

317 温度変化による作動油体積変化量の計測

Measurement of Change of Oil-volume with Temperature

○ 関口孝一 (黒田精工(株))

正 桜井康雄 (足利工大)

正 木原和幸 (㈱トキメック)

正 川島清隆 (㈱トキメック)

Kouichi SEKIGUCHI, Kuroda precision industries Ltd., 132 Chigusa-shinden, Futtsu, Chiba

Yasuo SAKURAI, Ashikaga Institute of Technology, 268-1 Oomaecho, Ashikaga, Tochigi

Kazuyuki KIHARA, TOKIMEC Inc., 2-16-46 Minami-Kamata, Ota-ku, Tokyo

Kiyotaka KAWASHIMA, TOKIMEC Inc., 1-1 Sakaecho, Sano, Tochigi

Key Words : Oil-hydraulics, Oil-volume, Temperature change, Measurement

1. 緒言

河川の用水路の水門の開閉には油圧システムが使われる場合がある。しかしながら、この様な環境下で油圧システムを使用し外気温が高くなった場合、作動油の温度が上昇する。そして、この作動油の温度上昇により、作動油の体積増加に起因する圧力上昇が生じ、制御弁を閉じて油圧シリンダに作動油を封入し、ある位置に水門を保持している場合、その位置が変動してしまう。そのため、この様な作動油の温度変化が生じた場合でも密閉空間内の圧力を一定に保つことが可能な機器の開発が求められている。

そこで、本研究では、この様な機器を開発、設計するために必要な基礎データである密閉容器内での加圧下における作動油の温度変化に対する体積変化量の計測方法について検討するとともにその基礎データをを得ることを目的とする。

2. 温度変化による作動油体積変化量の計測

温度変化による作動油の体積変化量を調べるために図 1 に示した可変容積形圧力容器を製作した。この容器には直径 5.3mm の穴に直径 5mm のピストンが取付けられており、ねじによりそ

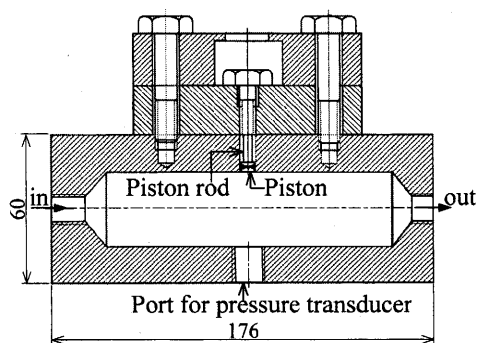


Fig.1 Variable volume type pressure vessel

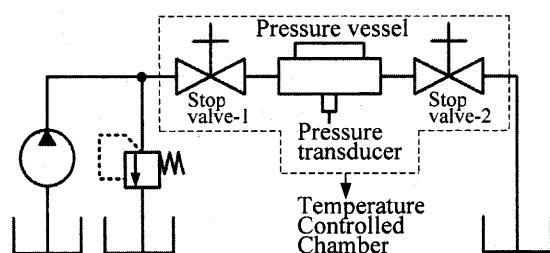


Fig.2 Oil-hydraulic circuit

のピストンの位置が最大 10mm まで変位可能となっている。このピストン部からの作動油の漏れを防ぐため、ピストンに高圧タイプのパッキンを取付け、さらに、ピストン直後のロッド部にも高圧用のパッキンを配し、それを 2 枚の O リングではさんで使用した。なお、この圧力容器の容積は 100cc、耐圧は 21MPa とし、作動油を封入する際に容器内に空気だまりができないよう容器入口および出口にテーパを設けた。

この可変容積形圧力容器に図 2 に示した油圧回路で作動油を十分循環させた後に弁 1 および弁 2 を閉じ作動油を封入し、図中の点線で囲まれた部分を恒温槽に入れ、恒温槽の温度を上げることにより、作動油の温度を上昇させた。容器内の作動油の温度が均一になり圧力が一定となった後に、温度を上げる前の圧力になるまでピストンに取付けたねじを緩めピストンを後退させた。この時のピストン変位を計測し、温度が上昇したことによる作動油の容積変化を求めた。変位計測後、ねじを締込み元の圧力にし、恒温槽内の温度を上昇させ、この測定を繰り返した。一方、この圧力容器に取り付けたピストン部の漏れについても検討するため、図 3 に示したピストン部を持たない固定容積形圧力容器を製作し、可変容積形圧力容器とともに恒温槽に入れ容器内の圧力を計測した。なお、実験には R&O タイプの油圧作動油であるダブ

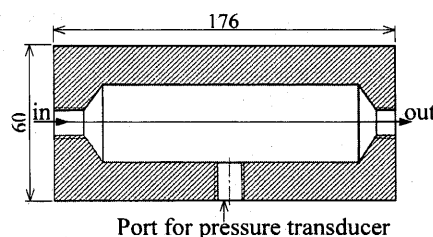


Fig.3 Fixed volume type pressure vessel

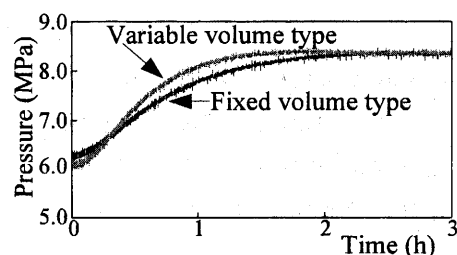


Fig.4 Time response of pressure in vessel (32°C→34°C)

