1. 緒言

アルミニウム合金は軽量であり、リサイ クル性が良好である事などが挙げられる 一方,溶接条件の選定が困難であると言わ れている . A360およびA5052ついての詳細 な研究1)や異材のアルミニウム合金の溶接 については,主として割れ感受性について 研究2)が行われてきた.摩擦攪拌接合は新 しい接合技術であり,アルミニウム合金な どで実用化をされているが,まだまだ応用 技術が期待される可能性を秘めた接合技 術であり,更なる溶接性の向上が望まれて いる.薄板による摩擦攪拌接合の研究例は 少なく,本研究では薄板アルミニウム合金 の摩擦攪拌接合による接合を行い,強度試 験を行うことにより,溶接性を評価し検討 を行う事を目的として研究を行った.

2.供試材および実験方法

2.1 供試材

本研究では供試材として,熱処理合金で ある2000系及び6000系のアルミニウム合 金を使用した.2000系からはAI-Cu系合金 A2017(以下A2017)を使用した.A2017は Cuを主添加成分とし,これにMgを含む合金 である.鋼材に匹敵する強度を持つが,強 度向上のため,比較的多くのCuを添加して いる為,耐食性や溶接性が劣るものが多 い.主として航空機用部品材料として使用 されている.6000系からはAI-Mg-Si系合金 A6061(以下A6061)を使用した.A6061は MgとSiを主添加成分とした合金である.強 度や耐食性,陽極酸化性などが優れており

Table1 Chemical compositions of base metals.

Materials	Elements(mass%)									
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al	
A2017	0.53	0.30	3.99	0.64	0.53	0.04	0.20	0.03	bal.	
A6061	0.63	0.28	0.26	0.04	1.00	0.18	0.01	0.02	bal.	

日大生産工(院) 吉舗 達広

日大生産工 大久保 通則

構造用材,車両,家電製品など様々なもの に用いられている.このように性質の異な る2種類の薄板アルミニウム合金を用いて 摩擦攪拌接合を行い,引張試験や衝撃試験 などの強度試験を行った.本研究で用いた2 種類の供試材の化学組成をTable1に示す.

2.2 実験方法

本研究の供試材の寸法は,板厚0.8mm,縦 40mm,横100mmとした.本研究では継手形状 として突合せ継手,重ね2枚継手,重ね3枚 継手の3種類の継手形状を用いて実験を行 った.大型フライス盤を用いて全継手形状 共にツールの前進角度を3°,重ね幅をそれ ぞれ10mm,回転数を1610,2000 rpm,送り 速度を0.67,0.83mm/sとし,同種接合を共 通的に接合を行った.Fig.1に重ね3枚継手 の模式図を,Table2に本研究の接合条件を 示す.また本研究では補足実験として,重 ね2枚継手において,異種接合としてA2017 とA6061の上下の組み合わせの違いの2種類 の実験を,重ね3枚継手においては送り速度



Fig.1 Friction stir three sheet lap welding .

Table2 Friction stir welding codition.

Rotational speed	N	(rpm)	1610 2000
Welding speed	V	(mm/s)	0.67 0.83
Tilt angle	θ	(deg)	3

Properties of Friction Stir Welding of Al-Cu and Al-Mg-Si Alloy Sheets.

Tatsuhiro YOSHIKI, Michinori OKUBO

が0.50mm/sの実験を行った.各継手形状のツ ールの埋め込み深さは,突合せ継手では0.30 mm,重ね2枚継手では1.15mm,重ね3枚継手で は2.00mmとして実験を行った.また強度試験 を行うにあたっては,各種強度試験用の試験 片を作成した.供試材の溶接長100mmの長さ に対して、溶接始端部から溶接終端部まで10 mmずつ試験片を切断し、溶接始端部から順番 に通し番号を付け、引張試験用試験片,衝撃 試験用試験片,組織観察用の試験片を作成し た.なお試験片の溶接始端部と溶接終端部近 辺の試験片は用いない事とした.

