

碩士學位論文

가솔린 엔진의 負荷에 따른 실린더
溫度特性에 關한 研究

濟州大學校 大學院

機械工學科



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

洪 性 燦

1998年 6月

가솔린 엔진의 負荷에 따른 실린더
溫度特性에 關한 研究

指導教授 權 麒 麟

洪 性 燦

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

1998年 6月

洪性燦의 工學碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 _____

委 員 _____

委 員 _____

濟州大學校 大學院

1998年 6月

An Experimental Study on Cylinder Temperature
characteristic of Gasoline Engine by Load

Sung - Chan Hong

(Supervised by professor Ki - Rin Kwon)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1998. 6

목 차

SUMMARY	1
I. 서 론	2
1. 연구의 배경	2
2. 종래의 연구 동향	3
3. 연구 목적	5
II. 실험장치 및 실험방법	7
1. 실험 장치	7
2. 실험방법	10
III. 결과 및 고찰	17
1. 부하에 따른 운전가능 토크 측정	17
2. 실린더 원주 방향 온도측정	19
3. 실린더 흡동 방향 온도측정	28
4. 부하에 따른 온도와 무부하 상태의 온도 비교	34
IV.결 론	37
V.참고문헌	39

감사의 글

SUMMARY

The purpose of this study is to prevent the stick, scuffing, scratch between piston and cylinder in advance, to obtain data for duration test in actual engine operation. Therefore, temperature gradient in peripheral and axial distribution of cylinder bore according to torque and speed of engine were measured in use of 800cc class gasoline engine.

The results obtained are summarized as follows ;

- 1) The temperature of cylinder wall at TDC is about 50~75°C higher than temperature of cooling water.
- 2) The rear side temperature of top dead center is 141°C (1/4 load) in axial distribution, whereas the rear side of midway position temperature is 98°C.
- 3) The temperature of cylinder increases in according to rising temperature of cooling water.
- 4) The thrust side temperature of cylinder is about 15°C in all load test.
- 5) The rear side temperature of top dead center is 159°C (1/2 load) in peripheral distribution, it is about 39°C higher than thrust side temperature.

I. 서론

1. 연구의 배경

자동차 엔진은 기술의 발전에 따라 개발 시에는 우선 고출력화, 경량화, 저소음화, 저배기화, 저연비를 만족시켜야 한다. 그러나 엔진이 다른 기계와 비교해서 가장 어려운 점의 하나는 구성부품, 특히 운동부품이 고온에서 작동하기 때문에 고온에서 내구성을 저하시키며 온도에 미치는 문제점을 재료의 내열성, 열팽창, 열변형으로 지적하고 있다(榎本 良揮, 1986).

이로 인해 기관의 고속화나 출력의 증대시 필수적으로 대두되는 중요한 문제점으로 기관이 고속, 고부하가 되어 어느 한계를 초월했을 때는 엔진의 출력이 급격히 저하되거나, 배기가스 누설이 현저하게 증가하며 부품의 열팽창으로 인한 피스톤 링의 고착, 실린더와 피스톤 링의 마모촉진, 윤활유 소비량의 증가, 소음 발생, 엔진의 이상현상이 증대하게 된다(橫堀, 1947. 藤本, 1990).

최근 엔진 설계 경향으로서 경량화를 목적으로 실린더와 실린더 사이에 충분한 Water jacket을 두고 있지 않은 예가 점점 많아지고 있고, 이 경우 인접한 실린더 벽면온도는 엔진의 내구성상 중요한 측정 개소의 하나라고 지적하고 있다(高松, 1986).

한편 H. S. Lee(1989)에 의하면 현재 한국의 자동차공업 중 엔진 분야는 대부분 외국 기술에 의존한다고 지적하고 있으며, 실린더 블록에 있어서도 열 응력 및 열 변형 문제는 엔진 성능과 진동특성에 큰 영향을 미치고 있다고 보고되고 있다.

실린더 상부의 경우 윤활면에서 250℃를 넘을 경우 엔진 오일의 점도 저하, 경계 윤활층의 노화 및 산화가 심해지며 오일 산화에 의한 피스톤링 고착의 원인이 되며, 古田(1981)에 의하면 실린더 표면온도 160℃ 이상에서는 오일의 증발로 인하여 윤활유 소비가 급격히 증대하고 180℃ 이상에서부터 윤활유에 의해 카본 부착이 심해지고 있다고 지적하고 있다(古浜, 1984).

Blow-by나 윤활유 소비 또는 피스톤 운동에 의한 소음의 관점으로부터 피스톤과 실린더 사이의 간극은 될 수 있는 한 작게 취하는 것은 대단히 중요하고, 엔진 설계상 최대의 포인트로 작용하고 있다. 그러나 실린더 내면이 진원으로 정밀하게 가공되어 있어도 실린더의 온도분포가 일정하지 않거나, 운전중 변형이 일어나서 피스톤링 면과의 접촉이 일정하지 않아서 윤활유 소비의 증대나 Blow-by 등의 이상현상 증대를 초래하게 된다.

따라서 엔진의 내구성을 높이기 위해서는 연소실 주변의 온도를 정확하게 파악하고, 온도를 높이는 인자와 그 영향을 명확하게 해서 그것에 의한 충분한 냉각 대책을 세워야 한다. 그러나 실린더와 피스톤 각부의 온도를 FEM계산 등에서 예측하기 위해 시도되고 있지만, 응력계가 복잡하기 때문에 현 단계로서는 불확실한 입장이며, 이것을 대처하기 위해 유익한 자료도 충분하지 않으므로 실동중의 실린더 온도분포를 측정하여 소손이나 소착을 방지하고 내구성 있는 엔진 설계를 위해 기초 자료를 활용하는 것은 필수적인 것으로 여겨진다(古浜, 1984).

2. 종래의 연구 동향

최근 자동차용 엔진은 고속부터 저속까지 충분한 출력과 토크를 낼 수 있어야 한다. 고출력, 고폭크, 안정된 연소, 정숙성, 신뢰성, 내구성 등을 지향하고 있으며,

이를 위해 실린더블록의 경우는 열부하와 미끄럼 속도, 블로우바이, 윤활유 소비가 최대의 과제이다.

1986년 Nissan자동차(주)의 승용차용 엔진연구 개발동향을 보면 Twin-cam Engine의 경우, 직렬 4기통 Twin-cam, 직렬 6기통 Twin-cam, V형 6기통 Twin-cam의 각 엔진 기술이 발표되고 있으며, 이러한 엔진은 고성능화를 꾀한 것이고, 이를 위해서는 고출력이면서 저속 중속에서도 취급하기 쉽고, 실용성을 갖춘 유연한 운전성과 뛰어난 정숙성을 목표로 삼았다(石田 등, 1986).

직렬 4기통의 경우, 소형화, 경량화는 물론, 저속 및 중속에서 사용하기 쉽고 경제성을 중시하며, 직렬 6기통의 경우는 2000cc급 이상으로서 최고성능과 스포티를 지향하며, V형 6기통은 고성능을 갖춘 최고봉 엔진으로 되어 있다.

고출력을 만족시키기 위해 피스톤의 고속화 설계는 관성력과 열 부하 증대에 따른 대응책이 주요한 포인트이며 이들은 피스톤 관면으로부터 열 흐름, 스커트부의 열 팽창 계수, 스커트부의 강성, 스커트부의 스틸 삽입으로 열팽창을 줄이고 스커트부의 강성이 높은 오토써머틱(Autothermatic) 타입을 채용하고 있으며, 그의 주된 이유는 저소음 측면의 해결과 소착되지 않도록 하고있다(古浜, 1984).

소착측면에서 보면 일반적으로 피스톤은 고부하시는 피스톤의 팽창량을 실린더보어가 구속하게 되는데, 이 늘어난 양을 실린더보어가 누르는 힘을 오버랩 반력(Reaction Force by Over-Lap)이라고 부르고 있고 내소착성의 하나의 지표로 삼고 있다(厚木自動車部品(株)).

오토써머틱 타입에서는 열팽창이 적기 때문에 열 부하 증대에도 불구하고 오버랩반력을 종래대로 유지하면서 조립간극을 작게 할 수 있었다. 이와 같이 고출력화로 인한 승용차 엔진의 급격한 기술변화 중 1996년 현재 신 엔진 개발시 핵심기술 과제로서 저 소음 측면에서의 스커트의 클리어런스, 강성, 소음, 영구변형, 진동의

고려나 또한 소착 측면에서의 오버랩 반력 등으로 좁혀지며, 이 과제에 대한 기술적인 해결이 어느 한 부품의 해결만의 문제가 아니고, 연관 부품을 동시에 연구해 나가지 않으면, 열 부하 대응 엔진에 만족할 만한 결과를 얻기는 매우 힘든 실정이다.

특히 실린더 블록의 경우 연소실 열이 피스톤과 피스톤 링을 경유해서 실린더 벽으로 80%이상이 전달되고 있기 때문에 회전수 및 엔진 부하에 따른 온도분포의 변동이 예상되며 인접한 실린더간의 각 방향별로 균일한 냉각구조의 확인이 소음과 소착에 대응하는 중요한 인자라고 예상되지만, 국내의 경우 저소음 측면이나 소착 측면에 대한 대응 즉, 실동상태에서 열 변형 문제가 엔진 성능에 미치는 영향에 관해서는 거의 전무한 상태이며 외국기술에 의존하고 있는 실정이다.

3. 연구 목적

본 연구에서는 800cc급 가솔린 엔진을 사용해서 각 부하별 회전수를 변화시키면서 부하에 따른 측정 가능한 엔진의 회전수를 변동시켜 냉각수 온도를 80℃로 일정하게 유지시키면서 실린더 보어에 있어서 원주방향 및 습동방향의 온도 구배를 온도 기록계를 사용하여 24 point를 동시에 실측하였다.

이것은 실동 엔진 운전시 예상되는 피스톤과 실린더 사이에서 소손, 소착등의 신뢰성 현안을 미연에 추출하고, 신규 엔진 개발시 내구 개시 가부에 대한 사전 판단과 개발 예산을 줄이는데 크게 기여하기 위하여, 본 연구에서는 무부하 상태에서 엔진의 회전수를 변동시켜 실린더 온도를 측정하고 그 결과 비교 분석하여 실제로 운행중인 자동차 엔진의 작동 온도를 측정하는 효과를 얻을 수가 있으며 엔진 설계에 필요한 충분한 피스톤 스커트 오버랩 량과 반력을 상정하여 피스톤 프로파일 조립 크리어런스등

피스톤 설계에도 기여할 수 있도록 하였다.

특히, 실린더 벽면 온도 측정 수단으로서 JSME 007에 의거하여 실린더 내면의 측정 점으로부터 실린더 면에 직각으로 특수 고속 핸드 드릴에 의해 $\phi 3.5$ 의 수직 Hole 까지 $\phi 0.8$ Hole을 관통시켰으며, $\phi 0.8$ 의 Hole로부터 $\phi 0.15$ Wire를 $\phi 3.5$ 의 Hole을 통해서 실린더 상면으로 인출시킬 수 있도록 가공한 후, 열전대 소선을 실린더 내면의 측정점으로 인출시켜 열 접점을 형성시켰으며, 리드 선은 냉각수가 누설됨이 없도록 기관 외부로 인출시키는데 성공하였고, 다른 기관 구성 부품에도 본 측정의 응용 가능성을 확인하였다.



