

[22046]

軽量構造用マグネシウム合金押し出し管材の マイクロ組織がプレス成形性に及ぼす影響に関する基礎研究 Basic Study on Effect of Microstructure of Magnesium Alloy Extruded Tube for Lightweight Structure on Press Bendability

長谷川収^{#A)}, 徐平光^{B)}, 諸岡聡^{B)}

Osamu Hasegawa^{#, A)}, Pingguang Xu^{B)}, Satoshi Morooka^{B)}

^{A)} Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

^{B)} Materials Sciences Research Center Japan Atomic Energy Agency

Abstract

In order to reduce greenhouse gases, there is a strict demand for material and energy saving for automobiles, and there is an urgent necessity to reduce the weight of each part. Under this background, processing technology for effectively utilizing tube that can achieve both high rigidity and light weight as structural materials, so-called tube forming, is being energetically researched in the field of plastic forming. The research subject remains in how to improve productivity.

When we bend magnesium alloy extruded tube with press bending, there is a problem that cracks occur on the compression side generally, but we have found cases where cracks did not occur. However, since the difference in mechanical properties is not remarkable, it is necessary to investigate the effect of microstructure on the formability in compression side. Previous studies have shown that the results of texture analysis by neutron beam diffraction do not necessarily agree with the results of EBSD. In this study, we conducted experiments to confirm the repeatability of the measurements made last year, including those with different measurement times examined. Moreover, the texture was investigated using a test piece cut from a different lot of AZ31 alloy extruded square tube from last year. As a result, it was found that the plate part of the square tube, which did not crack due to compression even without applying axial tension during press bending, had a unique texture in which the c-axis was strictly oriented in the ND and TD directions. This is a result that we did not find in EBSD.

Keyword: magnesium alloy extruded tube, press bending, microstructure, neutron beam diffraction, texture analysis

1. はじめに

1.1 研究背景と目的

AZ31 マグネシウム合金押し出し角管のプレス曲げ加工性の調査を目的とし、これまで新旧2ロットを入手してプレス曲げ実験を行ってきた。供試材の押し出しの際の初期ビレット温度はそれぞれ 350°C、450°Cの2水準で、機械的性質とプレス曲げ加工性に与える影響を調査した。一方、EBSDによる結晶方位解析も行っている。

電子後方散乱回折による EBSD を用いる方法は、試料の準備に、観察面の研磨やエッチングといったひずみ(加工変質層)を除去するための高度な技術を要する。ところが、中性子線を照射する方法を用いれば、試料は圧倒的に簡単に準備できる。また、EBSD解析では、試料の観察面から 5nm ほどの深さまでしか調査できないが、中性子線を照射することで、試料全体の結晶方位を大局的に調査することができ、すべり系の違いや、肉厚変化の仕方に違いが生じる原因の解明が進展すると考えられる。

本研究で用いている 350°C材と 450°C材とは、機

械的性質に顕著な差異はないが、圧縮側で生じる割れの形態に違いが観察される。また、新ロットの 350°C材をプレス曲げした際に、軸引張りを付加しなくても割れが生じないことを確認した。しかし、これらの原因については解明できていない。

本年度は、中性子線回折による集合組織測定技術を用いて、昨年度の旧ロットの 350°C材、450°C材それぞれの板部とコーナー部の集合組織測定を再度行って再現性を確認し、さらに新ロットでも同様の測定を行った。

1.2 実験方法

試料は、識別番号 4-5 (旧ロット、350°C材)、1-7 (旧ロット、450°C材)、3-3 (新ロット、350°C材)、及び 1-2 (新ロット、450°C材)を用いた。それぞれ角管の板部とコーナー部から小片を切出し、押し出しの向きが判別できるように小片にはそれぞれ、けがき線でマーキングを行った上、接着剤で接着・積層して製作した。一辺が約 10mm の立方体状に仕上げた。端面は、板部のものについてはフライス盤で加工し、コーナー部のものについてはベルトサンダーなどで研削

[22046]

した。450°C材の例を Figure 1 に示す。

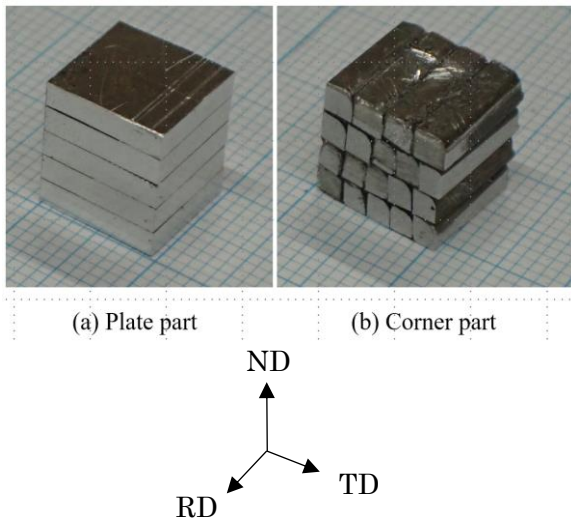


Figure 1. Example of Specimens (1-7).

