

アルミニウム合金の微細化に及ぼす合金元素の影響
- レーザ多重熱サイクルによる金属組織の微細化 (第二報) -

名古屋大学 工学研究科
名古屋大学 大学院

杏名宗春
○西野広康

Effect of Alloying Elements on Grain Refinement of Aluminum Alloys
- Grain Refinement by Multiple Thermal Cycle with Laser Beam (Report 2) -
by KUTSUNA Muneharu and NISHINO Hiroyasu

1. 緒言

レーザにより金属表面を再溶融させると、その組織が微細化することはよく知られている¹⁾²⁾。本実験では、CO₂レーザを高速ビーム回転装置を用いてアルミニウム合金(A2017、A5052、A5083、A6061、A7075)表面に照射し、液相線と固相線の温度範囲を超える急熱急冷の熱サイクルをあたえ、核生成、結晶成長の高速の繰り返しにより組織の微細化を図った。また、組織及び硬さについてどのような影響が現れるのかを検討した。

2. 実験方法

供試材として板厚 3mm のアルミニウム合金を用いた。供試材の化学組成を Table 1 に示す。試験片表面にはレーザの吸収を増すためグラファイトを塗布した。2.4 kW の CO₂レーザ装置に高速ビーム回転装置を取り付けて試験片表面に照射した。高速にビームを回転することにより、試験片表面に急熱急冷の多重熱サイクルを与え、溶融-凝固を繰り返すことにより微細化を図った。実験条件を Table 2 に示す。レーザ出力 1.5 kW、走行速度 0.1 m/min で一定とし、高速ビーム回転装置の回転数を 0、200、400 rpm と変化させた。なおシールドガスとして Ar を流量 25 l/min で供給し実験を行った。溶融部及び母材に対して顕微鏡組織観察及び硬度測定、DAS 測定、EPMA 線分析を行った。

Table 1 Chemical composition of specimens (mass%)

Materials	Composition (mass%)								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
A2017	0.60	0.25	4.12	0.73	0.57	0.00	0.00	0.03	Bal
A5052	0.07	0.26	0.02	0.00	2.54	0.18	0.00		Bal
A5083	0.15	0.19	0.02	0.70	4.69	0.12	0.01	0.02	Bal
A6061	0.67	0.26	0.28	0.07	1.00	0.16	0.03	0.01	Bal
A7075	0.06	0.13	1.40	0.03	2.52	0.19	5.66	0.02	Bal

Table 2 Experimental conditions

Laser power (kW)	1.5
Travel speed (m/min)	0.1
Rotating rate (rpm)	0~400
Shielding gas	Ar 25(l/min)

3. 実験結果及び考察

A2017 の溶融部横断面写真を Fig.1 に示す。いずれの合金でもこのような溶融部が観察され、母材付近の溶融部ではセル状デンドライトの結晶成長が見られ、表面付近の溶融部では等軸デンドライトの結晶成長が観察された。溶融部の幅は 200 rpm では約 5mm であり、400 rpm では約 4.5mm であった。溶融部の深さは A2017、A5052、A6061 では約 200 μm、A5083、A7075 では約 400 μm であった。A5052 では比較的良好な溶融部が観察されたが、A2017、A6061、A7075 においては微小な割れが観察され、A5083 においては気孔の発生が顕著であった。Fig.2 に DAS 測定の結果を示す。溶融部の組織は母材と比較して著しく微細化されており、

