

異周速加熱ロールによる AZ31 合金板の性質に及ぼす圧延条件の影響

日大生産工(院) 五十嵐 大輔

日大生産工 菅又 信, 金子 純一, 久保田 正広

1. 緒言

Mg は実用金属中最も軽量であり, 比強度, 減衰能特性など様々な優れた特性を持つ. また, リサイクル性にも優れ, 海中にも豊富に含まれることからアルミニウムの代替材としての利用が増えつつある.

しかし, 板材からのプレス製品として利用するには, 常温での成形性に劣ることや強い異方性を示すことなど, 様々な課題があり板材の使用量は極めて少ない.

本研究では, 新しく導入した異周速加熱ロール圧延機により, 通常と同周速圧延に比べて高いひずみを付与して, Mg 合金板を作製し, その機械的性質, 集合組織, 成形加工性を評価する. プレス成形性に優れた Mg 合金板材を得ることが最終的な目的である.

2. 圧延板作製方法

直径 155mm の AZ31 合金鋳塊(厚さ 5.0mm)から 100mm 角の厚板材を切り出して, 両面を厚さ 3.0mm まで面削した. その後, Ar ガス雰囲気中で 673K, 1440min の均質化熱処理を施し圧延スタート材とした.

圧延はすべて 1 パスあたりの圧下率を 10%とした. 各圧延条件におけるギア比と, 圧延速度を以下の Table.1 に示す.

Table.1 Gear ratio and roll speed of finish rolling

Gear	Upper gear teeth	Lower gear teeth	Gear ratio	Upper roll speed (m/min)	Lower roll speed (m/min)
A	28	28	1:1	3.00	3.00
B	25	31	1:1.24	3.10	2.50
C	22	34	1:1.55	3.00	2.00
D	20	36	1:1.80	3.00	1.67

圧延板の最終板厚は 0.8mm であり, 圧延条件はアルファベットと数字を用いて表記した. アルファベットは各圧延条件におけるギアを表し, 数字の上二桁が圧延温度である. なお, 下二桁は圧延 1 パスあたりの圧下率を表す. Table.2 に圧延条件と板材の名称を示す.

ロール面には黒鉛系潤滑剤を圧延前に塗布した. なお, 鋳塊についても厚さ 0.8mm に加工し諸特性を調べた.

Table.2 Rolling conditions of test sheet

Gear	Temperature of roll (°C)	Thickness (mm)	Designation	Total rolling reduction (%)
A	250	0.8	A2510	73.3
B	250		B2510	
C	250		C2510	
D	250		D2510	
ingot			ingot	0

3. 試験方法

3.1 組織観察

各圧延板, および鋳塊から 10mm 角程度の大きさに切り出した試験料を樹脂に埋め, エメリー紙で研磨した後バフ仕上げを行った試験片にエッチング処理を行ない, 組織観察を行った. 測定面は上ロール接触面, 下ロール接触面, 圧延方向の垂直断面, 圧延方向に平行な断面の 4 点から測定を行った. 上ロール接触面と下ロール接触面は, 倍率は 500 倍を用いて, チンマー法により平均結晶粒径を求めた.

3.2 硬さ試験

樹脂に埋め込んだ試験片の硬さをピッカース硬度計 (9.8N, 15sec) で測定した. 測定面は上ロール接触面, 下ロール接触面を測定面とした.

3.3 引張試験

各圧延板より圧延方向に対して 0°, 45°, 90° の 3 方向から試験片を採取した. また, 鋳塊からも引張試験片を採取した. 試験温度は常温として, 引張速度は 3mm/min とした. 引張強さ, 伸び, n 値(加工硬化指数), r 値(塑性ひずみ比)を測定した. 1 条件について 3 本試験を行ない, 各平均値を測定値とした.

