ックスまたは Y 合金にせられ、またピストン速度は 3.5 m/s 以上に、軸出力平均有効圧力は全出力で 4.5 kg/cm² 内外に高められ面目を一新し新機種となった。しかしこれらの改良は本実験進行中のできごとであるので、新機種に対する測定は次の機会にゆずることにした。

終りに本実験に用いた熱電対線は東京工業大学 斎

藤幸男教授の御好意によるもので同氏はこの外電気絶縁に関し種々教示されかつ援助せられた。ここに感謝の意を表する。

なお本実験は昭和 23 年より昭和 25 年にわたって東京工業大学機械工学科内燃実験室で校費および文部省科学研究費によって行ったことを記す。

621.434-242 : 536.532

はん用中速石油機関のピストン温度*

原 正 健**, 前 田 安 巳***

On the Aluminum-Alloy-Piston Temperature of the Japanese Medium-Speed Farm-Type Kerosene Engine for General Use

by Masatake HARA and Yasumi MAEDA

In this paper the authors describe the results of measuring the temperature distribution over the current type piston and also the special type piston, with thermocouples. The special type piston has four or six inside longitudinal fins which are intended to deduce high temperature of the head centre and the first ring groove.

From the experimental results, the following conclusions have been reached :

- (1) The current type piston has high temperature enough to stick the piston ring to the first groove.
- (2) The less the fuel consumption, the lower the piston temperature is at the output being accompanied by severe knocking.
- (3) The exhaust gas leakage disturbs the concentric uniformity of the temperature of the piston body.
- (4) The inside longitudinal fins prove good effect as intended by the authors.

1. 緒 言

この機関は冷却水沸騰のもとに連続長時間の全出力運転を普通とする重荷重機関に属し、昭和 22 年ごろ以降に新機種として業界に現われ数回の通商産業省主催はん用内燃機関比較審査会⁺による進歩改善の促進をうけ軽量高性能になった。燃料は戦前時代よりも粗悪な軽油をもちいるにかかわらずその消費率は 240~300 g/PS·h に低減してディーゼル機関燃費に迫っている。しかし軸出力が 3/4 以上では激烈なノッキングを呈し過熱にもとづくピストンの故障がひん繁に起っ

ている。著者はこのような熱的故障の除去を目的としてまず普通の構造のピストンにつき温度分布の測定を

第 1 表 実験にもちいた石油機関

名 称	日平産業会社いさみ 6 PS 機関
形 式	中速, 4 行程, 水冷, 横形
シリンダ径×行 程	114.3 mm×140 mm×1 シリンダ
標記出力×回転速度	6 PS×850 rpm
ピストン速度, 材質	3.97 m/s, ローエックス
軸出力平均有効圧力	4.36 kg/cm ²
燃 料, 圧 縮 比	軽油, 4.3
吸, 排 気 弁	カム駆動式, 弁孔径 45 mm.
気 化 器, マグネト	日平産業会社製, 国産電機会社製
機 関 重 量	約 130 kg
備 考	シリンダ径は 115 mm なるも著者の事情により上記寸法をもちいた。

* 昭和 28 年 4 月 3 日 第 30 期定時総会講演会において講演, 原稿受付 昭和 34 年 1 月 17 日.

** 正員, 東京工業大学 (東京都目黒区大岡山 1).

*** 正員, 宮崎大学工学部.

+ 第 1 回 昭和 24 年 4 月施行, 第 2 回 昭和 25 年 11 月施行, 第 3 回 昭和 27 年 3 月施行.

行った. もちろんこの種の機関でピストン各部の熱伝達はいまだ明らかにされていないからその方面の研究に資することをあわせて目的とした. つぎにピストン頭部熱量の一部を縦フィンによってスカート部に導いてシリンダライナに伝達させ同時に縦フィン表面を流通する空気流に放散させることを考え, 新たに縦フィン付ピストンを造ってその温度分布を測定した. 第1表は本実験にもちいた機関の要目である.

2. 熱 電 対

2・1 熱接点構造およびその取付 熱電対として径0.225 mmのマンガン線コンスタンタン線をもちい接点として径1.3 mmに亜鉛玉を溶着する. ピストンには径0.9 mmの穴をあけ円すい角15°, 深さ0.5 mmにその入口を仕上げ, ここに亜鉛玉をかきめ表面を平らに仕上げる. 穴と線とのすきまをアルミナセメントで充てんしかつ絶縁体とする. ピストン裏面に対してはアルミニウム粉末をシリコンワニス #997 でねったもので熱電対の亜鉛玉を固着する*.

