

P/M 法による Mg-C 系高減衰能材料

日大生産工(院) ○原田 大一郎

日大生産工

金子 純一, 菅又 信, 久保田 正広

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の部品が急速に増加している. マグネシウムの特徴は軽量性の他に減衰特性にも優れている. その為, 軽量化や制振性が望まれるポータブルCD, MDまたノートパソコンや携帯電話などの電子機器の筐体などに利用が拡大されつつある. また, 運動する部品に発生する振動を吸収し機械寿命の向上や機械からの騒音発生を防止することが期待されるため, 軽量であるマグネシウム合金が自動車部品として利用が検討されている. このようにマグネシウム合金の減衰能は注目すべき特徴のひとつである. 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するが, 特に溶質元素の添加により著しく低下する事が知られている. 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.

本研究ではカーボンを含むMg系複合材料を粉末冶金的手法で製作し, その振動吸収特性を室温から高温において評価した. 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

Mg 粉末と C 粉末(東海カーボン:グラッシーカーボン)並びにカーボンファイバー(日本カーボンファイバー:低弾性率カーボンファイバー)の二種類のカーボンを計量後に広口びんに

入れ, それぞれ V 型混練機を用いて均一に混ぜる. Table 1 に試料名, カーボン量を, Table 2 に各カーボンの特性を示す.

また, CF10, CF20 においては混練の際φ5mm のアルミナボールを総量(100g)と同量混入し 6 時間混練した. 混練した粉末を AZ31Mg 合金製の容器に入れた後, 金型に装填して, ホットプレスで予備成形を行う. その後, ホットプレス体をビレットとして熱間押出加工に供した. 押出温度 400°C, 押出速度 5mm/min で板状(幅 13mm×厚み 3.5mm)の押出 P/M 材とした. 得られた押出 P/M 材は残留内部応力を除去するために 300°C×2h の焼きなまし処理した. なお, 純 Mg の鑄造材と純 Mg 粉末のみを同様の工程で P/M 材を比較材とした. Fig.1 の(a)に GC10, (b)に CF10 の押出 P/M 材の横断面の光学顕微鏡写真を示す. (a)の GC10 では球形のグラッシーカーボンが均一に分散している様子が観察できた. (b)の CF10 ではカーボンファイバーの凝集が混練後も残り, 不均一な分布が観察される.

Table 1 Nominal composition of test materials

Designation	Nominal Composition
Pure Mg cast	
Pure Mg P/M	
Mg-Glassy Carbon Powder	
GC10	10 vol%(9.0 mass%)
GC20	20 vol%(18.2 mass%)
Mg-Low Elasticity Carbon Fiber	
CF10	10 vol%(9.5 mass%)
CF20	20 vol%(19.1 mass%)

High damping capacity materials of Mg-C composites prepared by powder metallurgy process.

Daiichiro HARADA, Junichi KANEKO, Makoto SUGAMATA and Masahiro KUBOTA

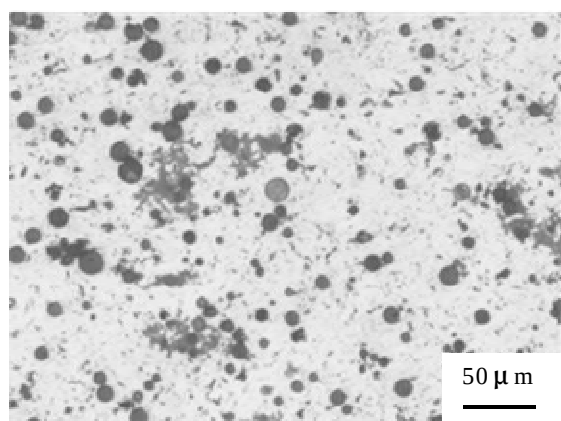
Table 2 Properties of carbon

	Glassy Carbon	Low elasticity Carbon Fiber
size	平均粒径 10 μ m 球状	ϕ 10 μ m 長さ500 μ m
density	1.55g/cm ³	1.65g/cm ³
elastic modulus	30~33GPa	51GPa

