

31. 単純圧縮を受けた AZ31 板の集合組織と成形性

Texture and formability of AZ31 sheet subjected to simple compression

学生氏名 樋田 雅彦
指導教員 吉田 健吾

Abstract

Texture and formability of AZ31 rolled sheet subjected to simple compression in rolling direction was investigated by X-ray diffraction and tension test. The tension test was performed in three specimens which cutting direction was RD, 45° and TD. The texture after compression turned to loading direction because of occurring tensile twin. In tension test, RD and 45° specimens were improved in formability, because initial tensile deformation in RD and 45° was moved transitions by activity of detwinning. On the other hand, TD specimen didn't improve in formability, because detwinning was not affected tensile deformation. The texture was dispersed by simple compression, and formability of loading direction improved.

Key words : AZ31B rolled sheet, Texture, Simple compression, Twinning, Detwinning.

1. 緒言

マグネシウム合金は実用金属中最軽量であり、資源が豊富、比強度に優れるなどの長所から様々な分野への利用が期待されている。しかし、結晶構造が最密六方晶のため常温において底面以外ではすべりにくい。そのため圧延材や押出材は、底面が圧延(押出)方向に対しほぼ平行である底面集合組織を形成し、冷間加工性を悪くする。したがって、マグネシウム合金の加工は現状、加工コストの高い鋳造加工や温間プレス加工中心となっている。そういった背景から、冷間加工における成形性の向上が求められている。

マグネシウム圧延板において、圧延方向に圧縮負荷をすると低い応力で塑性変形することが知られている。これは圧縮負荷では引張負荷と比べ、双晶が容易に形成されるからである。須長ら¹⁾は、AZ61 マグネシウム合金板の繰り返し曲げ加工により、曲げ圧縮側に引張変形双晶を形成させた。それにより底面集合組織が分散し、V 曲げ試験における成形限界は約 2 倍に向上した。しかし、繰り返し曲げでは、双晶の形成が局所的であり曲げ戻し時に双晶回復するため、効率的に双晶を形成し難い。

そこで本研究では、AZ31 板の圧延方向(RD)に単純圧縮を負荷することで AZ31 板全体に双晶を形成させる。その後単純圧縮負荷による底面集合組織の変化が、引張変形時の延性にどのように影響するかを調査する。

2. 実験方法

2.1. 単純圧縮

本実験での供試材は厚さ 0.8 mm の AZ31B-O 圧延板を用いる。被圧縮材は長さ方向を RD とし、長さ 100 mm、幅 90 mm に切り出した。圧縮負荷は、島津オートグラフを用い、変位速度を 0.04 mm/s で負荷した。そのままでは座屈が生じるため、Fig. 1 に示す座屈防止用ジグを製作した。ジグは斜面に掘られたキー溝にレールのような役割をさせ、被圧縮材をプレート間に挟み圧縮する。試験片とジグの間にはワッシャーを挟み隙間を作ることによって板厚方向へ変形するようにし、ジグと試験片の摩擦を軽減させるために厚さ 0.05 mm のテフロンシートを間に挟んでいる。

2.2. 引張試験

引張試験に用いる試験片寸法は平行部長さ 36 mm、平行部幅 7.5 mm とする。圧縮負荷前後の AZ31 板から Fig. 2 のように RD に対し 0°、45°、90°方向にそれぞれ切り出した。以後 0°は RD、90°は TD とする。その後圧縮時のひずみを

取り除くため 200 °C で 30 分焼きなましを行った。

引張試験はチャック変位速度を 0.2 mm/s とし、室温で各試験片が破断するまで行った。ひずみの測定はデジタル画像相関法(DIC 法)で行う。なお DIC 法での画像撮影間隔と荷重電圧値のサンプリング間隔は、どちらも 0.5 秒とした。

3. 実験結果

3.1. 単純圧縮結果

圧縮負荷の荷重とチャック変位量の関係を Fig. 3 に示す。横軸はチャック変位 dx を初期長さ x_0 (100 mm) で除した値、縦軸は負荷した荷重 F を初期断面積 A_0 で除した値である。圧縮負荷の結果 $dx/x_0=0.08$ あたりから荷重が急上昇することがわかった。

