

AZ31 マグネシウム合金板のしごき加工

日大生産工（院） 須藤有亮
日大生産工 勝田基嗣

1. 緒言

近年、CO₂削減を目的とした軽量化に実用金属中最軽量のマグネシウム合金が鉄やアルミニウム合金に取って代わる材料として注目され、鋳物やダイカスト製品は自動車部品、電子部品への転用が進んでいる。しかし、板による成形加工ではマグネシウムは稠密六方格子構造であり、すべり系が他の金属に比べて少なく、常温における臨界せん断応力も高いため成形性が悪いので板材の製造法や成形法も確立されていない。さらに、板材の諸特性が安定しないため工業的な発展も遅れている。

そこで本研究では成形加工を代表するAZ31 マグネシウム合金を用い、圧延により板材の製造法を確立し、さらに、その板材について常温における絞り加工と同時にしごき加工を行う製法と絞り加工を行った後に焼きなましを行い、その後しごき加工を行う製法の2種類のしごき成形を行い、その成形性を検討した。

2. 供試材および実験方法

本実験は Mn がほとんど添加されていない最も成形性の良い AZ31 マグネシウム合金鋳造材を使用した。この供試材の化学組成を Table 1 に示す。マグネシウム合金鋳造材は特有の偏析などによる不均質な組織を安定させるため 723K 24h で均質化処理を行った。その後、酸化膜を除去し、コールドロールを用いて熱間圧延を行った。圧延方法としては初期圧延に対して 180° 圧延方向を変えて行い、圧下率 30%にて7パス行うことにより厚さ 10mm の板から 0.8mm の薄板材を作製した。なお残留ひずみを除去するため、圧延1パスごとに 723K 1h で中間焼きなまし処理を施した。作製した薄板材を旋盤加工にて任意のブランク直径に切削した。573K 2h で焼きなましを施した後常温にて絞りおよびしごき加工を行った。なお、すべての熱処理は酸化防

Table 1 Chemical composition (mass%)

	Al	Zn	Mn	Fe	Si	Cu	Ni	Mg
AZ31	3.29	1.1	<0.01	<0.007	<0.02	<0.002	<0.005	Bal.

止のためアルゴン雰囲気中にて行った。

初めに、限界絞り比(LDR)を求めるため絞り加工を行った。ポンチ直径 40.4mm、しごき加工を避けるためダイス直径 43mm、ポンチ速度 138mm/min の条件にて行い、LDR を求めた。LDR はブランク直径をポンチ直径で除した値である。LDR は過去のデータより 65 ~ 75 のブランクを使用し、求めた。

しごき加工は絞り限界の最大ブランク直径(φ72)から 2mm づつ径を下げた 4 種類のブランクを使用した。なお、焼きなまされた円盤から一度で絞り加工としごき加工を同時に行う方法と絞り加工によりカップを作製した後、573K 2h にて中間焼きなましを施し、しごき加工を行う製法の 2 種類を使用した。以後は前者を 1process のしごき加工とし、後者を 2process のしごき加工と称する。2 種類ともダイス直径は 42mm で一定とし、ポンチ直径 40.0mm ~ 40.6mm まで 0.1mm おきの 7 種類のポンチを使用した。ポンチ速度は 25mm/min で行った。

絞りカップと 2 種類のしごきカップの板厚を比較し、しごき率を算出した。全試験共にブランク荷重を 0.8t で一定とした。潤滑材にはカーボングリスを用い、カーボングリスはポンチには塗布せず、ダイスとブランクホルダーのみに塗布した。

3. 実験結果

3.1 しごき加工性

Table 2 に 1process のしごき加工性を示し、Table 3 に 2process のしごき加工性を示す。横方向にポンチ直径(d)を示し、縦方向にブランク直径(D)を示す。印はしごき加工が可能であることを示し、×印は割れが発

生したことを表している。1process のしごき加工ではポンチ直径 40.3mm までしごき加工が可能となるが、2process のしごき加工ではより大きなポンチ直径 40.5mm までしごき加工が可能となる。これは 2process ではしぼりカップを作製した後に中間焼きなましを施し、残留ひずみを取り除かれた後にしごき加工を行っているためである。

両試験ともブランク直径が増加するとともにしごき加工が可能となるポンチ直径が小さくなる傾向を示す。側壁部のしごかれていた距離が長くなり、残留ひずみが大きくなるため加工が困難となる。

Table 2 Evaluation of ironing cup with 1process .

