

(解説)

電磁波減衰鋼板「コーベデンジシールド®」

Electromagnetic Wave Attenuation Steel Sheet KOBEDENJISHIELD™



平野康雄*(Ph. D.)
Dr. Yasuo HIRANO



渡瀬岳史**
Takeshi WATASE



真鍋知多佳***
Chitaka MANABE

A new steel sheet, KOBEDENJISHIELD, was developed which reduces the leakage of electromagnetic waves from electronic devices. The high conductivity of KOBEDENJISHIELD guarantees good shielding effect at the joint parts of device housings. In addition, KOBEDENJISHIELD itself attenuates the electromagnetic wave inside the casings. Two types were developed, i.e., the “high conductive type”, in which the highest electromagnetic shielding effect is pursued, and the “heat releasing type”, which exhibits both the shielding and heat-releasing effects.

まえがき = 近年、薄型テレビやハードディスクドライブ (以下、HDD という)、カーナビ、複写機などの電子機器の高機能化・高性能化が急速に進んでいる。これらの機器に搭載される回路がアンテナとして動作するような構造になっていると、デジタル信号のオン・オフ切替え時の早い電流変化により高いレベルの電磁波 (妨害波) を放射する。この妨害波は、テレビ、ラジオなどの受信機や、他の電子機器に障害を与えることがあるため、この妨害波を低減するシールド技術に対するニーズが高まっている。また、半導体素子を動作させるための電気エネルギーの多くは熱に変換されるため、これら電子機器に対しては電磁波シールド対策に加え、機器内部の温度上昇を抑制するための熱対策も重要課題となっている。

当社はこの電磁波シールド対策ニーズにこたえることを目的として、鋼板表面の導電性向上に加え、新たな観点として鋼板の表面処理により電磁波を減衰させる機能を付与したコーベデンジシールドを商品化した¹⁾。コーベデンジシールドは、特殊皮膜に電磁波を減衰させる添加剤を適性に配合して鋼板表面にコーティングするとともに、導電性も付与することによって高いシールド性を実現させることに成功した。また、電磁波シールド効果を徹底追求した『高導電タイプ』と、電磁波シールド効果と放熱効果を両立させた『放熱タイプ』の2種をラインナップし、用途に応じた選択を可能としている。本稿では、このコーベデンジシールドの特徴について解説する。

1. 漏洩電磁波の低減

妨害波は、空間もしくは導線を経由して他の機器もしくは部品に伝わっていく。空間を経由する妨害波の電界強度は、例えば 15 個の IC (250mW) がオン・オフ切替え時に電力の 0.0001% が電磁波に変換したとすると、3m

離れた場所で 71dB μ V/m (1 μ V/m を 0dB とする) となる。一方、情報処理装置等電波障害自主規制協議会 (VCCI) では、クラス B 情報技術装置 (主に家庭環境で使用されることを想定した装置) の妨害波の電界強度を、30 ~ 230MHz で 40dB μ V/m 以下、230 ~ 1,000MHz で 47dB μ V/m 以下となることを要求している。したがって、これらの IC からの妨害波の電界強度を 30dB (約 1/30) 程度低減するシールド対策が必要となる。

電子機器のきょう体を構成する鋼板に期待されている機能の一つに、空間を伝播する妨害波のシールドがある。このシールド性 SE は次式によって定義される。

$$\text{電界 } SE = 20 \log \left| \frac{E_i}{E_t} \right| \text{ dB} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{磁界 } SE = 20 \log \left| \frac{H_i}{H_t} \right| \text{ dB} \dots\dots\dots(2)$$

ここで E_i, H_i は入射電磁波の電界および磁界であり、 E_t, H_t は透過電磁波の電界および磁界である。

鋼板自身の電磁波シールド性は極めて高く、例えば 0.5mm 厚の冷延鋼板は、30 ~ 1,000MHz で 100dB (1/100,000) 以上のシールド性を有している²⁾。したがって、電子機器の鋼製きょう体においては、異部材の重ね合わせ部と開口部からの漏洩をいかに抑えるかが重要になる。

一般に、金属のような表面導電性が高い材料できょう体が構成されている場合、そのきょう体寸法によって決まる周波数の定在波が発生することが知られている。例えば、幅 w 、高さ h 、奥行き d の直方体の金属きょう体を考えたとき、式 (3) で示される周波数 F_r (MHz) を有する定在波が発生する (k, m, n は 0 または正の整数³⁾)。

$$F_r = 150 \sqrt{\left(\frac{k}{h} \right)^2 + \left(\frac{m}{d} \right)^2 + \left(\frac{n}{w} \right)^2} \dots\dots\dots(3)$$

