

磁性材料としての黒心可鍛鋳鉄

Black Heart Malleable Cast Iron as a Magnetic Metal Material

江 上 種 一*
Tanekazu Egami

内 容 梗 概

黒心可鍛鋳鉄は他の純鉄鋳物、フェライト磁石などの磁性材料に比して铸造性、強度、靱性および切削性ですぐれており、かつ安価であるという特長をもっている。また黒心可鍛鋳鉄を用いる場合、上記磁性材料より磁束のとる製品断面の寸法を13%増加すれば同等の磁氣的性質を得られる。非常に小さいもの、あるいは軽いことを要求する場合は黒心可鍛鋳鉄を磁性材料として用いるのは不向きであるが、制約の少ない部分、特に電磁クラッチ、マグネティックセパレーターなどの磁氣応用機器の複雑な形状をしたケース、あるいはヨークなどに黒心可鍛鋳鉄は強度もあり、廉価に供給でき加工費も少なくてすむので好適である。また黒心可鍛鋳鉄の磁氣的性質は常に一定であることも特色である。

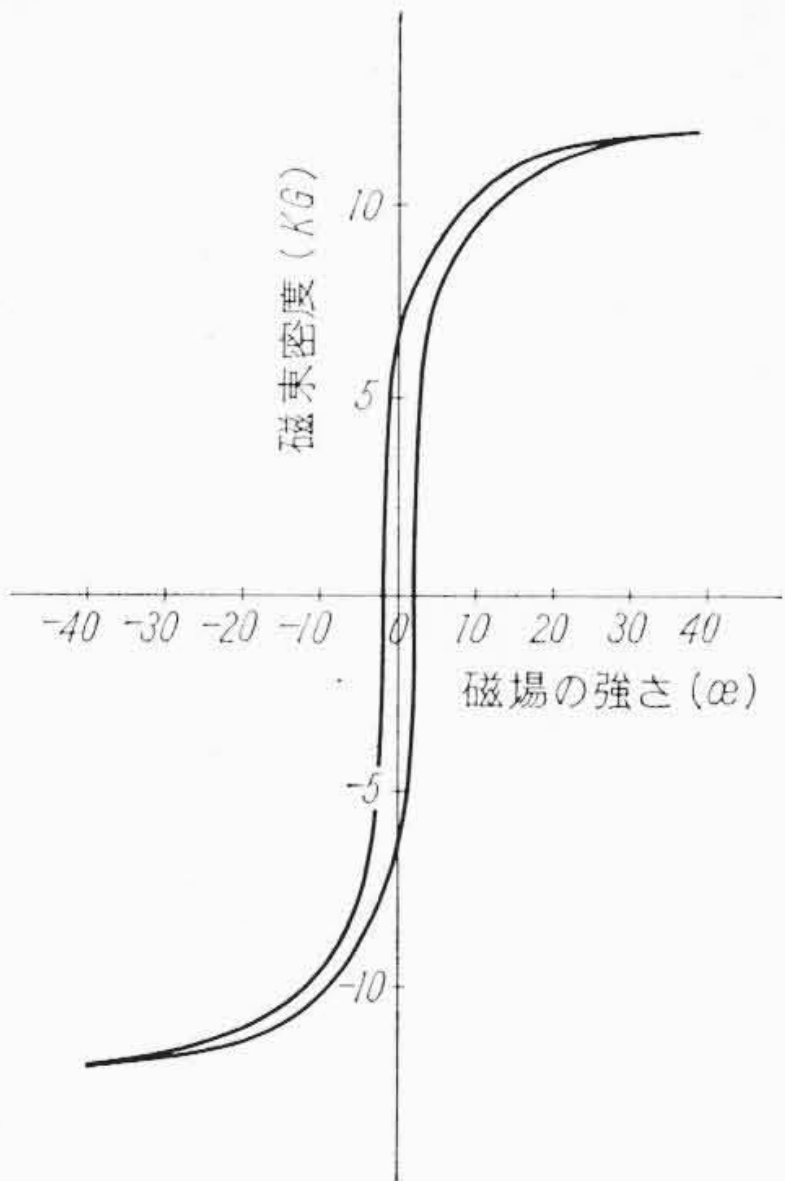
1. 緒 言

黒心可鍛鋳鉄は磁氣的性質のすぐれた鋳物である。もちろん他の高級磁性材料に比しては劣っているので黒心可鍛鋳鉄を磁性材料として使用することが今まであまり盛んでなかった。しかし黒心可鍛鋳鉄の履歴損失は純鉄とほとんど変わらない程度に良好で、铸造性、切削性など成形性も非常にすぐれ強靱である。また現在多量生産によって製造されているため製品の形状によっては低価格で供給される。黒心可鍛鋳鉄は低周波を使用する交流機器の磁性材料として有用である。このような点は近年 Bock 氏⁽¹⁾⁽²⁾などによっても提唱されている。黒心可鍛鋳鉄は適当な設計によれば入手しやすい、強くてじょうぶな磁性材料である。

