軸系防食用アース装置*

日本船用機関学会
軸系研究委員会

Electrical Grounding Device of Shafting
(Guidance for Installation of Grounding Device)

By Propeller and Shafting Committee of MESJ

It is well-known fact that the cathodic protection by use of zinc anodes or aluminium alloy anodes has been applied to the shafting and its propeller.

There are many reports on the erosion or corrosion of the shafting and its propeller. However, we have had very little information on the grounding device of the shafting.

According to our own investigation and information from the ship's operators and shipbuilders in Japan, the following guidances have been obtained:

- (1) It is necessary to protect the shafting against corrosion, when the shafting has a Mn-Br propeller and an oil bath type stern tube bearing or the shafting has a sea water lubricated stern tube bearing and its propeller shaft is fitted with a copper alloy sleeve.
- (2) There are many cases where the shafting having a Ni-Al-Br propeller and an oil bath type stern tube bearing is not provided with a grounding device.
- (3) The suitable materials of a slip ring and a brush to be used for the grounding device are as follows:

Slip ring Copper, Silver etc.

Brush Metallic carbon, Metal brush

- (4) The contact surface between the slip ring and the brush of the grounding device must always be kept clean.

The above Item (4) is one of the most important factors for the effectiveness of the grounding device. Thus, it is expected that the grounding device which is free from maintenance work will be developed in future.

1. ま え が き

船舶の外板及びプロペラを含めた軸系の防食方法としては、従来より船体外板に亜鉛及びアルミ合金などの犠牲陽極を取り付けて行う流電陽極法が、多く採用されている。

流電陽極法による軸系の防食は、陽極から発生した防食電流が、軸系へ流入して、船体に回帰する回路が形成されなければ有効な防食効果が得られない。したがって、船体と軸系は常に電氣的に導通状態を保つ必要がある。

船舶の停止状態では、軸系は金属軸受部を介し船体と電氣的に導通状態となるが、航走中においては、軸と軸受との間に油膜が形成され、軸系と船体とは絶縁状態に近くなるため、軸系と船体とを常に電氣的に導通状態を

保つように、軸系アース装置を設けなければならない。

軸系に対して、流電陽極法による防食効果が十分発揮されていないように見受けられるのは、このアース装置自体の效果に問題があるためと考えられる。

高力黄銅鑄物製プロペラを装備する軸系、及び、海水潤滑船尾管軸受でプロペラ軸に銅合金製軸スリーブを装備する軸系においては、プロペラ及び軸スリーブの防食に十分注意を払う必要がある。しかしながら、油潤滑船尾管軸受で、アルミニウム青銅鑄物製プロペラを装備している軸系に関しては、実績上、軸系アース装置を装備していない例が多いのは、このプロペラが腐食に対して、十分な抵抗力があるためと考えられる。

軸系の防食に関しては、防食理論及び実船計測など古くから多くの論文あるいは資料が発表されているので、本報告では、軸系用防食アース装置に関する各社の実績

* 原稿受付 昭和 57 年 9 月 27 日

を調査し、ガイドンスを作製することとした。

2. 軸系アース装置を装備する場合の 各社の標準

軸系アース装置の構造は、各社各様であるが、図1にその一例を示す。

なお、軸系アース装置を装備する場合の各社の標準について、船会社2社、造船所17社に対するアンケート結果より、回答の多かったものを、以下に示す。

- 1) 取付位置
 - 中間軸船尾側 (13社)
 - 中間軸中央部 (3社)
- 2) ブラシの材質
 - 銀・黒鉛 (6社)
 - カーボン (4社)
 - モリブメタル (3社)
- 3) スリップリングの材質
 - SF材(軸身) (8社)
 - SS材 (3社)
 - 銀合金材 (3社)
- 4) ブラシー船体間の導線
 - 平編銅線 (11社)
- 5) スリップリングの構造
 - 軸身 (8社)
 - 二ツ割 (7社)
 - 薄板を軸に巻き付けている (3社)
- 6) ブラシの合計接触面積
 - $485\text{ mm}^2 - 3840\text{ mm}^2$
- 7) 導線の断面積
 - $5.5\text{ mm}^2 - 78.5\text{ mm}^2$

