

混合組織を有する高張力鋼板の加工硬化
(水焼入連続焼鈍法による高張力冷延鋼板の開発—第8報—)

日本鋼管(株) 技術研究所

○荒木健治 高田芳一 工博 中岡一秀

1. 緒言

最近、高張力冷延鋼板の新しい製造方法として、連続焼鈍を用いることが脚光をあびている。製造方法の細部は提案者により異なるが、得られた製品の組織は基本的には共通している。共通の組織とは、フェライト相とマルテンサイト等硬質相の混合組織であるということである。しかし、このような混合組織鋼の加工硬化挙動を定量的に説明できる理論はまだ確立されていない。そこで、まず、連続体モデルを用いて、各相の $\sigma - \epsilon$ 曲線より混合鋼の $\sigma - \epsilon$ 曲線を記述する理論式を組立て、ついで、この理論式の妥当性を、著者らが過去に発表した実験結果との比較を通して評価する。

2. 理論

理論式を組立てるに当たって行なった仮定は次のとおりである。

(1) 変形はエネルギー保存則を満たしながら進行する。すなわち、変形が ϵ_p から $\epsilon_p + d\epsilon_p$ へと進む間、試料内に蓄えられるエネルギー (dU) は、外力 (σ_A) のなす仕事 ($\sigma_A d\epsilon_p$) から外部に放出される熱量 (dQ) を引いたものである。 $dU = \sigma_A d\epsilon_p - dQ$

(2) 第1相が ϵ_{1P} 、第2相が ϵ_{2P} の単軸変形をした場合、この歪量の差 ($\epsilon_{1P} - \epsilon_{2P}$) にもとづく蓄積エネルギーは、一般的には①式で与えられる。(MORI et al Acta. Met. 21 571) ν : ポアソン比 Y : ヤング率 f : 第2相の体積率、しかし、 $\epsilon_{1P} - \epsilon_{2P}$ が小さいとき以外では内部応力の緩和

$$U_{int} = \frac{7-5\nu}{20(1-\nu^2)} Yf(1-f)(\epsilon_{1P} - \epsilon_{2P})^2 \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

が生ずるので、 U_{int} は①式のようにはならない。すなわち、 $\epsilon_{1P} - \epsilon_{2P}$ をeffectiveな $\epsilon_{1P} - \epsilon_{2P}$ におきかえる必要がある。ここでは、 $\epsilon_{1P} - \epsilon_{2P} = 0.004$ とした。

(3) 各相の $\sigma - \epsilon$ 曲線を n 乗式で近似する。 $\sigma_1 = k_1 \epsilon_{1P}^{n_1}$ $\sigma_2 = k_2 \epsilon_{2P}^{n_2}$

以上の仮定のもとに組立てられた混合鋼の $\sigma_A - \epsilon_p$ 曲線を与える式は次のとおりである。

$$\epsilon_p = (1-f)\epsilon_{1P} + f\epsilon_{2P} = (1-f) \left\{ (\sigma_A - 100f)/k_1 \right\}^{1/n_1} + f \left\{ (\sigma_A + 100(1-f))/k_2 \right\}^{1/n_2} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

工業的には、材料の強度、加工性は、引張強さ (TS)、伸び ($E\ell$)、 $TS \times E\ell$ 値で評価されるが、それらは次式で近似できる。 σ_{A-MAX} : 一様伸び限界での真応力 N : 一様伸び限界での n 値。

$$TS = \frac{\sigma_{A-MAX}}{e^N} \text{ (Kg/mm}^2\text{)} \quad E\ell = 100(e^{2N} - 1) (\%) \quad TS \times E\ell = 100 \sigma_{A-MAX} \times (e^N - e^{-N})$$

3. 結論

(1) ②式は種々の実験結果を良く説明する。例えば右図にSi, P等添加元素を含まないフェライト-マルテンサイト混合組織鋼の $\sigma - \epsilon$ 曲線を示すが、理論曲線と実験曲線の一致は極めてよい。

(2) 混合組織鋼の加工性には、第1相および第2相の加工性の両方 (k_1, n_1, k_2, n_2) が影響をおよぼすが、工業的観点からは第1相の影響の方が大きい。

御討論いただいた東工大 森教授に感謝いたします。

