

製品紹介



# 世界最高性能 省 Dy 熱間加工リング磁石

## 1. はじめに

Nd-Fe-B 系永久磁石は、自動車、家電、産業機械のモータなど各種機器に組み込まれて使用され、広い分野にわたって最新技術を支えており、その需要は、近年ますます高まるばかりである。しかし昨今の資源問題により、希土類価格が高騰しており、原料の安定調達とコストの観点から、特に希少かつ高価な Dy などの重希土類元素の使用量を低減する技術開発が磁石業界の最大の課題となっている。

(株)ダイドー電子（以下、当社という）では、一般的な焼結法とは異なり、世界で唯一、熱間加工という製造手法で、ネオジム系ラジアル異方性リング磁石（商品名「NEOQUENCH-DR」）の開発・製造・販売を手掛けている。

この熱間加工磁石は、上述の資源問題をクリアできる有効な磁石の一つとして期待されている。2010年7月には、世界最高性能の省 Dy 型ネオジム系ラジアル異方性リング磁石「ND-43SHR」と「ND-39SHR」を発表しており、そのサンプル出荷を開始している。以下に、そ

れらを始めとする熱間加工磁石の特徴などを紹介する。

## 2. 熱間加工磁石の製造方法

Nd-Fe-B 系熱間加工リング磁石の製造方法の一例を図1に示す。まずロール超急冷により Nd-Fe-B 磁石組成の薄帯を製造し、その薄帯を 150 μm 程度に粉碎した粉末を原料として使用する。この原料粉末は、結晶粒径 30 nm 前後の微細ナノ多結晶組織となっている。原料粉末の状態では、このナノ結晶の結晶方位はランダムなため、磁気的には等方性である。この原料粉末をまず室温で予備成形した後、熱間プレスすることにより、高密度の等方性磁石を得る。これをさらに熱間で押し成形することにより、ランダムに配向していた Nd-Fe-B ナノ多結晶群が、結晶の c 軸と垂直な方向への異方粒成長と粒界すべりを伴いながら、応力方向と c 軸方向（磁石の NS 方向）が一致するように配向する結果、ラジアル方向に異方性をもつリング磁石が得られる。

## 3. 熱間加工磁石の特長

熱間加工磁石と一般的な焼結磁石の結晶組織の比較を

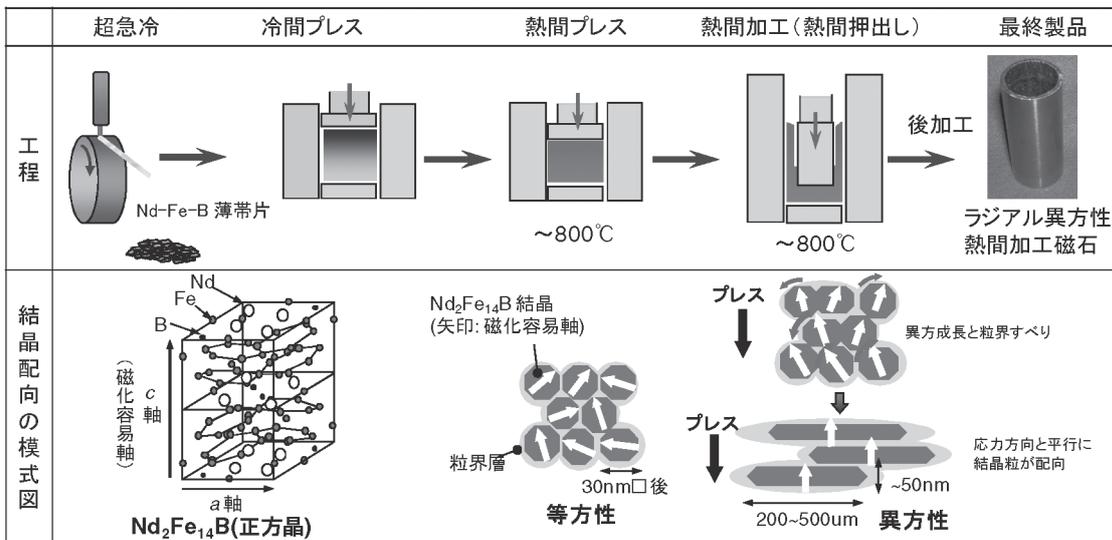


図1 熱間加工リング磁石の製造方法（例）

図2に示す。熱間加工磁石は200～500nm程度の微細なナノ結晶からなっている。一般的な焼結磁石と比較して結晶粒径が1オーダー程度細かく、この組織の差が、最大の特長である。これは①原料合金の製法が異なること、②工程内の最高温度が異なることの主に2点の製法上の違いに起因している。一般に磁石材料の結晶粒が細くなるほど高い保磁力を得ることができ、耐熱性が向上することが知られている。故に結晶粒径が非常に微細な熱間加工磁石は、高耐熱性を得るのに有利であり、そ

