アルミニウムの陽極酸化皮膜に及ぼす加工条件の影響

(第6報) 硫酸皮膜交流電解に於ける電解液温度

および電解電圧の影響について

国本 隆* 池田栄三** 西邑 弘**

EFFECTS OF WORKING-CONDITION ON PROPERTIES OF ANODIC OXIDE FILM ON ALUMINIUM (PART 6)

EFFECTS OF TEMPERATURE AND VOLTAGE IN ALTERNATING CURRENT SULPHURIC ACID PROCESS

TAKASHI KUNIMOTO* EIZO IKEDA** HIROSHI NISHIMURA**

In the Part 4 and Part 5 of this report, we discussed about the effects of voltage and concentration and time on the properties of anodic oxide film which is formed by the alternating current sulphuric acid process.

In this Part, we examined the effects of bath-temperature and voltage on properties of anodic oxide film in alternating current sulphuric acid process. In this examinations, bath-temperature is varied from 10 to 30°C, voltage is varied from 10 to 20 V and the other factors are held in constant, i. e., concentration is 20% and time is 40 minutes. The inspection methods for the properties of oxide film are the methods specified in JIS P 1043f, 1951, which were used in the preceding experiments.

The results of experiments are as follows.

(1) The relation between thickness of film and bath-temperature and voltage is shown by following experimental formula. (See Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4 and Table 2.)

$$T = 0.845e^{(0.0392h + 1.035V)}$$

$$\left(\begin{array}{l} 10 < h < 25 \\ 10 < V < 20 \end{array} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} T = \text{Thickness } (\mu) \\ h = \text{Bath-temperature } (^{\circ}\text{C}) \\ V = \text{Voltage } (\text{V}) \end{array} \right\}$$

When the bath-temperature reaches 30°C., this formula can not be applied because of the severe corrosive attack of sulphuric acid.

(2) The relation between thickness of film and electric power is shown by the same formula as in the Part 4. (See Fig. 5.)

$$T = 1.8 + 0.35W$$

$$\left(\begin{array}{l} 10 < h < 25 \\ 10 < v < 20 \\ \text{time} = 40\text{mins} \end{array} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} T = \text{Thickness } (\mu) \\ W = \text{Electric power} \\ \quad (\text{A/dm}^2 \times \text{V}) \end{array} \right\}$$

When the bath-temperature reaches 30°C., this formula can not be applied.

(3) The relation between corrosion resistance and bath-temperature and voltage is shown by following experimental formula. (See Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, and Table 3.)

$$S = (20.2 - 0.27h)e^{(0.0036h + 0.022V)}$$

$$\left(\begin{array}{l} 10 < h < 25 \\ 10 < V < 20 \end{array} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} S = \text{Corrosion resistance (sec.)} \\ h = \text{Bath-temperature } (^{\circ}\text{C.}) \\ V = \text{Voltage (V)} \end{array} \right\}$$

When the bath-temperature reaches 30°C., this formula can not be applied.

(4) // Specific corrosion resistance // (corrosion resistance for unit thickness of film) of the film is reduced as the bath-temperature rises and the reducing rate is higher in the lower voltage than in higher voltage. In comparison with the D. C. anodizing method, this reducing tendency of // specific corrosion resistance // is more remarkable in the A. C. anodizing method. (See Fig. 9)

(5) The relation between abrasion resistance and bath-temperature and voltage is shown by following experimental formula. (See Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12 and table 4.)

$$A = 1.59e^{(0.0533h + 0.23V)}$$

$$\left(\begin{array}{l} 10 < h < 20 \\ 10 < V < 20 \end{array} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} A = \text{Abrasion Resistance (sec.)} \\ h = \text{Bath-temperature } (^{\circ}\text{C.}) \\ V = \text{Voltage} \end{array} \right\}$$

At the bath-temperature of 25°C. and 30°C., this formula can not be applied.

(6) The relation between abrasion resistance and thickness of film is shown by the same experimental formula as reported in the Part 4 and Part 5 of this report. (See Fig. 14.)

$$A = 30T - 100 \quad \left(\begin{array}{l} 10 < h < 20 \\ 3 < T < 15 \end{array} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} A = \text{Abrasion Resistance (sec.)} \\ T = \text{Thickness } (\mu) \end{array} \right\}$$

At the bath-temperature of 25°C. and 30°C., this formula can not be applied.

