

ジュメット線の封着

岸 井 貢*

Dumet-to-Glass Sealing

By T. KISHII

Mechanical Material Engineering Dept. (in Field of Lamp and Tube),
Tokyo Shibaura Electric Co.

Employing dumet wires with diameters of 1 mm and copper ratios of 22 and 31 % together with three kinds of glass much differing in characteristics from each other, the writer made cylindrical seals and observed radial-tangential or axial stresses in the glass and their changes with the temperature. By comparing the results of the experiments with those of the calculation based on the the theory proposed by Dr. Takagi, he determined the equivalent setting points.

He has found that, when the glass-dumet diameter ratio is about 7, the setting points may be assumed to be equal to the annealing points of glasses for the axial stress, and 10 to 20 °C lower for the radial-tangential stress.

Cooling rates or holding temperatures during the annealing seems to have no practical effect. In many cases, inflection points of core metals, too, have no effects as to cause excess stress during the cooling, while the stress in the seals are satisfactorily small irrespective of differences of expansion or contraction between the core metal, copper and glass. Conditions for good sealing are also discussed herein in conformity to the above-mentioned theory and experimental results.

〔I〕 緒 言

ジュメット線は電球、蛍光灯、受信管等の封入線として用いられる複合線で、Fe-Ni系の心線とそれを包む銅被とから成る。これらの材料はともに、ジュメット封着用の軟質ガラスとは膨張係数が著しく異なるので、管球中に大きな応力を引き起し破損の原因になるのではないかと心配が当然生ずる。しかし筆者が特性を相互に異にするジュメット線と、ジュメット封着用ガラスを含む数種のガラスとを組み合わせた封着体について応力を実測し検討したところによると、各材料の性質を適当に調整してやれば封着体の応力は十分小さくなり、またこのように調整された材料の性質に多少の変動があってもその影響が小さいことがわかった。したがってジュメット線は今まで常識的に考えられていた以上に良好な封入線であるといえよう。ここでは上記の実験、検討結果について報告する。

ジュメット線封着の理論は最近二、三の研究者によって提出された⁽¹⁻³⁾が、その実験的裏付けは十分と言えず、また実際の応用に於いて困難があった。本報の実験は理論の応用に対して一つの参考資料となり得よう。

〔II〕 応力の計算

2.1 封着体の構成

図1のように心金I、銅被II、ガラスIIIの半径がそれぞれ a , b , c なる円筒形封着体を考える。上記三者についての値はそれぞれ 1, 2, 3 なる添字をつけて表わすことにする。 r は軸からの距離、 E はヤング率、 σ はポアソン比、 λ は膨張係数とする。 P_r , P_θ , P_z はそれぞれ半径、切線、軸方向の応力で、正の時に張力、負の時に圧縮力であると規約する。また τ で温度差を表わし、 $\alpha = a^2/b^2$, $\beta = c^2/b$ とおく。

2.2 弾性変形による応力

温度 T_0 において封着体中に
応力が存在しない状態を仮定す
る。温度が $T_0 + \tau$ になった時、
 τ が小さくて、

図1. ジュメット線-ガラス円筒形封着体
I: 心金, II: 銅被, III: ガラス
Construction of the dumet-to-glass cylindrical seal.
I: core metal (Fe-Ni alloy)
II: copper sheath
III: glass

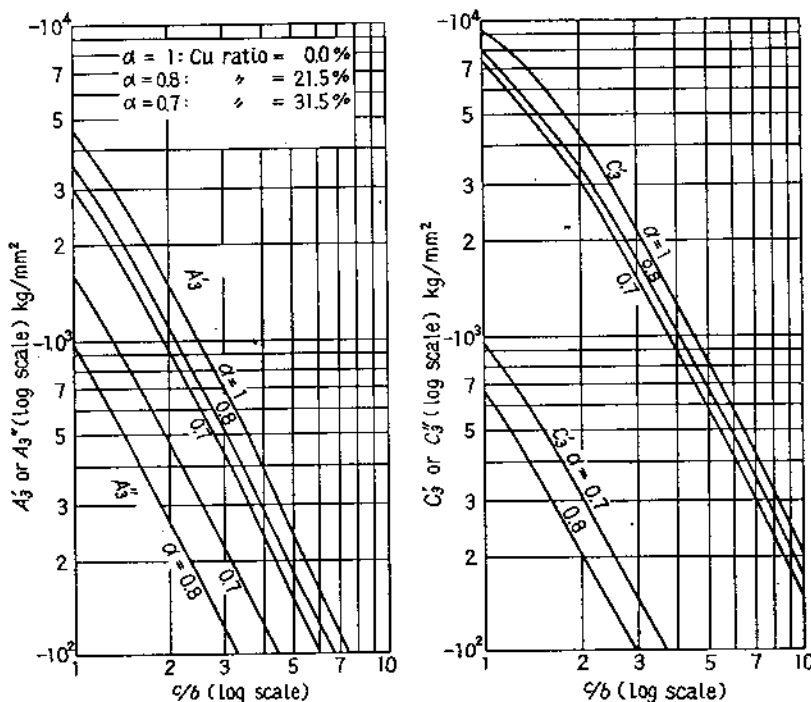
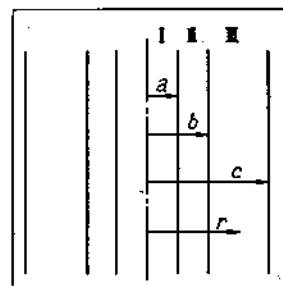