D \ d	40.0	40.1	40.2	40.3	40.4
Φ72	○	×	×	×	×
Φ70	○	○	○	○	×
Φ68	○	○	○	○	×
Φ66	○	○	○	○	×

: Success × : Destruction

Table 3 Evaluation of ironing cup with 2process .

D \ d	40.0	40.1	40.2	40.3	40.4	40.5	40.6
Φ72	○	○	○	○	○	×	×
Φ70	○	○	○	○	○	○	×
Φ68	○	○	○	○	○	○	×
Φ66	○	○	○	○	○	○	×

: Success × : Destruction

3.2 カップの外観写真

Fig.1 に左からブランク直径 70 の絞りカップ、ポンチ直径 40.3mm の 1process でしごかれたカップとポンチ直径 40.5mm の 2process でしごかれたカップの高さを比較した外観写真である。実測値では絞りのためのカップに比べて 1process のしごきカップは 1.87mm、2process のしごきカップでは 3.22mm と高い値を示した。絞りカップでは側壁部から端部にかけて広がりが見られたが、1process のしごきカップは側壁部から端部にかけて、しごき加工された痕跡が現れ、広がり抑制されている。また、2process のしごきカップでは肩の r 部の終わりから端部にかけてしごき加工された痕跡が見られ、1process のしごきカップより端部の広がり

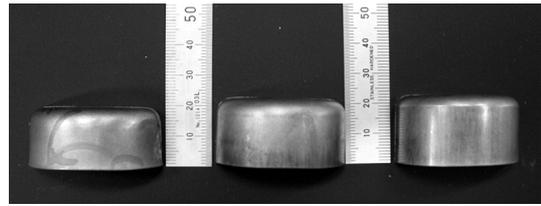


Fig.1 Photographs of height of cup .

は抑制された。なお、一般的に見られるカップ作製後特有の耳は発生していない。

3.3 カップの組織写真

Fig.2 に 70 の絞りカップ、ポンチ直径 40.3mm の 1process のしごきカップとポンチ直径 40.5mm の 2process のしごきカップにおけるカップ中心、肩部、カップ端部の組織写真を示す。どのカップとも底部では変形量が少ないため双晶は見られないが肩部から端部にかけて双晶が増加している。特に 1process のしごきカップは絞りとしごき加工を同時に行うため、他の 2 種類のカップに比べ全体的に多く双晶が見られる。逆に 2process のしごきカップでは底部では計 2 回の焼きなまし処理により残留ひずみが除去されると同時に二次再結晶が起こっている。そのため結晶は大きくなり、ほとんど双晶が見られない。

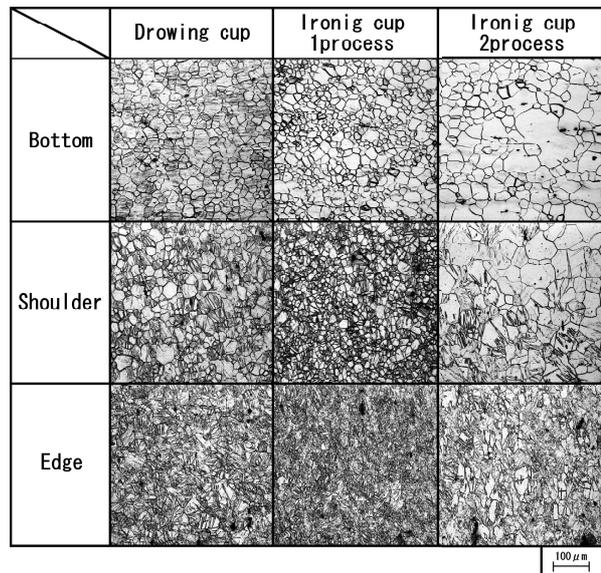


Fig.2 Microstructures of cup section .

3.4 カップ板厚の変化量

Fig.3 に 70 の絞りカップ、ポンチ直径 40.3mm の 1process のしごきカップとポンチ直径 40.5mm の 2process のしごきカップの底

部中心から端部にかけての距離による板厚の変化率を示す。3種類ともカップ底部のひずみ量に変化は見られないがポンチ肩部で値は低下している。その後、ポンチ肩部終了付近で値は上昇し、絞りカップは端部にかけて直線的に高くなる傾向を示している。反対に1processのしごきカップと2processのしごきカップは側壁部において値は安定し始めるため、しごき加工開始地点が明確に判定でき、端部では値が低くなる傾向を示す。2processのしごきカップは板厚の変化率が低く、均一な板厚が得られる。

