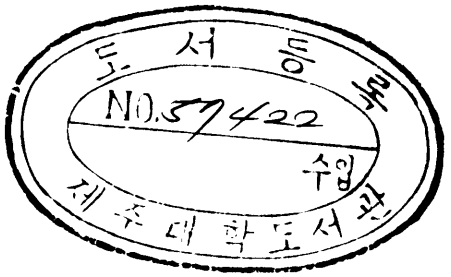
H
55343
0 6347

碩士學位論文

가솔린 엔진의 실린더 溫度特性에 關한 硏究



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

濟州大學校 大學院

機械工學科

尹 永 春

1996年 12月

가솔린 엔진의 실린더 溫度特性에 關한 硏究

指導敎授 權 麒 麟

尹 永 春

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

1996年 12月

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

尹永春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

1996年 12月

An Experimental Study on Cylinder Temperature Characteristics of Gasoline Engine

Young-Chun Youn
(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

1996. 12.

목 차

SUMMARY 1
I. 서 론 2
1-1. 연구의 배경 2
1-2. 종래 연구의 동향 4
1-3. 연 구 목 적 6
II. 실험 장치 및 실험 방법 7
2-1. 실험 장치 7
2-2. 실험 방법 8
III. 실험 결과 및 고찰 18
3-1. 실린더 원주 방향 온도 측정 18
3-2. 실린더 습동 방향 온도 측정 21
3-3. 냉각수 온도 상승에따른 실린더 습동 방향 온도 측정 28
3-4. 오일의 점도에 따른 실린더 습동 방향 온도 측정 28
3-5. 연소시의 실린더 블록 열팽창량을 고려한 피스톤 스커트의 Over-Lap 평가 39
3-6. 배기가스 온도 측정 43
Ⅳ. 결 론 46
V. 참고문헌 47
감사의 글

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

SUMMARY

The purpose of this study is to prevent the stick, scuffing, scratch between 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 were measured in use of 800cc class gasoline engine.

The results obtained are summarized as follows ;

1) The maximum reaction force by overlap is 101.97kg. The skirt length at that position is 10mm from skirt upper.

2) The rear side temperature of top dead center is 142℃ in peripheral distribution, it is about 20℃ higher than thrust, anti-thrust, front side temperature,

3) The rear side temperature of bottom dead center is 125℃ in axial distribution, whereas the rear side of midway position temperature is 120℃.

4) The temperature of cylinder wall is about 20~30℃ higher than temperature of cooling water.

5) The temperature of cylinder wall at top dead center in use of SAE 30# lubricating oil is 16℃ higher than SAE 20# at 6000rpm.

제주대학교 중앙도서관

I. 서 론

1-1. 연구의 배경

가솔린엔진에는 우선 고출력화, 경량화, 저소음화, 저배기화, 저연비를 만족시켜야 한다. 그러나 가솔린엔진의 설계시 문제점은 구성 부품, 특히 운동 부품이 고온이기 때문에 내구성이 약해지며 온도에 미치는 문제점을 재료의 내열성, 열팽창, 열변형으로 지적하고 있다(榎本, 1986). 이러한 문제점으로 인해 기관의 고속화나 출력의 증대시 필수적으로 대두되는 중요한 고장으로 기관 회전수가 고속이 되어 어떤 한계를 초월했을 때는 가스누설량이 급격히 증대하거나, 출력이 현저히 떨어지거나 피스톤 링의 고착 및 절손, 실린더와 링의 마모 촉진, 윤활유 소비량의 증대, 소음 증대, 이상 현상이 증대하게 된다(横堀, 1947. 藤本, 1990).

최근 엔진 설계 경향으로서 경량화를 목적으로 실린더 보어 사이를 실린더와 실린더 사이에 충분한 냉각수 쟈켓을 두고 있지 않은 예가 점점 많아지고 있고, 이 경우 인접한 실린더 벽면 온도는 엔진의 내구성상 중요한 측정 개소의 하나라고 선진국에서는 지적하고 있다(高松, 1986).

H. S. Lee(1989)에 의하면 현재 한국의 자동차 공업중 엔진 분야의 외국기술 의존도가 높다는 점과 실린더 블록의 경우 열응력 및 열변형 문제는 엔진 성능과 진동 특성에 큰 영향을 미치고 있으며, 특히 과열발생시 실린더 보어 주위의 유막파괴를 가져와 피스톤 또는 보어에 Scuffing현상을 초래하며, 연소 상태의 불량으로 인한 노킹 및 조기점화등으로 엔진 출력의 저하 엔진 파괴의 원인이 되고, 과냉시에는 연소실 주위의 온도가 감소하여 엔진의 열효율 감소를 초래

제주대학교 중앙도서관

하여 연료소비율의 증대를 가져오며, 연료와 오일의 혼합에 따른 희석으로 인하여 마찰 손실의 증대를 가져온다고 지적하고 있다.

실린더 상부의 경우 윤활면에서 250℃를 넘는 것은 오일의 점도의 저하, 경계 윤활층의 노화 및 산화가 심해지며 오일 산화에 의한 링고착의 원인이 되며, 吉田(1981)에 의하면 실린더 표면 온도 160℃ 이상에서는 오일의 증발로 인하여 윤활유 소비가 급격히 증대하고 180℃ 이상에서부터 윤활유에 의해 카본 부착이 심해지고 있다고 지적하고 있다(吉浜, 1984).

Blow-by나 윤활유 소비 또는 피스톤 운동에 의한 소음의 관점으로부터 피스톤과 실린더 사이의 간극은 될 수있는한 작게 취하는 것은 대단히 중요하고, 엔진 설계상 최대의 포인트로 작용하고 있다. 그러나 실린더 내면이 진원으로 정밀하게 가공되어 있어도 실린더의 온도 분포가 일정하지 않거나, 운전중 변형해서 피스톤 링의 면과의 접촉이 일정하지 않거나 윤활유 소비나 Blow-by 등의 이상 현상 증대를 초래하게된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

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 각부위별 온도를 FEM계산 등에서 예측하기 위해 시도되고 있지만, 응력계가 복잡하기 때문에 현단계로서는 불확실한 입장이며, 이것에 대처하기 위해 유익한 자료도 충분하지 않으므로 실동중에있어서 실린더의 온도 분포를 조사하여 소손이나 소착을 방지하고 내구성 있는 엔진설계를위해 기초 자료를 활용하는 것은 필수적으로 여겨진다.

1-2. 종래 연구의 동향

최근 자동차용 가솔린엔진은 고속부터 저속까지 충분한 출력과 토오크를 낼 수 있어야 하며 대폭 충진효율을 향상시키고 있다.
고출력, 고토오크, 안정된 연소, 정숙성, 신뢰성, 내구성, 메인티넌스 등을 지향하고 있으며, 이를 위해 실린더 블록의 경우는 열부하와 미끄럼 속도, 블로우바이, 윤활유 소비가 최대의 과제이다.

1986년 Nissan자동차(주) 의 승용차용 엔진 연구 개발 동향을 보면 Twin-cam Engine의 경우, 직렬4기통 Twin-cam, 직렬6기통 Twin-cam, V형6기통 Twin-cam의 각 엔진 기술이 발표되고 있으며, 이러한 엔진은 고성능화를 꾀한 것이고, 이를 위해서는 고출력이면서 저속 중속에서도 취급하기 쉽고, 실용성을 갖추고, 유연한 운전성과 뛰어난 정숙성을 목표로 삼았다(石田 등, 1986).

제주대학교 중앙도서관

직렬4기통의 경우, 소형, 경량화는 물론, 저속, 중속에서 사용하기 쉽고, 경쾌함을 중시하며, 직렬6기통의 경우는 2000cc급 으로서 최고 성능과 스포티를 지향하며, V형6기통은 고성능을 갖춘 최고봉 엔진으로 되어 있다.

고출력을 만족시키기 위해 피스톤의 고속화 설계는 관성력과 열부하증대에따른 대응책이 이 주요한 포인트이며 이들은 피스톤관면으로부터 열흐름, 스커트부의 열팽창 계수, 스커트부의 강성, 스커트부의 스틸 삽입으로 열팽창을 줄이고 스커트 강성이 높은 오토써머틱(Autothermatic)타입을 채용하고 있으며, 그의 주된 이유는 저소음측면의 해결과 소착되지 않도록 하고 있다(古浜, 1984).

저소음의 측면의 동향은 피스톤에 갭 센서를심고 그 거동을 해석한 결과, 소음은 톱랜드가 보어 벽으로 충돌할 때 스피드와 높은 관계를 가진 것을 알 수 있었고, 이것은 폭발 직후에 톱랜드가 안티트러스트측으로부터 트러스트측으로

심하게 두들기고 있기 때문이다. 따라서 스커트의 크리어런스는 적고 , 또한 강성이 높은 오토써머틱타입이 톱랜드의 움직임을 가장 좋게 억제하고 있기 때문에 소음으로 유리하다(日本機械學會編, 1985). 또한 영구 변형이 적다는 것도 유리한 점이다. 피스톤 타입과 엔진마운팅 진동 관계에 있어서도 오토써머틱타입이 초기 진동이 적고 내구 노화도 적다는 것을 알수 있다.

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

오토써머틱타입에서는 열팽창이 적기 때문에 열부하 증대에도 불구하고 오버랩반력을 종래로 유지하면서 조립 간극을 작게 할 수 있었다. 이와 같이 고출력화로인한 승용차 엔진의 급격한 기술변화중 96년 현재 신 엔진 개발시 핵심기술 과제로서 저소음측면에서의 스커트의 클리어런스, 강성, 소음, 영구 변형, 진동의 고려나, 또한 소착측면에서의 오버랩반력 등으로 좁혀지며, 이 과제에 대한 기술적인 해결이 어느 한 부품의 해결만의 문제가 아니고, 연관 부품을 동시에 연구해 나가지 않으면, 열 부하 대응 엔진에 만족할만한 결과를 얻기는 매우 힘든 실정이다. 특히 실린더 블록의 경우 연소실 열이 피스톤과 피스톤 링을 경유해서 실린더벽으로 80%이상이 전달되고 있기 때문에 회전수에 따른 온도 분포 변동이 예상되며 인접한 실린더간의 각 방향별로 균일한 냉각 구조의 확인이 소음과 소착에 대응하는 중요한인자라고 예상되지만, 국내의 경우 저소음 측면이나 소착측면에 대한 대응 즉, 실동상태에서 열변형 문제가 엔진 성능에 미치는 영향에 관해서는 거의 전무한 상태이며 외국 기술에 의존하고 있는 실정이다.

제주대학교 중앙도서관

1-3. 연 구 목 적

본 연구에서는 800cc급 가솔린 엔진을 사용해서 각회전수와 냉각수 온도를 변동시켜 실린더 보어에 있어서 원주 방향, 습동방향의 온도구배를 다점 온도 기록계를 사용하여 24점을 동시에 실측하였다.

특히, 실린더 벽면 온도 측정 수단으로서 JSME 007에 의거하여 실린더 내면의 측정점으로부터 실린더 면에 직각으로 특수 고속 핸드 드릴에 의해 ϕ3.5의 수직 구멍까지 ϕ0.8 구멍을 관통시켰으며, ϕ0.8의 구멍으로부터 ϕ0.15 열전대 소선을 ϕ3.5의 Hole을 통해서 실린더 상면으로 인출시킬 수 있도록 가공한 후, 열전대 소선을 실린더 내면의 측정점으로 인출시켜 열 접점을 형성시켰으며, 리드선은 냉각수가 누설됨이 없도록 기관 외부로 인출시켰다.

이것은 실동 엔진운전시 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, 전 운전시의 실린더 벽면 온도를 실측하여, 피스톤 스커트 오버랩 량과 반력을 상정하고 피스톤 프로파일, 조립크리어런스등 피스톤 설계에도 기여할 수 있도록 하였다.

제주대학교 중앙도서관

II. 실험 장치 및 실험 방법

2-1 실험 장치

2-1-1 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

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Item	Content
Type of engine	CD800
Type of cooling system	Water cooling
Cylinder arrangement	4-line type
Cycle	4 cycle
Bore×Stroke	70×69 ㎜
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

2-1-2 실험 장치

본 실험에 사용된 실험 장치 배열도는 Fig. 1과 같고, Photo.1은 본 실험 장치의 전경을 나타낸다. 주요 구성부로서는 마노메터, 피토튜브, 다점온도 기록계, 디지탈온도계, 배기가스 측정기, 냉각수 온도 조절 탱크, RPM Gage등을 사용했으며, 열전대는 Front부와 Rear부 10점, Thrust와 Anti-thrust부 10점, 상사점 45° 방향 4점, 냉각수 출구부 1점, 메인 오일홀부 1점, 배기다기관 1점으로 구성되어 있다.

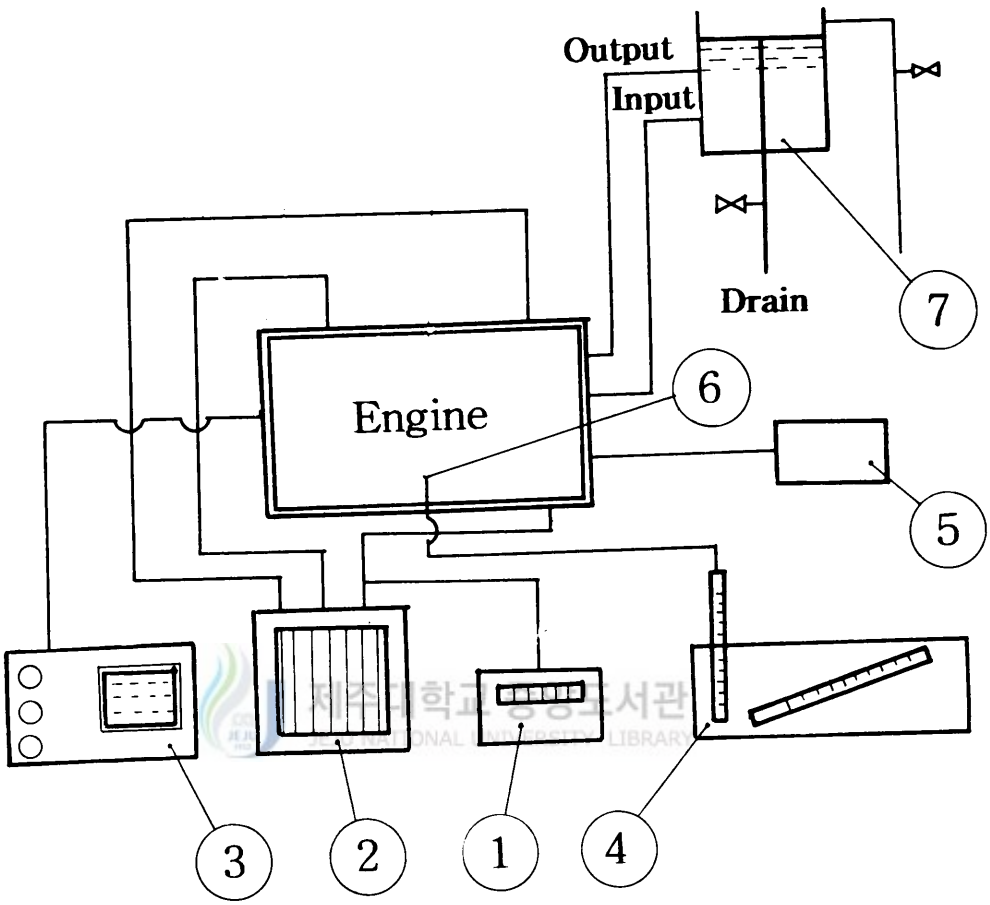
2-2 실험 방법

2-2-1 온도 측정 방법

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

실린더의 온도 측정은 직경 0.15㎜의 J-Type열전대를 은접점으로 형성시켜 실린더 벽면에 설치하였다. 피스톤 Crown부에 들어온 열량의 80% 이상이 제1압축링을 통하여 실린더벽에 전달되기 때문에 피스톤이 상사점에서 제1압축링이 일치하는 중심부 위치(5.7㎜)와 하사점에서 제1압축링이 일치하는 위치(79.25㎜) 사이를 5등분하여 Front, Rear, Thrust, Anti-thrust 방향에 20점과 횡방향의 경우 원주 방향에 8등분하여 F, R, T, A/T부위를 제외한 45° 방향에 4점(5.7㎜)을 설치하였다.

