 입구(31)는 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50)의 일부와 중첩된다. 그러나, 입구(31)의 일부는 리세스(60)의 어떤 일부와도 중첩되지 않는다. 대체적인 실시예들에 있어서, 리세스(60)의 일부와 입구(31)의 일부 사이에 약간의 중첩이 허용될 수 있다. 예를 들면, 배기 포트(35)의 입구(31) 총 면적의 25%, 20%, 15%, 10% 이하의 면적이 리세스(60)와 중첩하는 것이 허용될 수 있다. 그러나, 상기의 대체적인 실시예에서, 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 입구(31) 내에 배치된 배기 밸브(35)의 가장 뜨거운 부분(전형적으로 배기 밸브(35)의 중심 및/또는 입구(31)의 중심)이 리세스(60)의 어떤 부분과도 중첩하지 않는 것이 바람직함(예를 들면, 예비 점화를 피하기 위해)을 이해할 수 있을 것이다.
- [0076] 각 점화 장치(32)의 최소한 일부는 리세스(60)의 부분들과 중첩된다. 보다 바람직하게는, 각 점화 장치 팁(39)들의 전체가 리세스(60)와 중첩된다. 구체적으로, 이 경우, 각 스파크-플러그 팁(39)들의 전체가 리세스(60)와 중첩된다. 보다 바람직하게는, 각 중심 전극(43)들의 전체가 리세스(60)와 중첩된다. 스파크-플러그들 대신에 다른 점화 방법들 또는 점화 장치를 사용하는 대체적인 실시예에 있어서, 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 리세스(60)의 일부 및 연소가 개시되는 영역 사이에서 중첩을 허용하는 것이 바람직함을 이해할 수 있을 것이다.
- [0077] 도 5를 참조하면, 팽창 피스톤(30)이 상사점(TDC) 위치에 있을 때, 팽창 실린더(14) 및 일부 주변 구성들(예를 들면, 두 개의 교차 통로(22)들 중 하나)의 측면도가 도시되어 있다. 팽창 피스톤 클리어런스(80)는 상기 팽창 피스톤이 상사점 위치에 있을 때, 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 및 실린더 헤드(33)의 하부 표면(혹은 연소 텍, 52) 사이의 가장 짧은 클리어런스 거리(팽창 실린더(14)의 중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라 측정되는)이다. 예시적인 실시예에 따른 팽창 피스톤 클리어런스(80)는 매우 작은 것이 바람직하다(예를 들면, 1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6mm 이하).
- [0078] 리세스 깊이(82)는 리세스(60)의 하부 표면(64) 및 팽창 피스톤(30)의 상부 표면(50) 사이의 가장 짧은 거리(팽창 실린더(14)의 중심선 축(62)에 평행한 라인을 따라 측정되는)이다. 원통형 커튼 영역(44)의 사이즈를 증가시키고 교차 통로(22) 및 팽창 실린더(14) 사이의 플로우 제한을 크게 감소시키기 위해, 리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80)의 1/2(0.5) 배 이상으로 설계하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, 리세스 깊이(82)는 팽창 피스톤 클리어런스(80)의 1 배, 2 배, 2.5 배 혹은 3배 이상이다. 그러나, 리세스 깊이(82)는 리세스 깊이(82)를 증가시킴으로써 얻는 효율의 증가가 이에 의해 야기되는 팽창비 감소로 인한 효율 저하보다 크도록 충분히 작게 유지해야 함을 주의하여야 한다. 바람직하게는, 리세스 깊이(82)는 팽창비가 20 대 1 이상, 보다 바람직하게는 30 대 1 이상 및 가장 바람직하게는 40 대 1 이상을 제공하도록 충분히 작아야 한다.
- [0079] 팽창비를 20 대 1 이상으로 유지하면서 피스톤 클리어런스(80)의 1 배 이상의 리세스 깊이(82)를 갖도록 결합하는 것은 리세스(60)가 피스톤(30) 내에 배치되지 않았다면 상기 팽창비가 매우 컸을 경우, 예를 들면 40 대 1, 80 대 1 이상인 경우에만 가능하다. 종래 엔진에서는 피스톤이 상사점에 도달하기 전에 적절히 연소를 개시시키기 위해 상당한 클리어런스 부피가 유지되어야 하기 때문에, 상기와 같이 큰 팽창비를 얻기가 곤란하다. 그러나, 스플릿-사이클 엔진(10)은 진술한 바와 같이 가스 전송을 위해 푸쉬-풀(Push-Pull) 방법을 사용하여 팽창 피스톤이 상사점에 도달한 이후 연소 개시가 가능하다. 따라서, 팽창 실린더(14) 내 큰 클리어런스 부피가 스플릿-사이클(10)에서는 요구되지 않으며, 따라서 리세스(60)가 피스톤(30) 내에 배치되어 있더라도 20 대 1, 40 대 1 이상의 팽창비를 획득할 수 있다.
- [0080] 곡선형 전이부(66) 및 리세스(60)의 수직으로 연장하는 벽(68)은 도 5에 가장 잘 도시되어 있다. 추가적으로, 상기에서 언급한 출구(27)의 부분들 및 다른 다양한 스플릿-사이클 엔진(10)의 구성들 사이의 중첩이 본 측면도에 상세하게 도시되어 있다. 상부 표면(50)의 경계 영역(76)의 일부는 교차 통로(22)의 출구(27) 일부와 중첩하는 것으로 도시되어 있다. 유리하게, 경계 영역(76) 및 출구(27) 사이의 상기 중첩은 팽창 피스톤(30)이 플로우를 팽창 실린더(14) 벽들로부터 멀리 그리고 스파크-플러그(32)를 향해 유동시키는 경향이 있는 상사점 및 그 인접위치에 있을 때 플로우 제한을 생성한다. 또한, 리세스(60)의 하부 표면(64), 곡선형 전이부(66) 및 수직으로 연장하는 벽(68)의 부분들은 상기 교차 통로의 출구(27)의 부분들과 중첩하는 것으로 도시된다. 특히, 교차 통로 출구(27)의 부분들 및 리세스(60)의 부분들 사이의 상기 중첩은 원통형 커튼 영역(44)의 사이즈를 증가시켜 플로우를 리세스(60) 내부로 및 스파크-플러그(32)를 향해 증진시킨다.
- [0081] 엔진의 동작 동안, XovrE 밸브(26)는 팽창 피스톤(30)의 상사점 전(before top dead center, BTDC)에 짧게 개방된다(예를 들면, 팽창 피스톤(30)의 5 내지 20도의 BTDC). 바로 직후에 배기 밸브(34)는 동시에 폐쇄되거나 XovrE 밸브(26)가 개방되기 바로 직전(예를 들면, 팽창 피스톤(30)의 5 내지 45도의 BTDC)에 폐쇄된다. 따라서,