3.4 エリクセン試験

各圧延板, および鋳塊から 75mm の円形ブランク試験片を作製した. 試験は上ロール接触面側をポンチ側として, 試験速度は 6.0mm/min, 試験温度は常温とした. 各条件 3 回試験を行ない, その平均値を測定値とした. なお, ポンチと板の間の潤滑にはテフロンシート(厚さ 0.1mm)を用いた.

Influence of asymmetric rolling conditions on the properties of AZ31 magnesium sheets

Daisuke IGARASHI, Makoto SUGAMATA, Junichi KANEKO and Masahiro KUBOTA

3.5 深絞り試験

圧延板から円形ブランク加工して試験片とした。試験は上ロール接触面側をポンチ側として、直径 30mm のポンチで、ポンチ速度を 10.0mm/min として限界絞り比を求めた。試験は常温で行ない、カップの破断あるいはしわが発生することなく絞り込まれたブランク直径をから、限界絞り比を決定した。なお、ポンチとダイスの間それぞれにテフロンシートを用いて潤滑した。

3.6 集合組織試験

圧延板から直径 40mm の試験片をエメリー紙で#2000 まで表面研磨した後に、パフ研磨した。X 線回折装置(株式会社リガク製)を使用し、シュルツの反射法によって極点図を求めた。

4. 試験結果および考察

4.1 圧延時における結果

4.1.1 圧延荷重

圧延時に計測された圧延荷重の一例として、B2510 の条件における 6 枚の板の圧延荷重のパス毎の荷重の推移を Fig.1 に示す。いずれの板も、1 パス目から 2 パス目にかけ荷重が上昇し、以後、最終パスまで減少する傾向が見られた。また、他の板も同程度荷重で、ほぼ同じ挙動を示した。

4.1.2 圧延板の速度

ロール出口において測定された圧延板速度の一例として B2510 の条件について Fig.2 に示す。圧延初期では、圧延板が短く、正確な数値を得るに至らなかったが、最終パスに近づくにつれ、徐々に 3m/min 以下に収束した。これは、上下ロールが等速度で回転する A2510 よりも遅く、また他の異周速条件よりも速度が遅い結果であるため、異周速圧延の効果が現れていると推察される。

4.2 光学顕微鏡による組織観察

組織写真の一例として B2510 上ロール接触面側の組織写真を Fig.3 に示す。写真左方向が圧延方向である。いずれの圧延条件においても、ほぼ等軸粒の組織であり、圧延によって微細化された組織と、圧延中に動的再結晶をおこした組織の混粒が確認された。また、上ロール接触面、下ロール接触面それぞれから得られた平均結晶粒径を Table.3 に示す。C2510 において、上ロール接触面と下ロール接触面の平均結晶粒径に差が見られたが、他の圧延条件では、どちらの面もほぼ同程度の平均結晶粒径を示した。また、垂直断面、平行断面に対して行った組織観察においても、圧延方向へ伸びた結晶は観察されず、ロール接触面から板中心層まで、ほぼ同程度の結晶を構成していた。また、鑄塊の結晶粒径は 1mm を超える大きさであり、平均結晶粒径を求めることは困難であった。

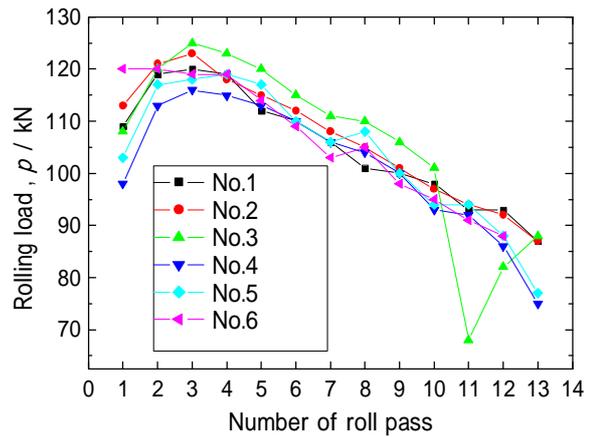


Fig.1 Rolling load (B2510)

