最近における永久磁石の実状とマグネット リングの磁気的特性について*

野 中 五 郎**

1. 永久磁石の特性

永久磁石の本質的特性について説明する。軟鉄、銅、
 鋳鉄、Ni、Co 等のように外部磁界の作用をうけて非常
 に大きな磁気誘導度を得る物質を強磁性体という。強磁
 性体を磁化するとき外部磁界の強さを0から一方向に次
 第に増してゆくと、はじめのうちは誘導度も著しく増加
 するが、次第に増加する割合がゆるやかになり、遂には
 ほとんど一定値になる性質があり、この現象を磁気飽和
 と称している。すなわち強磁性体の誘導率は一定でな
 く、弱い磁界に対しては大きい、強い磁界になると小
 さい値を示す。第1図は軟鉄の場合の外部磁界の強さ H
 と、軟鉄内部に誘起された磁気誘導度 B との関係を表わ
 したもので、一般にこのような曲線を磁化曲線と呼んで
 いる。次に第2図のように全く磁気をもたない強磁性体
 に、ある方向に磁界を加え、その強さ H を0から一方向
 に増加してゆくと誘導度 B は Oa の磁化曲線をたどり、
 a で磁界 H を減らしてゆくと誘導度 B は aO ではなく a
 b の曲線をたどり、磁界 H が0になっても誘導度 B は O
 b だけ残り、さらに磁界 H を反対方向に増加すると磁界

(第1図) 軟鉄の磁化曲線

H が Oc の大きさ
 になって誘導度 B
 ははじめて0にな
 る。ここで $O b$
 の大きさを残留磁
 気、 $O c$ の大き
 を抗磁力と呼び、
 それぞれガウスお
 よびエルステッド
 の単位 (CGS 単
 位) を用いる。軟
 鉄では磁気誘導度

(第2図) ヒステリシス カープ

B は非常に大きい、抗磁力が小さいので外部磁界が加
 わっている間は磁束が誘導されるが、外部磁界をとりさ
 るとすぐに磁性をなくすので一時的な磁石には適するが
 永久的な磁石として使用することは困難である。このよ
 うに永久磁石の第一の条件は残留磁気の大きいことはも
 ちろん抗磁力も大きくなければならない。さらに最近で
 は $b c$ 曲線のふくらみ具合が問題で、誘導度 B とその点
 の逆方向の磁界 H の積の値でその程度を表わしている。
 また第2図で逆方向の磁界 H を $Od'=Oa'$ である d' ま
 で増加し、その点から磁界 H をへらして0にし、さら
 にもとの方向に a' まで増加すれば、磁化曲線は $a, b, c,$
 d, e, f, a のようにある面積をもった閉線ができる。こ
 の閉線をヒステリシス環線と称し、その面積が大きいほ
 ど磁気エネルギーは大きいことになる。磁石材料におい
 てはヒステリシス環線のうち第二象限の曲線部分が使用さ
 れるが、これを磁石の減磁曲線または $B-H$ 曲線と呼
 ぶ。次に第3図のような棒磁石材料があったとする。こ
 の磁石をコイルの中に入れて、このコイルに直流を流す
 とその電流のため磁界 H が発生し、磁石はその磁界にさ
 らされ、第2図でいえば $O a$ の曲線をたどり、次に電流
 を切れば磁界 H は0となるので、 $O b$ 相当の残留磁束が

* Latest on Permanent-Magnet and Magnetic Properties of Magnet Rings.

** G. Nonaka, 三菱鋼材株式会社

(第 3 図)

発生する。しかし実際は棒磁石の両端に発生した磁極 N および S の相互減磁作用が起り、 Ob は若干小さい値の gh となる。この Oh の量を自己減磁量と呼び、寸法比（磁石の長さと断面積の比）が大きいほど少なく、小さいほど大きく影響する。昔のように馬蹄型の磁石が比較的少なくなってきたのは（馬蹄型は寸法比が大きい）磁石材料として抗磁力の非常に大きいものが製造されてきたので、寸法比を大きくする必要がなくなってきたわけである。

2. 永久磁石の種類

永久磁石はその磁氣的硬化の状態によって、次のように分類される。すなわち焼入硬化型磁石、析出硬化型磁石、規則格子型磁石および単磁区微粉末磁石に大別される。

(1) 焼入硬化型磁石

この種類の磁石は焼入により高温で安定なオーステナイト組織が、マルテンサイト組織に変態し、その組織変化のため空間格子にひずみ力を生じて磁氣的に硬化を起す磁石である。炭素鋼、タングステン鋼、クローム鋼、タングステンクローム鋼、KS鋼、MT鋼はこの種類に属するものである。第1表はこの種磁石の特性を示す。

