
(19) Korean Intellectual Property Office (KR) (12) Notice of Publication of Registration (B1)	(45) Publication Date June 26, 2012 of Registration: (11) Registration No.: 10-1160216 (24) Registration Date: June 20, 2012
--	--

<p>(51) Int. Cl. F02B 33/22 (2006.01)</p> <p>(21) Appln. No.: 10-2010-7002445</p> <p>(22) Filing Date: June 11, 2008 Request Date for February 2, 2010 Examination:</p> <p>(85) Translation submitted on: February 2, 2010</p> <p>(65) Publication No.: 10-2010-0028668</p> <p>(43) Publication Date: March 12, 2010</p> <p>(86) Intl. Appln. No.: PCT/US2008/007314</p> <p>(87) Intl. Publication No.: WO 2009/020490 Intl. Publication Date: February 12, 2009</p> <p>(30) Priority Claim 60/963,742 August 7, 2007 US</p> <p>(56) Searched Prior Art Documents US03896774 A* US04565167 A* US06880501 B2* US07219631 B1* *cited by Examiner</p>	<p>(73) Patentee SCUDERI GROUP LLC 1111 Elm Street, Suite 33, West Springfield, MA 01089 U.S.A.</p> <p>(72) Inventor PHILLIPS, Ford, A. 9303 Strong Box Way, San Antonio, TX 78254 U.S.A.</p> <p>(74) Patent Attorney Young-Woo PARK</p>
--	--

Number of Claims in total: 19 claims

Examiner: Taek-Sang LEE

(54) KNOCK RESISTANT SPLIT-CYCLE ENGINE AND METHOD

(57) Abstract

An engine has a rotatable crankshaft. A compression piston is received within a compression cylinder and operatively connected to the crankshaft such that the compression piston reciprocates through an intake stroke and a compression stroke during a single rotation of the crankshaft. An expansion piston is received within an expansion cylinder and operatively connected to the crankshaft such that the expansion piston reciprocates through an expansion stroke and an exhaust stroke during a single rotation of the crankshaft. A crossover passage interconnects the compression and expansion cylinders. The crossover passage includes a crossover compression valve and a crossover expansion valve defining a pressure chamber therebetween. A fuel injector is disposed in the pressure chamber of the crossover passage. Fuel injection from the fuel injector into the crossover passage is timed to occur entirely during the compression stroke of the compression piston.

Fig. 2 for Publication



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년06월26일
(11) 등록번호 10-1160216
(24) 등록일자 2012년06월20일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02B 33/22 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2010-7002445</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2008년06월11일
심사청구일자 2010년02월02일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2010년02월02일</p> <p>(65) 공개번호 10-2010-0028668</p> <p>(43) 공개일자 2010년03월12일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2008/007314</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2009/020490
국제공개일자 2009년02월12일</p> <p>(30) 우선권주장
60/963,742 2007년08월07일 미국(US)</p> <p>(56) 선행기술조사문헌
US03896774 A*
US04565167 A*
US06880501 B2*
US07219631 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌</p> | <p>(73) 특허권자
스쿠테리 그룹 엘엘씨
미국 01089 매사추세츠주 웨스트 스프링필드 스
위트 33 엘름 스트리트 1111</p> <p>(72) 발명자
필립스, 포드, 에이.
미국 78254 텍사스주 샌 안토니오 스트롱 박스
웨이 9303</p> <p>(74) 대리인
박영우</p> |
|--|---|

전체 청구항 수 : 총 19 항

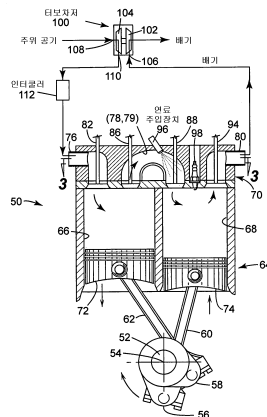
심사관 : 이택상

(54) 발명의 명칭 **노크 저항 스플릿-사이클 엔진 및 방법**

(57) 요약

엔진은 회전 가능한 크랭크샤프트를 포함한다. 압축 피스톤은 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 연결된다. 팽창 피스톤은 팽창 실린더 내에서 슬라이딩 가능하게 수용되고 상기 크랭크샤프트의 일회전 동안 팽창 행정과 배기 행정을 통하여 왕복 운동을 할 수 있도록 상기 크랭크샤프트에 동작 가능하게 연결된다. 교차 통로는 상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시킨다. 상기 교차 통로는 사이에서 압력 챔버를 정의하는 교차 압축 밸브와 교차 팽창 밸브를 포함한다. 연료 주입 장치는 상기 교차 통로의 압력 챔버에 배치된다. 상기 연료 주입 장치로부터 상기 교차 통로 내로의 연료 주입은 상기 압축 피스톤의 상기 압축 행정 전체 동안 일어나도록 타이밍된다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

엔진의 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;

상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 압력 챔버를 정의하는 교차 압축(XovrC) 밸브와 교차 팽창(XovrE) 밸브를 구비하는 교차 통로; 및

상기 교차 통로의 압력 챔버에 배치되는 연료 주입 장치를 포함하고,

상기 연료 주입 장치로부터 상기 교차 통로 내로의 연료 주입은 상기 압축 피스톤의 상기 압축 행정 전체 동안 일어나도록 타이밍되는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 교차 통로 내로의 연료 주입의 개시는 상기 팽창 피스톤의 상사점 이전에 25 내지 0도의 크랭크 각도 범위 이내에서 일어나는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 교차 통로 내로의 연료 주입의 종료는 상기 팽창 피스톤의 상사점 이전의 10도의 크랭크 각도 내지 상기 상사점 이후의 10도의 크랭크 각도 범위 이내에서 일어나는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 교차 통로 내로의 연료 주입의 종료는 상기 팽창 피스톤의 상사점 이전의 10도의 크랭크 각도 내지 상기 상사점 이후의 10도의 크랭크 각도 범위 이내에서 일어나는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 교차 통로는 상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 교차 팽창 밸브의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 상기 교차 압축 밸브의 개방 사이에서 상기 교차 통로에 보유된 압축된 가스에 포함된 열에너지의 적어도 5.3 퍼센트를 전달하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 교차 통로는 상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 교차 팽창 밸브의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 상기 교차 압축 밸브의 개방 사이에서 상기 교차 통로에 보유된 압축된 가스에 포함된 열에너지의 적어도 13 퍼센트를 전달하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 교차 통로는 상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 교차 팽창 밸브의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 상기 교차 압축 밸브의 개방 사이에서 상기 교차 통로에 보유된 압축된 가스에 포함된 열에너지의 제어된 양을 전달하도록 능동적으로 냉각되는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 크랭크샤프트가 1400 RPM과 4000 RPM 사이에서 최대 로드로 동작되는 동안, 상기 교차 팽창 밸브가 개방될 때 상기 교차 팽창 밸브에서의 압력비는 상기 교차 통로로부터 상기 팽창 실린더로의 압축된 가스의 초기 음속의 흐름을 유발하는 임계값과 같거나 이를 초과하는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 각 사이클에서 상기 팽창 실린더로 전달되는 상기 주입된 연료의 적어도 일부는 상기 교차 팽창 밸브를 통해 흐르는 압축된 가스의 상기 초기 음속의 흐름동안 상기 교차 팽창 밸브를 통해 흐르는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 교차 통로는 관련된 교차 압축 및 교차 팽창 밸브들을 갖는 한 쌍의 분리된 교차 통로들을 포함하고, 상기 적어도 한 쌍의 교차 통로들은 상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 관련된 교차 팽창 밸브들의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 상기 관련된 교차 압축 밸브들의 개방 사이에서 상기 교차 통로들에의 압축된 가스에 포함된 열에너지의 적어도 5.3 퍼센트를 전달시키는 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 11

엔진의 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 압력 챔버를 정의하는 교차 압축(XovrC) 밸브와 교차 팽창(XovrE) 밸브를 구비하는 교차 통로를 포함하는 스플릿-사이클 엔진을 제공하는 단계;

상기 흡입 행정 동안 상기 압축 실린더 내로 공기 차지의 흡입 압력을 적어도 1.7 절대 압력(bar)으로 부스팅하는 단계;

상기 압축 행정 동안 상기 공기의 차지를 압축하는 단계;

상기 XovrC 밸브를 개방하여 상기 공기의 차지를 상기 교차 통로 내로 이송시키는 단계; 및

상기 압축 행정 전체 동안 상기 교차 통로 내로 연료를 주입하는 단계를 포함하는, 노킹이 없는 스플릿-사이클 엔진에서 1.7 절대 압력(bar)보다 높게 흡입 공기 압력을 부스팅하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 팽창 피스톤의 상사점 이전에 25 내지 0도의 크랭크 각도 범위 이내에서 상기 교차 통로 내로 연료 주입을 개시하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 팽창 피스톤의 상사점 이전의 10도의 크랭크 각도 내지 상기 상사점 이후의 10도의 크랭크 각도 범위 이내에서 상기 교차 통로 내로의 연료 주입을 종료시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 교차 팽창 밸브의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 상기 교차 압축 밸브의 개방 사이에서 상기 교차 통로에 보유된 압축된 가스에 포함된 열에너지의 적어도 5.3 퍼센트를 상기 교차 통로로부터 전달시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 교차 팽창 밸브의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동

안 상기 교차 압축 밸브의 개방 사이에서 상기 교차 통로에 보유된 압축된 가스에 포함된 열에너지의 제어된 양을 전달시키도록 상기 교차 통로를 능동적으로 냉각시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 교차 팽창 밸브의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 상기 교차 압축 밸브의 개방 사이에서 상기 교차 통로에 보유된 압축된 가스에 포함된 열에너지의 제어된 양을 전달시키는 크기를 갖는 한 쌍의 분리된 교차 통로들로 상기 교차 통로를 구성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제 11 항에 있어서,

상기 크랭크샤프트가 1400 RPM과 4000 RPM 사이에서 최대 로드로 동작되는 동안, 상기 교차 팽창 밸브에서의 압력비를 임계값과 같거나 이를 초과하는 값으로 설정하는 단계; 및

상기 교차 팽창 밸브가 개방될 때 상기 교차 통로로부터 상기 팽창 실린더로의 압축된 가스의 초기 음속의 흐름을 유발시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

제 1 항에 있어서, 상기 연료 주입 장치에 의해 주입된 연료는 상기 팽창 실린더 내에서 점화되는 것을 특징으로 하는 엔진.

