

難加工材の 3 次元精密順送プレス技術の開発

行武 栄太郎*

1. はじめに

近年、地球温暖化を危惧し環境負荷を小さくするため、車輛等の軽量化が急務である。特に自動車産業では車体軽量化を目的とし鋳造製品から展伸材のプレス製品へのシフトが進んでいる。しかし、鋳造製品のように様々な形状の突起をプレス加工で成形するには個別に作製した突起部を溶接等で接合しなければならず、工程数、部品点数が増加し、その結果コスト高になる。

そこで、工業技術センターでは、文房具、主にパイプの金属部品をプレス製造している山野井精機㈱と共同で家電内装部品や携帯電子機器カバー部品をターゲットとし、常温かつ短時間で 3 次元の突起を難加工材（マグネシウム合金、アルミニウム合金）に成形する精密順送プレス技術の開発を行った。

本研究事業は平成 19～21 年度経済産業省戦略的基盤技術高度化事業からの委託事業である。

2. 目的

マグネシウム合金への突起成形には一般的にダイカストや熱間鍛造が用いられている。ダイカストでは歩留が悪く、熱間鍛造では金型及び加工材料を 300℃以上に加熱し、加工速度も遅いため生産効率が悪く、大型設備の導入が必要で多額の設備投資が掛かる。そこで、本研究開発では、マグネシウム展伸材への突起成形を汎用機械を用い、素材、金型の外部加熱無しに常温大気中で高速成形する成形加工技術開発を行う。高さ 3mm 以上、直径 $\phi 3$ mm 以上の中実及び中空突起を 1 秒以内に展伸材に形成することを目標とした。

3. 研究内容

3.1 突起成形方法

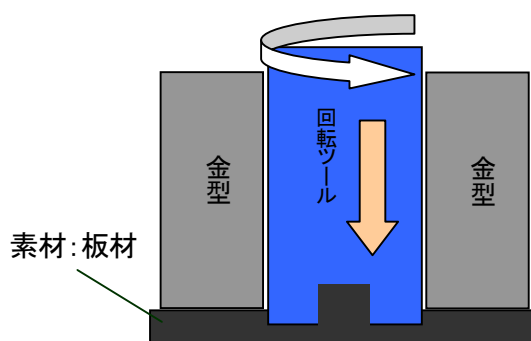


図 1 突起成形方法

供試材には、マグネシウム合金（AZ31, AZ61, ZK61）アルミニウム合金（1000 系、2000 系、5000 系、6000 系、7000 系）を用いて $\phi 3 \sim \phi 8$ 、高さ 1mm～5mm の突起成形試験を行った。突起成形方法を図 1 に示す。高速で回転する回転ツールを各供試材へ押しあて突起成形を行った。回転数、押し込み速度、押し込み量を変化させ、各条件で連続 5 回突起成形を行った。

4. 研究結果と考察

4.1 突起部外観

図 2 にマグネシウム合金（AZ31）へ形状の異なる突起成形を連続的に行った際に得られた突起部外観写真を示す。



図 2 形状の異なる突起成形

回転ツールの押し込み量を増加させると、突起成形高さが増加する。押し込み量 0.1mm ではほとんど突起部が形成されないが、0.3mm 以上では約 2mm の円筒状の突起が形成される。押し込み量 0.5mm では 5mm 以上の円筒状の突起が形成された。突起部成形後のバリの発生状況は、回転ツール外周に約 0.5mm 盛り上がったバリが各条件で発生する。回転ツールへのバリの凝着が確認されたが、その凝着量 0.1mm 以下と小さい。最適回転数、押し込み速度は供試材ごとに異なる。

突起部成形後の裏面の状態は、突起部高さが増加するにつれ円錐状の引けが観察された。引けの深さは、0～3mm と各条件で異なる。また、裏面には熱の影響を受けたと思われる変色が確認された。図 3 に裏面の引けを示す。



図 3 裏面引け

4.2 突起成形部組織観察

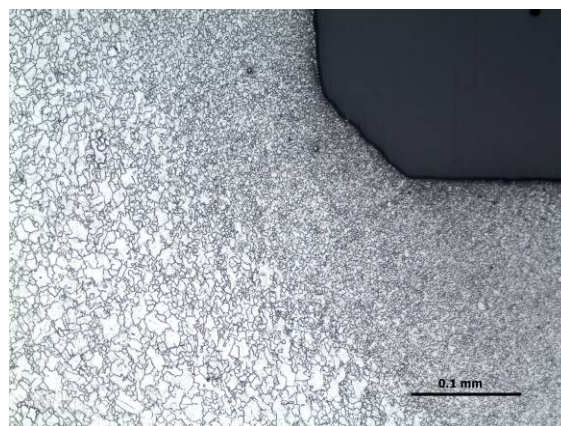


図 4 摩擦攪拌表面

図 4 に回転ツールとの接触面の組織観察写真を示す。回転ツールと接している箇所の結晶粒径は摩擦攪拌（強加工）により微細化され、1～5 μm 程度の結晶粒が表面から 300 μm の厚さで摩擦攪拌部全体に有することが観察された。また、マグネシウム材料では強加工及び摩擦熱により動的再結晶が活発に起き、変形抵

