



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0025621  
(43) 공개일자 2009년03월11일

(51) Int. Cl.

F01L 1/18 (2006.01) F01L 1/08 (2006.01)

F01L 1/25 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0090603

(22) 출원일자 2007년09월06일

심사청구일자 2007년09월06일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

심재경

서울 종로구 신문로2가 1-148

이재길

서울 강서구 등촌1동 현대아파트 101동 1408호

권진택

서울 성북구 안암동5가 고려대학교자연계캠퍼스  
창의관 428호

(74) 대리인

이소남

전체 청구항 수 : 총 8 항

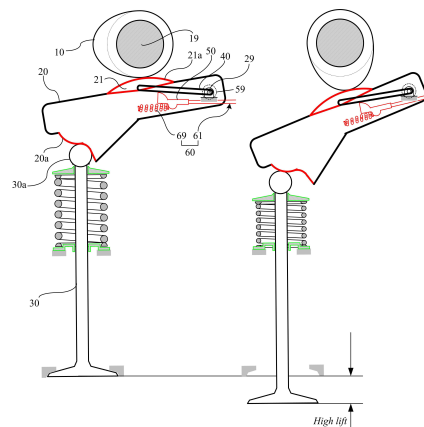
#### (54) 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치 및 스윙암의 형상설계방법

#### (57) 요약

본 발명은 엔진의 속도에 따라 밸브 개폐량을 조절함으로써, 고속과 저속 회전에서의 흡기량 및 배기량을 연속적으로 변화시켜 엔진의 효율성을 높이는 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치 및 스윙암의 형상 설계방법에 관한 것이다.

본 발명의 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치는, 캠의 회전에 의해 스윙암을 회전시켜 흡기 및 배기 밸브를 개폐하는 엔진의 밸브 리프트 장치에 있어서, 상기 캠과 접촉하는 스윙암의 접촉부; 일측이 상기 접촉부에 결합되고, 타측이 상기 스윙암의 선회축에 연결되는 변환링크; 상기 스윙암의 일측에 형성되어 이동이 가능하고, 상측이 상기 변환링크와 접촉하는 변환 슬라이더; 및 상기 변환 슬라이더를 전후로 이동시키는 구동부를 포함한다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

캠의 회전에 의해 스윙암을 회전시켜 흡기 및 배기 밸브를 개폐하는 엔진의 밸브 리프트 장치에 있어서,

고변위(high lift)에서의 밸브 개폐량을 만족하도록 상기 캠의 형상을 합성하는 제1단계; 및

상기 캠의 형상과 저변위(low lift)에서의 밸브 개폐량을 고려하여 상기 스윙암이 일정 각도 회전하는 동안 밸브의 변위가 0을 유지하도록 밸브와 접촉하는 상기 스윙암의 형상을 합성하는 제2단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 스윙암의 형상 설계방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1단계에서,

상기 캠과 접촉하는 스윙암의 접촉면, 밸브와 접촉하는 스윙암의 접촉면, 및 상기 스윙암과 접촉하는 밸브의 접촉면이 각각 일정한 곡률 반경을 가지는 것을 이용하여 상기 캠의 형상을 합성하는 것을 특징으로 하는 스윙암의 형상 설계방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1단계에서,

절대좌표계는 상기 스윙암의 선회축을 중심으로 설정하고, 이동좌표계는 상기 캠의 선회축을 중심으로 설정하는 것을 특징으로 하는 스윙암의 형상 설계방법.

### 청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서

압력각이  $0 \sim 40^\circ$  가 되도록 밸브의 설치각도( $\gamma$ ), 밸브와 접촉하는 스윙암의 접촉면의 곡률반경, 및 상기 스윙암과 접촉하는 밸브의 접촉면의 곡률반경이 결정되는 것을 특징으로 하는 스윙암의 형상 설계방법.

### 청구항 5

캠의 회전에 의해 스윙암을 회전시켜 흡기 및 배기 밸브를 개폐하는 엔진의 밸브 리프트 장치에 있어서,

상기 캠과 접촉하는 스윙암의 접촉부;

일측이 상기 접촉부에 결합되고, 타측이 상기 스윙암의 선회축에 연결되는 변환링크;

상기 스윙암의 일측에 형성되어 이동이 가능하고, 상측이 상기 변환링크와 접촉하는 변환 슬라이더; 및

상기 변환 슬라이더를 전후로 이동시키는 구동부를 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치.

### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 구동부는,

상기 변환 슬라이더의 일단에 형성되는 유압 공급부; 및

상기 유압 공급부에 의해 이동한 상기 변환 슬라이더를 유압 해제시에 복원시키는 복원스프링을 포함하는 것을 특징으로 하는 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치.

### 청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서,

상기 변환링크와 스윙암의 사이 또는 상기 스윙암과 실린더헤드의 사이에는 토션스프링이 형성되고,

저변위(low lift)에서 상기 스윙암이 일정 각도 회전하는 동안 밸브의 변위가 0을 유지하도록 밸브와 접촉하는 상기 스윙암의 형상이 설계되는 것을 특징으로 하는 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치.

## 청구항 8

제5항 또는 제6항에 있어서,

상기 스윙암과 접촉하는 밸브의 접촉면은 일정한 반경을 가지는 볼러인 것을 특징으로 하는 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

- <1> 본 발명은 엔진의 각 실린더에 설치되어 있는 흡기 및 배기 밸브를 설계된 적절한 시기에 개폐할 수 있도록 하는 가변 밸브 리프트 장치에 관한 것으로, 엔진의 속도에 따라 밸브 개폐량을 조절함으로써, 고속과 저속 회전에서의 흡기량 및 배기량을 연속적으로 변화시켜 엔진의 효율성을 높이는 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치 및 스윙암의 형상 설계방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

