

熱間押出し加工したA Z 80マグネシウム合金における疲労特性および弾塑性破壊靱性の異方性

林 忠 夫*・大 島 聰 範**・阿 部 洋 一***・助 定 英 昭****
桑 原 克 典*****

The Anisotropy in Fatigue Properties and Elastic-Plastic Fracture Toughness of Hot Extruded AZ80 Magnesium Alloy

Tadao HAYASHI, Toshinori OSHIMA, Yoichi ABE, Hideaki SUKESADA
and Katsunori KUWAHARA

Abstract

The high cycle fatigue properties and elastic-plastic fracture toughness of hot extruded AZ80 magnesium alloy have been investigated. These properties were examind for specimen parallel to the direction of extrusion and transverse to it. The high fatigue limit, crack growth rate and elastic-plastic fracture toughness parallel to the direction of extrusion are superior to the transverse to it.

Key words : AZ80 magnesium alloy, extrusion, fatigue, elastic-plastic fracture toughnes, CT spesimen.

1. 緒 言

近年、様々な分野の工業製品において軽量・コンパクト化が進められているが、これを実現するには使用する材料の選択が重要である。軽量非鉄金属材料のなかではアルミニウム合金が広く用いられているが、マグネシウム合金は最も軽い実用金属の一つであり、機械材料として需要が増加している¹⁾。しかし、実用化されているのは自動車、情報通信関連機器、航空機などの部品としてのダイキャスト（チクソモールド）製品が主流であり、展伸材についてはあまり使われていない。展伸材は機械的性質の異方性が著しく、また、引張りと圧縮の変形挙動が異なる性質がある。しかし、材料強度特性に関する報告が少ないというのが現状である。著者らはこれまでに展伸用マグネシウム合金（A Z 21, 31, 80）における、引張りおよび疲労特性等について報告を行った²⁾³⁾。本実験で

は、代表的な展伸用高力マグネシウム合金であるA Z 80の熱間押出し材について、高サイクル疲労特性および弾塑性破壊靱性の異方性（押出し・垂直方向）を調べた。

2. 実験方法

本実験に使用した供試材であるA Z 80マグネシウム合金熱間押出し材（φ42mm）の化学成分および機械的性質を表1および表2に示す。図1(a), (b)に供試材からの試験片の採取方法を示す。押出し丸棒材から試験荷重が押出し方向と並行に負荷

表1 供試材の化学成分（wt%）

Al	Zn	Mn	Si	Cu	Fe	Mg
7.8	0.54	0.18	0.01	0.005	0.002	残部

表2 供試材の引張り特性

方 向	引張強さ	0.2%耐力	伸び	絞り	破断
	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	延性
押出し(ML)	341	308	9.0	10.6	0.10
垂 直(MT)	236	158	5.0	5.7	0.06