운전에 있어서 점화진각은 각 회전수마다 MBT(Minimum advance for best torque), 냉각수 온도는 80±1℃로 제어하여 측정하였다. 측정은 이러한 조건이 갖춰진 후 실린더 벽면의 온도가 각 회전수에서 정상 온도가 유지하도록 기다리기 위해 한 조건을 약20분 정도 소요하였다.



1. Digital thermometer
2. Multi-points temperature recorders
3. Exhaust gas analyser and tail pipe
4. Manometer
5. RPM gauge
6. Pitot tube
7. Water cooling tank

Fig. 1 Schematic diagram experimantal apparatus

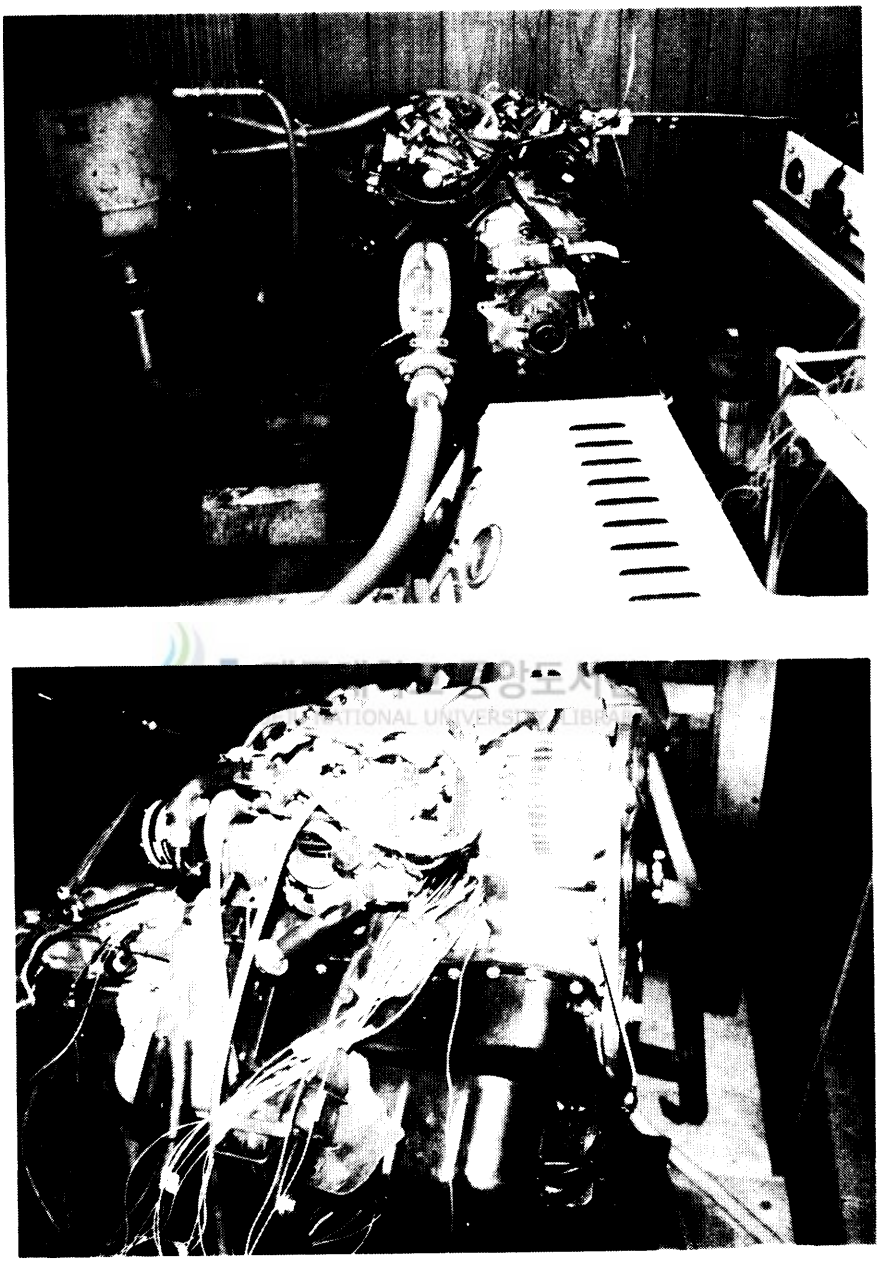


Photo. 1 Photo of test engine

실린더벽에 Water Jacket이 있는 경우와 없는 경우에는 Fig. 2, Fig. 3과 같이 제작하였으며, Fig. 4는 제1실린더와 제2실린더 사이에 위치한 제1실린더 Rear부의 열전대 설치를 위한 실린더 블록 가공도이다.

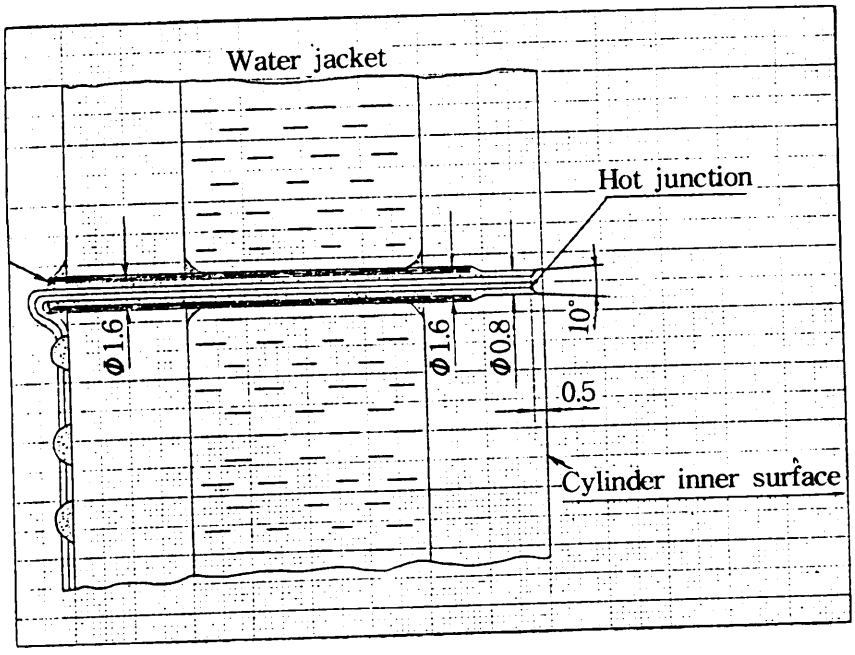
Fig. 5는 실린더 블록의 종방향과 횡방향의 측정 포인트중 횡방향의 측정 위치를 나타내고 있고 실린더 내부에 있어서, 피스톤이 상사점과 하사점에 위치하고 있을 때의 제1압축링 중앙부에 실린더 블록 측정점이 위치하고 있는 것을 나타내고 있다.

횡방향 센서는 Front, Rear, Thrust, Anti-thrust 각방향의 45° 위치에 1점씩 설치하여 종방향 상사점 4점과 합쳐 모두 8점의 온도 분포를 파악할 수 있도록 하였다.

Photo. 2는 실린더 블록에 열전대를 설치한 직후의 상태를 나타내고 있다. 특히 Front와 Rear부위는 엔진 조립시 간섭을 고려하였으며 인출 장소를 한곳으로 집중시켰다.

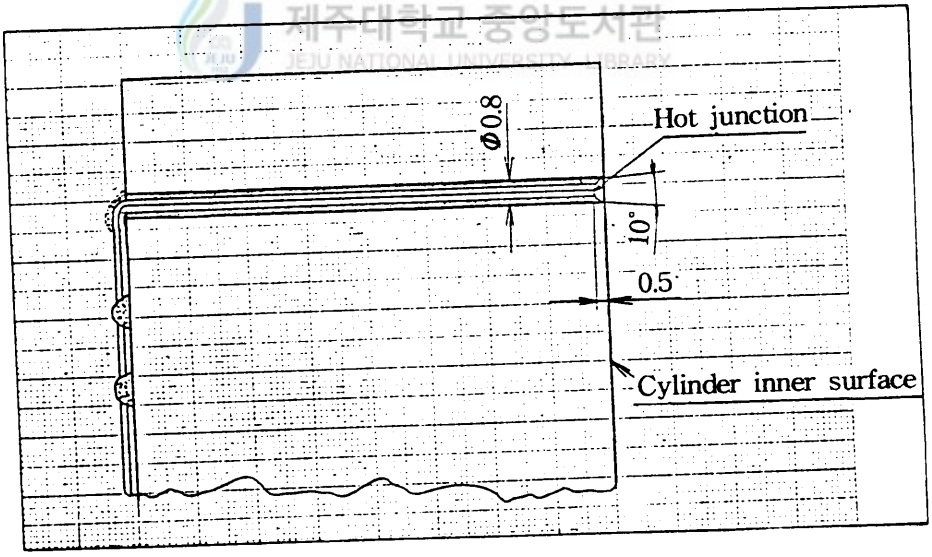
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

실린더 블록 표면 온도 측정을 위한 열 접점은, Fig.6과 실린더 표면에 ϕ0.8㎜ Hole을 가공하고 Fe-Co 열전대선을 넣어 ϕ1㎜ 정도의 열 접점을 형성시키고 열 접점이 앉을 수 있도록 10° 테이퍼를 마련하였으며 특수 메탈 본드를 사용하여 열전대 소선에 소량의 본드를 바르면서 드라이어로 가열해 가면서 은접점이 실린더 표면과 동일한 위치가 되도록 리드선을 실린더 외부에서 가볍게 당기면서 열 접점이 실린더 표면과 동일한 형상을 유지하도록 정교하게 연질동해머로 Hammering하여 완성하였다.



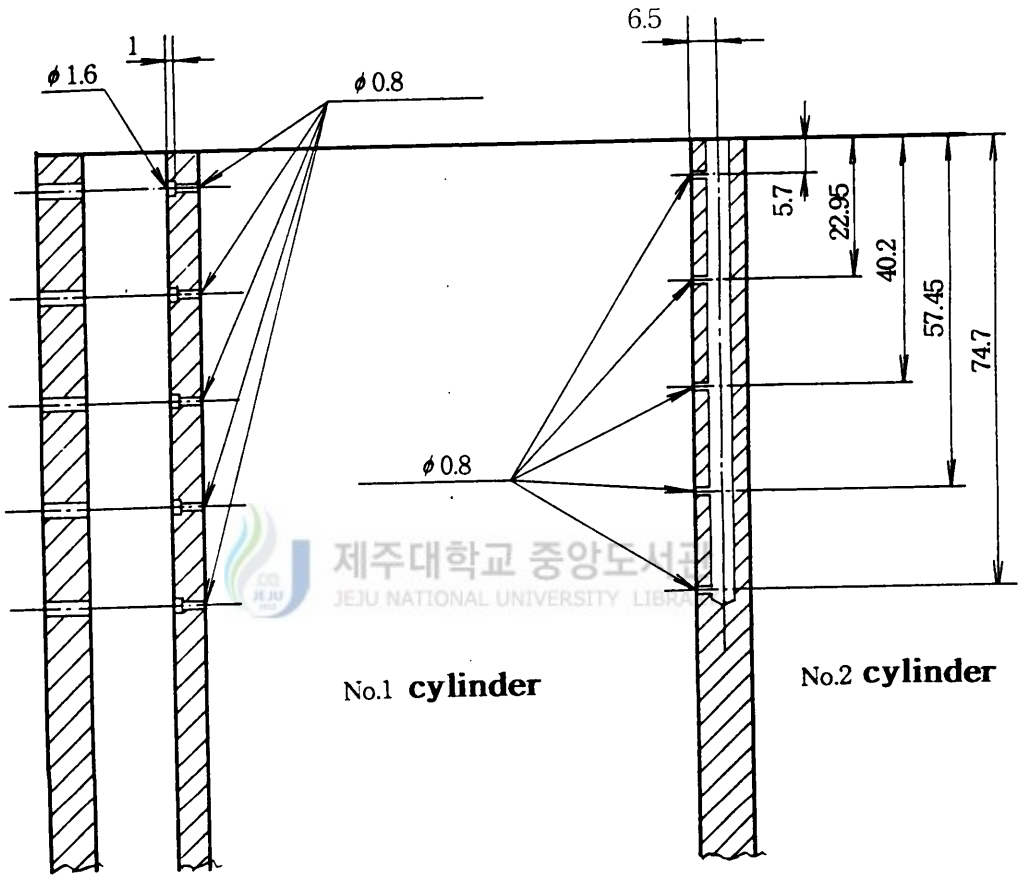
(a) Cylinder inner wall with water jacket

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(b) Cylinder inner wall without water jacket

Fig. 2 Taking method from cylinder inner wall



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 3 Set up of thermocouple of cylinder surface

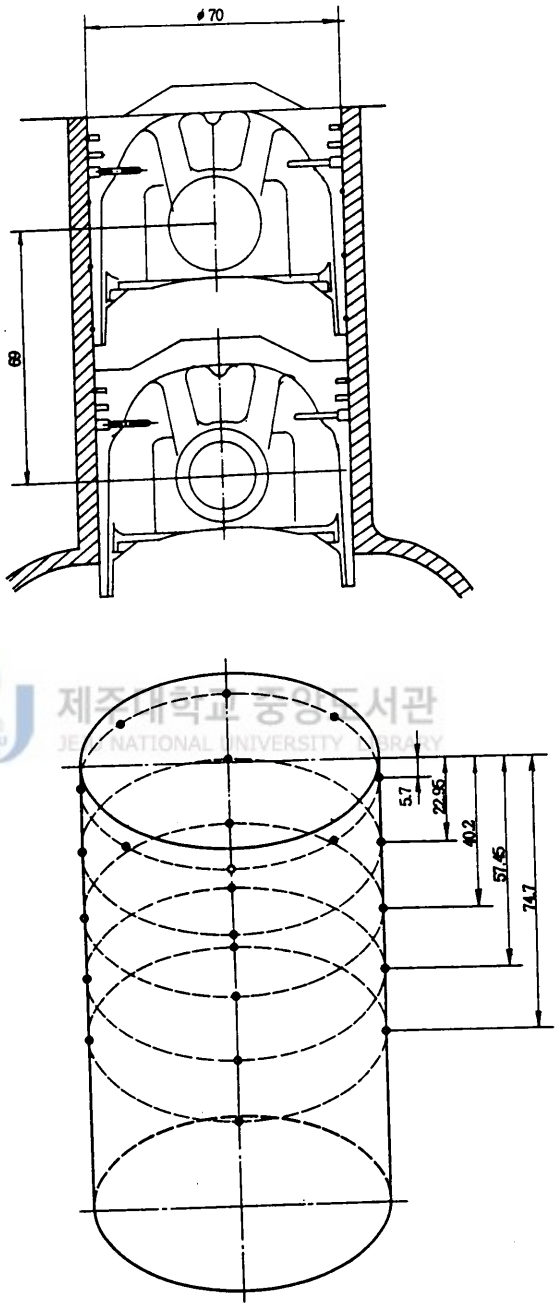


Fig. 4 Cylinder liner measuring point

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Photo. 2 Cylinder liner measuring point

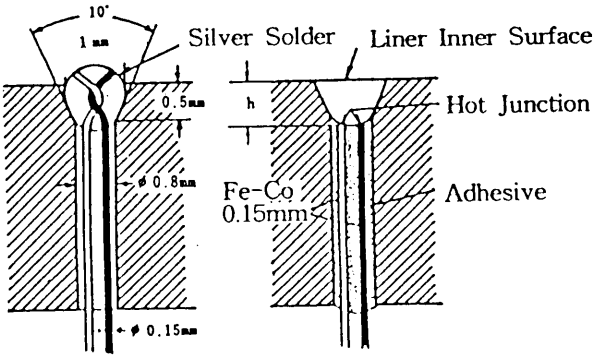


Fig. 6 Thermal juction for surface temperature measurement

2-2-2 피토 튜브에 의한 흡입다기관의 압력 측정

흡기압력은 흡기다기관에 있어서 정압을 측정하기 위하여 미압계를 멀티피토 튜브에 연결하여 피토관을 캬뷰레이터의 후방에 위치한 흡입다기관의 중앙에 위치시키고 마노메터와 연결시킨 후 측정하였다.

