理想タングステン繊維の*

真空中に於ける焼断寿命と動程

正會員 山内二郎

(逓信省電気試験所)

真空タングステン電球の寿命について R. Becker⁽¹⁾氏は、繊維にくびれがあるためその部分が過熱され蒸発が過大となり遂に焼断するのであると云ひ、それによつて焼断寿命の決定を行つて差支ないことを提案した。繊維にくびれがなくても表面の輻射能のちがひ、結晶のための抵抗のちがひ等によつて同様な過熱現象を生じ焼断すると云ふ。この考は誠に面白い考へで、F. Koref 及 H. C. Plaut⁽²⁾兩氏は Becker の論を更にコイル繊維電球に押し擴め、ガスが入つてゐる場合でも同じ様に、くびれの他にコイルの歩みが大きな原因となることを示してゐる。

L. Pránsnik⁽³⁾氏は Becker の論を數式を以て説明し、更に過熱部分からの熱の傳導を考へた場合を論じてゐる。

實際の電球では、繊維の品質、兩端や吊子に於ける冷却等が影響して、勢ひ統計的な議論のみになつて了つて、事の真相を知り得ない恐れが多分にある。幸にして理想タングステンの場合にはそのやうな煩ひもなく、また高温度に於ける諸特性がよく調べられてゐるから、理想タングステンについて論じておけば、その結論を實際の電球の場合に援用して、車輛を明かにする手がかりを得るであらう。筆者は即ち理想タングステン繊維について論ずる次第である。

1. 假 定

はじめの繊維の温度を T_0 、ある温度を T とすれば、本文に於ては特に断らないかぎり

$$\tau = \frac{T}{T_0} \dots\dots\dots (1.1)$$

によつて温度をあらはし、單に温度 τ と云ふ。種々の特性 X は、初めの特性 X_0 に對し簡單に

$$\frac{X}{X_0} = \tau^{n_x} \dots\dots\dots (1.2)$$

としてあらはされるものと假定した。

くびれの部分は短くて、全體の特性には影響しないものと假定する。

* Burn-out Life and Performance of Ideal Tungsten Filament in Vacuum, by Dr. Z. Yamauti, Member (Denki Sikenzyo)

⁽¹⁾R. Becker : Z. f. techn. Phys. (6) S. 309—313, 1925.

⁽²⁾F. Koref und H. C. Plaut : Z. f. techn. Phys. (11) S. 515—522, 1930.

⁽³⁾L. Pránsnik : Z. f. Phys. (72) S. 86—94, 1931; ibid. (75) S. 417—420, 1932; ibid (77) S. 127—132, 1932.

繊維は理想タングステンの直線繊維で、真空中に点火し、導入線や吊子等による冷却はないものと假定する。

2. 蒸發の基本式

タングステンの密度を w ，蒸發率を M ，直径 D ，長さ l ，時間を t とすると

$$Mdt = -\frac{\pi}{2} D dD lw$$

である。

くびれない繊維の始めの直径を D_0 とし、

$$t' = \frac{t}{D_0}$$

$$\delta = \frac{D}{D_0}$$

とし、固有蒸發率を M' とすれば、上式は

$$dt' = -\frac{\pi}{2} \frac{w}{M'} d\delta \dots\dots\dots (2.1)$$

となる。これが即ち蒸發の基本式であつて、この式から明かなことは、動程、壽命を論ずるにはその時間を始めの直径で割つた時間で論じてよく、云ひかへると相似である直径1cmの繊維の動程、壽命によつて代表することが出来ることである。即ち固有動程、固有壽命なるものを導入して論ずることが出来る、甚だ便利である。

3. くびれた部分の變化

3. 1 直径及温度の關係

加熱電流はくびれてゐない部分によつて決定され、それがくびれた部分をも通るために、くびれた部分が過熱される。

ある時間に於てくびれてゐない部分の直径を δ ，温度を τ ，くびれてゐる部分の直径を δ' ，温度を τ' とすれば、兩部分を通る電流の等しいことから

$$\tau \frac{n_W - n_R}{2} \delta \frac{3}{2} = \tau' \frac{n_W - n_R}{2} \delta' \frac{3}{2} \dots\dots\dots (3.1)$$

