

高温超伝導ダイポールマグネットにおける多極磁界成分の解析

Numerical analysis of multi-pole components of magnetic field in HTS dipole magnet

雨宮 尚之, 岡田 奈々, 高橋 慶多, 中村 武恒(京大・工); 荻津 透, 佐々木 憲一(KEK);
来栖 努, 小野 通隆, 小平 政宣, 折笠 朝文(東芝); 野田 耕司(放医研)
AMEMIYA Naoyuki, OKADA Nana, TAKAHASHI Keita, NAKAMURA Taketsune (Kyoto University);
OGITSU Toru, SASAKI Kenichi (KEK); KURUSU Tsutomu, ONO Michitaka, KODAIRA Masanobu, ORIKASA Tomofumi
(Toshiba); NODA Koji (NIRS)
E-mail: amemiya@kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

実用的な高温超伝導線のほとんどはテープ形状をしており, 3 次元巻き線への適用性に対する懸念, テープ面内の磁化電流の磁界精度への影響に対する懸念などから, 加速器マグネットへの応用は敬遠されてきた。本稿では, 3 次元巻き線の可能性を検証するための臨界電流測定, 2 次元磁界解析による高温超伝導加速器マグネットの概念設計と多極磁界成分の評価について報告する。

2. 臨界電流測定による3次元巻き線の可能性の検証

Fig. 1 のような 4 極マグネットのエンドスペースに Y 系線材を巻きつけて臨界電流を測定した。線材には面方向の曲げとねじりが加わる。巻きつけ前の直線状態の臨界電流は 211.2 A, 巻きつけた状態の臨界電流は 215.5 A であり, 臨界電流の低下は観測されなかった。この実験結果は, エンド部における 3 次元巻き線が不可能ではないことを示唆するものである。

3. 2次元磁界解析による高温超伝導加速器マグネットの概念設計

Table I に仕様を示したよう高温超伝導マグネットの概念設計を 2 次元静磁界解析によって行った。

Fig. 2 に設計したマグネット断面と磁束分布を示す。Table II に示すようにふたつのマグネットのターン数はそれぞれ 2520 ターン, 2680 ターンである。Magnet A は, 通常のラザフォードケーブルによるコサインシータ巻きコイルにおいて, ラザフォードコイルをテープ線材で置き換えたようなマグネット(赤道面でテープ面は図中で水平), Magnet B はレーストラックコイルを積み重ねたようなマグネット(テープ面は図中で全て垂直)である。ただし, Magnet B においてもコイルエンドでは巻き線を上下に曲げて開口部を設ける必要がある。Fig. 3 に示すように, いずれのマグネットにおいても, 仕様値(目標値)とした相対値 10^{-3} 以下に高次の多極成分を抑えることができる。

解析した断面において, Magnet B ではテープ面に磁界がより平行になっていることが特徴的である。Table II に示すように線材経路磁界の絶対値はふたつのマグネットでそれほどかわらないのに対し, 線材面に垂直な磁界成分は Magnet B においてずっと小さくなっている。

4. まとめ

高温超伝導テープ線材を用いて 3 次元的な加速器マグネットを巻くことは可能であると考えられる。マグネット設計においてはテープ線材の臨界電流の外部磁界に対する異方性の考慮が必要であろう。

謝辞

本研究の一部は, JST 産学共同シーズイノベーション化事業ならびに科学研究費補助金(21360132)の助成を受けたものである。

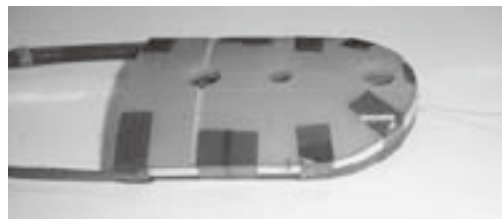


Fig. 1 Coated conductor wound on end former of quadrupole coil.

Table I. Specifications of magnet

Dipole component	3 T
Higher multi-pole component / dipole component	$< 10^{-3}$
Reference radius	30 mm
Radius of magnet bore	60 mm
Inner radius of iron return yoke	120 mm
Permeability of iron for return yoke	Infinite

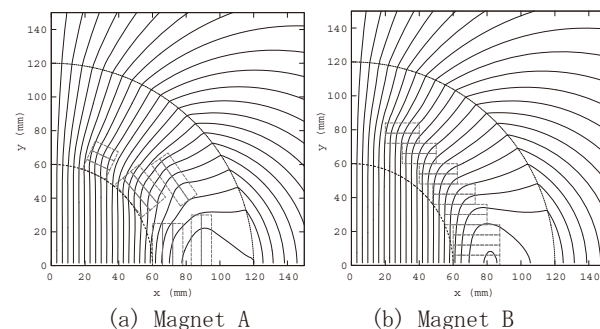


Fig. 2 Two designed magnets and magnetic flux distributions.

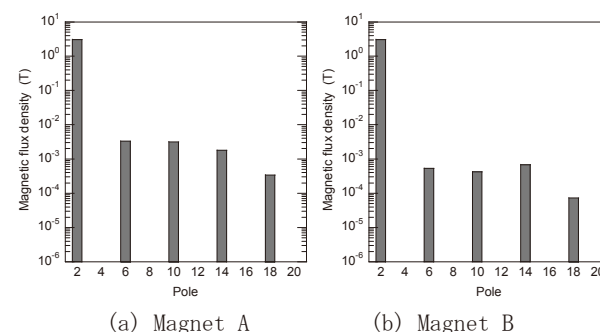


Fig. 3 Multi-pole components of magnetic field.

Table II. Outlines of designed magnets

	Magnet A	Magnet B
Number of turns	2520	2680
Maximum magnetic fields at tape	3.41 T	3.35 T
Maximum normal magnetic field component to tape	2.84 T	1.42 T