2-2-3 냉각수 온도 측정

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

M6 미터 나사에 1.3㎜ Hole을 관통하여 철-콘스탄탄 0.15㎜ 소선을 관통시켜 1㎜ 스테인레스 튜브에 넣어 관의 중앙에 열 접점이 위치하도록 하였으며 냉각수가 새지 않도록 메탈 본드로 완전히 고정시켰다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2-2-4 윤활유 온도 측정

오일팬의 경우는 측정점에따라 온도가 크게 변화하기 때문에 메인 오일홀중 정체가 없는 부분을 선택하여 감온부의 선단이 벽면에 접촉되지 않도록 Hole의 중심부에 센서가 위치하도록 하였다. 센서는 냉각수센서와 동일한 방법으로 제작하였다.

2-2-5 배기가스 온도 측정

엔진 운전시에있어서 이상 검출용으로서 배기 온도의 절대치는 그다지 중요하지 않고 빠른 응답성도 필요없다고 하나 측온위치는 豊田自動車(株) 데이터에서 배기계의 측정 온도 위치에 따른 배기 온도의 변화를 참조하여 배기다기관의 하단에서 15㎜정도에 위치시켰다. 측정온도센서는 철-콘스탄탄 0.15㎜ 소선을 사용하여 자체 제작하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

III. 실험 결과 및 고찰

3-1 실린더 원주 방향 온도 측정.

Fig. 7은 냉각수 온도를 80℃로 유지한 상태하에서, 기관의 회전수를 2000rpm과 3000rpm으로 하였을 때 원주 방향에서의 실린더벽 온도 분포를 나타내고 있다. 실선은 상사점에서 피스톤이 폭발행정시 상사점에 일치할 때 대량으로 열이 유출될 것을 고려하여 피스톤1번링의 센터부가 실린더벽과 만나는 지점에서 온도센서가 감지하는 온도 분포를 측정한 결과이다.

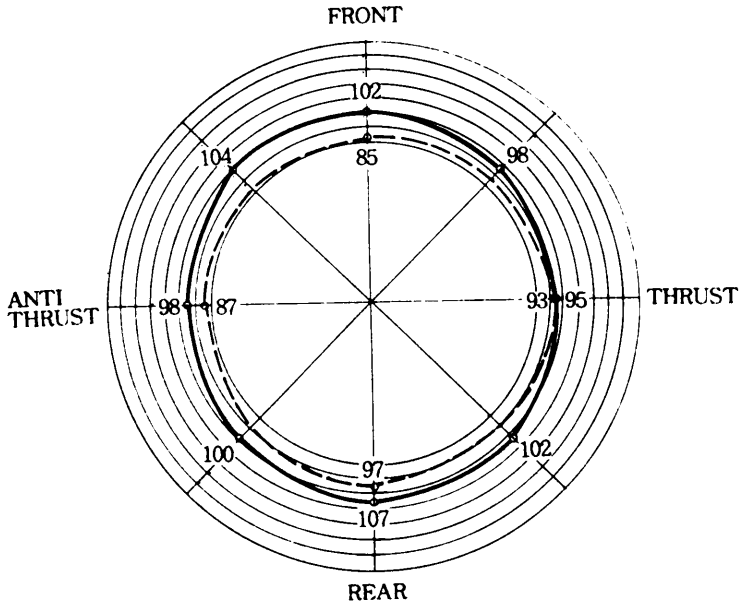
점선은 그때 실린더의 최저 온도를 나타내고 있으며 Front와 Rear부위는 상사점의 온도차가 7~10℃정도로서 가장 크고, Anti-Thrust부는 9℃, Thrust는 상·하사점이 거의 동일한 온도 분포를 나타내며, Thrust의 경우는 폭발행정시 피스톤 운동의 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3000rpm의 경우는 Front의 경우 상부와하부의 온도의 차가 약17℃, Rear 12℃, Anti-thrust 12℃, Thrust 1℃의 온도 차이가 발생하고 있으며, Rear부는 가장 온도가 높게 나타났고, 인접한 실린더의 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

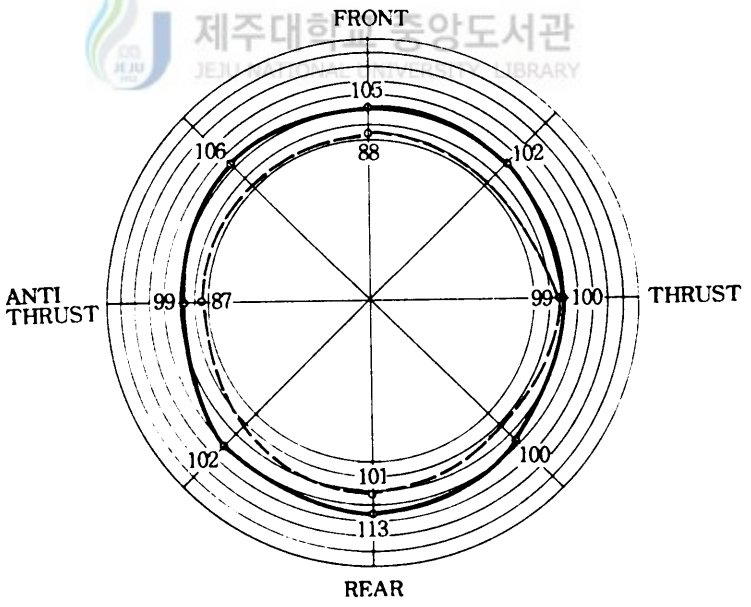
Fig. 7에 있어서 4000rpm Rear의 경우는 실린더 상하부의 온도차가 무려 20℃정도 발생하고 있으며 Thrust부의 특성은 상하부 유사한 온도구배를 나타내고 있다.

5000rpm일 때는 Rear의 경우 상하부가 무려 25℃온도차가 발생하며 Front와 Rear방향으로 길다란 타원형상의 열팽창이 일어나고 있음을 알 수 있다.



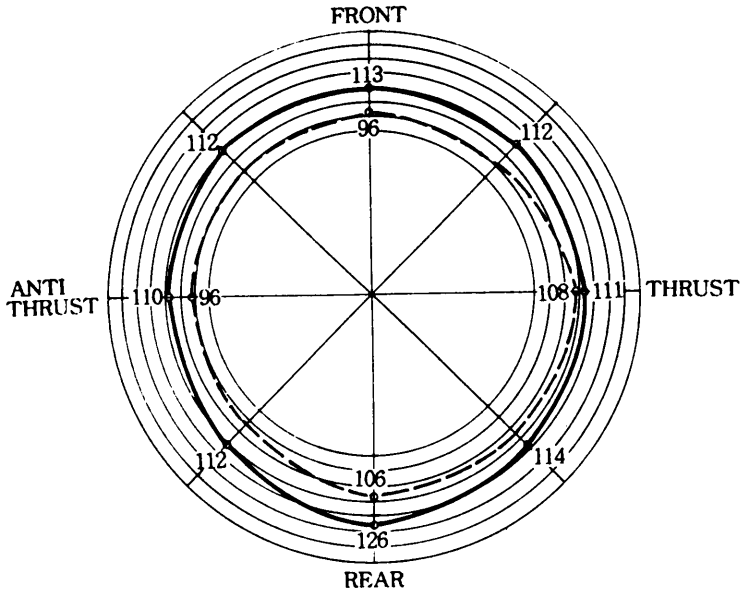
(a) 2000 rpm

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



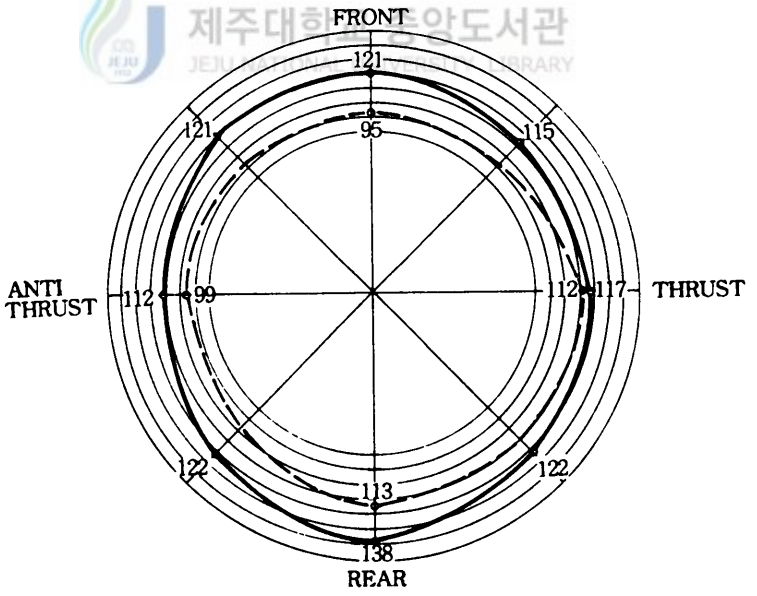
(b) 3000 rpm

Fig. 7 Peripheral distribution at TDC (W/T 80(℃))



(a) 4000 rpm

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(b) 5000 rpm

Fig. 7 Peripheral distribution at TDC (W/T 80(℃))

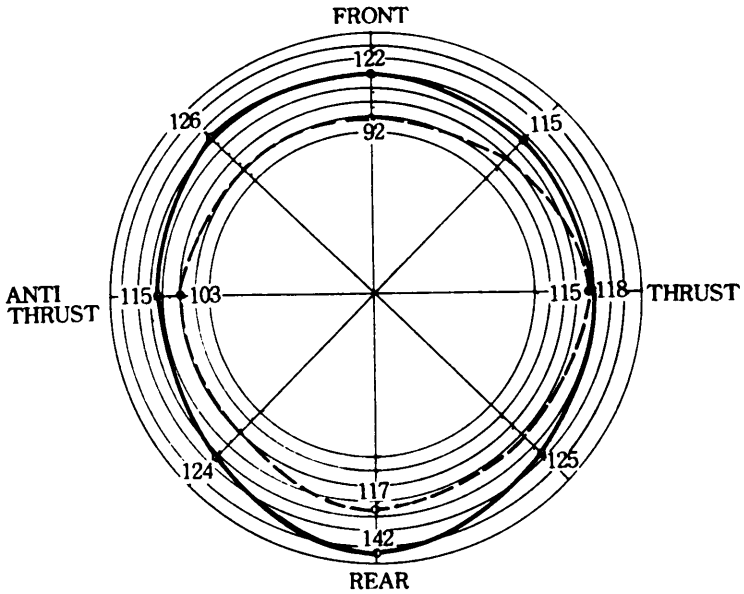
Fig. 8에 있어서 5500rpm일 때는 Rear부의 상하부차는 25℃, Front부 상하부 30℃, Anti-thrust 12℃, Thrust는 3℃의 온도차가 발생하였다. 특히 실린더 최고 온도와 실린더 최저 온도의 차이는 50℃(Rear상부와 Front하부)가 발생하였다. 실린더 냉각수 온도를 80℃로 일정한 상태에서 회전수의 변동을 고려했을 때 워터쟈켓과 실린더 내부벽온도차이는 상사점에 있어서 2000rpm일 때 27℃, 3000rpm 33℃, 4000rpm 46℃, 5000rpm에서 58℃ 5500rpm 62℃, 6000rpm에서 62℃상승하고 있다.

3-2 실린더 습동 방향 온도 측정

Fig. 9~Fig. 13은 또한 냉각수 온도를 80℃로 유지한 상태에서의 습동방향의 온도 분포를 나타내고 있다. 이것은 회전수의 증가와 더불어 실린더 벽면의 온도 분포는 상승하고 있으며, 방향별 온도 변동의 폭도 커지고 있음을 알 수 있다. 6000rpm에 있어서 Rear부의 온도가 142℃로써 가장 높게 나타났으며, Rear부가 Front나 Anti-thrust부보다는 상사점에서 하사점까지 전구간에 걸쳐서 25℃ 정도 온도가 상승함을 알 수 있다. 이것은 실린더의 외주에 피스톤 슬랩이나 폭발압력을 받아서 심하게 진동하거나 또한 캐비테이션에 의해 균일한 냉각이 이루어지고 있지 못한 것으로 예상된다. 그리고 Rear 방향으로 무려 25℃ 이상 온도차가 발생함으로서 운전중에 실린더의 열팽창이 발생되고 있음을 알 수 있었다.

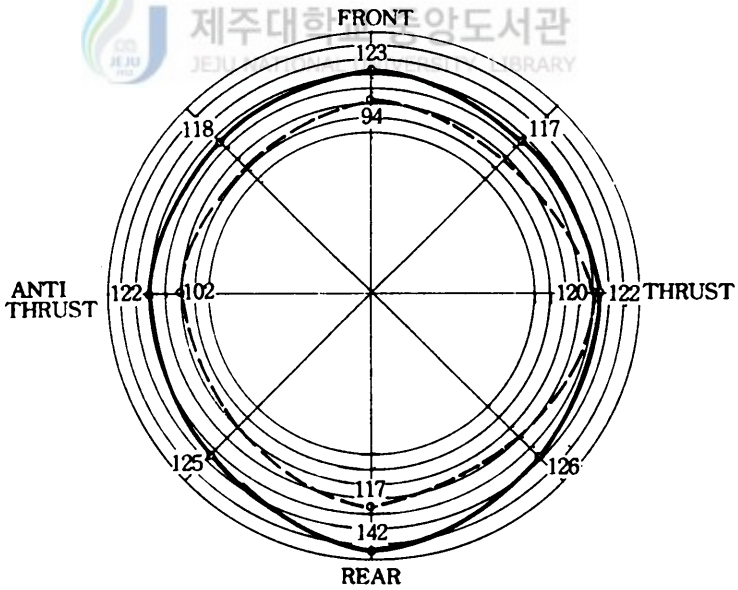
상사점과 하사점에서 온도가 높은 것은 피스톤의 체류 시간이 길기 때문에 피스톤 속도가 늦어져서 유막두께가 얇아지기 때문에 열전도가 좋아진 결과로 예상된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(a) 5500 rpm

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(b) 6000 rpm

Fig. 8 Peripheral distribution at TDC (W/T 80℃)

