

3047 回転シリンダブロック式および回転斜板式 アキシャルピストンポンプの熱潤滑特性

Thermal Lubrication Characteristics of Rotating Cylinder-block Type and Rotating Swash-plate Type Axial Piston Pumps

○正 風間俊治 (室蘭工大)

鶴野正真 (室蘭工大)

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

Temperature of tribological parts of axial piston pumps with a mechanism of a rotating cylinder-block or a rotating swash-plate was measured. For the rotating cylinder-block type pump, five thermo-couples were embedded in the swash-plate and one thermistor was placed in the suction conduit. For the rotating swash-plate type pump, five thermo-couples were installed in the cylinder-block and one was at the casing. Hydraulic mineral oils with ISO VG68, VG46, VG32 and VG22 and a water-glycol type oil with VG32 were used as the test oil. The maximum discharge pressure was 20 MPa, and the inlet oil temperature was specified at 20–40 °C. At the atmospheric to maximum discharge pressures, the temperatures, flow rates and the torque were measured. In conclusion, i) The temperature of the swash-plate between the discharge and suction ports increased markedly; ii) The temperature of the cylinder-block at the bottom dead center of the pistons rose greatly; iii) The temperature rise was increased as the oil viscosity was higher, and iv) The temperature rise in the case of the water-glycol type oil was smaller than the rises of the mineral oils.

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

1. はじめに

近年、環境負荷低減の観点から、システムや機器の省エネルギー対策が急務となっている。流体の圧力エネルギーを利用するフルードパワー（油圧）システムに対しては、エネルギー変換要素となるポンプ・モータの高信頼性と高効率化への要請が強い。とりわけ、しゅう動部における摩擦損失や摩擦発熱への対応が脈所となる。これを推し進めるためには、実機条件運転下において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。

本報では、ポンプ内部の過酷なしゅう動部における熱的挙動を把握するために、回転シリンダブロック式と回転斜板式（固定シリンダブロック）式のアキシャルピストンポンプ⁽¹⁻²⁾を試作し、作動条件がしゅう動部温度に及ぼす影響を実験的に調べた結果を報告する。

2. 実験装置ならびに方法

5～6本の熱電対を斜板に埋め込んだ回転シリンダブロック式とシリンダブロックのピストン用ボア近傍に埋め込んだ回転斜板式（固定シリンダブロック）式アキシャルピストンポンプ⁽¹⁻²⁾を試作し、しゅう動部の温度測定を行った。油圧回路ならびに装置の詳細⁽³⁻⁵⁾については省略する。

実験は、はじめに、ポンプ入口の作動油温度 t_0 と軸回転速度 N を設定し、つぎに、吐出し圧力 p_d を大気圧から最高 20 MPa まで 1 MPa 毎に上昇させた後、1 MPa 毎に下降させた。この際、クーラへの冷却水量を調整して t_0 の変化を ± 0.1 °C に保つとともに、インバータを用いて N の補償を行った。 p_d の各設定条件下において、熱電対温

度が安定したことを確認後、軸トルク T' 、吐出し流量 Q_d 、漏れ流量 Q_l 、熱電対の各温度 t を測定した。なお、供試油は ISO VG22, VG32, VG46, VG68 の鉱油系油圧作動油（以下、MO）と VG32 の水・グリコール系作動油（以下、WG）を使用した。

3. 実験結果ならびに考察

Fig. 3 は、供試油 MO68、ポンプ入口温度 $t_0=30$ °C、軸回転速度 $N=25$ s⁻¹、吐出し流量（設定値） $Q_d=0.27 \times 10^{-6}$ m³/s（斜板角度最大）に設定した場合の、回転シリンダブロック式で測定した温度 t である。吐出し圧力 p_d が高くなると、しゅう動部の温度 t は上昇した。これは、基本的に、油圧機器しゅう動部に作用する荷重（面圧）が高圧側の圧力に比例するためである。なお、A 点（吐出し～吸込みの閉込み部）の温度が最も高くなった。

Fig. 4 は Fig. 3 と同じ実験条件下における、作動油の差異の影響を、斜板の平均温度上昇（5箇所の熱電対温度の単純平均値と t_0 との差） t_s で示す。吐出し圧力 p_d が高くなると t_s は上昇した。鉱油系作動油では、粘度が高い方が t_s は高かった。一方、鉱油系作動油と比べて、水グリコール系作動油 WG32 の t_s はきわめて低かった。 $p_d=20$ MPa において、MO68 と WG32 の温度差は 18 °C に達した。

Fig. 5 は回転斜板式供試ポンプを用いて、シリンダブロック各点の温度測定結果である（MO32）。ポンプ入口温度 $t_0=30$ °C、軸回転速度 $N=16.7$ s⁻¹ であった。シリンダボア近傍のピストンの下死点位置に相当する A 点において最も高く、上死点位置に相当する C 点において最も低

くなった。この主因は、A 点ではピストンの片当りが生じ易いことから、固体接触を伴う面圧の高い混合潤滑状態となり、しゅう動発熱が大きかったことで、C 点では作動油の流入出による冷却効果が働いたことで説明付けられる。なお、 p_d が高い程、A 点と C 点の温度差は大きくなった。

