

---

<b>(19) Korean Intellectual Property Office (KR)</b> <b>(12) Notice of Publication of Registration (B1)</b>	<b>(45) Publication Date</b> <b>June 26, 2012</b> <b>of Registration:</b> <b>(11) Registration No.:</b> <b>10-1160214</b> <b>(24) Registration Date:</b> <b>June 20, 2012</b>
--	--

---

(51) Int. Cl.  
**F02B 25/00** (2006.01)

(21) Appln. No.:            **10-2010-7002443**

(22) Filing Date:            **June 11, 2008**  
Request Date for            **February 2, 2010**  
Examination:

(85) Translation submitted on: **February 2, 2010**

(65) Publication No.:        **10-2010-0029146**

(43) Publication Date:        **March 15, 2010**

(86) Intl. Appln. No.:        **PCT/US2008/007312**

(87) Intl. Publication No.:    **WO 2009/020488**  
Intl. Publication Date:    **February 12, 2009**

(30) Priority Claim  
60/963,742    August 7, 2007    US

(56) Searched Prior Art Documents  
US04186561 A\*  
US04844025 A\*  
US06494178 B1\*  
US06543225 B2\*  
\*cited by Examiner

(73) Patentee  
**SCUDERI GROUP LLC**  
1111 Elm Street, Suite 33, West  
Springfield, MA 01089 U.S.A.

(72) Inventors  
**PIRAULT, Jean-pierre**  
30 Lesser Foxholes, Shoreham-by-Sea,  
West Sussex BN43 5NT United Kingdom

**GILBERT, Ian P.**  
67 Beach Green, Shoreham-by-Sea, West  
Sussex BN43 5YE United Kingdom

(74) Patent Attorney  
**Young-Woo PARK**

Number of Claims in total: 8 claims

Examiner: Taek-Sang LEE

---

## **(54) SPARK PLUG LOCATION FOR SPLIT-CYCLE ENGINE**

---

### *(57) Abstract*

A split-cycle engine includes separate compression and expansion cylinders connected by a crossover passage. Crossover compression and expansion valves define a pressure chamber between them in the crossover passage for storing pressurized gas prior to timed delivery into the expansion cylinder. One or more ignition sources, such as spark plugs, are positioned to encourage rapid combustion after ignition in the expansion cylinder but far enough from the crossover expansion valve(s) to prevent burning gases from reaching the crossover expansion valves before they are substantially closed to avoid entry of burning gas therein.

Fig. 2 for Publication



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

(45) 공고일자 2012년06월26일  
 (11) 등록번호 10-1160214  
 (24) 등록일자 2012년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**F02B 25/00** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2010-7002443  
 (22) 출원일자(국제) 2008년06월11일  
 심사청구일자 2010년02월02일  
 (85) 번역문제출일자 2010년02월02일  
 (65) 공개번호 10-2010-0029146  
 (43) 공개일자 2010년03월15일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2008/007312  
 (87) 국제공개번호 WO 2009/020488  
 국제공개일자 2009년02월12일  
 (30) 우선권주장  
 60/963,742 2007년08월07일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 US04186561 A\*  
 US04844025 A\*  
 US06494178 B1\*  
 US06543225 B2\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**스쿠테리 그룹 엘엘씨**  
 미국 01089 매사추세츠주 웨스트 스프링필드 스  
 위트 33 엘름 스트리트 1111  
 (72) 발명자  
**피플트, 장-피에르**  
 영국 비엔43 5엔티 웨스트 서식스 쇼어햄-바이-  
 씨 레씨 폭스홀즈 30  
**길버트, 이안 피.**  
 영국 비엔43 5와이이 웨스트 서식스 쇼어햄-  
 바이-씨 비치 그린 67  
 (74) 대리인  
**박영우**

전체 청구항 수 : 총 8 항

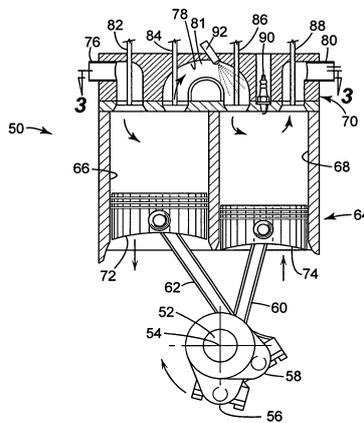
심사관 : 이택상

(54) 발명의 명칭 스플릿-사이클 엔진을 위한 스파크 플러그의 위치

**(57) 요약**

스플릿-사이클 엔진은 교차 통로에 의해 연결된 개별적인 압축 및 팽창 실린더들을 포함한다. 교차 압축 및 팽창 밸브들은 교차 통로 내에서 가압된 가스를 상기 팽창 실린더 내부로 정기적으로 전달하기 전에 저장하는 압력 챔버를 정의한다. 스파크 플러그들과 같은, 하나 혹은 그 이상의 점화원들이 위치하여 상기 팽창 실린더 내에서 점화 이후 급격한 연소를 촉진하고, 상기 교차 팽창 밸브(들)로부터 충분히 멀리 위치하여 연소하는 가스의 혼입을 막기 위하여 상기 밸브의 실질적 폐쇄 이전에 상기 연소하는 가스들이 상기 교차 팽창 밸브들에 도달하는 것을 방지한다.

**대표도 - 도2**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

크랭크샤프트 축에 대해 회전 가능한 크랭크샤프트;

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;

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;

대응하는 교차 팽창 밸브를 각각 안착시키는 두개의 교차 팽창 밸브 포트들;

상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키고, 교차 압축(XovrC) 밸브 및 상기 두개의 교차 팽창(XovrE) 밸브들 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 교차 압축(XovrC) 밸브 및 상기 두개의 교차 팽창(XovrE) 밸브들 중 적어도 하나는 압력 챔버를 정의하는 것을 특징으로 하는 교차 통로;

상기 팽창 실린더의 일단부를 폐쇄하고 상기 두개의 교차 팽창 밸브 포트들을 포함하는 실린더 헤드; 및

상기 팽창 실린더 내에 배치되고, 점화원 중심을 각각 포함하고, 상기 팽창 실린더 내에서 공기/연료 혼합물을 점화시키도록 작동하여 연소하는 가스들의 화염 전면부를 발생시키는 두개의 점화원들을 포함하고,

상기 두개의 점화원 중심들 각각에 있어서, 상기 각각의 점화원 중심으로부터 상기 두개의 교차 팽창 밸브 포트들의 최근접 주변 가장자리까지의 거리가 상기 팽창 실린더의 중심으로부터 상기 두개의 교차 팽창 밸브 포트들의 최근접 주변 가장자리까지의 거리보다 더 큰 것을 특징으로 하는 내연 엔진(internal combustion engine).