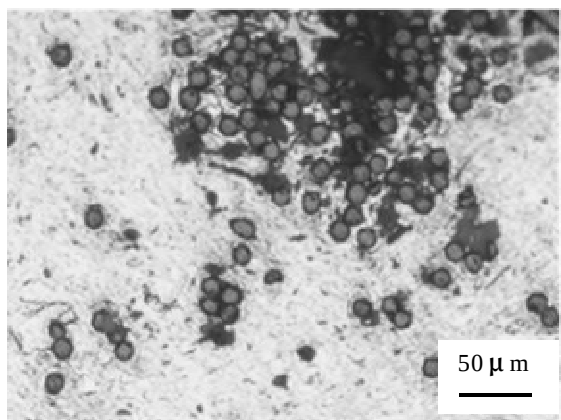
2.2 減衰能測定

試験片は長さ 50mm×幅 10mm×厚さ 1mm の短冊状で、フライス盤を用いて板状の押出材から加工し、最終的にエメリー紙による研磨で試験片に仕上げ、350℃×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



(a)



(b)

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、すなわち位相差 δ 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) η によって評価され、位相差 δ と減衰係数 η 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 δ と減衰係数 η に関係式が成立する。

$$\text{損失係数 } \eta = E''/E' = \tan \delta$$

曲げ変形の振幅は 5 μ m, 20 μ m, の 2 条件とし、これらの各振幅で周波数を 1Hz, 10Hz, 100Hz と変化させる。試験温度は室温から 593K (320℃) とし、昇温速度は 1K/min とした。

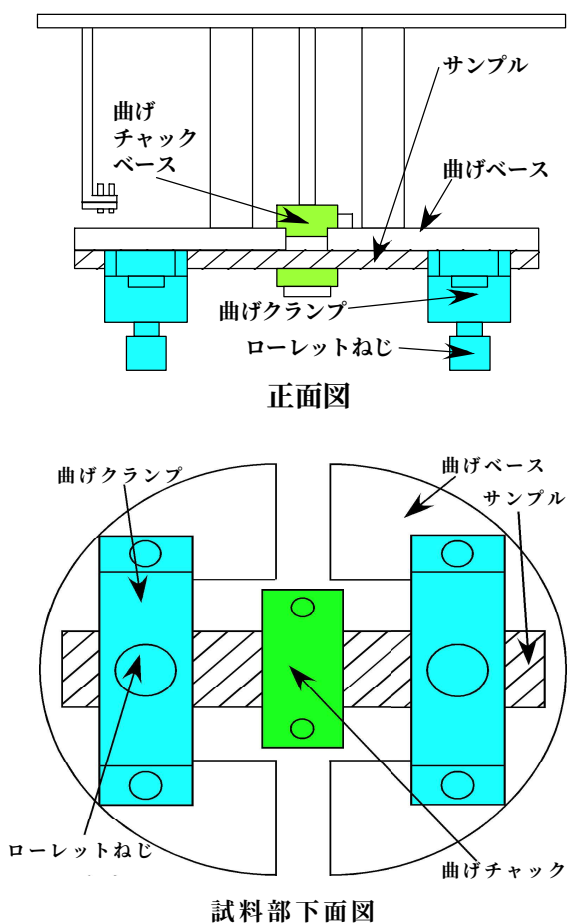


Fig.2 Schematic illustration of visco-elasticity apparatus.

3.実験結果および考察

Fig.3 に変位振幅 $20\mu\text{m}$ での試験結果を示す。縦軸には動的弾性率 E' 、損失弾性率 E'' および減衰能 $\text{Tan } \delta$ を示し、横軸には試験温度を示す。上部に動的弾性率 E' 、中部に損失弾性率 E'' 、下部に $\text{Tan } \delta$ のグラフを示す。(a) は比較材として純 Mg の鋳造材のデータである。350K~500K 付近の $\text{Tan } \delta$ の値が急激に上昇しており、全ての周波数で 0.1 以上の値を示した。(b)の粉体を予備成形し、押出しより得られた純 MgP/M 材は鋳造材の純 Mg より $\text{Tan } \delta$ の値は低く鋳造材に見られる急激な上昇域を示さない。また、周波数が増加するにつれて $\text{Tan } \delta$ の値は低くなる。動的弾性率 E' は鋳造材とほぼ同じ値であるが、損失弾性率 E'' が鋳造材の純 Mg より低いため $\text{Tan } \delta$ の値が低くなる。(c)の GC10 も周波数が増加するにつれて $\text{Tan } \delta$ の値は低く、純 MgP/M 材と同様な減衰能特性を示した。また、1Hz においては純 MgP/M 材に比べてやや $\text{Tan } \delta$ が高い減衰能特性を示した。また、GC10 も鋳造材と異なり、室温付近より $\text{Tan } \delta$ の値は徐々に上昇している。(d)の GC20 は損失弾性率 E'' が 400K 付近より横ばいになった。しかし、動的弾性率 E' が 350K より徐々に減少しているため、結果として $\text{Tan } \delta$ が上昇しているが、いずれの周波数においても 573K での $\text{Tan } \delta$ の値は 0.05 付近に留まった。また、530K 付近において 100Hz にのみピークが観察された。

