

熱間圧延により 1050 アルミニウム板をクラッドした AZ31 マグネシウム合金板の性質

日大生産工(院) ○菊池 俊司

日大生産工 菅又 信, 久保田 正広

1. 緒言

マグネシウム圧延板は常温において塑性加工性が劣るため、板材としての需要は少ない。これは Mg の結晶構造が六方晶であり、圧延板では優先すべり面である六方晶の底面が板面に平行に配列する底面集合組織が、形成されるためである。集合組織の集積度は熱処理によってほとんど変化しない。粒界すべりを促す低速の高温圧延¹⁾や、せん断力を付加する異周速圧延²⁾によってやや集積度が緩和することが報告されている。

表面に塑性変形能の高いアルミニウム板をクラッドすることによってマグネシウム板の成形性の向上が期待される。またアルミニウム板はマグネシウム合金よりも耐食性が優れているためマグネシウム板の耐食性の向上にも効果がある。本研究では 1050 アルミニウム合金板を表面材として AZ31-マグネシウム合金板のクラッド材を高温圧延によって製作し、その性質を調べ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 と 0.7mm 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、両面に貼り合わせる条件を、5A, 5AA と表記し、板厚 0.7mm の表面材を母材の片面、両面に貼り合わせる条件を、7A, 7AA 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%、ロール速度は 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 と 7A は 11 パスまで、5AA は 12 パス、7AA は 13 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。

Table 1 Rolling conditions of tested sheet

Designation	Rolling speed (m/min)	Rolling temperature (°C)	Total rolling reduction (%)	Thickness of clad sheet (mm)
5A	0.3	300	66	1
5AA			71	
7A			69	
7AA			74	

3. 実験方法

3.1 界面化合物の観察

圧延方向に 50mm、幅 100mm に切り出した圧延ままのクラッド材と 200℃から 350℃までの範囲で焼きなましたクラッド材を、圧延方向に対して 90° 断面を樹脂に埋め込んだ。試料断面をバフ研磨まで仕上げて光学顕微鏡(500 倍)で観察した。断面の化合物層の厚さは 3 箇所から求めた。

3.2 断面の硬さ試験

焼きなまし温度を 350℃にし、焼きなまし時間ごとの試料断面の硬さをマイクロビッカース硬度計(荷重 9.8gf, 荷重保持時間 15 s)で測定した。測定位置の圧痕を光学顕微鏡(200 倍)で観察した。

3.3 X 線回折

母材と表面材の界面に存在する化合物を、X 線回折によって同定した。X 線強度を 40kV, 60mA とした CuK α 線を用いて回折角 $2\theta = 20\sim 80^\circ$ の範囲で X 線回折パターンを求めた。

3.4 引張試験

クラッド材の圧延方向に対して、 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、幅を12.5mmとした。引張温度は常温、引張速度は3.0mm/minとして、3本の平均値により引張強さ、伸びを求めた。

3.5 エリクセン試験

クラッド材からφ75mmの円形ブランクを加工し試験片とした。各条件で3枚ずつ試験をし、その平均値をエリクセン値とした。試験温度は常温とし、ポンチ押し込み速度は6mm/minで一定とした。5Aと7Aについてはポンチ接触面を母材側および表面材側とした2条件でエリクセン値を求めた。

4. 実験結果

4.1 界面化合物の観察

クラッド材を焼なましすると、母材と表面材の界面に化合物の生成がみられた。Fig.1に5A試料の焼なまし温度の変化にともなう断面の写真を示す。上層が母材、下層が表面材である。Fig.2にその化合物層の厚さを示す。Alの再結晶温度の付近である 350°C では化合物層が $35\mu\text{m}$ に達している。Fig.3に焼なまし温度を 350°C として焼なまし時間ごとの5A試料の化合物層の断面写真を示す。Fig.4はその化合物層の厚さの変化である。1hまでの化合物の厚さは急激に増加するが、2hになると増加量は減少し、以降は直線的に増加していた。これらの化合物層の観察結果より $250^\circ\text{C} \times 1\text{h}$ (A条件)、 $350^\circ\text{C} \times 1\text{h}$ (B条件)、 $350^\circ\text{C} \times 8\text{h}$ (C条件)の焼なましによって、化合物の厚さを変化させた各クラッド材の引張特性値とエリクセン値を調べた。

4.2 断面の硬さ

Fig.5に一例として 350°C で6h焼なましした5A試料の圧痕位置と硬さを示す。化合物層(I.C.)の硬さは母材、表面材の5~10倍の値を示し、化合物層から離れるにつれて母材、表面材の硬さがやや低下している。この傾向はいずれの焼なまし条件においても同様である。またいずれの条件でも化合物層の硬さは300Hv以上を示した。