- <2> 일반적으로 엔진은 실린더와 실린더헤드 및 상기 실린더 내에서 왕복 운동하는 피스톤의 사이에 형성되는 연소실에서 연료를 연소시켜 발생하는 폭발력을 상기 피스톤에 연결된 커넥팅 로드를 통해 크랭크 샤프트를 회전시킴으로써 열에너지를 기계적인 회전력으로 변환하는 장치이다.
- <3> 상기와 같은 엔진의 실린더헤드에는 연료가 연소하여 동력을 발생시키도록 하는 연소실이 구비되고, 상기 연소실에는 연소할 연료가 포함된 혼합가스를 제공하는 흡기 밸브와 연소한 가스를 배출하기 위한 배기 밸브가 형성되어 있는바, 상기 흡기 및 배기 밸브는 크랭크 샤프트에 연결된 밸브 리프트 장치에 의해 연소실을 개폐하도록 이루어져 있다.
- <4> 여기서, 상기 밸브 리프트 장치는 주로 오버헤드 밸브 방식과 오버헤드 캠 샤프트 방식이 사용되는데, 두 가지 방법 모두 크랭크 샤프트에 연결되어 회전하는 캠 샤프트의 캠 운동을 밸브의 직선운동으로 변환시키는 것이다.
- <5> 이와 같은 밸브 리프트 장치는 일반적으로 일정한 형상(profile)을 가지는 캠에 의해서 밸브가 항상 일정한 리프트를 형성하면서 개폐되도록 되어 있는바, 스윙암 방식의 밸브 리프트는 도 1에 도시한 바와 같이 캠 샤프트(1)의 회전운동에 따라 캠(2)과 접촉을 이루는 스윙암(3)이 스윙암 샤프트(7)를 중심으로 회전운동을 하면서 밸브(5)의 개폐작동이 이루어지는 구성으로 되어 있다. 한편, 도 1에 도시된 미설명부호 8은 밸브(5)의 개폐작동이 이루어지도록 하는 밸브스프링이고, 미설명부호 A는 연소실이다.
- <6> 그러나, 상기와 같은 종래의 밸브 리프트 장치는 흡기 및 배기 밸브의 개폐시간이 항상 일정한 상태로 고정되어 있기 때문에 흡입 또는 배출되는 가스의 양을 조절할 수 없고, 이에 따라 엔진의 운전 영역 전반에 걸쳐서 필요로 하는 최적의 상태를 구현하지 못하는 문제점이 있었다. 즉, 고속 운전영역을 기준으로 하여 흡기 및 배기 밸브가 설정되어 있는 경우 저속 운전영역에서는 엔진이 최적의 성능을 발휘하지 못하게 되는 문제점이 있었다.
- <7> 그리하여 혼다의 V-tec 엔진 등에서는 서로 다른 형상을 가지는 고속용 캠과 저속용 캠, 두 가지를 사용하여 엔진의 회전속도에 따라 서로 다른 밸브 개폐량을 구현함으로써, 상기 문제점을 해결하고자 하였다.
- <8> 그러나, 상기의 종래 엔진 역시 연속적으로 밸브 리프트를 조절하지 못하고, 저속과 고속, 두 가지의 불연속 밸브 리프트를 특정 RPM에 고정해야 하기 때문에 연비 및 출력에 최적화를 도모할 수 없는 문제점이 발생하였다.
- <9> 최근에 열효율과 출력의 향상을 위해 흡기 및 배기 밸브의 밸브 리프트와 개폐시기 및 개폐시간을 각각 가변화시키고자 하는 연속 가변 밸브 리프트 장치(CVVL; Continuously Variable Valve Lift system)에 대한 연구가 진행되고 있는 실정이다.
- <10> 하지만, 개발된 연속 가변 밸브 리프트 장치의 경우에는 가동 부품(moving part)의 크기가 크고 구조가 복잡할

뿐만 아니라, 엔진의 실린더 헤드 내부에서 캠 샤프트 또는 스윙암의 설치 위치보다 상측의 공간을 점유하도록 설치되어 있으므로, 실린더헤드의 높이를 확장시킬 수밖에 없었다.

- <11> 그 결과, 연속 가변 밸브 리프트 장치가 구비되는 엔진의 부피는 커질 수밖에 없었고, 이로 인해 엔진룸 내에서 엔진의 실린더헤드 부위가 점유하는 공간의 확대로 인해 다른 부품을 설치하는데 공간적 제약이 발생하게 되는 문제점이 있었다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- <12> 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 엔진의 속도가 저속에서 고속 또는 고속에서 저속으로 변화함에 따라 각각의 속도에 최적화된 흡기 및 배기 상태를 유지하도록 스윙암에 가변 장치를 부착함으로써 엔진의 효율성을 극대화할 수 있는 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치 및 스윙암의 형상 설계방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- <13> 또한, 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치를 단순하게 구성하여 실린더헤드 내에 점유하는 공간을 감소시키고, 실린더헤드 내에서 연속 가변 밸브 리프트 장치의 설치 위치를 캠 축 설치 공간의 하부로 설정하여 실린더 헤드의 높이를 낮추어 엔진의 부피를 줄일 수 있도록 하는데 다른 목적이 있다.

### 과제 해결수단

- <14> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치는, 캠의 회전에 의해 스윙암을 회전시켜 흡기 및 배기 밸브를 개폐하는 엔진의 밸브 리프트 장치에 있어서, 상기 캠과 접촉하는 스윙암의 접촉부; 일측이 상기 접촉부에 결합되고, 타측이 상기 스윙암의 선회측에 연결되는 변환링크; 상기 스윙암의 일측에 형성되어 이동이 가능하고, 상측이 상기 변환링크와 접촉하는 변환 슬라이더; 및 상기 변환 슬라이더를 전후로 이동시키는 구동부를 포함한다.
- <15> 또한, 본 발명의 스윙암의 형상 설계방법은, 캠의 회전에 의해 스윙암을 회전시켜 흡기 및 배기 밸브를 개폐하는 엔진의 밸브 리프트 장치에 있어서, 고변위(high lift)에서의 밸브 개폐량을 만족하도록 상기 캠의 형상을 합성하는 제1단계; 및 상기 캠의 형상과 저변위(low lift)에서의 밸브 개폐량을 고려하여 상기 스윙암이 일정 각도 회전하는 동안 밸브의 변위가 0을 유지하도록 밸브와 접촉하는 상기 스윙암의 형상을 합성하는 제2단계를 포함한다.

### 효과

- <16> 엔진의 속도에 최적화된 흡기 및 배기 상태를 유지하도록 스윙암에 가변 장치를 부착하여 밸브 리프트를 연속적으로 가변시킴으로써, 불필요한 연료소모를 방지하고 엔진의 효율성을 극대화하는 효과가 있다.
- <17> 또한, 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치를 보다 간결하게 구성하여 실린더헤드의 높이를 낮추어 엔진의 부피를 감소시키면서 동시에 경량화할 수 있는 효과가 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <18> 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다.
- <19> 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치는, 도 2 및 도 3에 도시한 바와 같이 캠(10)의 회전에 의해 스윙암(20)을 회전시켜 흡기 및 배기 밸브(30)를 개폐하는 엔진의 밸브 리프트 장치에 있어서, 스윙암(20)의 접촉부(21), 변환링크(40), 변환 슬라이더(50), 및 구동부(60)를 포함한다.
- <20> 엔진의 실린더헤드에 설치되는 흡기 및 배기 밸브(30)의 상단부는 스윙암(20)의 일측과 접촉하고, 스윙암(20)의 타측은 실린더헤드에 고정된 선회측(29)을 통해 회전가능하게 결합되거나 피벗(pivot) 지지되며, 스윙암(20)의 접촉부(21)는 스윙암(20)과 분리되어 있고, 접촉부(21)와 스윙암(20) 사이에는 후술하는 변환링크(40)와 변환 슬라이더(50)가 형성된다.
- <21> 스윙암(20)의 일측에는 전후로 이동가능한 변환 슬라이더(50)가 형성되고, 변환 슬라이더(50)의 상부에는 변환

슬라이더(50)와 접촉하는 변환링크(40)가 위치한다. 이때, 변환링크(40)의 일측은 접촉부(21)에 고정되고, 타측은 스윙암(20)의 선회축(29)에 회전가능하게 결합되거나 피벗(pivot) 지지된다. 접촉부(21)는 일정한 반경을 가지는 롤러(미도시)일 수 있고, 상기 롤러는 변환링크(40)의 일측에 회전가능하게 결합될 수 있다.

