

大阪大学工学部  
溶接工学研究所  
工学部

仙田富男  
松田福久  
○印藤公夫

1 はじめに

溶接金属の凝固時におけるミクロ偏析は凝固割れなどと極めて関係が深い。このためすでに実用材料のミクロ偏析などについて数多くの測定や研究がなされてきている。しかしこれらのは多くは多元系材料についてであり、溶質間の相互作用を含んだ状態での偏析の検討である。このためミクロ偏析についての基本的な考察を加えることができず、単に実験結果の羅列に終わっていることが多い。そこで本報告では、ミクロ偏析の基礎的検討を行うために、まず多元系合金の溶質間相互作用を除いたFe-2元系合金についてのミクロ偏析の検討を行い、そしてこれらと多元系材料の溶接金属のミクロ偏析との関連を検討しようとしたものである。

2 実験方法

まず平衡分配係数  $k_0$  の異なる鉄-2元系合金の丸棒(10φ)を保護筒でかこみ長さ方向にTIGアークで一方向凝固させ、一方向成長した枝状晶の組織を成長方向に垂直な面を以て切断し、EPM

表1 供試材料の主成分

TIGアーク 溶解	丸棒 10mmφ	Fe-0.62P	Fe-3.33Ni	Fe-3.19Mo	Fe-6.47Cr
TIGアーク 溶接	板厚2mm	Fe-1.93Ni	Fe-11.40Ni	Fe-5.28Ni-0.07S および実用合金	

Aで分析して  $k_0$  と偏析の関係を求めた。さらにFe-Ni系の板厚2mmの板に溶接速度を変化させてビードオンプレート溶接を行い、その結晶粒の成長速度とミクロ偏析の関係を求めた。さらにSを含むFe-Ni系材料に對してもSのみに對する偏析におよぼす影響を検討し、多元系材料のミクロ偏析に對する基礎指針を求めた。表1に供試材料の主成分を示す。

3 実験結果

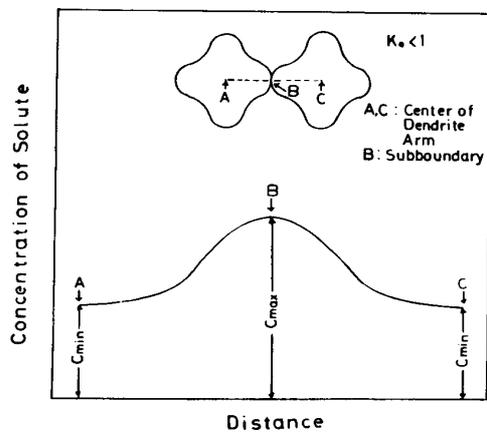


図1 凝固組織と溶質濃度分布の模式図

一般に、 $k_0 < 1$  の合金系では、凝固初期のサブ結晶粒の中心部に平均濃度と比べて溶質濃度の低い固相が、そして凝固末期のサブ粒界には溶質濃度の高い固相が形成される。筆者らはこのため偏析の程度を表すのに図1に示すように、サブ粒界の溶質濃度 ( $C_{max}$ ) とサブ結晶粒中心の溶質濃度 ( $C_{min}$ ) の比  $I = (C_{max} / C_{min})$  をもって偏析度  $I$  と定義した。なお、サブ結晶粒界によく形成される化合物等による異常な偏析はここでは一応除外した。

