

# 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、柿内茂樹

## 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。また、成形部分は板厚が薄くなるため強度の低下が問題となるため、改質用粉末を用いて成形することで粉末の攪拌部への分散を図り複合化による強化を試みた。

## 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。また、改質用粉末として粒径1 μmのSiC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成形を行う機構である。ツールの材質はSKD61であり先端形状は直径6 mmの半球状である。成形する

形状は上面が14×14 mm、高さが6 mm、傾斜角(張出し方向と側面がなす角)が30°の四角錐台形とした。マシニングセンタを用いて、成形条件はツール回転数8000~12000 rpm、送り速度100~3000 mm/minの範囲で変化させた。上面から正方形を描く動きを1工程として、1工程ごとにZ方向に0.5 mm送る動作を繰り返して成形した。改質用粉末は板上に直に置いた。

成形した試料の評価するため、成形部の断面を切り出し、観察及び硬さ試験、粒径の測定を行った。

## 3. 実験結果および考察

Fig. 2にツール回転数と送り速度による成形の可否を示す。500 mm/minまでの送り速度では成形途中で穴が開き破断に至ったが、1000 mm/min以上の送り速度では成形が可能であった。Fig. 3に断面の光学顕微鏡写真、Fig. 4にSEM-EDSによる元素マッピングの結果を示す。成形

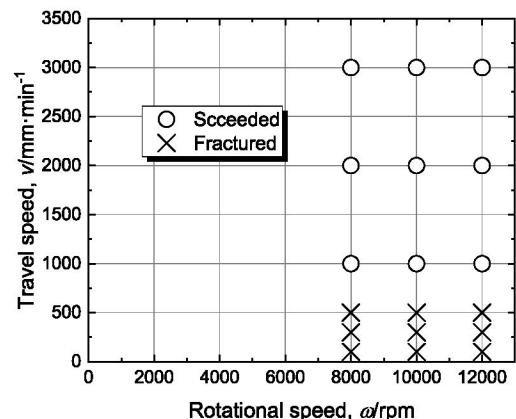


Fig. 2 Relationship between rotational speed and travel speed

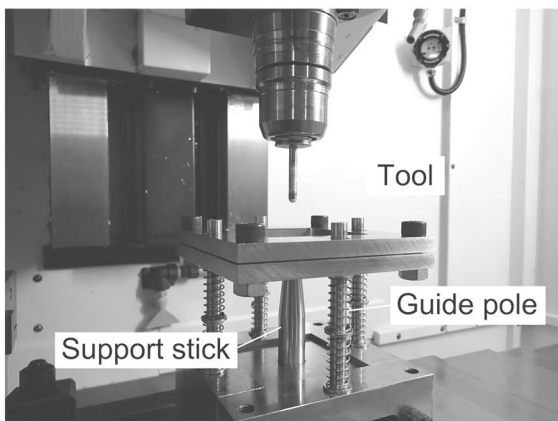


Fig. 1 Jig for FSIF with support stick

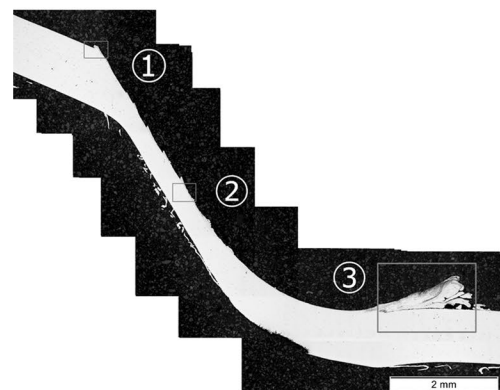


Fig. 3 Cross section of formed A5052 (Rotational speed: 12000 rpm, Travel speed: 1000 mm/min)

