

マグネシウム合金板の高温域における引張特性と成形性

日大生産工(院) 黒沼 慎平

日大生産工 菅又 信

1. 緒言

マグネシウム合金は比強度、比剛性、切削性に優れ、実用金属材料の中で最も軽量の金属材料であることから、自動車をはじめとする輸送用機器の軽量化対策において魅力のある材料である。またマグネシウム合金は資源再利用の点で有利であり、省エネルギー化を通じて地球環境問題の解決に貢献する材料として期待されている。しかし、マグネシウム合金の結晶構造は、最密六方晶であり、アルミニウム合金や銅合金の立方晶と異なる。常温での塑性変形では、活動すべり面が(0001)面に限られることと、常温塑性加工性が悪く、圧延面に平行に配列する集合組織が発達し、再結晶によってその集積度は変わらない。そのため板材としての需要が少ない。以前の研究で温間圧延、異周速圧延など圧延条件を変えることによりやや集合組織の集積度の低減が報告されている¹⁾。塑性加工性を高める手段として、塑性加工性の高いアルミニウム合金をクラッドすることが挙げられる。アルミニウム合金は耐食性にも優れているためマグネシウム合金の耐食性の向上も期待される。

本研究では連続鋳造圧延による AZ61 マグネシウム合金板材と表面材をアルミニウムとした AZ31 マグネシウム合金クラッド材の高温域における引張特性値と成形性を明らかにすることを目的とした。

2. クラッド板製作工程

母材は板厚 2.5mm の AZ31-O 材であり、表面材は板厚 0.5mm の 1050-H24 材とした。

圧延スタート材の圧延方向を 150mm として、幅 100mm に切断する。クラッド材の圧延方向は母材と表面材の圧延方向と一致させた。板厚 0.5mm の表面材を母材の片面、両面に張り合わせる条件を、5A、5AA と表記する。加熱ロール圧延機により 1 パスあたりの圧下率を 10%、ロール速度 0.3m/min、圧延温度は 300 とし最終板厚 1.0mm のクラッド板を作製した。圧延中に表面材がロール面に張り付くことから、ロール表面に黒鉛系の潤滑剤を塗布した。

Table 1 に圧延条件を示す。5A は 11 パスまで、5AA は 12 パスまで圧延した。圧延スタート材の母材および表面材のクラッドする面をエメリー紙(150 番)で十分荒らした後、Ar ガス雰囲気炉中に圧延温度で 10min 保持した後に圧延を開始した。途中加熱することなく最終板厚に仕上げた。なお作製したクラッド板は、母材と表面材の界面に生成する化合物層の厚さを変化させるため、250 × 1h(A 条件) 350 × 1h(B 条件) 350 × 8h(C 条件)の 3 条件での焼きなまし材について、引張試験と成形性評価を行った。

Table 1 Rolling conditions of tested sheet

Designation	Rolling speed (m/min)	Rollin temperature ()	Rolling reduction (%)	Thickness of clad sheet (mm)
5A	0.3	300	66	1
5AA			71	

Mechanical properties and formability of magnesium alloy sheets at high temperatures

Shimpei KURONUMA and Makoto SUGAMATA

3.実験方法

3.1 結晶組織の観察

AZ61 合金板とクラッド板より 10mm 角程度の板を切出し、樹脂に埋め込んだ。エメリー紙で#2000 まで研磨して、バフ研磨で鏡面を仕上げ、ピクリン酸-メチルアルコール溶液(ピクリン酸-3g, 蒸留水-20ml, エタノール-20ml, 酢酸-2ml)でエッチング処理を施し、引張試験前後の板表面の光学顕微鏡組織を観察した。平均結晶粒径はチンマー法により求めた。

3.2 引張試験

クラッド板より圧延方向に対して 90° , AZ61 合金板より圧延方向に対して 0° , 45° , 90° の 3 方向から引張試験片を採取した。試験片形状は標点間距離を 30mm とし幅を 12.5mm とした。試験温度は室温, 373K , 473K , 573K , 623K とした。なお、引張速度は 3mm/min 一定とし、それぞれ 3 本の平均値より引張強さ、伸び、 n 値、 r 値を求めた。

3.3 エリクセン試験

AZ61 合金板とクラッド板より 75mm の円形ブランクに加工し、試験片とした。3 枚ずつ試験を行い、その平均値をエリクセン値とした。試験温度は 373K , 473K , 573K , 623K とし、押し込み速度を 6mm/min で一定とした。なお、テフロンシートをポンチと試験片の間に用いて潤滑した。

