

AZ31 合金パイプのベンディング加工に関する研究

日大生産工

日大生産工(院) ○斉藤 大樹
星野 和義 日大生産工 中川 一人

1 緒言

マグネシウム合金は実用金属として最軽量であり、比強度や制振性が鋼やアルミニウム合金に比べ優れている。しかしながら、加工や溶接が困難であるため、アルミニウム製品に比べ高価となる傾向がある。これらのことを考慮し、安価で複雑な形状に加工できる、NC パイプバンド(ドローベンディング方式)を用いて、複雑な複合 R 形状や大 R の作製を試みた結果、大 R では皺の発生など加工困難であり、材料に回転を加えた 3 次元曲げでは座屈や割れが生じた。とくに温間加工では、加工温度の上昇に伴い、加工可能範囲の拡大が認められたが、623K 以上では座屈の発生が拡大する傾向が認められ、加工適正温度があることが分かった。

本研究では軽量で高剛性・制振性に優れた AZ31 マグネシウム合金パイプをベンディング加工により複雑な複合 R 形状や大 R に加工する装置の開発を目的とし、曲げ加工条件を把握するため、プレス曲げ加工を行い、加工条件が及ぼす影響について調べた。

2 実験方法および測定方法

供試材として、外径 $D_0=20\text{mm}$ 、肉厚 $t_0=1.4\text{mm}$ の AZ31 マグネシウム合金パイプを用いた。各材料の曲げ特性を調べるため、引張試験 (JIS) および圧縮試験を行った結果、引張りに比べ圧縮の耐力が約 2/3 であった。

試験方法は、マグネシウム合金パイプの曲げ特性を把握するため、本研究では加工方法として金型を用いたプレス曲げを用いた。

曲げ加工はプレスに金型およびパンチを取り付けを行った。なお、加工速度は 5mm/s 、最大加工圧力は 300kN である。パンチおよび金型の温度は室温、及び 273K とした。

試験片の長さは 200mm とし、 90° 曲げを行った。なお、曲げ加工時の潰れや偏平化を抑制するため、パイプ内部に珪砂を充填した。

曲げ加工性は曲げ加工比 Br を $1.5\sim 3.5$ の範囲で評価を行った。なお、 Br は以下の式で求めた。

$$\text{曲げ加工比} : Br = R_0 / D_0$$

$$R_0 = R_p + (D_0 / 2)$$

D_0 : パイプ外径, R_p : パンチ外径

R_0 : パイプ軸中心における曲げ半径

マグネシウム合金の室温における塑性加工は困難であるため、本実験では試験片の温度を $373\text{K}\sim 573\text{K}$ の範囲で加熱し、加工温度の影響についても調べた。

加工後の試験片は外観観察を行い、割れやしわのない試験片を曲げ加工が可能であると判断した。また、得られた試験片曲げ部の組織観察を行った。

曲げ加工において断面形状の変化は、機械的性質および疲労強度に影響を与えるため、Fig.1 に示す位置をマイクロメーターで測定して肉厚測定を行い、以下の式で肉厚減少率を求めた。

$$\text{肉厚減少率} = (t_0 - t_{\text{out}}) / t_0$$

3 実験結果および考察

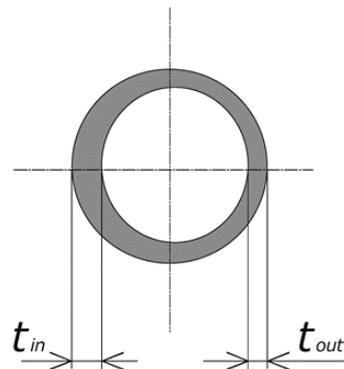


Fig.1 断面形状及び測定位置

Study on Bending of AZ31 alloy pipes

Daiki SAITO, Kazuyoshi HOSHINO, Kazuto NAKAGAWA

Fig.2に曲げ加工後の試験片を示す. なお, 試験条件は, Br=3.0, 加工温度 472K とした. Fig.2 より, 曲げ部内側に扁平化に伴う変形が認められたが, シワおよび割れが生じていないため, 本研究では加工可能とした.

