於ては 10 倍が 1.50, 50 倍が 2.00 その比は 1.33 となる。第 1 と第 2 及び水に対する第 1 及び第 2 の比は 10 倍に於ては、1.63 2.13 及び 1.30, 又 50 倍に於ては 1.43, 1.40, 及び 0.98 となつた。即ち研磨の場合に於ては稀釈度を増しても比較的滑度は悪くならない。殊に第 1 油を使用する場合は、経済より見て 50 倍位のものを使用しても良いと思はれる。

4. 結 論

上記の研究の結果次の結論を得た。

(1) 軟鋼仕上げの場合は大体に於て牛乳、乳白油第 1 号、醬油あぶら、軽油、配合油、第 1 号の如き粘度が少く摩擦係数の大なるものが良好な滑度を與へてゐる。

(2) アルミニウム 仕上の場合に (1) と反対に種油、大豆

油、スルホン酸油第 2 号 等の如き粘度が大で、摩擦係数の小なるものが良好な滑度を與へてゐる。

(3) 乳白油により軟鋼及び アルミニウム を仕上げる場合稀釈度を大にすれば滑度は次第に不良になる。且この傾向はアルミニウム に於て大である。

(4) 軟鋼の研磨加工に於ては 乳白油の稀釈度を大にすれば滑度は少しであるが不良となる。

(5) 軟鋼研磨加工の場合 冷却剤として水と乳白油を使用した場合では後者の方が相當良好な結果を與へてゐる。

終りに本実験の遂行に協力せられた 山本誠一、鈴木顯治 両氏の労を厚く感謝する。

尚本研究は日本學術振興會研究補助金に拠つて行つたことを附記する。 (昭和 13 年 7 月 27 日受付)

罐詰用ブリキ罐の卷締抵抗(第1報)⁽¹⁾

(昭和 13 年 6 月 10 日 第 328 回講演會に於て講演)

正 員 富 村 建 造⁽²⁾

摘 要

卷締作用の力学的機構を明かにするために水晶板圧電氣測定装置を用ひ セミトロ・シーマー における卷締抵抗を測定し、その実験式を求めた。本報文に於ては第 1 卷締工程に於て第 1 ロールの受ける卷締抵抗の次の諸点に関する実験の結果に就て述べる。

1. ブリキ罐の蓋板の厚さと卷締抵抗
2. ブリキ罐の胴板の厚さと卷締抵抗
3. ブリキ罐の罐型と卷締抵抗
4. リフターの利きと卷締抵抗

1. 緒 言

ブリキ罐の卷締めは罐胴と罐蓋とが第 1 図 (a) の如くチャックとリフターとに保持せられ ロールの近寄りに依て順次 (b) (c) (d) の如く卷締められる。卷締機はその種類に依てチャック軸の回轉するものと、チャック軸は固定し、ロール・ピンがその周りを回轉するものとがある。いづれもロールは第 1 ロールと第 2 ロールとがあり、第 1 ロールは荒締めをなし、第 2 ロールはそれに続いて第 1 卷締工程に於ては單なる彎曲作用のみであるが、第 2 ロールに依る第 2

卷締工程に於ては彎曲作用の後工程の終りに於て幾分の圧延作用を伴ふ。リフターは罐胴を保持すると同時に幾分の型出し作用をなす。チャックは罐蓋或は罐底を保持しロール並びにリフターの動作に協力するものである。

第 1 図 卷締め順序 IR 第 1 ロール IIR 第 2 ロール

卷締機のこれ等主要動作部分における卷締抵抗はロールにおける彎曲抵抗とリフターにおける型出し抵抗並にチャックにおける前二者の合成抵抗とに分けて考へることが出来る。本報文に於てはまづロールの受ける卷締抵抗特に第 1 ロールにおける卷締抵抗に就ての研究並に実験の結果に就て述べる。

2. 卷締抵抗の実験式

a. ロール曲面における全卷締抵抗 実験に用ひた卷締機械はセミトロ・シーマーと称し、チャック軸が回轉しロー

(1) Seaming Resistance of Tin Plate Cans. (2) Kenzō TOMIMASU, Member, The Imperial Fisheries Institute, Tokyo. 水産講習所。

ルはチャック軸の周りを回轉することなく唯だロール・バーの中心線上を移動して近寄り運動をするのみである。第 1 ロール・バーと第 2 ロール・バーとの運動方向は第 2 図に示す如く 45° の角度をなし、チャックの中心に対し各 $\frac{3}{4}$ in だけ外方にずれてゐる。

今第 3 図 (a) に於て P を第 1 ロール・バーの任意の位置における全巻締抵抗とし、 q_0 をその作用点とす。図示せるロールの断面は q_0 及びロール・ピンの中心線を含む半径方向の垂直面とす。即ちこれは q_0 におけるロールの動作曲面の主断面となる。然して q_0 点を含む水平面とロール・ピン中心線との交りを O_r 、チャック軸中心線との交りを O_c とせば、全巻締抵抗 P の作用点 q_0 は、チャック軸の回轉方向を図示の如く右廻りとすればロールの中心 O_r はチャックの中心 O_c に対し関係的にその外周を左廻りに運動するものと考へ得るを以て、中心連結線 $O_c O_r$ に対し図示の如くロールの中心 O_r の関係運動方向に先進した位置にあると考へることが出来る。然して全巻締抵抗 P はチャックの回轉運動のために主断面 ($q_0 O_r z$) 上からずれて図示の如き位置に來り主断面と E なる角を含む。

今 $R=P$ のロール・ピン中心線に対する半径方向の分力

$T=P$ のロール・ピン中心線に対する切線方向の分力

$V=P$ の垂直軸方向の分力

$P_n=P$ のロール曲面に垂直方向の分力即ち主断面上の分力

とせば、

$$R=P \cos B, \quad T=P \cos A, \quad V=P \cos \Gamma,$$

$$P=\sqrt{R^2+T^2+V^2}$$

となり、又

$$P_n=P \sin A, \quad T=P \cos A$$

$$P=\sqrt{P_n^2+T^2}$$

或は、

$$R=P_n \sin \Psi, \quad V=P_n \cos \Psi, \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$P_n=\sqrt{R^2+V^2}$$

昭和 13 年 11 月]

なる関係がある。然して水平面内における半径方向の分力 R は第 3 図 (b) の如く、ロール・バーの運動方向における分力 Q と、それに直角方向の W とに分けることが出来る。即ち、

$$Q=R \cos \Omega,$$

$$W=R \sin \Omega, \quad \dots\dots(2)$$

となる。従て今

M =ロール・バーを経て
ロール・バー・ピン
に傳はる総合巻締抵抗とせば、

$$M=Q+\mu'W+\mu'V+F \quad \dots\dots\dots(3)$$

茲に μ' =ロール・バーとロール・バー・ガイドとの接触面における滑り摩擦係数、但し今仮りに両側面と天井及び底面とにおける摩擦係数を等しとす。

F =ロール・バーの運動に対する無荷重摩擦抵抗なるを以て (3) 式に (1) (2) を入れて、

$$M=P_n\{\sin \Psi \cos \Omega + \mu'(\sin \Psi \sin \Omega + \cos \Psi)\} + F \quad \dots\dots\dots(4)$$

となる。今

$$E=P_n\{\sin \Psi \cos \Omega + \mu'(\sin \Psi \sin \Omega + \cos \Psi)\} \quad \dots\dots\dots(5)$$

と置けば、 $M=E+F$ となり、

$$E=M-F \quad \dots\dots\dots(6)$$

従て

となる。これはロール・バー・ピンがブリキ板の被巻締部分から受ける全有効巻締抵抗である。本研究の実験に於ては第 11 図の如くカム・レバーのフオーク・エンドとロール・バー・ピン・ブロックを改造し、ここに水晶板保持器を装置し圧電気測定装置に依て M 及び F を測定し、(6) 式に依て全有効巻締抵抗 E を算出した。

b. ロール曲面の単位面積上における垂直抵抗
ブリキ板と接触せるロール曲面上の任意一点における単位面積當りの垂直抵抗 P_n は次の様に考へられる。

$$P_n=C_0^m D^{-m'} v_0^{n'} S_r^{n''} \sigma \left\{ \frac{\partial(1/\rho)}{\partial r} + \frac{\partial(1/\rho)}{\partial \theta} \right\} \quad \dots\dots\dots(7)$$

茲に、

t = 罐の材料たるブリキ板の厚さ

D = 罐胴直径

第 2 図 セミトロ・シーマー巻締機構主要部骨格図

第 3 図 ロール曲面における全巻締抵抗の分解

v_0 = その点における チャック の回転に依る ブリキ板
の円周速度

S_r = その点における チャック の回転軸に向つての ロ
ール・ピンの近寄り速度

σ = 罐の材料たる プ

リキ板の降伏点
における曲げ應力

$\partial(1/\rho)/\partial r$ = その点に
おける ロール曲
面の半径方向に
おける全曲率変化
の割合

$\partial(1/\rho)/\partial \theta$ = その点に
おける ロール曲

第 4 図 ロール及びチャックの影繪写真

第 5 図 ロール及びチャック骨格図

面の接線方向の全曲率変化の割合

C_0, m, m', n', n'' = 実験に依て定めらるべき常数

r, θ = ロール曲面の円座標

である。そこで ロール曲面の全曲率 $1/\rho$ を求めるために先
づ ロール曲面の円座標方程式を求める。

第 4 図は ロール 及び チャック の影繪写真、第 5 図は
写真をトレースして画いた骨格図である。第 1 ロールの曲
面の主要部は第 5 図 (a) の如く近似的に 2 種の円弧の回轉
曲面と考へることが出来る。依て半径 ρ_1 の四分円から成る
上部 ロール曲面は次の如くして求めることが出来る。

(1) 上部ロール曲面方程式 第 6 図 (a) は ロール・ピン
の中心線と チャック軸の中心線とを含む垂直断面で、罐蓋
ブリキ板が始めて ロール曲面に接触する位置を示す。然し
て 罐蓋ブリキ板は半径 ρ_1 なる四分円の上端 c に於て始め
て ロール曲面に接触するものとす。(b) は ロールの近寄
りに依て彎曲作用が進行し、ブリキ板の接触部が ロール曲
面の曲率中心に対して含む角が ψ_1 となつた時の位置、(c)
は水平面への投写図、(d) は q を通つて ロール・ピンの中
心線を含む半径方向の垂直断面とする。