この定在波は、きょう体の重ね合わせ部や開口部からの

* 鉄鋼部門 加古川製鉄所 技術研究センター ** 鉄鋼部門 加古川製鉄所 薄板部 *** 技術開発本部 生産システム研究所

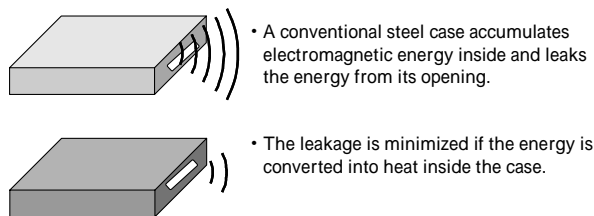


図 1 開口部からの漏洩電磁波

Fig. 1 Leakage of electromagnetic waves from opening

強い漏洩電磁波となる。重ね合わせ部におけるシールドは、異部材間の導通を確保することによって実現できる。これは、表面抵抗の小さい鋼板を重ね合わせることでシールド性が向上する。一方、開口部からの漏洩低減には、きょう体内部で電磁波を減衰させる必要がある(図1)。

コーベデンジシールドは、重ね合わせ部や開口部からの漏洩電磁波の低減をめざして開発したものである。

2. コーベデンジシールドの性能

コーベデンジシールド(高導電タイプおよび放熱タイプ)の構造を図2に、代表特性を表1に示す。いずれのタイプも亜鉛めっき鋼板を基板とし、下地処理を施した

表 1 コーベデンジシールドの特性
Table 1 Properties of KOBEDENJISHIELD

	Test method	Properties	
		High conductive type	Heat releasing type
Surface resistance	Circuit tester	20	100~200
Heat releasing property	FT-IR (emissivity)	0.4~0.5	0.86
Dissipation of electromagnetic waves	Cavity resonance*	3.4dB	4.3dB

* Dissipation at 1GHz

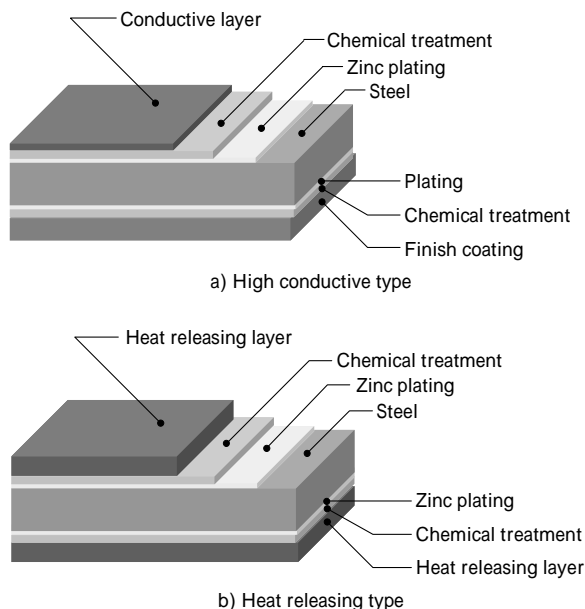


図 2 コーベデンジシールドの皮膜構造

Fig. 2 Coating structure of KOBEDENJISHIELD

後に皮膜を付与したものである。高導電タイプの皮膜は薄膜であり、電磁波の減衰に加えて、テスター法による表面抵抗値で20と低く抑えることにより重ね合せ部におけるシールドを高めている。放熱タイプの皮膜は、放射率を0.86とすることにより、電磁波減衰・シールド性に加えて放熱性も付与し、電子機器の内部温度を低減させる機能も合せ持たせている。

2.1 シールド性

シールド性は、電磁波により誘起された鋼板表面の電流が部品重ね合せ部で回り込むことを低減することにより高めることができる⁴⁾。この回り込みの低減は、接合部の接触抵抗を小さくすることで実現できる(図3)。

表1に示したように、コーベデンジシールドは皮膜を施された鋼板としては低い表面抵抗を有している。放熱タイプで一般の電気亜鉛めっき鋼板と同レベルであり、高導電タイプはノンクロメート処理された鋼板としては最も表面抵抗が低いレベルにある。

また、コーベデンジシールドは交流電流に対する抵抗(インピーダンス)も低い値を有しており(図4)、接合部のシールド性に優れることを示唆している。インピーダンスは、HP4194 インピーダンス/ゲインフェーズアナライザを用い、アジレント41941A/B インピーダンスプローブキットを鋼板表面に接触させて求めた。

