OP 磁石の特性とその応用*

会 員 中 村 弘**

現在実用されている永久磁石は、大別すると金属磁石と酸化物磁石とに分けられる。OP磁石はその後者に属する。酸化物磁石はフェライト磁石とも称せられ、コバルトフェライト系とバリウムフェライト系との2系統のものがある。前者は1930年頃日本で発明され¹⁾、OP磁石としてフェライト磁性材料の先駆をなしたものである²⁾。後者は戦後オランダで開発された Ferroxdure 磁石に端を発するものである。

(第1図) OPマグネット シュート

(第2図) OP—S磁石の反発による浮磁石

フェライト磁石では、数100ないし2000 Oe に及ぶ高い保磁力のものが容易にかつ安価に得られるので、これらの磁石が次第に従来の金属磁石に置きかわりつつある。またフェライト磁石粉末をゴムや塩化ビニール等に混せて造った「ゴム磁石」³⁾や「塩ビ磁石」⁴⁾等も実用に供せられるようになった。これはゴムや塩ビの性質と永久磁石の特性とを併せ有するもので、フェライト系磁石の応用範囲をさらに拡大しようとしている。

1. OP 磁石の特性

(1) OP磁石の特長

OP磁石は次のような特長を持っている。

(a) 保磁力が大きい

そのために扁平な磁石（磁極面積が広く、磁極間距離の短い磁石）ができるし、一つの磁石に多数の磁極を任意の位置に作ることもできる。また機械的振動や交直流のじょう乱磁場、あるいは鉄片の着脱の繰返しなどによっても磁力が弱まらない。

(b) 化学的に安定である

フェライトは金属酸化物からなっているので、酸やアルカリに侵され難く、種々の雰囲気や化学薬品にも安定である。

(c) 価格が安い

フェライトは一般粉末冶金製品のように粉末を成型、焼結する工程を経て造られる。したがって大量生産に適し、特にOP—S磁石の場合は後述するように原料面からみても、さらに安価になる。

(d) 可撓性と成型性を有する磁石を造り得る

OPゴム磁石は可撓性を有し、OP塩ビ磁石は種々の形状への成型性を有する。両者共に機械的な加工を容易に行なえることは、従来の磁石に見られなかったものである。

(2) OP—N 磁石

減圧中で焼成し、磁場中冷却を行なって得られるコバ

* Characteristics of OP Magnet and Their Use.

** H. Nakamura, Member. 三菱電機株式会社

(第1表) フェライト磁石の特性

特 性	記 号 (単位)	Co フェライト系磁石		Ba フェライト系磁石		
		OP-N1	OP-N2	OP-S	OP-S2	OP-S3
残留磁気	B_r (G)	2 200~3 000	2 400~3 200	2 000~2 200	3 000~3 300	3 500~3 800
保 磁 力	H_c (Oe)	900~650	1 200~ 900	1 700~1 600	2 300~2 000	1 500~1 300
最大エネルギー積	$(BH)_{\max}$ ($10^6\text{G}\cdot\text{Oe}$)	0.8~1.1	1.1~1.4	0.85~0.88	2.1	2.6
キュリー温度	($^{\circ}\text{C}$)	540	540	450	450	450
見 かけ 密 度	(g/cm^3)	3.2~3.5	3.4~3.8	4.4~4.6	4.6~4.8	4.8~5.0

(第3図) OP磁石の磁束の温度変化

ルト フェライト系磁石で、第1表に示すように比重小でかつ高磁束密度である。しかも第3図からわかるように磁束の温度変化が $-0.068\%/^{\circ}\text{C}$ の程度に小さいのが特徴である。

(3) OP-S 磁石

OP-S磁石はバリウム フェライト 磁石に属し、化学組成はバリウムと鉛とが同モル含まれるバリウム鉛フェライトである。その磁気特性などは第1表に、物理定数などは第2表に挙げてある。第4図はOP-S磁石と

(第2表) OP-S磁石の物理定数

圧縮強度	硬 度	電気抵抗	膨張係数
100 kg/cm ²	ビッカース 約 400 kg/mm ²	$> 10^7 \Omega \text{ cm}$	$1.0 \sim 2.0 \times 10^{-5} \%$ / $^{\circ}\text{C}$