<22> 또한, 스윙암(20)에 결합된 변환 슬라이더(50)를 전후로 이동시키는 구동부(60)는, 변환 슬라이더(50)의 일단에 형성되는 유압 공급부(61) 및 유압 공급부(61)에 의해 이동된 변환 슬라이더(50)를 유압 해제시에 복원시키는 복원스프링(69)을 포함한다. 이때, 도면에 도시하지는 않았지만, 유압공급부(61)는 오일펌프와 체크밸브가 연결되어 있는 오일공급부와, 전자제어 유니트(ECU)에 의해 제어되고 오일의 배출여부를 단속하는 솔레노이드밸브를 포함할 수 있고, 오일공급부를 통해 제공되는 오일이 체크밸브를 경유하여 지속적으로 공급되는 상태에서 오일공급부와 별도로 형성된 솔레노이드밸브에 의해 오일배출관로를 개방하여 오일 배출을 통해 오일의 압력을 조절할 수 있다. 즉, 오일을 공급하거나 배출하여 오일의 압력으로 변환 슬라이더(50)를 이동시킬 수 있는 유압공급부(61)라면 어떠한 구성의 형태라도 변형이 가능하다.

<23> 유압공급부(61)를 대신하여 별도의 캠(미도시)이나 스텝모터(미도시)에 의해 작동되는 래크(rack)와 피니언(pinion)를 사용할 수도 있다.

<24> 변환 슬라이더(50)가 유압공급부(61)에 의해 전진하게 되면 변환 슬라이더(50)는 변환링크(40)와 접촉할 수 없게 되므로, 변환링크(40)는 자중에 의해 선회축(29)을 기준으로 반시계 방향으로 회전하게 되고, 다시 변환링크(40)와 변환 슬라이더(50)는 접촉하게 되며, 스윙암(20)의 접촉부(21)는 캠(10)과 접촉하지 않는 상태가 된다. 즉, 캠(10)이 일정 각도 회전하는 동안에만 캠(10)과 접촉부(21)는 접촉하게 되고, 캠(10)의 형상이 변하는 것과 같은 효과가 발생하여 밸브(30)는 저변위(low lift)를 유지하게 된다.

<25> 한편, 변환링크(40)와 스윙암(20)의 사이 또는 스윙암(20)과 실린더헤드의 사이에 토션스프링(59)이 형성되어 있으면, 도 3에 도시한 바와 같이 변환링크(40)는 회전하지 않게 되고, 토션스프링(59)의 복원력에 의해 접촉부(21)를 제외한 스윙암(20)이 선회축(29)을 기준으로 시계방향으로 회전하여 변환링크(40)와 변환 슬라이더(50)는 접촉하게 되며, 접촉부(21)는 변함없이 캠(10)과 접촉한 상태를 유지하게 된다. 이때, 스윙암(20)이 회전하는 동안 밸브(30)의 변위가 0을 유지하여야 하므로 밸브(30)와 접촉하는 스윙암(20)의 형상 설계가 요구되는 것이다. 즉, 저변위(low lift)에서 캠(10)의 회전에 따라 접촉부(21), 변환링크(40) 및 변환 슬라이더(50)를 통해 스윙암(20)이 회전하는 경우, 스윙암(20)이 일정 각도 회전하는 동안 밸브(30)와 접촉하는 스윙암(20)의 형상에 의해 밸브(30)의 변위가 0을 유지할 수 있는 것이다.

<26> 또한, 스윙암(20)과 접촉하는 밸브(30)의 접촉면(30a)은 일정한 반경을 가지는 롤러로 형성될 수 있고, 변환링크(40)와 접촉하는 변환 슬라이더(50)의 상부에도 롤러가 형성될 수 있다.

<27> 상기와 같이 구성된 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 엔진의 연속 가변 밸브 리프트 장치의 기능 및 작용을 도 2 및 도 3을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

<28> 본 발명은 스윙암(20)의 접촉부(21)와 스윙암(20) 사이에 변환링크(40)와 변환 슬라이더(50)를 설치하여 변환 슬라이더(50)가 구동부(60)에 의해 어느 정도 병진 운동을 하였는가에 따라 접촉부(21)를 제외한 스윙암(20)이 선회축(29)을 기준으로 회전하게 되므로 밸브(30)의 개폐량을 변화시킨다. 이때, 구동부(60)는 유압공급부(61)를 통한 오일의 공급 및 배출에서 발생하는 유압의 변화를 이용하여 변환 슬라이더(50)를 이동시키는 것이 바람직하다.

<29> 고속 주행 상태에서는 도 2에 도시한 바와 같이 변환 슬라이더(50)가 우측에 위치하게 되고, 캠(10)의 회전에 따라 접촉부(21)와 변환링크(40)가 선회축(29)을 기준으로 회전하게 되며, 변환링크(40)와 접촉하고 있는 변환 슬라이더(50)에 의해 스윙암(20)도 선회축(29)을 기준으로 회전하여 밸브(30)는 고변위(high lift)를 유지하게 된다.

<30> 반면 저속 주행 상태에서는 도 3에 도시한 바와 같이 구동부(60)에 의해 변환 슬라이더(50)가 좌측으로 이동하게 되고, 토션스프링(59)의 복원력에 의해 접촉부(21)를 제외한 스윙암(20)이 선회축(29)을 기준으로 시계방향으로 회전하여 변환링크(40)와 변환 슬라이더(50)는 접촉한 상태를 유지하게 되며, 캠(10)의 회전에 따라 스윙암(20)이 일정 각도 회전하는 동안 밸브(30)와 접촉하는 스윙암(20)의 형상에 의해 밸브(30)의 변위는 0을 유지하게 되어 밸브(30)는 저변위(low lift)를 만족시키게 된다. 즉, 토션스프링(59)에 의해 스윙암(20)이 시계방향으로 회전한 각도만큼 밸브(30)의 변위는 0을 유지하는 것이다.

<31> 상기와 같이 저속 주행 상태에서 밸브(30)의 변위가 0을 유지하는 보상영역(compensation area)이 형성되므로 캠(10)의 형상이 변하는 효과를 얻게 되어 밸브(30)의 개폐량을 엔진의 운전 상태에 따라 연속적으로 변화시킬

수 있는 것이다.

<32> 한편, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 스윙암의 형상 설계방법은, 도 4 내지 도 9에 도시한 바와 같이 캠(10)의 회전에 의해 스윙암(20)을 회전시켜 흡기 및 배기 밸브(30)를 개폐하는 엔진의 밸브 리프트 장치에 있어서, 캠(10)의 형상을 합성하는 제1단계, 및 밸브(30)와 접촉하는 스윙암(20)의 형상을 합성하는 제2단계를 포함하며, 구체적으로 캠(10)의 기본 모델을 구성하여 고변위(high lift)에서의 밸브 개폐량을 만족하도록 캠(10)의 형상을 합성하고, 합성된 캠(10)의 형상과 저변위(low lift)에서의 밸브 개폐량을 만족시킬 수 있는 스윙암(20)의 위치변화를 고려하여 밸브(30)와 접촉하는 스윙암(20)의 접촉면(20a) 형상을 합성하는 과정을 거친다.