これらの低い表面抵抗値は、図5に示すように高い電磁波シールド性となって機能する。比較に用いた導電性塗装鋼板は、30重量%のニッケル粉を含有する塗料を10μmの厚さで塗布したもので、テスター法による表面抵抗値が約1,000のものである。なお、シールド特性はKEC法⁵⁾により評価した。

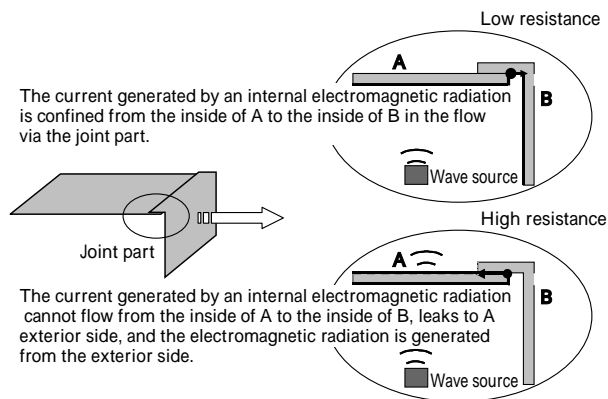


図 3 シールドの機構

Fig. 3 Mechanism of shielding

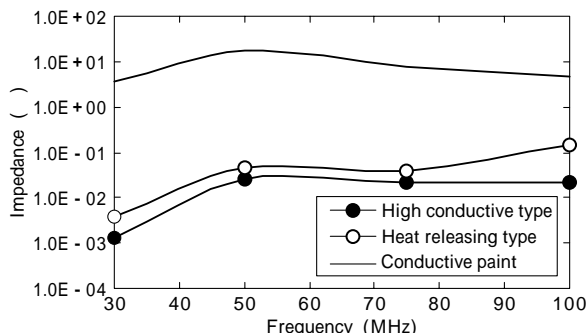


図 4 コーベデンジシールドのインピーダンス

Fig. 4 Impedance of KOBEDENJISHIELD

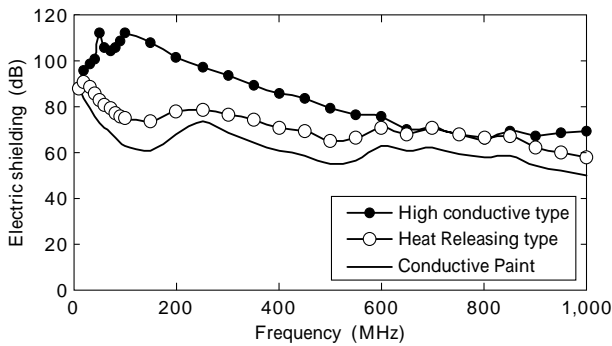


図5 コーベデンジシールドの電界シールド特性
Fig. 5 Electric shielding of KOBEDENJISHIELD

2.2 電磁波減衰性

コーベデンジシールドにおける電磁波の減衰は、電磁気エネルギーの熱への変換により実現している。この電磁波の減衰を共振特性により評価した⁶⁾。図6に示すような、直方体形状のきょう体内に、高周波ループアンテナを設置して磁界結合させるように構成し、この高周波ループアンテナをネットワークアナライザに接続したシステムにより評価を行った。ネットワークアナライザでは、周波数を掃引しながら電磁波を発生し、高周波ループアンテナを経由してきょう体内に入力(高周波入力波)するようにしている。そして、きょう体内からの高周波反射波は、観察値としてネットワークアナライザで検出した。

きょう体の共振周波数では、入力された電磁波が蓄積されるために、反射量が少なくなる特性が観察された(図7)。

このとき、きょう体における式(4)で求められる Q 値を計測すれば、きょう体内で蓄積されるエネルギーの大きさが分かる。なお、式(4)式から求められる Q 値は、周波数差 f と共振周波数 f_r から計算される。

$$Q \text{ 値} = \frac{f_r}{f} \dots\dots\dots(4)$$

式(4)から求められる Q 値が小さくなるほど、きょう体内で蓄積されるエネルギーが減ることを意味する。したがって、 Q 値が小さくなる程、きょう体から外部に反射される電磁界レベルも減ることになる。得られた Q 値を用いて、式(5)によってコーベデンジシールドの電磁波減衰性 A (dB)を算出した。

$$A = 10 \log \left[\frac{[EG]}{[KD]} \right] \dots\dots\dots(5)$$

ただし、[EG]:電気亜鉛めっき鋼板で構成したきょう体の Q 値、[KD]:コーベデンジシールドで構成したきょう体の Q 値、である。

共振周波数が430MHz, 1GHz, 1.6GHzとなるきょう体で測定したところ、いずれの周波数においても、高導電タイプでは3~4dB(1/1.4~1/1.6)、放熱タイプでは4~6dB(1/1.4~1/2)の減衰が観測された。

