

# AZ61 マグネシウム合金板の成形性

日本生産工 (院) 須藤 有亮  
日大生産工 勝田 基嗣

## 1. 緒言

現在, マグネシウム合金は実用金属の中で最も軽量であるため, 工業的立場からアルミニウムや鋼に代わる材料として考えはじめられている. しかしマグネシウム合金は六方最密格子であり, 板材の場合, 常温におけるすべり面(底面)が板面に平行となるため, ほかの金属板に比べて成形性が劣るという欠点がある. このような理由から常温成形における成形性の向上を図るため AZ31 マグネシウム合金板を中心とした展伸材の研究が盛んに行われている. 本研究ではさらに強度が高く塑性加工可能な AZ61A(JIS : MS2) マグネシウム合金押し出し材に注目し圧延板を作成し, 一般に使われている AZ31B(MP1) マグネシウム合金板と諸特性を比較, 検討した.

## 2. 供試材および実験方法

本研究では, 供試材に AZ61A(以後 AZ61 と称す) マグネシウム合金押し出し材と比較するために AZ31B(以後 AZ31 と称す) マグネシウム合金鋳造材を用いた. Table 1 に両供試材の化学組成を示す. AZ61 は幅 140mm 厚さ 3mm, また AZ31 は幅 140mm 厚さ 10mm を熱間コールドロール法によって数回の圧延を行い, 最終板厚を 0.8mm とした. 1 パスの圧下率は 30% で圧延を行い, 1 パスごと残留応力を取り除くため 723K で 1h 中間焼きなましを行って板材を作製した. AZ61 は押し出し方向と同一方向に初期圧延を行い, 以後はそれに対して 180° 圧延方向を変えて圧延を行った. AZ31 は圧延方向を変えずに一方方向に圧延を行った.

本研究は焼きなまし温度変化における機械的性質および成形性の影響を検討するため AZ61 では 573K, 623K, 723K にて 1h, AZ31 では 523K -3h, 623K -2h, 723K -1h で焼きなましを施した後, 常温にて組織観察, 硬さ試験, 引張試験,

Table 1 Chemical composition (mass%)

	Al	Zn	Mn	Fe	Si	Cu	Ni	Mg
AZ61	5.96	0.64	0.26	0.005	0.009	0.0008	0.0007	Bal.
AZ31	3.14	1.07	0.21	0.02	0.004	0.001	0.0007	Bal.

絞り試験, 曲げ試験, エリクセン試験, 集合組織観察を行った. なおすべての熱処理は酸化防止のためアルゴンガス雰囲気中にて行った.

組織観察は光学顕微鏡にて板材の表面を倍率 200 倍で観察し, 結晶粒径をチンマー法にて算出した.

硬さ試験はマイクロピッカース試験を用い, 試験荷重 50gf, 10sec で試験を行った.

引張試験は JIS13B 号を使用し, 面内異方性を調べるために最終圧延方向 (RD) に対して 0°, 45°, 90° にて試験片を採取し, 室温にて試験速度 1.67mm/sec にて行った. また同時に塑性特性値である  $r$  値,  $n$  値を求めた.

絞り試験は 50~75 のブランクを作製し, ポンチ直径 40, ダイス内径 43, 絞り速度 2.3mm/sec, しわ押え力 0.8t にて試験を行い, 限界絞り比 (LDR) を求めた. LDR は最大絞り直径をポンチ径で除した値である. 潤滑材にはカーボングリスを用い, ポンチには塗布せずにダイスとブランクホルダーに塗布して試験を行った.

曲げ試験は 180 度押し曲げ法を JIS に基づいて行った. 試験速度は 1.67mm/sec とし, 試験片がダイスに完全に押し込まれるか破断するまで行った. また, 面内異方性を調べるために最終圧延方向 (RD) に対して 0°, 45°, 90° にて試験片を採取し, 無潤滑にて行った.

エリクセン試験は 75 のブランクを作製し, ポンチ径 SR10, ダイス内径 27, ポンチ速度 0.1mm/sec にて試験を行った. 試験は潤滑材として 0.1mm のテフロンシートを用いた.

