

摩擦攪拌インクリメンタルフォーミングの加工性の向上に関する研究

デジタルものづくり課 酒井康祐、氷見清和 機能素材加工課 佐藤 智

1. 緒言

薄板金属の成形においてツールを逐次押し付けながら目標の形状を得るインクリメンタルフォーミング(IF)はダイレス塑性加工技術として注目されている。最近では摩擦攪拌現象を利用した摩擦攪拌インクリメンタルフォーミング(FSIF)が開発され、室温で成形性が乏しい Al 合金や Mg 合金に対して IF より優れた成形限界が報告されている。FSIF は大きな摩擦熱を得るために、ツールの回転数や送り速度を変化させて条件の最適化を図っているが、これらの条件は加工装置の特性に依存しているため成形範囲のさらなる拡大が困難である。また、FSIF による成形性向上については、詳細なメカニズムが明らかになっていない。これらの背景から本研究では、ツール形状を変更して摩擦を増大させ、加工性を向上させること、および加工時のメカニズムを解明することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 使用材料

供試材は A5052 および AZ31 を用いた。寸法はともに 100×100×1 mm であり、伸びはそれぞれ 7%、23% である。

2.2 試験および測定方法

A5052 および AZ31 の板の周囲を治具で固定し、摩擦攪拌接合機に先端が直径 6 mm の半球状のツールを取り付けて四角錐台形に張り出し加工を行った。四角錐台形の形状は底面を 40×40 mm、高さを 10 mm として、成形可能な傾斜角(張り出し方向と側面がなす角)を求めることで成形限界を調査した。このとき加工条件はツール回転数と送り速度を変化させながら行った。また、板の裏面から熱画像測定カメラにより加工中の板の温度を測定し、加工条件および成形の成否と最高温度の関係について調査した。メカニズムの解明に関しては、粒径 30 μm のタングステン粉末をトレーサとして板上に添加して加工を行い、成形品の板側面の断面を観察することで加工中に材料が攪拌されているかを確認した。

3. 実験結果および考察

Fig. 1 に加工を行った板を示す。ツールを押し付けた箇所のみが伸び、それ以外の部分の変形はほとんど確認されなかった。

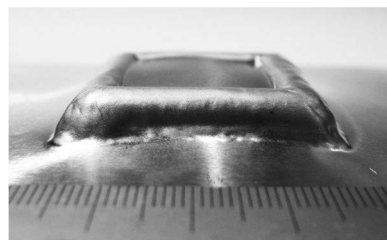


Fig. 1 A5052 formed into a square frustum

Fig. 2 に A5052 におけるツール回転数と傾斜角の関係および加工時の板表面の最高温度を示す。ツール回転数の増加により成形可能な傾斜角の範囲が拡大し、最高温度が上昇した。回転数が高いほど摩擦熱の発生が大きくなったためだと考えられる。Fig. 3 に送り速度と傾斜角の関係を示す。幅広い送り速度の条件において成形可能であり、送り速度が遅いほど板の表面温度が上昇した。成形可能であった条件では板の表面温度は融点の 1/2 程度まで上昇した。板表面温度が上昇するにつれ成形が可能になっており、加工条件および成形の可否と表面温度には

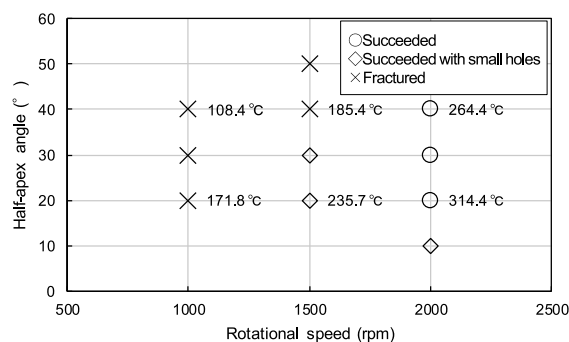


Fig. 2 Relationship between half-apex angle and rotational speed on A5052 (travel speed: 100 mm/min)

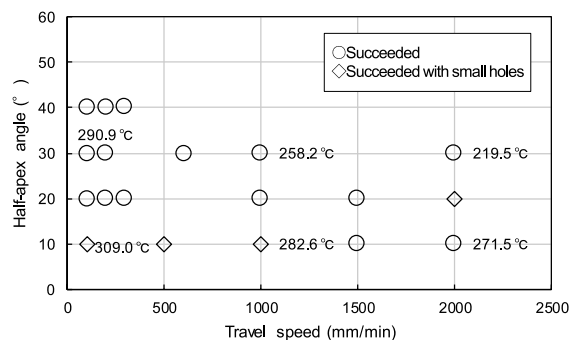


Fig. 3 Relationship between half-apex angle and travel speed on A5052 (rotational speed: 2000 rpm)