(第 1 表) 焼入硬化型磁石の磁気特性

特 性 名 称	残留磁気 B_r	保 磁 力 H_c	最大エネルギー 積 $(B \cdot H) \times 10^6$ max
炭 素 鋼	9 000	50	0.2
タングステン鋼	10 000	70	0.3
ク ロ ー ム 鋼	9 500	60	0.2
タングステン ク ロ ー ム 鋼	11 000	75	0.32
K S 鋼	9 000	250	1.0
M T 鋼	6 000	200	0.45
Koerzit	9 500	250	1.0
Vicalloy	10 000	450	3.0

(2) 析出硬化型磁石

この型の磁石は固溶体合金を高温で安定な相より冷却し、その後適当な温度で時効することにより他の相が析出し、磁氣的硬化の現象を示す磁石である。この種磁石の最も代表的なものはMK鋼である。

(a) Fe-Co-Mo 系

この磁石は鍛造および圧延が可能で、1300°Cより急冷し、焼戻しを行なうことにより完成される。この合金の代表的特性をあげれば第2表の通りである。

(第 2 表) Fe-Co-Mo 磁石の磁気特性

特 性 名 称	残留磁気 B_r	保 磁 力 H_c	最大エネルギー 積 $(B \cdot H) \times 10^6$ max
Köster 鋼	7 500~10 500	200~350	1.1~1.3
Remalloy	10 500~11 000	220~240	1.2~1.25

(b) Fe-Ni-Al 系および Fe-Ni-Ti 系

Fe-Ni-Al 系および Fe-Ni-Al-Co 系のMK鋼、本多、増本、白川3博士の発見による Fe-Ni-Ti-Co 系のNK S鋼がこの項に該当する。

(3) 規則格子型磁石

Co-Pt 合金や Ag-Mn-Al 合金がこれである。極めて高い抗磁力を有している。この磁石は冷間加工容易で高価であるが、高抗磁力のため研究の段階を出て電気式腕時計や計測器の各種回転軸部の Suspension 等に工業化されつつある。その特性を第3表に示す。

(第 3 表) 規則格子型磁石の磁気特性

特 性 名 称	残留磁気 B_r	保 磁 力 H_c	最大エネルギー 積 $(B \cdot H) \times 10^6$ max
Silmanal	550	6 000	0.08
Co-Pt 磁石	6 000	4 700	9.0

(4) 単磁区微粉末磁石

フェライト磁石、MnBi 磁石および超微粉鉄磁石があげられる。加藤、武井両博士によって発明されたOP磁石はこの部門での こうし となるもので、その後オランダのフィリップス社により発表された Ba フェライトは

(第 4 表) 単磁区粉末磁石の磁気特性

特 性 名 称	残留磁気 B_r	保 磁 力 H_c	最大エネルギー 積 $(B \cdot H) \times 10^6$ max
Ba フェライト	2 100	1 800	0.9
MnBi	4 200	3 300	4.2
微 粒 Fe	4 000	500	0.75
微 粒 Fe-Co	10 200	790	4.5

(第5表) 永久磁石用材料の保磁力および残留磁束密度 (JIS C 2502)

種 類		記 号	保 磁 力		残 留 磁 束 密 度		
			H_c (Oe)	H_c (AT/m)	B_r (G)	B_r (Wb/m ²)	
1種	1 号	SUG 1	55 以上	4 380 以上	9 000 以上	0.90 以上	
	2 号	〃 2	65 〃	5 170 〃	9 500 〃	0.95 〃	
	3 号	〃 3	80 〃	6 370 〃	8 500 〃	0.85 〃	
	4 号	〃 4	100 〃	7 960 〃	8 500 〃	0.85 〃	
	5 号	〃 5	140 〃	11 150 〃	9 000 〃	0.90 〃	
	6 号	〃 6	200 〃	15 900 〃	9 500 〃	0.95 〃	
2種	甲	1 号	MCA 1	180 〃	14 350 〃	5 500 〃	0.55 〃
		2 号	〃 2	350 〃	27 900 〃	6 500 〃	0.65 〃
		3 号	〃 3	500 〃	39 800 〃	5 000 〃	0.50 〃
		4 号	〃 4	550 〃	43 800 〃	6 000 〃	0.60 〃
		5 号	〃 5	600 〃	47 800 〃	5 000 〃	0.50 〃
		6 号	〃 6	550 〃	43 800 〃	7 000 〃	0.70 〃
		7 号	〃 7	700 〃	55 700 〃	6 500 〃	0.65 〃
	乙	1 号	MCB 1	500 〃	39 800 〃	11 000 〃	1.10 〃
		2 号	〃 2	600 〃	47 800 〃	10 000 〃	1.00 〃
3種	1 号	MR 1	650 〃	51 700 〃	3 000 〃	0.30 〃	
	2 号	〃 2	900 〃	71 700 〃	2 500 〃	0.25 〃	

