

# 연료에 따른 엔진 배기밸브 및 시트인서트의 마모 연구 Study on Exhaust Valve and Seat Insert Wear depending on Fuel Type

\*김양수<sup>1</sup>, #전경진<sup>1</sup>, 홍재수<sup>1</sup>

\*Y.S. Kim<sup>1</sup>, #K.J. Chun(chun@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, J.S. Hong<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 실버기술개발단

Key words : Exhaust vale, Gasoline, LPG, Maximum roughness(Rmax), Seat insert, Wear

## 1. 서론

자동차 부품에서 특히 엔진에 사용되는 엔진 밸브와 시트 인서트는 고온, 고압, 고회전과 같은 가혹한 엔진작동환경 속에서 정상적인 작동을 하며 장시간 동안 제 성능을 발휘해야 한다. 엔진 밸브와 시트 인서트의 마모는 작지만 엔진의 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 엔진 밸브와 시트 인서트 마모와 마모를 일으키는 원인과의 관계를 명확하게 규명할 필요가 있다. 다이나모 실험은 고비용이 요구되고, 엔진작동환경을 구성하고 있는 부품들과 구동조건들이 종합적으로 변화하며 밸브와 시트 인서트의 마모에 영향을 미치기 때문에 밸브와 시트 인서트의 마모에 결정적인 영향을 미치는 엔진작동환경을 찾는 데 어려움이 따른다. 따라서 본 실험에서는 비용 측면에서 저렴하고, 밸브와 시트 인서트 마모와의 상관성을 좀 더 분명하게 파악할 수 있는 밸브 및 시트인서트 마모전용시험기를 사용하였다[1,2].

본 연구에서는 연료의 차이에 따라 밸브와 시트 인서트의 마모량에 어떤 차이가 나타나는지를 알아보기 위하여 마모전용 시험기에 LPG 연소 장비와 Gasoline 연소 장비를 연결하여 사용하고자 한다. 또한 실험조건은 힘 1960N, 속도 25Hz (3000 RPM)를 기준으로  $2 \times 10^6$  사이클 실험을 실시하고자 한다.

## 2. 실험장치

본 연구에서 사용한 마모전용시험기는 고온·엔진 내부환경에서 구동되는 배기밸브와 시트 인서트를 실험할 수 있도록 제작된 것이다. Fig. 1은 “밸브 및 시트 인서트 마모전용시험기” 시스템 그림이다.

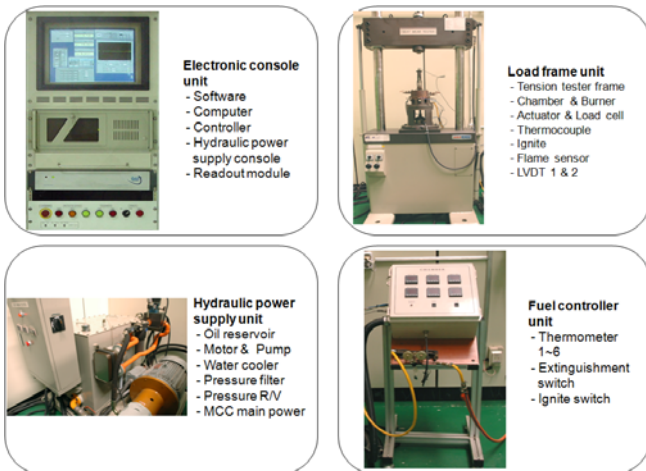


Fig. 1 Wear tester system

Fig. 2는 마모전용시험기에 연결되어 사용되는 LPG 연소 장치를 도식화한 그림이다. LPG 연료는 일반적으로 기체상태이기 때문에 연료탱크에서 나오는 양을 압력계까지로 조절하며 가스 솔레노이드 밸브와 써머커플의 신호로 실험온도를 연료제어장치에서 제어하게 된다.

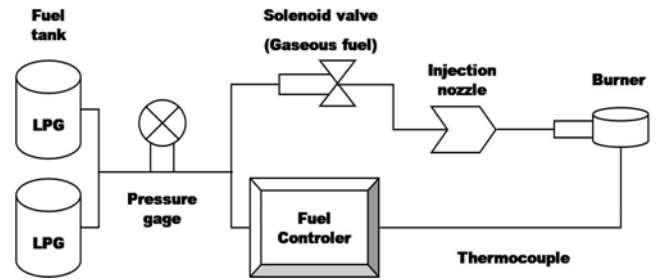


Fig. 2 Combustion system diagram for LPG fuel

Fig. 3은 마모전용시험기에 연결되어 사용되는 Gasoline 연소 장치를 도식화한 그림이다. Gasoline은 LPG와 다르게 액체상태의 연료이기 때문에 정량펌프로 적절한 압력을 조절하며 유량 솔레노이드 밸브와 써머커플의 신호로 실험온도를 제어하게 된다. 펌프에서 일정한 압력에서 이동되는 Gasoline은 250℃의 온도로 가열되는 기화기를 지나 분사노즐에서 공기와 섞여 버너에 보내지게 된다.