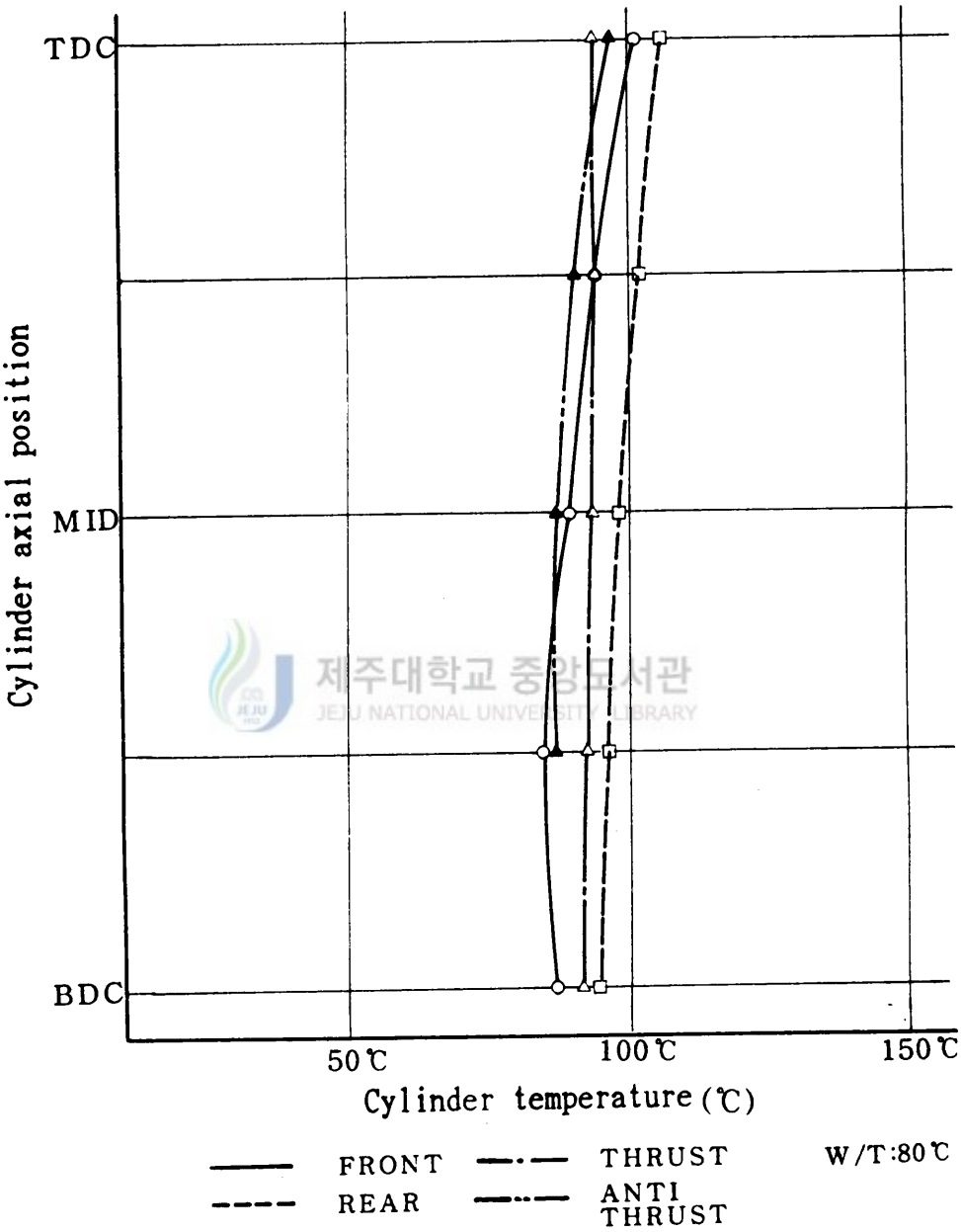


Fig. 9 Axial distribution at 2000rpm

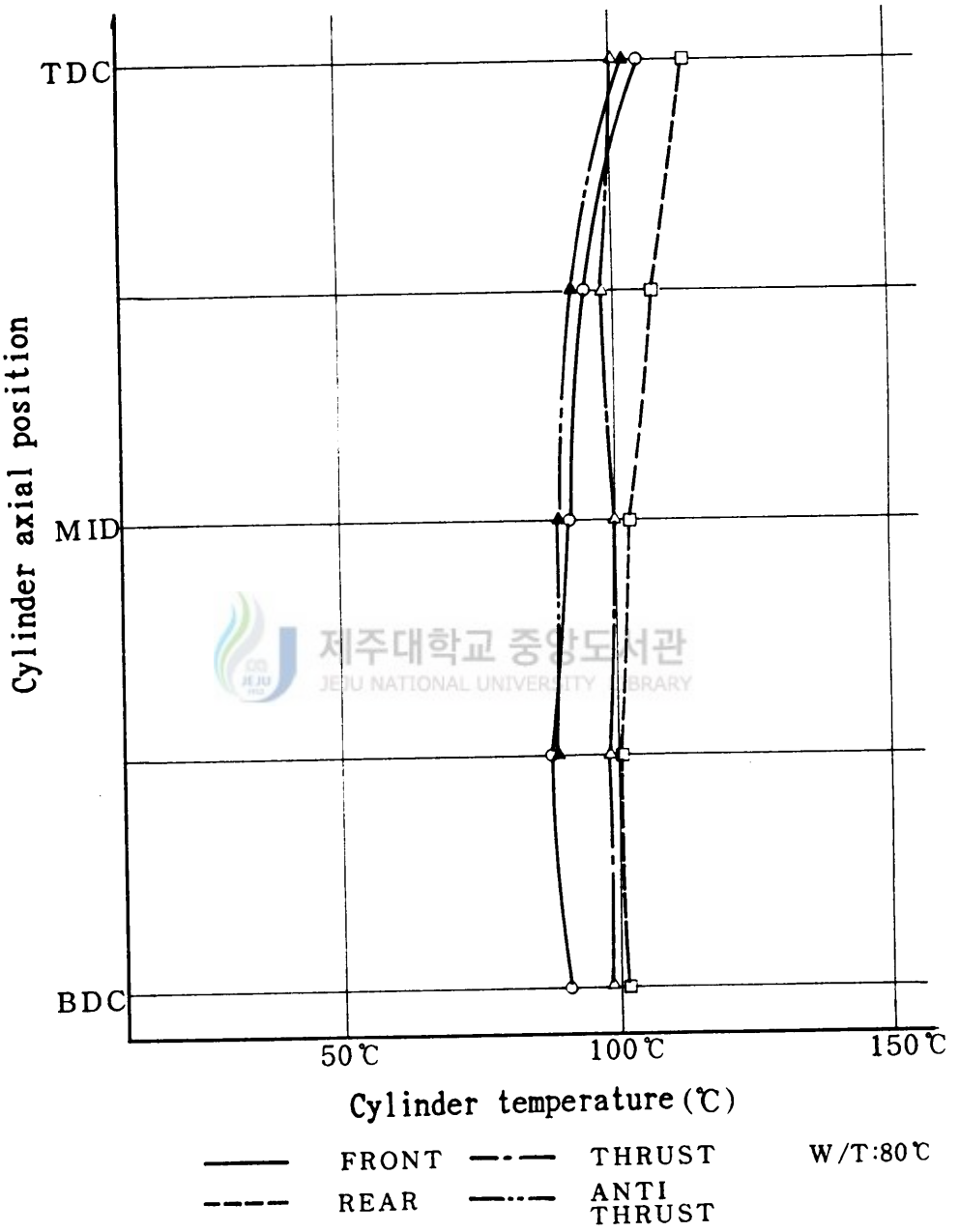
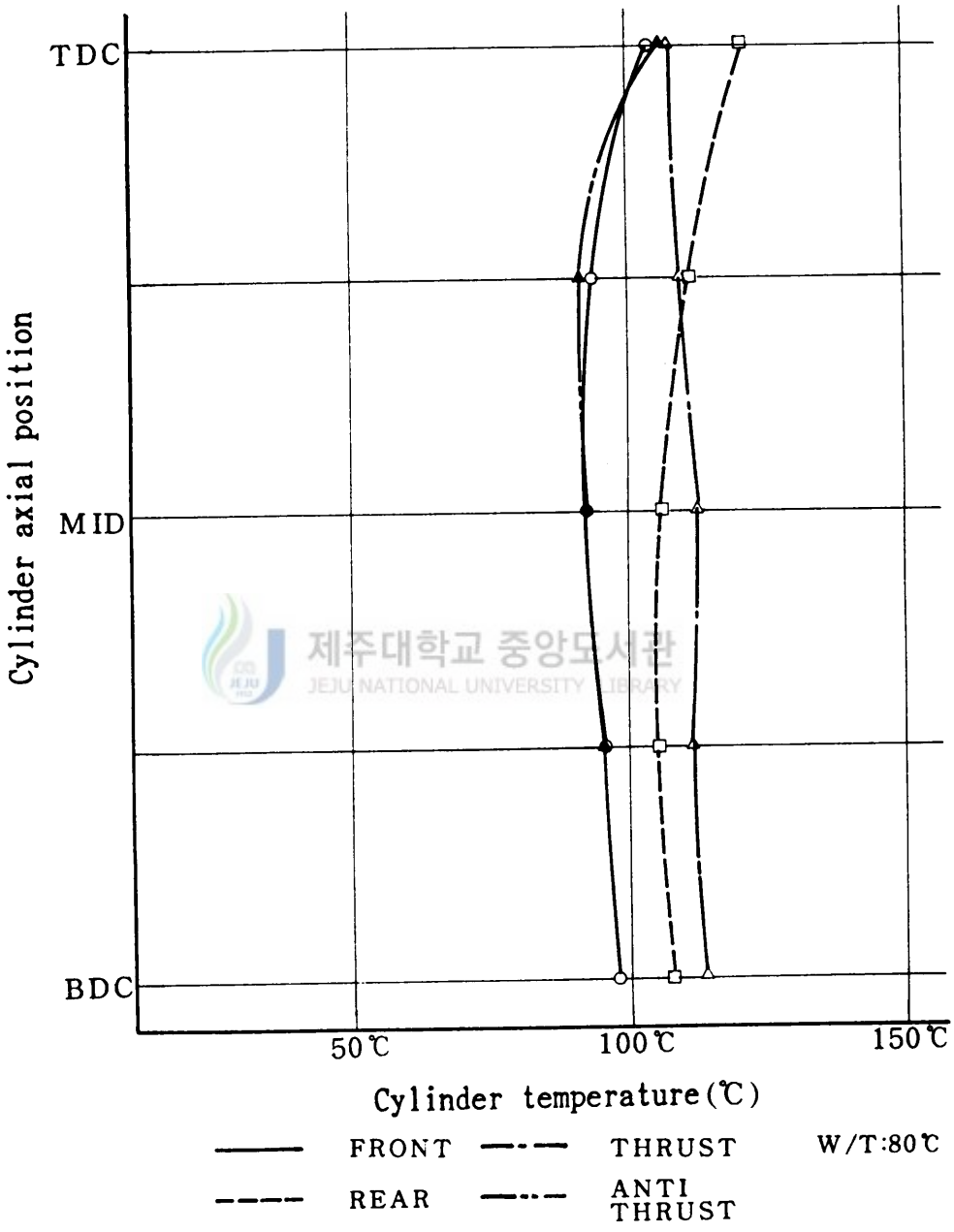


Fig. 10 Axial distribution at 3000rpm



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 11 Axial distribution at 4000rpm

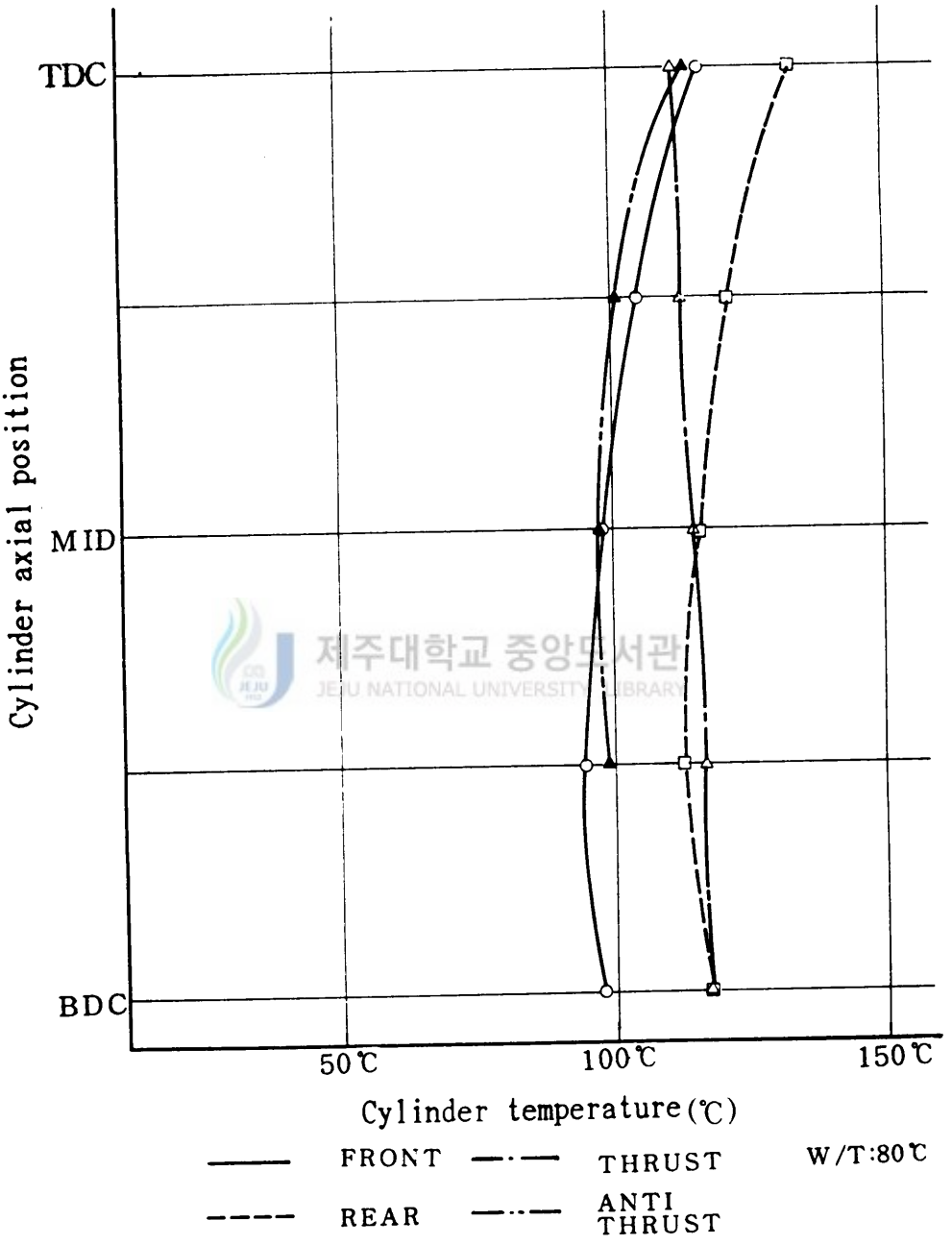


Fig. 12 Axial distribution at 5000rpm

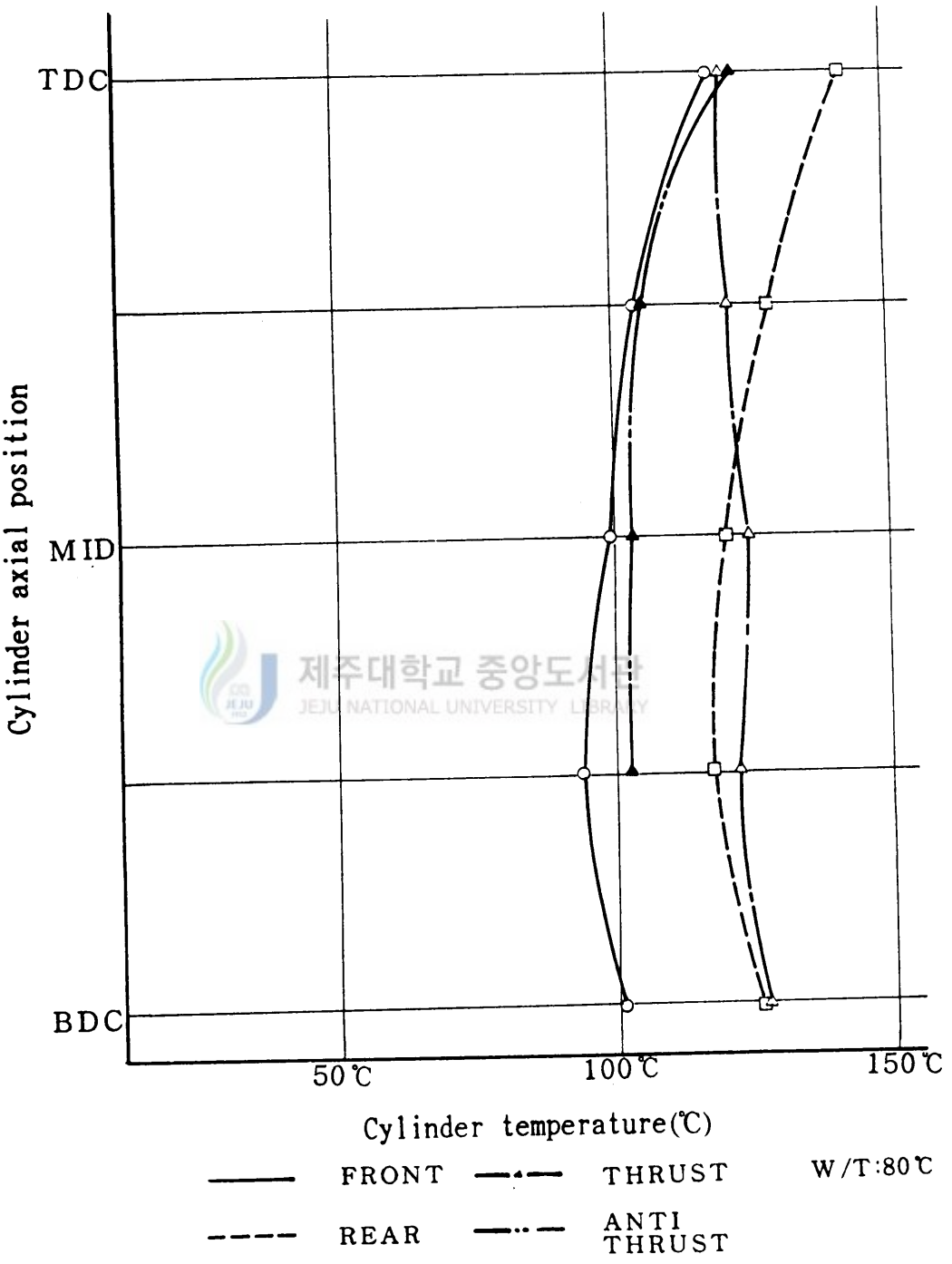


Fig. 13 Axial distribution at 6000rpm

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3-3 냉각수 온도 상승에따른 실린더 습동 방향 온도 측정.

