

(解説)

放熱性 , 導電性に優れた表面処理鋼板「コーベホーネツ[®]」

KOBEHONETSU Coated Steel Sheet: Significant Heat Releasing Capability and Surface Conductivity



平野康雄* (Ph. D.)
Yasuo Hirano, Ph. D.



渡瀬岳史*
Takeshi Watase



清水正文*
Masafumi Shimizu



満田正彦** (工博)
Dr. Masahiko Mitsuda

Recent developments in high performance electronic equipment have increased the heat generation of inner precision components including IC's. A solution to this problem is important. In order to contribute to the solution of this problem, Kobe Steel developed a new steel sheet, KOBEHONETSU, which can release 7 times more heat than the conventional electro-galvanized steels. Using this steel, the inside temperature of a closed cabinet of electronic equipment was reduced by about 10%.

まえがき = 近年、電子機器や家電製品の高性能化に伴って、IC や半導体、モータなどの発熱量が大きくなる傾向にある。これにより、機器内部の温度が上昇し、IC などの精密部品の耐熱性、寿命が問題となって、高性能化の阻害要因になりつつある。この発熱量の増加に対応するために、筐体素材に熱伝導率の高い材料の使用、放熱部品（ヒートシンクなど）の設置、ファンによる強制排熱や装置に穴を開けて内部の熱を自然放散する、などの対策がとられている。しかし、これらの対策は素材コストや加工費・部品点数の増加、気密性や電磁波シールド性の低下などの問題を生じている。

当社は、これらの問題の解決に寄与することを目的として、従来の電気亜鉛めっき鋼板に比べて7倍以上の放熱性を持つ鋼板「コーベホーネツ」を開発した。本稿では、この「コーベホーネツ」の特徴および、この鋼板を用いて筐体内部の熱を効率的に放散させる技術について解説する。

1. 熱放射による伝熱

熱が伝わるメカニズムには、熱伝導、対流伝熱、熱放射の3形態があることが知られている。筐体内部の熱の放散に、各伝熱形態をどのように利用するかを以下に考察する¹⁾。

熱伝導における伝熱量は、熱が伝わる経路の面積、材料の熱伝導率、温度差、熱が伝わる距離によって決まる。熱伝導を高めようとするとき、まず、熱伝達経路の面を大きくとること、例えば、金属板の熱伝導を利用する場合は厚さを増すことが挙げられる。さらに、アルミニウムのような熱伝導率の高い材料を用いる、あるいは熱伝達経路を短くする手法を取ることになる。

対流伝熱における伝熱量 Q は、空気の流量、空気の比熱 C_p 、温度差で見積もることができる。

$$Q = mC_p(T_h - T_l) \dots\dots\dots(1)$$

ここで、高温部の温度は T_h 、低温部の温度は T_l である。対流伝熱を高めようとするとき、空気の流量 m を大きくする、例えば、開口部の面積を大きくする、また、開口の個数を増やす、あるいは強制排気という手法を取ることになる。

次に熱放射で伝わる熱量を、図1のような半円筒状で、内側から発熱体、筐体材料、外部空間の順に配置されている計算モデルを用いて考える²⁾。発熱体の放熱面を、筐体材料の内面を、外面を、外部空間面をとし、また、それぞれの面の面積を A_1, A_2, A_3, A_4 、放射率を $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ とする。熱伝導と対流による伝熱を無視すると、発熱体から筐体への放射熱 Q_{12} (W)は次式で表すことができる。

$$Q_{12} = \frac{A_1 (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} \dots\dots\dots(2)$$

