

## 摩擦接合によった AZ61 マグネシウム合金突起のリベットへの応用

日大生産工（院）○廣瀬 一輝  
日大生産工 仲間 大  
日大生産工 加藤 数良

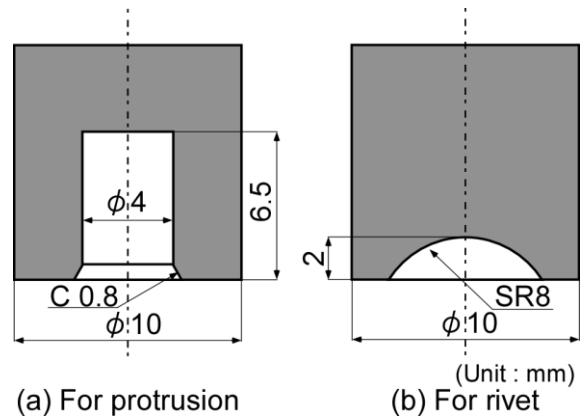
### 1. 緒 言

著者等は、モバイル機器などの組立に必要な筐体のねじ部となる突起の生成法として摩擦接合による方法を提案し、AZ31 マグネシウム合金、6061 アルミニウム合金を用いて検討した結果、適正な生成条件を選定することにより突起生成が可能なることを報告した<sup>1) 2)</sup>。しかし、従来の方法では得られた突起内部に空洞が生じるため強度は充分とはいえないのが現状である。また、実用的にはその突起に部品を取り付けるためのネジ加工が必要となる。さらに分解が不要の場合には生成した突起をリベットとして使用することが考えられる。

本研究では AZ61 マグネシウム合金を用いて突起生成時に空洞を生じないようにする方法の一つとして、突起の高さを制限することにより空洞を消滅させる方法と、生成した突起を利用した摩擦接合によるリベット法の工具押込量がリベットの強度に及ぼす影響について検討した。

### 2. 実験方法

供試材には AZ61 マグネシウム合金押出板(板厚 1.4mm,  $\sigma_b = 309\text{MPa}$ ,  $\delta = 14.4\%$ , 50.3HK0.05)を長さ 30mm, 幅 30mm に機械加工したものを用いた。突起生成及びリベット加工に用いた回転工具の形状を Fig.1 に、それぞれの加工のプロセスを Fig.2 に示す。突起生成条件は、従来法により予備実験を行った結果、Fig.3 に示す条件範囲で突起生成が可能であり、引張試験の結果より最高引張荷重が得られた工具回転数 4000rpm, 摩擦圧力及びアプセット圧力 60MPa,



(a) For protrusion

(b) For rivet

Fig.1 Shapes and dimensions of tool.

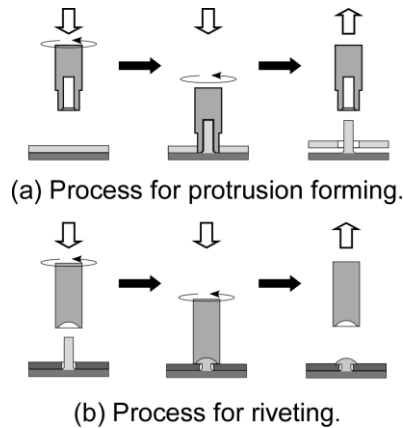


Fig.2 Schematic illustrations of protrusion forming and riveting process.

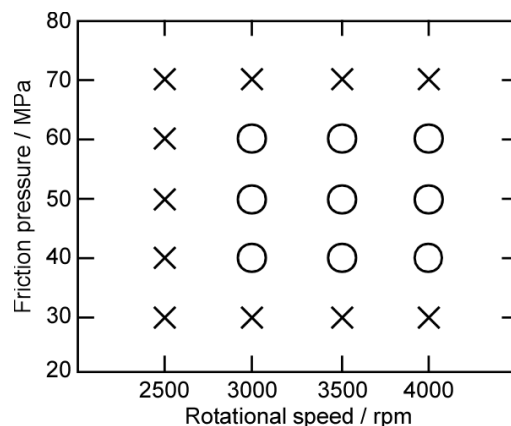


Fig.3 Results of protrusion forming.

