綜 説

ハ ー メ チ ッ ク シ ール

池 田 豊*

(昭和34年5月11日受理)

Hermetic Seals

Yutaka IKEDA

(New Nippon Electric Co. Ltd.)

1. 緒 言

ハーメチックシールとは、電気機器部品等を気密容器の中に密閉する場合の導入端子等に用いられ、ガラスと金属のシールにより完全気密を保持するためのものである。

電気機器若くはその部品、或は測定装置等の正確な動作と高度の安定性を保証し、外界の湿気や機械的衝撃から保護するためには、之を容器の中に密閉し、場合によっては之を真空中に排気することが必要であるが、ハーメチックシールはこのような機器を容器外に電気的に接続するために最も理想的なものとして開発されたものである。

ハーメチック (Hermetic) とは辞書によれば、「密閉した」という訳語が見出されるから、ハーメチックシール (Hermetic Seal) とは「密封」ということになる。また「熔着によつて完全に密閉し、気密を保持できるもの」とも定義されている。

なお、ハーメチックシールは一般に気密端子として使われるもので、ガラスがその絶縁を保持している構成材料であるから、通常硝子端子と称している。

2. 密 閉 端 子 の 変 遷

電気機器などを密閉する方法としては、初期には樹脂、ワックスなどの絶縁物で含浸して罐などに入れる方法がとられ、またゴムの端子を用いて密閉することが行われて来た。しかしこれらは気密の点、また耐熱性、耐油性などに欠点がある。

ついでフェノール系モールド端子が発達したが、これも耐熱、気密の点で不満足なことを免れない。一方陶磁器などの端子が廉価なためにコンデンサーなどに広く用いられているが、気密性が保証され難いものが多い。

電子管製造のため研究されたガラス封入方法を基礎技術として完成されたガラス端子即ちハーメチックシール

*新日本電気株式会社 大津工場 特定部品課長 工学博士

の出現によつて、これまでの端子の欠陥を補つて、今では最も進んだ密閉端子として、電子工業界や真空工業界に用いられるに至つた。

3. 構造、材料および製造方法

ハーメチ

ックシール

の典型的な

形状は第1

図に示すよ

うに、一般

に中央の金

属導体のリ

ードと外周

の金属リン

グとの間が

ガラスで絶

縁されてお

り、各々の

金属とガラ

スの間が特

殊な金属酸

化物の薄層

を中間膜と

した完全気

密シールが

なされている。

外周の金属

リングが夫

々の用途に

応じて、パ

ネル、ケー

スまたはキ

ャップに半

田付などで

とりつけら

れ、容器内

の気密を保

持するわけ

である。

この金属と

ガラスの封

着は大別し

て2種のタイ

プがある。第

2図に示す

様に広い温

度範囲で熱

膨脹特性が

よく一致し

ているコバ

ール合金と

コバール封

着用ガラス

を用いたいわ

ゆるマツチ

ングタイ

プと、こと

さらに

第1図 ハーメチックシールの形状

第2図 コバールとガラスの熱膨脹係数

熱膨脹特性に差のある特殊の金属とガラスの組合せにより、強化ガラスと同様の原理に基づくコンプレッションタイプのものとがある。

この製造に際して、ガラスと金属の封着は多ヘッドの回転自働封着機(第3図)により酸素を混入したガスバーナーで加熱封着して成形する方法と、コンベヤ式の電気炉(第4図)により非酸化性雰囲気のもとで連続的に加熱封着する方法とがある。

第3図 多座自働封着機

第4図 コンベヤ式自働封着炉

封着を終えた後、使用する際の便宜と、使用するまでの防錆の目的をもつて、金属部分の表面に半田薄膜被覆、若くはニッケル、錫等の鍍金による仕上を行う。

4. 性 能

ハーメチックシールはガラスと金属の間の強い熔着と、使用している特殊なガラスの性質に基いて、一般に次に述べるような性能および特性を持っている。

(1) 気 密 性

ガラスと金属のなじみによつて真空中に対しては完全な気密を保ち、また容器中にガスなどを充填しても漏出することはない。

気密性の検査はヘリウムによる質量分析型リークデテクターの検出限界である 10^{-7} mmHg・cc/sec 程度の高精度で真空漏洩のないことが保証される。しかし簡単な方法としては、空気或はガス加圧による気泡試験、若くは特殊の着色液体による浸透試験法、あるいは蛍光探傷法によつても、実用的には充分検知することができる。

