5083 アルミニウム合金摩擦攪拌接合継手の

組織とシャルピー衝撃特性の関係

日大生産工(院) 0松平 寛文 日大生産工 前田 将克

1. 緒言

5083 アルミニウム合金は優れた低温特性か ら圧力容器や輸送機械に適用されている. その 代表的な接合法として溶融溶接が挙げられる が、溶融溶接では結晶粒が粗大になることで粒 界破壊が起こり,低温環境下でシャルピー吸収 エネルギーが母材の半分程度まで低下するこ とが報告されている¹⁾. そこで低入熱であり接 合部の結晶粒微細化による機械的性質の向上 が見込め,近年アルミニウム合金の接合法とし て施工事例が増加している摩擦攪拌接合(FSW) に着目する. FSW は既に静的荷重下での継手 強度報告は多くされているが,シャルピー吸収 エネルギーの学術的な報告は少ない. そこで本 研究では、5083 アルミニウム合金の FSW を行 い,得られた継手にシャルピー衝撃試験を行う. FSW により形成された組織がシャルピー衝撃 吸収エネルギーに及ぼす影響を報告する.

2. 実験方法

供試材には厚さ6mmのO調質の5083アル ミニウム合金板 (A5083)を幅 55 mm 長さ 320 mm に機械加工し使用した. 接合条件は Table 1に示す通りとし、接合長を280mmとした. ツールは SKD61 製,ショルダー径 20 mm,シ ョルダー角4°,プローブ形状 M8,プローブ長 5.7 mm とした. ツール回転方向は反時計回り とし, ツール回転方向と接合方向が同じ側を Advancing Side (AS), 反対側を Retreating Side (RS)と称する.シャルピー衝撃試験は容量 50 J級の試験機を用いて行った. 試験温度は298 K, 196K, 77Kの3条件とした. 試験片はJIS Z2242 に準拠し、表面および裏面を 0.5 mm 面 削した V ノッチハーフサイズ試験片にて行っ た. ノッチは Welding direction (WD) とし, 位 置は破壊が撹拌部 (SZ) を進展するよう突合せ 線中央とした. 試験片の破面観察は目視と走査 型電子顕微鏡 (SEM) で行った. 組織観察は WD に対して板面方位 (Normal direction, ND) から 光学顕微鏡で行った.

Table 1Friction stir welding conditions.

Parameter	Symbol	(Unit)	Value(s)
Rotational speed	N	(rpm)	450
Welding speed	V	(mm/s)	0.5,1,3
Tilt angle	θ	(deg.)	3
Preheating time	t	(s)	30



Fig. 1 ND-view of A5083 FSW joint microstructures welded at 450 rpm, 0.5 mm/s. (A) SZ (B) Base metal.



Fig. 2 Relationship between impact absorbed energy and testing temperature.

Relationship between Microstructure and Charpy Impact Properties of Friction Stir Welded Joints of 5083 Aluminum Alloy Hirofumi MATSUDAIRA, Masakatsu MAEDA

3. 実験結果および考察

Fig. 1に接合速度 0.5 mm/sにおけるFSW継手 のNDから観察した微視的組織を示す.ここで (A)はSZ, (B)は母材の組織である.平均

結晶粒径を求めると, SZは8.1 µmと母材の 26.3 µmと比較して結晶粒が微細化する.

Fig. 2に接合速度0.5 mm/s並びに母材の吸収 エネルギーと試験温度の関係を示す.全ての試 験温度において母材以上の吸収エネルギーと なる.このことから低温環境下においてもSZ は母材よりも優れた衝撃特性となることが分 かる.また,試験温度 298 Kと196 Kで吸収エ ネルギーの値は大きく変わらないが,77 Kにお いてSZ,母材共に値が低下することが分かる.

Fig. 3に母材の試験温度77 Kにおける試験後の破面を示す. 脆性破面は確認できず, 延性破壊特有のディンプルと白矢印で示す溝が多数確認できる. これは圧延方向に引き伸ばされた粒界に沿って形成された粒界破壊の一つである層状破壊²が生じたと考える.

Fig. 4に試験温度298 K, 77 Kにおける接合速 度0.5 mm/sのFSW継手SZ部の試験後の破面を 示す. Fig. 3で母材に見られた層状破壊は確認 できない.破面中央部をSEMで観察すると両試 験片破面で延性破壊特有のディンプルが確認 できる.このことから両試験片の破壊はすべて 延性破壊であったと考える.また298 Kと比較 して77 Kではディンプルが微細化しているこ とが分かる.

Fig. 5に接合速度0.5 mm/sの破面のディンプル直径と試験温度の関係を示す. グラフより, 298 Kと196 Kでディンプル直径は大きく変わらないが, 77 Kにおいて直径が小さくなる. これはFig. 2で述べた吸収エネルギーと試験温度の相関と同様である. このことから吸収エネルギー, ディンプル直径と試験温度には相関があると考えられる.

Fig. 6に試験温度298 Kの吸収エネルギーと 接合速度0.5~3 mm/s, 母材の平均結晶粒径を-1/2乗した値の関係を示す.グラフより,正の相 関となると考えられる.静的荷重下においては 材料の結晶粒径と降伏応力の間にHall-petchの 関係式³⁾が成立することが知られている.SZに おいても,結晶粒径と吸収エネルギーの間には Hall-petchの関係式と同様の関係があると予想 されるが, 今後の研究課題である.

参考文献

- 1) 籔本政男ら:圧力技術, 38-5 (2000), 59-67.
- 2) 東健司ら:軽金属, 32(1982), 8-13.
- 社団法人日本機械学会:機械材料学,丸善, (2011),35-36.



Fig. 3 Fractograph of the base metal after charpy impact test (77K) .



Fig. 4 Fractographs of FSW joint after charpy impact test.



Fig. 5 Relationship between dimple diameter and testing temperature.