Application of Rivets of Protrusion of AZ61 Magnesium Alloy by Friction Welding

Kazuki HIROSE, Dai NAKAMA and Kazuyosi KATOH

アプセット保持時間 1s, 工具押込み量は使用した供試材の板厚と同一の 1.4mm とした. 回転工具は穴深さ  $h$  を 6 ~ 7.2mm に加工した SUS304 ステンレス鋼製とした. 工具穴深さ 7.2mm は回転工具により押し出した素材が全て直径 4mm の突起となると仮定して求めた値である.

リベット加工の加工条件は予備実験より工具回転数 6000rpm, 工具押込み推力 3.0kN とした. 回転工具の押込み量は突起の高さと重ね合わせる板厚の差を基準とし, 0.1mm ~ 0.5mm 大きくした条件とした.

得られた突起及びリベットの外観観察, 組織観察, 硬さ試験, 引張試験を室温で行った.

### 3. 実験結果

#### 3. 1 突起部の性質

突起の外観を Fig.4 に示す. 突起頂部の形状は工具穴深さが 6.5mm までは平坦であったが, 工具穴深さ 7mm 以上では壁面の流動が大きくなるために凹みが生じ, 工具穴深さが増加するのに伴い凹み深さが増大した. 下板裏面は従来法ではわずかに変形が認められていたが, 本実験の回転工具を用いたものは下板裏面に変形は認められなかった.

巨視的組織および微視的組織を Fig.5 に示す. 巨視的組織では工具穴深さ 6.5mm 以下の条件では空洞は認められなかった. また, 工具穴深さ 7mm 以上では突起中央部に空洞が認められたが, 高さ制限のない回転工具を用いた場合に比較して空洞は減少した.

突起上部の微視的組織はいずれも母材と比較して若干微細な組織を示した. このことは, 突起根元部中央ではその生成過程により変形を受ける割合が小さいこと, 根元部では突起上部への流動に加えて工具穴深さを制限したためであると考えられる.

硬さ試験の結果を Fig.6 に示す. 上板と下板の界面近傍では, 下板および突起部ともに生成時の熱影響により軟化した. 突起部では界面より離れるのに伴い硬さは増加し, 界面より約 3mm の位置で最高値を示した. 突起頂部近傍で

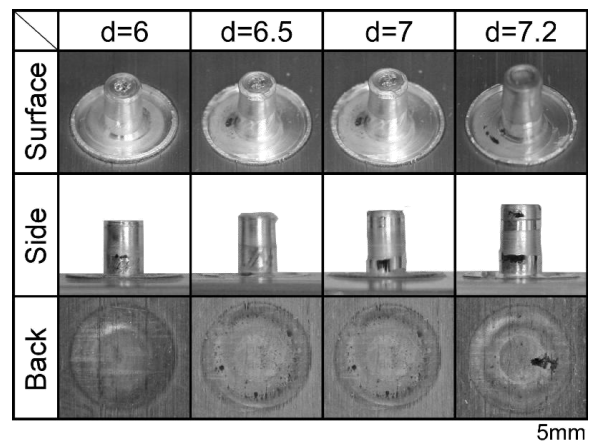


Fig.4 Appearances of protrusion.

