

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。また、自動車産業では排気ガス削減に対して軽量化が有効な手段であることから、軽金属のバンパーやフレームへの適用が進められている。これらの部品では剛性を保つため中空部材が用いられ、ベンディング加工やプレス加工を経て複雑な形状が成形される。このことからマグネシウム合金を用いた中空部材の曲げ加工の研究が進められている。

そこで本研究では、軽量で高剛性・制振性の優れた AZ31 マグネシウム合金の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 形状にすることを目的とした。複雑なベンディング加工の基礎として 90° 曲げを目標とし、加工条件を把握するため CNC パイプベンダにより回転引き曲げ加工を行い、曲げ比、加工速度および加工温度の加工条件が供試材に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 $D_0=19\text{mm}$ 、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。Table 1 に供試材の化学組成を示す。なお、供試材は均質化処理(673 K, 20hr)を行い試験に用いた。

Table 1 化学組成表 (mass%)

	Al	Zn	Mn	Si	Cu	Fe	Mg
AZ31	3.05	1.02	0.05	0.01	0.05	0.003	bal.

Table 2 に、加工条件を示す。なお、本研究ではパイプ外形 D_0 に対する曲げ半径 R_0 の比(R_0/D_0)を曲げ比とした。

Table 2 回転引き曲げ加工条件

曲げ加工比	1.5~3.0
曲げ角度	90°
加工速度	100~500 mm/s
加工温度	R.T. ~ 573 K

回転引き曲げ加工は京葉バンド株式会社製 CNC パイプベンダを用いて曲げ角度 90° に設定して試験を行い、AZ31 合金パイプの回転引き曲げの加工性の評価を行った。

加工性の評価方法として、SEM 組織観察、供試材外観観察・断面形状観察および肉厚減少率、偏平化率を調べた。

外観観察はクラックやしわの発生が認められなかった供試材を本研究では加工可能であるとした。

肉厚減少および偏平化は Fig.1 に示す位置をマイクロメータで測定し、肉厚減少 = $(t_{in} - t_{out}) / t_0$ 、偏平化 = $(D_1 - D_2) / D_0$ を用いて求めた。

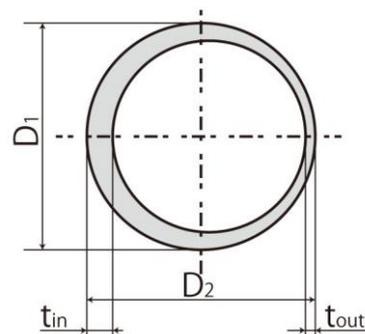


Fig.1 肉厚測定位置

Study on Bending of AZ31 alloy pipes

Daiki SAITO, Kazuyoshi HOSHINO, Kazuto NAKAGAWA

3 実験結果および考察

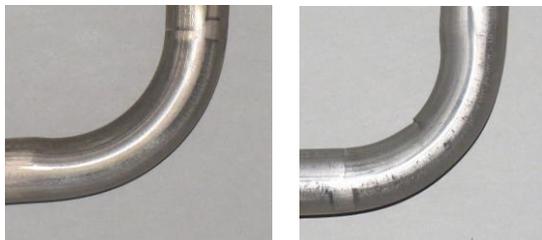
外観観察の結果、加工による潰れや破断は認められなかったが、加工条件によっては曲げ部内側にクラックやしわの発生がみられた。一例として、曲げ半径 $r = 50$ の各加工条件における外観観察の結果を Table 3 に示す。

Table 3 $r = 50$ における曲げ加工可能範囲

		加工温度 (K)					
		R.T.	373	423	473	523	573
加工速度 (mm/s)	100	○	○	○	○	○	○
	200	○	○	○	○	○	○
	300	○	○	○	○	○	○
	400	○	○	○	○	○	○
	500	○	○	○	○	○	○
	500	○	○	○	○	○	○

外観観察によって、曲げ部内側にクラックやしわの発生がみられなかった供試材を加工可能とし、丸印を付け表記した。

曲げ半径が小さくなるにつれ、曲げ内側に発生するクラックやしわが増加し加工可能となる範囲が狭まった。一例として、加工を可とした場合と、クラックが発生したため不可とした場合の供試材を Fig.2 に示す。



R35, 400 mm/s, 573 K R35, 400 mm/s, 423 K

Fig.2 加工可の供試材と不可の供試材

曲げ半径 $r = 50$ における加工条件と肉厚減少率との関係を Fig.3 に、偏平化率との関係を Fig.4 に示す。

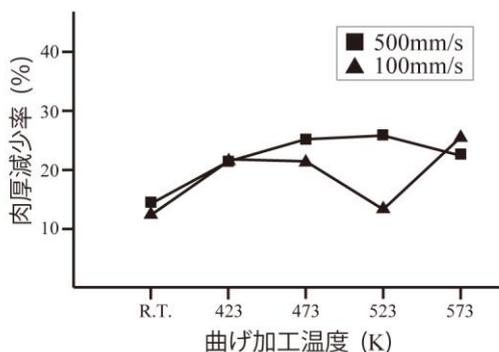


Fig.3 加工条件と肉厚減少との関係

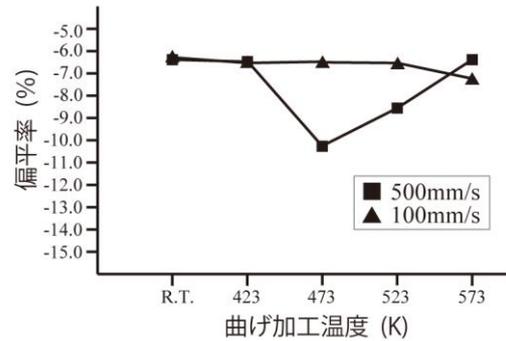


Fig.4 加工条件と偏平率との関係

曲げ半径 $r = 50$ での肉厚減少率は、加工速度 500 mm/s の場合、加工温度 523 K までは上昇傾向にあったが、 573 K では下降した。また加工速度 100 mm/s の場合、加工温度 523 K の時のみ肉厚減少が低下した。

偏平率は 100 mm/s の場合、加工温度による大きな差は見られなかった。しかしながら、加工速度 500 mm/s 時での加工温度が $473, 523 \text{ K}$ の場合に偏平率が増加する傾向にあった。肉厚減少率および偏平率ともに、低下や増加する加工温度が存在したが、加工温度のみが影響を与えているとは考えにくいため再検討し、追試験を行う必要がある。

これらのことより、加工速度や加工温度等の加工条件を制御することで、肉厚減少率および偏平化率を低下させることができると考えられた。

これにより、AZ31 マグネシウム合金パイプの回転引き曲げ加工では加工温度や加工速度等の加工条件を最適化することで良好な製品を得ることができると考えられる。

4 結言

回転引き曲げ加工を行う際、加工温度の管理が重要となるので、外観観察におけるクラックやしわの発生だけでなく肉厚減少率および偏平化率との関係性を追求していく必要がある。なお、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、供試材を加熱する方法も同時に検討し試験を行う必要がある。

これらのことから、回転引き曲げによってベンディング加工を行う際には、加工温度や加工速度の加工条件を管理するだけでなく、曲げ軸方向に対して圧縮応力を負荷させて肉厚減少および偏平化を防ぐ方法を検討する。