

電磁波吸収特性に及ぼす粉末の粒度および塑性加工の影響

相川 芳和*1・柳本 勝*2

Effect of the particle size and the plastic working of the powder on the electromagnetic wave absorption characteristics

Yoshikazu Aikawa and Katsu Yanagimoto

Synopsis: Recently, in order to achieve the good electromagnetic wave absorption characteristics in high frequency band (100MHz~10GHz), metal magnetic powder has received considerable attention as the materials for electromagnetic wave absorber.

In this study, the effect of the powder particle size and plastic working time of powder on μ'' has been discussed. Gas atomized powder sieved to different particle sizes was flattened by an attriter. After compacting these powder with the polymer, μ'' was measured by network analyzer.

As a result, the maximum value of μ'' increased with an increase in powder particle size, and decreased with an increase in the attriting time. It was considered to be a result of changing the metal occupanncy ratio by a difference of powder particle size, and the magnetic characteristics of material by a difference of attriting time.

Key words: electromagnetic wave absorption; Gmetal magnetic powder; flattend powder; metal occupanncy ratio

1. 緒言

近年、パソコンや携帯電話等の各種電子機器の普及とともに、それらから発生する電磁波による電波障害が問題になっている。このような電磁波の対策品として電磁波吸収材が知られている。これは磁性粉をポリマー中に分散させシート状にしたもので、磁性体の磁気損失を利用して電磁波を熱に変換し吸収する製品である。その一例として Fig. 1 に示すようにコンピューターの基板上もしくは携帯電話に貼り付けられ、そこから発生する電磁波を吸収・消去して外部への放射を抑制する役目を果たしている。従来磁性体にはNi-Zn系のフェライト粉末が用いられているが、近年その周波数帯域が100MHz～数GHzといった準マイクロ波帯域に移行していることから、最近ではセンダストや電磁ステンレスといった飽和磁束密度の大きい金属磁性粉が注目されている。

電磁波吸収材の吸収性能は一般的に μ'' の大きさに決定される。 μ'' とは、Fig.2に示す通り μ' で表わされる磁場の変化に対して90°の位相差をもって追隨する透磁率で、磁気損失の大きさを示す指標と定義され¹⁾、 μ'' が大きいほど電磁波吸収特性は大きくなる。 μ'' にはシートの成形条件（樹脂材質、混練比、成形温度等）の他に、磁性粉の

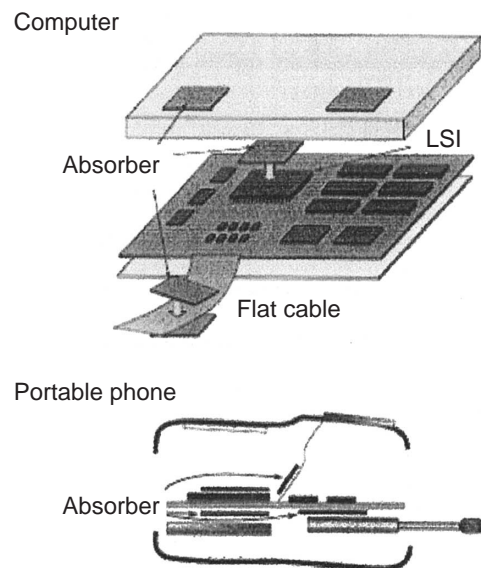


Fig.1. Utilization examples of electromagnetic wave absorber

形状（アスペクト比：粉末の長軸長さ／粉末の厚み）が大きく影響することが知られており、各種軟磁性粉を用いてその偏平度と吸収特性の関係、および適切な成形条件等についての検討が行なわれている²⁾。しかしながら、形状以

*1 技術研究所 新材料グループ

*2 技術研究所 新材料グループ長

他の材料特性の影響については十分な検討がなされていない。

そこで本研究では100MHz～数GHzといった高周波帯域に対応できる電磁波吸収体用金属磁性粉末の開発を目的として、電磁波吸収特性に及ぼす粉末粒度、加工履歴の影響に着目して調査したので報告する。