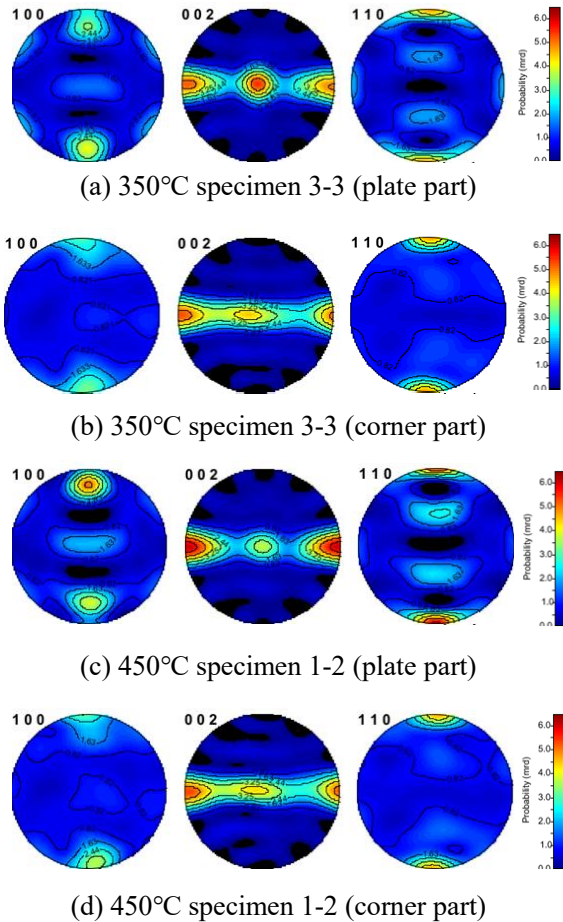


Figure 2. Pole figure obtained by RESA.

2. 実験結果及び考察

2.1 極点図

本実験で得られた極点図を Figure 2 に示す。また、比較のため昨年度測定した旧ロットの試料から得た極点図を Figure 3 に示す。特に注目すべきは、350°C材の板部 ((a)) で、Figure 2 に示した新ロット、すなわち軸引張りを加えなくとも圧縮側での割れが生じなかったものに明らかに他の材料とは異なる点が観察されたことである。底面が ND 方向と TD 方向に強く配向していることがわかる。

その他、450°C材の板部 ((c)) には、底面が TD 方向に強く配向しているか ND 方向に強く配向しているかの違いは見られたが、コーナー部では両ロットに顕著な違いは見られなかった。

2.2 測定時間の影響

測定は、2022 年度 (Figure 2, 3)、2021 年度 (Figure 4) とともに底面と第 1 型柱面を同時測定で、2021 年度の測定時間が 8~18h であるのに対し、2022 年度は 11~14h である。試料の 1-7 の板部 ((c)) のみ、2021

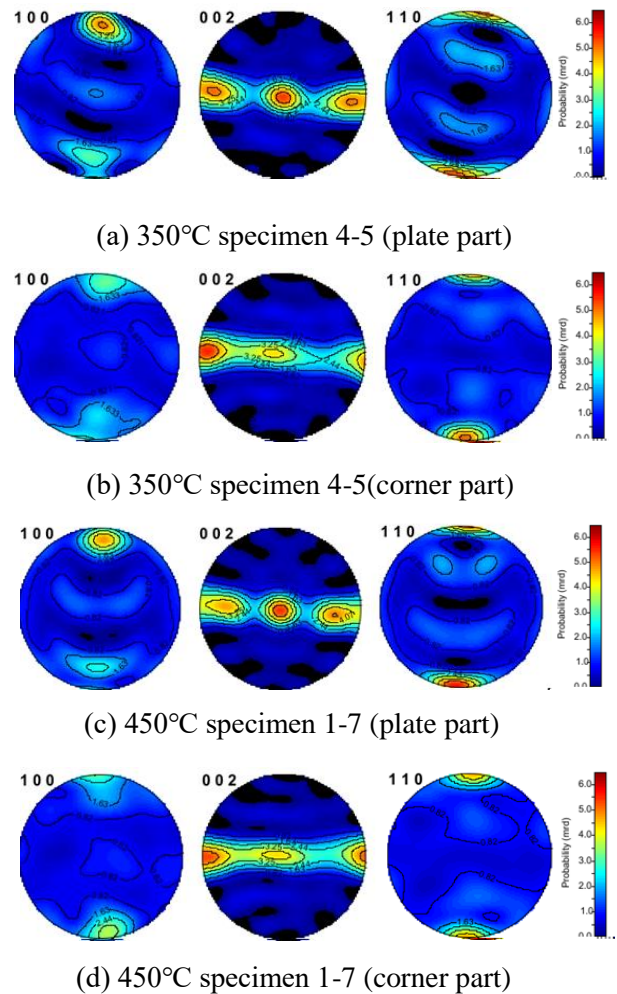


Figure 3. Pole figure obtained from the other lot by RESA.

