

126 高エネルギー密度溶接したアルミニウム合金5083-Oの材料学的検討

九州工業大学工学部 加藤光昭、西尾一政
○山口富子、野上敏信Metallurgical Study on Aluminum Alloy 5083-O Welded
by High Energy Density Welding
by Mitsuaki Katoh, Kazumasa Nishio, Tomiko Yamaguchi and Toshinobu Nokami

1. 緒言

電子ビーム溶接は、ティグ溶接やミグ溶接に比べエネルギー密度が極めて大きく、高速度で、ビード幅の狭い溶接をすることができる。これはレーザー溶接においても同様である。電子ビーム溶接とレーザー溶接は材料学的に類似した特性を有していると考えられるが、両者を比較した報告はほとんどない。また、電子ビーム溶接したアルミニウム及びアルミニウム合金の凝固組織に関する報告も少ない。

そこで、本研究においては電子ビーム及び炭酸ガスレーザーを用いて溶融溶接をしたアルミニウム合金A5083の溶接部に対して、材料学的観点から検討を行った。更に、溶接金属中に固溶されるMg量をX線回折法を用いて推定すると共に、急速凝固に対する凝固理論を用いた検討を行った。

2. 使用材料及び実験方法

使用した材料は、アルミニウム合金A5083-O(板厚:2mm)である。格子定数と固溶Mg量との関係を求めるために99.99mass%Al及びMg量が異なる5種類のAl-Mg合金を用いた。溶接は、ビードオン溶接を行った。電子ビーム溶接は、溶接速度及び加速電圧を一定にして、ビーム電流を15、17及び19mAと変化させた。レーザー溶接は溶接速度を0.01~0.15m/sの範囲で数水準変化させた。凝固組織の観察に際してはマクロ組織は王水、そしてミクロ組織はケラー氏液を用いて腐食した。透過型電子顕微鏡観察にはイオンミリング及び電解研磨により作成した薄膜を用いた。格子定数測定用試料は、やすりがけにより粉末にした後300℃で1時間の焼なましを行い、加工ひずみを除去して使用した。X線回折強度曲線は、ガイガーフレックス2035(理学電機(社)製)を用い、X線には、CoK α 線を使用した。

3. 実験結果とその考察

溶接金属中央部付近のミクロ組織の観察例として、Fig.1に17mAで電子ビーム溶接した場合を示す。いずれの場合においてもFig.1に観察されるデンドライト状の組織が認められ、その間隔は溶接入熱が増大するとともに、増大する傾向が認められた。各ミクロ組織からデンドライト間隔(DAS)を求め、T.F.Bowerらが報告した¹⁾式より、冷却速度を推定した。その結果、本実験における冷却速度は電子ビーム溶接では約500~800℃/s、レーザー溶接では約300~1500℃/sの範囲となり、ほぼ同程度であった。また、Mgに対するEPMA面分析を行うと、Mgはいずれの試料においてもデンドライトの境界に偏析していた。偏析したMg量は、冷却速度が増大すると共に、増大した。更に、溶接部をTEM観察した後、結晶粒界にほぼ垂直な線上で数箇所、MgのEDX分析を行い、粒界から分析箇所までの距離とMg量との関係を求めた。Fig.2には、

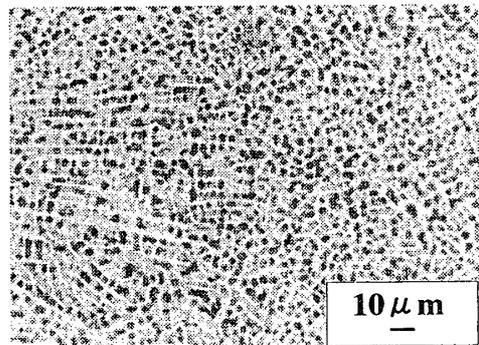


Fig.1 An example of microstructures of weld metals

溶接学会全国大会講演概要 第59集 ('96-10)

17mAで電子ビーム溶接した場合において得られた結果を示す。結晶粒界の位置は $x=0\mu\text{m}$ である。Mg量は結晶粒界で最大値約15mass%を示し、結晶粒界から離れるにつれて、次第に減少している。この傾向は溶接法及び溶接条件にかかわらずほぼ同様であった。本実験の範囲では、透過型電子顕微鏡による観察でも β 相などの晶出物は認められなかったため、約15mass%の高いMg量はAlマトリックス中に固溶されているものと考えられる。

