

P/M 法による Mg-ポリマー系材料の減衰能特性

日大生産工(院) 原田 大一郎

日大生産工 金子 純一, 久保田 正広, 菅又 信

1. 緒言

近年, 実用金属中で最も軽量であるマグネシウム合金に関する研究が数多く行われている. マグネシウムは軽量性や比強度の他に減衰特性にも優れている. その為, 携帯電話やノートパソコンなど軽量化や制振性が望まれる電子機器の筐体として利用が拡大されつつある. また, 精密機械等の振動源の近傍部品として使用することで, 製品自体の機械寿命の向上や, 騒音発生を防止することが期待される.

しかし, マグネシウムの減衰能は合金化することにより低下し, 特に溶質元素の添加により著しく低下することが知られている. このように, マグネシウム合金の使用範囲を拡大させるには, 種々の加工プロセスによる材料の減衰能特性を総合的に評価することが必要である.

本研究ではポリマーを含む Mg 基複合材料を粉末冶金的手法で作製し, その減衰能特性を室温から高温において評価し, 純マグネシウムより高強度で減衰特性に優れた材料を開発することが目的である.

2. 実験方法

2.1 供試材

純 Mg 粉末 (-200 メッシュ) とシリコーン複合パウダー (KMP601 信越化学), シリコーン

ゴムパウダー (KMP598 信越化学), ポリイミドパウダー (UIP-R 宇部興産) の 3 種のポリマーを計量後にそれぞれ広口ビンに入れて V 型混練器を用いて均一に混ぜ合わせるように 6 時間混練を行った. ポリマーの添加量は 10vol%, 20vol% とした. Table 1 に試料名, 添加量を, Table 2 に各ポリマーの特性を示す. 混練後に得られた混合粉末を AZ31Mg 合金製のカップに充填した後に金型に装填して, ホットプレスで予備成形を行う. 得られたホットプレス体をピレットとして熱間押出加工した. 押出加工は板用のダイス (幅 13mm × 厚み 3.5mm) および丸棒用ダイス (直径 10mm) を用いて行う. 得られた押出材は 573K × 2h の焼なまし処理を行った. Fig.1 の (a) に C1, (b) に G1, (c) に P1

Table 1 Nominal composition of test materials

シリコーン複合パウダー	
C1	10vol%(5.9mass%)
C2	20vol%(12.3mass%)
シリコーンゴムパウダー	
G1	10vol%(5.8mass%)
G2	20vol%(12.2mass%)
ポリイミドパウダー	
P1	10vol%(8.2mass%)
P2	20vol%(16.6mass%)

Table 2 Properties of polymer

	シリコーン複合パウダー	シリコーンゴムパウダー	ポリイミドパウダー
平均粒径	12 μ m	13 μ m	7.1 μ m
形状	球状	球状	ジャガイモ形
比重	0.98	0.97	1.39
弾性率	0.16MPa	0.16MPa	4.1GPa

Damping characteristics of Mg-polymer materials prepared by powder metallurgy process.

Daiichiro HARADA, Junichi KANEKO, Masahiro KUBOTA and Makoto SUGAMATA

の押出 P/M 材の横断面の光学顕微鏡写真を示す。いずれの材料も矢印の押出方向に横に伸びたマグネシウムの粒界にポリマーが分散している様子が観察された。また、添加量が増加するにつれ、ポリマーの量が多くなる事も観察された。いずれの材料においても所々ポリマーがたまっている部分がある。縦断面においても分散してはいるが、ポリマーがたまっている部分が観察された。