2・2 熱電対線の取出し ピストン裏面に出ている熱電対線全部をたばねて絹テープを巻き, 第1図に示すようにスカート部に取付く水平リンクおよび縦リンクをはわせて機関外部に導く. 縦リンク中ほどの水平棒はインジェクタ線図をとるための滑棒である.

2・3 ピストンの熱接点配置 ピストンを機関に取付ける方向に置いて中心線を含む垂直断面および水平断面を考え, これらの切口の表裏にそれぞれ第2図に示すように熱接点を配置した. 黒点の位置がそれであり, かたわらの数字はその番号である. また中心線に垂直ないわゆる環切り断面を考えれば各接点はこの

第 1 図

* 200°C まで3時間くらいかけて上げ, 200°C に約1時間保つ. 後自然冷却すればハンダ付同様に固着する.

** 実用新案登録第42237号(昭30-1-17).

切口の表裏に存在しており, 一環切り断面の温度測定値の不同を調べいびつを知るに便利にした. 第3図はピストンの寸法を示し, あわせてスカート部の端まで達する縦フィン**を4枚および6枚を有するピストンの場合を示し, フィン上の黒点は熱接点をかたわらの

第 2 図

第 3 図

数字はその番号を示す。縦フィンには頭部中央の受熱量を直接にスカート部に導きあわせてその表面からの放熱をねらったものである。

3. 測定結果

3・1 実験方法および内容 機関にはたわみ継手を介してエンケル式水動力計をつなぎ軸出力を測定し、定常状態においてピストンの温度測定、燃料消費量、排気ガス分析、吸込空気量などの測定をした。冷却水は各実験においていずれも沸騰状態とした。

3・2 普通ピストンの温度 裏面になんらフィンのない構造のピストンがこの機関のみならず他の機関にも普通にもちいられておるので、便宜上普通ピストンと呼ぶこととし、この場合につきあらゆる種類の測定を行った。第2表は全出力の一測定値を示し、そのピストン表面の平均温度値を線図にして第4図に示す。この図には比較のために第2表の場合より空気率が少く、したがって燃料消費率の大なる場合を記入した。この三つの場合はいずれもノッキングは激烈であり、頭部温度は燃料消費率の大なる場合ほど高くなっている。また第1リングみぞ付近温度が180°Cをこえており、リングこう着の危険性を明らかに呈している。スカート部温度は3場合にごくわずかな差がみられるのみで差はないと言えよう。つぎに第2表で頭部表面に考えた同心円上の各点、リング帯スカート部の環切り断面の表面の各点は異なる温度を示しておる。

第2表 普通ピストン温度

運転記録	測定番号	# 6	制動馬力	6.05	排気ガス分析 %				空 気 率	
	年 月 日	昭 28-4-22	毎分回転数	860	CO ₂	CO	O ₂	H ₂	ガス分析より	空気量測定より
	時 刻	11.35~12.00	燃料消費率	310	12.6	0.7	1.52	—	1.02	1.0

断 面	H				R	I	N	G	S	ピストンボ	K
	中 心	A 円	B 円	C 円							
ZZ	#0 263.3										
YZ(上)		#1 268.1	#5 240.6	#9 226.0	#13 203.4	#17 180.6	#21 156.0	#25 132.9	#29 112.7		#37 99.7
XZ(右)		#2 247.4	#6 206.2	#10 178.0	#14 157.1			#26 112.7	#30 105.8	#34 101.9	#38 97.5
YZ(下)		#3 244.9	#7 203.9	#11 180.9	#15 163.0			#27 116.5	#31 106.4		#39 99.4
XZ(左)		#4 257.6	#8 227.0	#12 208.1	#16 195.0			#28 129.8	#32 115.7	#36 103	#40 98.5
平 均	θ_0 263.3	θ_1 254.5	θ_2 219.4	θ_3 190.7	θ_4 179.6	θ_5 /	θ_6 /	θ_7 123.0	θ_8 110.1		θ_9 98.8
YZ	#50	#51 228.5	#52 214.4		#52'			#53 135.5	#54 112.0		#55 99.1