청구항 19

제 11 항에 있어서, 상기 연료를 상기 팽창 실린더 내에서 점화시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 내부 연소 엔진에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 하나의 피스톤이 흡입과 압축 행정들을 위해 사용되고 또 다른 피스톤이 팽창(혹은 파워)과 배기 행정들을 위해 사용되는 한 쌍의 피스톤을 구비하며, 상기 네 개의 행정들 각각은 크랭크샤프트의 일회전 동안 이루어지는 터보차지된 스플릿-사이클 엔진에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 출원은 2007년 8월 7일자로 미국특허청에 출원된 미국 가특허출원 제 60/963,742호를 우선권으로 한다.

[0003] 명확한 이해를 위하여, 본 출원에 사용되는 "중래 엔진"이라는 용어는 잘 알려진 오토 사이클의 모든 4 행정(즉, 흡입, 압축, 팽창 및 배기 행정들)이 상기 엔진의 개별 피스톤/실린더 조합에 모두 포함되어 있는 내부 연소 엔진을 의미한다. 본 출원에 사용되는 스플릿-사이클 엔진은 상기 엔진 분야의 당업자에게 일반적으로 확립된 의미로 받아들여지지 않을 수 있다. 따라서, 선행 기술에 개시되고 본 출원에서 참조되는 엔진들에 적용될 수 있도록 다음과 같은 정의가 "스플릿-사이클 엔진"이라는 용어를 위해 제공된다.

[0004] 여기서 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 6,543,225호는 스플릿-사이클 엔진 및 이와 유사한 형식의 엔진들에 관한 광범위한 논의를 포함한다. 또한, 상기 특허는 종래의 버전에 해당하는 엔진의 상세한 설명들을 개시하고 있는데, 본 발명은 상기 엔진의 한층 더 발전된 형태를 포함한다.
- [0010] 도 1을 참조하면, 종래 기술의 스플릿-사이클 엔진 개념의 예시적인 실시예가 일반적으로 참조부호 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 대체한다. 이러한 두 개의 실린더들(12, 14)은 크랭크샤프트(16)의 일회전당 일회씩 각각의 기능들을 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 통로로서 작동하는 교차 통로(22)를 통해 상기 차지를 이동시킨다.
- [0011] 상기 교차 통로 입구에는 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)는 상기 가압된 흡입 차지의 팽창 실린더(14)내로의 흐름을 조절한다. 스파크 플러그(28)는 상기 흡입 차지가 팽창 실린더(14)내로 유입된 직후에 점화되며 상기 결과에 따른 연소는 팽창 실린더 피스톤(30)을 하강 이동시킨다. 배기가스들은 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, 각 실린더에 대한 크랭크 스로우들(34, 36)은 다른 반지름들을 가질 수 있고, 압축 실린더 피스톤(20)의 상사점(TDC)보다 팽창 실린더 피스톤(30)의 상사점이 선행하여 일어나서 서로 위상이 달라질 수 있다. 이러한 독립성은 상기 스플릿-사이클 엔진이 전형적인 4 행정 엔진들에 비하여 잠재적으로 더 높은 효율성 레벨과 더 큰 토크를 얻을 수 있게 한다.
- [0013] 스플릿-사이클 엔진들에 있어서, 상기 흡입 행정은 상기 압축 행정 이후에 일어나는 반면, 종래의 엔진들에 있어서, 상기 흡입 행정은 상기 배기 행정 이후에 일어난다. 따라서, 스플릿-사이클 엔진에 있어서, 작은 양의 압축된 고압의 공기는 상기 압축 피스톤이 자신의 상사점에 도달할 때 상기 압축 실린더 내에 항상 트랩되어 있다. 이러한 압축된 공기는 새로운 공기 차지가 흡입되기 전에 상기 흡입 행정 동안 재-팽창되어야 하므로, 스플릿-사이클 엔진의 상기 압축 실린더는 새로운 공기 차지의 부피에 더하여 재-팽창된 트랩된 공기의 부피를 포함할 수 있는 크기를 가져야 한다. 이것은 동일한 흡입 차지를 갖는 종래의 엔진에 대하여 스플릿-사이클 엔진의 크기를 증가시키고 파워 밀도를 감소시키게 된다.
- [0014] 스플릿-사이클 엔진들과 종래의 엔진들 모두는, 예를 들면, 터보차징(turbocharging), 슈퍼차징(supercharging) 또는 이와 유사한 것을 통해, 상승된(boosted) 각각의 흡입 압력들을 갖게 되어 상기 엔진의 파워 밀도를 상승시키고 전체 크기를 증가시킬 수 있다. 자연적으로 공기가 보급된 엔진보다 상기 부스트(boost)가 클수록(즉, 절대압력 1보다 높은 압력 증가), 상기 파워 밀도가 더 커지고 상기 엔진은 소형화될 수 있다.
- [0015] 문제가 되는 것은, 종래 또는 스플릿-사이클 가솔린 엔진의 상기 흡입 차지에 제공될 수 있는 상기 부스트의 양은 상기 연료/공기 혼합물이 상기 압축 행정 동안 상기 엔진 내부에서 상승된 과도한 압력들과 온도들에 의해 미성숙된 연소(즉, 노킹(knocking)) 내로 유도되는 특징에 의해 제한된다. 단일의 스테이지 터보차저를 갖는 종래의 가솔린 엔진에 있어서, 상기 부스트 압력은 노킹이 일어나기 전에 약 1.5 내지 1.7 절대압력(bar)으로 제한된다는 점이 잘 알려져 있다. 더 높은 부스트 압력에 잠재적으로 도달할 수 있지만, 종래의 엔진들에서 값비싼 멀티스테이지 부스팅 및 내부냉각 시스템들이 필요하다.
- [0016] 따라서, 일반적인 엔진들 및 특히 스플릿-사이클 엔진들에 대해 노크에 대한 저항을 증가시킬 필요가 있다. 더욱 상세하게는, 스플릿-사이클 엔진들의 상기 노크 저항성을 증가시켜 1.7 절대압력(bar) 또는 그 이상의 압력으로 흡입 차지를 부스트할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 본 발명의 목적은 노크 방지, 또는 더 높은 노크 저항성에 기여하는 다양한 특징들을 갖는 스플릿-사이클 엔

진을 제공하는 데 있다.

[0018] 이러한 특징들은 다음과 같다:

[0019] 1. 종래의 엔진에 비하여, 교차(Xovr) 통로들 내부로의 매우 낮은 연료 주입;

[0020] 2. Xovr 통로를 팽창 실린더에 연결시키는 밸브들(Xovr 밸브들)을 통해서 높은 난류 음속의 흐름에 의해 보조되는 빠른 공기-연료 혼합; 및

[0021] 3. Xovr 통로에서 고온 공기의 능동적 또는 수동적 냉각에 의한 교차 통로 벽들을 통한 기 설정된 열 손실이 상기 교차 통로 내부의 상기 차지 공기 온도를 낮춤.

과제의 해결 수단

[0022] 상기 본 발명의 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 엔진은

[0023] 엔진의 크랭크샤프트 축에 대하여 회전 가능한 크랭크샤프트;

[0024] 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;

[0025] 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;

[0026] 상기 압축 실린더와 상기 팽창 실린더를 상호 연결시키며, 압력 챔버를 정의하는 교차 압축(XovrC) 밸브와 교차 팽창(XovrE) 밸브를 구비하는 교차 통로; 및

[0027] 상기 교차 통로의 압력 챔버에 배치되는 연료 주입 장치를 포함하고,

[0028] 상기 연료 주입 장치로부터 상기 교차 통로 내로의 연료 주입은 상기 압축 피스톤의 상기 압축 행정 전체 동안 일어나도록 타이밍되는 것을 특징으로 한다.

[0029] 본 발명의 추가적인 실시예들은 다음과 같은 특징들을 가질 수 있다.

[0030] 상기 교차 통로 내로의 연료 주입의 개시(SOI)는 상기 팽창 피스톤의 상사점 이전(BTDC)에 25° 내지 0°의 크랭크 각도(CA) 범위 이내에서 일어나고 상기 교차 통로 내로의 연료 주입의 종료(EOI)는 상기 팽창 피스톤의 상사점 이전(BTDC)의 10°의 크랭크 각도 내지 상기 상사점 이후(ATDC)의 10°의 크랭크 각도 범위 내에서 일어나는 것을 특징으로 하는 엔진.