図2. 係数 A_3' , A_3'' , C_3' および C_3'' の直径比 a/b , c/b による変化
Stress coefficients A_3' , A_3'' , C_3' and C_3'' as functions of
diameter ratios a/b and c/b , where $\alpha = (a/b)^2$

* 機材技術部

$(P_r - P_0)^2 + (P_0 - P_s)^2 + (P_s - P_r)^2 < 2P_0$, P_0 : 降伏強度
 が成立しているならば、銅被は心金、ガラスとともに弾性変形をする。また溶着された後常温まで冷却された封着体が、常温と 100°C くらいの間で温度変化をする場合と同様と考えられる。この応力変化は荒川氏⁽⁷⁾によって次の形に計算されている。すなわちガラス中においては、

$$P_r = A_s \left(1 - \frac{C}{r^2} \right), \quad P_0 = A_s \left(1 + \frac{C}{r^2} \right), \quad P_s = C_s^* \quad \dots (1)$$

A_s^* , C_s^* は膨張差 δ により

$$\left. \begin{aligned} A_s^* &= A_s' \delta_{12} + A_s'' \delta_{23}, \quad C_s^* = C_s' \delta_{12} + C_s'' \delta_{23} \\ \delta_{12} &= (k_1 - k_2) \tau, \quad \delta_{23} = (k_2 - k_3) \tau \end{aligned} \right\} \quad \dots (2)$$

(2) 式の温度変化は 100°C 以下の応力の温度変化を示すものであるが、絶対値自身は必ずしも互に等しくない。

2.3 銅被が塑性変形する場合

τ が大きくなると銅被中の応力が大きくなり塑性変形をするので応力変化は (2) 式からはずれて次のようになる (高木氏の報告⁽⁸⁾の (30), (31) 式)

$$P_r = A_s \left(1 - \frac{C}{r^2} \right), \quad P_0 = A_s \left(1 + \frac{C}{r^2} \right), \quad P_s = C_s \quad \dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} A_s &= A_s' \delta_{12} + A_s'' \delta_{23} + J_A (\delta_{12}, \delta_{23}) \\ C_s &= C_s' \delta_{12} + C_s'' \delta_{23} + J_C (\delta_{12}, \delta_{23}) \end{aligned} \right\} \quad \dots (4)$$

$E_s = 0.65 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$, $E_s/E_1 = 0.36^{(9)}$, $\sigma_1 = \sigma_2 = 0.30$ において A_s' , ..., C_s'' を計算すると図 2 のようになる。銅の可圧縮性を考慮するといずれも数 % だけ絶対値が減る。 $\beta \gg 1$ ならば A_s' , ..., C_s'' は β に反比例し、 A_s' , C_s' が α に、 A_s'' , C_s'' が $(1-\alpha)$ に比例するとみなしてよい。銅比は (銅重量)/(ジュメット線重量) である。

J_A , J_C は P_0 に比例する補正項で、 δ がやや大きくなるとほぼ一定になる。また加熱時と冷却時とは符号が逆になり、実験的には $T-A_s$ 曲線、 $T-C_s$ 曲線 (T : 温度) にヒステリシスとして表われる。 J の算出には逐次近似計算を要するが、第一次近似の程度では実測との合致がよくないので定性的に考えて行く。ジュメット線の熱膨張特性^(9,10)を参照すると、たとえば J_C は冷却時に負、加熱時に正で、 $T-C_s$ 曲線は図 3 のようになると予期される。 A_s についても定性的には同様であるが、 J_A の符号は簡単には予想できない。しかし後に図 7(a) でわかるとおり J_A の絶対値は一般にかなり小さいので、立ち入った考察は実用上必要ないであろう。

2.4 見掛けの固着温度⁽⁹⁾

前記の理論により封着体中の応力を計算するためには、 T_0 としてどの温度を選ぶべきであるかが問題になる。すなわち応力の温度変化だけならば、任意の温度を T_0 として計算できるが、応力の符号、絶対値をも正しく算出するためには、徐冷域のある温度を見掛けの固着温度として T_0 に代入しなければならない。冷却時にガラスがこの温度で急に固化したと仮定して計算すると、徐冷域以下における応力が求められる。もちろんガラスの固化はかなり広い温度範囲を通じて起るものであるから、徐冷域における実際の応力は図 3 に定性的に示したように、上述の計算結果とはかなり異なる。

2.5 ジュメット線封着の理論

ジュメット線封着の理論としては高木氏のそれ以外にも、ジュメット線を異方的な熱膨張をする弾性体とみなした解析⁽⁶⁾、銅を完全塑性体とみなした解析⁽⁴⁾、同様な仮定による近似計算⁽¹⁾等があり、それぞれ適当した利用範囲があると思われるが、ここでは高木氏の理論を採り上げ実験と比較しておいた。この場合ジュメット線自身の熱膨張を測定する必要がなくて便利である。

