

アルミニウム合金のプレス成形性向上に関する研究（第2報）

加賀 忠士、柘植 英明、萱岡 誠

Study on press forming of aluminum alloy (II)

Tadashi Kaga, Hideaki Tsuge and Makoto Kayaoka

本研究では、アルミニウム合金の冷間成形および温間成形について、電動サーボプレス機を使用し、その特長である、成形速度を変化させた成形実験を実施した。その結果、成形速度に最適性があり、冷間成形と温間成形の間には成形の可否および真円度に差異がなかった。また、温間成形はパンチ荷重およびしわ押え荷重が小さくなるため、プレス機の負荷を低減させることがわかった。

1. はじめに

近年、車体の軽量化ニーズを受け、自動車パネル用材料として、鋼板の代わりにアルミニウム合金の使用量が増大する傾向にある。しかし、アルミニウム合金の延性は従来使用されてきた軟鋼板の延性に比べ低いことが知られており、アルミニウム合金の自動車材料としての適用範囲は限定されている。

このアルミニウム合金の適用範囲拡大へ向けた成形性の改善方法の一つとして、温間成形が挙げられる。この方法は、事前に材料を加熱せず、代わりに加熱した金型を用いる深絞り成形で、冷間成形よりも高い深絞り性を得ることが可能である。また、この温間成形は、汎用の冷間プレス機を使用して実施できることから設備投資は比較的少なく済む可能性があり、自動車部品への実用化の高い成形方法と考えられる¹⁾。

一方、プレス機械に着目すると、プレスの途中までは高速で駆動し、下死点（加圧の最下点）に近いところで速度を落として加工するなど、プレス速度や下死点位置などを任意にかつ高精度に制御できるサーボプレスの登場が生産性の向上に貢献している。

本研究は、アルミニウム合金のプレス成形性向上を目指している。昨年度は、電動サーボプレス機による常温下でのプレス成形速度に対する成形性への影響を調査し、成形速度に最適性が存在することを示した²⁾。本年度は、この電動サーボプレスに温間成形を付与し、プレス成形速度に対する成形性への影響を調査した。

2. 実験

2.1 実験装置および実験方法

本実験に使用した供試材は市販の板厚 1.0mm、Al-Mg系アルミニウム合金 A5052-O を用い、加熱雰囲気における引張試験および温間成形試験を行った。

引張試験は万能試験機（インストロン製 5985 型）を用い、恒温槽内温度を 25℃～200℃に保ち、試験速度 2mm/min のときの最大引張応力と破断伸びを測定した。引張用試験片は、JIS Z 2241 による 13 号 B 試験片（平

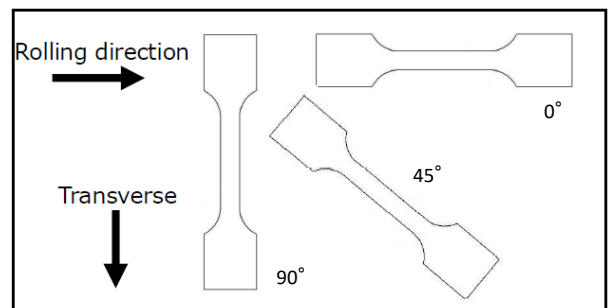


図1 引張試験片

行部 12.5mm×長さ 60mm、標点距離 50mm) とし、図1に示すように圧延方向を 0°方向とし、0°、45°、90°方向にウォータジェット加工機にて試験片を作製した。

成形試験は電動サーボプレス機（放電精密加工研究所製 ZENFormer MPS675DS）を用いた。この装置はインナーおよびアウトターの2つのスライド軸を持ち、それぞれの軸に対し、プレス工程における最大荷重を記録することができる。今回の実験に使用した金型の構造は、アウトターがパンチ機構、インナーがしわ押え機構と繋がっており、成形時におけるそれぞれの最大荷重を計測した。また、金型のダイおよびしわ押え部にカートリッジヒーターが埋め込まれる構造になっている。金型形状は、パンチ径 φ 25mm、パンチ肩半径 R5mm、ダイス径 φ 27.5mm、ダイス肩半径 R5mm を用いた。プレス成形条件は、金型温度を常温（冷間成形）と 150℃（温間成形）、V 字 1 点変速制御、プレス速度 10～200mm/s、しわ押え板間隔 1.0mm として、被成形材を金型内に挿入してから一定時間経過後、深絞り成形を行った。被成形材は、φ 50mm～φ 57.5mm（絞り比：2.0～2.3）をウォータジェット加工機にて準備し、成形実験では汎用プレス潤滑剤を用いた。深絞り成形後の形状精度の評価として、真円度測定機（株）東京精密 ロンコム 52B-510）を用いて、カップ外周底面から高さ 10、13、16、19mm の位置を測定した。