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 상기 두개의 점화원 중심들 각각은 상기 두개의 교차 팽창 밸브 포트들 각각의 최근접 주변 가장자리로부터 적어도 안전거리(S)에 위치하고, 상기 안전거리(S)가 19밀리미터(mm) 혹은 그 이상인 것을 특징으로 하는 내연 엔진.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서, 상기 안전거리(S)가 19mm에서 35mm의 범위 내인 것을 특징으로 하는 내연 엔진.

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

제 1 항에 있어서, 상기 두개의 점화원 중심들 각각은 상기 실린더 벽으로부터 충분히 멀리 위치하여 점화 후 상기 화염의 냉각과 급냉을 방지하는 것을 특징으로 하는 내연 엔진.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서, 상기 두개의 점화원 중심들 각각은 상기 팽창 실린더 폐쇄 단부에 인접한 상기 팽창 실린더 벽의 어느 부분으로부터라도 상기 팽창 실린더 직경의 60%보다 멀리 위치하지 않는 것을 특징으로 하는 내연 엔진.

**청구항 8**

제 6 항에 있어서, 상기 두개의 점화원 중심들 각각은 상기 팽창 실린더 폐쇄 단부에 인접한 상기 팽창 실린

더 벽으로부터 적어도 상기 실린더 직경의 20%에 위치하는 것을 특징으로 하는 내연 엔진.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서, 상기 실린더 헤드가 배기 밸브를 수용하는 배기 포트를 포함하고, 상기 두개의 점화원들 각각의 상기 중심이 상기 배기 포트의 최근접 주변 가장자리로부터 적어도 12mm에 위치하여 상기 두개의 점화원들 각각에 인접한 팽창 실린더 벽의 충분한 냉각을 위한 공간을 허용하는 것을 특징으로 하는 내연 엔진.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서, 상기 교차 압축 밸브는 상기 압축 실린더로부터 바깥쪽으로 열리고, 상기 두개의 교차 팽창 밸브들은 상기 팽창 실린더들로부터 바깥쪽으로 열리는 것을 특징으로 하는 내연 엔진.

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 내연기관에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 스플릿-사이클 엔진의 팽창 실린더 내부에 점화원을 위치하여, 팽창 밸브 폐쇄 시점 이전에 하나 또는 그 이상의 교차 통로 팽창 밸브 포트로 연소되는 공기/연료 혼합물의 주입을 방지하는 것에 관한 것이다.

**배경기술**

- [0002] 본 출원은 2007년 8월 7일자로 미국특허청에 출원된 미국 가특허 출원 제 60/963,742호를 우선권으로 한다.
- [0003] 명확한 이해를 위하여, 선행 기술에 개시되고 본 출원에서 참조되는 엔진들에 적용될 수 있도록 다음과 같은 정의가 스플릿-사이클 엔진이라는 용어를 위해 제공된다.
- [0004] 본 발명에서 설명되는 스플릿-사이클 엔진은,
- [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, 압력 챔버를 정의하는 교차 압축(crossover compression, XovrC) 밸브와 교차 팽창(crossover expansion, XovrE) 밸브를 포함하는 교차 통로를 포함한다.
- [0009] 2003년 4월 8일에 Carmelo J. Scuderi에게 허여된 미국등록특허 제 6,543,225 호는 스플릿-사이클 엔진 및 이와 유사한 형식의 엔진들에 관한 광범위한 논의를 포함한다. 또한, 상기 특허는 종래의 버전에 해당하는 엔진의 상세한 설명들을 개시하는데, 본 발명이 상기 엔진의 한층 더 발전된 형태를 포함한다.
- [0010] 도 1을 참조하면, 종래 기술의 스플릿-사이클 엔진 개념의 예시적인 실시예가 일반적으로 참조번호 10에 의해 도시된다. 스플릿-사이클 엔진(10)은 통상적인 4 행정 엔진의 두 개의 인접한 실린더들을 한 개의 압축 실린더(12) 및 한 개의 팽창 실린더(14)로 교체한다. 이러한 두 개의 실린더들(12, 14)은 크랭크샤프트(16)의 1회전당 1회씩 각각의 기능을 수행한다. 상기 흡입 공기 및 연료 차지(charge)가 전형적인 포켓 형식의 흡입 밸브들(18)을 통해 압축 실린더(12) 안으로 흡입된다. 압축 실린더 피스톤(20)은 교차 통로(22)를 통하여 상기

차지에 압력을 가하고, 팽창 실린더(14)를 위한 상기 흡입 통로처럼 작동하는 교차 통로(22)를 통해 상기 차지를 이동시킨다.

[0011] 상기 교차 통로 입구 내에 체크 타입의 교차 압축(XovrC) 밸브(24)가 사용되어 교차 통로(22)로부터 압축 실린더(12)로의 역류를 방지한다. 교차 통로(22)의 상기 출구에서의 교차 팽창(XovrE) 밸브(26)가 가압된 상기 흡입 차지의 흐름을 조절하여, 팽창 피스톤(30)이 자신의 상사점(TDC)에 도달한 바로 직후에 상기 차지가 전부 팽창 실린더(14)로 유입되게 한다. 스파크 플러그(28)는 상기 흡입 차지가 상기 팽창 실린더로 유입된 직후에 점화되며, 상기 결과에 따른 연소는 팽창 실린더 피스톤(30)을 하사점(BDC)까지 하강 이동시킨다. 배기 가스들은 포켓 배기 밸브들(32)을 통하여 상기 팽창 실린더 밖으로 펌핑된다.

