

超磁歪材料の変位特性

小石川勝男* 菊池 誠*

1. はじめに

GMA の応用については、これまで様々な分野で研究がさかんに進められ、多くの利用方法が考え出されている。¹⁾ GMA のアクチュエータの応用は印加磁界に対する磁歪材の長さ変化を利用するものである。GMA をアクチュエータに利用した場合に長時間において特性がどのように変化するかを把握しておかなければならない。そこで本研究では製作した GMA アクチュエータを使用して、GMA の変位特性を調べたので報告する。

2. 実験方法

GMA アクチュエータの特性を調べるために図1に示すような測定方法で行った。そして、表1の条件で駆動させ、温度補償をせずに GMA の変位、AE(アコースティックエミッション)、温度の計測を行った。

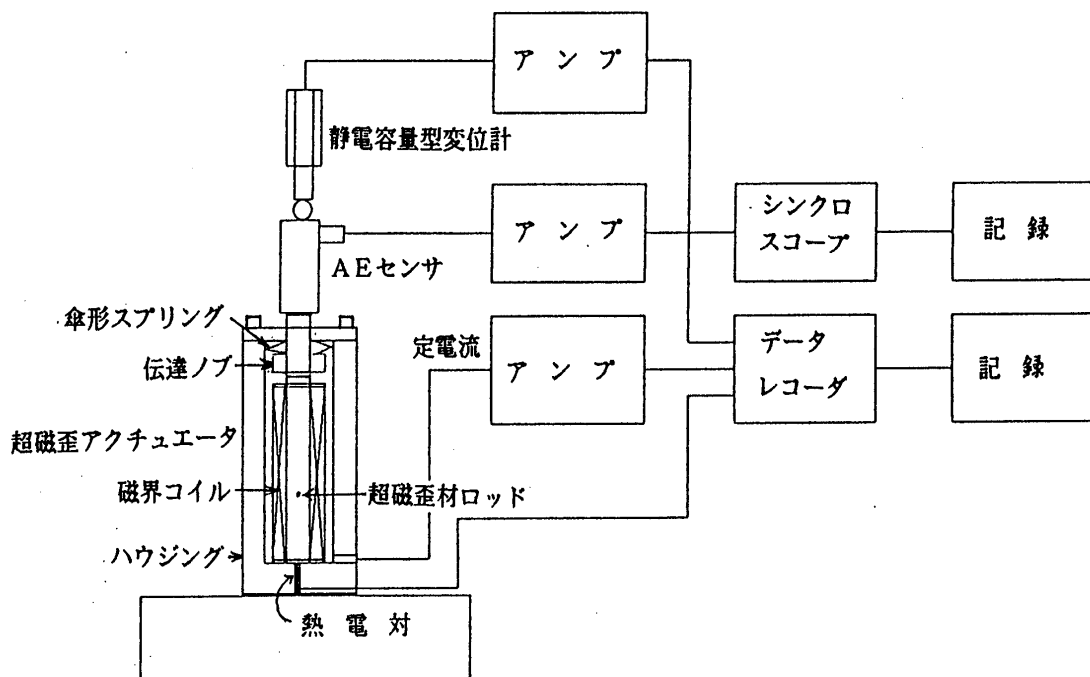


図1 超磁歪アクチュエータの特性測定方法

GMA は $\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}\text{Fe}_{1.85}$ (原子比)多結晶体を用いた。その物性値を表2に示す。GMA には傘形スプリングを利用して、 $0\sim 5\text{Kgf/mm}^2$ バイアス応力を加えた。アクチュエータの磁界コイル(コイル線直径 0.3mm , 500 ターン, 3Ω)に交流の印加電流 $I_{p-p}=0.5, 1.0, 1.5\text{A}$ で 1kHz の正弦波交流を 10^7 まで連続的に加えた。

表2 MGA の物性値

表1 特性実験条件

項 目	数 値
バイアス応力	$0\sim 5\text{kgf/mm}^2$
印加電流	$I_{p-p}=0.5\sim 2\text{A}$
周波数	$0.3\text{Hz}\sim 2\text{kHz}$