<33> [캠의 형상 합성단계]

<34> 도 4는 본 발명에서 캠(10)의 형상을 합성하기 위하여 사용한 모델이며, 캠(10)과 접촉부(21)의 접촉면(21a), 스윙암(20)과 밸브(30)의 접촉면(20a, 30a)이 모두 일정한 곡률 반경을 갖는다. 절대좌표계(X-Y)는 스윙암(20)의 선회축(29; pivot)을 중심으로 설정하고, 이동좌표계(x-y)는 캠(10)의 선회축(19)을 중심으로 설정한다.

<35> 도 5로부터 밸브(30)의 변위(D)와 스윙암(20)의 회전각( $\Psi$ ) 사이의 관계를 구하면 다음과 같다.

### 수학식 1

$$\begin{aligned} & (\kappa + \lambda)^2 - [R \sin(\gamma - \beta) - R \sin(\gamma - \beta + \psi)]^2 \\ & = [D(\theta) + \kappa + \lambda - R \cos(\gamma - \beta) + R \cos(\gamma - \beta + \psi)]^2 \end{aligned}$$

<36>

<37> 밸브(30)의 변위는 캠(10)의 회전각( $\theta$ )에 관한 식이므로 수학식 1로부터  $\theta$ 에 따른  $\Psi$  사이의 관계식을 구하면 다음과 같다.

### 수학식 2

$$\psi = \cos^{-1} \left( \frac{A^2 - B^2 - C^2 - R^2}{2R\sqrt{B^2 + C^2}} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{-B}{C} \right) - \gamma + \beta$$

<38>

<39> 수학식 2에서  $A=k+\lambda$ ,  $B=R\sin(\gamma - \beta)$ ,  $C=D+k+\lambda - R\cos(\gamma - \beta)$ 이다.

<40> 캠(10) 위에 설정된 이동좌표계에서 스윙암(20)의 운동을 관찰하면 스윙암(20)의 캠(10) 접촉곡선은 곡선군(family of curve)을 이루고, 이는 다음과 같이  $\theta$ 와  $\tau$ 에 대한 매개변수 함수로 표현된다.

### 수학식 3

$$x = -l \cos(\theta + \phi) + r \cos(\theta - \psi) + r_r \cos(\theta - \tau)$$

$$y = l \sin(\theta + \phi) - r \sin(\theta - \psi) - r_r \sin(\theta - \tau)$$

<41>

<42> 수학식 3과 같이 매개변수 함수로 표현된 곡선군에 대한 엔벨롭을 구하려면 다음 식을 만족하여야 한다.

### 수학식 4

$$\frac{\partial x}{\partial \theta} \frac{\partial y}{\partial \tau} - \frac{\partial x}{\partial \tau} \frac{\partial y}{\partial \theta} = 0$$

<43>

<44> 수학식 3과 수학식 4로부터 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

### 수학식 5

$$\tan \tau = \frac{l \sin \phi + r(1 - \psi') \sin \psi}{l \cos \phi - r(1 - \psi') \cos \psi}$$

<45>

<46> 수학식 5에서  $\Psi' = \partial \Psi / \partial \theta$  이다. 수학식 5를 수학식 3에 대입하면 x-y 좌표를 구할 수 있다. 이 좌표가 엔벨롭을 구성하고, 결과적으로 캠(10)의 형상이 된다. 고속 주행에 적합한 사이클로이드 운동(cycloidal motion)을 고변위에 만족하도록 설정하여 밸브(30)의 변위(D)에 적용하면 도 6에 도시한 바와 같이 합성된 캠(10)의 형상을 얻을 수 있다.

<47> [스윙암의 형상 합성단계]

<48> 상기 캠(10)의 형상을 사용하여 연속 가변 밸브 리프트(CVVL; Continuously Variable Valve Lift) 작용을 얻기 위하여 도 7에 도시한 바와 같이 스윙암(20)의 위치와 형태를 변화시킨다.

<49> 고변위를 필요로 할 때는 스윙암(20)의 기존 형상을 따라 밸브(30)가 운동하고, 저변위가 필요할 때는 도 7에 도시한 바와 같이 캠(10)과 접촉하는 스윙암(20)의 접촉부(21)의 위치가 A에서 B로 바뀌게 된다. 이에 밸브(30)의 변위가 0을 유지하여야 하므로 스윙암(20)과 밸브(30)는 보상영역(compensation area)만큼 떨어지게 된다. 이와 같은 상태에서 캠(10)이 구동하면 스윙암(20)이 반시계 방향으로 회전하여 보상영역을 지나며 밸브(30)는 변위 0을 만족시키고, 보상영역을 지나서는 기존 스윙암(20)의 형상과 밸브(30)가 접촉하여 원하는 밸브(30)의 변위를 얻게 된다. 그러므로 보상영역을 보상해줄 스윙암(20)의 형태가 필요하며, 그 합성과정은 다음과 같다.

<50> 접촉부(21)의 접촉면(21a)이 A에서 B로  $\eta$  만큼 회전하였을 때(도 7)의 밸브(30)와 스윙암(20) 관계를 표현하면 도 8에 도시한 바와 같이  $x_1-y_1$ 로부터  $x_2-y_2$ 로의 운동으로 표현할 수 있다. 스윙암(20)에서 관찰한 밸브(30)의 상대운동을 스윙암(20) 위의 좌표계에서 관찰하여 곡선군을 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 6

$$x_{sa} = \lambda \cos(\varepsilon) + K \cos(T) + (\lambda + \kappa + D) \cos\left(T + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$y_{sa} = \lambda \sin(\varepsilon) + K \sin(T) + (\lambda + \kappa + D) \sin\left(T + \frac{\pi}{2}\right)$$

<51>

<52> 수학식 6에서

$$K = R \sin(\gamma - \beta) - R \sin(\gamma - \beta - \eta)$$

<53>  $T = \gamma - \beta + \psi$  이다.

<54> 수학식 6에서  $\varepsilon$  은 밸브(30)와 접촉하는 스윙암(20)의 접촉면(20a) 곡선 위의 한 점을 나타내는 매개변수이고, D는 밸브(30)와 접촉하는 스윙암(20)의 접촉면(20a) 곡선의 위치를 나타내므로 곡선을 구별하는 매개변수이다. 곡선군에 대한 엔벨롭을 구하려면 다음 식을 만족하여야 한다.

### 수학식 7

$$\frac{\partial x_{sa}}{\partial \varepsilon} \frac{\partial y_{sa}}{\partial D} - \frac{\partial x_{sa}}{\partial D} \frac{\partial y_{sa}}{\partial \varepsilon} = 0$$

<55>

<56> 수학식 7로부터  $\varepsilon$  에 관한 식을 다음과 같이 얻을 수 있다.

### 수학식 8

$$\varepsilon = \tan^{-1} \left( \frac{(D + \kappa + \lambda) \frac{\partial T}{\partial D} - \frac{\partial K}{\partial D}}{K \frac{\partial T}{\partial D} + 1} \right) + T$$

<57>

<58> 수학식 8을 수학식 6에 대입하면  $x_{sa}$ ,  $y_{sa}$ 를 구할 수 있다. 이 좌표가 엔벨롭을 구성하고, 결과적으로 스윙암(20)의 형상이 된다. 밸브(30)의 설치각도( $\gamma$ )는  $130^\circ$ , 스윙암(20)의 접촉면(20a) 반경(k)은 20mm, 밸브(30)의 접촉면(30a) 반경( $\lambda$ )은 10mm로 설정하여 구한 엔벨롭은 도 9에 도시한 바와 같으며, 바로 스윙암(20)의 형상이 된다.

