

新日本製鐵(株)

奥村浩彦

君津製鐵所 製鋼部

§1. 緒言 未脱酸鋼の凝固過程における気泡発生については、化学冶金学的取扱いを主として、古くから研究が重ねられ、現象が明らかになりつつある。本報告は、純鉄を高周波炉で溶解し[C]濃度調整とすると同時に、凝固組織解析用にNiを8wt%添加して、一方凝固させた鋼塊(約8kg)を調査し、物理冶金学的考察を行ったものである。

§2. 実験結果・考察

2-1. 気泡核生成 気泡核発生率を調べるために、気泡密度と[C]の関係を図1に示した。[O]濃度の高い領域では核生成が抑制される。これは、気泡核が酸素原子を層状に蔽われ、そこに[O]が拡散するを考えた場合([C]≥0.04%)の核生成率 J_s が $1/[c]^2$ に比例することが計算が示す(1)が、 $J_s \propto d \propto 1/[c]^n$ と一般的に整理した時、極低[C]領域では、 $n < 2$ となり、[O]原子の活性化が反応律速となつてゐることを示唆している。一方、旧々の界面を局所的に平衡と仮定して、核生成の自由エネルギーの変化を計算すると、気泡核はテンドライト分枝点凹面部の界面不均一度 $H(\theta)$ の小さいところに生成し(図3)、しかも、有効表面張力 $\sigma_{eff} = \sigma_L \cdot H(\theta) \sim 10 \text{ erg/cm}^2$ と小さくなければならず、気液界面エネルギー σ_L の徹底的検討が必要である。

2-2. 気泡成長 凝固界面に濃化された[C]、[O]が反応して気泡となる。この仮定(co-operationモデル)で計算すると、凝固界面の移動速度に比べて気泡界面の移動速度が極端に速いことが判明した。一方、凝固組織の観察から、気泡生長は次のように推定される。気泡界面での[O]過飽和度によって定まる気孔内の気液界面への[O]の拡散が気泡は成長し、浮力による気泡が凝固界面より離脱後も再び気孔内への[O]拡散が気泡が繰返し生成される。このようなモデルを気液界面での析出過飽和度を計算すると(図4)、[C]=0.04%を最もガス化量が少ないことが明らかである。[C]量と気孔径の関係と整理した実験結果(図2)は、この気泡単独成長モデルをよく説明している。なお、実験した気孔径をもとに気液界面での[O]過飽和度を逆算すると2ppmが得られた。

§3. 結言

- (1) 気泡密度が気泡核生成に比例すると仮定した計算結果は、[C]20.04%領域で実験結果とよく合致した。極低[C]領域では[O]の活性化が反応律速と考えれば実験値を説明することが出来る。
- (2) 気泡成長は、気液界面での反応であり、凝固の影響はない。気泡成長に必要な気液界面での過飽和度は極めて小さく、容易に反応が進行する。

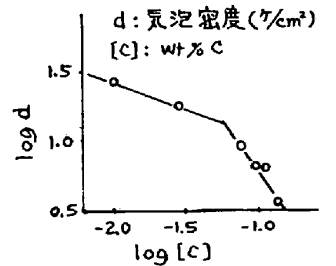


図1 [C]濃度と気泡密度

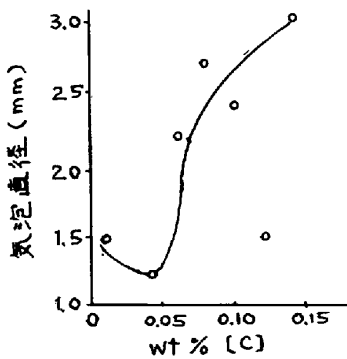


図2 気泡直径と[C]濃度

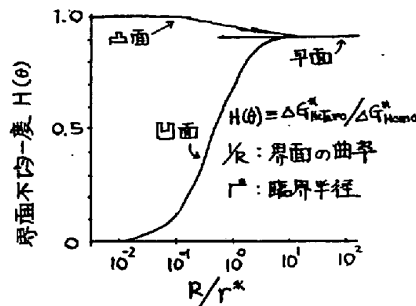


図3 界面形状と不均一度の関係

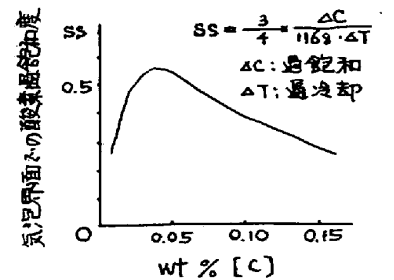


図4 気泡界面への酸素過飽和度