

1109 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

(弁板の温度ならびにピストン部すきまの影響)

Temperature Measurement of Bearing/Seal Parts of Swashplate Type Axial Piston Pumps
(Temperature of Valveplate and Effect of Piston Clearance)

○学 佐々木 隼斗 (室蘭工大院) 正 風間 俊治 (室蘭工大)

Hayato SASAKI, Graduate, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto-cho, Muroran
Toshiharu KAZAMA, Muroran Institute of Technology**Keywords** : Tribology, Fluid power systems, Temperature, Axial piston pump, Valveplate

1. 緒言

環境負荷低減の観点から、各種産業分野を問わず、近年、省エネルギー化等への対応が迫られている。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。とりわけ、しゅう動部における摩擦損失の低減、焼付きの回避、油温上昇の抑制等の対策が急務とされる。これらの要請に応えるためには、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、著者のグループでは、アキシャルピストンポンプの主要な3つのしゅう動部の中のスリッパ-斜板間ならびにピストン-シリンダブロック間の2箇所に着目して、実機運転条件を含む幅広い作動条件下において、作動油の種類、吐出し圧力、回転速度、ポンプ入口油温、斜板傾角などがしゅう動部温度ならびにポンプ性能に及ぼす影響²⁾を実験的に明らかにしてきた。本報では、3つ目のしゅう動部である弁板-シリンダブロック間の温度を測定した結果を示す。さらに、異なった直径寸法公差に仕上げた3種類のピストンを用意して、ピストン-シリンダボア間のすきまの影響を述べる。

2. 実験装置ならびに方法

供試ポンプには、弁板の温度測定用として回転シリンダブロック式アキシャルピストンポンプ（図1）を、シリンダブロックの（シリンダボア周りの）温度測定用として回転斜板式アキシャルピストンポンプ（図2）を用意した。両ポンプのシリンダブロックやピストンアセンブリは基本的に一致させた。代表的な仕様は、最高使用圧力 21 MPa、押し退け容積 10 ml/rev であった。なお、2形式のポンプを用意した理由は、静止部品に熱電対を埋め込むことで、信号を精度よく簡便に計測するためであった。

熱電対は、前者では図1のA点とB点に、後者では図2のA点、B点、C点ならびにB点と同一円周上の120度の位置のD点に取り付けた。また、用意した3種類の異径ピストン（直径の基準寸法 10.5 mm）をシリンダボアに装着したときの直径すきまは、19, 29, 39 μm （平均値）であった（以下、便宜上、それぞれ、大径、中径、小径ピストンと呼ぶ）。

実験は、はじめに、ポンプ入口の作動油温度 t_{in} と軸回転速度 N を設定した。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 毎に大気圧まで下降させた。この際、クーラへの冷却水量を調整して t_{in} を ± 0.1 $^{\circ}\text{C}$ に保つとともに、インバータを用いて N の速度補正を行った。それぞれの圧力 p_d の設定条件下において、各熱電対の温度が安定した後（熱的平衡状態）、各温度ならびに軸トルク、吐出し流量、漏れ流量を測定した。主な実験条件は、ポンプ入口温度 $t_{in}=20\sim 40$ $^{\circ}\text{C}$ 、軸回転速度 $N=10.0\sim 25.0$ s^{-1} などとした。なお、供試油には、鉱油系一般油圧作動油 ISO VG22 を用いた。

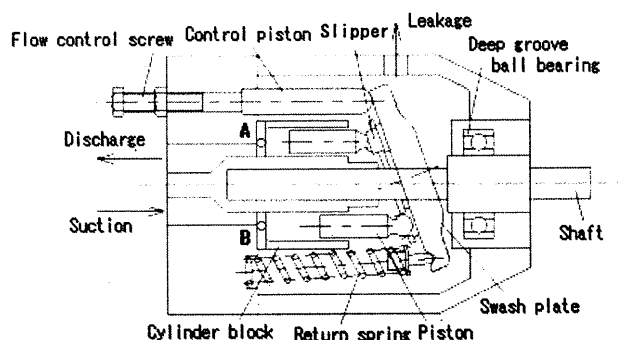


Fig.1 Schematic of rotating cylinder-block type axial piston pump

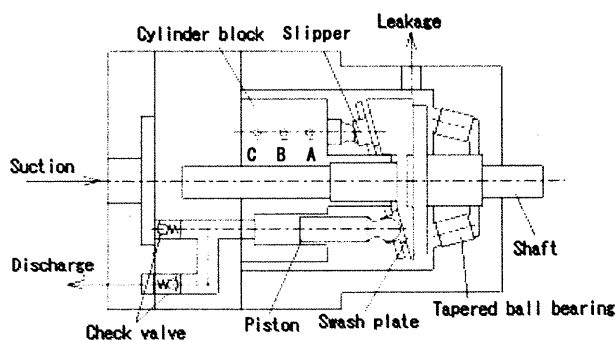


Fig.2 Schematic of rotating swash-plate type axial piston pump

3. 結果と考察

はじめに、回転シリンダブロック式ポンプを用いて行った弁板の温度測定実験の結果を示す。図3は軸回転速度 N をパラメータとした吐出し圧力 pd に対する弁板の平均温度上昇 t_p を示す。ここで、 t_p は、ポンプ入口作動油温度 t_{in} から各熱電対温度を平均した値を差し引いた値で定義する。実験条件は、 $t_{in}=30^\circ\text{C}$ 、斜板角度は最大（吐出流量 0.27 l/s ）とした。 pd あるいは N が上昇すると共に、 t_p は上昇した。

図4は、ポンプ入口作動油温度 t_{in} の差異による弁板の平均温度上昇 t_p への影響を示す。 t_{in} が低い方が t_p は高くなった。これは、温度が低いと粘度が高くなり、すきまにおける粘性散逸効果が大きくなったことが一因と考えられる。

