

サポータを用いた摩擦攪拌インクリメンタルフォーミングによる張出し成形

機能素材加工課 酒井康祐 デジタルものづくり課 氷見清和*1

1. 緒言

薄板金属の成形において、摩擦攪拌インクリメンタルフォーミング(FSIF)が開発されている。FSIFは板の周囲を治具で固定してツールを高速回転させて逐次押し付けながら板との間に生じる摩擦熱を利用して目標の形状を得るダイレス加工であり、ツールが押し当てられた面は攪拌され改質される。しかし通常のFSIFでは攪拌される面は内側に凹んだ形状となるため、外側に張出した形状の製品の作製にFSIFを用いた場合、改質等の攪拌の効果が表れない。そこで本研究では、FSIFでの成形時に板に対してツールの反対側にサポータを用いることで、攪拌される板の面が外側に張出した形状に成形を行った。

2. 実験方法

2.1 使用材料

供試材は100×100×1 mmのA5052を用いた。

2.2 試験および測定方法

ツール側に張出した形状に成形するため、Fig. 1に示すように、板の周囲をブランクホルダで固定し板に対してツールの反対側にサポータを設置した。ブランクホルダをガイドに沿わせて上下に動かせる構造にすることで、ツールとブランクホルダのZ方向の位置を同時に変化させながら四角錐台形に成形を行った。ツール及びサポータの先端形状は直径6 mmの半球状である。成形限界を確認するため、四角錐台形は上面を14×14 mmとし、傾斜角(張出し方向と側面がなす角)と成形高さを変化させて成形を行った。加工条件はツール回転数2000 rpm、送り

速度100 mm/minとした。正方形を描くようにツールを移動させた後、Z方向に0.5 mm送る動作を繰り返して成形した。

成形した試料の評価するため、加工部断面の組織観察を行った。さらに硬さ試験及びEBSDでの解析を行った。

3. 実験結果および考察

Fig. 2に成形を行ったA5052の外観を示す。加工時にツールとサポータの干渉を避けるように成形したため、四角錐台形の上面がサポータの先端形状に合わせて丸みを帯びた形状になったが、ツール側に張出した形状が確認された。

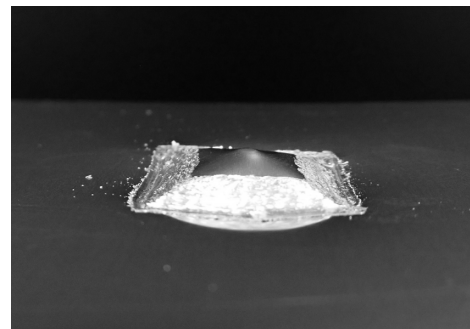


Fig. 2 A5052 formed into a square frustum

Fig. 3に成形高さおよび傾斜角の成形限界の関係を示す。傾斜角が小さい、すなわちより急峻な成形ほど成形可能な高さは小さかった。傾斜角が小さい成形ほど板厚が薄く

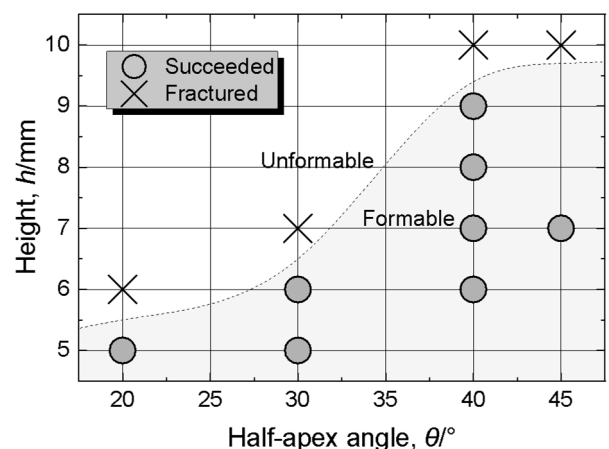


Fig. 3 Relationship between height and half-apex angle on A5052 (rotational speed: 2000 rpm, travel speed: 100 mm/min)

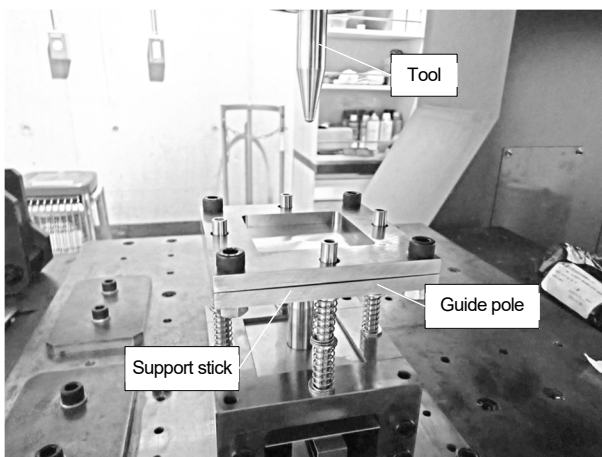


Fig. 1 Jig for FSIF with support stick

*1 現 商工労働部

なる形状であるため破断しやすいと考えられる。

Fig. 4 に加工部の断面観察結果を示す。板厚は 0.5 mm 程度まで薄くなっていた。また、ツールが押し付けられた表面近傍は攪拌されている様子が確認されたが、攪拌された深さは~0.2 mm の範囲でばらつきがあった。これは成形治具のブランクホルダとガイドの間にある治具の構造上の遊びが原因となりツールの当たり方に差が生じたためと考えられる。

