



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0099979
(43) 공개일자 2013년09월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02B 33/22 (2006.01) F02B 77/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7010640
- (22) 출원일자(국제) 2011년09월28일
심사청구일자 2013년05월28일
- (85) 번역문제출일자 2013년04월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2011/053720
- (87) 국제공개번호 WO 2012/050902
국제공개일자 2012년04월19일
- (30) 우선권주장
13/046,840 2011년03월14일 미국(US)
61/404,239 2010년09월29일 미국(US)

- (71) 출원인
스쿠테리 그룹, 인크.
미국 01089 매사추세츠주 웨스트 스프링필드 스위트 33 엘름 스트리트 1111
- (72) 발명자
필립스, 포드 에이.
미국 78254-5328 텍사스주 산 안토니오 스트롱 박스 웨이 9303
- (74) 대리인
박영우

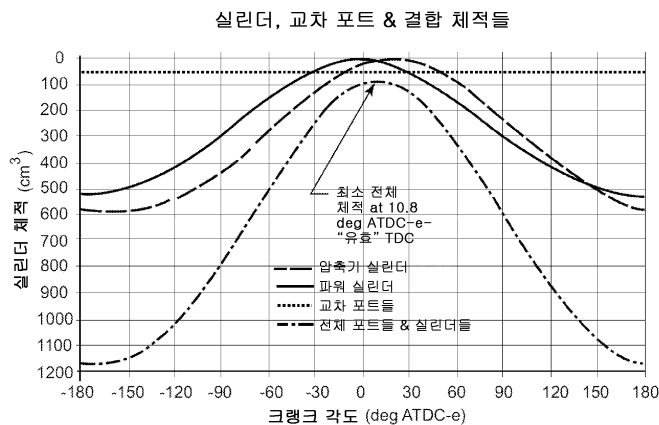
전체 청구항 수 : 총 35 항

(54) 발명의 명칭 스플릿-사이클 엔진을 위한 교차 통로 사이징

(57) 요약

스플릿-사이클 엔진들 및 공기 하이브리드 스플릿-사이클 엔진들에 있어서, 교차 통로의 사이징은 엔진 효율에 있어 대단히 중요하다. 효율은 상기 교차 통로 체적을 상기 실린더들의 체적에 비해, 특히 상기 압축 실린더의 체적에 비해 작게 사이징함으로써 개선될 수 있다. 이로 인해 상기 교차 통로에서 더 높은 압력을 허용함으로써, 상기 교차 통로로부터 상기 팽창 실린더 내부로의 유속의 흐름의 지속 시간을 연장하고 연소 압력을 증가시킨다. 여기서 개시된 방법들, 시스템들, 및 장치들은 일반적으로 스플릿-사이클 엔진 또는 공기 하이브리드 스플릿-사이클 엔진의 교차 통로들, 실린더들, 또는 다른 구성요소들의 크기를 결정하여 효율을 개선시키는 것을 포함한다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤;

팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤; 및

상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함하고,

상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8배 크고, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더, 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 4배 작은 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 10배 크고, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더, 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 3배 작은 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 15배 크고, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더, 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 2배 작은 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 4

크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤;

팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤; 및

상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함하고,

상기 압축 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 2배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 압축 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 4배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 압축 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 6배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 7

제 4 항에 있어서, 상기 압축 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8배 큰 것을 특징으로

하는 엔진.

청구항 8

제 4 항에 있어서, 상기 압축 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 9.5배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 9

제 4 항에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 11

크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤;

팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤; 및

상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함하고,

상기 팽창 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 2배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 팽창 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 4배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 13

제 11 항에 있어서, 상기 팽창 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 6배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 14

제 11 항에 있어서, 상기 팽창 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 15

제 11 항에 있어서, 상기 팽창 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8.7배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 16

제 11 항에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 17

제 16 항에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 18

크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤;

팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤; 및

상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함하고,

상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 10배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 20

제 18 항에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 15배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 21

제 18 항에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 17.7배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 22

제 18 항에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 23

제 21 항에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 24

크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤;

팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤; 및

상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함하고,

상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 25

제 24 항에 있어서, 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 10배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 26

제 24 항에 있어서, 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 최대 총 체적은 상기 교차 통로

의 체적보다 적어도 15배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 27

제 24 항에 있어서, 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 18.9배 큰 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 28

제 24 항에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 29

제 28 항에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 30

크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트;

압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤;

팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤; 및

상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함하고,

유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 4배 작은 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 31

제 30 항에 있어서, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 3배 작은 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 32

제 30 항에 있어서, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 2배 작은 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 33

제 30 항에 있어서, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 약 1.5배 작은 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 34

제 30 항에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 35

제 34 항에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 엔진.

명세서

기술분야

본 발명은 내연 엔진들에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 스플릿-사이클 엔진들을 위한 교차 통로 사 이징에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 명확한 이해를 위하여, 본 출원에서 사용되는 "종래의 엔진"이라는 용어는 잘 알려진 오토 사이클의 모든 4 행정들(흡입, 압축, 팽창 및 배기 행정들)이 상기 엔진의 개별 피스톤/실린더 조합에 포함되어 있는 내부 연소 엔진을 의미한다. 각각의 행정은 크랭크샤프트의 반회전(180도의 크랭크 각도(CA))을 요구하고, 상기 크랭크샤프트의 완전한 2회전(720도 CA)이 종래의 엔진의 각각의 실린더에서 완전한 오토 사이클을 완료시키는 데 필요하다.
- [0003] 또한, 명확한 이해를 위하여, 선행 기술에 개시되는 엔진들에 적용될 수 있고 본 출원에서 참조되는 바와 같이 "스플릿-사이클 엔진"이라는 용어를 위해 다음과 같은 정의가 제공된다.
- [0004] 스플릿-사이클 엔진은 일반적으로,
- [0005] 크랭크샤프트 축에 대해 회전 가능한 크랭크샤프트;
- [0006] 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤;
- [0007] 팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동하는 팽창(파워) 피스톤; 그리고
- [0008] 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키고, 내부에 배치된 적어도 하나의 교차팽창(XovrE) 밸브를 포함하지만, 더욱 바람직하게는 압력 챔버를 정의하는 교차압축(XovrC) 밸브와 교차팽창(XovrE) 밸브를 포함하는 교차 통로를 포함한다.
- [0009] 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진은 공기 저장소(또는 일반적으로 공기 탱크라 불림) 및 다양한 제어들을 갖는 스플릿-사이클 엔진을 결합시킨다. 이러한 결합은 상기 엔진이 상기 공기 저장소에서 압축된 공기의 형태로 에너지를 저장할 수 있도록 한다. 상기 공기 저장소 내의 상기 압축된 공기는 이후에 상기 팽창 실린더에서 사용되어 상기 크랭크샤프트에 파워를 인가한다. 일반적으로, 여기서 참조되는 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진은:
- [0010] 크랭크샤프트 축에 대해 회전 가능한 크랭크샤프트;
- [0011] 압축 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정 및 압축 행정을 통해 왕복 운동하는 압축 피스톤;
- [0012] 팽창 실린더 내에 슬라이딩 가능하게 수용되며 상기 크랭크샤프트에 작동 가능하게 연결되어 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정 및 배기 행정을 통해 왕복 운동하는 팽창(파워) 피스톤;
- [0013] 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키고, 내부에 배치된 적어도 하나의 교차팽창(XovrE) 밸브를 포함하지만, 더욱 바람직하게는 압력 챔버를 정의하는 교차압축(XovrC) 밸브와 교차팽창(XovrE) 밸브를 포함하는 교차 통로(포트); 그리고
- [0014] 상기 교차 통로에 작동 가능하도록 연결되고 상기 압축 실린더로부터의 압축된 공기를 저장하고 압축된 공기를 상기 팽창 실린더에 공급하도록 선택적으로 작동 가능한 공기 저장소를 포함한다.
- [0015] 도 1은 종래 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진의 일 실시예를 나타낸다. 스플릿-사이클 엔진(100)은 종래의 엔진의 두 개의 인접한 실린더들을 하나의 압축 실린더(102)와 하나의 팽창 실린더(104)의 조합으로 교체한다. 압축 실린더(102) 및 팽창 실린더(104)는 크랭크샤프트(106)가 회전 가능하도록 설치되는 엔진 블록에 형성된다. 실린더들(102, 104)의 상부 단부들은 실린더 헤드(130)에 의해 폐쇄된다. 크랭크샤프트(106)는 축 방향으로 이격되고 각도가 오프셋되어 위상각을 갖는 제1 및 제2 크랭크 스로우들(crank throws)(126, 128)을 포함한다. 제1 크랭크 스로우(126)는 제1 커넥팅 로드(138)에 의해 압축 피스톤(110)에 회전 가능하도록 결합되고, 제2 크랭크 스로우(128)는 제2 커넥팅 로드(140)에 의해 팽창 피스톤(120)에 회전 가능하도록 결합되어 상기 크랭크 스로우들의 각도 오프셋 및 상기 실린더들, 크랭크, 및 피스톤들의 기하학적인 관계들에 의해 결정된 타이밍된 관계에서 각각의 실린더들(102, 104) 내에서 피스톤들(110, 120)을 왕복 운동시킨다. 필요하다면, 상기 피스톤들의 운동 및 타이밍을 위한 또 다른 메커니즘들이 사용될 수 있다. 자신의 하사점(bottom dead center, BDC) 근처에서의 상기 크랭크샤프트의 회전 방향 및 상기 피스톤들의 상대 운동들은 도면들에서 대응하는 구성요소들과 함께 화살표들로 도시되어 있다.

