

(691) 変態超塑性現象への内部応力説の適用

松下電器生技研 野崎春男 植杉雄二 ○岡田俊治
 京都大学工学部 田村今男 牧 正志

1. 緒言

鋼に応力下で変態熱サイクルを加える場合に生じる変態塑性ひずみ(変態中に発生するひずみのうち、熱膨張、変態体積変化、及び、クリープ分を除くひずみ)は、負荷応力、加熱冷却速度、組成等、多くの因子による影響を受ける。¹⁾本報告では、これらの因子と変態塑性ひずみの関係を定量的に求める手段を得るため、Greenwoodらが提唱した内部応力説をもとに低~高応力域にわたる変態塑性ひずみと負荷応力等の関係式を導出し、さらに、実験値との比較を行なった。

2. 解析.

変態進行中は、変態体積変化 $\Delta V/V$ で生じる内部応力により、弱い方の相が降伏し、また、Misesの降伏条件式、及び、Lévy-Misesの式に従う変形が生じると仮定すると微小部分の降伏条件式は、

$$\left[-\frac{1}{2}\varepsilon - (\Delta V/V)_{xx}\right]^2 + \left[-\frac{1}{2}\varepsilon - (\Delta V/V)_{yy}\right]^2 + \left[\varepsilon - (\Delta V/V)_{zz}\right]^2 + 2\left[-(\Delta V/V)_{xy}\right]^2 + 2\left[-(\Delta V/V)_{yz}\right]^2 + 2\left[-(\Delta V/V)_{zx}\right]^2 = \frac{2}{3}\lambda_1^2 Y^2 \quad \text{--- (1)}$$

また、z軸方向のひずみと負荷応力の関係は、 $\varepsilon - (\Delta V/V)_{zz} = \sigma_{zz} \cdot \lambda_1$ --- (2)

ここで、 ε : z軸方向の負荷応力 σ により微小部分に生じるひずみ。

$(\Delta V/V)_{ij}$ ($i, j = x, y, z$): 変態体積変化による内部応力で微小部分に生じるひずみ。

λ_1 : 定数。Y: 弱い方の相の降伏応力。 σ_{zz} : 偏差応力のz軸方向成分

(1),(2)式を解いて、z軸方向の平均のひずみ $\bar{\varepsilon}$ (= 変態塑性ひずみ ε_{tp}) は、

$$\frac{\bar{\varepsilon}}{(\Delta V/V)} = \left[\frac{2}{45} (\sigma/Y)^2 \cdot \frac{11 - 5(\sigma/Y)^2 + \left\{ 11(\sigma/Y)^2 + 25(\sigma/Y)^4 \right\}^{1/2}}{1 - (\sigma/Y)^2} \right]^{1/2} \quad \text{--- (3)}$$

(3)式による計算結果を Fig. 1 に示す。これより変態塑性ひずみは低応力域で σ/Y 計算した Eq. (3) ほぼ直線則、高応力域で急激に増加する傾向を示すことがわかる。

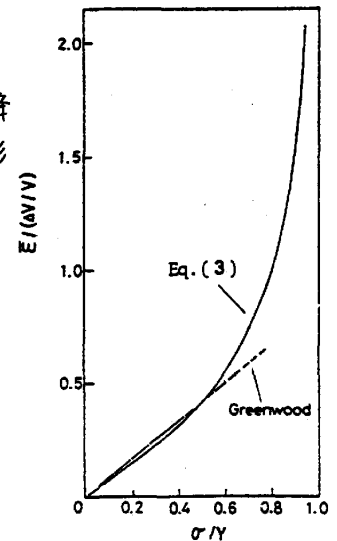


Fig. 1 Variations of $\bar{\varepsilon}/(\Delta V/V)$ with σ/Y calculated by Eq. (3) and Greenwood Eq.

3. 解析結果と実験値の比較.

S15CK, SCM415, SK5について、負荷応力を $0 \sim 4 \text{ kg/mm}^2$, 加熱速度を 50, 100, 150 $^\circ\text{C/min}$ と変化させて変態熱サイクルを与えた場合の、加熱時の変態塑性ひずみの変化を Fig. 2 に示す。

この実験値と、Fig. 1の解析結果を比較するために、3鋼種について、各加熱速度における $\Delta V/V$ 、及び、変態塑性ひずみの平均のひずみ速度に相当する Y を実験により測定した。これらの実験値を $\varepsilon_{tp}/(\Delta V/V) \sim \sigma/Y$ で整理すると、Fig. 3の S15CK の例に示すように、解析結果と比較的よい一致をみた。

参考文献 1) 野崎, 田村他: 鉄と鋼 69(1983) S632

2) G.W. Greenwood, R.H. Johnson: Proc. Roy. Soc. London 283 A (1965) 403

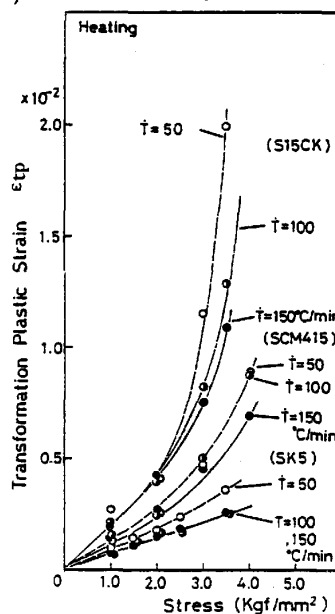


Fig. 2 Relation between ε_{tp} and Stress

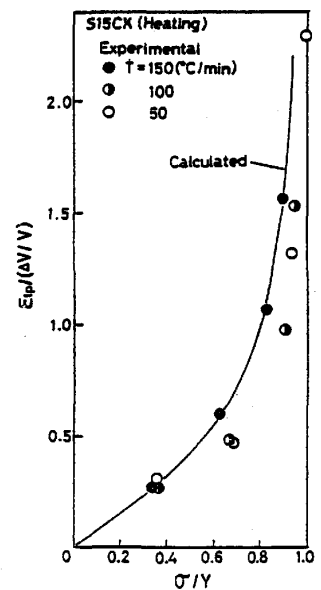


Fig. 3 Variation of $\varepsilon_{tp}/(\Delta V/V)$ with σ/Y