

(747) 低炭素-Type 301ハード材の引張特性に対する実験式

— 車両用低炭素高強度ステンレス鋼の開発 (IV) —

日新製鋼(株)・周南研究所 ○田中照夫 星野和夫

1. 緒言 ステンレス鋼製鉄道車両に使用されている準安定オーステナイト (γ)系ステンレス鋼の機械的性質は圧延率, 圧延時の材料温度, 化学成分などによって微妙に変化する。本報告では, 圧延および引張時の加工に伴い誘起されるマルテンサイト (α')相の生成挙動に注目し, α' 相の生成挙動から圧延による変形量を引張変形量に換算することで, 冷延材の強度-延性バランスと γ 安定度, 圧延条件との関係を示す実験式について言及する。

2. 供試材および実験方法 供試材は 0.03%以下のCを含有する Type 301 であり, その化学組成を Table 1 に示す。A, B, Cの試料はN量が一定で γ 安定度を異にするものである。Dの試料のN量はA, B, Cに比し若干高い。供試材はすべて40トン電気炉にて溶製し, 熱間圧延, 焼鈍・酸洗, 中間冷延, 焼鈍・酸洗後, 最終の調質圧延(圧延率; 0~25%)を施した。実験室的に材料を20~70℃の任意の温度に保持した状態にて調質圧延した。これらの試料について引張試験を実施するとともに, 任意の引張変形を施した後の α' 量を測定した。 α' 量の測定は試料振動磁力計によった。

3. 実験結果 1) 圧延時の $V_{\alpha'}/V_{\gamma}$ と $\bar{\epsilon}_R (= \sqrt{\frac{2}{3}(\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2)})$ の関係は材料温度により異なる。焼鈍材の引張ひずみ (ϵ_T) と $V_{\alpha'}/V_{\gamma}$ の関係は, $V_{\alpha'}/V_{\gamma} = A \cdot \epsilon^B$ ①にてほぼ表わせる。A, Bは試料の γ 安定度と関連する定数である。

2) 圧延材の引張時の ϵ_T と $V_{\alpha'}$ の関係は Fig. 1 中に示すように $\bar{\epsilon}_R$ ではなく圧延後の $V_{\alpha'}$ に支配される。しかし, 引張時の $V_{\alpha'}$ は $\epsilon_{TC} (= k \cdot \bar{\epsilon}_R + \epsilon_T)$ (k : 圧延後の $V_{\alpha'}$ すなわち 圧延時の材料温度に依存する定数) で整理すると, いずれの試料でも ϵ_{TC} の増加に伴い焼鈍材の ϵ_T と $V_{\alpha'}$ の関係に漸近し一致する。その後焼鈍材の関係を持続する。(Fig. 1)

3) 均一変形するひずみ量を $\epsilon_{T(uni)}$ とすると, 同一の γ 安定度を有する材料の $\epsilon_{T(uni)}$ は $k \cdot \bar{\epsilon}_R$ にて決まる。 $\epsilon_{T(uni)}$ は $k \cdot \bar{\epsilon}_R$ と γ 安定度に依存するが, $k \cdot \bar{\epsilon}_R$ に潜伏ひずみ ($\Delta \bar{\epsilon}_R$) を考慮した仮のひずみ $\tilde{\epsilon}_T (= k \cdot \bar{\epsilon}_R + \Delta \bar{\epsilon}_R)$ を導入することで一元化し得る。すなわち, (1)式におけるA, Bの値を1.0とした $(V_{\alpha'}/V_{\gamma})_s = 1.0 \cdot \epsilon_T^{1.0}$ の基準試料を設定し, 各試料の $(V_{\alpha'}/V_{\gamma})_i$ を $A_i \cdot \epsilon_T^{B_i}$ とし, $1.0 \cdot \tilde{\epsilon}_T^{1.0} = A_i \cdot \epsilon_T^{B_i}$ ②となる $\tilde{\epsilon}_T$ を考える。②式にて $\epsilon_T = k \cdot \bar{\epsilon}_R$ として $\tilde{\epsilon}_T$ を求めた $\epsilon_{T(uni)}, \sigma_M \cdot \epsilon_{T(uni)}$ (σ_M : 最高荷重時の真応力) は次式で示される。(Fig. 2)

$$\epsilon_{T(uni)} = 0.176 \cdot \tilde{\epsilon}_T^{-0.185}, \quad \sigma_M \cdot \epsilon_{T(uni)} = 22.0 \cdot \tilde{\epsilon}_T^{-0.152}$$

Table 1. Chemical composition of steels used. (wt %)

Steel	C	Si	Mn	Ni	Cr	N	Nieq*
A	0.013	0.57	1.49	7.40	17.53	0.094	21.1
B	0.013	0.45	0.59	7.06	17.63	0.094	20.3
C	0.017	0.46	0.55	6.82	17.39	0.089	19.9
D	0.018	0.47	0.60	7.51	17.57	0.120	21.1

*Nieq = Ni(%) + 0.35Si(%) + 0.5Mn(%) + 0.65Cr(%) + 12.6(C+N)(%)

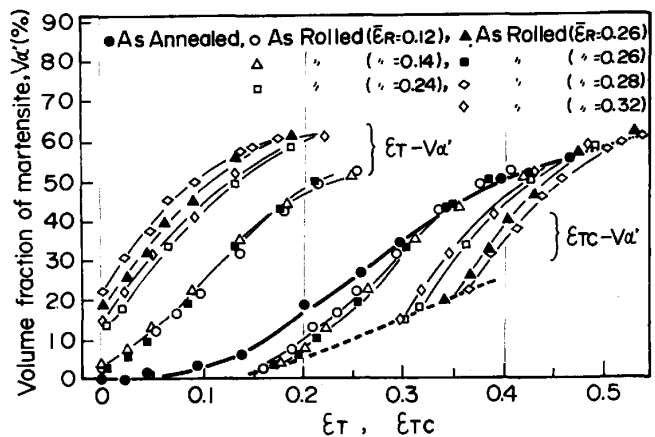


Fig. 1. Effect of ϵ_T and ϵ_{TC} on martensite content for steel A.

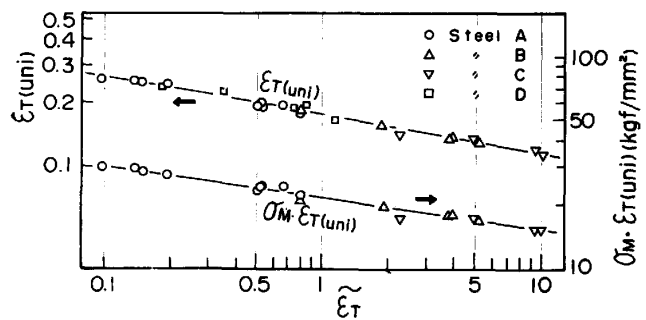


Fig. 2. Relation among $\epsilon_{T(uni)}$, $\sigma_M \cdot \epsilon_{T(uni)}$, and $\tilde{\epsilon}_T$.