(2) 耐熱衝撃強度

ガラスと金属はその熱膨脹係数が一致していても、両者は熱伝導が甚しく異なるため、温度の急変を受ければ両者間に応力を生じ、過度の場合はガラスが破壊される。ハーメチックシールは一般に次のような熱衝撃試験に耐える。

- i ドライアイスとアルコールの溶液(-65°C)に浸漬後沸騰水中に投入する。
- ii 室温より 270°C の熔融ハンダの中に投入し、続いて常温の植物油中に浸漬する。

また -65°C より $+85^{\circ}\text{C}$ までの加熱冷却を繰返す温度サイクル試験も、耐熱性保証の一つの基準となっている。

(3) 電 気 的 特 性

a) 絶 縁 性 ハーメチックシールに使われているガラスの体積固有抵抗は総て常温で $10^{13}\Omega\text{cm}$ 以上、表面抵抗は大気条件によつて異なるが、湿度40%以下では $10^{11}\Omega/\text{cm}^2$ 以上ある。

ガラスの表面にシリコンの特殊処理を施し、その単分子の薄膜層でコーティングすることにより、絶縁性能を向上し、湿度の増加による絶縁性の低下を防ぐことができる。

ハーメチックシールは一般に常温常湿に於て10万M Ω 以上、温度 40°C 湿度90%に於ても絶縁性はあまり低下せず、1万M Ω 以上を保持する。表面を清浄にした状態に於て100万M Ω 以上の絶縁抵抗をリードと外輪の間に持っている硝子端子もある。

b) 耐 電 圧 形状によつて異なるが一般に常温常湿に於て1000Vないし3000Vのピーク電圧に耐え、特殊の設計のもので

1万Vないし2万Vの高い電圧に耐えるものもある。

電極間隔と耐電圧との関係は第5図の如くである。他種の端子に比して、小型でかなり高い耐電圧を持っていることが、硝子端子の一つの特長でもある。

第5図 電極間隔と耐電圧

c) 電流容量 リードの直径 1mm につきコパールの場合で約 5 A で、種類によつて電流容量 1ないし 30 A の種々なものがある。

リードの材質とリード径による電流容量の値を第 6 図に示す。マッチングタイプのもは一般にコパールリード、コンプレッションタイプのもは鉄ニッケル合金のリード、また一部には鉄のリードのものもある。パイプ

第 6 図 リードの直径と電流容量

リードのものはその中に銅線を通して夫れを導線とするから、銅の電流容量の曲線に基いて計算することができる。

d) 静電容量 端子の種類および形状によつて、0.2ないし $2.0\mu\text{F}$ の種々のものがある。

e) その他 ハーメチックシールに用いているコパールガラスの誘電率は 1 メガサイクルで約 5、コンプレッションシールに用いるガラスの誘電率は約 6.5 である。この値は温度 100°C までは大きな変化はない。

誘電体率は 1 メガサイクルにて約 20×10^{-4} 程度である。

(4) 機械的強度

常温に於てガラス自体の抗張強度は約 7kg/mm^2 の値を示し、封着体に於ては 1kg/mm^2 が一般に安全の範囲とされている。また圧縮強度は抗張強度の約 10 倍ある。ガラスに不規則な歪があると強度が著しく弱まるから、ハーメチックシールの製造工程に於ては、その熱処理に特に厳密な注意が払われている。

一般に硝子端子のリードの引張強度は 1.5 kg 以上、振りは 5kg-mm 以上に耐える。またリードの直径が 0.5 mm 以下の細いものでは、リード自体の折曲げによる折断を保証するため、標準重量 450g をリードの端にかけ、

90° 片側折曲 3 回以上を規格とした屈折試験に合格することが必要条件となつている。

ハーメチックシールで特に高い圧力の許で使用されるものについては、水压若くは油圧試験が行われている。一般に小型のもので 5kg/cm^2 以上の内外圧差に対して異常を認めず、また特殊に設計されたものでは 50kg/cm^2 程度の高压の箇所に使用することのできるものもある。

