

成形用マグネシウム合金板の成形性に及ぼす Al 添加量の影響

日大生産工（院） ○高橋 泰裕
日大生産工 勝田 基嗣

1. 緒言

現在、マグネシウムにおける需要は非常に高まっている。その最大の理由は比重の軽さにある。マグネシウムの比重は 1.74 と実用金属中最も軽く Fe の 1/4, Al の 2/3 と工業製品の軽量化、またそれによる CO₂ 削減が期待され、地球温暖化が懸念されている今日において最も適している金属であるといえる。さらに、マグネシウムは資源が豊富、リサイクル性が良いので材料不足にならないといった利点もある。しかし、マグネシウムの結晶構造が稠密六方格子構造であるため、板材では他の金属より成形性が劣るといった欠点がある。そのためマグネシウムの加工はダイカスト技術をはじめとする鑄造加工が主流であり、一般的に加工時間が短く、材料のロスが少ないプレス成形には向いていない。現時点で展伸材として最も広く用いられているのは AZ31 マグネシウム合金板である。しかし成形性が良い反面、強度不足といった問題を抱えており、AZ31 マグネシウム合金板を中心とした幅広い塑性可能な材料の研究、開発が必要不可欠である。そこで本研究では機械的性質、成形性とともにより良好である Mn 添加量が 0.25% の AZ31, AZ41, AZ51, AZ61 マグネシウム合金板を取り上げ、その機械的性質について比較、検討を行った。

2. 供試材および実験方法

本実験では AZ31, AZ41, AZ51, AZ61 マグネシウム合金の鑄造材を板厚 10mm にし、723K 36h の均質化処理を施したものを圧延素材とした。なお化学組成は Table 1 に示す。圧延はロール直径 150mm の 2 段ロール圧延機を用いた。圧延方法は熱間コールドロールを用い、1 パスごとに圧下率を 30%, 180° ずつ方向を変えて圧延を行い、最終板厚を 0.8mm とした。なお圧延の際には、ロールの冷却と

Table 1 Chemical composition (mass%)

	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Be	Mg
AZ31	3.14	1.07	0.21	0.02	0.004	0.001	0.0007	0.0003	Bal.
AZ41	3.85	0.99	0.26	0.01	0.004	0.001	0.0003	0.0004	Bal.
AZ51	4.97	1.00	0.28	0.01	0.002	0.001	0.0003	0.0003	Bal.
AZ61	5.91	1.00	0.24	0.01	0.003	0.001	0.0003	0.0004	Bal.

板材のピックアップを防ぐために絶えず潤滑を行った。また圧延の際に生じる残留ひずみを除去するために 723K 1h の中間焼きなましを施した。この板材を任意の形状に機械加工し、焼きなまし温度による影響を調べるために、各試験片を 548K 2h, 573K 2h, 623K 1h (AZ31 のみ 2h), 673K 1h で焼きなましを行い、組織観察、粒径測定、硬さ試験、引張試験を行った。なおすべての熱処理は酸化防止のためにアルゴンガス雰囲気中で行った。

組織観察は試験片を樹脂埋めし、研磨により鏡面仕上げした後、ピクリン酸溶液で腐食し、光学顕微鏡で倍率 200 倍にて観察を行った。なお観察は最終圧延方向 (RD 方向) に対して横断面にて行った。なお粒径測定はチンマー法を用いて測定を行った。

硬さ試験は組織観察と同様に樹脂埋め、鏡面仕上げを施した後、マイクロビッカース試験機を用いて、試験荷重を 0.05kgf, 加圧時間を 10sec で行った。

引張試験は引張強さ、0.2% 耐力、伸び、塑性特性値である r 値、n 値を測定した。なお試験片は JIS13B 号を採用し、面内異方性を検討するために、RD 方向に対して 0°, 45°, 90° の方向から採取し、試験速度を 1mm/min とした。