(備考) この表の特性は試験片についての値である

廉価なため工業化されその用途も広い。この分野の磁石は今後大幅に発展するものと期待されている。代表的特性を示せば第4表の通りである。

(5) 永久磁石の規格

日本工業規格では永久磁石材料として C 2502 番で第5表のごとく表示されている。

(6) 諸外国の永久磁石

諸外国における永久磁石の代表的なものの磁気特性を第6、7表に示す。

(第6表) 米国製磁石鋼磁気特性

特 性	残留磁気 B_r	保 磁 力 H_c	最大エネルギー 積 $(B \cdot H) \times 10^6$ max
名 称			
Alnico I	7 000	440	1.4
〃 II	7 200	560	1.6
〃 III	6 900	470	1.35
〃 IV	5 500	700	1.3
〃 V	12 000	600	4.5
〃 V-DG	13 100	640	5.5
〃 VIB	10 500	750	3.65
〃 VIC	11 000	700	4.0
〃 XII	5 500	950	1.6

(第7表) 西独製磁石鋼磁気特性

特 性	残留磁気 B_r	保 磁 力 H_c	最大エネルギー 積 $(B \cdot H) \times 10^6$ max
名 称			
Oerstit 90	7 200~ 8 400	400~ 260	0.9 ~1.2
〃 120	5 300~ 6 500	700~ 550	1.1 ~1.4
〃 160K	6 200~ 7 200	760~ 650	1.45~1.75
〃 190	7 400~ 8 400	840~ 730	1.8 ~2.4
〃 250	5 500~ 6 800	1 125~ 950	1.9 ~2.3
〃 300	8 400~ 9 800	880~ 780	2.6 ~3.4
〃 350	8 000~ 8 900	1 200~1 050	3.3 ~4.2
〃 500	11 500~12 500	700~ 600	4.5 ~5.5
〃 600	12 600	720	6.0
〃 700			7.0

3. M K 磁 石

MK 磁石は各種永久磁石に比較して最も多く生産され、また使用されているので、特に項を新たにして説明する。

(1) 磁 気 特 性

MK磁石の磁気特性は第8表の通りである。

(2) 製 造 法

製造過程として次の工程が挙げられる。

(第8図) MK磁石の磁気特性

特 性 名 称	残 留 磁 気 B_r	保 磁 力 H_c	最大エネルギー 積 $(B \cdot H) \times 10^6$ max
MK-1C	6 000~ 6 200	450~500	1.11~1.3
〃 -1CB	5 000~ 5 500	550~650	1.00~1.2
〃 -1T	5 000~ 5 500	600~670	1.22~1.5
〃 -2Y	6 500~ 7 000	270~330	1.00~1.1
〃 -2B	6 800~ 7 300	270~330	1.00~1.1
〃 -3K	6 800~ 7 500	520~580	1.4 ~1.5
〃 -3H	5 800~ 6 000	620~680	1.4 ~1.6
〃 -5	11 000	600	4.85~5.2
〃 -5A	12 000	650	5.2 ~5.85
〃 -5S-DG	12 500~13 000	680~710	5.85~6.3
〃 -5T2	10 500~11 700	650~700	3.7
〃 -5T5	10 000~10 800	650~720	3.7
〃 -5T6	9 500~10 500	670~750	3.8
〃 -100CG	13 000~14 500	680~750	7.2 ~8.0

溶解—鑄造—粗研摩—熱処理—粗検査—仕上—最終検査

(a) 溶 解

溶解は高周波誘導炉が一般に用いられているが、低級品では電極式電気炉も可能である。溶解量は 60~500kg であるが最近需要の増加とともに大型炉に移行しつつある。溶解の際 C, S, P, Cr, Mo 等の不純物はできるだけ少なくすることが望ましい。溶解原料の約半分は発生スクラップが使用されるのでスクラップ管理は重要である。

