

摩擦スタッドリベット締結法と移乗金属組織の制御

日大生産工(院) ○生田 修一 日大生産工 前田 将克

1. 緒言

セルフピアシングリベット(SPR)は、通常のリベット締結法に必要な穴開け加工が不要であることから近年普及が進んでいる。しかしながら、①リベットを製造するコストがかかる。②リベット状の形や大きさによって対応可能な板厚に制限がある等のデメリットがある¹⁾。これらのデメリットを解決する新たな板材締結技術として、摩擦圧接とリベット締結法を組み合わせた摩擦スタッドリベット締結法(Friction Stud Riveting: FSR)を提案する。FSRは、リベットの通し穴を開けた上板と穴を開けていない下板を重ね、リベット材となる丸棒と下板を摩擦圧接し、最後に回転工具を用いて丸棒の開放端をリベット頭部の形状に摩擦成形することで上板を機械的締結する技術である。FSRは丸棒をリベット頭部の形状にその場で成形させるため、SPRで必要になるリベットを製造する必要がない。さらに首下長さも自在に変更できるため、様々な板厚に対応可能である。著者らはこれまでにFSRの継手にせん断試験を行った結果、上板の通し穴に充填された層状の組織(以下、移乗金属組織)と下板の界面で破断することを報告した²⁾。

本研究では、航空機用リベット材である2024アルミニウム合金(以下、A2024)を用いて航空機構造材料として用いられる7075アルミニウム合金板(以下、A7075)をFSRにて締結し、移乗金属組織の抑制およびその変化が継手の機械的性質に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験方法

供試材として、リベット材には直径10 mmのA2024BE-T4を長さ50 mmに機械加工し用いた。板材には、板厚3 mmのA7075P-T651を用いた。また、上板にはリベット材の通し穴として、JIS B1213に準拠して、直径10.6 mmの穴あけ加工を施した。リベット頭部の成形に用いた回転工具は直径20 mm、SKD61製の丸棒の端面を頭部直径16 mm、頭部高さ7 mmの球面形状に機械加工した。摩擦圧接の接合条件をTable 1に示す。ここで t_b とは、 P_1 加圧からブレーキが作動するまでの時間を示す。圧接した丸棒は上板の上面からの突き出し高さが約15 mmになるように機械加工を施した。リベット頭部の成形条件

Table 1 Friction welding condition.

Parameter	Symbol	[Unit]	Value
Rotational speed	N	[rpm]	4000
Friction pressure	P_1	[MPa]	50
Upset pressure	P_2	[MPa]	100
Heating time	t_1	[s]	1,3,5
Upset time	t_2	[s]	5
Brake time	t_b	[s]	0.5

Table 2 Rivet head forming condition.

Parameter	Symbol	[Unit]	Value
Rotational speed	N	[rpm]	4000
Friction pressure	P_1	[MPa]	100
Pushing length of rotational tool	L_1	[mm]	9

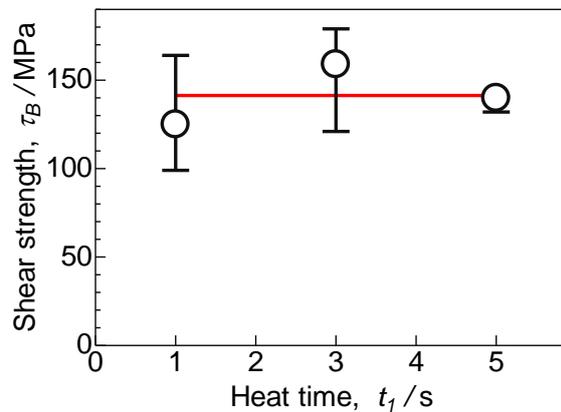
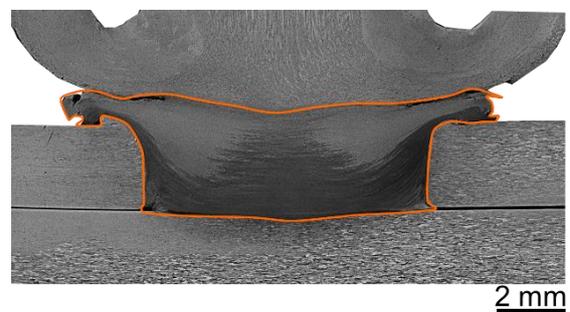


Fig. 1 Relationship between shear strength and heating time.

Fig. 2 Macrostructure and microstructures of FW joint. ($t_1=5s$)

はTable 2に示す。得られた継手の評価を外観観察、断面組織観察、せん断試験にて行った。

3. 実験結果および考察

Fig. 1に継手のせん断強さと摩擦時間(以下、 t_f)の相関を示す。 $t_f=1s, 3s$ いずれの条件もばらつきが大きい、すべての条件で有意の変化がないと考えられる。

Fig. 2に $t_f=5s$ の接合条件で行った頭部成形前の継手の巨視的組織を示す。オレンジ枠で囲われた範囲が移乗金属組織であり、上板の通し穴を充填し、最終摺動面が上板の上面よりも高い位置まで移動していることが確認できる。