の關係がある。或は

$$\tau \frac{n_W - n_R}{3} \delta = \tau' \frac{n_W - n_R}{3} \delta' \dots\dots\dots (3.1a)$$

$$\tau' = \tau \left(\frac{\delta}{\delta'} \right)^{\frac{3}{n_W - n_R}} \dots\dots\dots (3.1b)$$

である。

(2.1) 式によつて

$$\frac{d\delta}{\tau n_M} = \frac{d\delta'}{\tau' n_M} \dots\dots\dots (3.2)$$

であるから、(3. 1b) 式を入れて

$$d\delta \cdot \frac{3n_M}{n_W - n_R} = d\delta' \cdot \frac{3n_M}{n_W - n_R} \dots\dots\dots (3. 3)$$

となる。今

$$m = \frac{3n_M}{n_W - n_R} + 1 \dots\dots\dots (3. 4)$$

とおけば、(3. 3) 式は

$$d\delta \cdot \delta^{m-1} = d\delta' \cdot \delta'^{m-1} \dots\dots\dots (3. 3a)$$

となる。 δ ははじめ 1 で、 δ' は δ'_0 であるとすれば、(3. 3a) 式を積分し

$$\frac{1}{m} (1 - \delta^m) = \frac{1}{m} (\delta_0'^m - \delta'^m)$$

$$\text{或は } 1 - \delta^m = \delta_0'^m - \delta'^m \dots\dots\dots (3. 5)$$

となる。これは Prasník 氏の求めたものと同じく、焼断時に δ が δ_0 となり、 δ' は 0 であるとするれば (3. 5) 式は

$$1 - \delta_0^m = \delta_0'^m \dots\dots\dots (3. 6)$$

となり、Koref 及 Plaut 両氏の示した通りとなる。

(3. 5) 式はくびれた部分の直径とくびれてゐない部分の直径との関係を與へてゐるから、これから δ に對する δ' を求め、前章の動程によつて各時間に於けるくびれた部分の δ' が分明し、また (3. 1b) 式によつて温度 τ' が求められることとなる。

(3. 6) 式によつて次の結論を得。

特性の何れを一定にしても、焼断時に於ける繊維の直径ははじめのくびれの直径によつて定つたある値となる。その関係はくびれてゐない部分のはじめの温度の函數である。

同様の結論が (3. 5) 式及 (3. 1b) 式から次のやうに下せる。

動程に於けるくびれてゐない部分とくびれてゐる部分との直径の關係ははじめの温度及くびれの直径によつて定まる。また温度の關係も同じであつて、共に一定とする特性の如何には關係しない。

一定温度に保つた場合には、 $\tau=1$ とすればよく、(3. 1b) 式は

$$\tau' = \left(\frac{\delta}{\delta'} \right)^{\frac{3}{n_W - n_R}} \dots\dots\dots (3. 1c)$$

となり、(3. 2) 式は

$$d\delta = \frac{d\delta'}{\tau'^{n_M}} \dots\dots\dots (3. 2a)$$

となるから、(3. 3) 式以下全く同じ。故に上に述べた結論はこの場合にも當てはまる。

3. 2 指数 m の値

指数 m の値は (3. 4) 式によつて與へられ、 n_M は Langmuir, Jones 及 Mackay⁽⁴⁾ 三氏の與へた固有蒸發率の式

$$\log_{10} M' = 9.725 - \frac{41940}{T} - 0.3650 \log_{10} T - 0.0001639T \dots\dots\dots (3. 7)$$

から求め

$$n_M = \frac{96570}{T} - 0.3650 - 0.0003774T \dots\dots\dots (3. 8)$$

であり、 n_W 及 n_R は筆者⁽⁵⁾が嘗て求めておいた通り

$$n_W = 3.563 + \frac{2721}{T} \dots\dots\dots (3. 9)$$

$$n_R = 1.261 - \frac{158}{T} \dots\dots\dots (3.10)$$

であるから

$$\theta = \frac{T}{2500} - 1 \dots\dots\dots (3.11)$$

とおいて計算すると

$$m = 33.41 \frac{1 - 0.0386\theta - 0.0025\theta^2}{1 + \frac{2}{3}\theta} \dots\dots\dots (3.12)$$

となる。これによつて求めた m の値は第1表に示す通りである。(第1圖)

第1表 m の 値

T (°K)	m の 値	T (°K)	m の 値
2300	35.40	2600	32.49
2400	34.38	2700	31.62
2500	33.41	2800	30.79

Koref 及 Plaut⁽²⁾ 兩氏は真空電球に対して $m=35$ 、ガス入電球 220V/40W には $m=45$ 、110V/75W には $m=40$ を與へてゐる。

第 1 圖

3. 3 数 字 例

(a) くびれの直径と燒斷時の直径

くびれの直径 ϕ_0' に對し、種々の初温度のときの燒斷時の直径 ϕ_0 の値の數字例を示せば、

⁽⁴⁾Phys. Rev., (30) 1927, p. 201.

