

1. 緒 言

絞り用鋼板の連続焼鈍における過時効処理サイクルについては、種々の報告がされている。ここでは固溶Cの拡散について理論的検討を行ない、過時効サイクルを統一的に考察する方法について述べる。

2. 析出核の形成

過時効前の急冷方法により、固溶Cの析出核の形成状況(粒内析出の有無, 析出核間隔の大小)が異なることは良く知られている。Fig. 1に、焼鈍後の焼入温度 $T_Q$ と析出温度 $T_P$ による、析出状況の変化を示す。 $T_Q$ と $T_P$ の組合せにより、粒界のみの析出から種々の析出物間隔の粒内析出まで得られた。

3. 析出核へのC原子の拡散

析出核形成後の固溶Cの変化 $\dot{c}$ は、速度係数 $V$ と平衡固容量 $S$ により次のように表わされる。

$$\dot{c} = -V(c - S) \quad (1)$$

$c$ が $c_1$ から $c_2$ に減少するのに要する時間 $t$ は

$$t = \int_{c_1}^{c_2} \frac{dc}{-V(c - S)} \quad (2)$$

となる。状態図Fig. 2で $t$ を最小とする径路は、変分法により次の微分方程式の解で表わされる。

$$\frac{d}{dS} \left( \frac{1}{-V(c - S)} \right) = 0 \quad (3)$$

$V$ が拡散定数 $D$ に比例する場合(析出物間隔一定)の解は(Fig. 2に破線で示す)、拡散の活性化エネルギーを $Q$ 、析出物の溶解エネルギーを $E$ として、

$$S = c \cdot Q / (Q + E) \quad (4)$$

となり、 $c$ は $S$ に比例し、従って $T$ により決まる。

4. 析出核形成状況の影響

上記(2)(4)式より求めた熱サイクルを、Fig. 3に示す。 $T_1$ から一定時間 $t$ で到達できる $T_2$ は、時定数 $\tau_1$ により決まる。この $\tau_1$ は、 $T_1$ における速度係数 $V_1$ の逆数であり、実験により、析出核形成状況(例えばFig. 1)により大きく変化することと、析出初期を除き一定であることが、確認された。

5. 応 用

実際の過時効処理においては、急冷後の析出処理における $\tau_1$ を内部摩擦測定で求めることにより、析出温度における保持時間( $c = c_1$ に到達する時間)を決め、その後Fig. 3により冷却を行なうことで、最適過時効サイクルが決定できる。

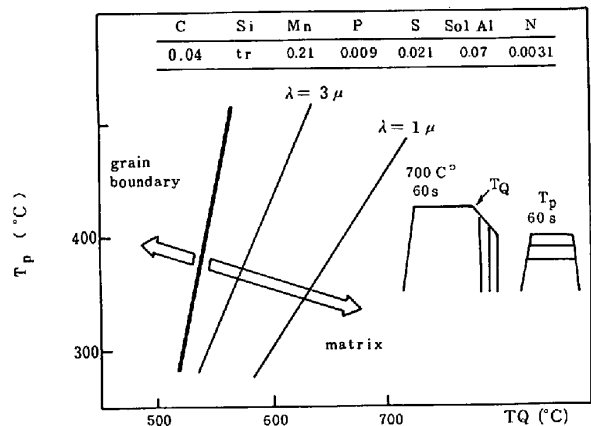


Fig. 1 Dependence of the precipitation and spacing( $\lambda$ ) of carbide particles on  $T_Q$  and  $T_P$ .

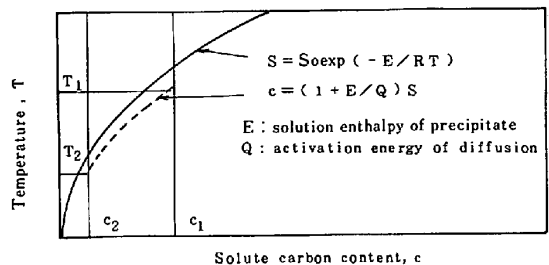


Fig. 2 C-T relationship to minimize the time for precipitation

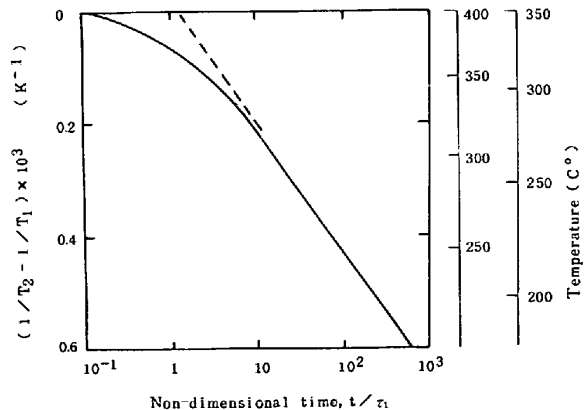


Fig. 3 Optimum heat cycle corresponding to the dashed-line path in Fig. 2.