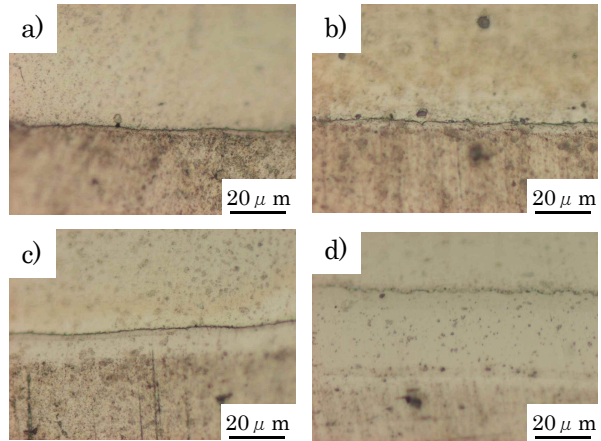


Fig.1 Optical micrographs of 5A after annealing at various temperatures for 1h a) 200°C , b) 250°C , c) 300°C , d) 350°C

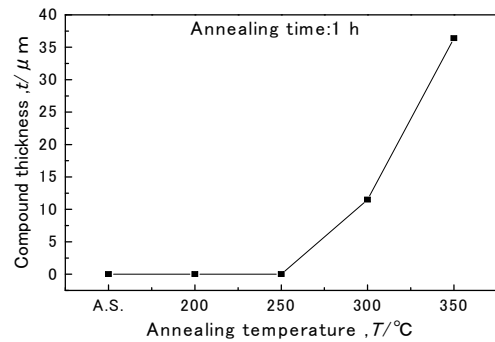


Fig.2 Thickness of intermetallic compound layer after annealing at various temperatures for 1h

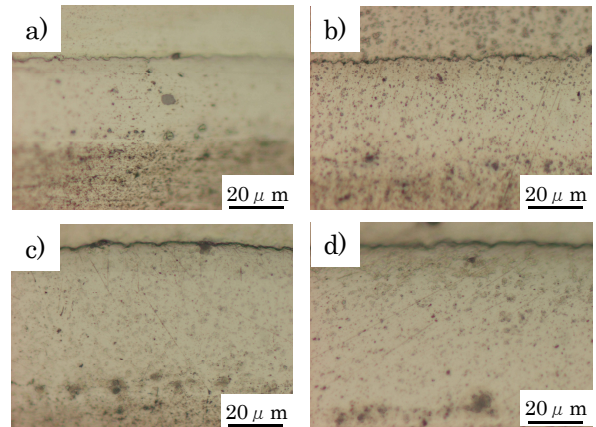


Fig.3 Optical micrographs of 5A after annealing at 350°C for various time a) 2h, b) 4h, c) 6h, d) 8h

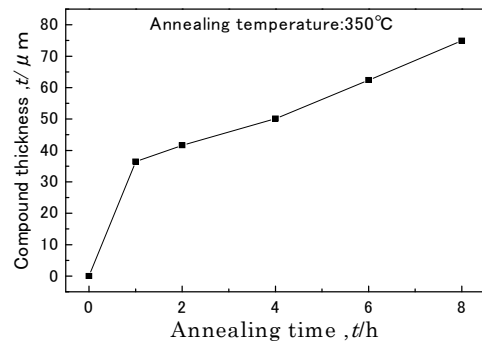


Fig.4 Thickness of intermetallic compound layer after annealing at 350°C for various time

4.3 X線回折パターン

クラッド材のAlをNaOH水溶液で溶解して、露出させた界面のX線回折パターンをFig.6に示す。図中には比較として(d), (e)には母材と表面材の回折パターンを示す。A条件では母材のピークが検出されている。そしてB, Cの条件では化合物のピーク強くなり、化合物は Al_3Mg_2 と同定された。これにより界面に硬く脆い Al_3Mg_2 が生成している。

4.4 引張特性値

母材と表面材をそれぞれM, Aと示して、Fig.7にA条件, Fig.8にB条件, Fig.9にC条件で焼きなましたクラッド材の引張特性値を示す。

いずれの焼きなまし条件においても引張強さは $5A > 7A > 5AA > 7AA$ の順となる、これは母材の占める割合が低下し、引張強さの低い表面材の割合が増加するためである。また引張強さは、 90° 方向の引張り強さが高い傾向を示す。クラッド材には圧延方向に対して垂直にしわ状の波うった界面ができるため、 0° 方向ではその影響を受けて、母材が薄い箇所まで切れ、引張強さが低くなっていると考えられる。また伸びはその傾向が引張強さよりも顕著に出ている。焼きなましによる影響をみると、化合物層の増加とともに引張強さはやや低下し、伸びは大きく減少している。B, C条件では硬く脆い Al_3Mg_2 が生成することにより、Mgの伸びを抑制したと考えられる。C条件では Al_3Mg_2 層が厚くなっているため、伸びの抑制に対する影響がより高くなっている。