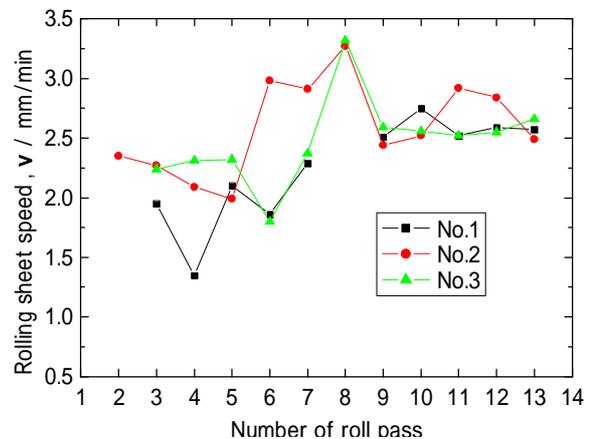


Fig.2 Rolling speed (B2510)

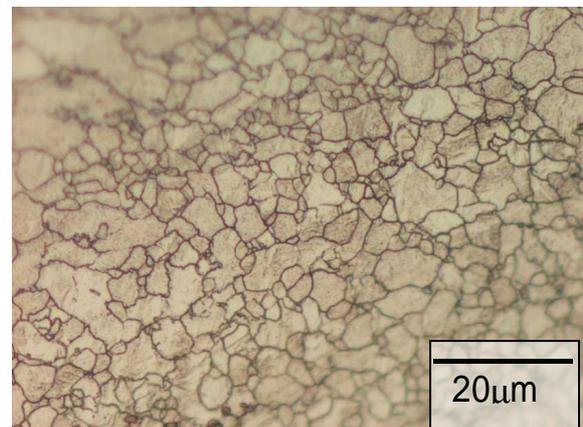


Fig.3 Optical micrograph (B2510, upper roll side)

Table.3 Grain size of tested sheet (μm)

	Upper roll side	Lower roll side	average
A2510	6.63	8.7	7.67
B2510	6.70	5.88	6.29
C2510	7.12	10.11	8.62
D2510	6.86	7.99	7.43

4.3 硬さ試験

各圧延板，上ロール接触面および下ロール接触面から計測された硬さの平均を Fig.4 に示す．いずれの圧延条件においても鋳塊に比べて硬さが増加した．これは前述の結晶組織の微細化によるものと考えられる．また，A2510 が最も大きな硬さを示した．B2510 において，上ロール接触面での強度が下ロール接触面に比べてやや高くなることが認められた．

4.4 引張試験

4.4.1 引張強さ

Fig.5 に各圧延板の常温における引張強さを示す．すべての圧延条件で鋳塊よりも高い値を示した．同周速圧延である A2510 が最も大きな引張り強さを示した．また，異周速圧延である B,C,D,の各条件では上下ロールスピードの差が大きくなるにつれ，強度が小さくなるという結果が得られた．また，すべての条件において圧延方向に対する角度の違いによる強度の差は見られなかった．

4.4.2 伸び

Fig.6 に各圧延板の常温における伸びを示す．異周速圧延である B2510 が最も大きな伸びを示した．また，いずれの異周速圧延の条件においても鋳塊および同周速である A2510 よりも高い伸びを示した．また，異周速圧延の条件では，上下ロールスピードの差が小さいほど伸びが少ない傾向が見られた．A2510 では 45° 方向の伸びが最も大きく，B2510 では，45° 方向の伸びが大きく，いずれの圧延板においても若干の伸びの面内異方性が確認された．

4.4.3 r 値

Fig.7 に各圧延板の常温における r 値を示す．A2510 が他の同周速圧延に比べ，最も大きな r 値を示した．また，異周速圧延条件では，B2510 が最も小さな r 値を示し，C2510、D2510 では同程度の r 値を示した．また，いずれの圧延条件においても圧延方向に対して 90° 方向に採取した試験片が最も大きな r 値を示し，面内異方性が確認された．