(Received Mar. 4, 1954)

1 緒 言

才4報¹⁾ 才5報²⁾において硫酸電解液による交流電解の場合の電解電圧、電解液濃度、電解時間の各因子の影響を検討した。本報告では才3報で硫酸直流電解について行つたと同様に硫酸交流電解の場合の電解液温および電解電圧の影響を、その他の因子、すなわち電解液濃度、電解時間を一定に保つて検討することとした。

2 試料および実験方法

試料は前報までに使用したものと同一成分の99.3%純アルミニウム硬質板で、寸法は $0.8 \times 50 \times 100\%$ である。電解装置は才4報に述べたものを用い、それに温度調節を行うためガラス管に封じた500Wの電熱線を投入して適当温度に調節し、電解による温度上昇は冷却管に冷水を通じて防止し常に一定温度を保たせるようにした。この実験で変化させる因子である電解液温は $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ に電解電圧は $10\text{V} \sim 20\text{V}$ の範囲に変化せしめ、電解開始後2分間で所要の電圧まで上昇せしめるようにした。その他の因子である電解液硫酸濃度は20%に、電解時間は40分に、それぞれ一定に保つた。電極間距離は前報同様 150% とし、電解後は十分水洗したのち、染色を行わず圧力 $45\text{lb}/\text{in}^2$ で30分間蒸気処理を行つた。

皮膜の諸性質の測定は両極に用いた試料の相対する面についてのみ行い、JIS P10431, 1951に規定された陽極処理皮膜検査方法によつて膜厚、耐蝕性、耐摩耗性を測定し、各因子の影響を検討した。

3 実験および実験結果

3.1 実験XX 電流密度の変化

3.1.1 実験結果

各条件における電流密度および電解初期から終期へのその変化は才1表に示す通りであり、その平均値をとつてグラフを描くと才1図のようになる。

第1表 液温、電圧による電流密度の変化

Table. 1 Relation between Current Density, Voltage and Bath-Temperature.

Temp $^{\circ}\text{C}$	10		15		20		25		30	
C. D A/dm 2	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End
10	0.75	0.70	0.80	0.75	0.95	0.85	1.20	1.15	1.40	1.30
12.5	0.90	0.80	1.00	0.90	1.10	1.00	1.50	1.40	1.80	1.70
15	1.00	0.95	1.15	1.05	1.35	1.30	1.55	1.45	2.15	2.00
17.5	1.10	1.00	1.35	1.25	1.70	1.60	2.25	2.20	2.95	2.75
20	1.5	1.35	1.75	1.70	2.00	1.90	2.95	2.50	3.70	3.50

第1図 電圧、液温の変化による平均電流密度の変化
Fig. 1 Relation between Average Current Density, Voltage and Bath-temperature

3.1.2 実験結果の考察

電流密度は才1図に明かなように電圧の上昇に従つて各液温の場合共増加するが、その増加率は高温となる程著るしい。しかし直流の場合³⁾と比較すれば、この増加率は各温度共直流の方が大きい。この原因は皮膜構造の多孔性の相違に由来するものと思われる。

また電解初期から終期への電流密度の変化は才1表に示されるように各条件の場合共、余り大きくないが、直流電解の場合、電解終期の電流密度は初期の約 $\frac{2}{3}$ に低下するのである。この原因も上に述べた皮膜構造の多孔性の相違に帰せられるものであろう。

3.2 実験XXI 膜厚に及ぼす温度、電圧の影響

3.2.1 実験結果

各条件の試料の膜厚測定結果は才2図に示す通りである。

3.2.2 実験結果の考察

才2図より明かなように各温度共電圧の上昇に従つて膜厚は増加する傾向を示し、才4報¹⁾に温度を 15°C 一定に保ち、電圧と濃度とを変化させて得た結果と同様に指数曲線的な関係を示した。即ち温度が上昇するに従つて、3.1に述べたように電流密度が増加し、そのために膜厚は増加するが、 30°C に達すると出来た皮膜の表面に蒸気処理後、白い粉末を生ずるようになり、それを除去して膜厚を測定したのであるが、電流密度は 30°C の場合の方が 25°C の場合よりも大きいかゝかわらず、膜厚は却つて減少した。これはこの温度になると硫酸の化学的侵蝕が大きくなり折角生成した皮膜が溶解せられるためではないかと推察される。