次に、X線回折法を用いて真の格子定数 a と固溶Mg量 C_d の関係式を求め、格子定数から固溶Mg量を推定した。その結果、溶接金属中の固溶Mg量は、母材に比べ電子ビーム溶接の場合で約0.1~0.3mass%、レーザー溶接の場合で約0.3~0.5mass%減少していた。これは、Mgの偏析及び溶接時のMgの蒸発に起因している。ティグやミグ溶接した場合^{2),3)}と比較すると高密度エネルギーによる溶接部の固溶Mg量は多い。また、それぞれの溶接において冷却速度が大きくなると、溶接金属中の固溶Mg量は増大する傾向が認められた。この現象を凝固理論を用いて検討した。急冷凝固時の偏析についてはGiovanolaやKurzによって解析されており⁴⁾、これを用いてデンドライト間の溶質の分布を計算した。初晶溶質濃度は通常凝固より急冷凝固したときの方が高く、溶接速度が増大するとともに初晶溶質濃度は増加し、溶質濃度が比較的均一に分布する領域も増大する。したがって、溶接金属中の固溶Mg量の変化は冷却速度の変化に起因していると考えられる。

4. 結論

電子ビーム溶接とレーザー溶接した溶接金属を比較すると、材料学的特性は多くの共通点を有しているが、これは主に冷却速度に起因したものであると考えられる。

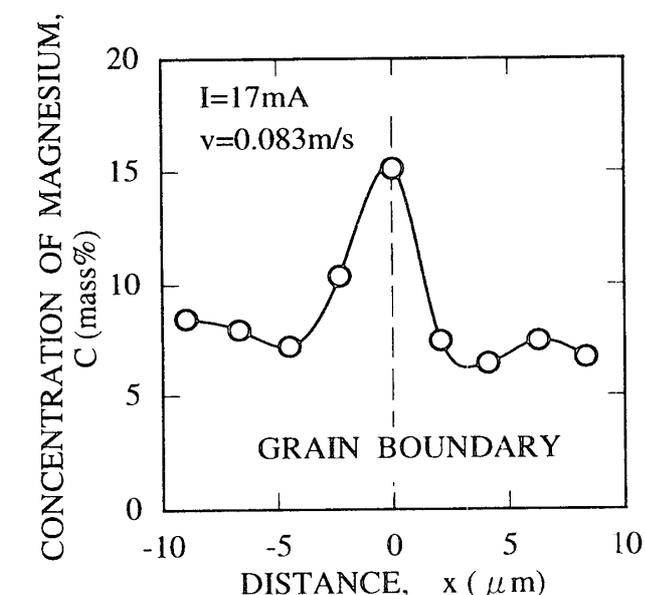


Fig.2 Distribution of Mg near grain boundary by EDX

これは、Mgの偏析及び溶接時のMgの蒸発に起因している。ティグやミグ溶接した場合^{2),3)}と比較すると高密度エネルギーによる溶接部の固溶Mg量は多い。また、それぞれの溶接において冷却速度が大きくなると、溶接金属中の固溶Mg量は増大する傾向が認められた。この現象を凝固理論を用いて検討した。急冷凝固時の偏析についてはGiovanolaやKurzによって解析されており⁴⁾、これを用いてデンドライト間の溶質の分布を計算した。初晶溶質濃度は通常凝固より急冷凝固したときの方が高く、溶接速度が増大するとともに初晶溶質濃度は増加し、溶質濃度が比較的均一に分布する領域も増大する。したがって、溶接金属中の固溶Mg量の変化は冷却速度の変化に起因していると考えられる。

参考文献

- 1) T.F.Bower, H.D.Brody, M.C.Fleming : Measurement of Solute Redistribution in Dendritic Solidification, Transactions of Metallurgical Society of AIME, 236-5 (1966), 624-634
- 2) 迎静雄, 加藤光昭 : Al-Mg合金の溶接金属中に固溶されるMg量の変化, 溶接学会誌, 42-12 (1973), 1170-1179
- 3) 迎静雄, 加藤光昭, 西尾一政, 藤井峰雄 : 大電流ミグ溶接により溶接したA5083/A5183溶接金属の機械的性質, 軽金属溶接, 15-2 (1977), 49-56
- 4) B.Giovanola, W.Kurz : Modeling of Microsegregation under Rapid Solidification Condition, Metallurgical Transactions A, 21A-1 (1990), 260-263