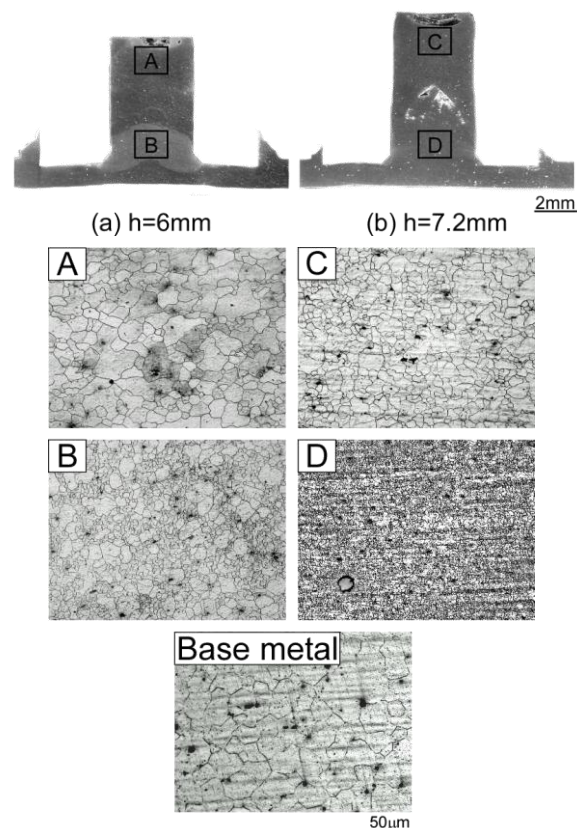


Fig.5 Macro - and microstructures of protrusion.

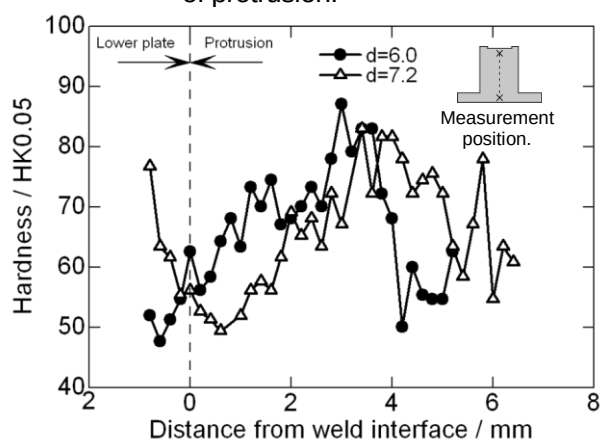


Fig.6 Hardness distributions of protrusion.

は突起生成時の変形が小さく熱影響により母材と同程度の値であった。

引張試験の結果を Fig.7 に、引張破断部を Fig.8 に示す。引張試験は得られた突起に M3 のねじ加工を行い引張試験片とした。引張荷重は工具穴深さの増加に伴い低下する傾向にあり、工具穴深さ 7 mm で約 800 N と最低値を示した。突起頂部にへこみが認められなかった工具穴深さ 6.5 mm 以下では、約 1400 N と高い引張荷重が得られた。

破断形態は工具穴深さ 7 mm の条件は Fig. 8(b) に示すねじ部からの破断であったが、他は Fig. 8(a) に示すような下板から破断するプラグ破断であった。

せん断引張試験の結果を Fig.9 に引張破断面を Fig.10 に示す。せん断引張強さは十字引張試験と同様に工具穴深さ 7 mm の条件で約 600 N と最低値を示したが、その他の条件では工具穴深さが増加するに伴い増加する傾向が認められ、工具穴深さ 7.2 mm の条件で最高値となり約 1100 N を示した。せん断引張試験の破断は全条件で突起根元からの破断であった。

### 3. 2 リベット部の性質

リベットの外観を Fig.11 に示す。リベット上面は押込量が大きくなるほどリベットの周りに回転工具の接した痕跡が観察された。裏面には押込量による差は明確には認められなかった。

リベット部の巨視的組織及び微視的組織を Fig.12 に示す。巨視的組織は、押込量が大きくなるとリベット外周部は平坦になり、リベットと上板との間の空洞が小さくなった。

リベット上部の微視的組織は、母材と比較して全条件で微細となった。また、リベット外周部においても組織は微細となり、リベット中央から外側に向けて組織の流動が認められた。

硬さ試験の結果を Fig.13 に示す。全条件で硬さは上板を重ねた部分およびリベット部は母材部と比較して高い硬さを示したが、突起接合部は硬さの変化はわずかであった。

十字引張試験の結果を Fig.14 に破断面外観

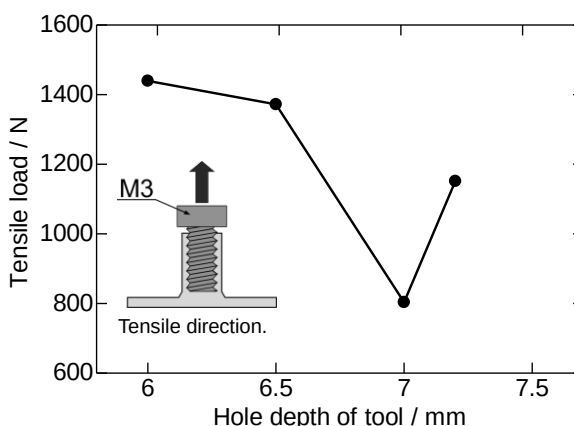


Fig.7 Results of tensile test.

