

(351) ひずみ速度急変試験による304ステンレス鋼の高温流動応力の変化

金属材料技術研究所 ○門馬義雄

Stanford Univ.(USA) PhD Oleg D. Sherby

1. 緒言 固溶体型合金(Class II)の高温定常変形(定応力試験では定常クリープ速度、足ひずみ速度試験では一定の流動応力)における主要な組織変化は一定のサイズのサブグレインの形成である。304型ステンレス鋼においても比較的高温長時間のクリープ試験ではサブグレインの形成が認められており、サブ粒界が変形抵抗に寄与している考えが有力である。この考えによると高温定常変形速度は

$$\dot{\epsilon}_s = K \gamma^s \lambda^p (\sigma/E)^N D \quad (1)$$

$\gamma$ : 積層欠陥エネルギー,  $\lambda$ : サブグレインサイズ,  $\sigma$ : 応力,  $E$ : ヤング率,  $D$ : 拡散係数

$K, S, P, N$ : 材料定数

で表わされ、一方サブグレインサイズについては  $\sigma/E$  が  $2 \times 10^3$  以下で

$$\lambda = 4b (\sigma/E)^{-1} \quad (2)$$

が成り立つことが実験的に知られている。(1)と(2)から一定温度における定常変形速度は

$$\dot{\epsilon}_s = S' \sigma^{N-P} = S' \sigma^n, \quad S': \text{定数項} \quad (3)$$

という通常の速度式が得られ、 $P=N-n$  によってサブグレインサイズの効果が変わる。

2. 実験方法および結果 インストロン試験機を用いて 900 ~ 1100 °C において  $1.2 \times 10^{-5} \sim 4.6 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$  のひずみ速度範囲で圧縮試験を行ない定常状態に到達した後、ひずみ速度を急変させて流動応力 ( $\sigma/E = 2 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-3}$  で、600 ~ 700 °C でのクリープ試験応力に対応する) の変化を測定して、応力指数  $N$  および  $n$  を求めた (図1)。ひずみ速度急変試験ではひずみ速度を変えた瞬間は組織変化はない、すなわち一定サイズのサブグレインのネットワークであると仮定している。図2は一定組織に対応する応力指数  $N$  と定常変形組織に対応する応力指数  $n$  の流動応力に対する変化である。 $\sigma/E = 5 \times 10^4$  以下では  $N, n$  とともにほぼ一定となり、 $N \approx 7.5, n \approx 5.0$  であった。従って  $P \approx 2.5$  となり、(1)式から一定温度、一定ひずみ速度における流動応力は、 $S''$  を定数項として

$$\sigma_{\dot{\epsilon}} = S'' \lambda^{-Pn} \approx S'' \lambda^{-0.35} \quad (4)$$

で表わされる。得られた  $P$  と  $N$  の値は純アルミニウムの場合<sup>2)</sup> ( $P \approx 3.5, N \approx 7.5$ ) と比較的良く一致していることは興味深い。(4)式は低温における結晶粒度と流動応力に関する Hall-Petch の関係と類似点がある。このことはまた、高ひずみ速度の温間加工によって小さなサブ粒界を導入し、炭化物の析出効果と組み合わせ、高温で安定なサブグレイン組織を作ることができれば、有力な高温強度の改善法となり得ることを示している。

文献 1) C.M. Young and O.D. Sherby, JISI, 640, 1973

2) O.D. Sherby and C.M. Young "Rate Processes in Plastic Deformation" ASM, 1975

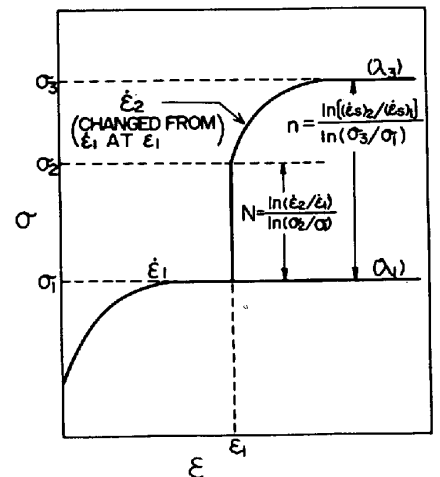


図1 ひずみ速度急変試験法のご概念

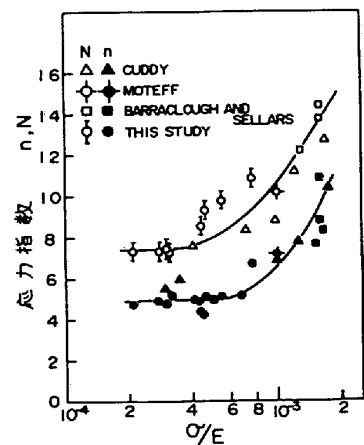


図2 応力指数  $n$  および  $N$