今 (c) 図に於て チャックの中心 O_c を原点とし、ロール
の中心 O_r との連結線の方を x 軸、 $O_c y$ を y 軸、チャ
ック軸の下向き方向を z 軸の正方向とせば、上部ロール曲
面上の任意一点 q に於て、

$$l^2 = y^2 + (L - x)^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

又 (d) 図に於て、

$$\rho_1^2 = (\rho_1 - z)^2 + (d/2 + \rho_1 - l)^2 \quad \dots\dots\dots(9)$$

茲に l = q 点の ロール・ピン中心線からの距離

L = 任意の位置における チャック軸と ロール・ピン
中心線との距離

ρ_1 = 上部 ロール 曲面の
曲率半径

d = ロールの胴部直径
の関係がある。依て (8) 式
の l の値を (9) 式に代入
し、直角座標を円座標に
変換せば、

第 6 図 上部ロール曲面

$$(\rho_1 - z)^2 = \rho_1^2 - [(d/2 + \rho_1) - \{r^2 \sin^2 \theta + (L - r \cos \theta)^2\}^{1/2}]^2$$

然るに ロール曲面とブリキ板との接触部は極めて狭小な
るを以て θ は極めて小さく、 $\sin \theta \approx \theta$ と置き θ^3 以上を無
視すれば、

$$z = \rho_1 - \sqrt{\rho_1^2 - \{[(d/2 + \rho_1) - (L - r)]^2 - (Lr)/(L - r) \times \{(d/2 + \rho_1) - (L - r)\} \theta^2\}}$$

となる。然して $R_1 < r < R_2$ にして $(R_1 + R_2)/2$ と r との
差は L に比し極めて小なるを以て、

$$\frac{L}{L - r} \approx \frac{L}{L - (R_1 + R_2)/2} = n_1 \quad \dots\dots\dots(10)$$

と置き、これを上式に代入せば、

$$z = \rho_1 - \sqrt{\rho_1^2 - \{[(d/2 + \rho_1) - (L - r)]^2 - n_1 r \{(d/2 + \rho_1) - (L - r)\} \theta^2\}} = f_{(0)}(r, \theta) \quad \dots\dots\dots(11)$$

となる。これは チャックの中心 O_c を原点としてゐる。ロ
ールの中心 O_r を原点とせば式は著しく簡単となるが接触
部全面積に就ての積分が出来なくなる。

上式中 $L = (D/2 + a) + (d/2 + \rho_1) - \rho_1 \psi_1$

$$R_1 = (D/2 + a) - \rho_1 \psi_1$$

$$R_2 = (D/2 + a) - \rho_1 \psi_1 + \rho_1 \sin \psi_1$$

a = 罐胴外周から ロールと罐蓋との最初の接触点
までの距離

ψ_1 = 罐蓋と ロールとの接触部が ロール曲面の曲

率中心に対して含む角

$$= \tau_1(\theta)$$

θ = 罐蓋ブリキ板が始めて上部ロール曲面に接触

してからのチャック軸の回轉角

である。 ψ_1 はリフターの利きが一定の場合にはロールの近寄り位置に依て定まる。然してロールの近寄り位置はチャック軸の回轉角と一定の関係にあるを以て、 ψ_1 は θ の函数と考へることが出来る。 ψ_1 は θ の一定値に対して定数となる。然してブリキ板と上部ロール曲面との接触範囲は第 6 図 (c) の影をつけた部分で次の様になる。

$$\begin{cases} \text{半径方向} & r = R_1 \sim R_2 \\ \text{切線方向} & \theta = 0 \sim \theta_1, \\ & \text{但し } \theta_1 = \nu_1(\theta) \end{cases}$$

θ_1 は ψ_1 と同様ロールの近寄り位置に依て定まるを以て θ の他の函数 ν_1 を以て表はすことが出来る。 θ の一定値に対して θ_1 は定数となる。

(2) 下部ロール曲面方程式 第 7 図

(a) はブリキ板と下部ロール曲面との接触面上の任意一点 q' とロール・ピンの中心線とを含む半径方向の垂直断面、(b) は水平面への投写図である。今 Og_2 を通る水平面を xy 面とし、ロール・ピンの中心線を z 軸とし、その下向き方向を正の方向とせば、(b) 図に於て点描きの影をつけたブリキ板との接触面上の任意一点 q' に於て、

$$\rho_2^2 = z^2 + \{(d/2 + \rho_2) - r\}^2$$

$$z = \{\rho_2^2 - (d/2 + \rho_2 - r)^2\}^{1/2} = f_{(0)}(r) \quad \dots\dots\dots(12)$$

茲に ρ_2 = 下部ロール曲面の曲率半径、でここでは ρ_2 は円の半径と見做す。然してブリキ板の接触部は次の範囲にある。

$$\begin{cases} \text{半径方向} & \begin{cases} r_1 = d/2 \\ r_2 = (d/2 + \rho_2) - \rho_2 \cos \psi_2, \text{ 茲に } \psi_2 = \tau_2(\theta) \end{cases} \\ \text{切線方向} & \theta = 0, \sim \theta_2 = \nu_2(\theta) \end{cases}$$

茲に ψ_2 = 下部ロール曲面における接触部がロール曲面の曲率中心に対して含む角

θ = 罐蓋ブリキ板が始めて上部ロール曲面に接触

してからのチャック軸の回轉角

であつて、 ψ_2 、 θ_2 は共に上記の如く、 θ の函数と考へることが出来る。

(3) 全曲率変化の割合

今 $\rho_{\min}$ = ロール曲面上の任意一点における主曲率半径の内最小曲率半径

$\rho_{\max}$ = ロール曲面上の任意一点における主曲率半径の内最大曲率半径

ρ = その点におけるロール曲面の全曲率半径とせば、全曲率は、

$$1/\rho = 1/\rho_{\min} \cdot 1/\rho_{\max}$$

となる。先づ上部ロール曲面に於てその最大主曲率の直角昭和 13 年 11 月]

座標方程式は、

$$1/\rho_{\min} = \frac{z_{xx} + 2z_{xy}m_1 + z_{yy}m_1^2}{\{1 + z_x^2 + 2z_xz_y m_1 + (1 + z_y^2)m_1^2\}^{1/2} \sqrt{1 + z_x^2 + z_y^2}} \quad \dots\dots\dots(13)$$

茲に z_x = 上部ロール曲面 直角座標方程式の x に関する第 1 次導函数、以下これに準ず。

m_1 = その点に於て最小曲率半径方向の法截面が含む曲面の切線の xy 面上の正射影の角係数。

然るに第 6 図 (c) に於て

$$\begin{aligned} m_1 &= \tan(\pi - \phi) = -\tan \phi \\ &= -\frac{\sin \phi}{\sqrt{1 - \sin^2 \phi}} \quad \dots\dots\dots(14) \end{aligned}$$

然るに $\sin \phi = (r/L) \sin \theta$

$$l = \{y^2 + (L - x)^2\}^{1/2} = \{r^2 \sin^2 \theta + (L - r \cos \theta)^2\}^{1/2}$$

なるを以て、これを (14) 式に入れ $\sin \theta \approx \theta$ と見做し θ^3 以上を無視すれば、

$$m_1 \approx -r\theta/(L - r) \quad \dots\dots\dots(15)$$

となる。(13) 式を円壩座標方程式に変換し、この m_1 の値を入れて同様の近似解法を施せば、

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho_{\min}} &= \frac{\left[\frac{r^3 \{(L - r)^2 - (L^2 - r^2)\theta^2\} z_{rr}}{-2Lr\theta(L - r)(rz_{r\theta} - z_{\theta}) + L^2 r \theta^2 (rz_r + z_{\theta\theta})} \right]}{\left[r^2 \{(L - r)^2 + r^2 \theta^2\} + r^2 \{(L - r)^2 - (L^2 - r^2)\theta^2\} z_r^2 \right.} \\ &\quad \left. - 2r\theta(L - r)(L - 2r\theta^2) z_r z_{\theta} + L^2 \theta^2 z_{\theta}^2 \right]} \\ &\quad \times \frac{1}{\sqrt{r^2(1 + z_r^2) + z_{\theta}^2}} = f_{(1)}(r, \theta) \quad \dots\dots\dots(15) \end{aligned}$$

となる。茲に z_r 、 z_{θ} 、 $z_{r\theta}$ 、 z_{rr} 、 $z_{\theta\theta}$ は上部ロール曲面の円壩座標方程式 (11) に就ての第 1 次或は第 2 次偏導函数である。

次に最小主曲率の円壩座標方程式は (13) 式の m_1 の代りに、

$$m_2 = -1/m_1 = (L - r)/r\theta \quad \dots\dots\dots(16)$$

を入れ、前同様の近似法を用ひて、

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho_{\max}} &= \frac{\left[\frac{L^2 r^3 \theta^2 z_{rr} + 2Lr\theta(L - r)(rz_{r\theta} - z_{\theta})}{-r(L - r)\{2r - (L - r)\theta\}(rz_r + z_{\theta\theta})} \right]}{\left[r^2 \{r\theta^2 + (L - r)^2\} + L^2 r^2 \theta^2 z_r^2 \right.} \\ &\quad \left. + 2Lr\theta(L - r)z_r z_{\theta} + \{(L - r)^2 - \theta^2(L^2 - r^2)\} z_{\theta}^2 \right]} \\ &\quad \times \frac{1}{\sqrt{r^2(1 + z_r^2) + z_{\theta}^2}} = f_{(2)}(r, \theta) \quad \dots\dots\dots(17) \end{aligned}$$

故に全曲率は、

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_{\min}} \cdot \frac{1}{\rho_{\max}} = f_{(2)}(r, \theta) f_{(1)}(r, \theta)$$

従て全曲率のチャック軸中心に対する半径及び切線方向における変化の割合は、

$$\begin{aligned} &\left\{ \frac{\partial(1/\rho)}{\partial r} + \frac{\partial(1/\rho)}{\partial \theta} \right\} \\ &= \{f_{(1)r} \cdot f_{(2)} + f_{(1)} \cdot f_{(2)r}\} + \{f_{(1)\theta} \cdot f_{(2)} + f_{(1)} \cdot f_{(2)\theta}\} = f_{(3)}(r, \theta) \quad \dots\dots\dots(18) \end{aligned}$$

となる。次に下部ロール曲面に対しては、

$$\frac{1}{\rho_{\min}'} = -\frac{1}{\rho_2} \quad \text{にて一定にして } z_0 = 0, \text{ なるを以て,}$$

$$\frac{1}{\rho_{\max}'} = \frac{1}{r} z_r (1 + z_r^2)^{-1/2} = \frac{(d/2 + \rho_2 - r)}{r \rho_2} = f_{(1)}(r) \dots (19)$$