(III) 実 験

3.1 試 料

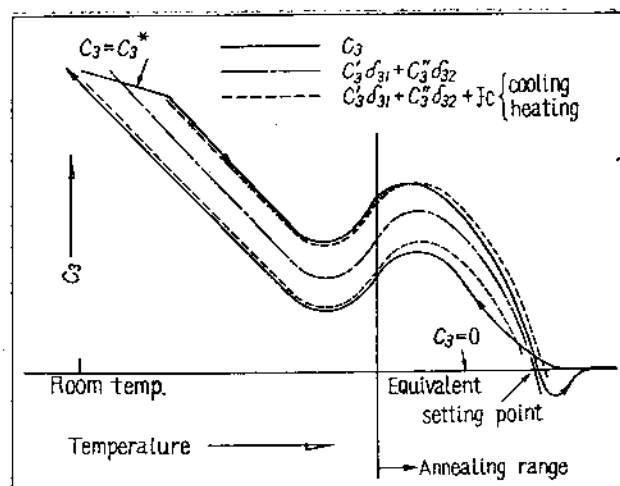


図 3. ジュメット線-ガラス円筒形封着体における C_3 の温度変化の説明。
 A_s に対しても定性的には同様

Schematic representation of change of stress coefficient C_3 in dumet-to-glass cylindrical seals with temperature. Qualitatively, it is the same for A_s .

表 1. ジュメット線とガラスの 2, 3 の性質
 Some characteristics of dumet wires and glasses

		copper ratio (%)	diameter (mm)
Dumet-22		22.1	1.0
Dumet-31		30.6	1.0

	Major constituents and principal use	Annealing point °C	Softening point °C	Transformation point °C
B-glass	Soda-lime-magnesia glass for lamp and tube bulbs	512	671	500
S-glass	Barium-lead-potash- soda glass for tube stems	447	630	430
P-glass	Lead-potash-soda glass for tube stems	437	613	430

表 1 に示すようなジュメット線と管球用ガラスとを試料とした。S-, P-ガラスはジュメット線封着用ガラスであるが B-ガラスはそうではなく、ガラスの特性が極端に変化した場合の様子を知るために付け加えたものである。ガラスの粘性係数が $10^{7.6}$ poise になる温度を軟化点、 $10^{13.4}$ poise になる温度を徐冷点とした。これらの測定法や、ガラスの粘性特性について別報で報告した⁽¹⁰⁾。ガラスは内径約 1.5mm、外径 7~10mm の肉厚管に引き、長さ 20mm のジュメット線を封入して円筒形封着体を作った。

3.2 収縮差の測定

(4) 式によれば、応力の計算には収縮差あるいは膨張差だけがわかればよく、収縮、膨張自身は必要がない。それゆえ Burger⁽²⁾ にならい、光学テコを用いた石英ガラス製差動膨張計によって、各ジュメット線の心金と、ガラス、真空溶解銅との間の収縮差を測定した (図 4 a, b)。心金自身の膨張曲線は図 5 のようであった。

3.3 応力の測定

封着体中の応力は偏光を用い光弾性的に測定した。応力により生じた偏光のレーダーデーションはバビネの補正器で測定した。望遠鏡と補正器は遊動顕微鏡の台に取り付け測定箇所を確定した。図 6(a) のように封着体の両端を平らに磨き、軸に平行に偏光を通過させて A_s を測定できる。また相対する側面を図 6(b) のようにわずかに磨き、軸に垂直、ジュメット線にすれすれに偏光を通過させて C_3 を測定できる。

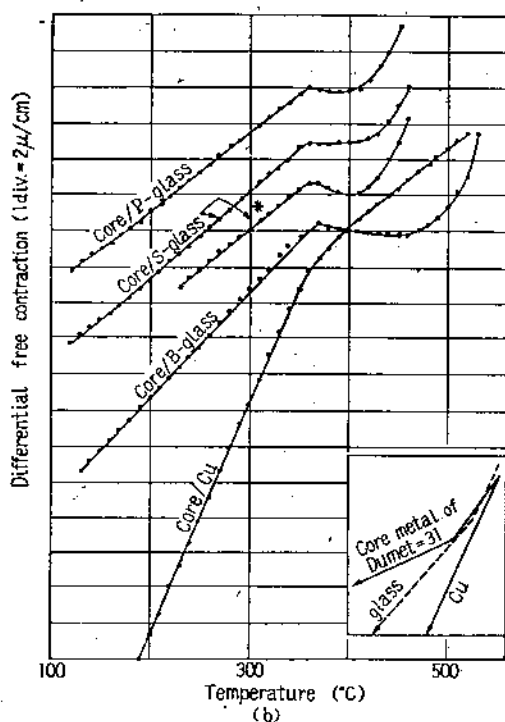
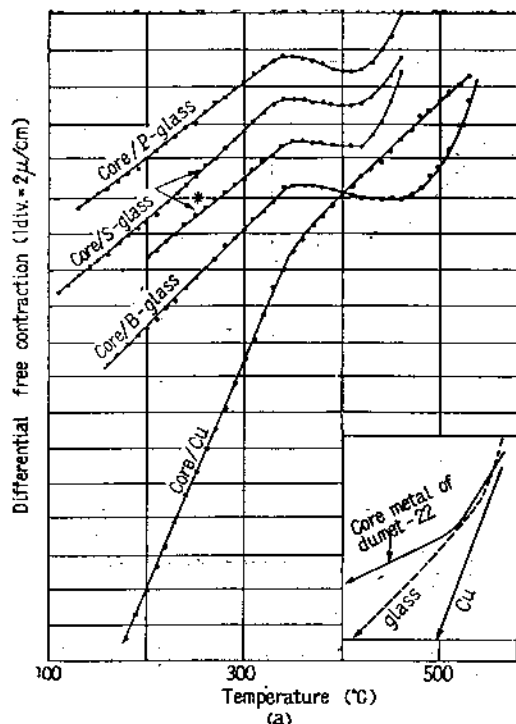