3.4 コニカルカップ試験

複合成形性をコニカルカップ試験で評価した。AZ61 合金板とクラッド板より 50mm の円形ブランクに機械加工し、試験片とした。各圧延板とも 3 枚ずつ試験を行い、その平均値を実験値とした。試験温度は 373K , 473K , 573K , 623K とし、押し込み速度を 3mm/min 一定とした。本研究では試験片直径 D_0 と試験後直径 D の比を絞り比とした。ポンチと試験片との間にはテフロンシートを挟み潤滑した。

4.実験結果

4.1 AZ61 合金板

4.1.1 結晶組織

Fig.1 に AZ61 合金板の引張試験後における各温度条件の結晶粒組織を示す。圧延方向は左右方向である。引張試験前には結晶粒径が $18\mu\text{m}$ 程度の等軸の結晶粒である。Table 2 に引張試験後の平均結晶粒径を示す。引張試験温度が 373K , 473K では、結晶粒が引張方向に伸びているのが観察され、多くの結晶粒内に变形双晶が確認された。573K では变形と同時に再結晶が起こったと考えられ、微細で等軸の結晶粒になっている。623K では再結晶が完了したと思われる粒界の揃った等軸粒が確認され、623K では 573K よりも結晶粒が粗大化した。

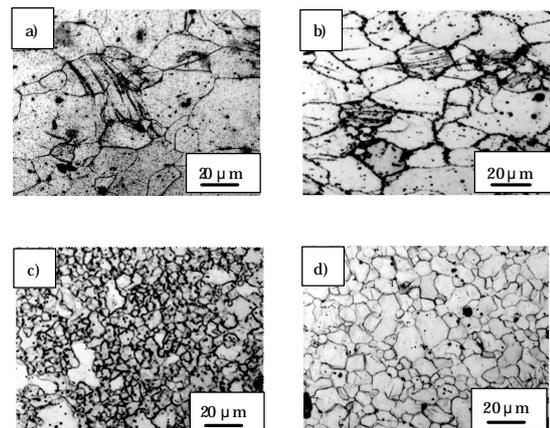


Fig.1 Optical micrographs of AZ61 alloy sheet a)373K, b)473K, c)573K, d)623K

Table 2 Grain size of surface of tensile specimen obtained from AZ61 sheet

Average grain size (μm)				
	373K	473K	573K	623K
AZ61	24.62	24.93	3.68	12.33

4.1.2 引張特性値

Fig.2 および Fig.3 に AZ61 合金板の室温, 373K , 473K , 573K , 623K における引張強さと引張伸びを示す。試験温度の上昇に伴い、引張強さが低下し、伸びが上昇した。これは

常温では底面すべりしか起こらないが，試験温度が増すことにより非底面すべりが起きやすくなり，すべり系が増えることによって変形応力が低下した．AZ61 合金板において最も高い引張強さを示したのが室温での 90° で 285MPa を示した．373K から 473K にかけて引張強度が 100MPa 近く強度が低下した．伸びは 573K から 623K で 40% 近く上昇し，623K では伸びが 90° で 100% を超えた．急激に伸びが上昇したのは，結晶組織から見てもわかるように 573K から 623K にかけて結晶粒が粗大化したためだと考えられる．

4.1.3 張出し性

Fig.4 に AZ61 合金板の各試験温度におけるエリクセン値を示す．引張試験の伸びと同様に試験温度の上昇に伴いエリクセン値は上昇した．最も高いエリクセン値を示したのが 623K で 9.6 の値を示した．373K から 473K において急激に値が 2.5 倍以上に上昇した．

4.1.4 絞り性

Fig.5 に AZ61 合金板の各試験温度におけるコニカルカップ試験による絞り比を示す．試験温度の上昇に伴い絞り比は上昇し，623K で最も高い絞り比である 1.25 を示した．

