

粉体系磁性木質材の作製とその磁気特性に関する実験的検討

Experimental Study on Manufacturing and Magnetic Characteristics of Magnetic Powder based Magnetic Wood

○田鎖 亮*, 岡 英夫*, 浪崎 安治**, 高橋 民雄**

○Makoto Takusari*, Hideo Oka*, Yasuji Namizaki**, Tamio Takahashi**

*岩手大学, **岩手県工業技術センター

*Iwate University, **Iwate Industrial Research Institute

キーワード: 磁性木質材(magnetic wood), 磁性粉(magnetic powder), 複素透磁率(complex permeability)
交流磁化特性(ac magnetic characteristic)

連絡先: 〒020 盛岡市上田4丁目3-5 岩手大学 工学部 電気電子工学科 岡研究室

岡 英夫, Tel・Fax:(019)621-6389, E-mail:hoka@msv.cc.iwate-u.ac.jp

1. はじめに

近年、生物種の絶滅や地球温暖化の加速を引き起こすとされる森林の減少は、国際的にも大きな問題の一つとされ、森林の適正な維持と森林資源の持続的確保のために木質資源の有効利用が求められている。そのような中、国内でも年間約2800万 m^3 あるとされる林地残材、工場残材、おがくず等の未利用材をはじめとした木質資源の有効活用の方法が模索されている。^{1),2)}

一方で、年々増加する磁性体需要の中、その工場残材の処理がメーカーにとっての課題の一つとなっており、磁性体を粉末状にして他の材料と複合させた新材料を開発する試みがなされているが、そのほとんど

が金属やプラスチックなどの材料を対象としており、木質系材料を対象とした研究は先に著者等により報告された磁性木質材に関する論文^{3)~5)}以外ほとんどなされていない。

そこで著者等は、前述の状況と従来の研究成果を踏まえ、磁性材料の粉末と木材小片を混合し、これを接着剤で再構成させた磁性木質材を作製し、その作製法や磁気的機能性に関する検討を行った。磁性粉には多くの種類があるため、磁気的機能の選択の自由度が高くなると考えられる。また、木材小片を使用することは、林地残材、工場残材、おがくず等の有効活用につながり、地球環境保全の面から見ても有益である。

また、従来の粉体系磁性木質材は常温

硬化型樹脂接着剤を用いて作製していたため、高含脂率が避けられない等の問題点が指摘されてきた⁹⁾。

そこで著者等は、熱硬化型樹脂接着剤を用いた粉体系磁性木質材の新たな作製法を提案し、その方法について検討した。

本論文では、新しい作製法により作製した磁性木質材の磁氣的機能性に着目し、その磁化曲線や透磁率などの測定を通じて、高周波における電磁材料として二、三の検討を行ったので報告する。

2. 粉体系磁性木質材の作製²⁾

2. 1 供試材

木材小片は、岩手県内の工場から排出されるオノオレカンバ (*Betula schmidtii Regel*) の鋸屑とした。鋸屑は、形状の均質化を図るために、メッシュ寸法 0.84 mm 以下で選別したもの 1 に対してメッシュ寸法 0.84~1.19 mm で選別したものを 4 の重量比で混合した。その後、100℃の乾燥炉に一昼夜おき、含水率 5% に調湿した。

磁性粉は、作製時に使われる水分による酸化のおそれの少ないフェライト系材料とした。磁性粉が磁性木質材の性質に及ぼす影響を評価するために、次に示した 2 種のフェライト系材料⁹⁾を用いた。

- ・ TOKIN 製 Mn-Zn フェライト 15,000H
 - ・ TOKIN 製 Mn-Zn フェライト 2,500B
- 磁性粉の粒径はともに 150 μm 以下で、

材料名称の数字はバルク材料における交流初透磁率を示している。

接着剤は、パーティクルボードの作製に用いられている熱硬化製樹脂接着剤の中から、ユリアホルムアルデヒド樹脂接着剤⁷⁾ (大鹿振興製 大鹿レジン 180A) を選択し、含脂率は、木材小片と磁性粉の総重量に対し 12% とした。さらに、硬化剤として塩化アンモニウム 5% (20% 希釈液) を、接着剤の噴霧を容易にするため水 10% を樹脂に対してそれぞれ添加した。