集合組織は X 線ディフラクトメーターを使用し, 0° から 70° の範囲で底面 {0001} と錐面

{1011} を X 線回折し、シュルツ反射法を用いて極点図を作成した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 組織観察及び結晶粒径

Fig.1 に焼きなまし温度による板表面の組織写真を示す。F 材では結晶の大きさにばらつきがあり、結晶粒内に双晶が見られる。AZ61 の 573K では再結晶は始まっており、微細な結晶粒が観察されるがすべてが再結晶していない。また、AZ31 の 523K では混粒組織ではあるものの再結晶が終了している。623K では AZ61 も同様に再結晶が終了し、結晶粒は等方晶を示している。更に温度の上昇とともに、両供試材とも結晶粒が成長する傾向を示すが AZ61 の方が粒径は均一化している。

Fig.2 に焼きなまし温度による結晶粒径の変化を示す。組織写真にも現れているように焼きなまし温度の上昇とともに結晶粒は成長している。両供試材による値の差はあまり見られない。

#### 3.2 硬さ試験

Fig.3 に焼きなまし温度による硬さの変化を示す。F 材の値は最も高いが焼きなましを行うことで再結晶が進行し、残留応力が除去されることにより、硬さは低下している。AZ61 は AZ31 に比べ、値は高く現れ、再結晶終了温度が高温側に移行している。

#### 3.3 機械的性質

Fig.4 に焼きなまし温度による機械的性質の全方位平均値の変化を示す。両供試材とも焼きなまし温度の上昇とともに引張強さ、0.2%耐力は低下する傾向を示している。AZ31 に比べ AZ61 の方が引張強さ、0.2%耐力は約 50Mpa 高い値を示している。伸びは残留ひずみの影響で F 材は低く、焼きなましを施すことで高く現れ、さらに焼きなまし温度の上昇とともに低下する傾向を示している。AZ61 と AZ31 における伸び率の比較では引張強さ、0.2%耐力に現れた差に比べ値の差は現れていない。

#### 3.4 r 値

Fig.5 に焼きなまし温度による r 値の変化を示す。焼きなまし温度の上昇とともに r 値はわずかながら低下する傾向を示す。AZ61 は AZ31

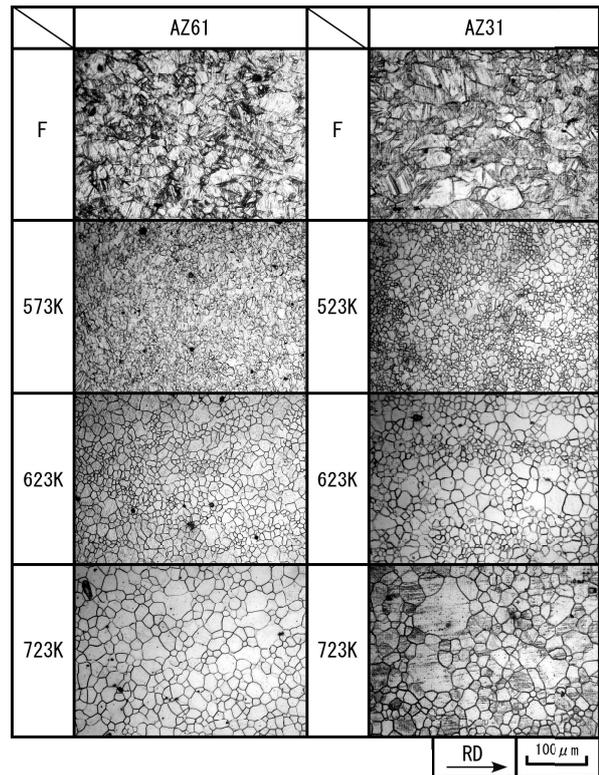


Fig.1 Changes in Microstructures with annealing temperatures.

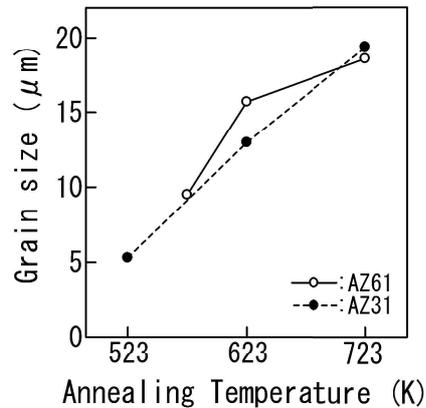


Fig.2 Changes in Grain size with annealing temperatures.

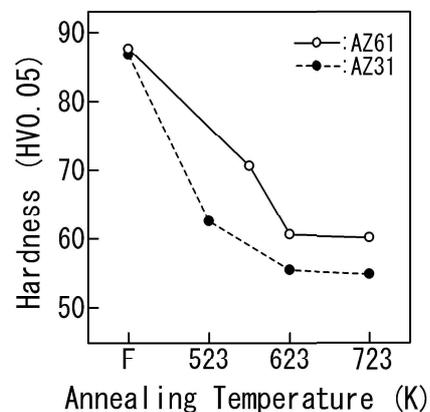


Fig.3 Changes in hardness with annealing temperatures.