図 4. 心金、銅およびガラス間の自由収縮差 (a) はジュメット-22, (b) はジュメット-31 に対するもの。*印は 1°C/min, 他は 3°C/min で冷却して測定
Differential free contraction curves between core metal, copper and glasses. (a) for dumet-22 and (b) for dumet-31, measured during cooling with the rate of 3°C/min except for curves denoted by * (1°C/min)

3.4 応力の温度変化の測定

銅心を入れて温度分布を一樣にした炉中に封着体を挿入して、応力の温度変化を求めた。ジュメット線2種とガラス3種との6対の組合せについて各2個の試料を作り、1個は A_3 の、他は C_3 の測定に用いた。

まずガラスの徐冷点から約 50°C 高温まで加熱してガラス中の応力を除き、ついで 3°C/min の速度で冷却しつつ測定した。常温ま

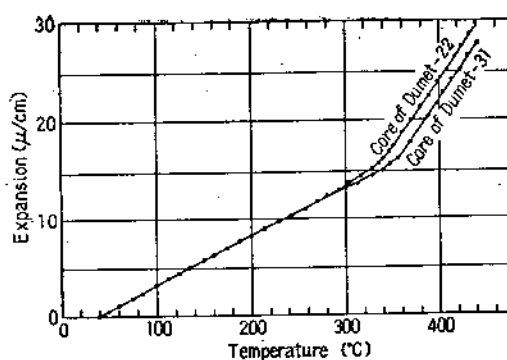


図 5. 心金の熱膨張曲線 (3°C/min で加熱して測定)

Thermal expansion curves of core metals, measured during the heating up with the rate of 3°C/min

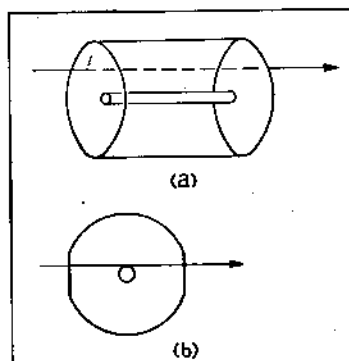


図 6. 偏光によるジュメット線-ガラス封着体中の、(a) 半径-切線方向および (b) 軸方向応力の測定法
Methods for measuring (a) radial-tangential and (b) axial stresses in dumet-to-glass cylindrical seal by polarized light

で冷却後は 3°C/min で加熱しふたたび温度変化を測定した。結果を図 7 に示す。

3.5 見掛けの固着温度の決定

理論計算と実験とが理想的に行われた

ならば、図 3 のようにたとえば $C_3'\delta_{31} + C_3''\delta_{32}$ の計算値を縦軸に沿って適当な位置に移動させると、 $T-C_3$ 曲線の加熱および冷却時の 2 個の分枝のほぼ中央 (縦軸に沿っての) を連ねる線に合致するはずで、その場合の $(C_3'\delta_{31} + C_3''\delta_{32})$ 曲線と温度軸との徐冷域付近における交点を見掛けの固着温度と定めてよい。 A_3 についても同様である。実際には計算に用いられる物質常数は常温付近の値、あるいは近似値であり、実験誤差もあり得るから理想的には行かないが、上述のことを考慮しつつ $(C_3'\delta_{31} + C_3''\delta_{32})$ 等の計算値を移動して、適当な位置に重ねたものが図 7 の点線である。これから求めた固着温度を表 2 に掲げた。 $(C_3'\delta_{31} + C_3''\delta_{32})$ 等は徐冷域では温度軸に平行に近いから固着温度の読み取りは精密とは言えないが、傾向を知るには十分である。すなわち C_3 の固着温度はガラスの徐冷点に近く、 A_3 のそれは徐冷点より 10° ないし 20°C 低い。これは高木氏⁽³⁾および Martin⁽⁶⁾の解析と定性的に一致する。

表 2. ジュメット線-ガラス封着体の見掛けの固着温度

Equivalent setting points for some dumet-to-glass seals, °C

Glass		B-	S-	P-
ann. pt. °C		512	447	437
Dumet-22	axial	510	450	440
	rad. -tan	490	420	430
Dumet-31	axial	515	445	430
	rad. -tan	500	430	420

3.6 冷却速度の影響

S-ガラスとジュメット線との封着体を 1°C/min および 3°C/min の速度で冷却した時の A_3 , C_3 の変化を図 8 に示す。 $(A_3'\delta_{31} + A_3''\delta_{32})$ 等の計算値は測定値に重ねて記入してある。図 8 によれば見掛けの固着温度は冷却速度にあまりよらないようである。この結果は $(A_3'\delta_{31} + A_3''\delta_{32})$ 等が温度軸と平行に近いことから容易に予想しうる。