また、筐体から外部空間への放射熱 Q_{34} (W)は、

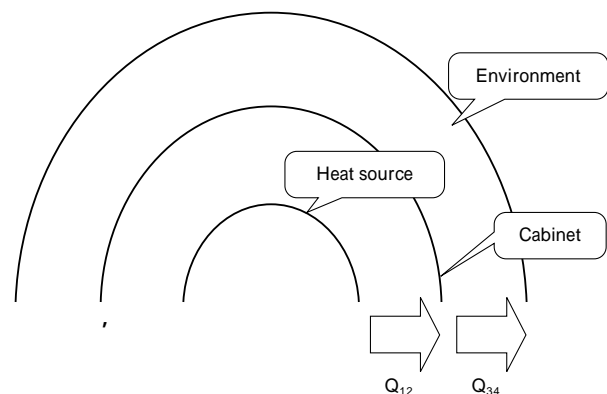


図1 熱放射の計算モデル
Fig. 1 Calculation model for thermal radiation transfer

* 鉄鋼部門 加古川製鉄所 技術研究センター ** 技術開発本部 機械研究所

表 1 各種金属材料の放射率

Table 1 Emissivity of various metallic materials

Materials	Emissivity
Mild steel	0.05
Stainless steel	0.10
Aluminum	0.03
Copper	0.03
Electro-galvanized steel	0.04
Electro-galvanized steel with anti-finger print property	0.12

Note : Emissivity is the average value of wave length between 4.5 - 15.4 μm.

$$Q_{34} = \frac{A_3 (T_3^4 - T_4^4)}{\frac{1}{\epsilon_3} + \frac{A_3}{A_4} \left(\frac{1}{\epsilon_4} - 1 \right)} \dots\dots\dots (3)$$

と表すことができる。ここで、ステファン・ボルツマン定数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} (W/m^2 K^4)$ 、温度 T は絶対温度 (K)、 A は面積 (m^2) である。

式 (3) において、外部空間が非常に大きい、すなわち $A_4 = \infty$ とすると、単位面積当たりの放熱量 Q_{34} / A_3 は、 $Q_{34} / A_3 = \epsilon_3 (T_3^4 - T_4^4) \dots\dots\dots (4)$ となり、筐体温度と外部空間の温度に変化がなければ、放熱量は放射率に比例する、すなわち筐体材料の放射率が高くなると放熱量が増加することがわかる。ところが、筐体材料としてよく使われる金属材料の放射率を表 1 に示すが、一般に小さい値である。また、電子機器の筐体に特によく使われている亜鉛めっき鋼板なども小さい値であり、現在使われている筐体材料による熱放射は、機器内部の熱の放散に十分には活用されていないことが推定される。

筐体材料の放射率の違いによる放熱量の変化を見積もるために、 $T_3 = 50$ 、 $T_4 = 23$ を仮定し、放射率が 0.12 と 0.8 の筐体材料を用いた場合の伝熱量を、式 (3) を用いて計算した。すると、放射率が 0.12 の筐体を用いた場合は 22 (W)、放射率が 0.8 の筐体を用いた場合は 150 (W) となる。すなわち、もし筐体に電気亜鉛めっき鋼板が使われている電子機器において、鋼板の放射率を 0.8 程度に高めることができれば、放熱量が大きく増加することが期待される。本稿で紹介する「コーベホーネツ」は、このような考えに基づき、高い放射率を鋼板に持たせることで放熱量を増やすことに着目した鋼板である。

2. コーベホーネツ

図 2 に放射率を高める処理をほどこしたコーベホーネツの構造を示す²⁾。まず、鋼板の表面に亜鉛めっきをほどこし、耐食性を付与している。さらに、亜鉛めっきと放熱性皮膜との接着性を持たせるための下地処理をほどこし、最表面に放熱性の皮膜を処理した構造としている。また、放熱性皮膜は鋼板の表裏両面に処理されている。

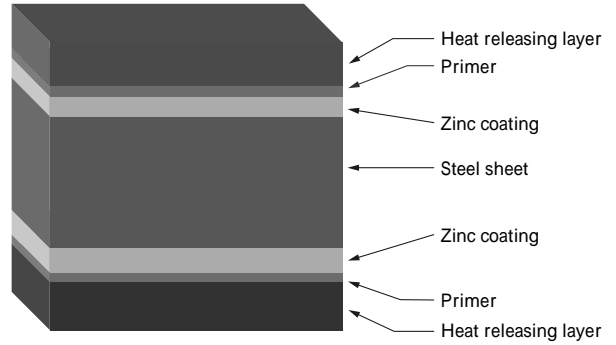


図 2 コーベホーネツの皮膜構造
Fig. 2 Coating structure of KOBEHONETSU

これは、式 (2) および (3) における ϵ_2, ϵ_3 の両方を大きくすることに相当するが、内部の熱を効率よく吸収して、外部に放出できるようになる。「コーベホーネツ」では、このような表面処理により、表裏両面の放射率を 0.86 まで高めることが可能となった。

