

# マグネシウム合金の組織微細化と加工特性に関する研究

小松崎 和久\*, 行武 栄太郎\*

## 1. はじめに

近年、地球規模での環境問題対策 (CO<sub>2</sub>削減) が行われている。特に、輸送機器 (自動車, 鉄道, 航空機) 等の軽量化に重点を置き省エネルギー化を進めている。そこで、実用金属中で最も軽量であるマグネシウム (Mg) が脚光を浴びている。しかし、その展伸材 (圧延, 押出材) の価格は軽金属であるアルミニウムの展伸材より高く高価なモノである。当センターでは、平成 17 年度より茨城県で Mg の製品生産拠点を目指すべく、Mg のプロジェクトを推進中です。そこで、生産性の高い常温でのプレス成形を用いた製品の開発を進めるため、Mg 合金展伸材 (薄板) の常温での成形性向上を目標に、組織の微細化、ランダム化により成形限界を向上させ、常温でのプレス成形性改善を目的に本研究を進めている。

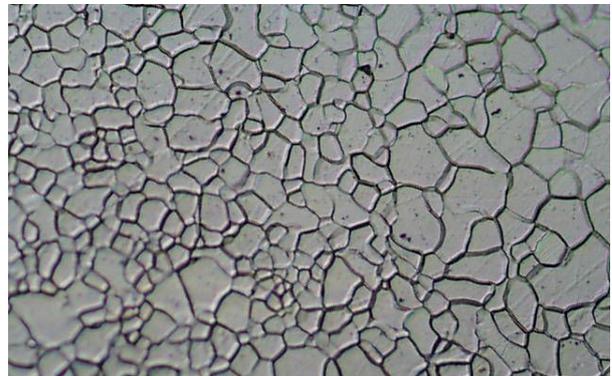


図1 光学顕微鏡による組織観察写真 (AZ31-O : 米国製)

## 2. 目的

本年度は、市販されている AZ31 マグネシウム合金圧延薄板を用いて、圧延材に形成される特有の集合組織の観察と成形温度が結晶粒微細化に及ぼす影響を調査することを目的とした。また、これらの結果をもとに、展伸材の結晶組織のランダム化効率よく実現するための連続ひずみ付加装置の作製 (試作) を目的とした。

## 3. 方法

供試材は AZ31-O (完全焼き鈍し材 板厚 : 0.8mm) 市販材を用いた。板の製造過程方法で圧延集合組織が変化するため、3社 (米国製 : SCI, 露国製 : 不明, 日本製 : 日本金属) より圧延材を購入し各集合組織を観察した。米国製の板材については機械的性質及び組織を観察した。引張試験条件は、引張速度を 5mm/min, 試験温度を常温, 100, 150, 200, 250, 300℃とした。試験片は評点間距離 : 50mm, 幅 : 12.5mm とした。引張試験後の破断部近傍の組織観察及び、集合組織を観察した。

以上の予備実験より、効率的にひずみを展伸材に連続的に与えられる連続ひずみ付加装置を試作し実験した。

## 4. 結果及び考察

### 4. 1 組織観察及び機械的性質

図1に AZ31-O の組織観察写真を示す。平均粒径は約 17 μm で完全に再結晶した結晶粒が観察された。表面の平均硬さは約 55HV である。図2に常温でのすべり面である底面(0001)の極点図を示す。圧延方向に若干の傾きを示しているが、(0001)面が板面に平行に並んでいる強い底面集合組織を形成していることが観察された。引張強さは常温で約 280MPa, 伸びは約 18% である。試験温度が上昇するにつれ引張強さは低下し、伸びは上昇した。150℃以上では加工硬化が小さくなり引張強さが大きく低下した。これは、150℃付近で回復及び再結晶が始まることを示唆している。引張試験後の各試験温度で

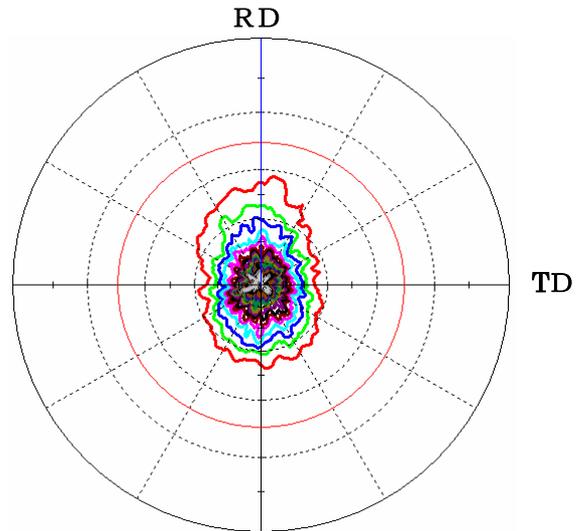


図2 (0001)面極点図 (AZ31-O : 米国製)

の破断部近傍を光学顕微鏡で観察したところ、150℃~200℃で再結晶の発生が観察された。これは、200℃付近で加工硬化が低下していることと一致しており、再結晶の開始により加工硬化が低下し最大引張強さが低下すること分かる。また、引張変形中の再結晶により発現した結晶粒は 150℃では結晶粒界に微細な再結晶組織が観察された。200℃では微細で等軸の完全に再結晶 (約 5 μm) した結晶粒が観察された (図3)。250℃では、再結晶粒が成長し約 10 μm の組織が観察された。このことは、150~200℃付近で引張変形させ、ひずみを加えることで微細で等軸の結晶粒を有する板材作製が可能であることを示唆する。図4に引張試験後の(0001)面の極点図を示す。図2では中心に高い集積強度を示しているが、200℃で引張変形を加えることで中心の強度が低下した。しかし、引張変形後も強い底面集合組織を維持している。すべり面と平行に引張変形を与えることで、強