- [0016] 상기 오토 사이클의 4 행정들은 두개의 실린더들(102, 104)에서 "스플릿"되어 압축 실린더(102)는 상기 흡입 및 압축 행정들을 포함하고 팽창 실린더(104)는 상기 팽창 및 배기 행정들을 수행한다. 그러므로 상기 오토 사이클은 크랭크샤프트(106) 일회전(360도 CA) 동안 두개의 실린더들(102, 104)에서 완료된다.
- [0017] 상기 흡입 행정 동안, 흡입 공기는 내부-개방(상기 실린더 내부로 그리고 상기 피스톤을 향하여 개방되는) 포켓 흡입 밸브(108)를 통해 압축 실린더(102) 내부로 흡입된다. 상기 압축 행정 동안, 압축 피스톤(110)은 상기 공기 차지를 압축하고 팽창 실린더(104)를 위한 상기 흡입 통로로서의 역할을 하는 교차 통로(112)를 통해 상기 공기 차지를 추진시킨다. 엔진(100)은 하나 또는 그 이상의 교차 통로들(112)을 포함할 수 있다.
- [0018] 스플릿-사이클 엔진(100)(그리고 일반적인 스플릿-사이클 엔진들)의 압축 실린더(102)의 체적(또는 기하학적) 압축비를 상기 스플릿-사이클 엔진의 "압축비"라 하기로 한다. 스플릿-사이클 엔진(100)(그리고 일반적인 스플릿-사이클 엔진들)의 팽창 실린더(104)의 상기 체적(또는 기하학적) 압축비를 상기 스플릿-사이클 엔진의 "팽창비"라 하기로 한다. 실린더의 상기 체적 압축비는 상기 실린더에서 왕복 운동하는 피스톤이 자신의 하사점(BDC) 위치에 있을 때 (모든 리세스들을 포함한) 상기 실린더에서 둘러싸인(또는 트랩된) 부피 대 상기 피스톤이 자신의 상사점(TDC) 위치에 있을 때 상기 실린더에서 둘러싸인 부피(즉, 클리어런스(clearance) 부피)의 비율로 잘 알려져 있다. 특히 여기서 정의된 스플릿-사이클 엔진들에 있어서, 상기 XovrC 밸브가 닫혀 있을 때 압축 실린더의 상기 압축비가 결정된다. 또한, 여기서 정의된 스플릿-사이클 엔진들에 있어서, XovrE 밸브가 닫혀 있을 때 팽창 실린더의 팽창비가 결정된다.
- [0019] 압축 실린더(102) 내부에서의 매우 높은 압축비들(예를 들면, 20 대 1, 30 대 1, 40 대 1, 또는 그 이상) 때문에, 교차 통로(112)의 입구에서 외부-개방(상기 실린더와 피스톤으로부터 외부로 멀어지도록 개방하는) 포켓 교차 압축(XovrC) 밸브(114)가 사용되어 압축 실린더(102)로부터 교차 통로(112)로의 흐름을 제어한다. 팽창 실린더(104) 내부에서의 매우 높은 압축비들(예를 들면, 20 대 1, 30 대 1, 40 대 1, 또는 그 이상) 때문에, 교차 통로(112)의 출구에서 외부-개방 포켓 교차 팽창(XovrE) 밸브(116)가 사용되어 교차 통로(112)로부터 팽창 실린더(104)로의 흐름을 제어한다. XovrC 및 XovrE 밸브들(114, 116)의 구동 속도들 및 위상은 교차 통로(112)에서의 압력이 상기 오토 사이클의 모든 4행정들 동안 높은 최소 압력(전체 부하(full load)에서 일반적으로 20 절대압력 또는 그 이상)을 유지하도록 타이밍된다.
- [0020] 적어도 하나의 연료 주입기(118)는 XovrE 밸브(116) 개방에 대응하여 교차 통로(112)의 출구 단부에서 연료를 가압된 공기 내부로 주입한다. 이와 다르게, 또는 추가적으로, 연료는 팽창 실린더(104) 내부로 직접 분사될 수 있다. 팽창 피스톤(120)이 자신의 상사점 위치에 도달한 다음 바로 직후에 상기 연료-공기 차지 전체가 팽창 실린더(104) 내부로 들어간다. 피스톤(120)이 자신의 상사점 위치로부터 하강하기 시작할 때, XovrE 밸브(116)가 여전히 개방되어 있는 동안, 하나 또는 그 이상의 스파크 플러그들(122)은 점화되어 연소를 개시한다(일반적으로 팽창 피스톤(120)의 TDC 이후 10 내지 20도 CA 사이). 연소는 상기 팽창 피스톤이 자신의 상사점(TDC) 위치를 지난 후 1과 30도 CA 사이에 있을 때 개시될 수 있다. 더욱 바람직하게는, 연소는 상기 팽창 피스톤의 자신의 상사점(TDC) 위치를 지난 후 5와 25 각도 CA 사이에 있을 때 개시될 수 있다. 더욱 바람직하게는, 연소는 상기 팽창 피스톤이 자신의 상사점(TDC) 위치를 지난 후 10과 20 각도 CA 사이에 있을 때 개시될 수 있다. 또한, 연소는 글로 플러그들(glow plugs)과 같은 다른 점화 장치들 및/또는 방법들, 마이크로웨이브 점화 장치들(microwave ignition devices) 또는 압축 점화 방법들(through compression ignition methods)을 통해 개시될 수 있다.
- [0021] XovrE 밸브(116)는 최종적인 연소 동작이 교차 통로(112) 내부로 들어가지 전에 닫힌다. 상기 연소 동작은 파워 행정에서 팽창 피스톤(120)을 하방으로 이동시킨다. 배기가스들은 상기 배기 행정 동안 내부-개방 포켓 배기 밸브(124)를 통해 팽창 실린더(104)의 외부로 펌핑된다.
- [0022] 스플릿-사이클 엔진 개념과 함께, 상기 압축 및 팽창 실린더들의 기하학적 엔진 파라미터들(예를 들면, 보어(bore), 행정, 커넥팅 로드 길이, 압축비 등)은 일반적으로 서로 독립적이다. 예를 들면, 압축 실린더(102) 및 팽창 실린더(104)를 위한 크랭크 샤프트들(126, 128)은 각각 다른 반경을 가지며 서로 다른 위상을 가져 압축 피스톤(110)의 TDC 이전에 팽창 피스톤(120)의 TDC가 일어난다. 이러한 독립성은 상기 스플릿-사이클 엔진이 전형적인 4-행정 엔진들보다 더 높은 효율 레벨들 및 더 큰 토크들을 달성할 수 있도록 한다.
- [0023] 스플릿-사이클 엔진(100)에서 엔진 파라미터들의 기하학적 독립성은 또한 전술한 바와 같이 압력이 교차 통로(112)에서 유지되어야 하는 주된 이유들 중 하나이다. 구체적으로, 압축 피스톤(110)이 자신의 TDC 위치에 도달하기 이전에 팽창 피스톤(120)은 이격된 위상각(일반적으로 10 및 30 크랭크 각도 사이)만큼 자신의 TDC 위치에 도달한다. 이러한 위상각은, XovrC 밸브(114) 및 XovrE 밸브(116)의 적절한 타이밍과 함께, 스플릿-사이클 엔진

