

2917 斜板式アキシャルピストンポンプのしゅう動部の温度測定

Temperature Measurement of Bearing/Seal Parts of Swash Plate Type Axial Piston Pumps

○正 風間俊治 (室蘭工大)

Toshiharu KAZAMA, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido

Temperature of bearing and seal parts in the rotating cylinder-block type and rotating swash-plate type axial piston pumps was measured. For the rotating cylinder-block type, five thermo-couples were embedded in the swash-plate; For the rotating swash-plate type pump, five thermo-couples were installed in the cylinder-block and one was at the casing. A hydraulic mineral oil with ISO VG 46 was used as the test oil. The maximum discharge pressure was 20 MPa, maximum discharge flow rate was 16 l/min, and the inlet oil temperature was specified at 30 °C. From the atmospheric to maximum discharge pressures, the temperatures, flow rates and the torque were measured. In conclusion, i) For the rotating cylinder-block type, the swash-plate temperature at the trapping part between the suction port and discharge port was highest; ii) For the rotating swash-plate type, the cylinder-block temperature about the cylinder-bores at the block end, corresponding to the bottom dead center of the pistons, was highest, and iii) As the discharge pressure and/or the rotating speed increased, the temperatures raised.

Keywords : Tribology, Fluid power systems, Temperature, Piston pump, Swash-plate, Cylinder-block

1. はじめに

本年 2 月 16 日の京都議定書の発効への対応も含めて、環境負荷低減の観点から、各種産業機械の省エネルギー対策が急務とされている。流体の圧力エネルギーを利用したフルードパワー（油圧）システムにおいては、システムの要となるポンプ・モータの高効率化に対する要請が強い。主なアプローチとしては、しゅう動部における摩擦損失による効率低下や摩擦発熱による作動油劣化への対応となる。これらの取組みには、しゅう動部の熱的な潤滑挙動を基礎まで踏み込んで把握する必要がある。

そこで、本研究では、高圧力・高効率を特長とし、かつ熱的にも過酷なしゅう動部を有する、ピストンポンプを取り上げる。同ポンプの主要なしゅう動部である、スリッパ-斜板部およびピストン-シリンダブロック部の温度を測定して、温度分布および作動条件の影響について考察する。

2. 実験装置ならびに方法

本実験装置は、供試ポンプならびに油圧補機（バルブ、クーラ、タンク等）、その駆動機械と計測機器（トルク計、流量計、圧力計、温度計）で構成された（装置全体の油圧回路図¹⁾は省略）。これらをテストベンチとしてコンパクトに組み立てた。斜板ならびにシリンダブロックの温度分布を簡便かつ精度よく計測するに当り、熱電対を静止側しゅう動部に装着することとした。このために、回転シリンダブロック式ならびに回転斜板式の 2 種類の供試ポンプを用意した。前者は市販の斜板式アキシャルピストンポンプ（最高使用圧力 21 MPa, 理論押し退け容積 10 ml/rev）を活用し、後者は本実験用に試作（最高使用圧力 21 MPa, 理論押し退け容積 9.6 ml/rev）した。両ポンプともに、入力軸トルクを計測するためのひずみゲージ式トルク変換器

（定格 196 N.m）を介して、インバータ制御による 3 相電動機（7.5 kW）で駆動された。ポンプ吸込み管路にサーミスタ温度計を、吐出し管路およびドレン管路にオーバル流量計（最大流量は、それぞれ、4000, 2000 l/h）を設置した。なお、供試油には、鉱油系一般油圧作動油（VG46）を用いた。

回転シリンダブロック式ポンプの熱電対の取付け位置 A~E を図 1 に示す。各熱電対の位置は、上・下死点、吸込み・吐出しポートの各中央部に対応づけた。斜板裏面よりしゅう動面下約 1 mm まで穴加工を施し、その穴底部に熱電対の先端を密着させた。参照用として測定点 C を設けた。他方の回転斜板式ポンプの熱電対の取付け位置 a~e を図 2 に示す。各熱電対の位置は、ピストンの上・下死点および行程中間点（測定点 d の、同 b に対する取付け位置の周方向位相差は $2\pi/3$ rad）に対応づけた（測定点 e（参照用）はケーシング）。表示器の指示精度は 1 °C であった。

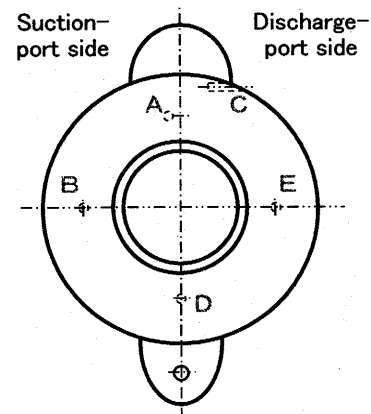


Fig.1 Location of thermo-couples installed in swash-plate

実験は、吐出し圧力 p_d を大気圧から 1 MPa ずつ段階的に上昇・下降させた。各 p_d の設定条件下における温度、トルク、流量の測定に際しては、ポンプ入口油温 T_{in} および入力軸回転速度 N を一定に保ちつつ、各点での温度が安定するまで十分な時間を掛けた。