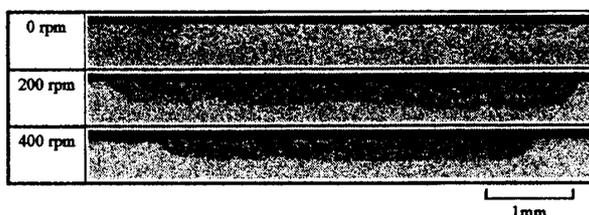


Fig.1 Grain refined zone image of A2017

溶融部の DAS は 0rpm では $3.7\sim 6.0\mu\text{m}$ 、200、400rpm では $1.4\sim 1.9\mu\text{m}$ であったが、回転数の増加による DAS への影響はあまり見られなかった。また、200rpm、400rpm においては固相線温度と液相線温度の差 ΔT （平衡凝固温度範囲）と溶融部の DAS には相関が見られ、 ΔT が大きくなると DAS も大きくなっていった。これは凝固するとき ΔT の値が小さい方が、結晶粒が成長する時間が短くなるため、成長が抑えられ結晶粒が小さくなったと考えられる。Fig.3 に A2017 のビーム回転数 200rpm における EPMA 線分析結果を示す。母在中には Cu、Mn、Si 等の偏析がかなり見られるが、溶融部では偏析はわずかであった。0rpm においては溶融部において Mn が偏析していたが、200rpm、400rpm においては溶融部における偏析は観察されなかった。これは溶融部では高速回転による多重熱サイクルのため結晶が微細化し元素が均一に分布したものだと考えられる。Fig.4 に A2017 のビーム回転数 200rpm における硬度測定結果を示す。一般的にアルミニウム合金の溶接部は軟化するが、ここでも A2017 においてレーザー溶融部の硬度は $100\sim 110\text{HV}$ 程度であり母材の $120\sim 140\text{HV}$ 程度と比較して軟化していた。

4. 結言

溶融部の組織は著しく微細化しており、その DAS は 0rpm では $3.7\sim 6.0\mu\text{m}$ 、200、400rpm では $1.4\sim 1.9\mu\text{m}$ であったが、回転数の増加による組織の微細化への影響はわずかであった。

ΔT （平衡凝固温度範囲）が小さくなると DAS も小さくなる傾向が見られた。

レーザー溶融部の硬度は母材と比較してわずかに軟化していた。

【参考文献】

- (1) 杓名、稲波：溶接学会全国大会講演概要第 53 集（1993）326、p 262-263
- (2) 杓名、稲波：溶接学会全国大会講演概要第 57 集（1995）346、p 358-356

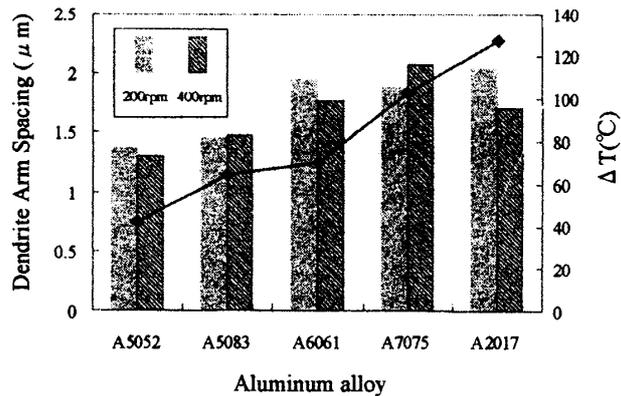


Fig.2 DAS and ΔT of each specimens

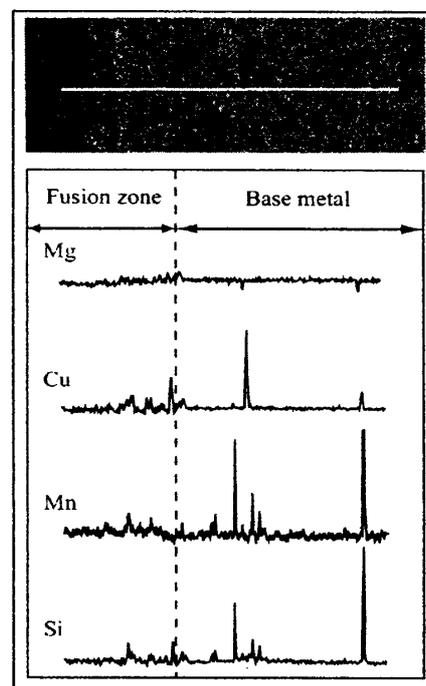


Fig.3 EPMA line analysis of A2017

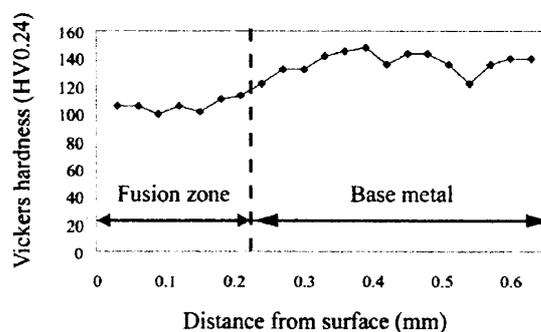


Fig.4 Vickers hardness of A2017