2.3 漏洩電磁波低減

コーベデンジシールドは導電性と電磁波減衰性を付与することにより、重ね合せ部での漏洩低減、きょう体内部での減衰に効果があることを確認した。つぎに、これ

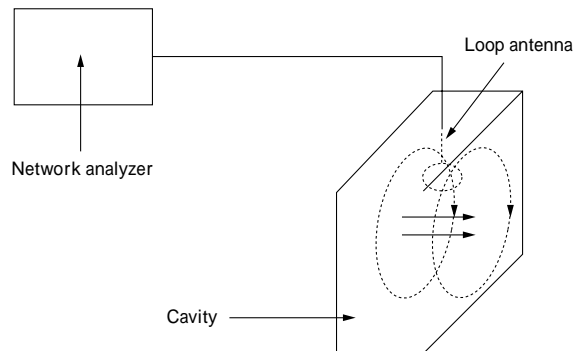


図6 空洞共振法による電磁波減衰評価
Fig. 6 Evaluation of electromagnetic wave attenuation by cavity resonance method

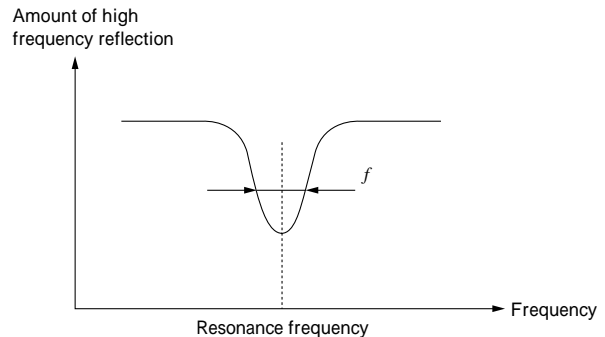


図7 共振周波数でのエネルギー蓄積
Fig. 7 Energy accumulation at resonance frequency

らの特性が電子機器製品における漏洩電磁波低減にどの程度寄与するかを市販のHDDを用いて確認した。このHDDの主要きょう体はアルミ製カバーと電気亜鉛めっき鋼板製シャーシとなっている。カバーには多くの放熱孔が設けられており、シャーシも開口部が多い構造となっている(図8)。

このシャーシに、ノイズ基板を設置してカバーを取付け、漏洩する電磁波を評価した。ノイズ基板は図9に示すように、200~1,000MHzの領域で10MHzごとに電磁波を発生する。

カバーおよびシャーシともに、コーベデンジシールド高導電タイプ、あるいは放熱タイプに置換えたときの漏洩電磁波の変化を図10および図11に示す。いずれも元のきょう体使用時の漏洩電磁波を基準(0dB)として、低減した場合にはマイナスとなるように表示している。高導電タイプで最大15dB(1/5.6)、放熱タイプで最大10dB(1/3)の低減が観測された。

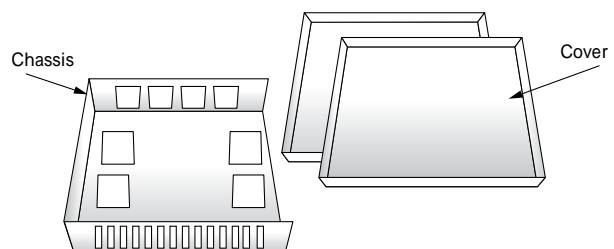


図8 ハードディスクドライブきょう体
Fig. 8 Hard disk drive case

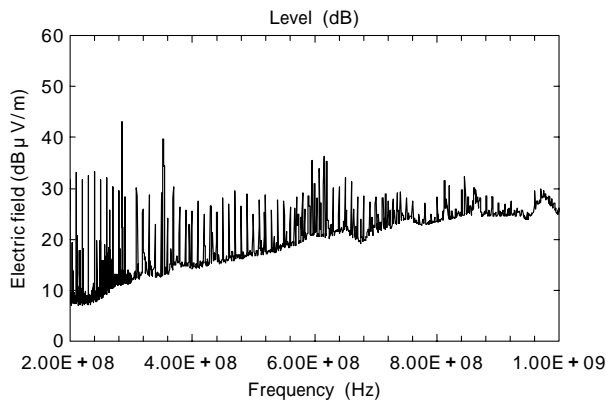


図9 製作したノイズ基板からの電磁波(水平偏波)
Fig.9 Electromagnetic radiation from the noise generator
(horizontal polarization)