となり全曲率は、

$$\frac{1}{\rho'} = \left(-\frac{1}{\rho_2} \right) f_{(1)}(r) \dots (20)$$

となる。従て全曲率のロール・ピン中心線に対する半径及び切線方向における変化の割合は、

$$\left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{\rho'} \right) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{\rho'} \right) \right\}$$

$$= -\frac{1}{\rho_2} f_{(1)}(r) =$$

$$\frac{d/2 + \rho_2}{r^2 \rho_2^3} = f_{(2)}(r) \dots (21)$$

となる。故にロール曲面の単位面積

上における垂直抵抗は (18) 及び (21) 式を (7) 式に入れて次の如くなる。

上部ロール曲面に対し、

$$p_n = C_0 l^m D^{-m} v_c^{n'} S_r^{n''} \sigma \cdot f_{(3)}(r, \theta) \dots (22a)$$

下部ロール曲面に対し

$$p_n' = C_0 l^m D^{-m} v_c^{n'} S_r^{n''} \sigma \cdot f_{(2)}(r) \dots (22b)$$

c. 単位垂直抵抗の分解

今 $(p_n)_v$, $(p_n')_v = p_n$, p_n' の z 軸方向の分力
 $(p_n)_l$, $(p_n')_r = p_n$, p_n' のロール・ピン中心線に対する半径方向の分力

とせば、上部ロール曲面に対しては第 8 図 (b) に於て

$$(p_n)_v = p_n \cos \psi = \{1 - (z/\rho_1)\} p_n = p_n \cdot f_{(3)}(r, \theta) \dots (23a)$$

但し z 軸の負の方向を p_n の垂直分力の正方向とす。

$$(p_n)_l = p_n \sin \psi = p_n [1 - \{1 - (z/\rho_1)\}^2]^{1/2}$$

$$= p_n (1/\rho_1) (2\rho_1 z - z^2)^{1/2} = p_n \cdot f_{(4)}(r, \theta) \dots (23b)$$

但し ロール・ピン 中心線に向ふ方向を正方向とす。

次にこの半径方向の水平分力 $(p_n)_l$ を更に次の方向に分ける。

$(p_n)_q = (p_n)_l$ の ロール・バー 方向の分力

$(p_n)_w = (p_n)_l$ の ロール・バー に直角方向の分力

即ち $(p_n)_q = (p_n)_l \cdot \cos \delta$, $(p_n)_w = (p_n)_l \cdot \sin \delta$
 然るに $\sin \delta = \sin(\theta - \phi) = \sin \theta \cos \phi - \cos \theta \sin \phi$
 $\cos \delta = \cos(\theta - \phi) = \cos \theta \cos \phi + \sin \theta \sin \phi$
(24)

$$\text{然して } \sin \theta = h/L, \quad \cos \theta = (L^2 - h^2)^{1/2}/L \dots (25)$$

$$\text{又 } \sin \phi = \frac{r}{L} \sin \theta = \frac{r \theta}{\{(L^2 + r^2 - 2Lr \cos \theta)\}^{1/2}}$$

$$= \frac{r \theta}{\{(L-r)^2 + Lr \theta\}^{1/2}} = \frac{r}{(L-r)} \theta = \frac{r}{L} \cdot \frac{L}{(L-r)} \theta = \frac{n_1}{L} r \theta$$

$$\dots (26a)$$

但し

$$n_1 = \frac{L}{(L-r)}$$

は (10) 式に依る。

従て

$$\cos \phi =$$

$$\left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{n_1^2}{L^2} r^2 \theta^2 \right\}$$

$$\dots (26b)$$

となる。

依て

$$(25) (26a) (26b)$$

式を (24) 式に入
 れて、

$$\left. \begin{aligned} \sin \delta &= \frac{h}{L} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{r^2}{L^2} \left(1 + n_1 \frac{r}{L} \right)^2 \theta^2 \right\} \\ &\quad - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L^2} \left(1 + n_1 \frac{r}{L} \right) r \theta = f_{(5)}(r, \theta) \\ \cos \delta &= \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L^2} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{r^2}{L^2} \left(1 + n_1 \frac{r}{L} \right)^2 \theta^2 \right\} \\ &\quad + \frac{h}{L^2} \left(1 + n_1 \frac{r}{L} \right) r \theta = f_{(6)}(r, \theta) \end{aligned} \right\} \dots (27)$$

$$\text{故に } (p_n)_q = p_n \cdot f_{(5)}(r, \theta) \cdot f_{(6)}(r, \theta) = p_n \cdot f_{(q)}(r, \theta)$$

$$(p_n)_w = p_n \cdot f_{(5)}(r, \theta) \cdot f_{(5)}(r, \theta) = p_n \cdot f_{(w)}(r, \theta) \dots (28)$$

茲に $f_{(q)} = f_{(5)} \cdot f_{(6)}$, $f_{(w)} = f_{(5)} \cdot f_{(5)}$ である。

下部ロール曲面 に対しては第 9 図 (a) に於て、

$$(p_n')_v = -p_n' \sin \psi' \quad \text{但し } z \text{ 軸の正方向を垂直分力の負}$$

$$\text{の方向とす。}$$

$$= -p_n' \frac{z}{\rho_2} = -p_n' \frac{1}{\rho_2} \left\{ \rho_2^2 - \left(\frac{d}{2} + \rho_2 - r \right)^2 \right\}^{1/2}$$

$$= -p_n' \cdot f_{(7)}(r) \dots (29a)$$

$$(p_n')_r = p_n' \cos \psi' = p_n' (1 - \sin^2 \psi')^{1/2} = p_n' \{1 - (z/\rho_2)^2\}^{1/2}$$

$$= p_n' \frac{1}{\rho_2} \left(\frac{d}{2} + \rho_2 - r \right) = p_n' \cdot f_{(7)}(r) \dots (29b)$$

但し ロール・ピン 中心線に向ふ方向を正方向とす。

次にこの半径方向の水平分力 $(p_n')_r$ を ロール・バー 方向とそれに直角の方向との 2 方向に分ける。即ち第 9 図 (b) に於て、

$$(p_n')_q = (p_n')_r \cos \delta, \quad (p_n')_w = (p_n')_r \sin \delta$$

然るに、

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \sin(\theta - \phi) = \sin \theta \cos \phi - \cos \theta \sin \phi \\ &= \frac{h}{L} - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} \theta - \frac{h}{2L} \theta^2 = f_{(s\delta)}(\theta) \\ \cos \delta &= \cos(\theta - \phi) \\ &= \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} + \frac{h}{L} \theta - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{2L} \theta^2 = f_{(c\delta)}(\theta) \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \text{故に } (p_n')_q &= p_n' \cdot f_{(q)}(r) \cdot f_{(c\delta)}(\theta) = p_n' \cdot f_{(q)}(r, \theta) \\ (p_n')_w &= p_n' \cdot f_{(w)}(r) \cdot f_{(s\delta)}(\theta) = p_n' \cdot f_{(w)}(r, \theta) \end{aligned} \quad (31)$$

となる。茲に

$$\begin{aligned} f_{(q)}(r, \theta) &= f_{(q)}(r) \cdot f_{(c\delta)}(\theta), \\ f_{(w)}(r, \theta) &= f_{(w)}(r) \cdot f_{(s\delta)}(\theta) \end{aligned}$$

である。

d. 接触面の単位面積上における摩擦抵抗の分解

ブリキ板がロール曲面に沿ふて滑る時の摩擦係数を μ とせば、接触面の単位面積における摩擦抵抗の大きさは μp_n 或は $\mu p_n'$ となり、その方向はブリキ板のロール曲面における滑り速度の方向となる。依てまづこの滑り速度の方向を求める。

1. 上部ロール曲面にて

第 8 図 (a) に於て上部ロール曲面の外周とブリキ板との接触線が中心連結線 $O_c O_r$ に依て切られる点 c に於てはブリキ板の円周速度とロール曲面上の一点との円周速度が等しく、他の点に於ては総て幾らかの滑りがあるものと考へる。かくせば接触面上 c 点以外のあらゆる点に於てブリキ板の円周速度はロールの円周速度よりも大なるを以て、接触面上の任意一点 q に於ては図示の方向に滑り速度を生じ、従てロールはその方向に摩擦抵抗を受ける。

今 ω_c = チャックの回転速度、これはチャックに保持されてそれと共に回転する罐蓋ブリキ板の回転速度に等しい、
 ω_r = ロールの回転速度、
 v_c = 罐蓋ブリキ板の q 点における円周速度、
 v_r = ロールの回転に依るロール曲面上の一点 q の円周速度、とせば

$$R_1 \omega_c = (d/2 + \rho_1) \omega_r \quad (32)$$

$$\begin{aligned} v_c &= r \omega_c \\ v_r &= l \omega_r = \{(L-r)^2 + Lr\theta^2\}^{1/2} \frac{R_1 \omega_c}{(d/2 + \rho_1)} \end{aligned} \quad (33)$$

の関係がある。然して接触面上の任意一点におけるブリキ板のロール曲面に対する滑りはチャックの回転に依るものとロール・バーの近寄りに基くものとの二つを考へるこ

昭和 13 年 11 月]

とが出来る。但し接触部におけるブリキ板の上の任意の一点に於ては巻締めの進行と共にチャック軸を中心とする円周長さ小となる。従て円周方向には圧縮作用が起り幾分の皺を生じ、反対に半径方向には幾分の伸びを生ずる。然しながらこのための円周方向及び半径方向における歪速度は極めて微小なるを以て以下の追究には無視して考へる。

今 v_s = チャックの回転に依る滑り速度、とせば、

$$v_s^2 = v_c^2 + v_r^2 - 2v_c v_r \cos(\theta + \phi)$$

なるを以て、これに (33), (26a), (26b) の値を入れて整理す

れば、

$$\begin{aligned} v_s &= \frac{\omega_c}{(d/2 + \rho_1)} \left[\left\{ (L-r)R_1 - r \left(\frac{d}{2} + \rho_1 \right) \right\}^2 \right. \\ &\quad \left. + L R_1 \left\{ R_1 + \left(\frac{d}{2} + \rho_1 \right) \right\} \right] \\ r \theta^2^{1/2} &= \frac{\omega_c}{(d/2 + \rho_1)} \cdot f_{(v_s)}(r, \theta) \end{aligned} \quad (34)$$

