

5052 合金/タフピッチ銅摩擦シーム接合継手の 機械的性質に及ぼす接合条件の影響

日大生産工(院) ○三浦 紘一郎
日大生産工 時末 光
加藤 数良

1. 緒 言

摩擦シーム接合は、薄板の重ね接合に適しており、板厚の異なる組合せの接合にも適用可能な固相接合法である。著者らは先に、摩擦シーム接合継手に十分な強度を確保するには適正な押込み深さが必要なことを明らかにした¹⁾。また、摩擦シーム接合は接合時の温度は摩擦圧接に比較して低く、異種材料の接合に適した接合法である。

本研究では、5052アルミニウム合金板とタフピッチ銅板の異材重ね接合に摩擦シーム接合を適用し、得られた継手の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

供試材は、市販の5052アルミニウム合金板(H34, 板厚1.0mm)とC1100タフピッチ銅板(1/4H, 板厚1.0mm)を幅100mm, 長さ130mmに機械加工したものを、接合面には特別な処理は施さないで用いた。接合時はタフピッチ銅板を上側、5052合金板を下側とし、重ね代は15mmとした。供試材の機械的性質をTable 1に示す。

実験には、数値制御立フライス盤を使用し、供試材をベット上に治具で固定した。回転工具にはFig.1に示す形状、寸法のステンレス鋼

製(SUS304)を用い、工具の回転方向は時計回りとした。接合方向は供試材の圧延方向に平行にTable 2に示す条件を組合せて接合を行った。接合開始点の予熱は、予備実験において3s以下では接合不良、6s以上では接合部の銅が全てばりとして排出されたので本実験では5sとした。

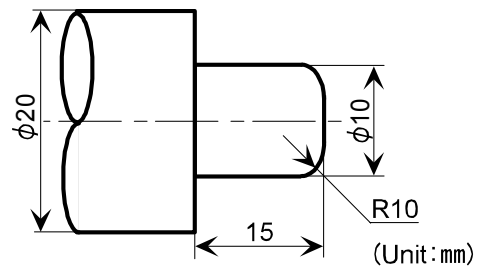


Fig.1 Shape and dimensions of tool.

Table 1 Mechanical properties of base metals.

Materials	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HK0.05)
A5052	259	10.5	79.3
C1100	209	52.7	73.6

Table 2 Friction seam welding conditions.

Rotational speed	N	(s ⁻¹)	22.2
Welding speed	V	(mm/s)	1.0, 2.0, 3.0
Pushing depth	D	(mm)	0.05~0.3
Preheating time	t	(s)	5

Effect of Welding Conditions on Mechanical Properties
of 5052 Aluminum Alloy to Tough Pitch Copper Joint by Friction Seam Welding.

Koichiro MIURA , Hiroshi TOKISUE and Kazuyoshi KATOH

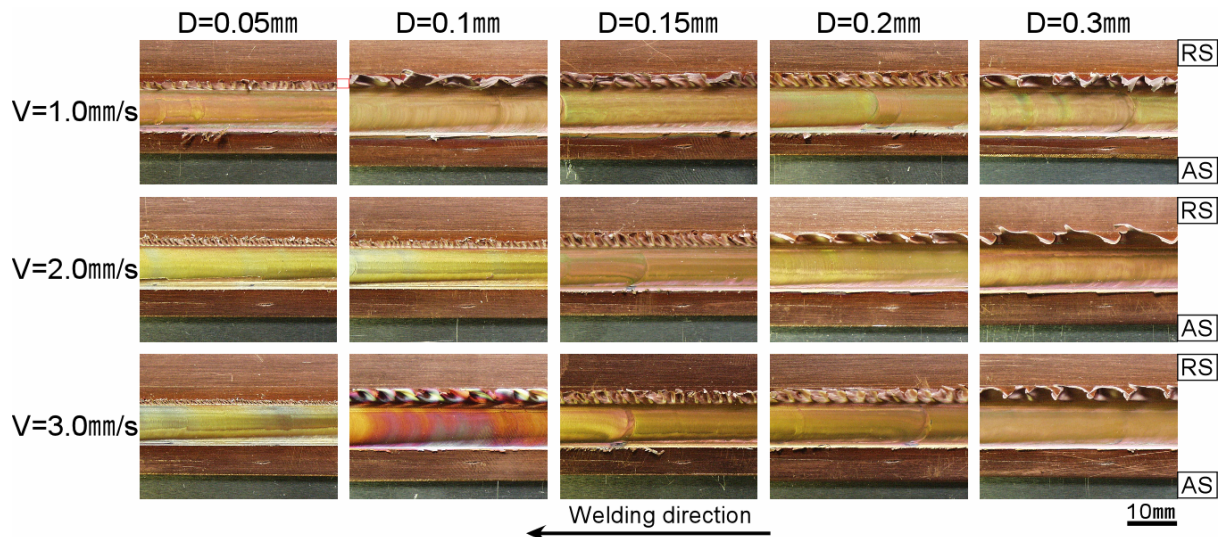


Fig.2 Surface appearances of joint.

