

身近な家電で活躍する

身近な金属の
ミクロ組織を読む

第・回
29

●シリーズ●

材料の素顔に迫る

1 はじめに

最近店頭で並んでいる家電製品を眺めると本当に便利になりました。ことに、温度に関わる部分の自動化には目を見張るものがあります。食・住に関わる部分での温度の自動制御化のおかげで、いつも新鮮でおいしい食べ物を快適な明るい住空間でいただけるようになりました。ところで、この温度検知役の裏方さんは総称してサーモスタットと呼ばれているようですが、その中のひとつに「バイメタル」というものがあります。

今回は、この「バイメタル」がなにもので、どこに使われているのか探ってみることにいたしました。

2 バイメタルの役割とは？

日本人の主食であるご飯を炊くための“自動電気炊飯器”が誕生したのは、1956年のことです。これで、飯炊きの失敗がなくなり、しかもお米を仕掛けて電気のスイッチを入れておくだけになりました。主婦の手間も省けることから、たちまちのうちに全国に広まりましたが、この電気炊飯器の自動装置にはバイメタルが使われていたのだそうです。

バイメタルとは、熱膨張係数の大きい合金と小さい合金を張り合わせ、温度が上昇したときに曲がり変形を生じさせ、電気回路のON-OFFの接点などに用いられる材料をいいます。

バイメタルを直接目で見るのできるものに、たとえば透明なガラス管に入った蛍光灯の点灯管があります。点灯管の役割



写真1 点灯管の外観

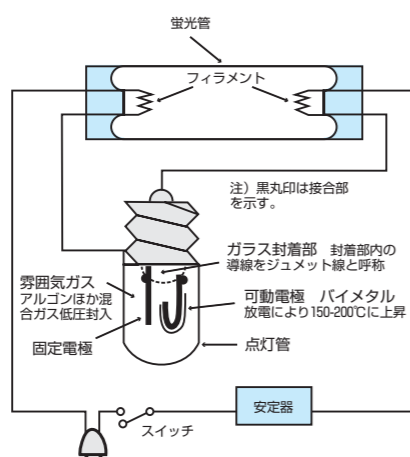


図1 蛍光灯の点灯機構説明図

を知るために、スイッチを入れてから、蛍光灯がともるまでの回路を以下に説明します(図1参照)。

①スイッチを入れる、②点灯管放電、③熱によりバイメタルが変形し、固定電極に接触し放電が止まる、④蛍光灯のフィラメントに電流が流れ熱くなる、⑤フィラメントが熱くなると電子が飛び出し2つのフィラメントの間で放電しやすくなる、⑥点灯管の放電が止まるとバイメタルの温度が下がり、縮んで、また固定電極から離れる。この瞬間大きな電圧が生まれる、⑦この電圧が蛍光灯のフィラメントにかかり、放電が始まる。すると、蛍光灯が光り始め、点灯管は放電できなくなります。なお、点灯管には放電が安定して発生するように、アルゴン他の混合ガスが大気圧の1/40程度の低圧で封入されています。また、固定電極についても、特殊な金属を付着浸透させて放電の安定化が計られているものもあるようです。放電により、バイメタルの温度は百数十度に達するそうです。

それでは、このバイメタルとはなにものか？ 手元にある、透明ガラス管製の2種

の点灯管を眺めると(写真1参照)、バイメタル部分の形状によって、ひとつは先端が薄板で湾曲形、もうひとつは薄板で直線形、そしていずれも管球中央下部のガラス封着部の出口のところで電極に溶接されています。直線形では、放電により温度が上昇すると、バイメタルが単に固定電極側に曲がり接触しますが、湾曲形では外側に曲がることで湾曲頂部の動きを先端付近の突起部に拡大して伝え、大きく固定電極側に近づけることができる構造になっています。

3 点灯管放電部周辺金属の調査結果(表1、写真2、3、4参照)

各々のバイメタルの断面形状は厚み0.2mm(張り合わされた2種の合金の厚みはほぼ同じ)、幅1.7mm程度で差はなく、両者の長さの差が目立ちます。直線形は9mm程度、湾曲形は18mm程度であり、点灯管1個当たりの使用量では、およそ2倍の差があることとなります。

さて、肝心の材質ですが、バイメタル部分は熱膨張をほとんど生じないニッケル合金(インバーまたはアンバーと呼ばれる。ここではインバーと呼ぶ。鉄とニッケルの合金)と熱膨張の大きい合金(鉄とニッケル合金にさらにMn、Cr、Cuなどを多量に添加した合金)の薄板を冷間圧延によって圧着させたもので構成されており、湾曲形はJIS C 2530の4種、直線形はJISの同2種相当品で製造されているものと見られます。

Niを多量に含有する合金は結晶粒界がもろくなりやすく、熱間圧延の加熱時に格別の注意が必要であるとか、長期にわたって安定した特性を持続するためには、熱処理条件が非常に重要であるとかで、高度の素材製造技術が求められます。

また、固定電極およびガラス封着部にも

表1 点灯管電極部の金属分析結果

形状	バイメタル		固定電極	ジュメット線
	低熱膨張側	高熱膨張側		
直線形	64.4Fe-34.3Ni-1.2Mn	71.6Fe-21.9Ni-5.37Cr-1.14Mn	50Fe48.4Ni-1.5Mn-Laの被膜と拡散層	57.58Fe-40.78Ni-1.64MnにCu被覆
湾曲形	56.6Fe-41.6Ni-1.8Mn	75.5Fe-15.9Ni-8.6Mn	---	---