2. 黒心可鍛鋳鉄の磁氣的性質

黒心可鍛鋳鉄の磁氣的性質は古くから知られている⁽³⁾。第1図は黒心可鍛鋳鉄 (FCMB 35) の環状試料を用い磁氣特性測定をした履歴曲線の一例である。他の文献の履歴曲線⁽¹⁾⁽³⁾とよく一致する。第1表は種々の磁性材料と黒心可鍛鋳鉄の磁氣特性を比較したものである。履歴損失はフェライト磁石 (Mn-Zn) には及ばないが、純鉄鋳物 (C≒0.05~0.15%), 軟鋼品 (C≒0.2%) よりよく、珪素鋼 (Si≒4%) にわずかに及ばない。したがって高周波用磁性材料としては黒心可鍛鋳鉄は不向きであり、低周波機器に用いられる可能性がある。

ケイ素鋼は一般に板状であり、これを積層して作られた磁心は過



第1図 黒心可鍛鋳鉄磁氣履歴曲線

* 日立金属工業株式会社深川工場

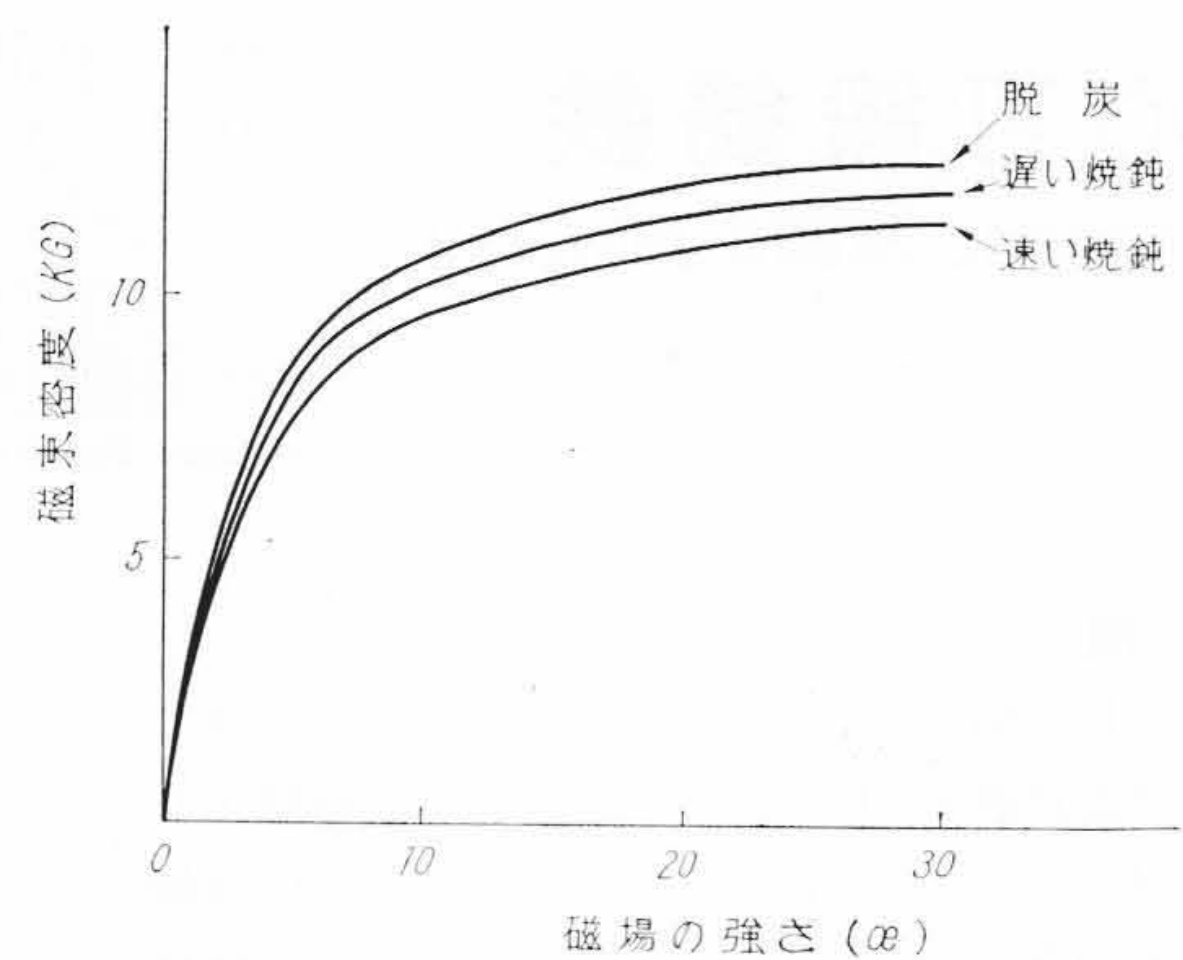
電流による損失が黒心可鍛鋳鉄で作った磁心よりも少ないと考えられる。したがって高性能磁心材料としては、ケイ素鋼板を積層して作るべきである。しかし純鉄鋳物、軟鋼品に比して黒心可鍛鋳鉄は飽和磁束密度が低いという以外は抗磁力、比抵抗にすぐれており、履歴損失も少ない。黒心可鍛鋳鉄は均一な Si を含有する鉄中に塊状の黒鉛が散在するので飽和磁束密度は黒鉛が析出している割合だけ純鉄より少ない。また黒心可鍛鋳鉄は Si を含有する鉄が主体であるのでその電気抵抗が純鉄より高くなる。純鉄鋳物でも炭素を 0.05~0.15% 程度含有しているのでパーライトが若干存在し、抗磁力が黒心可鍛鋳鉄より大きくなる。したがって炭素を 0.2% 程度含む軟鋼はさらに抗磁力が大きい。ゆえに黒心可鍛鋳鉄の履歴損失は純鉄鋳物より少ないが飽和磁束密度が少ないため形状を純鉄鋳物より大きくしなければならない。第2表は黒心可鍛鋳鉄鋳物の吸引力と残留磁氣に対する離間力を示す。磁場の強さを 24 oe にしたとき 100 kg のものをつり下げるに必要な磁心を作るとすれば、磁心の必要断面積は黒心可鍛鋳鉄では 20 cm²、純鉄鋳物では 16 cm² である。黒心可鍛鋳鉄は純鉄鋳物に比して断面積にして 28%, 寸法にして 13% 大きくする必要がある。しかし、一方では抗磁力が純鉄鋳物より小さいので第2表に示すように、この磁心を用いて電磁石を作り、鉄片をつり下げ電流を切って落下させる場合、純鉄鋳物の磁心を使用した場合では 45 kg 程度の鉄片が付着して残るが、黒心可鍛鋳鉄を