[0012] 상기 스플릿-사이클 엔진 개념에서, 상기 압축 및 팽창 실린더들의 기하학적인 엔진 변수들(즉, 보어(bore), 행정, 커넥팅 로드 길이, 압축 비율(compression ratio) 등)은 일반적으로 서로 독립적이다. 예를 들어, 각각의 실린더의 크랭크 크로우들(34, 36)은 다른 반지름들을 가질 수 있고, 압축 실린더 피스톤(20)의 상사점(TDC)보다 선행하여 일어나는 팽창 실린더 피스톤(30)의 상사점에 대하여 서로 위상이 달라질 수 있다. 상기 독립성은 상기 스플릿-사이클 엔진이 전형적인 4 행정 엔진들에 비하여 잠재적으로 더 높은 효율성 레벨과 더 큰 토크를 얻을 수 있도록 한다.

[0013] 상기 압축 실린더 피스톤 행정의 완료 전에 가압된 공기/연료 혼합물을 상기 팽창 실린더로 방출하기 위하여 교차 팽창(XovrE) 밸브(26)는 짧은 시간만을 소요하므로(약 30도 정도의 크랭크 각도), 상기 교차 팽창 밸브의 폐쇄가 상기 공기/연료 차지의 점화 이후에 발생한다. 상기 밸브 폐쇄 시점의 단축 없이 연소되는 연료 혼합물이 상기 교차 팽창 밸브 내로 주입되는 것을 방지하기 위하여 연장된 밸브 수명이 요구된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0014] 본 발명의 목적은 팽창 밸브 폐쇄 시점 이전에 하나 또는 그 이상의 교차 통로 팽창 밸브 포트에 연소되는 공기/연료 혼합물의 주입을 방지할 수 있는 스플릿-사이클 엔진을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

[0015] 본 발명에 따른 스플릿-사이클 엔진에서, 상기 스파크 플러그 혹은 플러그들은 상기 교차 팽창(XovrE) 밸브(들)로부터 "안전거리"를 두고 상기 팽창 실린더 내에 위치하여, 상기 교차 팽창 밸브의 실질적인 폐쇄 이전에 점화지점으로부터 연소되는 혼합물이 상기 밸브에 도달하지 않을 것이다. 상기로부터, 통상적인 엔진들의 상기 스파크 플러그의 위치를 위한 다른 고려사항들 뿐 아니라, 화염의 속도가 엔진 속도들의 범위 내에 있도록 상기 디자인 공정을 고려할 것도 요구된다.

[0016] 본 발명에 따른 엔진은 크랭크샤프트 축에 대해 회전 가능한 크랭크샤프트;

[0017] 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;

[0018] 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;

[0019] 상기 압축 및 팽창 실린더들을 상호 연결시키고, 압력 챔버를 정의하는 교차 압축(XovrC) 밸브 및 교차 팽창(XovrE) 밸브를 포함하는 교차 통로; 및

[0020] 상기 팽창 실린더의 일단부를 폐쇄하고 상기 교차 팽창 밸브를 안착시키는 교차 팽창 밸브 포트, 및 점화원 중심이 상기 교차 팽창 밸브 포트의 최근접 주변 가장자리로부터 이격되어, 상기 팽창 실린더 내에서 정해진 점화 시점에 공기/연료 혼합물에 점화하여 연소하는 가스들의 화염 전면부를 발생시키는 점화원을 구비하는 실린더 헤드를 포함하고,

[0021] 상기 점화원 중심이 상기 교차 팽창 밸브 포트의 상기 최근접 주변 가장자리로부터 적어도 "안전거리"로 결정된 거리만큼 큰 거리에 위치하여, 엔진 구동 속도들의 적어도 일부분에서 상기 밸브의 실질적 폐쇄 이전에 연소된 가스들이 상기 교차 팽창 밸브 포트 내로 진행되는 것을 방지하고, 상기 안전거리 "S"가 하기의 함수,

[0022]  $S(\text{밀리미터}) = \text{연소 속도}(\text{밀리미터/크랭크 각도}) \times \text{점화에서 교차 팽창 밸브 폐쇄까지의 크랭크 각도},$