(100)이 교차 통로(112)의 압력을 자신의 압력/체적 사이클의 모든 4행정들 동안 높은 최소 압력(전체 하중 동작(full load operation) 동안 일반적으로 20 절대압력 또는 그 이상)으로 유지할 수 있게 한다. 즉, 스플릿-사이클 엔진(100)은 XvorC 밸브(114) 및 XvorE 밸브(116)의 타이밍을 조절하여 XvorC 및 XvorE 밸브들(114, 116) 모두가 팽창 피스톤(120)이 자신의 TDC 위치에서 자신의 BDC 위치로 하강하고 동시에 압축 피스톤(110)이 자신의 BDC 위치로부터 자신의 TDC 위치로 상승하는 실질적인 시간 주기(또는 크랭크샤프트 회전 주기) 동안 개방되도록 한다. 교차 밸브들(114, 116) 모두가 개방된 시간 주기(또는 크랭크샤프트 회전) 동안, 실질적으로 동일한 가스 질량이 (1) 압축 실린더(102)로부터 교차 통로(112) 내부로 그리고 (2) 교차 통로(112)로부터 팽창 실린더(104) 내부로 이동된다. 따라서, 이러한 주기 동안, 상기 교차 통로 내의 상기 압력이 기 설정된 최소 압력(전체 하중 동작 동안 전형적으로 20, 30 또는 40 절대압력) 이하로 떨어지는 것이 방지된다. 더욱이, 상기 흡입 및 배기 행정들의 실질적인 부분(전형적으로 전체 흡입 및 배기 행정들 중 90% 이상) 동안, XvorC 밸브(114) 및 XvorE 밸브(116) 모두는 개방되어 교차 통로(112) 내에 트랩된 가스 질량을 실질적으로 일정한 레벨로 유지시킨다. 그 결과, 교차 통로(112) 내의 압력이 엔진의 압력/체적 사이클의 모든 4행정들 동안 기 설정된 최소 압력으로 유지된다.

[0024] 이러한 목적들을 위하여, 교차 통로(112) 내부와 외부로 실질적으로 동일한 질량의 가스를 동시에 전달하기 위하여 팽창 피스톤(120)이 TDC로부터 하강하고 압축 피스톤(110)이 TDC를 향하여 상승하는 동안 XvorC 밸브(114) 및 XvorE 밸브(116)를 개방시키는 방법을 가스 전달의 "푸시-풀(push-pull)" 방법이라 하기로 한다. 상기 푸시-풀 방법은 엔진이 전체 부하로 동작할 때 엔진 사이클의 모든 4행정들 동안 엔진(100)의 교차 통로(112) 내의 압력을 일반적으로 20 절대압력 또는 그 이상으로 유지시킬 수 있다.

[0025] 교차 밸브들(114, 116)은 하나 또는 그 이상의 캠들(도시되지 않음)을 포함하는 밸브 트레인에 의해 구동될 수 있다. 일반적으로, 캠-구동 메커니즘은 상기 크랭크샤프트에 기계적으로 연결된 캠샤프트를 포함한다. 하나 또는 그 이상의 캠들은 상기 캠샤프트에 설치되고, 각각은 상기 밸브 동작(예를 들면, 밸브 구동 동안 발생하는 사건)의 밸브 리프트 프로파일을 제어하는 경사면(contoured surface)을 갖는다. XvorC 밸브(114) 및 XvorE 밸브(116) 각각은 각자의 캠 및/또는 각자의 캠샤프트를 가질 수 있다. 상기 XvorC 및 XvorE 캠들이 회전함에 따라, 편심된 부분들은 운동을 로커 암에 전달하고, 결과적으로 운동이 상기 밸브로 전달됨으로써, 상기 밸브를 자신의 밸브 시트(valve seat)로부터 리프팅(개방)시킨다. 상기 캠이 계속하여 회전함에 따라, 상기 편심된 부분은 상기 로커 암을 통과하고 상기 밸브는 닫히게 된다.

[0026] 여기서의 목적들을 위하여, 밸브 동작(또는 밸브 개방 동작(valve opening event))은 상기 크랭크샤프트의 회전에 대해 자신의 밸브 시트로부터 떨어져 최초 개방으로부터 자신의 밸브 시트로 다시 닫히는 동작이 일어나는 밸브 리프트(valve lift)로 정의된다. 또한, 여기서, 상기 밸브 동작 지속 시간(valve event duration)은 상기 밸브 동작이 주어진 엔진 사이클 내에서 일어나는 데 필요한 지속 시간 또는 각도 (CA)이다. 일반적으로 밸브 동작은 엔진 동작 사이클의 전체 지속 시간(예를 들면, 종래의 4행정 엔진 사이클에서 720도 각도 CA 및 스플릿-사이클 엔진에서 360 CA) 중에서 일부분이다.

[0027] 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진(100)은 또한 공기 저장소(탱크)(142)를 포함하고, 상기 공기 저장소는 공기 저장소 탱크 밸브(152)에 의해 교차 통로(112)에 작동 가능하도록 연결된다. 두개 또는 그 이상의 교차 통로들(112)을 갖는 실시예들은 공통 공기 저장소(142)에 연결된 각각의 교차 통로(112)를 위한 탱크 밸브(152)를 포함할 수 있거나, 모든 교차 통로들(112)을 공통 공기 저장소(142)로 연결시키는 단일의 밸브를 포함할 수 있거나, 각각의 교차 통로(112)는 별개의 공기 저장소들(142)에 작동 가능하도록 연결될 수 있다.

[0028] 탱크 밸브(152)는 전형적으로 공기 탱크 포트(154)에 배치되고, 상기 공기 탱크 포트는 교차 통로(112)로부터 공기 탱크(142)로 연장한다. 공기 탱크 포트(154)는 제1 공기 탱크 포트 섹션(156) 및 제2 공기 탱크 포트 섹션(158)으로 분리된다. 제1 공기 탱크 포트 섹션(156)은 공기 탱크 밸브(152)를 교차 통로(112)로 연결시키고, 제2 공기 탱크 포트 섹션(158)은 공기 탱크 밸브(152)를 공기 탱크(142)로 연결시킨다. 제1 공기 탱크 포트 섹션(156)의 체적은 탱크 밸브(152)가 닫혀 있을 때 탱크 밸브(152)를 교차 통로(112)로 연결시키는 모든 추가적인 리세스들의 체적을 포함한다. 바람직하게는, 제1 공기 탱크 포트 섹션(156)의 체적은 제2 공기 탱크 포트 섹션(158)에 비하여 작다. 더욱 바람직하게는, 제1 공기 탱크 포트 섹션(156)은 실질적으로 존재하지 않고, 즉, 탱크 밸브(152)는 교차 통로(112)의 외측 벽과 동일한 평면으로 배치되는 것이 가장 바람직하다.