[0031] 상기 교차 통로는 상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 교차 팽창 밸브의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 상기 교차 압축 밸브의 개방 사이에서 상기 교차 통로에 보유된 압축된 가스에 포함된 열에너지의 적어도 5.3 퍼센트를 전달하도록 구성된다. 절연되지 않은 교차 통로는 상기 열에너지의 적어도 13 퍼센트를 전달하도록 구성될 수 있다. 또한, 상기 교차 통로는 상기 열에너지 손실을 제어하도록 능동적으로 냉각될 수 있다.

[0032] 상기 크랭크샤프트가 1400 RPM과 4000 RPM 사이에서 최대 로드로 동작되는 동안, 상기 교차 팽창 밸브가 개방될 때 상기 교차 팽창 밸브에서의 압력비는 상기 교차 통로로부터 상기 팽창 실린더로의 압축된 가스의 초기 음속의 흐름을 유발하는 음속의 흐름 임계값과 같거나 이를 초과한다. 상기 주입된 연료의 적어도 일부는 상기 팽창 실린더 내부로의 가스의 상기 초기 음속의 흐름동안 상기 교차 팽창 밸브를 통해 흐를 수 있다.

[0033] 선택적으로, 적어도 두개의 분리된 교차 통로들은 각각의 팽창 실린더에 연결될 수 있고, 각각의 교차 통로는 관련된 교차 압축 및 교차 팽창 밸브들을 갖는다. 상기 교차 통로들은 상기 팽창 피스톤의 팽창 행정 동안 상기 관련된 교차 팽창 밸브들의 폐쇄와 이후의 상기 압축 피스톤의 압축 행정 동안 상기 관련된 교차 압축 밸브들의 개방 사이에서 상기 교차 통로들에의 압축된 가스에 포함된 열에너지의 제어된 양을 전달시키는 크기를 가질 수 있다.

발명의 효과

[0034] 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 스플릿-사이클 엔진은 교차 통로의 압력 챔버에 배치되는 연료 주입 장치를 포함하고, 상기 연료 주입 장치로부터 상기 교차 통로 내로의 연료 주입이 압축 피스톤의 압축 행정 전체 동

안 일어나도록 타이밍함으로써, 스플릿-사이클 엔진의 노크에 대한 저항을 증가시킨다.

도면의 간단한 설명

- [0035] 본 발명의 특징들 및 기타 이점들은 상세한 설명 및 첨부된 도면들을 참조하여 다양한 실시예들을 상세하게 기술함으로써 더욱 명확하게 이해될 것이다.
- 도 1은 종래 스플릿-사이클 엔진을 나타내는 횡단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 기준 스플릿-사이클 엔진을 나타내는 횡단면도이다.
- 도 3은 연료 주입 장치들이 구비된 도 2의 3-3 라인을 따라 절단한 기준 스플릿-사이클 엔진의 단면도이다.
- 도 4는 다양한 스플릿-사이클 엔진들의 절연되지 않은 주철 교차 통로들(포트들)에서의 예측된 노크 프렉션과 크랭크 각도를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 기준 스플릿-사이클 엔진의 절연되지 않은 주철 교차 통로들에서의 실린더 및 교차 통로 압력들을 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 절연되지 않은 주철 교차 통로들을 갖는 기준 스플릿-사이클 엔진의 4000 rpm에서 XovrE 밸브 흐름의 마하수와 크랭크 각도를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 절연되지 않은 주철 교차 통로들을 갖는 기준 스플릿-사이클 엔진의 1400 rpm에서 XovrE 밸브 흐름의 마하수와 크랭크 각도를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 기준 스플릿-사이클 엔진의 세라믹 벽의 교차 통로들에서의 실린더 및 교차 통로 압력들을 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 다양한 스플릿-사이클 엔진들의 세라믹 벽의 교차 통로들에서의 예측된 노크 프렉션과 크랭크 각도를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 기준 스플릿-사이클 엔진의 강철 슬리브 교차 통로들에서의 실린더 및 교차 통로 압력들을 나타내는 그래프이다.
- 도 11은 다양한 스플릿-사이클 엔진들의 강철 슬리브 교차 통로들에서의 예측된 노크 프렉션과 크랭크 각도를 나타내는 그래프이다.
- 도 12는 기준 스플릿-사이클 엔진을 위한 네 개의 분리 제어되는 능동적인 냉각제 제킷들의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 용어 설명
- [0037] 여기서 사용되는 약어 및 용어들의 정의들에 대해 다음과 같은 용어 정리가 참조를 위해 제공된다:
- [0038] 공기/연료비(Air/fuel Ratio): 흡입 차지에서 연료에 대한 공기의 비율.
- [0039] 하사점(Bottom Dead Center, BDC): 사이클의 가장 큰 실린더 체적을 야기하는, 실린더 헤드로부터 가장 멀리 떨어진 피스톤의 위치.
- [0040] 크랭크 각도(CA): 크랭크샤프트의 회전 각도.
- [0041] 임계 압력비(Critical Pressure Ratio): 유속이 오리피스를 통해 음의 속도에 도달되도록 하는 압력들의 비율. 다음과 같은 식으로부터 계산될 수 있음:

$$\frac{p_0}{p_c} = \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

- [0042]
- [0043] 여기서,
- [0044] p_c = 임계 압력(at throat)
- [0045] p₀ = 상류 압력

- [0046] γ = 비열비.
- [0047] 실내 온도에서 건조한 공기의 $\gamma = 1.4$, 임계 압력비는 1.893임.
- [0048] 압축/팽창 실린더 배기량비(Compression/Expansion Cylinder Displacement Ratio): 팽창 실린더에 대한 압축 실린더의 배기량 비율.
- [0049] 압축비(Compression Ratio): 상사점(TDC)에 대한 하사점(BDC)에서의 실린더 부피비.
- [0050] 실린더 배기량(Cylinder Displacement): 피스톤이 하사점에서 상사점으로 이동하는 부피.
- [0051] 최대(100%) 엔진 로드(Full (100%) Engine Load): 엔진이 주어진 θ_{re} 에서 생산할 수 있는 최대 토크.
- [0052] 노크(Knock): 압축 동안 자기 점화되는 연료/공기 혼합물의 경향.
- [0053] 노크 프랙션(Knock Fraction): 압축 동안 자기 점화(self ignition)에 도달하는 특정 연료/공기 혼합물의 경향에 대한 상대적 지표를 제공하는 예정된 파라미터. 제로의 자기 점화는 자기 점화의 경향이 없는 상태를 나타내는 반면 자기 점화는 1의 노크 밸브 프랙션에 의해 나타낸다. 예를 들면, 0.8의 노크 프랙션은 자기 점화에 대한 화학적 예비-반응들(pre-reactions)이 자기-점화를 발생시키는 데 요구되는 값의 80%에 도달했다는 것을 나타낸다.
- [0054] 옥탄(Octane, ON): 크랭크샤프트의 내연 엔진에서의 압축 행정 동안 자기-점화에 대한 연료의 저항성의 상대적 실험 비율. 옥탄수(ON)는 0 - 120의 스케일로 측정되고, 100 옥탄은 자기 점화에 대한 높은 저장성을 갖는 연료(iso-octane)인 반면, n-헵탄(n-heptane)은 압축 동안 노크에 대한 높은 경향을 가지고 제로(0) 옥탄수로 지정된다.
- [0055] 파워 밀도(Power Density): 브레이크 파워/엔진 배기, 일반적으로 킬로와트/리터 또는 마력/리터로 표현됨.
- [0056] 화학량론비(Stoichiometric Ratio): 모든 연료가 연소(산화)되고 모든 산소가 이러한 연소를 위해 이용되는 것을 보장하는 연료에 대한 공기의 화학적 수정 질량비.
- [0057] 상사점(Top Dead Center, TDC): 최저의 실린더 부피를 제공하며, 피스톤이 사이클을 통해 도달하는 실린더 헤드에 가장 가까운 위치.
- [0058] 도 2 및 도 3을 참조하면, 참조 부호 50은 본 발명의 일 실시예에 따른 노크 저항 특성들을 갖는 스플릿-사이클 엔진을 나타내고 있다. 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 각 변위가 앞서고 뒤서는 크랭크 크로우들(56, 58)을 포함한다.
- [0059] 엔진(50)은 또한 한 쌍의 인접한 실린더들을 정의하는 실린더 블록(64)을 포함하는데, 상기 실린더들은 크랭크샤프트(52)의 반대쪽으로 상기 실린더들의 일단부가 실린더 헤드(70)에 의해 폐쇄되어 있는 압축 실린더(66) 및 팽창 실린더(68)이다.
- [0060] 압축 피스톤(72)은 압축 실린더(66) 내에 수용되고 상사점(TDC)과 하사점(BDC) 위치들 사이에서의 상기 피스톤의 왕복 이동을 위해 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.
- [0061] 본 실시예에 있어서 압축 피스톤(74)은 압축 피스톤(72)보다 20도의 크랭크 각도만큼 앞서고 있다. 바꾸어 말하면, 압축 피스톤(72)은 팽창 피스톤(74)이 자신의 상사점(TDC) 위치에 도달하고 크랭크샤프트의 20도 각도 이후에 자신의 상사점(TDC) 위치에 도달한다. 상기 실린더들과 피스톤들의 직경들 및 상기 피스톤들의 행정들과 이들의 배기량들은 서로 동일할 필요가 없다.
- [0062] 실린더 헤드(70)는 실린더들(66, 68) 내부, 외부로의 가스 흐름 및 상기 실린더들 사이의 가스 흐름을 위한 구조를 제공한다. 가스 흐름의 순서에 따라, 상기 실린더 헤드는 흡입 공기가 압축 실린더(66) 내로 흡입되는 흡입 포트(76), 압축 공기가 압축 실린더(66)에서 팽창 실린더(68)로 이동하는 한 쌍의 분리된 교차(Xovr) 통로들(78, 79), 및 사용된 가스들이 상기 팽창 실린더로부터 배출되는 배기 포트(80)를 포함한다.
- [0063] 압축 실린더(66) 내부로의 가스 흐름은 내부 개방 포켓 타입의 흡입 밸브(inwardly opening poppet type intake valve, 82)에 의하여 조절된다. 각각의 교차 통로(78, 79) 내부 및 외부로의 가스 흐름은 한 쌍의 외부 개방 포켓 밸브들(outwardly opening poppet valves), 즉, 각각의 Xovr 통로들(78, 79)의 입구 단부들에서