次に S_r = ロール・バーの近寄りに基く滑り速度とせば、 S_r はカム曲線に依て定まるを以て、チャック軸の回転速度一定の場合にはチャック軸の回転角を以て表はすことが出来る。即ち

$$S_r = \omega_c \chi_1(\theta) \quad (35)$$

となる。依てチャック軸の回転角の一定値に対しては S_r は一定値となる。従て

S = チャックの回転による滑り速度とロール・バーの近寄りに基く滑り速度との合速度、とせば

$$S^2 = v_s^2 + S_r^2 - 2v_s S_r \cos \alpha \quad (36)$$

$$\begin{aligned} \text{然るに、} \quad \alpha &= 2\pi - \{\theta + \phi + (\pi/2 + \lambda)\} = 3\pi/2 - \{(\theta + \phi) + \lambda\} \\ \text{故に、} \quad \cos \alpha &= -\{(\sin \theta \cos \phi + \cos \theta \sin \phi) \cos \lambda \\ &\quad + (\cos \theta \cos \phi - \sin \theta \sin \phi) \sin \lambda\} \end{aligned}$$

$$\text{然るに } \sin \lambda = \frac{v_r}{v_s} \sin(\theta + \phi), \text{ なるを以てこれに (33), (34)}$$

(26a), (26b) 式の値を入れて整理すれば、

$$\sin \lambda = \frac{R_1 L \theta}{f_{(v_s)}(r, \theta)} = f_{(\lambda)}(r, \theta) \quad (37a)$$

となる。上式中 $f_{(v_s)}(r, \theta)$ は (34) 式に示す如く ω_c の項を含んでゐない。次に $\cos \lambda$ は、

$$v_r^2 = v_c^2 + v_s^2 - 2v_c v_s \cos \lambda$$

$$\cos \lambda = (v_c^2 + v_s^2 - v_r^2) / 2v_c v_s$$

なるを以て、これに (33), (34) 式を入れて整理すれば、

$$\begin{aligned} \cos \lambda &= \frac{1}{2} \left[r \{ f_{(v_s)}(r, \theta) \}^{-1} \left(\frac{d}{2} + \rho_1 \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{r} \{ f_{(v_s)}(r, \theta) \} \left(\frac{d}{2} + \rho_1 \right)^{-1} - \frac{1}{r} \{(r-L)^2 \} \right] \end{aligned}$$

第 9 図 下部ロール曲面における単位垂直抵抗及び単位摩擦抵抗の分解

$$+Lr\theta^2\}R_1^{-2}\{f_{(vs)}(r, \theta)\}^{-1}\left(\frac{d}{2}+\rho_1\right)^{-1}=f_{(e\lambda)}(r, \theta) \quad (37b)$$

となる。故に $\cos \alpha$ は (37a), (37b) 及び (25) 式に依り、

$$\cos \alpha = \left[\left\{ -\frac{h}{L} - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} \theta + \frac{h}{2L} \theta^2 \right\} f_{(e\lambda)}(r, \theta) - \left\{ \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} - \frac{h}{L} \theta - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{2L} \theta^2 \right\} f_{(s\lambda)}(r, \theta) \right] = f_{(e\alpha)}(r, \theta) \quad (38a)$$

となる。然して $\sin \alpha = -\cos \{(\theta + \phi) + \lambda\}$

$$= -\{\cos(\theta + \phi) \cos \lambda - \sin(\theta + \phi) \sin \lambda\}$$

なるを以て、同様に (37a), (37b) 及び (25) 式に依り

$$\sin \alpha = \left[\left\{ \frac{h}{L} + \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} \theta - \frac{h}{2L} \theta^2 \right\} f_{(s\lambda)}(r, \theta) - \left\{ \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} - \frac{h}{L} \theta - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{2L} \theta^2 \right\} f_{(e\lambda)}(r, \theta) \right] = f_{(s\alpha)}(r, \theta) \quad (38b)$$

となる。依てまづ (34), (35) 及び (38a) 式を (36) 式に入れて、

$$S = \frac{\omega_e}{(d/2 + \rho_1)} \left[\{f_{(vs)}(r, \theta)\}^2 + \left(\frac{d}{2} + \rho_1\right)^2 \{\chi_1(\theta)\}^2 - 2\left(\frac{d}{2} + \rho_1\right) \{f_{(vs)}(r, \theta)\} \chi_1(\theta) \cdot f_{(e\alpha)}(r, \theta) \right]^{1/2}$$

但し $\chi_1(\theta)$ は θ の一定値に対し一定値なるを以て、チャック軸回転角の或る位置に就ては、

$$S = \frac{\omega_e}{(d/2 + \rho_1)} \cdot f_{(s)}(r, \theta) \quad (39)$$

と置くことが出来る。

今この水平面上の滑り合速度 S が ロール・ピンの中心線に対する半径方向となす角を κ とせば、実際の滑り運動は ロール曲面上の一点 q における切面上にあるを以て (第 8 図 (c) における aqe 平面) その方向は q を通つて ロール・ピンの中心線に対する半径方向の垂直面と κ なる角を含む垂直面 (同図における qbe 平面) との交切線 (qe) の方向でなければならぬ。即ち S はこの交切線 qe の方向における実際の滑り速度の水平面における正射影である。この実際の滑り速度の方向は即ち摩擦抵抗の方向であるが、 κ 及び ψ は既に分明であるからこの交切線が水平面となす角 γ を見出せば摩擦抵抗の各方向における分力を見出すことが出来る。

即ち今、

$(_0f) = \mu p_n$, 接触部ロール曲面上の一点 q における単位摩擦抵抗、

$(_0f) = (_0f)$ の z 軸方向の分力、

$(_0f) = (_0f)$ の水平分力即ち S の方向における分力、

$(_t f) = (_0f)$ の ロール・ピンの中心線に対する切線方向の分力、

$(_r f) = (_0f)$ の ロール・ピンの中心線に対する半径方向の分力、

$(_q f) = (_0f)$ の ロール・バー 方向の分力

$(_w f) = (_0f)$ の ロール・バー の側面方向への分力

とせば、第 8 図 (c) に於て、

$$(_v f) = -(_0f) \sin \gamma$$

以下 z 軸の正方向を摩擦抵抗の負の方向とす

$$\left. \begin{aligned} (_t f) &= (_0f) \sin \kappa = (_0f) \cos \gamma \cdot \sin \kappa \\ (_r f) &= (_0f) \cos \kappa = (_0f) \cos \gamma \cdot \cos \kappa \\ (_q f) &= (_r f) \cos \delta = (_0f) \cos \gamma \cdot \cos \kappa \cdot \cos \delta \\ (_w f) &= (_r f) \sin \delta = (_0f) \cos \gamma \cdot \cos \kappa \cdot \sin \delta \end{aligned} \right\} \quad (40)$$

となる。然して第 8 図 (a) に於て

$$\kappa = \delta - \beta, \quad \delta = \theta - \phi, \quad \therefore \kappa = (\theta - \phi) - \beta$$

然して $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{S} v_s$,

なるを以て (38b), (39), (34) 式に依り

$$\sin \beta = \frac{f_{(s\alpha)}(r, \theta)}{f_{(s)}(r, \theta)} \cdot f_{(vs)}(r, \theta) = f_{(s\beta)}(r, \theta) \quad (41a)$$

となり、 $v_s^2 = S_r^2 + S^2 - 2S_r S \cos \beta$, $\cos \beta = \frac{S_r^2 + S^2 - v_s^2}{2S_r S}$

なるを以て (35), (39), (34) 式に依り

$$\cos \beta = \frac{1}{(d/2 + \rho_1)} \times \left[\frac{(d/2 + \rho_1)^2 \{\chi_1(\theta)\}^2 - \{f_{(s)}(r, \theta)\}^2 - \{f_{(vs)}(r, \theta)\}^2}{2\{\chi_1(\theta)\} f_{(s)}(r, \theta)} \right]$$

上式中 $\chi_1(\theta)$ は θ の一定値に対して一定数となるを以て、

$$\cos \beta = f_{(c\beta)}(r, \theta) \quad (41b)$$

と置くを得。依て $\sin \kappa$ は (25), (26a), (26b), (41a), (41b) に依り、

$$\begin{aligned} \sin \kappa &= \sin \{(\theta - \phi) - \beta\} \\ &= \left[\frac{h}{L} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{n_1^2}{L^2} r^2 \theta^2 \right\} - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L^2} n_1 r \theta \right] f_{(c\beta)}(r, \theta) \\ &\quad - \left[\frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{n_1^2}{L^2} r^2 \theta^2 \right\} + \frac{h}{L^2} n_1 r \theta \right] f_{(s\beta)}(r, \theta) \\ &= f_{(s\kappa)}(r, \theta) \quad (42a) \end{aligned}$$

同様に、

$$\begin{aligned} \cos \kappa &= \cos \{(\theta - \phi) - \beta\} \\ &= \left[\frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{n_1^2}{L^2} r^2 \theta^2 \right\} + \frac{h}{L^2} n_1 r \theta \right] f_{(c\beta)}(r, \theta) \\ &\quad + \left[\frac{h}{L} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{n_1^2}{L^2} r^2 \theta^2 \right\} - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L^2} n_1 r \theta \right] f_{(s\beta)}(r, \theta) \\ &= f_{(c\kappa)}(r, \theta) \quad (42b) \end{aligned}$$

となる。次に第 8 図 (c) に於て、

$$(_s f) = (_0f) \cos \gamma$$

又一方 $(_s f) = (_r f) \sec \kappa = (_0f) \cot \psi \cdot \sec \kappa$

$$= -(_0f) \sin \gamma \cdot \cot \psi \cdot \sec \kappa$$

なる関係あるを以て、上式を下式にて除し、

$$1 = -\cot \gamma \cdot \tan \psi \cdot \cos \kappa, \quad \therefore \cot^2 \gamma = \cot^2 \psi \cdot \sec^2 \kappa$$

$$\therefore \sin^2 \gamma = \frac{1}{1 + \cot^2 \gamma} = \frac{1}{1 + \cot^2 \psi \cdot \sec^2 \kappa}$$

然るに第 8 図 (b) に於て、

$$\cot^2 \psi = (\rho_1 - z)^2 / \{\rho_1^2 - (\rho_1 - z)^2\} = (\rho_1 - z)^2 / (2\rho_1 - z)z$$