[0029] 탱크 밸브(152)는 어떤 적당한 밸브 장치 또는 시스템일 수 있다. 예를 들면, 탱크 밸브(152)는 다양한 밸브 구동 장치들(예를 들면, 공압식, 수압식, 캠, 전기식, 또는 이와 유사한 장치)에 의해 구동되는 능동형 밸브일 수 있다. 또한, 탱크 밸브(152)는 두개 또는 그 이상의 구동 장치들로 구동되는 두개 또는 그 이상의 밸브들을 갖

는 탱크 밸브 시스템을 포함할 수 있다.

- [0030] 공기 탱크(142)가 사용되어 압축된 공기 형태로 에너지를 저장하고 이후에 압축된 공기를 사용하여 크랭크샤프트(106)에 파워를 인가한다. 포텐셜 에너지를 저장하기 위한 이러한 기계적 수단은 현재 기술 상태에 비하여 수많은 장점들을 제공한다. 예를 들면, 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진(100)은 디젤 엔진들 및 전기-하이브리드 시스템들과 같은, 다른 기술들에 비하여 비교적 낮은 제조 및 폐기물 처분 비용들로 연료 효율 게인들(gains) 및 NOx 방출 감소에서 많은 장점들을 제공할 수 있다.
- [0031] 엔진(100)은 일반적으로 정규 작동 또는 연소(normal operating or firing(NF)) 모드(또는 엔진 연소(engine firing(EF)) 모드라고 불리기도 함) 및 하나 또는 그 이상의 네 개의 기본적인 공기 하이브리드 모드들로 작동한다. 상기 EF 모드에서, 엔진(100)은 공기 탱크(142)의 사용 없이 일반적으로 여기서 상술한 바와 같이 작동한다. 상기 EF 모드에서, 공기 탱크 밸브(152)는 닫힌 상태로 유지되어 공기 탱크(142)를 상기 기본적인 스플릿-사이클 엔진으로부터 분리시킨다. 상기 네 개의 공기 하이브리드 모드들에 있어서, 엔진(100)은 공기 탱크(142)를 사용하여 작동한다.
- [0032] 상기 네 개의 기본적인 공기 하이브리드 모드들은:
- [0033] 1) 공기 팽창기 (Air Expander (AE)) 모드, 연소없이 공기 탱크(142)로부터 압축된 공기 에너지를 사용하는 것을 포함함;
- [0034] 2) 공기 압축기 (Air Compressor (AC)) 모드, 연소없이 공기 탱크(142) 내부로 압축된 공기 에너지를 저장하는 것을 포함함;
- [0035] 3) 공기 팽창기 및 연소 (Air Expander and Firing (AEF)) 모드, 연소와 함께 공기 탱크(142)로부터 압축된 공기 에너지를 사용하는 것을 포함함; 그리고
- [0036] 4) 연소 및 차징 (Firing and Charging (FC)) 모드, 연소와 함께 공기 탱크(142) 내부로 압축된 공기 에너지를 저장하는 것을 포함함.
- [0037] 스플릿-사이클 엔진들에 관한 더욱 상세한 사항들은 2003년 4월 8일에 허여되고 스플릿 4행정 사이클 내연 엔진(Split Four Stroke Cycle Internal Combustion Engine)이라는 발명의 명칭을 갖는 미국등록특허 제6,543,222호; 및 2005년 10월 11일에 허여된 스플릿-사이클 4-행정 엔진(Split-Cycle Four-Stroke Engine)이라는 발명의 명칭을 갖는 미국등록특허 제6,952,923호에서 찾을 수 있으며, 이들 각각은 본 출원에서 전체적으로 참조로서 병합된다.
- [0038] 공기 하이브리드 엔진들에 관한 더욱 상세한 사항들은 2008년 4월 8일에 허여되고 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진(Split-Cycle Air Hybrid Engine)이라는 발명의 명칭을 갖는 미국등록특허 제7,353,786호; 2010년 7월 18일에 출원되고 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진(Split-Cycle Air Hybrid Engine)이라는 발명의 명칭을 갖는 미국특허출원 제61/365,343호; 및 2010년 3월 15일에 출원되고 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진(Split-Cycle Air Hybrid Engine)이라는 발명의 명칭을 갖는 미국특허출원 제61/313,831호에 개시되어 있으며, 이들 각각은 본 출원에서 전체적으로 참조로서 병합된다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0039] 스플릿-사이클 엔진들 및 공기 하이브리드 스플릿-사이클 엔진들에 있어서, 교차 통로의 사이징은 엔진 효율에 있어 대단히 중요하다. 효율은 상기 교차 통로 체적을 상기 실린더들의 체적에 비해, 특히 상기 압축 실린더의 체적에 비해 작게 사이징함으로써 개선될 수 있다. 이로 인해 상기 교차 통로에서 더 높은 압력을 허용함으로써, 상기 교차 통로로부터 상기 팽창 실린더 내부로의 유속의 흐름의 지속 시간을 연장하고 연소 압력을 증가시킨다. 여기서 개시된 방법들, 시스템들, 및 장치들은 일반적으로 스플릿-사이클 엔진 또는 공기 하이브리드 스플릿-사이클 엔진의 교차 통로들, 실린더들, 또는 다른 구성요소들의 크기를 결정(sizing)하여 효율을 개선시키는 것을 포함한다.
- [0040] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 일 측면에 있어서, 엔진은 크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트, 압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤, 및 팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기

행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤을 포함한다. 상기 엔진은 또한 상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함한다. 상기 압축 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 2배 크다.

- [0041] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 압축 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 4배, 적어도 6배, 및/또는 적어도 8배 크다.
- [0042] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 압축 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 9.5배 크다.
- [0043] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함한다. 일 실시예에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있다.
- [0044] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 다른 측면에 있어서, 엔진은 크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트, 압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤, 및 팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤을 포함한다. 상기 엔진은 또한 상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함한다. 상기 팽창 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 2배 크다.
- [0045] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 팽창 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 4배, 적어도 6배, 및/또는 적어도 8배 크다.
- [0046] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 팽창 실린더의 최대 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8.7배 크다.
- [0047] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함한다. 일 실시예에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있다.
- [0048] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 또 다른 측면에 있어서, 엔진은 크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트, 압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤, 및 팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤을 포함한다. 상기 엔진은 또한 상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함한다. 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8배 크다.
- [0049] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 10배 및/또는 적어도 15배 크다.
- [0050] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 17.7배 크다.
- [0051] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함한다. 일 실시예에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있다.
- [0052] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 또 다른 측면에 있어서, 엔진은 크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트, 압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤, 및 팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤을 포함

한다. 상기 엔진은 또한 상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함한다. 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8배 크다.