項 目	数 値
材料種類	多結晶体
組成	$\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}\text{Fe}_{1.85}$
密度	9.3g/cm^3
引張強さ	1.8kgf/mm^2
圧縮強さ	63.1kgf/mm^2
比熱	$0.073\text{cal/g}^\circ\text{C}$
形状	$\phi 6.0\text{mm}\times 20\text{mm}$

まず、AE の測定は、 500kHz の AE センサを GMA の変位を伝達する伝達ノブに接着した。検出した AE 信号は $100\text{kHz}\sim 1\text{MHz}$ のバンドパスフィルタを通して出力、解析を行った。

GMA の変位量は静電容量変位計を図1に示すように伝達ノブ、AE センサを介して計測、出力した。

磁界コイルに印加電流を流すと熱が発生し、GMA に熱が伝わる。この熱を計測するために、先端直径 1.5mm の T 型熱電対を GMA に直接押し付けて計測した。

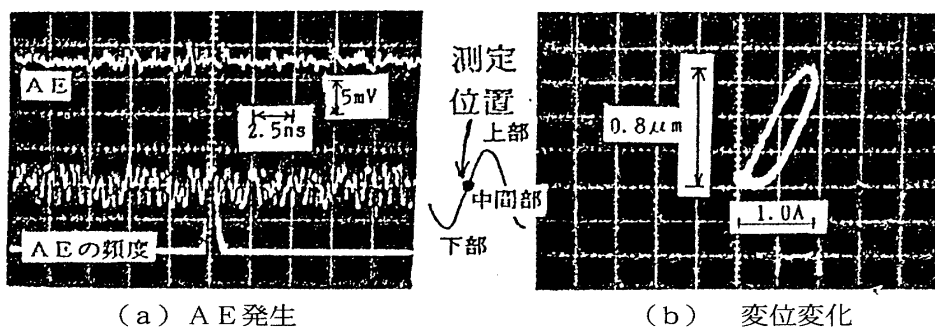
この GMA の AE、温度、変位の3種のデータは同時に計測した。

3. 実験結果及び考察

3.1 AE の発生と変位

図2(a)はバイアス応力が 2kgf/mm^2 、E 口加電流 1.0A , 0.3Hz の正弦波交流の条件で、図1の状態 AE を計測した図を示す。この図からわかるように印加電流波形の中間部、つまり加速度が大きい箇所 AE が一番発生する。このことは、GMA の変位の変化が大きいことを表している。また、波形の上部および下部部分では AE の発生が非常に少なくなる状態にある。

図2(b)は印加電流の変化による GMA の変位の変化を示す。この図に示すように $0.8\mu\text{m}$ の変位の変化がみられる。



バイアス応力 2 kg f/mm^2
印加電流 1.0 A 0.3 Hz の正弦波交流

図2 AEの発生と変位

3.2 バイアス応力 2 kg f/mm^2 場合

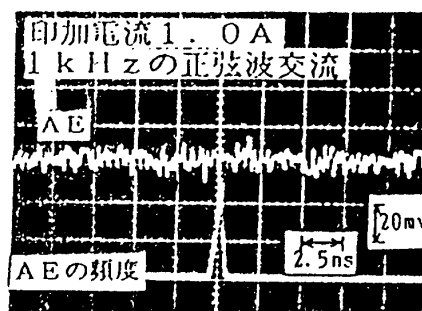
図3(a), (b), (c)は,それぞれ印加電流 0.5 A , 1.0 A , 1.5 A で 1 kHz の正弦波交流を加え 10^7 回連続負荷した条件で AE, 温度, 変位を計測した図を示す。

まず図3(a)は印加電流 1.0 A のときの AE 発生である。また, 0.5 A では AE の発生は僅かであった。 1.0 , 1.5 A ではほぼ同程度の AE の発生であった。

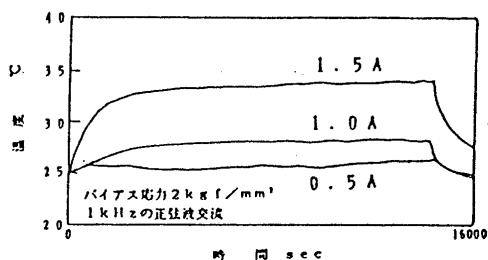
図3(b)の温度変化は,印加電流 0.5 A では僅かな上昇を示しているが, 印加電流 1.0 A , 1.5 A では初期に急激に上昇し, ある程度経過した時点で平衡状態を保っている。この温度変化は, 当然のごとく図3(c)の変位に密接に関係している。