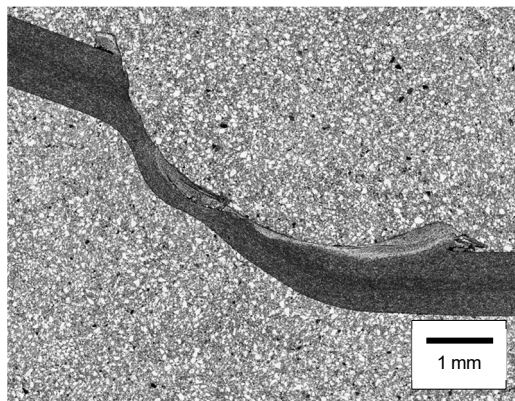


Fig. 4 Cross section of the formed A5052

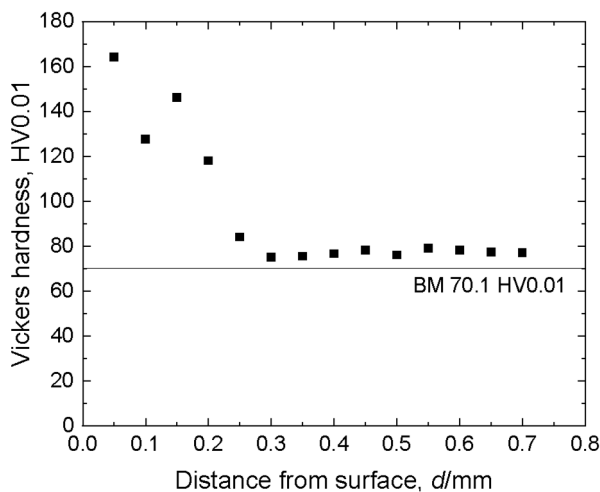


Fig. 5 Vickers hardness

Fig. 5 に加工部表面からの距離とビッカース硬さの関係を示す。表面から 0.2 mm までの位置では硬さが大きく上昇していることが確認された。攪拌されていない領域も母材と比べわずかに硬さが増加しているが、加工硬化のためと考えられる。Fig. 6 に EBSD 解析によって得られた、表面から 0.2 mm までの位置の攪拌部及び母材の粒径分布を示す。母材の結晶の平均粒径はおよそ 18 μ m であったが、加工部の表面近傍の攪拌部は平均粒径が 0.6 μ m 程度まで微細化されていた。ツールによる攪拌によって結晶粒が微細化され、その結果硬さが上昇したと考えられる。

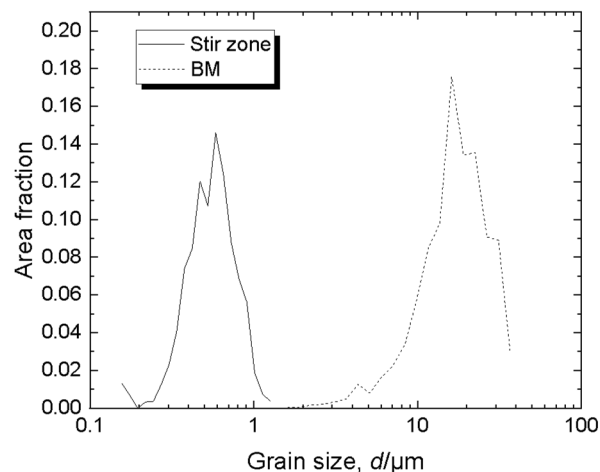


Fig. 6 Grain size chart

4. 結言

A5052 に対してサポータ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、ツール側に張出した形状に成形を行った。加工部は攪拌され、結晶粒が微細化し、硬さが上昇した。改質される面が外側に張出す成形が可能であると確認された。

参考文献

- 1) 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、張出し加工、ダイレス加工

Friction Stir Incremental Forming with Support Stick

Functional Material Processing Section; Kosuke SAKAI and Digital Manufacturing Section; Kiyokazu HIMI*¹

In this study, A5052 sheet was formed into a square frustum overhanging the tool side by friction stir incremental forming (FSIF) with a support stick. Formed area near the surface was stirred and the hardness increased. The grain size in the stir zone changed from 18 μ m to less than 1 μ m. This result is considered to be the cause of the increase in hardness.