

摩擦接合により鋼板上へ生成したアルミニウム合金突起の組織と機械的性質

日大生産工(院) ○梅島 一哉
日大生産工 加藤 数良

1. 緒 言

電子機器の部品や管体を組み立てる際には、ネジ部やリベット加工するための突起部が必要となる。このため、著者らは摩擦接合を利用した薄板への突起生成法およびそのリベット加工を提案し、適用例を報告した^{1)・2)}。しかし、実際の製品には異種材料を組み合わせる場合も多く、組立に際しては異材接合やねじ、リベットなどによる方法が考えられるが、異材上に任意の材質の突起が生成可能となれば工程の簡略化など利点も多いと考える。

本研究では、摩擦接合により鋼板上へアルミニウム合金の突起生成を試み、突起の組織および機械的性質について検討した。

2. 供試材および実験方法

供試材は、突起とする上板に 6061-T6 アルミニウム合金（板厚 1.0 mm, $\sigma_B=320\text{MPa}$, $\delta=9.46\%$, 120HK0.05）、基材となる下板に SPCC 鋼板（板厚 1.0mm, $\sigma_B=290\text{MPa}$, $\delta=46.2\%$, 118HK0.05）を組合せ、それぞれ長さ 30mm, 幅 30mm に機械加工したものをを用いた。実験には数値制御全自動摩擦圧接機を使用した。突起生成は、予備実験より選定した Table 1 に示す条件で行った。回転工具は突起の直径を 4mm とするため Fig.1 に示す形状とし、合金工具鋼 (SKD61) を機械加工して使用した。

得られた突起の外観および組織観察、硬さ試験、引張試験、引張せん断試験を室温で行った。引張試験は得られた突起に M3 のねじ加工を行い鋼製のねじを挿入して引張試験片とした。

3. 実験結果および考察

実験の範囲内での突起生成可能範囲を Fig.2 に示す。図中の○は再現性がよく外観上健全な突起が生成された条件、△は再現性が悪く健全な突起が生成されにくい条件、×は突起生成時に回転工具内に突起が付着し分断され突起が生成されなかった条件である。実験の範囲内では高回転数、低摩擦圧力または低回転数、高摩擦圧力の組合せで突起生成が可能であった。

突起の外観を Fig.3 に示す。突起側面には上部へ流動した状態が観察でき、摩擦圧力および工具回転数が増加するに伴い突起側面が滑らかになった。また、下板の裏面には回転工具径と同等の焼付きが僅かに認められた。

突起の巨視的組織および微視的組織を Fig.4 に示す。全条件で突起中央部に空洞が認められ、突起上部は上板と同程度の厚さがあった。このことは、回転工具の押付

Table 1 Conditions of protrusion forming.

Rotational speed	N	(rpm)	250 ~ 2000
Friction pressure	P_1	(MPa)	30 ~ 180
Pushing depth of tool	H	(mm)	0.9
Upset pressure	P_2	(MPa)	P_1
Upset time	t	(s)	1

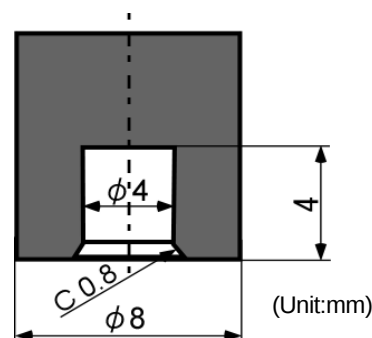


Fig.1 Shapes and dimensions of tool.

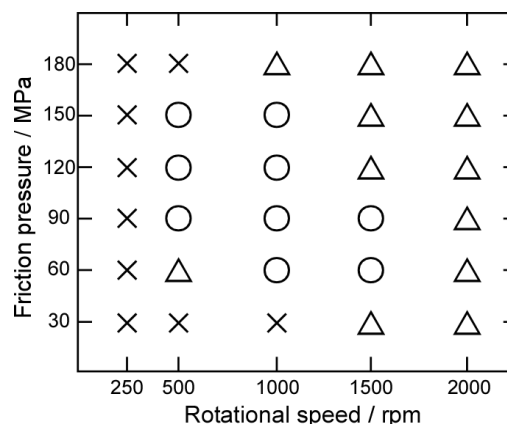


Fig.2 Results of protrusion forming.