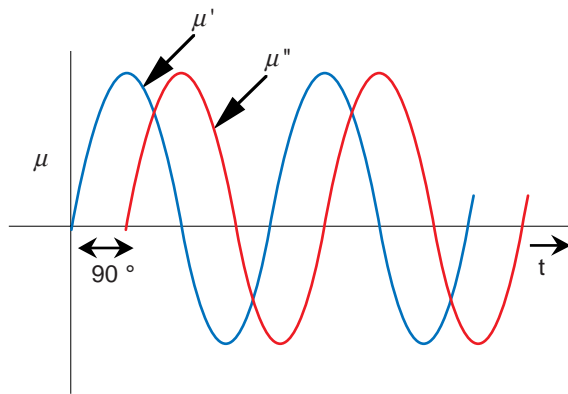


Fig.2. Definition of μ''

2. 実験方法

Table1に本実験条件、Fig.3に実験工程のフローチャートを示す。原料粉末にはアルゴンガスアトマイズにより作製した球状粉末を用いた。本実験では塑性加工による粉末の扁平化を試みていることから、粉末には硬度が低く電子材料として必要な耐食性も兼ね備えているFe - 7Cr - 1Si - 1.6Alを選定した。 μ'' に及ぼす粒度の影響について検討するためアトマイズ粉末を3水準の粒度に分級した。その後、一般的な粉砕装置であるアトライターにてアトマイズ粉末を塑性変形させて扁平粉末を得た。アトライターはFig.4に示す構造で、高エネルギー型ボールミルとして知られ、アームの回転でボールを強制攪拌することにより材料に大きなせん断応力を与えることができる装置である。

また、加工履歴の影響についても検討するため、 $-20\mu\text{m}$ の粉末について、アトライターの処理時間を変えた扁平粉末を作製し、その形状をSEMにより観察した。同時に、Fig.5に示すとおり扁平粉末をSi系樹脂と混合して加圧成

形し、その断面写真から厚みと長軸長さを測定して各粉末の平均アスペクト比を算出した。さらに、得られた扁平粉末に対してSi系ゴムを20～40mass%を混練した後、約343Kでロール成形、打ち抜きを行ない、外径7mm、内径3mm、厚さ1mmのリング試験片を得た。Si系ゴムの混練量は予備実験から得られた成形可能な最大量とした。この試験片にてネットワークアナライザーにより13GHzまでの電磁波吸収特性 (μ'') を測定した。また、電磁波吸収