の分、耐熱性確保のために添加される高価なDyなどの重希土類元素の使用量を大幅に低減することが可能なのである。

## 4. 製品仕様

### ① 磁気特性

製造可能な磁気特性範囲を図3に示す。従来リング磁石は高磁力化が難しく、140℃耐熱グレードレベル(SHRグレード)における最大エネルギー積は、35

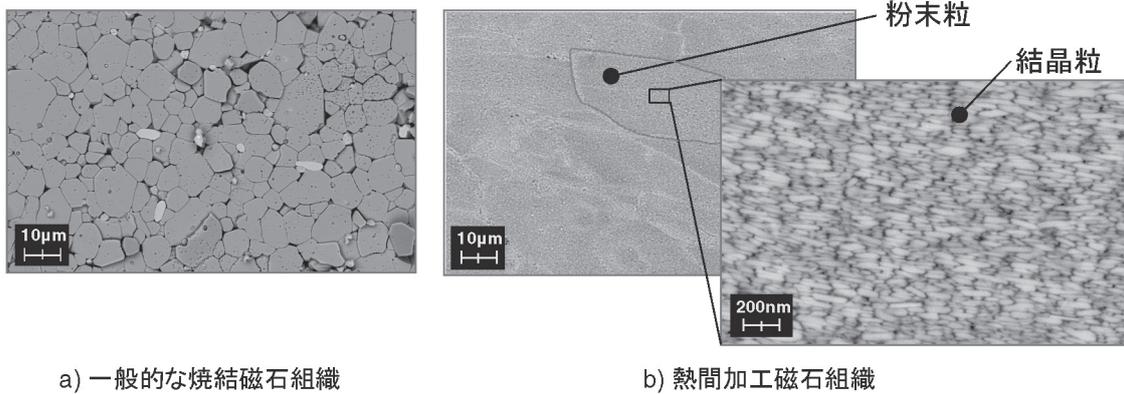


図2 Nd-Fe-B磁石の組織の比較

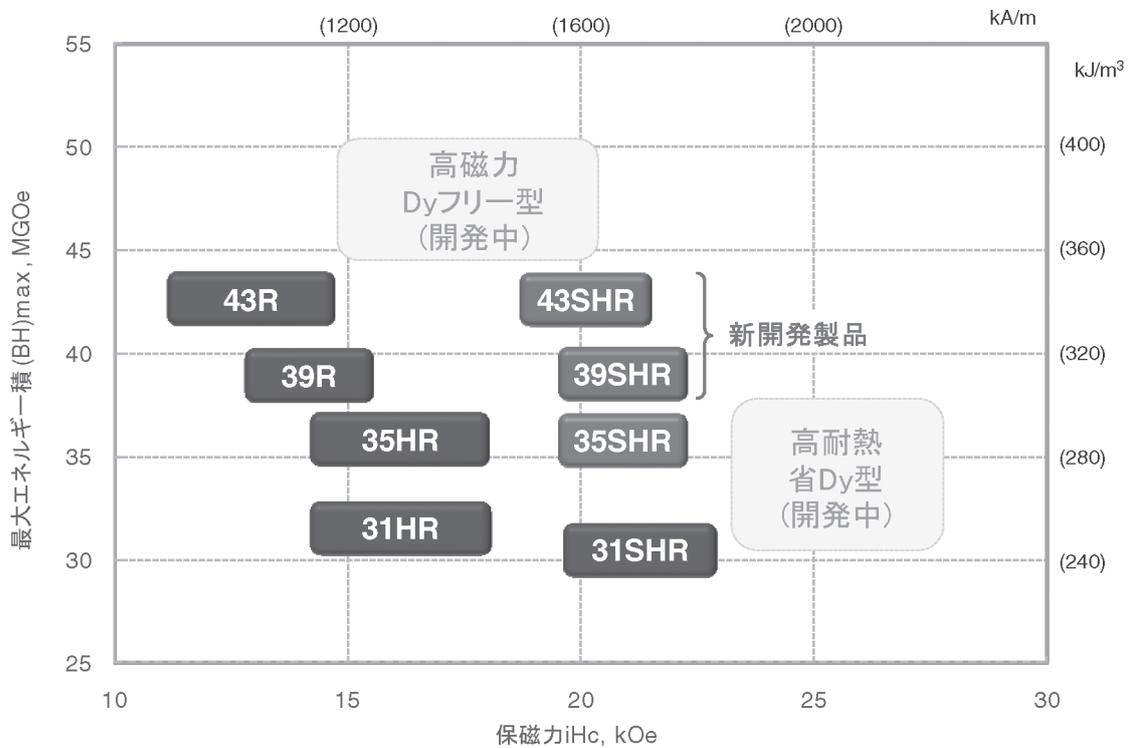


図3 熱間成形リング磁石の磁気特性範囲

MGOeであったが、磁石組成の最適化と新たな熱間加工方法の開発によるナノレベルでの組織制御により、結晶粒微細化と高配向化の追求を行った結果、世界最高レベルの高磁力と高耐熱を実現した（「ND-39SHR（39 MGOe：従来比 11% 向上）」「ND-43SHR（43 MGOe：従来比 23% 向上）」）。

## ② 耐熱性

開発した磁石の不可逆熱減磁特性の温度変化の事例を図 4 に示す。開発した「ND-43SHR」「ND-39SHR」は磁力の向上を図りながら、耐熱性は従来の ND-35SHR と同等水準を維持している。