Ⅱ. 실험장치 및 실험방법

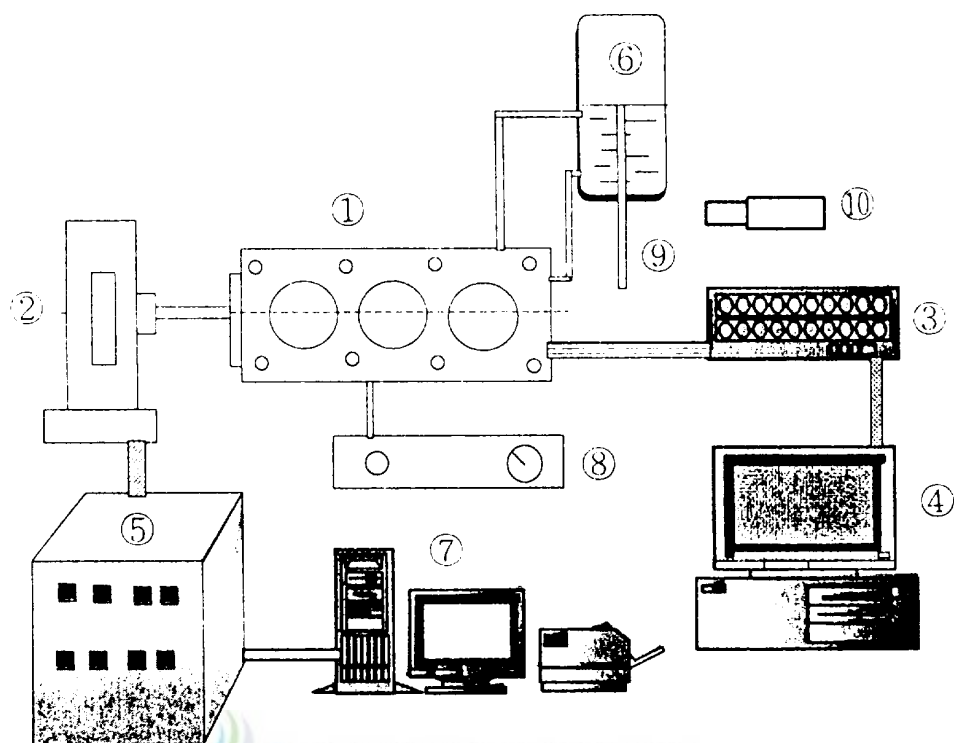
1. 실험 장치

1) 공시 기관

본 연구에 사용된 엔진은 아시아 자동차(주)의 제품으로서 내경×행정=70×69mm, 3실린더 기화기식 가솔린 기관을 사용했으며 그 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Test engine

Item	Content
Type of engine	CD800
Type of cooling system	Water cooling
Cylinder arrangement	3-line type
Cycle	4 cycle
Bore × Stroke	70×69 mm
Piston displacement	796cc
Maximum torque	6.0 kg-m/3600rpm
Maximum brake horsepower	40 ps/5600rpm
Compression ratio	9.5
Ignition timing	5° ± 2° BTDC
Lubrication system	Full flow
Fuel supply type	Carburetor type



- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Gasoline engine | 6. Water cooling tank |
| 2. Dynamometer | 7. Personal computer |
| 3. Digital point temperature recorders | 8. Furl tank |
| 4. Personal computer | 9. Drain valve and pipe |
| 5. Dynamometer controller | 10. Timming light |

Fig. 1 Schematic diagram experimental apparatus

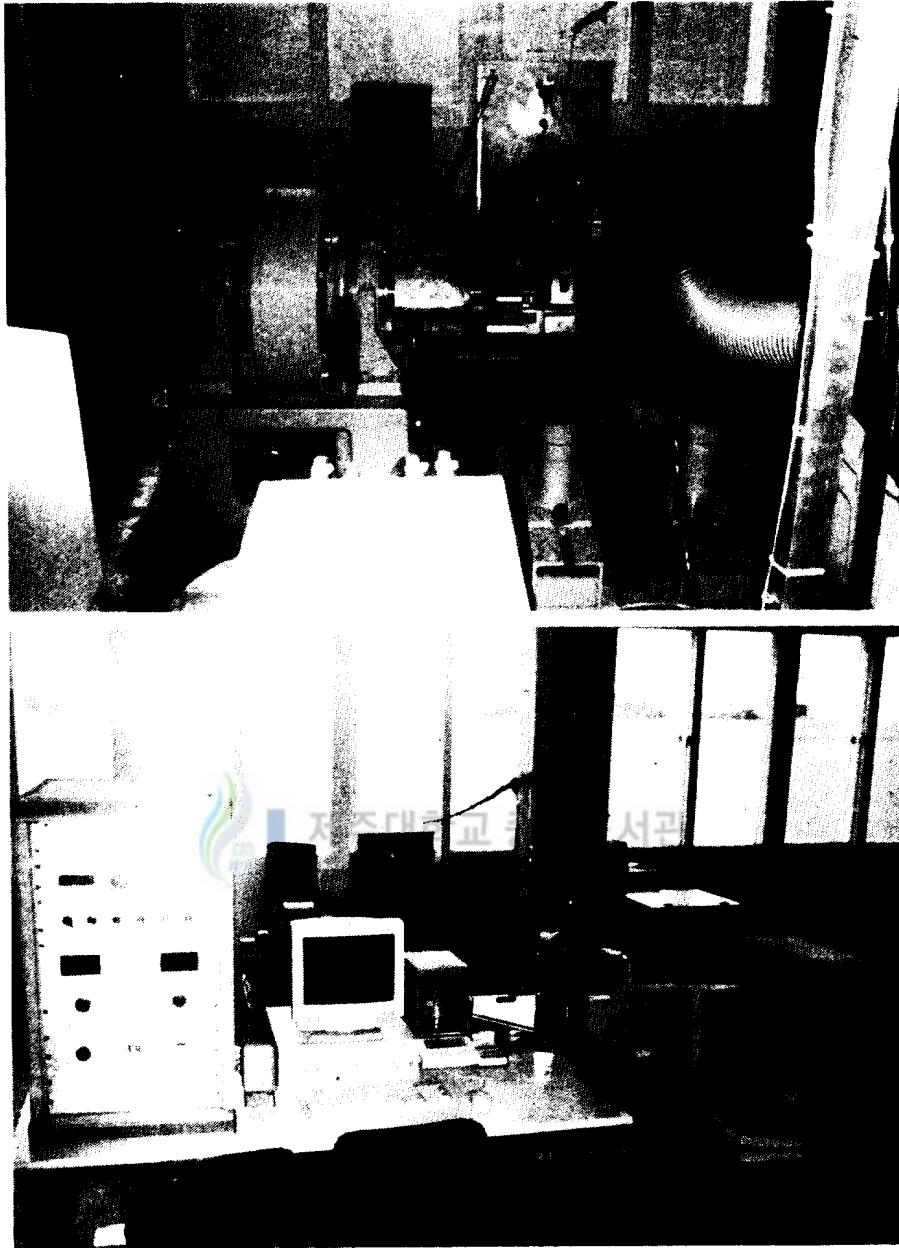


Photo. 1 Photo of test engine

2) 실험 장치

본 실험에 사용된 실험 장치의 배열도는 Fig. 1과 같고 Photo. 1 은 본 실험 장치의 전경을 나타낸다. 주요 구성부로서는 다이나모메타 및 콘트롤러, PC, 다점 온도 기록계, 디지털 온도 기록계, 냉각수 온도 조절 탱크, 연료 탱크, RPM 게이지등을 사용했으며, 열전대는 Front부와 Rear부 10점, Thrust와 Anti-thrust부 10점, 상사점 원주 45° 방향 4점, 냉각수 출구부 1점, 배기가스 대기관 1점등 총26점으로 구성되어 있다.

2. 실험방법

1) 온도측정 방법

실린더의 온도 측정은 직경 0.15mm의 J-Type 열전대를 은접점으로 형성시켜 실린더 벽면에 설치하였다. 피스톤 Crown부에 들어온 열량의 80% 이상이 제1압축링을 통하여 실린더 벽에 전달되기 때문에 Piston이 TDC에서 제1압축링이 일치하는 중심부 위치(5.7mm)와 BDC에서 제1압축링이 일치하는 위치(79.25mm)사이를 5등분하여 Fig. 4와 같이 엔진의 앞쪽을 Front부, 2번 실린더와 인접한 부분을 Rear부, 폭발행정중에 피스톤이 접하고 있는 측을 Thrust부, 이와 반대쪽을 Anti-thrust부로 정하고 각 방향에 20점과 횡방향의 경우 원주방향을 8등분하여 Front, Rear, Thrust, Anti-thrust부를 제외한 45° 방향에 4점(5.7mm)을 설치하였다.

운전에 있어서 점화시기는 각 회전수마다 MBT(Minimum advance for best

torque)로, 냉각수 온도는 $80 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 제어하여 측정하였다. 측정은 이러한 조건이 갖춰진 후 실린더 벽면의 온도가 각 회전수에서 정상 온도가 유지되도록 하기 위해 한 조건에서 약 20분 정도 운전을 한 후 다점온도 기록계의 온도가 $80 \pm 1^\circ\text{C}$ 를 계속 유지시킨 후 측정을 시작하였다.

측정범위는 Throttle valve를 완전히 개방시킨 상태를 Full load라 정하고 이를 4등분하여 1/4 load, 1/2 load, 3/4 load로 정하여 이때 측정 가능한 엔진의 회전수와 Torque에서 엔진의 냉각수온도를 $80 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 맞춘 후 5분 정도 각 측정부위의 온도를 측정한 값의 평균값으로 나타내었다.

실린더 벽에 Water jacket이 있는 경우와 없는 경우에는 Fig. 2 (a), (b)와 같이 제작하였으며, Fig. 3은 제1번 실린더와 제2번 실린더 사이에 위치한 제1번 실린더 Rear부의 열전대 설치를 위한 실린더 블록 가공도이다.

Fig. 4 (a)는 측정 실린더의 각부 명칭을 나타내고 있으며, (b)는 실린더내부에 있어서, 피스톤이 상사점과 하사점에 위치하고 있을 때의 제1압축링 중앙부에 실린더 블록 측정점이 위치하고 있는 것을 나타내고 있다. (c)는 실린더 블록의 종방향과 횡방향의 측정 포인트중 횡방향의 측정 위치를 나타내고 있다.

TDC에서 횡방향센서는 Front, Rear, Thrust, Anti-thrust 각 방향의 45° 위치에 1점씩 설치하여 종방향 TDC 4점과 합쳐 계 8점의 온도 분포를 파악할 수 있도록 하였다.