⁽⁵⁾山内及西川：照學誌 (16) P. 91, 昭和7年

(3. 6) 式により第2表の如し。

第2表 δ_0 の 値

δ_0' \ $T^\circ\text{K}$	2300	2400	2500
0.99	0.9665	0.9648	0.9632
0.98	0.9812	0.9798	0.9789
0.97	0.9883	0.9875	0.9867

(b) $\delta_0'=0.99$, $T_0=2400^\circ\text{K}$ のときの δ と δ' との関係は (3. 5) 式によつて第3表に示すやうになる。即ち δ' の変化は割合に緩慢で寿命の終りに近づいて急激に減少してゐることがわかる。

第3表 $\delta_0'=0.99$, $T_0=2400^\circ\text{K}$

δ	δ'	τ'	$T'(^{\circ}\text{K})$	δ	δ'	τ'	$T'(^{\circ}\text{K})$
1.00	0.99	1.0086	2421	0.975	0.9417	1.0302	2472
0.995	0.9823	1.0107	2426	0.97	0.9209	1.0455	2509
0.99	0.9748	1.0133	2432	0.965	0.8323	1.136	2726
0.985	0.9658	1.0170	2441	0.9648	0	—	—
0.98	0.9552	1.0222	2453

第 2 圖

一定温度に保つたときのくびれの温度 τ' 及眞の温度 T' を計算すると第3表第3列及第4列に示したやうになり、蒸發の温度指數に n_M を用ひて蒸發を簡単に τn_M としたことの影響は極めて僅かであることがうなづける。

第2圖は横軸に $1-\delta$ をとり、縦軸に $1-\delta'$ をとつたもので、第3圖は一定温度に於

ける δ , δ' , τ' の変化を示すものである。横軸は $1-\delta$ をとつてあるが、これは後に示すやうに時間に比例する。

第 3 圖

4. 固有動程

4. 1 固有動程の一般式

特性には既に假定したやうにくびれた部分の特性が影響しないものとすれば、固有動程（長さ1cm 直径1cm の繊維の動程）は (2. 1) 式によつて

$$t' = \int_0^1 \frac{\pi}{2} \frac{w}{M'} d\delta \dots \dots \dots (4. 1)$$

であつて、假定によつて

$$\frac{M'}{M_0'} = \tau^{n_M} \dots \dots \dots (4. 2)$$

$$\delta = \tau^{n_D} \dots \dots \dots (4. 3)$$

とおけば (4. 1) 式は

$$t' = \frac{\pi}{2} \frac{w}{M_0'} \cdot \frac{n_D}{n_M - n_D} \left[\tau^{n_D - n_M} - 1 \right] \dots \dots \dots (4. 4)$$

となる。(4. 4) 式を書き直すと

$$t' = \frac{\pi}{2} w \cdot \frac{n_D}{n_M - n_D} \left[\frac{\delta}{M'} - \frac{1}{M_0'} \right] \dots \dots \dots (4. 4a)$$

となる。或は

$$p = \frac{n_M}{n_D} - 1 \dots \dots \dots (4. 5)$$

とおけば

$$t' = \frac{\tau}{2} \frac{w}{M_0'} \cdot \frac{1}{p} \left[\delta^{-p} - 1 \right] \dots \dots \dots (4. 4b)$$

ともなる。

一定温度に保つ場合には M' は一定であるから簡単に

$$t' = -\frac{\pi}{2} \frac{w}{M_0'} (1-\delta) \dots\dots\dots (4.6)$$

である。

前節に述べたやうにくびれが同じ同一種の繊維をはじめの温度を等しく或る特性を一定にするやうに点火すれば、その特性の何れなるを問はず、くびれてゐない部分の直径 δ とくびれてゐる部分の直径 δ' との関係は同じであるから、今温度を一定に保つた時の t' を傍字 T を附して t'_T としあはすと

$$\frac{t'}{t'_T} = \frac{1}{1-\delta}, \quad \frac{1}{p} (\delta^{-p} - 1) \dots\dots\dots (4.7)$$