- [0023]     에 의해 표현될 수 있다.
- [0024]     부가적인 측면들은,
- [0025]     상기 점화원 중심이 상기 실린더 벽으로부터 충분히 멀리 위치하여 점화 후 상기 화염의 냉각과 급냉을 방지하고, 상기 차지의 연소 시간을 지나치게 연장하고 상기 화염 전면부 바깥에 자기-점화를 유발할 정도로 상기 실린더 벽으로부터 너무 멀리 위치하지 않는 것을 포함할 수 있다.
- [0026]     상기 점화원의 상기 중심이 상기 실린더 헤드 내의 배기 밸브의 최근접 주변 가장자리로부터 적어도 12mm에 위치하여 상기 점화원에 인접한 상기 실린더 벽의 충분한 냉각을 위한 공간을 허용하는 것을 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0027]     이와 같이 구성된 본 발명에 따른 스플릿-사이클 엔진은 팽창 실린더 내부에 점화원을 위치시켜, 팽창 밸브 폐쇄 시점 이전에 하나 또는 그 이상의 교차 통로 팽창 밸브 포트에 연소되는 공기/연료 혼합물의 주입을 방지할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0028]     본 발명의 상기의 측면들 및 다른 측면들과 이점들은 수반하는 도면들과 함께 하기의 본 발명의 상세한 설명으로부터 더욱 완전히 이해될 수 있을 것이다.
- 도 1은 본 발명의 엔진과 관련된 종래 기술의 스플릿-사이클 엔진의 횡단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 스플릿-사이클 엔진을 나타내는 횡단면도이다.
- 도 3은 연료 분사 장치들이 부과된 상태에서 도 2의 3-3 라인을 따라 절단한 평면도이다.
- 도 4는 밸브들과 점화원들의 상대적인 위치와 주요 치수들을 나타내는 실린더 헤드의 저면도이다.
- 도 5는 상기 밸브가 폐쇄될 때, 25도 ATDC에서 교차 팽창 밸브 자리 내로 화염이 관통하는 것을 묘사한 도면이다.
- 도 6은 상기 점화원 중심과 교차 압축 밸브 포트의 최근접 주변 가장자리 사이의 예측 안전거리를 엔진 속도에 대하여 도시한 선 그래프이다.
- 도 7은 1400rpm에서 14도 ATDC에서 23도 ATDC로 점화될 때 화염의 진행을 계산하여 도시한 2차원 도표이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0029]     도 2 및 도 3을 상세하게 참조하면, 참조부호 50은 일반적으로 본 발명의 일 실시예에 따른 스플릿-사이클 엔진을 나타낸다. 엔진(50)은 상기 도면에 도시된 바와 같이 크랭크샤프트 축(54)에 대해 시계 방향으로 회전 가능한 크랭크샤프트(52)를 포함한다. 크랭크샤프트(54)는 커넥팅 로드들(60, 62)에 각각 연결되고, 인접하며 교대로 각도가 앞서고 뒤서는 크랭크 스로우들(56, 58)을 포함한다.
- [0030]     엔진(50)은 또한 한 쌍의 인접한 실린더들을 정의하는 실린더 블록(64)을 포함하는데, 특히 상기 실린더들은 크랭크샤프트(52)의 반대쪽으로 상기 실린더들의 일단부가 실린더 헤드(70)에 의해 폐쇄되어 있는 압축 실린더(66) 및 팽창 실린더(68)이다.
- [0031]     압축 피스톤(72)은 압축 실린더(66) 내에 수용되고, 상기 피스톤이 상사점(TDC)과 하사점(BDC) 위치들 사이를 왕복 이동할 수 있도록 커넥팅 로드(62)에 연결된다. 팽창 피스톤(74)은 팽창 실린더(68) 내에 수용되고, 유사한 상사점/하사점 왕복 이동을 위하여 커넥팅 로드(60)에 연결된다.
- [0032]     일 실시예에 있어서, 실린더 헤드(70)는 실린더들(66, 68) 내부, 외부로의 가스 흐름 및 상기 실린더들 사이의 가스 흐름을 위한 수단을 제공한다. 가스 흐름의 순서에 따라, 상기 실린더 헤드는 흡입 공기가 압축 실린더(66) 내로 흡입되는 흡입 포트(76), 압축 공기(가스)가 압축 실린더(66)에서 팽창 실린더(68)로 이동하는 (적어도 한 개의 통로가 요구되는) 이중 교차 통로들(78) 및 사용된 가스들이 상기 팽창 실린더로부터 배출되는 배기 포트(80)를 포함한다. 각각의 교차 통로(78)는 또한 상기 교차 압축 및 팽창 밸브들이 폐쇄될 때 일정 압력이 유지되는 가스가 저장되는 압력 챔버(81)를 정의한다.
- [0033]     압축 실린더(66) 내부로의 가스 흐름은 안쪽으로 열리는 포켓 타입의 흡입 밸브(82)에 의하여 조절된다. 각각의 교차 통로(78) 내부 및 외부로의 가스 흐름은 한 쌍의 바깥쪽으로 열리는 포켓 밸브들(즉, 상기 교차 통로

들의 입구 단부들에서의 교차 압축 밸브들(84) 및 상기 교차 통로들의 출구 단부들에서의 교차 팽창 밸브들(86)에 의하여 조절될 수 있다. 배기 포트(80) 외부로의 배기 가스 흐름은 안쪽으로 열리는 포켓 타입 배기 밸브(88)에 의해 조절될 수 있다. 상기의 밸브들(82, 84, 86 및 88)은 기계적으로 작동되는 캠들, 다양한 밸브 구동 기술, 혹은 이와 유사한 것들에 의해 적절한 방식으로 구동될 수 있다.

[0034] 도 2 및 도 3을 계속하여 참조할 때, 예시적인 엔진(50)은 또한 상기 팽창 실린더 단부의 적절한 위치에 배치되는 하나 또는 그 이상의 스파크 플러그들(90) 혹은 여타 점화원들을 포함하고, 상기 팽창 실린더 내에서 혼합된 연료와 공기 차지가 점화되어 팽창 행정 동안 연소될 수 있다.

[0035] 또한 상기 엔진은 교차 통로들(78) 및 압력 챔버들(81)의 적어도 한 쪽(혹은 양쪽) 내부에서 연료를 압축 공기 차지에 주입하도록 작동하는 적어도 하나의 연료 분사 장치(92)를 요구한다.

[0036] 도 4를 참조하면, 스파크 점화(spark ignition, SI) 스플릿-사이클 엔진(50)의 일 실시예는 교차 팽창 밸브 포트(98)에 안착된 이중 교차 팽창(XovrE) 밸브들(96)을 지닌 실린더 헤드면(94)을 구비하고, 상기 교차 팽창 밸브들은(도시되지 않았으나) 팽창 실린더(68)에 대하여 바깥쪽으로 열린다.

[0037] 실린더 헤드면(94)은 또한 배기 밸브 포트(102)에 안착된 적어도 하나의 배기 밸브(100)와 스파크 플러그, 백열 플러그, 스위치 레이저, 혹은 상기 연료/공기의 온도를 충분히 상승시킬 수 있는 조절 수단들과 같은 특정 위치에 위치한 적어도 하나의 점화원(104)을 포함하는데, 상기 위치에서 연소의 시작이 발생한다. 여기서 더욱 상세하게 논의되는 바와 같이, 각각의 점화원(104)의 중심(106)은 각각의 교차 팽창 밸브 포트(98)의 가장 근접한 주변 가장자리(110)로부터 안전거리"S"(참조번호 108로 지정된)에 위치한다. 교차 팽창 밸브들(96), 배기 밸브(100) 및 점화원들(104)의 상대적인 위치들은 다음과 같은 이유로 중요하다.

