

高温低速度圧延による Mg 合金板の組織と材料特性

日大生産工(院) 鈴木 基純
日大生産工 菅又 信, 金子 純一, 久保田 正広

1. 緒言

近年省エネルギーに代表される環境問題に対し, マグネシウム合金は比強度・比剛性が高く, 実用金属中もっとも軽量な材料として注目を浴びている. 特に自動車部品, 電子機器などの軽量化のためにマグネシウム合金が用いられている¹⁾.

しかし, マグネシウム合金圧延板は常温においてプレス成形性に劣るため, 板材としての需要は極めて少ない. これはマグネシウム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. このことにより塑性異方性が強くなり, 成形限界は低下する^{2), 3)}.

本研究では加熱式ロール圧延機を用いて, 高温低速度圧延により AZ31 マグネシウム合金圧延板を作製した. 高温低速圧延では粒界すべりが起きて, 強い底面集合組織の形成が抑制されると考えられる. 得られた板材の成形性を評価して, 成形性に優れた Mg 合金板材開発のためのデータを得心することを目的とする.

2. 圧延板作製工程

直径 155mm の AZ31 マグネシウム合金押し出し材(厚さ 5.0mm)を機械加工により 100mm 角ブロックとした. 厚さを 3.0mm まで両面削りして圧延スタート材とした. 圧延は 1 パスあたり圧下率 10% とし, 圧延速度は 0.2m/min (Low speed), 0.8m/min (High speed) の 2 条件で行った. 圧延温度は 350, 400,

450 の 3 条件で行い最終的に板厚 1.0mm の圧延板を作製した. 圧延する素材は Ar ガス雰囲気炉中に, 圧延温度で 30min で保持した後圧延した. なお, 黒鉛潤滑剤をロール面にあらかじめ塗布し圧延した. その各圧延条件を Table1 に示す. 圧延条件はアルファベットと数字で表記した. すなわち圧延速度は 0.2mm/min, 0.8mm/min をそれぞれ L, H とし, 下二桁は圧延温度を示している.

Table1 Rolling conditions of tested

	Thickness before rolling (mm)	Temperature of roll (°C)	Rolling speed (m/min)	Designation	Thickness (mm)	Total rolling reduction (%)
Finish rolling	3	350	0.2(L)	L335	1.0	66.7
		400		L340		
		450		L345		
		350	0.8(H)	H335		
		400		H340		
		450		H345		

3. 試験方法

3.1 結晶組織の観察

押し出し材および仕上げ圧延板から 10mm 角の板を切り出し, 樹脂に埋め込みエメリー紙で 2000 まで研磨した後, パフ研磨で鏡面を仕上げエッチング処理を施し, 光学顕微鏡を用いて組織を観察した. 平均結晶粒径はチンマー法により倍率 500 倍の組織写真で算出した.

3.2 集合組織

製作した圧延板の集合組織を X 線回折装置を使用し, シュルツの反射法を用いて測定した. 試験片の寸法形状は直径 40mm, 厚さ 1.0mm の円板とし表面はエメリー紙で 2000 まで研磨した後, パフ研磨で鏡面とした.

Structures and properties of Mg alloy sheets by low speed rolling at high temperatures

Motoyoshi SUZUKI, Makoto SUGAMATA, Junichi KANEKO and Masahiro KUBOTA

3.3 硬さ試験

圧延板から 10mm 角の板を切り出し、樹脂に埋め込み、エメリー紙研磨し、ビッカース硬度計（荷重 9.8N、荷重保持時間 15s）を用いて測定した。12 箇所測定した後、最大硬度、最小硬度を除く 10 箇所の平均値を測定値とした。

3.4 引張試験

圧延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 幅を 12.5mm とした。引張試験は常温で行い、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、 n 値、 r 値を求めた。