第1表 磁性材の磁氣的性質 (Bock-その他)

	黒心可鍛鋳鉄	純鉄鋳物	純鉄	軟鋼 (C≒0.2%)	ケイ素鋼 (Si≒4%)	フェライト磁石 (Mn-Zn)
最大導磁率	2,200	2,300	6,000	1,000	7,000	1,500
抗磁力 (oe)	2.2	5.0	1.0	10.0	0.5	0.4
飽和磁束密度 (gauss)	18,000	21,000	21,500	21,000	19,700	25,000
残留磁束密度 (gauss)	6,800	9,000	10,000	10,000	—	2,500
比抵抗 (Ω-cm)	3.2×10 ⁻⁵	1.4×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.3×10 ⁻⁵	3.2×10 ⁻⁵	50
履歴損失 (H=10kG) erg/cm ² /cycle	4,400	6,300	4,000	10,000	3,500	130
磁性の変動に及ぼす主な要因	殆どなし	熱処理	なし	熱処理, 加工	殆どなし	成分

第2表 黒心可鍛鋳鉄と純鉄鋳物の吸引力および離間力

磁心材料	磁心面積 (cm ²)	磁場の強さが24エルステッドの場合鉄片に対する吸引力		残留磁氣に対し鉄片を離間するに必要な力	
		単位面積当たりの吸引力 (kg/cm ²)	吸引力 (kg)	単位面積当たりの離間力 (kg/cm ²)	離間力 (kg)
黒心可鍛鋳鉄	20	5.0	100	1.4	28
純鉄鋳物	16	6.4	100	2.8	45



第 2 図 焼鈍条件による磁場—磁束密度曲線 (Bock)