なるを以て、これと (42b) 式の値を $\sin^2 \gamma$ の式に入れて整理せば、

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \{2\rho_1 - f_{(0)}(r, \theta)\}^{1/2} \{f_{(0)}(r, \theta)\}^{1/2} \{f_{(c\kappa)}(r, \theta)\} \\ &\quad \times \{[2\rho_1 - f_{(0)}(r, \theta)] f_{(0)}(r, \theta) \{f_{(c\kappa)}(r, \theta)\}^2 \\ &\quad + \{\rho_1 - f_{(0)}(r, \theta)\}^2\}^{-1/2} = f_{(s\gamma)}(r, \theta) \quad (43a) \end{aligned}$$

同様にして、

$$\begin{aligned}\cos^2 \gamma &= 1/(1 + \tan^2 \gamma) = 1/(1 + \tan^2 \psi \cdot \cos^2 \kappa) \\ &= \left[1 + \frac{(2\rho_1 - z)z}{(\rho_1 - z)^2} \{f_{c\kappa}(r, \theta)\}^2 \right]^{-1} \\ \therefore \cos \gamma &= \{\rho_1 - f_{c\kappa}(r, \theta)\} [\{\rho_1 - f_{c\kappa}(r, \theta)\}^2 \\ &\quad + \{2\rho_1 - f_{c\kappa}(r, \theta)\} f_{c\kappa}(r, \theta) \{f_{c\kappa}(r, \theta)\}^2]^{-1/2} \\ &= f_{c\kappa}(r, \theta) \dots\dots\dots (43b)\end{aligned}$$

となる。依て (40) 式に (42a), (42b), (43a), (43b), (27) 式を入れて、

$$\left. \begin{aligned}(uf) &= -\mu p_n \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) = -\mu p_n \cdot g_{c\kappa}(r, \theta) \\ (tf) &= \mu p_n \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) = \mu p_n \cdot g_{c\kappa}(r, \theta) \\ (af) &= \mu p_n \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) \\ &= \mu p_n \cdot g_{c\kappa}(r, \theta) \\ (wf) &= \mu p_n \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) \\ &= \mu p_n \cdot g_{c\kappa}(r, \theta)\end{aligned} \right\} \dots\dots (44)$$

と置くことが出来る。

(2) 下部ロール曲面にて 下部ロール曲面に於てはブリキ板はロールの中心に対し遠心方向に撓動するを以て、接触面上の任意一点 q' における滑り合速度 S は第 9 図 (b) におけるが如く半径 r の円周外に向ふ。然して実際の滑り運動は q' 点における切面上にあつて水平面における滑り合速度 S の方向にあるを以て、摩擦抵抗の方向は S を含む垂直面と切面との交切線即ち第 9 図 (c) の $q'e$ の方向にある。

今第 9 図 (b) に於てチャックの回転のみに依る滑り速度 v_s を考ふるに、先づ上部ロール曲面におけると同様ロールとブリキ板との最初の接触点 c におけるブリキ板の円周速度とロールの円周速度とが等しいと考ふれば、下部ロール曲面の接触面上に於てはすべての点に於てブリキ板の円周速度の方が大である。従て滑り速度 v_s は図示せる矢の方向に向ふものと考へることが出来る。然してロール・ピンの近寄りに依る滑り速度は、上部ロール曲面に於てはチャックの中心に対し遠ざかる方向にあつたが、下部ロール曲面に於ては曲面の方向相反するを以て丁度正反対となり、 S_r にて図示せるが如くチャックの中心に対し近づく方向にある。従て滑り合速度 S は図示の如くロールの中心に対し遠心方向となる。さて第 9 図 (b) に於て

$$R_c \omega_c = (d/2 + \rho_1) \omega_r, \quad \text{と仮定せば、}$$

$$R_c = (D/2 + a) - \frac{\pi}{2} \rho_1 - \rho_2 \psi_2 \quad \text{なるを以て、}$$

$$\text{但し } \psi_2 = \tau_2(\theta).$$

θ = 罐蓋が c 点に於て始めて上部ロール曲面に接触してからのチャック軸の回転角、 ψ_2 は θ の一定値に対し一定となる。

$$\omega_r = \frac{R_c \omega_c}{(d/2 + \rho_1)} = \frac{\{(D/2 + a) - (\pi/2) \rho_1 - \rho_2 \psi_2\} \omega_c}{(d/2 + \rho_1)} \quad (45a)$$

$$\text{然して } v_r = r \omega_r = \frac{R_c \omega_c}{(d/2 + \rho_1)} r \quad (45b)$$

昭和 13 年 11 月]

$$v_c = l \omega_c, \quad l^2 = r^2 + L^2 - 2rL \cos \theta, \quad \text{第 9 図 (b) にて}$$

$$l = \{(L - r) + \frac{1}{2} n_2 r \theta^2\}$$

$$\text{但し } n_2 = \frac{L}{L - (d/2 + r_2)/2}$$

$$\therefore v_c = \omega_c \{(L - r) + \frac{1}{2} n_2 r \theta^2\} \dots\dots\dots (45c)$$

$$\text{故に } v_s^2 = v_r^2 + v_c^2 - 2v_r v_c \cos(\theta + \phi),$$

$$\text{に (45b), (45c) 及び次式 (46)}$$

$$\left. \begin{aligned}\sin \phi &= \frac{n_2 r \theta}{L} \\ \cos \phi &= \left\{ 1 - \frac{1}{2} \frac{n_2^2 r^2 \theta^2}{L^2} \right\}\end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (46)$$

を入れて整理すれば、

$$\begin{aligned}v_s &= \frac{\omega_c}{(d/2 + \rho_1)} \left[R_c^2 r^2 + (d/2 + \rho_1)^2 \{(L - r)^2 + L r \theta^2\} \right. \\ &\quad \left. - 2R_c (d/2 + \rho_1) \{(L - r) - \frac{L}{2} \theta^2\} r \right]^{1/2} \\ &= \frac{\omega_c}{(d/2 + \rho_1)} \cdot f_{c\kappa}(r, \theta) \dots\dots\dots (47)\end{aligned}$$

但し下部ロール曲面に対しては、

$$L = (D/2 + a) + (d/2 + \rho_1) - \frac{\pi}{2} \rho_1 - \rho_2 \psi_2,$$

である。次に S_r = ロール・バーの近寄りに基く滑り速度、とせば、

$$S_r = \omega_c \cdot \chi_2(\theta) \dots\dots\dots (48)$$

にして、 S = 水平面における滑り合速度の正射影、とせば、

$$S^2 = v_s^2 + S_r^2 - 2v_s S_r \cos \alpha$$

然るに第 9 図 (b) に於て

$$\alpha = \pi - \{2\pi - (\theta + \phi + \pi/2 + \lambda)\} = (\theta + \phi + \lambda) - \pi/2$$

$$\begin{aligned}\sin \alpha &= -\cos\{(\theta + \phi) + \lambda\}, \\ \cos \alpha &= \sin\{(\theta + \phi) + \lambda\} \dots\dots\dots (49)\end{aligned}$$

然るに $\sin \lambda = \frac{v_r}{v_s} \sin(\theta + \phi)$, なるを以て (45b), (47), (46) 式

を用ひてこれを変形せば、

$$\sin \lambda = R_c n_2 r \theta / f_{c\kappa}(r, \theta) = f_{c\lambda}(r, \theta) \dots\dots\dots (50a)$$

$$\text{又 } v_r^2 = v_c^2 + v_s^2 - 2v_c v_s \cos \lambda, \quad \text{なるを以て}$$

$$\cos \lambda = (v_c^2 + v_s^2 - v_r^2) / 2v_c v_s$$

(45c), (47), (45b) を用ひてこれを変形せば、

$$\begin{aligned}\cos \lambda &= \frac{1}{(d/2 + \rho_1)} \\ &\times \left[\frac{\{(L - r) + \frac{1}{2} n_2 r \theta^2\}^2 + \{f_{c\kappa}(r, \theta)\}^2 - R_c^2 r^2}{2\{(L - r) + \frac{1}{2} n_2 r \theta^2\} \{f_{c\kappa}(r, \theta)\}} \right] \\ &= f_{c\lambda}(r, \theta) \dots\dots\dots (50b)\end{aligned}$$

故に (49) 式 $\sin \alpha$ 及び $\cos \alpha$ は次式及び (46), (50a), (50b) により

$$\sin \theta = h/L, \quad \cos \theta = (L^2 - h^2)^{1/2}/L \dots\dots\dots (50c)$$

$$\text{但し } L = (D/2 + a) + (d/2 + \rho_1) - \frac{\pi}{2} \rho_1 - \rho_2 \psi_2$$

h = ロール・バーの運動方向とチャック軸中心との距離にて常に一定

$$\sin \alpha = \left[\frac{h}{L} + \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L^2} n_2 r \theta - \frac{1}{2} \frac{h}{L^3} n_2^2 r^2 \theta^2 \right] f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ - \left[\frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} - \frac{h}{L^2} n_2 r \theta - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L^3} n_2^2 r^2 \theta^2 \right] f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ = f_{cs\lambda}(r, \theta) \dots\dots\dots(51a)$$

$$\cos \alpha = \left[\frac{h}{L} + \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L^2} n_2 r \theta - \frac{1}{2} \frac{h}{L^3} n_2^2 r^2 \theta^2 \right] f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ - \left[\frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} - \frac{h}{L^2} n_2 r \theta - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L^3} n_2^2 r^2 \theta^2 \right] f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ = f_{cs\lambda}(r, \theta) \dots\dots\dots(51b)$$

となるを以て (47), (48) 及び (51b) 式を上掲 S^2 の式に入れ

$$S = \frac{\omega_c}{(d/2 + \rho_1)} \left[\{f_{cs}(r, \theta)\}^2 + (d/2 + \rho_1)^2 \{\chi_2(\theta)\}^2 \right. \\ \left. - 2(d/2 + \rho_1) \{f_{cs}(r, \theta)\} \{\chi_2(\theta)\} \{f_{cs\lambda}(r, \theta)\}^{1/2} \right] \\ = \frac{\omega_c}{(d/2 + \rho_1)} f_{cs}(r, \theta) \dots\dots\dots(52)$$

となる。次に

$(a'f')$ = 下部 ロール 曲面上の任意一点 q' における摩擦抵抗
 $(a'f')$, (sf') , (rf') , $(\pi f')$, $(q'f')$, $(u'f') = (a'f')$ の z 軸方向、水平
 方向、切線方向、半径方向、ロール・バー方向、ロール・バ
 ー側面方向の各分力、