Fig. 14~Fig. 19는 냉각수 온도를 40℃, 50℃, 60℃, 70℃, 90℃, 100℃로 변동시킬 때에 있어서, 각 회전수에 따른 실린더 벽면 온도 분포를 Front, Rear, Thrust, Anti-thrust방향별로 측정한 결과를 나타내고 있다.

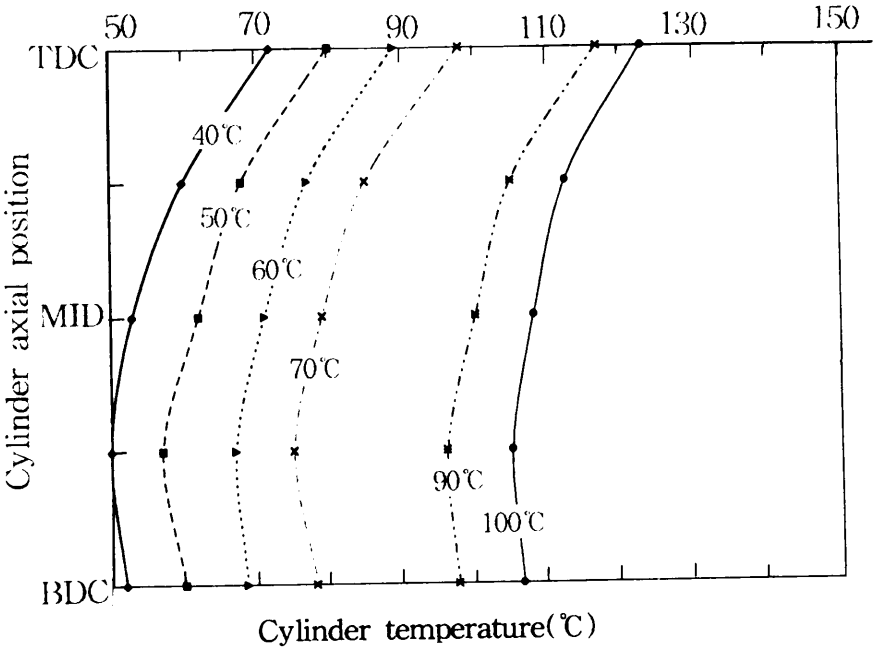
실린더 벽면의 온도는 기관 회전수가 일정할 경우 냉각수 온도가 상승함에 따라 거의 비례해서 증가하고 있으며, 예를 들어 4000rpm시 Rear방향의 경우를 살펴보면, 냉각수 온도가 40℃ 일 때 실린더 벽면 온도가 72.5℃이었으며, 40℃, 50℃, 60℃, 70℃, 90℃, 100℃로 변함에 따라 실린더 벽면 온도는 72.5℃, 88℃, 97℃, 122.5℃, 129℃로써 약30℃ 벽면 온도가 더 높았다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3-4 오일의 점도에 따른 실린더 습동 방향 온도 측정.

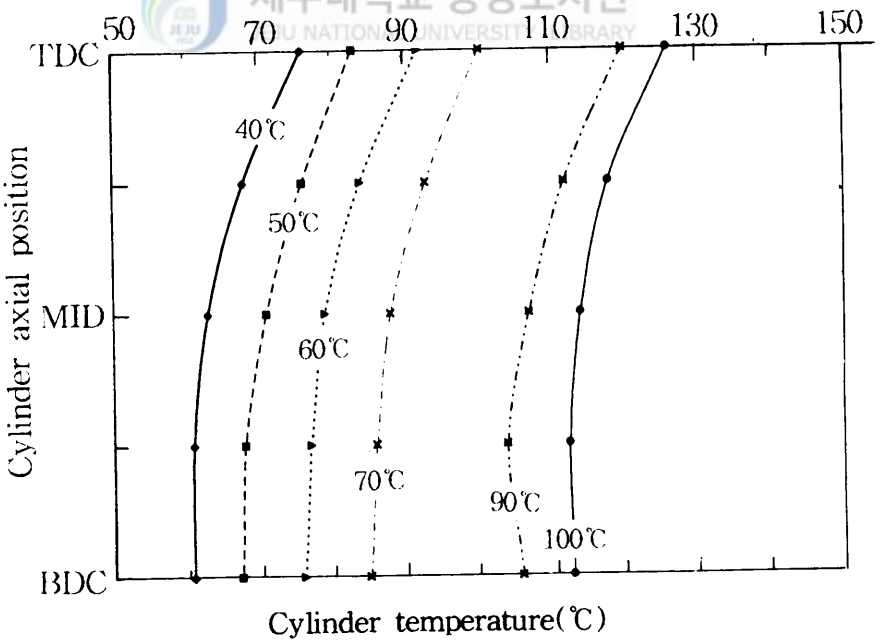
Fig. 20~Fig. 23은 엔진 오일의 점도에 따른 온도 분포도이다. 동점도 40.49cst(40℃) 일 경우의 2000rpm부터 6000rpm까지의 Rear부 실린더 벽 표면 온도 분포와 동점도 95.27cst(40℃) 일 경우 각 회전수마다의 Rear부 실린더 벽 표면 온도 분포를 나타내고 있다.

40.49cst의 경우 6000rpm에서 상사점의 경우 136℃였으나 95.27cst의 경우는 152℃를 나타내어 무려 16℃ 상승하고 있었다.



