

## (745) クリープ強度に及ぼす結晶系の影響：チタン及びタリウム

東北大学工学部

及川 洪

## I. 緒言

高温における金属材料の強度は、非最密構造をとるものよりも最密構造をとるものの方が一般に大きいとされている。しかし、この種のことを詳細に研究した例はあまり多くはない。本研究では、同素変態を示す純金属を用いて、結晶系が高温強度に及ぼす影響を定量的に検討する。

対象として選んだ金属はチタン ( $T_{\alpha\beta} = 1156 \text{ K}$ ) およびタリウム ( $T_{\alpha\beta} = 505.5 \text{ K}$ ) である。これらの金属はいずれも低温側でhcp, 高温側でbccである。

## II. データ解析

高温引張あるいは高温クリープにおける定常変形段階のひずみ速度  $\dot{\epsilon}_s$  (s<sup>-1</sup>) と応力  $\sigma_s$  (Pa) との関係を示すDornの式で処理する。

$$\dot{\epsilon}_s = A D (G b / k T) (\sigma / G)^n$$

ここでD は格子自己拡散係数 (m<sup>2</sup>/s), G は剛性率 (Pa), b は原子直径 (m), k はBoltzmann定数, T は温度 (K) であり, A は無次元係数である。

まず、変態温度におけるクリープ速度の比を求める。一方、上式に各相のD, G, bを代入して得られる比率を、それぞれの文献値に基づいて求める。両者の違いから、D, G, b以外の因子に対する結晶系の影響を見積ることが可能である。

## III. 解析結果

(1) Ti チタンの高温引張特性については、筆者たちが粗粒純チタンを用いて行なった結果 (1984) を用いる。ひずみ速度  $3.3 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  で変形するために必要な応力の比は  $\sigma^\beta / \sigma^\alpha = 1 / 4.41$  である。これを応力一定の下でのクリープ速度比に換算すると、 $\dot{\epsilon}^\beta / \dot{\epsilon}^\alpha = 470$  となる。

一方、D, G, bの  $\dot{\epsilon}^\beta / \dot{\epsilon}^\alpha$  に及ぼす効果を見積ると、

$$(D^\beta / D^\alpha) (G^\alpha / G^\beta)^{3.15} (b^\beta / b^\alpha) = 146 \times 1.67 \times 0.98 = 238$$

となる。両者を組合せると、結局

$$\dot{\epsilon}^\beta / \dot{\epsilon}^\alpha = 1.97 (D^\beta / D^\alpha) (G^\alpha / G^\beta)^{n-1} (b^\beta / b^\alpha)$$

である。すなわち、D, G, bで規格化しても、bcc相はhcp相よりもクリープ速度で比較すれば2.0倍、変形応力で比較すれば1.18倍弱い。

(2) Tl クリープのデータとしてSherbyの報告 (1958) を用いる。応力3.44 MPaにおける定常クリープ速度比は  $\dot{\epsilon}^\beta / \dot{\epsilon}^\alpha = 21.5$  である。一方、定数の違いを比較すると、

$$(D^\beta / D^\alpha) (E^\alpha / E^\beta)^{4.8} (b^\beta / b^\alpha) = 27.0 \times 0.33 \times 0.98 = 8.68$$

である。両者を組合せると、

$$\dot{\epsilon}^\beta / \dot{\epsilon}^\alpha = 2.48 (D^\beta / D^\alpha) (E^\alpha / E^\beta)^{n-1} (b^\beta / b^\alpha)$$

となる。したがって、D, G, bで規格化しても、bcc相はhcp相よりもクリープ速度で比較すれば2.5倍、変形応力で比較すれば1.17倍弱い。

## IV. 結言

純金属の高温クリープ速度に及ぼす結晶系の違いの影響の中で、もっとも大きいものは拡散係数Dの違いによるものである。弾性率の違いによる影響は因子2程度であるが、その他になお2程度の影響を及ぼす因子がある。

純鉄についても、ほぼ同様の事情にあるものと思われるが、信頼性の高い詳細なデータは見当たらないので定量的な検討は行なうことはできなかった。