摩擦過程の接合条件が 2024 アルミニウム合金摩擦圧接継手の機械的性質に及ぼす影響

1. 緒 言

摩擦圧接は利点も多く,自動車工業,産 業機械工業などの分野に広く用いられて いる.しかし,文献等を参考にして同一条 件で摩擦圧接を行っても同一の結果が得 られないことが多い.このことは,文献等 に示される摩擦圧接条件の多くが,摩擦過 程とアプセット過程の圧力,時間および主 軸回転数のみであり,供試材接触時の表面 状態,あるいは摩擦過程からアプセット過 程への移行時の条件など明らかにされて ない点も多い.また,摩擦圧接時の接合面 の傾きに関する報告^{1),2)}はあるが,接触時 の状態を取り上げた報告は少ないのが現 状である³⁾.

著者らは S35C 炭素鋼丸棒において,初 期接触圧力が機械的性質に影響を及ぼす ことを報告した⁴⁾.しかしながら,アルミニ ウム合金について初期接触圧力と継手強 度の関係に関する報告は少ないのが現状 である.

本研究では、2024 アルミニウム合金の摩 擦圧接において、摩擦過程の初期接触圧力 および摩擦面の表面状態が継手の機械的 性質に及ぼす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 2024-T4 アルミニウム合金丸 棒(直径 20mm)を長さ 80mm に機械加工し, 圧接直前に摩擦面を脱脂洗浄して用いた.

日大生産工(院)	〇小林	直道
日大生産工(院)	荒深	純一
日大生産工	加藤	数良

また, 摩擦面はのこ盤で切断したもの (Sawing) および旋削したもの (Turning) の 2 種類を用いた. 母材の化学組成を Table 1 に機械的性質を Table 2 に示す.

圧接には数値制御全自動摩擦圧接機を 用い Table 3 に示す条件を組合せて接合を 行った.

各継手の外観観察,巨視的および微視的 組織観察,硬さ試験および引張試験を室温 で行なった.引張試験は試験片平行部中央 と接合面を一致させた JIS4 号試験片とし た.得られた継手は,いずれも室温で4日間 の自然時効を行った後に各試験に供した.

Table 1 Chemical compositions of base metal.(mass%)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	AI
0.11	0.26	4.4	0.59	1.5	0.02	0.01	0.02	Bal.

Table 2 Mechanical properties of base metal.

Tensile strength	Elongation	Hardness
(MPa)	(%)	(HV0.3)
571	11.8	144

Table 3 Friction welding conditions.

Rotational speed	Ν	(rpm)	3500
Initial contact pressure	P_{c}	(MPa)	5 , 25 , 45
Friction pressure	P ₁	(MPa)	50
Friction time	t ₁	(s)	3 , 4 , 5
Upset pressure	P_2	(MPa)	100
Upset time	t ₂	(s)	5

Effect of Welding Conditions of Friction Process on Mechanical Properties of Friction Welded 2024 Aluminum Alloy Naomichi KOBAYASHI, Junichi ARAFUKA and Kazuyoshi KATOH



3. 実験結果および考察

Fig.1 に初期接触過程終了後,強制的に分離させたときの回転側接合面を示す.初期接触状態では摩擦面を旋削した場合には外周部より中心部に向かって摩擦が進行し,初期接触圧力 P_c=5MPa では中心部に摩擦されない部分が認められたが,初期接触圧力 P_c=45MPa では全面が摩擦された状態となった.図は示さないが初期接触圧力 P_c=25MPa では両者の中間的様相を呈し,中心部に未摩擦部が認められた.

のこ引きのものは旋削と類似の様相であ るが,初期接触圧力 P_c=5MPa では摩擦面の凹 凸が旋削に比較して大きいために外周部に も未接合部が認められた.

継手外観を Fig.2 に示す. 図中の RS は回 転側, FS は固定側を示す. 初期接触圧力およ び摩擦時間の増加によりばりが増大し, ば りの割れが大きくなる傾向にあった. 旋削 とのこ引き, RS と FS では外観に大きな違い は認められなかった.