(第4図) 交流磁場の影響

(第5図) 熱サイクルによるOP-S磁石の磁束変動率

異方性鋳造磁石の交流磁場による減磁率を示し、第5図はOP-S磁石の熱サイクルによる磁束の減少率を示したものである。このようにバリウム フェライト系磁石は外的作用による減磁率が非常に小さく、また室温で 10 000 hr 放置しても 100 %の磁束を保持する⁵⁾。

(4) OP-S2, S3 磁石

バリウム フェライト 系磁石を成型する際に、磁場を作用させて粒子の方向を揃えると、その方向に強い異方性が現われ磁気特性の向上することが知られている。磁場の与え方には第6図のような方法がある。このような磁場処理—磁場プレス—はバリウム フェライトのほか

(第6図) 磁場プレスに用いられる装置

微粉末磁石の特性向上にしばしば用いられる。バリウム鉛フェライトに磁場プレスを適用したものがOP-S2, S3 であって、物理定数はほとんど変わらないが、磁気特性が著しく向上している。

(5) OPゴム磁石, OP塩ビ磁石

(第3表) OP ゴム磁石, OP 塩ビ磁石の特性

特 性	記 号 (単位)	OP ゴ ム 磁 石					OP 塩 ビ 磁 石			
		G—11	G—12	G—13	G—14	G—15	G—21	G—22	G—23	G—24
残 尚 磁 気	B_r (G)	700	1 020	1 280	1 550	1 700	1 100	1 210	1 340	1 480
保 磁 力	H_c (Oe)	620	850	980	1 080	1 130	850	930	1 000	1 080
密 度	(g/cm ³)	2.1	2.8	3.3	3.5	3.7	3.4	3.6	3.8	3.9
引 張 り 強 度	(kg/cm ²)	91	53	40	35	32	86	64	48	37
伸 び	(%)	670	260	80	22	20	<5	<5	<5	<5
硬 度	ショアD *UF式ショア	20	44	55	61	66	93*	94*	94*	95*

(第4表) 塩ビ磁石とゴム磁石の耐久試験

磁 石 種 類		老 化 試 験*				耐 油 試 験**			
		硬 度***		抗張力 (kg/cm ²)		硬 度***		抗張力 (kg/cm ²)	
名 称	記 号	試験前	試験後	試験前	試験後	試験前	試験後	試験前	試験後
塩 ビ 磁 石	G—23	78	64	86	53	78	72	86	72
	G—24	85	83	37	28	85	82	37	33
天 然 ゴ ム 磁 石	G—11	20	21	91	80	—	—	—	—
	G—14	61	60	35	41	—	—	—	—
ネ オ プ レ ン 磁 石	G—11CR	21	22	82	82	21	6	82	18
	G—14CR	67	67	47	38	67	34	47	21
塩 ビ—NBR 磁 石	G—11NBR	48	30	86	78	48	28	86	78
	G—14NBR	77	70	62	78	77	62	62	36

* 100°C 70 hr 処理後 ただし天然ゴムは 70°C 70 hr 処理後

** ASTM #3 Oil 使用 100°C 70 hr 処理後

*** ショアDスケール

ゴム磁石, 塩ビ磁石はゴム, 塩ビの素材にOP—S磁石の微粉末を分散させたもので, その特性は磁石粉末の量に左右される。第3表はこれらの磁気特性, 機械的特性などを挙げたものである。ゴム磁石は屈曲自由で, 鉄などによっても容易に切断できる。一方, 塩ビ磁石は2次成型, たとえば真空成型, 吹込成型などが可能でどのような形状にもつくり得る。両者共機械加工が容易で切削, せん断, せん孔, 打抜きなどが行なえ, 押出成型, 圧縮成型, ライニングなどの加工も可能である。これらを使用するに当たっては素材の耐熱性, 耐油性, 耐候性などを充分吟味する必要がある。第4表には耐久試験の結果の一例を示してある。

(6) OP磁石の吸引力

OP磁石の磁極の位置, および極鉄のつけ方などによる吸引力の違いを第7図に示した。

吸引磁石の設計は難しいので, 相似形の磁石は相似の磁束分布を描くということから, あらかじめわかっている磁石の設計資料を基にして推定することが行なわれる。第8図はこの基礎データの一つである。これ

