

(425) Ni-20Cr合金のクリープ強度に及ぼす結晶粒度の影響

東京工大 エ学部 エ博の松尾 寿 エ博 篠田 隆之 エ博 田中 良平
 大学院生 (現 日本鋼管) 星田 達男

1. 結言: 高温クリープ強度に及ぼす結晶粒度の影響についてはすでに行くつかの報告があり, 粗粒のものほどクリープ強度は大きいのが普通とされているが, 定常クリープ速度を最小にする粒径(これを L_M とする)の存在を指摘した報告¹⁾もある。固溶強化型合金を 1000°C のような高温で使用する場合は, その使用中の結晶粒成長も考えられ, また, 固溶化熱処理条件による粒度の変化も広い範囲にわたるので, 結晶粒度とクリープ速度との関係は実用上にも重要である。そこで本研究ではNi-20Cr合金の $900 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ でのクリープ強度(おもに定常クリープ速度)に及ぼす結晶粒度の影響を調べた。

2. 実験方法: Ni-20Cr(0.048 wt.%C)合金を真空高周波炉で溶製し, 17kgの鋼塊を得, これを16mm丸棒に鍛伸後, 固溶化熱処理条件を選び $30 \sim 1000\mu\text{m}$ の範囲で結晶粒径が異なる7種の試料を得た。クリープ試験は $900, 950$ 及び 1000°C の3温度で行ない, 定荷重試験に加えて, 定常クリープ領域内で応力を順次増加させて定常クリープ速度のみを求める試験も実施した。

3. 実験結果: 1) Ni-20Cr合金においては $900 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ で最小の定常クリープ速度を示す結晶粒径 L_M が存在する(図1)。本合金の L_M は約 $100 \sim 300\mu\text{m}$ の粒度範囲にあり, L_M を境にし粗粒であるほど定常クリープ速度が大きくなる傾向は高応力ほど, また, 低温度ほど顕著である。

2) 全クリープ時間に対する定常クリープ時間の割合は粗粒のものほど小さく, また, 伸びも小さな値を示す。3) クリープの初期以降において細粒材では試験片の表面及び中心部を問わず, 全面にクラックが認められるのに対し, 粗粒材ではクラックの殆くは主に試験片の表面近くで認められる。また, クラックが生じた粒界は, 粗粒のものほど引張方向に対し直角の関係をなすものが増加することがわかる。4) 本研究では結晶粒径(λ)が L_M より大きくなると定常クリープ速度($\dot{\epsilon}_s$)が増す関係はGarofalo⁴⁾が提案した $\dot{\epsilon}_s = A\lambda^2$ なる式(Aは定数)では整理できない。 $\lambda < L_M$ での $\dot{\epsilon}_s$ が λ とともに増加することはクリープに対する粒界すべりの寄与を考慮することによってよく説明され, また $\lambda > L_M$ で $\dot{\epsilon}_s$ が再び増加する原因については定性的には λ が大きくなると粒界3重奏での応力集中も増し, これが局部的に定常クリープ速度を増加させるためと考えることができよう。

文献 1) F. Garofalo, W. F. Domis and F. Gemmingen: Trans. Soc. AIME, 230 (1964), p. 1460

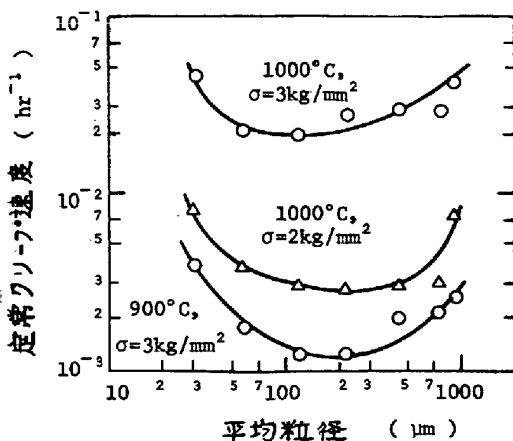


図1. Ni-20Cr合金の定常クリープ速度に及ぼす結晶粒径の影響

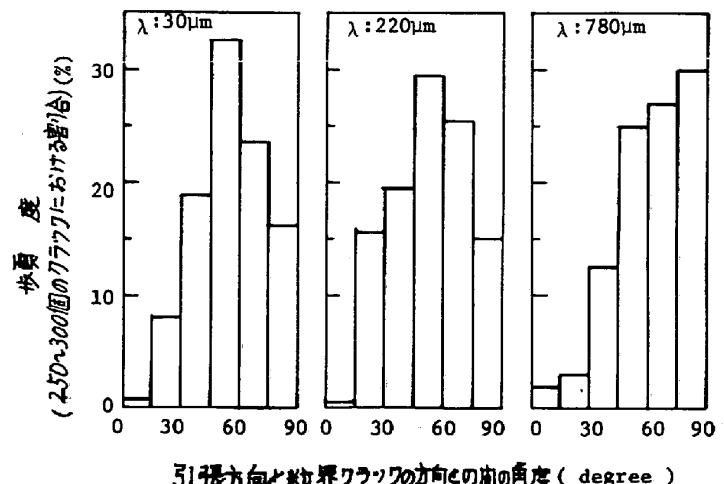


図2. クラックを生じた粒界の引張方向に対する角度の度数分布(1000°C , 応力 2.5kg/mm^2 でのクリープ破断材)。