3.7 封着体中の応力分布

応力分布が (3) 式に従っているかどうかを調べた。図 6(a) のように通過する偏光のレーダーデーションは

$$P_r - 900(P_r - P_0) \cos 1/r^2$$

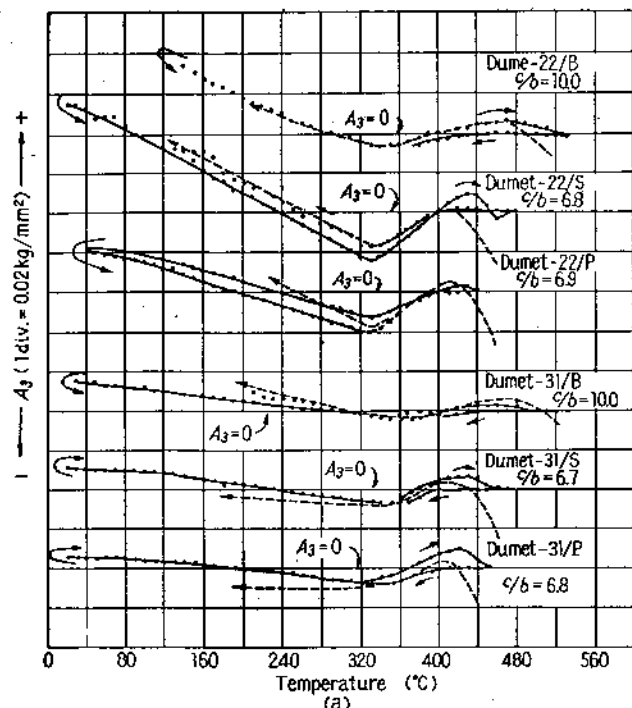


図7. 温度による応力係数 A_3 , C_3 の変化. $3^\circ\text{C}/\text{min}$ の速度で冷却, ついで加熱して測定

-----: $A_3'\delta_{31} + A_3''\delta_{32}$ の計算値
 $C_3'\delta_{31} + C_3''\delta_{32}$

Changes of stress coefficients A_3 and C_3 with temperature. Measured during cooling and successive heating both with the rate of $3^\circ\text{C}/\text{min}$.

-----: calculated values of $A_3'\delta_{31} + A_3''\delta_{32}$ and $C_3'\delta_{31} + C_3''\delta_{32}$

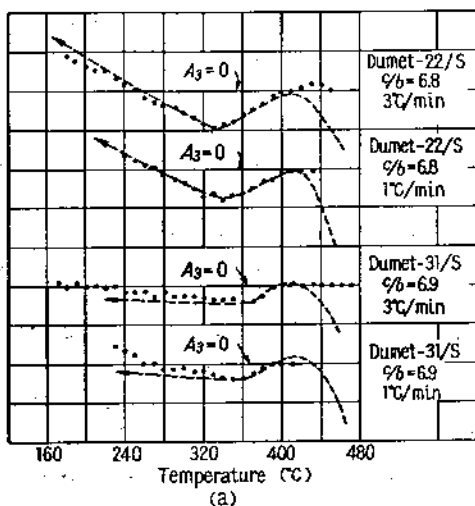
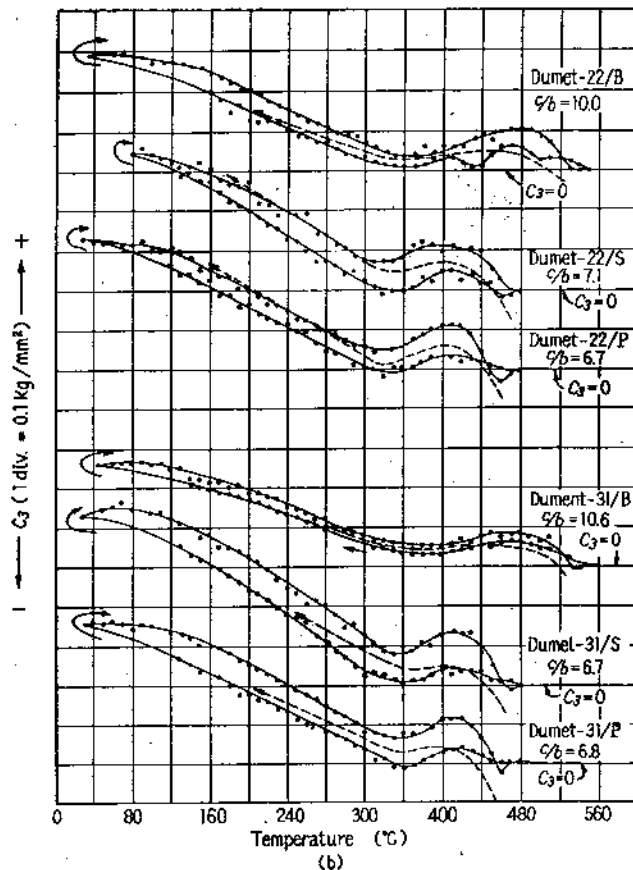


図8. 応力の発生におよぼす冷却速度の影響

-----: $A_3'\delta_{31} + A_3''\delta_{32}$ の計算値
 $C_3'\delta_{31} + C_3''\delta_{32}$

Effect of cooling rates on the building up of stresses

-----: calculated values of $A_3'\delta_{31} + A_3''\delta_{32}$ and $C_3'\delta_{31} + C_3''\delta_{32}$

となるはずであるが, 実測の結果は図9(a)のように予想に近かった。図6(b)の場合は

$$\rho_s \propto P_s = \text{const}$$

となるはずであるが, 封着体の端部約 2mm の範囲ではこれが成立せず図9 b, c のようになった。応力の端部における集中, 分布を明らかにするにはさらに立ち入った実験を要するであろう。

