

(633) 連続焼鈍 1 次急冷中の固溶炭素量の定式化

(連続焼鈍の過時効処理中におけるセメント析出挙動 第5報)

新日本製鐵(株) 君津技術研究部 ○小山 一夫, 黒田 幸雄

工博 加藤 弘

1. 系前言 第1~第3報 では、連続焼鈍の過時効処理中における結晶粒内セメントの核生成と成長のモデル化について論じた。本報では、過時効を開始するときの初期条件となる、1次急冷後の固溶炭素量の定式化を試み、実験と比較検討した。

2. モデル式の導出 連続焼鈍用の鋼は普通、熱延で高温巻取されるので、炭化物は凝集・粗大化し、その数は極めて少ない。したがって、焼鈍後の1次急冷中においては、炭素は粒界に析出するか、または、粒界拡散にて既存の炭化物へ析出すると考えられる。そこで次のように仮定する。(1)結晶粒を半径 a の球とする。(2)バルクの炭素の拡散が律速とする。すなわち、粒界を炭素の無限のシンクとする。まず、等温度化の場合の粒内平均炭素濃度 $C(t)$ を求める。(以下では、 D : 拡散係数, C_0 : 初期炭素濃度, $R_c(T)$: 冷却曲線, その他の符号も慣用に従う。)

球座標で表したFickの方程式を、 $r = a$ で $C = S$ (固溶限) の条件で解き、これを $r = 0 \sim a$ で積分すると、平均炭素濃度 $C(t)$ として次式が求まる。

$$\bar{C}(t) = \frac{6C_0}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1}{n^2} \exp\left(-\left(\frac{\pi}{a}\right)^2 D t\right) \right] \quad [1]$$

近似として [1] 式右辺第1項のみをとり、これを時間 t で微分すると、

$$\frac{d\bar{C}}{dt} = -\left(\frac{\pi}{a}\right)^2 D (\bar{C}(t) - S) \quad [2]$$

連続冷却を微小な等温変化の集まりと考える。結局、次式を得る。

$$\frac{d\bar{C}}{dT} = -\left(\frac{\pi}{a}\right)^2 \frac{D(T)}{R_c(T)} (C - S(T)) \quad [3]$$

Fig. 1 に一定冷却速度で300℃以下にまで冷却した場合の平均固溶炭素と $\pi^2/a^2 R_c$ との関係を冷却開始温度 T_s をパラメータとして示す。初期状態として平衡濃度と仮定した。DおよびSについては既報告の式を用いた。

3. 実験方法 0.8mm厚の実機冷延板を素材とし、結晶粒度を変えるために700および750℃で0~10時間の熱処理を行った。次いで、700℃, 10分間の炭化物溶解処理後、種々の冷却速度で室温まで一様に冷却した。これら試料の固溶炭素をねじり式内部摩擦法にて測定した。

4. 系結果 Fig. 2 に実験結果を計算値と比較して示す。徐冷側 ($\pi^2/a^2 R_c > 10^3$) の領域では、計算値が若干析出過剰であるものの、両者は、結晶粒度依存性も含めてよく一致している。これに対し、急冷側 ($\pi^2/a^2 R_c < 10^3$) では両者は傾向を異にする。この理由として急冷で過飽和度が高まった結果、内部摩擦測定中等にC-complexが生じたことが考えられる。

[参考文献] 1) 加藤 弘ら: 鉄と鋼 70(1984) s1475

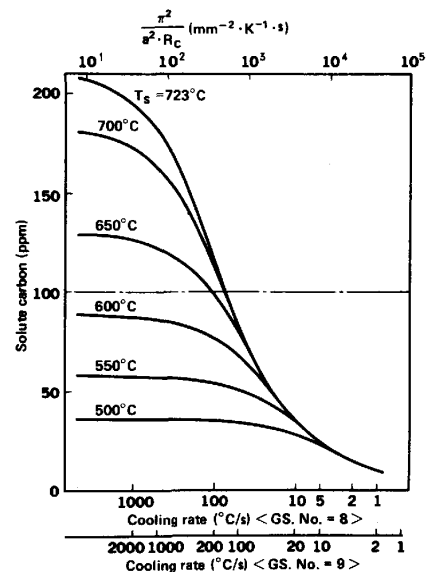


Fig. 1. Relationship between the solute carbon content and the cooling rate.

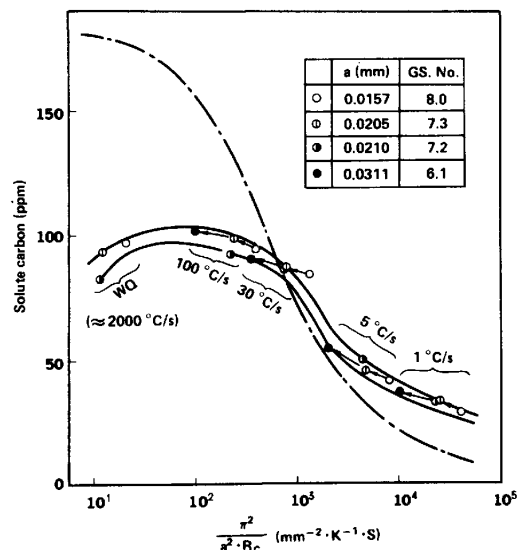


Fig. 2 Comparison of the solute carbon content between the experimental result and calculated value.