

Q-28 FSW（摩擦攪拌接合，Friction Stir Welding）の接合スピードは、遅いようですが、限界はどのくらいですか？ 1000 mm/min で接合することは可能ですか？

A-28 摩擦攪拌接合（以下 FSW という）の接合速度は、次に列挙するような接合時の主な条件によって変わってきます。

- 母材の種類やその板厚
- 接合ツールの材質，形状や寸法
- 継手形状の種類
- 接合時のツール回転速度，ツールへ付加する荷重，及びツールの母材への挿入深さ

Fig. 1 は，ADC12（アルミニウム合金ダイカスト12種）板厚 4 mm を接合荷重一定に制御しながら接合した場合の適正接合条件範囲を示した例です。荷重が大きくなるにつれて，適正条件範囲が広くなり接合速度を高めることが可能です。しかし，ある程度荷重が大きくなると不完全部の発生が起こりにくくなります。荷重依存性は小さくなるので最高接合速度を上げることが難しくなっていきます。接合速度が高すぎる場合は入熱不足や塑性流動異常となり不完全部が発生し接合はできません。また，接合速度が極端に低くツール回転速度が高い場合は入熱過剰な状態になり不完全部が発生しやすくなります。したがって，この母材に対して Fig. 1 の接合条件の例では接合速度 800 mm/min が可能です。

Fig. 2 は代表的なアルミニウム合金である 2024-T6, 5083-O, 6061-T6, 7075-T5 でいずれも板厚 4 mm，ツールのショルダ径 15 mm を使用して母材へのツール挿入深さを制御しながら接合した場合の，ツールの回転速度と接合速度の適正接合条件範囲を示した例です。母材によって適正条件範囲が異なります。2024-T6, 5083-O, 7075-T5 合金は 6061-T6 合金に比べてはるかに接合速度範囲が狭いことが分かります。これらの合金は高温で

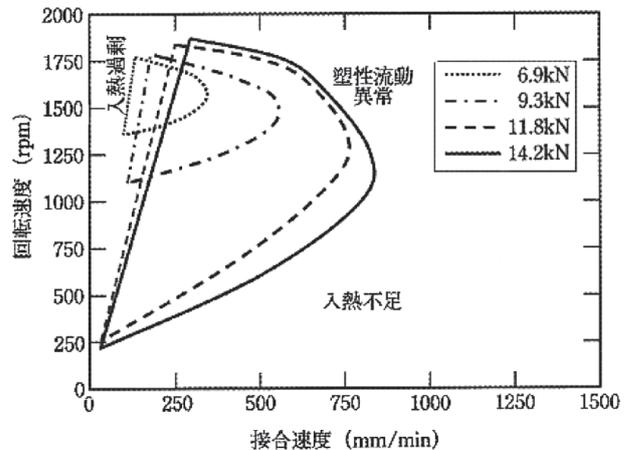


Fig. 1 荷重一定制御の場合の適正接合条件範囲

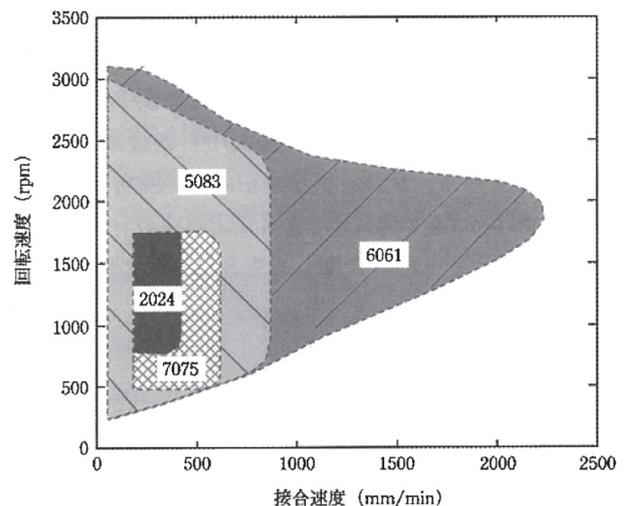


Fig. 2 アルミニウム合金の適正接合条件範囲

の塑性流動性が悪いため，低接合速度でないと健全な継手は得られません。したがって，6061などの6000系合金は板厚 4 mm で接合速度を 2000 mm/min まで高めても不完全部の発生なく平板突合せ継手の接合が可能です。

Fig. 3 は，プローブにらせん状の溝が切っている特別な形状ツールで，高速の接合に適している形状とされています。このツールを用いると，板厚 1.2 mm の場合，通常のネジ溝を設けた円柱状



Fig. 3 特別形状ツール

プローブの約175%の高速化を図ることができ、
 各々の材質において **Table 1** に示した速度で接合
 が可能になります。

また、最近では高融点材料である炭素鋼，IF
 鋼，ステンレス鋼およびモリブデン鋼などの
 FSW も可能となり，それらの接合速度も1000
 mm/min を超える研究報告がされています。

参 考 文 献

「摩擦攪拌接合—FSW のすべて—」 社団法人溶接学会
 編産報出版

Table 1 特別形状ツールを用いた限界接合速度

板厚 (mm)	材 質	限界接合速度 (mm/min)
1.2	2024-T	960
	6013-T4	6000
	7075-T6	720
6.0	2024-T3	480
	5083-H111	570
	6082-T6	2100
	7075-T7	470