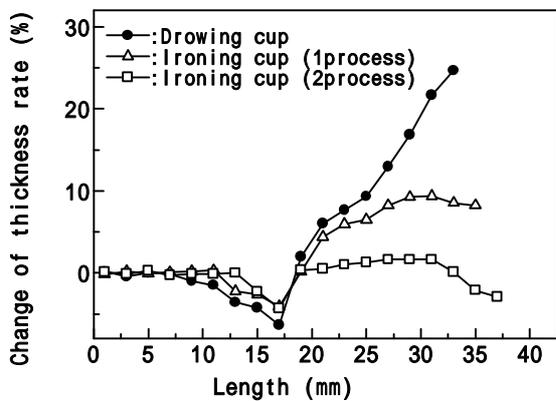


Fig.3 Change of thickness rate with length from cup center.

3.5 カップの硬さ

Fig.4 に 70 の絞りカップ，ポンチ直径 40.3mm の 1process のしごきカップとポンチ直径 40.5mm の 2process のしごきカップの底部中心から端部にかけての距離による硬さの変化を示す。どのカップもポンチの肩部付近から硬さが高くなり，端部にかけて値は常に上昇している。絞りカップでは平均的に値は上昇する傾向が見られるが 1process のしごきカップではポンチ肩部で高くなってからわずかに安定し，ポンチ肩部終了付近から再び急激に高くなり他の値に比べて最も高い値を示している。また，2process のしごきカップでは中間焼きなましの影響により全体の残留ひずみは除去されるため，値にあまり変化はなくポンチ肩部終了付近で急激に高くなり，側壁部では値は安定するが端部にて再び急激に高くなる傾向を示している。この現象はひずみ量が増加するからである。

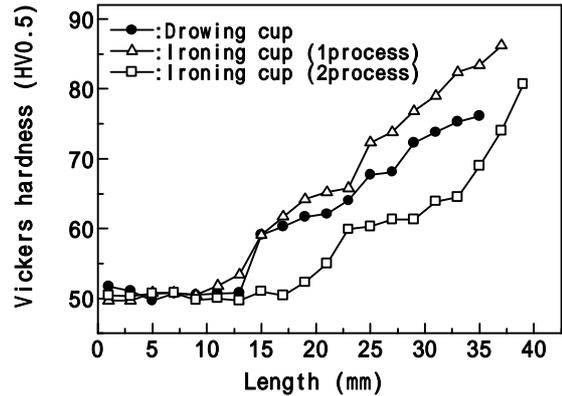


Fig.4 Change in hardness with length from cup center.

3.6 ポンチ直径によるカップ高さ

Fig.5 にポンチ直径による 1process のしごきカップ高さの変化を示し，Fig.6 には 2process のしごきカップ高さの変化を示す。実線で表されているものはしごき加工が可能であることを示し，点線は割れが発生した

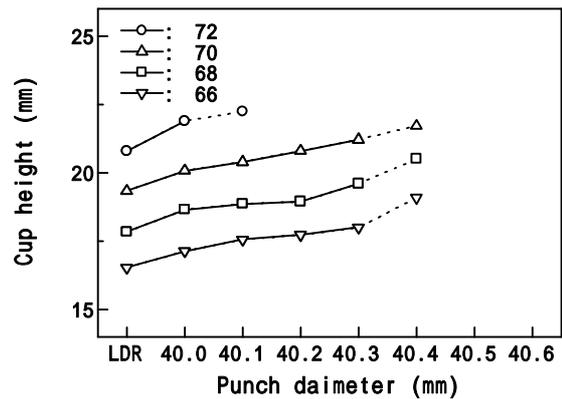


Fig.5 Change in cup height with punch diameter.

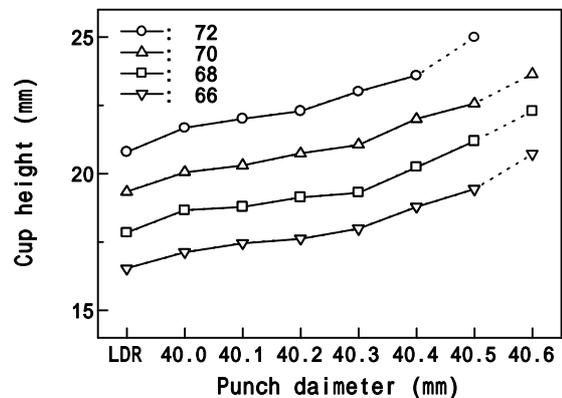


Fig.6 Change in cup height with punch diameter.