に比べ値は高く現れている。

### 3.5 n 値

Fig.6 に焼きなまし温度による n 値の変化を示す。焼きなまし温度の上昇とともに n 値はわずかながら高くなる傾向を示している。AZ61 は AZ31 に比べ、値が低く現れている。r 値と n 値では逆の相関を示すことから、マグネシウム合金板における変形機構でこの傾向は成形加工時の圧縮変形に大きく影響するものと思われる。

### 3.6 曲げ試験

Table 2 に焼きなまし温度による曲げ性の変化を示す。○は曲げ加工が可能であるもの、△は亀裂が確認できたもの、×は割れが発生したものを表している。AZ61 は 573K の R3 では 0° と 45° は成形が可能であるが 90° では亀裂が発生し、異方性が見られる。また、AZ31 の 623K の R1 においても同様な傾向が現れている。AZ31 に比べ AZ61 の方が曲げ性は低下する傾向を示している。

### 3.7 絞り試験

Fig.7 に焼きなまし温度による限界絞り比の変化を示す。523K から 623K にかけて再結晶が進行し、内部ひずみが除去されることにより結晶粒が安定したため LDR は上昇し、623K でピークとなり、両供試材とも LDR1.675 を示している。623K から 723K では結晶粒が成長したため LDR は低下する傾向を示している。全体的に AZ61 は AZ31 に比べ、LDR は低くなる傾向が現れている。

### 3.8 エリクセン試験

Fig.8 に焼きなまし温度によるエリクセン値の変化を示す。F 材、523K、573K、623K と焼きなまし温度が上昇するとともに値は高くなり、623K から 723K にかけて低下する傾向を示している。絞り試験とエリクセン試験の結果から双方に相関性が見られる。

### 3.9 集合組織

Fig.9 に焼きなまし温度による集合組織の底面 {0001} を示す。圧延方向に対し、上下に集積の傾きのピークが現れる傾向を示している。双方の F 材および AZ61 の 573K では圧延集合組織の集積となっているが焼きなまし温度の上昇

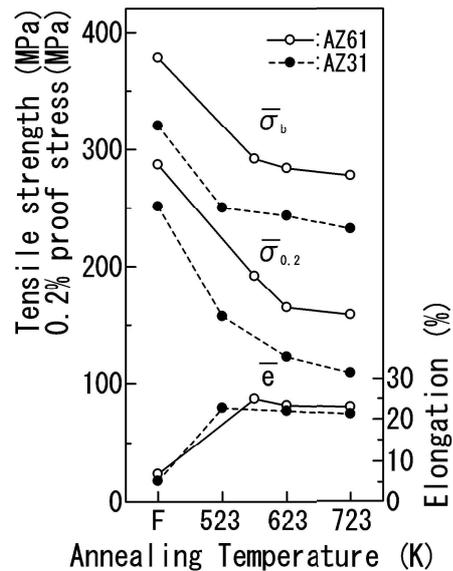


Fig.4 Changes in mechanical properties with annealing temperatures.

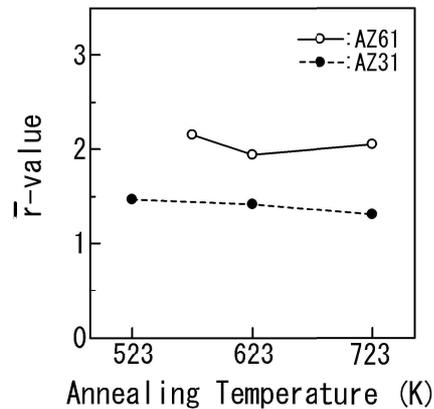


Fig.5 Changes in r-value with annealing temperatures.

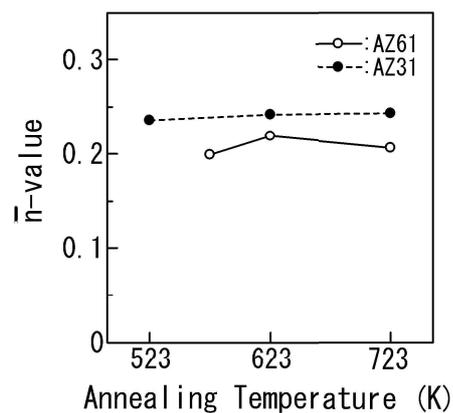


Fig.6 Changes in n-value with annealing temperatures.