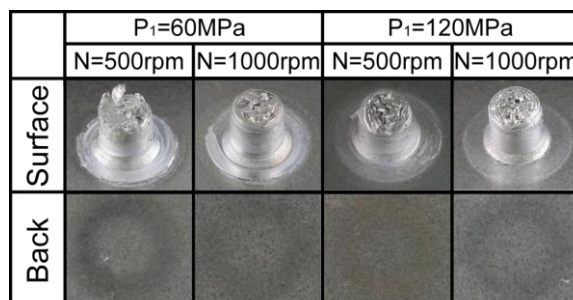


Fig.3 Appearances of protrusion.

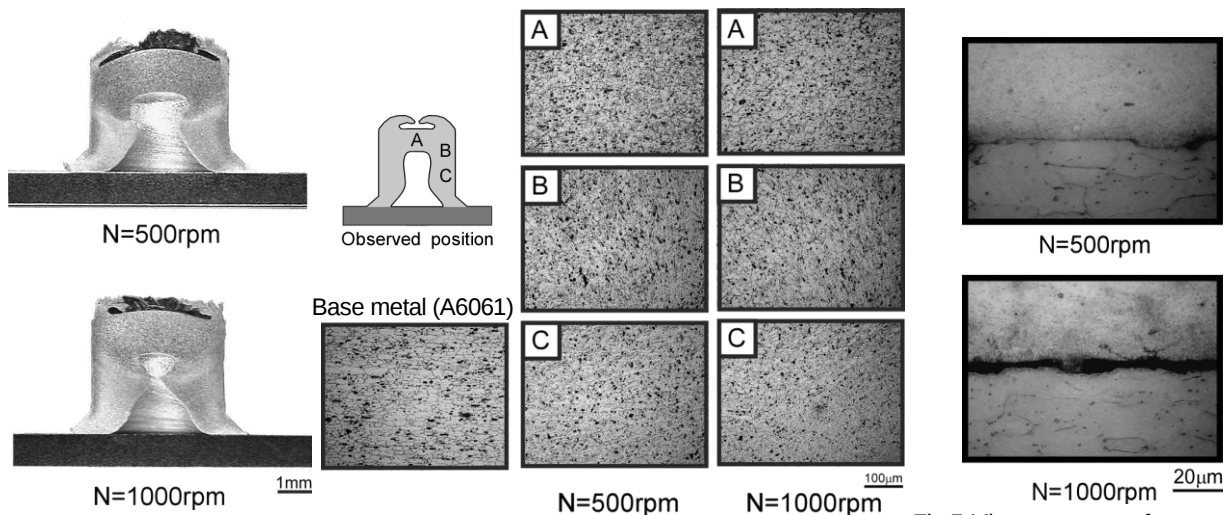


Fig.4 Macro-Microstructures of protrusion.($P_1=120\text{MPa}$)

により内部へ流動した素材が、押付開始時に回転工具と接触しない素材の中央部を押し上げるような状態で突起が生成されたと考える。また、下板との接合面積は健全に生成された条件ではほぼ同等であった。突起上部(A)は母材と類似した組織を示した。右側壁上部(B)では組織が底部から上部へと流動した組織が認められ、側壁中央部(C)は回転数 500rpm において底部に近づくのに伴い微細となったが、回転数 1000rpm ではほぼ全面が微細な組織を示した。また、根元部はいずれも微細な組織であった。

接合界面の微視的組織を Fig.5 に示す。接合界面では回転数 500rpm、摩擦圧力 120MPa の条件で接合界面が最も薄くなり健全な状態であったが、その他の条件には金属間化合物と未接合部が観察された。

