

高磁束密度 Si 傾斜スーパーコア JNRF[®]

Gradient Si Super Core JNRFTM with High Magnetic Flux Density

1. はじめに

近年、地球温暖化防止の観点からエネルギーの高効率利用および CO₂ の排出量削減が要求されており、モータについても高効率化の動きが加速している。

モータの鉄心材料として使用される電磁鋼板は、高効率化の観点から高周波域での鉄損低減が求められるとともに、高トルク化（高出力化）の観点から素材の高磁束密度化も強く求められる。

JFE スチールでは、CVD プロセスを活用した板厚方向の Si 濃度分布の最適化と結晶方位制御技術を組み合わせることで、3% Si 鋼並みの高い磁束密度と高周波低鉄損を両立した新材料、Si 傾斜スーパーコア JNRF[®]を開発した¹⁾。

2. JNRF[®]の磁気特性

表 1 に板厚 0.10 mm の開発材 10JNRF と板厚 0.20 mm の開発材 20JNRF の磁気特性の一例を、図 1 に 1.0 T、400 Hz における鉄損 ($W_{10/400}$) と磁界の強さ 5 000 A/m での磁束密度 (B_{50}) の関係を従来の Si 傾斜磁性材料 (JNHF[®]) および無方向性電磁鋼板と比較して示す。開発材 JNRF は、従来の高周波低鉄損材である Si 傾斜磁性材料 JNHF と比較して、磁束密度が高く、50 Hz~1 kHz 域の鉄損が低いことが特徴である。

図 2 に開発材 20JNRF と従来の Si 傾斜磁性材料 20JNHF1300 の製品板における板面に平行な {100} 面、{111} 面の X 線反射強度の比率を示す。ここで、図 2 は

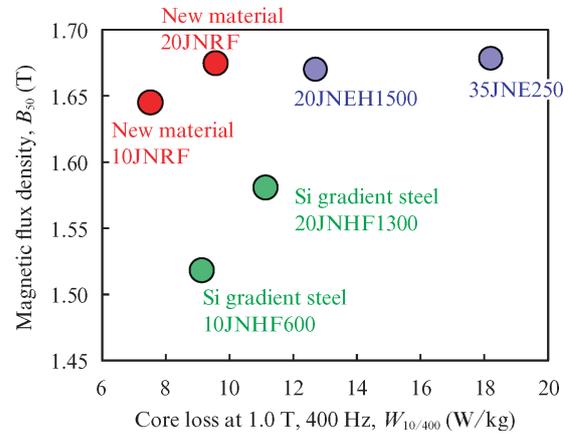
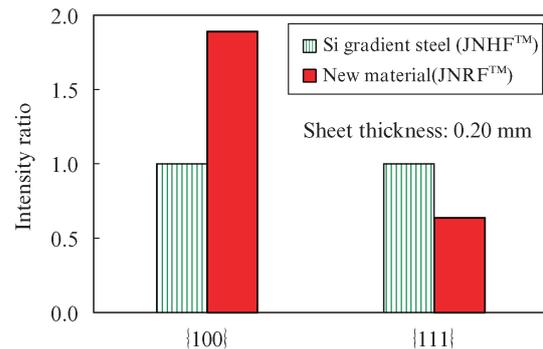


図 1 開発材 (JNRF[®]) の鉄損-磁束密度特性¹⁾
Fig. 1 Magnetic properties of JNRFTM¹⁾



* Strength of {100} and {111} planes of JNHFTM is set to 1

図 2 製品板の面強度比¹⁾

Fig. 2 Ratio of X-ray intensity¹⁾

表 1 開発材 (JNRF[®]) の磁気特性一例¹⁾
Table 1 Magnetic properties of JNRFTM¹⁾

Material	Thickness (mm)	$W_{15/50}$ (W/kg)	$W_{10/400}$ (W/kg)	$W_{10/1k}$ (W/kg)	B_{50} (T)
10JNRF	0.10	1.65	7.50	25.5	1.65
20JNRF	0.20	1.55	9.50	37.5	1.68
10JNHF600	0.10	1.89	9.20	27.5	1.51
20JNHF1300	0.20	1.85	11.2	39.5	1.58
20JNEH1500	0.20	2.40	12.7	48.0	1.68

$W_{15/50}$: Core loss at 1.5 T, 50 Hz
 $W_{10/400}$: Core loss at 1.0 T, 400 Hz
 $W_{10/1k}$: Core loss at 1.0 T, 1 kHz
 B_{50} : Magnetic flux density at 5 000 A/m

