

(687) 低炭素鋼の時効過程における Mn-C dipole の分解

東京大学 工学部 阿部秀夫・鈴木竹四  
東京大学 大学院 ○岡田進

1. 結言 Fe-M-I 合金 (M: 置換型溶質元素, I: 侵入型溶質元素) の高温強度に対する M-I dipoles または M-I clusters の寄与の可能性が Hopkin (1), Baird, Jamieson (2), Cuddy et al (3) 等により論じられてきたが, 著者らは実用低炭素鋼における炭化物析出過程における電気抵抗率とその Matchlessen 則からのずれ (DMR) の観測から, Mn-C dipoles の存在の可能性を推論した。

2. 試料および実験方法 試料は Table 1 に示した Mn 濃度の異なる 4 鋼種である。700°C 20min 溶体化 0°C 焼入れ後, 35°C, 50°C, 75°C, 100°C および 250°C で等温時効を行ない, 液体窒素温度および 0°C における電気抵抗率  $\rho_{295}$  および  $\rho_{0c}$  の変化を観測した。固溶 C および固溶 Mn の  $\rho_{N_2}$  への寄与をそれぞれ 29.5 および 1.94  $\mu\Omega\text{cm}/\text{wt}\%$ ,  $\Delta\rho = \rho_{0c} - \rho_{N_2}$  への寄与をそれぞれ 2.84 および 2.31  $\mu\Omega\text{cm}/\text{wt}\%$  とし, Mn-C dipole の  $\rho_{N_2}$ ,  $\Delta\rho$  への寄与は非常に小さいと仮定して, 等温時効前後の差,  $\Delta\rho_{N_2}$ ,  $\Delta(\Delta\rho)$  から

$$\begin{pmatrix} -\Delta\rho_{N_2} \\ \Delta(\Delta\rho) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 29.5 & 1.94 \\ 2.84 & 2.31 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\Delta[C] \\ \Delta[Mn] \end{pmatrix}$$

により, 炭化物析出に伴うフェライト相内の固溶 C 減少量  $-\Delta[C]$  (wt%), 固溶 Mn 増加量  $\Delta[Mn]$  (wt%) を求めた。

3. 結果 250°C - 50h (セクタイト析出), 100°C - 25h (E 炭化物析出) 各時効後の  $-\Delta[C]$ ,  $\Delta[Mn]$  を Table 2 に,  $\Delta\rho$  の変化を Fig. 1 に示す。

$$\frac{[Mn-C]}{[C][Mn]} = \exp(E_{Mn-C}/kT) \quad \text{において}$$

Mn-C dipole の結合エネルギー  $E_{Mn-C}$  を 0.4 eV とみなしたときの [C], [Mn-C dipole] と, フェライト中 Mn 量  $Mn^\alpha (= Mn(\text{wt}\%) - \frac{55}{32}S(\text{wt}\%), [Mn] = [Mn^\alpha] - [Mn-C])$  の関係グラフを Fig. 2 に示す。Table 2 と Fig. 1 の結果は, Fig. 2 に示す通り, 各炭化物析出過程における凍結 Mn-C dipoles の分解によるものとして説明される。定量的一致を得るためには,  $E_{Mn-C}$  が  $Mn^\alpha$  により変化すると考えなければならぬ。(Fig. 3)

参考文献 (1) L.M.T.Hopkin: J.Iron Steel Inst., 203(1965), 583  
(2) J.D.Baird and A.Jamieson: J.Iron Steel Inst., 210(1972), 847  
(3) L.J.Cuddy, H.E.Knechtel and W.C.Leslie: Metall.Trans., 5(1974), 1999

Table 1 Chemical composition (wt.%)

STEEL	C	Si	Mn	P	S	AL	N
K1	0.052	0.009	0.11	0.005	0.004	0.031	0.0082
K2	0.041	0.018	0.40	0.007	0.003	0.034	0.0094
K3	0.051	0.024	0.80	0.005	0.003	0.033	0.010
K4	0.052	0.009	1.21	0.005	0.004	0.032	0.0090

Table 2 Changes in [C] and [Mn] (wt.%)

AGEING	250°Cx50H				100°Cx25H			
	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
$-\Delta[C]$	0.013	0.011	0.012	0.0097	0.011	0.011	0.0096	0.011
$\Delta[Mn]$	0.011	0.028	0.053	0.053	0.0093	0.030	0.045	0.058

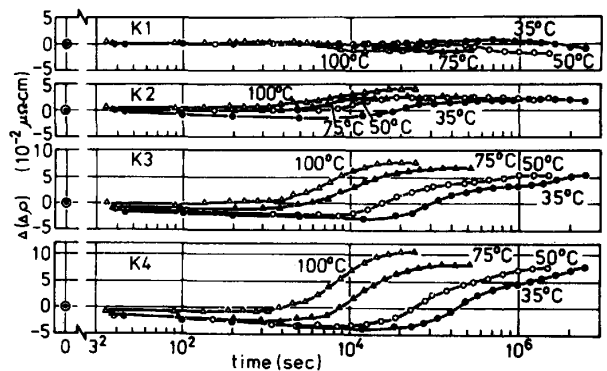


Fig.1 Variations in  $\Delta(\Delta\rho)$  during ageing

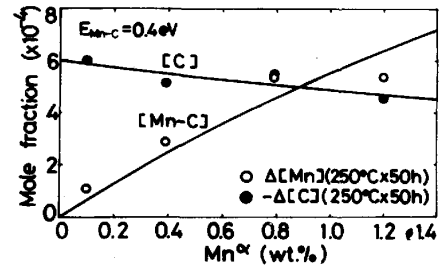


Fig.2 [C] and [Mn] vs.  $Mn^\alpha$  curves at 700°C

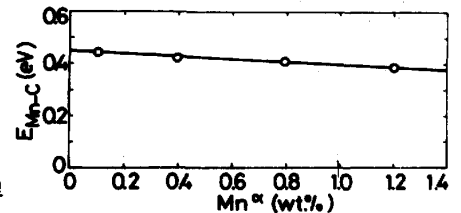


Fig.3 Variations in  $E_{Mn-C}$  with the content of manganese