

高温超伝導線材技術の船舶脱磁への応用 (7) - 導体断熱支持 -

Application of HTS Cable to Ship Deperming Technology (7)

- Conductor's Mechanical Support -

○廣田 恵 ((特非)艦磁研)

○Megumi 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について実現可能な構想を探っている。脱磁に必要な磁場強度及び空間分布、現在達成されている高温超伝導線材の超伝導特性から海底設置の平型コイルの適切な形態としてレーストラック (RT) 状、電流として電線一条 200 kA、一条の長さ 1,200 m、電線三条による同心 RT コイルを求めた。電線の一案として導体は超伝導体 ReBCO テープを巻きつけた CORC®線の束ね構造、冷却構造は液体水素循環、輻射シールド (RS) 液体窒素循環とした¹⁾。磁場発生用の超伝導導体のこの設計では電流印加時に電線間相互に電磁気力がかかる。この電磁気力に抗して導体を周囲の RS 管及び外管に支持しなくてはならない。一方で 1,200 m の超伝導電線を海底に敷設し、長期間維持するため、液体水素冷却による導体部分への室温及び RS 管からの熱侵入を極小化する必要がある。

2 導体にかかる電磁気力

RT 状平型コイル 3 セットの配置寸法を対象船舶の寸法から RT 幅 24 m, 34 m, 40 m とし、直線部分片道の最短長さを 296 m とし、6 本の直線状電線導体が相互にかかる電磁気力は、直線部分中心で外側より単位長当たり 3.0 kN, -1.8 kN, -3.5 kN となる。この力は導体の試算重量 19 kg 重に対しても大きく無視することができない。

3 電磁気力の支持方法

導体は液体水素循環の冷媒 (H) 管内に自由保持として H 管は液体窒素冷却の RS 管内部にあり、真空断熱されている。上述の電磁気力は H 管内の導体にかかり、H 管壁を水平方向に押す。そこで H 管を RS 管に対して電磁気力に抗して支持する方法として Fig. 1 に示す支持角 (Support horn) による方法を考案した²⁾。支持角を H 管外周上に等間隔配置すると電磁気力方向にある支持角のみが RS 管と接し導体を支持する。この支持構造による電線全長の熱侵入許容値を 511 W としたときの支持角の材料、高さ(h), 底面積(S)を Table 1 に示す物質の特性を用いて求めた。

支持角の材料として冷間加工の SUS304L は強度が高

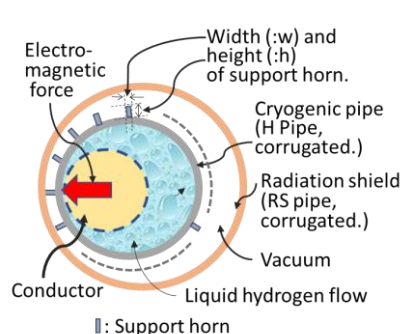


Fig. 1. Cross-sectional concept, support of conductor against electromagnetic force.

Table 1. Mechanical and thermal parameters of materials for support horn.

Material	0.2% yield strength (Mpa)	thermal conductivity (W/K/m)
SUS	Ref. Handbook on Material and Superconducting Machinery, (1977)	1.9@20 K
SUS304L	234@19 K	8.3@80 K
SUS304L, 冷間加工	1,089@299 K	Ref. 堀内健文 電気学会雑誌 vol94, p.375
	1,289@78 K	-382
	1,593@20 K	Ref. Thoris J, Bobo J. C, Proc.ICEC 6
PVC	154@25 K	
Epoxy resin	Ref. Hartwig et al, Cryogenics, 24, 11	0.081@20 K
		0.145@81 K

可能な、管の長さ方向に延長した延長支持構造を試算したところ、エポキシ製、 $w=1$ mm、 $h=3$ mm の線形状が得られた。これは管への接地幅を上述の w 以内とした円断面のエポキシ線で実現できる。

4 まとめ

磁場を外部に発生するコイルで問題になる導体への電磁気力の支持が既存の材料及び技術で可能である試算結果が得られた。製造に当たっては入手可能な材料につき設計を最適化することが望ましい。

謝辞 この研究は艦磁研事業別研究会で進めている。ご協力いただいた鉄道総研長嶋賢氏、JAXA 石井信明氏、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., 2020, *J. Phys. Conf. Ser.* **1559** 012132. 2) Hirota M., presented at ASC2020, submitted to Special Issues of *IEEE Trans Appl. Supercond.*

く、 $S=2.2$ mm²、 $h=1.5$ mm 1 個で導体 1 m を支持し必要性能を満足する。熱伝導率は区間の平均値を用いた。

この支持構造は導体の剛性及びバランスを仮定してお

り、支持角底面への応力集中及び複雑な製造工程が問題となる。そこでこれらを緩和し、かつ電線の海底への敷設性を改善するコルゲート管に対応