

LLG 方程式を用いた磁気特性の加工による変化の 予測精度向上に関する検討

羽根 吉紀, 中村 健二, *川瀬 剛志, *細川 徳一, *栗本 直規
(東北大学, *(株)デンソー)

Improvement of Prediction Accuracy of Magnetic Properties in Magnetic Core due to Machining Process by
using LLG Equation

Y. Hane, K. Nakamura, *T. Kawase, *N. Hosokawa and *N. Kurimoto
(Tohoku University, *DENSO CORPORATION)

はじめに

モータなどの電気機器の鉄心材料に使用される電磁鋼板は、加工時の応力によって磁気特性が変化し、この影響で機器の性能が低下することが知られている。したがって、電気機器の高性能化のためには、加工による磁気特性の変化まで考慮した解析手法の確立が必要不可欠である。

先に筆者らは、文献 1) で提案された簡略化された LLG 方程式に着目し、圧延が施された電磁鋼板の磁気特性を比較的高精度に予測する手法を提案した²⁾。しかしながら、従来の予測手法では、大きな圧延が施された場合の予測精度が低いという課題があった。

そこで本稿では、従来の予測手法を改良し、圧延の大きさに応じた補正係数を用いることで、さらなる予測精度の向上を試みたので報告する。

補正係数による高圧延時の磁気特性予測結果

Table 1 に、考察に用いた試料の諸元を示す。ここで、同表に示す圧延率とは、試料の加工前に対する加工後の板厚の減少率を示す。

まず、保磁力の推定においては、Fig. 1 に示すような、圧延率 x と加工前後の保磁力の比 h_{anir} の関係を用いた。同図のように、圧延率 3~50% において、 h_{anir} を圧延率 x の一次関数として近似することで、任意の圧延率における保磁力を予測できることがわかる。

次いで、非線形性の推定においては、次式で表される関数 $g(B)$ を用いた。

$$g(B) = \frac{1}{h_{anir}} \times \frac{H_{pre}(B)}{H_{nonpre}(B)} \quad (1)$$

Fig. 2(a), (b) に、試料 No. 1~6 のそれぞれについて導出した $g(B)$ 、およびその平均値を示す。これらの図を見ると、 $g(B)$ は圧延率 3~12% において、ほぼ一定の傾向を示すことから、(1) 式を用いてヒステリシスループの非線形性を予測可能であることがわかる。一方、圧延率が 12% を超えると、圧延率の増加に伴い、 $g(B)$ の傾向が変化しており、(1) 式では高精度な予測は困難である。そこで本稿では、圧延率に応じた係数を $g(B)$ に掛けることで、補正を行った。

Fig. 3(a), (b) に、それぞれ従来の予測手法、および提案手法を用いて計算した試料 No. 6 のヒステリ

シスループを示す。これらの図を見ると、提案する補正方法によって、磁気特性の予測精度が大幅に向上していることが了解される。

参考文献

- 1) 古屋, 藤崎, 上原, 清水, 大島, 村上, 高橋: 「高周波駆動における電磁鋼板の鉄損評価解析」, 電学研資, SA-13-6, RM-13-6 (2013)
- 2) 羽根, 中村, 吉岡, 川瀬, 石川: 「LLG 方程式を用いた鉄心加工に伴う磁気特性変化の予測手法」, 日本磁気学会論文特集号, Vol. 3, No. 1, pp. 90-94 (2019)

Table 1 Specifications of test samples.

Sample No.	No. 0	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
Rolled ratio (%)	0	3	6	9	12	30	50

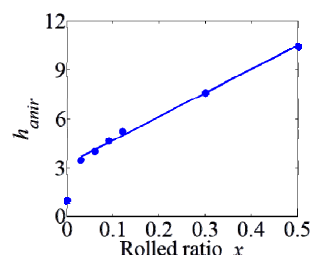
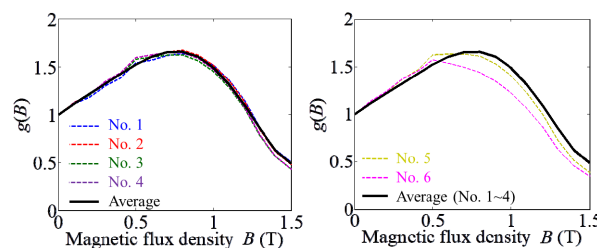
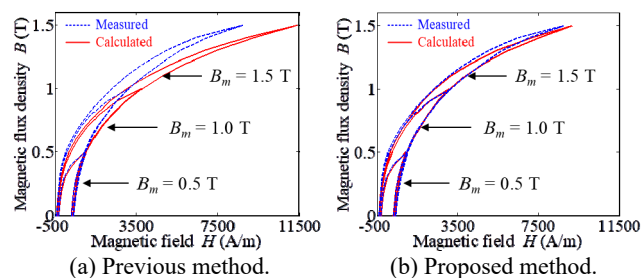


Fig. 1 Relationship between rolled ratio x and h_{anir} .



(a) Rolled ratio 3 to 12 %. (b) Rolled ratio 30 and 50 %.
Fig. 2 $g(B)$ of each test sample and those average value.



(a) Previous method. (b) Proposed method.
Fig. 3 Comparison of predicted hysteresis loops of sample No. 6.