의 교차 압축(XovrC) 밸브들(86) 및 각각의 Xovr 통로들(78, 79)의 출구 단부들에서의 교차 팽창(XovrE) 밸브들(88)에 의하여 조절된다. 배기 포트(80) 외부로의 배기가스 흐름은 내부 개방 포켓 타입의 배기 밸브(94)에 의해 조절된다. 이러한 밸브들(82, 86, 88)은, 기계적 구동 캠들, 가변적 밸브 구동 기술 또는 이와 유사한 장치에 의해 적절한 방법으로 구동될 수 있다.

[0064] 각각의 교차 통로(78, 79)는 내부에 배치되는 적어도 하나의 고압 연료 분사 장치(96)를 갖는다. 연료 분사 장치들(96)은 상기 압축 행정 전체 동안 교차 통로들(78, 79) 내부의 압축된 공기 차지에 연료를 주입하도록 작동한다.

[0065] 엔진(50)은 또한, 상기 팽창 행정 동안 혼합된 연료와 공기 차지가 점화되어 연소될 수 있는 상기 팽창 실린더 단부의 적절한 위치에 배치되는 하나 또는 그 이상의 스파크 플러그들(98) 또는 다른 점화 장치들을 포함한다.

[0066] 추가적으로, 엔진(50)은, 여기서 상세히 설명되는 바와 같이 상기 엔진의 노크 저항 특징들의 이익을 갖기 위해, 터보차저(turbocharger, 100)와 같은, 실린더 흡입 차지 압력들을 1.7 bar 이상까지 올릴 수 있는 부스팅 장치가 구비된다. 터보차저(100)는 회전 압축기(rotary compressor 104)를 구동하는 배기 터빈(102)을 포함한다. 상기 터빈은 엔진(50)의 배기 포트(80)로부터의 압축된 배기가스를 수용하도록 연결된 배기가스 입구(106)를 갖는다. 터빈(102)은 압축기(104)를 구동하고, 상기 압축기는 공기 입구(108)를 통해 주위 공기를 흡입하고 압축 공기 출구(110)를 통해 압축된 공기를 배출한다. 상기 압축된 공기는 단일의 스테이지 인터쿨러(intercooler, 112)를 통과하고 최대 로드에서 적어도 1.7 bar의 절대 압력으로 공기 흡입 포트(76) 내로 들어온다.

[0067] 엔진에서의 노킹은 점화가 일어나기 전에 연료가 과도한 온도들에 노출되는 시간의 함수이다. 그러므로, 연료가 엔진 내부에서 노출되는 상기 온도 또는 시간을 감소시키는 특징들은 노크에 대한 엔진의 저항성을 증가시킬 것이다.

[0068] 본 발명의 일 실시예에 따른 스플릿-사이클 엔진(50)의 세 가지 특징들은 노크 방지, 또는 더 높은 노크 저항성에 관한 것이다.

[0069] 1. 종래의 엔진에 비하여, 교차(Xovr) 통로들(78, 79) 내부로의 매우 낮은 연료 주입

[0070] 스플릿-사이클 엔진(50)에 있어서, 주입 장치들(96)로부터의 연료 주입은 공기 흡입 행정 이후에 상기 압축 행정 전체 동안 일어난다. 대조적으로, 포트 연료 주입을 갖는 종래의 엔진에 있어서, 연료 주입은 공기 흡입 행정 이전과 공기 흡입 행정 동안에 그리고 압축 행정 이전에 일어난다. 또한, 실린더 내부로의 직접적 연료 주입을 갖는 종래의 엔진에 있어서, 연료 주입은 일반적으로 적어도 흡입 행정 일부 동안 일어나고, 압축 행정이 시작할 때까지 계속된다.

[0071] 2. Xovr 통로를 팽창 실린더에 연결시키는 밸브들(Xovr 밸브들(88))을 통해서 높은 난류의 흐름에 의해 더해지는 공기-연료 혼합

[0072] XovrE 밸브들(88)을 따라 높은 초기 압력비 때문에, 밸브들(88)이 개방됨에 따라 초기 유속은 음의 속도이다. 이에 따른 높은 난류는 공기-연료 혼합에 대한 주된 도움이 되고 이에 따라 스플릿-사이클 엔진(50)에 비하여 흡입 및 팽창 행정들 동안 비교적 낮은 공기 속도들을 갖는, 종래의 엔진에 비하여 매우 낮은 연료 주입을 허용한다. 이에 따라 노크를 발생시킬 수 있는 상기 연료/공기 반응들에 대하여 훨씬 더 적은 시간을 제공한다.

[0073] 3. Xovr 통로들(78, 79)에서의 고온의 공기로부터, Xovr 통로 벽들을 통한 열 손실이 상기 차지 공기 온도를 낮춘

[0074] 상기 압축은 통로 벽 온도들보다 더 높게 상기 공기의 온도를 상승시킴에 따라, 스플릿-사이클 엔진(50)의 교차(Xovr) 통로들(78, 79)에서의 압축된 공기는 통로 벽 표면들로의 열전달에 의해 에너지를 잃게 된다. 이러한 열손실이 효율을 저하시킬지라도, 상기 열 감소가 상기 압축된 공기 온도를 낮추기 때문에, 스파크 점화 이전에 Xovr 통로들(78, 79)과 팽창 실린더(68)에서의 연료 자기-폭발("knock")을 방지하는 데 도움이 된다.

[0075] 종래의 가솔린 엔진에 있어서, 더 높은 압력비들, 슈퍼차징 또는 터보차징에 의해 생성된 공기 압력의 증가 레벨은 상기 상승된 공기 온도들에서의 노크를 발생시키는 경향에 의해 제한된다. 이러한 경향은 상기 슈퍼차저 또는 터보차저에 의한 압축 이후에, 상기 공기를 인터쿨러를 통해 통과시킴으로써 감소될 수 있다. 그러나, 실린더 압축 이후에, 상기 공기는 여전히 매우 증가된 온도에 있고, 연료 주입은 이미 일어나게 된다. 스플릿-사이클 엔진(50)에 있어서, 인터쿨러가 슈퍼차징 또는 터보차징 이후에 사용될 수 있지만, 추가

적으로, 스플릿-사이클 엔진(50)의 고유한 특징은 Xovr 통로들(78, 79)에서의 상기 열손실에 의한 실린더 압축 이후에 공기가 다시 냉각되는 것이고, 연료 주입은 이러한 압축의 나머지 부분 동안 일어난다는 것이다.

[0076] 본 발명(즉, 늦은 연료 주입, 가스 통로 냉각 및 높은 난류)에 따른 효과들을 더욱 정확하게 예측하고 노크 저항 특징들을 최적화하기 위해서, 전산 연구(시뮬레이션)가 수행되었다. 상기 전산 연구는 다음과 같은 표 1 과 2에 나타난 바와 같이 밸브 및 실린더 파라미터들을 갖는 특징의 기준 모델 엔진(50)을 이용하였다.

표 1

기준 엔진(50) 실린더 파라미터들

파라미터	단위	압축 실린더(66)	팽창 실린더(68)
실린더 보어	밀리미터	94.4	86.3
실린더 행정	밀리미터	87.0	120.0
전체 실린더 배기량	리터	0.609	0.702
체적 압축비	X : 1	86	121

[0077]

표 2

기준 엔진(50) 밸브 파라미터들

파라미터	단위	흡입 밸브(82)	XovrC 밸브(86)	XovrE 밸브(88)	배기 밸브(94)
내부 안착 직경	밀리미터	32.0	18.0	18.0	26.0
최대 리프트	밀리미터	9.73	2.60	2.43	9.28
개방 각 변위	팽창 피스톤의 ATDC 각도	62.0	-15.0	-5.0	155.0
폐쇄 각 변위	팽창 피스톤의 ATDC 각도	212.0	20.5	25.0	-24.0

[0078]

[0079] 또한, 상기 전산 모델에 있어서, 기준 엔진(50)의 팽창 피스톤(74)은 압축 피스톤(72)보다 20도의 크랭크 각도 회전만큼 앞서도록 설정되었다. 즉, 압축 피스톤(72)은 팽창 피스톤(74)의 상사점(TDC) 이전에 -160도의 크랭크 각도에서 자신의 압축 행정을 시작(즉, 자신의 하사점(BDC) 위치에 도달)하고, 압축 피스톤(72)은 팽창 피스톤(74)의 상사점(TDC) 이후에 20도의 크랭크 각도에서 자신의 압축 행정을 종결(즉, 자신의 상사점(TDC) 위치에 도달)한다.