실린더블록 표면온도 측정을 위한 열접점은 Fig. 5와 같이 실린더 표면에 $\phi 0.8\text{mm}$ Hole을 특수 드릴을 사용하여 가공하고 Fe-Co(J type) 열전대선을 넣어 $\phi 1\text{mm}$ 정도의 열 접점을 형성시키고 열 접점이 압력에 의해 빠져나가지 못하도록 하기 위해 10° Taper 가공을 하였으며 특수 메탈 본드를 사용하여 열전대 소선에 소량의 본드를 바르면서 헤어드라이어로 가열하면서 메탈본드를 충분히 용입시켜 냉각수의 누설을

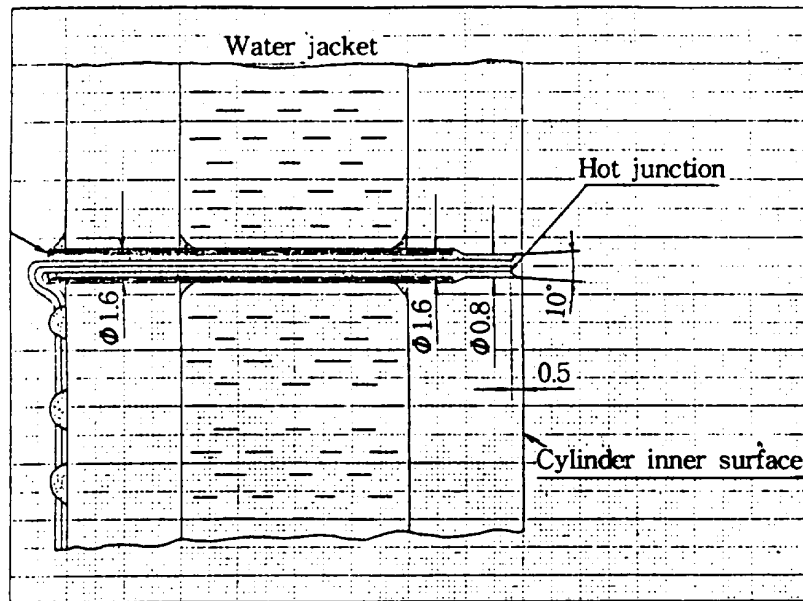
방지하도록 하였다. 또한 은접점이 실린더 표면과 동일한 위치가 되도록 리드선을 실린더외부에서 가볍게 잡아당기면서 열 접점이 실린더 표면과 동일한 형상을 유지하도록 정교하게 연질 동해머로 Hammering하고, Sand paper(#1,000)로 마무리 연마하여 피스톤 왕복운동시 피스톤 링과 피스톤의 손상 및 이로 인한 열 접점의 손상을 방지하도록 제작하였다.

2) 냉각수 온도 측정

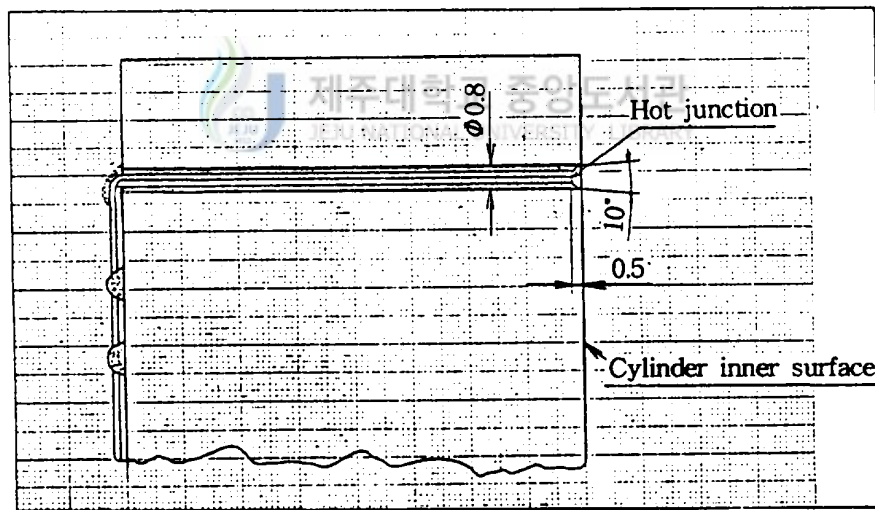
일반적으로 엔진 출구(써모스태트)수온이 대표점으로 측정되기 때문에, 본 실험에서도 써모스태트의 위치에 센서가 정확히 관의 중심부에 위치하도록 자체 제작한 센서로 설치하였다.

M6 미터 나사에 1.3mm Hole을 관통하여 Fe-Co 0.15mm 소선을 관통시켜 1mm 스테인레스튜브에 넣어 관의 중앙에 열 접점이 위치하도록 하였으며 냉각수가 새지 않도록 메탈 본드로 완전히 고정시켰다.

냉각수 온도 측정은 엔진의 부하 및 회전수 변화에 따라 수시로 변화하기 때문에 냉각수 조절탱크 입구에 냉각수 조절 밸브를 설치하여 냉각수 유입량을 조절하면서 엔진의 냉각수 온도는 $80 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지시켰다.