備 考 単位 °C, θ_5 と θ_6 とは平均値がとれない、分解検査の結果はピストン頭部に向い上方より左方にかけガス漏れのあとが著しい。

第4図 普通ピストンの温度

第3表 ピストンの比較

ピストンの種類	重 量 kg	重量比	フィンの合計面積 cm ²	フィン以外の 内 面 面 積 cm ²	合 計 cm ²	面 積 比
普通ピストン	1.285	1	—	587	587	1
4枚フィンピストン	1.524	1.19	558	561	1 119	1.91
6枚フィンピストン	1.650	1.28	838	539	1 377	2.35
備 考	材質 ローエックス					

第4表 4枚フィンピストン温度

運 転 記 録	測定番号	# 9	制 動 馬 力	6.03	排 気 ガ ス 分 析 %				空 気 率	
	年 月 日	昭 28-5-6	毎分回転数	853	CO ₂	CO	O ₂	H ₂	ガス分析より	空気量測定より
	時 刻	13.35~14.10	燃料消費率	287	12.85	0.43	2.74	—	1.12	1.10

断 面	H				R	I	N	G	S	ピストン ポ ス	K
	中 心	A 円	B 円	C 円							
ZZ	#0 196.6										
YZ(上)		#1 194.7	#5 183.4	#9 172.7	#13 158.6	#17 145.2	#21 136.5	#25 129.2	#29 119.2		#37 105.5
XZ(右)		#2 195.5	#6 186.3	#10 172.3	#14 159.2			#26 119.5	#30 117.5	#34 110.3	#38 106.1
YZ(下)		#3 191.4	#7 182.9	#11 167.2	#15 154.0			#27 120.1	#31 115.7		#39 105.5
XZ(左)		#4 189.8	#8 184.5	#12 164.7	#16 148.1			#28 121.1	#32 116.3	#36 107.2	#40 102.5
平 均	θ_0 196.6	θ_1 192.9	θ_2 184.3	θ_3 169.1	θ_4 155.0	θ_5 145.2	θ_6 136.5	θ_7 122.5	θ_8 117.2		θ_9 104.9
YZ	#50	#51 201.2	#52 190.9		#52'			#53 133.8	#54 121.6		#55
備 考	単位 °C, 分解検査の結果はガス漏れのあと無し。										

第5表 6枚フィンピストン温度

運 転 記 録	測定番号	# 14	制 動 馬 力	6.03	排 気 ガ ス 分 析 %				空 気 率	
	年 月 日	昭 28-5-22	毎分回転数	855	CO ₂	CO	O ₂	H ₂	ガス分析より	空気量測定より
	時 刻	10.50~11.20	燃料消費率	285	10.7	0.275	4.53	0.2	1.20	1.18

断 面	H				R	I	N	G	S	ピストン ポ ス	K
	中 心	A 円	B 円	C 円							
ZZ	#0 186.1										
YZ(上)		#1 183.6	#5 179.0	#9 175.8	#13 163.3	#17 148.6	#21 142.8	#25 130.5	#29 120.0		#37 106.4
XZ(右)		#2 184.2	#6 175.5	#10 164.9	#14 154.7			#26 117.1	#30 114.7	#34 109.5	#38 106.0
YZ(下)		#3 183.6	#7 174.0	#11 166.1	#15 156.0			#27 126.0	#31 117.9		#39 105.5
XZ(左)		#4 187.0	#8 177.0	#12 165.2	#16 156.4			#28 122.5	#32 118.8	#36 107.9	#40 103.3
平 均	θ_0 186.1	θ_1 184.6	θ_2 176.4	θ_3 168.0	θ_4 157.6	θ_5 148.6	θ_6 142.8	θ_7 124.0	θ_8 117.8		θ_9 105.3
YZ	#50	#51 186.5	#52 177.7		#52'			#53 133.7	#54 120.0		#55 105.4
備 考	単位 °C, 分解検査の結果はガス漏れのあと無し。										

すなわち XZ 断面右列と YZ 断面下列よりも YZ 断面上列と XZ 断面左列が温度が大きく, XZ 断面左列よりも YZ 断面上列が温度が大きい。これはピストンを抜出して調べた事実, すなわち付着炭素の黒色の濃淡が示しておるように, ピストン頭部に向い円筒部の