- [0038] a) 우수한 연료 혼합을 보장하기 위하여;
- [0039] b) 상기 실린더 내의 적절한 차지 운동을 촉진하기 위하여;
- [0040] c) 화염이 상기 교차 통로 내부로 연소하는 것을 방지하기 위하여;
- [0041] d) 화염이 도달하기 이전에 상기 연료 공기 혼합물의 자기-점화 ("폭발") 발생을 방지하기 위하여(폭발은 연소되지 않은 연료와 공기의 포켓들의 조절되지 않은 자기-점화 현상이며, 일반적으로 대부분의 스파크-점화 엔진 구동에서 방지해야 하는 것이다); 그리고
- [0042] e) 상기 피스톤이 너무 멀리 내려가기 전에 충분히 빠른 연소를 얻기 위하여 중요하다.

[0043] 한 쌍(twin)의 점화원들(104)을 구비하는 것은 연소 속도가 증가하는 이점이 있고, 상기 스플릿-사이클 엔진(50)을 위하여 더 중요하게는, 한 쌍의 점화원들(104)의 사용이 교차 팽창 밸브 포트(98)의 최근접 주변 가장자리(110)로부터 최소한의 안전거리(108)를 실현하는데 더 큰 융통성을 제공한다. 단일의 점화원은 보통 모든 방향으로 동일한 화염 진행 경로를 제공하기 위하여 상기 실린더의 중앙에 위치하기 때문으로, 따라서 중앙에서 벗어난(off-set) 점화원들에 비하여 상대적으로 빠른 연소 시간을 제공한다. 그러나 중앙에 위치한 점화원은 스플릿-사이클 엔진(50)을 위하여 이상적이지 않은데, 한 쌍의 점화원들(104)의 상기 중심(106)에 비하여 상기 중앙에 위치한 점화원의 중심이 교차 팽창 밸브 포트(98)의 최근접 주변 가장자리보다 더 가까운 경향이 있을 것이고, 따라서 한 쌍의 점화원들과 대비하여 최소 안전거리 기준을 더 적게 만족시킬 것 같기 때문이다. 한 쌍의 점화원들(104)은 충분히 빠른 연소 시간들을 여전히 달성하면서도, 상기 실린더 중심 및 교차 팽창 밸브 포트(98)의 최근접 주변 가장자리로부터 더욱 멀리 옮겨질 수 있다.

[0044] 스플릿-사이클 엔진(50)의 점화원들(104)의 상기 선택된 위치에 영향을 주는 세 가지 주요 변수들이 있다.

[0045] 변수 1. 교차 팽창 밸브 포트들(98)의 최근접 주변 가장자리(110)까지의 거리

[0046] 도 5를 참조하면, 스플릿-사이클 엔진(50)에서 상사점(TDC)에 가능한 가장 가깝게 연소를 얻기 위하여, 교차 팽창 밸브들(96)이 폐쇄되기 전에 점화가 발생할 필요가 있다. 그러나 교차 팽창 밸브(96)의 내구성 및 열적 효율성 손실들을 원인으로 화염(112)이 교차 팽창 밸브 포트들(98) 내부로 이동하는 것을 방지하는 것도 역시 중요하다. 따라서 상기 화염(112)이 교차 팽창 밸브들(96)에 도달하기 전에 상기 밸브들이 실질적으로 폐쇄되도록 허용하기 위하여, 점화원들(104)의 중심들(106)은 교차 팽창 밸브 포트들(98)의 최근접 주변 가장자리(110)로부터 충분히 멀리 위치할 필요가 있다. 실제 밸브(96) 폐쇄는 25도 ATDC(after top dead center: ATDC)에서 발생할 지라도, 실질적 폐쇄는 화염(112) 관통의 안전성을 고려하는 범위에서는 상사점을 지나 23도에서 발생되도록 선택된다. 도 5는 23도 ATDC에서 화염(112)이 도달하여, 관통하고, 상기 밸브(96)와 중첩되는 것을 도시하나, 상기 화염이 교차 팽창 밸브 포트(98)의 최근접 주변 가장자리(110)에 도달할 때 상기

밸브/안착 여유(valve/seat clearance)가 23도 ATDC에서 0.5mm보다 적기 때문에 상기와 같이 수용할 만하다.