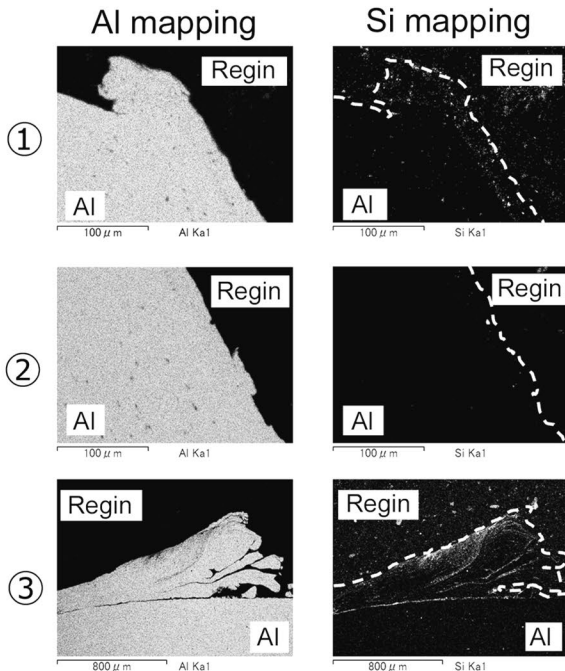


Fig. 4 Element mapping of Fig. 3

の開始と終了の位置 (Fig. 3①及び③) にはバリが見られ、その一部には SiC が入り込んでいたが、中間部分には認められなかった。成形中に粉末の飛散は確認されなかったものの、粉末は板上にそのまま載せただけであることと、治具の構造上、若干の遊びがあるため粉末がツールによって押しのけられただけで Al 中に十分に入り込まなかったためと考えられる。

Fig. 5 に成形部表面からの距離とビッカース硬さの関係を、Fig. 6 に成形部の粒径分布を示す。母材に比べて成形部は硬さの上昇がみられるが、ツール回転数、送り速度による大きな違いはなく、75 HV 前後で一定であった。粒径については送り速度が遅いほど母材に比べて微細化していた。攪拌される時間が長いためと考えられる。この結晶粒微細化によって硬さが上昇したと考えられる。

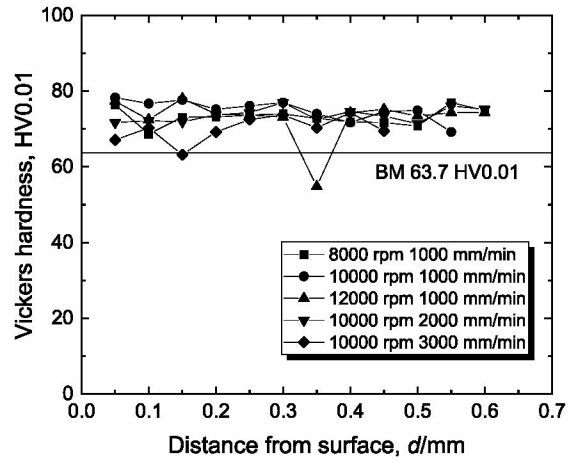


Fig. 5 Vickers hardness

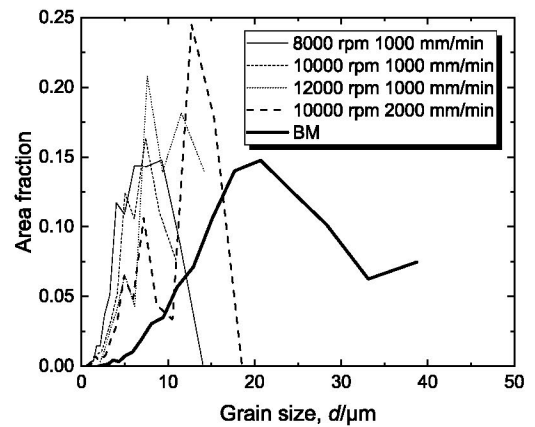


Fig. 6 Grain size chart

#### 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、SiC 粉末を用いてツール側に張出した形状に成形を行った。成形部は結晶粒微細化により硬さの上昇が確認された。複合化による改質については粉末の固定化が今後の課題である。

#### 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 Shigeki KAKIUCHI

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. In addition, it was formed with SiC powder to increase the strength of the formed area by composite. There was almost no powder left in the formed area but the hardness increased and the grain size became smaller than base material. This result is considered to be the cause of the increase in hardness.