<59> [합성결과의 분석]

<60> 캠(10)의 형상 합성에 있어서 실제로 캠 기구의 운동 수행 가능 여부는 합성된 곡률반경을 구하여 판단할 수 있다. 합성된 곡률반경이 지나치게 작거나 또는 0인 경우에는 밸브(30)가 설계자가 지정한 운동을 수행하지 못하는 언더커팅(undercutting) 현상이 발생할 수 있으므로, 캠 기구 합성시 반드시 고려하여야 한다. 또한, 캠-밸브 기구에서 힘과 운동의 전달의 실효성을 나타내는 압력각(Pressure Angle)도 고려되어야 한다.

<61> 수학식 9와 같이 매개변수 함수의 형태로 곡선이 주어진다면 합성된 곡률반경은 수학식 10을 이용하여 구할 수 있다.

### 수학식 9

$$x = x(s)$$

<62>  $y = y(s)$

### 수학식 10

$$\rho = \frac{(x'^2 + y'^2)^{3/2}}{|x'y'' - y''x'|}$$

<63>

<64> 여기서

$$x' = \frac{dx}{ds}, y' = \frac{dy}{ds} \text{ 이다.}$$

<65>

<66> 수학식 10을 이용하여 합성된 곡률반경을 구하면 도 10에 도시한 바와 같다. 도 10에서 x축은 스윙암(20)의 회전각도( $\eta^\circ$ )이고, y축은 합성된 곡률반경( $\rho$  mm)이다. 합성된 곡률반경은 밸브(30)의 접촉면(30a) 반경(k)보다 크기 때문에 언더커팅 문제는 발생하지 않는다.

<67> 압력각은 스윙암(20)과 밸브(30)의 접촉점에서 법선벡터와 밸브(30)의 순간운동 방향과의 끼인각을 이용하여 구할 수 있다. 즉, 곡선이 매개변수 형태로 수학식 9와 같이 주어졌을 때 법선벡터는 수학식 11을 이용하여 수학식 12와 같이 압력각( $\delta$ )을 구할 수 있다.

### 수학식 11

$$x_{normal} = -\frac{y'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}$$

$$y_{normal} = \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}$$

<68>

### 수학식 12

$$\delta = \pi - \gamma + \beta - \eta - \tan^{-1} \left( \frac{y_{normal}}{x_{normal}} \right)$$

<69>

<70> 밸브(30)의 설치각도( $\gamma$ )는  $130^\circ$ , 스윙암(20)의 접촉면(20a) 반경(k)은 20mm, 밸브(30)의 접촉면(30a) 반경

( $\lambda$ )은 10mm로 설정하고, 수학적식 12를 이용하여 압력각을 구하면 도 11에 도시한 바와 같다. 그러나, 압력각은 대략  $0 \sim 40^\circ$ 가 되도록 하는 것이 적당하므로 밸브(30)의 설치각도( $\gamma$ )를 늘리고, 스윙암(20)의 접촉면(20a) 반경(k)과 밸브(30)의 접촉면(30a) 반경( $\lambda$ )을 크게 하면 스윙암(20)과 밸브(30) 사이의 압력각이 감소하는 것을 도 12 및 도 13에서 확인할 수 있다. 도 12는  $\gamma = 130^\circ$ ,  $\lambda = 30\text{mm}$ ,  $k = 30\text{mm}$  일 때의 압력각을 나타낸 것이고, 도 13은  $\gamma = 150^\circ$ ,  $\lambda = 30\text{mm}$ ,  $k = 30\text{mm}$  일 때의 압력각을 나타낸 것이다. 즉,  $\gamma$ ,  $\lambda$ , k를 적당히 조절하여 압력각을  $0 \sim 30^\circ$ 로 유지하는 것이 바람직하다.

<71> 본 발명에서 합성된 연속 가변 밸브 기구가 적절한 운동을 하는지에 대한 여부를 상용 해석 소프트웨어를 이용하여 해석하였고, 도 14는 상용 해석 소프트웨어 해석 모델이며, 도 15는 고변위에서 캠의 회전에 따른 밸브의 개폐량을 나타낸 것이고, 도 16은 저변위에서 캠의 회전에 따른 밸브의 개폐량을 나타낸 것이며, 도 17은 해석 결과로써 밸브 변위 선도를 캠의 회전각도 변화에 따라 나타낸 것이다. 도 15 내지 도 17에서 확인할 수 있는 바와 같이 고변위에서 저변위까지 캠의 회전각도에 따라 밸브의 개폐량이 연속적으로 변하게 되었다.

<72> 이상의 설명은 본 발명의 기술사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 개시된 실시예는 본 발명의 기술사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

## 도면의 간단한 설명

<73> 도 1는 종래 기술인 밸브 리프트 장치의 개략도.

<74> 도 2는 본 발명에 따른 고변위에서의 연속 가변 밸브 리프트 장치의 작동 단면도.

<75> 도 3은 본 발명에 따른 저변위에서의 연속 가변 밸브 리프트 장치의 작동 단면도.

<76> 도 4는 본 발명에 따른 캠의 형상 설계를 위한 밸브 리프트 장치의 개략도.

<77> 도 5는 본 발명에 따른 캠의 형상 설계를 위한 밸브 리프트 장치의 개념도.

<78> 도 6은 본 발명에 따른 캠의 형상도.

<79> 도 7은 본 발명에 따른 스윙암의 형상 설계를 위한 연속 가변 밸브 리프트 장치의 개략도.

<80> 도 8은 본 발명에 따른 스윙암의 형상 설계를 위한 연속 가변 밸브 리프트 장치의 개념도.

<81> 도 9는 본 발명에 따른 스윙암의 형상도.

<82> 도 10은 스윙암의 회전각도에 따른 합성된 곡률반경을 나타낸 그래프.

<83> 도 11은  $\gamma = 130^\circ$  ,  $\lambda = 10\text{mm}$  ,  $k = 20\text{mm}$ 에서 스윙암의 회전각도에 따른 압력각을 나타낸 그래프.

<84> 도 12는  $\gamma = 130^\circ$ ,  $\lambda = 30\text{mm}$ ,  $k = 30\text{mm}$ 에서 스윙암의 회전각도에 따른 압력각을 나타낸 그래프.

<85> 도 13은  $\gamma = 150^\circ$ ,  $\lambda = 30\text{mm}$ ,  $k = 30\text{mm}$ 에서 스윙암의 회전각도에 따른 압력각을 나타낸 그래프.

<86> 도 14는 본 발명에 따른 연속 가변 밸브 리프트 장치의 상용 해석 소프트웨어 해석 모델.

<87> 도 15는 본 발명에 따른 연속 가변 밸브 리프트 장치의 고변위 작동도.

