

1-31 高温クリープおよびその破壊におよぼす静水圧力の影響

立命館大学理工学部
大学院

大南 正英
○山蔭 哲郎

1. 緒言 本研究は、高温における多結晶金属材料の力学的挙動におよぼす静水圧力の影響を調べる研究の一環として行なったものである。これまでの筆者らの研究において、常温における金属材料の引張りクリープやねじりクリープにおよぼす静水圧力の影響を、静水圧力場でのクリープ試験を通じてその圧力効果を確認してきた^{1),2)}。さらには、クリープを支配する機構は種々の温度領域で異なるため上述の常温クリープにおよぼす圧力効果を高温クリープへ拡大することには種々問題があるが、このことに関しても静水圧力下の高温実験を積み重ねることにより高温クリープを含む高温塑性流動応力におよぼす静水圧力の影響についても常温同様定量的に判断できることを確認してきた³⁾。しかしながら常温においては静的塑性流動応力とクリープのそれぞれにおよぼす静水圧力効果の度合は同程度のものであるにもかかわらず、高温($T \approx 0.5T_m$)におけるクリープにおいては、その静水圧力効果が同じ温度での単軸引張りにおよぼす影響度合よりもはるかに大きいものであることを定量的に明らかにしてきた。これらのことをさらに明らかにするため、高温クリープ機構そのものの静水圧力の影響を活性化体積の評価などを通じて検討したのでここに報告する。

2 装置および試験片 高温・高圧引張装置は既報のものと同じであり試験片に加えられる荷重はコイルバネを用いることによりそのたわみ量を差動変圧器により測定している。圧力媒体としては拡散オイルを用いている。また、供試材料は純アルミニウム(99.75% Al)引抜材を使用し、形状は平行部30mm, 5.5mm の中央丸棒に機械加工した後 360°C、1時間真空焼鈍をほどこして使用した。

3 実験結果および考察 温度 200°C でのクリープ応力 4.8 kg/mm²、静水圧力の負荷条件は $p=0, 500, 1000$ kg/cm² で行ったクリープ実験結果を Fig.1 に示す。この結果によると1次クリープにおいては静水圧力の影響はみられないが2次クリープ(定常クリープ)域になると若干ではあるが静水圧力の影響をうけそのひずみ速度は静水圧力が重畳されるにしたがって減少している傾向を示している。3次クリープに入ると著しく静水圧力の影響をうけ、そのひずみ速度が減少すると同時にそのクリープ破断寿命もかなり増大していることがわかる。他方、同材料の200°Cにおける単軸引張試験結果では静水圧力の影響がほとんどみられないので、高温クリープにおいて静水圧力の影響が著しく現われることの原因の1つとし

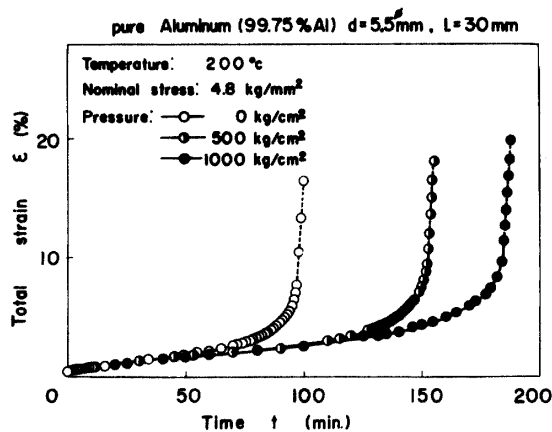


Fig. 1

て緒言でも述べたように高温クリープ機構自体にみられる圧力効果を問題にする必要がある。このような観点から高温クリープに対する活性化体積の静水圧依存性を考えてみる。Fig 2は、大気圧下における定常域のひずみ速度 $\dot{\epsilon}_0$ と静水圧力下におけるひずみ速度 $\dot{\epsilon}_p$ との比 $\dot{\epsilon}_p/\dot{\epsilon}_0$ を、実験結果およびアルミニウムのクリープに対する活性化体積 V_c を $6.3 \text{ cm}^3/\text{mol}$ と与えることにより得られた理論近似式 $\dot{\epsilon}_p/\dot{\epsilon}_0 = \exp[-V_c p / RT]$ による計算結果との比較において示したものである。ただし、この近似式では空孔濃度におよぼす静水圧力効果はないと仮定する。実際には、計算により得られた値よりも実験による値の方が静水圧力の影響が強く現れているので、静水圧力は空孔濃度に影響をおよぼすものと考えられる。そこで、静水圧力 p がどの程度空孔濃度に寄与しているか調べた結果をFig 3に示す。すなわち、空孔濃度 D の圧力依存性を $D_p/D_0 = (\dot{\epsilon}_p/\dot{\epsilon}_0) \exp[V_c p / RT]$ より計算した結果、その値が1より小さな値をとるので、拡散クリープ機構および空孔濃度の圧力依存性が高温クリープにおよぼす静水圧力効果の主要な因子と考えることができる。次に、圧力履歴に関して行なった実験結果をFig 4に示す。一本の試験片について定常クリープでのひずみ速度を確認した後図に示すように圧力を段階的に負荷して行なった結果をひずみ速度と全ひずみに対して整理した結果は、その定常クリープ域について各圧力下で行なう結果から得られる定常