次に、変位振幅 $5\mu\text{m}$ での試験結果を Fig.4 に示す。(a)の純 MgP/M 材では、1Hz のみ室温より $\text{Tan } \delta$ の値は上昇傾向にあることが認められる。損失弾性率 E'' においてはいずれの周波数においても室温付近より値が急激に上昇し 400K 付近で上昇率が減少している。(b)の GC10 も損失弾性率 E'' の値は室温付近より上昇している。純 Mg よりやや損失弾性

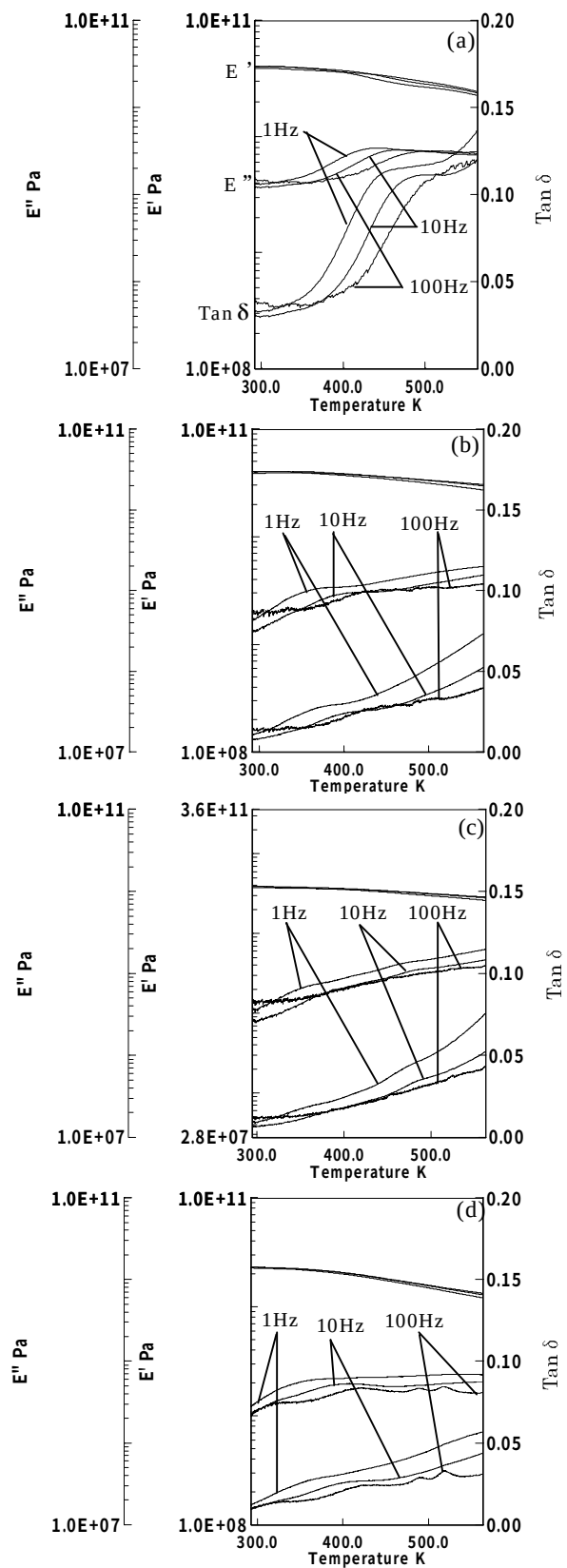


Fig.3 Damping capacity of (a) pure Mg as cast, (b) P/M pure Mg, (c) extruded GC10, (d) extruded GC20 Amplitude: $20\mu\text{m}$.