[0080] 상기 전산 연구의 결과들은 다음의 설명과 대응하는 도 4 내지 도 13에 개시되어 있다. 특별히 설명되지 않는 한, 기준 엔진(50)의 모든 참조되는 않는 파라미터들은 상기 표 1과 2에 나타난 바와 같다. 어떠한 파라미터들에 대한 모든 크랭크 각도 위치들은 팽창 피스톤(74)의 상사점(TDC) 위치, 0도의 크랭크 각도 상사점(TDC)에 대하여 나타낸다.

[0081] 도 4는 절연되지 않은 주철 교차 통로들(포트들)을 갖는 두개의 자연적으로 공기가 보급된 스플릿-사이클 엔진들에 대하여 상술한 전산 연구의 예측된 노크 프랙션과 크랭크 각도(라인들(120, 122))를 나타낸다. 상기 노크 프랙션이 1에 접근할 때, 노크가 일어날 수 있다.

[0082] 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 노크 프랙션은 연료 주입의 개시(start of fuel injection, SOI)로부터 증가하고, 상기 연료 주입 개시는 팽창 피스톤(74)의 상사점(TDC) 이전 15도 크랭크 각도에서 일어난다. 상기 압축 실린더 행정 및 배기량이 87에서부터 120mm(라인들(120, 122))으로 증가함에 따라, 최종 노크 프랙션은 증

가하지만, 가장 높은 배기량(라인(122))에서 0.35 이하에 머무른다.

- [0083] 도 4에 있어서 모델링된 엔진들은 이중의 분리된 교차 통로들(78, 79)을 갖는 절연되지 않은, 표준 주철의 Xovr 통로 벽들을 나타내고 있으며, 각각의 교차 통로는 약 13.5mm의 평균 직경을 갖고 있다. 가스 통로들(78, 79)에서의 상기 압축 공기를 냉각시키는 것은 상기 노크 프렉션을 실질적으로 1보다 낮게 유지하는 데 있어 중요한 특징이다. 교차 통로들(78, 79)을 구성하기 위해 사용되는 물질들의 형태, 압축된 공기의 주어진 차지에 대한 통로들의 개수, 상기 통로들의 절연 방법, 및 상기 교차 통로들이 능동적으로 냉각되는 지 여부는 상기 가스 통로들로부터의 열을 제거함으로써 상기 노크 프렉션을 감소시키는 데 포함되는 모든 요인들이다.
- [0084] 도 4의 라인들(120, 122)에 의해 도시된 특정한 경우들에 있어서, 관련된 교차 압축(86) 및 팽창(88) 밸브들을 갖는 한 쌍의 절연되지 않은, 주철의 교차 통로들(78, 79)은 상기 열을 제거하는 데 사용되었다. 상기 한 쌍의 교차 통로들(78, 79)은 팽창 행정 동안 교차 팽창 밸브들(88)의 폐쇄와 이후의 압축 피스톤(72)의 압축 행정 동안 관련된 교차 압축 밸브들(86)의 개방 사이에서 상기 교차 통로들에서의 압축된 가스에 포함된 열에너지의 제어된 양을 전달(conduct away)시키는 크기를 갖도록 구성된다. 여기서 후술하는 바와 같이, 상기 압축된 가스에 포함된 열에너지의 적어도 5.3 퍼센트, 그리고 더욱 바람직하게는 적어도 13 퍼센트는 교차 팽창 밸브들(86)의 폐쇄와 후속하는 교차 압축 밸브들(86)의 개방 사이에서 전달된다. 당해 기술분야에서의 당업자는 교차 통로들의 다른 조합들 및 구성들 또한 동등한 열에너지의 제어된 양을 제거하도록 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들면, 압축 공기의 주어진 차지에 대하여 노출된 가스 통로 내벽 표면적을 증가시키기 위해 두개 이상의 가스 통로들이 사용될 수 있거나, 가스 통로가 능동적으로 냉각될 수 있다.
- [0085] 본 연구에 있어서, 기준 엔진(50)을 위한 연료 주입 개시(SOI)는 상기 압축 행정이 시작된 이후 그리고 XovrE 밸브(88) 개방에 매우 근접하도록 모델링되고 있다. 바람직한 SOI 범위는 TDC 이전과 TDC 이후에 25도의 크랭크 각도 사이이다.
- [0086] 또한 본 연구에 있어서, 연료 주입의 종료(end of fuel injection, EOI)는 상기 압축 행정이 끝나기 전과 XovrE 밸브(88)의 폐쇄 이전으로 모델링된다. 바람직한 EOI 범위는 TDC 이후의 -10와 +10의 크랭크 각도 사이이다.
- [0087] 압축 피스톤(72)의 상기 압축 행정 전체 동안, 그리고 바람직한 SOI와 EOI의 범위들 내에서, 연료 주입 장치들(96)로부터의 교차 통로들(78, 79)로의 상기 연료 주입이 일어나도록 타이밍하는 것은, Xovr 통로들(78, 79)로부터 팽창 실린더(68)로의 연료 주입의 거의 완벽한 전달을 야기한다. 상기 압축 행정의 시작 이전에 상기 SOI가 일어나도록 하는 타이밍은 미성숙한 노킹을 야기할 수 있음에 주목하자. 또한, 상기 압축 행정이 끝난 이후에 상기 EOI가 일어나도록 하는 타이밍은 연료의 상당량이 교차 통로들(78, 79) 내에 트랩되도록 하며 팽창 실린더(68) 내로 이동되지 않게 한다는 사실에 주목하자.
- [0088] 상기 연료 주입 압력은, 엔진 속도 및 로드 작동 지점, 및 다른 주입 시스템 성능들에 의존하며, 최적의 주입 기간을 얻는 데 이용되는 서로 다른 주입 압력들과 함께, Xovr 통로들(78, 79)보다 더 높아야 한다.
- [0089] 도 5는 4000 RPM, 100% (최대) 엔진 로드에서 자연적으로 공기가 보급된 스플릿-사이클 엔진(50)에 대하여 예측된 Xovr 통로(78) 상술한 전산 연구의 예측된 노크 프렉션과 크랭크 각도를 나타낸다. XovrC 밸브(86), XovrE 밸브들(88), 압축 실린더(66), 팽창 실린더(68), 스파크 플러그(98) 점화, 주입 장치들(96)에 대한 SOI 범위, 주입 장치들(96)에 대한 EOI 범위 및 압축 행정의 중점을 위한 타이밍들이 도시되어 있다. 라인(124)은 압축 실린더(66) 압력을 나타낸다. 라인(126)은 XovrC 밸브(86) 출구 압력, 즉, XovrC 밸브(86) 포켓 헤드의 바로 다음에 위치하는 교차 통로들(78, 79)에서 얻어진 압력을 나타낸다. 라인(128)은 XovrE 밸브(88) 입구 압력, 즉, 상기 XovrE 밸브 포켓 헤드의 바로 다음에 위치하는 교차 통로들(78, 79)에서 얻어진 지점에서의 압력을 나타낸다. 마지막으로, 라인(130)은 팽창 실린더(68) 압력을 나타낸다.
- [0090] 이러한 도 5의 시뮬레이션을 위해, SOI 타이밍은 상사점 이전(BTDC) 20도의 각도로, EOI 타이밍은 상사점 이후(ATDC) 1도의 각도로 모델링되었다. 이러한 EOI는 단지 스파크 점화에 약 16도 앞선다. 이러한 범위에서 Xovr 통로 압력들(라인들(126, 128))은 약 25 내지 65 bar의 범위에 있으며, 이에 따라 연료 주입 압력은 이러한 압력들보다 높아야함을 주목하자. 또한 XovrE 밸브(88)가 개방됨에 따라, 상기 XovrE 밸브 입구 압력은 팽창 실린더(68) 압력(5 bar)보다 상당히 높으며(40 bar), XovrE 밸브들(88)을 따라 충분히 높은 압력비는 상기 XovrE 밸브 개방 면적들을 통해 상기 연료-공기 혼합물의 음속의 흐름을 유발하여, 난류 및 연료-공기 혼합을 증가시키게 됨을 주목하자.

