

磁性材料の変った応用

工学部電子工学科 杉本光男

1. まえがき

題目の“変った応用”という言葉の意味は、「磁性材料本来の応用から遠くかけ離れた奇抜な分野への利用」ということである。たとえば、磁性材料を塗料、肥料、医療などに応用することを指している。

周知のように磁性材料は約100年前に工業化されたが、その主な用途は電気機械と電気部品であった。そして電気産業の発展に伴って種々の新しい優れた磁性材料が次々と開発され、またそれが引金になって新しいエレクトロニクスの応用面がたくさん展開するようになり、今日に至っている。ところが、今から約40年前に、いわゆる“磁性材料の変った応用”が初めて誕生し、次第にその数を増して今日に及んでいる。そしてその数は決して少なくなく、またその内容も極めて重要なものが多い。しかし、この“変った応用”のなかで、実用化されているものは非常に少ない。

2. “変った応用”の現況

表1は、“変った応用”の最近の全貌を示したものである。(筆者の勉強不足から洩れている例があるかも知れない。この点は諒解願いたい。)

応用例のそれぞれを既に実用化されているもの、近い将来実用化されそうなもの、全く実用化の見通しのないものに分類すると次のようになる。

(1) 既に実用化されているもの

磁性塗料、回転部の密閉、汚水処理、不溶性電極、制振合金の五つが実用化されている。これらの応用例が実用化されたのは、それぞれそれなりの背景がある。磁性塗料は1940年にドイツで開発され、当時“Rust Stabilizer”と称された伝統のある塗料である。主成分の $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ が鉄鋼表面の赤錆を Fe_3O_4 に還元する機能をもっている。現在は $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 以外のスピネル型フェライトが顔料とし

て用いられているようである。伝統が実用化を支えている例である。

汚水処理は工場排水などに含まれるCd, Pb, Cr, Hgなどの有害重金属を化学処理によって微粒子(0.01~1 μ)の Fe_3O_4 あるいはフェライトとともに沈殿させ、磁気分離装置で回収する方法である。環境問題という時流に符合して実用化された例である。

回転部を磁性流体で密閉する方法は、宇宙開発に関連する課題として開発された新しい技術であって、時代の要請に応じて実用化された例である。

フェライトは酸及びアルカリに対して溶解度が少ない特徴を活用して、これを不溶性電極に利用する試みは約50年前からなされている。この10年以來、温水器など安価な不溶性電極を必要とする需要が急に実用化の道を拓いたのである。

磁壁の非可逆運動に伴う磁気—機械的ヒステリシスを、振動ならびに騒音の防止に利用しようとする制振合金は、振動と騒音に関する社会的苦情を背景に実用化された。社会的事情によって実用化された点は、汚水処理の場合とよく似ている。そしてこれら五つの応用例に共通して重要なことは、折角実用化されたもののその生産量がいずれも極めて少ないことである。

(2) 近い将来実用化されそうなもの

0.1~10 μ の大きさのフェライト粉末とポリエステル樹脂との混合物を成形して作られた複合材料は、振動減衰率が極めて大きいので注目されている。この防振用材料は近く除震台、鉄道の枕木、耐震構造材料などに利用されようとしている。これが実用化されると、“変った応用例”のなかで初めて大きな生産量が実現することになる。また、前述の汚水処理で回収したフェライト沈殿物を乾燥して焼成すると、地下埋蔵物の標識、盲人及び無人運搬車の磁気的な誘導道路標識になる。これ

表1 最近における磁性材料の変った応用例

応用例	内 容	磁性材料の種類
塗 料 ¹⁾	磁性基板と塗料の密着性と緻密性の向上	γ -Fe ₂ O ₃ , あるいはスピネル型フェライト
防振と防音 ²⁾	Villari 効果を利用して振幅を制御, または弾性を利用して防振と防音を行う	Fe-Cr-Al 合金, Fe-Co 合金, あるいはフェライト粉末とポリエステルの複合体
標 識 ³⁾	地下埋蔵物の磁氣的標識, 盲人と自動運搬車などの磁氣的誘導標識	汚水処理の副産物であるフェライトを焼成して使用する
水素吸蔵 ⁴⁾	水素と金属水素化物を作りやすい元素を含有する非晶質磁性材料などに吸蔵	アモルファス Zn ₆₇ Ni ₃₃ 合金, または Ti, Zr, Hf, 希土類元素を含むアモルファス磁性合金
触 媒 ⁵⁾	遷移金属を含有するフェライト, またはアモルファス合金による CO, NO ガスの酸化	スピネル型フェライト, またはアモルファス Fe _{0.2} Ni _{0.8} P _{0.2} 合金
汚水処理 ⁶⁾	微粒子フェライトに重金属を吸着して磁気分離を行う	Fe ₃ O ₄ 及びスピネル型フェライト
不溶性電極 ⁷⁾	フェライトが酸およびアルカリに溶解しにくい特性とアモルファス合金の高い耐食性を利用	スピネル型フェライト, あるいはアモルファス Fe-20P 合金及び Co-38B 合金
固体電解質 ⁸⁾	磁場配向して C 面内の Na イオンの易動度の向上を図る	六方晶 Na ₂ O-11 Al _{2-x} Fe _x O ₃ 多結晶体
回転部の密閉 ⁹⁾	磁性体あるいは非磁性体から構成された回転部の完全密閉	磁性流体
冷 凍 ¹⁰⁾	磁気エントロピーを外部磁場で制御し, 磁性体に吸放熱させて冷凍する	Gd, Gd ₃ Al ₃ , CrTe, Y ₃ Fe ₁₇ , MnP, Gd ₃ GasO ₁₂ など
人造肥料 ¹¹⁾	化学肥料に磁性体の粉末を混入したもの	Ba フェライト
医 療		
(1) 目の美容 ¹²⁾	たれ目, 閉じない目(重症)を磁石と鉄片を利用して治療する	希元素-コバルト磁石及び軟鉄片
(2) 薬の固定 ¹³⁾	抗癌剤などを磁性体に吸着させ, 磁界を用いて体内の患部に導く	各種の永久磁石
(3) 尿の失禁症 ¹⁴⁾ の治療	衰えた膀胱, 衰えた尿道の括約筋を磁石, スプリング, 軟鉄板を用いて治療する	各種の永久磁石, 及び軟鉄板
(4) X線造影剤 ¹⁵⁾	従来の硫酸バリウムエキスの代りに強磁性フェライトを用いて反覆検査する	Mn-Zn フェライト
(5) その他 ¹⁶⁾	人工肛門, 血管と食道の滯結, 義歯の固定など	各種の永久磁石