(b) 鑄 造

鑄型としては普通砂型およびシェル モールドが用いられる。高度の精密度やなめらかな鑄肌を要求する場合は、ロスト ワックス法が用いられる。溶湯は湯口、湯道を通して鑄型に達するが、この場合の湯道やせき(堰)の設計の良否が歩留り関係から製品単価に影響し、また巣や外観不良の原因となるので特に注意がはらわれている。

(c) 粗 研 摩

湯口のついた鑄物はグラインダで粗研摩される。多量に生産されるものは専用機、無心研摩機が使用される。

(d) 熱 処 理

この項については最も興味のある異方性磁石について説明する。この磁石は磁場冷却熱処理というものがあるが適用されるのであるが、まず 1200~1300°C で一相化熱処理を行なった後、磁場の中で適当な冷却速度で冷却し、その後 600°C 前後で焼戻しを行なう。磁場の強さは最低 1000 Oe を必要とし、冷却速度は磁性と密接な関係

にある。

(e) 粗検査および仕上

熱処理を終った製品は磁性および外観の検査後仕上げ工場に送られここで種々の研摩機により仕上げられる。

(f) 最 終 検 査

最終仕上げを終った製品は、外観、寸法、磁性の各検査が行なわれるが、ここで重要なことは、使用状態にマッチした検査を行なうことである。このためそのつど測定装置が考案される。

(3) MK-100-CG について

前述のごとくこの系統磁石は他の永久磁石に比較して高エネルギーの磁石であるので広く利用されているが、さらにそのエネルギーを高めるための研究が内外において最近特に活発に行なわれている。昨年 10 月より製造を始めた MK-100-CG 磁石はこの種磁石を工業化したもので、第 8 表に示す磁性のように極めて高いエネルギー積を有し、したがって使用磁石の形状を大幅に縮小できることが可能になった。

4. 永久磁石の用途

磁石鋼より出される磁場は、その用途によって次のように大別される。

(1) エネルギーの変成

機械的エネルギー系と電気的エネルギー系相互間の変成、すなわちトランス デューサの役目を果すもので、発電機、電流計、スピーカ、マイクロフォン、メガー等その用途は限らない。

(2) 機械的エネルギー

磁石鋼は、また他の強磁性体や磁石を吸引または反発する性質があるので、これを利用してマグネチック チャック、磁気選別機、マグネチック フィルタ、電池時計等に使用される。

(3) その他の応用

その他の応用として最近物理学の急速な進歩とともに、その応用面も広げられ、プロトンレゾナンス、ケル効果、ホール効果等の物理現象探究にも利用されている。

(4) 機械工業への進出

永久磁石といえばその応用の大部分が電気的なものに結びつけられているが、最近急激に機械工業への進出が目立ち特に繊維機械への応用はとみに活発化してきた。すなわち、マグネチック チャック、ゲージ ホルダ、溶接用クランプおよびアース、マグネチック セパレータ、

マグネチック フィルタ, マグネチック フロータ等が挙げられ, また繊維機械としては, マグネット ローラ, マグネット クリヤラ, マグネット リングおよびマグネット ポビン ホルダ等に利用されている。

5. マグネット リングについて

(1) ま え が き

近年繊維機械全般にわたる高能率化の進展にともないさきに述べたとき各種永久磁石利用の気運があるが, これらは現在主として磁氣的吸着力を利用したドラフトローラに集中されている。筆者はリングとトラペラ機構について永久磁石を利用するいわゆる マグネット リングについて磁氣的見地より種々の基礎実験を行なったのでその資料を報告する。

(2) マグネット リングの機構

マグネット リングの機構は強磁性材料による環を磁氣的に空中に浮遊させ, 紡出糸をその環の外円周を摺動させながらスピンドルにはまって高速回転する木管へ巻取る機構である, この環を保持させる方法としては磁氣的吸着力および反発力が利用される。第4図にその機構

- (a) 内外リング磁石上下着磁 (反発)
- (b) 内外リング磁石上下着磁 (吸引)
- (c) 外リング馬蹄形磁石, 内リング純鉄
- (d) 外リング円弧状磁石, 内リング純鉄
- (e) 外リング円弧状磁石, 内リング純鉄
- (f) 外リング円弧状磁石, 内リング純鉄
- (g) 外リング円弧状磁石, 内リング純鉄糸溝付
- (h) 外リング円弧状磁石, 内リング純鉄ボール接触
- (i) 外リング上下着磁, 内リング純鉄
- (j) 外リング上下着磁, 内リング純鉄