3. 結果及び考察

3.1 引張試験結果

A5052-O の各温度加熱時における最大引張応力の結果を図2に示す。この結果から、温度が上昇するにつれて、最大引張応力が低下し、150℃の最大引張応力は25℃の最大引張応力に対して約7割まで低下することがわかった。

次に、A5052-O の各温度加熱時における破断伸びの結果を図3に示す。なお、150℃、45°方向試験片については、標点距離50mm間内において破断が実現できなかったためデータを記載していない。この図から、温度が上昇するにつれて破断伸びが増加し、150℃の破断伸びは25℃の破断伸びの約2.1倍に増加する結果となった。

3.2 深絞り試験結果

3.2.1 限界絞り比

A5052-O の金型温度が常温、および150℃の際のプレス速度と絞り比を変化させた場合の実験結果一覧を表1に示す。成形が可能であったものを○印、成形途中で割れが発生したものを×印と表記した。この結果から、成形の可否に関しては冷間成形と温間成形の違いはなく、どちらも限界絞り比は2.2であった。引張試験結果から温間成形による高い深絞り性を期待したが、その結果を得ることはできなかった。この原因調査に関しては今後

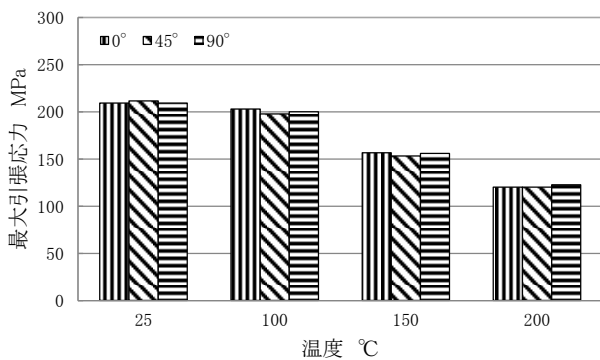


図2 各温度における最大引張応力の関係

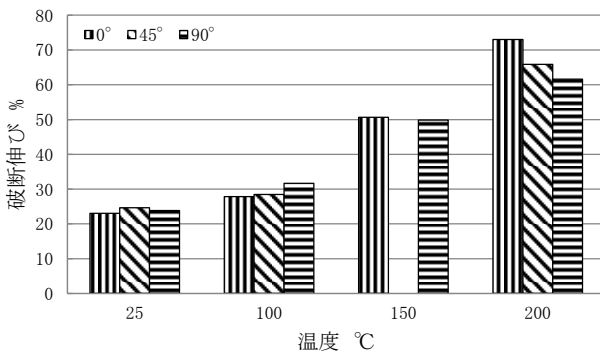


図3 各温度における破断伸びの関係

の検討課題である。

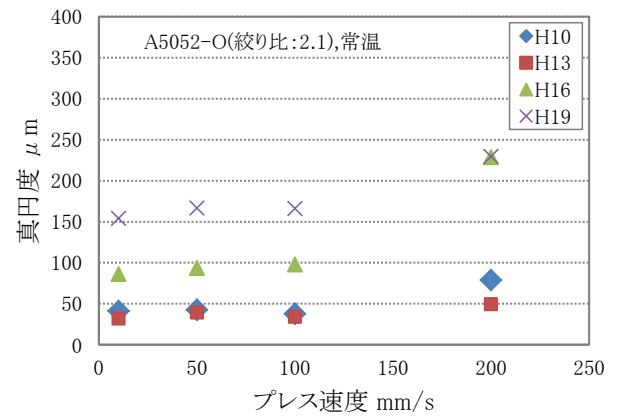
3.2.2 真円度測定

金型温度が常温および150℃における絞り比2.1の各プレス速度に対する成形品の真円度測定結果を図4に示す。前報²⁾と同様に、カップ外周底面から高い位置ほど、真円度は悪いが、プレス速度200mm/sでは発生したしわの影響で真円度が極端に悪くなっている。冷間成形と温間成形の真円度の違いを見ると、明らかな差異は見られなかった。

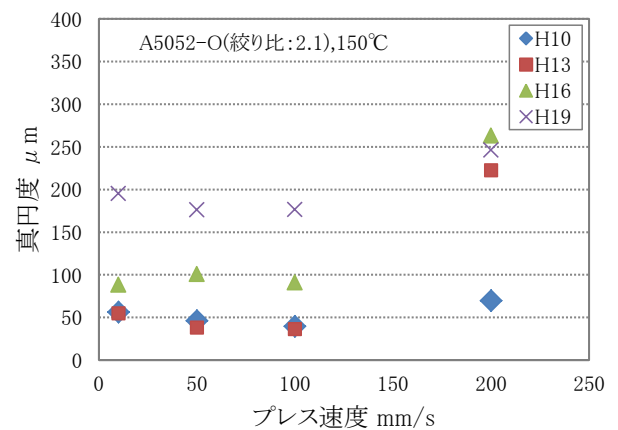
表1 実験結果

A5052-O	プレス速度								
	10mm/s		50mm/s		100mm/s		200mm/s		
絞り比	2.0	○	○	○	○	○	○	○	○
	2.1	○	○	○	○	○	○	○	○
	2.2	○	○	○	○	○	○	○	○
	2.3	×	×	×	×	×	×	×	×