- [0091] 도 6 및 도 7은, 기준 엔진(50)이 최대(100%) 엔진 로드로 주행할 때, 4000rpm(도 6의 라인(132))과 1400rpm(도 7의 라인(134))에서 교차 통로들(78, 79)로부터 팽창 실린더(68) 내부로 XovrE 밸브들(88)을 통한 대략적인 유속의 마하수를 각각 나타낸다. XovrE 밸브들(88)이 먼저 개방됨에 따라, 양쪽 속도들에서 상기 유속은 대략 3 ~ 4 도에서 음의 속도(마하 = 1.0)이고, 이어서 4000rpm에서 약 마하 0.35로 떨어지며, 이러한 속도는 여전히 고속 난류로 볼 수 있다. 상기 난류는 빠른 공기/연료 혼합을 제공하므로, 상기 고속 난류는 연료/공기 차지가 높은 압축 온도들에 노출되는 시간의 양을 감소시킴으로써 엔진(50)의 노크 저장성에 기여한다.
- [0092] 도 5, 도 6 및 도 7을 비교함으로써, 엔진(50)의 바람직한 SOI 범위는 상사점 이후 -25 내지 0도의 크랭크 각도 사이인 반면, 초기 음속의 흐름은 상사점 이후 약 -5 내지 -2도의 크랭크 각도 범위에서 일어나야 함을 알 수 있다. 이것은 연료 주입 전부가 공기의 흐름이 음속 아래로 떨어진 후에 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나, 상기 연료 및 공기를 함께 더욱 완전하게 혼합하기 위하여 압축된 가스의 초기 음속의 흐름 동안 상기 주입된 연료의 적어도 일부가 교차 팽창 밸브(88)를 통과하도록 하는 것이 바람직하다.
- [0093] 도 5를 다시 참조하면, XovrE 밸브들(88)이 25도의 ATDC에서 폐쇄된 후에, Xovr 통로들(78, 79)의 평균 압력(라인들(126, 128))이 약 47 bar임을 알 수 있다. 그러나, Xovr 통로들(78, 79)의 트랩된 부피에서의 이러한 평균 압력(라인들(126, 128))이 XovrC 밸브들(86)이 15도의 BTDC에서 개방되는 시점까지 약 39 bar로 감소된다. 이러한 에너지 손실은 상기 트랩된 공기로부터 Xovr 통로 벽들로의 열전달에 의한 것이며, 상기 공기를 압축하는 데 소비된 에너지의 약 13% 손실을 나타낸다. 이러한 에너지 손실은 도 4에서 예측된 낮은 노크 수들에게는 중요한 요인이므로, 가스 통로들(78, 79)에서의 공기의 트랩된 부피에서 상기 에너지의 적어도 13%는 XovrE 밸브들(88)의 폐쇄와 후속하는 XovrC 밸브들(86)의 개방 사이에서 제거되도록 가스 통로들(78, 79)을 구성하는 것이 바람직하다.
- [0094] 도 8을 참조하면, 상기 열손실의 효과들을 결정하기 위하여, 상기 통로들 주위에 세라믹 내부층과 공기 갭들을 갖는, 고절연된 가스 통로들(78, 79) 벽들로 시뮬레이션 하였다. 도 8에서 모델링된 기준 엔진(50)은 상기 세라믹 절연된 통로 벽들을 제외하고는, 도 5에서 모델링된 엔진과 동일하다. 라인(136)은 압축 실린더(66) 압력을 나타낸다. 라인(136)은 압축 실린더(66) 압력을 나타낸다. 라인(138)은 XovrC 밸브(86) 출구 압력, 즉, XovrC 밸브(86) 포켓 헤드의 바로 다음에 위치하는 교차 통로들(78, 79)의 지점에서 얻어진 압력을 나타낸다. 라인(140)은 XovrE 밸브(88) 입구 압력, 즉, 상기 XovrE 밸브 포켓 헤드의 바로 다음에 위치하는 교차 통로들(78, 79)에서 얻어진 지점에서의 압력을 나타낸다. 마지막으로, 라인(142)은 팽창 실린더(68) 압력을 나타낸다.
- [0095] 도 8은 XovrE 밸브들(88)이 25도의 ATDC에서 폐쇄될 때부터 XovrC 밸브들(86)이 후속하여 15도의 BTDC에서 개방될 때까지 매우 작은 손실을 갖는 예측된 Xovr 통로 압력들(라인들(138, 140))과 크랭크 각도를 나타낸다. 상기 세라믹 절연된 가스 통로들(78, 79)을 갖는 도 8의 모델링된 기준 엔진(50)의 양쪽 실린더들(66, 68)과 교차 통로들(78, 79)에서의 모든 압력들(그에 따른 온도들)은 절연되지 않은 교차 통로들(78, 79)을 갖는 도 5의 모델링된 기준 엔진(50)에 비하여 더 높다는 사실에 주목하자.
- [0096] 도 9를 참조하면, 상기 상승된 교차 통로 압력들과 온도들과 함께, 상기 전산 연구 시뮬레이션들은 더 높은 압축/팽창 실린더 배기량 비율들에서 허용할 수 없는 1.0의 노크 프랙션에 도달(이에 따라 노킹이 일어남)하는 것을 예측하였다. 따라서, 증발에 의한 냉각을 촉진시키고 1.0 아래의 예측된 노크 프랙션을 유지하기 위하여, 시뮬레이션들은 13.05/1(상기 화학량론비의 90 퍼센트)로부터 10.4/1(상기 화학량론비의 70 퍼센트)까지 변화되는 연료에 대한 공기 비율로 재-실행되었다. 도 9는 100 ON 연료를 갖는 노크 프랙션들 결과를 나타내고, 라인(144)은 87mm 압축 스트로크를 갖는 기준 엔진(50)을 나타내며, 라인(146)은 120mm의 연장된 압축 스트로크를 갖고 비례적으로 더 큰 배기량을 갖는다는 점에서 기준 엔진(50)과 다른 스플릿-사이클 엔진을 나타낸다.
- [0097] 더 높은 노크 프랙션들은 0.9(라인(146))보다 높고, 이것은 작동 조건들 및 주위 온도들과 압력들에서의 변동들에 대한 불충분한 노크 마진 때문에 제조가 용이하지 않다는 사실에 주목하자. 그런, 전체적으로 절연되지 않은 통로들을 갖는 상기 노크 프랙션들은 높은 압축/팽창 실린더 배기량 비율들에서도, 많은 노크 마진을 남긴다(도 4 참조). 이에 따라 통로 섹션들에 강철 슬리브와 둘러싸는 공기 갭을 갖는 것과 같이, 적당한 양의 절연은, 상기 노크 프랙션들을 실질적으로 1.0보다 여전히 낮게 유지하면서 효율들의 증가를 제공할 수 있다.
- [0098] 도 10은 도 5 및 도 8과 유사하지만, 가스 통로들(78, 79) 벽들이 상기 통로들의 중심 섹션들 내부에 강철 슬리브로 변환되고, 기준 엔진(50)의 주철 실린더 헤드(70)와 상기 슬리브 사이에 5mm의 공기 갭을 갖는다. 가스 통로들(78, 79)의 단부들은, XovrC(86)과 XovrE(88) 밸브들을 수용하는 벤드들(bends)을 포함하고, 절연되

지 않은 주철로 유지된다. 라인(148)은 압축 실린더(66) 압력을 나타낸다. 라인(150)은 XovrC 밸브(86) 출구 압력, 즉, XovrC 밸브(86) 포켓 헤드의 바로 다음에 위치하는 교차 통로들(78, 79)의 지점에서 얻어진 압력을 나타낸다. 라인(152)은 XovrE 밸브(88) 입구 압력, 즉, 상기 XovrE 밸브 포켓 헤드의 바로 다음에 위치하는 교차 통로들(78, 79)에서 얻어진 지점에서의 압력을 나타낸다. 마지막으로, 라인(154)은 팽창 실린더(68) 압력을 나타낸다.

[0099] 도 10은, 도 5의 절연되지 않은 (주철) 벽들과 달리, XovrE 밸브(88) 폐쇄로부터 XovrC 밸브(86) 개방까지의 약간의 손실을 갖는 예측된 Xovr 통로들(78, 79), 압축(66) 및 팽창(68) 실린더 압력들과 크랭크 각도를 나타낸다. 상기 평균 통로 압력은 XovrE 밸브(88) 폐쇄에서 약 47.5 bar로부터 XovrC 밸브(86) 개방에서 약 45 bar로 떨어져, 절연되지 않은 통로들에서의 13%와 비교해서, 상기 공기를 압축하는 데 소비되는 에너지의 약 5.3%의 손실을 나타낸다.

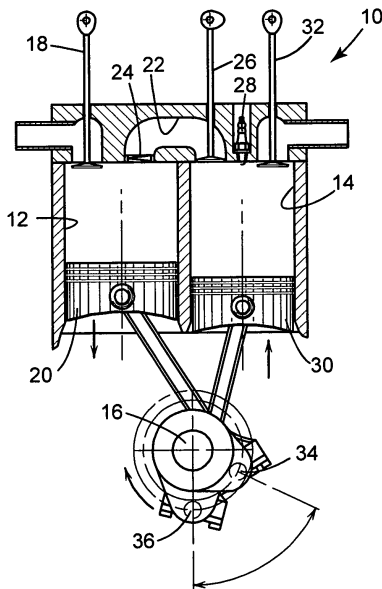
[0100] 도 11은 교차 통로들(78, 79)이 강철 슬리브들과 공기 갭들로 절연되어 있는 두개의 스플릿-사이클 엔진들에 대한 예측된 노크 프랙션들을 나타낸다. 라인(156)은 87mm의 압축 스트로크를 갖는 기준 엔진(50)을 나타내고, 라인(158)은 120mm의 연장된 압축 스트로크를 갖는다는 점에서 기준 엔진(50)과 다른 스플릿-사이클 엔진을 나타낸다. 본 시뮬레이션에서의 양쪽 엔진들은 100 ON 연료로 주행된다. 상기 노크 프랙션들은 도 4의 절연되지 않은 통로들보다 훨씬 더 높지만, 도 9의 세라믹-벽의 통로들에 비하여 1.0보다 상당히 낮은 마진을 갖는다.