3.5 エリクセン試験

圧延板から 75mm の円形ブランクを加工し試験片とした。各圧延板とも 3 枚ずつ試験の平均値をエリクセン値とした。試験温度は常温で行い、押し込み速度は 6mm/min 一定とした。

3.6 深絞り試験

圧延板を円形ブランクに加工し試験片を製作する。このブランク径を種々に変化させ深絞り試験を行った。カップ壁にしわが発生することなく、また破断することなく絞り込まれた 3 つのカップが得られたブランク径から限界絞り比を求めた。試験温度は常温で行い、押し込み速度を 10mm/min 一定で行った。なお、潤滑剤としてテフロンシート（厚さ 0.1mm）をブランク両面に用いた。

4. 実験結果および考察

4.1 結晶組織

Fig.1 と Fig.2 に圧延条件 L335、H335 の結晶組織写真を示す。いずれの組織についても、圧延方向は右から左である。圧延条件 L335 では、粒径約 $17\mu\text{m}$ とそれより細かい結晶粒が混在していた。また、圧延方向に伸ばされた結晶粒は観察されず再結晶組織となっている。

圧延条件 H335 では、圧延速度の増加により、粒径が約 $8\mu\text{m}$ の微細な結晶粒が得られた。ま

た、圧延温度が高くなるにつれ加熱圧延時に結晶粒の成長が認められた。

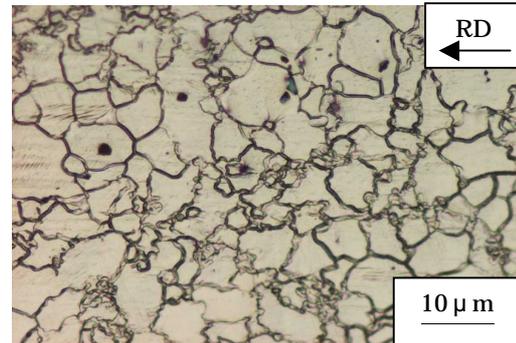


Fig.1 Optical micrograph of L335 rolled sheet

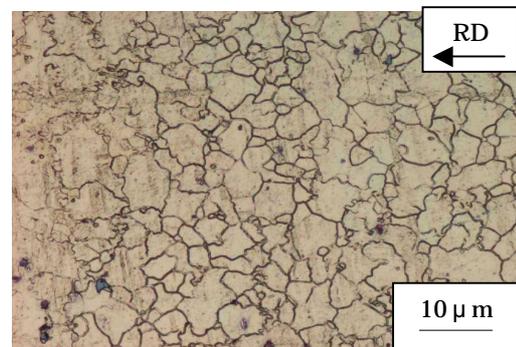


Fig.2 Optical micrograph of H335 rolled sheet

4.2 集合組織

マグネシウムの優先すべり面である (0001) 面の正極点図を Fig.3 と Fig.4 にそれぞれ圧延条件 L335、H335 の圧延板について示す。圧延条件 L335 の圧延板ではやや (0001) 面が板材に対し傾いて、縦長に底面が集積している。また、H335 仕上げ圧延板では正極点図中心に強い底面集合組織の形成が認められた。