であらはされ、 δ が 1 に近く

$$\delta = 1 - \Delta \dots\dots\dots (4.8)$$

とし、(4.7) 式を展開すると

$$\frac{t'}{t'_T} = 1 + \frac{p+1}{2} \Delta + \frac{(p+1)(p+2)}{3!} \Delta^2 + \dots\dots\dots (4.9)$$

となり、 Δ が非常に小さい間は t' は t'_T に等しいが、 p は後に示すやうに一般に大きい数であるから、 Δ がかなり小さくても t' と t'_T とは異なるのである。即ち Δ は寿命に比例する値であるとは一定温度のとき以外は云へない。

4. 2 直径の温度特性

固有特性の温度指数を次に記す。

固有輻射束 W' : n_W , 固有抵抗⁽⁶⁾ R' : n_R , 固有電流 A' : n_A

固有電圧 V' : n_V , 固有光束 L' : n_L ,

また始めの温度に於ける固有特性の値はそれぞれ傍字₀を附してあらはす。

さうすると

$$\frac{W'}{W_0'} = \tau^{n_W} \text{ 等}$$

であらはされる。 n_W , n_R を用ひて他の指数をあらはすと

$$n_A = \frac{n_W - n_R}{2} \dots\dots\dots (4.10)$$

$$n_V = \frac{n_M + n_R}{2} \dots\dots\dots (4.11)$$

である。

長さが一定であるとき、細まつてゐる繊維の特性の變化は次の如し。

(6) 電氣工學に云ふ固有抵抗と異り、ここでは直径 1cm 長さ 1cm の繊維の抵抗である。

$$\frac{W'}{W_0'} \delta = \tau^{n_W + n_D} \dots\dots\dots (4.12)$$

$$\frac{R'}{R_0'} \delta^2 = \pi^{n_R - 2n_D} \dots\dots\dots (4.15)$$

$$\frac{A'}{A_0'} \delta^{\frac{3}{2}} = \tau^{n_A} + \frac{3}{2} n_D = \pi^{\frac{n_W - n_R}{2}} + \frac{3}{2} n_D \dots\dots\dots (4.14)$$

$$\frac{V'}{V_0'} \delta^{\frac{1}{2}} = \tau^{n_V} - \frac{1}{2} n_D = \tau^{\frac{n_W + n_R}{2}} - \frac{1}{2} n_D \dots\dots\dots (4.15)$$

$$\frac{L'}{L_0'} \delta = \tau^{n_L + n_D} \dots\dots\dots (4.16)$$

である。

能率は織條の寸法には無關係で、能率 e をであらはすと

$$\frac{e'}{e} = \tau^{n_L - n_W} \dots\dots\dots (4.17)$$

である。

或る特性が一定なとき他の特性の溫度指數は第4表のやうになる。

第4表 或特性が一定なとき他の特性の溫度指數

一定な 特性 變化 する特性	W	R	A	V	L
δ	$-n_W$	$\frac{n_R}{2}$	$-\frac{n_W - n_R}{3}$	$n_W + n_R$	$-n_L$
W	0	$\frac{2n_W + n_R}{2}$	$\frac{2n_W + n_R}{3}$	$2n_W + n_R$	$-(n_L - n_W)$
R	$2n_W + n_R$	0	$\frac{2n_W + n_R}{3}$	$-(2n_W + n_R)$	$2n_L + n_R$
A	$-\frac{2n_W + n_R}{2}$	$\frac{2n_W + n_R}{4}$	0	$2n_W + n_R$	$-\frac{3n_L - n_W + n_R}{2}$
V	$\frac{2n_W + n_R}{2}$	$\frac{2n_W + n_R}{4}$	$\frac{2n_W + n_R}{3}$	0	$\frac{n_L + n_W + n_R}{2}$
L	$n_L - n_W$	$\frac{2n_L + n_R}{2}$	$\frac{3n_L - n_W + n_R}{3}$	$n_L + n_W + n_R$	0