Experimental value	Calculated value
$\frac{\dot{\epsilon}_p}{\dot{\epsilon}_0} = 0.797$	$\frac{\dot{\epsilon}_p}{\dot{\epsilon}_0} = 0.925$
at $p_0 = 0, p = 500 \text{ kg/cm}^2, T = 473^\circ\text{K}$	
$\frac{\dot{\epsilon}_p}{\dot{\epsilon}_0} = 0.725$	$\frac{\dot{\epsilon}_p}{\dot{\epsilon}_0} = 0.855$
at $p_0 = 0, p = 1000 \text{ kg/cm}^2, T = 473^\circ\text{K}$	

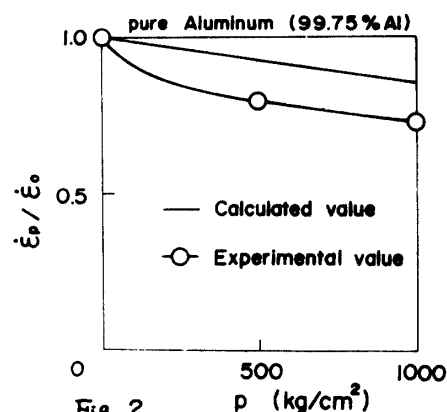


Fig 2

$$\frac{D_p}{D_0} = \frac{\dot{\epsilon}_p}{\dot{\epsilon}_0} \exp \left[\frac{V_c p}{RT} \right]$$

Hydrostatic Pressure (kg/cm ²)	D_p / D_0
$p_0 = 0, p = 500$	0.861
$p_0 = 0, p = 1000$	0.848

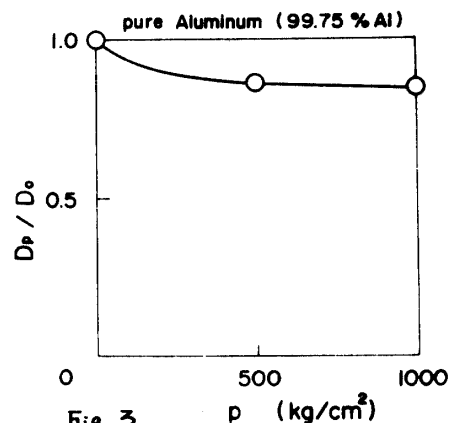
at $V_c = 6.3 \text{ cm}^3/\text{mol}$ $T = 473^\circ\text{K}$ 

Fig. 3

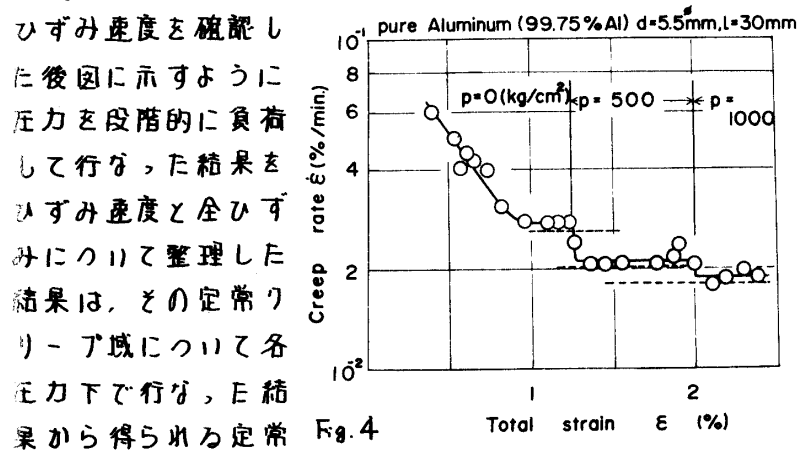


Fig. 4

クリープ速度(実線)とほぼ一致するので、高温クリープにおいて圧力を段階的に増加させていく場合には圧力履歴の影響はほとんどないものと考えられる。

4. 参考文献

- 1) 大角・元象 Proc. 12th Jap. Cong. Mat. Res. 78 (1969)
- 2) 元象・山蔭・大角 日本材料学会 第19期 学術講演会前刷 65 (1970)
- 3) 大角・元象・山蔭 材料 20 395 (1971)
- 4) B.H. Butcher and A.L. Ruoff J. App. Phys. 32 2036 (1961)