つぎに、回転斜板式ポンプを用いて行った実験結果を示す。図5はポンプ入口作動油温度 $t_{in}=30^\circ\text{C}$ 、軸回転速度 $N=16.7\text{ s}^{-1}$ に設定した場合の、シリンダブロック各点の温度測定結果である。各熱電対で測定された温度 t に注目すると、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、その差は最大で約 10°C に達した。この理由は、A点はシリンダブロック端部であるためにピストンの片当たりが生じて固体摩擦に基づくしゅう動発熱が高くなったこと、C点では作動油の流入出による冷却効果が働いたことにより説明できる。

図6はピストン直径（ピストンとシリンダボア間のすきま）をパラメータとして、吐出し圧力 pd に対するシリンダブロック部の平均温度上昇 t_p を示したグラフである。大径ピストンで t_p が最も小さかった。これは、すきまが小さかったために、ピストンに作用するモーメントによるピストンの傾きが抑えられ、片当たり部の固体接触圧力が小さくなり、その結果として、温度の上昇が小さかったといえる。

4. 結言

回転シリンダブロック式および回転斜板式のピストンポンプを用いて、弁板ならびにシリンダブロック部の温度測定実験を行い、以下の結論を得た。

- 1) 吐出し圧力、軸回転速度の増加に伴い、弁板ならびにシリンダブロックの温度は、ほぼ比例して上昇した。
- 2) ポンプ入口油温が低いほど、しゅう動部の温度は上昇した。
- 3) ピストン直径が大きい（ピストンとシリンダボアのすきまが小さい）場合、シリンダブロックの温度上昇は抑えられた。なお、ピストン下死点に相当する位置のシリンダボア近傍の温度が最も高かった。

最後に本装置の製作には、油研工業株式会社 大場 孝一氏、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、本学卒研究生 鈴木 大河君の助力を得た。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 山口・田中：油空圧工学，(1986)，コロナ社。
- 2) 風間・鶴野：斜板式アキシアルピストンポンプの熱潤滑特性（斜板ならびにシリンダブロックの温度測定），日本機械学会論文集 C，74・738 (2008)，425/430。

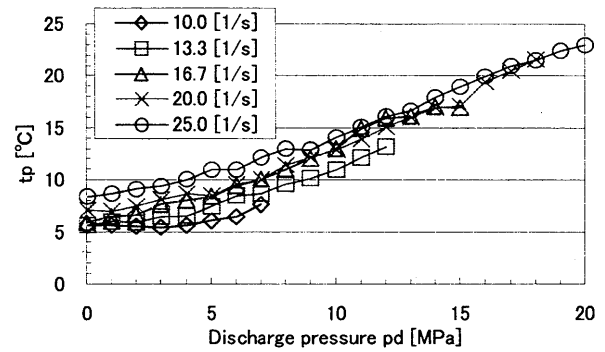


Fig. 3 Effect of pd and N on temperature t_p (Rotating cylinder-block type, $t_{in}=30^\circ\text{C}$)

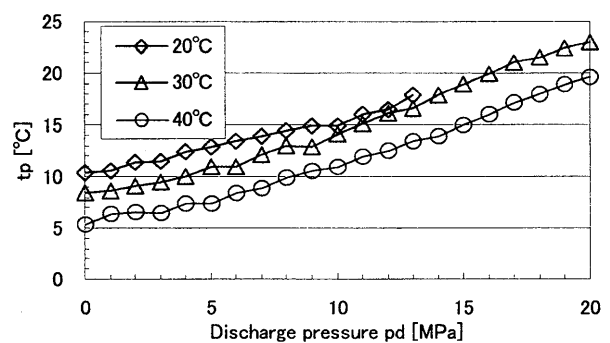


Fig. 4 Effect of pd and t_{in} on temperature t_p (Rotating cylinder-block type)

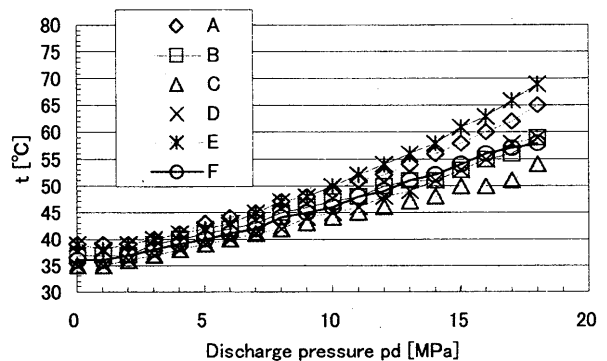


Fig. 5 Temperature t vs. discharge pressure pd (Rotating Swash-plate type, $N=16.7\text{ s}^{-1}$, $t_{in}=30^\circ\text{C}$)

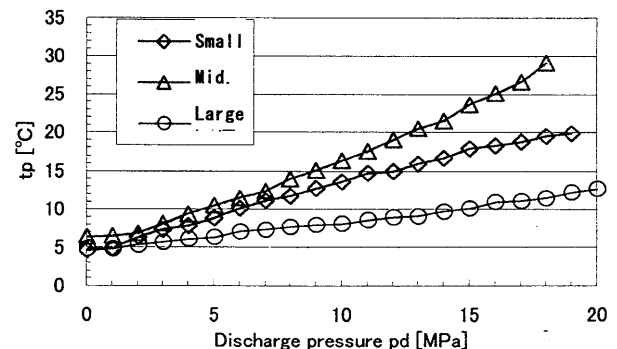


Fig. 6 Effect of piston diameter on temperature t_p (Rotating swash-plate type, $N=16.7\text{ s}^{-1}$, $t_{in}=30^\circ\text{C}$)