第2図 膜厚に及ぼす電圧液温の影響

Fig. 2 Effect of Voltage and Bath-Temperature on Thickness of Film

上に述べたように各温度とも指数曲線の関係を示すので膜厚と電圧とは一般に次の関係式で表わされる。

$$T = a_{6.2} e^{b_{6.2} V} \quad (1.1)$$

従つて膜厚の対数と電圧との関係は才3図のように温度別の直線関係となり、この図より膜厚係数 $a_{6.2}$ $b_{6.2}$ を各温度について求めると才2表の通りとなる。

係数 $b_{6.2}$ は液温による変化が殆んどなく、その平均値は 1.035 であつて、係数 $a_{6.2}$ だけが温度の変化によつて変化する。 $a_{6.2}$ の対数と液温との関係を図示すれば才4図の如く略々直線となる。従つて次の関係式が成立する。

第3図 膜厚と電圧、液温との関係

Fig. 3 Relation between Thickness of Film, Voltage and Bath-Temperature

第2表 各液温における係数 $a_{6.2}$ および $b_{6.2}$

Table 2. Coefficients $a_{6.2}$ and $b_{6.2}$ for various Bath-temperature.

Bath-Temp. (°C)	$a_{6.2}$	$b_{6.2}$
10	1.32	1.033
15	1.47	1.050
15±1*	1.46*	1.012*
20	1.79	1.029
25	2.37	1.053
30	1.95	1.034
Mean	—	1.035

註*印は才4報¹⁾の結果を示す。

Note* Results reported in the Part 4

$$a_{6.2} = 0.845 e^{0.0392h} \quad (1.2)$$

但し h = 温度 (°C)

故に20%硫酸電解液を使用する場合、膜厚と液温、電圧との関係は式 (1.1), (1.2) より

$$T = 0.845 e^{0.0392h} \cdot e^{1.035V}$$

$$= 0.845 e^{(0.392h + 1.035V)} \quad (1.3)$$

但し $\begin{cases} V = \text{電圧 (ボルト)} \\ h = \text{温度 (°C)} \end{cases}$

但し液温30°Cにおいては前述のように硫酸による生

第4図 係数 $a_{6.2}$ 液温との関係

Fig. Relation between Coefficient $a_{6.2}$ and Bath-Temperature

皮膜の溶解作用が大きく、また皮膜の密着性が十分でないために (3) 式によつて計算出来ない。

電解液濃度が変化しても液温の影響に著るしい変化がないものと仮定すれば才4報¹⁾ (1.2) 式と本報(1.3)式とから次式が成立するものと思われる。

$$T = 0.845 e^{0.3092h} \cdot e^{(0.0052C^{0.829} + 0.032)V} \\ = 0.845 e^{0.0392h + (0.0052C^{0.829} + 0.032)V} \quad (1.4)$$

但し $\begin{cases} V = \text{電圧 (ボルト)} \\ h = \text{温度 (°C)} \\ C = \text{濃度 (\%)} \end{cases}$

又才4報¹⁾ に従つて電力と膜厚との関係を求め、先

に提出した比例関係式〔才4報(1.4)式〕が温度が変化した場合にも成立するかどうかを検討した。この関係を図示すると才5図の通りとなり、10~25°C 迄は才4報の実験式(1.4)を満足するのである。

$$T = 1.8 + 0.35W \dots\dots\dots(1.5)$$

但し $\left[\begin{array}{l} W = \text{電力}(\text{A}/\text{dm}^2 \times \text{V}) \\ \text{電解時間 } 40 \text{ 分} \end{array} \right]$