注) 線径0.3mm程度の極細線の分析。数字は相対的な構成量比で表示。

『バイメタル』 西田 和彦

生活を便利にしてくれる家電製品の数々。何気ない機能ひとつをとってみても、先人の努力や発見の集積であることに驚かされます。今回は、そんなベーシックな機能を支える素材バイメタルについて調べてみました。



写真2 バイメタル部のマクロ組織

Ni合金が使われています。ことに、封着部のジュメット線はガラスとの熱膨張差に配慮したNi合金にCu被覆した線が使われています。注目されるのは、直線形の固定電極表層部にLa(ランタン、希土類元素)が検出されていることです。点灯管の放電性能安定化のための工夫であると思われる。写真4に直線形点灯管ガラス封着部のねじ側出口でのジュメット線とリード線の突き合わせ溶接の状況を示しました。直径わずか、0.3mm程度の線に非常にきれいな接合がなされています。

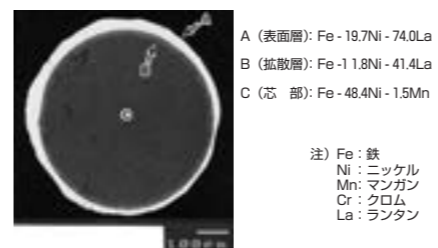


写真3 固定電極の横断マクロ



写真4 ジュメット線とリード線との突き合わせ接合部

4 インバー合金の発見(図2参照)

1896年GuillaumeによりFe-36%Ni合金に対して与えられた名称がインバー合金、フランス語のinvariableに由来し、熱膨張が室温付近でほとんど生じないこと、すなわち温度が変わっても長さが不変であるこ

とを特長とする合金という意味で名付けられたそうです。その後のFe-Ni、Fe-Ni-Cr系合金の研究とあわせて、1920年、彼はノーベル賞を授与されています。以降、より微小な熱膨張を有する各種のインバー型合金の研究が進められ、1927年増本はFe-Ni系合金にCoを加えることによってさらに微小な線膨張係数を有するスーパーインバーを発見しています。さらに1931年にはFe-Co-Cr系のステンレスインバーが、1937年には30%Pt-Fe系合金が、さらに約30%Pd-Fe合金がインバー特性を示すことなどが発見されています。39%Niで石英ガラス並みの、46%Niでプラチナ並みの低い熱膨張率を示す合金などが知られるようになりました。

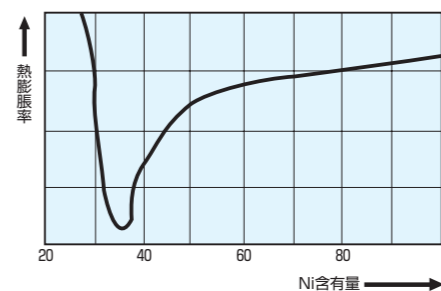


図2 Fe-Ni合金のNi含有量と常温の熱膨張率(原図Guillaume, METALS HANDBOOKから様式図化した)

このような低熱膨張金属が何に使えるのかとお思いかもしれません。また発見された当初は、何に使えるかわからぬままの研究であったかもしれませんが、当時この発見を非常に高く評価しノーベル賞を授与されたということに非常に強い感銘を受けました。その後の技術の進展と共に、電導性のある金属をガラスやセラミックスに封着する必要性が出てまいりました。高度に集積された部品あるいは真空を維持する必要のある部品では、損傷を抑制するために、作動発

熱温度付近で封着された素材間の熱膨張率ができるだけ近いことが求められます。

5 バイメタルとインバーの活用例

20世紀に入って、電気の普及めざましく、家庭電器が次々商品化されるにつれてバイメタルは機械式温度制御の裏方として、その活躍の場をアイロン、トースター、電気コンロ、電気こたつなどへと広げてきました。バイメタルは、温度を一定に保っておくには便利で、固定点の位置を変えられるようにすれば、色々な温度での温度調節が可能です。しかしながら、きめ細かい温度調節には無理があり、そういう場合には、各種金属酸化物を焼き固めて作られた半導体を用いた固体式の各種サーミスタが使われることが多いようで、電気毛布や上記家庭電器にも一部使用されている機種があるそうです。

低熱膨張の特性を生かしてインバーおよびその合金の仲間、LNGタンカー用材料、TVブラウン管のシャドウマスク、ICリードフレーム材、NASAの液体燃料輸送管などへと絶えず時代の最先端をゆく機材への活用例があることは驚くべきことです。

6 あとがき

発明から百年を越えた今も営々と改良され続けながら、常に技術の最先端分野で役に立ち続けるとは、素晴らしい合金を発明されたものです。感銘を新たにすると同時に、基本的な特性を極限にまでつぎつめた材料のすごさを感じる次第です。

- 【参考文献】
1. 渡田千秋、加藤啓男: ファインステール用語辞典 P239 バイメタル
 2. 「METALS HANDBOOK」8th Edition Vol.1 1961年 Properties and Selection of metals Published by ASM P800
 3. 「材料利用ハンドブック」S63.3.25 P343 中小企業研究所 日刊工業新聞社
 4. 規格関係: JIS C2530-1993, H4541-1997, ASTM B388
 5. 増本: 金属の研究 8 (1931) 237