

(112) フェライトにおけるTi固溶限と析出Fe₂Ti粒子の粗大化過程について

京都大学工学部 ○時実正治, 岡田康彦, 田村今男

合金の瞬効析出における過瞬効段階で, 析出粒子が拡散律速によって成長する場合, 粗大化開始時ならびに瞬効時間tにおける析出粒子の平均半径をそれぞれ \bar{r}_0 , \bar{r} とすると, 次の関係が成立する。

$$\bar{r}^3 - \bar{r}_0^3 = kt \quad (1)$$

Ardell¹⁾ はこの関係と Gibbs-Thomson 式より次式を導いた。

$$C - C_e = (kt)^{1/3}, \quad kt = D(RT)^2 / 9\gamma^2 C_e^2 V_m \quad (2)$$

ここでDは母相中における溶質の拡散定数, γ は析出粒子と母相間の界面エネルギー, V_m は析出相のモル容積, Cおよび C_e はそれぞれ, 時間tならびに $t \rightarrow \infty$ における母相中の平均溶質濃度である。

瞬効過程における各瞬間での溶質濃度を求めることは, 一般にはきわめて困難であるが, 変態率 γ を用いれば(2)式から次の形の速度式を導びくことができる。

$$1 - \gamma = (Kt)^{-1/3}, \quad K = D(RT)^2 / 9\gamma^2 V_m C_e^2 (C_0 - C_e)^3 \quad (3)$$

ここで C_0 は焼入れ時(瞬効開始時)における溶質濃度である。上式におけるKは一定温度では定数と考へ得るが, 温度によって異なる濃度の項 C_e を含む。したがって(3)式にもとづく析出粒子粗大化過程の活性化エネルギーを求めるには, 各温度での C_e の値が必要である。

本研究においては表Iに示すごとき組成のFe-Ti, Fe-Ni-Ti合金の瞬効の粗大化過程におけるFe₂Tiの析出割合を, Mössbauer スペクトル中のFe₂Tiに相当するピークの面積率Sから求め, これらの結果と, 同じ試料についての電気抵抗減少率 $\Delta R/R$ の測定結果とから得た図1に示す関係を用い, $t \rightarrow \infty$ における $\Delta R/R$ に対応するFe₂Tiの析出割合を求め, これよりさらに C_e の値と可算した。

Fe-Ti合金における C_e の値は, Abrahamson II²⁾らが格子定数測定により α -Fe中のTi固溶限として与えた値と比較すると, 図2に示すごとく多少小さいが, C_e が $t \rightarrow \infty$ における固溶限に相当するとすれば, 傾向的には正しい。また $R \ln C_e$ を $1/T$ に対してプロットし, 温度勾配として6,700 cal/molを得た。この値はHenry基準の原子分率=1を標準に取った場合の, α -鉄固溶体中におけるFe₂Tiの生成エンタルピーに相当し, 一応妥当なオーダーと考えられる。

Fe-Ti合金の635°, 650°, 665°Cの各温度での瞬効過程における $\Delta R/R$ の測定値から $(1-\gamma)$ を求め, これらを $t^{1/3}$ に対してプロットすると図3のごとくで, 過瞬効段階では直線関係を示し, (3)式の関係に従う。また各温度での, これらの直線の勾配Kと, 上述の C_e の値を用いて求めた $\ln K C_e^2 (C_0 - C_e)^3$ の $1/T$ に対するプロットは直線関係を示し, その勾配から得た64,000 cal/molは α -Fe中のTiの拡散の活性化エネルギーに近い。Fe-Ni-Ti合金についても同様の検討を行なった。

1) A. J. Ardell: Acta Meta., 15 (1967), P. 1772

2) E. P. Abrahamson II et al.: T. M. S. AIME 236 (1966), P. 76

表I. 試料の化学組成(Wt.%)

試料	Ti	Ni	Fe
Fe-Ti	7.30 (8.41)	—	Bal
Fe-Ni-Ti	7.09 (8.19)	6.06 (5.71)	Bal

()内に示したのはat(%)

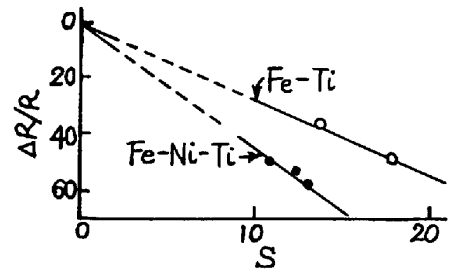


図1. 面積率Sと $\Delta R/R$ の関係

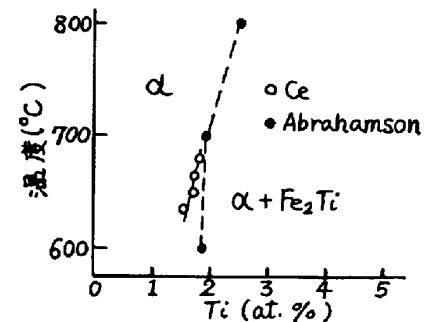


図2. 各温度における C_e の値

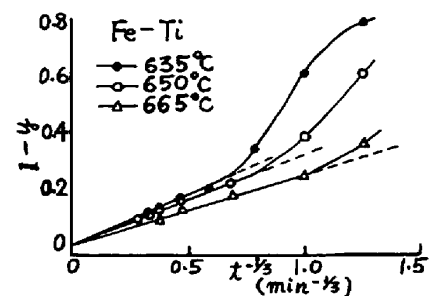


図3. $(1-\gamma)$ と $t^{1/3}$ の関係