上方より左方にかけてのシリンダ, ピストンすきまがガス漏れの通路になっていることに傾向がよく一致している。この場合最高温度は頭部中心ではなく #1 接点附近になっている。これらのことがらはガス漏れがピストン中心線に対する対称の位置の温度分布の同等

第5図 4枚フィンピストン温度

第6図 6枚フィンピストン温度

第6表 全軸出力運転記録

使用ピストン	測定番号	年 月 日	時 刻	制動馬力 PS	毎 分 回転数 rpm	燃 料 消費率 $\frac{g}{PS \cdot h}$	排気ガス分析 %				空 気 率	
							CO ₂	CO	O ₂	H ₂	ガス分 析より	空 気 量 測定より
普通ピストン	#18	昭 28-5-29	10.00~11.50	6.0	850	307	12.0	0.73	2.05	—	1.04	1.02
4枚フィンピストン	#17	昭 28-5-28	10.30~12.00	6.0	850	305	12.63	0.58	2.10	—	1.07	1.04
5枚フィンピストン	#19	昭 28-6-1	10.50~11.37	6.0	850	305	12.80	0.60	2.04	—	1.06	1.02
備 考	3測定ともにノッキングは強烈, 排気色は無色透明, 点火前進角は同じ。											

性を相当に乱すものと言える。

3・3 縦フィンのあるピストンの温度 第3表は第2図, 第3図に示した普通ピストンと4枚フィンピストン, 6枚フィンピストンとの重量比および内面面積比を示す。実用的にはフィン付ピストンの頭部とリング帯とを普通ピストンよりも薄肉にできるから重量

は普通ピストンと大差ないと考えられる。第4表, 第5表は数多くの測定のうち全出力で燃料消費率良好の場合である。これを比較をしてみると, ピストン頭部中央の高温部は後者が前者より低減しておるに対し, スカート部では後者が前者より数度高くなっている。また第1リングみぞ附近温度 θ_4 は 155°C 前後に低減

第 7 図

しており、温度のみの見地からはリングこう着の危険性は除去できたとはいえる。業界に從來存在した説、すなわち縦フィンはピストン中心線に垂直な環切り断面の温度に不同をきたすとの予想が誤なることも両表の測定値が明白に示している。第5図、第6図は全出力で空気率を異にする場合、および軸出力を変えた場合を線図に示し、軸出力の影響はピストン頭部に大きくスカート部に小さいこと、および全出力で空気率の少く、したがって燃料消費率の多い場合が燃費の少い場合より高温度を呈することが示される。第6表はピストン断面の推定等温線分布を比較するために同一軸出力、回転速度、燃料消費率に調整した場合の運転記録を示し、その温度測定値をたよりに第7図に示すピストン断面の推定等温線分布をつかった。図の丸印は熱接点位置でかたわらの数字は測定値である。

4. 結 論

以上の実験結果より次のことがらが導かれる。i) 内面にならフィンをもたぬ普通のピストンは第1リングがそのみぞにこう着する程度の高温度を呈する。ii) ノッキングの激しい全出力では空気率が大きいたがって燃料消費率の少い場合の方がピストン温度が低い。iii) ガス漏れはピストン中心線に対する対称の

位置の温度分布の同等性を乱す。iv) 縦フィンは頭部中央部表面および裏面の温度を著しくひき下げ、第1ピストンリングみぞ附近温度をリングこう着のおそれのない程度にひき下げ、スカート部温度を数度上昇させる。v) 縦フィンはピストン中心線に対する対称の位置の温度分布の同等性を乱さない。vi) マンガン・コンスタンタン熱電対および著者(原)の熱接点方式は満足な結果をあたえた。

5. 付 記

本実験にもちいた石油機関につき旧日平産業会社 畠村易氏、橋本忠正氏、遠藤健児氏およびその他の各位から寄せられた多大の御援助に対し、ピストン製作に関し旧日本内燃機会社 上原正二氏およびその他の各位、多治製作所 多治多蔵氏、多治行三氏のなされた御好意に対し厚く感謝の意を表す。またピストンリングにつき日本ピストンリング会社 森芳男氏、電気材料につき木村電気工業所 木村煥氏、電気絶縁材料に関し東京工業大学 斎藤幸男教授にそれぞれひとかたならぬお世話になったことを記し謝意を表す。

終りに本実験は昭和27年より29年にわたり東京工業大学内燃実験室で校費の一部および文部省科学研究費によって行われたことを報告する。