상사점 근처에서 배기 밸브(34)가 폐쇄된 바로 직후에 팽창 실린더(14) 내에 잔존하는 어떤 가스의 압력도 실질적으로 두 교차 통로(22) 내의 공기/연료의 압력보다 작아진다.

[0082] 교차 통로 출구(27)를 통해(팽창 피스톤(30)의 상사점에 근접하여) 팽창 실린더(14)로 진입하는 공기/연료 차지는 최소 저항의 경로를 따른다. 여기서 상기 최소 저항의 경로는 리세스(60) 내부로 및 스파크-플러그(32)를 향해 이루어진다. 이는 교차 통로 출구(27)가 1) 상부 표면(50)의 경계 영역(76)의 부분들 및 2) 리세스(60)의 부분들 양쪽과 중첩되는 것에 기인한다. 따라서, 리세스(60) 및 출구(27)의 중첩 영역은 최소 저항의 플로우 경로를 제공하여 피스톤(30)이 상사점 위치에 근접할 때 상기 공기/연료 차지의 플로우를 리세스(60) 내부로 및 스파크-플러그(32)를 향해 초기에 유도한다.

[0083] 리세스(60)의 어떤 부분도 팽창 실린더(14)의 실린더 벽들의 일부로 연장하지 않는다. 추가적으로, 리세스(60)의 어떤 부분도 배기 포트(35) 입구(31)의 일부와 중첩되지 않는다. 그 결과, 상기 실린더 벽 및 배기 밸브 입구들과 인접한 영역으로 플로우가 흐르는 것이 실질적으로 제한되고, 상기 팽창 피스톤이 상사점에 인접할 때 상기 공기/연료 차지가 상기 영역들에 축적되는 것이 실질적으로 방지된다. 상기 공기/연료 차지가 실린더(14)의 상기 벽들 근처에 축적되는 현상은 상기 공기/연료 차지가 점화되는데 오랜 시간이 소요되게 하고 이는 엔진 효율에 악영향을 미치므로 방지하는 것이 중요하다. 상기 공기/연료 차지가 상기 배기 포트의 입구(31) 근처에 축적되는 현상은 배기 밸브(35)가 그 안에 배치되어 있으므로 방지하는 것이 중요하다. 배기 밸브(35)(특히 그 중심)는 팽창 실린더(14) 내에서 가장 뜨거운 표면 중의 하나이며, 이는 배기 밸브(35) 근처에서의 공기/연료 축적은 예비 점화의 위험을 가중시킴을 의미한다.