[0101] 도 12를 참조하면, 상기 결과들은 스플릿-사이클 엔진(50)의 예측된 노크 프랙션이 Xovr 통로들(78, 79)에서의 에너지 손실의 정도에 상당히 민감하다는 것을 보여준다. 이러한 점은 이러한 열손실을 '능동적인' 냉각 시스템의 일부 형태로 역학적으로 제어할 수 있으며, 이에 따라 다른 작동 조건들 하에서 상기 엔진의 노크 경향에 영향을 미칠 수 있는 가능성을 증가시킨다. 도 12는 스플릿-사이클 엔진(50)을 위한 개략적인 냉각 시스템의 예시를 보여주며, Xovr 통로들(78, 79)을 포함하는 엔진(50)의 다른 부분들에서의 분리된 냉각 회로들을 보여준다.

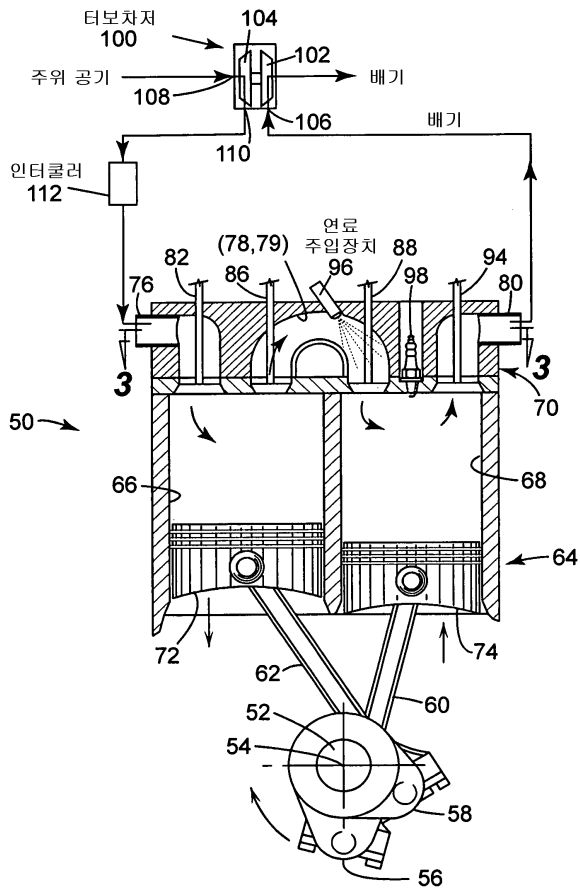
[0102] 상기에서는 본 발명의 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