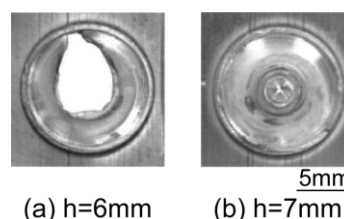


Fig.8 Appearances of tensile tested specimen.

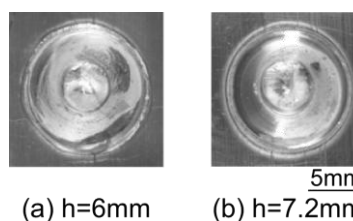
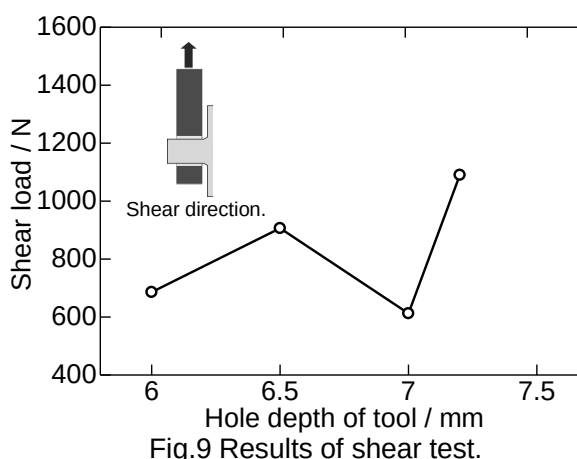


Fig.10 Appearances of shear tested specimen.

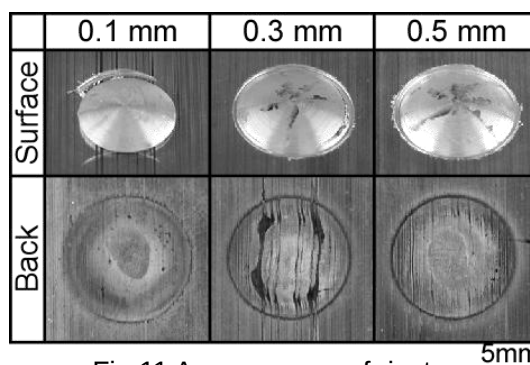


Fig.11 Appearances of rivets.

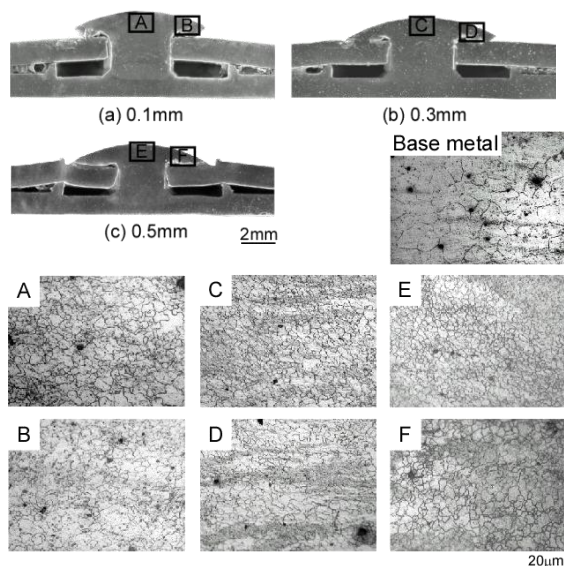


Fig.12 Macro- and microstructures of rivets.