- [0053] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 10배 및/또는 적어도 15배 크다.
- [0054] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 18.9배 크다.
- [0055] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함한다. 일 실시예에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있다.
- [0056] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 또 다른 측면에 있어서, 엔진은 크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트, 압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤, 및 팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤을 포함한다. 상기 엔진은 또한 상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함한다. 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 4배 작다.
- [0057] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 3배 및/또는 2배 작다.
- [0058] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 약 1.5배 작다.
- [0059] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함한다. 일 실시예에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있다.
- [0060] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 또 다른 측면에 있어서, 엔진은 크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트, 압축 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 흡입 행정과 압축 행정을 통하여 상기 압축 피스톤이 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 압축 피스톤, 및 팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된 팽창 피스톤을 포함한다. 상기 엔진은 또한 상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 내부에 배치된 적어도 하나의 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함한다. 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 8배 크고, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더, 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 4배 작다.
- [0061] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 10배 크고, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더, 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 3배 작다.
- [0062] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 압축 실린더 및 상기 팽창 실린더의 최대 총 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 적어도 15배 크고, 유효 상사점에서의 상기 압축 실린더, 상기 팽창 실린더, 및 상기 교차 통로의 결합 체적은 상기 교차 통로의 체적보다 2배 작다.
- [0063] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 측면들에 있어서, 상기 교차 통로는 다수개의 교차 통로들을 포함한다. 일 실시예에 있어서, 상기 다수개의 교차 통로들 각각은 선택적으로 비활성화되어 상기 교차 통로의 전체 체적을 감소시킬 수 있다.
- [0064] 본 발명은 또한 특허 청구 범위에 기재된 바와 같은 장치들, 시스템들, 및 방법들을 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0065] 본 발명의 특징들 및 기타 이점들은 상세한 설명 및 첨부된 도면들을 참조하여 다양한 실시예들을 상세하게 기술함으로써 더욱 명확하게 이해될 것이다.
 도 1은 종래의 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진을 나타내는 단면도이다.
 도 2는 교차 통로 체적의 크기가 실린더 체적에 대해 사이징되어 효율을 개선시킨 스플릿-사이클 공기 하이브리드 엔진의 일 실시예를 나타내는 도면이다.
 도 3은 다수개의 교차 통로들을 갖는 스플릿-사이클 엔진의 일 실시예를 나타내는 도면이다.
 도 4는 다수개의 교차 통로들을 갖는 스플릿-사이클 엔진의 다른 실시예를 나타내는 도면이다.
 도 5는 일 실시예에 따른 스플릿-사이클 엔진에서 팽창 피스톤의 상사점 이후의 크랭크 각도의 함수로서 압축 실린더 체적, 팽창 실린더 체적, 교차 통로 체적, 및 전체 교차 통로 및 실린더 체적을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0066] 본 출원은 2010년 9월 29일에 출원된 미국 가특허출원 제61/404,239호의 우선권의 이익을 주장하며, 이의 전체 내용들은 본 출원에서 참조로서 병합된다. 또한 본 출원은 2011년 3월 14일에 출원된 미국특허출원 제 13/046,840호의 우선권의 이익을 주장하며, 이의 전체 내용들은 본 출원에서 참조로서 병합된다.
- [0067] 예시적인 실시예들을 설명하여 여기서 개시된 구조물, 기능, 제조물의 원리들, 그리고 방법들, 시스템들, 및 장치들의 사용에 대한 전반적인 이해를 제공한다. 이러한 실시예들 중 하나 또는 그 이상의 실시예들이 첨부된 도면들에 도시되어 있다. 당업자들은 여기서 상세히 설명되고 첨부된 도면들에 도시된 방법들, 시스템들, 그리고 장치들은 비한정적이고 예시적인 실시예들이고 본 발명의 영역은 청구항들에 의해서만 정의됨을 이해할 수 있을 것이다. 하나 또는 그 이상의 예시적인 실시예들과 관련하여 도시되거나 설명되는 특징들은 다른 실시예들의 특징들과 결합될 수 있다. 이러한 수정 및 변경들은 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에 존재한다.
- [0068] "공기(air)"라는 용어는 여기서 공기 및 공기의 혼합물들 그리고 연료나 배기 부산물들과 같은 다른 물질들 모두를 나타낸다. "유체(fluid)"라는 용어는 여기서 액체들 및 가스들을 나타낸다. 특정 도면에서 도시된 구성요소들이 또 다른 도면에서 도시된 구성요소들과 동일하거나 유사할 경우 동일한 참조부호들로 나타낸다.
- [0069] 도 2는 본 발명에 따른 공기 하이브리드 스플릿-사이클 엔진(200)의 일 실시예를 나타낸다. 엔진(200)의 구조 및 동작에 대한 상세한 설명은 여기서 생략하기로 하고, 엔진(200)의 구조 및 동작은 후술하는 바를 제외하고는 도 1의 엔진(100)과 유사함을 이해할 수 있을 것이다. 도 2의 엔진(200)은 특히 다양한 엔진 구성요소들의 사이징(예를 들면, 상기 엔진 실린더들에 대한 상기 교차 통로의 체적)에 관하여 도 1의 엔진(100)과 다르다.
- [0070] 엔진(200)은 왕복 가능하도록 배치된 압축 피스톤(210)을 갖는 압축 실린더(202) 및 왕복 가능하도록 배치된 팽창 피스톤(220)을 갖는 팽창 실린더(204)를 포함한다. 실린더들(202, 204)의 상부 단부들은 실린더 헤드(230)에 의해 폐쇄된다. 흡입 행정 동안, 흡입 공기는 흡입 밸브(208)를 통해 압축 실린더(202) 내부로 흡입된다. 상기 압축 행정 동안, 압축 피스톤(210)은 상기 공기 차지를 가압하고, 팽창 실린더(204)의 흡입 통로의 역할을 하는 교차 통로(212)를 통해 상기 공기 차지를 추진시킨다. 엔진(200)은 하나 또는 그 이상의 교차 통로들(212)을 가질 수 있다. 교차 통로(212) 입구에 외부-개방 교차 압축 밸브(214)가 사용되어 압축 실린더(216)로부터 교차 통로(212) 내부로의 흐름을 제어한다. 교차 통로(212) 출구에 외부-개방 교차 팽창 밸브(216)가 사용되어 상기 교차 통로(212)로부터 팽창 실린더(204) 내부로의 흐름을 제어한다.
- [0071] 적어도 하나의 연료 주입기(218)는 교차 통로(212)의 출구 단부에서 상기 가압된 공기 내부로 및/또는 팽창 실린더(204) 내부로 직접 연료를 주입한다. 팽창 피스톤(220)이 자신의 상사점 위치로부터 하강을 시작할 때, 하나 또는 그 이상의 스파크 플러그들(222)은 점화되어 연소를 시작하여, 파워 행정에서 팽창 피스톤(220)을 하방으로 추진시킨다. 배기 가스들은 배기 행정 동안 배기 밸브(224)를 통해 팽창 실린더(204)로부터 펌핑하여 배출된다.
- [0072] 압축 실린더(202)는 압축 피스톤(210)의 상부면, 압축 실린더(202)의 원통형 내부 측벽, 및 실린더 헤드(230)의 점화 데크(firing deck)에 의해 정의된 체적(VC)을 갖는다. 이에 따라 상기 압축 실린더의 체적(VC)은 압축 피스톤(210)의 위치에 따라 변화한다. 구체적으로, 체적(VC)은 압축 피스톤(210)이 자신의 상사점 위치에 있을 때의 최소값(VC_{MIN})으로부터 압축 피스톤(210)이 자신의 하사점 위치에 있을 때의 최대값(VC_{MAX})까지의 범위를 갖는다. 여기서의 목적들을 위하여, 흡입 밸브(208)와 교차 압축 밸브(214)가 항상 폐쇄된 위치에 있을 지라도, 물

론 이러한 밸브들은 엔진 사이클의 다양한 위치에서 개방되고 폐쇄되지만, 상기 압축 실린더의 체적(VC)은 특정된다. 이에 따라, 체적(VC)은 상기 교차 통로의 체적을 포함하지 않는다.

[0073] 팽창 실린더(204)는 팽창 피스톤(220)의 상부면, 팽창 실린더(204)의 원통형 내부 측벽, 및 실린더 헤드(230)의 점화 데크에 의해 정의된 체적(VE)을 갖는다. 이에 따라 상기 팽창 실린더의 체적(VE)은 팽창 피스톤(220)의 위치에 따라 변화한다. 구체적으로, 체적(VE)은 팽창 피스톤(220)이 자신의 상사점 위치에 있을 때의 최소값(VE_{MIN})으로부터 팽창 피스톤(220)이 자신의 하사점 위치에 있을 때의 최대값(VE_{MAX})까지의 범위를 갖는다. 여기서의 목적들을 위하여, 배기 밸브(224)와 교차 팽창 밸브(216)가 항상 폐쇄된 위치에 있을 지라도, 물론 이러한 밸브들은 엔진 사이클의 다양한 위치에서 개방되고 폐쇄되지만, 상기 팽창 실린더의 체적(VE)은 특정된다. 이에 따라, 체적(VE)은 상기 교차 통로의 체적을 포함하지 않는다.