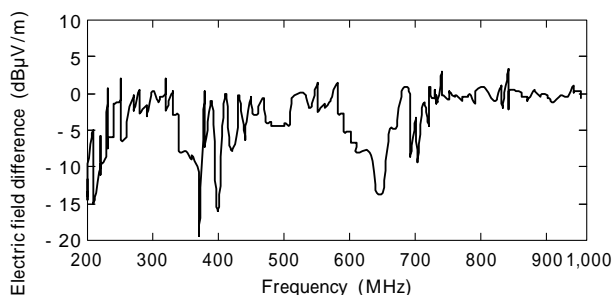


図10 コーベデンジシールド(高導電タイプ)の電磁波シールド効果
Fig.10 Electromagnetic radiation shield effect of KOBEDENJISHIELD
(high conductive type)

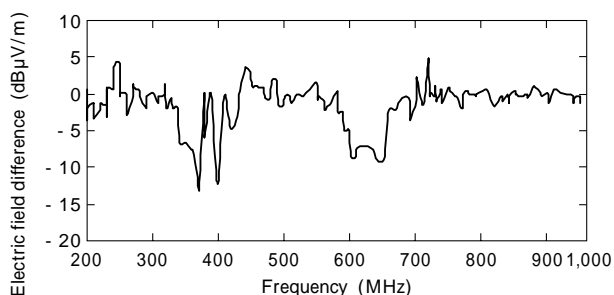


図11 コーベデンジシールド(放熱タイプ)の電磁波シールド効果
Fig.11 Electromagnetic shielding effectiveness of KOBEDENJISHIELD
(heat releasing type)

3. 実用上の諸特性

鋼板を電子機器などのきょう体として適用するにあたっては種々の特性が必要となる。コーベデンジシールドの実用特性を以下に示す。

1) 優れた電磁波シールド性

電子機器外部への電磁波の漏洩を低減することができ、当社耐指紋性鋼板比では5～10dB(1/1.8～1/3)の低減効果がある。

2) 放熱性を有する(放熱タイプ)

当社放熱性鋼板コーベホーネツと同等の放熱性を有し、密閉構造の内部温度を約5～10℃低下させることができる。

3) 導電性を有する

高導電タイプではテスター法で20Ω以下となる高導電性を有しており、優れたグラウンド(アース)機能も有する。

4) 良好な加工性

加工性としては、90度曲げ加工のほか、板厚にもよるがいわゆる密着曲げが可能である。さらに、表面硬度も高いレベルに設定されている。また、変形後の塗膜の密着性、耐衝撃性、表面の潤滑性も高く、プレス加工しやすい鋼板としている。

5) 耐食性

塩水噴霧試験(SST試験)120時間で白錆発生率は5%以下となっており、電子機器用途には十分な耐食性を有している。

6) RoHS対応品

六価クロム他、RoHS規制物質を含んでいない。

7) 表面外観、意匠性に優れている

塗膜の意匠を選択することができる。

むすび=コーベデンジシールドを薄型テレビ、HDD、カーナビ、複写機など各種電子機器のきょう体やシャーシなどに使用することにより、一般の電気亜鉛めっき鋼板や塗装鋼板に比し、漏洩電磁波を5～10dB(1/1.8～1/3)低減することが可能である。さらに、放熱タイプでは密閉構造のきょう体において内部温度を5～10℃低減させることが可能である。

コーベデンジシールドは一般的な電磁波対策部品での対応が難しいといわれている高周波数領域でも漏洩電磁波低減効果が確認できており、CPUの高速化、複合機能化、ガasket・フェライトコアなどの電磁波対策部品の省略、などの効果が見込まれ、装置設計の自由度が増すとともに、コスト低減、高速化・高機能化への対応が可能となる。

参考文献

- 1) 平野康雄：R&D 神戸製鋼技報, Vol.58, No.2(2008) p.102.
- 2) 平野康雄：第186・187回西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会(2005) p.191.
- 3) D. R. J. White et al.: Electromagnetic Shielding, Interference Control Technologies, Inc., Virginia USA(1988) 1.39.
- 4) 原田高志：1993年電子情報通信学会秋季大会 SB-3-1(1993) 2-492.
- 5) <http://www.kec.or.jp/menu2/6.htm>
- 6) 中島将光：森北電気工学シリーズ3 マイクロ波工学 - 基礎と原理 -, 森北出版株式会社, (1975) p.159.