<88> 도 16은 본 발명에 따른 연속 가변 밸브 리프트 장치의 저변위 작동도.

<89> 도 17은 본 발명에 따른 연속 가변 밸브 리프트 장치의 밸브 변위 선도.

<90> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

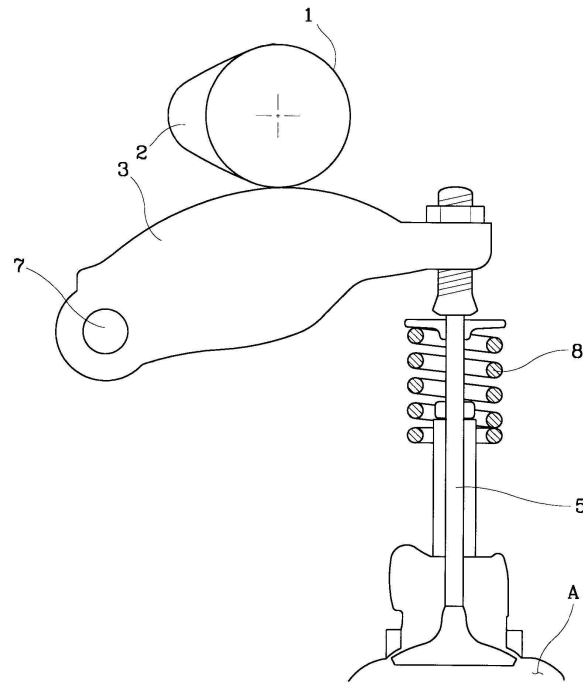
<91> 10: 캄 19, 29: 설회춘

<92>      20: 스윙암      20a, 21a, 30a: 접촉면

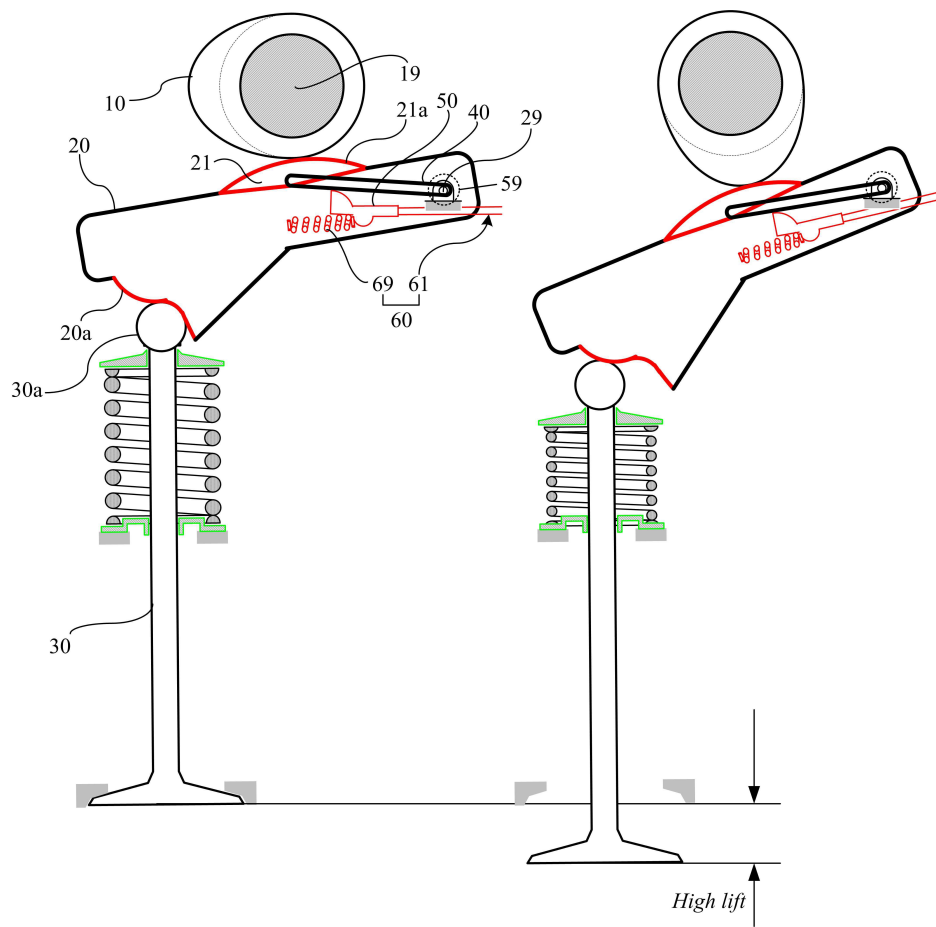
- |      |           |             |
|------|-----------|-------------|
| <93> | 21: 접촉부   | 30: 밸브      |
| <94> | 40: 변환링크  | 50: 변환 슬라이더 |
| <95> | 59: 토션스프링 | 60: 구동부     |
| <96> | 61: 유압공급부 | 69: 복원스프링   |

