

A5083 板材摩擦攪拌接合継手の衝撃特性と組織

日大生産工(院) ○松平 寛文 日大生産工 前田 将克

1. 緒言

近年、構造部材に摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding, 以下 FSW) を適用する例が増加しているため、引張特性等、静的荷重下での継手強度評価は多く報告されている¹⁾。一方で衝撃特性等、動的荷重下での継手強度評価に関する報告は少ない。本研究では輸送機械や圧力容器の材料として用いられている A5083 板材の突合せ FSW を行い、得られた継手のシャルピー衝撃試験を行い、衝撃特性と継手組織、温度履歴、接合条件、静的特性との関係性について報告する。

2. 実験方法

供試材には厚さ 6 mm の A5083-O 板材を幅 55 mm 長さ 320mm に機械加工したものを使用した。供試材の機械的性質を Table 1 に示す。接合には、FN-II 型全自動摩擦攪拌接合機を使用した。接合条件は Table 2 に示すものとした。接合方向は供試材の圧延方向と平行とし、接合長 280 mm の間隙なしの I 開先突合せ接合を行った。ツールは材質を SKD61 とし、ショルダー径 20 mm ショルダー角 4°、プローブは M8 の右ねじ形状、プローブ長さは 5.7 mm に機械加工したものとした。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)、その反対側を Retreating side(RS) と称する。シャルピー衝撃試験は室温(25℃)にてハンマー重量 6.85 kg、中心からの距離 0.408m、持上角 126.5° の容量 50J 級の試験機を用いて行い、試験片は JIS Z2242 に準拠した厚さ 5 mm、ノッチは V ノッチのハーフサイズ試験片にて行った。また V ノッチは板厚方向とし、位置は接合面側の突合せ線中央とした。各接合条件の継手から試験片を 10 個採取し試験に供した。接合部の巨視的・微視的組織観察は光学顕微鏡を、衝撃試験後の試験片の破面観察は走査電子顕微鏡(SEM)で行った。温度計測は素線径 0.1mm の K 種熱電対を用いて接合線から 10mm の位置で行った。

Table1 Mechanical properties of base metal.

Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Absorbed energy at 25°C (J)
317	23.3	15.4

Table2 Friction stir welding conditions.

Parameter	Symbol	(Unit)	Value(s)
Rotational speed	N	(rpm)	450, 600
Welding speed	V	(mm/s)	0.5, 1, 2, 3
Tilt angle	θ	(deg.)	3
Preheating time	t	(s)	30

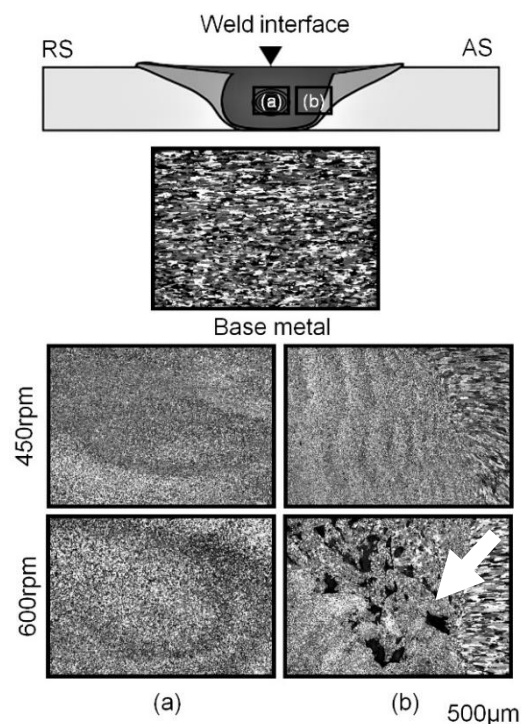


Fig.1 Microstructures of FSW joints.

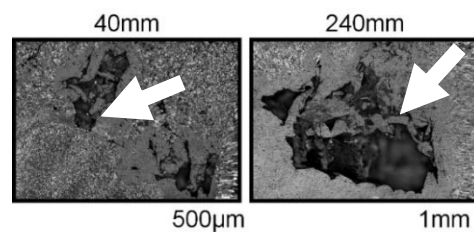


Fig.2 Microstructures of FSW joints, position at 40mm and 240mm distance from FSW start point.

A5083 Impact Properties and Microstructure of Friction Stir Welded Joints of Plate Materials

Hirofumi MATSUDAIRA, Masakatsu MAEDA

3. 実験結果および考察

Fig.1に接合速度 3mm/s, ツール回転数 450及び600rpmの条件で接合した継手の(a)中央部と(b)母材組織と同様な組織を呈する領域のAS境界近傍を示す. ツール回転数 450rpm(a)において平均結晶粒径が $11.8\mu\text{m}$ と母材の $25.2\mu\text{m}$ と比較して結晶粒が微細化する. またツール回転数 600rpmにてASの攪拌部(SZ)内に矢印で示す接合欠陥が見られる.