2.2 減衰能測定

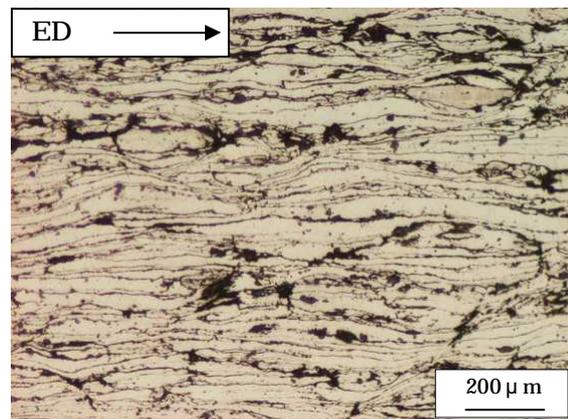
試験片は長さ 50mm × 幅 10mm × 厚さ 1mm の短冊状で、エメリー紙による研磨で試験片に仕上げ、623K × 2h の加熱により加工硬化を取り除いた。本研究では、材料の内部摩擦による減衰能を評価する。測定には室温から高温域まで測定が可能な動的粘弾性測定装置 (DMS6100 セイコーインスツルメンツ製) を用いる。この測定装置では、曲げ、引張り、せん断、圧縮の周期的弾性変形を与えることにより動的粘弾性を測定できる。Fig.2 に粘弾性測定装置のクランプ部を示す。本実験では、入力として試験片に一定振幅の正弦波の曲げ変形となるような曲げ応力を与える。その応答として変位を測定する。もし、理想的な弾性体であると入力と応答にずれは発生しないが、一般的にはずれ、位相差が発生する。内部摩擦による振動の減衰は減衰係数 (損失係数) によって評価され、位相差 と減衰係数 には下記に示す関係式が成り立つ。また、動的粘弾性は弾性に相当する動的弾性率 (弾性成分) E' と粘性に相当する損失弾性率 (粘性成分) E'' とで構成されており、位相差 と減衰係数 に以下の関係式が成立する。

$$\text{損失係数} = E''/E' = \tan$$

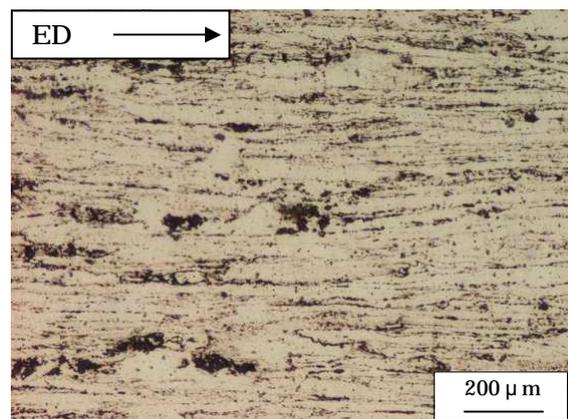
曲げ変形の振幅は $5\mu\text{m}$ とし、これらの各振幅で周波数を 0.01Hz, 0.1Hz, 1Hz, 10Hz, と変化させる。試験温度は室温から 573K とし、昇温速度は 1K/min とした。

2.3 硬さ試験

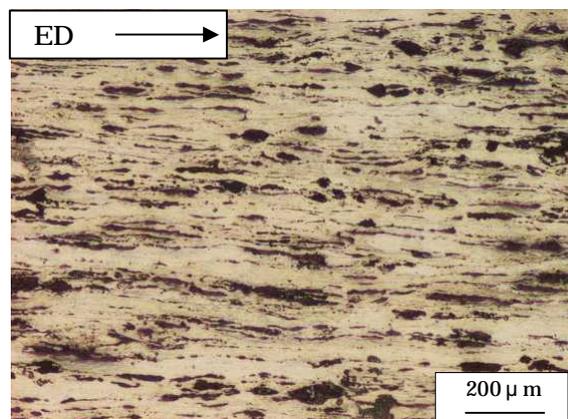
各 P/M 材の焼きなまし処理を行ったものを適当な長さに切断し、ラピッドプレスを用いてフェノール樹脂に埋め込み、エメリー紙 (~ #2000) で表面を研磨した面を測定面として、ビッカース硬度計 (荷重 9.8N, 保持時間 15s)



(a)



(b)



(c)

Fig.1 Optical micrographs of Mg-polymer composites (a)C1,(b)G1,(c)P1

を用いて測定した。各条件とも最高値と最低値を除き 10 ポイントの平均値を測定値とした。

3. 実験結果および考察

3.1 硬さ試験

Fig.3 に硬さ試験の結果を示す。いずれの材料もポリマーの添加量が増加するにつれて硬さは低下している。縦断面と横断面でそれほど大きな硬さの違いは見られなかった。P1,P2,G1 においては純 Mg と同程度の硬さを示し、その他は若干低い値を示した。その中でも C1,C2 は縦断面、横断面とも 50HV 以下の硬さを示した。

3.2 減衰能測定結果

Fig.4 の 1 に振幅 $5\mu\text{m}$ 、周波数 1Hz、2 に振幅 $5\mu\text{m}$ 、周波数 10Hz の室温と 523K における Tan の値を示した。周波数 1Hz では、室温においていずれの材料においても純 Mg より高い Tan を示し、C2 が最も高い値を示した。また、ポリマーの添加量の増加に伴い、いずれの材料においても Tan が若干高い値を示した。573K においては純 Mg を含め、いずれの材料も同程度の値を示した。周波数 10Hz においても 1Hz 同様室温においてはすべての材料が純 Mg より高い Tan を示し、C2 が最も高い Tan の値を示した。その他の材料は同程度の値であった。また、周波数ごとに比較してみると、周波数が高くなるにつれ Tan の値は室温、523K 共に低下した。

