

身近な金属の
ミクロ組織を読む
第●回
68

【身近な磁石・磁性応用品Ⅰ】

■はじめに

磁石は鉄を吸いつける、磁針は南北を指す、モーターはフレミングの左手の法則で回る、まではわかるが、大学に入ると電磁気学の難しい式が出てきてもう一步理解しきれていないのが磁石と磁性ではないだろうか。しかし、身の回りの至るところに磁石と磁性応用品が溢れている。これらの磁石と磁性応用品のいくつかを紙面の許す限り紹介してみよう。

■永久磁石の種類

永久磁石には大きく分けて、1)アルニコ磁石 2)フェライト磁石 3)希土類磁石の3種類がある。これを磁界(H)と磁化(I)の関係で模式的に示すと図1のようになる。

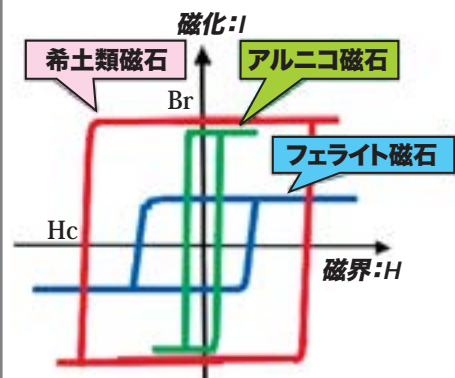


図1 主要磁石の磁界(H)―磁化(I)曲線

1)アルニコ磁石

アルニコ磁石は、本多光太郎のKS鋼(※後の東北大学金属材料研究所の設置にあたり寄付をした住友吉佐衛門のイニシャルを取ってKSと命名)と東大の三島徳七のMK合金から発展し、米国GEで開発されたAl,Ni,Co,Fe(アルニコ)の鑄造合金である。凝固制御とスピノーダル分解によるNi-Al常磁性相とFe-Co強磁性相の組織制御により磁化方向に高い残留磁束密度(Br)を得ている。温度により性能が変化しないので積算電力計に使われている。

2)フェライト磁石

フェライト磁石は、東工大の武井武らの発明に端を発し、Philipsで工業化された酸化物磁石である。鉄鋼業で発生するスケールや酸洗廃液からの還元鉄を原料にSrやLa-Coなどの添加物を加え、1μm前後のフェライトの単磁区粒子に粉碎し、磁場中で配向させながら成形して、焼結する。残留磁束密度(Br)は大き

くないが、保磁力(Hc)が大きく、減磁しにくく安価なのが特徴である。自動車にはワイパー、パワーウィンドウなど50-100個のモーターが使われているが、それらの大半はこのフェライト磁石である。この他にプラスチックに磁粉を混ぜたポンド磁石も吸着磁石などに使われている。

3)希土類磁石

希土類磁石は、米国GEが商品化したSmCo5が始まりであるが、Smの資源問題やCoの価格高騰問題を抱えていた。1982年、旧住友特殊金属(現日立金属)の佐川真人らがNd₂Fe₁₄Bの結晶構造をもったNd焼結磁石を発明した。Br,Hcとも高く、現在でも最高のエネルギー積*を有している。これもフェライト磁石と同様に、溶解・鑄造した薄箔片を数マイクロン以下まで粉碎して単結晶とし、磁場中で成形して結晶方位を揃える。図2は成形後1000℃以上で焼結した試料のKerr効果顕微鏡写真で、粉末成形時の磁化方向に結晶方位が揃っていることがわかる。

*エネルギー積:減磁曲線でのB(磁束密度)とH(磁界)の積(最大値)で、外部にできる仕事量を示す。



図2 ネオジム磁石のKerr効果顕微鏡組織(横方向に磁場をかけ粉末成形後に、焼結、Nd₂Fe₁₄B結晶のC軸が横方向に揃っている。コントラストは磁区模様、着磁前)

Nd磁石は小型イヤホン、スピーカー、ハードディスク、MRI、小型モーター、ハイブリッド自動車用モーター、発電機など広く分野に使われている。課題は250℃以上では減磁すること、Ndの埋蔵量は十分あるが、採算の合う資源採掘が中国に限られていること、耐熱性を上げるDyは自動車用途では数%添加されるが、この資源が限られていることである。