[0074] 도 2의 엔진(200)에 있어서, 교차 통로(212)는 자신의 내부 표면들에 의해 정의된 고정된 체적(VX)을 갖는다. 여기서의 목적들을 위하여, 교차 압축 밸브(214), 교차 팽창 밸브(216), 및 공기 탱크 밸브(252)가 항상 폐쇄된 위치에 있을 지라도, 물론 이러한 밸브들은 엔진 사이클의 다양한 위치에서 개방되고 폐쇄되지만, 상기 교차 통로의 체적(VX)은 특정된다. 상기 교차 통로 체적(VX)이 도시된 실시예에서 고정될 지라도, 교차 통로 체적(VX)은 가변적일 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들면, 도 3에 도시된 바와 같이, 엔진(200')은, 선택적으로 정지되어 전체 교차 통로 체적을 변화시킬 수 있는 제1 및 제2 교차 통로들(212A, 212B)을 포함하는 교차 통로를 가질 수 있다. 교차 통로(212B)를 비활성화시킴으로써(예를 들면, 하나 또는 그 이상의 관련된 밸브들을 비활성화시킴으로써), 상기 전체 교차 통로 체적은 50%만큼 감소된다. 또 다른 예시로서, 도 4에 도시된 바와 같이, 엔진(200'')은 제1, 제2 및 제3 교차 통로들(212C, 212D, 212E)을 포함하는 교차 통로를 가질 수 있다. 본 실시예에 있어서, 상기 교차 통로들 각각은 다른 체적을 가지며, 선택적으로 활성화 또는 비활성화되어(예를 들면, 하나 또는 그 이상의 관련된 밸브들을 활성화 또는 비활성화시킴으로써) 최소 체적(예를 들면, 오직 교차 통로(212E)가 능동형일 때)에서 최대 체적(예를 들면, 모든 세 개의 교차 통로들(212C, 212D, 212E)가 능동형일 때)까지의 체적 범위에 걸쳐 상기 교차 통로 체적을 변화시킬 수 있다.

[0075] 여기서 개시된 예시적인 실시예들에 있어서, 각각의 구분된 교차 통로는, 예를 들면, 2010년 10월 21일에 공개되고 "스플릿-사이클 엔진을 위한 가변 체적 교차 통로(Variable Volume Crossover Passage for Split-Cycle Engine)"라는 발명의 명칭을 갖는 미국공개특허 제2010/0263646호에 개시된 바와 같은 조정 가능한 및/또는 가변적인 체적을 가질 수 있으며, 이는 본 출원에 전체적으로 참조로서 병합된다.

[0076] 도 2를 다시 참조하면, 압축 실린더(202)의 체적(VC) 및 팽창 실린더(204)의 체적(VE)은 각자의 피스톤들(210, 220)의 위치에 따라 변화함을 이해할 수 있을 것이다. 그 결과, 총 실린더 체적($VCE = VC + VE$)은 엔진 사이클에 따라 변화하고, 총 교차 통로 및 실린더 체적($VXCE = VC + VE + VX$) 역시 변화한다.

[0077] 여기서의 목적들을 위하여, 엔진의 "유효 TDC"는 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE)이 최소일 때의 크랭크샤프트 위치이다. 도 2의 엔진(200)에 있어서, 유효 TDC는 팽창 피스톤(220)의 TDC와 압축 피스톤(210)의 TDC 사이의 대략적으로 중간에서 일어난다. 바꾸어 말하면, 압축 피스톤(210)이 자신의 상사점(TDC) 위치에 도달하기 바로 전에 상승하고 있고, 팽창 피스톤(210)이 자신의 상사점(TDC) 위치에 도달한 바로 이후에 하강하고 있을 때, 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE)이 도 2의 엔진(200)에서 최소이다.

[0078] 또한, 엔진의 "유효 BDC"는 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE)이 최대일 때의 크랭크샤프트의 위치이다. 도 2의 엔진(200)에 있어서, 유효 BDC는 팽창 피스톤(220)의 BDC와 압축 피스톤(210)의 BDC 사이의 대략적으로 중간에서 일어난다. 바꾸어 말하면, 압축 피스톤(210)이 자신의 하사점(BDC) 위치에 도달하기 바로 전에 하강하고 있고, 팽창 피스톤(210)이 자신의 하사점(BDC) 위치에 도달한 바로 이후에 상승하고 있을 때, 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE)이 도 2의 엔진(200)에서 최대이다.

[0079] 또한, 엔진의 유효 압축비는 최대 총 교차 통로 및 실린더 체적($VXCE_{MAX}$)과 최소 총 교차 통로 및 실린더 체적($VXCE_{MIN}$)의 비율(유효 BDC에서 전체 교차 통로 및 실린더 체적 및 유효 TDC에서 전체 교차 통로 및 실린더 체적의 비율)로서 정의된다. 일 실시예에 있어서, 상기 엔진의 유효 압축비는 약 15:1이다.

[0080] 엔진(200)의 동작 중에, 교차 팽창 밸브(216)는 팽창 피스톤(220)이 자신의 상사점 위치에 도달하기 바로 전에 개방된다. 이 때, 교차 통로(212)에서의 최소 압력이 일반적으로 20 절대압력 또는 그 이상이고 상기 배기 행정 동안 팽창 실린더(204)에서의 압력이 약 1 내지 2 절대압력이라는 사실 때문에, 교차 통로(212)에서의 압력 및 팽창 실린더(204)에서의 압력비는 높다. 바꾸어 말하면, 교차 팽창 밸브(216)가 개방될 때, 교차 통로(212)에서의 압력은 팽창 실린더(204)에서의 압력 보다 실질적으로 더 높다(일반적으로 20 대 1 또는 그 이상의 크기).

이러한 높은 압력비는 상기 공기 및/또는 연료의 초기 흐름이 교차 통로(212)로부터 팽창 실린더(204) 내부로 높은 속도로 흐르도록 할 수 있다. 이러한 높은 유속들은, 음속으로 나타내는 소리의 속도에 도달할 수 있다. 이러한 음속의 흐름은 좋은 공기/연료 혼합을 촉진하여 빠르고 효율적인 연소를 이끄는 강렬한 난류(turbulence)를 유도하므로 특히 바람직하다.