全寄り代の測定結果を Fig.3 に示す. 旋削 は, 摩擦時間 3s,4s では初期接触圧力の増 加に伴い全寄り代は大きくなったが, 摩擦 時間5sでは初期接触圧力による全寄り代の











- 6 —



(a)Pc=5MPa







差はわずかであった.また,旋削に比較し, のこ引きが小さくなる傾向を示した.この ことは、摩擦面の粗さがのこ引きが旋削に 比較して粗く, 初期接触圧力に達するまで の時間が短くなることによるものと考える.

巨視的組織を Fig.4 に示す. 巨視的組織は 接合条件に関係なく,継手の回転軸および 接合面を軸として対称の組織を示した.初 期接触圧力が大きい条件では接合部は界面 とほぼ平行となるが,小さい条件では軸心 の両側に凸レンズ状となった.また,摩擦時 間の増加に伴い熱影響部が若干拡大した.

微視的組織を Fig.5 に示す. 接合界面近傍 では繊維状組織が消滅しており,圧接境界 面は明瞭には観察されなかった. 接合面と 平行に微細な組織が認められ摩擦時間の増 加によりその範囲は狭くなった.その外側 にばりの排出方向に流動した組織が観察さ れた.



Fig.7 Hardness distributions of friction welded joint at 4 days after welding.(t₁=3s)



接合直後および接合後4日間経過後の硬 さ分布を Fig.6 に示す. 接合面より約 5mm および約15mmの位置に軟化域が認められた. 接合面では圧接後の時間の経過により母材 と同程度の硬さとなったが, 軟化域では硬 さの回復は認められるものの母材に比較し て低いものであった.また,圧接後4日以

上時間経過しても軟化域の硬さの回復は認められなかった.

接合後4日間経過後の継手中心部の硬さ 分布をFig.7に示す.軟化域の幅は初期接触 圧力が低い条件では若干狭くなったが,摩 擦時間を長くすることによりその差はほと んど認められなくなった.また,旋削と比べ のこ引きが軟化域の幅,割合共に若干減少 する傾向を示した.

接合後4日間経過後の最軟化部の硬さを Fig.8 に示す. 旋削において初期接触圧力の 増加に伴い摩擦時間3sの場合,最軟化部の 値は低くなる傾向を示し,摩擦時間の増加 に伴い変化は少なくなった.のこ引きは, 旋削と比べ最軟化部の硬さは高い値を示した.

引張試験の結果を Fig.9 に示す. 旋削では, 摩擦時間 3s で初期接触圧力の増加に伴い向 上する傾向を示し, 初期接触圧力 45MPa で最 高値 476MPa と, 母材の約 83%の値が得られ た. 摩擦時間 4s, 5s では, 初期接触圧力の 増加に伴い引張強さは低下する傾向を示し た. のこ引きは, 旋削と比較し全条件で低 い値を示した. 伸びはいずれも引張強さと 類似した傾向を示し全条件で母材より低下 した. Fig.10 に引張試験後の外観を示すよ うに試験片の破断は全条件で軟化域で破断 した.

参考文献

- 加藤数良,時末 光:5052 アルミニウム合 金摩擦圧接継手の機械的性質に及ぼす摩 擦面の傾きの影響,軽金属,49 (1999),553-558.
- 2) 蓮井 淳, 内田久史, 奥田高史, 草野雅晴, 金子喜弘, 田山義徳: 摩擦圧接における母 材接合面の傾きの影響, 摩擦圧接, 1-2(199 4), 3-12.
- 3)田中好人,加藤数良,時末 光:5052 アル ミニウム合金摩擦圧接継手の機械的性質



Fig.10 Appearances of tensile tested specimen. (Turning , P_c =45MPa , t_1 =3s)

に及ぼす摩擦条件の影響,平成13年春溶接 学会全国大会講演概要,第68集(2001),252 -253.

4)小林直道,荒深純一,仲間 大,加藤数良:
炭素鋼摩擦圧接継手の機械的性質に及ぼ
す摩擦過程の影響,日本機械学会関東支部
第17期総会講演会講演論文集,No.110-1
(2011),331.