3 実験結果および考察

3.1 外観観察

3.1.1 突合せ継手における外観観察

A2017の同種接合では,溶接始端部よりも 溶接終端部にバリの発生が多かった.接合 条件による比較では,回転数が2000rpm,接 合速度が0.83mm/sの条件を用いた場合,バ リの発生が大きくなった.A6061の同種接合 では,各条件共にバリの発生があまり見ら れなかった.接合条件による比較をした場 合,回転数が1610rpm,接合速度が0.83mm/s の条件を用いた場合,バリの発生が大きく なった.

3.1.2 重ね2枚継手における外観観察

A2017の同種接合では,溶接始端部にバリ の発生が多かった.接合条件による比較で は,回転数が2000rpm,接合速度が0.83mm/s の条件を用いた場合,バリの発生が大きく なった.A6061の同種接合では,各条件で溶 接始端部および溶接終端部にかけてバリが 大きく発生し,中間部ではバリの発生量は 少なかった.接合条件による比較では,回 転数が2000rpm,接合速度が0.67mm/sの条件 を用いた場合,バリの発生が大きくなった.

3.1.3 重ね3枚継手における外観観察

A2017の同種接合では,溶接部の中間付近 から溶接終端部にかけてバリの発生が多か った.接合条件による比較では回転数が 2000 rpm,接合速度が0.83mm/sの条件を用い た場合,バリの発生が大きくなった.A6061 の同種接合では,全体的にバリの発生が少 かった.接合条件による比較では回転数が 2000 rpm,接合速度が0.83mm/sの条件を用い た場合,バリの発生が大きくなった.Fig.2 に重ね3枚継手の2000 rpmと1610 rpm時の各 接合条件実験時の溶接面を示す.



Fig.2 Friction stir three sheet lap welding.

3.2 引張試験

3.2.1 突合せ継手における引張試験

A2017とA6061による供試材同士を比較し た場合,引張強さはA2017を用いた実験条件 の方が2倍近く高い値となった.また一番強 い条件となったのは,A2017では回転数が 1610rpm,接合速度が0.67mm/sを用いた条 件,A6061では回転数が2000rpm,接合速度 が0.67mm/sを用いた条件であった.接合条 件による比較をした場合,A2017では回転数 が遅く,接合速度も遅い条件で,A6061では 回転数が速く,接合速度が遅い条件で高い 値となる傾向があった.

3.2.2 重ね2枚継手における引張試験

A2017とA6061による供試材同士を比較し た場合,引張強さはA2017の方が高い値とな った.また一番強い条件となったのは, A2017では回転数が2000rpm,接合速度が 0.83mm/sを用いた条件,A6061では回転数が 2000rpm,接合速度が0.67mm/sを用いた条件 であった.接合条件による比較をした場合, A2017では回転数が速く,接合速度も速い条 件で,A6061では回転数が速く,接合速度が 遅い条件で高い値となる傾向があった.

3.2.3 重ね3枚継手における引張試験

A2017とA6061による供試材同士を比較し た場合,引張強さはA2017の方が高い値とな った.また一番強い条件となったのは, A2017では回転数が1610rpm,接合速度が 0.67mm/sを用いた条件,A6061では回転数が 1610rpm,接合速度が0.67mm/sを用いた条件 であった.接合条件による比較では,A2017 では回転数が遅く,接合速度も遅い条件で, A6061でも同様に回転数が遅く,接合速度も 遅い条件で高い値となる傾向があった.

3.2.4 引張試験による継手比較

3継手の比較では供試材の違いに関係な く重ね3枚継手が一番高い値となった.突合 せ継手と重ね2枚継手の比較では,突合せ継 手が高い値になり,重ね2枚継手の2倍近い 値となった.重ね3枚継手では,回転数の値 が低いほど引張強さが高い数値となった. 熱影響部で破断していることから,回転数 が大きく,接合速度が遅い場合,入熱が大 きくなりやすく,熱による影響を受けやす いと考えられる.Fig.3に突合せ継手,Fig.4 に重ね2枚継手,Fig.6にA6061による重ね3枚継手の 引張強さをそれぞれ示す.