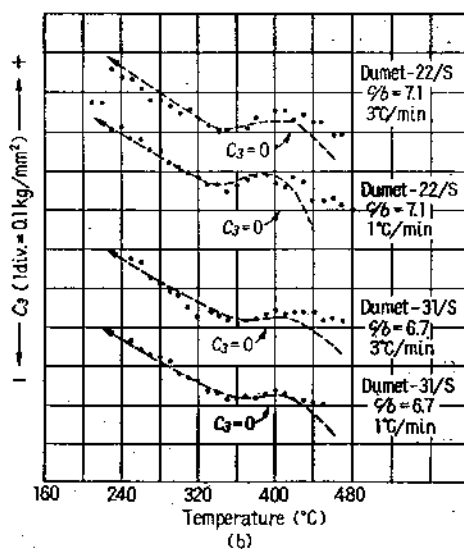
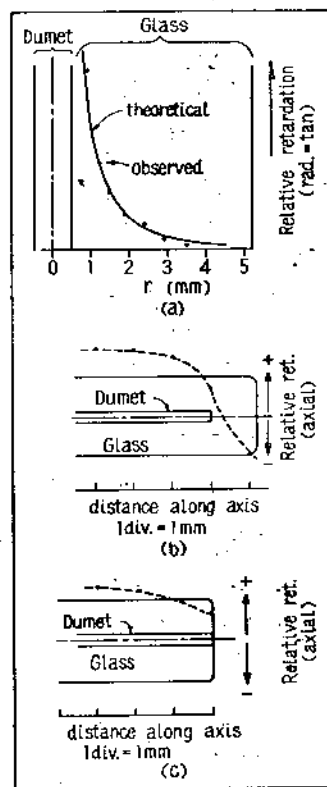


図9. (a) A_3/r^2 の半径方向への分布 $c/b=10.5$

- (b) 見掛けの応力係数 C_3 の軸方向への分布
 ジュメット線がガラス中に埋れた場合 $c/b=6.7$
 (c) 同上 ジュメット線がガラス面にあらわれている場合 $c/b=6.9$



- (a) Radial distribution of $(P_s - P_r) = 2A_3/r^2$ $c/b=10.5$
 (b) Axial distribution of apparent stress coefficient $C_3 = P_s$ for dumet wire inbedded in glass. $c/b=6.7$
 (c) do. for dumet wire not buried in glass. $c/b=6.9$

〔IV〕 封 着 特 性

4.1 ガラスが厚い場合

ジュメット線がガラスと膨張係数の異なる心金、銅被から成るにもかかわらず、ガラスと良く封着する理由は次のように考えられる。一般に円筒形あるいは円筒類似の封着体では、ガラスと封入線との間に膨張差があっても、ガラスを厚くする($\beta \gg 1$) ことにより軸方向応力を任意に小さくしうる。このことは図2で $C_s', C_s'' \propto 1/\beta$ とみなせることでもわかる。ゆえに $\beta \gg 1$ にしうるならば、 P_r, P_θ だけを小さくするよう考慮すればよい。ジュメット線表面における最大応力は $-P_r = P_\theta = A_s \beta$ ($r=b$) だから、 β だけを大きくしてもこれらはあまり変らない(図10)。しかし心金、ガラスの膨張特性、銅比を調整することにより $A_s \beta$ を十分小さくすることができよう。実際ジュメット-31/P-ガラスの組合せでは $c/b > 2$ ならば $|P_r|, P_\theta < 1 \text{ kg/mm}^2$ になる。また $c/b > 4$ ならば $P_r < 1 \text{ kg/mm}^2$ となる。

4.2 ガラスが薄い場合

ジュメット線直径に比べガラスが薄いと P_s が大きく、封着し難くなる。この場合には $P_s = C_s \approx C_s' \delta_{s1}$ ($\because C_s' \gg C_s''$) だから、固着温度と常温との間における δ_{s1} を小さくする必要がある、ガラスを低膨張にするか、心金を高膨張にする。生産、製造上の事情や素材の性質の品質管理上の難易を比較して適当な方法を定める。ただ銅比は小さく改めねばならない。

4.3 太いジュメット線

直径1mm以上のジュメット線は、心金と銅被との間の膨張差が大きくて、この間隔がはがれてリークの原因になり易いとされ、あまり実用されていない。しかしジュメット線や封着体中の応力は形が相似ならば同じはずだから、この説明は合理的でない。太いジュメット線が用いられない理由としては、第一に c/b が小さくなり、 P_s が過大な張力になること、第二に封着体を太くすると徐冷が不完全な場合に熱的歪が著しく、これによる内部の張力が P_r, P_θ (いずれも張力) に相加わって安全限界をこえることが考えられる。したがって酸化防止に注意した上で十分徐冷すれば使用可能だと予想される。

4.4 心金、ガラスの膨張特性

心金の膨張曲線上の屈折点(急変温度)とガラスのそれ(転移点)とが異なるために、急変温度付近で封着体中の応力が大きくなると考えられてきた。しかし図7によればこれは誤りで、むしろ急変温度までは応力の発生が小さい。図7の点線を見ればこのことは理論的にも当然であると言える。したがって心金の急変温度をガラスの転移点に近づけることは場合によっては逆効果になる。また急変温度とともに心金の膨張係数も上昇するから、銅比を小さくする必要があり、ジュメット線の電流容量が大きいうという特長を損なう。ただし4.2で述べたように薄いガラスに封入できる利点はある。