蒸發 M は第2表に於て n_L の代りに n_M をおいたものである。

4. 3 p の 値

p の値は (4. 5) 式によつて與へられ、第2表の n_D の値を入れると次のやうになる。一定とした特性を傍字として示す。

$$p_W = -\left(\frac{n_M}{n_W} + 1\right); p_W + 1 = -\frac{n_M}{n_W} \dots\dots\dots (4.18)$$

$$p_R = \frac{2n_M}{n_R} - 1; p_R + 1 = \frac{2n_M}{n_R} \dots\dots\dots (4.19)$$

$$p_A = -\left(\frac{3n_M}{n_W - n_R} + 1\right); p_A + 1 = -\frac{3n_M}{n_W + n_R} \dots\dots\dots (4.20)$$

$$p_V = \frac{n_M}{n_W + n_R} - 1 \quad ; \quad p_V + 1 = \frac{n_M}{n_W + n_R} \dots\dots\dots (4.21)$$

$$p_L = -\left(\frac{n_M}{n_L} + 1\right) \quad ; \quad p_L + 1 = \frac{n_M}{n_L} \dots\dots\dots (4.22)$$

$$p_T = -1; p_T + 1 = 0 \dots\dots\dots (4.23)$$

$T_0 = 2400^\circ K$ のときの p の値を示せば第5表の如し。

第 5 表

	2300°K	2400°K	2500°K		2300°K	2400°K	2500°K
p_R	67.35	64.24	61.35	p_L	- 4.765	- 4.752	- 4.736
p_V	5.861	5.616	5.380	p_W	- 9.584	- 9.299	- 9.024
p_T	- 1	- 1	- 1	p_A	-35.39	-34.39	-33.42

4. 4 一定なる特性に於ける動程の比較

或る特性を一定としたときの動程の比較は (4. 7) 又は (4. 9) 式によつて出来る。

等しい δ となるまでの時間は t' であるが、特性 X を一定とするときの t' を t'_X としてあらはすと、(4. 9) 式によつて

$$\frac{t'_X}{t'_T} = 1 + \frac{p_X + 1}{2} \Delta + \dots\dots\dots$$

であるから、 p_X の大きいほど t'_X の大きいことが分り、 Δ が非常に小さくて、 Δ^2 の項以下が省略されるときには t'_X/t'_T は $1 + \frac{p_X + 1}{2} \Delta$ となる。従つて

$$t' > t'_V > t'_T > t'_L > t'_W > t'_A \dots\dots\dots (4.24)$$

である。即ち最も緩く變化するのは抵抗を一定にしたときで、電圧を一定にしたときはこれに次ぎ、以下能率一定、光束一定、入力一定の順になり、電流一定の場合最も短い。

4. 5 数 字 例

$\delta_0' = 0.99$, $T_0 = 2400^\circ K$ に一定に保つた場合の t' 及 $D_0 = 30\mu$ 及 45μ のときの時間を示すと、第6表の値となる。

第 6 表 $\delta_0' = 0.99$, $T_0 = 2400^\circ K$

δ	t (時)	t (時)	
		$D_0 = 30\mu$	$D_0 = 45\mu$
1.00	0	0	0
0.99	6.41×10^4	192	238
0.98	1.28×10^5	384	577
0.97	1.92×10^5	577	961
0.965	2.25×10^5	676	1014

この纖維を $T_0=2400^\circ K$ になる或る特性を一定に保つとき、 $t_0'x/t_0'r$ は第7表第4圖のやうになる。

第7表 $\frac{t_0'x}{t_0'r}$ の値, $\delta_0'=0.99$, $T_0=2400^\circ K$

δ	R 一定	V 一定	L 一定	W 一定	A 一定
0.995	1.183	1.017	0.991	0.979	0.921
0.99	1.412	1.034	0.981	0.960	0.850
0.985	1.702	1.052	0.972	0.940	0.786
0.98	2.071	1.070	0.963	0.921	0.728
0.975	2.544	1.088	0.954	0.902	0.676
0.97	3.153	1.107	0.945	0.886	0.629
0.965	3.941	1.127	0.936	0.866	0.587

第 4 圖

第 5 圖

第5圖は横軸に時間をとり、縦軸に δ をとつて示したものである。

5. 焼 断 寿 命

5. 1 焼断寿命の一般式

前に述べて来た所によつて、固有寿命は求められるが、最初のくびれ δ_0' が等しい場合には温度によつて焼断時の細まり δ_0 が求められ

$$\delta_0 = \tau_0^{n_D} \dots\dots\dots (5. 1)$$

によつてその時の温度 τ_0 が求められる。

また (4. 7) 式によつて温度を一定にしたときとの関係が求められ、焼断寿命を t_0' , $t_0'x$ とおけば

$$\frac{t_0'}{t_0'x} = \frac{1}{1-\delta_0} \cdot \frac{1}{p} (\delta_0^{-p} - 1) \dots\dots\dots (5. 2)$$