■ 常温 □ 150℃ ○: 成形可能 ×: 割れ

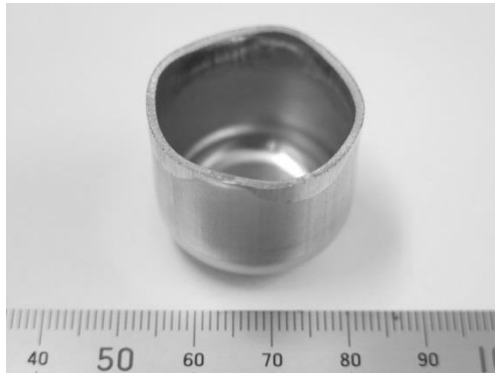


(a) 金型温度常温

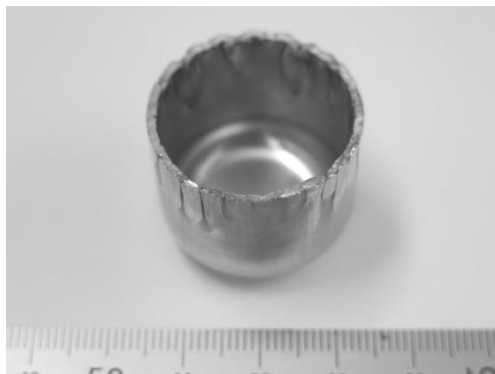


(b) 金型温度150℃

図4 深絞り真円度測定結果 (絞り比:2.1)



(a) プレス速度 50mm/s



(b) プレス速度 200mm/s

図5 成形品の外観 (金型温度 150°C、絞り比:2.1)

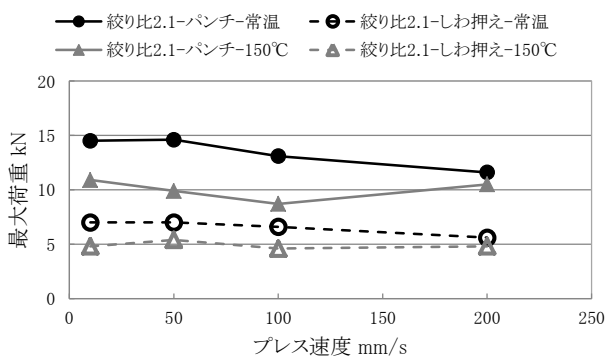


図6 各プレス速度におけるパンチ最大荷重およびしわ押え最大荷重の測定結果

これらの傾向は絞り比 2.0 および 2.2 でも同様の結果となった。なお、プレス速度 200mm/s においては冷間成形および温間成形ともに真円度が悪くなった。一例として 150°C、絞り比 2.1 の条件で、プレス速度が 50mm/s と 200mm/s のときの成形後の様子を図5に示す。図より、200mm/s のときカップ側壁にしわが発生した。この原因は、変形速度が高いことによる材料の引張強さや伸びなどの物性が変化したためであると考えられる。

3. 2. 3 パンチ荷重およびしわ押え荷重

絞り比 2.1 の条件で、各プレス速度におけるパンチおよびしわ押えの最大荷重の測定結果を図6に示す。この結果から、温間成形の方がパンチ荷重およびしわ押え荷重を低くできることがわかった。これらの傾向は絞り比 2.0 および 2.2 でも同様であった。前節 3.1 の各温度による引張試験結果で示したように、加熱することで材料が軟化したことが主な要因と考える。

4. まとめ

電動サーボプレスに温間成形を付与し、冷間成形を含めたプレス速度に対する成形性への影響を調査し、以下の結果を得た。

- 1) 冷間成形と温間成形ともに成形速度に最適性がある。
- 2) プレス速度 10~200mm/s、絞り比 2.0~2.3 の条件下では、冷間成形と温間成形の間に成形の可否および真円度に差異はない。
- 3) 温間成形はパンチ荷重およびしわ押え荷重が小さくなるため、プレス機の負荷を低減させることができる。

今後、しわ押さえ力が成形に及ぼす影響等についても更に検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) 高田,新日鉄技報第 393, pp104-109,2012
- 2) 小川ら,岐阜県工業技術研究所研究報告 No.4, pp35-36,2016