使用した場合には 28 kg 以下のものが付着する。このように残留磁気によって吸引されている鉄の離間力は黒心可鍛鋳鉄を用いた方が少ない。

第 2 図は黒心可鍛鋳鉄が熱処理により磁気特性がどのように変わるかを示したもので、ほとんど変化がない。また炭素含有量が 0.1% 程度変化しても磁気特性は変化しない。第 1 表に示すように、純鉄鋳物、軟鋼、フェライト磁石などは熱処理、成分によって磁気特性に変化を受けやすい。黒心可鍛鋳鉄の磁性が安定していることは特筆すべきことである。したがって黒心可鍛鋳鉄を純鉄鋳物のかわりに交流機器の磁性材料として用いる場合、磁氣的性質から検討すれば形状がやや大きくなるが、履歴損失、離間力および安定性などがすぐれている。

3. 黒心可鍛鋳鉄の成形性

第 3 表は上記磁性材料の機械的性質をあらわしたものである。フェライト磁石は非常にかたくてもろい。黒心可鍛鋳鉄は構造材料としても十分な強度をもつ。かたさも切削性を悪くするほどかたくもなく柔かくもない。すなわち最も切削性のよい材質で加工費が少なくすむ。また黒心可鍛鋳鉄は鋳物品であるので、棒状、板状の組み合わせで成形するより一般に原価を低くすることができる。また焼結品は大きなもの、あるいは生産量が少ないものを作ると原価高となる。また純鉄鋳物は非常に鋳造性がわるい。黒心可鍛鋳鉄は標準品が大量に生産されているので常に安定し、純鉄鋳物あるいは軟鋼加工品に比して粗材原価が低いものが得られる。これらの関係を第 4 表に示す。この結果から黒心可鍛鋳鉄は磁性材料として成形加工する場合、非常に安い材料であるといえる。

第 3 表 磁性材料の機械的性質

	黒心可鍛鋳鉄	純鉄鋳物	純鉄	軟鋼 (C≒0.2%)	ケイ素鋼 (Si≒4%)	フェライト (Mn-Zn)
引張り強さ (kg/mm ²)	32~38	30~45	20~30	38~48	45~60	1.9
伸び率 (%)	15	25	30	24	20~32	0
硬度 (ブリネル)	110~130	85~125	50~60	100~130	160~220	(ロックウェル C 43)

第 4 表 製品の原価に及ぼす要因

粗材費 加工費	市場性 製品の状態 切削性	黒心可鍛鋳鉄	純鉄鋳物	純鉄	軟鋼 (C≒0.2%)	ケイ素鋼 (Si≒4%)	フェライト (Mn-Zn)
		市販品 鋳物しかも 鋳造性良好	特製品 鋳物	特製品 板棒	市販品 板、棒、塊	市販品 板	市販品 焼結
		優	可	可	良	不可能	不可能

4. 結 言

上記の点を要約して列記すれば、

- (1) 黒心可鍛鋳鉄は低周波機器の磁性材料として有用である。
- (2) 黒心可鍛鋳鉄の履歴損失、抗磁力は純鉄鋳物、軟鋼よりすぐれている。したがって残留磁気に対して鉄片を離間するに必要な離間力が少なくすむ。
- (3) 黒心可鍛鋳鉄を磁性材料として使用するとき、純鉄鋳物より寸法的に若干大きくする必要があるが、その割合は 13% 以下に押えることができる。
- (4) 黒心可鍛鋳鉄の強度は機械、部品としてはなはだすぐれている。
- (5) 原価的には粗材費、加工費ともに他の磁性材料より低減の可能性がある。

以上のような考察から黒心可鍛鋳鉄を磁性材料として適する複雑な形状の機器部品に用いれば、その製品原価を低減することができる。

参 考 文 献

(1) W. K. Bock: Modern Castings, 61 (April 1959)
(2) W. K. Bock: Trans. of the ASME, 425 (Nov. 1961)
(3) 菊田: 鋳物本質論 (昭 16, 工業図書)
(4) Metals Handbook (1961, American Society for Metals)
(5) Malleable Iron Castings (1960, Malleable Foundry Society)
(6) 金属便覧 (昭 35, 日本金属学会)
(7) 鉄鋼便覧 (昭 37, 日本鉄鋼協会)
(8) 梶山, 鈴木: 粉末冶金とその応用 (昭 34, オーム社)
(9) 川上, 飯田, 徳江: フェライトとその応用 (昭 32, 電波技術)
(10) 浜住: 鉄鋼および特殊鋼 (昭 19, 内田老鶴圃)