- [0047] 변수 2. 실린더 벽(68)까지의 거리
- [0048] 우선, 실린더 벽(bore)(68)까지 너무 가까운 점화원(104)은 화염의 냉각과 급냉(quenching)을 유발할 수 있고, 초기 연소 단계에서 연소 축진을 위하여 이상적이지 못하다.
- [0049] 둘째로, 실린더 벽들(68) 중 어느 것이라도 너무 먼 점화원(104)은 화염이 미연소된 혼합물에 도달하기까지 연소시간이 연장되는 결과를 나타낼 것이다. 상기의 결과, 열적 효율이 감소하고, 상기 미연소된 혼합물의 압축과 미연소 혼합물 위치에 화염이 도달하기 전 상기 화염으로부터 복사열 전달(radiant heat transfer)에 기인하여 미연소된 혼합물의 자기-점화(폭발)를 유발할 수 있다.
- [0050] 상기 첫 번째 이유를 위하여, 제1 및 제2 점화원들(104)이 역시 전형적으로 실린더 보어(68)의 주변부로부터 적어도 상기 실린더 보어 직경의 20%에 위치한다. 상기 두 번째 이유를 위하여, 단일 점화원(104)은 실린더 보어(68) 상단의 상기 실린더 벽 지역 어느 부분으로부터라도 상기 실린더 보어 직경의 60% 보다 멀리 위치해서는 안 된다.
- [0051] 변수 3. 배기 밸브 포트(102)의 최근접 주변 가장자리까지의 거리
- [0052] 충분한 냉각 통로들(그림에 도시하지 않았지만)이 상기 스파크 플러그 돌기(그림에 도시하지 않은)와 배기 포트(102) 틈 사이의 상기 실린더 헤드 워터 재킷(water jacket) 내에 필요하다. 최소 거리는 보통 가능한 최소 주형 벽 두께 또는 상기 냉각 재킷 형성을 위해 실행 가능한 최소 샌드 코어(sand core) 부분과 같은 구조한 계들에 의해 결정된다. 상기 요구조건은 일반적으로 점화원(104)의 중심(106)과 배기 밸브 포트(102)의 상기 최근접 주변 가장자리 사이에 최소 12mm를 필요로 한다.
- [0053] 도 6을 참조하면, 연소의 전산 유체 역학(computational fluid dynamics: CFD) 예측 결과로부터 그래프(114)가 유도되고, 스플릿-사이클 엔진(50)에 대한 변수 1의 중요성이 설명된다. 선(116)은 전부하(full load) 조건에서 점화의 개시로부터 교차 팽창 밸브(96)의 폐쇄 순간까지 화염(112)이 이동한 거리(그래프(114)의 수직축)를 엔진 속도(그래프(114)의 수평축)에 대하여 묘사한다. 교차 팽창 밸브 포트(98)의 최근접 주변 가장자리(110)로부터 상기 점화원(104)까지의 거리가 선(116)에서 나타난 상기 값보다 더 크면, 상기의 배열이 교차 팽창 밸브(96)가 폐쇄되기 전에 화염(112)이 교차 팽창 밸브 포트(98) 내로 관통하는 것을 방지하고, 상기의 배열을 "안전거리(S)"라고 부를 수 있다. 상기 거리가 선(116)에 나타난 상기 값보다 더 작으면, 상기 배열은 교차 팽창 밸브(96)가 폐쇄되기 전에 교차 팽창 밸브 포트(98) 내로의 화염 관통을 유발할 것이다. 그래프(114)는 또한 상기 이론적 안전거리는 1400rpm, 화염 속도 2.14mm/도에서 약 19mm(점 118) 및 4000rpm, 화염 속도 5.74mm/도에서 35mm(점 120)임을 도시한다. 점 122는 상기 그래프(114)를 발생시킨 CFD 분석의 결과에서 모델링된 점화원들(104)의 실제 위치이다. 점 122는 1500rpm에서 엔진(50)을 위한 최적의 점화를 가능하게 하는 안전거리가 19.8mm임을 표현한다.
- [0054] 선 116의 기울기는 각각 엔진의 속도에서의 상기 연소 속도(화염(112) 전면부의 속도) 및 약 14~20도 ATDC로부터 25도 ATDC에서의 교차 팽창 밸브(96)의 폐쇄까지 전부하(full load)에서 변화하는 점화 개시로부터의 상기 시간에 모두 의존한다. 통상적인 2 행정 및 4 행정 연소에서, 연소가 진행되어 완료될 때까지 가능한 상기 시간이 엔진 속도 증가에 따라 선형적으로 감소하는 반면, 상기의 주된 연소 속도는 엔진 속도의 증가에 따라 선형적으로 증가하므로, 상기 두개의 요인은 상기 엔진 속도 범위 전역에서 대략 일정한 완전 연소 각주기(angular period for complete combustion)를 유발한다. CFD의 연소 예측 결과에 기초하면, 스플릿-사이클 엔진(50)에서 상기 실린더 헤드 면(94) 아래 1mm인 단일 평면에서, 4000rpm에서의 상기 연소 속도는 1400rpm에서의 상기 연소 속도보다 대략 2.5배 높은데, 상기 연소 속도는 mm/크랭크 각도로 정의되었고, 따라서 4000rpm에서 점화원(104)과 교차 팽창 밸브(96) 사이에 1400rpm에서 요구되는 상기 안전거리보다 대략 1.8배 더 큰 거리가 요구된다.
- [0055] 4000rpm과 1400rpm에서 상기 안전거리의 1.8배와 상기 연소 속도의 2.5배 사이의 불합치는 아마도 여러 가지 요인에 기인하는데, 가장 중요하게는 1400rpm에서 점화(14 ATDC)로부터 교차 팽창 밸브(96)의 상기 안전폐쇄 시점(23 ATDC)까지의 각주기가 더 길기(크랭크 각도 9도) 때문이다. 이에 대하여 4000rpm에서 17도 ATDC 만큼 지연된 점화 시점에 기인하여 4000rpm에서의 상기에 상응하는 주기가 6도 ATDC에 해당하므로, 교차 팽창 포트(98) 내로 화염이 관통하는 것을 방지할 수 있는 최적의 점화 시점의 추정치는 후자의 경우 가장 이르다. 만약, 점화원 중심(106)과 교차 팽창 밸브 포트(98)의 최근접 주변 가장자리 사이에 요구되는 상기 안전거리를 물리적으로 획득하기 불가능하다면, 상기 점화는 상사점(TDC) 이후로 점화 시점이 더 지연되어야 하고, 상기

의 결과로 엔진의 열적 효율성이 감소될 것이다.