によつて與へられることも全く同じ、従つて δ_0 が 1 に近いものでは (4. 9) 式と全く同じものであらはされる。

$t_0'x$ は云ふまでもなく

$$t_0'x = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{w}{M_0'} (1 - \delta_0) \dots\dots\dots (5. 3)$$

である。

5. 2 寿 命 の 比 較

(a) 同一の繊維を或特性が一定となるやうしたときの寿命は (5. 2) 式で比較せられ、前章で述べた結論と同じく、電流一定の場合が最も寿命短く、即ち直列回路に用ひた電球の方が並列回路に用ひた電球よりも寿命が短い。

$\delta_0' = 0.99$, $T_0 = 2400^\circ\text{K}$ に於て比較すれば第 8 表のやうになる。 $D_0 = 30\mu$, 45μ のときの寿命をも附記しておく。

第 8 表 一定な特性と寿命

$\delta_0' = 0.89$, $T_0 = 2400^\circ\text{K}$

一定な特性	$t_0'/t_0'x$	t_0' (時)	寿 命 (時)	
			$D_0 = 30\mu$	$D_0 = 45\mu$
R	3.973	8.952×10^5	2686	4028
V	1.128	2.540×10^5	762	1143
T	1.000	2.253×10^5	676	1014
L	0.936	2.109×10^5	633	949
W	0.866	1.951×10^5	585	878
A	0.586	1.319×10^5	396	594

(b) 或る特性を一定としたときの能率と寿命との関係もこれから得られる。温度一定の場

合には、寿命は $(1-\delta_0)/M_0'$ に比例し、第2表に示すやうに $1-\delta_0$ は温度によつてあまり大きくかはらないから、寿命は殆んど M_0' に逆比例と見做してもよい位で、温度指數は殆んど M_0' の温度指數の符號を變じたものであるから、能率の温度指數との關係から、寿命は初能率のはゞ-7乗にかはることが求められる。

他の特性が一定の場合も亦同様であつて、一定電壓に於る寿命指數を求めると 2400°K に於てはゞ6.64であつて、温度が高いほどこの値は大きくなる。

(c) 纖維の太さと寿命との關係は上に述べて來たやうに、纖維のくびれが一定ならば、同一温度に於ては初めの直径に比例するのであるが、一般には太いほど長くなつてゐる。Koref 及 Plaut 兩氏の云つてゐるやうにくびれの程度の絶對値が纖維の太さにほゞ無關係であるとするれば、 $1-\delta_0'$ は纖維の太さに逆比例して小さくなる。云ひかへると、纖維の太さが大きいほど δ_0' が大きく従つて δ_0 が小さい、即ち寿命が直径に比例するよりは長い。

もしくびれが 0.4μ だけあつたとし、 $D_0=15\mu, 20\mu, 30\mu, 40, 50\mu$ の場合、 $T_0=2400^\circ\text{K}$ とし、温度一定の場合を比較すれば、第9表の如し。第6圖は D_0 に對する寿命を示す。

第 6 圖

第 9 表 $\delta_0' = 1 - \frac{0.4}{D_0(\mu)}$, $T_0 = 2400^\circ\text{K}$

$D_0(\mu)$	15	20	30	40	50
δ_0'	0.9733	0.98	0.9867	0.99	0.992
δ_0	0.9855	0.9801	0.9715	0.9648	0.9595
$1-\delta_0$	0.0145	0.0199	0.0285	0.0352	0.0405
$t_0'(\text{時})$	9.29×10^4	1.28×10^5	1.83×10^5	2.25×10^5	2.60×10^5
$t_0(\text{時})$	139	256	549	900	1300

6. 各特性の動程

6. 1 動程の一般式

第4章に述べた所により、時間と直径の細まりとの關係が得られ、第2表に示した指數を用

れば、各瞬時に於ける諸特性の變化が算出されることは云ふまでもない。

溫度を τ とすれば

$$\delta = \tau^{n_D} \dots\dots\dots (6.1)$$

であるから、第2表に示した特性 X の溫度指數を n'_X とすれば特性の變化は

$$\frac{X}{X_0} = \tau^{n'_X} = \delta^{\frac{n'_X}{n_D}} \dots\dots\dots (6.2)$$