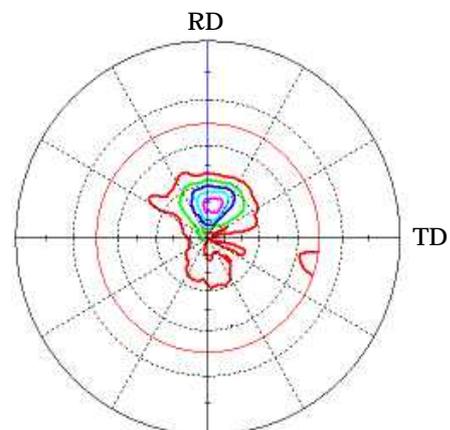


Fig.3 (0001) pole figure of L335 rolled sheet

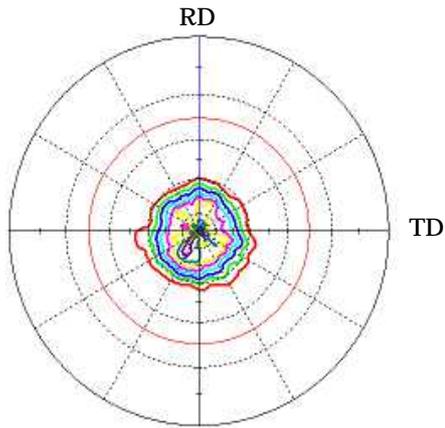


Fig.4 (0001) pool figure of H335 rolled sheet

4.3 硬さ試験

Fig.5 に各圧延板の硬さを示す。圧延温度が高くなるにつれて硬さの低下が見られた。圧延速度の遅い L 材は圧延速度が高い H 材よりも若干低い値を示した。硬さが最も高い条件は圧延板 H335 で 57.8HV を示した。

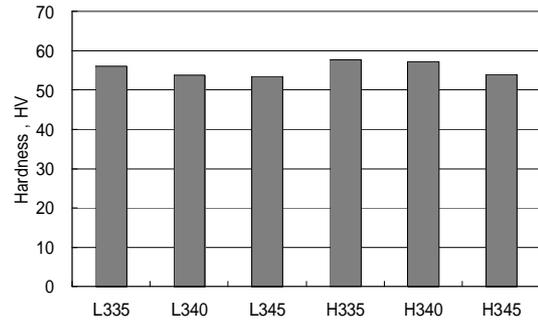


Fig.5 Hardness of various sheets

4.4 引張試験

Fig.6 に常温における各圧延条件の板材の引張強さを示す。なお、圧延 L345, H345 は現在試験中である。圧延板 L 材, H 材ともに圧延温度が低下するとともに、引張強さは向上した。これは圧延による結晶粒の大きさが影響したものと考えられる。圧延板 H 材は圧延板 L 材に比べていずれの引張方向において引張強さが高い傾向を示した。また、引張方向が 45° の引張強度は 0°, 90° と比較すると若干引張強さは減少した。

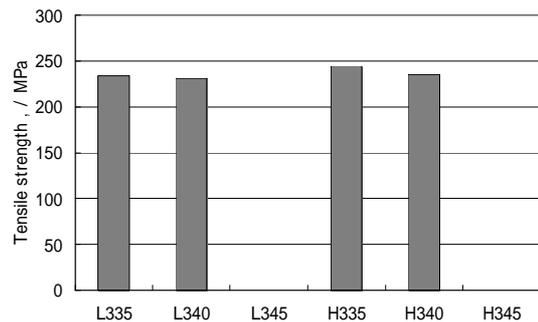


Fig.6 Tensile strength of rolled sheet at room temperature

Fig.7 に各圧延板の常温における伸びを示す。圧延速度が下がるにつれて伸びは向上した。圧延速度の遅い仕上げ圧延板 L 材は H 材より若干低い伸びを示した。

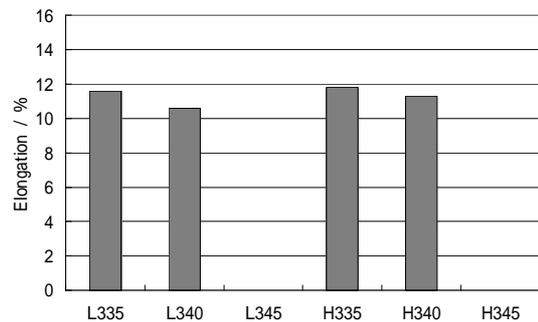


Fig.7 Elongation of rolled sheet at room temperature

Fig.8 に各圧延板の常温における n 値を示す。圧延板 H 材は圧延温度が高くなるにつれて n 値は向上した。圧延板 L 材は仕上げ圧延板 H 材よりも高い n 値を示した。