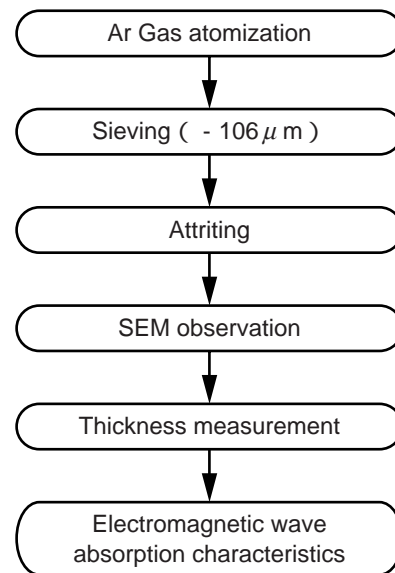


Fig.3. Experimental procedure

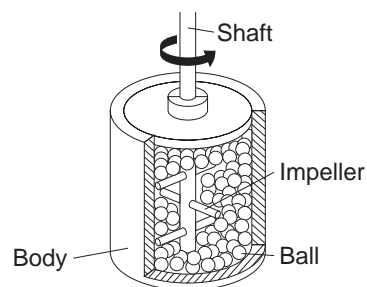


Fig.4. Schematic diagram of the attriter

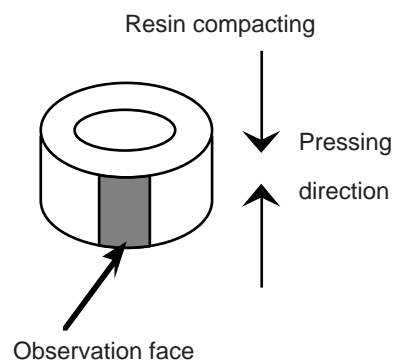


Fig.5. Measuring method of aspect ratio

Table1. Experimental conditions

Process		Conditions
Atomization	Composition	Fe - 7Cr - 1Si - 1.6Al
Sieving	Grading/ μm	- 45/+ 32, - 32/+ 20, - 20
Attriting	Revolving speed/rpm	200
	Attriting time/ks	1.8 ~ 14.4

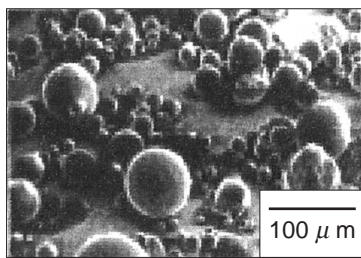
材は磁性粉末がバインダー中に分散して存在しているため、その吸収特性は金属粉末の存在量に大きく依存すると想定される。そこで成形後のサンプルについて金属粉末の充填率も算出した。

3. 供試粉末の形状

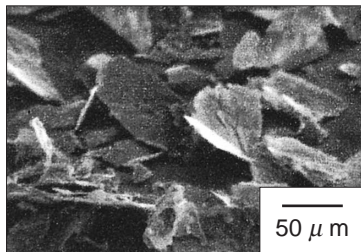
3.1 粒度の影響

Fig.6に各粒度の球状粉をアトライターにて2hr処理した後の粉末外観を示す。

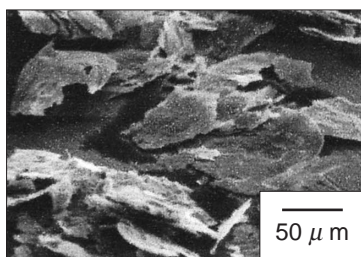
いずれの粒度においてもアトライター処理により、粉末の扁平化が進行した。本実験で用いた粉末のピッカース硬さは150HV程度で、磁性材料としては比較的塑性加工が



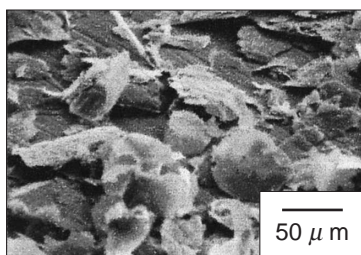
Atomized powder



Feed grading : - 45/ + 32 μ m



Feed grading : - 32/ + 20 μ m



Feed grading : - 20 μ m

Fig.6. SEM micrographs of the flattened powder

容易であると考えられる。本実験結果より、このような低硬度材料であれば一般的に粉砕機として用いられるアトライター処理でも粉末の扁平化が可能であることがわかった。Fig.7にアトライター処理後の粉末のアスペクト比と長軸長さを示す。アトライター処理により粉末のアスペクト比はいずれの原料粉末の粒度でも22~23となった。また、原料粉末の粒度を大きくすることにより、同等のアスペクト比で長軸長さの大きい扁平粉末が得られた。

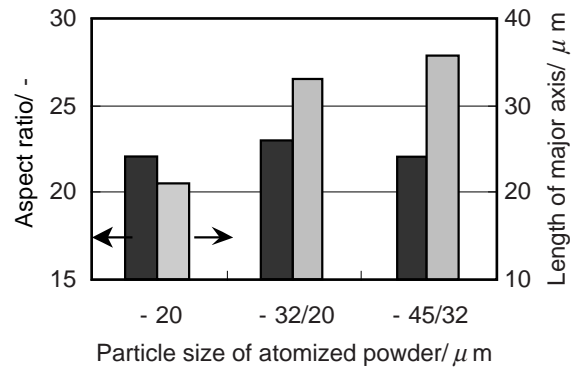


Fig.7. Effect of the particle size of the atomized powder on the aspect ratio and the length of major axis