2. 2 磁性木質材の作製

図 1 に磁性木質材の作製行程を示す。これには、パーティクルボードの作製法を応用した⁸⁾。

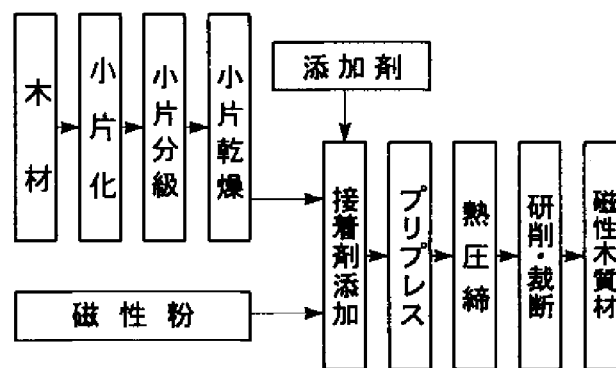


図 1 磁性木質材の作製行程

木材小片と磁性粉をそれぞれミキサーを改良したプレフォーミングマシンに入れ、毎分 20 回転でミキサーを回転しながら、スプレーガンで接着剤を吹き付けた。

接着剤が添加された原料をコール板 (厚さ 2 mm のステンレス板) の上に置いた型枠

(図2)の上に落としこんだ後、コールドプレスによるプリプレスを行い、カステラ状のマットを作製した。

プリプレスの後、型枠を外し、原料の上にもう一枚のコール板を当て熱圧縮を行い、厚さ9mmの磁性木質材ボードを作製した。

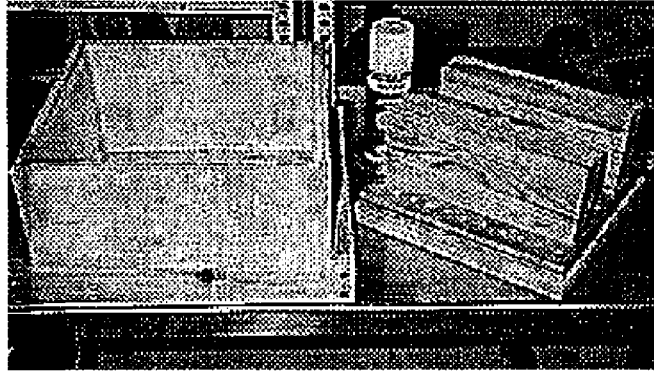


図2 型枠 (内寸 300×300 mm)

なお、コール板にはボードを取りやすくするために、離型剤 (NUCシリコーン) を塗布した。

表1に熱圧縮における条件を示す。

表1 熱圧縮条件

加圧温度	圧縮圧力	圧縮時間
150 °C	85 kgf/cm ²	4 分

2. 3 試料

表2は完成後のボードの成分比である。前述の作製法により、磁性粉の種類(2種)と、磁性粉と木片との配合比(0~約60%で4水準)を変えた7種のボード状試料(300×300×9mm)を作製した。

表2 磁性木質材の成分比 (wt. %)

試料	木片%	磁性粉%	接着剤等%
木片のみ	87.5	0	12.5
15000H:①	58.0	29.6	12.4
15000H:②	43.4	44.2	12.4
15000H:③	28.8	58.7	12.5
2500B:①	58.0	29.6	12.4
2500B:②	43.3	44.2	12.5
2500B:③	28.8	58.7	12.5

図3は、磁気特性測定用試料の形状である。作製した磁性木質材を、磁気特性計測用として内径10±0.2mm、外径20±0.2mmの環状に加工した。厚さは作製時のまま9mmである。

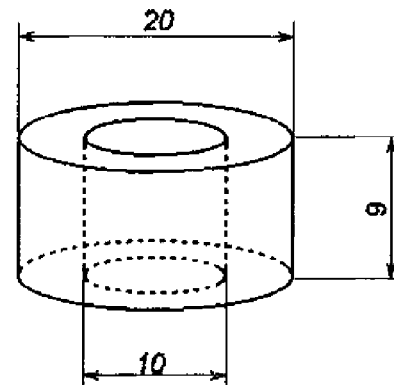


図3 磁気特性測定用試料 (単位mm)

3. 磁気特性の測定

3. 1 交流磁化特性の測定法

作製した磁性木質材の磁氣的機能性に着目し、その交流磁化特性を測定した。

交流磁化特性の測定は、B-H / Zアナライザ HP E5060A と パワーアンプ Y EW 7058-10 を用いて行い、その結果から磁心損失などのパラメータを導いた。また、環状試料には一次側、二次側ともに導線を

20回単層平行巻きにした。

表3に交流磁化特性の測定条件を示す。

表3 交流磁化特性の測定条件

測定機器	励磁条件	測定周波数
HP 5060 A	$B_m = 1 \text{ mT}$	50k ~ 5MHz

測定は、磁束波形が正弦波となる条件のもと、最大磁束密度 B_m の値を一定にして行った。この測定は、磁化特性の測定や、磁心損失を評価するために行った。磁心損失は、周波数に依存した式で与えられるので、二次側検出電圧の波形が正弦波でなければ正しく評価することができないためである。

3. 2 複素透磁率測定法

第二に、より高い周波数帯における磁氣的機能性を調べるために、作製した磁性木質材の複素透磁率を1MHzから1GHzの周波数範囲にわたって測定した。

複素透磁率の測定は、インピーダンス/マテリアル・アナライザ HP 4291Aと磁性体測定用テストフィクスチャ HP 16454Aを用い短絡同軸式による測定⁹⁾を行った。

図4は磁性体テストフィクスチャHP 16454Aの概略図である。テストフィクスチャ内に環状試料を置き測定を行う。図中の矢印は測定信号の流れを示している。

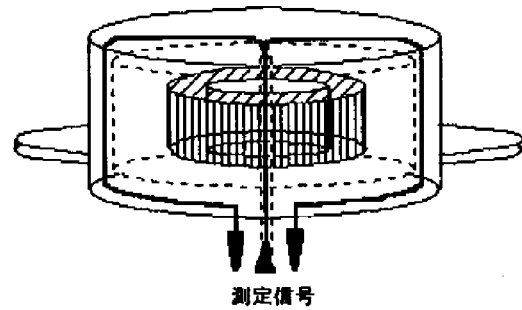


図4 磁性体テストフィクスチャHP 16454A

複素透磁率は、テストフィクスチャと試料を含む測定回路をRL直列回路と見なし、そのインピーダンスより計算した。真空中の透磁率を μ_0 、角周波数を ω 、空心時のインダクタンスを L_{ss} 、試料を含むインダクタンスを L_s 、直列抵抗を R_s とするとき、複素透磁率の実数成分 μ' 、複素透磁率の虚数成分 μ'' をそれぞれ下式により求めた¹⁰⁾。ただし、 F_s は試料形状により定まる定数で、 h は試料の高さ、 a, b はそれぞれ試料の内径、外径である。

$$\mu' = \frac{2\pi}{\mu_0} \left(\frac{L_s - L_{ss}}{F_s} \right) + 1 \quad \dots\dots (1)$$

$$\mu'' = \frac{2\pi}{\mu_0} \cdot \frac{R_s}{\omega \cdot F_s} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$F_s = h \log \frac{b}{a} \quad \dots\dots\dots (3)$$

表4に複素透磁率の測定条件を示す。透磁率特性が電流依存性を持つため、測定は励磁電流を一定にして行った⁹⁾。

表4 複素透磁率の測定条件

測定機器	測定方式	測定周波数	励磁電流
HP4291A	短絡同軸式	1M~1GHz	10 mA 一定

4. 磁気特性の測定結果及び検討

4. 1 磁性木質材の磁化特性

図5は磁性粉 15,000H を 60%配合した磁性木質材の磁化特性の実測例である。

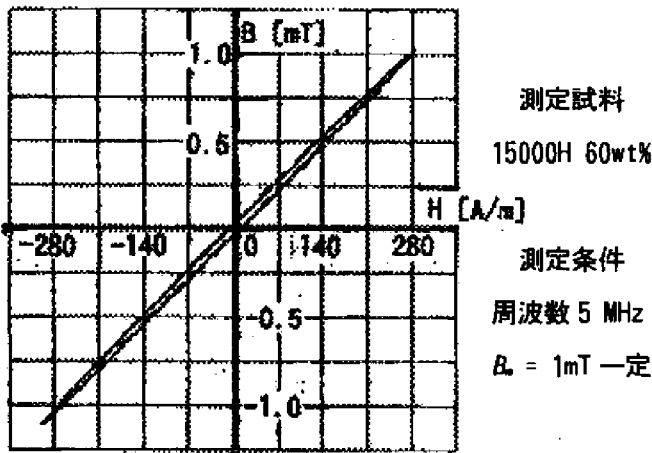


図5 磁性木質材の磁化特性

磁性粉の種類や配合比を変化させて同様に磁化特性を測定したところ、磁性木質材の磁化特性には、わずかに履歴が表れたものの、ほぼ線形なループを描いた。

つづいて、図6に磁性粉の種類や配合比を変えた磁性木質材の磁化特性を測定した結果から、周波数に対する残留磁束密度 B_r と保磁力 H_c を示した。

残留磁束密度 B_r と保磁力 H_c の変化は同様の傾向を示し、高周波ほど 15,000H を原料としたものが高い値を示す傾向が見られた。

次に、図7には磁性粉の種類や配合比を変えた磁性木質材の磁化特性の測定結果から、周波数に対する単位体積当たりの磁心損失 P_{cv} を示した。

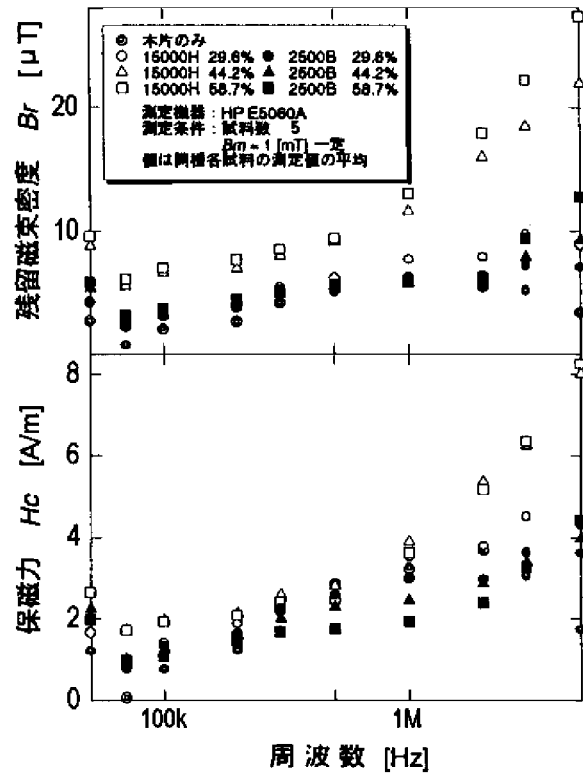


図6 磁性木質材の残留磁束密度と保磁力

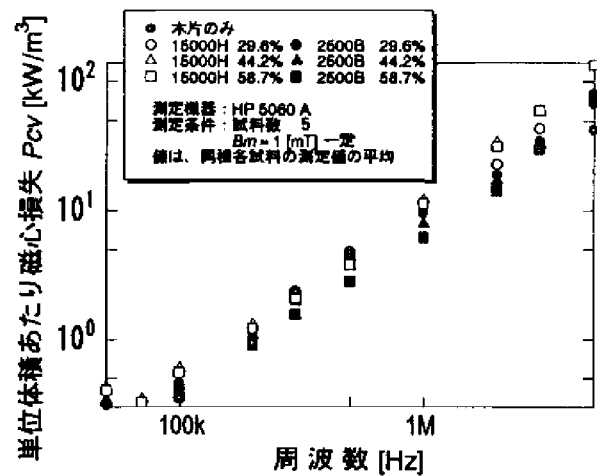


図7 磁性木質材の単位体積当たり磁心損失

磁性木質材の磁心損失 P_{cv} は、最大磁束密度 B_m を一定にした場合、周波数の二乗にほぼ比例することが確認された。

また、5MHz での単位体積あたり磁心損失 P_{cv} の値は最大で 143 kW/m³ であったが、これは巻線の銅損成分を含んだ値であるため、木片のみからなる試料でも 43 kW/m³ の値をとっている。今後、発熱要因の

より詳細な解析が必要である。

4. 2 磁性木質材の複素透磁率

図8に、磁性木質材の複素透磁率を実数成分 μ' と虚数成分 μ'' に分離して示した。

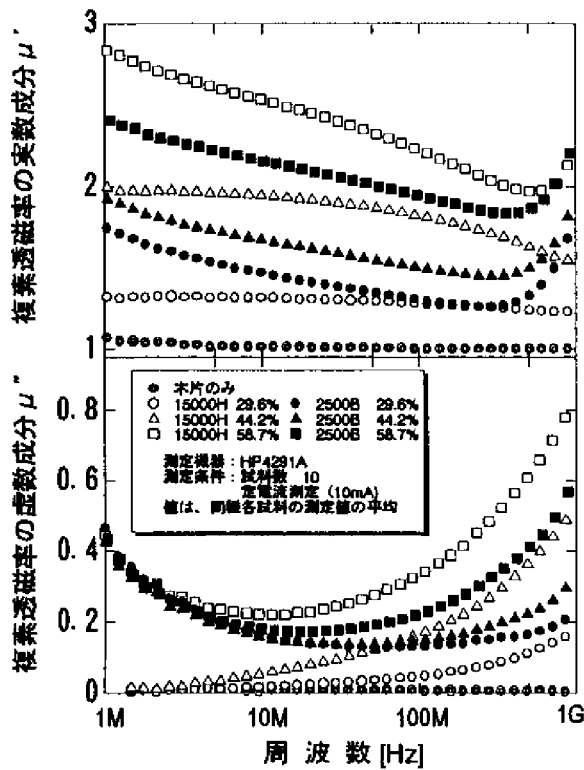


図8 磁性木質材の複素透磁率

複素透磁率の実数成分 μ' は、磁性粉の種類よりも磁性粉の含有割合による特性の違いが顕著で、値は最大で3程度であった。また、試料によっては数百MHzまで一定の値を示した。

メーカーのデータ⁶⁾によると、原料の磁性体では、バルク材の場合、15,000Hでは約20kHzで、2,500Bでは約300kHz以上の周波数では透磁率が急激に減少することから、磁性粉を用いることで周波数特性が最大で4桁も広がったことがわかる。これは、木片

と磁性粉を混合したために、磁性粉体間の距離が大きくなり、高周波におけるうず電流損が軽減されたためであると思われる。

しかし、全体の透磁率は逆に4桁ほど低くなった。これは、磁性粉を用いることにより、磁性粉体間に反磁界が働いたためと考えられる。

5. まとめ

以上、パーティクルボードの作製法を応用して磁性木質材を作製し、その磁気特性の測定結果から明らかになった事項を述べる。

- ① 粉体系磁性木質材の作製では、パーティクルボードの作製法を応用した新しい作製法を採用したことにより、比較的大きな板状の磁性木質材を作製できるようになったほか、含脂率を12%程度と低く抑えることができた。
- ② 磁性木質材の磁化特性は、わずかに履歴が表れるが、ほぼ線形のループとなった。
- ③ 複素透磁率の実数成分は、磁性粉の種類よりも磁性粉の含有割合による特性の違いが現れた。
- ④ 複素透磁率の実数成分は、原料とした磁性体のバルク材での特性よりも3~4桁小さいが、3~4桁広い周波数範囲で一定の値を示した。

以上から、熱硬化型樹脂を利用した粉体系磁性木質材の作製法は、試料の大型化や低含脂率化に有効であると考えられる。

また、本研究で作製したフェライト粉を利用した磁性木質材は、磁心損失が少なく線形に近い磁化特性を持つ一方、高周波帯でも一定の透磁率を示し、その特性は磁性粉の含有割合に依存することがわかった。

今後は、粉体系磁性木質材の特性に木材が与える影響についても研究をすすめる計画である。

謝 辞

日頃、磁性粉について御指導いただきました 岩手大学工学部材料物性工学科 助教授 中村 満 先生、ならびに試料作製について御指導いただきました 岩手大学工学部 工作センター 技術官 佐々木圭一 氏に感謝します。

なお、本研究の一部は、文部省科学研究費萌芽的研究（岡）による。

参 考 文 献

- 1) 朝日新聞 1997年1月1日付「環境'97」記事
- 2) 高橋,浪崎,及川: 廃材を用いたパーティクルボードの製造と応用,岩手県工業技術センター研究報告,第3号,(1996)
- 3) 岡: 磁性木材の作製法と高周波磁束制御に関する研究,平成6年度文部省科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書(研究課題番号 05452212),1/78,(1995)
- 4) H.Oka: Basic study of Magnetic Wood and its Application, International Workshop on Wood and Magneto-electronics Invited Paper,13/18,(1996)
- 5) 岡・八重樫: 磁性粉末と木粉による磁性木材の作製と透磁率について,第18回日本応用磁気学会学術講演概

要集 12a B-1,24,(1994)

- 6) TOKIN: FERRITE POT CORES (1972)
- 7) 大鹿振興: 総合カタログ(1993)
- 8) 鈴木,徳田: 木材科学講座 8 木質資源材料,157/163,海青社(1993)
- 9) 日本工業規格: JIS C 2514 フェライト磁心の材質性能試験方法,(1992)
- 10) 日本ヒューレット・パカード: HP 4291A ユーザーズガイド(1994)