

6061 アルミニウム合金 / SPCC 鋼異材摩擦攪拌接合継手の機械的性質に及ぼす接合条件の影響

日大生産工（院）

日大生産工

日大生産工

○大町 俊平

仲間 大

加藤 数良

1. 緒言

環境負荷低減を目的として輸送機器を始め多くの製品に軽量化が求められており、アルミニウム合金が多く使用されている。アルミニウム合金は軽量であるが鉄鋼材料に比較してコストが高く軽量化目的で全体をアルミニウム合金に置き換えるのは得策ではない。そこで鉄鋼材料とアルミニウム合金を併用することで軽量化と高強度化が実現できれば経済的効果も大きいと考える。

融点の差が大きい異種材料の接合には固相接合が適しており、中でも摩擦攪拌接合（Friction Stir Welding：FSW）は板材の接合に適し、研究報告は増加傾向にある¹⁾。しかし、接合可能条件範囲など未だ明確ではない部分も多いのが現状である。

本研究では、異種材料の組合せとして6061アルミニウム合金とSPCC鋼の重ね摩擦攪拌接合を行い、得られた継手の組織および機械的性質に及ぼす接合条件の影響を検討した。

2. 供試材および実験方法

供試材には、6061アルミニウム合金板（T6材、板厚1.0mm、 $\sigma_B=333.4\text{MPa}$ 、 $\delta=8.17\%$ 、121HK0.05）とSPCC鋼板（板厚1.0mm、 $\sigma_B=300.4\text{MPa}$ 、 $\delta=43.4\%$ 、132HK0.05）を長さ150mm、幅100mmに機械加工後、実験時の重ね合せ部である接触面を脱脂洗浄したものを用いた。接合時は6061アルミニウム合金を上板とし、重ね代は30mmとした。

実験には摩擦攪拌接合機を使用し、予備実験より選定したTable1に示す条件を組合せて接合した。回転工具には超硬合金を使用し、ショルダ径15mm、ショルダ角4°、プローブ形状は先端部をφ5、根元部をφ6のテーパとし、長さは1.1mmとした。

Table 1 Welding conditions.

Rotational speed	N (rpm)	1200 ~ 2000
Welding speed	V (mm/s)	1 ~ 5
Pushing depth	D (mm)	1.1
Tilt angle	θ (deg.)	3
Preheating time	t (s)	30

得られた継手の外観観察、巨視的および微視的組織観察、硬さ試験、引張せん断試験をいずれも室温で行った。

3. 実験結果および考察

Fig.1に継手の外観を示す。継手外観は6061アルミニウム合金同種材継手²⁾と類似した様相であり、ショルダ径とほぼ一致した円弧状の模様が観察された。接合時に発生するばりはAS側に多く認められた。工具回転数に関係なく接合速度1mm/sの条件ではショルダによる影響が大きく接合表面に凹凸が多く認められた。また接合速度5mm/sの条件では局所的にばりの排出が

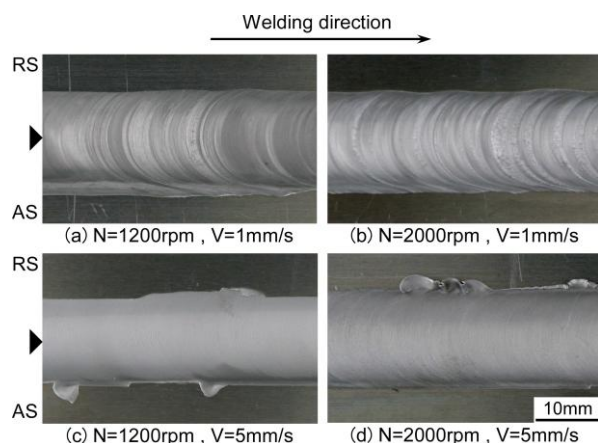


Fig.1 Appearances of joint.

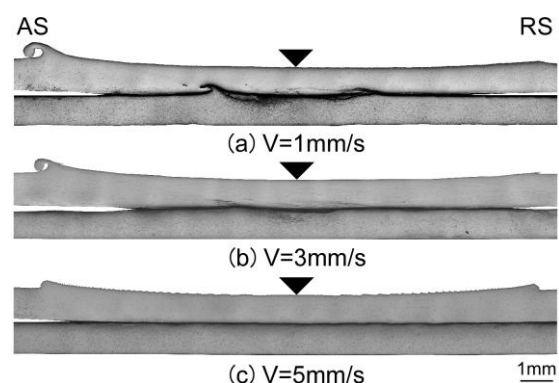


Fig.2 Macrostructures of joint. (N=2000rpm)

Effect of Welding Conditions on Mechanical Properties of Friction Stir Welded 6061 Aluminum Alloy/SPCC Steel Dissimilar Joint

Shunpei OOMACHI, Dai NAKAMA and Kazuyoshi KATOH

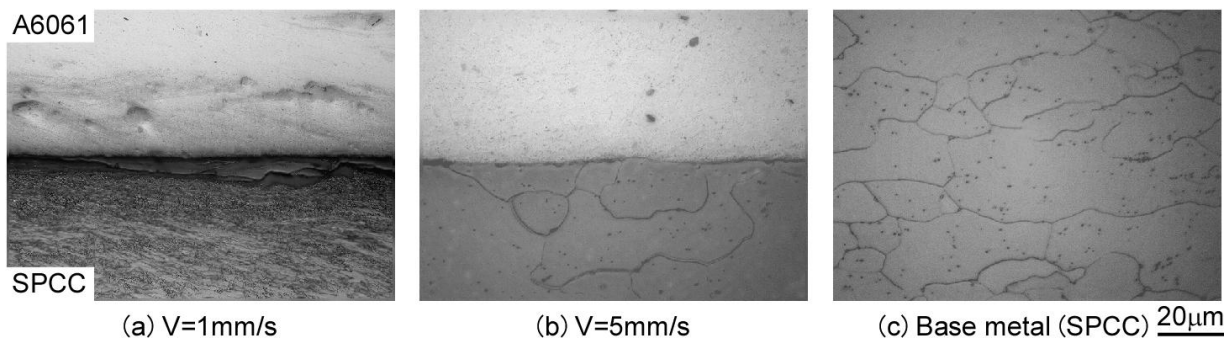


Fig.3 Microstructures of joint. (N=2000rpm)