によつて與へられる。

6. 2 動 程 の 比 較

電球の使用目的に従つて各種特性の一樣さの比較を必要とする場合が度々あらう。以下2, 3の例について示すこととする。

(a) 測光用標準電球として用ひるときには何れの特性を一定にするのが最もよいか。 δ が1に非常に近い場合には何れの特性を一定にしてもほぼ同時間に同様に細まつてゐるから、(6.2)式に於て n_L/n_D の値が最も小さい場合がよいことになる。

$$\frac{n_L'}{n_D} = \frac{n_L + n_D}{n_D} = \frac{n_L}{n_D} + 1 \dots\dots\dots (6.3)$$

であるから、光束一定の場合を除き入力一定の場合最もよく、電壓一定の場合之につき、電流一定の場合は更に悪く、抵抗一定の場合最も悪い。溫度一定の場合は光束は δ に比例し、普通の溫度に於ては入力一定の場合よりはよいが、2800°K 以上に於ては入力一定の場合に劣る。

(b) 光高溫計用電球又は光色測定用電球のやうに纖維溫度を成るべく一定にするには δ^{1/n_D} が1に近いほどよく、従つて n_D の絶對値の大きい方がよい。溫度一定、光束一定の場合を除き電壓一定の場合最もよく、入力一定之に次ぎ、電流一定、抵抗一定の順である。

(c) 寿命中の發散光量の比較は次の如し。發散光量を Q とすれば

$$Q = \int_0^{t_0'} \tau^{n_L + n_D} dt' \dots\dots\dots (6.4)$$

であるから、

$$\begin{aligned} Q &= \int_{\delta_0}^1 \tau^{n_L + n_D} \cdot \frac{d\delta}{M'} \cdot \frac{\pi w}{2} \dots\dots\dots \\ &= \frac{\pi w}{2M_0'} \cdot \frac{n_D}{n_L + 2n_D - n_M} \left[1 - \tau_0^{n_L + 2n_D - n_M} \right] \dots\dots\dots (6.5) \end{aligned}$$

$$= \frac{t_0' r}{1 - \delta_0} \cdot \frac{n_D}{n_M - 2n_D - n_L} \left[\delta_0^{\frac{n_L + 2n_D - n_M}{n_D}} - 1 \right] \dots\dots\dots (6.5a)$$

今 q を次のやうにおく。

$$q = \frac{n_M - 2n_D - n_L}{n_D} = \frac{n_M - n_L}{n_D} - 2 \dots\dots\dots (6.6)$$

さうすると光量は

$$Q = \frac{t_0' x}{1 - \delta_0} \cdot \frac{1}{q} [\delta_0^{-q} - 1] \dots\dots\dots (6.5b)$$

となり、(5. 2) 式と同型となつて δ_0 が1に近ければ

$$Q = t_0' A_0 \left(1 + \frac{q+1}{2} A_0 + \dots\dots\dots \right) \dots\dots\dots (6.5c)$$

となり、 q の大なるほど、従つて n_D の小なるほど大となる。この點から云へば抵抗一定の場合最も大で、

$$Q_R > Q_V > Q_T > Q_L > Q_W > Q_A \dots\dots\dots (6.7)$$

の順となる。

(d) 寿命中平均特性

寿命中の平均能率は如何程となるか等、寿命中の平均特性を知る要があることがある。これは光量を求めたのと同様な方法によつて決定される。

結 び

以上述べた所によつて次の結論を得。

(1) 真空中に熱せられたタングステン繊維の直径の細まり方及焼断時のそれは、何れの特性を一定とするも温度並にくびれの直径によつて定まり、焼断寿命は更に初めのくびれない部分の直径に比例する。

(2) 一定とする特性によつて寿命は著しく異なる。

(3) 初めの直径及くびれの直径を與へ、ある特性を一定としたときの他の特性の動程を決定することが出来る。

本論は簡単な假定のもとに全く理論的に運んだもので、假定の吟味は行はなかつた。本論は更にコイル繊維の場合、ガス入電球の場合、また繊維に沿ふ温度分布を考に入れた場合等に擴充されなければならない。(昭和11年8月)