

名古屋大学工学部 ○樽谷芳男 野村宏之 森 一美

1. 緒言 鉄凝固時に生成するマクロ偏析は鋼の物理的、機械的性質に直接影響を与える重要な現象であり、従来より多くの研究が行われてきた。しかしながら実際の凝固においては溶の自然又は強制対流、凝固収縮などによる液流動が同時に生じており、偏析生成機構の解明は困難であり、未解決の問題が多く残されている。著者は今回凝固収縮による濃化溶鋼の移動のみにより生ずる、単純化された場合のマクロ偏析生成実験を行い、生成した負偏析について理論的に考察したので報告する。

2. 実験方法 高周波電気炉を用い、図1に示すような断面積が不連続的に変化するるっぽ中でFe-C-P合金を溶解、一方向凝固させる。その際モリブデン管を用いて溶の攪拌を抑制した。凝固は高周波コイルを上昇させて行うが、コイル上昇速度は3通り変化させて実験した。なお実験中雰囲気はArである。実験後の凝固試料を化学分析し、溶質濃度分布を求めた。

3. 実験結果および考察 図2および図3に、C濃度とコイル上昇速度を変えた場合の凝固鉄中P濃度分布の代表例を示す。図は凝固方向に平行な面での溶質濃度分布を表わし、断面積が急激に減少するくびれ部でピークを有する特徴的な負偏析パターンが示されている。なお負偏析パターンに及ぼすC濃度およびコイル上昇速度の影響は小さいことがわかった。図1に示すように、るっぽくびれ部の上下に固液共存相中Lの長さを有する領域IとIIにおいては、凝固収縮による液流動速度は定常凝固の場合より大きくなり、これが凝固後の鉄にマクロ偏析をもたらすと考えられる。凝固界面の固液共存相内の微小要素についての溶質量バランスからつぎの基礎式が誘導される。

i) 平衡凝固の場合(C)

$$\partial f_L / \partial C_L = -[k + \{1 - \beta - k + (1 - \beta) V \cdot \nabla T / \varepsilon\} f_L] / (1 - k) C_L \quad (1)$$

ii) 非平衡凝固の場合(P)¹⁾

$$\partial f_L / \partial C_L = -(1 + V \cdot \nabla T / \varepsilon)(1 - \beta / (1 - k)) f_L / C_L \quad (2)$$

領域I、IIにおける濃化液流動速度Vを凝固速度、液相率および断面積比(A_B/A_N)の関数で表わし、上式に入れば凝固後の溶質濃度分布を計算できる。なおFe-C-P系ではC濃度によって凝固中に包晶反応が生ずるが、解析ではこれを考慮した。図2および図3にPについての計算結果を示した。計算値は実験値とほぼ一致し、生成した負偏析が上記の機構によりよく説明できることがわかった。

[記号] f_L : 液相率, k : 平衡分配係数, ε : 冷却速度, ∇T : 温度勾配, V : 液流動速度, C_L : 溶質濃度

1) M.C. Flemings and G.E. Nereo: Trans. Met. Soc. AIME, 239(1967), 1449

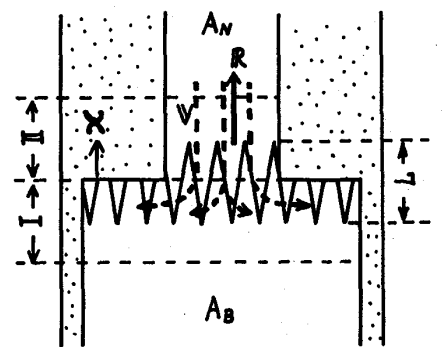


図1. 断面積が不連続的に変化する場における凝固収縮流

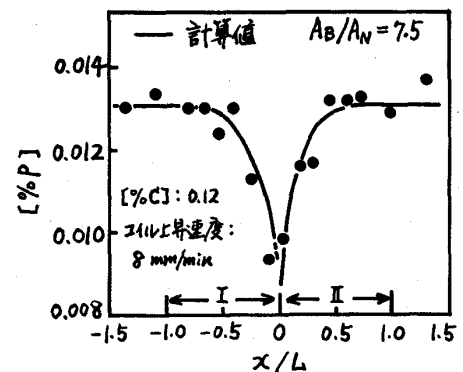


図2. 凝固鉄中のP濃度分布

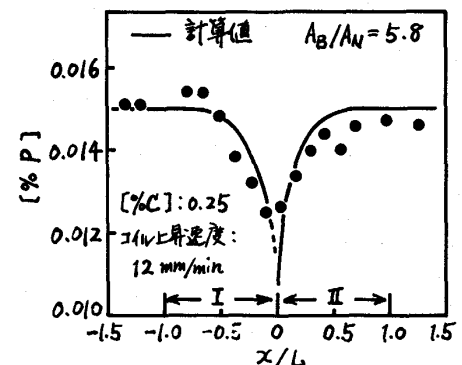


図3. 凝固鉄中のP濃度分布