3.2 加工時間の影響

Fig.8に原料粒度を - 20 μ mとした場合の扁平粉末のアスペクト比と厚みに及ぼすアトライター処理時間の影響を示す。アスペクト比は処理時間とともに若干増加するものの21~23とほぼ一定で、1~1.5 μ m程度の厚みを持つ扁平粉末が得られた。

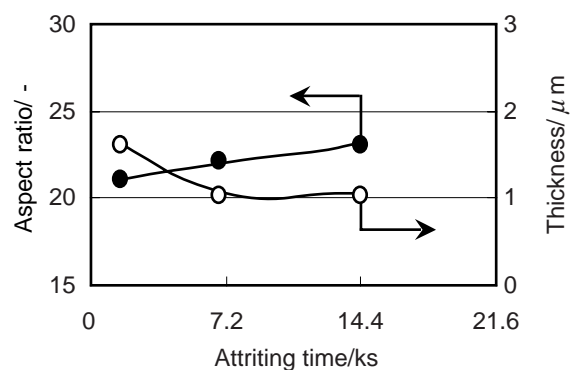


Fig.8. Effect of the attriting time on the aspect ratio and thickness of the flattened powder

4. 実験結果

前記検討結果により、ほぼ同等のアスペクト比で粒度および加工履歴を変えたサンプルが作製できた。そこでこれ

らのサンプルの磁気特性を確認した後、リング試験片を作製し、その電磁波吸収特性を評価した。

4・1 粉末の磁気特性に及ぼす原料粉末粒度とアトライター処理時間の影響

Fig. 9に各粉末の保磁力 (Hc) を示す。同一粒度 (-20 μm) の場合、Hcはアトライター処理時間の増加とともに増大した。これは粉末が塑性変形する際に生じる内部歪みに起因すると考えられる。また、同じ処理時間で比較すると粗大粉の方がHcが低下する傾向が見られた。

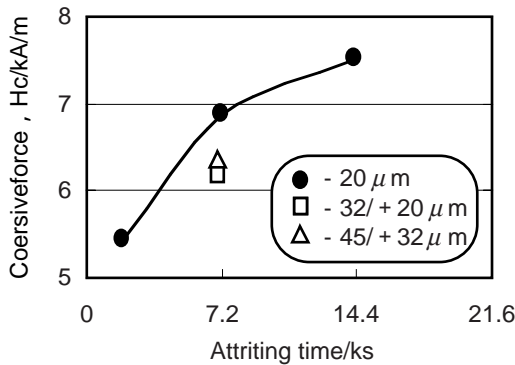


Fig.9. Relationship between Hc and attriting time

4・2 電磁波吸収特性に及ぼす粒度の影響

Fig.10に μ'' の周波数特性の一例を示す。一般的に μ'' は特定の周波数でピーク値をとりその後は周波数の増加とともに減少する。近年の電子部品の高周波化に対応するために、本研究では各サンプルの μ'' のピーク値とその時の周波数に着目して検討した。Fig.11に各原料粉末粒径における電磁波吸収特性 (μ'') のピーク値と金属粉末の充填率を示す。粉末粒度の増大に伴って金属粉末の充填性が向上し、その結果 μ'' のピーク値は増加することがわかった。また、いずれの場合も μ'' はGHz帯域でピークとなっており、本プロセスにより作製した扁平粉末は準マイクロ波帯域において良好な電磁波吸収特性を有するものと考えられる。

