754 塑性変形を利用した異種金属の接合 IV

Joining of Different Metals by Plastic Deformation IV

正 吉田 始 (静岡大) ○ 神尾 恒春 (静岡大) 磯谷 章 (静岡大)
 松野 貞雄 (静岡大) 正 坂井田 喜久 (静岡大) 正 沢木 洋三 (静岡大)

Hajime YOSHIDA, Tsuneharu KAMIO, Akira ISOGAI, Sadao MATSUNO, Yoshihisa SAKAIDA and Yozo SAWAKI
 Shizuoka University, 5-1, Johoku 3, Hamamatsu

Key words : Joining, Plastic deformation, Mild steel, Aluminum,

1. はじめに

最近、塑性変形を利用した機械要素部材接合の研究⁽¹⁾、⁽²⁾、⁽³⁾が行われている。それらの接合力は素材間の凝着・焼付き、接合面に生じる圧縮の残留応力や部材に凹凸を設けその空所に塑性流動させることにより生じさせる方法である。著者ら⁽⁴⁾もFig. 1(a)に示す様に素材の変形抵抗の大きく異なる同じ外径を持つ異種金属の低い方を高い方の空所に大きく塑性流動させることで接合させる一連の研究をし軽合金の引張強さ10%程度の強度で接合できることを確認した。(b)に示す様な軸付き歯車は歯車外径に合わせ切削する場合が多い。歩留まりは悪く多くの素材が屑となっている。そこで(c)の様に歯車とスプライン軸を別々に製作し接合できればその効果は大きい。変形させる軸の一部分を熱間域まで加熱し歯車には軸穴を設け室温とすることで軸部分を大きく塑性流動させる。(d)に示す様に熱間での軸は室温まで冷却されれば軸方向には収縮することになり圧縮の残留応力が生じること。プラス 軸と歯車の界面では焼付きや凝着により接合が可能となると考えられる。そこで本研究はこのようなことを確認するためにモデル実験として歯車を鋼(室温)、スプライン軸をアルミ(熱間の鋼)とすることで変形抵抗を大きく変え接合の可能性について検討することを目的とした。

2. 実験

2. 1 実験材料及び試料形状

実験に使用した試料素材は中炭素鋼S45Cと工業用純アルミニウムA1200である。それぞれ800°C及び400°Cでの焼鈍後のこれら素材の機械的性質をTable 1に示す。試料の寸法形状をFig. 2に示す。

2. 2 実験装置

実験は容量980kNの圧縮試験機で行った。実験装置の概要をFig. 4に示す。まず棒状のアルミニウム試料4と円筒状の中炭素鋼S45C試料3をコンテナ1に挿入する。これをパンチ2で負荷して一定量圧下する。圧下すると変形抵抗の低い試料4のアルミニウムA1200が試料S45Cの内径部

空所に流動するアルミニウムが下型面まで流動した後は半径方向に広がる。このようにA1200の流動により試料3と4は接合されることになる。接合強さを増すためには試料

Table 1 Mechanical properties of materials

Material	F value MPa	n value	Hardness HV	σ MPa
S45C	940	0.185	172	804
A1200	145	0.246	22	114

Fig. 2 Size and dimensions of workpiece

Fig. 3 Schematic illustration of experimental equipment

Fig. 1 Machine parts

Fig. 4 Load stroke curve

間で凝着や焼付を生じさせることが望ましいと考えられるが本研究では大きく塑性流動させるためと低い荷重での接合を目指すためにこれらの試料表面には潤滑剤としてジョ

Fig.5 Photograph of products

Fig.6 FEM analysis

Fig. 7 Chamfered workpiece

Fig. 8 Load stroke curve (various C)

Fig. 9 Photograph of products (longitudinally sectioned)

Fig. 10 Chamfering length and Flange diameter

ンソソックスJP103を塗布した。実験はパンチの降下速度を約0.1mm/secとし、荷重は200kNで一定とした。

3. 結果及び検討

3. 1 荷重行程曲線

実験で得られた荷重行程曲線をFig. 4 に示す。アルミ試料が流動し行程初期荷重は直線的に上昇した後下型に接触するまでほぼ一定荷重となり定常状態で成形が進むが下型に接触すると荷重は大きく変化し急激に立ち上がる。今回は最大荷重を200kNで一定として実験した。

3. 2 成形品形状

得られた成形品の外観の写真をFig. 5 に示す。写真を見るとアルミ試料は鋼試料内径部空所を通過し下型に達しているのが判る。

実験と共にFEMにより解析を行った。解析ではパンチ等工具の他にアルミ試料に比較し変形抵抗の大きく異なるS45Cについても剛体と仮定した。その他の条件は実験と同じ値とした。アルミ素材の流動状態をFig. 6に示す。実験と同様に下型に接触すると素材は側方押出しとなっていることが判る。

3. 3 試料穴角部の面取りの影響

鋼試料の2箇所の穴角部にFig. 7示す様に上下の内径穴角部に同一寸法の面取りCを設けた試料を用い影響を調査した。当然アルミ素材の流動が容易となり荷重や成形の状態に変化が考えられる。荷重行程曲線をFig. 8に示す。荷重は行程初期と後期に少し異なる。初期は拡大図から判るように面取りが大きいほど荷重は低く、後期は同行程では荷重が低く、最終荷重である200kNでは面取りが大きいほど行程が大きくなっており素材の流動が容易になっていることが判る。

含軸断面で切断した成形品をC=0と2.0mmの場合をFig. 9に示す。面取りの影響は大きく写真では良く判らないが下型に接触した径 d_d を比較すると面取りの値が大きい程小さくなっており測定値をFig. 10に示す。図からも判るように同じ荷重ならば素材の流動がよりおおい。

接合強度についてはどの様に測定するのか、円周（回転）方向の接合は鋼試料にスプラインの溝などを設ける等も含め今後の研究課題としたい。

4. まとめ

変形抵抗の大きいS45C円筒状の試料の穴部分に変形抵抗の低いA1200の円柱を重ねてコンテナにセットし、これをパンチで負荷することにより、S45C試料内径部空所を貫通しA1200を塑性流動させることで両者の機械的な接合を試み素材の流動状態を調査し以下の結論を得た。

- 1) 実験条件の範囲では鋼試料内径部と下型空所までアルミを塑性流動させることが出来た。
- 2) 変形抵抗の大きく異なる異種金属の接合だけでなく同種の金属でも冷間と熱間とを組み合わせることにより接合の可能性が確認できた。

本研究で使用した型や試料の製作は静岡大学工作技術センター佐原知芳、岩澤充弘、岡本哲幸諸氏の協力を得た。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐々木ほか：塑性と加工，47-545 (2006)，432-436。
- 2) 広田ほか：塑性と加工，48-552 (2007)，66-70。
- 3) 花見ほか：第57回塑加春講論，(2006)，373-374。
- 4) 吉田ら：機講論，No. 080-4 (2008)，27-28。