

マグネシウム合金押し材のマイクロ組織とプレス成形性に関する基礎研究

(一財)放射線利用振興協会 森井幸生

1. 概要

地球環境の保護・省資源の目的から、エコカーなど輸送用機器の低エミッション化・軽量化が世界規模で進められており、省エネルギー化と、材料リサイクルの推進が強く求められるようになってきている。軽量化材料としてのマグネシウム合金はアルミニウム合金よりもさらに比強度を高め得るが、他の金属材料に見られるようなすべりによる大規模な変形が生じにくいいため、一般には室温での塑性加工は困難と考えられており、加工技術としては鋳造が主流である。しかし、報告者のこれまでの研究において、強度レベルの同等なマグネシウム合金(AZ31)押し角管(30mm角、2mm肉厚)と同形状のアルミニウム合金(A6063-T5)押し角管を、長手方向に対して直交する方向に圧縮変形(図1)をさせる際の荷重(図2)や変形エネルギーを調べると、アルミニウム合金の方が2倍以上の値を示すことが明らかになっているものの、押し成形材は横断面形状の設計自由度が高く、たとえば角管の場合、横断面内にリブを加える、板厚に分布を与えるといった断面形状の工夫を行えば、アルミニウム合金よりも軽量で、かつ座屈荷重の高いマグネシウム合金押し成形材が製造できる可能性があることを材料力学的に示すことができる。さらに、マグネシウム合金(AZ31)押し角管の押し条件の違い(初期ビレット温度の違い)によって、強度と圧縮変形挙動に違いが生じることが明らかになっている。例えば、350℃のものは、450℃の場合よりもやや強度が高く、軸圧縮試験後のき裂を観察すると、剛性の高いコーナー部で破断した直後に、き裂が壁面部まで進展した状態で圧縮荷重の低下(座屈した状態)が観察される。一方、比較的低強度の450℃のものは、コーナー部でのみき裂が生じて圧縮荷重の低下(座屈)が観察される(図3)。

以上の研究背景を受けて、HCP結晶構造を持つマグネシウム合金は、押し時の塑性変形を受ける際の変形状態に集合組織の影響が強く表れると考えられるので、集合組織の状態や微細結晶粒組織状態が臨界分解せん断応力に影響を与えるという観点から、マイクロ組織を調査し、破断形態に変化が生じる原因を解明したいと考えた。

2. 実験

今回の実験では、初期ビレット温度が350℃と450℃のAZ31押し角管(30mm角、2mm肉厚)について、夫々のコーナー部のみと壁部の中央部のみを、機械加工によってそれぞれ切出し、その小片数個を押し方向に対する向きや外表面の向きをそろえて測定試料として集合組織を観測する方針を立てた。マグネシウム合金表面は非常に酸化しやすいために、実験室XRDやEBSDによる表面結晶方位解析が困難となるだけでなく、材料内部の結晶方

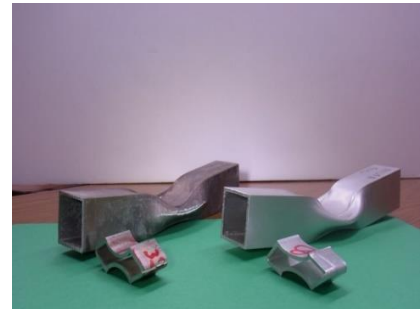


図1 押し角管の圧縮試験
(左:AZ31, 右:A6063-T5)

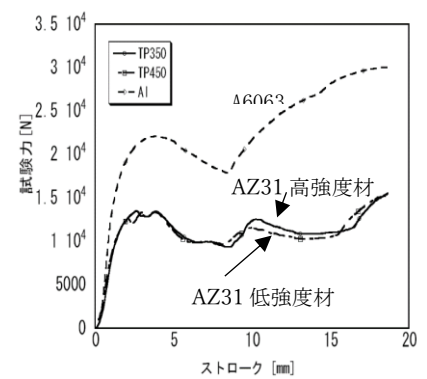


図2 押し角管の圧縮試験荷重



図3 押し角管の軸方向圧縮試験
(左:高強度材, 右:低強度材)



