

## 連続繊維 CFRTP と軽金属の摩擦シーム接合

日大生産工(院) ○勅使河原 圭介

日大生産工 前田 将克, 坂田 憲泰, 平山 紀夫, 木村 悠二, 山田 和典

元日大生産工 加藤 数良

### 1. 緒言

近年,自動車等の輸送機器を中心に構造物の軽量化が求められている.特に,軽金属材料と炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(以降CFRTP)の複合構造化は将来の軽量構造において重要になる.その異材継手の作製には接合技術が不可欠であり,その中でも薄板の重ね接合では摩擦シーム接合法が有効である<sup>1)</sup>.著者らはプライマー処理された板厚1mmの5052アルミニウム合金(以降A5052)と連続繊維CFRTPの重ね接合においてシランカップリング処理条件と接合条件が継手の強度に及ぼす影響について検討した<sup>2)</sup>.A5052表面をウレイド基シランカップリング剤KBE-585を純水で1vol%に希釈したシランカップリング剤に60秒浸漬してプライマー処理した場合,接合速度1~5mm/sの比較的入熱量の大きい条件で接合することでA5052の母材部での破断を伴う高強度な継手が得られた.この成果から,A5052と同様に主にアルミニウムとマグネシウムで構成される合金で,A5052よりも比重が小さく比強度が高いAZ61マグネシウム合金(以降AZ61)でも高強度継手が作製できると期待される.そこで,本研究では,連続繊維CFRTPに対して表面をプライマー処理されたA5052およびAZ61を摩擦シーム接合により接合を試みた.作製した継手は引張せん断試験および接合界面組織解析により評価し,継手組織および機械的性質に対する接合条件の影響について検討した.

### 2. 供試材および実験方法

供試材には板厚2mmの5052-H34アルミニウム合金(引張強さ244MPa)とAZ61マグネシウム合金(引張強さ320MPa),板厚3mmの炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(引張強さ600MPa)をそれぞれ幅75mm,長さ100mmに機械加工したものをを用いた.CFRTPはVaRTM法にて綾織の炭素繊維織物を11枚重ねた強化材にマトリックスの現場重合型ポリアミド6(以降PA6)を含浸させたものをを用いた.表面のプライマー処理は

A5052に対しては純水で1.0vol%に希釈したウレイド基のKBE-585を,AZ61に対しては純水で5.0vol%に希釈したアミノ基のOFS-6020をそれぞれ用いた.金属材料は表面を耐水ペーパー#800で研磨し,アセトンを用いて洗浄し,シランカップリング剤中に60秒浸漬させた後,100℃で1時間,大気中で乾燥させた.接合には全自動摩擦攪拌接合機を使用し,工具回転数1500rpm,接合速度1~9mm/s,前進角0°,押し込み深さ0.3mmで接合を行った.ツールは合金工具鋼SKD61丸棒を機械加工し,ツール径10mm,角をR10にしたものをを用いた.ツールの回転方向と接合方向が一致する側を前進側(AS),その反対側を後退側(RS)と称する.材料配置は金属材料を上とし,金属板の側端がASとなるように配置して,材料を十分な力で抑えるために重ね代50mmとした.得られた継手は外観検査,組織観察,引張せん断試験により評価した.

### 3. 実験結果および考察

Fig.1に回転数1500rpm,接合速度3mm/sにおけるA5052とAZ61の接合中の温度履歴を示す.温度測定は重合せ面ASのツール径と一致する位置にK種熱電対を挿入して行った.接合中の

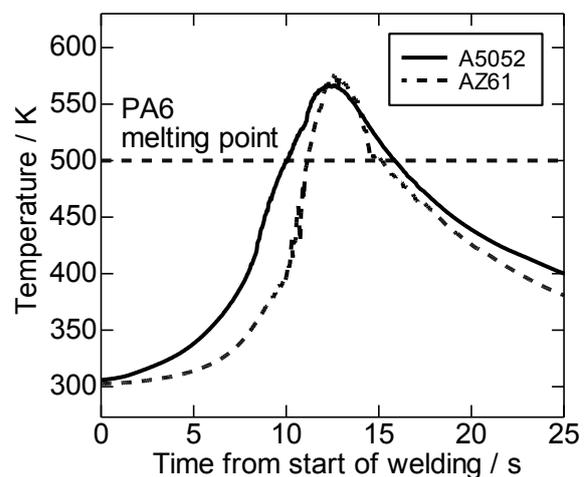


Fig.1 Temperature-time histories of welding process.

Friction Seam Welding of Continuous Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics to Light Metals

Keisuke TESHIGAWARA, Masakatsu MAEDA, Kazuyoshi KATOH  
Kazuhiro SAKATA, Norio HIRAYAMA, Yuji KIMURA and Kazunori YAMADA

最高到達温度はA5052が570K, AZ61が575Kとなり, 現場重合型PA6の融点である500Kを上回り, 接合界面でPA6が熔融していることがわかる. 材料毎の温度履歴を比較すると, 測定位置へのツールの接近に伴いA5052が先に温度が上昇し, それぞれの最高到達点はツールが最接近した位置となり, その後AZ61が先に温度が低下した. また, AZ61の接合速度5mm/s以上の条件では, 最高到達温度がPA6の融点500Kを下回っており, PA6の熔融範囲の幅がビード幅よりも狭くなっていると考えられる.