3.2. 組織観察

圧縮前後で撮影した組織を Fig. 4 に示す。(a)は圧縮前、(b)は圧縮後 200 °C で 30 分焼きなまし後の組織である。(b)の写真では組織に双晶が見られ、結晶粒が微細化していることが分かった。

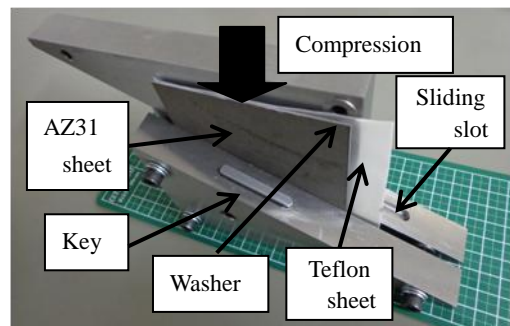


Fig. 1 Appearance of compression device

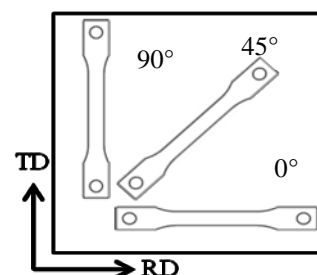


Fig. 2 Geometry of tensile specimens

3.3. X線回折法による集合組織の測定

X線回折法を用いて測定した(0002)面の極点図をFig. 5に示す。(a)は圧縮前、(b)は圧縮後200℃で30分焼きなましを施した後の極点図である。圧縮前では強い底面集合組織を形成しているのに対し、圧縮後では底面が圧縮方向(RD方向)に向いていることが分かる。

3.4. 引張試験結果

各試験片の真応力-真ひずみ曲線をFig. 6に示し、各試験片の全伸びをFig. 7に示す。圧縮後のRDと45°の応力-ひずみ曲線では、圧縮前より降伏応力が低下している。また加工硬化率がRDは約3%、45°は約5%以降のひずみ域で大きく異なる。全伸びはRDと45°それぞれの圧縮前より向上した。一方圧縮後のTDの曲線は、降伏以後加工硬化率が大きく変わることはなく、全伸びは圧縮前より低下した。

4. 考察

Fig. 4, Fig. 5から圧縮したAZ31の組織には、双晶が形成されていることが分かった。六方晶の結晶組織が双晶を形成すると、ある面を境に結晶格子が回転する。今回圧縮負荷により集合組織が約90°回転していることから、引張変形双晶であることが分かる。またマグネシウムの圧縮変形は、最初に底面すべりと双晶が主な変形を担う。しかし双晶が飽和すると変形に寄与できるすべり系が減り、臨界分解せん断応力(CRSS)の大きいすべり系での変形が主体となる。したがってFig. 3での荷重の上昇は、双晶が飽和したからと考えられる^{3), 4)}。

Fig. 6で圧縮後のRDと45°の応力ひずみ曲線では、圧縮前と比べ降伏応力と加工硬化率が大きく異なった。これは引張直後では、双晶回復の活動が活発なため、降伏応力と加工硬化率が小さくなる。その後双晶回復の活動度が下がると加工硬化が生じ、柱面すべりと底面が主体となって変形する。そのため、加工硬化率が大きく異なったと考えられる^{5), 6)}。また圧縮後のRDと45°の延性は、圧縮前より向上した。これは双晶形成と結晶粒の微細化に伴う、非底面すべりの活動と加工硬化率の上昇が延性改善を促したからと考えられる。一方、圧縮後のTDは降伏後加工硬化率に大きな変化はない。よってTDでは双晶回復は活動しなかったと考えられる。したがって非底面すべりが活動せず、圧縮時の加工ひずみが残っていたため、延性が低下したと考えられる。

5. 結言

AZ31B圧延板の圧延方向に単純圧縮を負荷し、X線回折による集合組織の測定と引張試験による成形性の調査をして次の結果が得られた。AZ31板に単純圧縮を負荷すると負荷方向に集合組織が回転し、集合組織は分散する。また負荷方向への引張試験を行うと、双晶回復により加工硬化率が上昇し延性は向上するが、負荷方向の直角方向では延性は向上しない。

