インサート材を用いた ADC12 の摩擦攪拌接合継手の機械的性質

に及ぼすインサート材質と幅の影響

日大生産工(院) ○岡崎 諒 日大生産工 前田 将克

1. 緒言

アルミニウム合金ダイカスト材である ADC12 は安価に複雑形状を大量生産できるこ とから,自動車部品に多く適用されている.大 型の部品を製造する際にはより大きなダイカ ストマシンを必要とするが、同時に設備費用と 大きさも増大するため, 接合による一体化を可 能とすることでこの課題を解決することが望 ましい. しかし ADC12 ダイカスト材は、鋳造 欠陥やガス含有量の多さから溶融溶接が困難 とされている. そこで, 低入熱で接合が可能な 摩擦攪拌接合(Friction stir welding: FSW)が提案 される. ADC12 材の FSW では、ツールへの摩 耗負荷軽減が必要となる¹⁾. ADC12 には鋳造 性向上のために 10~12%の Si が含まれている ほか、CuやFeの含有量も多く、硬質相である Si や金属間化合物が混在した多相組織を呈す るためである. その解決には, A6061 等の展伸 材をインサート材として開先に挟むことによ りプローブに接触する ADC12 の投影面積を低 減することが有効であると期待される.一方で, インサート材の使用により接合すべき界面が 2つに増加し、それらを同時に接合するため接 合欠陥を生じやすくなる 2).

本研究では ADC12 に A6061 をインサート材 として挟んで FSW を行い,継手の組織と機械 的性質に及ぼすインサート材質と幅の影響を 検討した.

2. 実験方法

供試材には板厚 3 mm, 長さ 150 mm の ADC12-F 板を幅 68 mm に機械加工したものを 使用した. インサート材には A6061-T6 板を幅 2.0mm, 長さ 150 mm に機械加工したものを使 用した. 供試材の引張強さは, ADC12-F が 310 MPa, A6061-T6 が 317 MPa である. 供試材の 化学組成を Table 1 に示す. 接合は Table 2 に示 す条件で行った. 接合方向は供試材の圧延方向, 湯流れ方向と平行とし, 接合長 110 mm の I 開 先突合せ接合で行った. ツールは合金工具鋼 SKD61 をショルダ径 15 mm, ショルダ角 4°,

Table 1 Chemical compositions of specimen(mass%).

	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Al
ADC12	1.5~ 3.5	9.6~ 12.0	~0.3	~1.0	~1.3	~0.5	~0.5	Bal.
A6061	0.27	0.61	1.1	0.02	0.3	0.06	-	Bal.

Table 2Friction stir welding conditions.

Parameters	Symbo	l (unit)	Value
Rotation speed	N	(rpm)	1200
Welding speed	V	(mm/s)	5, 10
Tilt angle	θ	(°)	3
Preheating time	t	(s)	10
Insert width	В	(mm)	0, 2.0



Fig. 1 The FSW tool used in the present study.



Effect of Insert Material and Width on Mechanical Properties of Friction Stir Welded ADC12 Joints with Insert Material. Ryo OKAZAKI, Masakatsu MAEDA プローブは M5, 長さ 2.7 mm に機械加工した ものを使用した. Fig. 1 にツールの模式図を示 す. ツール回転方向は反時計回りとし,回転方 向と接合方向が同じ側を Advancing side (AS), 反対側を Retreating side (RS)と称する.

得られた継手の評価を光学顕微鏡による断 面組織観察,引張試験,SEM(走査電子顕微鏡) による引張試験片破面観察により行った.

3. 実験結果および考察

Fig. 2に継手強度とインサート材幅の関係を 示す. インサート材幅B=0 mmでは継手強度は 接合速度を変化させても変化しない. B=2.0 mmでは継手強度はB=0 mmよりも低下し,接合 速度の増加に伴い低下量が増加する.

Fig. 3に接合速度V=5, 10 mm/sで接合した継 手の引張試験後の外観を示す.破線はビードの 縁である. V=5 mm/sの条件ではB=0 mm及び2.0 mmの両者ともに母材で破断しており,接合部 の接合欠陥やルートフローでの破断ではない. V=10 mm/sの条件ではB=0 mmにでは母材から 破断しているが,B=2.0 mmではSZ近傍での破 断に変化している.これは,後述するルートフ ローに起因する破断であり,引張試験で強度が 低下した原因である.

Fig. 4にV=10 mm/s, B=0, 2.0 mmの条件で接合した継手の横断面のSZ(撹拌部)の微視的組織を示す.TMAZは熱加工影響部,HAZは熱影響部を表している.SZのAS寄りにおいて,白矢印で示す接合欠陥が確認される.これは流動の終端部に位置することから,材料が終端まで塑性流動し切らないことにより発生する欠陥であると推測される.Fig. 2で確認された強度低下はこの接合欠陥によるものと推測される.

Fig. 5に強度低下が確認されたV=10 mm/s, B=2.0 mmにおける引張試験片の破面の外観お よびSEMで観察した破面を示す.(a)は等倍,(b) は50倍,(c)は500倍に拡大した破面である.底 部において中心部の延性破面とは異なり,全く 塑性変形を伴っていない破面が直線状に確認 される.これは底面の接合未達成部であるルー トフローと推測され,プローブの撹拌が十分に 及んでいないことが原因である.

4. 結言

インサート材幅による機械的性質への影響 は, V=10 mm/s, B=2.0 mmの条件で顕著に低下 し, ルートフローを発生させることが判明した.

参考文献

 H.J. Liu *et al.*: International Journal of Machine Tools & Manufacture 45 (2005) 1635–1639.
高橋正詞:博士学位論文,日本大学 生産工学部, (2022).



tensile testpieces.



Fig. 5 Fractographgs after tensile test of a joint welded at 10 mm/s using 2.0 mm breadth insert.