同じ実験条件における、シリンダブロックの平均温度上昇 t_p を測定した結果を Fig. 6 に示す。回転シリンダブロック式と同様に、 t_p は鉱油系作動油で大きく、水グリコール系作動油で小さかった。なお、MO46 と MO32 の t_p を見ると、高圧時に MO32 の方が t_p は高かった。これは、発熱の要因が流体の粘性散逸と接触部の固体摩擦の両者に依存するためであり、この場合には、粘度が低いことによるくさび膜効果の低下が接触面圧の増加、ひいてはしゅう動発熱の増加となったといえる。

4. むすび

本研究では、回転シリンダブロック式および回転斜板式のアキシアルピストンポンプを試作、改造して、スリッパと斜板ならびにピストンとシリンダボアの間に構成されるしゅう動部近傍の温度分布を測定した。粘度や物性の異なる作動油、吐出し圧力などをパラメータとして実験を行い、以下の結論を得た。

- 1) 斜板の吐出しポートと吸込みポートの切替え部において温度上昇が大きかった。
- 2) シリンダボアのピストン下死点位置近傍において温度上昇が大きかった。
- 3) 作動油の粘度が高い方が温度上昇は大きかった。
- 4) 鉱油系作動油に比して水グリコール系作動油の場合に温度上昇が大幅に小さかった。

本装置の試作には、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賜った。本実験には、当時の本学卒研究生 佐々木隼斗君の助力を得た。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 石原：油圧工学，(1968)，68/75，朝倉書店。
- 2) 日本油空圧協会：油空圧便覧，(1986)，379/380，オーム社。

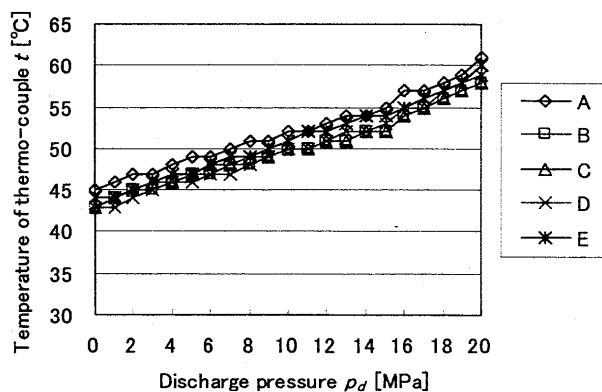


Fig. 3 Swash-plate temperature t vs. discharge pressure p_d (VG68, $N=25 \text{ s}^{-1}$, $t_0=30 \text{ }^\circ\text{C}$)

- 3) 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。
- 4) 風間：機械学会年次大会講論(4)，No.05-1 (2005)，285/286。
- 5) 鶴野・風間：機械学会北海道支部概要集，No.025-1 (2005)，198/199。

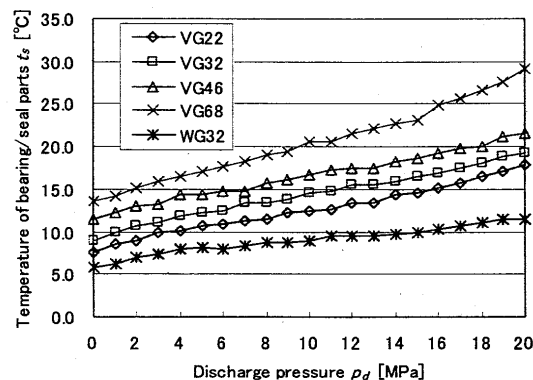


Fig. 4 Comparison of swash-plate temperature t_s in terms of test oils ($N=25 \text{ s}^{-1}$, $t_0=30 \text{ }^\circ\text{C}$)

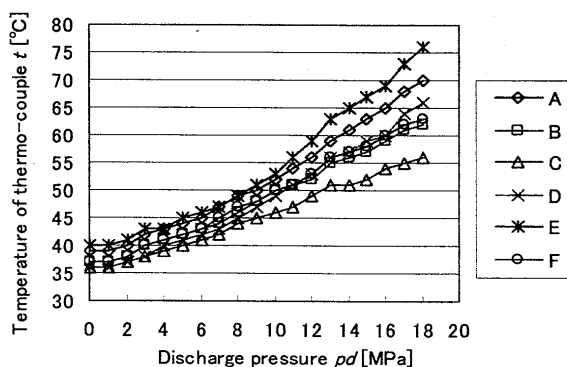


Fig. 5 Cylinder-block temperature t vs. discharge pressure p_d (MO32, $N=16.7 \text{ s}^{-1}$, $t_0=30 \text{ }^\circ\text{C}$)

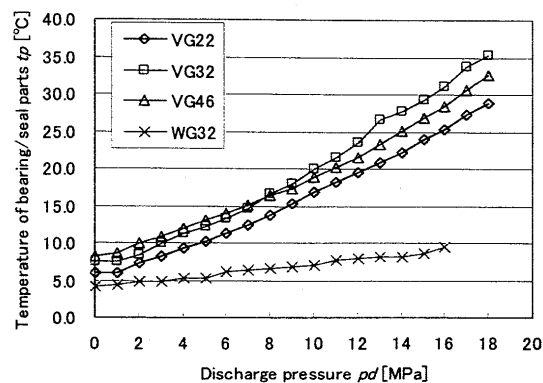


Fig. 6 Comparison of cylinder-block temperature t_p in terms of test oils ($N=16.7 \text{ s}^{-1}$, $t_0=30 \text{ }^\circ\text{C}$)