(a) Cylinder inner wall with water jacket



(b) Cylinder inner wall without water jacket

Fig. 2 Taking method from cylinder inner wall

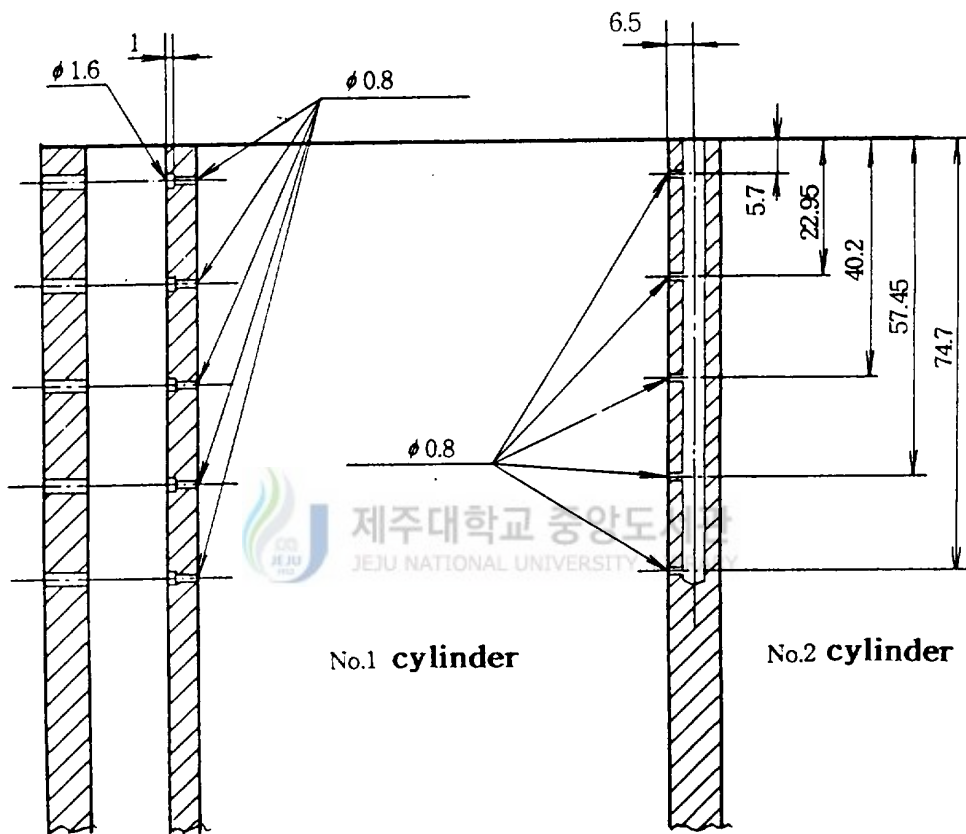


Fig. 3 Set up of thermocouple of cylinder surface

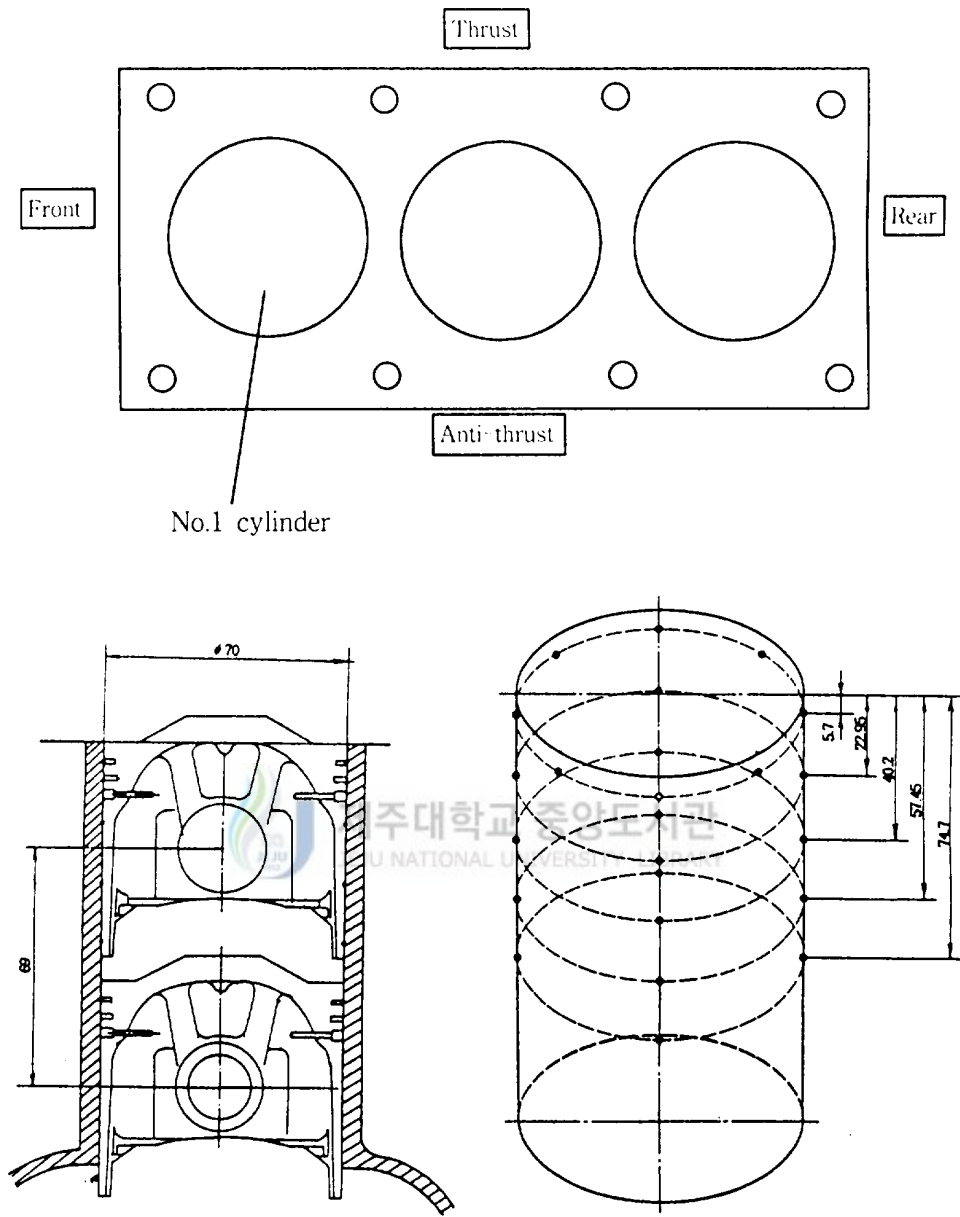


Fig. 4 Cylinder liner measuring point

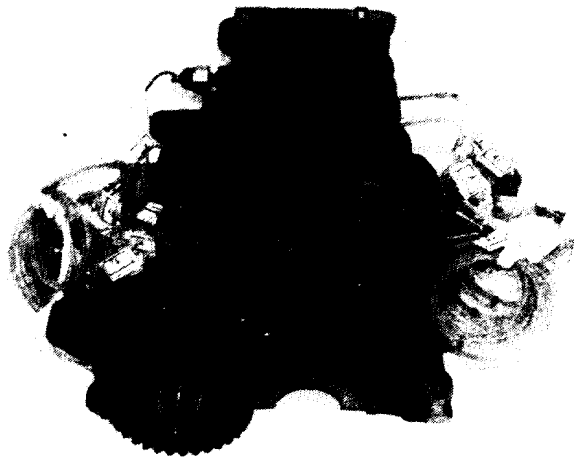


Photo. 2 Cylinder liner measuring point

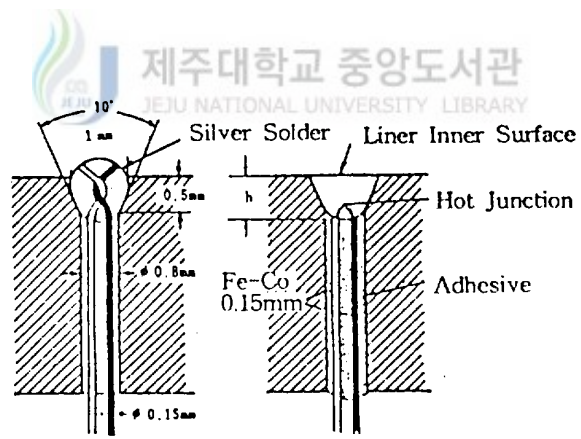


Fig. 5 Thermal junction for surface temperature measurement

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 부하에 따른 운전가능 토크 측정

엔진의 회전수 및 Torque는 자동차 운전조건에 따라서 수시로 변화하고 엔진의 특성에 따라서 큰 차이가 있다. 최근에 개발된 엔진은 중속에서 최대 토크를 얻을 수 있도록 설계되어 있다.

Fig. 6은 1/4 load, 1/2 load, 3/4 load, Full load에서 엔진의 회전수를 변화시키면서 동력계에서 측정 가능한 엔진의 Torque를 나타내고있다. 엔진의 회전수를 500rpm 단위로 증가시켰으며, 1/4 load에서 토크는 엔진의 회전수가 높을수록 감소하는 현상이 나타났으며, 나머지 영역에서는 측정 가능한 엔진 토크 및 엔진회전수는 그 범위가 매우 좁게 나타나고 있다.



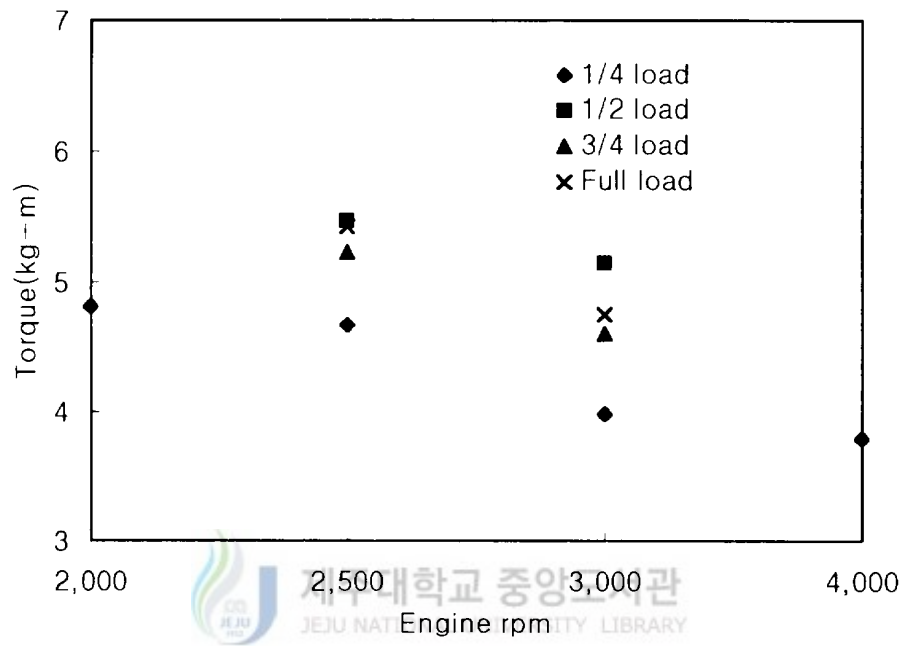


Fig. 6 Torque variation for engine rpm

2. 실린더 원주 방향 온도측정

Fig. 7은 1/4 load에서 기관의 회전수를 2000~4000rpm으로 변화시키면서 엔진의 냉각수 출구온도를 80℃로 일정하게 유지하였을 때 실린더 원주방향의 온도 분포를 나타내고 있다.

(a)는 엔진의 회전수가 2000rpm($T=4.81\text{kg}\cdot\text{m}$)의 경우 온도분포를 나타내고 있는 것으로서 실린더온도가 가장 높은 곳과 가장 낮은 곳의 온도편차를 나타내고 있는 것으로서, Front부는 34℃의 편차가 발생하였으며, Thrust부는 10℃로 온도 변화가 가장 적게 나타났으며, Rear부와 Anti-thrust부는 각각 36℃와 35℃로 온도 편차가 가장 심했다. (b)는 2,500rpm에서 원주방향의 온도분포를 나타내고 있는 것으로서 Front부는 TDC와 MID부의 온도차이가 37℃, Rear부와 Anti-thrust부는 37℃, Thrust부는 9℃의 온도차이가 발생하고 있으며, 전반적으로 온도분포는 Rear부가 가장온도가 높게 나타났으며 이것은 인접한 실린더의 온도 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

(c)는 4,000rpm에서 Front부와 Rear부의 온도차는 38~33℃ 정도로 나타났고, Anti-thrust부는 37℃, Thrust부는 6℃의 온도차가 발생했다. Thrust부의 경우 TDC와 BDC가 거의 동일한 온도 분포가 나타났으며, 이 경우는 폭발행정시 피스톤운동의 영향을 받고 있음을 알 수 있으며, Thrust부와 Anti-thrust부의 편차가 많은 것을 고려하여 Piston pin off-set을 결정할 때 고려해야할 사항으로 지적되고 있다.

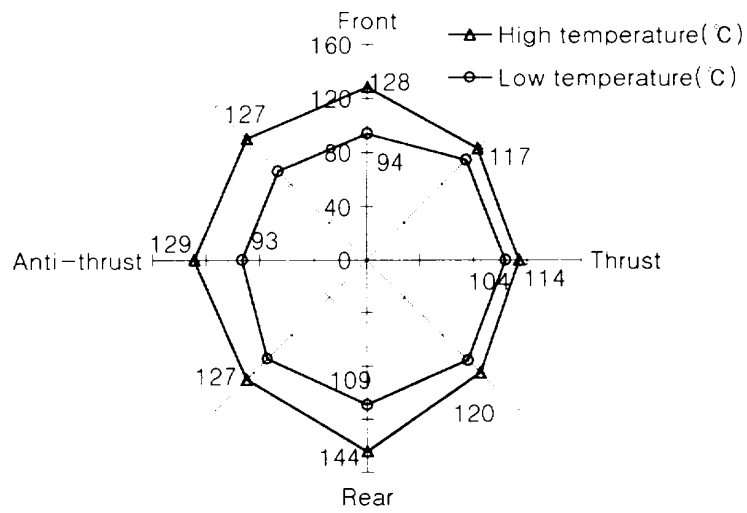
Fig. 8 (a),(b)는 1/2 load에서 최대 Torque가 발생한 실린더 원주방향의 온도분포를 나타내고있는 것으로서, Thrust부를 제외하고 전 영역에서 37~41℃의 온도편차가 발생하였으며, Torque가 증가함에 따라 실린더 상부의 온도가 증가하고 있다. 실린더 원주방향의 온도중 Rear부의 온도가 가장 높게 나타나는 것은 인접한 실린더의 영향

을 받고있는 것으로 해석된다.

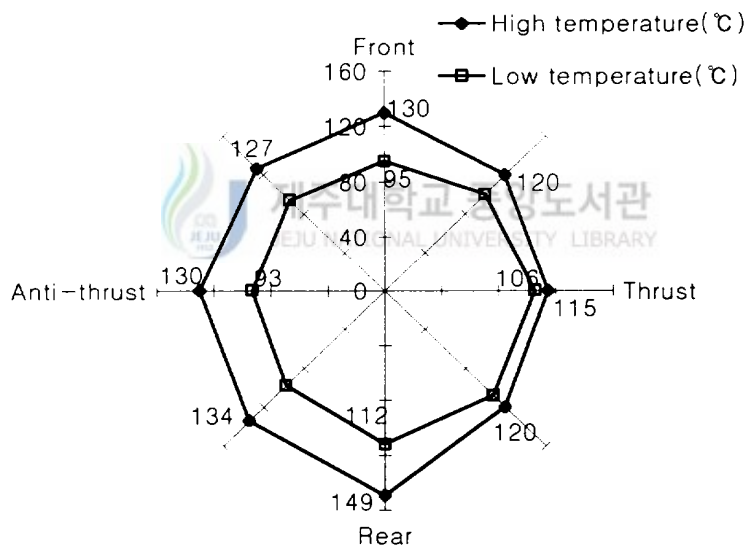
Fig. 9, Fig. 10은 3/4 load 및 Full load에서의 원주방향의 온도편차를 나타내고 있는 것으로 1/4 load와 1/2 load에서와 유사한 온도분포를 나타내고 있다. Fig. 10에서 Rear부의 최고온도와 Anti-thrust부의 최저온도는 62℃ 차가 발생하여 배기가스의 과다 배출 및 오일소모의 요인으로 판정된다.

Fig. 11 (a)은 냉각수 온도를 80℃로 유지한 상태에서 2,500 rpm에서 TDC의 원주방향의 온도분포를 각 부하별로 비교하여 나타내고 있는 것으로 0 load 보다 Front부는 28~44℃, Thrust부는 22~38℃, Rear부는 42~50℃, Anti-thrust부는 31~50℃ 온도 편차가 발생하였다.