## 도면

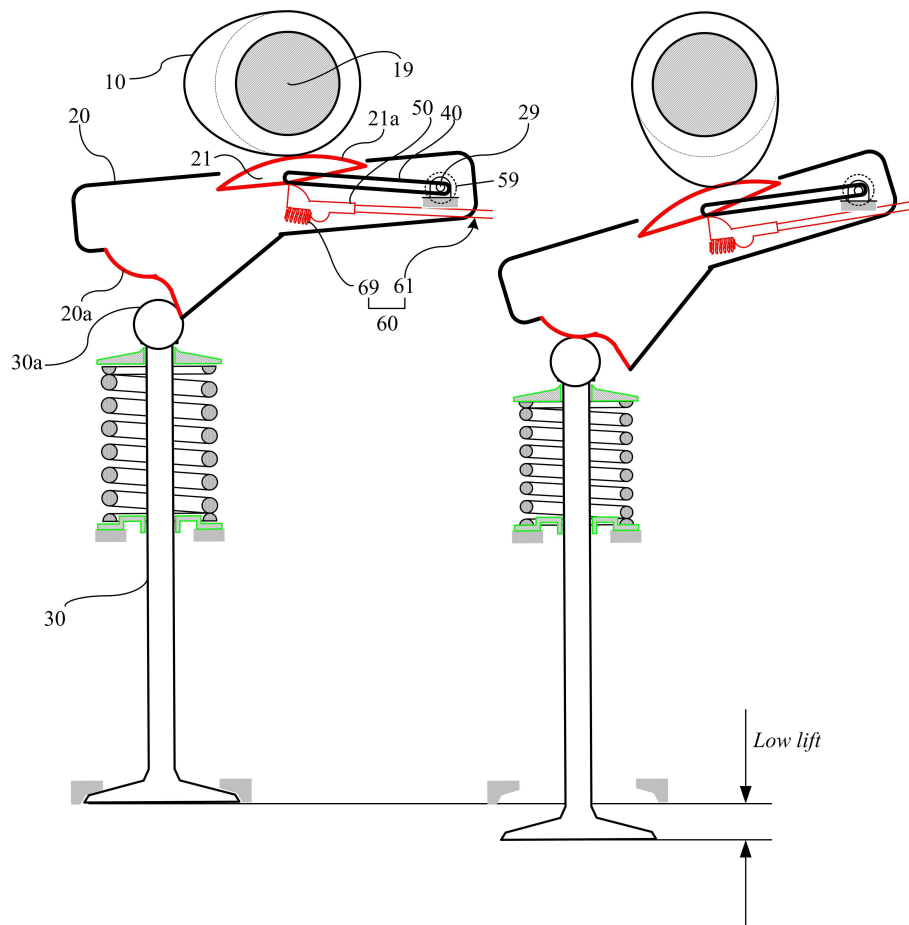
### 도면1



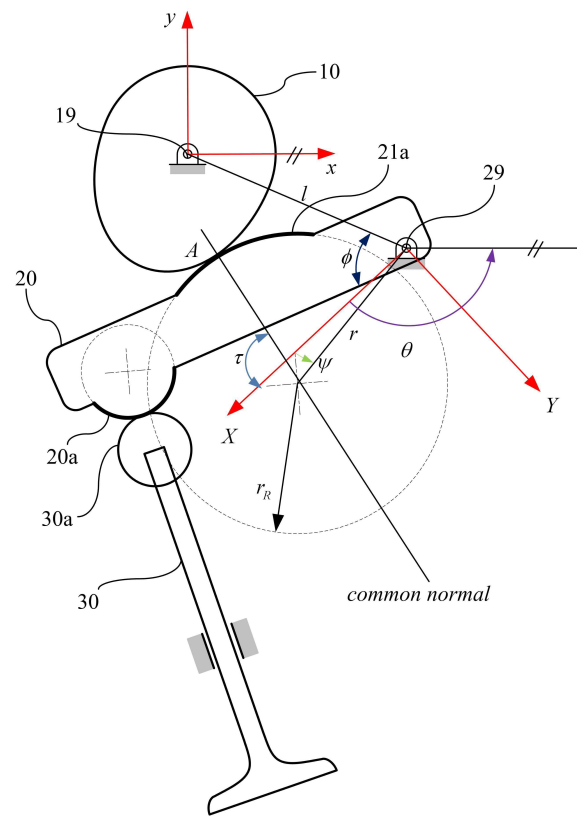
도면2



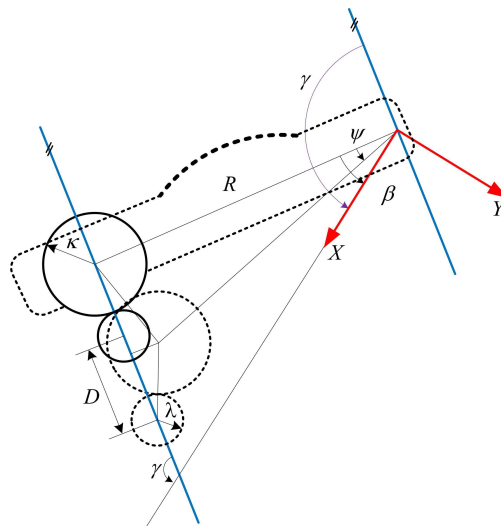
도면3



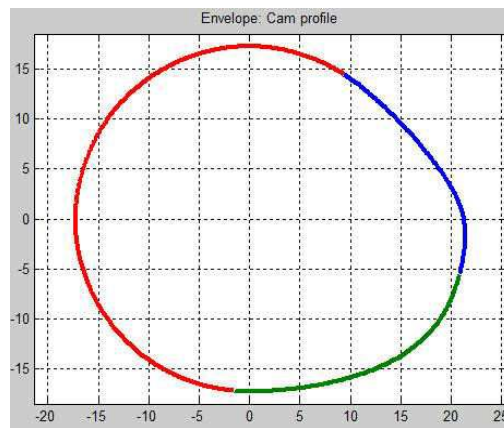
도면4



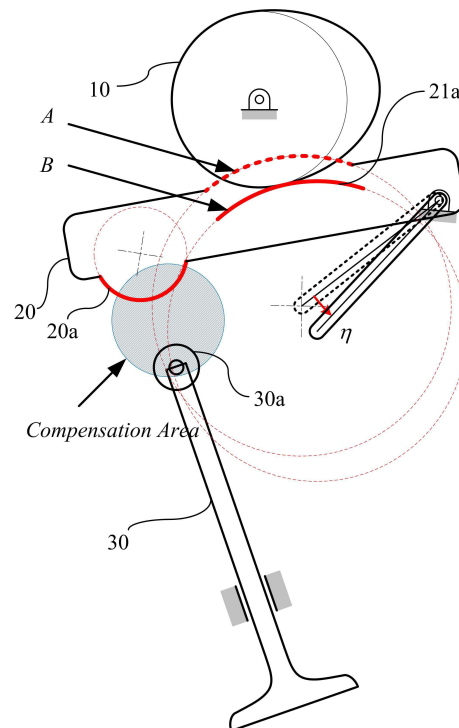
도면5



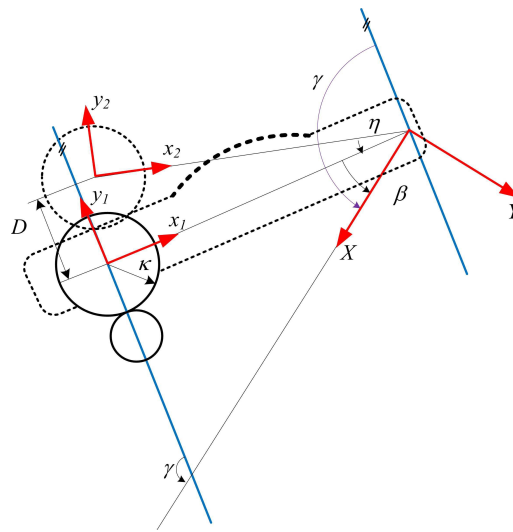
도면6



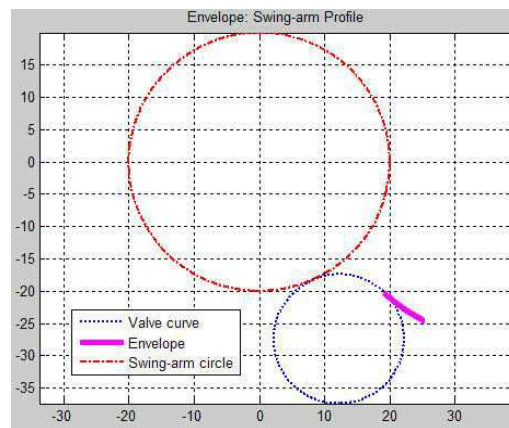
도면7