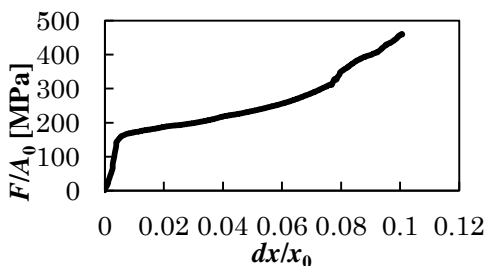
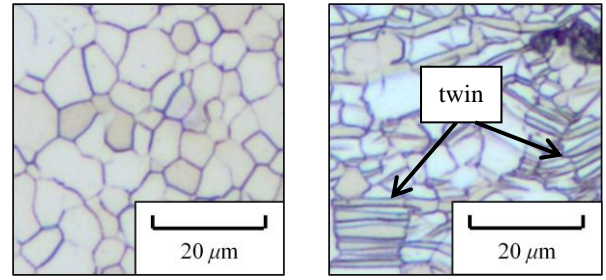
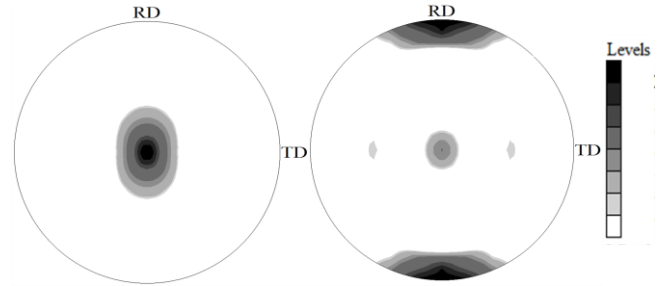


Fig. 3 Relation of displacement and compression load



(a) before compression (b) after compression

Fig. 4 Crystal structure of AZ31



(a) before compression (b) after compression

Fig. 5 (0002) pole figures of AZ31

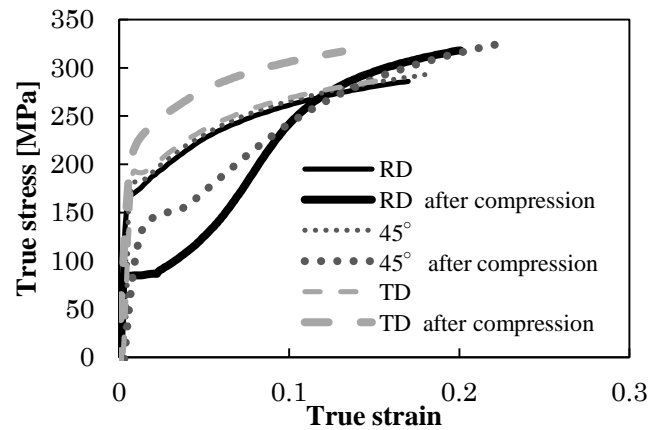


Fig. 6 Stress-strain curves of each specimen

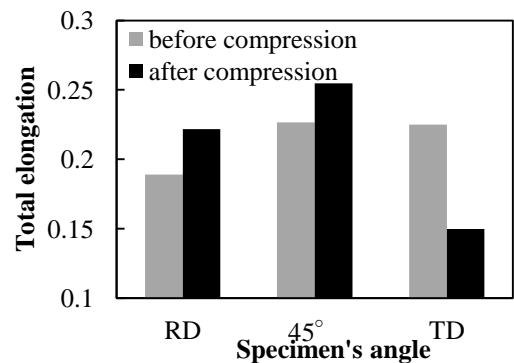


Fig. 7 Total elongation of each specimen

6. 参考文献

- 1) 須長好古ほか：軽金属, 59(2009), 655-658.
- 2) 吉永日出男：軽金属, 59(2009), 450-457.
- 3) Hama T., et al. : Int. J. Plast. 27, (2011), 1072-1092.
- 4) Hama T., et al. : Mat. Sci. Eg. A551, (2012), 209-217.
- 5) Lou X.Y., et al. : Int. J. of Plast. 23, (2007), 44-86.
- 6) Koike J., et al., Act. Mat. 51, (2003), 2055-2065.