4.5 エリクセン試験

各圧延板の常温におけるエリクセン値を Fig.8 示す．異周速圧延においては，圧延時の上下ロールのスピード差が大きくなるにつれ，エリクセン値が減少する傾向が見られた．これは，前述した圧延速度の影響でも述べたように，異周速圧延の効果が最も大きくあらわれたためであると考えられる．また，A2510 と同程度の値を示し，鋳塊が最も大きいエリクセン値を示した．

4.6 深絞り試験

Fig.9 に各圧延板の常温における限界絞り比を示す．圧延条件の違いによって，限界深絞り比の大きな変化は見られなかった．深絞り性と立方晶金属材料については r 値の

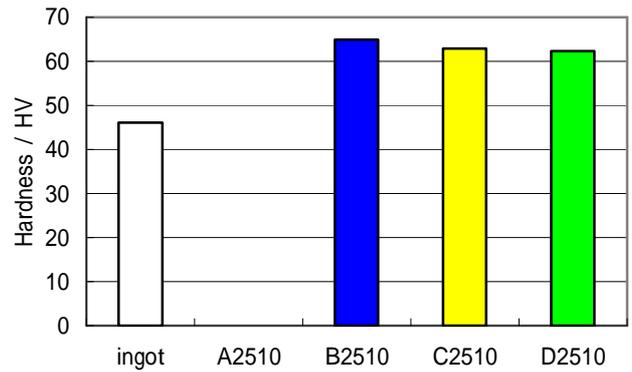


Fig.4 Hardness of tested sheet

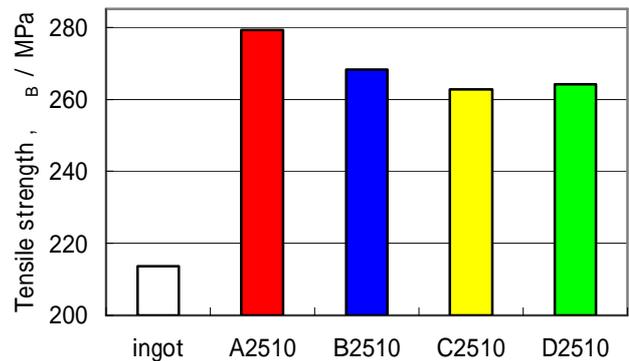


Fig.5 Tensile strength of tested sheet

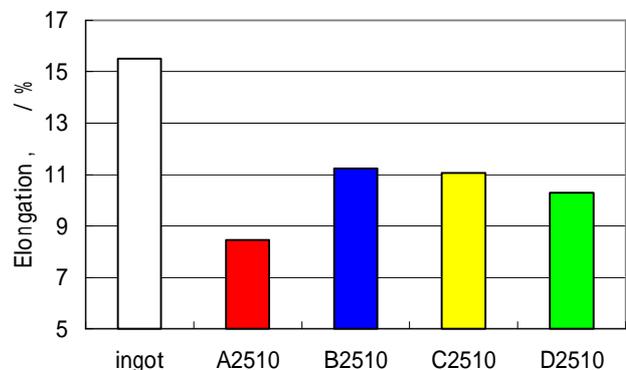


Fig.6 Elongation of tested sheet

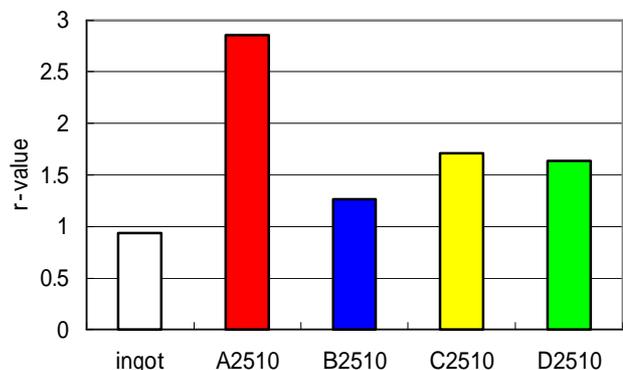


Fig.7 r-value of tested sheet

相関性には知られているが、今回の実験では、 r 値の変化による深絞り性への影響は見られなかった。また、鋳塊については現在調査中である。

4.7 集合組織試験

集合組織の一例として、Fig.10 に A2510 の極点図を示す。圧延条件によって、(0001)面の傾きや集積度等に、大きな影響は見られなかった。底面集合組織の深絞り性への影響は広く知られているが、今回、深絞り性に大きな差が見られなかったのは、集合組織の影響が大きかったのではないかと推察される。

