摩擦接合によった 6061 アルミニウム合金突起の強度特性に及ぼす生成条件の影響

日大生産工 〇仲間 大 日大生産工 加藤 数良

1. 緒 言

近年著しく需要が増加しているノート型パ ソコンや携帯電話等のモバイル機器では内蔵 する部品と筐体はボルト・ナットやリベットに よる機械的接合が多用されている.ねじ部のよ うな突起は塑性加工やプロジェクション溶接, 抵抗スポット溶接などによるのが一般的であ るが,コストや製造工数の増加などの問題があ る.著者らが提案した摩擦接合を利用した突起 生成法¹⁾は,比較的簡単な設備で短時間に突起 生成が可能であり,AZ31 マグネシウム合金を 用いた実験では生成条件を選定することによ り良好な結果が得られている²⁾.

本研究では,摩擦接合を利用した突起生成法 をマグネシウム合金より延性が高く需要も大 きいアルミニウム合金に適用し,回転工具形状, 主として工具外径を変化させた場合の突起生 成の可否とその強度について検討した.

2. 供試材および実験条件

供試材には,基材,突起部とする素材ともに 市販の6061-T6合金板(板厚1.0mm,σB=302MPa, δ=13.0%,121HK0.05)を用い,□30mmに機械 加工し,加工面を脱脂洗浄後実験に供した.

実験にはマイクロ摩擦圧接機を使用した.回 転工具は合金工具鋼(SKD61)製とし,突起部に M3の雌ねじ加工を行うことを想定して,回転 工具の内径を4mm一定とし,回転工具外径を5 ~9mmと変化させた.工具先端の形状はFig.1 に示す2種類の形状とした.加工条件をTable 1

に示す.

得られた突起部の外観観察,組織観察,硬さ 試験および引張試験を行った.引張試験は突起 部に M3 のねじ加工を行い,治具を用いて室温 で試験した.

3. 実験結果および考察

生成条件による突起の外観観察により判定 した突起の生成可能限界を Fig.2 に示す.工具 形状による生成限界は Straight に比較して Chamfering が広くなることが明らかとなった. また Straight では図中の黒塗りで示した条件



| Inner diameter | dı | (mm) | 4 |
|----------------|----|------|-----|
| Outer diameter | do | (mm) | 5~9 |

Fig.1 Shapes and dimensions of rotational tool.

| Table 1 | Protrusion 1 | forming | conditions. |
|---------|--------------|---------|-------------|
| | | | |

| | | - | |
|-----------------------|---|---------|---------|
| Peripheral velocity | U | (m/min) | 100~350 |
| Friction pressure | Ρ | (MPa) | 30 |
| Pushing depth of tool | t | (mm) | 1 |
| | | | |

Effect of Formation Conditions on Mechanical Properties of 6061 Aluminum Alloy Protrusion by Friction Welding Dai NAKAMA and Kazuyoshi KATOH で基材が突起内に持ち上げられる現象が認め られた.その大きさは回転工具外径の増加に伴 い大きくなった, Chamfering ではこのような現 象はほとんど認められなかった.

Fig.3 に突起部中心の高さを測定した結果を 示す. 突起部高さには周速度の影響はほとんど 認められないが,回転工具外径の増加に伴い高 くなった. このことは,回転工具外径の増加は 摩擦発熱量および,回転工具端面により押し出 される素材の量が増大するため, Chamfering は Straight と比較して突起高さは若干低くな ったのは,回転工具内側に面取りを行っている ために端面の面積が Straight に比較して小さ くなるためである.

外観を Fig.4 に示す.工具形状に関係なく突 起形状は回転工具内面と類似した状態であり, 突起部側面には回転工具による擦過痕が残存 した.突起先端部外周には,ばりが認められた. これらの傾向は AZ31 合金による結果²¹と大差 なかった.基材裏面には熱影響による変色が認 められ,変色の程度は回転工具外径の増加によ り大きくなった.

先に示したように、Straight に見られた基 材の変形は、外形と周速度の増加に伴い大きく なることは明らかである.

