

 茨城県 <small>IBARAKI Prefectural Government</small>	MLF Experimental Report	提出日(Date of Report)
		2021/12/7
課題番号(Project No.)	装置責任者(Name of responsible person)	
2019AM0035	石垣 徹 教授	
実験課題名(Title of experiment)	装置名(Name of Instrument : BL No.)	
中性子回折による電磁鋼板の集合組織観察(II)	BL20	
実験責任者名(Name of principal investigator)	実施日(Date of Experiment)	
野崎洋	2020/2/25 - 2020/2/26	
所属(Affiliation)		
(株)豊田中央研究所		

実験目的、試料、実験方法、利用の結果得られた主なデータ、考察、及び結論を記述して下さい。

実験結果などの内容をわかりやすくするため、適宜図表添付して下さい。

Please report experimental aim, samples, experimental method, results, discussion and conclusions. Please add figures and tables for better explanation.

1. 実験目的(Objectives of experiment)

ハイブリッド車(Hybrid Electric Vehicle; HEV)のモータに利用される軟磁性材料(電磁鋼板)の磁化容易軸は[100]方向であり、理想的には結晶粒の{100}面が電磁鋼板の表面に平行であることが望ましい[1]。そのためモータの低損失化のためには、電磁鋼板のひずみと結晶粒配向との制御が重要課題である。ひずみと結晶粒配向とを評価する手法として X 線回折(X-ray diffraction; XRD)が一般的だが、X 線は鉄が主元素である電磁鋼板に対する透過性が低く、試料表面の情報しか得られない。そこで本研究では、中性子を用いた配向状態の評価を実施した。

2. 試料及び実験方法

Sample(s), chemical compositions and experimental procedure

2.1 試料 (sample(s))

中性子回折測定用の試料には、幅 10mm×長さ 70mm に加工した無配向性電磁鋼板を、全体の厚さが 2mm になるように複数枚重ねて用いた。電磁鋼板の圧延率は 0%(未圧延試料)、25%、50%を用いた。また、添加 Si 量として 4.3wt%、2.5wt%、0.1wt%の試料を用いた。

2.2 実験方法(Experimental procedure)

iMATERIA (BL20)において中性子回折パターンを測定した。ビーム強度は 500kW で、ビームサイズは 20 mm × 20 mm である。はじめに室温で回折測定した後に、850℃まで昇温して再度室温に冷却したときの回折パターンを測定した。

測定した中性子回折パターンから、コンピュータプログラム; MAUD[2-4]を用いて極点図を得た。

3. 実験結果及び考察（実験がうまくいかなかった場合、その理由を記述してください。）

Experimental results and discussion. If you failed to conduct experiment as planned, please describe reasons.

【結果】

表 1 に測定試料一覧を、図 1 に中性子回折の結果得られた 220、222、400 の各方位の極点図を示す。加熱前の試料では、圧下率が高い試料ほど集合組織が強くなる傾向が見られた(No. 2-4)。特に試料表面の法線方向に{111}面(図中の 222)が強く、111 配向していた。同じ Si 量で比較すると(No.1, 2, 5)、Si 添加量が多いほど集合組織が強く、特に 111 が配向する傾向だった。

加熱後の試料において、Si 量が少なく圧下率の高い 50%試料(No.3,4)では、加熱前と比較して、集合組織の変化は小さかった。一方、Si 量が多く圧下率の高い試料(No. 5)では、集合組織が弱くなる傾向が見られた。Si 量が 4.3%の試料(No. 1, 2, 5)で比較すると、いずれの試料も加熱後は集合組織が弱くなった。方位毎の違いを見ると、加熱後は 111 が選択的に弱くなる傾向がある様子が見られた。

【参考文献】

[1] Doi, S., et al., IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 52, (2016), 2000504. [2] Lutterotti, L., et al., J. Appl. Phys., Vol. 81 (2), (1997), pp. 594-600. [3] Lutterotti, L., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, B, Vol. 268, (2010), pp. 334-340. [4] MAUD: Materials analysis Using Diffraction, version 2.91, 2019, <http://maud.radiographema.eu/>

(2021 年 12 月 2 日参照).

表 1 測定試料

No.	Si 量(wt%)	圧下率(%)
1	4.3	0
2	4.3	50
3	2.5	50
4	0.1	50
5	4.3	25

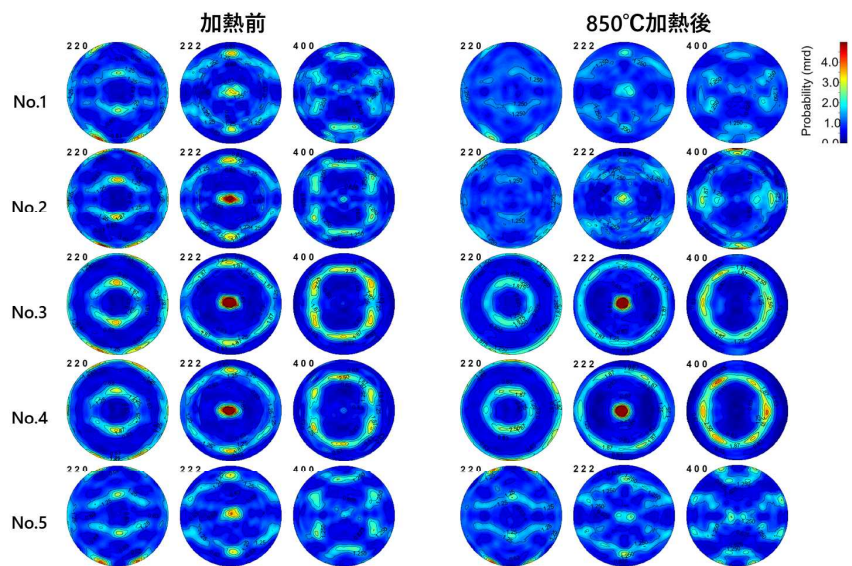


図 1 加熱前と 850°C加熱後の電磁鋼板試料の極点図

4. 結論(Conclusions)

中性子回折により、Si 添加量を変えた電磁鋼板の集合組織を観察した。その結果、加熱前は、圧下率が増加するにつれて、111 配向が強くなることがわかった。また、圧下率が同じ 50%でも、Si 量が少ないと 111 配向が強くなることがわかった。850°C加熱後は、Si 量 4.3%の試料では集合組織が弱くなるが、Si 量が少ない試料では 111 配向が強くなることがわかった。以上より、中性子回折で加熱前後の電磁鋼板の集合組織観察が可能になり、添加元素と圧下率の違いによる配向性を評価できることがわかった。