4.5 ガラスの特性変化の影響

ガラスの特性が変わった場合、応力がどう変るかを考える。膨張係数変化により k_{sT} が $\Delta \delta_s$ だけ変わったとすれば、 δ_{s1}, δ_{s2} の変化は $\Delta \delta_{s1} = \Delta \delta_{s2} = \Delta \delta_s$ 。 A_s の変化は $\Delta A_s = (A_s' + A_s'') \Delta \delta_s$ 。 C_s についても同様である。 $|T| = 400^\circ\text{C}$ とすると、ジュメット線表面における P_r, P_θ を 1 kg/mm^2 だけ変化させるには k_s を $4 \times 10^{-7}^\circ\text{C}$ 変化させる必要がある。 P_s は4.1と同じ理由で考慮の必要がない。

4.6 銅比の変化の影響

4.5と同様にジュメット線表面における P_r, P_θ を 1 kg/mm^2 だけ変化させるには銅比を約4%変化させるべきことがわかる。銅比変化の影響はあまり大きくないといえよう。

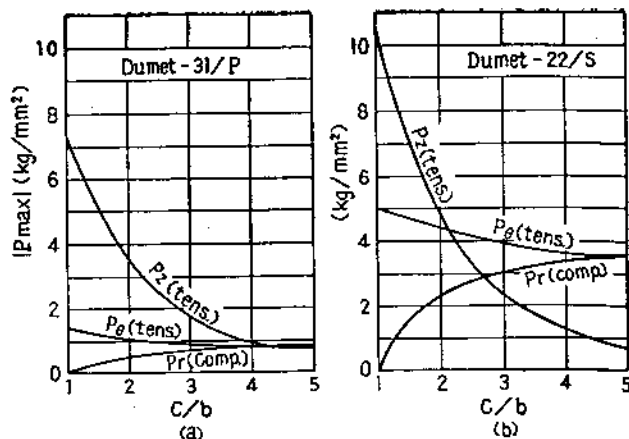


図10. ジュメット-31/P およびジュメット-22/S-ガラスの封着体において、ジュメット線の表面に生ずる最大応力の直径比 c/b による変化

Changes of maximum stresses at surfaces of dumet wires with glass/dumet diameter ratio c/b for dumet-31/P and dumet-22/S-glass combinations

4.7 ジュメット線封着の利点

単一の金属線の封入に比べてジュメット線封入の利点は、電流容量が大ききことであると思われるが、ジュメット線を用いることによって封入がほとんど困難となっていないことが前述の実験で確かめられたわけである。封入線が細くなったことはむしろ封着の安全性を高めているであろう。実際に用いられたものかどうかは明らかでないが、内部応力が 1 kg/mm^2 を超えたジュメット線封着体がいれば報告されている⁽¹⁾⁽⁴⁾のもこういう理由からだと思われる。

〔V〕 結 論

相互の特性がかなり異なるジュメット線とガラスとを試料とし、これから成る円筒形封着体中の応力とその温度変化を測定した。また心金、銅、ガラス間の収縮差も測定し、これらから高木氏の理論により応力の温度変化を計算して実測と比較した。得られた結論は次のとおりである。

- (1) 封着体中の応力の温度変化は高木氏の理論により十分精密に近似される。
- (2) 見掛けの固着温度としては P_s に対してはガラスの徐冷点を、 P_r, P_θ に対しては徐冷点より $10^\circ \sim 20^\circ\text{C}$ 低い温度をとればよい。
- (3) これらを一括して徐冷点を見掛けの固着温度とみなすよう近似しても実用上差支えない。
- (4) なましの温度や冷却速度が、常温における残留応力に及ぼす影響は小さい。
- (5) 心金の急変温度とガラスの転移点とが異なっているにもかかわらずために応力が過大になるとはいえない。実際に全温度域にわたり応力が十分小さいガラスとジュメット線との組合せの例が示された。
- (6) 封着体の形、大きさに対してそれぞれ適当な特性をもつガラス、ジュメット線を選ぶことは容易と考えられる。この選択に対しては高木氏の理論が参考になる。
- (7) ジュメット線の銅比、ガラスの膨張係数に対する変動許容範囲の目安としては、それぞれ $\pm 2\%$ 、 $\pm 2 \times 10^{-7}^\circ\text{C}$ の程度を一応とらう。変動をこの範囲におさえるのは困難でない。
- (8) ジュメット線製造の工程が、単一合金線の場合に比べて増すという不利な点は、封入線の電流容量の増加、封入線の細いことによる封着の安全性の増加、銅被がガラスと良くなじむこと等により十分補われているといえる。

以上によりジュメット線が良好な封着材料であることがわかった。

文 献

- (1) A. W. Hull, E. E. Burger: Physics 5 384 (1934).
- (2) E. E. Burger: G. E. Review 37 93 (1934).
- (3) 高木通泰: 東芝レビュー 5 149 (1950).

- (4) 水池 教: 電気通信学会誌 35 274 (1952).
- (5) 有住徹弥・北野一郎: 応用物理 21 12 (1952).
- (6) F. W. Martin: J. Am. Ceram. Soc. 33 224 (1950).
- (7) 荒川 泓: 応用物理 24 237 (1955).
- (8) 岸井 貴: 東芝レビュー 12 265 (1957).
- (9) 岸井 貴: 窯業協会誌 66 11 (1958).
- (10) 岸井 貴: 東芝レビュー 13 600 (1958).

