

製品紹介

Products

高保磁力 Sm-Fe-N 等方性ボンド磁石

1. はじめに

Nd-Fe-B に代表される希土類系ボンド磁石は、高い磁石性能を有しかつその形状の自由度、他部品との一体成形が可能なことなどから、既に大きな市場が形成されている。磁石材料として新しく登場した Sm-Fe-N 系磁粉も、徐々に工業材料として市場が拡大してきている。一方、昨年来の中国によるレアアースの輸出規制により、日本での輸入価格は、Nd のみならず Sm も急騰している。しかし、数年後は中国以外からのレアアースの本格的な供給が見込まれること、また資源的バランス面からは、Sm は Nd の副産物であり現在 Nd の需要が圧倒的に大きいため、Sm-Fe-N 系ボンド磁石にとっては有利になることも考えられる。

Sm-Fe-N 等方性ボンド磁石は、Sm-Fe 系合金を超急冷法により、微細結晶粒を有する粉末にし、窒化処理を施した Sm-Fe-N 系磁石粉末^{1), 2)}を、樹脂で結合させた磁石である。等方性ボンド磁石としては、世界最高レベルの最大エネルギー積 $(BH)_{max} = 112 \text{ kJ/m}^3$ を有し、優れた耐食性および長期熱安定性を示す。

大同特殊鋼(株)(以下、当社という)と(株)ダイドー電子が、磁粉の開発・製造からボンド磁石の製造・販売までを一貫して行っており、2011年4月現在、Sm-Fe-N 等方性ボンド磁石 (NITROQUENCH-P ©) を量産しているのは、当社グループのみである。近年、自動車用など耐熱用途の需要が高まり、高温でも磁力低下の少ない、長期熱安定性のある高保磁力の磁石が求められている。Sm-Fe-N 等方性ボンド磁石の特徴を生かし、既存の Nd-Fe-B 等方性ボンド磁石との差別化を図り、さまざまな用途へ展開していきたい。NITROQUENCH-P © の圧縮成形品のラインナップを磁気特性マップ (図 1) と表 1 に示す。従来の 2 種類の保磁力グレードに加え、今回、耐熱用途として高保磁力グレードを開発したので紹介する。

2. 磁気特性

圧縮成形ボンド磁石 SP-13 (高 H_c)、SP-14、SP-14L

の磁気特性を表 1、図 1、図 2、物理的・機械的特性を表 2 に示す。比較のため当社の代表的な Nd-Fe-B 系圧縮成形ボンド磁石 (NEOQUENCH-P © (NP-12L)) のデータを併記した。標準的な保磁力の SP-14 は残留磁束密度 Br が大きく $(BH)_{max} = 112 \text{ kJ/m}^3$ と Nd-Fe-B 系に比べ 10% 以上高い磁力を有する。温度係数については、 -0.05 %/K と Nd-Fe-B 系の半分であり、使用温度依存性が小さいことがわかる³⁾。この SP-14 については、さらに完全/不完全着磁試料を用いて保持温度 50, 75, 100, 125 °C で、高温初期減磁特性および 1000 h の高温経時変化特性も調査済みである⁴⁾。

今回紹介する高保磁力のグレード SP-13 (高 H_c) は、 $(BH)_{max}$ の低下を抑え $(BH)_{max} = 102 \text{ kJ/m}^3$ としつつ、保磁力を $H_{cJ}=1049 \text{ kA/m}$ (13.2 kOe) と大幅に高くした素材である。(通常は高保磁力にすると $(BH)_{max}$ が大きく低下する。)

