

(527) 非時効化のための効率的過時効処理

(低炭素冷延鋼板の連続焼鈍におけるセメントナイト析出挙動 -第6報-)

新日本製鐵(株) 君津技術研究部 O小山 一夫、小宮 邦彦

1. 緒言

近年、連続焼鈍の時効性問題がようやく定量的議論になりつつある。発表者らはこれまで過時効中のセメントナイト析出の速度を定式化してきた^{1) 2)}。また、実質的に非時効と言えるには時効指数で30 MPa以内とすべきであることも明らかにした³⁾。本報では定式化したシミュレーションモデルより適切な過時効サイクルの骨格を定め、これより通常採られる3分程度の時間で非時効となる条件を実験および計算にて求めた。さらに、粒内炭化物の延性に対する悪影響の回避策についても検討した。

2. 効率的過時効サイクルの検討

限られた時間内に $AI \leq 30 \text{ MPa}$ となるまで固溶炭素を析出させるには粒内炭化物を利用せざるを得ないことは、簡単な拡散距離の計算から明らかである。粒内炭化物生成のためには過時効前に100 ppm程度の過飽和炭素量を保つ必要がある。これは一次冷却速度を $100^\circ\text{C}/\text{s}$ 程度に採ることを意味する。この過飽和炭素量に対してシミュレーション計算を行なうと短時間で粒内炭化物が密に核発生する温度域は $250 \sim 270^\circ\text{C}$ である。一方、成長の尺度である $\sqrt{Dt}$ は1分保持で、 350°C , $3 \mu\text{m}$, 300°C , $1.6 \mu\text{m}$, 250°C , $0.68 \mu\text{m}$ である。すなわち核生成温度域は成長には低すぎる。ここで核生成と成長を結ぶ小規模過冷再加熱過時効が、再加熱エネルギーを最小にしてなおかつ最短時間で炭素を時効析出させる熱サイクルとして帰結される。以下、この過時効方式を実験およびシミュレーション計算にて最適化する。

3. 実験方法

代表的な連続焼鈍A1キルド鋼を用い、再加熱傾斜過時効条件を検討した。図1に示す合計3分の過時効処理において T_1 , T_2 温度を種々変化させ最適な再加熱傾斜過時効条件を調べた。ついでこの中で最適と考えられる $T_1=350^\circ\text{C}$, $T_2=250^\circ\text{C}$ の条件で今度は鋼種の影響を調べた。固溶炭素量とAIの関係は、固溶炭素量の0, 1, 2, 4, 5, 10 ppmをそれぞれAIの0, 15, 20, 30, 40 MPaに対応させ、間は直線で補間した。

4. 実験結果と考察

- (1) T_1 , T_2 条件とAI値の関係を実験と計算とで比較して図2に示す。 T_1 , T_2 の広い範囲にわたって $AI \leq 30 \text{ MPa}$ を満たしており、この過時効方式の優秀さを表している。そして計算結果はよくこの傾向を捕らえており、シミュレーションモデルの妥当性もよい。
- (2) 延性は同じAI値であっても T_1 が 350°C を越すと大幅に向上するが、 300°C 以下では粒内炭化物の悪影響が大きい。
- (3) 鋼種の影響は冷却パラメーター $(\pi/a)^2/R_c$ [a : 結晶粒半径(mm), R_c : 冷却速度($^\circ\text{C}/\text{s}$)] でほぼ整理される。しかし極低S鋼や低C鋼では高いAIを示すが、これは低Sによる粒内炭化物生成サイト不足と、低Cによる過飽和固溶炭素不足のためと考察される。

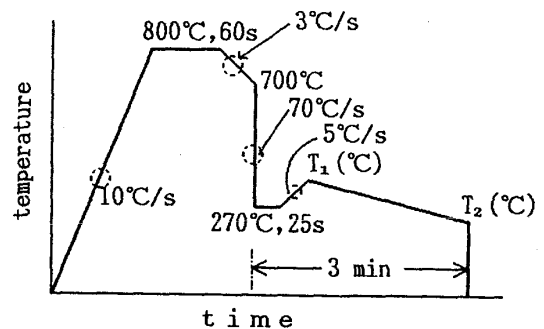


Fig.1 3 minites over-aging cycle with small reheating

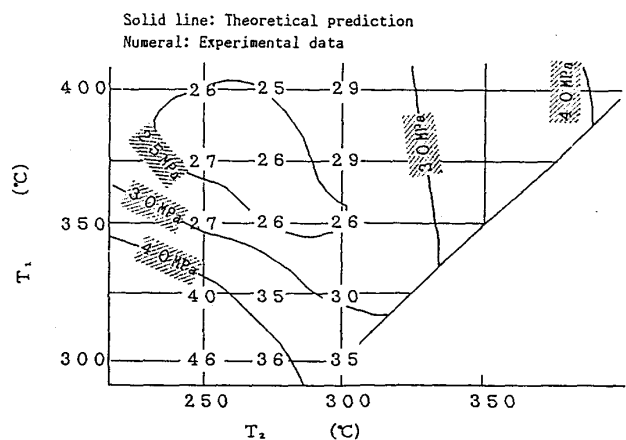


Fig.2 Comparison of aging index between experimental and calculated results

【参考文献】1)加藤、他:鉄と鋼,70(1984)S1475、2)小山、他:鉄と鋼,71(1985)S634、3)加藤、他:鉄と鋼,70(1984)S1475