- [0056] 도 7을 참조하면, 점화원(104)과 교차 팽창 밸브 포트(98)의 최근접 주변 가장자리(110) 사이의 상기 개략적인 화염 진행 경로가 추론되었는데, 1400rpm에서 연소 진행을 상기 CFD 등고선으로 표시하고 상기 화염의 전면부가 2000° K 등고선으로 취해진다. 단일 중앙 점화를 나타낸 도 7의 상기 예시에 따르면, 상기 17도 ATDC 등고선이 단순한 백색의 타원(124)으로 근사되고, 25도 ATDC에서 상기 교차 밸브가 폐쇄되기 이전에 연소가 상기 교차 밸브 포트의 상기 최근접 주변 가장자리에 바로 도달하는 23도 ATDC 등고선(126)으로 진행한다. 도 7에서, 상기 계산된 거리는 대략 19mm이며 도 6에 도시된 1400rpm에서의 안전거리(점 118)에 상응한다.
- [0057] 도 6을 참조하면, 1400rpm에서 교차 팽창 밸브(96) 방향으로의 상기 연소 속도들은 상기 두개의 2000° K 화염 전면부들에서 상기 두 위치들 사이의 이동 거리를 1400rpm에서 각각의 화염 전면부 사이의 상기 시간 간격 혹은 각도 증가분으로 나눔으로써 계산될 수 있다. 이렇게 개략적으로 평균을 낸 1400rpm에서의 연소 속도들은 18미터/초(m/s), 혹은 2.14mm/크랭크 각도이며, 4000rpm에서의 상응하는 변수들은 138m/s, 혹은 5.74mm/크랭크 각도인데, 상기 후자의 수치들은 4000rpm에서 CFD 계산 결과 공기/연료 비율의 치우침의 적용을 보정하기 위하여 상기 계산된 변수들로부터 명목상 30% 증가된 것이다.
- [0058] 스플릿-사이클 엔진(50)의 가솔린 연료들을 위한 연소 챔버 배열들은(도 1 및 도 3에 도시된 대로), 변수 1에 따르면 4000rpm에서 상기 안전거리는 35mm보다 더 커야 하고, 35mm보다 작은 거리는 열적 효율성 손실들을 유발할 것이다. 더 낮은 속도들에서는 상기 안전거리가 감소할 수 있고, 예를 들면 1400rpm에서 약 19mm까지 감소할 수 있고, 또 중간 속도들에서는 아마도 19와 35mm에 비례한 수치를 가질 수 있다. 예를 들어, 점화원의 중심(106) 위치와 교차 팽창 밸브 포트(98)의 최근접 주변 가장자리(110) 사이의 상기 거리의 설계값 19.8mm는 약 1500rpm까지는 최적의 점화를 제공한다(도 6의 점 122).
- [0059] 안전거리들이 더 커지면, 약 4000rpm까지 최적의 점화 시점을 가능하게 하고, 상기 점화원들(104)은 배기 밸브(100)쪽으로 더 가까이 이동해야 하고 교차 팽창 밸브들(96)은 점화원들(104)로부터 더 많이 이동해야 한다. 상기 제한된 실린더 보어(68) 크기와 배기 밸브들(100)의 크기 때문에 절충안이 발생해야 하고, 중심에서 무척 벗어난 점화 배열들은 대부분의 경우에 급격한 연소와 폭발로 해로움을 기억해야 한다. 19.8mm와 같은 불충분한 안전거리의 이점은 조절판(throttle) 엔진 구동의 자연적인 결과로서 훨씬 낮은 연소 속도들이 계산되는 부분적인 부하조건들에서 더 나은 연소 시간들이 유지될 것이라는 것이다. 그러나 하이브리드 애플리케이션들(hybrid applications)에서는, 더 많은 전부하 구동이 요구될 것이고, 상기의 결과 아마도 도 6에 도시된 바와 같이 상기 안전거리들을 요구할 것이다.
- [0060] 스플릿-사이클 엔진(50)의 연소 속도에 관한 더 깊은 지식을 가정하면, 1400에서 4000rpm까지의 전부하 구동 조건에서, 상기 점화원(106)과 교차 팽창 밸브 포트들(98)의 최근접 주변 가장자리(110)사이의 예측된 19-35mm의 안전거리는 가솔린 연료들로 작동하는 스플릿-사이클 엔진들을 위한 모든 실린더 보어 크기에 적용 가능한 절대값이다. 만약 더 높은 층류 연소 속도들(laminar combustion speeds)이 사용되거나 혹은 난기류(turbulence)의 증가와 같이 상기 연소 속도들을 증가시킬 수 있는 어떠한 수단이 발견된다면, 상기 안전거리들은 변화할 것이다. CFD 예측의 유효성은 차치하고, 디젤 구동을 위하여 유사한 안전거리들이 계산될 수 있다.
- [0061] 요약하면, 어떠한 스플릿-사이클 엔진에서도 상기 안전거리"S"는 일반적으로 하기의 관계식에 의하여 상술될 수 있다.
- [0062]  $S \text{ (mm)} = \text{연소 속도(밀리미터/크랭크 각도(mm/CAD))} \times \text{점화로부터 교차 팽창 밸브 폐쇄까지의 크랭크 각도}$
- [0063] 더욱 용이하게는, S는, 상기 엔진의 상기 예상 의무 사이클에 따라 선택된 가장 높은 안전거리 값을 위해, 전부하 조건의 상기 엔진의 구동 속도 범위에서 상기 점화원으로부터의 화염 등고선 진행 거리가 ~23도 ATDC를 나타내는 CFD 결과로부터 계산될 수 있으며, 상기와 같은 선택된 속도 이상에서, 점화가 지연되어 교차 팽창 밸브 포트(98) 내부로의 연소를 방지할 것이다.
- [0064] 상기의 표현식은 상기 엔진 속도와 크랭크 각도로 계산된 것처럼, 역시 m/s 단위의 연소 속도와 초 단위의 연소시간을 이용하여 유사한 식으로 표현될 수 있다.
- [0065] 변수 2에 따르면 점화원들(104)의 양 중심들(106)은 실린더 보어(68)의 상기 주변부로부터 상기 보어 직경의 약 20%에 위치하여야 하고, 변수 3에 따르면 점화원들(104)의 양 중심들(106)은 배기 밸브 포트(102)의 상기 최근접 주변 가장자리로부터 적어도 12mm에 위치하여야 한다.
- [0066] 상기와 같은 배열은 교차 팽창 밸브(96)가 폐쇄되기 이전에 교차 팽창 밸브 포트(98)내로 연소하는 것을 방지

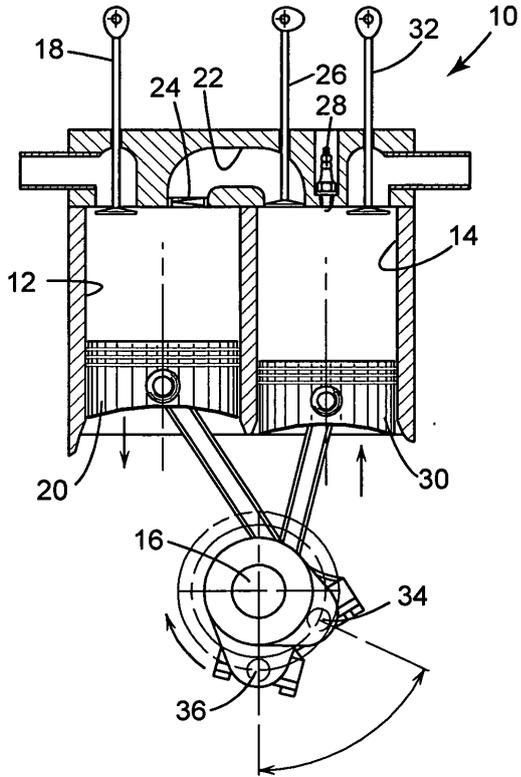
하는 연소 시스템을 제공하고, 또한 상기 실린더(68) 내용물 전체의 연소와 폭발의 방지 사이에서 최적의 교환조건(tradeoff)을 달성한다.