[22046]

年度が 18h、2022 年度が 11h と、オイラークレドールを利用し、方位を間引くことによって測定時間の短縮を試みたが、結果には顕著な違いが見られなかった。これは、測定時間を短縮できることを示唆している。

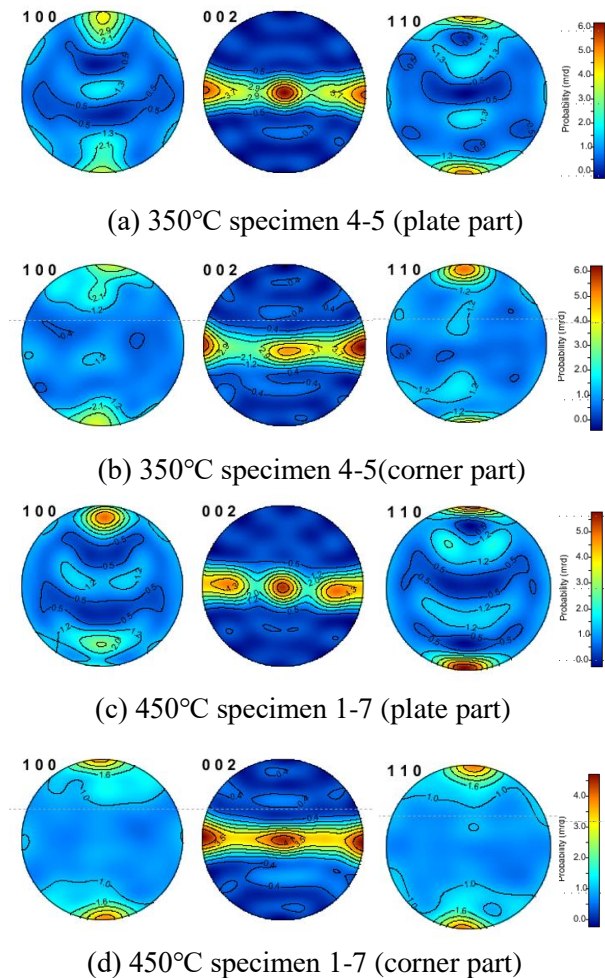


Figure 4. Pole figure obtained from the other lot by RESA in 2021^[1].

2.3 集合組織

本研究で、押し出し角管の板部とコーナー部の集合組織は異なることが明らかになった。具体的には、板部は底面が TD 方向に強く配向していたり、TD 方向から 10° 程度傾いている場合がある。さらに底面が ND 方向にも強く配向している場合もあるが、両者は明確に分離している。一方、コーナー部においては溶着部の物理的な融合の影響と考えられるが、底面の方位は板面ほど強い配向は示さず、TD-ND 面内に分布していることが明らかになった。

3. おわりに

中性子回折による集合組織測定技術を用いて、AZ31 合金押し出し角管の集合組織を評価するとともに、本研究によって、その測定時間を短縮できることを確認した。

既往の研究でプレス曲げ実験を行った結果、旧ロットにおいては、350°C材、450°C材ともに、軸引張りを加えずに曲げた場合には圧縮側で割れが生じた^[2]。本研究により、マイクロ組織にも大きな差異はないことが確認できた。

ところが、新ロットの 350°C材において、プレス曲げの際に軸引張りを付加しなくても圧縮側での割れが生じない例が確認された^[3]。本研究により、この新ロットの 350°C材の板部においては、他の試料とは明確に異なる集合組織、すなわち底面が ND 方向と TD 方向に強く配向した組織が観察され、こうした組織が形成されれば、圧縮側の変形能の高い角管が製造できる可能性が示された。

AZ31 合金押し出し材は、押し出しの際の温度条件がマイクロ組織に影響を与え、それが曲げ加工性を左右するほどであることが示唆される結果を得た。そのことは、押し出し工程の頭部、中央部、尾部といった部位の違いによる曲げ加工性にも影響を与えることが考えられる。初期ビレット温度よりも、徐々に温度が低下するからである。そこで次なる段階では、以下のことについて研究を進める必要がある。

(1) 450°C材の中央部や尾部の曲げ加工性とマイクロ組織の変化について調査する。

(2) 集合組織と、角管圧縮側の塑性変形能、すなわち、増肉のしやすさや割れ限界について考察を加える。

参考文献

[1] 長谷川収, 徐平光, 諸岡聡: 2021 年度 日本原子力研究開発機構・量子科学技術研究開発機構 施設利用共同研究 一般共同研究 成果報告書。

[2] 長谷川収ほか: 第 62 回塑性加工連合講演会講演論文集(2011), pp.325-326.

[3] O. Hasegawa et al.: 9th International Conference on Tube Hydroforming (2019), pp.167-170.