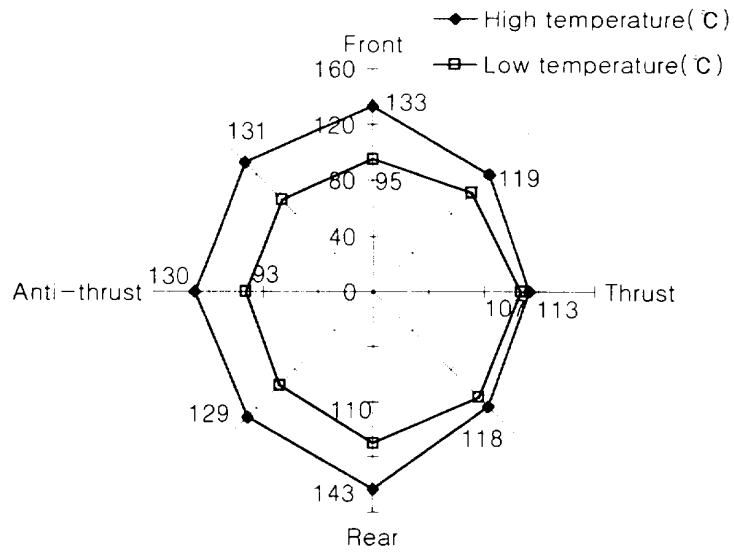


(a) 2,000 rpm (T=4.81 kg-m)

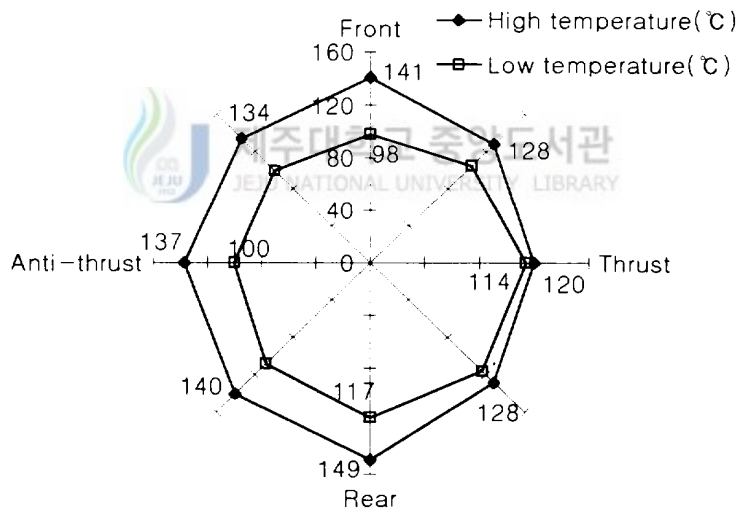


(b) 2,500 rpm (T= 4.67 kg-m)

Fig. 7 Cylinder peripheral temperature distribution at 1/4 load

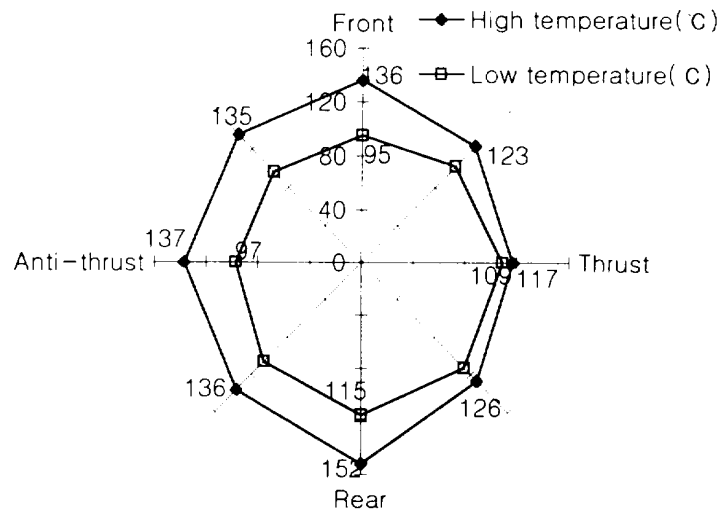


(c) 3,000 rpm (T=3.98 kg-m)

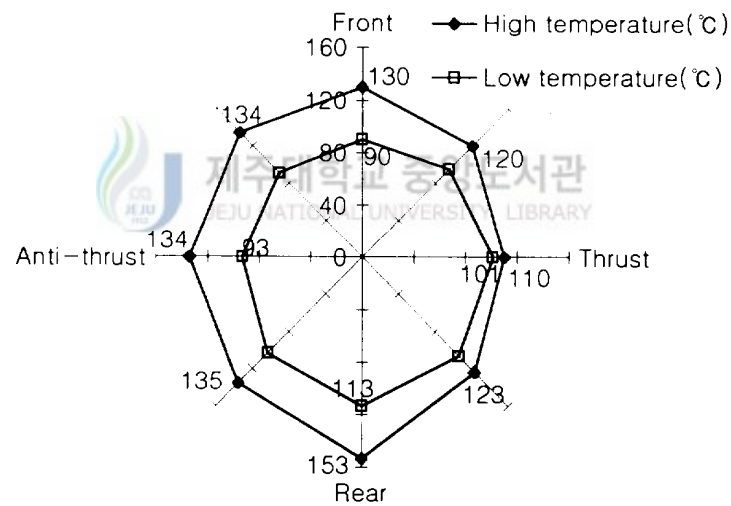


(d) 4,000 rpm (T=3.79 kg-m)

Fig. 7 Cylinder peripheral temperature distribution at 1/4 load

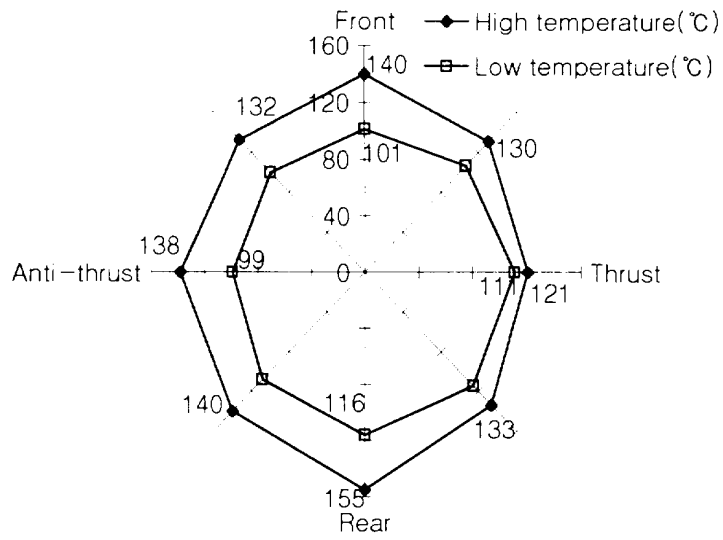


(a) 2,500 rpm (T=5.47kg-m)

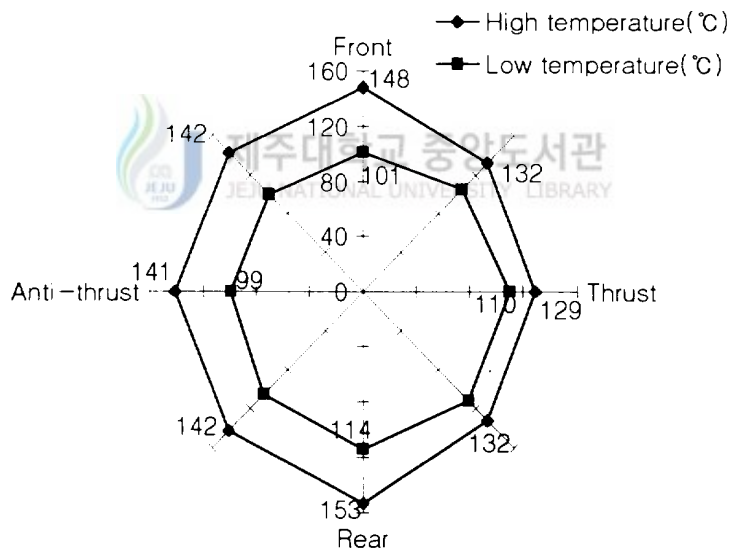


(b) 3,000 rpm (T= 5.15 kg-m)

Fig. 8 Cylinder peripheral temperature distribution at 1/2 load

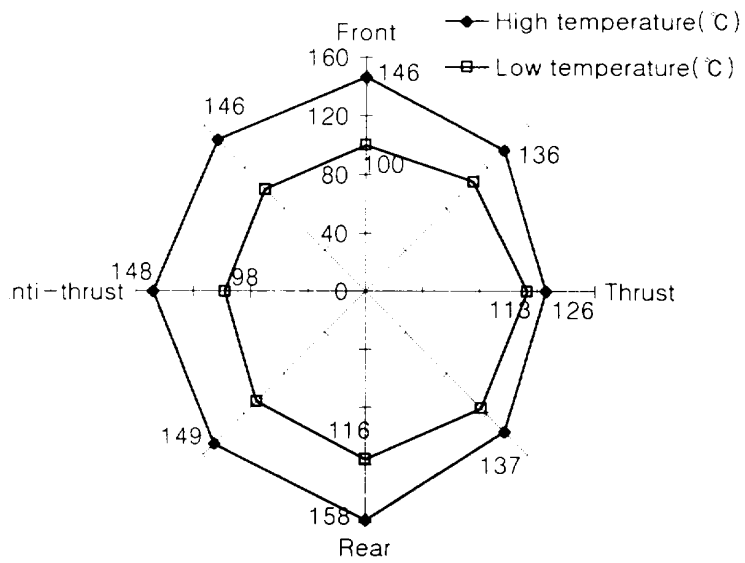


(a) 2,500 rpm (T=5.23kg-m)

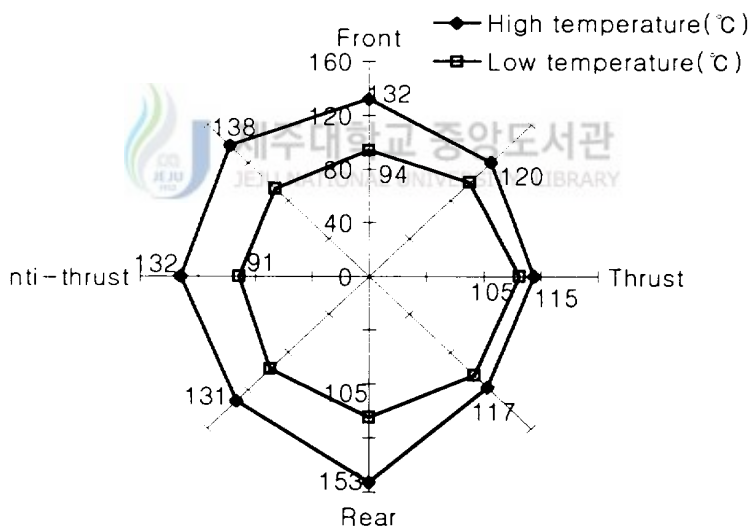


(b) 3,000 rpm (T=4.6 kg-m)

Fig. 9 Cylinder peripheral temperature distribution at 3/4 load

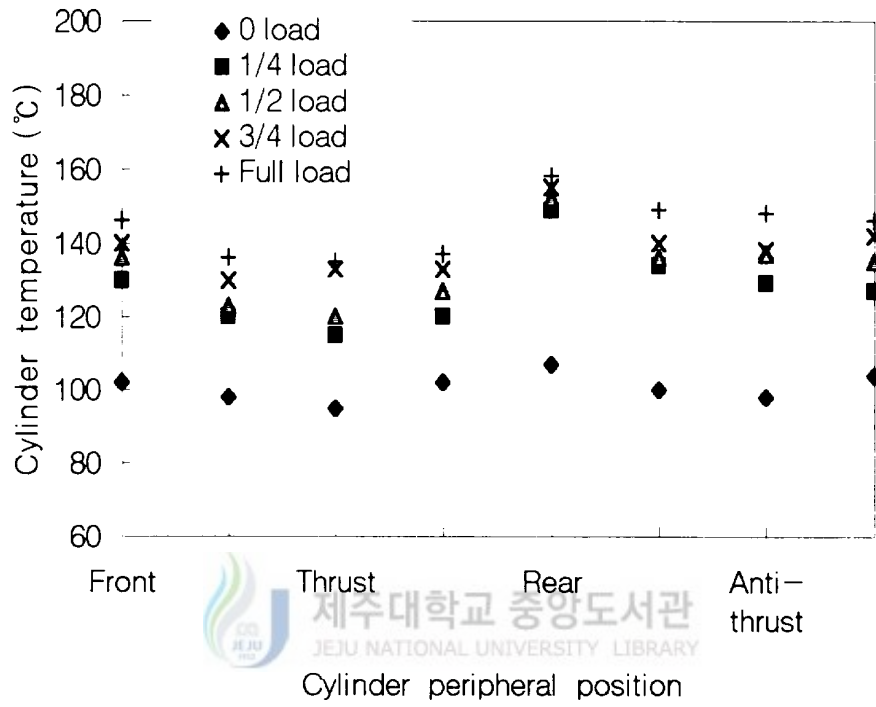


(a) 2,500 rpm (T = 5.43 kg-m)