\*技術基盤部門

い底面集合組織が弱化されランダム化される傾向が観察されたが、更なる底面集合組織のランダム化を目指すには更なる検討する必要がある。

最密六方格子の特徴として、結晶のc軸方向に引張及び圧縮ひずみを加えると双晶変形が発現する。Mgについては軸比(c/a)が1.633以下であるためc軸方向に引張ひずみを加えることで双晶変形が起きる。双晶変形を積極的に発生させることで常温でのすべり面(0001)が回転し、板面に平行に配列した底面集合組織をランダム化することで、すべり面が板面方向だけでなく板厚方向にも向くため、板厚変化を伴う絞り、張出成形のようなプレス成形性の常温での成形限界向上が期待できる。従って、板厚方向に引張変形を加え積極的に双晶変形を発現させることが常温での成形性を向上させるのに有効である。しかし、薄板に板厚方向へ引張ひずみを連続的に加えるために板厚方向に引張変形を行うのは困難である。そこで、曲げ変形を用いることで板の内側に発生する圧縮変形、外側に発生する引張変形を利用して板厚方向に引張、圧縮変形を加えることで積極的に板内に双晶変形を発現させ、すべり面の向きをランダム化することが有効であると考えられる。

#### 4. 2 連続ひずみ付加装置 (試作)

4.1 で得られた実験結果をもとに、連続的に板材に曲げ変形を加えられる装置を開発することで、曲げ外側に引張変形、内側に圧縮変形することができ、板厚変化が殆どなく板厚方向にひずみを加えることが可能となる。そこで、連続ひずみ付加装置(連続曲げ装置)の開発を行った。図5に装置の外観写真を示す。3本のウレタンロール(φ38)を用い薄板材に連続的に曲げ変形を行える装置を試作した。ロール間隔を変化させることで曲げ角度(60°, 90°, 120°)を変え、ひずみ量を変化させられるように設計した。ロール間に試験片(AZ31圧延薄板材)装着し試験したところ、試験片がロール間をスムーズに通って連続曲げ変形が可能であることが確認された。試験後の試験片組織を観察したところ、曲げ内側には双晶が確認された。これは、曲げ内側に板面と平行に圧縮変形が起き板厚方向に引張ひずみが加えられたためだと思われる。よって、試作した連続ひずみ付加装置により集合組織をランダム化し常温で成形性が良好な板材の開発が期待できる。

#### 5. まとめ

AZ31-O圧延薄板材に200°C付近で引張ひずみを負荷することで、微細でランダムな結晶組織が得られた。

試作した連続ひずみ付加装置を用いて効率的に薄板材の板面に引張・圧縮変形を付加でき、板厚方向にひずみを与えることができ、双晶が観察された。

今後は、さらに結晶組織が微細で底面集合組織がランダムな薄板材を開発することを目的とする。手動であるロールの回転を機械的に制御、また、ロールの温度制御を行い、変形速度(ひずみ速度)及びひずみ付加温度が結晶組織に与える影響を検討し、常温成形性に最適な状態の結晶組織を有するMg圧延薄板材の開発を行う。

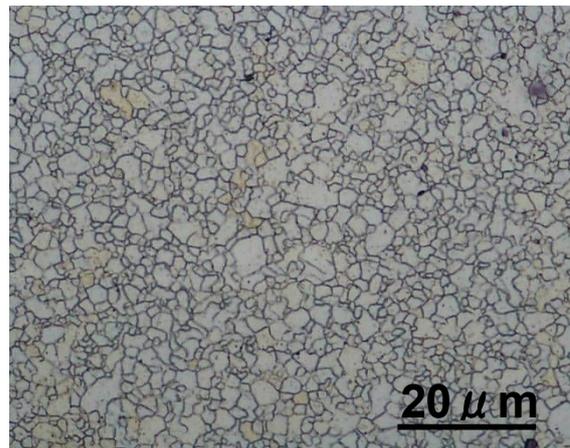


図3 光学顕微鏡による組織観察写真 (AZ31-O : 米国製) 引張試験後 (200°C)

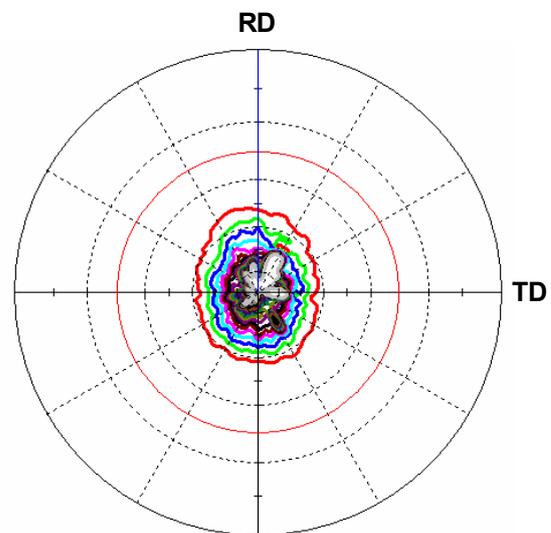


図4 (0001)面極点図 (AZ31-O : 米国製) 引張試験後 (200°C)



図5 連続ひずみ付加装置 (試作)