また液温30°Cの場合は前述の理由によつて、電力に対して充分な皮膜を生成し得ない結果となり、(1.5)式よりも低い値となつた。

第5図 膜厚と電力との関係

Fig. 5 Relation between Thickness of Film and Electric Power

第6図 耐食性におよぼす電圧、液温の影響

Fig. 6. Effects of Voltage and Bath-Temperature on Corrosion Resistance

3.3 実験 XXII 耐蝕性におよぼす温度、電圧の影響

3.3.1. 実験結果

各条件における耐蝕性測定結果は才6図に示す通りである。

3.3.2 実験果の考察

耐蝕性も膜厚と同じく各液温共指数曲線の関係を示し電圧の上昇と共に耐蝕性は良好となつた。しかし 30°Cの場合には耐蝕性は逆に著しく悪化した。才6図の縦軸即ち耐蝕性の対数をとつてこの関係を描き換えると才7図のように直線関係を得る。この図より耐蝕性と電圧との関係式を求めると次式のようになる。

$$S = a_{7.2} e^{b_{7.2} v} \dots\dots\dots(2.1)$$

$a_{7.2}$, $b_{7.2}$ を各温度について求めると才3表に示す通りである。

第7図 耐食性と電圧との関係

Fig. 7 Relation between Corrosion Resistance and Voltage

第3表 各温度における係数 $a_{7.2}$ および $b_{7.2}$

Table 3 Coefficients $a_{7.2}$ and $b_{7.2}$ for various Bath-Temperature.

Bath-Temp. (°C)	$a_{7.2}$	$b_{7.2}$
10	17.5	0.0578
15	16.3	0.0757
15±1*	16.3*	0.0762*
20	14.8	0.0970
25	13.7	0.1120
30	(14.4)	(0.1570)

註 *印は才4報¹⁾の結果を示す

Note. *Results reported in the Part 4

また温度と係数 $a_{7.2}$, $b_{7.2}$ との関係を図示すれば才8図の如く直線関係となるので、これより次の関係式が導かれる。

$$a_{7.2} = -0.27h + 20.2 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$b_{7.2} = 0.0036h + 0.022 \dots\dots\dots(2.3)$$

第8図 係数 $a_{7.2}$, $b_{7.2}$ と液温との関係

Fig. 8 Relation between Coefficient $a_{7.2}$, $b_{7.2}$ and Bath-Temperature

この関係を式 (2.1) に代入すれば

$$S = (-0.27h + 20.2)e^{(0.0036h + 0.022)v} \dots (2.4)$$

$$\text{但し } \begin{cases} S = \text{耐蝕性 (秒)} \\ h = \text{温度 (°C)} \\ V = \text{電圧 (ボルト)} \end{cases}$$

しかし液温 30°C のときは膜厚の場合と同様に硫酸の溶解作用が大きいためこの関係式は成立しない。

次に液温の上昇によつて生成した皮膜の膜厚 1 μ 当りの耐蝕性すなわち η 比耐蝕性 η が如何に変化するかを検討した。その結果 η 比耐蝕性 η と温度との関係は才9図の通りとなつた。この図より明らかなように、各電圧の場合とも、温度が上昇するに従つて η 比耐蝕性 η が次第に低下し、その低下率は低電圧の場合程大きく、30°Cに於ては 10°C の場合の約1/2に低下する。これは前述の如く温度が上昇するに従い硫酸の溶解作用が強くなり、皮

第9図 η 比耐蝕性 η と液温との関係

Fig. 9. Relation between "Specific Corrosion Resistance" and Bath-Temperature

膜は生成される一方溶解されるので、その多孔度が高くなり耐蝕性が悪化するものと思われる。その際皮膜生成能率の悪い低電圧の場合の方が高電圧のものより悪くなることは考えられることである。

また η 比耐蝕性 η と温度との関係について直流電解の場合と交流電解の場合とを比較すれば、温度上昇に伴う η 比耐蝕性 η の低下傾向は後者の方が著しい。その原因は交流の場合はアルミニウムの極が陰陽交互に変換するので直流の場合のように常に酸化雰囲気中に存在することが出来ないから、硫酸の侵蝕を受ける機会が多いためであろうと思われる。

3.4 実験XXIII 摩耗性におよぼす温度、電圧の影響

3.4.1 実験結果

各条件における耐摩耗性測定結果は才10図の通りである。

第10図

耐摩耗性と電圧
液温との関係
Fig.10 Relation
between Abrasion
Resistance and Voltage
and Bath-Temperature

3.4.2 実験結果の考察

耐摩耗性も膜厚や耐蝕性と同様に各温度とも電圧の上昇によつて急激に増加し指数曲線の関係を示した。この場合も電解温度が 30°C になると耐摩耗性は却つて低下し皮膜の性質が劣化する事を示した。