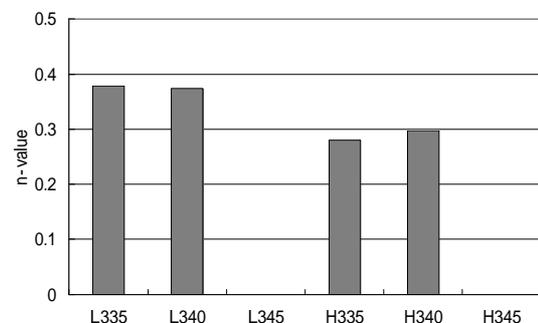


Fig.8 n-value of rolled sheet at room temperature

4.5 エリクセン試験

Fig.9 に各圧延板の常温におけるエリクセン値を示す。圧延速度の遅い L 材では温度に影響されずほぼ同等のエリクセン値を示した。また、H 材では同温度で L 材と比較するとやや低い値を示した。圧延板 H345 が最も高いエリクセン値を 5.49mm 示した。

4.6 深絞り試験

Fig.10 に各圧延板の常温における限界絞り比を示す。圧延温度が上がることで若干の限界絞り比の向上が見られた。また、圧延速度の変化による限界絞り比の影響はほとんど見られなかった。

5. 結言

- (1) 圧延板 H 系は圧延板 L 系よりも細かい結晶粒が得られ、また圧延方向に伸ばされた結晶は観察されなかった。
- (2) 圧延板 L 335 における底面集合組織は圧延方向に対し縦長の極点図が得られた。
- (3) 圧延板 L 材、H 材また圧延温度の変化による影響は少なく、同程度の硬さを示した。
- (4) 圧延板 H 材は圧延板 L 材よりもやや高い引張強さ、伸びが得られた。
- (5) 圧延温度が高くなるにつれ圧延板 H 材のエリクセン値は向上し、圧延速度の遅い L 材では温度に影響されずほぼ同等のエリクセン値を示した。
- (6) 圧延温度の上昇とともに限界絞り比のわずかな向上が得られた。しかし、圧延速度の影響は小さく、同程度の値を示した。

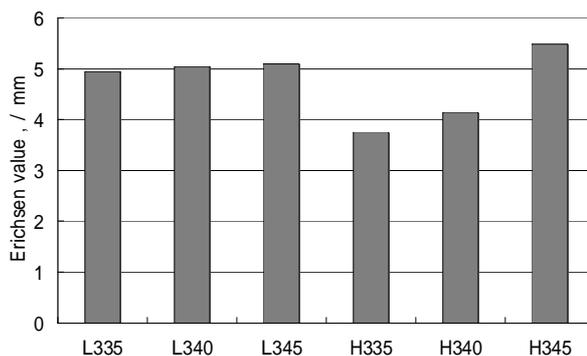


Fig.9 Erichsen value of various sheets at room temperature

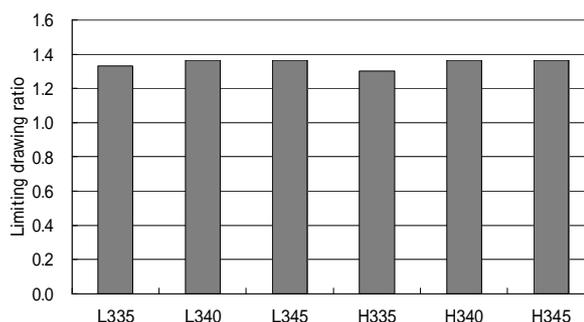


Fig.10 Limiting drawing ratio of various sheets at room temperature

参考文献

- (1) 日本塑性加工学会:マグネシウム加工技術(2004-2)229.
- (2) 日本マグネシウム協会:マグネシウム技術便覧(2000-5)241.
- (3) 小島 陽, 井藤 忠男:マグネシウム合金の応用と成形加工技術(2001-1)58.