突起の硬さ分布を Fig.6 に示す。突起部は熱影響により軟化し、軟化域の幅および軟化割合は摩擦圧力の増加、工具回転数の減少に伴い小さくなった。また、下板の SPCC は全条件で硬さに変化は認められなかった。

突起の引張試験の結果を Fig.7 に示す。引張荷重は回転数の低下に伴い向上する傾向にあり、回転数 500rpm、摩擦圧力 120MPa で約 720N と最高値を示した。また、破断は全条件で突起根元部からの剥離であった。

突起の引張せん断試験の結果を Fig.8 に示す。回転数および摩擦圧力の低下に伴いせん断荷重が増加し、回転数 500rpm、摩擦圧力 90MPa で約 970N と最高値を示した。また、破断は回転数 500rpm、摩擦圧力 90MPa、120MPa で突起根元部から破断となり、その他の条件は突起根元部からの剥離であった。

参考文献

- 1) 野本光輝, 加藤数良: 摩擦接合による 6061 アルミニウム合金への突起生成特性に及ぼす工具形状の影響, 軽金属学会第 115 回秋期大会講演概要 (2008), 411-412.
- 2) 廣瀬一輝, 仲間 大, 加藤数良: 摩擦接合によったリベットの強度に及ぼす押込み深さの影響, 日本機械学会第 18 回機械材料・材料加工技術講演会 CD-ROM 論文集 (2010), 429.

Fig.5 Microstructures of weld interface.($P_1=120\text{MPa}$)

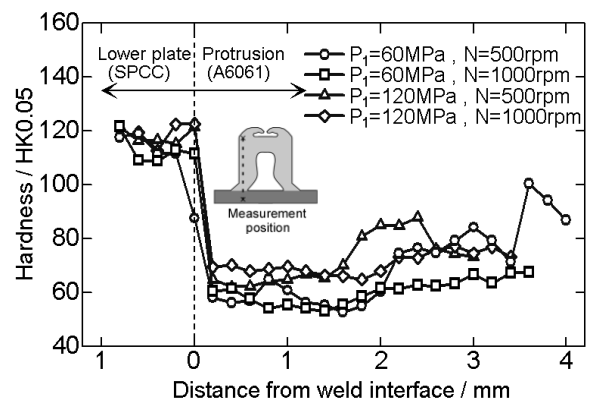


Fig.6 Hardness distributions of protrusion.

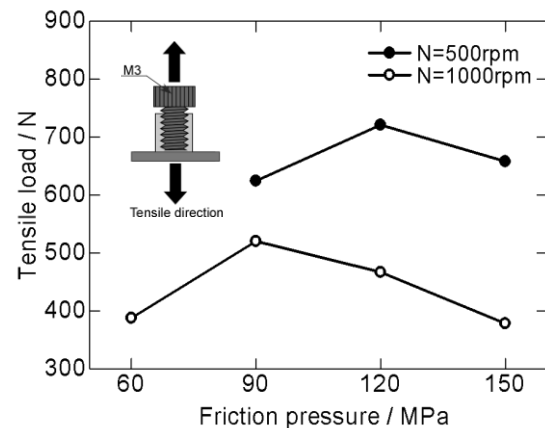


Fig.7 Results of tensile test.

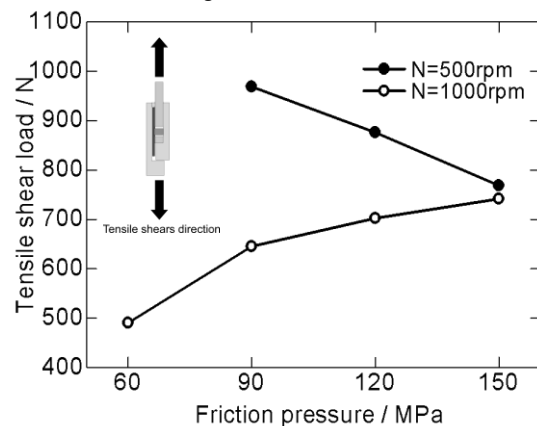


Fig.8 Results of tensile shear test.