耐摩耗性の対数と電圧との関係を図示すれば才11図のようには γ 直線的関係を示す。この図より各温度別に電圧と耐摩耗性との関係式を導くと、次式の通りとなる。

$$A = p_{4.2} e^{q_{4.2} v} \dots (3.1)$$

各温度における係数 $p_{4.2}$, $q_{4.2}$ を求めると才4表のようになる。

この表に明らかなように $q_{4.2}$ は各温ともほぼ一定値を示し、殆んど温度に関係なく濃度が決まれば一定である。すなわち硫酸濃度20%の場合は0.23として計算しうる。

係数 $p_{4.2}$ は温度と共に変化するがその対数と温度との関係を図示すれば才12図の通り直線的関係となり、従

第11図 耐摩耗性と電圧との関係

Fig. 11 Relation between Abrasion Resistance and Voltage

第4表 各温度における係数 $p_{3.2}$ および $q_{3.2}$

Table 4 Coefficients $p_{3.2}$ and $q_{3.2}$ for various Bath-Temperature

Bath-Temp. (°C)	$p_{3.2}$	$q_{3.2}$
10	2.85	0.228
15	3.30	0.230
15±1*	3.10*	0.227*
20	4.50	0.230
25	(6.40)	(0.230)
30	(3.60)	(0.230)
Mean	—	0.230

註*印は才4報¹⁾の結果を示す

Note. *Results reported in the Part 4.

第12図 係数 $p_{4.2}$ と液温との関係

Fig. Relation between Coefficient $p_{4.2}$ and Bath-Temperature.

つて次の関係式が成立する。

$$P_{4.2} = 1.59e^{0.0533h} \quad (3.2)$$

但し $h = \text{温度} (^\circ\text{C})$

式(3.1)に式(3.2)および $q_{4.2} = 0.23$ を代入して、

$$\begin{aligned} A &= 1.59e^{0.0533h} \cdot e^{0.23v} \\ &= 1.59e^{(0.533h + 0.23v)} \quad (3.3) \end{aligned}$$

但し $\begin{cases} A = \text{耐摩耗性(秒)} \\ h = \text{温度} (^\circ\text{C}) \\ V = \text{電圧(ボルト)} \end{cases}$

しかしこの式は才11図を見ても明らかであるように、液温が20°C以下の場合には充分満足しうるが、25°C, 30°Cにおいては、かなり誤差が大きいに思われる。これは液温の上昇のため硫酸の作用が大となり皮膜の性質が劣化することを示すものである。

液温が耐摩耗性に及ぼす影響を更に明らかにするために、耐摩耗性測定値を膜厚で除して、膜厚1μに対する耐摩耗性すなわち比耐摩耗性を求めて比較検討した結果才13図のようになる。

この図からわかるように10V, 12.5Vのような低電圧の場合は温度によって比耐摩耗性は著るしく変化しないがそれより電圧が上昇するにつれて、20°Cの場合に最高に達し、それ以上の温度では比耐摩耗性は却つて低下する傾向を示しているように見える。しかしこの傾向が温度の影響のみを表わしているとは見るのは早計であつて、こゝに記した各点の表わす値はそれぞれ膜厚の違った試料の耐摩耗性を単に計算上その膜厚で割つて得た値であるので、耐摩耗性の測定法が例えば10~9μの間の1μでも

第13図 比耐摩耗性と液温との関係

Fig. 13 Relation between "Specific Abrasion Resistance" and Bath-Temperature.

の間の 1μ でも同じ値を出してくれるものと仮定しなければ簡単に比較することは出来ない。

次に前報と同様に膜厚と耐摩耗性との関係を求めた結果、才14図に示すようになった。図中に引いた直線は才4報¹⁾ 才5報²⁾ に述べた実験式

$$A = 30T - 100 \dots \dots \dots (3, 4)$$

を表わすものである。

この図より明らかなように液温 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ の間においては式 (3, 4) が大体成立するのであるが、 25°C , 30°C の高温に達すると膜厚に比し耐摩耗性が低下するので、この直線より下廻るのである。