## ③ 耐熱温度と Dy 使用量

耐熱温度と Dy 使用量の代表的な関係を図 5 に示す（耐熱温度：パーミアンス係数 (Pc) 2 の磁石において不可逆減磁率 3% の時の温度と定義する）。概して熱間加工磁石の耐熱性は優れており、Dy などの高価な重希土類元素を全く使用することなく、120℃程度まで対応可能である。また高耐熱温度を必要とされる領域においても、一般的な焼結磁石比（当社推定）、既量産磁石レベルで、約 5～6 割程度の Dy 使用量で同等水準の耐熱性を確保することが可能である。新たな開発材では、さらに約 3 割程度まで Dy 使用量を削減している。

## 5. 用途

半導体製造装置・液晶製造装置・搬送ロボットなどの産業機器モータや電動パワーステアリング用モータ、オイルポンプモータを始めとする車載モータなど。

## 6. 生産拠点

本社工場を岐阜県中津川市に置き、また海外においても、中国の蘇州市に熱間加工磁石の製造拠点を有し、特に蘇州は 2011 年 9 月に能力を昨年比 2 倍にする予定であり、グローバルな市場ニーズに対し、最適地での生産・供給体制を整えている。

## 7. 最近の熱間加工磁石の開発状況 / 応用開発

現在は、上述の特性面では図 3 のように、さらなる高耐熱グレードの省 Dy 型磁石や、Dy フリー型高磁力グレード磁石などグレードの拡充に取り組んでいる。また磁気特性以外の熱間加工磁石の特長として、ニアネットシェイプでの磁石形状の自由度の高さが上げられる。現在量産しているのは、リング状の磁石のみであるが、環