得られた継手の外観観察，組織観察，板厚中央部の硬さ試験および接合部をゲージ部中央とした幅30mmの試験による引張せん断試験を行った。

3. 実験結果および考察

継手の外観をFig.2に示す．接合部は $V=1.0$ mm/sでは同種材アルミニウム合金継手に観察されたような円弧状の模様が認められたが， $V=2.0$ mm/s以上では接合部は平坦であり，供試材上を工具が上滑りしたような状態であった．このことは，接合速度の相違による発熱量の差によるものと考ええる．全接合条件でばりがRSに生成した．またASにもわずかではあるがばりの生成が認められた．ばりの生成量は接合速度 $V=3.0$ mm/s，押込み深さ $D=0.05$ mmの条件で最小となり，接合速度の大小に関係なく押込み深さの増加に伴いばりの発生量は増大した．

Fig.3に接合開始部および終端部近傍の継手横断面巨視的組織を示す．接合開始点では上板が下板に押込まれた状態が観察された．この原因は接合開始部で予熱を行ったためであり，他の部分では接合終端部(Fig. 3(b))と同様に5052合金側への押込みは認められなかった．Fig. 3に示すように接合開始部ではRS，ASともにば

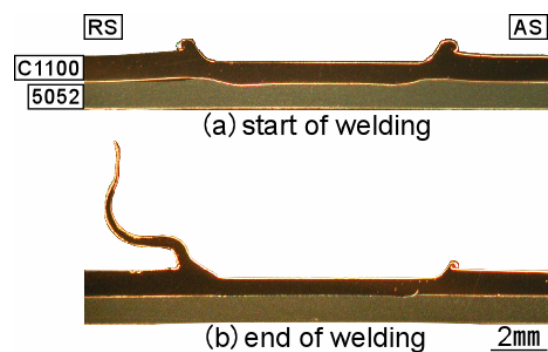


Fig.3 Macrostructures of joint.
($V=2.0$ mm/s , $D=0.2$ mm)

りの生成量は小さく，接合開始点からの距離が長くなるのに伴いRSのばり生成量は増大した．このことは，全条件で観察される現象であり，熱伝導により上側の銅板が特に軟化したためと考える．この傾向は接合速度に関係なく押込み深さの小さい条件で顕著に認められた．

継手中央部の押込み深さの相違による断面巨視的組織をFig.4に示す．上側とした銅板には押込み深さに伴った変形が認められ，有効な接合範囲は押込み深さが小さい条件では狭くなる傾向を示した．また，下板の5052合金には押込み深さが大きい条件でもほとんど変形は認められなかった．接合部には抵抗スポット溶接²⁾やシーム溶接³⁾に観察されるナゲットの生成はなく，接合不良などの欠陥は観

察されなかった。これらのことは他の接合速度においても同様に観察された。

接合開始点から50mmの位置での接合界面近傍の微視的組織をFig.5に示す。押し込み深さの小さい $D=0.05\text{mm}$ (Fig. 5(a)) の条件では、接合界面は比較的平坦であり化合物の生成もほとんど認められなかった。押し込み深さの大きい $D=0.3\text{mm}$ (Fig. 5(b)) の条件においては、接合界面に層状の金属間化合物の生成が観察された。この化合物層は回転工具が有効に作用した工具先端の平坦部に対応した範囲に認められた。また、接合界面には未接合部などの欠陥は観察されず、接合界面近傍は銅および5052合金側ともに狭い範囲ではあるが微細な組織を示したが、他の部分には明瞭な組織変化は認められなかった。