(5) 耐久性

長期間の保存に対してもガラスは変質することなく、表面が風化したり、また表面に菌類が生成したりすることはない。気密シールにゴム等のパッキンや有機物其他の接着剤等を使うのに比して全く優れた特長である。従つてハーメチックシールによる封止によれば、内容物の性能は永久に保持することができる。

5. 種類と用途

(1) 単一リード端子

外周がハトメ状の金属輪でできており、内側に 1 本のリードを有するハーメチックシールの端子で、コンデンサー、トランス、リレー、フィルター等のケースの上蓋に数個ないし数 10 個ならべて使用されるのが普通である。

通常用いられるものは金属輪の直径で 3mm から 10 mm 位まで、またリードの径は 0.5 mm から 2mm 位までで、特殊のものはさらに大型のものもある。

リードは無空のものと、中空のパイプを用いたもの

とがある。容器の内容積が極度に小さい場合は、内部で端子へのハンダ付けが困難であるから、その中空を利用して中からリードを引き出し外でハンダ付けをすることができる点が中空リードの利点といえる。

単一リード端子は第 7 図に示すようなもので、一般通信機用、航空機用、兵器用、又は真空装置、測定装置等多方面の用途が次第に広く開拓されつつある。

(2) ボタン状端封じ端子

扁平な円盤状の端子で、中央に短いパイプ状のリードがある。チューブラーコンデンサーがその主な用途で、抵抗などにも用いられる。第 8 図に示す様な形状で、大きさには直径 4 mm 以下のものから、25 mm 位のもの

第 7 図 単一リード端子

まで種々あり、またリードに外部接続を容易にするための端子板のついたものもある。

同様の形状で2本のバイブリードを持ち、熱電対などを密閉容器の中より引き出すのに好適のものもある。

(3) 多リード端子

1個の端子に数本ないし20本程度までの多数のリードを持つているもので、特に小型で極数の多いリレー・トランス等に用いられ、一般通信機は勿論、特に容積の点で極端な制限を受ける航空計器用等には不可欠のものである。

第9図 多リード端子（オールガラスタイプ）

多リード端子はその構造によつて、オールガラスタイプとオールメタルタイプとに分類される。第9図はオールガラスタイプの多リード端子を示し、金属輪の中に封じられた一つのガラス体の中に多数のリードがシールされており、比較的小型で多くのリードを引き出す場合に用いられる。第10図はオールメタルタイプのもので、夫々のリードが金属外輪の別々の穴に独立にシールされているタイプで、或程度機械的強度を要求される場合に適當である。

多リード端子にはプラグインタイプのももある。ソケットに差込むことによつて、導線を接続する際にハンダ付けをすることなく、真空管等と同様簡単に使用することが出来る。

第8図 ボタン状端封じ端子

多リード端子は、その構造によつて、オールガラスタイプとオールメタルタイプとに分類される。第9図はオールガラスタイプの多リード端子を示し、金属輪の中に封じられた一つのガラス体の中に多数のリードがシールされており、比較的小型で多くのリードを引き出す場合に用いられる。第10図はオールメタルタイプのもので、夫々のリードが金属外輪の別々の穴に独立にシールされているタイプで、或程度機械的強度を要求される場合に適當である。

第10図 多リード端子（オールメタルタイプ）

(4) トランジスター容器

トランジスターは通常のアロイ、グロンいずれのタイプのものでも、またパワートランジスター、フオトランジスター等もすべてハーメチックシールの容器に収納されている。この気密容器がトランジスター製造に欠くべからざる要素で、一つの生命となつている。

トランジスターのケースは直径0.45ないし0.5mmの2本ないし4本のリードを有するヘッダーにカンを附属しており、第11図にその数例を示す。その形状は歴史的にもまたトランジスターのメーカーによつても色々のものが用いられている。