率 E'' の値が低い、 $\tan \delta$ の値はいずれの周波数においても同様な減衰能を示した。(c)の GC20 では $\tan \delta$ の値は周波数の変化に関わらず純 MgP/M 材、GC10 に比べ低い値を示した。 $\tan \delta$ の値は室温付近から上昇し、350～400K 付近で上昇が止まり、再び 450～500K 付近より値が上昇している。また、変位振幅 $5 \mu\text{m}$ では 100Hz のみ損失弾性率 E'' の値が室温付近において大きく振れた。いずれの試験条件においても GC 量の少ない材料が高い減衰能を示した。また、室温での $\tan \delta$ の値を Table 3 に示す。なお、ファイバーを添加した CF10 および CF20 については減衰能を測定中である。

4. 結言

本実験では、純マグネシウム粉末にグラッシィカーボン粉末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) 純 Mg では押出 P/M 材より鑄造材が減衰能 $\tan \delta$ の値は高い値を示した。
- 2) 鑄造材では 400～500K において急激な $\tan \delta$ の増加が起こったが、P/M 材では起こらなかった。
- 3) カーボン添加量の多い試料が高温域では $\tan \delta$ の値が若干低い値を示した。

Table 3 $\tan \delta$ at room temperature (25°C)
amplitude $20 \mu\text{m}$

Designation	Frequency	$\tan \delta \times 10^3$
pure Mg cast	100Hz	37.85
	10Hz	30.01
	1Hz	32.77
pure Mg P/M	100Hz	14.65
	10Hz	7.30
	1Hz	9.83
GC10	100Hz	11.85
	10Hz	6.60
	1Hz	9.32
GC20	100Hz	10.87
	10Hz	10.35
	1Hz	13.44

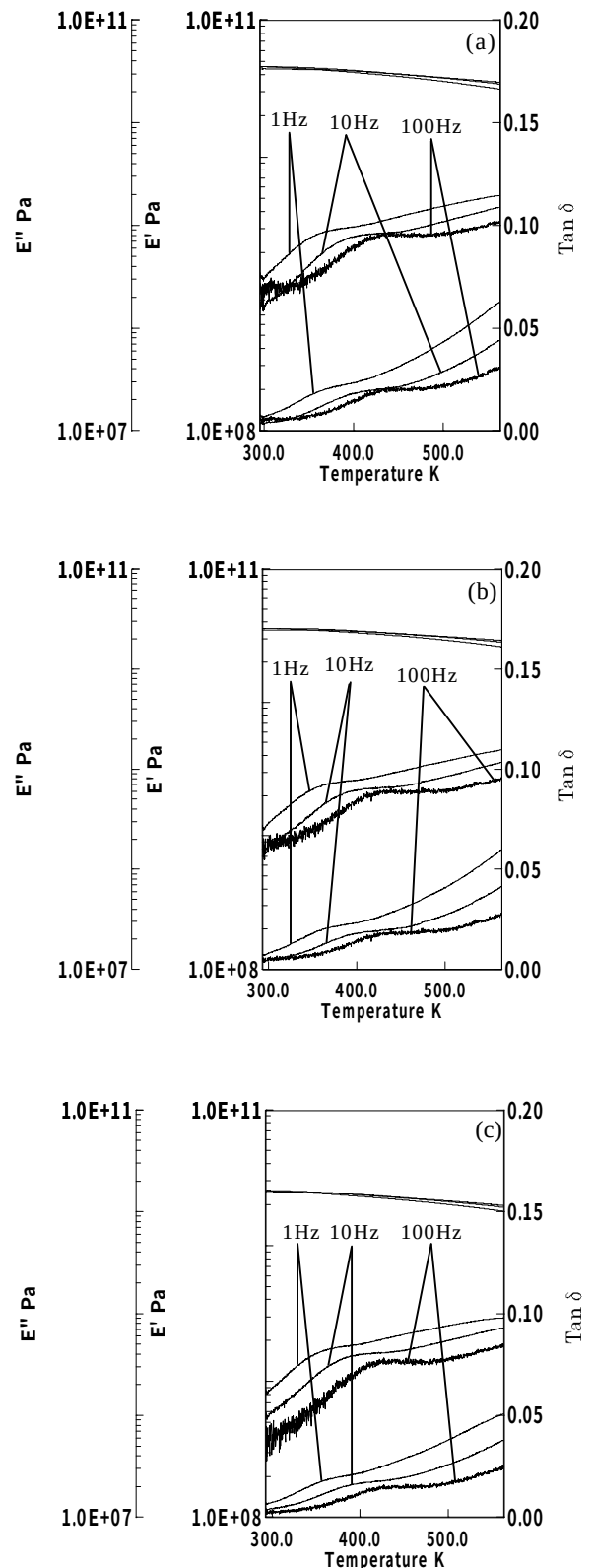


Fig.4 Damping capacity of (a)extruded Pure Mg, (b)extruded GC10, (c)extruded GC20
Amplitude: $5 \mu\text{m}$.