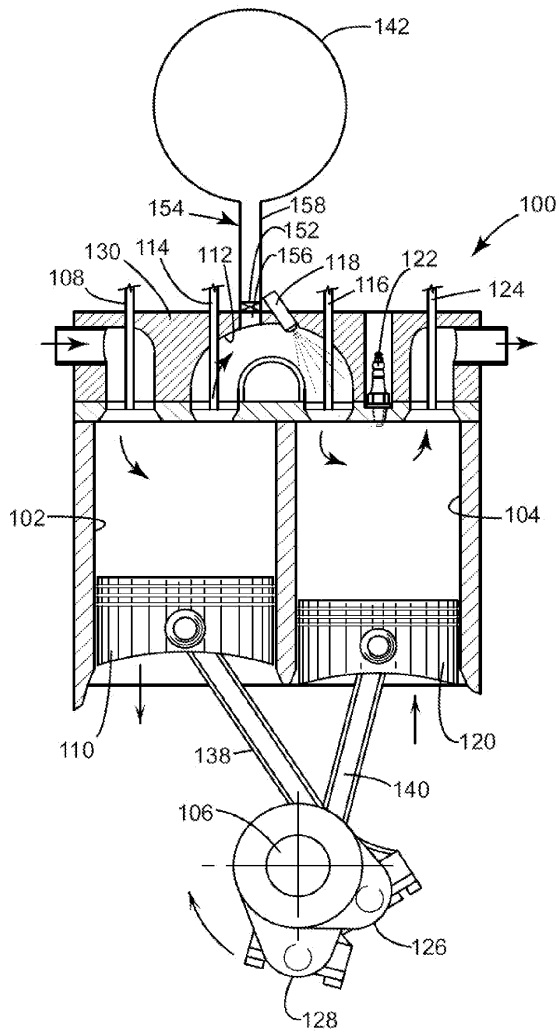
- [0081] 엔진(200)의 효율을 최적화하기 위하여, 이러한 음속의 흐름의 지속 시간을 최대화하는 것이 바람직하다. 교차 팽창 밸브(216)가 처음에 개방될 때 팽창 실린더(204)로 들어오는 공기의 음속은 배기 행정 동안 팽창 실린더(204)에서의 압력보다는 높은 레벨로 교차 통로(212)의 압력을 유지함으로써 달성된다. 음속의 유속은 음속을 달성하기에 필요한 교차 통로(212) 내의 압력 및 팽창 실린더(204) 내의 압력의 비율로 정의된다.
- [0082] 엔진(200)의 AEF 및 AE 모드들에 있어서, 교차 통로(212) 내의 높은 압력은 공기 탱크(242) 내의 압력을 5 bar 이상, 바람직하게는 7 bar, 더욱 바람직하게는 10 bar 이상으로 유지함으로써 달성된다. 엔진(200)의 EF 및 FC 모드들에 있어서, 교차 통로(212) 내의 높은 압력은 상술한 가스 전달의 푸시-풀 방법을 이용함으로써 유지될 수 있다. 그러나, 교차 통로(212) 내의 압력은 엔진(200)의 다양한 구성요소들의 적절한 사이징(sizing)에 의해 더욱 증가될 수 있다.
- [0083] 예를 들면, 교차 통로 체적(VX)은 최대 압축 실린더 체적(VC_{MAX})에 비하여 작게 만들어 질 수 있다. 바람직하게는, 압축 실린더(202)의 최대 체적(VC_{MAX})은 교차 통로(212)의 체적(VX)보다 적어도 두 배 클 수 있다. 더욱 바람직하게는, 압축 실린더(202)의 최대 체적(VC_{MAX})은 교차 통로(212)의 체적(VX)보다 적어도 네 배 크다. 더욱더 바람직하게는, 압축 실린더(202)의 최대 체적(VC_{MAX})은 교차 통로(212)의 체적(VX)보다 적어도 여섯 배 크다. 더욱더 바람직하게는, 압축 실린더(202)의 최대 체적(VC_{MAX})은 교차 통로(212)의 체적(VX)보다 적어도 여덟 배 크다. 압축 실린더(202)의 최대 체적(VC_{MAX})이 교차 통로 체적(VX)에 비하여 클 때, 흡입 공기 차지는 압축 행정 동안 더 큰 정도로 압축되어, 교차 통로(212) 내의 압력을 증가시킨다. 바꾸어 말하면, 유효 압축비가 높으면, 더 긴 음속 유지 시간 및 상응하는 엔진 효율 개선을 초래한다.
- [0084] 다른 예시로서, 교차 통로 체적(VX)은 최대 팽창 실린더 체적(VE_{MAX})에 비하여 작게 만들어 질 수 있다. 바람직하게는, 팽창 실린더(204)의 최대 체적(VE_{MAX})은 교차 통로(212)의 체적(VX)보다 적어도 두 배 클 수 있다. 더욱 바람직하게는, 팽창 실린더(204)의 최대 체적(VE_{MAX})은 교차 통로(212)의 체적(VX)보다 적어도 네 배 크다. 더욱더 바람직하게는, 팽창 실린더(204)의 최대 체적(VE_{MAX})은 교차 통로(212)의 체적(VX)보다 적어도 여섯 배 크다. 더욱더 바람직하게는, 팽창 실린더(204)의 최대 체적(VE_{MAX})은 교차 통로(212)의 체적(VX)보다 적어도 여덟 배 크다.
- [0085] 또 다른 예시로서, 교차 통로 체적(VX)은 최대 총 실린더 체적(VCE_{MAX})에 비하여 작게 만들어 질 수 있다. 바람직하게는, 최대 총 실린더 체적(VCE_{MAX})은 상기 교차 통로의 체적(VX)보다 적어도 여덟 배 클 수 있다. 더욱 바람직하게는, 최대 총 실린더 체적(VCE_{MAX})은 상기 교차 통로의 체적(VX)보다 적어도 열 배 크다. 더욱더 바람직하게는, 최대 총 실린더 체적(VCE_{MAX})은 상기 교차 통로의 체적(VX)보다 적어도 열다섯 배 크다.
- [0086] 또 다른 예시로서, 교차 통로 체적(VX)은 최대 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE_{MAX})에 비하여 작게 만들어 질 수 있다. 바람직하게는, 최대 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE_{MAX})은 상기 교차 통로의 체적(VX)보다 적어도 여덟 배 클 수 있다. 더욱 바람직하게는, 최대 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE_{MAX})은 상기 교차 통로의 체적(VX)보다 적어도 열 배 크다. 더욱더 바람직하게는, 최대 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE_{MAX})은 상기 교차 통로의 체적(VX)보다 적어도 열다섯 배 크다.
- [0087] 상기 푸시-풀 방법에 있어서, 많은 양의 공기가 교차 통로(212)를 통해 전달될 때 교차 압축 밸브(214) 및 교차 팽창 밸브(216) 모두가 개방되어 있기 때문에 총 실린더 체적(VCE) 및 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE)이 중요하다. 나아가, 엔진 사이클에서 상기 푸시-풀 부분 동안 압축 실린더(202) 및 팽창 실린더(204)의 체적이 동시에 교차 통로(212)에 연결된다. 이러한 푸시-풀 주기 동안, 최대 총 실린더 체적(VCE_{MAX})에 비해 및/또는 최대 총 교차 통로 및 실린더 체적(VXCE_{MAX})에 비하여 작은 체적(VX)을 갖는 교차 통로(212)는 본질적으로 압축 실린더(202) 및 팽창 실린더(204) 사이에 흐름 제한(flow restriction)으로서의 역할을 하여, 팽창 실린더(204)로

들어오는 공기의 속도를 상당한 증가를 발생시킨다.

