

東北大学工学部 〇及川 洪, 佐伯 真事, 辛島 誠一
(現 川崎製鉄)

I. 目的

溶質と溶媒の原子半径差が大きく, ある程度の固溶度をもつ二元系合金では, 転位の周囲にコソトレル雰囲気形成される。この種合金のクリープ挙動は, 純金属のクリープ挙動とは著しく異つたものとなることが予想される。fccのAl-Mg合金はこの種合金の代表的例であり, その高温変形挙動は詳細に調べられている。bcc合金系では, この種の挙動はまだ十分に調べられてはいない。本研究は原子半径差が8%以上あるMoを含むFe基(bcc)固溶体の高温クリープ特性を系統的に調べるために行われているものの一部である。

II. 実験方法

試料は4.14 at% (6.91 wt%) のMoを含む合金で, 高純度素材を原料として真空溶解されたものである。試験片は平行部長さ20 mm, 幅5 mm, 厚さ1 mmの板状のもので, 平均結晶粒寸法は0.14 mmである。クリープ試験はすべてアルゴン雰囲気中で行われた。

III. 実験結果

通常のクリープ試験を温度1150 K (877 °C) において応力6~40 MPa (0.61~4.08 kgf/mm²) の下で行なつた。一次クリープ曲線の形状は約9 MPaを境とし, 低応力側では逆遷移型, 高応力側ではS字型であつた。定常クリープ速度の応力依存性を指数関数で表すと, その応力指数 n は 3.2 ± 0.2 となる。温度範囲1125~1225 Kにおける定常クリープの見かけの活性化エネルギーは, 応力14 MPaの下で 320 ± 7 kJ/mol (76.5 ± 1.8 kcal/mol) である。

1150 K定常クリープ期における平均内部応力 $\bar{\sigma}_i$ をdip testに逆外挿法を適用して求めた。内部応力は, 実験条件内では, クリープ応力 σ_a よりも明らかに低い。 $\bar{\sigma}_i/\sigma_a$ は応力8~30 MPaの範囲で0.9~0.5である。有効応力 $\bar{\sigma}^* = \sigma_a - \bar{\sigma}_i$ のクリープ応力依存性は $\bar{\sigma}^* = 0.010 \sigma_a^{2.1 \pm 0.1}$ で示すことができる。

1150 K, 14 MPaの条件下における定常クリープ段階で, 微小応力急変試験を行なつた。応力は0.04 s以内で変化させ, 変位は50 Hz記録可能記録計を用いほぼ0.2 μ mの精度で記録した。応力を1~6 MPa増加させた際の見かけの瞬間伸びは, 同じ応力だけ減少させた際に認められる見かけの瞬間収縮に等しい。また両者とも応力変化量に比例している。すなわち, 応力急増に伴う瞬間永久ひずみは生じない。

IV. 考察

以上の実験結果は, 本実験条件の下では, 転位の迂り運動は粘性的なものであることを示している。さらに, 内部応力がクリープ応力よりも明らかに低いことから, 本合金の定常クリープ変形では, この粘性的迂りを行なう転位の運動が重要な役割をはたしていることがわかる。一次クリープ段階あるいは遷移クリープにおいては, 転位の粘性的な運動が一層重要な役割をはたしている。

クリープ組織の観察(既報)によれば, 本合金の定常クリープにおいては, サバウンダリーが明瞭に認められる。本研究の結果はサバウンダリー存在の有無と転位の粘性迂り運動の重要性との間には, 直接的関係は無い可能性を示唆している。

転位が粘性的迂り運動をしている場合には, 定常クリープ速度は可動転位密度とその平均速度の積に比例するはずである。この考えで得られる n の値 3.6 ± 0.3 は n の実測値 3.2 ± 0.2 と良い一致を示す。