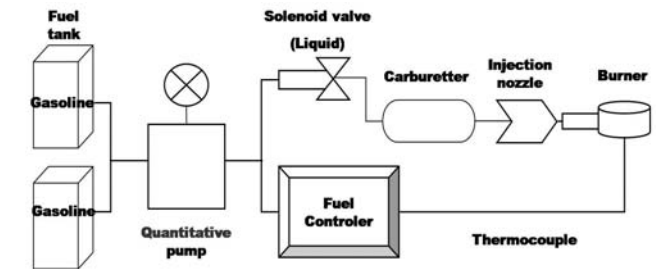


Fig. 3 Combustion system diagram for gasoline fuel

## 3. 실험조건 및 측정방법

실험 횟수는 2종류의 조건별로 6회씩이며, 총 12회의 실험을 실시하였다.

사이클 수는 실차의 밸브와 시트 인서트 개폐횟수를 의미하며, 사이클 수는  $2 \times 10^6$ 사이클이다. 엔진스피드는 25Hz를 사용하였고 이를 엔진회전수로 환산하면 3,000 RPM이 된다.

하중은 1,960 N (200 kgf)을 사용하여 실험하였으며 이 값에 밸브헤드의 면적을 곱하여 연소압력으로 환산하면 약 40 bar 정도가 된다[3].

온도는 실차의 밸브 착좌면 온도를 의미한다. 실험 중 밸브 착좌면의 온도를 측정하는 것은 구현이 힘들다. 따라서 본 연구에서는 시트 인서트 외경부의 온도와밸브 착좌면과의 온도 관계를 측정하였다. 이때 밸브 착좌면의 온도가 760℃일 때 시트 인서트 외경부의 온도는 350℃를 나타내었고 이를 기준하여 실험 온도로 설정하였다.

본 연구에서 사용한 실험 조건을 정리하면 Table 1과 같다.

Hz	25 (3,000 RPM)
Test temperature at the outer surface of the seat insert (°C)	350
Valve displacement (mm)	1.0
Times of valve opening and closing	2.0×10 <sup>6</sup>
Test load (N)	1,960
Fuel used	LPG or Gasoline

최대거칠기란 측정거리내에서 최대값과 최소값의 차이를 말한다. Fig. 4는 최대거칠기의 개념을 도식화한 그림으로, Measurement Length 는 밸브 착좌면과 시트 인서트의 착좌면이 맞닿는 Scanning area 중 원중심 방향쪽 측정기준을 의미한다.

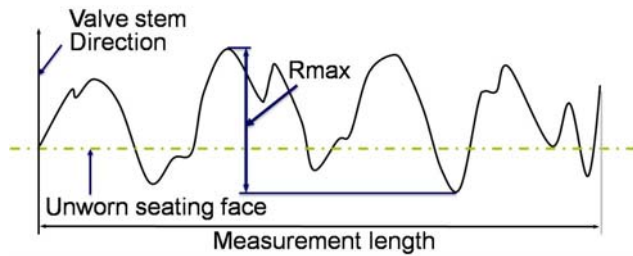


Fig. 4 Definition of Rmax

Fig. 5는 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 측정한 밸브 착좌면과 시트 인서트 착좌면의 측정위치를 나타낸 그림이다.

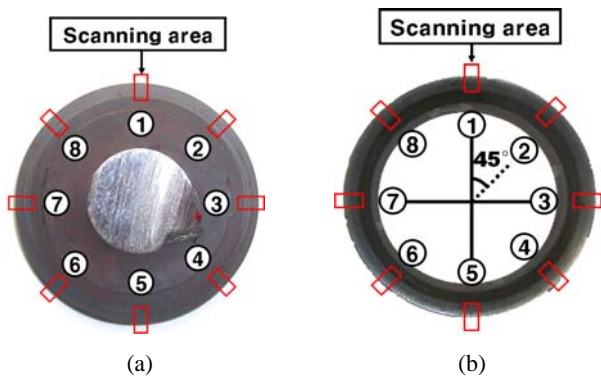


Fig. 5 Scanning areas of valve and seat insert. (a) Valve; (b) Seat insert.

각 시편별로 8개의 스캐닝영역(Scanning area)이 있으며, 각각의 스캐닝영역 위치는 밸브 착좌면과 시트 인서트 착좌면을 45° 단위로 나뉘었을 때 생기는 8개 포인트를 기준으로 설정되었다.