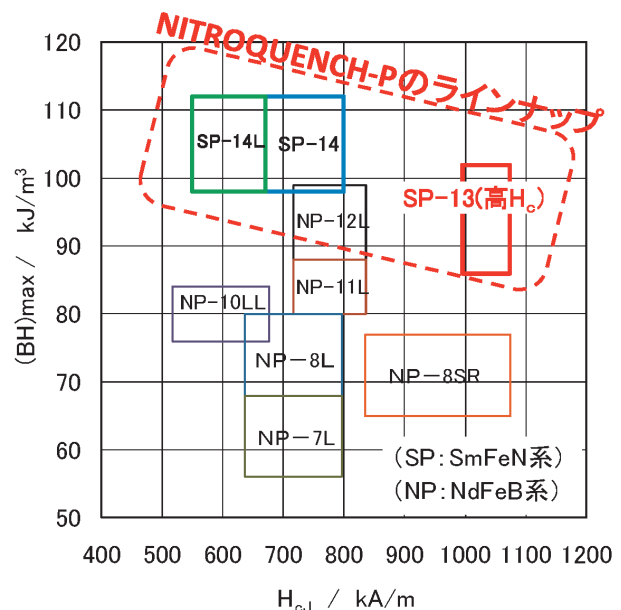


図 1 圧縮成形ボンド磁石の磁気特性マップ

表1 圧縮成形ボンド磁石の磁気特性

項目	単位	Sm-Fe-N 等方性ボンド磁石 (NITROQUENCH-P)			Nd-Fe-B 等方性 ボンド磁石 (NEOQUENCH-P)
		SP-13(高H _c) [代表値]	SP-14	SP-14L	NP-12L
残留磁束密度 B _r	mT (kG)	759 (7.6)	750~820 (7.5~8.2)	750~830 (7.5~8.3)	720~770 (7.2~7.7)
保磁力 H _{cB}	kA/m (kOe)	529 (6.7)	450~520 (5.7~6.5)	450~510 (5.7~6.4)	454~509 (5.7~6.4)
保磁力 H _{cJ}	kA/m (kOe)	1049 (13.2)	670~800 (8.5~10.0)	550~670 (7.0~8.5)	716~836 (9.0~10.5)
最大エネルギー積 (BH) _{max}	kJ/m ³ (MGOe)	102 (12.8)	98~112 (12.4~14.0)	98~112 (12.4~14.0)	88~99 (11.0~12.5)
磁束密度の 温度係数 α (0~120 °C)	%/°C	-0.05	-0.05	-0.05	-0.10

表2 圧縮成形ボンド磁石の物理的・機械的特性

項目	単位	Sm-Fe-N 等方性ボンド磁石 (NITROQUENCH-P)	Nd-Fe-B 等方性 ボンド磁石 (NEOQUENCH-P)
		SP-13(高H _c), SP-14, SP-14L	NP-12L
密度	kg/m ³	5800~6400	6100~6400
熱膨張係数	10 ⁻⁶ /°C (20 °C~100 °C)	12.6	10.0
曲げ強度	MPa (kgf/mm ²)	52 (5.3)	52 (5.3)
曲げ弾性率	MPa (kgf/mm ²)	10800 (1100)	10800 (1100)
圧環強度	MPa (kgf/mm ²)	54 (5.5)	54 (5.5)

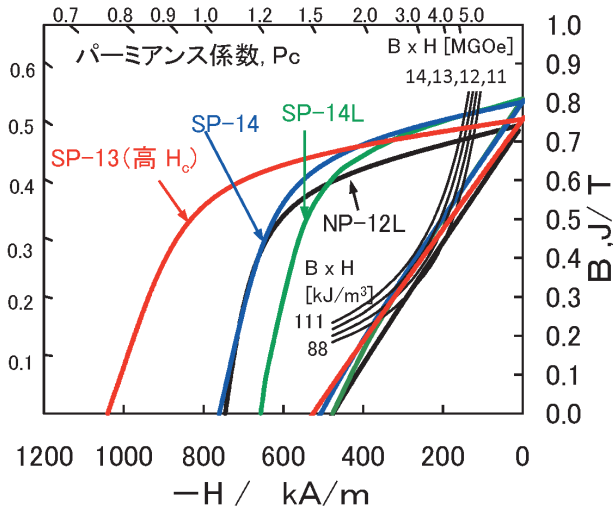


図2 圧縮成形ボンド磁石の減磁曲線

3. 着磁性

ボンド磁石の着磁性について、図3、図4に示した。SP-13 (高 H_c) は、SP-14 より高磁界での着磁が必要となる。この点については、グレードの選定時注意を要するが、本誌79巻で紹介した(株)ガイドー電子の超低インピーダンス電源を利用して着磁のし難さを解決することも考えられる³⁾。

4. 耐熱性

図5に20℃から180℃までの熱サイクル試験による熱減磁特性を示す。SP-13 (高 H_c) の不可逆減磁率

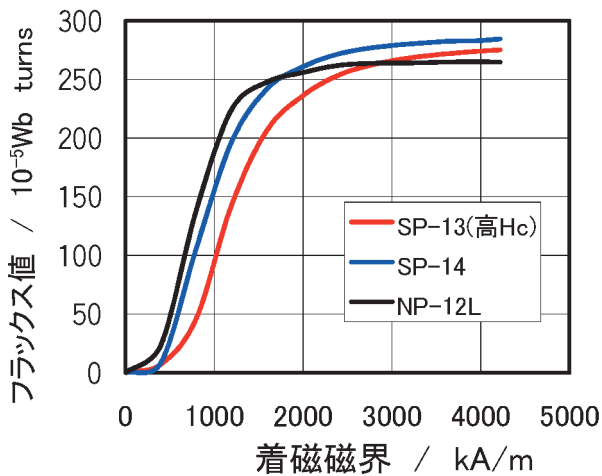


図3 圧縮成形ボンド磁石の着磁磁界とフラックスの関係

(各温度から20℃に戻した場合の回復しない減磁率)はNP-12Lより大きいが、SP-14より低減されていることが分かる。さらに、SP-13 (高 H_c) の高温側の各温度での減磁率は、NP-12Lより小さくなっている。これはSP-13 (高 H_c) の不可逆減磁率が小さいこと、磁束密度の温度係数が小さいことによる。