を Fig.15 に示す。工具押込量が 0.1mm の条件で約 1500N と最高値を示した。押込量が 0.3mm 以上の条件では十字引張強さは低下し、約 1260N と押込量の違いによる差は認められなかった。破断形態は押込量が 0mm から 0.3mm の条件では Fig. 15(a) に示すプラグ破断であったが、0.4mm, 0.5mm の条件は Fig. 15(b) に示すリベット部からの破壊であった。このことは、押込量が大きくなるのに伴いリベット部の肉厚が薄くなったためと考える。

せん断引張試験の結果を Fig.16 に破断面外観を Fig.17 に示す。せん断強さは押込み量 0mm の条件で約 1550N と最高値を示した。Fig. 9 に示した突起のせん断強さと比較すると全条件で強度の向上が認められた。このことは、リベットのかしめによってせん断強さが向上したものと考える。破断形態は全条件で突起根元部からの破断であった。

#### 参考文献

- 1) 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.
- 2) 野本光輝, 加藤数良, 摩擦接合による 6061 アルミニウム合金への突起生成特性に及ぼす工具形状の影響, 軽金属学会第 115 回秋期大会講演概要 (2008), 411.

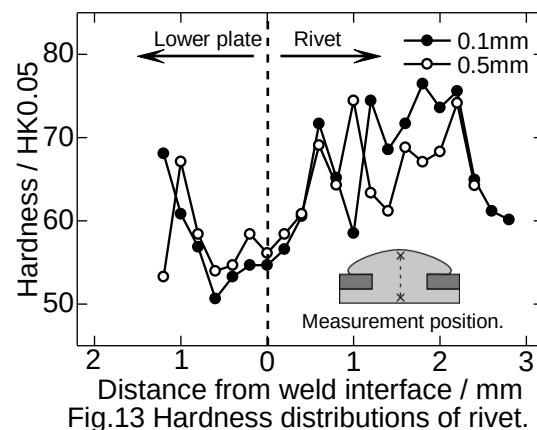


Fig.13 Hardness distributions of rivet.

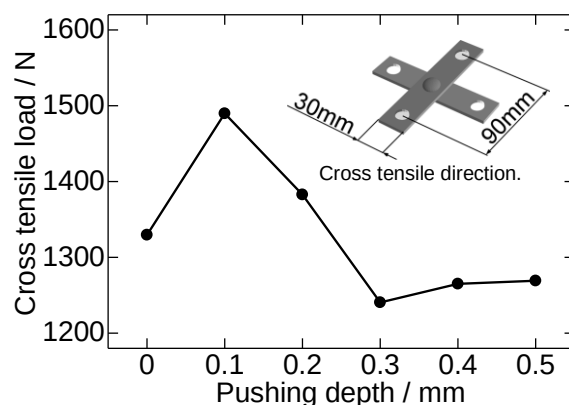


Fig.14 Results of cross tensile test.

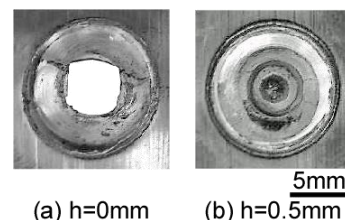


Fig.15 Appearances of cross tensile tested

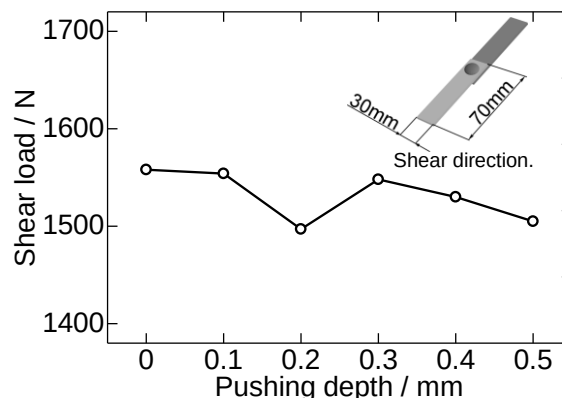


Fig.16 Results of shear test.

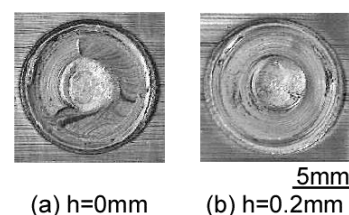


Fig.17 Appearances of shear tested specimen.