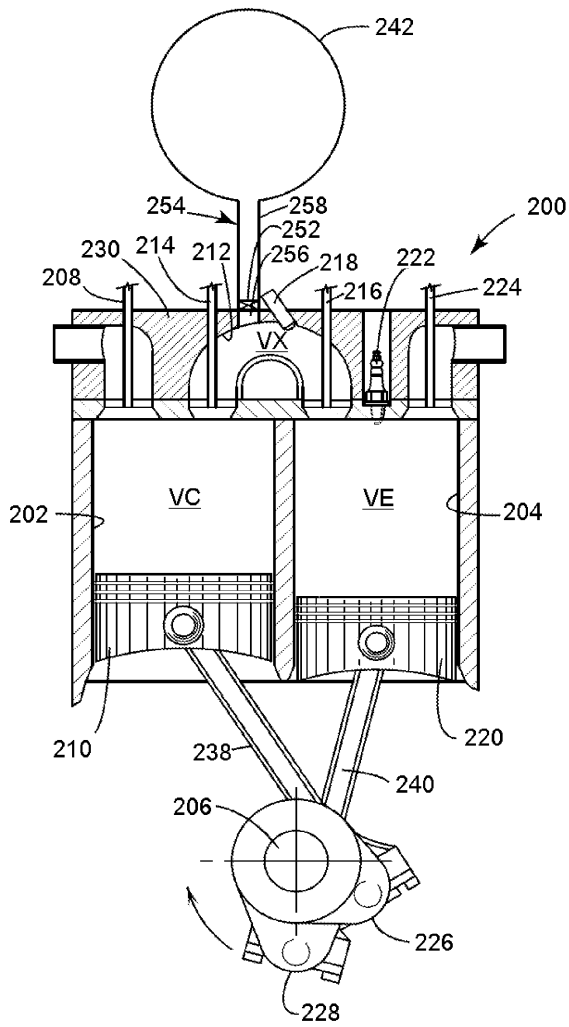
- [0088] 다른 예시로서, 최소 총 교차 통로 및 실린더 체적($VX_{CE_{MIN}}$)은 교차 통로 체적(VX)을 상당히 초과하지 않도록 최소화될 수 있다. 바꾸어 말하면, 교차 통로(212) 내에 높은 압력을 유지하기 위하여, 유효 TDC에서 압축 실린더(202), 팽창 실린더(204), 및 교차 통로(212)의 전체 체적이 상기 교차 통로의 체적의 4배보다 작게, 바람직하게는 상기 교차 통로의 체적보다 3배 작게, 더욱 바람직하게는 상기 교차 통로의 체적보다 2배만큼 작을 수 있다. 일 실시예에 있어서, 압축 및 팽창 피스톤들(210, 220)의 실제 TDC에서, 압축 및 팽창 실린더들(202, 204)의 체적들은 매우 작기 때문에, 유효 TDC에서 총 교차 통로 및 실린더 체적($VX_{CE_{MIN}}$)은 교차 통로(212)의 체적에 접근한다. 바꾸어 말하면, 압축 실린더(202)의 기하학적 압축비는 대략적으로 95:1이며 팽창 실린더(204)의 기하학적 팽창비는 대략적으로 50:1이고, 이는 상기 피스톤들 각자의 TDC 위치들에서 압축 및 팽창 피스톤들(210, 220) 및 실린더 헤드(230)(상세하게는, 상기 헤드의 점화 테크) 사이에 작고, 빠듯한 클리어런스가 존재함을 의미한다. 각자의 피스톤들(210, 220)의 TDC에서 이러한 좁은 공간들은 교차 통로 체적(VX)을 크게 초과하지 않는 유효 TDC에서의 총 교차 통로 및 실린더 체적($VX_{CE_{MIN}}$)으로 변화된다.
- [0089] 상술한 바와 같은 다양한 엔진 구성요소들을 사이징함으로써 획득되는 교차 통로 압력의 증가는 상기 팽창 실린더로 들어오는 많은 양의 공기의 음속 주기를 증가시켜, 엔진의 효율을 증가시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0090] 도 5는 엔진의 동작 사이클(팽창 피스톤의 상사점 이후의 크랭크 각도 "deg ATDC-e"로 나타냄)을 따라 그려진 일 실시예에 따른 스플릿-사이클 엔진의 각각의 구성요소들의 체적들(체적 센티미터 "cc"로 나타냄)을 나타낸다.
- [0091] 도시된 바와 같이, 상기 압축 실린더는 약 -160 deg ATDC-e에서 약 590cc의 최대 체적을 갖는다. 상기 압축 실린더는 약 20 deg ATDC-e에서 약 6cc의 최소 체적을 갖는다. 상기 팽창 실린더(또는 "파워 실린더")는 약 180 deg ATDC-e에서 약 540cc의 최대 체적을 갖는다. 상기 팽창 실린더는 약 0 deg ATDC-e에서 약 11cc의 최소 체적을 갖는다. 상기 교차 통로(또는 "교차 포트")는 전체 엔진 사이클 동안 약 62cc의 고정된 체적을 갖는다. 총 교차 통로 및 실린더 체적은 약 -170 deg ATDC-e(유효 BDC)에서 약 1170cc의 최대값을 갖는다. 상기 총 교차 통로 및 실린더 체적은 약 10.8 deg ATDC-e(유효 TDC)에서 약 90cc의 최소값을 갖는다.
- [0092] 이에 따라, 도 5의 엔진에 있어서, 최대 압축 실린더 체적(VC_{MAX})은 교차 통로 체적(VX)보다 약 9.5배 크다. 최대 팽창 실린더 체적(VE_{MAX})은 교차 통로 체적(VX)보다 약 8.7배 크다. 최대 총 교차 통로 및 실린더 체적($VX_{CE_{MAX}}$)은 교차 통로 체적(VX)보다 약 18.9배 크다. 최소 총 교차 통로 및 실린더 체적($VX_{CE_{MIN}}$)은 교차 통로 체적(VX)보다 약 1.5배 크다. 최소 총 실린더 체적(VCE_{MIN})은 상기 교차 통로의 체적보다 약 17.7배 크다. 이러한 사이징 파라미터들을 이용하여, 도 5의 엔진은 엔진 사이클 동안 높은 교차 통로 압력을 달성하여, 음속 주기를 증가시키고 전체 엔진 효율을 개선시킨다.
- [0093] 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

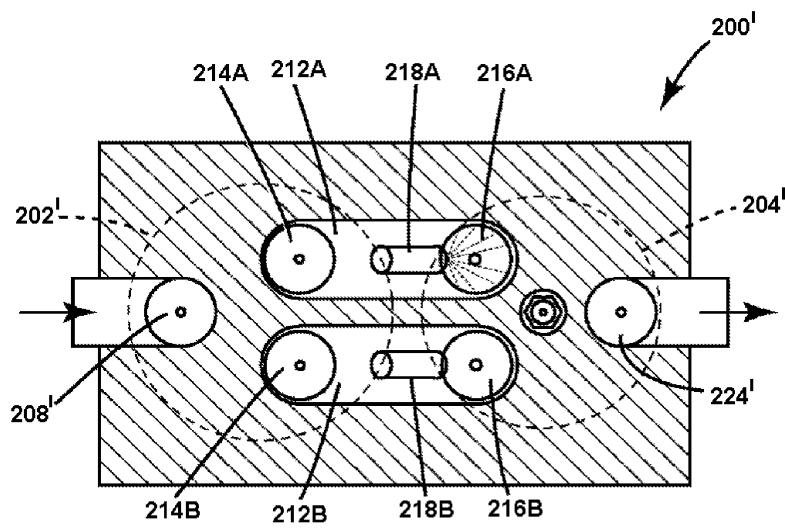
도면1



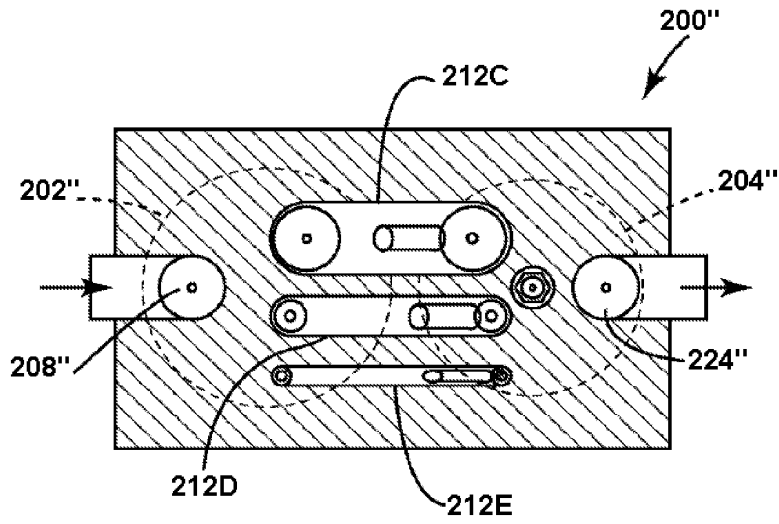
도면2



도면3



도면4



도면5

실린더, 교차 포트 & 결합 체적들