Fig. 2に接合表面の継手外観を示す. いずれの条件においても接合表面において欠陥は観察されず, ツール径と一致する円弧状の様相が見られた. また, 接合表面は接合速度が低いほど粗くなっている.

Fig. 3に継手横断面の微視的組織を示す. (a)と(b)は接合速度が異なるA5052/CFRTP, (c)はAZ61/CFRTP, (d)はCFRTP母材部である. また, (a)と(b)では接合界面でA5052と密着するPA6の層が観察された. また(a)と(b)ではPA6層の内部にボイドが生じている. このボイドはPA6が融点以上に加熱したことにより, 未反応モノマーが分解, もしくはガスとして生じたと考えられ, 接合温度が低くなる(b)では減少している. (c)では(a)や(b)で見られたPA6の層は見られず, AZ61表面にPA6が僅かに付着しているのみで, 接合界面に沿って空隙が観察された. このことから, AZ61とPA6は一度接合されていたが, シランカップリング剤とPA6の化学結合が弱く, AZ61の熱変形による残留応力に耐えられず剥離したと考えられる.

Fig. 4に引張せん断試験結果を示す. 試験は継手を幅15mmに切断し, 両端にタブを接着して板厚を等しくした試験片を用いて行った. 破断荷重の最大値はA5052で接合速度3mm/sの5.5kN, AZ61で接合速度2mm/sの1.4kNとなった. 破断形態はすべて界面剥離となった. A5052の板厚が1mmの場合, 高強度のA5052/CFRTP継手は引張せん断試験中にA5052が接合部近傍で面外変形するため, 試験荷重が接合面と平行なせん断モードのみならず, 接合面に垂直な開口モードも重畳負荷されるようになる問題があった. A5052板厚を2mmとすることで, 試験中のA5052板の面外変形を抑制し, 開口モードの負荷重畳を防止できた.

#### 参考文献

- 1) 永塚公彬ほか: 溶接学会全国大会講演概要, 96(2014), 54-55.
- 2) 勅使河原圭介ほか: 軽金属学会第132回春期大会講演概要(2017), 283-284.

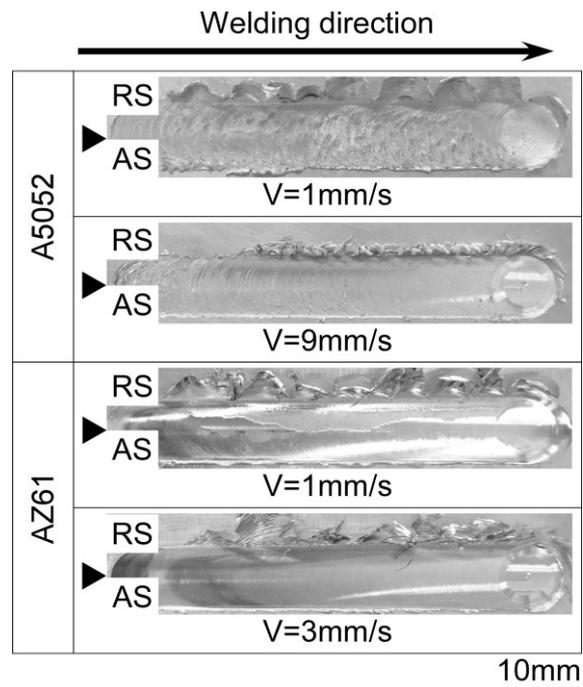


Fig.2 Appearance of joints.

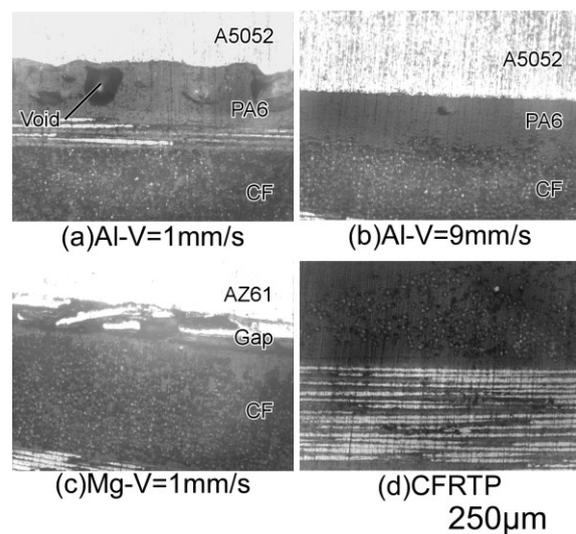


Fig.3 Microstructure of joints.

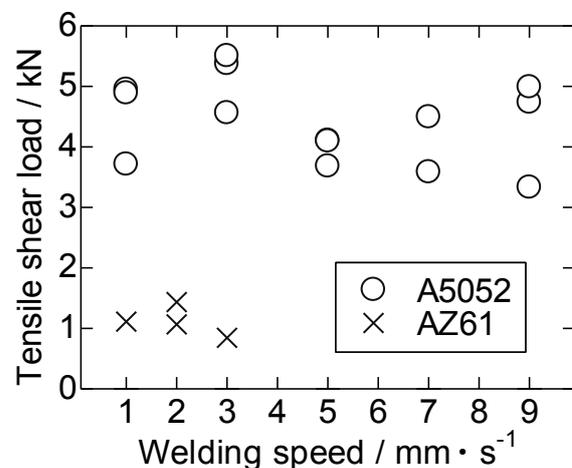


Fig.4 Results of tensile shear test.