

(578) Fe-CおよびFe-C-X合金における初析フェライトのオーステナイト粒界への核生成速度—粒界面と粒界稜の比較—

金属材料研究所 榎本正人 IBM Walter F. Lange III
Carnegie Mellon University Hubert I. Aaronson

1. 緒言 Spherical Cap型の臨界核モデルを用いたCahnの理論により予測されたように、鋼における $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態はほとんどの場合 γ 粒界で核生成し、しかも、いわゆる粒界三重点で変態が優先的に起こることが多くの人達に経験的に知られている。本報ではLangeとAaronsonにより改良された粒界核生成率の測定方法を用い、粒界面(face)と稜(edge)における核生成率をはじめ個別に測定し、定量的な解析を試みた。 α/γ 界面エネルギーは大きな異方性を有することが理論、実験両面から確認されているが、これをとり入れたpillbox型の核モデルを用いて解析を行い、面と稜におけるkineticsの比較、合金元素の効果も考察する。

2. 方法 高純度Fe-C(0.6, 1.5, 3.0% C)およびFe-0.5% C-3% X(X=Mn, Ni, Co, Si)合金から採取した試験片(6×6×0.2 mm³)を1300°Cで30分間 γ 化した後、鉛浴で種々の温度で等温保持した。Schwartz-Saltykov法により、研磨面での粒子サイズ分布から、試料内部でのサイズ分布、全粒子数を計算した。

3. 結果 粒子数を変態時間に対してplot(図1, 2), その傾きから J_s^* (Steady State Nucleation Rate)を求めた。古典理論によりpillbox nucleusに対し粒界面上の核生成率の時間依存性は、

$$J_s^* = N \frac{2DX_r V_0 \epsilon^{1/2}}{a^4 (3kT)^{1/2}} \exp\left(-\frac{4\pi(\sigma_{\alpha\gamma}^e)^2 \epsilon}{\phi^2 kT}\right) \quad (\text{Lange \& Aaronson})$$

$$\text{稜上では, } J_s^* = N \frac{2DX_r V_0 (\sigma_{\alpha\gamma}^e)^{1/2}}{a^4 (\pi kT/2\sqrt{3})^{1/2}} \exp\left(-\frac{8\epsilon^2 \sigma_{\alpha\gamma}^e}{\sqrt{3}\phi^2 kT}\right)$$

と書ける。(N=核生成サイトの密度, a=格子定数, $\sigma_{\alpha\gamma}^e = \alpha/\gamma$ 界面エネルギー, $\epsilon =$ 生成した界面と消滅した粒界のエネルギー差, $\phi =$ 弾性歪エネルギーも含めた自由エネルギー変化) 単位体積あたりの核生成率と,

$$M(\text{face or edge}) = J_s^*(\text{face or edge}) \cdot R \quad (\text{Cahn})$$

により計算し、両サイトにおけるkineticsを比較した(図3)。R=単位体積あたりの粒界面積、あるいは粒界稜の長さ)

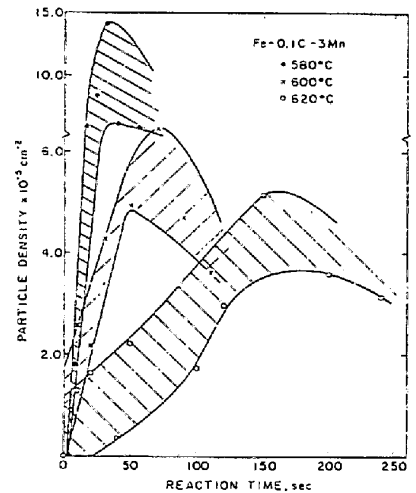


Fig.1 Particle number per unit unreacted grain boundary area vs. reaction time plot for an Fe-0.5 A/oC-3A/oMn alloy.

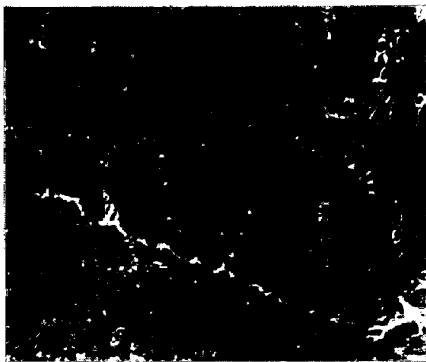


Photo 1 An SEI micrograph of ferrite allotriomorphs formed at austenite grain boundary edges and faces in an Fe-1.8A/o-1A/oCo alloy.

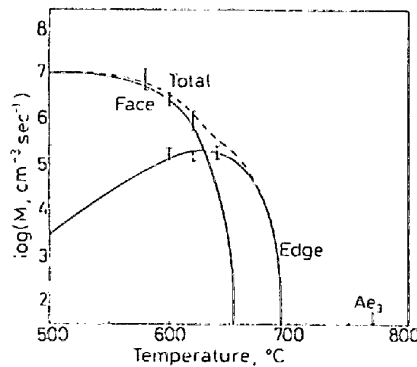


Fig.3 Plots of nucleation rates per unit volume as a function of temperature for the same alloy.

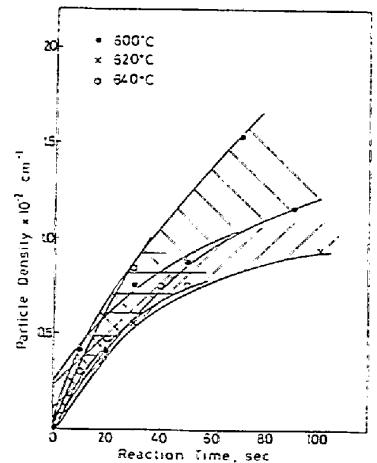


Fig.2 Particle number per unit length of grain edge vs. reaction time plot for the same alloy.