これら永久磁石は、通常、工場出荷状態では使用状態に合わせて結晶方位が揃っている。これを異方性磁石と言う。使用者は、その方向

にコイルで着磁して組み立てるか、モーターなどの場合は組み立ててから着磁する。一方、ポンド磁石は配向されておらず自由に着磁できるが、磁力は弱い。使用後リサイクルする場合は、キュリー点以上に温度を上げるか、交番減衰磁場を与える方法で脱磁される。磁石にはこの他に電磁石、超電導磁石があり、一般には永久磁石と電磁石の組み合わせが使われていることが多い。

■身近な磁石、磁性応用品

1)若葉マーク(吸着力)

運転免許を取って1年未満の運転手が車体に張り付けるのが初心者(若葉)マークである。磁石で吸着するタイプは取り外しに便利である。表側には磁場が出ていないが、裏側にマグネシートと呼ばれる磁性粉をコロイド状にしたシートを乗せると、図3のように筋状の濃淡模様が見られる。黒色部は磁性体が集まっている所で、N極かS極の磁場が交互に出ている。白い部分はN、S極の境界部分であり磁束が出ていない。

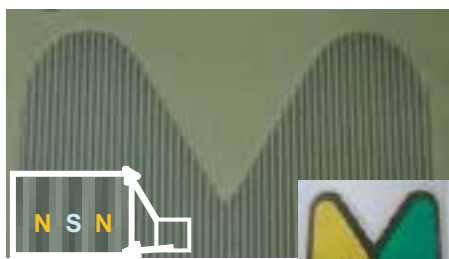


図3 若葉マークの裏のマグネシート模様(黒色部は磁束の出ている場所で磁性コロイドが集まっている。)

これは配向していないフェライト磁粉と樹脂のポンド磁石シートに、図4のように往復した銅線に通電して着磁したからである。従来のアルニコ磁石では馬蹄形にしてN-S間距離を長くしていた。それは薄くて面積が大きいと反磁界が大きくなり、すぐ減磁してしまうからである。このように薄い磁石が生産できるのは保磁力Hcの大きなフェライト磁粉と着磁技術の進歩の賜物である。



図4 若葉マークの裏面着磁法

●シリーズ● 材料の素顔に迫る

元日立金属 技師長
工学博士 岡本 篤樹

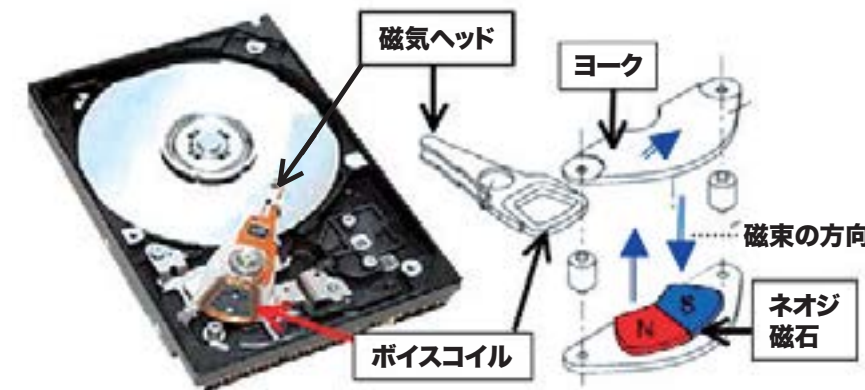


図7 HDDの磁気ヘッドとボイスコイルモーター(VCM)

2)スピーカー(磁場と電流)

スピーカーコーンの根元には細い銅線で巻いたコイル(VCM:ボイスコイルモーター)が付いている。このコイルを対向したN、S極に差し込むとコイルに流れる電流に応じて、「フレミングの左手の法則」(図5)の方向に力が生じ、スピーカーコーンが動く。磁場を生み出すのは磁石で、必要などころにN、S極を導くのが継鉄(ヨーク)である。強力なNd磁石を使えば磁気回路(図6)も単純になり、軽量化と精密な音再現性が得られる。