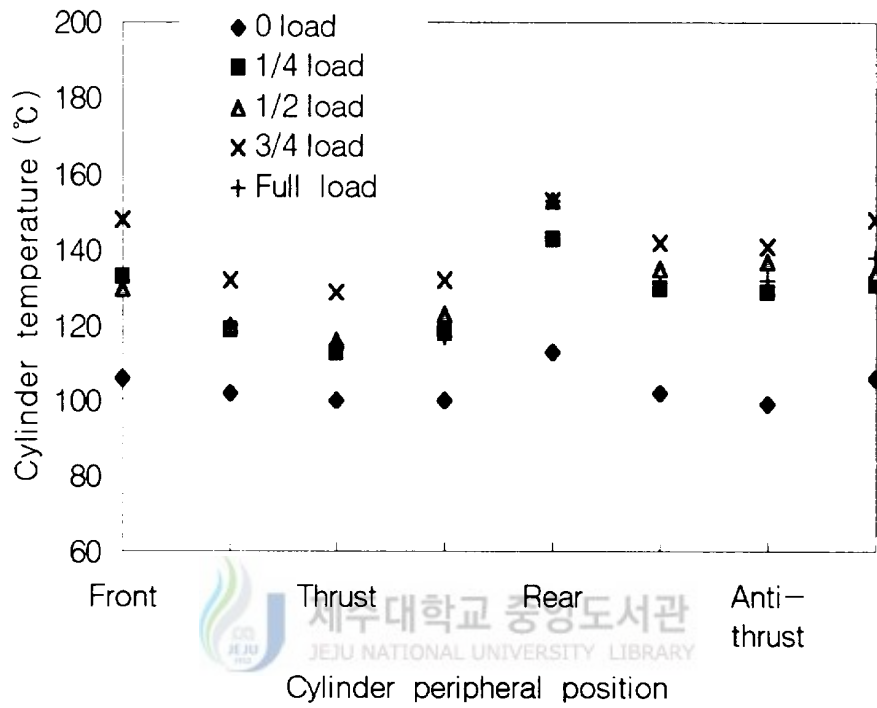
(b) 3,000 rpm (T = 4.75 kg-m)

Fig. 10 Cylinder peripheral temperature distribution at full load



(a) 2,500 rpm

Fig. 11 Cylinder peripheral temperature distribution at TDC



(b) 3,000 rpm

Fig. 11 Cylinder peripheral temperature distribution at TDC

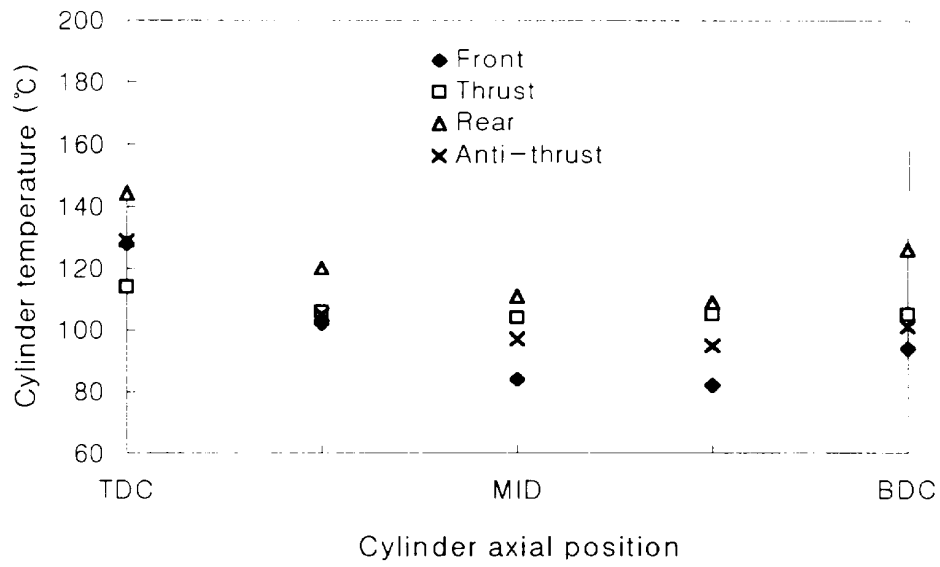
3. 실린더 습동 방향 온도측정

Fig. 12 (a),(b)는 냉각수 온도를 80℃로 유지한 상태에서 1/4 load에서의 실린더 습동방향의 온도분포를 나타내고 있는 것으로서, Thrust부의 온도변화는 TDC와 BDC에서 온도변화가 10℃로서 거의 없고 나머지 부위는 TDC와 MID부위에 심한 온도편차를 나타내고 있어 피스톤의 운동속도와 운동조건이 실린더 온도상승과 밀접한 관계가 있음을 나타내고 있다.

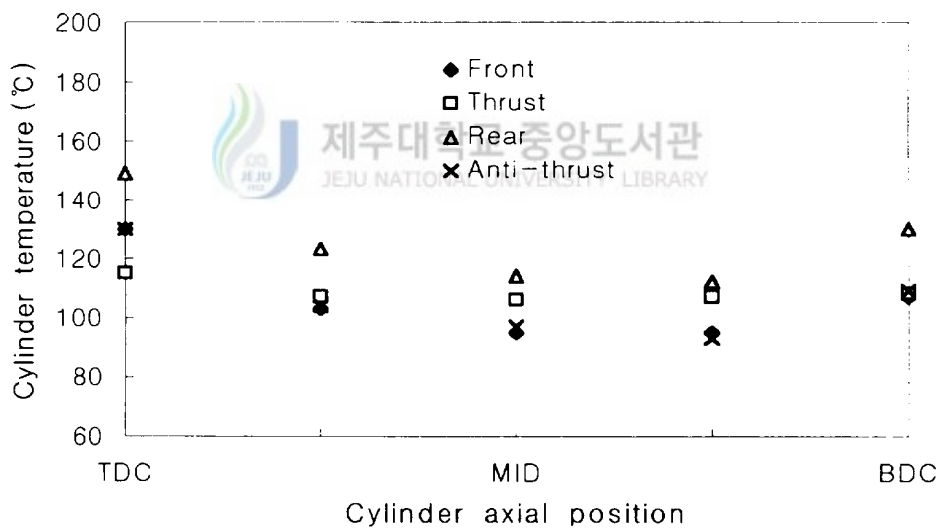
즉, 피스톤의 운동속도가 빠르면 열전달 시간이 짧아 실린더벽면 온도가 낮게 나타나고 있으며, 상사점과 하사점에서는 피스톤의 운동방향이 바뀌는 시점에서 속도가 느리거나 정지해있는 기간동안 많은 열을 피스톤 링을 통하여 실린더벽면에 전달하기 때문에 해석된다.

Fig. 13은 1/2 load에서 최대 토크가 발생한 시점의 실린더 습동방향의 온도분포를 나타내고 있는 것으로 TDC에서 Rear부와 Thrust부의 온도편차가 크게 나타나고 있다.

Thrust부 보다 Anti-thrust부의 온도가 높게 나타나는 것은 Piston의 측압으로 인하여 유막두께가 얇아져서 냉각효과의 저하 및 피스톤과 실린더 사이의 마찰열에 의한 온도 상승으로 볼 수가 있다.