* 技 官 (技術専門職員)機械実習工場
** 名誉教授 苫小牧高専
*** 日本真空技術(株)
**** トヨタ自動車(株)
***** 技 官 機械工学科

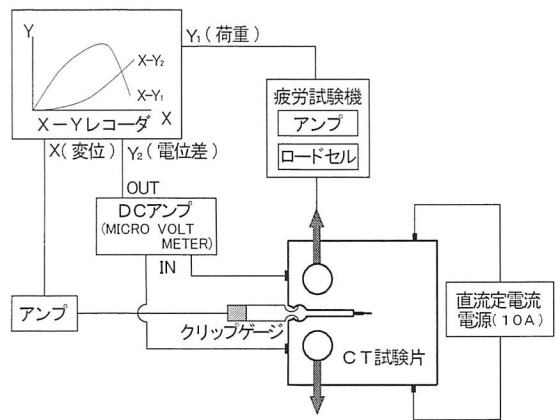


図3 電位差法における測定概略図

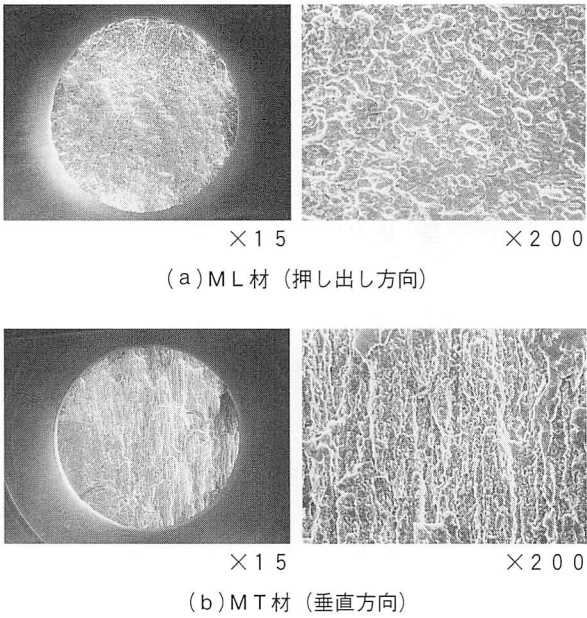


図5 疲労破断面のSEM写真

3. 実験結果および考察

3.1 疲労特性

表2の引張り特性値であるML材(押し出し方向)およびMT材(垂直方向)の高サイクル疲労試験におけるS-N曲線を図4に示す。MT材はML材に比べ曲線の傾きが大きく、多少バラツキがあるが両材の疲労限度に達するまでの破断繰返し数 N_f はML材で約 3×10^6 回、それに対してMT材は約 2×10^5 回である。また、疲労限度 σ_w はML材で約170MPa、MT材で約130MPaでありMT材の方が40MPa低い。この疲労試験後の破断面のSEM写真を図5(a),(b)に示す。(a)のML材はきめ細かい均一な破面であるが、(b)のMT材は粗い破面になっている。また、MT材の破面には縦方向に筋状の層(繊維状組織)が形成されており、この筋の方向と押し出し方向が一致している。このことは押し出し加工組織の異方性が疲労特性に影響を及ぼしていることを示唆している。つぎに、

疲労き裂進展試験をCT試験片にて試験荷重 $\Delta P = 80\text{MPa}$ で行ったときの、ML材およびMT材の応力繰返し数 N と疲労き裂長さ a との関係を図6に示す。ここで繰返し数約20万回で比較するとML材のき裂長さが1.2mm、MT材が3.6mmでMT材はML材の約1/3の繰返し数で疲労き裂が進展している。図7に、図6の疲労き裂進展試験によって得られるき裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK との関係を示す。この $da/dN - \Delta K$ の関係は、中間領域でパリス則が成立し次式が得られる⁷⁾。 $da/dN = C(\Delta K)^m$ ここで、 m および C は材料定数であり、これを求めると表3のようになる。表3よりML材よりもMT材の方がき裂進展速度 da/dN が速い。また、疲労き裂の進展に対する下限界値 ΔK_{th} は両材とも約 $3\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ である。

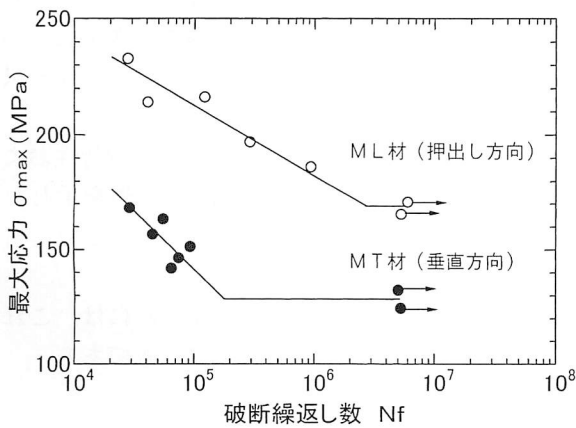


図4 高サイクル疲労におけるS-N曲線

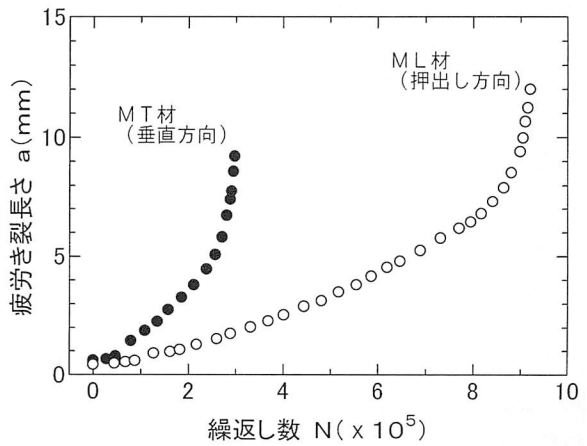


図6 繰返し数と疲労き裂長さとの関係

表3 疲労特性および弾塑性破壊靱性値

方 向	疲 労 特 性			弾塑性破壊靱性
	下限応力拡大係数幅 $\Delta K_{th}(\text{MPa}\cdot\sqrt{\text{m}})$	パリス則	疲労破壊靱性 ($\text{MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$)	J_{IC} (kN/m)
押出し(ML)	3.0	$da/dN=5.0\times 10^{-7}(\Delta K)^{1.0}$	20.0	36.0
垂 直(MT)	3.0	$da/dN=7.0\times 10^{-7}(\Delta K)^{1.2}$	10.0	7.0