相関がみられた。A5052 では 10°の成形限界が確認された。10°の傾斜角は 475 %相当の伸びであり超塑性を示した。

Fig. 4 に AZ31 におけるツール回転数と傾斜角の関係を示す。ツール回転数については A5052 と同様に回転数の増加につれて成形可能な範囲が広がり、最高温度は上昇した。一方、送り速度を変化させた場合 (Fig. 5) は、送り速度の増加に伴い傾斜角が小さな形状の成形ができず成形範囲が狭まった。送り速度が速いため入熱が小さかったためだと考えられる。なお板の表面温度は加工条件

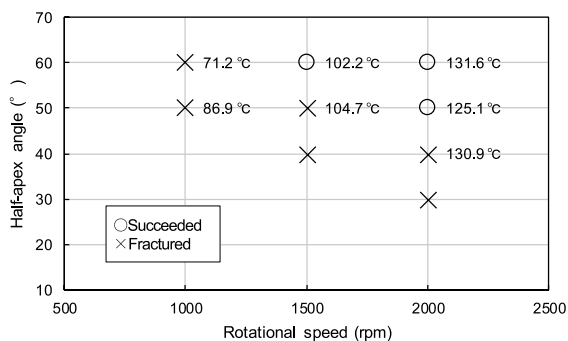


Fig. 4 Relationship between half-apex angle and rotational speed on AZ31 (travel speed: 100 mm/min)

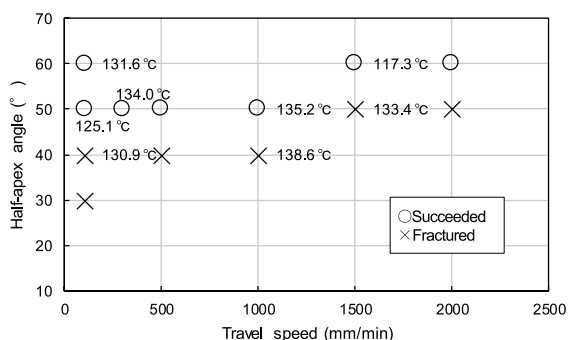


Fig. 5 Relationship between half-apex angle and travel speed on AZ31 (rotational speed: 2000 rpm)

による違いは小さかった。いずれの加工条件の場合も最高温度は 140°C 未満と低かったが、成形の可否と表面温度には一定の相関がみられた。AZ31 では 50°の成形限界が確認された。伸びは 30 %相当である。

Fig. 6 にタングステン粉末をトレーサとして添加し、加工を行った A5052 の張り出し側面の断面の状態を示す。SEM 観察の結果、タングステン粉末が板に入り込んでおり、加工中に板が攪拌されていることが確認された。

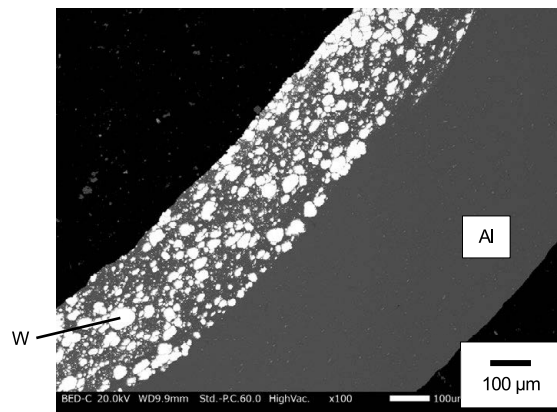


Fig. 6 Cross section of the formed A5052

4. 結言

A5052 および AZ31 に対して先端が半球状のツールを用いて摩擦攪拌インクリメンタルフォーミングを行い、ツール回転数と送り速度を変化させることで A5052 では 10°、AZ31 では 50°の傾斜角の成形が達成された。また加工中は板表面が攪拌されていることが確認された。今後はツール形状を変化させたときの成形限界の調査および超塑性を示すメカニズムの解明を行う予定である。

参考文献

- 1) 大津ら: 塑性と加工, **52** (2011) pp. 490-494
- 2) 大津ら: 塑性と加工, **52** (2011) pp. 710-714

キーワード: 摩擦攪拌インクリメンタルフォーミング、ダイレス加工、張り出し加工

Improvement of Formability in Friction Stir Incremental Forming

Digital Manufacturing Section; Kosuke SAKAI, Kiyokazu HIMI and Masaru SATO

In this study, A5052 sheet and AZ31 sheet were formed into a square frustum by friction stir incremental forming (FSIF) with a hemispherical tool. Forming limit was evaluated by investigating the formable half-apex angle. The forming limits of A5052 and AZ31 were 10° and 50° respectively by optimizing the rotational speed and the travel speed. In addition, it was clarified that the material was stirred during FSIF.