図3(c)の変位は磁界コイルの温度影響により GMA が熱膨張した状態と GMA の変位の合計されたものをあらわしている。実測した変位は印加電流 0.5 A , 1.0 A , 1.5 A で,それぞれ最大 $1.0 \mu\text{m}$, $7.9 \mu\text{m}$, $15.1 \mu\text{m}$ となった。

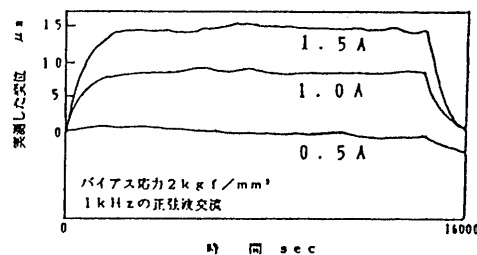
図4は,図3(c)の印加電流 1.0 A の負荷終了部分を拡大したものを示す。この図をみると GMA 自身



(a) AE発生



(b) GMAの温度変化

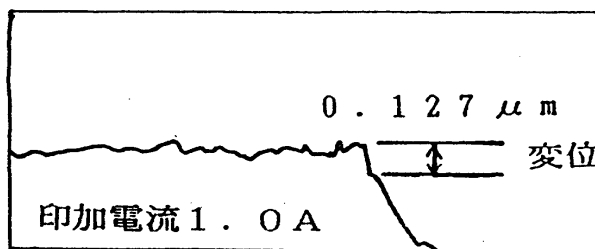


(c) GMAの変位変化

図3 バイアスの応力 2 kg f/mm^2 で 10^7 回連続繰り返し駆動における GMA の AE 発生, 温度変化及び変位変化"

の温度が高い状態においても GMA の特徴である変位の変化を明瞭に表している。

このことは、従来の温度補償を必要とせず、位置決め等の制御を行うことができる可能性を含んでいることを意味していると考えられる。また、実験において、印加電流が高くなるほど及び GMA の温度上昇とともに GMA の変位が小さくなる傾向を示した。



バイアス応力 2 kg f/mm^2
1 kHz の正弦波交流

図4 10^7 繰り返し負荷終了(印加電流 OFF)直後の GMA の変位変化

3.3 バイアス応力 5 kg f/mm^2 の場合

図5は印加電流 1.0A, 1kHz の正弦波交流の1度の繰り返し数を106回として、それを合計10回行った。その中の7, 8, 10回目の変位量を示す。



図5 バイアス応力 5 kg f/mm^2 で106回繰り返し負荷の GMA の変位変化

変位はバイアス応力が高くなると図に示すような経過になっている。この理由として、バイアス応力と温度、さらにバイアス応力とヒステリシスの関係が影響していると考えられる。

実験において AE の発生はバイアス応力が高い状態で繰り返し数が増すにつれ、AE が減少する傾向を示した。また、バイアス応力が高いと AE の発生が減少した。

4. まとめ

GMA を用いて GMA アクチュエータを製作して、GMA の変位特性を調べた。その結果は次のとおりである。

- (1) 印加電流波形の変化の大きい箇所、つまり加速度が一番大きい箇所で AE 発生が最も大きくなる。
- (2) 印加電流および周波数の増加とともに AE の発生が多くなる。
- (3) GMA 自身の温度が高くなっても磁歪の効果が存在する。また、GMA 自身の温度が高くなるにしたがって変位が小さくなった。
- (4) AE の発生はバイアス応力が高い状態で繰り返し数が増すにつれ、AE が減少する傾向がある。また、バイアス応力が高いと AE の発生が減少する。

(5) GMAをアクチュエータとして利用する場合,従来の水冷等による温度補償を必要とせず,位置決め
の制御ができる可能性がある。

謝 辞

研究の遂行に当たり,ご教示をいただきました茨城大学工学部江田弘教授ならびに精密工学会「超
磁歪材料のアクチュエータへの応用」研究分科会(委員長:茨城大学工学部江田弘教授)に厚くお礼申し
上げます。

参考文献

- 1) 江田弘ほか3名:超磁歪アクチュエータに関する研究,精密工学会誌,57,3(1991)532