(a) 2,000 rpm



(b) 2,500 rpm

Fig. 12 Cylinder axial temperature distribution at 1/4 load

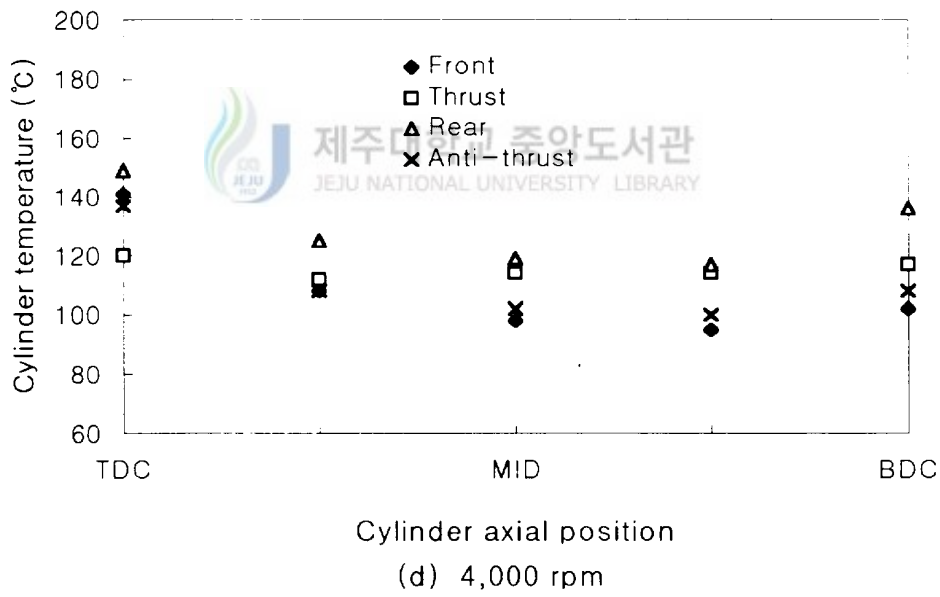
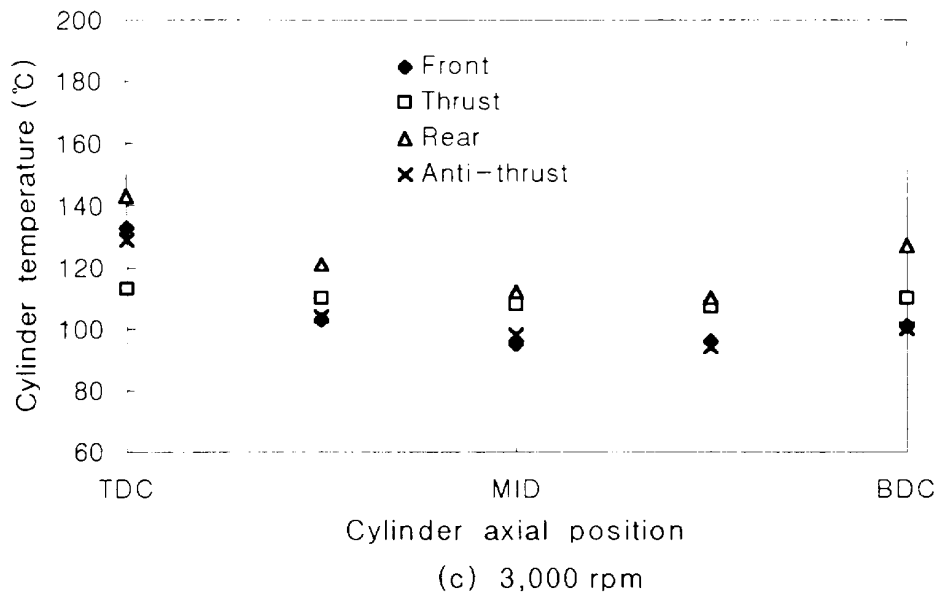
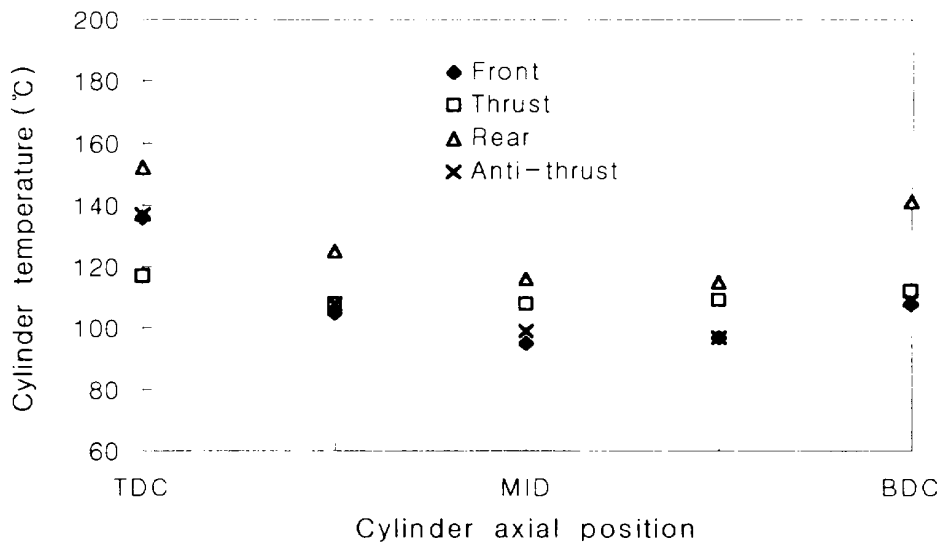
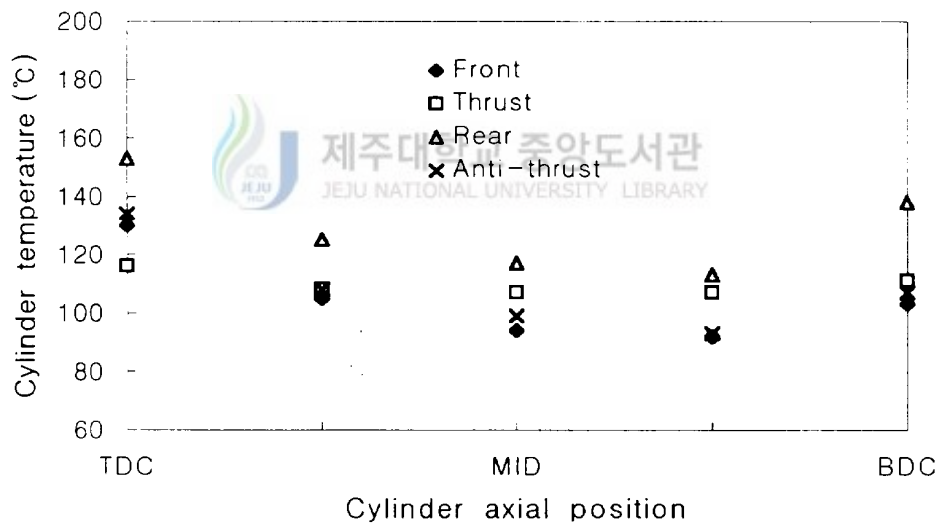


Fig. 12 Cylinder axial temperature distribution at 1/4 load

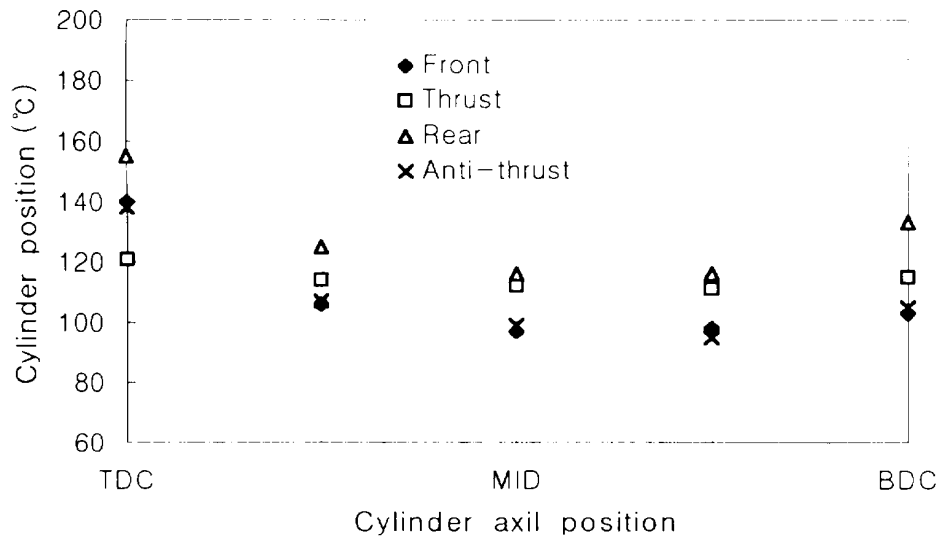


(a) 2,500 rpm

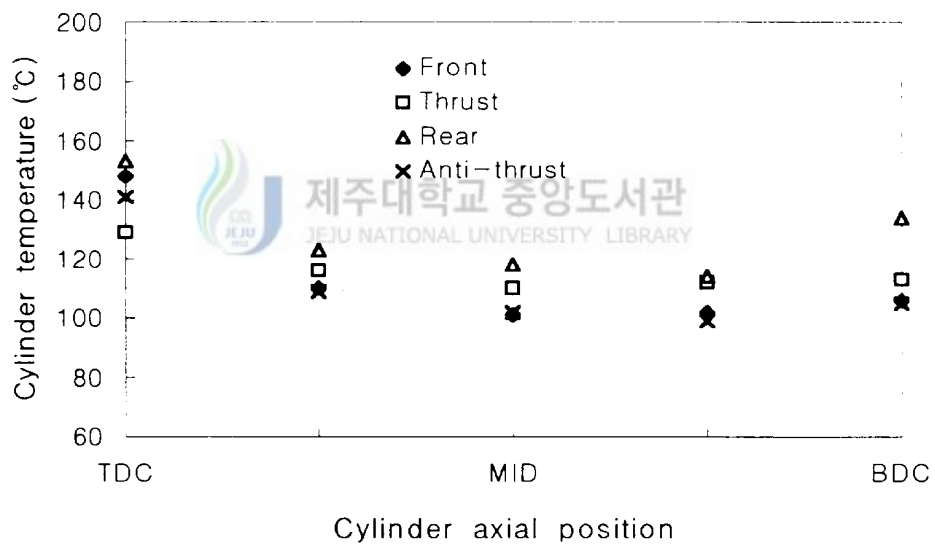


(b) 3,000 rpm

Fig. 13 Cylinder axial temperature distribution at 1/2 load

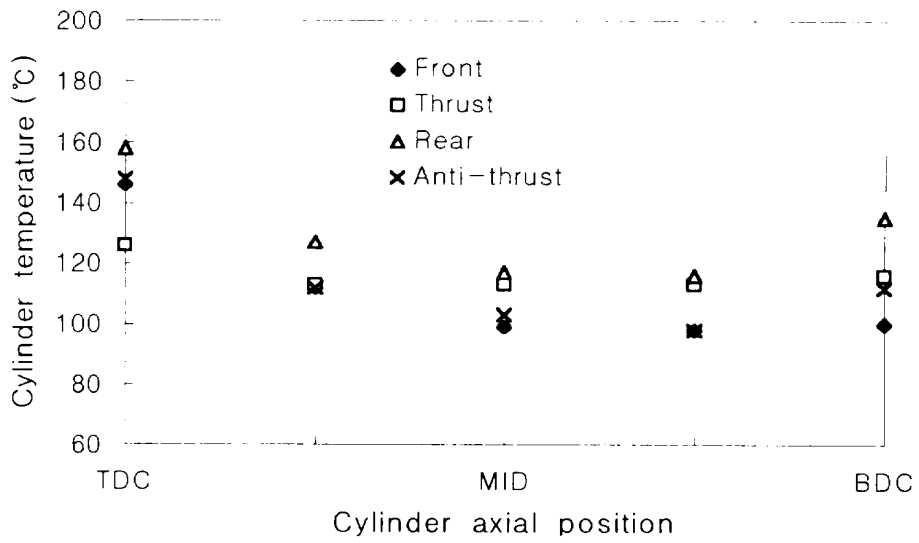


(a) 2,500 rpm

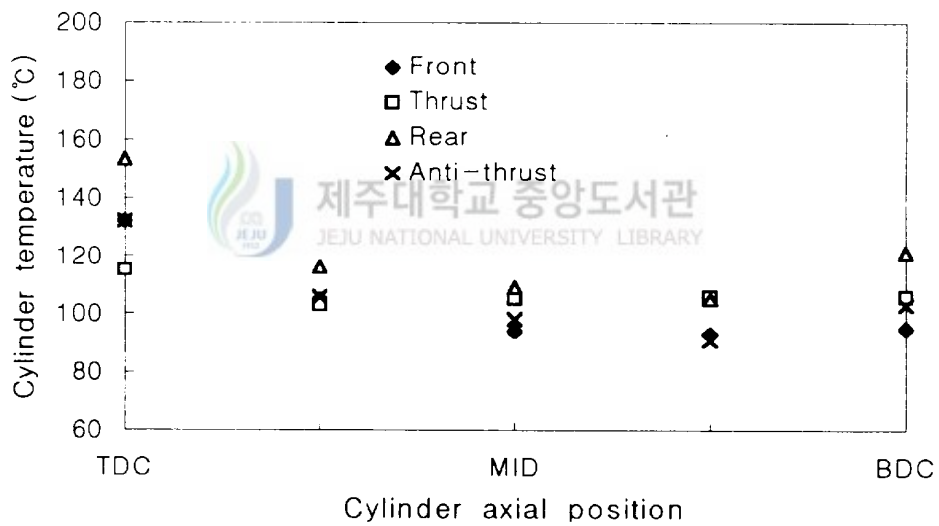


(b) 3,000 rpm

Fig. 14 Cylinder axial temperature distribution at 3/4 load



(a) 2,500 rpm



(b) 3,000 rpm

Fig. 15 Cylinder axial temperature distribution at full load

4. 부하에 따른 온도와 무부하 상태의 온도 비교

Fig. 16, Fig 17은 동일 rpm에서 부하와 무부하 상태의 실린더 원주방향 온도를 비교한 것으로, Fig. 16은 3,000rpm에서 0 load와 Full load의 온도편차를 나타낸 것이다. Front부는 30℃, Rear부는 46℃의 온도차가 있다. Thrust부도 20℃의 온도편차가 있어 부하에 따라 온도상승이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

Fig. 17은 4,000rpm 0 load 와 1/4 load 4,000rpm에서 실린더 원주 방향의 온도를 비교한 것으로서, Front부와 Anti-thrust부는 27℃, Rear부는 23℃, Thrust부는 12℃ 온도 편차가 발생하였다.