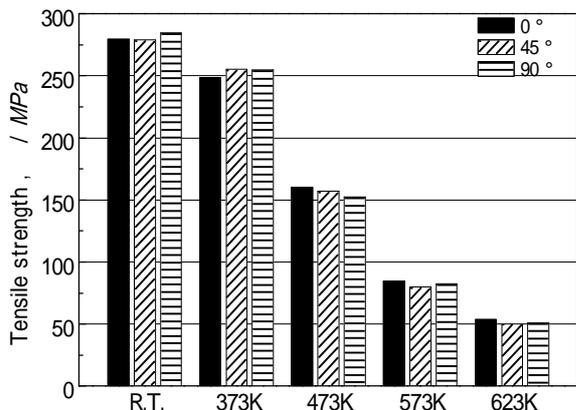


Fig.2 Tensile strengths of AZ61 alloy sheets at various temperatures

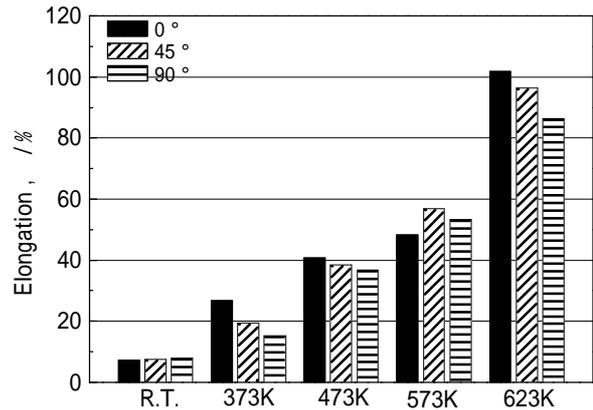


Fig.3 Elongation of AZ61 alloy sheets at various temperatures

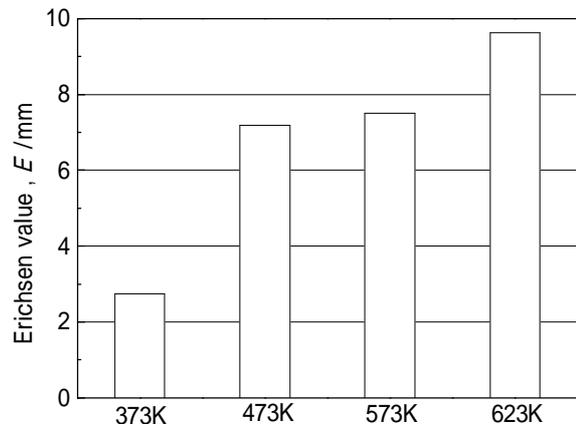


Fig.4 Erichsen value of AZ61 alloy sheet at various temperatures

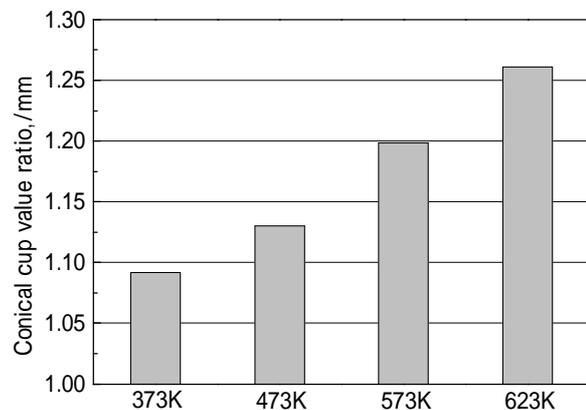


Fig.5 Conical cup value ratio of AZ61 alloy sheet at various temperatures

4.2 クラッド板

4.2.1 引張特性値

Fig.6 および Fig.7 に A 条件，C 条件で焼きなましたクラッド板の各温度条件での引張強さを示す．どちらの条件も試験温度の上昇に伴い引張強さが低下する傾向がみられた．クラッド板において最も高い引張強さを示し

たのが A 条件の 5A 材で室温において 225MPa の値を示した。Fig.8 および Fig.9 に A 条件, C 条件の引張り伸びを示す。どちらの条件も試験温度の上昇に伴い伸びが上昇した。A 条件の伸びの上昇率に比べ、C 条件の伸びの上昇率が低かった。623K において C 条件の伸びが急激に上昇した。伸びの上昇率が低かったのは、C 条件が A 条件とくらべて化合物層が厚いためだと考えられる。623K において伸びが急激に上昇したのは、表面材より母材の影響が大きいと考えられる。界面化合物の生成量による影響は、引張強度にはほとんど見られない。しかし生成量の増加によって伸び低下が顕著にあらわれた。