(第 4 図)

についての二、三の例を示す。

(3) 内側リング吸引力測定

第4図に列挙した各種機構においてその内側リングは種々の状態で保持されているが、吸引力、反発力それぞれ非常に強いもの弱いものがある。今回は第4図(f)に示す機構についてその吸引力を測定した。

(a) 測定法

吸引力の測定については次の2つの方法を用いた。すなわち第5図のように内側リングの任意の一点をバネ秤で懸垂しその最大値を測定する方法と第6図のごとく紙で円錐状の帽子を製作し、その頂点をバネ秤で懸垂し内側リング全体がマグネットリングより飛び出す状態の吸引力を測定する方法である。以下前者を一点測定、後者を全体測定と称する。

(b) 内側リングの寸法および重量

試験に使用した内側リングの諸元は第9表および第7図に示す。

(c) 測定結果

i) 一点測定による結果

磁石材料としてMK-1を使用し、4極磁化をした場

合の結果は第10表に示す。表中A, B, C, Dは内側リングの測定個所で磁極対向点である。

ii) 全体測定による結果

磁石材料としてMK-1およびMK-5を使用し、4極および6極磁化をした場合の結果は第11～14表に示す。第8, 9図はMK-1磁石について4極磁化および6極磁化の場合の内側リング重量と吸引力との関係を示す。第15表は磁石材料としてMK-5を使用した場合4極磁化と6極磁化の比較である。以上の結果よりすれば測定法としては全体測定の方法が实际的であり、また磁化は6極磁化より4極磁化の方が吸引力は大である。

(第7図 a)

(第5図)

(第6図)

(第7図 b)

(4) 磁束分布

実際に紡出巻取り可能なリングについてその磁石の磁束分布がどのような分布を示しているか測定した。

a) 測定法

磁束測定には種々の方法が用いられるが最も一般に使用

(第9表) 内側リングの寸法及重量

内側リング 名称	肉厚 t (mm)	高さ h (mm)	重量 W (gr)
TR-1	1.3	9.6	10.8
2	1.5	9.5	11.5
3	2.1	10.2	17.6
4	2.5	10.0	20.0
5	2.9	9.7	22.3
7	2.0	10.0	19.8, 20.3 (メッキ後)
8	2.0	10.0	19.7, 20.2 (")
9	2.0	10.0	19.2, 19.7 (")
10	3.5	10.0	31.0
11	4.0	10.0	35.3
12	4.9	10.0	42.4
13	4.0	10.0	41.6
14	3.0	10.0	28.6
15	4.0	4.0	18.1
16	4.0	10.0	42.8
17	2.15	10.0	24.1

(第10表)

		1 (g)	2 (g)	3 (g)	4 (g)	5 (g)	$\bar{X}$ (g)
RT-1	A	56	54	54	54	55	54.6
	B	90	89	89	89	92	89.8
	C	53	51	52	53	53	52.4
	D	57	55	55	55	55	55.4
RT-2	A	56	56	58	59	56	57.0
	B	88	88	87	86	88	87.4
	C	52	51	51	50	51	51.0
	D	50	52	54	55	54	53.0
RT-3	A	65	65	65	65	64	64.8
	B	93	93	91	93	87	91.4
	C	56	57	57	57	58	57.0
	D	60	60	63	62	63	61.6
RT-4	A	64	65	65	64	64	64.4
	B	89	88	92	92	88	89.8
	C	56	56	55	57	56	56.0
	D	57	59	60	62	61	59.8
RT-5	A	64	63	63	65	65	64.0
	B	90	91	89	91	90	90.2
	C	57	56	56	56	55	56.0
	D	60	64	64	62	64	62.8

用されているのは磁束計法である。この方法は探索コイルを使用しなければならないこと（コイルの大きさがある程度以上小さくできない）と探索コイルを回転させな

(第11表) MK-1 4極磁化

	1 (g)	2 (g)	3 (g)	4 (g)	5 (g)	$\bar{X}$ (g)	$\bar{X}-W$ (g)
TR-1	135	132	134	132	133	133.2	122.4
2	134	135	134	133	133	133.8	122.3
3	144	146	146	144	144	144.8	127.2
4	145	147	146	146	148	146.4	126.4
5	154	154	154	152	154	153.6	131.3
10	165	162	166	166	166	165.0	134.0
11	171	170	174	172	172	171.8	136.5
12	180	178	178	178	178	178.4	136.0