とせば、第9図(c)に於て、

$$\begin{aligned} (u'f') &= -(a'f') \sin \gamma, \text{ 但し } z \text{ 軸の正方向を摩擦抵抗} \\ &\text{の負方向とす。} \\ (a'f') &= -(a'f') \cos \gamma, \text{ 但し ロール・ピンの中心に対} \\ &\text{し外方に向ふを負方向とす。} \\ (rf') &= (sf') \sin \kappa = -(a'f') \cos \gamma \cdot \sin \kappa, \text{ 但し ロール} \\ &\text{の回転方向と反対の方向を負方向とす。} \\ (\pi f') &= (sf') \cos(\pi - \kappa) = (a'f') \cos \gamma \cdot \cos \kappa, \text{ 但し } \kappa \\ &> \pi/2, \text{ なるを以て全体の符号は負となる。} \\ (q'f') &= (rf') \cos \delta = (a'f') \cos \gamma \cdot \cos \kappa \cdot \cos \delta, \text{ 但し} \\ &\delta < \pi/2, \text{ なるを以て全体の符号は負となる。即ち} \\ &\text{ロール・バーの外方に向ふ。} \\ (u'f') &= (rf') \sin \delta = (a'f') \cos \gamma \cdot \cos \kappa \cdot \sin \delta, \text{ 但し} \\ &\text{全体の符号は負となる。即ちこの負方向は ロール} \\ &\text{・バーの左側面に向ふを意味す。} \end{aligned} \quad (43)$$

上式中の $\sin \gamma$, $\sin \kappa$, $\sin \delta$, $\cos \gamma$, $\cos \kappa$, $\cos \delta$, は上部 ロール 曲面上 けると同様次の如くして求める。

第9図(b)に於て $\kappa = \pi - (\beta + \delta) = \pi - (\beta + \theta - \theta)$

$$\begin{aligned} \sin \kappa &= \sin \{(\theta - \theta) + \beta\} \\ \cos \kappa &= -\cos \{(\theta - \theta) + \beta\} \end{aligned} \quad (54)$$

然るに $\sin \beta = (\sin \alpha / S) v_s$, (51a), (52), (47) 式により

$$\begin{aligned} &= f_{cs\lambda}(r, \theta) \cdot f_{cs}(r, \theta) / f_{cs}(r, \theta) \\ &= f_{cs\lambda}(r, \theta) \dots\dots\dots(55a) \end{aligned}$$

又

$$\cos \beta = \frac{S_r^2 + S^2 - v_s^2}{2S_r S},$$

なるを以て (48), (52), (47) 式に依り

$$\begin{aligned} \cos \beta &= \frac{1}{(d/2 + \rho_1)} \\ &\times \frac{[(d/2 + \rho_1)^2 \{\chi_2(\theta)\}^2 + \{f_{cs}(r, \theta)\}^2 - \{f_{cs\lambda}(r, \theta)\}^2]}{2 \cdot \chi_2(\theta) \cdot f_{cs}(r, \theta)} \\ &= f_{cs\lambda}(r, \theta) \dots\dots\dots(55b) \end{aligned}$$

故に (54) 式に (50c), (55a), (55b) 式を入れ、

$$\begin{aligned} \sin \kappa &= \left\{ \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} (1 - \frac{1}{2} \theta^2) + \frac{h}{L} \theta \right\} f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ &+ \left\{ \frac{h}{L} (1 - \frac{1}{2} \theta^2) - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} \theta \right\} f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ &= f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ \cos \kappa &= \left\{ \frac{h}{L} (1 - \frac{1}{2} \theta^2) - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} \theta \right\} f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ &- \left\{ \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} (1 - \frac{1}{2} \theta^2) + \frac{h}{L} \theta \right\} f_{cs\lambda}(r, \theta) \\ &= f_{cs\lambda}(r, \theta) \end{aligned} \quad \dots\dots(56)$$

となる。次に第9図(c)に於て、

$$(sf') = -(a'f') \cos \gamma$$

$$\begin{aligned} \text{又一方 } (sf') &= (rf') \sec(\pi - \kappa) = (a'f') \tan \psi' \cdot \sec(\pi - \kappa) \\ &= -(a'f') \sin \gamma \cdot \tan \psi' \cdot \sec(\pi - \kappa) \end{aligned}$$

なるを以て上式を下式にて除し

$$1 = \cot \gamma \cdot \cot \psi' \cdot \cos(\pi - \kappa)$$

$$\therefore \cot \gamma = \tan \psi' \cdot \sec(\pi - \kappa)$$

$$= -\tan \psi' \cdot \sec \kappa$$

$$\text{従て, } \tan \gamma = \cot \psi' \cdot \cos(\pi - \kappa) = -\cot \psi' \cdot \cos \kappa$$

$$\text{故に, } \sin^2 \gamma = 1 / (1 + \cot^2 \gamma) = 1 / (1 + \tan^2 \psi' \sec^2 \kappa)$$

然るに、

$$\begin{aligned} \tan^2 \psi' &= z^2 / (\rho_2^2 - z^2) = \{f_{cs}(r)\}^2 [\rho_2^2 - \{f_{cs}(r)\}^2]^{-1} \\ \sec^2 \kappa &= 1 / \{f_{cs\lambda}(r, \theta)\}^2 \end{aligned}$$

なるを以て

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \frac{[\rho_2^2 - \{f_{cs}(r)\}^2]^{1/2} \{f_{cs\lambda}(r, \theta)\}}{\sqrt{[\rho_2^2 - \{f_{cs}(r)\}^2] \{f_{cs\lambda}(r, \theta)\}^2 + \{f_{cs}(r)\}^2}} \\ &= f_{cs\lambda}(r, \theta) \dots\dots\dots(57a) \end{aligned}$$

$$\text{又 } \cos^2 \gamma = 1 / (1 + \tan^2 \gamma) = 1 / \{1 + (\cot \psi' \cdot \cos \kappa)^2\}$$

$$\text{然るに } \cot^2 \psi' = (\rho_2^2 - z^2) / z^2 = [\rho_2^2 - \{f_{cs}(r)\}^2] / \{f_{cs}(r)\}^2$$

$$\cos^2 \kappa = \{f_{cs\lambda}(r, \theta)\}^2$$

なるを以て、

$$\begin{aligned} \cos \gamma &= f_{cs}(r) / \sqrt{\{f_{cs}(r)\}^2 + [\rho_2^2 - \{f_{cs}(r)\}^2] \{f_{cs\lambda}(r, \theta)\}^2} \\ &= f_{cs}(r) \dots\dots\dots(57b) \end{aligned}$$

となる。然して、

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \sin(\theta - \theta) = \frac{h}{L} - \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} \theta - \frac{h}{2L} \theta^2 \\ &= f_{cs\delta}(r, \theta) \\ \cos \delta &= \cos(\theta - \theta) = \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{L} + \frac{h}{L} \theta \\ &- \frac{(L^2 - h^2)^{1/2}}{2L} \theta^2 = f_{cs\delta}(r, \theta) \end{aligned} \quad \dots\dots(58)$$

依て (56), (57a), (57b), (58) 式を (53) の各式に代入せば、

$$\left. \begin{aligned} (v_f') &= -\mu p_n' \cdot f_{(gr)}(r, \theta) = -\mu p_n' \cdot g_{(gr)}(r, \theta) \\ (t_f') &= -\mu p_n' \cdot f_{(cr)}(r, \theta) \cdot f_{(gr)}(r, \theta) \\ &= -\mu p_n' \cdot g_{(cr)}(r, \theta) \\ (a_f') &= \mu p_n' \cdot f_{(cr)}(r, \theta) \cdot f_{(gr)}(r, \theta) \cdot f_{(gr)}(r, \theta) \\ &= \mu p_n' \cdot g_{(cr)}(r, \theta) \\ (w_f') &= \mu p_n' \cdot f_{(cr)}(r, \theta) \cdot f_{(gr)}(r, \theta) \cdot f_{(gr)}(r, \theta) \\ &= \mu p_n' \cdot g_{(cr)}(r, \theta) \end{aligned} \right\} \dots (59)$$

と置くことが出来る。

e. 接触部全面積における単位巻締抵抗の積分 前項に依て求めた各単位垂直抵抗及び単位摩擦抵抗を積分して接触部全面積における全巻締抵抗を求める。今 dA = ロール曲面上の微小面積とせば、

$$dA = \{\sqrt{r^2 + r^2(z_r')^2 + (z_\theta')^2}\} dr \cdot d\theta$$

なるを以て dA_1 , dA_2 を以て各上部及び下部 ロール曲面对するものとせば、

$$dA_1 = [r^2 + r^2\{f_{(gr)}(r, \theta)\}^2 + \{f_{(gr)}(r, \theta)\}^2]^{1/2} dr \cdot d\theta \\ = \xi_{(1)}(r, \theta) dr \cdot d\theta \dots (60a)$$

$$dA_2 = [r^2 + r^2\{f_{(gr)}(r, \theta)\}^2]^{1/2} dr \cdot d\theta = \xi_{(2)}(r, \theta) dr \cdot d\theta \\ \dots (60b)$$

故に上部 ロール曲面上における ロール・バー 方向の全巻締抵抗は (28), (40), (60a) 式に依り、

$$Q_1 = \int_0^{\theta_1} \int_{R_1}^{R_2} p_n' \{f_{(gr)}(r, \theta) + \mu \cdot g_{(gr)}(r, \theta)\} \xi_{(1)}(r, \theta) dr \cdot d\theta$$

となる。然るに (22a), (33), (35) 式により

$$p_n' = C_0 t^m D^{-m'} v_c' n' S_r n'' \sigma \cdot f_{(gr)}(r, \theta) \\ v_c' = r \omega_c = r C_1 N$$

但し N = チャック軸回転数、 C_1 = 比例常数、

$$S_r = \omega_c \cdot \chi_1(\theta) = C_1 N \cdot \chi_1(\theta)$$

但し チャック軸回転角 θ の一定値に対し $\chi_1(\theta)$ は一定値となるを以て積分の外に置くを得。

故に

$$p_n' = C_0 C_1^{(n'+n'')} t^m D^{-m'} N^{(n'+n'')} \{\chi_1(\theta)\}^{n''} \sigma \cdot r^{n'} \cdot f_{(gr)}(r, \theta) \\ = C t^m D^{-m'} N^n \{\chi_1(\theta)\}^{n''} \sigma \cdot f_{(gr)}(r, \theta)$$