一般的に従来は小判形のものが国内では多く用いられていたが、最近は順次小型化し、而も丸型に変つていつている。この傾向は米国に於ても同様である。

第11図 トランジスター容器

一方高出力のパワートランジスター等は小型のハーメチックシールを銅製のベースにうめ込んだ大型のものも用いられる。

ヘッダーにカンをかぶせる際の気密保持のためには、最も手軽な方法は半田付けであるが、嵌合による方法、プロジェクションウエルディングの方法等も採用されている。

(5) クリスタル容器

水晶発振子、共振子を収納するハーメチックシールの容器で、中の水晶振動子の大きさと種類によつて、その形状および大きさに色々ある、第12図はその数例を示したもので、いずれも水晶片を保持するためのサポートがついている。

従来は水晶振動子はガラスシールのもの、プラスチックシールのもの等も多く使われていたが、性能の高いものはすべてハーメチックシールの容器が用いられるようになった。

第12図 クリスタル容器

(6) ダイオードおよび整流器の容器

ダイオードおよびレクチファイヤーの容器として最適のもので、また小型抵抗体等の気密シールにも使用することができる。

第13図に示すごとくガラス円筒の両端を金属でシールしたものや、セラミックで絶縁したものもあり、また整流器のケースとしては図の上方の3ヶの如きものが主として用いられる。

第13図 ダイオードおよび整流器の容器

(7) 冷凍機用端子

最近の冷凍機は家庭用冷蔵庫、ルームクーラー、アイスクリームストッカー等をも含めてフロンガス冷凍ユニットが密閉されたケースの中に納まつていて、モーターもその中から外部にリードを曳き出して作動するように設計されるようになった。

従来このリード曳き出しはゴムパッキングによるシールが一般に行われて来たが、米国では殆どハーメチックシールの端子に置きかえられており、我国でも順次採用されつつある。

第14図には冷凍機に使用される各種の端子を示す。容器への接続もウエルディングの方法が米国では普及しているが、わが国では現在半田付けの方法と両方が試みられている。

第14図 冷凍機用端子

(8) 特殊端子

硝子端子は上記各品種の外、種々の特殊形状若くは特殊規格のものがある。

第15図にそれらの数例を示す。その二三を説明すると、通常ANコネクターと称せられる図のAに示

第15図 特殊端子

すような端子は、リードの数が数本のものから20本以上あるものまで広く使われている。図Bは小型の同軸ケーブル用端子で金属外輪と内部リードの中間に両側をガラスで絶縁された金属輪があり同軸の3極を曳き出すことができる。本品は京都大学の化学研究所に納入されたものであるが、工業用にも有効に使用することができると思われる。図Cは特に高耐電圧用として設計されたもので、常温常湿で2万ボルトの耐電圧を持っている。これは原子力研究所に納入されたもので、今後その方面でもハーメチックシールが広く使われ、研究に役立つものと期待される。

ハーメチックシールはガラスと金属で作得る限りのあらゆる形状、あらゆる大きさのものを作成し、益々応用の広がる真空装置や、小型化を切望される電子工業の部品に対して研究開発がつづけられている。

(9) 複合端子

パネルに多数の端子を予め植付けた複合端子を使用すれば、1本1本の端子の半田付の手数が省け、極めて便利に活用することができる。パネルの周辺を容器につける場合、半田付でなく電気溶接などの方法を必要とする場合には、中の個々の端子のパネルへの取付けには、特に高熔融点の半田若くは金属鋳を使用して作成することができる。

(10) ガラスウインドウ

密閉容器の中を覗き見るためには、ハーメチックシールによつて作られたガラス窓がある。第16図Aはその2例を示したもので、真空操作を必要とする密器や各種実験設備に用いて極めて有効である。

第16図 ガラスウインドウおよびガラス金属接手

(11) ガラス金属接手

ガラスと金属のパイプを接続する方法は従来よりいわゆるカッパースीलと称せられるものが普及している。この接手は銅管の端を薄く削りその部分にガラスを融着して作成したもので、銅薄板の可塑性を利用してガラスが破壊されないように作成されたものである。