中性子ビーム(//ND)
図4 角管壁面部試料と
中性子入射方向

位解析は原理的に不可能である状況を打破するため、BL20 (iMATERIA) を使った中性子回折実験を試みることにした。角管コーナー部 (横断面 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 、長さ 50mm) の9本を断面が正方形となるように束ね、角管平板部 (横断面 $8\text{mm} \times 2\text{mm}$ 、長さ 50mm) の3枚を重ねて断面が $8\text{mm} \times 6\text{mm}$ となるように束ねた。試料を直径 10mm のバナジウムセルの中心部に同軸的に充填して角管コーナー方向 (角管の横断面对角線方向)、壁面部の法線方向を記録して試料交換ロボットに装填し、これらの方向から中性子ビームを入射させるように設定した (図4に壁面部の例を示す)。

MLF 加速器出力 537kW で BL20 (iMATERIA) の集合組織解析モードを利用して各試料30分の測定を行い、4試料合計で2時間の測定となった。得られた回折データから132方位の回折データを装置担当者に抽出して頂き、MAUD や MTEX を使って集合組織を解析した。

3. 結果

MAUD を使って得た平板に関する正極点図とその結晶配向イメージを示す。図5は初期ビレット温度が 450°C 、図6は 350°C に対応している。 450°C 押出材料では AZ31 の HCP 結晶の柱面 $100(1100)$ 方向が壁部の TD 方向を向いており、底面 (0001 方向) が壁部の法線方向 (ND) を向いている事が判明した。これと比較して、 350°C 押出材料では、HCP 結晶の柱面 $100(1100)$ 方向が壁部の ND 方向を向いており、底面 (0001 方向) が壁部の TD 方向を向いている事が主たる特徴であると判明した。初期ビレット温度によって集合組織は大きく変化することになる。

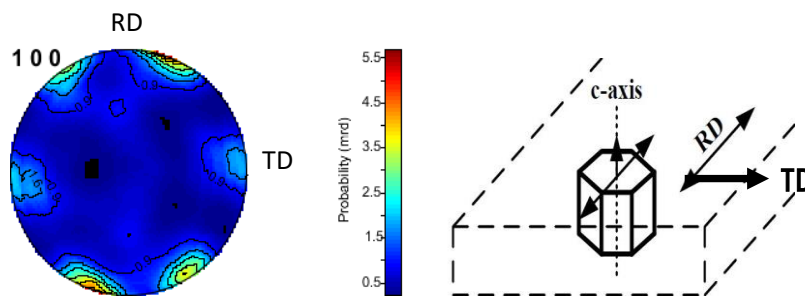


図5 初期ビレット温度 450°C 平板の極点図と結晶配向のイメージ

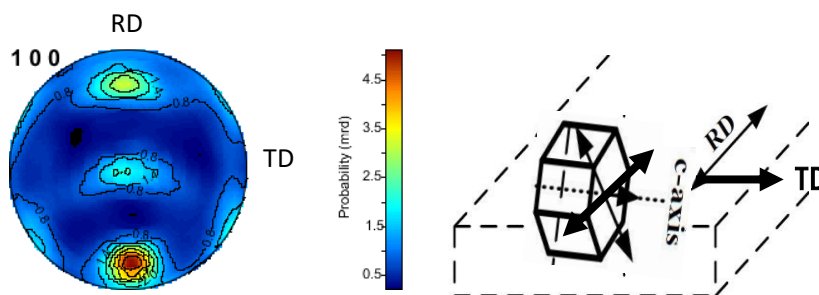


図6 初期ビレット温度 350°C 平板の極点図と結晶配向のイメージ

初期ビレット温度によって集合組織は大きく変化することになる。

一方、コーナー部の場合には、初期ビレット温度による集合組織の違いは大きくなく、両試料のコーナー部 (ND 方向) およびそれに直交する TD 方向に 0001 方向が配向していることが判明した。コーナー部は押し出し加工の際、4枚の壁部が圧着されることによって角管に成形される際にもたらされるものであるため、そこに印加された外部応力は複雑である。今後、さらに解析を進めて集合組織の特徴やプレス成形性を理解する予定である。その理解を基に破断形態の違いを理解する予定である。

4. 結論

本実験から以下のことが明らかになった。

- ① マグネシウム合金 AZ31 角管の壁部とコーナー部の材料内部の集合組織を解析できた。
- ② 450°C 押出材料では AZ31 の HCP 結晶 1100 方向が壁部の TD 方向を向き、 0001 方向が壁部の ND 方向を向いている事、 350°C 押出材料では、HCP 結晶 1100 方向が壁部の ND 方向を向き、 0001 方向が壁部の TD 方向を向いている事が判明した。
- ③ 今後、さらに解析を進めて集合組織の特徴やプレス成形性を理解する予定である。その理解を基に破断形態の違いを理解する予定である。