

# マグネシウム展伸材の疲労中の特異的弾性挙動の解明と 疲労損傷非破壊評価技術の確立

ものづくり研究開発センター 山岸英樹

## 1. はじめに

マグネシウムは軽量でリサイクル性が良いことから、その展伸材はサステナブル社会構築のための構造部材として、輸送機器などへの利用拡大が強く期待されている。しかしながら、結晶構造及び集合組織形成に由来する強い機械的性質の異方性のため、塑性加工技術上の問題だけでなく、設計段階において疲労強度の算定が困難という実用上の大きな問題からも、その活用があまり進んでいない。このため疲労強度の信頼性向上に資する目的で、変形機構の解明や疲労特性に関する研究が精力的に行われているが、従来研究の大半は破壊的評価に基づくものである。すなわち、破壊が起きた後の組織解析あるいは組織状態とき裂進展に関する研究であるため、いくらその変形機構を明らかにしても、加工履歴で機械的性質が大きく異なる本材においては、疲労における強度信頼性を直接的に保証することができない。

このような状況の中、著者らは複数の伝播モードを用いた超音波パルス法により、疲労過程における各種弾性率、残留応力、内部摩擦などの弾性挙動を多角的にモニタリングすることで、疲労損傷量を検知する研究を行ってきた<sup>1,2)</sup>。本法は、従来の破壊的評価に基づく研究とは異なり、非破壊検査技術の観点から疲労強度信頼性の問題を根本的に解決できる。

本研究の目的は、安価な超音波パルス法によりマグネシウム展伸材の疲労に伴う弾性挙動を体系的に評価し、その挙動要因を詳細な材料解析と共に解明することで、簡便・低コストで実用に資する疲労損傷非破壊評価技術を確立することである。ひいてはIoT(Internet of Things)用のセンシング技術やマグネシウムを用いた構造部材のマルチマテリアル化促進に資することも期待できる。

## 2. 実験結果など

図1に、純マグネシウム押出材(t5.5 mm)に押出方向と垂直に単軸引張疲労を付与した場合の( $\sigma_a = 36.5$  MPa,  $R = 0$ ,  $N_f = 63,471$ ), 疲労進行に伴う各種超音波音速及びその結果算出した各種弾性率の変化を示す。ここで超音波はいずれも板厚方向に伝播させ、横波については偏向面を荷重方向(LD)及びその垂直方向(TD)とした。EBSD

等による材料解析の結果(図2)も併せ、本低サイクル疲労においては、結晶粒界(GB)あるいは双晶境界(TB)の損傷により、各弾性率が疲労の進行に伴い数%の大きなレベルで低下することを明らかにした。なお、図2(b-c)のようなSEM等で観察できる巨視的な界面の剥離は、弾性率の低下に比較し極めて僅かであること、また弾性率の低下挙動は荷重方向に強く影響を受けていることから、図1(a)の音響異方性を考慮すると<sup>1)</sup>、本疲労における界面の損傷はナノレベルの剥離であると考えられる。

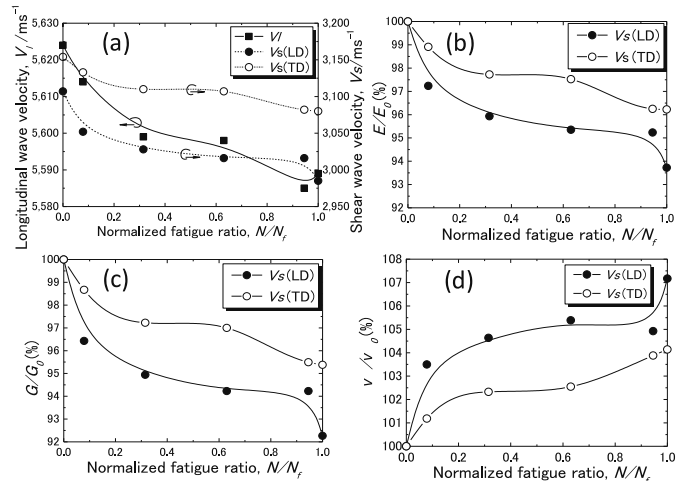


図1 低サイクル疲労破壊( $N_f=63,471$ )に伴う力学特性の変化。(a)音速(縦波及び横波。LD:偏向面荷重方向、TD:偏向面荷重垂直方向)、(b)ヤング率、(c)剛性率、(d)ポアソン比

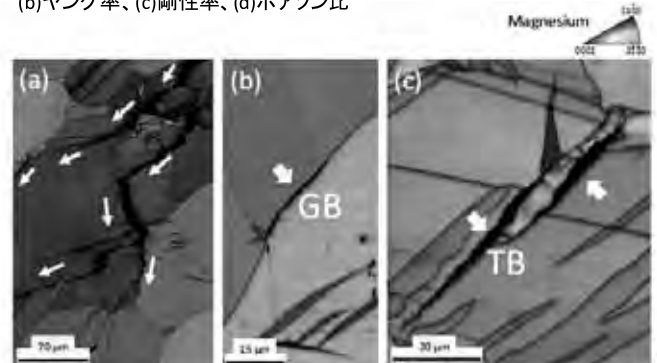


図2 低サイクル疲労破壊後( $N_f=63,471$ )の断面EBSD解析。(a)表層起点近傍(矢印方向に疲労き裂進展)、(b-c)板厚中央近傍(b)結晶粒界、(c)双晶境界。矢印位置に剥離

## 参考文献

- 1) H. Yamagishi and M. Fukuhara.: *Acta. Mater.*, **60** (2012) 4759-4767.
- 2) H. Yamagishi and M. Fukuhara.: *Metall. Mater. Trans. A*, **46** (2015) 5114-5125.

## 謝辞

本研究はJSPS 科研費 15K05707 の助成を受けたものである。