#### 4. 결론

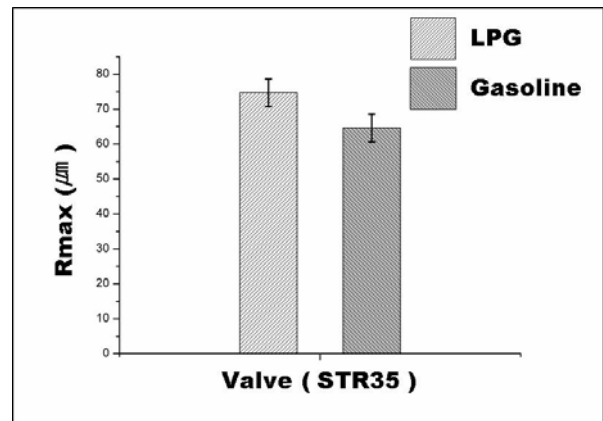
Table 2는 LPG와 Gasoline을 사용하여 각각 6개의 시편을 실험한 결과값과 평균값을 정리한 것이다. 이를 valve와 seat insert가 연료에 따라 마모량의 차이가 얼마인지 쉽게 알아보기 위하여 Fig. 6에 그래프로 나타내었다.

Table 2 Rmax values of valve seating face and seat insert seating face at LPG and gasoline fuel.

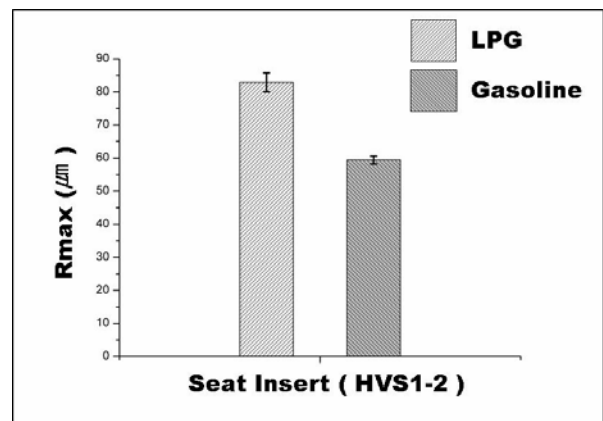
Fuel	Cycle s No.	Specimen	Specimens No.					Mean±SD [µm]	Wear rate [µm/10 <sup>6</sup> ]	
			1	2	3	4	5			6
LPG	2×10 <sup>6</sup>	Valve	71.8	79.8	75.4	78.8	71.1	71.5	74.7±3.9	37.4
		Seat Insert	80.1	83.1	88.4	82.5	82.6	80.7	82.9±2.9	41.5
Gasoline	2×10 <sup>6</sup>	Valve	69.1	64.1	66.5	65.3	65.5	57.1	64.6±4.0	32.3
		Seat Insert	60.4	57.8	60.9	59.7	59.4	58.0	59.4±1.2	29.6

LPG 연료로 실험한 밸브의 average Rmax는 2×10<sup>6</sup>사이클일 때 74.7µm이고, 37.4µm/10<sup>6</sup>cycles의 비율로 증가하였다. LPG 연료로 실험한 시트인서트의 average Rmax는 2×10<sup>6</sup>사이클일 때 82.9µm이고, 41.5µm/10<sup>6</sup>cycles의 비율로 증가하였다.

Gasoline 연료로 실험한 밸브의 average Rmax는 2×10<sup>6</sup>사이클일 때 64.6µm이고, 32.3µm/10<sup>6</sup>cycles의 비율로 증가하였다. Gasoline 연료로 실험한 시트인서트의 average Rmax는 2×10<sup>6</sup>사이클일 때 59.4µm이고, 29.6µm/10<sup>6</sup>cycles의 비율로 증가하였다.



(a)



(b)

Fig.6 Average Rmax at 25Hz, 2×10<sup>6</sup>. (a) Valve; (b) Seat insert

Fig. 6을 분석한 결과 LPG 연료로 실험한 시편의 평균 최대 거칠기값이 Gasoline 연료로 실험한 시편의 평균 최대 거칠기값보다 valve는 14.5%, 시트 인서트는 29.4% 더 크게 나온걸 알 수 있다.

#### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원에서 지원한 생산기술연구사업으로 수행하였습니다.

#### 참고문헌

1. R. Lewis, R.S. Dwyer-Joyce, G. Josey, "Investigation of Wear Mechanisms Occurring in Passenger Car Diesel Engine Inlet Valves and Sear Inserts", SAE Paper 1999-01-1216, 1999
2. W. Giles, "Valve Problems with Lead Free Gasoline," SAE Technical Paper 710368, 1971
3. K. J. Chun, J. H. Kim, J. S. Hong, "A study of exhaust valve and seat insert wear depending on cycle numbers", Wear, Vol. 263, pp.1147-1157, 2007