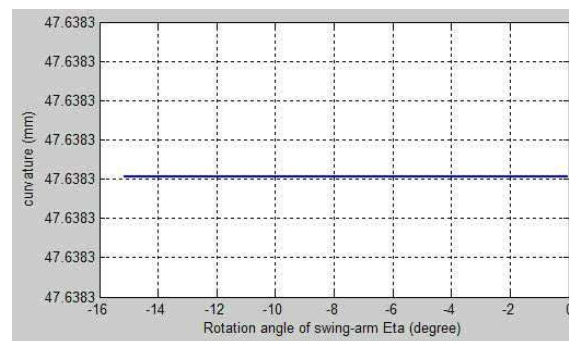
도면8



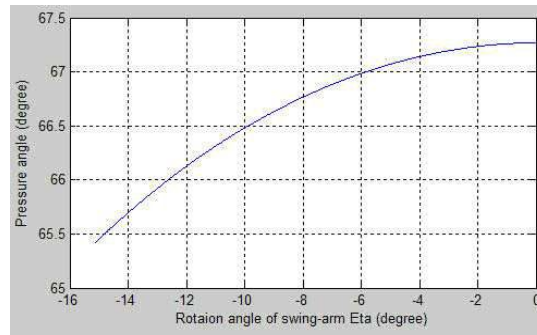
도면9



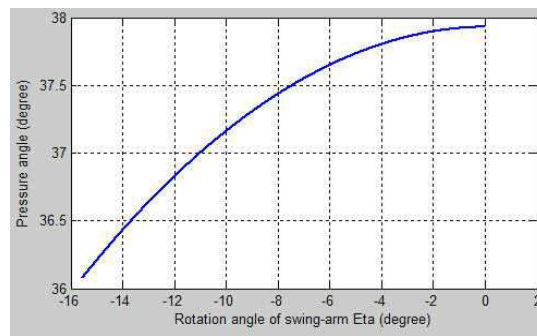
도면10



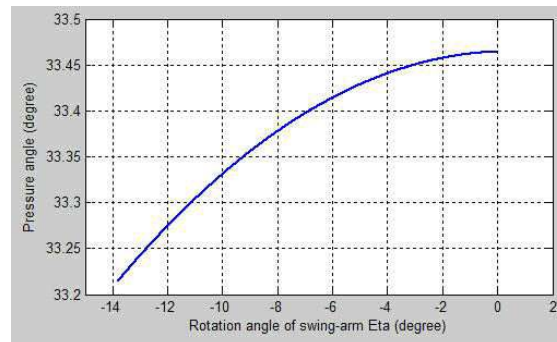
도면11



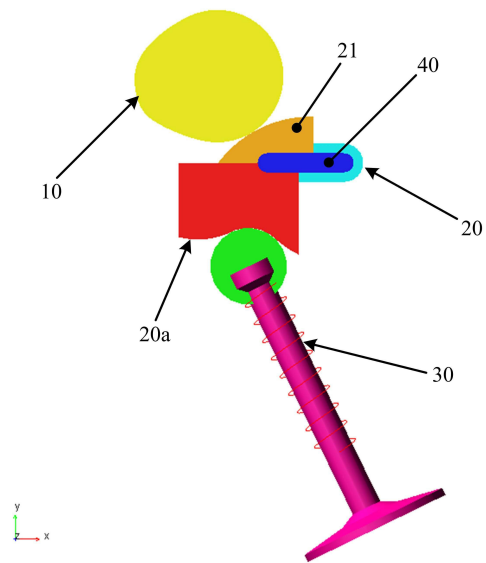
도면12



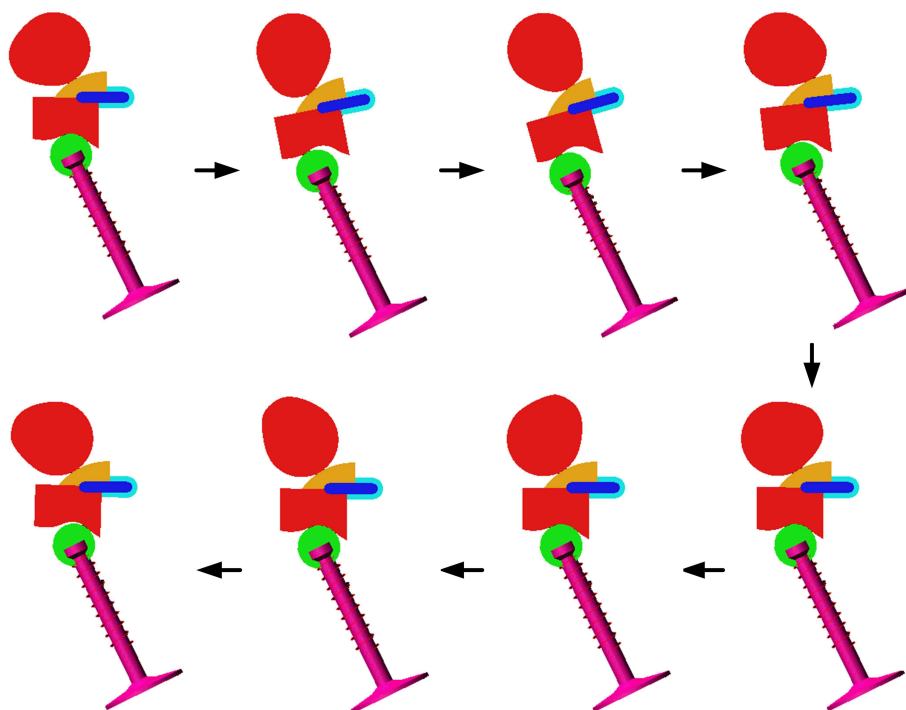
도면13



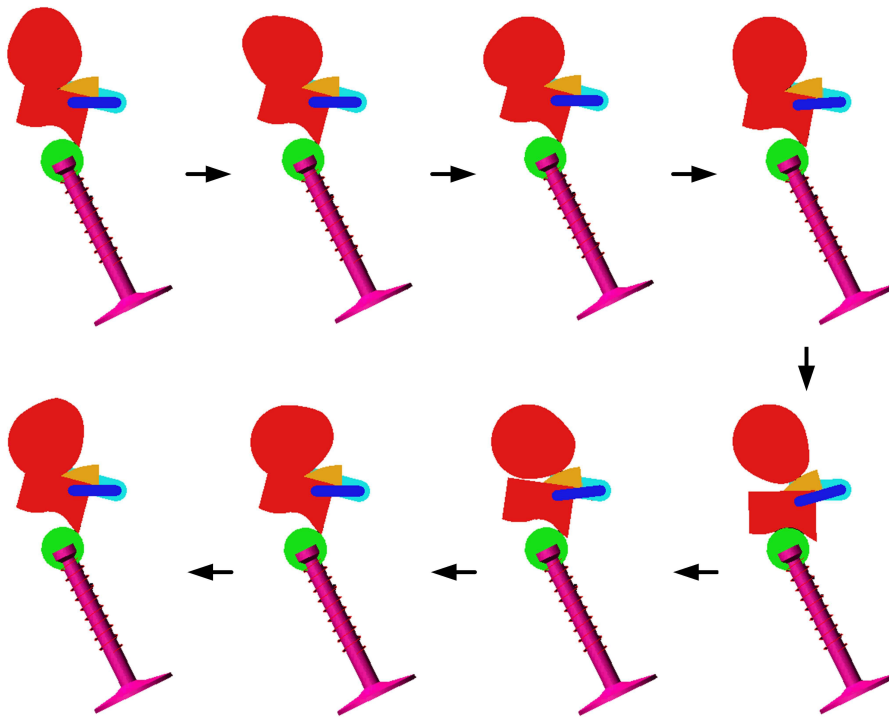
도면14



도면15



도면16



도면17