らの応用例は需要が多い上に安価に製品を提供できるので, 近い将来実用化されるだろうといわれている。

(3) 全く実用化の見通しのないもの

この項に該当する応用例は, 水素吸蔵, 触媒, 冷凍, 固体電解質, 人造肥料, 医療などである。人造肥料は約15年前に短期間市販されたことがある。しかし, この磁性をもつ人造肥料は, 他の化

学肥料と価格差がしだいに著しくなり, その高い価格のために現在は全く市販されていない。また, 再び実用化される見通しも全く立っていない状況にある。

ここにあげた応用例は, エネルギーやライフサイエンスに関係する重要なものが多い。それなのに何故実用化されないのでしょうか。

3. あとがき

磁性材料の応用分野には、従来から本命とされてきた領域と、本命から外れた変わった領域があることを説明した。そして変わった領域にも工業化すれば多くの人々に喜ばれる立派なものが沢山あるにもかかわらず、実用化されないものが沢山あることを述べた。

文 献

- 1) 福井, 山本, 松村: 三菱重工技報, **9**, No. 2, 1 (1972~3).
- 2) 藤田: 油圧技術, **18**, No. 7, 36 (1979).
藤田: 応用機械工学, **19**, No. 9, 72 (1978).
山本, 江本, 榊原: 金属, **52**, No. 5, 62 (1982).
- 3) F. Yamauchi, S. Nakano and I. Sugano: ICF 3 Proceedings, 894 (1980).
- 4) A. R. Miedema, K. H. J. Buschow and H. H. van Mal: *Trans. Electrochem. Soc.* (in press). M. Nose and T. Masumoto: *Sci. Rep. RITU*, **A-28**, 237 (1980). K. Aoki, A. Horata and T. Masumoto: *Sci. Rep. RITU*, **A-29**, Amorphous Material Issue V, 218 (1981).
H. Fujimori, K. Nakanishi, K. Shirakawa, T. Masumoto, T. Kaneko and N. Kazama: Proc. 4th. Int. Conf. Rapidly Quenched Metals 1629 (1981).
- 5) 高田, 木山: 粉体粉末冶金協会講演概要集, 5月 (1973).
K. R. Krishnamurth, B. Viswanathan and M. V. C. Sastri: *J. Res. Inst. Catalysis, Hokkaido Univ.*, **24**, 219 (1977).
H. Komiyama, A. Yokoyama, H. Inoue, T. Masumoto and H. M. Kimura: *Sci. Rep. RITU*, 217 (1980).
- 6) 辻: 電子材料, **9**, 70 (1973).
山内, 見目: 電気四学会連合大会予稿集, 2-41 (1978).
桂, 玉浦, 寺田: 工業用水, No. 223, 16 (1977).
中沢, 長谷部, 下飯坂: 日本鉱業会昭和56年度春季大会講演要旨集 (1981).
S. Okamoto: *IEEE Trans. Magn. MAG.*, **10**, 923 (1974).
- 7) S. Watanabe and T. Aoki: Proc. Int. Conf. Ferrites, CI-241 (1977).
- 8) 杉本, 平塚, 高橋: 投稿中
- 9) 神山: 潤滑, **27**, No. 3, 153 (1982).
- 10) 橋本, 椎野: 日本物理学会誌, **36**, 876 (1981).
- 11) 総合金属情報, 工業日日新聞社, 第794号 (1968).
- 12) D. Grob and P. Stein: *J. Appl. Phys.*, **42**, 1318 (1971).
- 13) E. H. Frei, S. Shterikman and D. Treves: *Z. f. angew. Physik*, **21**, 10 (1966).
加藤, 根本: 日本応用磁気学会誌, **14**, No.1 14 (1980).
- 14) D. Grob, P. Stein: *J. Appl. Phys.*, **42**, 1331 (1971).
- 15) E. H. Frei, E. Gunders, M. Pajewsky, W. J. Alkan and J. Eshchar: *J. Appl. Phys.*, **39**, 999 (1968).
M. Sugimoto, T. Watari, N. Watanabe, M. Tobe and H. Takizawa: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **13**, 63 (1974).
- 16) G. Hennig, H. Feustel and K. Hennig: *Rept. Goldschmidt AG*, **35**, No. 4, 85 (1975).
- 17) 中川正祥: 日本応用磁気学会誌, **4**, No.1, 9 (1980).