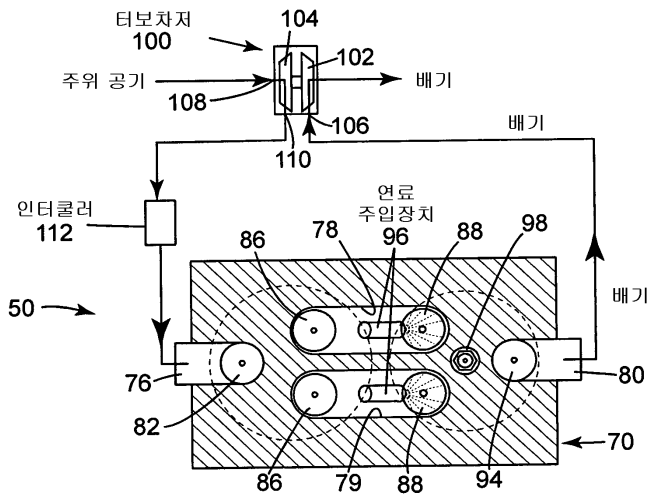
도면1



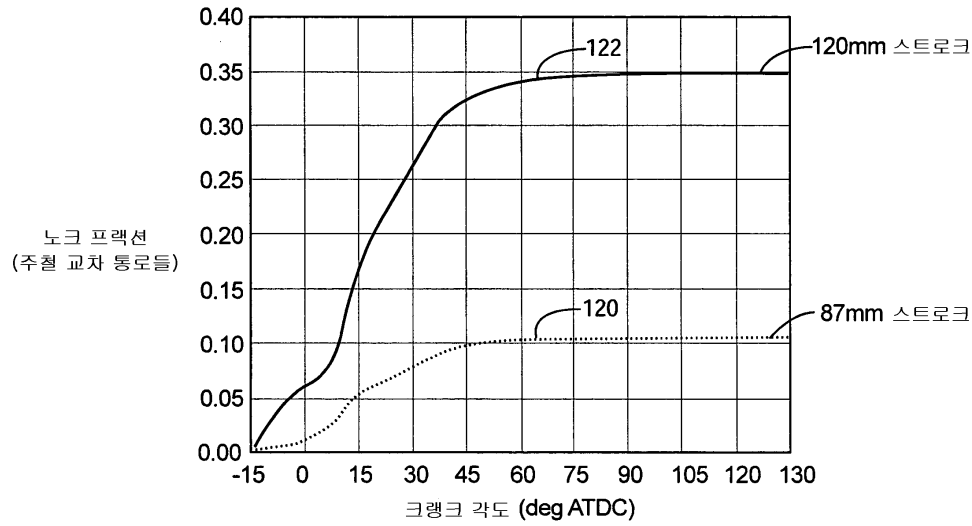
도면2



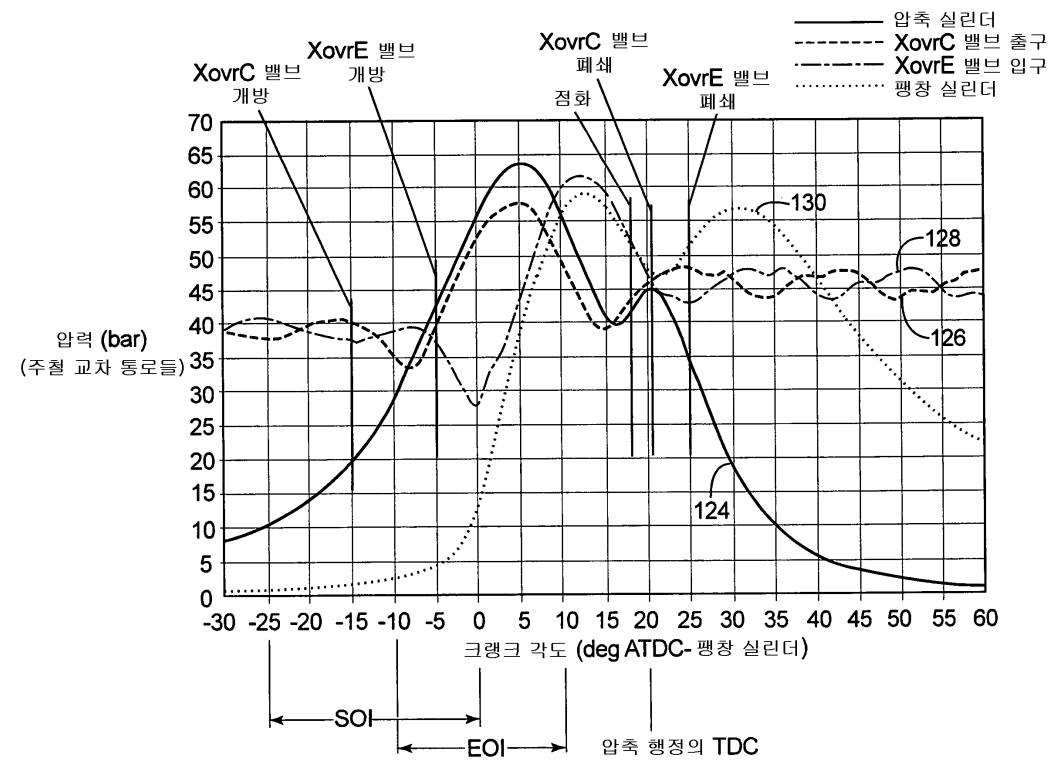
도면3



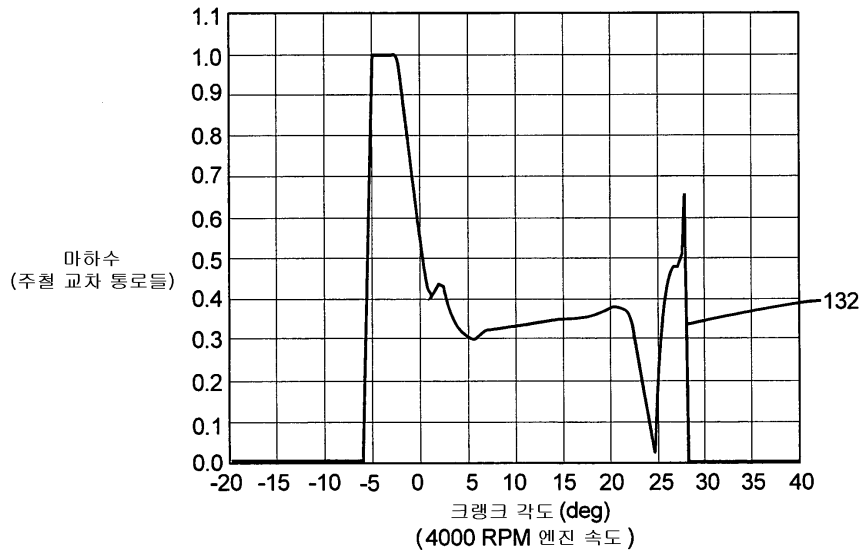
도면4



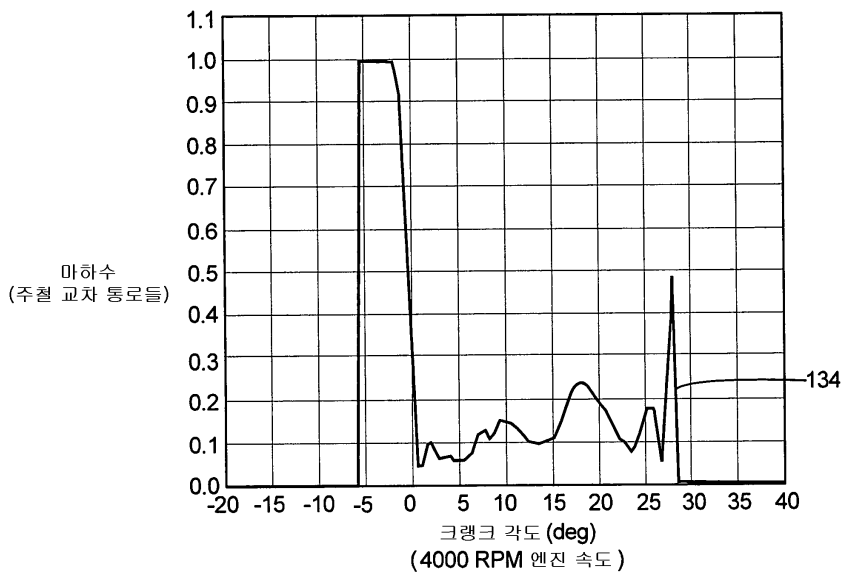
도면5



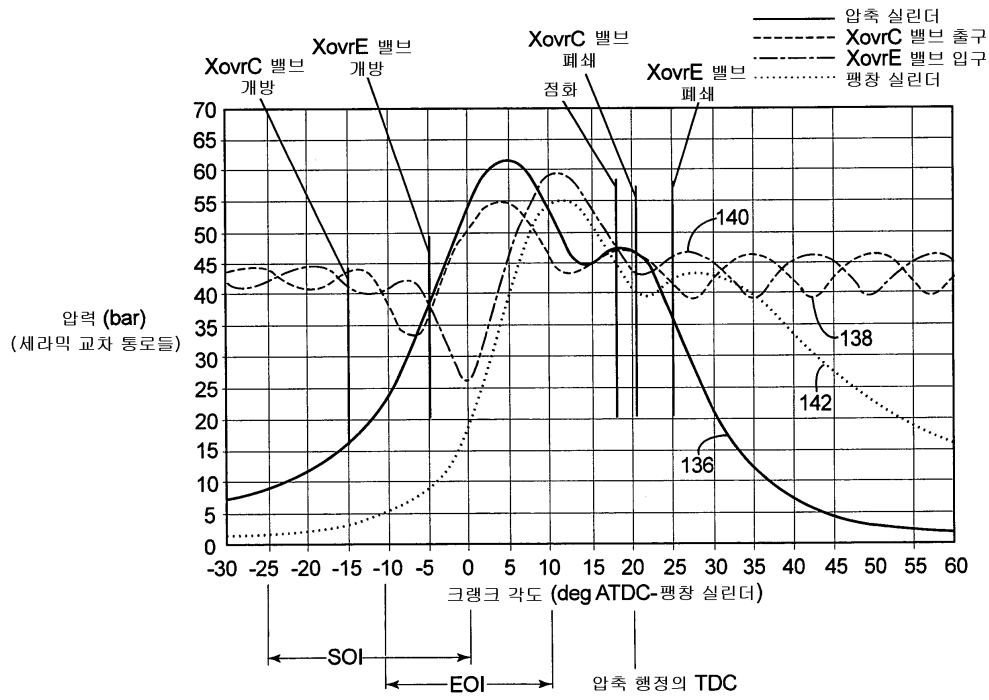
도면6



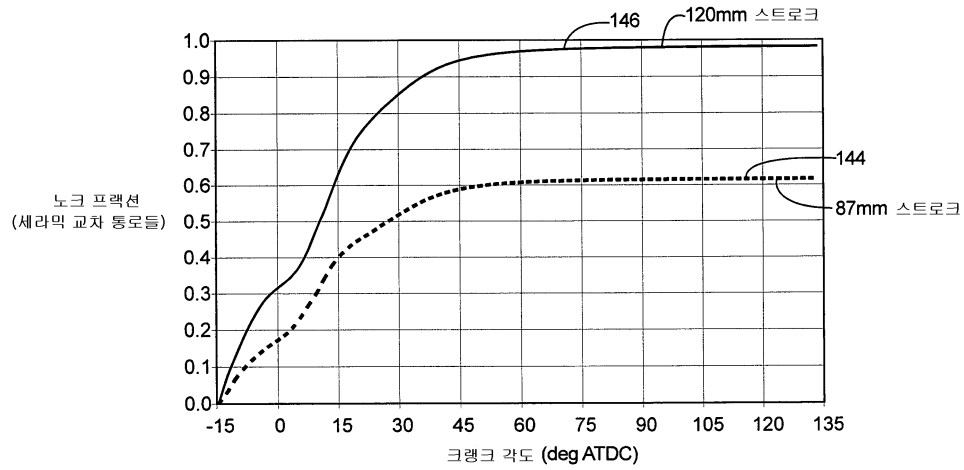
도면7



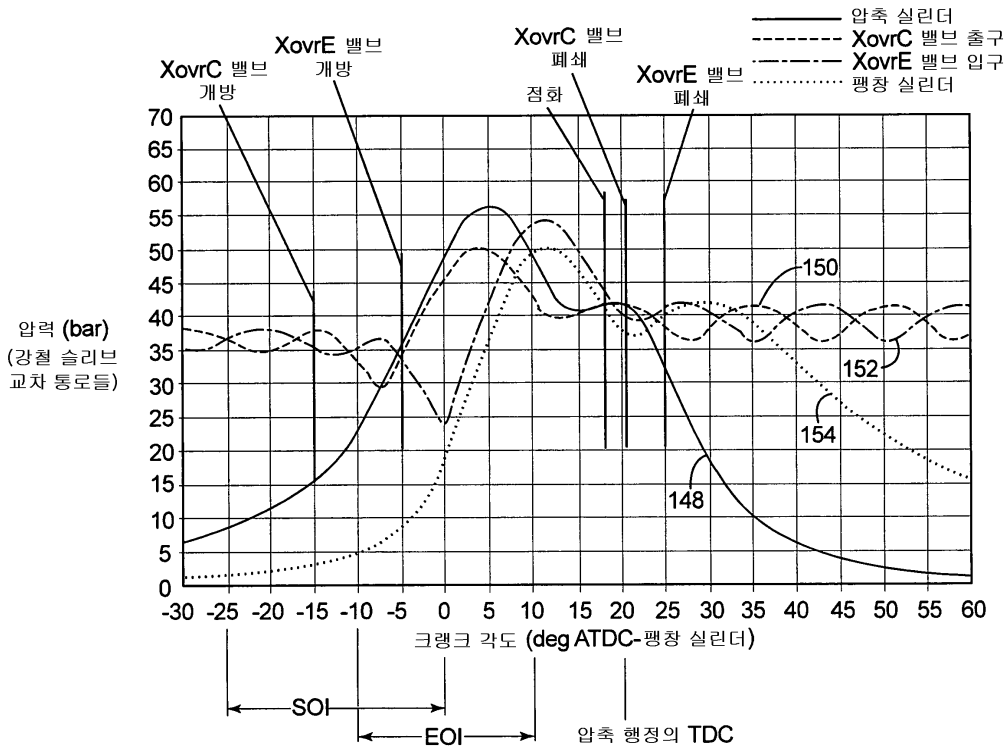
도면8



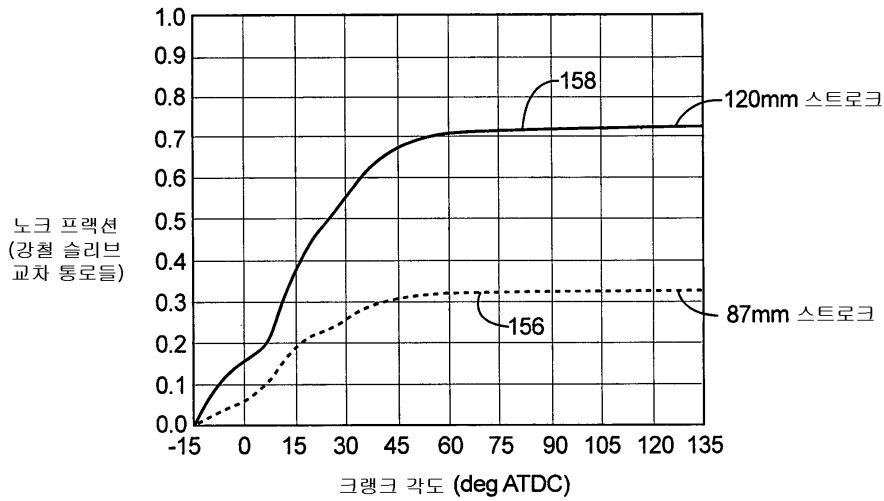
도면9



도면10



도면11



도면12