図1 軸系アース装置(市販品の一例)

8) ブラシ接触面圧

$$0.2\text{ kg/cm}^2 - 0.5\text{ kg/cm}^2$$

3. 軸系アース装置の条件

軸系アース装置の具備すべき条件としては、次のことが考えられる。

(a) 回路抵抗が小さく、軸系の防食電流を流すのに十分な装置であること

(b) 信頼性があり、長期間の使用に耐えること

3.1 回路抵抗 軸と防食された船体との相対的電位差を、おおよそ 200 mV 以下とするよう軸電位を下げるためには、軸系アース装置のブラシとスリップリングの材質の選択に注意をはらわなければならない。

(1) ブラシ 市販のブラシとしては、種々のものがあるが、低電圧用のアース装置に必要な軸系については、金属黒鉛質及び金属ブラシ以外は不適当である。表1に市販ブラシの特性を示す。

(2) ブラシとスリップリングとの組合せによる接触抵抗 接触抵抗についての、あるモデルによる試験結果は、表2のようになっている。

スリップリング表面に油がある場合の接触抵抗は、油が無い場合に較べて、約10倍大きくなっており、例えば、アース装置を設けても、接触面のメンテナンスいかによっては、効果のない場合がある。また、スリップリングとして直接軸身を利用するよりも、銀、銅製のリングを採用した方が優れていることがわかる。

3.2 信頼性及び耐久性 スリップリング、ブラシおよび導線は十分信頼性を有する市販品もあり、長期間使用に耐えるものであるが、スリップリングとブラシとの接触面の状態は、設置場所が船の機関室内という環境

表1 各種ブラシ特性

種類	特性	許容電流 (A/cm ²)	接触電圧 降下(V)	摩擦係数	適、否 (○)(×)
炭素質		4~7	2~2.5	0.25	×
黒鉛質		8~12	1.4~1.6	0.10~0.20	×
金属黒鉛質		20	0.2~0.6	0.10~0.25	○
金属ブラシ		30	0.03~0.06	0.30	○
電気黒鉛質		7~12	1.8~2.4	0.25	×

(出典：電気工学ハンドブック、1951年、電気学会発行)

表2 接触抵抗

ブラシ-相手接触 材質-材質	接触面 油 無	接触面 油 有
金属黒鉛質-鉄	0.043Ω	0.338Ω
金属黒鉛質-銅	0.014Ω	0.147Ω

(軸回転数 140 rpm (周速= 3.7 m/s)
時の接触抵抗)
(出典：(株)神戸製鋼所提供の第42回
軸系研究委員会審議資料による)

のため、油ミスト等による汚れにより、接触抵抗の増加を招く。すなわち、接触面の汚れが、アース装置にとって、致命的となる。

今のところ、これを防ぐ適当な方法がないため、次のような対策が考えられている。

- (1) 接触面を常に清潔に保つように注意銘板を設ける。
- (2) 軸－船体間の電位差の監視装置(電位計)を設ける。

4. 実船計測結果

水潤滑船尾管軸受を用いた軸系の軸及び船体の電位計測結果例を表3に示す。

5. ま と め

プロペラを含む軸系の腐食には、キャビテーション、海水汚染、船内迷走電流、材質の相異及び材質の不均一による電気化学的腐食など、機械的、電気化学的な要因があると思われるが、軸系と船体との電位差による腐食に対しては、軸系アース装置は有効なものと考えられる。軸系防食用アース装置として、その機能を十分発揮さ

せるためには、回路抵抗の小さいものを選ぶ必要がある。したがって、ブラシとしては、金属黒鉛質かまたは金属ブラシとし、スリップリングとしては、銀、銅などが適していることが分かった。