Table.1 に曲げ加工試験結果を示す.

室温での曲げ加工限界は Br=3.0 であった. また, 加工温度の上昇に伴い, 加工可能範囲が拡大し, 523K 以上では Br=1.5 であっても加工が可能であった.

しかしながら, 断面観察を行った結果, 外観が健全な試験片でも, 曲げ部に扁平化および肉厚減少が認められた.

一例として, 加工温度 523K での Br と肉厚減少率との関係を Fig.3 に示す. Br が 2.0 以下の範囲では肉厚減少率が大きくなり, 扁平化が進むことが確認できた. また, Br が 2.5 以上の範囲でも, 肉厚減少率は 0.12 程度を推移し, 加工温度 573K でも同様の傾向が認められた.

肉厚減少の抑制を目的とし, 曲げ内側の塑性変形を促すため, プレス加工時のパンチ温度

: 473K, 金型温度: 373K とし, 曲げ部内側が外側に比べ高温となるよう温度管理を行った結果, Br=2.5, 加工温度 523K において肉厚減少率が 7% となり, 減肉抑制への効果が認められた. しかしながら, 金型温度を 473K 以上とした場合でも, 肉厚減少率は 7% であり, 金型温度 373K に比べ優位性は認められなかった.

このことから, NC ベンディングによる加工を行う際には, 部分的な加熱および温度管理が重要であると考えられる. また, 温度管理だけでは肉厚の減少は防ぐことができないと考えられるため, 曲げ加工を行う際に軸方向に圧縮応力を負荷することにより肉厚減少を抑制する方法もあわせて検討を行う必要があると考えられる.

曲げ後の試験片の組織観察を行った結果, いずれの加工条件でも加工に伴う双晶変形が観察できた. また, 外観が健全な製品では加工に伴う微細な割れなどは観察されなかった.

板材などの塑性加工と同様に加工温度 323K 以上では再結晶の発生を期待したが, 再結晶による微細組織の成長が確認できたのは加工温度 523K 以上であり, 発生場所も曲げ内側に多く見られた.

このことから, 加工温度を上昇させることにより, 動的再結晶を利用した成形が可能であると考えられるが, 加熱方法を再検討する必要があると考えられる.

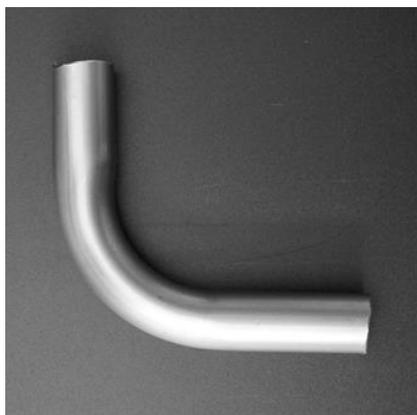


Fig.2 曲げ加工試験片の外観観察結果

Table1 プレス曲げ加工による加工可能範囲

曲げ比	R.T	373	423	473	523	573
1.5					○	○
1.75					○	○
2					○	○
2.25					○	○
2.5				○	○	○
2.75		○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○
3.25	○	○	○	○	○	○
3.5	○	○	○	○	○	○

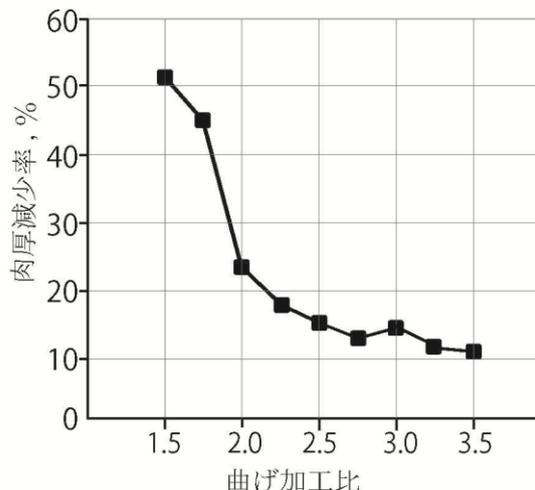


Fig.3 肉厚減少量に及ぼす曲げ加工費の影響