5. 結言

- (1) 異周速圧延を行うことにより、圧延板への速度の影響が見られた。しかし、上下ロールの速度比を大きく取りすぎると低速側のロールはスリップし、異周速圧延の効果がないことが分かった。
- (2) 硬さ、平均結晶粒径が上ロール側と下ロール側において異なる性質を持つ圧延条件が存在することが分かった。
- (3) エリクセン試験において、異周速圧延が張出し性に影響を与えることがわかった。ロールの速度比を大きくとることによって、張出し性が低下していく傾向である。

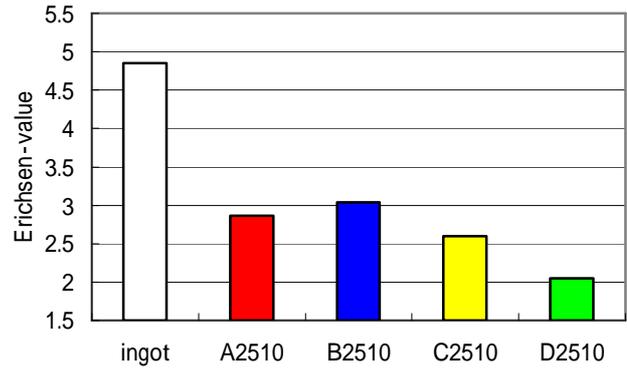


Fig.8 Erichsen-value of tested sheet

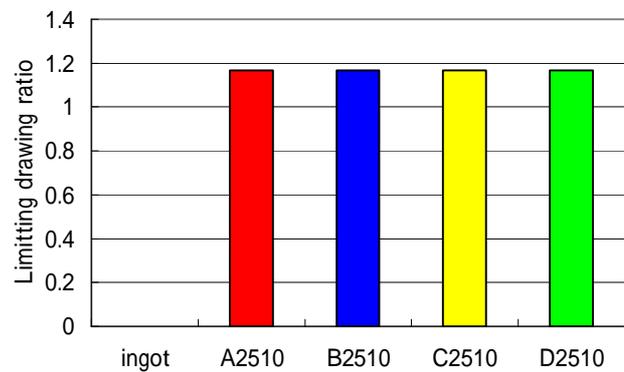


Fig.9 Limiting drawing ratio of tested sheet

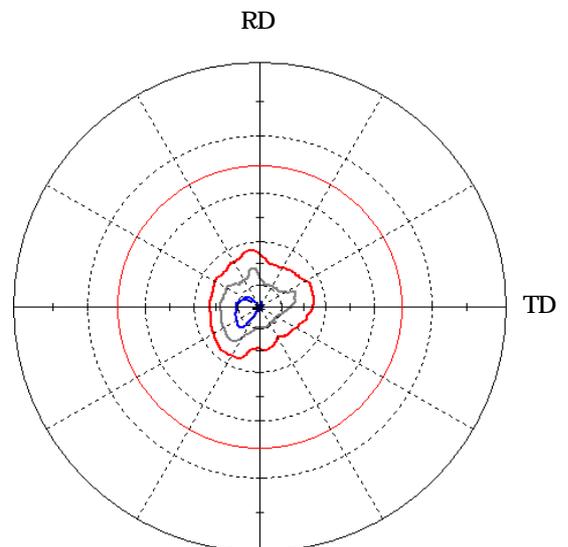


Fig.10 (0001) Pole figure of tested sheet (A2510)