3. 実験結果および考察

3.1 組織観察および粒径測定

Fig.1 に Al 添加量における焼きなまし温度別の組織写真を示す。573K, 623K, 673K と焼きなまし温度の上昇にともなって、結晶粒が大きくなる状態が観察された。また AZ31,

AZ41, AZ51 と Al の添加量が増加するとともに細かい結晶粒が観察されたが, AZ61 のみ 623K, 673K においてやや成長した結晶粒が観察された. 焼きなまし温度が 573K のときに AZ31, AZ41, AZ51 では再結晶がはじまり微細な結晶粒が観察できたのに対し, AZ61 のみ圧延によって形成された双晶が見られ, 再結晶温度が 623K と高温側に移行していることがわかる. また AZ31, AZ41 では 573K において AZ51, AZ61 では 623K で最も安定した組織が観察された.

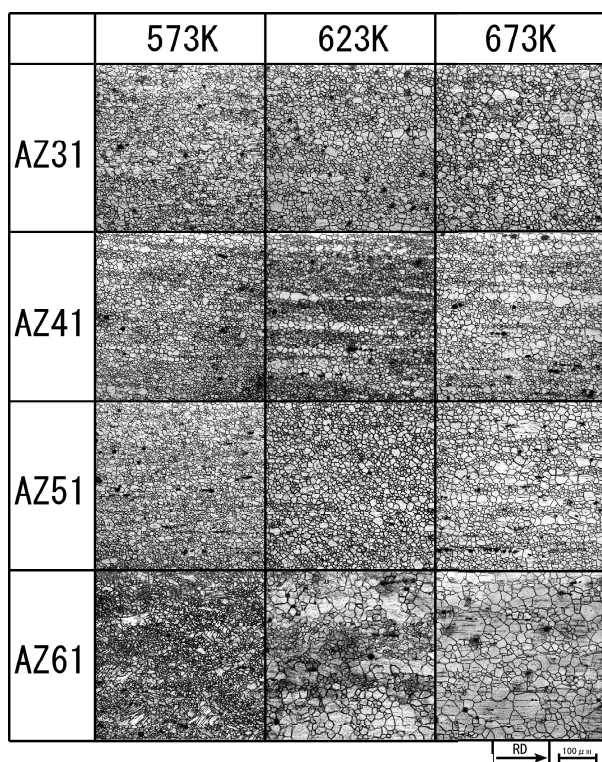


Fig.1 Changes in microstructures with annealing temperatures.

Fig.2 に各焼きなまし温度別における結晶粒径を示す. 組織観察と同様に焼きなまし温度が上昇するとともに粒径が大きくなっているのがわかる. また AZ31, AZ41, AZ51 となるにつれて結晶粒が細かくなっているのに対し, AZ61 のみ 623K を境に結晶粒がやや大きくなっているのがわかる.

3. 2 硬さ試験

Fig.3 に各焼きなまし温度別における硬さを示す. 焼きなまし温度が上昇するとともに硬さの値は低下する傾向を示した. また AZ31,

AZ41, AZ51, AZ61 の順に高い値を示した. これは $Mg_{17}Al_{12}$ による析出硬化のためだと考えられる. また各試験片において F 材は高い値を示した. これは圧延による加工硬化がそのまま影響しているためであると考えられる. その他の各試験片において, 焼きなまし温度が 573K を境に硬さの値が安定しつつある. このことから再結晶温度が 573K から 673K の間にあることがわかる.

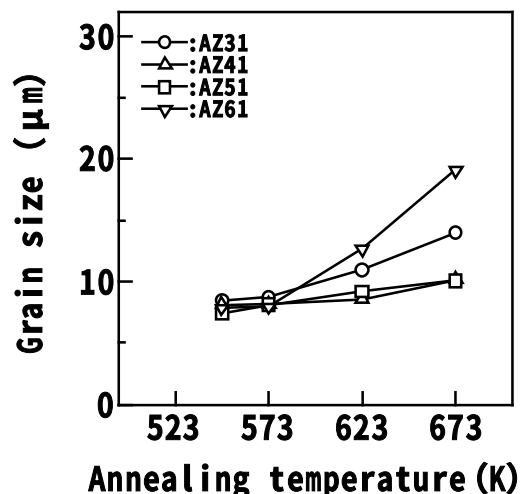


Fig.2 Changes in grain size with annealing temperatures.