3. 実験結果ならびに考察

図3は回転シリンダブロック式で測定した斜板の温度分布（ポンプ入口の作動油温度 ($T_{in}=30\text{ }^\circ\text{C}$) との差 ΔT を示す（ポンプ性能曲線²⁾は省略）。吐出し圧力 p_d は 10 MPa 一定、斜板角度は最大とした。回転速度 N の上昇に伴い、各測定点の ΔT は、ほぼ比例して上昇した。漏れ流量がほとんどなかったため、吐出し流量も N に比例した。 ΔT は、閉込み部（吸込みポートと吐出しポートとの間の切換え部）に対応する位置の温度上昇 $\Delta T_A, \Delta T_D$ が最も高かった。

幅広い N や p_d の作動条件のもとで、しゅう動面の温度上昇 ΔT の推算式が求まれば、実機の製品開発や性能予測に有用であろう。一例として、 ΔT_A [$^\circ\text{C}$] を入力軸動力 L_t [kW] で2次近似した結果を図4に示す。この条件の場合、 $\Delta T = -1.40L_t^2 + 8.69L_t + 6.94$ となった。

図5は回転斜板式ピストンポンプを用いて、シリンダボア近傍のシリンダブロックの温度 ΔT を測定した結果である。入口油温 $T_{in}=30\text{ }^\circ\text{C}$ 、回転速度 $N=16.7\text{ s}^{-1}$ とした。 ΔT は、ピストン下死点位置に相当する a 点において最も高く、上死点位置に対応する c 点において最も低く、その差は最大で約 $10\text{ }^\circ\text{C}$ に達した。前者の理由は、シリンダブロック端部において片当りが生じるために固体摩擦に基づくしゅう動発熱が高くなること、後者の理由は、吸込み・吐出し作用による冷却効果が高いことで説明できよう。

4. むすび

アキシャルピストンポンプのしゅう動部の温度を実測して、以下の結論を得た。(i) 回転シリンダブロック式において、斜板の温度は吸込みと吐出しの切換え（閉込み）部に対応する位置で最も高かった。(ii) 回転斜板式において、シリンダブロックの温度はピストン下死点に対応する位置のシリンダボア近傍で最も高かった。(iii) 吐出し圧力あるいは回転速度の増加に伴い、しゅう動部温度は上昇した。

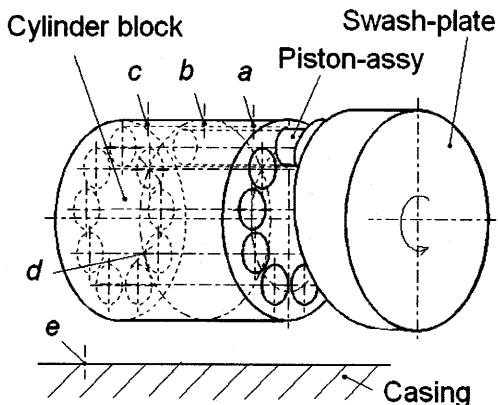


Fig. 2 Location of thermo-couples installed in cylinder-block

本研究には、室蘭工業大学名誉教授 藤原 満 先生のご指導を賜った。本装置の製作には、油研工業株式会社 研究開発部 橋本 登志雄 氏、河原 博 氏をはじめ、関係各位のご尽力を頂いた。本実験には、本学在学学生 猪股 正久 君、鶴野 正真 君の助力を得た。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 風間・藤原・野澤・三本, 機械学会年次大会講論(II), No.03-1 (2003), 369/370..
- 2) 風間・藤原・三本, 機械学会年次大会講論(4), No.04-1 (2004), 283/284..

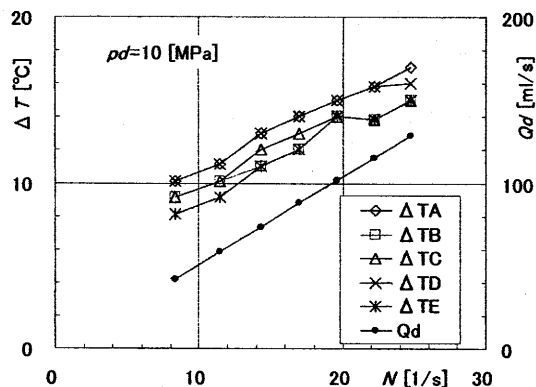


Fig. 3 Temperature rise ΔT on swash-plate ($p_d=10\text{ MPa}$)

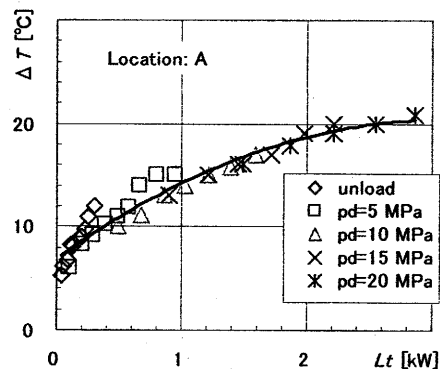


Fig. 4 Temperature rise (A) on swash-plate vs. input driving power

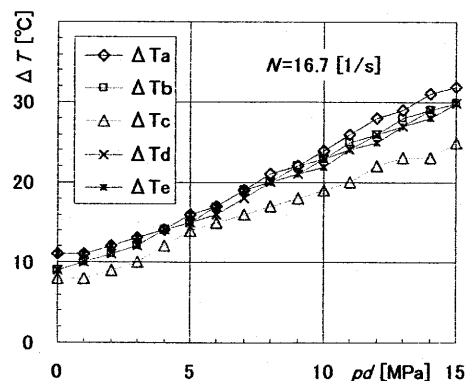


Fig. 5 Temperature rise around cylinder-bores of cylinder-block