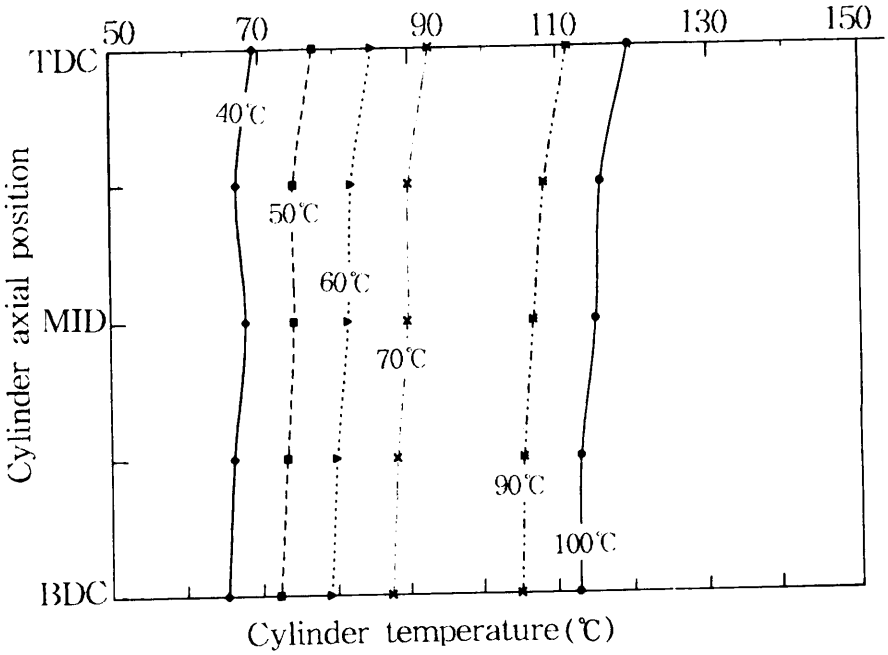
(a) Front side

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



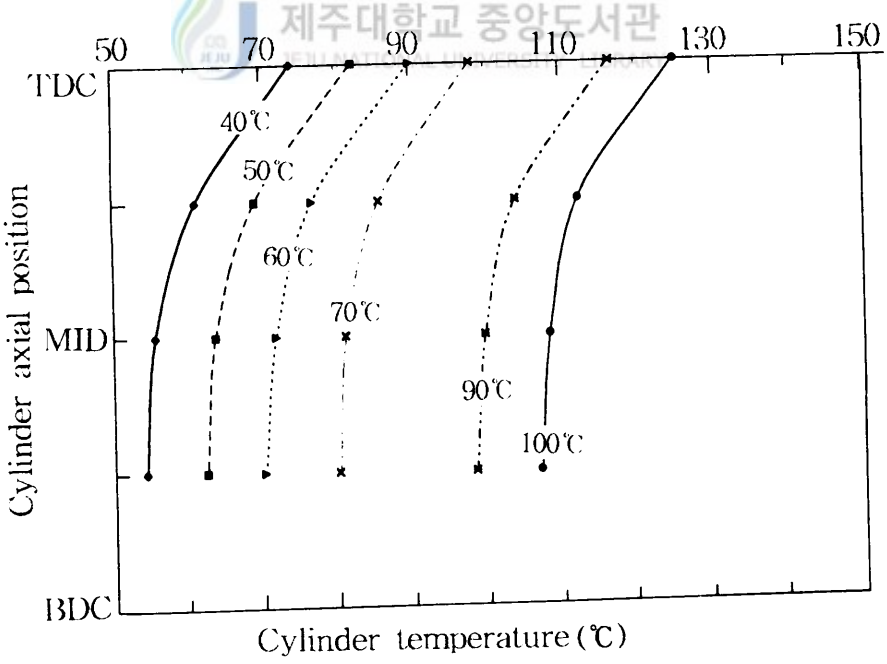
(b) Rear side

Fig. 14 Axial distribution according to cooling water at 2000rpm



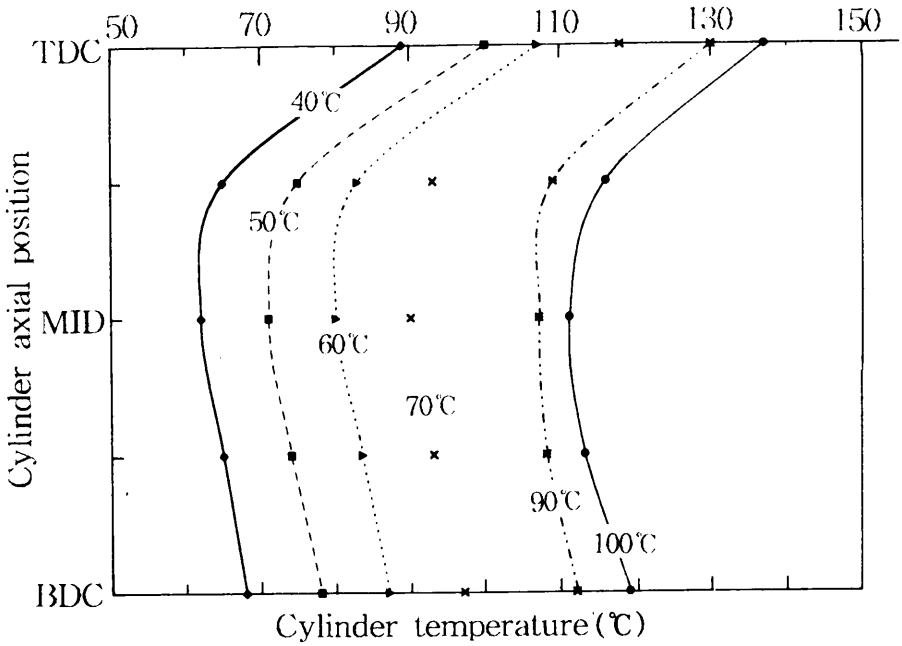
(a) Thrust side

제주대학교 중앙도서관



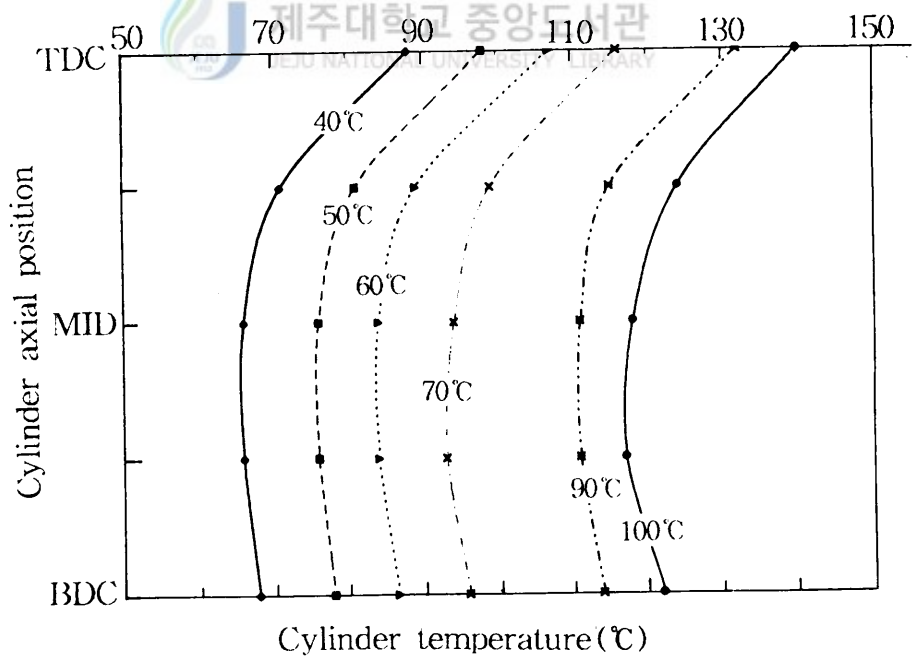
(b) Anti-thrust side

Fig. 15 Axial distribution according to cooling water at 2000rpm



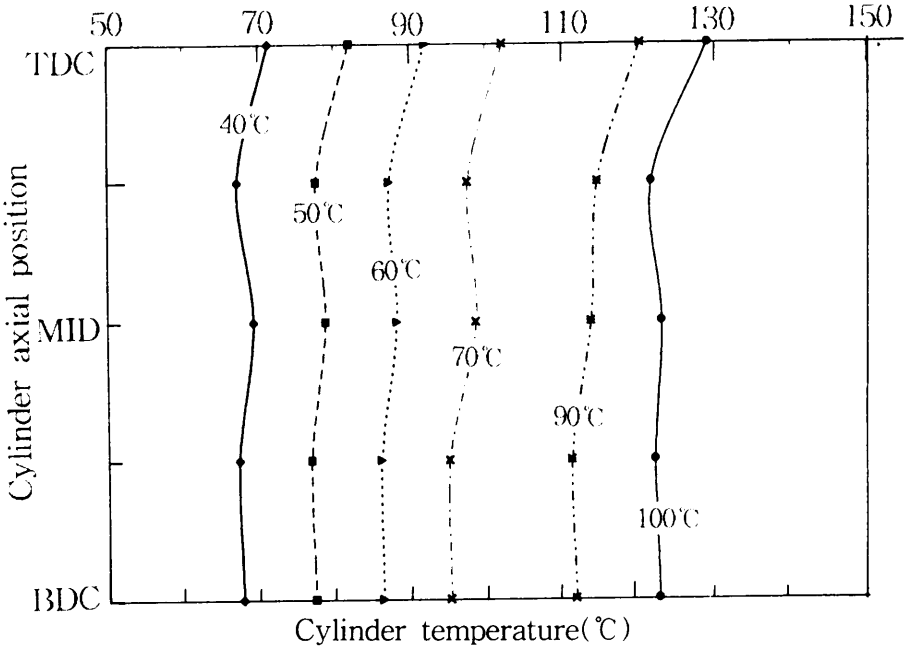
(a) Front side

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



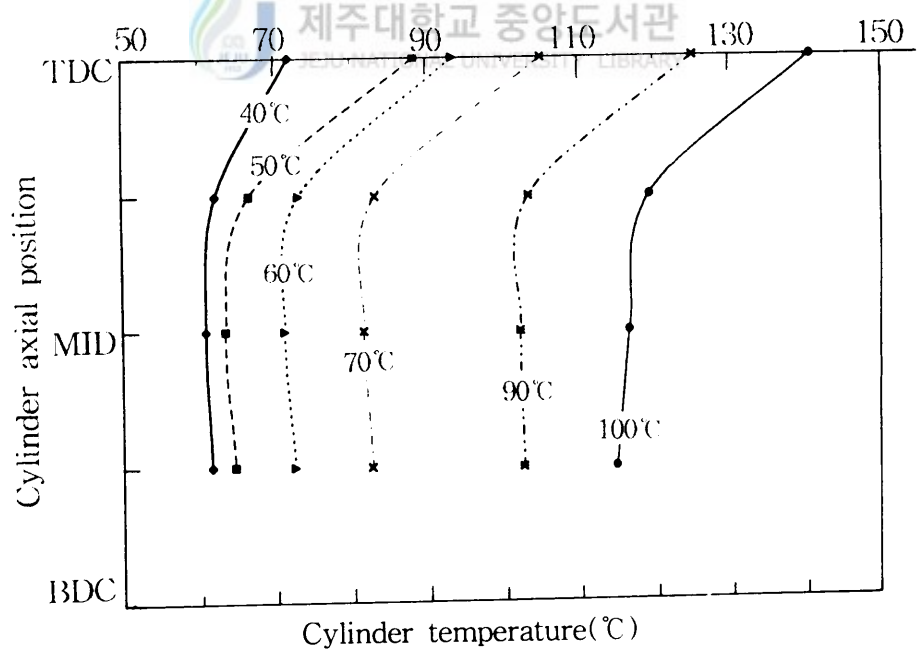
(b) Rear side

Fig. 16 Axial distribution according to cooling water at 3000rpm



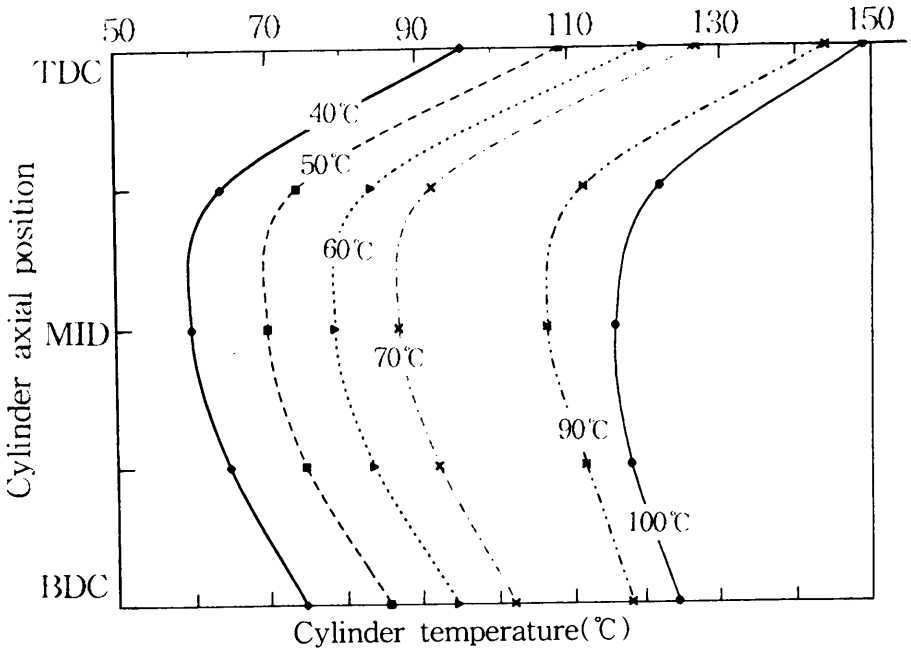
(a) Thrust side

제주대학교 중앙도서관



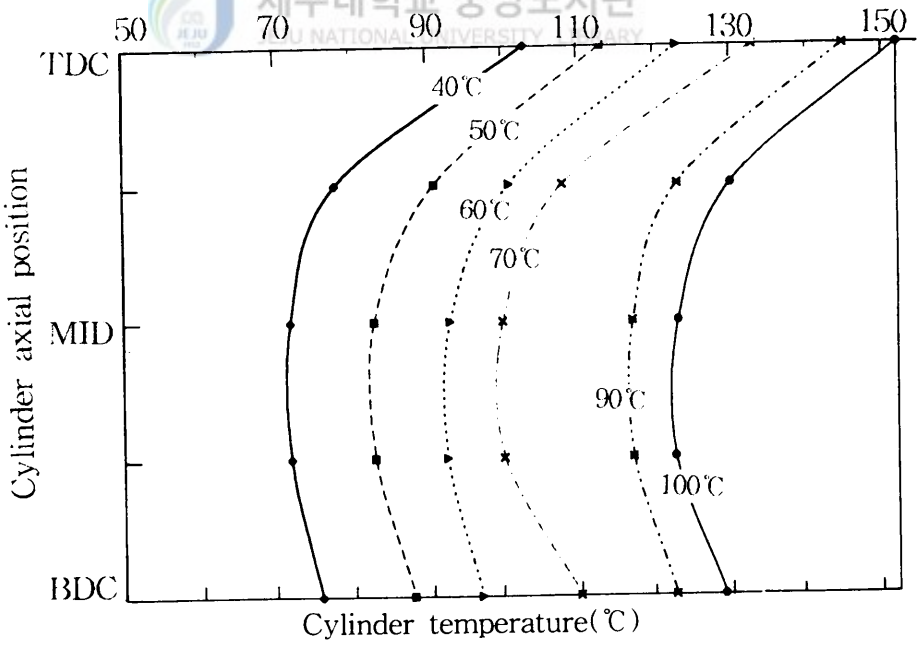
(b) Anti-thrust side

Fig. 17 Axial distribution according to cooling water at 3000rpm



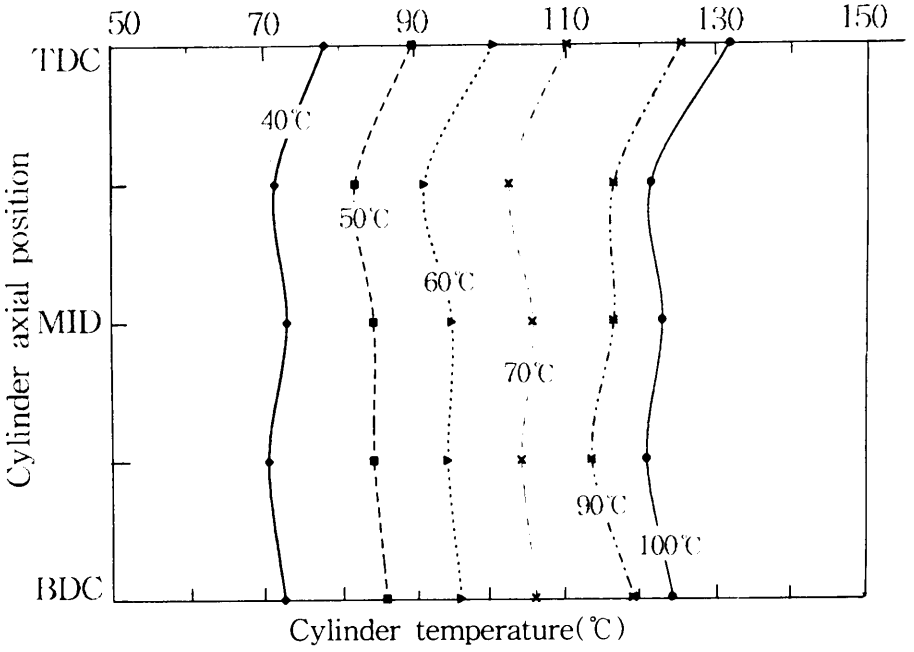
(a) Front side

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



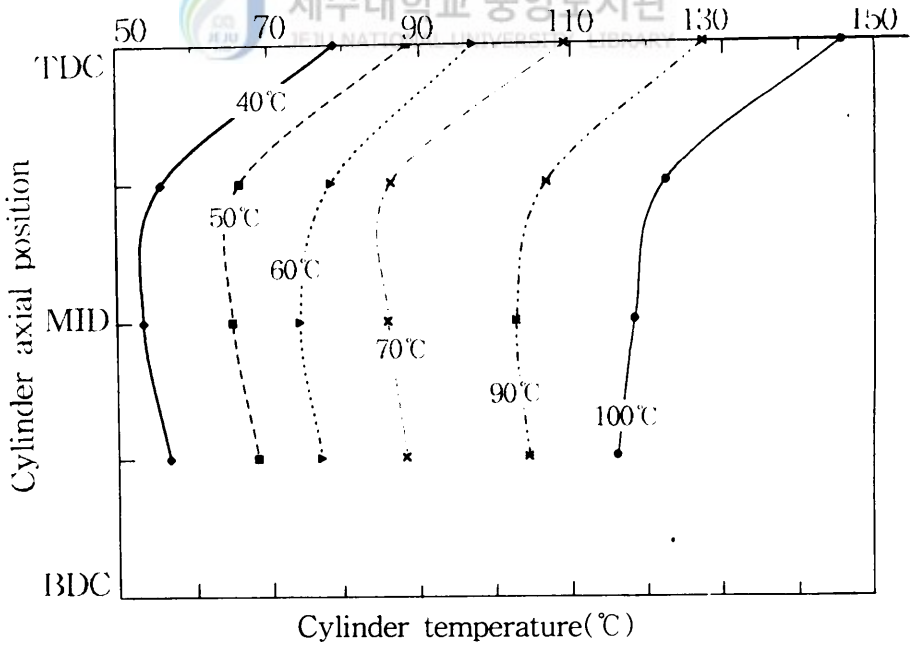
(b) Rear side

Fig. 18 Axial distribution according to cooling water at 4000rpm



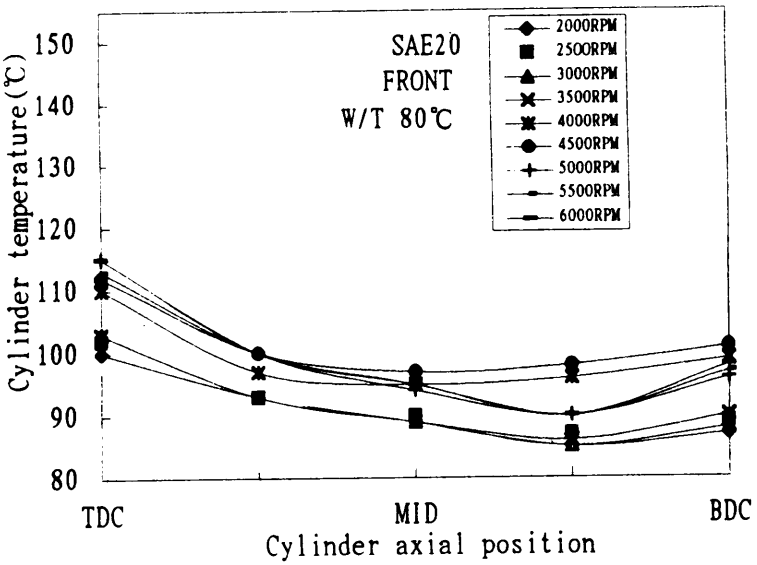
(a) Thrust side

제주대학교 중앙도서관

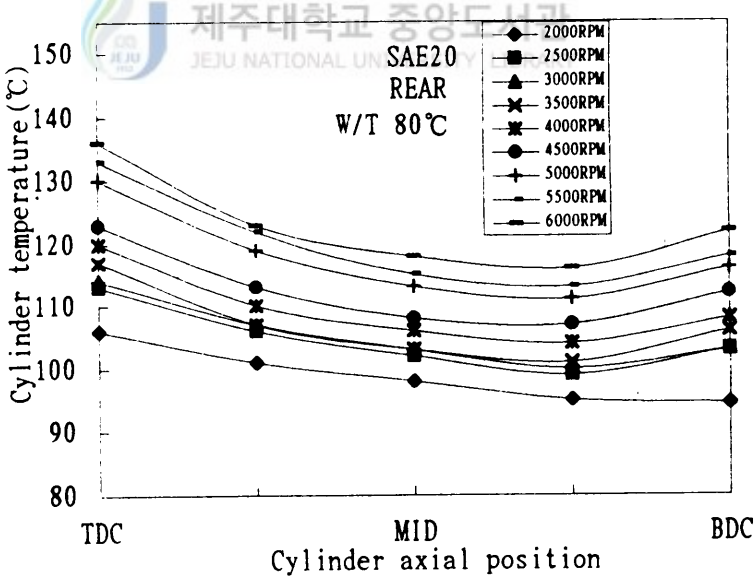


(b) Anti-thrust side

Fig. 19 Axial distribution according to cooling water at 4000rpm