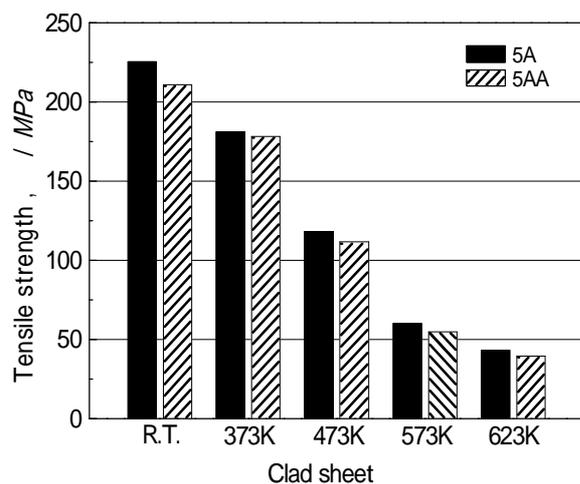


Fig.6 Tensile strengths of clad sheet annealed at 250 °C × 1h

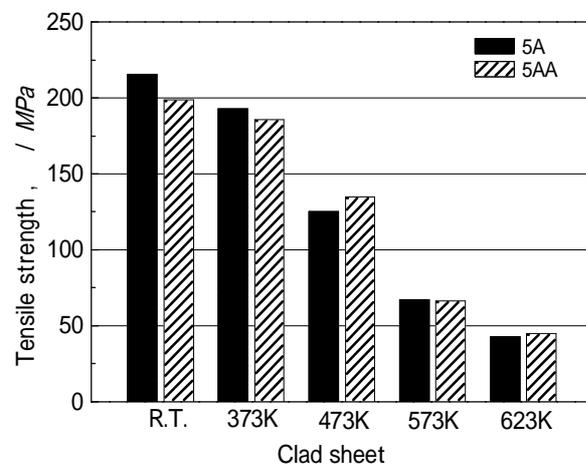


Fig.7 Tensile strengths of clad sheet annealed at 350 °C × 8h

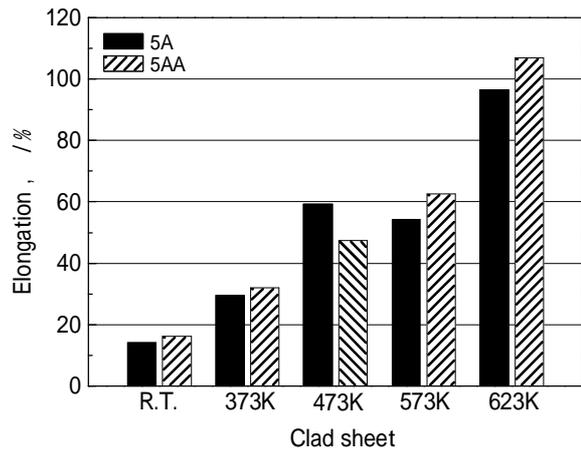


Fig.8 Elongation of clad sheet annealed at 250 °C × 1h

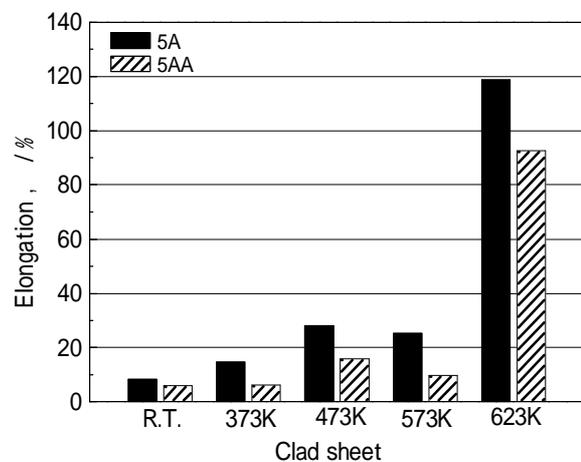


Fig.9 Elongation of clad sheet annealed at 350 °C × 8h

5. 結言

- 1) AZ61 合金板では 90° 方向で室温の最高引張強さ 285MPa を示し、試験温度の上昇に伴い、異方性がみられた。特に試験温度 623K での 0° 方向の伸びが高く、高温変形においても異方性が残留していた。
- 2) AZ61 合金板の張出し性は試験温度の上昇に伴い向上した。
- 3) クラッド板において室温で最高の引張強さ 225MPa の値を示し、クラッド板の界面化合物が厚くなることで引張試験における伸びが減少した。

参考文献

- 1) 鈴木基純：低速および異周速熱間圧延による AZ31 マグネシウム合金板の結晶組織制御，平成 18 年度生産工学研究科修士論文