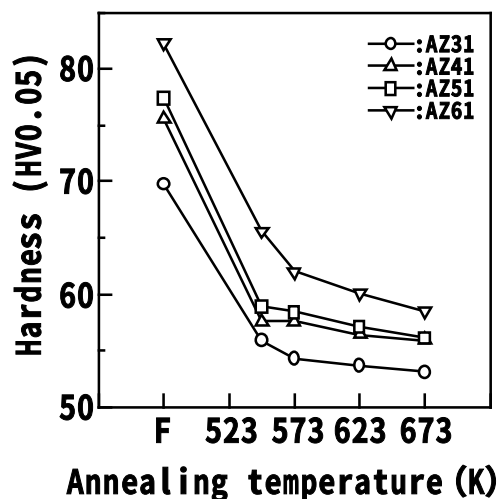


Fig.3 Changes in hardness with annealing temperatures.

3. 3 引張試験

Fig.4 に各焼きなまし温度別における引張強さを示す. 焼きなまし温度が上昇するとともに値は低下する傾向を示した. また AZ31, AZ41, AZ51, AZ61 の順に低い値を示した. こ

れも硬さ試験と同様に析出硬化が引張強さに影響したためだと考えられる。

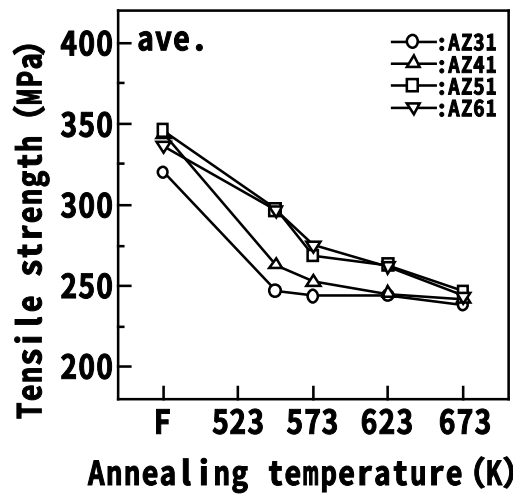


Fig.4 Changes in tensile strength with annealing temperatures.

Fig.5 に各焼きなまし温度別における 0.2% 耐力を示す。引張強さと同様に焼きなまし温度が上昇するとともに 0.2%耐力の値は低下する傾向を示した。また Al 添加量における差はほとんど見られない。

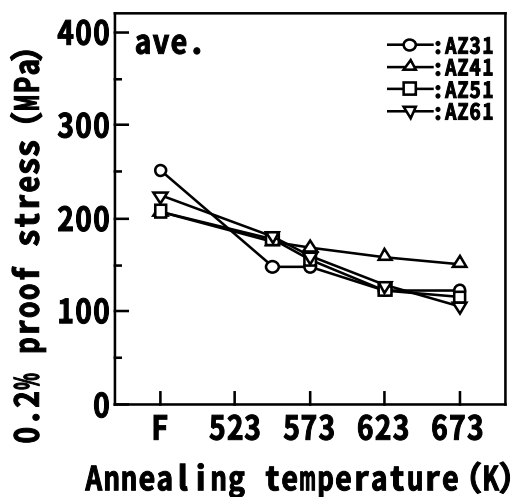


Fig.5 Changes in 0.2% proof stress with annealing temperatures.