(第7図) 磁石の使用法と吸引力

(第8図) 吸着磁石の形状と吸引力 (磁石の重量はすべて 122 g である)

(第9図) OP—S磁石の空げきと吸引力

(第10図) OP—ゴム磁石の空げきと吸引力

(第11図) OPゴム磁石の長さとの関係を示した

には同一磁石重量で、それぞれ極鉄を有するもの⁷⁾の吸引力を挙げた。第9、10図にはOP—S磁石、ゴム磁石の空げきを有する場合の吸引力を、第11図にはゴム磁石の長さとの関係を示した。

3. OP 磁石の応用

(1) 除 鉄 器

化学工業用原料などの一連の製造工程中に設置し、混入していた鉄分を、原料が通過する際に吸着して除鉄するマグネット シュートや、紡績のそ毛機に取り付け、そ毛機の針が折損して織物中に混入するのを防止するマグネット バーなどがある。

(2) マグネチック チャック

第12図は研摩機用チャックの構造を示した例である。工作物の吸着面には、非磁性体のスペーサで隔てられたN、S極が現われるようになっている。工作物の着脱は磁石および極鉄部分を、カムにより左右に動かし図示のように磁路を変化せしめることによって行なわれる。

(a) 吸着時

(b) 離脱時

(第12図) マグネチック チャックの機構

(3) 磁気選別機

OP磁石の保磁力の高いこと、化学的に安定なこと、および外的作用による減磁の少ないことなどを巧みに利用して磁気選別機が造られている。これは砂鉄、磁鉄鉱などの選鉱、精鉱や、重液選鉱におけるフェロシリコン回収用に使われる。

(4) 吸着磁石

OP磁石は着脱を繰り返してもほとんど減磁しないから、適当な極鉄をつけてマグネチック ドア、工具ホルダなどに用いられている。ゴム磁石も焼結磁石と同様にこの目的に用いられる。

(5) 磁気コンベア

ゴム磁石、塩ビ磁石をたとえば第13図のようにはり付けて、磁力を有するベルトを造ることができる。磁気ベルトを用いたコンベアは、急峻な傾斜を有する運搬、

(第13図) 磁気コンベア ベルトの断面

水中での運搬、吸着させて吊り下げる運搬などが可能であるばかりでなく、運搬物の転倒、落下を防止することもできる。また磁気ベルトは磁気選別機に容易に応用することができる。

(6) 磁気懸垂型電力計

第14図のように磁石の吸引力で円板、および回転軸の全部分を懸垂し、従来の構造で最も問題となっていた尖軸、および宝石軸受をなくすことができた。

(第14図) 磁気懸垂機構

(7) 磁気パッキン

ゴム磁石、塩ビ磁石の可撓性と永久磁石の性質とを巧く用いた磁気パッキンはエアータイトを必要とする窓の窓枠パッキンや、冷蔵庫の扉ガスケットに用いること

ができ、特別の締付機構を不要にする。

(8) パーマネント ダイナミック スピーカ

OP-S3 磁石を用いたスピーカでは、その磁気回路は第15図のようであって、金属磁石を用いた場合に比して扁平にすることができる。

(第15図) フェライト磁石を用いたスピーカ

(9) 小型モータ、小型発電機

小型モータのステータに、小型発電機のロータにOP-S磁石を用いることができる。この場合、OP磁石の軽量であり廉価である特徴がよく現われている。

(10) その他

オイルフィルタ、進行波管、ブラウン管、避雷器などに使用されている。

文 献

- 1) 加藤、武井：電気学会誌，53，408 (1933)
工化，36，506 (1933)
- 2) J. J. Went, G. W. Rathenau: Philips Tech. Rev., 13, 7, 194 (1952)
- 3) 中村：OHM, 48, 156 (1961), 電子工業, 10, 3, 223 (1961)
- 4) 中村，網島：工業材料, 9, 8, 61 (1961)
- 5) K. J. Kronenberg: J. Appl. Phys., 31, 82 S (1960)
- 6) A. L. Stuyts, G. W. Rathenau: Philips. Tech. Rev., 16, 141 (1954)
- 7) R. A. Scholten: Applied Magnetism, 5, 4, 1 (1957)