軸系アース装置を設計する場合、ブラシの合計接触面積及び導線の断面積は、回路抵抗、防食電流及び防食電位により決定される。

例えば、
船体防食電位 (V_H) $-800\text{ mV (SCE)}^{**}$
プロペラ等軸系の防食電位 (V_P) $-600\text{ mV (SCE)}^{**}$
プロペラ等軸系の防食電流密度(仮定) 600 mA/m^2
プロペラ等軸系の表面積 25 m^2
(プロペラ直径5mの場合)
(*印は、飽和甘こう基準電位を示す)
この例の回路抵抗 R は、次により求まる。
防食電流 $A=600 \times 25=15000\text{ (mA)}$
故に、

表3 軸系電位実測データ例

注：この計測データは三菱重工業(株)が実船実測を行った結果を転載したものである

船名	主 要 目			軸系 No.	アース装置の有無	計 測 結 果 mV					備 考
	船種 DW	主 機	プロペラ			軸系電位		船体電位	回転中の電位差	判 定	
						回転中	停止中				
A丸	フェリ 3100 GT	ディーゼル 2310×2基	4翼×2500 ×2基	右 左	無	-210～ -270	-770～ -800	-775～ -820	535～ 600	絶 縁	簡単なアース追設の結果、 電位差は 430～455mV に 低下
						-230～ -250	-720～ -780	-750～ -810	510～ 570	〃	
B丸	客 船 950GT	ディーゼル 2400×1基	5翼×2500 ×1基	—	有	-500	計測せず	-750	250	〃	カーボンブラシ 1ヶ使用
						-690	〃	-730	40	非絶縁	カーボンブラシ 2ヶ使用
C丸	〃	〃	〃	—	無	-100	〃	-520	420	絶 縁	
D丸	タンカ 28,245	タービン 12,500	4翼×6700 ×1基	—	〃	-319	〃	-620	305	〃	
E丸	タンカ 47,248	タービン 15,840	5翼×6750 ×1基	—	〃	-652	〃	-670	18	非絶縁	計測時、低回転のため軸受 がメタルタッチとなっていた
F丸	タンカ 38,889	タービン 19,250	5翼×7000 ×1基	—	〃	-570	〃	-775	200	絶 縁	
G丸	タンカ 11,226	ディーゼル 3,500	4翼×4000 ×1基	—	〃	-480	〃	-720	240	〃	
H丸	カーゴ 10,477	ディーゼル 5,500	4 翼×不明	—	〃	-575	〃	-605	25	非絶縁	計測時、低回転のため軸受 がメタルタッチとなっていた
I 丸	タグ 180 GT	ディーゼル 750×2基	3翼×2100 ×2基	—	〃	-275	〃	-642	360	絶 縁	
J 丸	タグ 192GT	レシプロ 400×2基	3 翼×不明	—	〃	-580	〃	-678	100	絶 縁 傾 向	
K丸	カーゴ 560	ディーゼル 375	3 翼×1560 ×1基	—	〃	計測せず	〃	計測せず	290	絶 縁	
L 丸	LPGC 650	ディーゼル 630	3 翼×1700 ×1基	—	〃	〃	〃	〃	280	〃	
N丸	カーゴ 13,500	ディーゼル 5000	4 翼×4900 ×1基	—	〃	〃	〃	〃	15	非絶縁	計測時、低回転のため軸受 がメタルタッチとなっていた

$$R = \frac{V_P - V_H}{A} = \frac{-600 - (-800)}{600 \times 25} = 0.013 (\Omega)$$

したがって、回路抵抗がこの値以下となるように、表 2 を参考にして、ブラシ及び導線を決めればよい。

軸系防食用アース装置は、表 2 より分かるとおり、スリップリングとブラシとの接触状況により、その効果が大きく左右される。したがって、スリップリング表面及びブラシの接触面の状況は、最低、3、4 日に一度は調べ、

油等による汚れがないよう、常に清潔に保つことが特に大切である。しかし、実船において、このようなメンテナンスは不可能に近く、結果として、アース装置の改良が必要である。この機会に、優れた性能と信頼性に富むアース装置の開発を望み、同時に、アース装置の重要性を再認識して、信頼性の向上に努力しなければならないと考える。
(担当者 大阪造船 金沢 滋)