但し $C = C_0 C_1^{(n'+n'')}$, $n = n' + n''$, $f_{(gr)}(r, \theta) = r^{n'} \cdot f_{(gr)}(r, \theta)$

依てこの p_n' を上式 Q_1 の式に入れ

$$Q_1 = C t^m D^{-m'} N^n \{\chi_1(\theta)\}^{n''} \sigma \int_0^{\theta_1} \int_{R_1}^{R_2} f_{(gr)}(r, \theta) \\ \times \{f_{(gr)}(r, \theta) + \mu g_{(gr)}(r, \theta)\} \xi_{(1)}(r, \theta) dr \cdot d\theta$$

となる。この被積分函数は r, θ に関する複雑なる無理函数を含み解法困難なるも、その中には D, d, a, ρ_1, θ なる定数を含み且積分の限界も次の如く

$$\theta_1 = v_1(\theta)$$

$$R_1 = (D/2 + a) - \rho_1 \cdot \tau_1(\theta)$$

$$R_2 = (D/2 + a) - \rho_1 \cdot \tau_1(\theta) + \rho_1 \sin\{\tau_1(\theta)\}$$

昭和 13 年 11 月]

同様に D, a, ρ_1, θ なる定数を含むを以て、今近似法に依り仮りにその積分を求め得たりとせば、その結果は

$$Q_1 = C t^m D^{-m'} N^n \{\chi_1(\theta)\}^{n''} \sigma \cdot f_{(11)}(D, d, a, \rho_1, \theta) \\ = C t^m N^n \sigma \cdot f_{(Q_1)}(D, d, a, \rho_1, \theta) \dots (61a)$$

となる。但し $f_{(Q_1)} = D^{-m'} \{\chi_1(\theta)\}^{n''} \cdot f_{(11)}(D, d, a, \rho_1, \theta)$ 同様にしてロール・バー側面方向及び z 軸方向の全巻締抵抗は、

$$W_1 = C t^m N^n \sigma \cdot f_{(W_1)}(D, d, a, \rho_1, \theta) \dots (61b)$$

$$V_1 = C t^m N^n \sigma \cdot f_{(V_1)}(D, d, a, \rho_1, \theta) \dots (61c)$$

次に E_1 = ロール・バー・ピンが上部ロール曲面の動作部分より受くる全有効巻締抵抗、とせば、

$$E_1 = Q_1 + \mu' (W_1 + V_1) \\ = C t^m N^n \sigma [f_{(Q_1)} + \mu' \{f_{(W_1)} + f_{(V_1)}\}] \\ = C t^m N^n \sigma \cdot f_{(E_1)}(D, d, a, \rho_1, \theta) \dots (62)$$

下部ロール曲面に於ては (31) (59) (60b) に依り、

$$Q_2 = \int_0^{\theta_2} \int_{d/2}^{r_2} p_n' \{f_{(gr)}(r, \theta) + \mu \cdot g_{(gr)}(r, \theta)\} \xi_{(2)}(r, \theta) dr \cdot d\theta$$

となる。然るに (22b) (45c) (48) 式に依り、

$$p_n' = C_0 t^m D^{-m'} v_c' n' S_r n'' \sigma \cdot f_{(gr)}(r, \theta)$$

$$\text{但し } v_c' = l \omega_c = \{(L-r) + (1/2)n_2 r \theta^2\} \omega_c, \quad \omega_c = C_1 N$$

$$S_r = \omega_c \cdot \chi_2(\theta) = C_1 N \{\chi_2(\theta)\}$$

なるを以て、これを p_n' 式に入れて

$$p_n' = C_0 C_1^{(n'+n'')} t^m D^{-m'} N^{(n'+n'')} \sigma \{\chi_2(\theta)\}^{n''} \\ \times \{(L-r) + (1/2)n_2 r \theta^2\} \cdot f_{(gr)}(r, \theta) \\ = C t^m D^{-m'} N^n \sigma \{\chi_2(\theta)\}^{n''} \cdot f_{(gr)}(r, \theta)$$

$$\text{但し } C = C_0 C_1^{(n'+n'')}, \quad n = n' + n'',$$

$$f_{(gr)}(r, \theta) = \{(L-r) + (1/2)n_2 r \theta^2\} \cdot f_{(gr)}(r, \theta)$$

依てこの p_n' を Q_2 の中に入れ、 $\chi_2(\theta)$ は θ の一定値に対し定数なるを以て積分の外に出せば、

$$Q_2 = C t^m D^{-m'} N^n \sigma \{\chi_2(\theta)\}^{n''} \\ \times \int_0^{\theta_2} \int_{d/2}^{r_2} f_{(gr)}(r, \theta) \{f_{(gr)}(r, \theta) + \mu \cdot g_{(gr)}(r, \theta)\} \\ \times \xi_{(2)}(r, \theta) dr \cdot d\theta$$

となる。然してこの被積分函数の中には $D, d, a, \rho_1, \rho_2, \theta$ 等の定数を含み、又積分限界の中にも次の如く

$$\theta_2 = v_2(\theta)$$

$$r_2 = (d/2 + \rho_2) - \rho_2 \cos \psi_2 = (d/2 + \rho_2) - \rho_2 \cos\{\tau_2(\theta)\}$$

d, ρ_2, θ 等の定数を含むを以て積分の結果は、

$$Q_2 = C t^m D^{-m'} N^n \sigma \{\chi_2(\theta)\}^{n''} f_{(22)}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, \theta)$$

の如く置くことが出来る。而して $D^{-m'}$ 及び $\{\chi_2(\theta)\}^{n''}$ を $f_{(22)}$ の函数中にまとめて、

$$Q_2 = C t^m N^n \sigma \cdot f_{(Q_2)}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, \theta) \dots (63a)$$

となる。同様にして

$$W_2 = C t^m N^n \sigma \cdot f_{(W_2)}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, \theta) \dots\dots\dots(63b)$$

$$V_2 = C t^m N^n \sigma \cdot f_{(V_2)}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, \theta) \dots\dots\dots(63c)$$

E_2 = ロール・バー・ピンが下部ロール曲面の動作部分より受くる全有効巻締抵抗、とせば、

$$\begin{aligned} E_2 &= Q_2 + \mu'(W_2 + V_2) \\ &= C t^m N^n \sigma [f_{(Q_2)} + \mu' \{f_{(W_2)} + f_{(V_2)}\}] \\ &= C t^m N^n \sigma \cdot f_{(E_2)}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, \theta) \dots\dots\dots(64) \end{aligned}$$

となる。

f. 罐蓋及び罐胴ブリキ板の両者による全有効巻締抵抗

罐蓋及び罐胴ブリキ板の両者より受くる全巻締抵抗を考ふるに當り、次の如く、 c 、 b を以て罐蓋と罐胴とを區別し、1、2を以て上部及び下部ロール曲面を區別する。

E_{c1} = 上部ロール曲面に接触せる罐蓋ブリキ板より受くる全有効巻締抵抗、

E_{c2} = 下部ロール曲面に接触せる罐蓋ブリキ板より受くる全有効巻締抵抗、

E_{b1} = 上部ロール曲面に接触せる罐蓋ブリキ板の裏側に接触せる罐胴ブリキ板より受くる全有効巻締抵抗、

E_{b2} = 下部ロール曲面に接触せる罐蓋ブリキ板の裏側に接触せる罐胴ブリキ板より受くる全有効巻締抵抗、

とせば、(62) 及び (64) 式は次の如く書き換へられる。

$$\left. \begin{aligned} E_{c1} &= C t_c^m N^n \sigma_c \cdot f_{(E_{c1})}(D, d, a, \rho_1, \theta) \\ E_{c2} &= C t_c^m N^n \sigma_c \cdot f_{(E_{c2})}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, \theta) \end{aligned} \right\} \dots\dots(65)$$

然して罐胴ブリキ板は罐蓋ブリキ板の裏側に接触して曲げらるゝを以て、その曲率半径は上部ロール曲面に対しては $(\rho_1 - t_c)$ 下部ロール曲面に対しては $(\rho_2 - t_c)$ となるを以て、(62) (64) 式の右辺の $f_{(E)}$ なる函数中には更に t_c なる項が加はる。即ち

$$\left. \begin{aligned} E_{b1} &= C t_b^m N^n \sigma_b \cdot f_{(E_{b1})}(D, d, a, \rho_1, t_c, \theta) \\ E_{b2} &= C t_b^m N^n \sigma_b \cdot f_{(E_{b2})}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, t_c, \theta) \end{aligned} \right\} \dots\dots(66)$$

g. 巻締工程の各段階における総合巻締抵抗 第1ロールによる第1巻締工程は次の5段階に分けられる。

第1段階：罐蓋ブリキ板が上部ロール曲面に接触する。

第2段階：罐胴ブリキ板が更に入り来る。

第3段階：罐蓋ブリキ板が下部ロール曲面に達する。

第4段階：罐胴ブリキ板も下部ロール曲面に接触せる罐蓋ブリキ板の裏側に達する。

第5段階：ロール曲面を離れた罐蓋ブリキ板が罐胴円筒面に接触して彎曲せしめられる。

今 $M_I, M_{II}, \dots\dots$ 及び $F_I, F_{II}, \dots\dots$ を以て各段階における総合巻締抵抗及びロール・バーの運動に対する無荷重摩擦抵抗とせば、

$$\left. \begin{aligned} M_I &= E_{c1} + F_I \\ M_{II} &= E_{c1} + E_{b1} + F_{II} \\ M_{III} &= E_{c1} + E_{c2} + E_{b1} + F_{III} \\ M_{IV} &= E_{c1} + E_{c2} + F_{b1} + E_{b2} + F_{IV} \\ M_V &= E_{c1} + E_{c2} + E_{cb} + E_{b1} + E_{b2} + F_V \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(67)$$

となる。但し E_{cb} = 罐蓋ブリキ板が第1巻締工程の終りに於て罐胴円筒面に接触して彎曲せしめられる時の全有効巻締抵抗で、(65) 式 E_{c2} の場合から推して次の様に考へられる。

$$E_{cb} = C t_c^m N^n \sigma_c \cdot f_{(E_{cb})}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, \theta) \dots\dots\dots(68)$$

