

(468) 熱間変形抵抗データの定式化

長岡技術科学大学

○ 田中 紘一 中村 正久
(院) 星田 芳宏 原 辰次

1. 緒言: 筆者ら¹⁾は先に、金属材料の熱間変形データは特性温度 T' を導入するとその定式化が極めて容易になることを報告した。今回はその特性温度 T' の物理的意味について論ずる。

2. 解析方法: 熱間変形抵抗の実験式はFig.1に0.12% C鋼の場合の計算例を示したが、 σ と $Z = \dot{\epsilon} \cdot \exp(Q/RT)$ の関係は、

$$\sigma = (1/\alpha) \sinh^{-1}(Z/A)^{1/n} = (1/\alpha) \sinh^{-1} Z'^{1/n} \quad (1)$$

と表わせる。ここで、 $T' = Q/R \ln A$ を使って Z は無次元化され、

$$Z' = (\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_0) \exp[Q/R(1/T - 1/T')] \quad (2)$$

と定義される。($\dot{\epsilon}_0 = 1s^{-1}$) Fig.2に鋼、ステンレス鋼の他、4種類の

の材料につき、総計77種のデータの T' と融点との関係を示す。

3. T' の物理的意味: Schoeck²⁾によると転位が障害物を乗り越えていく際、ひずみ速度は次式で与えられる。

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_c \exp(-\Delta G/kT) \quad (3)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}_c$ は常数、 ΔG は変形の自由エネルギーで、

$$\Delta G = [Q + (\gamma/\mu)vT\tau] / (1 - (\gamma/\mu)T) \quad (4)$$

で与えられる。 τ :せん断応力、 v :活性化体積、 γ :せん断弾性常数の温度依存性 = $d\mu/dT$ である。経験的に、

$$\mu = \mu_0 + \gamma T \quad (5)$$

と与えられるので(4)式は、

$$\Delta G = (1 + T/\mu_0)Q + (\gamma T/\mu_0)v\tau \quad (6)$$

と書き直せる。従って(3)式は、

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_c \exp(-\gamma v\tau/k\mu_0) \exp\{-Q/k(1/T + \gamma/\mu_0)\} \quad (7)$$

となり、(1)式において $\alpha\sigma \ll 1$ の時の値

$$\dot{\epsilon} = (\dot{\epsilon}_0/2^n) \exp(n\alpha\sigma) \exp\{-Q/R(1/T - 1/T')\} \quad (8)$$

と比べることができる。これより

$$T = -\mu_0/\gamma \quad (9)$$

$$v = -\sqrt{3} Rn\alpha\mu_0/\gamma = \sqrt{3} Rn\alpha T$$

Table. 1に種々の材料における μ_0/γ の実験値と T' を比べて示した。ただしここで μ_0/γ はデータがないのでヤング率におけるそれぞれに対応する値 $E_0/\gamma E$ を代用した。

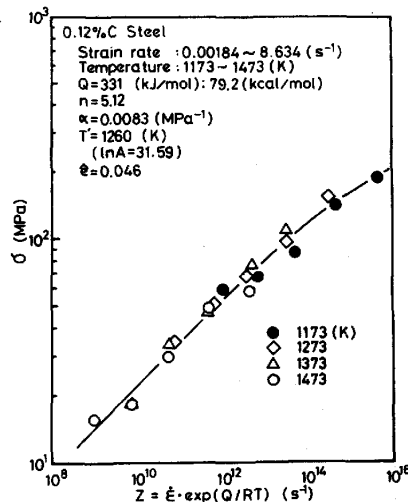


Fig.1, Relation between σ and Z'

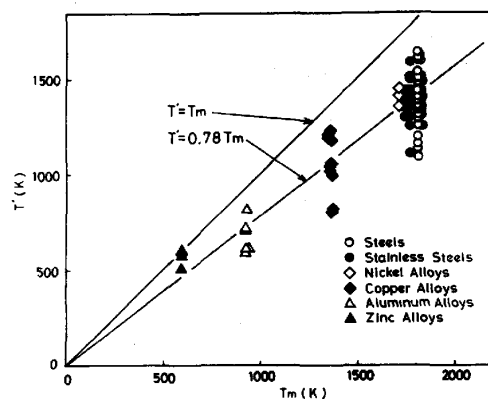


Fig.2, T' against melting point T_m

Table 1, T' and $E_0/\gamma E$

	T_m (K)	T'/T_m	$-T'E$ (MPa/K)	E_0 (GPa)	$E_0/\gamma E T_m$	Remarks
Steel	1809	0.77	123	249	1.12	SCM 22 Hara
Stainless Steel	1780	0.77	147	298	1.12	SUS 304 Hara
Ni Alloy	1726	0.81	112	270	1.40	Pure Ni Benieva
Cu Alloy	1356	0.80	84	167	1.47	Pure Cu Köster
Al Alloy	933	0.76	71	100	1.51	Pure Al Köster
Zn Alloy	693	0.82	98	125	1.84	Pure Zn Köster