Fig.2にFig.1で接合欠陥が見られる接合速度 3mm/s, ツール回転数 600rpmの継手の接合開始点から40mm及び240mmの位置における欠陥形成部位の組織を示す. 接合開始点から40mmの位置で, 縦 $0.25\times$ 横 0.17mm , 240mmの位置で縦 $1.01\times$ 横 2.28mm の大きさの接合欠陥が見られる. このことから本条件において接合欠陥の大きさが位置によって異なっていると見える.

Fig.3に接合速度 3mm/s, ツール回転数 600rpmの条件の接合開始点から40mmと240mmの位置のASの温度履歴を示す. 最高到達温度が40mmの位置で 413°C , 240mmの位置で 410°C と大きな差は見られない. このことから位置による温度差が原因で接合欠陥ができるとは考えられない.

衝撃試験の接合速度と吸収エネルギーの関係をFig.4に示す. 接合欠陥が見られない接合条件では母材以上の吸収エネルギーの値となる. これは衝撃試験片のVノッチ先端部の組織がFig.1(a)に示すようにツールによって攪拌され, SZの結晶組織が母材より微細化されて強化されるためであると考えられる. ツール回転数 600rpmでは接合欠陥が生じた接合条件のうち, 接合速度 3mm/sは母材以上の吸収エネルギーとなる試験片と母材とほぼ同等の吸収エネルギーとなる試験片が混在する. これらの結果をそれぞれ①, ②とする.

Fig.5にFig.4で①の結果となった試験片と, ②の結果となった試験片を示す. ①ではVノッチから破断しているが, ②ではVノッチ以外から破断している. これはFig.2で示した, 接合欠陥の大きさが位置によって異なっているのが原因だと考える.

Fig.6にFig.5の衝撃試験片の破面をSEMで観察した結果を示す. ①では破面中央部に延性破面特有のディンプル破面が確認できる. ②では破面中央に接合欠陥と思われる谷の様な破面が確認できる.

参考文献

- 1) 例えば, 堀 久司ら, 軽金属溶接, Vol.57, No.10, (2019) pp.416-422.

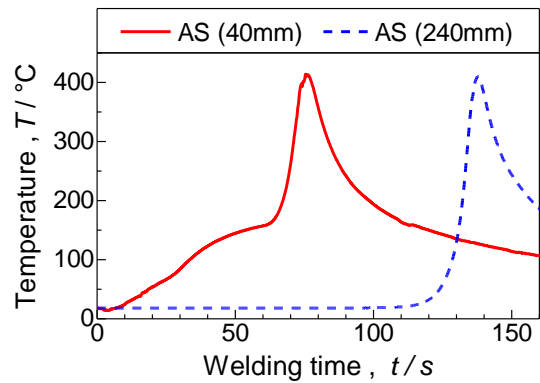


Fig.3 Temperature history of FSW.

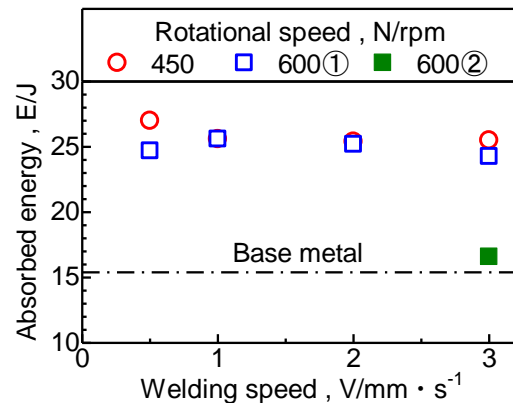


Fig.4 Relationship between absorbed energy and welding speed.

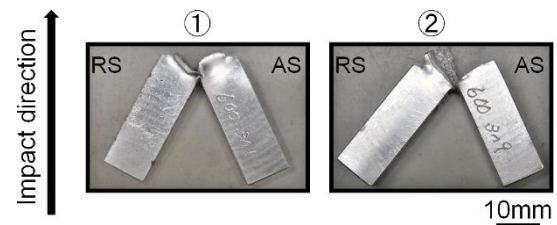


Fig.5 Test specimen after Charpy impact test.

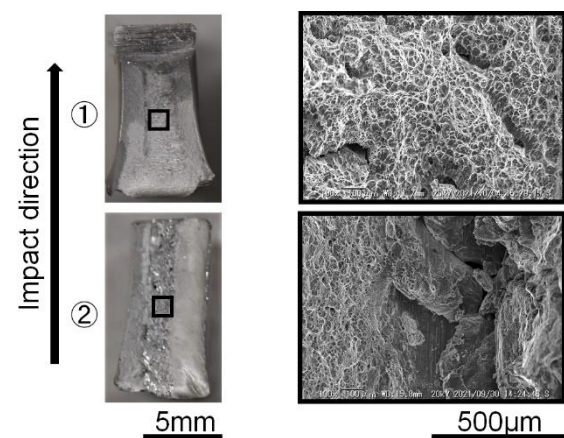


Fig.6 SEM images of fracture surface after Charpy impact test.