3. コーベホーネツの放熱特性

機器筐体の放熱性を向上させることにより、機器内部空間の温度を低下させ、熱に弱い部品を保護すること、あるいは IC などの発熱体自体の温度上昇を抑えることによる安定動作が期待される。ここでは、機器内部空間の温度が、筐体材料の放熱性を向上させることによりどの程度低下させることができるかを評価した結果を紹介する。図 3 に評価装置の概略図を示す²⁾。熱源には、長さ 130mm、幅 100mm の熱板を 140 °C の一定温度になるようにコントロールしたものをを用いた。側面の壁は断熱材にして、評価する筐体材料サンプルを上蓋となるように置いている。熱源から、高さ 10cm のところの温度を T_1 として、この温度で材料の放熱性の効果を評価した。なお、 T_1 の温度を測るセンサは、熱源からの熱輻射に直接曝されないようにした。

評価した筐体材料は、1) コーベホーネツ (放射率: 0.86)、2) 電気亜鉛めっき鋼板 (放射率: 0.04)、である。板厚はいずれも 0.8mm である。図 4 に、加熱を開始してからの時間を横軸にとり、縦軸には装置内部中央の温度 T_1 をとった結果を示す。コーベホーネツを用いることにより、電気亜鉛めっき鋼板に比べて、内部温度の低下が 6 °C 以上となることが示された。

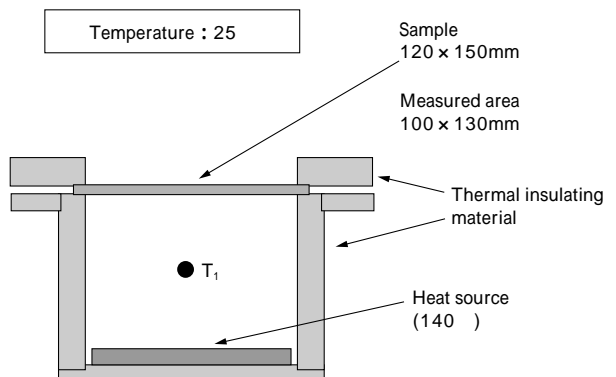


図 3 放熱性評価装置概略図
Fig. 3 Evaluation method of heat releasing properties

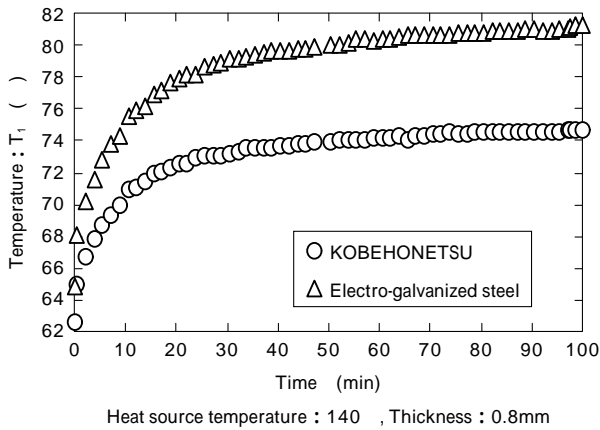


図4 コーベホーネツの放熱性(熱源温度が一定時)
Fig. 4 Heat releasing behavior of KOBEHONETSU (at constant heat source temperature)

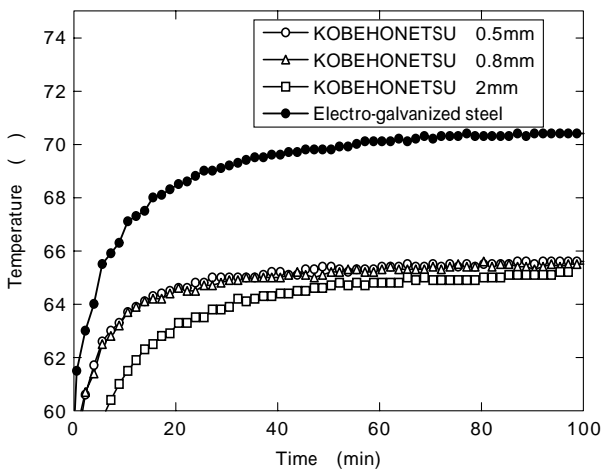


図5 放熱性におよぼす板厚の影響
Fig. 5 Effect of sheet thickness on heat releasing property

図5には、コーベホーネツの板厚を変化させたときの機器内部温度の変化を示している(熱源温度:120)。板厚の高いコーベホーネツでは、立ち上がりの初期は、熱容量が大きいためわずかに温度が低くなっているが、時間の経過とともに、内部温度はほぼ等しくなった。放熱性が表面によって決まる特性であることを示す一つのデータともなっており、筐体剛性などのほかの必要性能から板厚を選ぶことが可能であることを示している。