3.3 衝撃試験

3.3.1 突合せ継手における衝撃試験

A2017とA6061による供試材同士を比較し た場合,衝撃値はA2017の方が高い値となっ た.また一番強い条件となったのは,A2017 では回転数が2000rpm,接合速度が0.67mm/s を用いた条件,A6061では回転数が1610rpm, 接合速度が0.67mm/sの組合せと,回転数が 2000rpm,接合速度が0.67mm/sを用いた条件 が共に高い値を示した.

3.3.2 重ね2枚継手における衝撃試験

A2017とA6061による供試材同士を比較し た場合,衝撃値はA2017の方が高い値となっ た.A6061を用いた実験条件はほとんどの条 件がA2017の半分近くの値となった.また一 番強い条件となったのは,A2017では回転数 が2000rpm,接合速度が0.83mm/sを用いた条 件,A6061では回転数が2000rpm,接合速度 が0.67mm/sを用いた条件であった.

3.3.3 重ね3枚継手における衝撃試験

A2017とA6061による供試材同士を比較し た場合,衝撃値は全体的にA6061の方が高い 値となった.ただA2017との差は限りなく少 なかった.また一番強い条件となったのは, A2017では回転数が2000rpm,接合速度が 0.67mm/sを用いた条件,A6061では回転数が 2000rpm,接合速度が0.67mm/sを用いた条件 であった.

3.3.4 衝撃試験による継手比較

3継手の比較では供試材の違いに関係な く重ね3枚継手が一番高い値となった.突合 せ継手と重ね2枚継手の比較では,突合せ







Fig.4 Tensile shear load of lap joint for A2017 and A6061.



Fig.5 Tensile shear load of three sheet lap joint for A2017.



Fig.6 Tensile shear load of three sheet lap joint for A6061.

継手が高い値となった.また重ね3枚継手 では、溶接始端部の試験片を用いた実験結 果が全般的に低い値となり,終端部の値を 大きく下回った.供試材の違いによる値の 差や送り速度による値の差は少なく,むし ろ回転数の値の差によって数値に差が現れ る結果となった Fig.7に突合せ継手 Fig.8 に重ね2枚継手,Fig.9にA2017による重 ね3枚継手,Fig.10にA6061による重ね3 枚継手の衝撃値をそれぞれ示す.

3.4 組織観察

表面が綺麗に仕上がっている溶接条件の 場合,内部も綺麗に接合されており,表面 に欠陥が無い条件ではどれも同じような結 果となった.重ね3枚継手の接合時に試験片 の間に銀ロウを挟み込み,組織の流動を確 認した.ツールの先端が通過した箇所では 攪拌が行われていたが,それ以外の箇所で は大きな流動は確認できなかった.

4 結言

- (1)外観観察より,突合せ継手よりも重ね2
 枚継手の方が良好な接合面が得られ,
 A2017は重ね2枚継手,A6061は突合せ
 継手が適していると言える.重ね3枚継
 手ではA6061の方が良好に仕上がった.
- (2) 引張試験の結果より,重ね3枚継手,そして突合せ継手の順で強度が得られる.供試材同士の比較ではA2017を用いた条件の強度が出やすく,全体的に回転数が速く,速度が遅い場合は熱による影響を受けやすく,引張試験時の破断面から熱加工影響部付近で試験片が破断していると考えられる.
- (3) 衝撃試験の結果から重ね3枚継手,突合 せ継手の順で高い値となった.突合せ継 手,重ね2枚継手共にA2017がA6061 よりも2倍近い値となった.重ね3枚継 手においては,試験片の始端部と終端部 を比較した場合,試験片終端部の衝撃値 が高くなる傾向があった.
- (4) 組織観察により,ツールが通過した箇所 以外では大きな流動の確認出来なかった.

参考文献

- 1) K.Okamoto etc, : Joining dissimilar aluminum alloys, Welding Journal, 85-4 (2006), P38-41.
- T.Luijiendijk : Journal of Materials Processing Technology, 103-1 (2000), P 29-35.







Fig.8 Impact value of lap joint for A2017 and A6061.



Fig.9 Impact value of three sheet lap joint for A2017.





joint for A6061.