Fig.6 に各焼きなまし温度別の伸びを示す。AZ31 では 573K, AZ41 では 548K, AZ51, AZ61 では 673K でピークを示した。AZ31, AZ41, AZ51, AZ61 の順に高い伸びを示し、引張強さと逆の相関を示した。また AZ61 が他の試験片と比較

して低い値を示した。

Fig.7 に各焼きなまし温度別における r 値を示す。焼きなまし温度の低温側では値に差が見られるが高温側ではその差は少なく、値は低下する傾向を示した。Al 添加量の少ない AZ31 は焼きなまし温度による差は見られない。

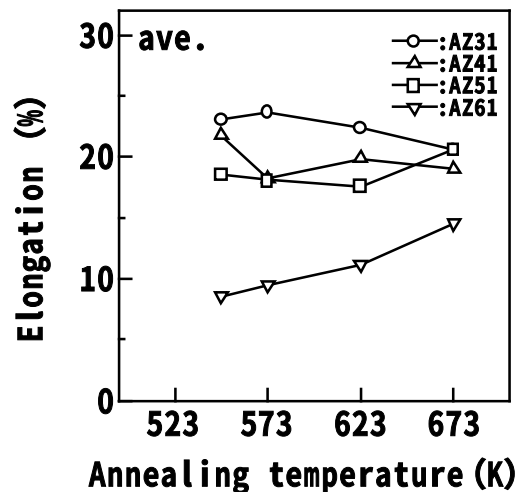


Fig.6 Changes in elongation with annealing temperatures.

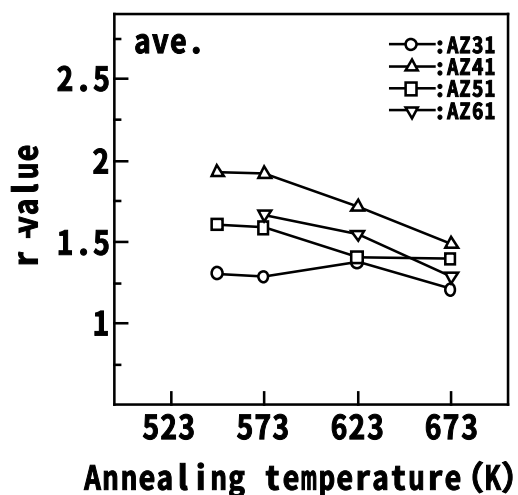


Fig.7 Changes in r -value with annealing temperatures.

Fig.8 に各試験片における採取角度別の r 値を示す。角度が 0° , 45° , 90° と変化するとともに、値は上昇する傾向を示す。また AZ31 が他の試験片と比較して 0° と 90° の差が小さく、最も異方性が少ないことがわかる。

Fig.9 に各焼きなまし温度別における n 値

を示す。焼きなまし温度が上昇しても n 値の変化に規則性はなく、顕著な変化は見られない。このことから n 値は焼きなまし温度にはほとんど影響を受けないようである。また Al 添加量における差はほとんどなく 0.2~0.25 の間に存在する。

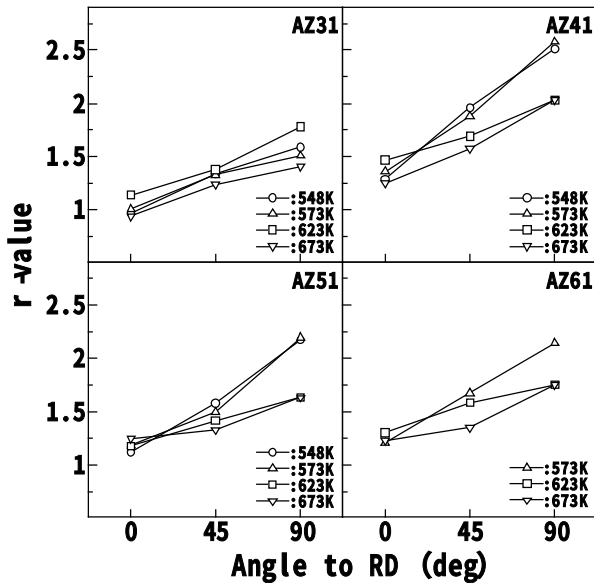


Fig.8 Changes in r -value with angle to RD.