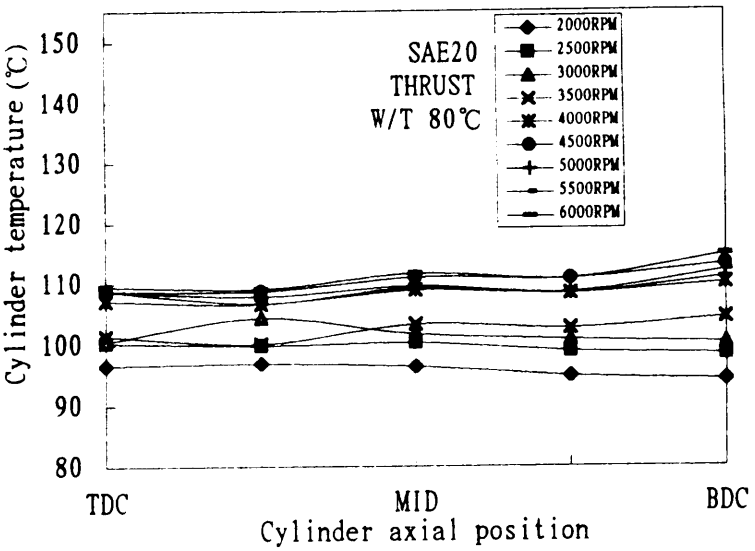


(a) Front side



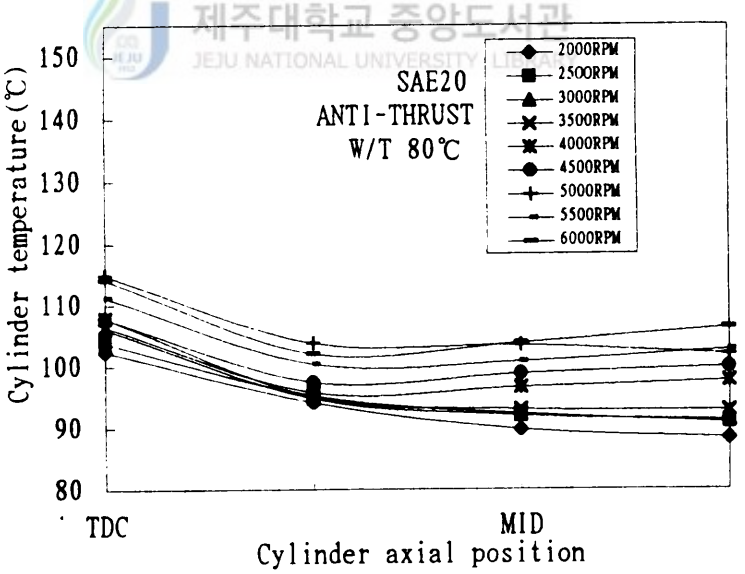
(b) Rear side

Fig. 20 Axial distribution at SAE 20#



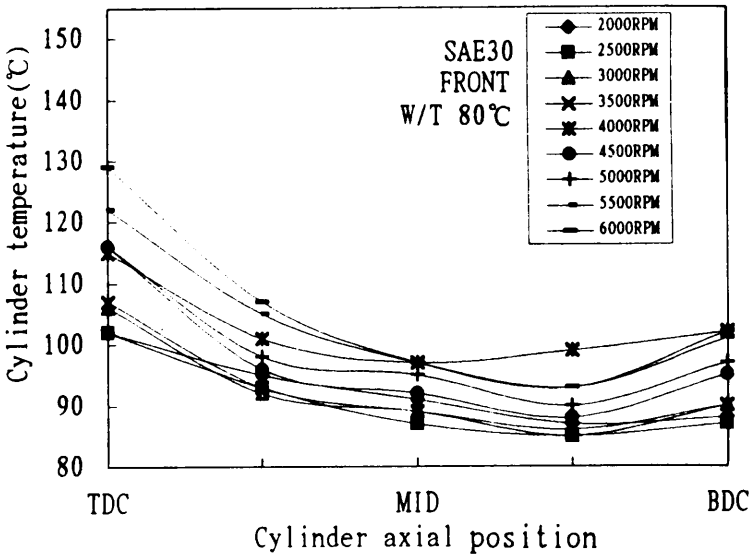
(a) Thrust side

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

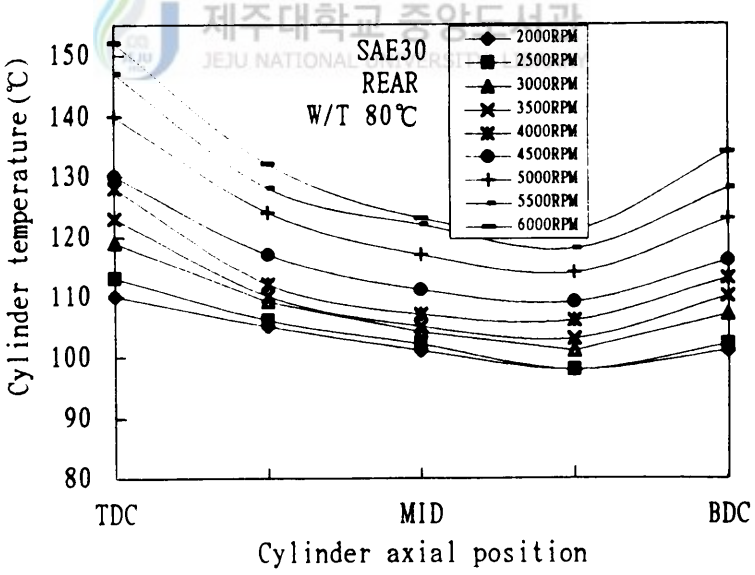


(b) Anti-thrust side

Fig. 21 Axial distribution at SAE 20#

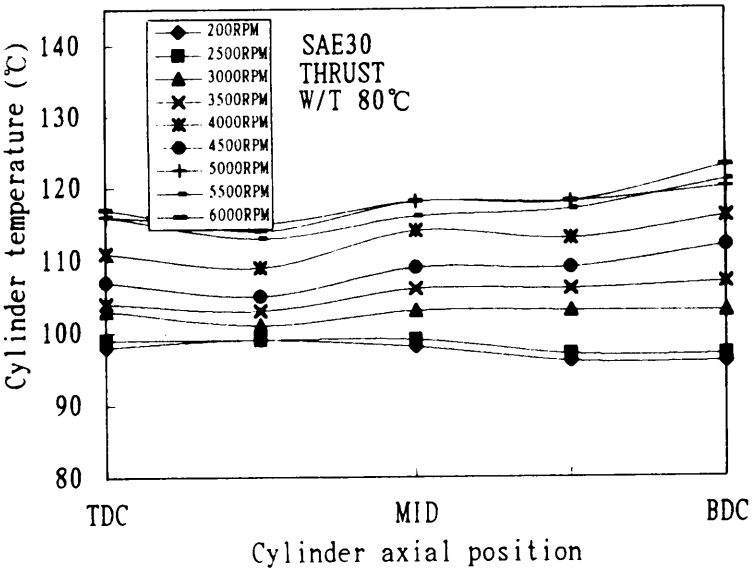


(a) Front side



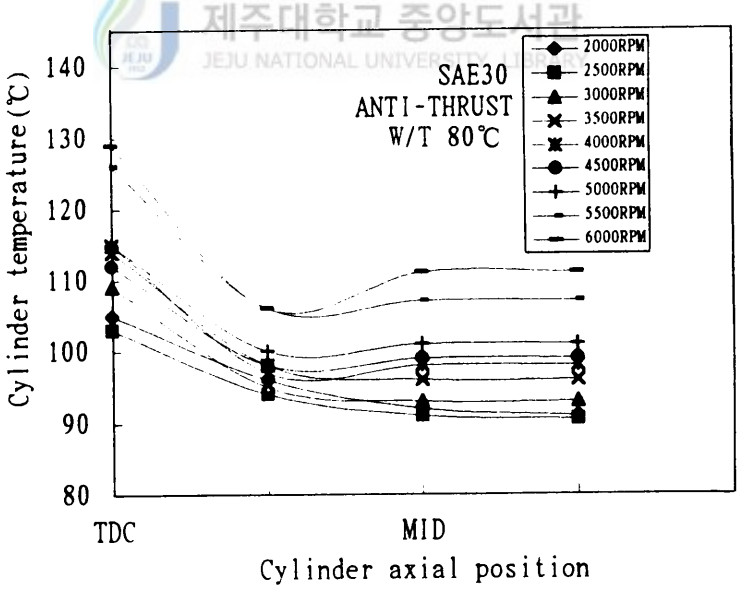
(b) Rear side

Fig. 22 Axial distribution at SAE 30#



(a) Thrust side

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(b) Anti-thrust side

Fig. 23 Axial distribution at SAE 30#

3-5 연소시의 실린더 블록 열팽창량을 고려한 피스톤 스커트의 Over-Lap 평가.

Fig. 24는 피스톤 형상 측정기로 피스톤 스커트의 프로파일을 실측한 결과이며 이 결과를 Over-Lap평가를 위한 자료로 활용하였다.

Fig. 25는 엔진 운전시의 스커트 오버랩량, 반력을 상정하고 피스톤 프로파일, 조립 클리어런스, 측압변형, 열팽창이 적정한가를 총합적으로 평가하는 선도이다.

①은 피스톤 각부의 추정 온도로서 日本의 자동차 엔진 전문 부품 업체에서 실용되고 있는 실험식을 이용하였으며,

②는 상온(20℃)에서 피스톤의 형상 프로파일이다.

③은 실측에 의해서 구해진 피스톤 스커트의 처짐량이며,

④는 상온 상태에서 실린더 블록의 상태이고

⑤는 연소 상태에서 블록의 열팽창량(실린더 블록의 열팽창 계수 : 11×10^{-6}mm/℃)을 감안한 상태이다.

⑥은 연소 상태에서 피스톤 스커트의 온도(피스톤의 열팽창 계수 : 21.67×10^{-6}mm/℃)와 프로파일을 감안했을 때의 피스톤 형상 프로파일이 변형된 모양을 나타내고 있다.

⑦은 변형된 피스톤 스커트⑥이 실린더 블록의 Over-Lap되는 양과 피스톤 스커트의 처짐량을 감안하여 각 위치의 Over-Lap반력을 계산한 결과이다.

