

九州工業大学
九州工業大学大学院
九州工業大学

迎 静雄 加藤 光昭
○松本 陽二
平山 秀延

1. 緒言 合金を鋳造すると、凝固時に界面における固液両相の溶質濃度に差違が生じる結果、凝固金属中には一般に偏析が認められる。この偏析は金属の強さ、加工性あるいは熱処理性に影響を及ぼすといわれている。ところで、溶融溶接を行なった溶接金属の凝固機構に関しては最近種々検討がなされてきているが、溶接金属中の偏析についてはまだあまり検討が行われていないようである。そこで、本報告においては1050-工業用純アルミニウムの薄板(1mm)にTIGアークを用いてビード溶接(DCRP)を行ない、溶接金属中の偏析(とくにミクロ偏析)について検討した結果を述べる。溶接金属の種々の位置におけるミクロ偏析の程度はX線マイクロアナライザーを用いて定量的に測定し、さらに電子顕微鏡を用いて溶接金属中の偏析の状態および転位の配列の様相について観察を行なった。

2. 実験結果とその考察 1050-工業用純アルミニウム(Fe: 0.3, Cu: 0.01, Si: 0.10, Al: Bal. (wt%))を低速度でビード溶接を行なうと、溶融境界部付近においては一般にセル組織が認められる。250 mm/minの溶接速度で溶接をした際に認められたセル組織の領域を、X線マイクロアナライザーにより線分析した結果をFig. 1に示す。1050-工業用純アルミニウム中には溶質としてFe, CuおよびSiが含まれているので、これらの元素について線分析を行った。Fig. 1から明らかなように、Feはセル境界(C・B)にかなり偏析しているが、CuおよびSiの偏析は認められなかった。この現象は次のように説明できる。Fe-, Cu-およびSi-Al基元合金の平衡分配係数はいずれも1より小さい。 $k_0 < 1$ の合金においては固液界面における溶質の濃縮の結果、組成的過冷が生じセル組織が形成されるが、成長しつつあるセルの突起先端から逃げる溶質が横方向に拡散する結果、セル境界には溶質が偏析する。W.A. Tillerによると、組成的過冷の起る条件式は

$$G/R < m(1-k_0)C_0/k_0D$$

で与えられる。ここで、 G : 液相中の温度勾配、 R : 凝固速度、 m : 液相線の傾き、 C_0 : 溶質濃度、そして D : 液相中の溶質の拡散係数である。したがって、 $m(1-k_0)C_0/k_0D$ の値の大きい溶質ほど組成的過冷を起しやすく、その結果、セル境界における偏析量も増大する。1050-工業用純アルミニウム中にはFe, CuおよびSiが溶質として存在するが、いま溶質間の相互作用を無視してFe,

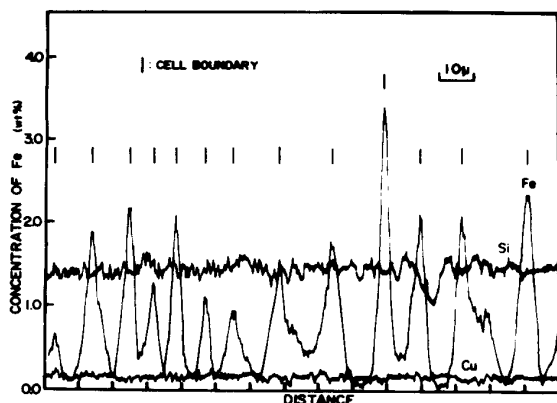


Fig. 1 溶接ビードのセル部におけるFe, CuおよびSiの分布状態

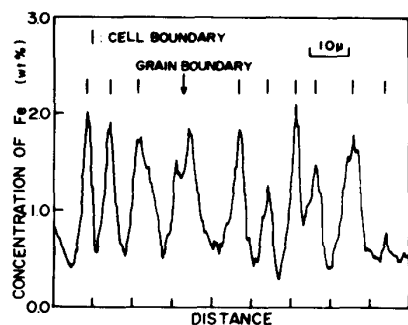


Fig. 2 セル境界と柱状晶の粒界における Fe の偏析

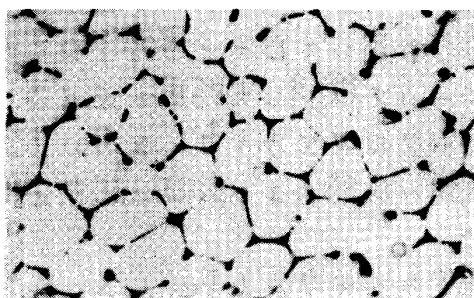


Photo. 1 セル組織 (x500)

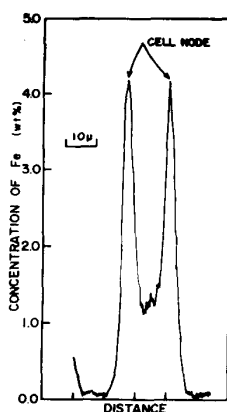


Fig. 3 セルノードとセル境界における Fe の分布状態

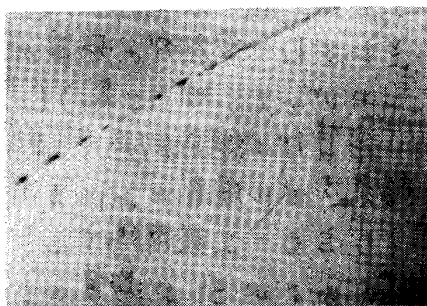


Photo. 2 電子顕微鏡写真 (x6500)

Cu および Si に対する $m(1-k_0)C_0/k_0D$ の値を計算すると、それぞれ 21.5, 0.03 および 0.6 となる。すなわち、Fe の値が他の溶質元素に比べて著しく大きく、この結果、Fig. 1 に示したようにセル境界に Fe が偏析するのである。Fig. 2 にセル境界と柱状晶の粒界における Fe の偏析の状態を示す。この場合、溶接方向に線分析を行なった。Fig. 2 から明らかなように、セル境界と柱状晶の粒界においては Fe の偏析量の差はほとんど認められなかった。1050-工業用純アルミニウムのセル組織の断面は Photo. 1 に示すように、五角形あるいは六角形状となっている。Fig. 3 は六角形状としたセルのセルノードからセル境界を通過してセルノードまでの Fe の分布状態を線分析した結果である。Fig. 3 から明らかなように、セルノードにおいては一般のセル境界における偏析よりも著しい偏析が認められた。また、セルノードに近づくに従って次第に Fe の偏析量は増大した。

以上のように、1050-工業用純アルミニウムを溶融溶接したさいに形成されたセル組織の境界には、Fe が偏析することが明らかになった。次に透過電子顕微鏡(加速電圧: 200 kV)を用いて溶接金属中の Fe の偏析状態および転位の配列の様相について検討を行なった。セル組織の領域の代表的な電子顕微鏡写真を Photo. 2 に示す。Photo. 2 において黒く筋状に見えるのは、セル境界に偏析した Fe である。また、セル境界の近傍には転位が多数認められる。セル組織の内部においても部分的に転位は存在していた。

以上述べたセル組織の場合のほか、セルラージンドライトおよび等軸晶の領域について検討した結果についても報告する。