抗が低下することで、大きな変形を伴う成形加工が比較的小さな加工負荷かつ短時間で可能となる。

4.3 穴アリ突起部成形

図 5 に突起部中心に穴のある突起部成形をマグネシウム合金 (AZ31) に行った外観写真を示す。形状は外径 $\phi 5$ 、高さ約 5mm の中心に約 $\phi 2$ の穴のあいた突起部を 1 行程 1 秒以内で成形した。写真では突起部成形後、内部に M3 のねじ山を加工した。中心穴を突起部成形と同時にすることで、裏面に発生する引けを結果的に押し潰すため、裏面の引けが無くなり (図 6)、内部組織も微細組織を有し緻密となった。図 7 に中空突起断面写真を示す。中空突起部では、内部ピンの影響で素材と回転ツールとの接触面積が増加することで摩擦攪拌領域が増え突起部全体が微細化された。



図 5 穴アリ突起部



図 6 裏面引け

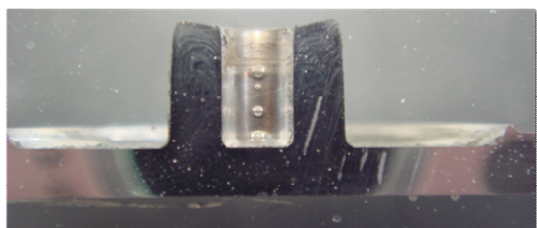


図 7 中空突起断面写真

4.4 突起部引張試験

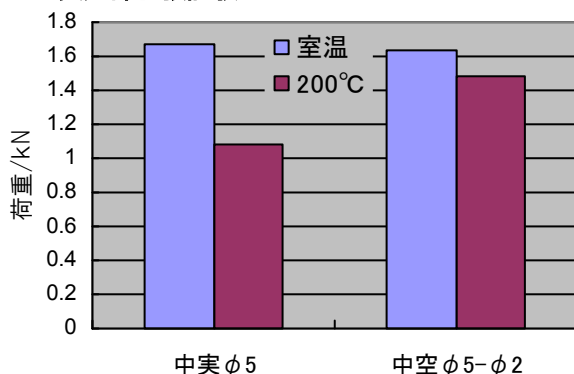


図 8 突起部引張強度

マグネシウム合金 (AZ31) 突起部引張試験結果を図 8 に示す。試験温度、常温、200°C、引張速度 1mm/min で引張試験を行った。突起部にねじ山加工を突起部成形後に行い、治具をねじ込み引張試験を行った。最大引張荷重約 1.6kN 以上 (中空、中実突起) を示した。これは、スタッド接合と比べ 40% 以上接合強度が高く、母材強度と同等であり摩擦熱を用いた突起成形による強度低下はほとんどない。これは、摩擦攪拌による結晶組織微細化が起因している。試験温度 200°C でも母

材同等の強度を示した。

4.5 プレス加工によるカバー試作例

図 9 に電子機器カバー試作例を示す。厚さ 2mm のマグネシウム展伸材 (AZ31) をブランクに加工後、本開発技術を用いて 4 隅に外径 $\phi 5$ 、高さ 5mm の中心に $\phi 3$ の穴のあいた突起を成形した。突起成形後、サーボプレスで深さ 10mm の温間絞り加工 (250°C 以上) を行いカバーを試作した。潤滑油を一切使用しないため成形後の洗浄が容易となり表面処理が行いやすい。



図 9 電子機器カバー試作

5. まとめ

本開発技術では汎用機械工作機を用い、被加工材に高速回転ツールを押しあて摩擦熱を発生させ材料表面温度を上げ、変形抵抗を低下させ、摩擦攪拌により被加工材の結晶粒を微細化することで塑性流動性が向上し、固相状態において成形加工時間 1 秒以内で高さ 1mm 以上、直径 $\phi 2\text{mm}$ 以上の 3 次元突起成形を実現した。これにより、ヒーター等による外部金型加熱を必要とせず各種 (マグネシウム合金、アルミニウム合金等) 展伸材への直接突起成形加工が可能となり、部品点数削減、生産効率向上を実現した。下記に本開発技術の特長を示す。

- 1) 成形速度が速い
(ボス形状: $\phi 5$ 、高さ 5mm 以上 $\rightarrow 0.6$ 秒以下)
- 2) 強度低下なし (母材と同等)
- 3) 各種素材に適応可能 (特に Mg に有効)
- 4) 常温で成形可能
- 5) 各サイズのボス成形可能
(直径: $\phi 2 \sim 10$ 、高さ: 1 ~ 10mm)
- 6) 潤滑剤不要

6. 今後の課題

本開発技術は情報携帯端末の基盤部品、自動車電子機器ケース及びカバー等のプレス加工部品への応用展開が可能であり、展伸材からの一体成形のため高い強度、信頼性を有する。よって、新幹線、航空機等の高信頼性を必要とする部品への展開も期待できる。現在、1 工程でねじ山を有する突起成形も可能であり、削りかす等が発生しない利点がある。しかし、突起成形とプレス加工を個々に行うため量産性に欠ける。そこで、マシニングセンター等を用い、ドリルのように回転ツールを交換するだけで種々の突起形状 (直径: $\phi 2 \sim \phi 10$ 、高さ: 1 ~ 10mm) を任意の箇所に連続成形させることが今後の課題である。