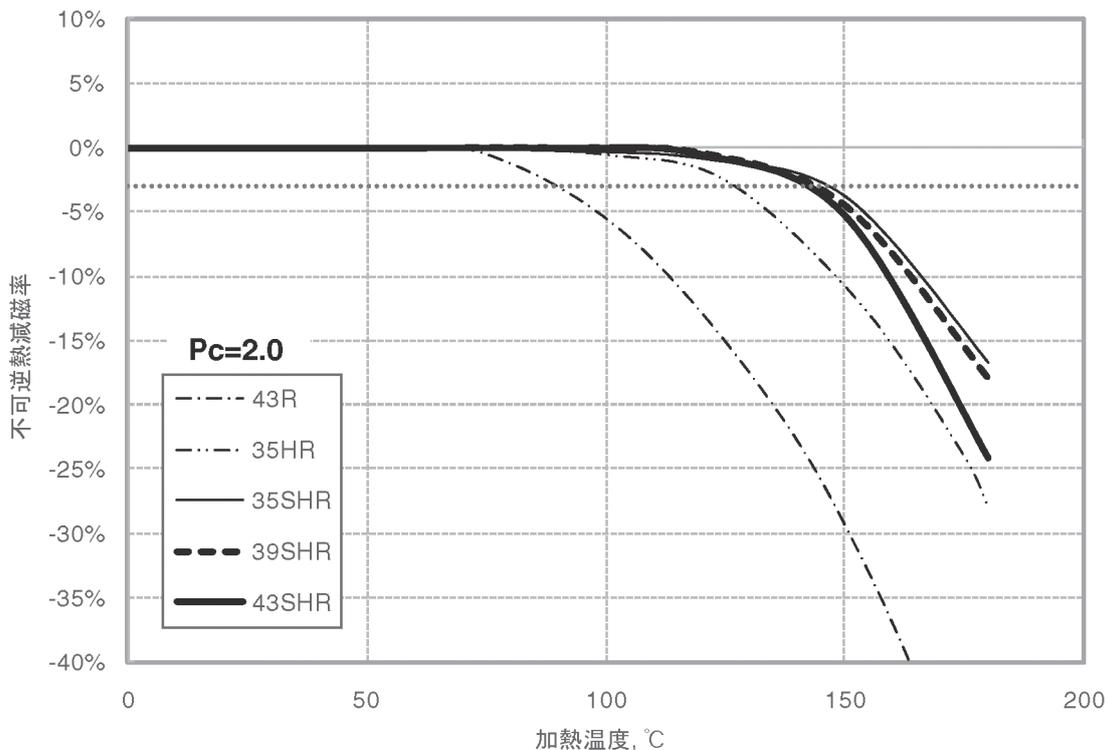


図 4 ND-35SHR, 39SHR, 43SHR シリーズの不可逆熱減磁率の温度変化

境対応車用駆動モータ（IPMモータ）などに使用される板形磁石や、瓦形、弓形などの異形セグメント磁石の開発にも取り組んでいる。熱間加工磁石は、現在でも優れた特性を有しているが、まだまだ機能向上が期待できるポテンシャルの高い磁石であり、今後も特性と形状の両面の長を活かし、更なるユーザーニーズに幅広く応えられるような製品開発に取り組んでいく所存である。

## 8. おわりに

今後も、世界に通用する技術と創造力でグローバルなNo.1製品を開発・生産・販売し続けることにより、クリーンで安全な住みよい地球と豊かな社会づくりに貢献していきたいと考えている。

(問合せ先)

(株)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) 研究開発本部 電磁材料研究所

磁石材料研究室 服部 篤

TEL : 052-611-9671 FAX : 052-611-2199

E-mail : a-hattori@ac.daido.co.jp

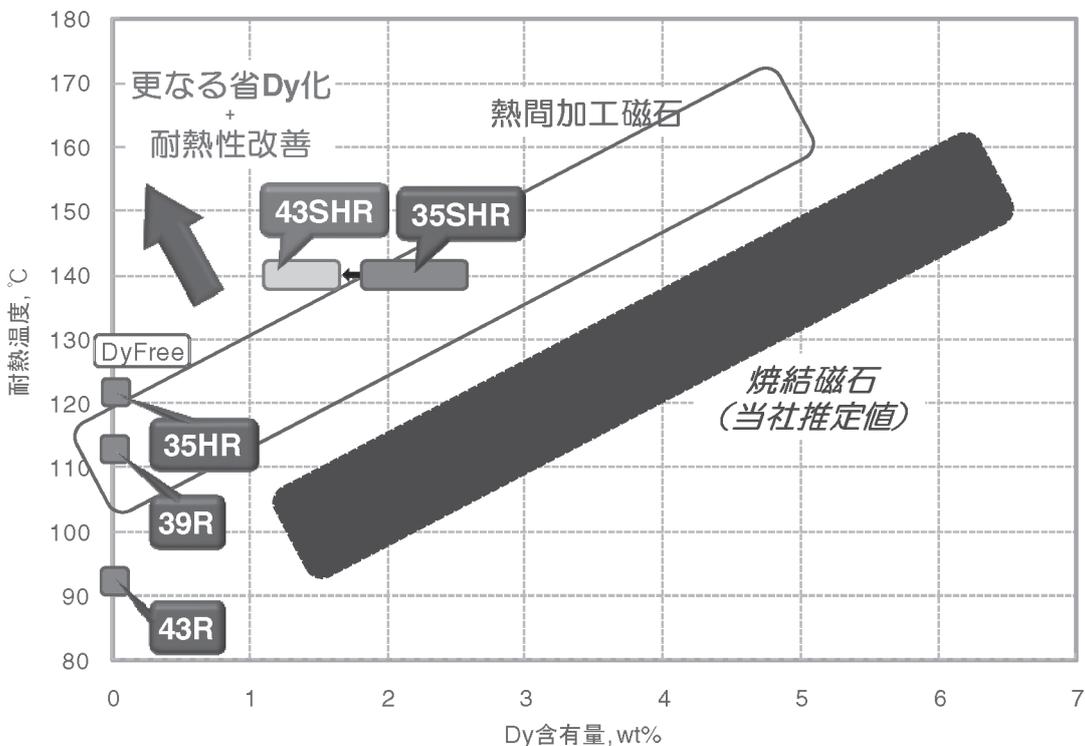


図5 耐熱温度とDy使用量の関係