第14図 耐摩耗性と膜厚及び電力との関係

Fig. 14 Relation between Abrasion Resistance and Film Thickness

以上のように耐摩耗性に対しても液温が高くなると云うことは良くないことである。

3 結 論

硫酸交流電解における電解液温度および電解電圧の皮膜諸性質におよぼす影響を検討した結果、膜厚、耐蝕性耐摩耗性は各温度とも電圧と指数函数的関係を有している。しかし膜厚および耐蝕性においては 30°C の場合、耐摩耗性においては 25°C , 30°C の場合、硫酸の侵蝕作用の影響が著しくなつて、それぞれ実験式を満足しなくなるのである。従つて硫酸交流電解の場合、皮膜の3性質におよぼす影響から見て最も良好な電解液温は 20°C で、 25°C 以上に上昇することは避けなければならない。

実験結果を要約すれば、硫酸交流電解において電解液濃度20%、電解時間40分一定の場合、圧力 $45\text{lb}/\square$ で30分間蒸気処理後の皮膜の諸性質におよぼす電解液温度および電解電圧の影響は次の通りである。

4. 1 膜 厚

4. 1. 1 膜厚と電解液温および電解電圧との関係

$$T = 0.845e^{(0.0392h + 1.035V)}$$

$$\text{但し } \begin{cases} 0 < h < 25 \\ 0 < V < 20 \end{cases} \quad \begin{cases} T = \text{膜厚 } (\mu) \\ h = \text{温度 } (^\circ\text{C}) \\ V = \text{電圧(ボルト)} \end{cases}$$

液温 30°C の場合は硫酸の侵蝕作用が著しいために表面に白色粉末を生ずるとともに、生成する膜厚が薄くなり上の関係式を満足しない。

4. 1. 2 膜厚と電力との関係

液温 $10 \sim 25^\circ\text{C}$ の間において前報¹⁾ と同じく次の関係式が成立する。

$$T = 1.8 + 0.35W$$

$$\text{但し } \begin{cases} 10 < h < 25 \\ 10 < V < 20 \end{cases} \quad \begin{cases} T = \text{膜厚} \\ W = \text{電力} \\ \text{電解時間40分} \end{cases} \quad \begin{cases} T = \text{膜厚} \\ W = \text{電力} \\ \text{電解時間40分} \end{cases} \quad \begin{cases} T = \text{膜厚} \\ W = \text{電力} \\ \text{電解時間40分} \end{cases}$$

4. 2 耐 蝕 性

4. 2. 1 耐蝕性と電解液温および電解電圧との関係

$$S = (20.2 - 0.27h)e^{(0.0036h + 0.022)V}$$

$$\text{但し } \begin{cases} 10 < h < 25 \\ 10 < V < 20 \end{cases} \quad \begin{cases} S = \text{耐蝕性(秒)} \\ h = \text{温度 } (^\circ\text{C}) \\ V = \text{電圧(ボルト)} \end{cases}$$

液温 30°C の場合は硫酸の侵蝕作用が著しいためにこの関係は成立しない。

4. 2. 2 η 比耐蝕性 η

η 比耐蝕性は液温の上昇とともに次第に低下し、その低下率は低電圧の場合程大きく、また直流電解の場合と比較すれば η 比耐蝕性の温度による低下傾向は交流電解の場合の方が著しい。

4. 3 耐摩耗性

4. 3. 1 耐摩耗性と電解液温および電解電圧との関係

$$A = 1.59e^{(0.0533h + 0.23V)}$$

$$\text{但し } \begin{cases} 10 < h < 20 \\ 10 < V < 20 \end{cases} \quad \begin{cases} A = \text{耐摩耗性(秒)} \\ h = \text{温度 } (^\circ\text{C}) \\ V = \text{電圧(ボルト)} \end{cases}$$

液温 25°C , 30°C の場合にはこの式は成立しない。

4. 3. 2 膜厚と耐摩耗性

$$A = 30T - 100 \quad (\text{前報通り})$$

$$\text{但し } \begin{cases} 10 < h < 20 \\ 3 < T < 15 \end{cases} \quad \begin{cases} A = \text{耐摩耗性(秒)} \\ T = \text{膜厚 } (\mu) \end{cases}$$

液温 25°C , 30°C の場合にはこの式は成立しない。

文 献

- 1) 国本 隆 軽金属 No. 7 (昭28) P. 66
- 2) 国本 隆 軽金属 No. 8 (昭28) P. 19
- 3) 国本 隆 軽金属 No. 9 (昭28) P. 88