現今の理想的なガラス金属接手は、完全に熱膨脹係数の一致したコパールと特殊硬質ガラスとの熔着による接手で、熱的には勿論機械的にも強く、サイズも任意のもの

のできる。また適当な中間ガラスを用いてパイレックスガラス管等に接続することのできるものも作成されている。第16図Bがその1例である。

6. 使用 方法

ハーメチックシールは容器にとりつけて中の電気機器の電極を器外に接続するためのものであるから、その容器への取付けが容易且安全になされねばならない。

(1) 半 田 付 け

ハーメチックシールの金属外枠およびリードは通常予め表面を半田仕上げ若しくは錫メッキ等を施してあるから、容器への半田付けは極めて容易に行われる。従つて通常殆んどの場合半田付けの方法が採用される。

半田は一般に 67 対 37 比のいわゆる共融半田が最も多く使われるが、半田付けした板を更に容器に半田付けするような場合に始めの半田が融けて形がくずれたりとれたりすることを防ぐために高温熔融半田が使われることがある。たとへば銀鉛合金で 2.5 対 97.5 比のものなどもその 1 例である。

半田付けの際のフラックスとしては松脂を使用することが望まれる。塩化亜鉛などの酸性のフラックスは電気伝導が大きくなり、且つガラスの表面から除去することが甚だ困難であるから好ましくない。尚最近フラックスとしてソルダーライトその他種々のものが売出されている。

半田付の際の加熱のためには、通常半田鋺が用いられるが、先を円筒形その他ハーメチックシールの形状に応じた加工を施したものをを用いると結果がよく均一に作業することができる。

その他ガスバーナーで直接端子を軽く熔る方法、トンネル式電気炉で連続的に加熱する方法、赤外線ランプによる方法などがあり、またトランジスターやクリスタルのキャップ付けには、ヘッダーとキャップの嵌合部に挿入したリング状半田を外部から高周波によつて加熱し、夫れ自体の発熱によつて半田を熔かし融着する方法が実用されている。

(2) 鋺 付 け

ハーメチックシールは金属鋺付けによつても容器へ接続することができる。金属鋺付けは作業の際ガラスの軟化温度以上の温度が必要であるから、加熱を金属部分のみに止め、ガラス部分を空冷もしくは水冷しつつ作業することが必要である。鋺付け法を用いんとする場合はハーメチックシールは予め金属部分の冷却がよい様に、そ

のパスを長くするか、或は冷却のための特殊設計を必要とする。

鋺付けには銀鋺、銅鋺が用いられ、容器の蓋を更に本体にウエルドする場合など、あとで高温に晒される場合等半田付けでは工合の悪いときに普通に採用される。

(3) 熔 接

ハーメチックシールの金属外輪と容器とを電気熔接によつてつける場合があるが、この場合は熔接条件、熔接時間のコントロールが最も大切な要件である。電気熔接の通電時間は 1/10 秒 以下という短時間が採用され、また小型のものの場合には 1 サイクル位が適当である。冷凍機用端子はリングウエルドが最も進んだ方法として米国では専ら普及しており、我国でも漸次採用されつつある。トランジスターのキャップ付けにもプロジェクションウエルドの方法が、進歩した一つの方法として漸次広く用いられるに到つた。

(4) コールドウエルド

トランジスターなどのキャップをかぶせて使用するタイプに於ては、いわゆるコールドウエルドの原理に基いた圧入の方法も採用されている。即ちハーメチックシールの外面の半田メッキもしくは錫メッキ面を利用してキャップを圧入することによつて、熱を全く加えることなくしに気密にシールすることができる。この方法はトランジスターの如く特に温度上昇をきらう内容物をシールする場合に有効な方法である。

7. 結 言

ハーメチックシールは上記の如く、非常に普遍的な用途に使われており、特にトランジスター、水晶振動子その他電子工業の広い分野に亘り、また小型真空装置、特殊測定装置などにも欠くことのできないものとなつている。

われわれが完全な本当の意味のハーメチックシーリングをなそうとすれば、上記端子による密封に先立つて、被密閉物および容器内の清浄化と相俟つて、始めて完全なものになることを附言する。

なおハーメチックシールが用いられる個々の機器の密封の完全さは、使用される端子 1 ケ 1 ケの品質が優れたものでなければならぬが、大量に量産される機器または部品に用いられる場合は、端子の製造工程上に於る高度の品質管理による高い信頼度のある製品を撰択しなければならないことは論を俟たないことである。