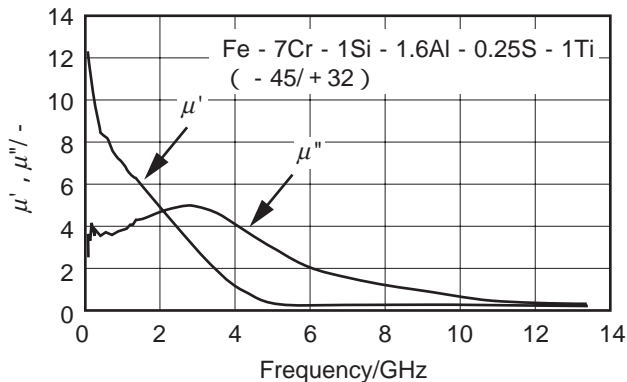


Fig.10. Effect of frequency on μ' and μ''

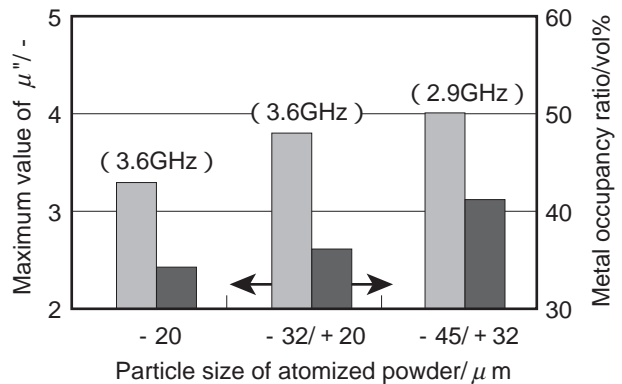


Fig.11. Effect of the particle size of the atomized powder on the μ'' and the occupancy ratio of the metal powder

4・3 電磁波吸収特性に及ぼす加工時間の影響

Fig.12に原料粒度を20 μmとした場合の電磁波吸収特性と金属粉末の充填率に及ぼすアトライター処理時間の影響を示す。処理時間によって充填率に変化は見られなかったものの、 μ'' は処理時間の増大に伴って大きく減少する傾向が見られた。Fig.9に示したとおり、アトライター処理により粉末のHcは増大しており、この軟磁気特性の劣化により μ'' が低下したものと考えられる。

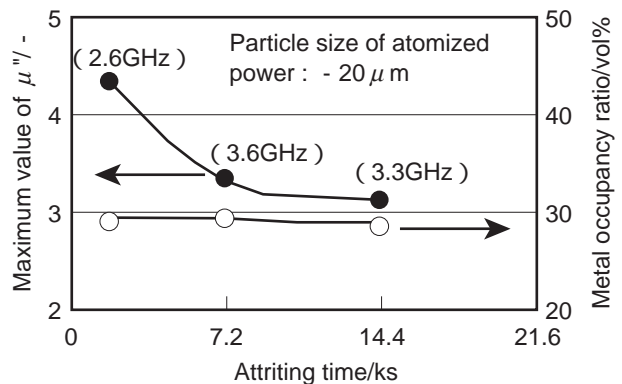


Fig.12. Effect of the attriting time on the μ'' and the occupancy ratio of metal powder

5. 結言

高周波対応可能な電磁波吸収体用粉末の開発を目的として、電磁波吸収特性 (μ'') に及ぼす原料粉末粒度、加工履歴の影響について検討した結果、以下のことがわかった。

- 粉末粒度の増大に伴って金属粉末の充填性が向上し、その結果として μ'' は向上した。いずれの場合も μ'' のピークはGHz帯域で現われていることから、本プロセスにより作製した扁平粉末は良好な高周波特性を有していることがわかった。

- ・ μ'' はアトライター処理時間の増大に伴って大きく減少した。これは加工時間の増大による磁気特性の劣化が原因と考えられる。

文 献

- 1) 金子秀夫, 本間基文: 金属工学シリーズ8磁性材料 (1977), 117 .
- 2) 吉田栄吉, 佐藤光晴: Tokin Technical Review第23号 (1996), 93-98 .

著者



相川 芳和



柳本 勝