4. 実用上の諸特性

コーベホーネツを電子機器などの筐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。コーベホーネツは、高い放熱性に加えて、(1)導電性を有しアースがとれる、(2)加工性に優れ、保護フィルムなしで曲げ・絞り・張出し加工などが可能である、(3)環境負荷を考慮したクロメートフリー組成である、(4)意匠性を有する、などの実用特性を有している。図6に加工例を示すが、電子機器筐体に必要とされるさまざまな加工が可能である²⁾。

5. 熱シミュレーションによる放熱効果

放熱試験結果、放射率のデータを熱シミュレーションで補完することにより、製品形状での放熱効果の推定、熱伝導や対流による放熱が同時に起こる複雑な状況での温度降下、エネルギー放散量などを見積もることができ、機器の熱設計上有用な指針を得ることができる。

ここでは、図7に示すようなモデルを用いた²⁾。シミュレーションは、伝熱の三つの形態である放射、熱伝導、対流を全て考慮に入れた定常状態でのものである。ソフトはFluent Inc.のFluent[®]を用いた。

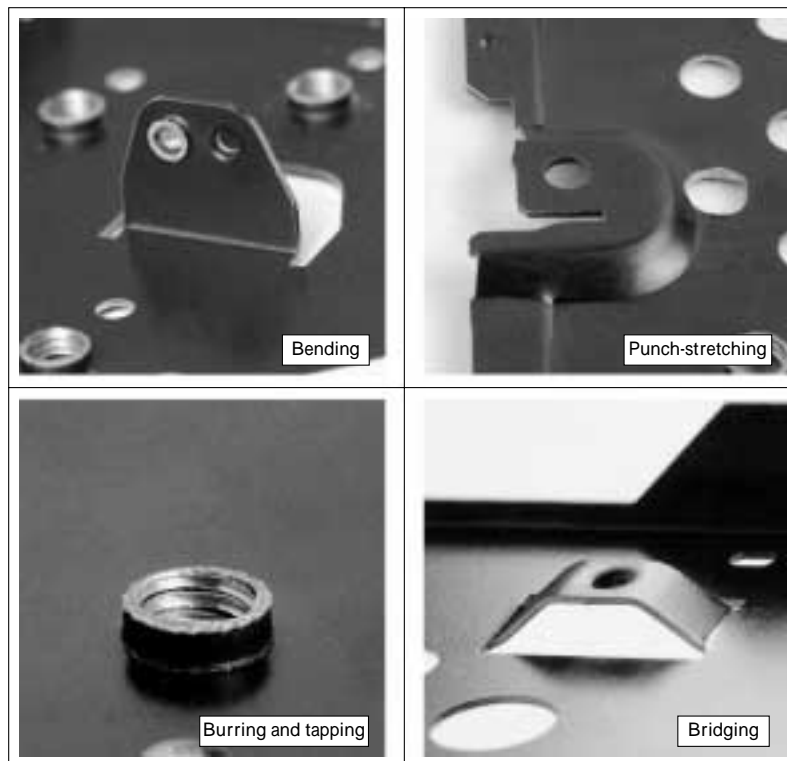


図6 コーベホーネツの加工例
Fig. 6 Forming examples of KOBEHONETSU

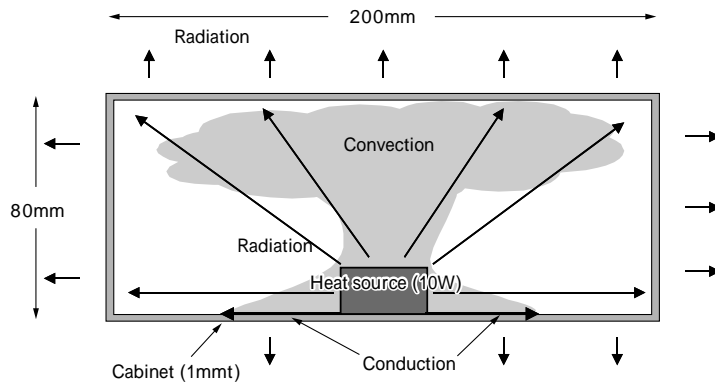


図7 シミュレーションモデル
Fig. 7 Simulation model

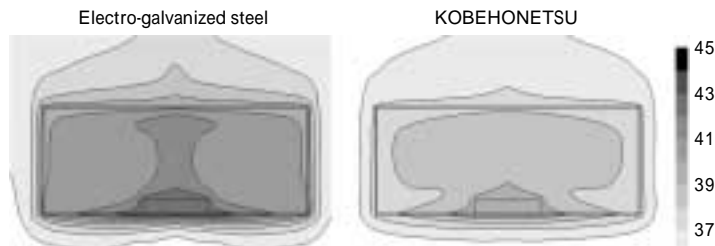


図8 亜鉛めっき鋼板とコーベホーネツの放熱性比較

Fig. 8 Comparison of heat releasing capability of electro-galvanized steel and KOBEHONETSU

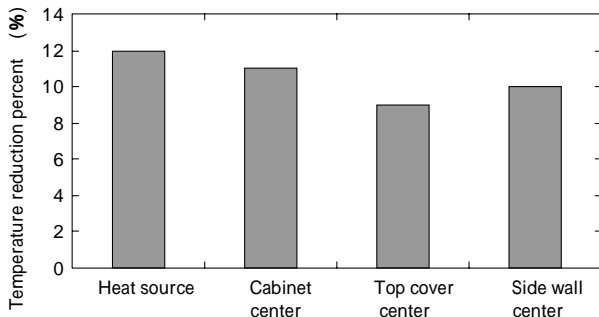


図9 コーベホーネツによる亜鉛めっき鋼板からの温度低下