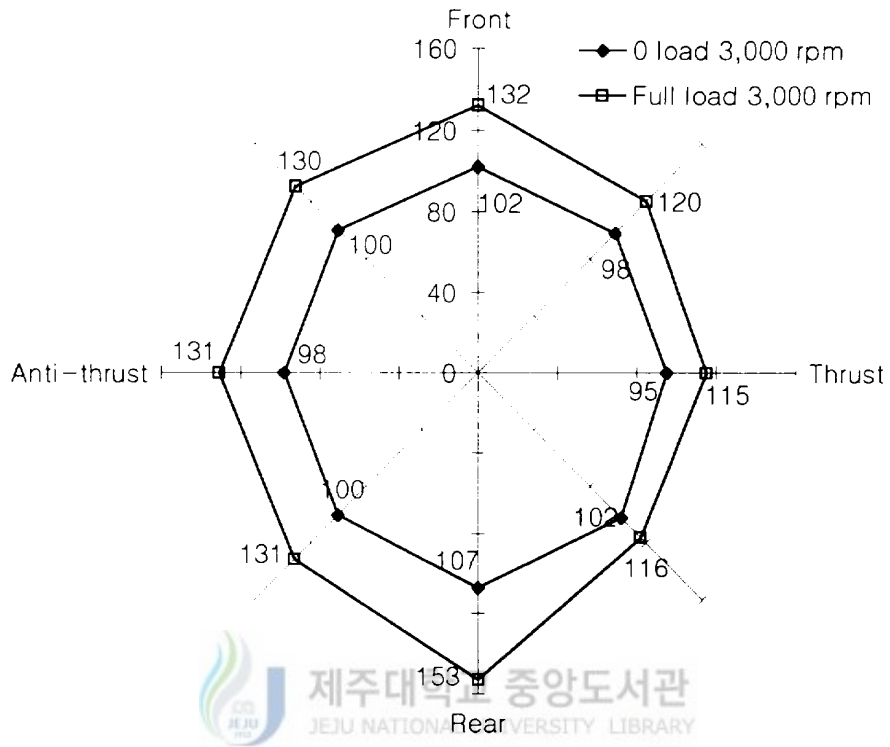


Fig. 16 Cylinder peripheral temperature distribution at TDC

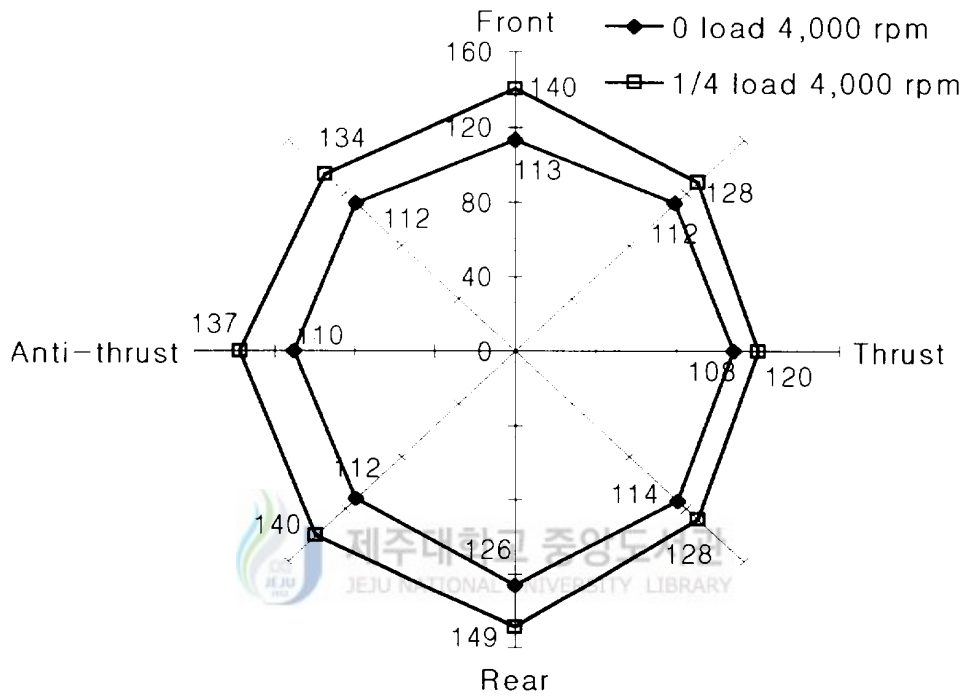


Fig. 17 Cylinder peripheral temperature distribution at TDC

IV.결 론

각 부하 조건에 따른 엔진 운전시 발생하기 쉬운 피스톤과 실린더 사이의 열팽창에 의한 소손 및 이에 따른 현안 문제점을 미연에 추출하고 신규엔진 개발시 내구시험 개시 가부에 대한 사전 판단에 기여하기 위하여 3기통 800cc급 가솔린 엔진을 사용해서 엔진의 부하와 회전수변화에 따른 실린더 보어의 온도구배를 실험적으로 구함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실린더 원주방향 온도의 경우 무부하 운전(0 load)과 부하 운전(1/4 load 4,000 rpm, Full load 3,000rpm)을 비교했을 때 3,000rpm TDC에서 Front부와 Anti-thrust부는 27℃, Rear부는 23℃, Thrust부는 12℃의 온도차가 발생하였으며, 4,000 rpm TDC에서 Front부는 30℃ Anti-thrust부는 33℃, Rear부는 46℃로 가장 많이 상승했다.



2. 엔진의 냉각수 출구 온도는 80℃로 일정하게 유지시켰을 경우 TDC에서 원주 방향 온도는 부하상태에 따라 130~155℃로 냉각수 온도보다 50~75℃ 상승하였으며, 이로인한 피스톤의 열팽창을 고려해야 한다.

3. Thrust부 습동방향의 온도 편차는 1/4 load에서 6~7℃, 1/2 load에서 8~9℃, 3/4 load에서 10~19℃, Full load에서 10~13℃로, 전 영역에서 6~19℃로 매우 작게 나타났다.

4. 실린더 원주 방향의 온도가 가장 높은 곳은 Rear부로 1/4 load에서 149℃, 1/2 load에서 153℃, 3/4 load에서 155℃, Full load는 158℃로 부하가 클수록 높게 나타나고 있다.

5. 실린더 습동방향의 온도 편차를 비교해보면 Front부는 34~47℃, Rear부는 32~48℃, Thrust부는 12~22℃, Anti-thrust부는 35~50℃로 Thrust부를 제외하고는 TDC와 MID부의 온도 편차가 크게 나타났다.

V.참고문헌

- 高松英俊, 1986, “薄幅 Oil Ring を持つ Two Ring Piston の 温度および Ring 學動に 關する研究”, 碩士學位論文, 武藏工業大學大學院, pp. 27~28.
- 榎本良揮, 1986, “自動車エンジンの温度測定および熱損失に關する研究”, 博士學位論文, 武藏工業大學大學院, pp. 1~18.
- 古浜庄一, 1984, 自動車 ENGINE の Tribology, ナツメ社, pp. 251~253.
- 藤本博也, 古浜庄一, 後藤隆治, 1990, “Measurement of Cylinder Bore Deformation by mean of a Turning Piston with a Gap Sensor during Engine Operation”, 日本機械學會論文集-56(523), pp. 851~857.
- Furuhama, S., 1983, “Thermal problem of internal combustion engines (1)”, Internal combustion engines-22(5), pp. 61~69.
- Furuhama, S., 1984, “Effect of Oil Properties on Piston Frictional Forces”, JSME-29, pp. 55~62.
- Furuhama, S., 1958, “A Dynamic Theory of Piston Ring Lubrication”, JSME -24(148), pp. 1032~1039.
- Hoshi, M., 1985, “Improvement of Tribological Technology for Automobile engine”, JSME-88(797), pp. 46~52.
- 伊東明美, 一杉英司, 石田郁夫, 染谷常雄, 古浜庄一, 1993, “Study on the

- Measurement of Piston Skirt Deformation under Engine Operating Condition”. 日本自動車技術會, pp. 149~152.
- 石田宜之, 西村周一, 寺本正彦, 1986, “Development of Nissan’s New Twin-Cam Engine Series”, 內燃機關-25(320), pp. 25~40.
- 新 啓一郎, 立石辛南, 木村 勉. 1986. “Problems about Piston Ring for Automotive Engine at High Revolutions and Power”, 自動車技術-40(4), pp. 499~504.
- 日本機械學會編, 1985, 機械工學便覽. 應用編 B7. 內燃機關, JAPAN, p. 191.
- 日本機械學會編, 1986, エンジンの溫度測定, JSME S007, p. 101.
- 仲尺 洋文, 1986, “Automobile Diesel Engine”, 內燃機關 25(7), pp. 77~82.
- Piston Ring 編集委員會, 1970, Piston Ring, 日刊工業, p. 218.
- 김주연, 안상호, 1997, “유한요소법을 이용한 디젤 엔진의 실린더블록-라이너-가스킷-헤드 구조물에 대한 해석”, 한국자동차공학회논문집 제5권 제3호, pp. 147~155.
- 이교승, 이진호, 1997, “자동차용 디젤엔진 피스톤의 열변형 특성에 관한 연구”, 한국자동차공학회논문집 제5권 제1호, pp. 162~172.
- 尹永春, 1996, “가솔린 엔진의 실린더 溫度特性에 관한 研究”, 濟州大學校 碩士學位論文, pp. 18~28.
- 윤영춘, 권기린, 1997, “가솔린 엔진의 실린더 溫度特性에 관한 研究”, 한국자동차공학회지, 97380030, pp. 210~217.
- 이현순, 1989, “한국 내연기관 개발의 현재와 미래”, 대한기계학회지, 29(6),

pp. 573~580.

吉田秀樹, 1981, “内燃機關の潤滑油消費量に關する研究”, 碩士學位論文, 藏工業大學大學院, p. 144.

横堀武夫, 1947, “内燃機關シリンダ内壁、ピストン、ピストンリングの潤滑に關する研究”, 日本機械學會誌-13(45), pp. 133 ~163.

厚木自動車部品(株) 社内資料.



감사의 글

이 논문을 완성하기까지 끊임없이 지도하고 격려를 주신 권 기린 지도교수님께 깊은 감사를 드리며, 항상 관심을 가지고 본 연구를 돌봐 주신 김 귀식 교수님, 허 종철 교수님, 현 명택 교수님, 임 종환 교수님, 정 동원 교수님께도 감사드립니다. 또한 본 실험을 끝까지 도와준 홍 성수 선생님과 제주산업정보대학 자동차과 김홍석 학과장님, 김 성협 교수님, 박 윤범 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 멀리 계시면서도 늘 관심을 가지고 본 연구를 끝까지 협조해 주신 강원직업전문학교 윤 영춘 선생님께도 고마움을 표합니다.

또, 이 논문이 있기까지 늘 기도와 용기를 북돋아준 사랑하는 아내 순옥씨에게도 고마움을 전하며 사랑하는 세 딸 혜진, 수진, 유진과도 이 기쁨을 함께하고자 합니다.

끝으로 대학원 진학에 물심양면으로 도와주시고 기도를 해주신 부모님과 광주에 있는 장모님께도 감사를 드립니다.

1998. 6.

홍 성 찬