次に Fig.5 に変位振幅 $5\mu\text{m}$ 縦軸を Tan 、横軸を温度にとり、昇温中の各温度における Tan の値を示す。a) の C1 において、0.01 Hz が 300 K ~ 375 K の間で急激に Tan の値が上昇した。その他の周波数においても若干 Tan は上昇している。また、473K 付近からいずれの周波数においても再度 Tan が上昇しだしている。573K では 0.01Hz の Tan が 0.12 に対して 10Hz では 0.05 程度であった。各周波数で Tan の値に開きがある事より、減衰能は周波数に依存していることが考えられ

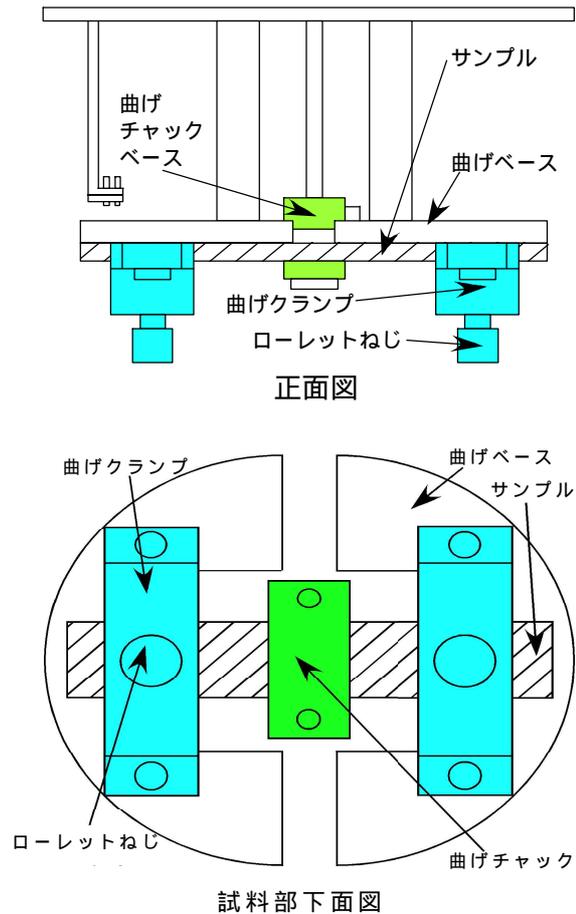


Fig.2 Schematic illustration of visco-elasticity apparatus.

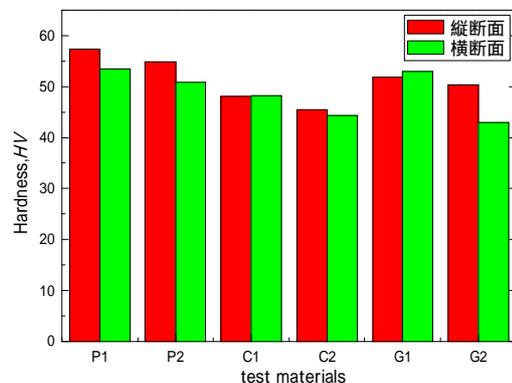
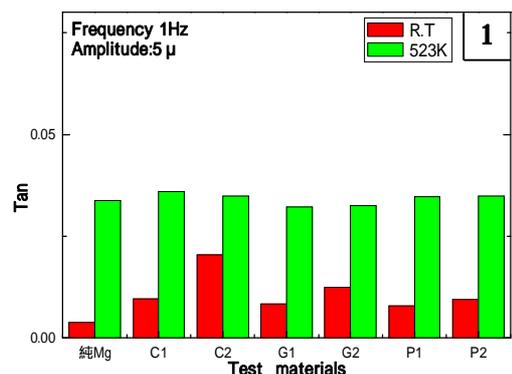


Fig.3 Hardness of test materials.