Fig. 9 Temperature reduction rate by KOBEHONETSU compared with an electro galvanized steel

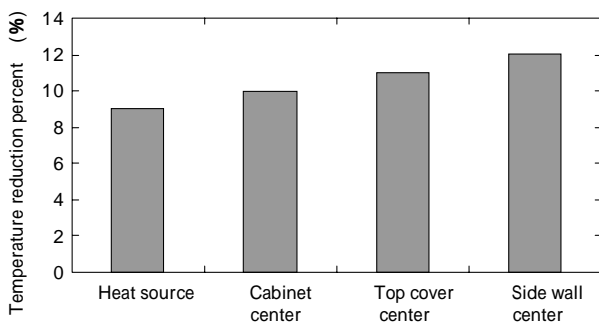


図10 コーベホーネツによるアルミからの温度低下

Fig.10 Temperature reduction rate by KOBEHONETSU compared with an aluminum sheet

図8および図9に、外気温を30としたときの電気亜鉛めっき鋼板とコーベホーネツを比較した結果を示す。コーベホーネツに代替することによって、発熱体中央、機器の中央、トップカバーの中央、側面の中央、いずれも約10%、温度が低下することが示された。なお実際の電子機器製品においても、ICなどの発熱体や内部空間

の温度が同程度低下することが実証されている。

図10は、アルミと放熱性鋼板の比較を示す。ここでも、コーベホーネツに代替することによって全体に温度が下がっていることがわかる。

これらのほかにも、機器の形状・熱源配置が変わった場合でも、放熱性鋼板は効果を発揮することが示された。また、雰囲気温度が変わっても、放熱性鋼板は有効であることも示された。

むすび=コーベホーネツを用いることにより、電子機器内の温度を下げるができるため、モータの容量アップといった更なる性能向上、他方では、冷却ファンレス、あるいは放熱フィンなどの省略などのコストダウンにも貢献できると期待している。

これまでにコーベホーネツの性能が認められ、採用された例、あるいは現在採用が検討されているものに、DVD機器のトップカバー、カーナビのヘッドユニットの筐体、HDDのトップカバー、PDPのバックパネルなどがある。実製品においても、ファンレス化が実現され、コストダウンに貢献したケースもある。

参考文献

- 1) 日本機械学会編：伝熱工学資料（改訂第4版）（1986），丸善株式会社。
- 2) 平野康雄ほか：表面技術，Vol.54, No.5（2003）p.20.