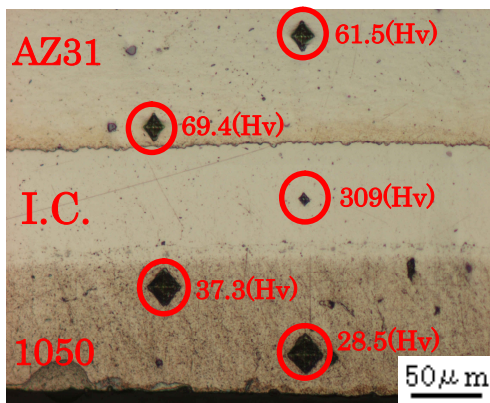


Fig.5 Hardness of 5A of normal section to rolling direction

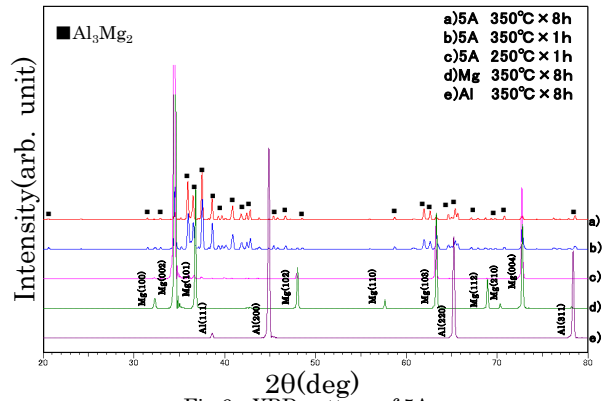


Fig.6 XRD pattern of 5A

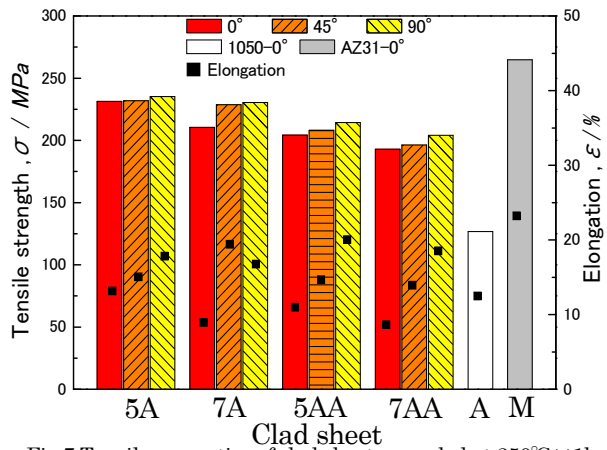


Fig.7 Tensile properties of clad sheet annealed at $250^\circ C \times 1h$

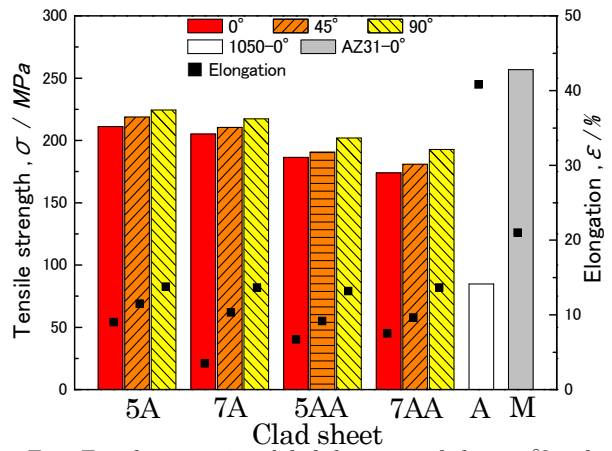


Fig.8 Tensile properties of clad sheet annealed at $350^\circ C \times 1h$

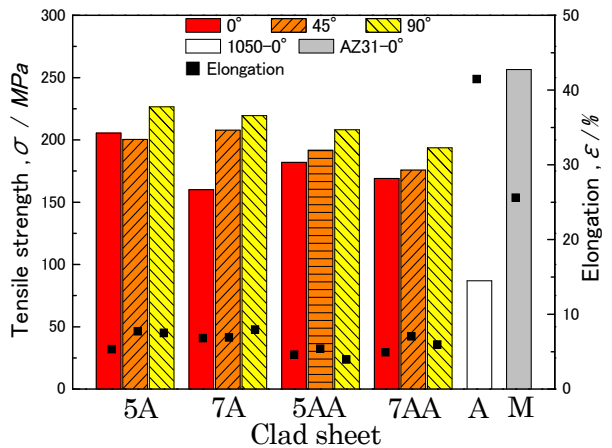


Fig.9 Tensile properties of clad sheet annealed at $350^\circ C \times 8h$

4.5 エリクセン値

Fig.10 に A 条件, Fig.11 に B 条件, Fig.12 に C 条件でのクラッド材のエリクセン値を示す. 参考文献 2 では 350°C で圧延したままの AZ31 マグネシウム合金のエリクセン値は 2.97 であり, いずれの条件でも, 2.97 より高い値を示した. 5A, 7A の片面のクラッド材では B, C 条件で表面材側よりも母材側から押し込む条件で値が高くなっている. これは Al_3Mg_2 層の影響によるものと考えられる. Al_3Mg_2 層は界面付近の変形を抑制するため, 母材側が押し込まれたときに表面材側の変形が抑制され, 母材にせん断応力を働かせ, 底面すべり面以外のすべり系が活動したのではないかと考えられる. 