る。C2 では C1 より 323K での Tan の上昇が若干 300K よりにシフトしていた。このことより、添加量の増加により Tan の値が上がると考えられる。次に b) の G1 の 0.01Hz においては C1 以上に 300K からの Tan の上昇が大きい。573K における Tan の値も 10Hz を除いてはいずれの周波数でも C1 より高い値を示している。また、G1 においても温度が室温付近では、各周波数の Tan の差はあまり見られないが高温域ほど、各周波数の Tan の差が明瞭に表れてくる。また、シリコンゴムパウダーにおいても G1 より G2 が室温付近での Tan が高い値を示していた。しかし、573K 付近では G1、G2 どちらも同程度の Tan を示した。C) の P1 においても、G1 同様 300K より急激に Tan が上昇し、525K 付近まで上昇し続けている。その他の周波数においても 573K では Tan が 0.05 以上を示し、他の材料と同程度の値を示した。また、ポリイミドパウダーにおいても P1 より P2 が室温付近では Tan が若干高い値を示している。しかし、573K では同程度の Tan を示した。

4. 結言

本実験では、純マグネシウム粉末とシリコン複合パウダー、シリコンゴムパウダー、ポリイミドパウダーの押出複合材について室温から 573K における減衰能特性の周波数、振幅の温度依存性を求めた。その結果を以下に示す。

- 1) シリコン複合パウダーの添加が室温での Tan の向上に最も大きい効果が得られ、純 Mg より高い Tan を示す材料が得られた。
- 2) 523K 以上の高温になるとポリマー粒子の Tan 向上に対する添加効果は消失した。
- 3) 各種ポリマーの添加量が多いほど室温の Tan は高い値を示した。

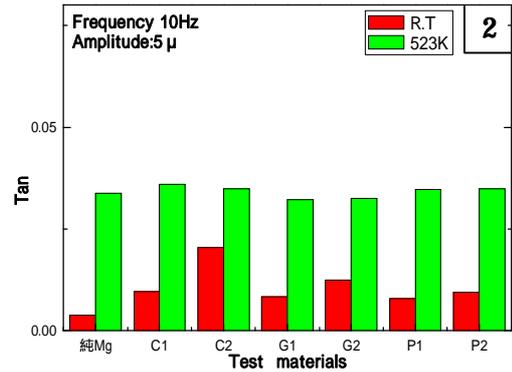


Fig.4 Tanδ of test materials at R.T and 523K 1)1Hz 2)10Hz

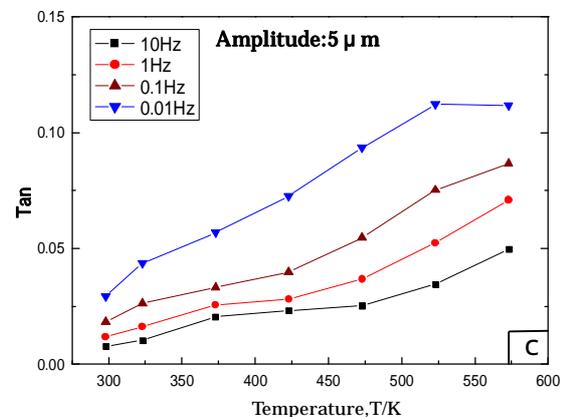
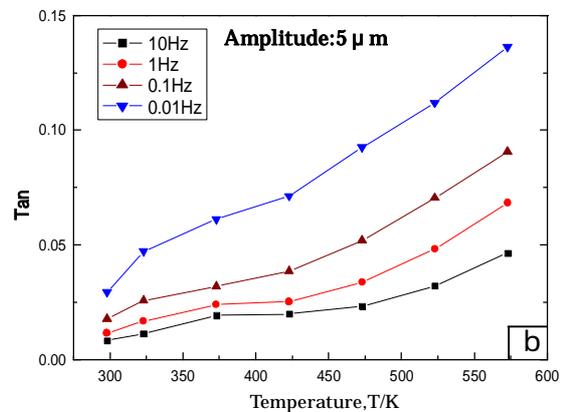
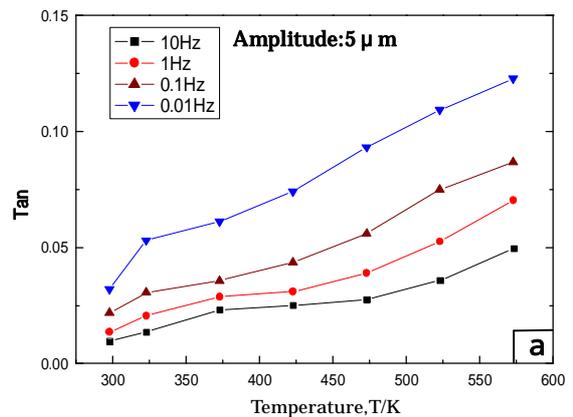


Fig.5 Damping capacity of a)C1 , b)G1 , c)P1 at various frequencies.