Fig.10 に各試験片における採取角度別の n 値を示す。角度が 0° , 45° , 90° と変化するとともに、わずかながら値は低下し、角度別の r 値と逆の相関を示した。また AZ31 が他の試験片と比較して、わずかながら高い値を示した。

4. 結言

- ①組織観察において AZ31, AZ41, AZ51 では 573K で、AZ61 では 623K で再結晶が終了し、Al 添加量が多くなるとともに再結晶温度が高温側へ移行する。また粒径測定において焼きなまし温度が上昇すると結晶粒径が成長した。
- ②硬さ試験において Al 添加量が多くなるとともに硬さの値が上昇する傾向がある。これは $Mg_{17}Al_{12}$ による析出が起こり、値が高くなったと考えられる。
- ③引張強さ、0.2%耐力は焼きなまし温度に比例して値は低下する傾向を示す。また Al 添加量に比例して引張強さが上昇する傾向

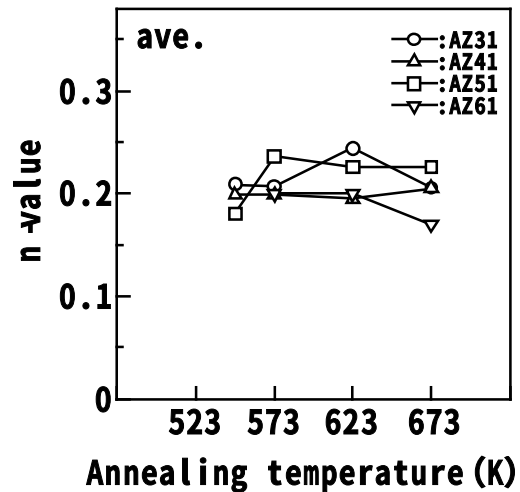


Fig.9 Changes in n -value with annealing temperatures.

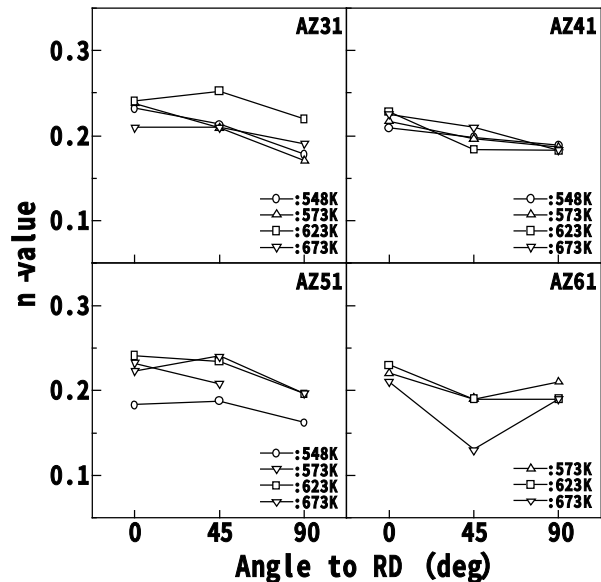


Fig.10 Changes in n -value with angle to RD.

を示し、硬さと同様に $Mg_{17}Al_{12}$ の析出による影響であると考えられる。

- ④伸びは各試験片においてピークが異なり、組織が安定する焼きなまし温度で高い値を示した。また Al 添加量が多くなるとともに伸びが低下する傾向を示し、引張強さと逆の相関を示した。
- ⑤ r 値は焼きなまし温度が上昇すると値は低下する傾向を示した。採取角度が 0° , 45° , 90° となるにつれて値は上昇する傾向を示した。また n 値は焼きなまし温度にはあまり影響されないが、角度別では r 値と逆の相関を示した。