

(535) Fe-C-X合金の初析フェライトの成長における合金元素の分配

金沢技研 榎本正人

[緒言] Fe-C-X合金の初析フェライト反応に伴う合金元素(X)の分配の割合は、変態温度の低下と共に小さくなり、ある温度以下ではXの濃度が母相のオーステナイトのそれと同じパラフェライトが生成するようになる。前回(第107回大会)はMn合金について、STEM, SEM-EDXによりアロトリオモルフ周囲のMnの濃度分布などを測定し、オーステナイトからパラフェライトへの遷移に、粒界を經由したXの拡散(Rejector/Collector Plate Mechanism, Fig. 1)を考慮する必要があることを指摘した。本報告ではこの観点からMn, NiおよびCr合金でフェライトの成長速度、合金元素濃度の解析を試み、局所平衡理論との比較を行う。フェライトが成長する2つの界面の平衡条件を明らかにすることは、変態のkineticsの解析および予測に重要な意味を有する。

[方法] 局所平衡理論では成長の途中、異相界面の前後で各成分元素の化学ポテンシャルが等しく保たれる。このような条件下での成長の rate constant, α , と溶質原子濃度, X_i , は,

$$\frac{\Omega_c}{\sqrt{\pi}} = \frac{\alpha}{2\sqrt{D_c^r}} e^{\frac{\alpha^2}{4D_c^r}} \operatorname{erfc}\left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D_c^r}}\right) - \frac{D_{c2}^r \Omega_2}{D_c^r \Omega_2 (1 - R^r/D_c^r)}$$

$$\frac{\Omega_2}{\sqrt{\pi}} = \frac{\alpha}{2\sqrt{D_c^r}} e^{\frac{\alpha^2}{4D_c^r}} \operatorname{erfc}\left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D_c^r}}\right) \quad (\text{Coates})$$

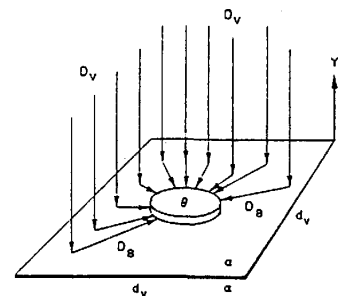


Fig.1 Schematic illustration of "collector plate" mechanism by Aaron and Aaronson.

を解いて求められる。 $(\Omega_c = (X_c^r - X_c^\infty)/(X_c^r - X_c^\infty))$, $\Omega_2 = (X_2^r - X_2^\infty)/(X_2^r - X_2^\infty)$, 添字 c, 2 は炭素と X, α, γ および ∞ は界面前後および合金のバルク濃度, D_c^r, D_c^∞ および D_{c2}^r は X と C の拡散係数, $\operatorname{erfc}(v)$ は誤差関数)。一方、粒界拡散による X の輸送率は従来拡散場の重なりが大きくなり、定常状態に達した場合が取り扱われなかったが、フェライトは数密度が小さいので、拡散場の重なりが起こらないとした time-dependent な拡散方程式を解き,

$$\frac{1 - \Omega_2}{\Omega_2} = \frac{\sqrt{D_c^r} 4D_c^b}{\sqrt{\pi} \alpha \beta^2} I\left(\frac{\beta^2}{4D_c^b}\right) \quad I(\eta) = \int_\eta^\infty E_i(-v) dv / E_i(-\eta)$$

によって Ω_2 を計算した。(Ei(η))

[結果] 局所平衡では α が実験よりかなり小さく、また X の spike の幅が原子間隔より小さいという問題点がある (Fig. 2)。パラ平衡の α との差を吟味するには Solute drag-like mechanism による遷延効果の下を必要がある。一方、分配の遷移は Ni, Cr 合金を含め、粒界を經由した X の拡散によることかなりよく

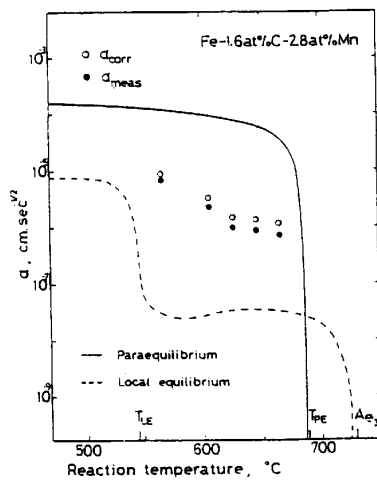


Fig.2 Parabolic rate constant as functions of reaction temperature. T_{PE} and T_{LE} are, respectively, the paraequilibrium $\gamma/(\alpha + \gamma)$ boundary and the local equilibrium no-partition boundary temperatures.

説明できる。(Fig. 3)

は積分指数関数, $\beta \sim 3\alpha$ は lengthening の rate constant, D_c^b は粒界拡散係数)

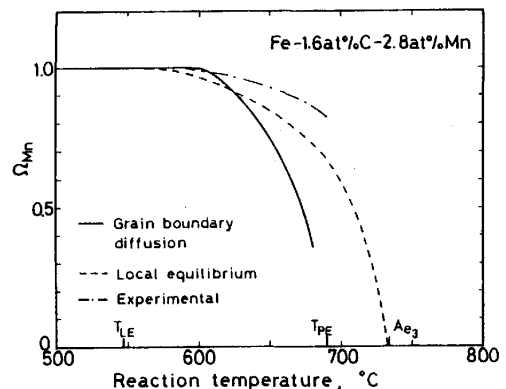


Fig.3 Supersaturation of Mn as functions of temperature. "Experimental" is the maximum possible value calculated from the X_{Mn}^c / X_{Mn}^∞ data by Aaronson and Domian.