ことを示している。両カップともポンチ直径の増加とともにカップ高さは高くなる傾向を示す。また、ポンチ直径 40.0mm~40.3mmまでは緩やかに値は上昇しているがポンチ直径 40.4mmからはクリアランスが 0mm 以下となり側壁部全体がしごかれるため、値は急激に高くなる傾向を示している。どのブランク直径においてもポンチ直径 40.4mm でしごいたカップはそのブランク直径より 2mm 程度しぼりカップより高くなる傾向を示している。

3.7 ポンチ直径によるしごき率

Fig.7 にポンチ直径による 1process のしごきカップのしごき率の変化を示し、Fig.8 には 2process のしごきカップのしごき率の変化を示す。実線で表されている部分はしごき加工が可能であることを示し、点線は割れが発生したことを表している。両カップともポンチ直径およびブランク径の増加とともにしごき率は高くなる。

3.8 しごき率とカップ高さ

Fig.9 にしごきカップ高さによるしごき率の変化を示す。2process は 1process のしごきカップに比べてしごき率、カップ高さともに高い値を示す。1process のしごきカップはしごき率の限界は 18%程度であるが 2process のしごきカップではしごき率の限界は約 30%まで拡大している。

4. 結言

1process のしごき加工より 2process のしごき加工の方が中間焼きなましを施す事により、径の大きいポンチでしごき加工が可能となる。

絞りカップでは端部に広がりが見られたが 1process、2process のしごきカップの順に端部の広がりが抑制され寸法精度が高くなる傾向を示す。

カップの硬さと組織写真ではどのカップとも底部では変形がないため値は低く安定しているが肩部から端部にかけてひずみが発生し双晶が増加する。特に 1process のしごきカップは絞りとしごき加工を同時に行うため、他の 2 種類のカップに比べ全体的に変形ひずみが発生し、値は高くなるとともにより多くの双晶が見られる。

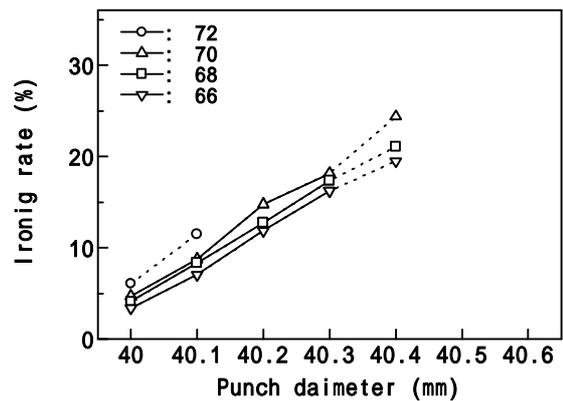


Fig.7 Change in ironing with punch diameter.

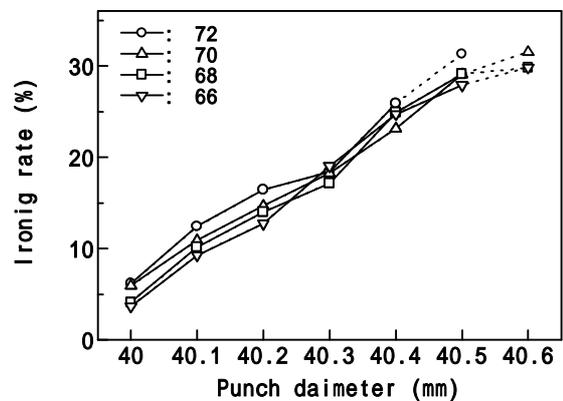


Fig.8 Change in ironing with punch diameter.

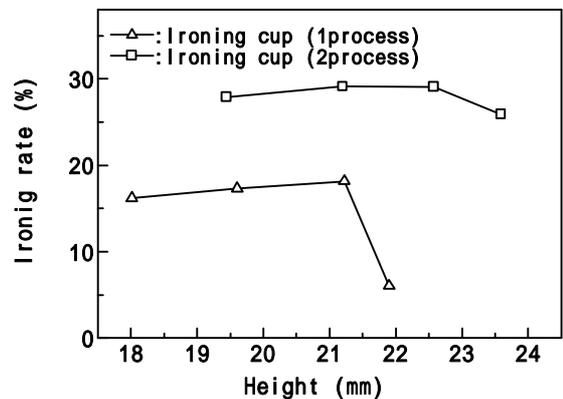


Fig.9 Relations of cup height and Ironing rate.

しごき率とカップ高さでは 2process は 1process のしごきカップに比べてしごき率、カップ高さともに高い値を示している。1process のしごきカップはしごき率の限界は 18%程度であるが 2process のしごきカップではしごき率の限界は約 30%まで拡大が可能である。