Fig.6に接合開始点から50mmの位置での接合部横断面板厚中央部の硬さ分布を示す。接合部では上板とした銅板は接合部のASおよびRSともに硬化が認められた。これは、押し込み深さの増大による加工量の増加によるものと考えられる。上板とした銅板の接合中心部は母材部に比較して若干硬化し、回転工具肩部直下でこの現象は明瞭となった。下板とした5052合金板には軟化域が認められ、その最軟化部は回転工具の中心部に相当する部分であった。5052合金の軟化割合には押し込み深さの変化による影響は認められなかった。5052合金側の軟化部の幅は接合速度の増加に伴い狭くなる傾向にあった。5052合金同種材継手では下板の軟化域には工具外周部に相当する位置に軟化部が認められたが、本組合せでは継手中心部が最も軟化した。このことは、直接工具による摩擦を受ける素材の違いによる熱伝導の差によるものと考えられる。

Fig.7に継手の引張せん断試験結果を示す。

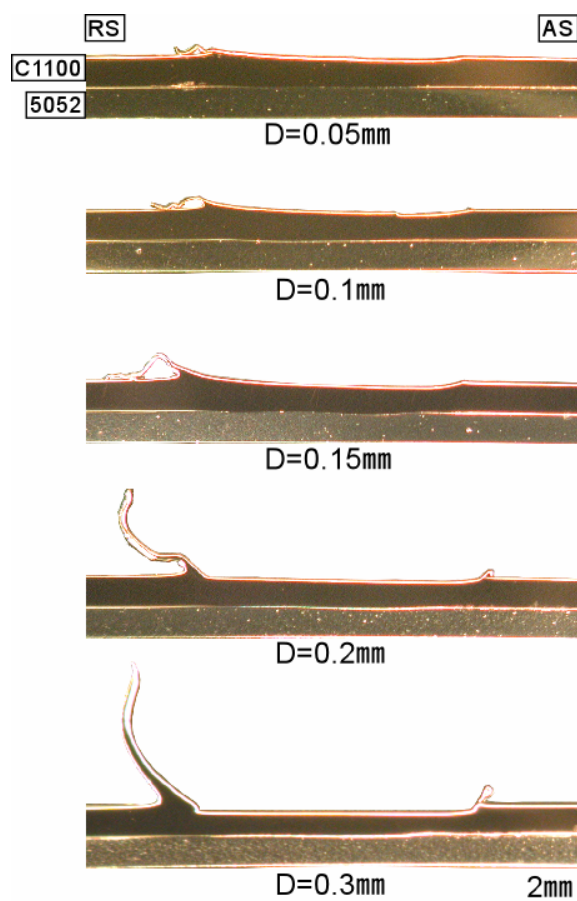


Fig.4 Macrostructures of joint.
($V=2.0\text{mm/s}$)

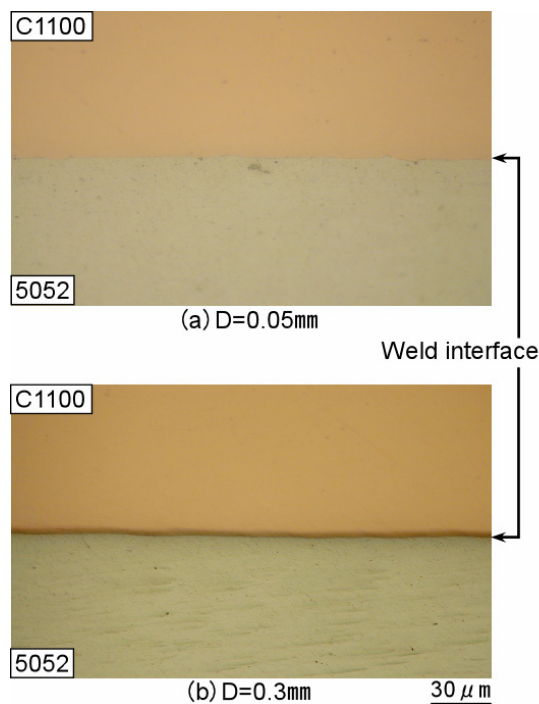


Fig.5 Microstructure of joint.
($V=2.0\text{mm/s}$)

接合速度 $V=3.0\text{mm/s}$ 、押込み深さ $D=0.05\text{mm}$ の条件では、引張せん断試験片に加工中に剥離したものが認められた。剥離は特に接合開始点近傍より採取した試験片に多く認められた。引張せん断強さは接合速度 $V=1.0\text{mm/s}$ が最も高く、押込み深さ $D=0.1\text{mm}$ 以上ではほぼ同じ値を示した。引張せん断強さは接合速度の増加に伴い低下する傾向が認められ、押込み深さ $D=0.2\text{mm}$ 以上で一定値となった。