[0084] 설명의 목적을 위해, 공기/연료 혼합 혹은 공기-연료 비율(air-fuel ratio, AFR)은 연소시 공기 대 연료의 질량 비이다.

[0085] 또한 설명의 목적을 위해, 용어"stoichiometric"("stoich"으로 축약하여 자주 사용됨)은 연소시 모든 연료가 완전히 산화 생성물로 전환되기에 충분한 산소(공기 내에 함유된)가 존재하는 AFR로 정의된다. 전형적으로, 가솔린 연료에 있어서, 14.7 대 1의 AFR이 stoichiometric 비율을 나타낸다. 리치(rich) AFR은 stoich 상태를 위해 요구되는 것보다 많은 연료가 있음을 의미하며, 린(lean) AFR은 stoich 상태의 요구량보다 많은 공기가 있음을 의미한다. 람다(λ)는 특정 연료의 stoichiometric 비율로 정규화된 AFR을 나타내는 대체적인 방법이다. 1의 람다는 stoich을 지칭한다. 1보다 큰 람다는 린 혼합물을 나타내며, 1보다 작은 람다는 리치 혼합물을 나타낸다. 예를 들어 14.7 대 1의 stoich을 갖는 경우,

[0086] 1) $\lambda=1$ 은 14.70 대 1의 stoich AFR을 나타낸다;

[0087] 2) $\lambda=0.8$ 은 11.76 대 1의 리치 AFR을 나타낸다; 및

[0088] 3) $\lambda=1.3$ 은 19.11 대 1의 린 AFR을 나타낸다.

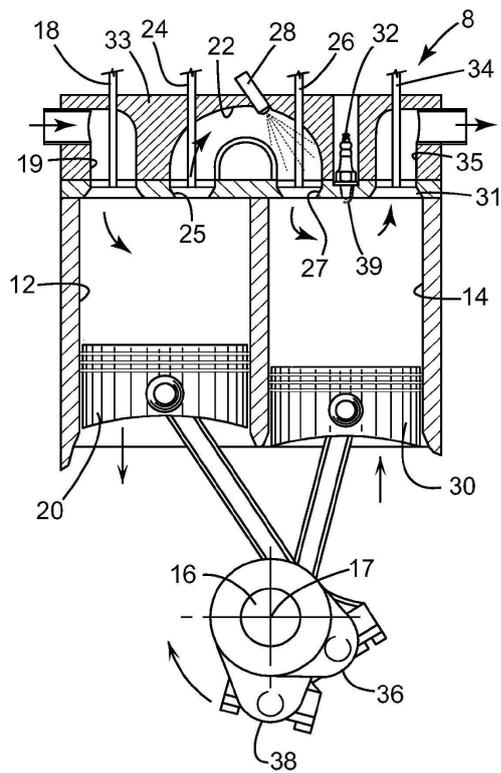
[0089] 상기 공기/연료 혼합물은 일반적으로 리세스(60)의 지오메트리(geometry)에 의해 가이드되며, 점화에 선행하여 층상 형태로 리세스(60)에 걸쳐 분배된다. 상기 분배의 목적은 상기 스파크-플러그들(점화 장치)에 인접하여 stoichiometric(혹은 stoichiometric에 가까운) 공기/연료 혼합물을 제공하고, 이어서 스파크 플러그들(32)과 멀리 떨어진 영역에서는 린 공기/연료 혼합물을 제공하는 것이다. 따라서, 스파크 플러그들(32) 주변의 상기 공기/연료 혼합물은 점화에 선행하여 0.6 내지 1.3의 범위 내의 람다를 갖는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 상기 람다는 0.7 내지 1.2의 범위 내에 있으며, 가장 바람직하게는 0.8 내지 1.1의 범위 내에 있다.

[0090] 스파크-플러그들(32)이 작동하면, 상기 stoichiometric(혹은 stoichiometric에 가까운) 공기/연료 혼합물이 빠르게 연소하고 촉매로서(즉, 파일럿 불꽃(pilot flame)) 작용하여 상기 린 혼합물을 점화시킨다. 스파크-플러그들(32)은 바람직하게는 팽창 피스톤(30)의 상사점을 지나 1 및 30도의 CA 사이에서 작동하며, 보다 바람직하게는 팽창 피스톤(30)의 상사점을 지나 5 및 25도의 CA, 가장 바람직하게는 팽창 피스톤(30)의 상사점을 지나 10 및 20도의 사이에서 작동한다.