Straight Chamfering - X X X X X E 300 XXXXX A1250 200 200 $\Delta X X X$ 000 X Peripheral 150 00 х X X X X 100 00 XX 50 5 6 8 9 6 5 8 9 Outer diameter / mm O :good ,
good with dent, △ :clack , ▲ :clack with dent, × :bad





Fig.3 Relation between outer diameter and height of protrusion.





Fig.5 に突起中央部横断面の巨視的および微



Fig.5 Macro- and micro structures of protrusion.(U=200m/min)

視的組織を示す.工具形状に係わらず突起内部 は空洞であり、その空洞部の体積は Straight では工具外径の影響が少ないのに対し、 Chamfering では工具外径の増加に伴い小さく なった.

突起上部の肉厚は母材と同程度であった. 突 起側面の肉厚は Straight では上部から底部へ 近づくのに伴い徐々に減少したのに対し, Chamfering では, $d_0=\phi7$ 以上では肉厚の減少 は少なく, その厚さは外径を大きくするのに伴 い厚くなった.

微視的組織では突起肩部においては底部か ら上部への組織の流動が認められた.突起底部 では突起と基材の界面が一部消滅した状態で あった.

Fig.6 に突起部側面の硬さ試験結果を示す. Straight, Chamfering ともに突起部の硬さは 母材硬さに比較して軟化し,最軟化部は基材と 突起部の界面部であり,突起側面の界面より約 1mm 離れた部分と突起上部に軟化割合の少な



(U=200m/min)

い範囲が観察された.また,突起部直下の基材 は軟化しており,生成条件による軟化割合の差 は少なかった.

Fig.7 に基材の硬さ試験結果を示す.基材の 硬さは母材に比べ軟化しており,軟化部の硬さ は全条件で同程度の値を示した.また,全条件 で基材は工具外径に対応した範囲で軟化域が 認められ, Straight, Chamfering ともに周速 度の増加に伴い軟化域がわずかに広がった.図 には示さないが,突起部上部の硬さは,基材の 最軟化部と同等の値を示した.

Fig.8 に引張試験結果を, Fig.9 に引張試験後 の試験片の外観の一例を示す.工具外形が大き くなると, 突起部側面の肉厚が厚くなるために 引張荷重は大きくなった. Chamfering は Straight に比較して引張荷重が高く,工具外 径 7mm では約 2 倍の引張荷重が得られた.工具 の形状,外径に係わらず U=150m/min で,引張 荷重の最大値を示し,最大値は Chamfering の $d_0=\phi7$ mm, U=150m/min の 1237N であった.

破断位置は引張荷重が 1200N 以下の試験片 では突起部側面底部の薄肉部であったのに対 し, 1200N 以上を示した Chamfering の $d_0=\phi7$ mm, U=150m/min では, 突起内部のねじが破断 した.このことより, 突起部と基材との接合強 度は 1200N 以上あると考えられる.

4. まとめ

摩擦接合によったアルミニウム合金突起の 強度特性に及ぼす生成条件の影響について検 討した結果,次のことが明らかとなった.

- 2)突起生成可能範囲は工具形状で差が認められ、Straightに比べChamferingがより広範囲の条件で良好な突起が生成可能であった.
- 2) 突起部は母材に比較して軟化しており界面 が最も軟化した. 基材の軟化域は Chamfering, Straight とも回転工具に対応した範囲であ った.
- 3) 突起部の最大引張荷重は、Chamfering、d₀= φ7mm,U=150m/minで約1237Nの値であった.

参考文献

- 1) 加藤数良:特開 2009-107006.
- 2) 嵐田裕樹,加藤数良;摩擦圧接による AZ31 マグネシウム合金板への突起部の生成,軽金 属学会第 113 回秋期大会講演概要(2007), 395-396.



Fig.7 Hardness distributions of base plate. (U=200m/min)



Fig.8 Results of tensile test.



Fig.9 Appearances of tensile tested specimens. (Chamfering,d₀=7mm)