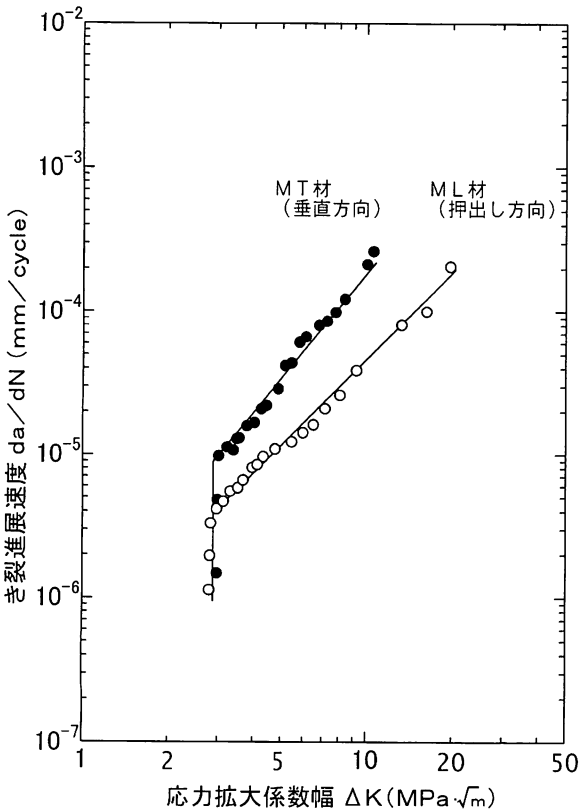
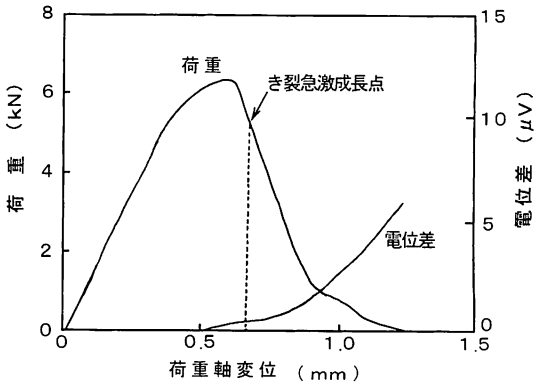


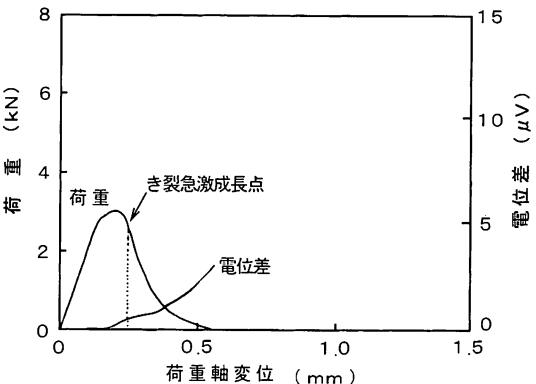
図7 疲労き裂進展特性

3.2 弾塑性破壊靱性

弾塑性破壊靱性⁸⁾ J_{IC} 試験とは、延性き裂が急激に進展するまでに必要なエネルギーのことであり、これを測定することによりき裂伝播の一要因について知ることができる。図8(a), (b)にML材(押出し方向)およびMT材(垂直方向)の弾塑性破壊靱性値の測定例を示す。図より両材とも電位差は最大荷重を過ぎた後に上昇し始めた。その結果の J_{IC} の値を表3に示す。表3よりML材の J_{IC} は36kN/m, MT材は7.0kN/mで J_{IC} 値が約5倍小さく、同一荷重条件下ではMT材の方がき裂の急激進展開始が早いといえる。なお、 J_{IC} は同一試験法でも実験者によりかなり変動するといわれているが、ここでは疲労特性と同様に押出し加工組織の異方性の影響が認められる。



(a) ML材(押出し方向)



(b) MT材(垂直方向)

図8 弾塑性破壊靱性値の測定例

4. 結 言

A Z 80マグネシウム合金熱間押出し材の押出し方向および垂直方向について、高サイクル疲労および弾塑性破壊靱性試験を行い、次のような結果が得られた。

垂直方向に荷重を負荷した場合の疲労特性および弾塑性破壊靱性 J_{IC} は、脆性的な挙動を示し、押出し方向に荷重を負荷した場合のそれよりも著しく劣る。

本合金を機械材料として適用する際には、これらの特性の異方性を十分に考慮すべきである。

謝 辞

本実験に使用した材料を提供された古河マグネシウム(株)のご厚意に深く感謝の意を表します。

また、本報をまとめるにあたり機械工学科高澤幸治助手にご指導，ご助言いただいたことを記し感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 諸住正太郎：マグネシウム工業の現状と将来，金属，アグネ，vol.69 (1999) p.788
- 2) 大島聰範，林 忠夫：AZ31マグネシウム合金および5056アルミニウム合金押出し材の材料特性に及ぼす加工方向と微小切欠きおよび温度と歪速度の影響，苫小牧高専紀要，第25号 (1990) p.1
- 3) 大島聰範，林 忠夫，野坂哲司，高橋康弘：マグネシウム合金押出し材の低サイクルおよび高サイクル疲労特性，苫小牧高専紀要，第28号 (1993) p.21
- 4) Annual Book of ASTM Standards : vol.03.01, E647-91 (1991) 654
- 5) 日本機械学会基準：弾塑性破壊靱性 J_{IC} 試験方法，JSME, S001 (1981)
- 6) 佐川保明，加藤 寛，梅田高照，吉川敬治：異なる鋳型に鋳込んだAC4CHアルミニウム合金鋳物の疲労特性と破壊じん性，鋳物，vol.61 (1989) No.4, p.252
- 7) P.C.Paris and F.Erdogan:Trans.ASME, Ser.D, 85 (1963) 528
- 8) 國尾 武，中沢 一，林 郁彦，岡村弘之編：破壊力学実験法，朝倉書店 (1984) p.85～107

(平成13年11月28日受理)