認められた。

Fig.2に継手横断面の巨視的組織を示す。全条件で接合界面が明瞭に認められ、接合速度が小さくなるのに伴い接合部中央部にSPCC鋼の変形が認められた。また接合速度の増加に伴い接合領域は拡大した。

Fig.3に横断面接合中心部の接合界面近傍の微視的組織を示す。各工具回転数で接合速度1mm/s (Fig. 3(a)) の条件では組織の流動が大きく、アルミニウム合金とSPCC鋼が混合した組織を呈した。プローブが通過した攪拌部ではSPCC鋼の組織が微細となった。接合界面にはアルミニウムと鉄の化合物層が観察され、この化合物層は接合速度の増加に伴い薄くなるが、接合速度5mm/sの条件ではほとんど観察されなかった。

Fig.4に継手横断面板厚中央部の硬さ分布を示す。上板とした6061アルミニウム合金では全条件で工具径に相当する部分で軟化が認められた。またショルダによる熱影響部は攪拌部に比較しさらに軟化した。この熱影響による軟化割合は接合速度の増加に伴い減少した。下板としたSPCC鋼では組織の微細化が認められた接合速度1mm/sの条件では、攪拌部に相当する位置に硬化が認められたが、熱影響部では若干軟化した。

Fig.5に試験片の幅を30mmに機械加工した継手の引張せん断試験結果を示す。工具回転数2000rpmでは接合速度の増加に伴い引張せん断強さは向上したが、工具回転数1200rpm、1600rpmでは接合速度3mm/sの条件で最高値を示した。微視的組織で化合物層が多く認められた接合速度1mm/sの条件では、引張せん断強さは低い値を示した。また工具回転数と接合速度が共に小さい条件では上板の熱影響部での破断が多く認められた。本実験の範囲では最高引張せん断強さは工具回転数1600rpm、接合速度3mm/sで6.2kNの値が得られており、実用上問題がない継手が得られたものとする。

参考文献

1) 熊井真次, 佐藤宏昌, 鈴木健太, 大川武士, 李光鎮, 渡邊満洋, アルミニウム合金/鋼摩擦攪拌重ね合せ接合材の組織と接合強度に及ぼすプローブ先端位置の影響, 軽金属, 57, (2007), 529-535.

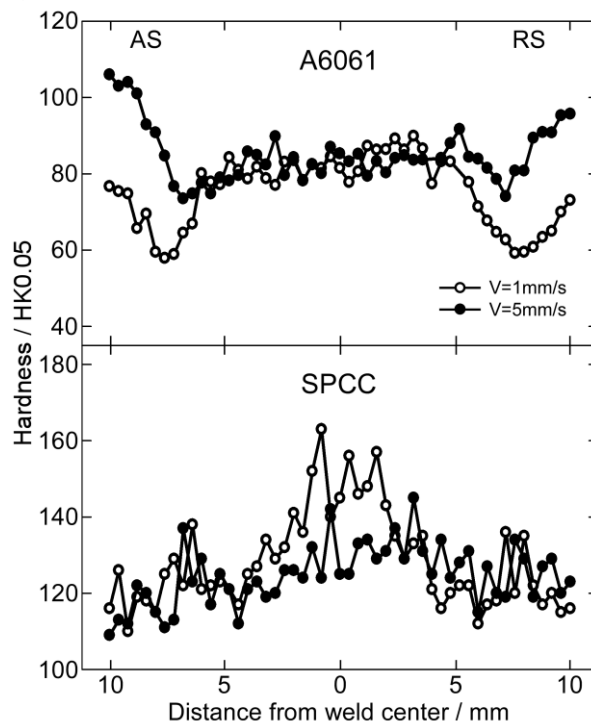


Fig.4 Hardness distributions of joint. (N=2000rpm)

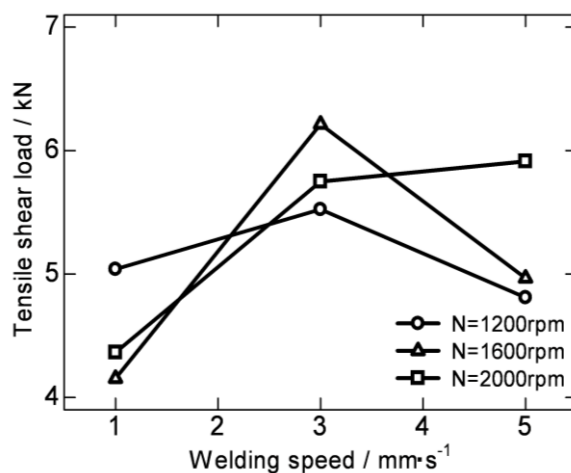


Fig.5 Results of tensile shear test of joint.

2) 西川晃司, 大塚大輔, 富田正吾, 林博, 北川和夫, 6061アルミニウム摩擦攪拌接合継手の組織と機械的性質に及ぼす接合条件の影響, 軽金属学会第101回春期大会講演概要集, (2001), 9-10.