Fig. 26은 기존 설계의 방법을 개선한 것으로 실린더 블록의 온도구배를 구해서

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

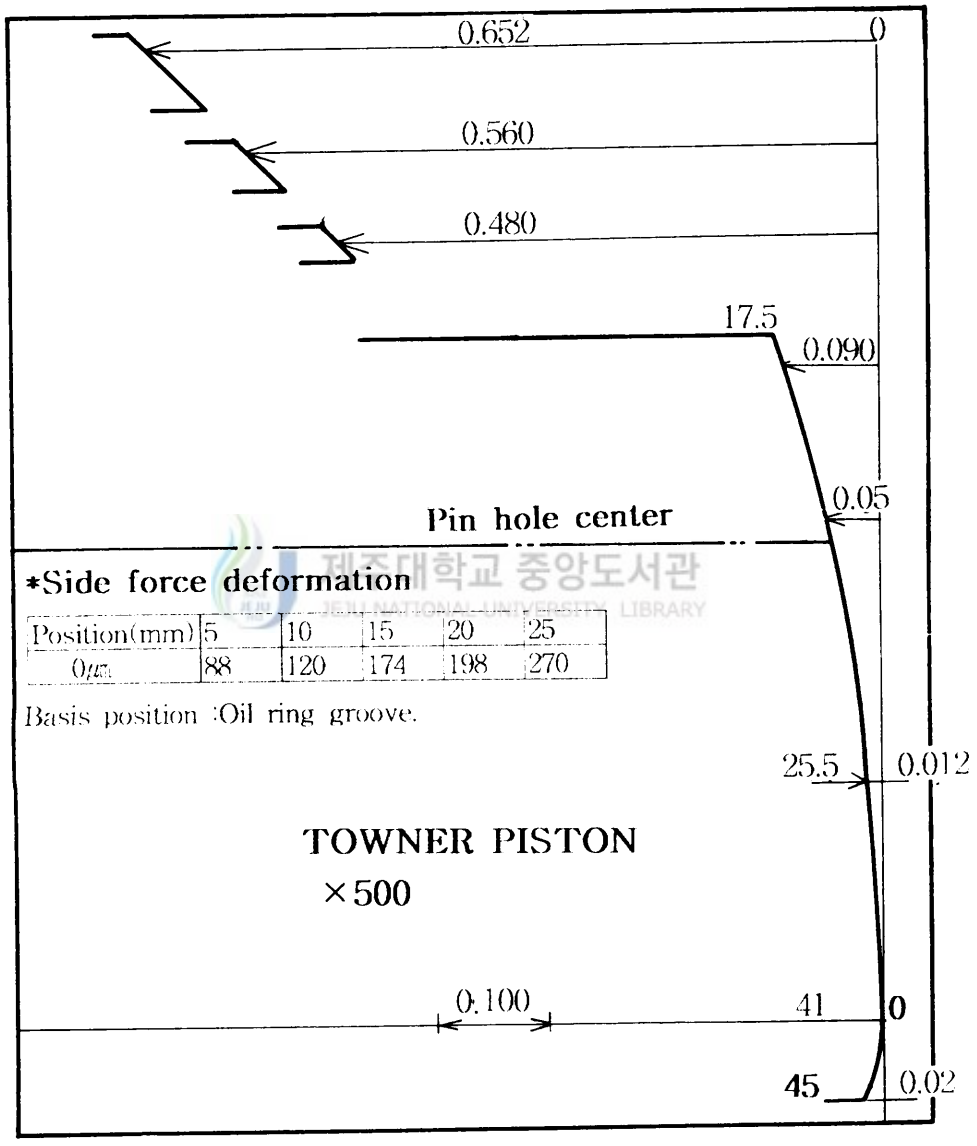


Fig. 24 Piston skirt profile

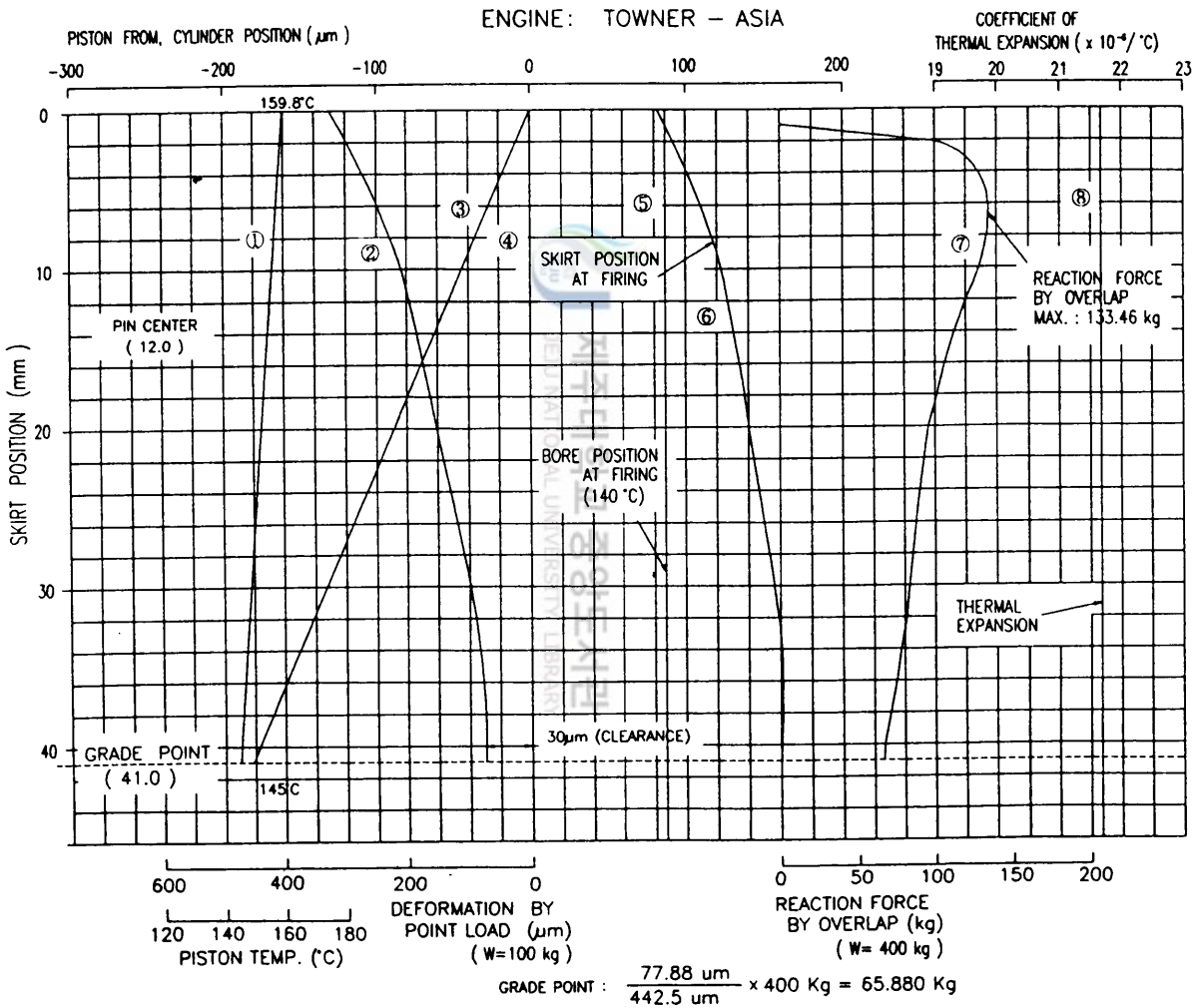


Fig. 25 Piston skirt overlap

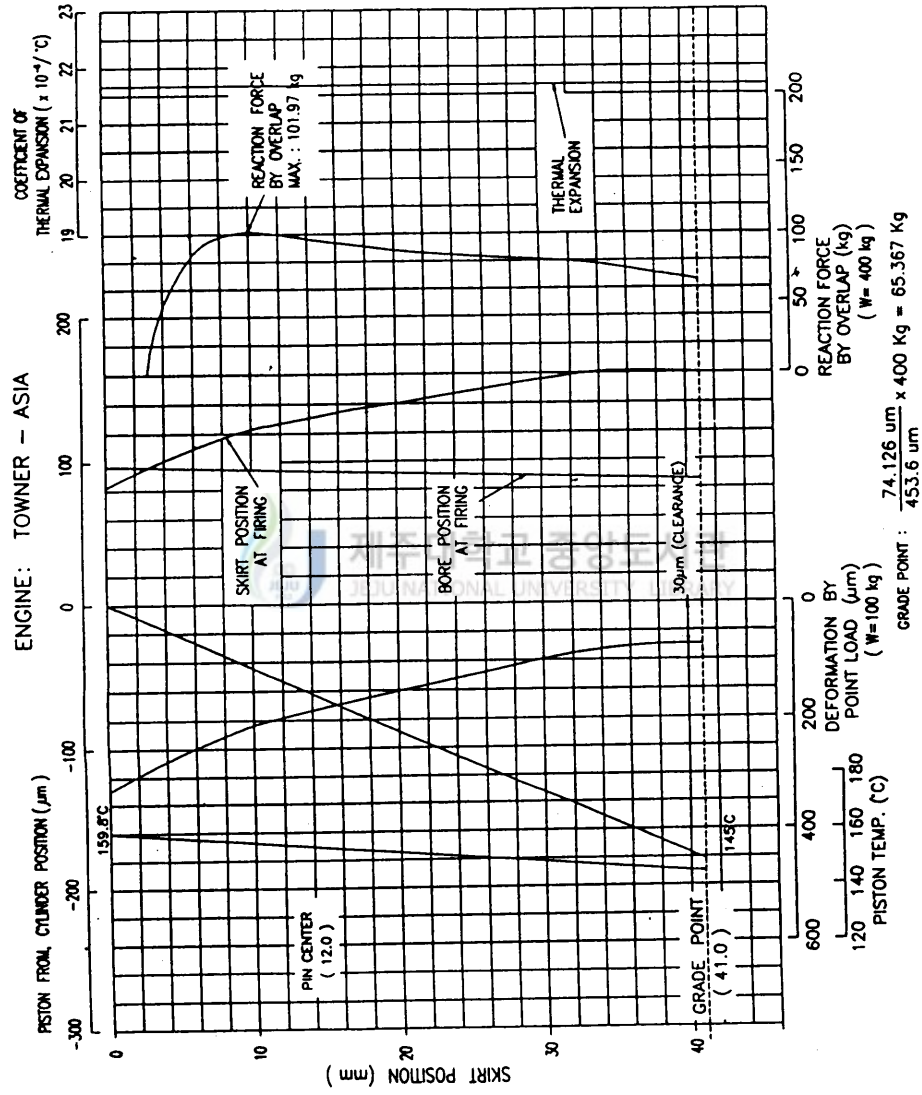


Fig. 25 Piston skirt overlap

새롭게 설계상 반영시킨 것이다.

기존 설계 방법의 경우는 Over-Lap에 의한 반력의 최대값이 133.46kg의 피스톤 프로파일이 반영되어 있으나, 실제 실린더 블록의 온도구배를 적용한 결과 피스톤 스커트에 작용하는 반력은 101.97kg이었다.

이것은 Over-Lap량 및 피스톤 스커트 반력의 최대값 위치가 변동하고 있고, 이로 인해 피스톤 프로파일의 변경이 불가피함을 제시하고 있다.

Fig. 27은 피스톤 스커트를 원주 방향에서 500배로 확대하여 피스톤 타원량을 측정한 결과를 나타내고 있다.

3-6 배기가스 온도 측정.

Fig. 28은 냉각수 온도T 80℃ 일정 상태, 점화 시기 MBT의 경우 배기가스 온도 분포를 나타낸다. 2000rpm의 경우 432℃이며, 4000rpm시 518℃, 최고 회전수 6000rpm의 경우 674℃를 나타내고 있다. 배기가스 온도 는 회전수가 증가함에 따라서 점차적으로 상승하고 있는 것을 알 수 있다.

제주대학교중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

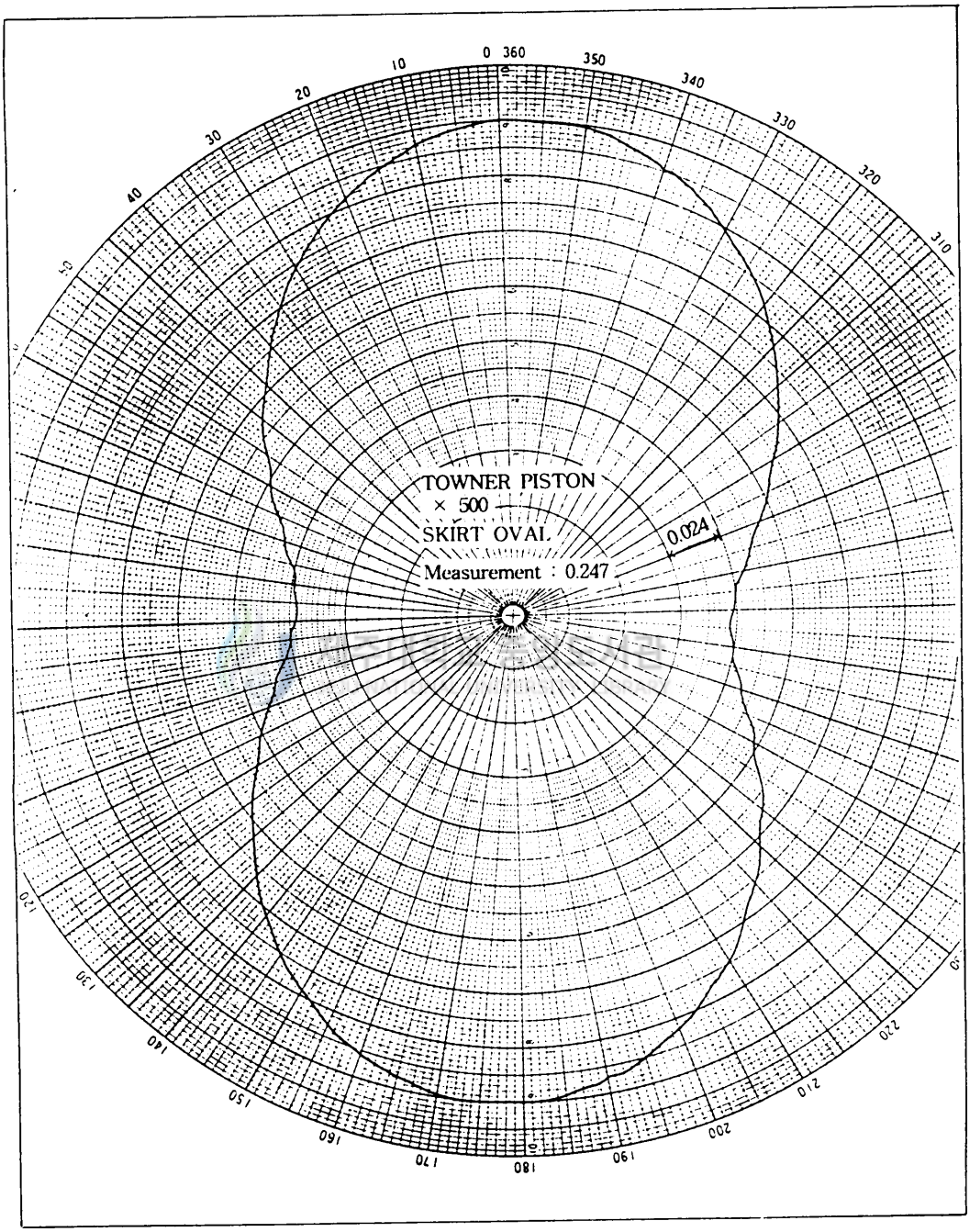
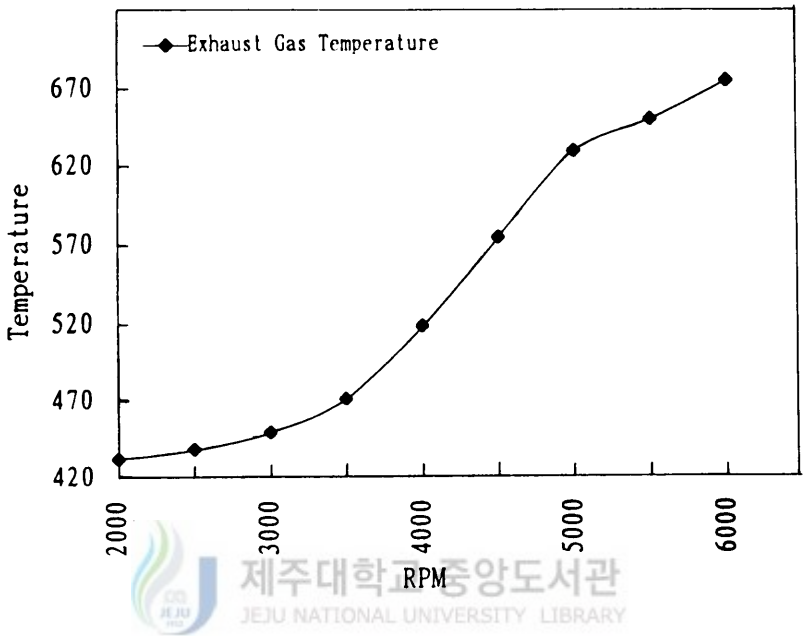


Fig. 27 Piston skirt oval



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 28 Exhaust gas temperature distribution

Ⅳ. 결 론

실동 엔진 운전시 예상되는 피스톤과 실린더 사이에서 소손, 소착등의 신뢰성 현안을 미연에 추출하고, 신규 엔진 개발시 내구 시험 개시 가부에 대한 사전 판단에 기여하기 위하여, 800cc급 가솔린 엔진을 사용해서, 각 회전수와 냉각수 온도를 변동시켜 실린더 보어에 있어서 원주 방향, 습동방향의 온도구배를 실험적으로 구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 실제 운전 상태에서의 Over-Lap 반력을 구할 수 있었으며, 종래의 엔진설계법인 실린더 온도 140℃를 실린더 전체로 적용하는 경우는 이번 실측결과에따른 온도구배 적용 시와 비교한 결과 반력 작용 위치 변화 및 반력크기가 일치하지 않았다.

제주대학교 중앙도서관

2) 실린더 원주 방향의 경우에는 2번 실린더와 연결되어 있는 Rear측은 온도가 크게 상승하였으며, 인접된 실린더의 균등한 냉각 구조 설계가 요구된다.

3) 실린더 종방향의 경우에는 Rear측이 매우 높게 나타났고, 상사점과 하사점에서도 온도가 높게 나타났다.

4) 윤활유 SAE 20#과 SAE 30#에 있어서 벽면 온도 변화는, SAE 30#이 최고 16℃ 상승하였다.

5) 냉각수 온도는 실린더 블록 워터쟈켓과 실린더 벽면의 온도차는 방향별로 다소 차이는 발생하고 있으나, 20~30℃정도 상승하였다.

6) 배기가스 온도는 냉각수 온도 상승과 함께 상승하였으며, 최고6000rpm의 경우 약670℃정도가 되었다.

V. 참고문헌

高松英俊, 1986, "薄幅オイルリングを持つ2本リングピストンの溫度およびリング擧動に關する硏究", 武藏工業大學碩士學位論文, pp. 27~28.

榎本良輝、1986" 自動車エンジンの溫度測定および熱損失に關する硏究", 武藏工大學博士學位論文, pp. 1~ 18.

古浜庄一、1984, "自動車 エンジンのトライボロジ、ナツメ社"、pp. 251~253.

藤本博也, 古浜庄一, 後藤隆治、1990、"ギャップセンサをもつ回轉ピストンによる實動中のシリンダボア變形の測定", 日本機械學會論文集-56(523), pp. 851~857.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Furuhama, S., 1983, "Thermal problem of internal combustion engines (1)", Internal combustion engine-22(5), pp. 61~69.

Furuhama, S., 1984, "Effect of Oil Properties on Piston Frictional Forces", JSAE-29, pp. 55~62.

Furuhama, S., Asahi. T and Hiruma. M, 1983, "Measurement of Piston Ring Oil Film Thickness in an Operating Engine", ASLE Trans 2-LC-6C-1, pp. 1~7.

Furuhama, S., 1958, "A Dynamic Theory of Piston Ring Lubrication", JSME 24(148), pp. 1032~1039.

Hoshi, M., 1985, "Improvement of Tribological Technology for Automobil 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, "實動エンジンにおけるピストンスカート部變形の測定に關する研究"、日本自動車技術會 9303023, pp. 149～152.

石田宣之, 西村周一, 寺本正彦、1986、"新型ツインカムエンジンシリーズの開發", 內燃機關 第25卷7號), pp 25～40.

이현순, 1989, "한국 내연기관 개발의 현재와 미래", 대한기계학회지, Vol. 29 (6), pp. 573～580.

日本機械學會編, 1985, "機械工學便覽-應用編- B7. 內燃機關", pp. 191.

日本機械學會編, 1986, "エンジンの溫度測定", JSME-S007, pp. 101.

仲尺洋文, 1986, "自動車用ガソリン機關", 25(7), pp. 77～82.

ピストンリング編集委員會, 1970, "ピストンリング", 日刊工業, pp. 218.

Shin. K., Tateishi. Y, Kimura. T, 1986, "Problems about Piston Ring for Automotive Engine at High Revolutions and Power", JSAE-40 (4), pp. 499～504.

吉田 秀樹, 1981, "內燃機關の潤滑油消費量に關する研究", 武藏工業大學碩士學位論文, p. 144.

横堀 武夫, 1947, "內燃機關シリンダ內壁、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, 第13卷45號, pp. 133 ～163.

厚木自動車部品(株) 社內資料.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

감사의 글

본 연구를 수행하는데 있어서 세심한 지도와 노고를 아끼지 않으신 제주대학 권기린 지도교수님께 마음으로부터 깊은 감사의 뜻을 표합니다.

또한 본 논문 심사에 열과 성을 다하여 적극 협조해 주신 본대학 허종철교수님, 현명택교수님과 김귀식교수님, 임종환교수님의 귀중한 조언을 주신 점에 대해서 감사드립니다. 그리고 공시 기관을 제공해 주신 아시아 자동차(주) 및 피스톤 오버랩 평가에 있어서 기술적 지원을 해주신 정일 공업(주) 기술 연구소 이돈배차장님, 노환차장님, 김명호과장님께도 감사의 뜻을 표합니다. 아울러 직업전문학교 홍성찬 선생님과 학부생 양형일, 강승문 학생과 원고 정리에 끝까지 최선을 다해준 양은석군에게 고마움을 전합니다. 끝으로 사랑하는 나의 가족과 함께 이 기쁨을 나누고자 합니다.

1996년 12월

윤 영 춘 드림

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY