

センダストとアルミナの複合体の作製と評価に関する研究

Study on Fabrication and Evaluation of Composites of Sendust-Al₂O₃

○大藤睦月・山根佳明・吉門進三・佐藤祐喜

○M. Ofuji, Y. Yamane, S. Yoshikado, Y. Sato

E-mail: syoshika@mail4.doshisha.ac.jp

【はじめに】センダストは鉄とケイ素とアルミニウム Al からなる合金であり、その組成により初比透磁率が大きく変化し、約 12 万の最大値を示すものがある。焼結体は極めて固く加工が困難である。複素比透磁率は周波数に大きく依存し、マイクロ周波数領域では磁壁の運動および自然磁気共鳴現象により複素比透磁率 $\mu^* = \mu' - j\mu''$ の実数部 μ' はきわめて小さくなり磁性効果を利用することができない。さらに、センダストは合金であるために導電率が金属並みに大きく為る高周波からマイクロ波に至る周波数範囲では電磁波はセンダストによりほぼ完全反射されるために、そのままでは電磁波吸収体等への応用は不可能である。しかし、センダストと反応しない絶縁体を分散媒として複合焼結体を作製することにより、その μ' の周波数増加時の減少を抑えマイクロ領域でも磁気特性を保持することが可能であると考えられる。また加工性も向上することが期待される。ところで、センダスト粒子を樹脂等へ導電性が発現しない量混合することにより電磁波の反射係数が減少するために優れた電磁波吸収特性を示すことが報告されている。しかし樹脂は軟化温度や耐難燃性が低い。この課題を克服するために、本研究ではセンダスト粉末よりも高い融点を持ち、共通の元素である Al を含み低コストである酸化アルミニウム (Al₂O₃, 以後アルミナ) 粉末を分散媒として、それらの混合比を種々変化させて複合体の作製を行った。センダストは非酸化物であるために複合体を高真空カーボン電気炉中で作製し、その磁気特性および結晶構造を調べたので報告する。

【実験方法】平均粒径が約 5 μm のセンダスト粉末(日本アトマイズ)および平均粒径が約 10 μm の α 型アルミナ粉末を使用した。センダスト粉末とアルミナ粉末の重量比を種々変化させてペレットを作製し、粉末を加圧整形して直径 16 mm, 厚さ約 3 mm のペレットを作製した後、高真空ミニカーボン電気炉(テルモセラ・ジャパン)を用いて、約 10^{-3} Pa の高真空雰囲気中で1時間 1000~1300℃の温度範囲で焼結を行った。焼結後、4 Hz~1 MHz の周波数範囲では焼結体の中央に直径約 7.5 mm の孔を開けトロイダル状に加工し、直径 0.5 mm のエナメル線を約 30 回巻き環状ソレノイドを作製し、インピーダンスアナライザ(IM3570, Hioki)を用いて 4 Hz~1 MHz の周波数範囲で自己インダクタンスおよび直列抵抗の測定を行い、トロイダルコアの内径、外形、厚さ(約 3 mm)を用いて複素比透磁率を算出した。1MHz~1.8 GHz の周波数範囲ではトロイダル形状の試料を、14mm 同軸ホルダーに挿入しインピーダンスアナライザ(4291B, キーサイトテクノロジー)を用いて複素比透磁率を算出した。X 線回折(XRD)により複合体の構造を調べた。

【実験結果・考察】XRD により 1300℃以下では複合体はセンダストとアルミナの混合物であり、新たな生成物は存在しないことが確認された。センダストの融点は約 1170℃であった。Fig.1 に複素比透磁率の実数部 μ' の 4 Hz~1 MHz の周波数範囲での周波数依存性を示す。センダスト 100%では初比透磁率の最大値は約 1000 となったが周波数が増加すると急激に減少した。10 Hz~1 kHz の周波数範囲における減少は磁壁の運動によるものであり、10 kHz 以上における減少は回転磁化共鳴によるものであると考えられる。アルミナの重量比が増加するに従い、初比透磁率は減少したがセンダスト：アルミナの混合比が 16:1 を境にして μ' が減少し始める周波数が 2 桁程度高周波側にシフトした。さらにアルミナの重量比を増加させると、 μ' はスネックの限界線に沿って減少することが分かった。また低周波側では μ' は周波数無依存となり、アルミナの混合比が大きくなると真空の透磁率に漸近した。このときセンダストの融点より低い温度では粒径の小さいセンダスト粒子はアルミナ粒子間には侵入しないが、1300℃では、センダスト粒子はアルミナ粒子間に熔融侵入し、センダストの網目構造が形成されること示唆された。なお、1MHz 以上の周波数における比等透磁率の測定値等については講演当日発表する予定である。

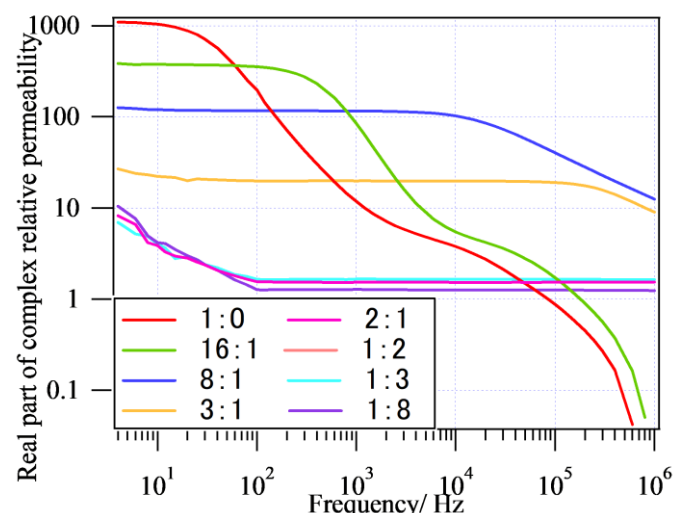


Fig.1 Frequency dependence of the real part of complex permeability for composites having various compositions made of sendust and α -alumina.