表面材側から押し込んだ場合には, ポンチが押し込まれることにより脆い Al_3Mg_2 層に割れが発生するため, エリクセン値が低下した. 5AA, 7AA の両合わせ材では, 両界面に Al_3Mg_2 層があるため, 両面の変形を抑制するため B または C 条件では低い値となっている.

5. 結言

- 1) AZ31 マグネシウム合金に 1050 アルミニウム板によるクラッド材を焼きなますことにより界面に Al_3Mg_2 を生成した. 焼きなまし時間の経過とともに化合物層の厚さが増加した.
- 2) Al_3Mg_2 層が厚くなることにより機械的性質に変化して, 引張試験における伸びは大きく減少した.
- 3) クラッド材のエリクセン値は AZ31 マグネシウム合金板に比べて高く, 張出し性が向上した.

参考文献

- 1) 五十嵐大輔: 異周速熱間圧延による AZ31 マグネシウム合金板の組織制御と機械的性質, 平成 17 年度生産工学研究科修士論文
- 2) 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

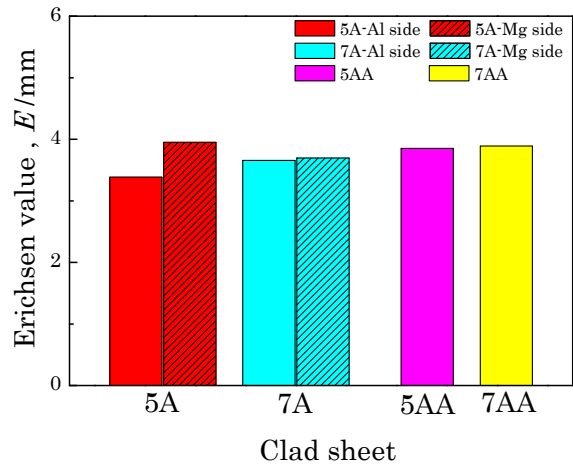


Fig.10 Erichsen value of clad sheet annealed at 250°C × 1h

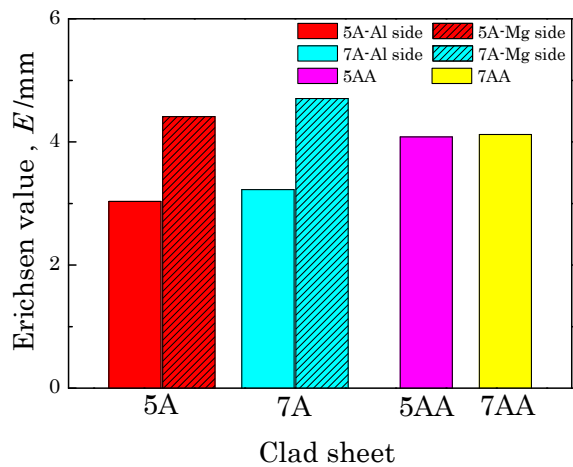


Fig.11 Erichsen value of clad sheet annealed at 350°C × 1h

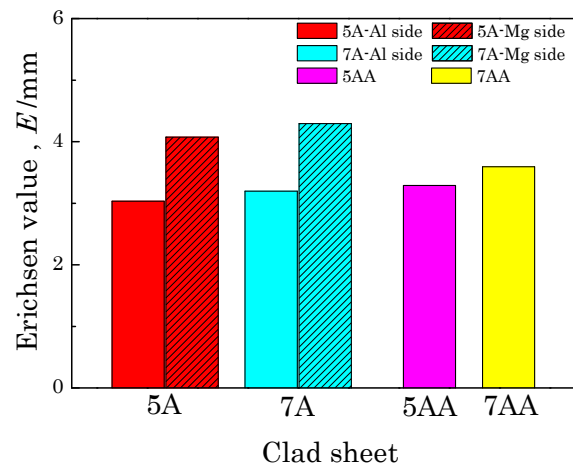


Fig.12 Erichsen value of clad sheet annealed at 350°C × 8h