試験片の破断は引張せん断強さが低い条件では接合界面で剥離したが、他の条件では銅あるいは5052合金側いずれかの接合部近傍の熱影響部であった。このことは銅と5052合金の引張せん断強さに大きな差が認められないことによるものと考えられる。接合速度 $V=1.0\text{mm/s}$ 、押込み深さ $D=0.1\text{mm}$ で最大引張せん断強さは 6.4kN が得られた。

Fig.8に引張せん断試験後の試験片外観を示す。剥離した試験片(Fig.8(a))では、変形はほとんど観察されなかった。5052合金側で破断した試験片(Fig.8(b))においては、5052合金側の接合部近傍に変形が認められる状態であり、銅側の接合部より離れた部分にネッキングが認められた。銅側で破断した試験片(Fig.8(c))は、銅側にネッキングが認められたが、5052合金側には変形はほとんどなかった。接合速度 $V=3.0\text{mm/s}$ および $V=2.0\text{mm/s}$ では、押込み深さ $D=0.2\text{mm}$ 以上、 $V=1.0\text{mm/s}$ では $D=0.1\text{mm}$ 以上で熱影響部破断であり、他の条件では界面剥離した。

参考文献

- 1) たとえば、三浦，加藤，時末：溶接学会平成15年度秋季全国大会講演概要第73集，(2003)，76.
- 2) 高，小川，泰山：溶接技術，3(1993)，553.
- 3) 山本，奥田：溶接学会誌第46巻第8号，(1997)，54.

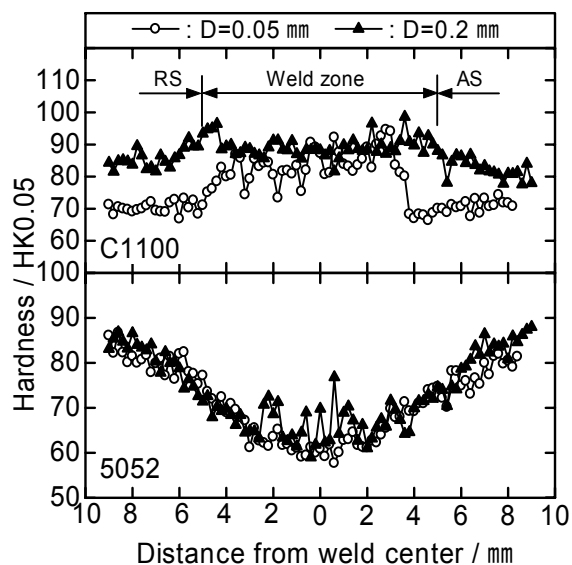


Fig.6 Hardness distributions of joint.
($V=1.0\text{mm/s}$)

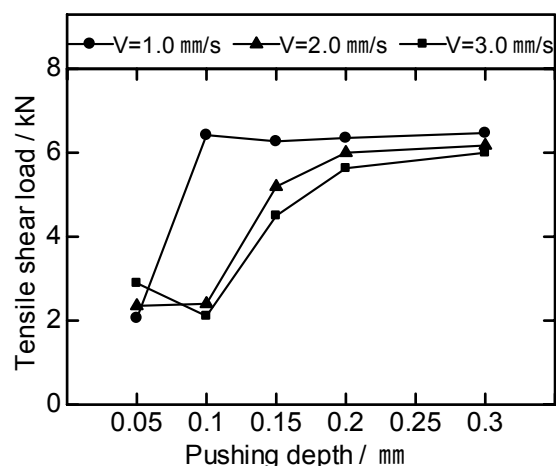


Fig.7 Results of tensile shear test.

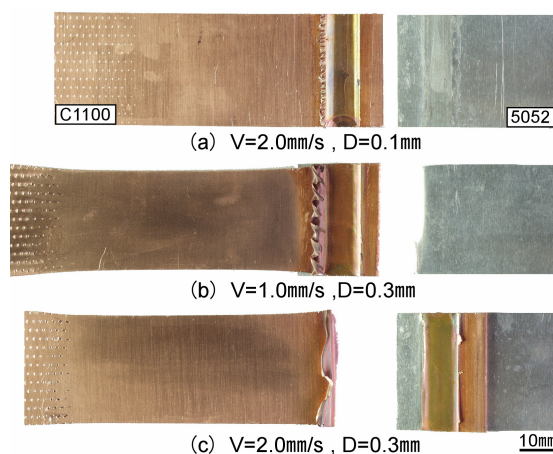


Fig.8 Appearances of tensile shear fractured specimen.