Table 1 Comparison of pressure in vessels

T(°C)	P(MPa)	
	Variable volume	Fixed volume
26	1.95	2.15
28	3.86	3.72
30	5.49	5.45
32	6.87	6.90
34	8.35	8.35

Table 2 Experimental results

T(°C)	P(MPa)	ΔP (MPa)	x(mm)	ΔV (mm ³)
26	1.95	1.88	5.10	112.5(0.11cc)
28	3.84		5.10	112.5(0.11cc)
30	5.49	1.65	4.95	109.2(0.11cc)
32	6.87	1.38	4.85	107.0(0.11cc)
34	8.35	1.48	5.40	119.1(0.12cc)
Average		1.60	5.08	112.0(0.11cc)

ニーハイドロリックフルイド32を使用した。

可変容積形と固定容積形圧力容器の温度上昇による圧力変化について比較した一例を図4に示す。この図より、恒温槽の設定温度を2℃上げた場合、容器内の圧力が一定になるまで約3時間必要であることが分かる。これは恒温槽内の温度が設定温度になり、かつ、容器内の作動油温度が均一にその温度になるまでに時間を要するためである。また、この図より、温度を変化させて圧力が上昇する際の軌跡は、両方の容器で大きく異なっていることが分かる。これは、恒温槽に入れた容器の位置および容器の形状の違いにより、それぞれの容器で作動油への熱の伝わり方が異なったためと考えられる。しかしながら、表1に示したように容器内の温度が一樣となり一定となった圧力を比較すると、両容器共に一定となった圧力は、その容器内圧力が8.35MPaまではそれぞれの容器でほぼ同じ値となった。しかしながら、圧力8.35MPaとなった時、ねじを緩め作動油の体積変化量を計測した後、ねじを再度締めた際に漏れが発生し元の圧力とはならなかった。よって、この圧力までは試作した可変容積形圧力容器で実験可能であることが分かり、この圧力で実験を打ち切った。

表2に恒温槽内の温度 T 、可変容積形圧力容器内圧力 P 、圧力差 ΔP 、ピストン変位 x および温度変化に対する作動油の体積変化量 ΔV を示す。この表より温度を2℃変化させると容器内圧力は平均して1.6MPa上昇し作動油の体積は約0.11cc増加することが分かる。なお、本研究で使用了容器は、容器内圧力を1MPaとした際に約 $2.4 \times 10^{-3}\%$ の容積の増加が見込まれている。ここで使用した圧力容器の容積にストップ弁1から容器までの容積および容器からストップ弁2までの容積を含めた容積は実測した結果、112.7ccであった。弁の内部および弁と圧力容器を接続する管路の体積増加量も圧力容器での増加量に等しいと仮定すると0.0027ccであり、実験により得られた温度変化に対する作動油の体積変化量に比べ十分小さい。よって、本実験により得られた体積変化量は作動油の体積変化量がほぼ得られたものと推察

Table 3 Experimental results ($V_A=5\text{cc}$)

T(°C)	P(MPa)	ΔP (MPa)	ΔV (mm ³)
22	0.74	0.48	31.48(0.03cc)
24	1.21		31.48(0.03cc)
26	1.94	0.73	79.66(0.08cc)
28	2.93	0.99	144.93(0.14cc)

Table 4 Experimental results ($V_A=10\text{cc}$)

T(°C)	P(MPa)	ΔP (MPa)	ΔV (mm ³)
22	0.81	0.30	20.02(0.02cc)
24	1.11		20.02(0.02cc)
26	1.47	0.36	44.03(0.04cc)
28	2.11	0.64	85.35(0.09cc)

される。また100cc程度の容器中に封入された油圧作動油の温度による圧力上昇を抑えるためには、約0.05cc/1℃の容積の調整が必要であることが分かった。

4. 空気含有時の温度変化による作動油体積変化量の計測

作動油は一般的には空気を含有しており⁽¹⁾、それが温度変化による圧力上昇に影響を及ぼすものと考えられる。そこで、本実験では、作動油中に含まれる空気が作動油の温度変化による体積変化量 ΔV に対する影響について検討するために、可変容積形容器に作動油と一定量の空気を封入し実験を行った。なお、空気を封入する際にできる限り小さな気泡とするためにステンレス製のメッシュを通した。封入した空気量 V_A を変化させた場合の実験結果を表3および表4に示す。これらの結果より、空気含有量が多くなるにつれ、作動油の温度上昇による圧力上昇が小さくなっていることが分かる。また、作動油の圧力が高くなるに従い温度上昇による圧力上昇および体積変化量が大きくなる傾向にあることが分かる。よって、作動油の空気含有量が温度上昇による体積変化量の圧力依存性を生じさせていることが分かる。

5. 結 言

本研究では制御弁を閉じて生じた密閉空間内の圧力を一定に保つことが可能な機器の開発に必要な作動油の温度変化に対する体積変化量の計測方法について検討するとともにその基礎データを得ることとした。その結果、本研究で提案した可変容積形圧力容器を用いれば作動油の圧力が8.35MPaまでは温度変化による作動油体積変化量の計測が可能で、本研究で用いた作動油ではその値は0.05cc/1℃となることが分かった。さらにこの容器に空気を封入して実験を行った結果、作動油の空気含有量が温度上昇による体積変化量の圧力依存性を生じさせていることが分かった。今後の課題は、本研究で試作した可変容積形圧力容器を改良し、さらに圧力が高い領域で実験を行うことである。また、容器に封入した作動油の空気含有率の計測も必要であると考えている。

文献

- (1) 例えば、山口、田中：油空圧工学，コロナ社，(1997)，p6-7.