にともない結晶方位の傾きが分散する傾向を示している。723K の AZ61 と AZ31 の比較では AZ61 の方が {0001} 面の集積が集中しており、板面に平行な面が多くなっている。

Table 2 Bending evaluations with annealing temperatures.

AZ61		R4	R3	R2	R1
573K	0°			x	x
	45°			x	x
	90°			x	x
623K	0°				x
	45°				x
	90°				x
723K	0°				x
	45°				x
	90°				x
AZ31		R4	R3	R2	R1
523K	0°				x
	45°				x
	90°				x
623K	0°				
	45°				
	90°				x
723K	0°				x
	45°				x
	90°				x

:Success      :Crack      x :Destruction

4. 結言

AZ61 では再結晶終了温度は 623K 近傍であり, AZ31 の再結晶温度 573K より高温側に移行している.

引張強さは AZ61 の方が AZ31 より高く, 両供試材とも焼きなまし温度の上昇とともに低下し AZ61 では 623K AZ31 では 573K で値は安定した.

伸びは AZ61 の方がわずかに AZ31 より高く, 両供試材とも焼きなまし温度の上昇とともに低くなる傾向を示した.

r 値は AZ61 の方が AZ31 に比べて高く, n 値では AZ61 材の方が AZ31 材に比べて低くなり, r 値と n 値では逆の相関となった.

曲げ性は AZ61 の方が AZ31 に比べ, やや低い結果となり, 低い温度では異方性が現れた.

絞り試験とエリクセン試験は両供試材とも焼きなまし温度の上昇とともに値が高くなり 623K でピークを示し, さらに高い温度では双方の値が低下する傾向を示した. 集合組織の {0001} 面は最終圧延方向に対して上下 2 極の集積を示し, 焼きなまし温度の上昇とともにその集積が中心に集まり, 全体的に分散する傾向を示した.

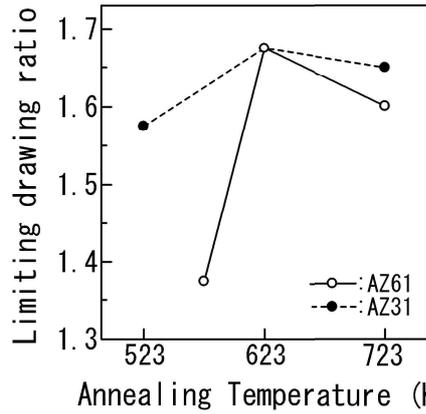


Fig.7 Changes in LDR with annealing temperatures.

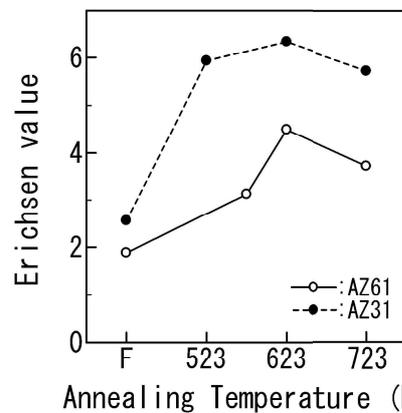


Fig.8 Changes in Erichsen value with annealing temperatures.

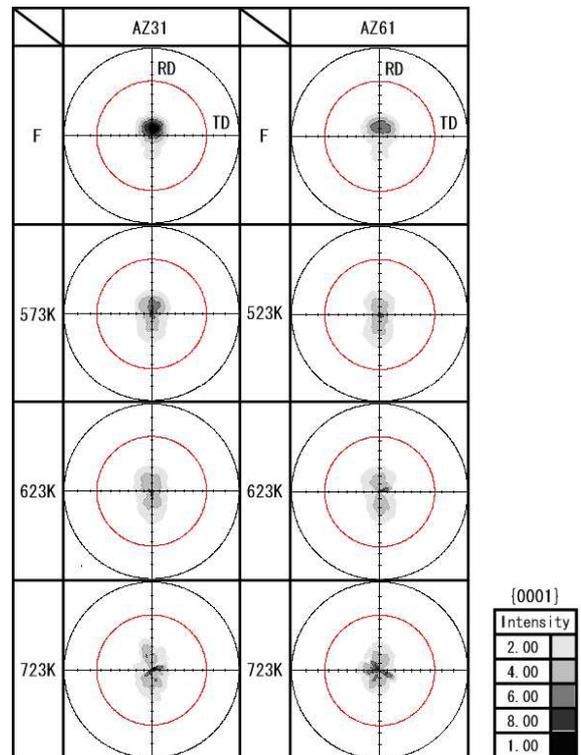


Fig.9 {0001} pole figure.