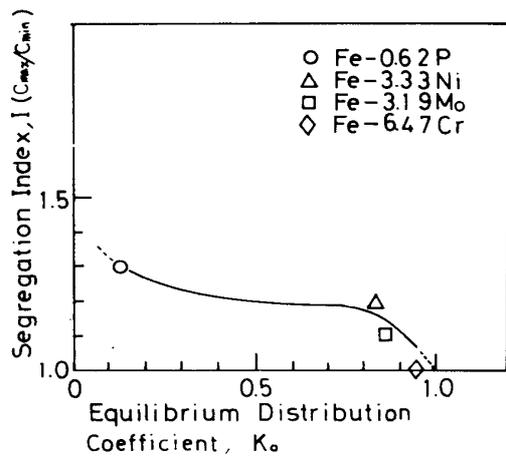
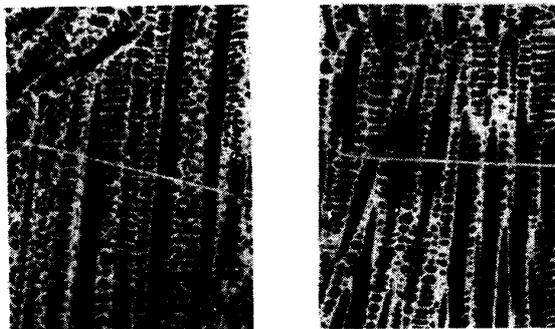


図2 平衡分配係数と偏析度の関係



(a) Fe-11.40Ni  $v = 60 \text{ mm/min}$   
 (b)  $v = 600 \text{ mm/min}$   
 図3 凝固組織の一例

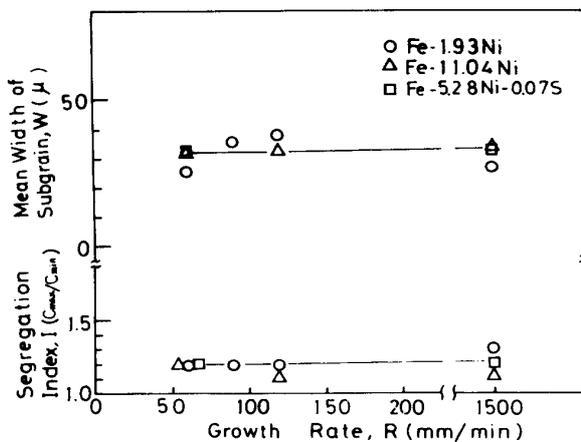


図4 成長速度と偏析度、およびデンドライト1次枝幅の関係

(i) 平衡分配係数と偏析度

一般に偏析度を支配する固液界面前方の溶質量は凝固中に界面から液相中に供給する能力、すなわち  $k_0$  に依存することが考えられる。図2は偏析度  $I$  と  $k_0$  の関係を示したものである。 $k_0$  の値は P:0.13, Ni:0.83, Mo:0.86, Cr:0.95 である。 $k_0$  の大なるほど偏析度  $I$  は次第に減少してゆくことがわかる。

(ii) 成長速度と偏析度

図3は Fe-11.40Ni の試料における (a) 溶接速度  $v =$  成長速度  $R = 60 \text{ mm/min}$ , (b)  $v = 600 \text{ mm/min}$  での  $R = 1500 \text{ mm/min}$  の凝固組織を示す。(a) のビード中央での凝固組織は溶接方向とほぼ平行に成長しており、(b) はビード中央(図上部)で両側から成長してきた組織がぶつかったものである。また同図には EPM の電子ビームのトレースが同時に見られる。このようにして得られた分析の結果を図4に示す。すなわち同図下部は溶接金属の成長速度  $R$  と偏析度  $I$  の関係を示す。同図上部には凝固組織のデンドライト1次枝間隔の平均幅を示している。枝間隔は  $R$  にかかわらずほぼ同一であった。したがって図4の下部は成長速度の効果を中心としてみていることになる。同図の結果より偏析度は成長速度の変化に対しほとんど変化がないことがわかる。これは2次枝間では拡散による混合が十分に行われているため成長速度の効果は顕著に表われなかったものと考えられる。また次に  $k_0$  の小さい (0.02) S のような第3元素を含んだ材料について Ni の偏析を検討してみた。その結果では図4からわかるように Fe-Ni 系2元合金と凝固組織および偏析度もほとんど同様であった。このことから第3元素 S による Ni の偏析への影響は比較的少ないことがわかった。さらに実用鋼材についても検討を行った。