[0067]

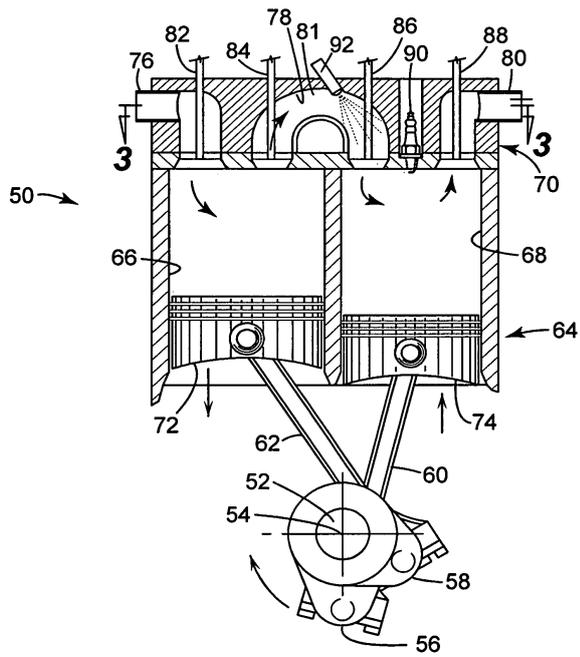
본 발명이 참조자료로부터 상세한 실시예들까지 설명되어 왔으나, 설명된 본 발명의 사상과 범위 내에서 수치적인 변화들은 일어날 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명이 상기 설명된 실시예들에 한정되려는 의도가 아니고, 하기의 청구범위들의 언어로 정의된 모든 범위를 가질 수 있음이 예정된다.

도면

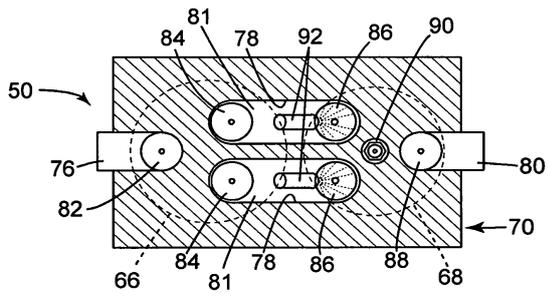
도면1



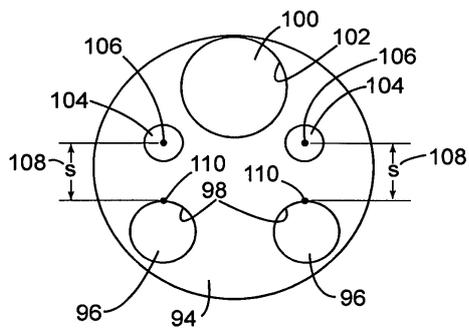
도면2



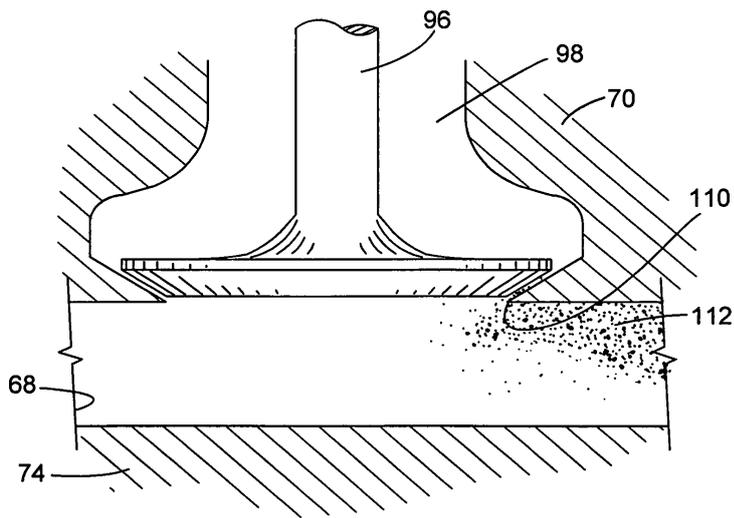
도면3



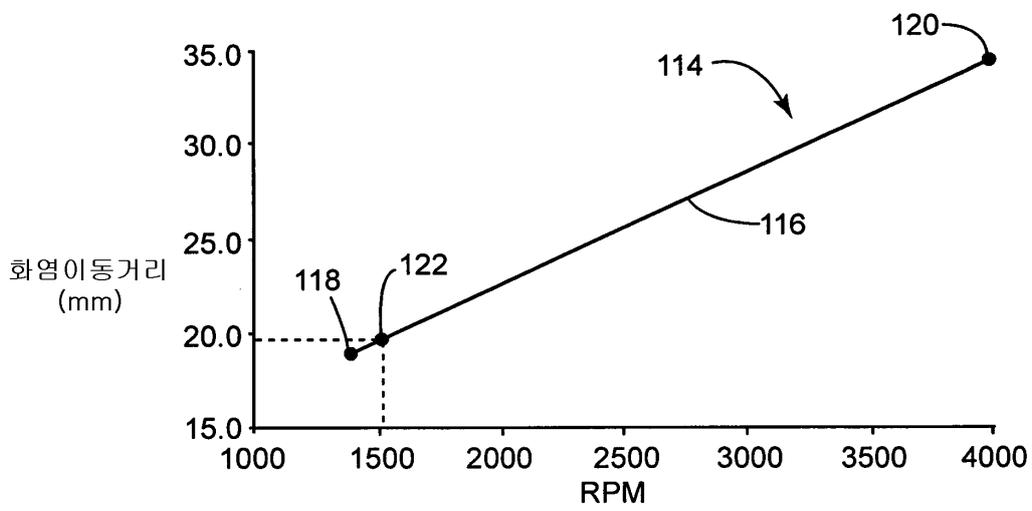
도면4



도면5



도면6



도면7