(第12表) MK-1 6極磁化

	1 (g)	2 (g)	3 (g)	4 (g)	5 (g)	$\bar{X}$ (g)	$\bar{X}-W$ (g)
TR-1	109	108	108	107	108	108.0	97.2
2	108	108	108	107	109	108.0	96.5
3	114	112	114	112	112	112.8	95.2
4	115	115	114	114	115	114.6	94.6
5	116	117	116	116	116	116.2	93.9
10	124	125	126	126	124	125.0	94.0
11	132	132	133	132	132	132.2	96.9
12	137	136	137	137	137	136.8	94.4

(第13表) MK-5 4極磁化

	1 (g)	2 (g)	3 (g)	4 (g)	5 (g)	$\bar{X}$ (g)	$\bar{X}-W$ (g)
TR-7	355	360	355	370	360	△360	△339.7
8	370	370	375	370	370	△371	△350.8
9	360	355	355	355	355	△356	△336.3
13	415	420	420	420	420	419	377.4
14	390	390	390	395	390	391	362.4
15	360	360	355	355	355	357	338.9
16	415	415	405	410	410	411	368.2
17	430	420	425	420	430	425	400.9

△印: メッキ後の重量

(第14表) MK-5 6極磁化

	1 (g)	2 (g)	3 (g)	4 (g)	5 (g)	$\bar{X}$ (g)	$\bar{X}-W$ (g)
TR-7	270	275	270	270	275	272	252.2
8	270	275	270	280	270	273	253.3
9	270	270	280	270	270	272	252.8
13	350	345	350	350	350	349	307.4
14	330	330	335	335	330	332	303.4
15	295	300	295	330	330	298	279.9
16	340	340	340	345	345	342	299.2
17	345	350	345	345	345	346	321.9

(第8図) MK-1 4極磁化

(第9図) MK-1 6極磁化

(第15表) 4極磁化と6極磁化との吸引力比較

	$(\bar{X})_4/(\bar{X})_6$	$(\bar{X}-W)_4/(\bar{X}-W)_6$
TR-7	※ 1.32	※ 1.35
8	※ 1.36	※ 1.38
9	※ 1.31	※ 1.33
13	1.20	1.23
14	1.18	1.20
15	1.20	1.21
16	1.20	1.23
17	1.23	1.25

※印：重量に差がある

なければならないために、せまい空隙磁束密度を測定できるホール効果を利用した Gauss メータを使用した。こ

の方法だとプローブを所定のところにおくだけで、その点の磁束密度が直読できるので非常に便利である。

b) 磁性測定結果

第16, 17 表はその結果である。

(第16表) MK-1 4極磁化 (単位 G)

測定位置	磁束密度
リング磁石内側表面 (磁極)	395~460
" (磁極中間)	210~240
リング磁石外側表面 (磁極)	560~720
" (磁極中間)	165~210

(第17表) (単位 G)

測定位置	磁束密度 MK-5	
	4極磁化	6極磁化
リング磁石内側表面 (磁極)	660~740	530~710
" (磁極中間)	330~350	340~400
リング磁石外側表面 (磁極)	830~920	320~390
" (磁極中間)	230~260	210~230

(5) 磁束調整

実際にこの機構で試験した場合、非常に良く回転するものもあり、また全く同じ寸法のもので回転しないものもあるが、これらは色々の原因によるものと思われる。その原因の一つは磁束分布およびその磁束の絶対値の差によるものと思われるので不良品2個について交流減磁を行なった。その結果7000回転でほとんど回転不可能であったものが可能となった。第18表は減磁前後の特性である。

(第18表)

No.	磁束密度 (単位 G)							吸引力 (g)
	1	2	3	4	5	6	$\bar{X}$	
減磁前	402	580	640	620	710	590	680	248.0
	409	650	710	720	730	705	680	228.2
減磁後	402	540	585	490	610	530	600	177.9
	409	590	520	545	460	560	545	162.8

(6) 結論

以上マグネット リングの磁氣的基礎資料の一部を報告したがまだまだ工業化の段階ではなく今後材質に機構に改善研究の要がある。しかし長年使用されてきたリングトラペラ機構が本方式を採用することによりスピンドル回転数の上昇に役立つことは確実と思われる。