図5 フレミングの左手の法則(力/Fの方向を求める。親指からFBIと憶える)

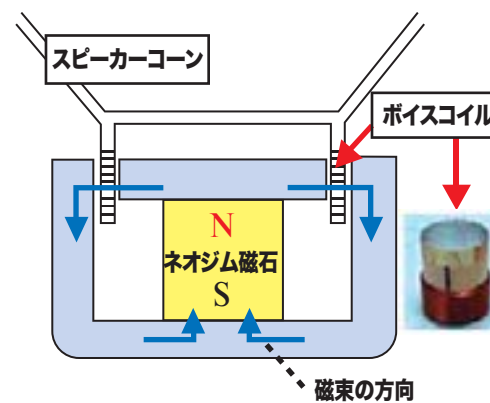


図6 スピーカーの磁気回路とボイスコイル(VCM)

3)ハードディスク(磁場と電流)

アルミまたはガラスのディスク(円板)には磁性剤が塗布され着磁記録されている。ディスクに記録と読み取りするのが磁気ヘッドで、これを動かすのが図7のボイスコイルモーター(VCM)である。スピーカーと同じ原理で対向するN、S極の間にヘッドに繋がったコイルがあり、これに流れる電流の向きに応じて左右に動く仕組みになっている。強力なNd磁石を使用することによりコンピュータの小型化が達成できている。

4)モーター(磁場と電流)

前記2)~3)はコイルが鉄芯を持たない例であるが、応答性よりもトルクが要求されるモーターでは鉄芯にコイルを巻いた電磁石が磁場を作るのに使用される。大型や中型のモーターでは回転子を銅、アルミの籠(カゴ)にした誘導モーターが主体であり、これには永久磁石は使用されていない。しかし効率が悪く、省エネが追及される空調機のコンプレッサーやハイブリッド自動車用モーターでは、図8に示すように固定子はコイルを巻いた積層電磁鋼板で、回転子には積層電磁鋼板に板状のNd焼結磁石を埋め込んだブラシレス同期モーターが主流になりつつある。

また小型モーターや自動車のパワーウィンドウなどでは、弓型のフェライト磁石を対向させ固定子にし、その磁場中を正負逆転する鉄芯コイル回転子とした直流モーター(図9)が

使われている。回転角に応じて電流の方向を変えるブラシがあるのが特徴である。前述のハードディスクの円板を回すモーターはスピンドルモーターと呼ばれる。これにはリング状のNdポンド磁石(図10)が回転子に使われている。多極に着磁されており、コイルを巻いた鉄櫛(積層電磁鋼板)固定子の電流を制御することにより低消費電力で定速回転するのに適している。

――これらはいずれもフレミングの左手の法則に従い、磁場と電流の関係で回転力を得ている。一方、発電機の場合は全く逆で、フレミングの右手の法則で回転から電気を得ている。次回は磁場と電子の関係や渦電流を利用した例を紹介する。

<使用図面> 日立金属資料



図8 Nd磁石を使用したモーター回転子の例(積層鋼板製回転子の中に板磁石が埋められている。左:圧縮機、右:HEV)

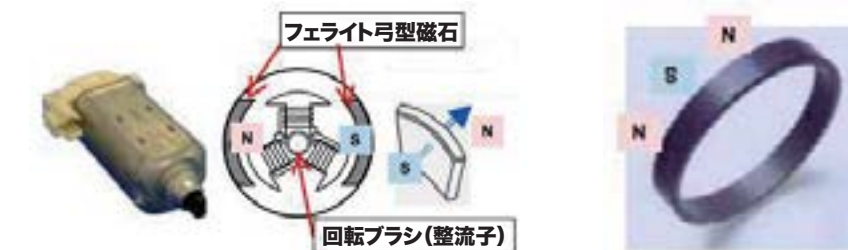


図9 ブラシ付直流モーターとフェライト磁石(固定子には弓型の磁石が2個対向し、内側の磁極は左がN極、右がS極に着磁されている。)

図10 HDDスピンドルモーター用Ndポンド磁石(多極着磁して回転子として使われる。)