高温超伝導線材技術の船舶脱磁への応用(5)-価格低減-

Application of HTS Cable to Ship Deperming Technology (5) -Cost Reduction-

○廣田 恵((特非)艦磁研)

^oMegumi Hirota (Naval Ship Magnetic & UEP Research Committee, NPO.)

E-mail: megumi.hirota@nmurc.com URL http://www.nmurc.com

1 はじめに

海底に設置して船舶を脱磁する平型コイルの可能性 を磁場計算から求め、高温超伝導線材によるコイルの 発生磁場及び冷却仕様を計算し報告してきた¹⁾。脱磁 対象とする船舶の規模及び構造鋼材を用いて回転楕円 体殻モデルにより反磁場を計算し、鋼材の磁化を飽和 するに必要な磁場の要求値2)から、コイルが発生する 磁場を求めてきた。このコイルの規模として水深 12 m の海底に敷設するレーストラック形状、電線延長1,100 m、最大電流値(It) 100 kA の電線3条が求まり、これ を実現する ReBCO テープから成る CORC®形状の単位 電線から成るコイルの内部磁場を計算した。製造上の 便宜から単位電線を6本束ね4束の構成とし、導体の 内部磁場から4束を離隔した配置とした。入手可能な 超伝導線材として SuperPower 社の M4 線材の臨界磁場 (Hc) 対電流 (Ic) 特性³⁾から4mm幅のテープ線材30 枚(芯材直径 10 mm、導体部直径 dc=115 mm) により 温度 50 K、稼働電流 (Io=0.75×Ic) 值 135 A、最大電線 内部磁場 (He) 0.5 T 以下による導体設計を求めた。ま た、50Kへの冷却を液体窒素冷却の輻射シールド付き のヘリウムガス冷却によるものとして報告している。

しかし、このシステムではテープ線材の量が一条で 792 km (:30×6×4×1100) を要し、線材価格 5000 円/m とすると線材の材料価格のみで 40 億円となり全体シ ステム実現の妨げとなる。そこで今回は、低材料価格 が期待される MgB₂線材による同一基本設計 (Fig. 1) のコイルの実現性を調査した。

2 MgB2線材適用の場合

海底脱磁用コイルは長尺の直線状コイルであり印加 電流も直流に近い。電流値は要求されるものの空間的 な制約が少なく低内部磁場での使用とする設計ができ る。冷却についてはヘリウムガス冷却を液体水素冷却 に換装し 20 K 動作の可能性を考えた。MgB2線材につ いては In-situ/PIT 法による田中等⁴⁾の磁場特性を山田 等⁵⁾のステンレス鋼/純鉄シース MgB2についての同 一温度の低磁場特性で補完し、また高磁場の測定値を 低磁場に外挿のして Ic 対 Hc 特性 (Fig.2)を求めた。

電線設計では 0.8mm φ の素線⁴⁾ を芯材(3.02mm φ) に 3 層(各層 12本)巻付けた単位電線の構造とした。 このときの Io 対 He から It=128 kA となる素線の条件 として Ic=158 A、He=0.98T が求まった。この電線束 配置では導体部直径 dc=59 mm となり ReBCO の場合よ り冷却管の細径化が期待できる。

3 まとめ

船舶脱磁コイルに既存の MgB2線材の情報を組み合わせて実現可能性を求めた。電線設計には MgB2線材の製造に合わせた最適化を要し、またこのコイルに要求される長尺化及び量産について調査する必要がある。



Fig. 1. Concept of the ship deperming coil on seabed and the cross-section of its cable.



Fig. 2. Reported Ic vs. Hc of MgB_2 wire and Io vs. He by the conductor design of seabed deperming coil.

謝辞 この研究は艦磁研事業別研究会で実施した。協 力いただいた古河電工向山晋一氏、大陽日酸弘川昌樹 氏、ジェック東理社青木五男氏に感謝します。

参考資料 1) Hirota M., (2017). J. Ship and Ocean Eng., 7, 93-99. 2) Pedersen J., (2017). Proc. CSSM, Sept. 26-27, Ottawa. 3) Wimbush S., (2017) : https://figshare.com//collections. 4) Tanaka K. et al. J. Cryo. Soc. Jpn. Vol 41 No. 11 (2006) 519. 5) Yamada Y. et al. 日本金属学会誌 74 巻 7 号 (2010) 434. 6) Makida Y. et al, Abstract of CSSJ Conf., Vol. 97, (2018) 71.