図6に各圧縮成形ボンド磁石を大気中120℃で長時間保持した後の室温での減磁率をプロットした。SP-13 (高 H_c) は、NP-12Lより減磁率の低下が少なく、長期熱安定性が優位である。さらに図中にはないが、フラックス値は常にSP-14、SP-13 (高 H_c) が、NP-12Lよりも

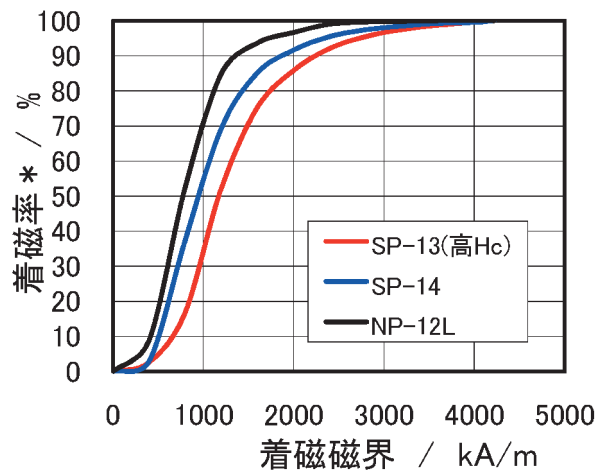


図4 圧縮成形ボンド磁石の着磁磁界と着磁率の関係 (*4200 kA/mでのフラックス値を100%とした。)

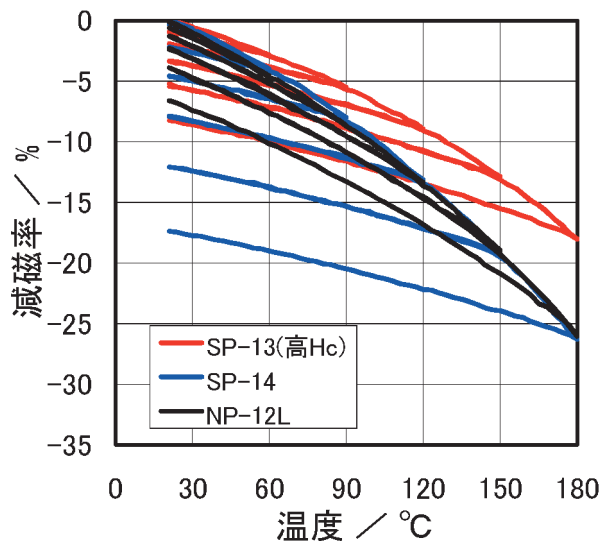


図5 圧縮成形ボンド磁石の熱減磁特性 ($\phi 10 \times 7$ ($P_c \div 2$), 昇温, 冷却速度 0.3℃/min)

高い値であり、高磁束密度の素材としてご利用いただける。

5. おわりに

当社グループで開発した Sm-Fe-N 等方性ボンダ磁石の高保磁力グレードを紹介した。本製品を含む3種類のグレードを用途に応じて提案し、さらに要求にあった製品を開発していく予定である。

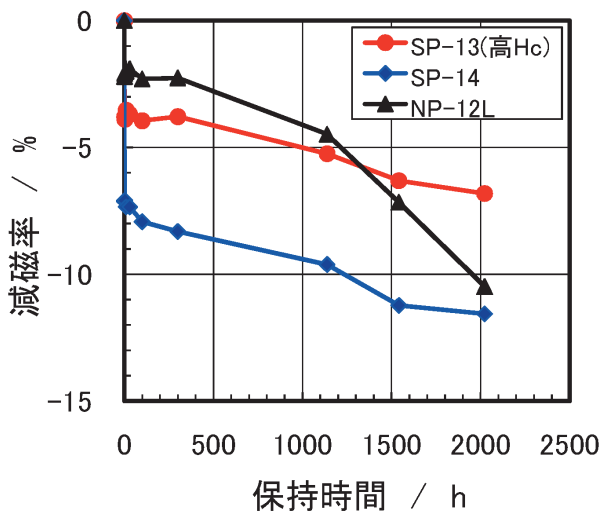


図6 圧縮成形ボンダ磁石の減磁率の経時変化 (120 °C大気中)

(文献)

- 1)大松澤亮, 入山恭彦: 電気製鋼, 76(2005), 209.
- 2)大松澤亮, 入山恭彦: まてりあ, 44(2005), 157.
- 3)森井浩一, 長谷川文昭: 電気製鋼, 79(2008), 149.
- 4)有泉豊徳, 入山恭彦, 島田宗勝, 日高徹也, 広沢哲: 電気学会 2010年全国大会 CD資料, 2(2010), S5-30.

(問合せ先)

株式会社 ダイドー電子 営業部 営業企画室
灰塚 弘

TEL : 0573-68-6173 FAX : 0573-68-6176

E-mail:DEC-HAI@sog.daido.co.jp

大同特殊鋼株式会社 研究開発本部

事業化プロジェクト推進センター

磁性粉末製造技術開発室 坂崎 巖

TEL : 052-611-9461 FAX : 052-611-9647

E-mail:i-sakazaki@ac.daido.co.jp