2023 年 3 月 22 日受付

20JNHF1300 の面強度比を 1 として強度比を示している。20JNRF は、磁気特性にとって悪影響を及ぼす {111} 方位粒の低減、および磁気特性にとって好ましい {100} 方位粒の増加が確認された。

3. EV/HEV 駆動モータへの適用事例

ハイブリッド電気自動車 (HEV)、電気自動車 (EV)、燃料電池車の駆動モータは、発進、登坂、加速時に高いトルクを要求されることから、高磁場域での高磁束密度が求められる。一方、モータ高効率化の観点からは高周波域での鉄損低減が求められる。磁束密度が高く、高周波鉄損が低い JNRF はこうした用途に適しており、高速モータの高トルク・高効率化に有利な材料である。

表 2 解析モータの諸元

Table 2 Specification of analysis motor

Items	Specification
Rated power output (kW)	15
Number of poles/slots	8/48
Outer diameter of stator (mm)	170
Stacking height (mm)	40
Windindg connection	Three phase connection, distributed

表 2 に解析モータの諸元を示す。本稿では、HEV/EV モータで広く使用されている IPM モータ（埋め込み磁石型）を対象に、10JNRF、20JNRF と 20JNEH1500 をステータ鉄心に適用した際のモータ効率を磁界解析で求めた。図 3 にモータ効率マップを示す。開発材（10JNRF、20JNRF）は、高トルク領域では 20JNEH1500 と同等のモータ効率を示すとともに、高速・低負荷領域（回転速度：3 000～9 000 rpm、7.5 Nm）ではモータ効率の大幅な向上が確認された。

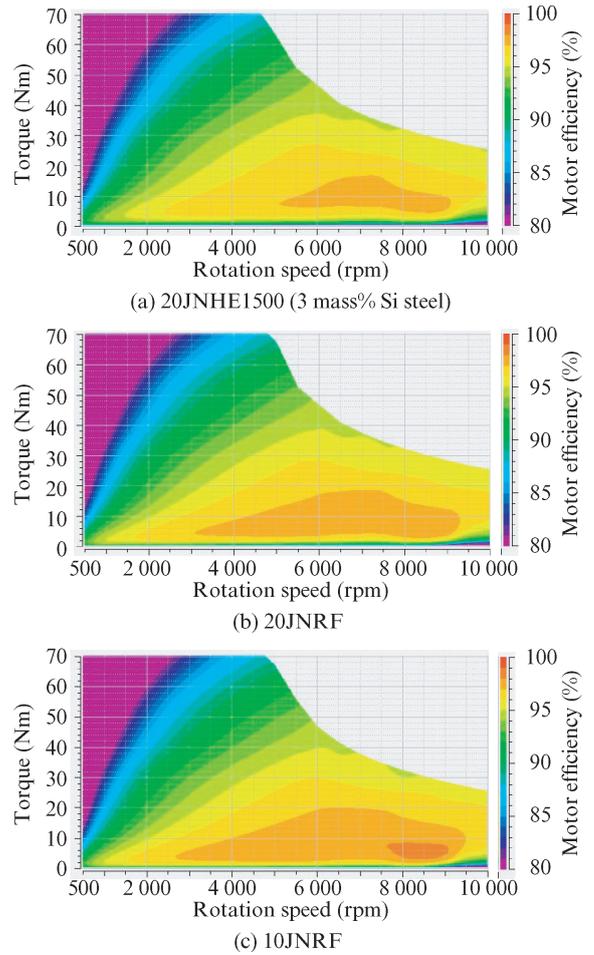
以上のことから、開発材 JNRF は、HEV/EV 駆動モータの高トルク化・高効率化に寄与できると考える。

4. おわりに

JFE スチールが新たに開発した高磁束密度 Si 傾斜スーパーコア JNRF は、3% Si 鋼並みの高い磁束密度と高周波低鉄損を両立した材料である。JNRF は、EV 駆動モータやドローンモータのコア材に適した材料であり、今後小型・高出力化が指向される高速モータ分野での活用が期待される。

参考文献

- 財前善彰, 尾田善彦, 大久保智幸, 笠井勝司, 戸部輝彦. 高速モータの高効率化に寄与する Si 傾斜磁性材料 JNRF® の開発. あたりあ. 2022, vol. 61, no. 1, p. 44-46.

図 3 モータ効率マップの比較¹⁾Fig. 3 Comparison of motor efficiency map¹⁾

〈問い合わせ先〉

JFE スチール 電磁鋼板セクター部

TEL: 03-3597-3480 FAX: 03-3597-4779