

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、残留応力及び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^{1,2)}。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。IoT(Internet of Things)用のセンシング技術としての応用やマグネシウムの構造部材としての利用促進に資することが期待できる。

2. 実験結果など

これまでに、純マグネシウム押出材(15.5 mm)の低サイクル疲労における損傷が、主に結晶粒界におけるナノスケールのかすかな剥離によることを示してきた^{1,3)}。この損傷発達により、本材の弾性率はサイクル数の増加に伴い数%オーダーで低下する。一方、展伸材は非常に強い集合組織を形成して

おり、機械的性質が押出方向により大きく異なる。本材においても疲労損傷評価用 DB としての利用を考えた場合、押出方向による弾性低下挙動の異方性を把握しておく必要がある。単軸繰返し引張(応力比 0)を押出方向に平行(ED = LD 材)及び押出方向に垂直(ED = TD 材)に負荷した場合の疲労度 N/N_f に対するヤング率及び弾性率の挙動をそれぞれ Fig. 1(a)及び(b)に示す(図中太矢印は押出方向を、また細矢印は横波偏向面を示す)。なお、いずれも低サイクル疲労破壊となるように応力振幅は調整した(ED = LD 材: $1.08\sigma_{0.2} - N_f = 69,478$, ED = TD 材: $0.56\sigma_{0.2} - N_f = 63,471$)。同程度の破壊サイクル数であっても、切り出し方向の違いにより疲労に伴う弾性率の低下挙動に明確な差があることが明らかとなった。

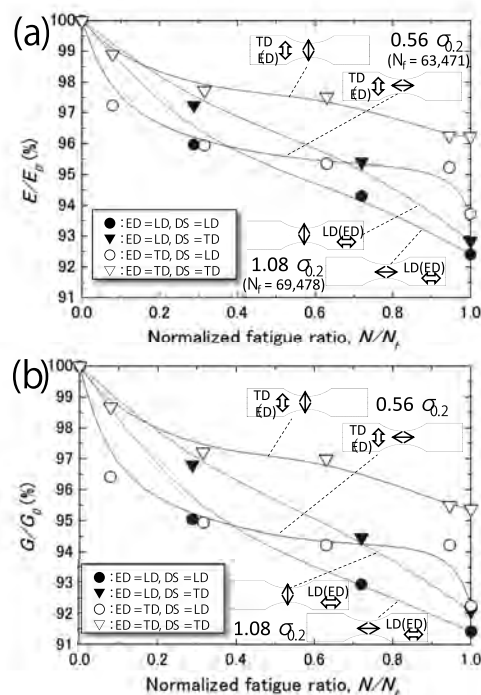


Fig. 1 Change ratios during low-cycle fatigue for the (a) Young's modulus and (b) shear modulus as a function of N/N_f (Ds: deflected surface of shear wave)

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.
- 3) 山岸英樹: 富山県工業技術センター研究報告, 30 (2016) 7

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K05707 の助成を受けたものである。