光度測定用標準電球 TS-15 形および TS-30 形

1952 年の測光諮問委員会 (Comité Consultatif de Photométrie) において、国際比較に使用する測光標準電球は各国とも同一のものが望ましいとされ、国際度量衡局 (Bureau International des Poids et Mesures) の斡旋で、1957 年の国際比較にはフランス製標準電球によって行われたが、当時それと一緒に東芝製の光度測定用標準電球を提出し、フランスと日本との間、空路 20,000km を付添なしで往復したにもかかわらず、安定でくれたものであることが立証された。

この新形標準電球は当社堀田治米充造の設計により、東芝の技術陣を結集して製作されたもので、球形のガラス球内に、M 字形のアノカなしのフィラメントが張ってある。アノカのないことは、輸送の途中でアノカが外れ、電球の特性が変化するのを防ぐ。またアノカなしで、M 字形フィラメントの形を高温度で保つためには、十分太いフィラメントを使用する必要があり、このことは輸送に対して丈夫さを増すが、反面、低電圧、大電流となる。さらにガラス球が球形であることは、M 字形フィラメントの反射像が逆に M 字形となって、フィラメントの面上に重なり、不整な反射像がなくなり、測光精度が向上する。

この電球の成績については国際度量衡局から電試試験所宛の報告を引用すると、「この電球が東京—パリ間約 20,000 km の付添なしの空輸で往復したことを考慮すれば、その安定性はすばらしくよいものと考えられる。国際度量衡局から送り返された後、電試試験所における再測定の結果、光度変化の平均は 2,042°K 群は 0.18%, 2,353°K 群は 0.05% に過ぎなかった。この変化は 1952 年の国際比較の場合よりも少なく、また 1957 年の際のフ

ンス製電球の 2,032°K 群に対して 0.5%, 2,353°K 群に対して 0.17% の平均光度変化よりも少ない。

この新形電球は、輸送および軽い衝撃により、きわめてわずかな変化しか受けない安定な光度測定用標準電球として採用されるように思われる。この改善は測光国際比較の精度にいい反響をもたらすであろう。

この電球の点灯電圧 (10V および 13V) および脚形口金が、従来用いられていたものと異なるとはいえ、このすばらしい特性はこれらの電球を国際比較に使用する際のおずかな不便を補って余りあるものと考えられる。

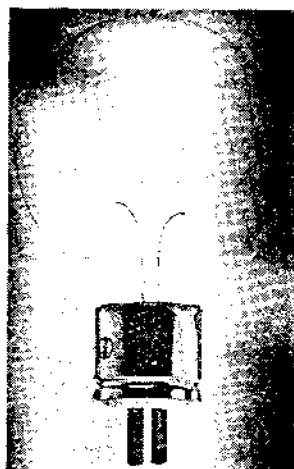
以上のように激賞されていたので、昨年 9 月、パリで開かれた測光諮問委員会における各国の関心も、また大なるものがあつた。同会議で白金凝固点 (2,042°K) における測光単位カンデラの値を国際統一すべきことが論議された際、アメリカ代表 Dr. Judd が標準電球の不安定性のために強い反対を行い、国際統一は次回に見送ることとなったが、かえって、日本の安定性が一段と光って、次回の測光比較には日本の電球を採用しようということとなった。

これにより、東芝製の標準電球は世界一の榮譽を担うこととなり、今春以来、10V-15cd-2,042°K の TS-15 形および 13V-35cd-2,353°K の TS-30 形の 2 品種について、次の 7 カ国から計 54 個の注文に接し、目下鋭意製作中 (一部はすでに電気試験所で測光中) であるが、電気試験所の測定値を付けた上で今秋を期して、輸出される。

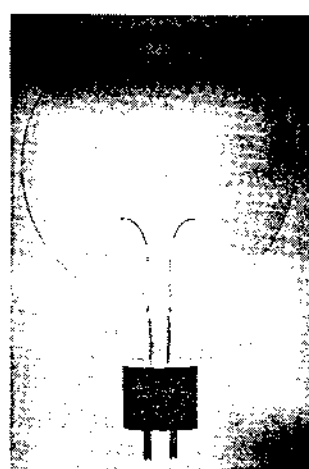
国	研 究 所 名	略 称
カナダ	National Research Council	NRC
ドイツ	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	PTB
フランス	Bureau International des Poids et Mesures	BIPM
イギリス	National Physical Laboratory	NPL
イタリア	Istituto Elettrotecnico Nazionale "Galileo Ferraris"	
アメリカ	National Bureau of Standards	NBS
ソ 連	Institut de Métrologie de L. URSS	IM

次表にこれら 2 品種の定格を掲げる。

形 式	TS-15 形	TS-30 形
電 圧 (V)	10	13
水平光度 (cd)	15	30
色 温 度 (°K)	2,042	2,353
電 流 (A)	5.4	3.3
ガラス球	G-152	G-125
口 金	P 60-7A (双脚)	A4-9A (4本脚)
全 長 (mm)	241	187
光中心距離 (mm)	132	110



東芝光度測定用標準電球 TS-15 形
Toshiba standard lamp for
luminous intensity, Type
TS-15 (10V-15cd-2,042°K)



東芝光度測定用標準電球 TS-30 形
Toshiba standard lamp for
luminous intensity, Type
TS-30 (13V-30cd-2,353°K)