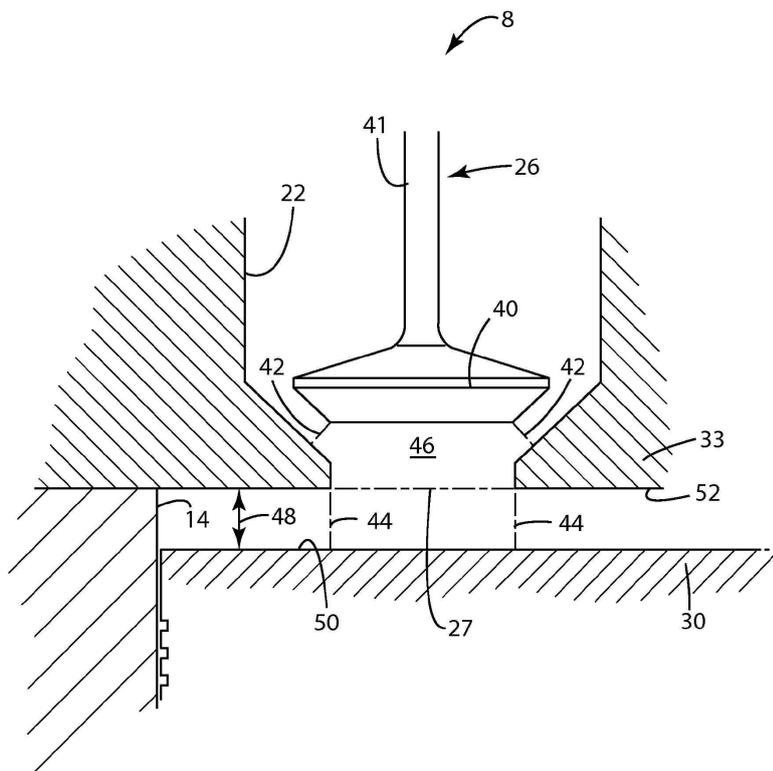
[0091] 본 명세서에서 다양한 실시예들에 대해 도시 및 설명하였으나, 본 발명의 사상 및 범위에서 벗어남이 없이 다양한 변형 및 대체가 가능하다. 따라서, 본 발명의 상세한 설명은 예시적인 것으로 이해되어야 하며 제한적인 의미로 해석되어서는 안된다.

도면

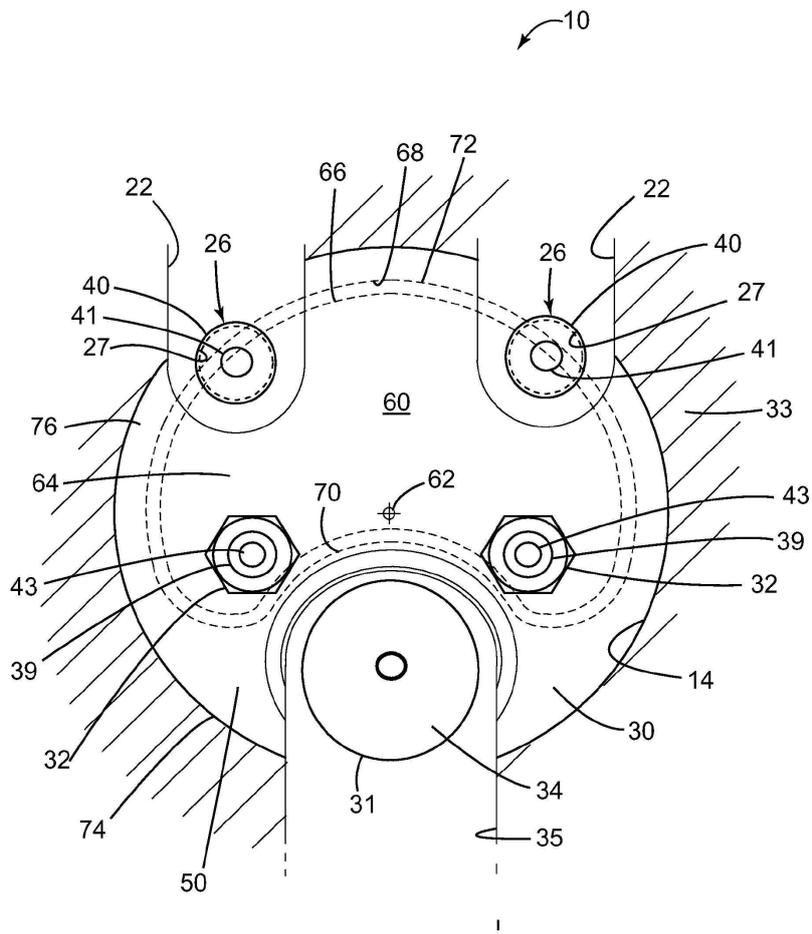
도면1



도면2



도면4



도면5