Fig. 3に $t_f=1s, 3s, 5s$ の接合条件で行った頭部成形後の継手の巨視的組織を示す。各条件の巨視的組織よりオレンジ枠で囲われた範囲が移乗金属組織である。 $t_f=3s, 5s$ の接合条件では、上板の通し穴を充填し、最終摺動面が上板の上面まで移動していることが確認でき、ほとんど変化がない。一方、 $t_f=1s$ の接合条件では、最終摺動面が上板の通し穴中にとどまっていることが確認できる。これは $t_f=3s, 5s$ の移乗金属組織と比較して、最終摺動面の位置が下がっていることを意味する。このことから摩擦時間を減少させることで移乗金属組織の発生を抑制することができる。しかしながら、いずれの接合条件も上板の通し穴に移乗金属組織がとどまっているため、抑制しきれていない。そこで、上板の通し穴を拡張する、アプセット圧力を増加させる等の対策が必要であると考えられる。また、Fig. 2の $t_f=5s$ の頭部成形前の継手の巨視的組織と頭部成形後の継手の巨視的組織を比較して、変化がないことが確認できる。このことから、移乗金属組織は摩擦成形の工程による影響はないと考えられる。

Fig. 4にせん断試験後の継手の巨視的組織を示す。(a)は $t_f=1s$ 、(b)は $t_f=3s$ である。(a)より、移乗金属組織と下板の界面で破断していることが確認できる。この破断はすべての接合条件で生じる。(b)より、下板に一部の移乗金属組織が残った状態で破断しており、破壊経路が移乗金属組織内であることが確認できる。また、この継手はFig. 2より、 $t_f=3s$ の最も高いせん断強さであったことから、この原因は移乗金属組織内を通過し、破断したためだと考えられる。

参考文献

- 1) 安部洋平ら: 塑性と加工, 50(2009), 941-945.
- 2) 生田修一ら: 溶接学会全国大会講演発表概要, 113(2023), 274-275.

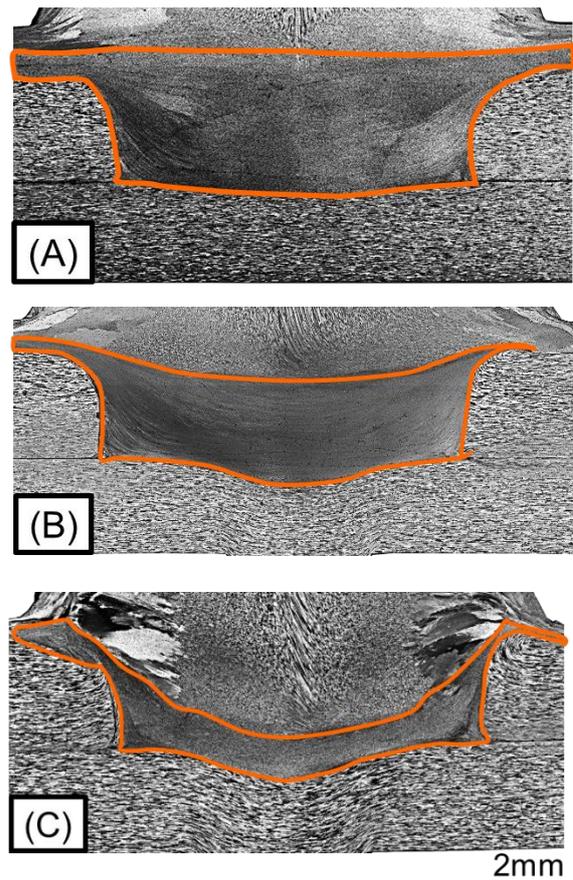


Fig. 3 Macrostructure of FSR joint.
(A): $t_f=5s$, (B): $t_f=3s$, (C): $t_f=1s$

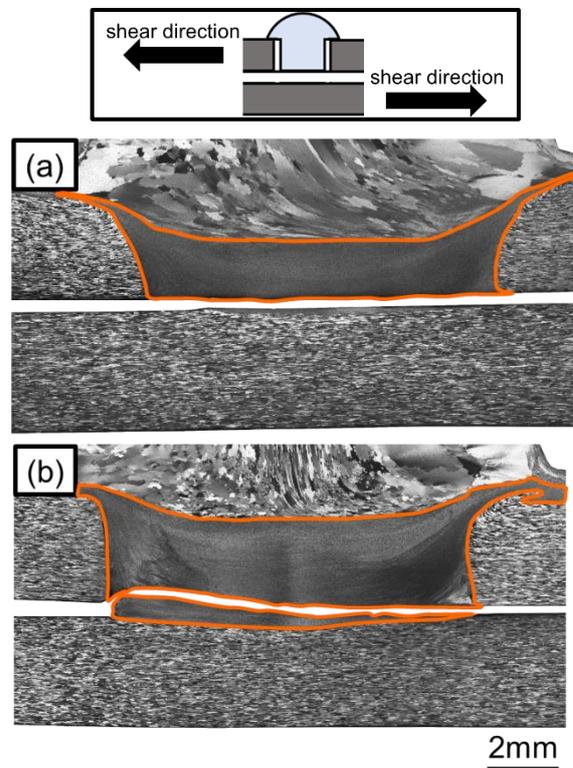


Fig. 4 Macrostructure of FSR joint
after shear test.
(a): $t_f=1s$, (b): $t_f=3s$