次に $E_{2N}, E_{5N}, E_{max}, E_{peak}$ = 罐蓋ブリキ板が始めてロールに接触してからのチャック軸の第2回轉目における全有効巻締抵抗、第5回轉目、最大及び尖頭全有効巻締抵抗とせば、大体

$$\left. \begin{aligned} E_{2N} &= E_I = E_{c1} = M_I - F_I \\ E_{5N} &= E_{III} = E_{c1} + E_{c2} + E_{b1} = M_{III} - F_{III} \\ E_{max} &= E_V = E_{c1} + E_{c2} + E_{cb} + E_{b1} + E_{b2} = M_V - F_V \\ E_{peak} &= E_V + (E_{b1} + E_{b2}) = M_{peak} - F_V \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(69)$$

と考へられる。但し M_{peak} = 尖頭総合巻締抵抗、 $(E_{b1} + E_{b2})$ はロールが罐胴合せ目へ乗るための影響である。こゝでは胴板が2枚重つてゐるからそのための全有効巻締抵抗は(66) 式の場合と同様に考へて、胴板が更に1枚加つたと考へればよい。即ち、

$$\left. \begin{aligned} E_{b1} &= C t_b^m N^n \sigma_b \cdot f_{(E_{b1})}(D, d, a, \rho_1, (t_c + t_b), \theta) \\ E_{b2} &= C t_b^m N^n \sigma_b \cdot f_{(E_{b2})}(D, d, a, \rho_1, \rho_2, (t_c + t_b), \theta) \end{aligned} \right\} \dots\dots(70)$$

となる。然し近似的には、

$$E_{peak} = k E_{max} = M_{peak} - F_V \dots\dots\dots(71)$$

と考へることが出来る。但し k = 比例常数である。

然して無荷重摩擦抵抗 F はロール・バー・ガイドの各部における嵌合状態が一様で、潤滑状態も一様なりとせば主としてカム線図の速度線図或は加速度線図に依るを以て、次の如くチャック軸回轉角の函数と考へることが出来る。即ち

$$\left. \begin{aligned} F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}, F_V &= \nu_I(\theta), \nu_{II}(\theta), \nu_{III}(\theta), \nu_{IV}(\theta), \nu_V(\theta) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(72)$$

となる。従て(65), (66), (68) 等の各式に於て $D, d, a, \rho_1, \rho_2, t_c, t_b$ の値が一定なる時は(67) 式による総合巻締抵抗 M はそれぞれ次の如くなる。

$$\left. \begin{aligned} M_I &= f_{(EI)}(\theta) + \nu_I(\theta) = f_{(MI)}(\theta) \\ M_{II} &= f_{(EII)}(\theta) + \nu_{II}(\theta) = f_{(MII)}(\theta) \\ M_{III} &= f_{(EIII)}(\theta) + \nu_{III}(\theta) = f_{(MIII)}(\theta) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(73)$$

3. 実験装置

実験には水晶板の装置に便利な半自動巻締機セミトロ・シーマーを用いた。1 mm の巻締能力約 30 罐、チャック軸 870 rev/min, 所要馬力約 1 HP のものである。圧電気測定

[第4巻第17号]

装置及び写真撮影用移動暗箱は理化学研究所製のものを用いた。実験装置の全体は第10図に示すやうで、足踏み子 P を踏めば始動クラッチが外れて巻締機構が始動せられ、リフター L_1 が上昇して罐をチャック C との間に保持し、一方カム軸の回転に依て第1カム C_1 がカム・レバーに働き、カム・レバーはロール・バー・ピンを動かし、ロール・バーを経て第1ロール R_1 がチャック C に近寄り罐に接触して巻締作用をなす。ロールの受ける巻締抵抗はカム・レバーの二又端に装置した水晶板に傳はりこゝに誘起せられた圧電気は繊維電位計のストリング F に傳はる。一方足踏み子と同時にスイッチ S_2 が接触して写真撮影装置を始動し、移動暗箱 C_3 中のカセット H が降下し始める。同時に又スイッチ S_1 も接触する。然してこの感應コイルに依る振動器の第1次回路はチャック軸に装置したスイッチ S_3

第10図 実験装置

S セミトロ・シーマー C チャック L_1 リフター P セミトロ・シーマー始動用足踏み子 R_1 第1ロール C_1 第1カム Q_1 第1水晶板 R_2 第2ロール F 繊維電位計 C_2 第2カム P_2 スパーク・ギャップ Q_2 第2水晶板 S_1, S_2, S_3 電路開閉用接触板 C_3 移動暗箱 V ヴァイブレーター

第11図 水晶板保持器の構造及びその装置方法

C チャック R ロール RP ロール・ピン P ロール・バー・ピン A ロール・バー調節ねじ L カム・レバー Q 水晶板 N 水晶板締付け栓 B ボール・プレート

の接触に依て閉鎖し、第2次回路の火花間隙 P_2 に火花を飛ばし、写真乾板上にチャックの各回転をマークする。スイッチ S_2 は足踏み子の瞬間のみ接触し、 S_1 は巻締の全工程中接触が維持される。移動暗箱 C_3 に依る写真撮影のタイミングはスイッチ S_2 の位置とカセット H の高さに依て加減した。

水晶板に誘起せられた圧電気の漏洩を防止するため水晶板から繊維電位計への導線はブリキ板製の管内に入れて保護し、又セミトロ・シーマーを除く全装置を亜鉛鍍鉄板張りの暗室に入れて外部の電気的影響を遮断し、又導線の保護管、暗室の鉄板張り及びセミトロ・シーマー等はすべて嚴重に昭和13年11月]

接地した。

水晶板保持器はロール・バー・ピン・ブロックを改造して第11図の如き構造とし、中に直径20mm、厚さ8mmの水晶板を入れた。カム・レバーの二又端は、従て図の如く幾分大形のものとなつた。ロール・バー・ピン・ブロックとカム・レバーの二又端の間には極く僅かではあるが、ロール・バーの全行程に就て約0.5mm程の滑りがあるから、そのために水晶板保持器に無理のかゝらない様水晶板保持器の帽子の上にボール・プレート

を置いて滑りを轉がり運動に変へるやうにした。ロールの受ける巻締抵抗はロール・ピンからロール・バーに傳はり、更にロール・バー・ピンから水晶板に傳はる。水晶板の感度は4.75 V/kgで、電位計のストリングの感度は巻締荷重の大きさに應じ張力と補助電圧の大きさに依て適當に調節した。

そして実験の前後には、毎回必ず検定荷重の大きさと電位計纖維の撓に就て検定した。

但し水晶板保持器を図示の測定個所に装置したまゝでは検定が困難なので、一々取外して第12図の如き使用状態再現器に入れ、締付ナット N の調節により

第12図 水晶板使用状態再現器

カム・レバー二又端における締付け状態と同一にして検定をした。

4. 実験方法及び結果

前述の如き方法で撮つた第1ロールに依る第1巻締工程における巻締抵抗曲線の写真は第13図のようになる。上段は(73)式に依て示さるゝ総合巻締抵抗曲線で、下段は(72)式に依て示さるゝ無荷重摩擦抵抗曲線である。上段 a はロール・バーの運動開始点、 bc は巻締めの第1段階で(73)式に示さるゝ総合巻締抵抗曲線 M_1 に當り、以下 cd, de, ef, fg は第2, 第3, 第4, 第5段階に相當す。上段並に下段

抵抗曲線の基線に近き白の縦縞は チャック の各回転毎に記録された火花の写像である。上部曲線を仔細に 検べると チャック の各 1 回転毎の間隔に相当して上下に急激な ビレ があり、巻締の第 2 段階 cd 間に入ると同時に現れ、漸次 M 曲線に比例して高くなつてゐる。

これは ロール が縦銅板の合せ目に乗り上げるための尖頭抵抗で、乗つた瞬間に正の方向に ビレ 次の瞬間に負の方向に ビレ てる。これは巻締機構の主要部に可成り急激な衝撃を與へると同時に巻締を不正ならしめる原因でもある。この大きな ビレ の中間には非常に細かい多数の ビレ がある。その山数を数へて見ると稍不明瞭ではあるが凡そ 21, 2 個あるやうである。その両端は大ビレ のために消されてゐるので全体では 23, 4 個になる。これは恐らく チャック 軸の上端にある傘歯車の

第 14 図 第 1 カムの形状線図

第 13 図 第 1 巻締工程における抵抗曲線写真

第 15 図 第 1 カムの動作線図

第 16 図 罐蓋ブリキ板の重量と厚さとの関係

歯数 24 に一致するのではないかと思はれる。又一組の大ビレと次の大ビレとの間の 1 コマの抵抗曲線

第 17 図 巻締部標準断面

は上記の細かい波を有すると同時に全体として一つの波形をなすが如き傾向が見える。これは チャック 軸 或は リフター 軸 に対して チャック 或は リフター・プレート が正確に直角になつてゐないための揺り運動か、或は チャック 軸 と リフター 軸 との中心線がずれてゐるための芋摺り運動か、或はその両者に依るものと思はれる。

次に下部の無荷重摩擦抵抗曲線を見るにその形は大体 カム動作線図の変位曲線 (第 15 図 a 参照) に似てゐる。元

来 ロール・バー の運動に依る無荷重摩擦抵抗は潤滑剤の粘度一定の場合にはその摺動速度に比例し、且、ロール・バーの機体中における嵌合の度合に依るものと思はれるが、これで見ると事実は カム 動作線図の速度曲線よりも寧ろ変位曲線

に近似してゐるやうである。即ちこの場合の摩擦抵抗は摺動速度よりも寧ろ嵌合の度合により多く影響されてゐることがわかる。然して加速度曲線とは最もひどく違つてゐる殆ど相似点を見ることが出来ない。これは ロール・バー の質量が極めて小さく、その加

第 18 図 罐の形状及びリフターの調節に
関係ある要部寸法

速度に対する慣性抵抗は殆ど影響がないことを示してゐる。

以下に述べる実験の結果は各罐に就て第 13

図の如き抵抗曲線写真を撮影し、(69) 式に依て示る E_s , E_b , E_{max} , E_{peak} 等の全有効巻締抵抗を測定して比較したものである。即ちチャック 軸回転角のそれぞれの位置に於て写真の上段抵抗値から下段の無荷重摩擦抵抗値を引去つたものである。

a. 罐蓋ブリキ板の厚さと巻締抵抗
ブリキ罐の巻締抵抗は前に求めた (65), (66) 式等に依て示される様に各種の要素に依て変化する。その中ロールの形状に関する d, ρ_1, ρ_2 及び罐蓋板取り寸法に關係ある α 等は巻締状態に密接の關係を有し、最良の巻締

状態を得るためには殆ど不変と見らるゝを以て、本実験に於ては通常の工作時に於て常に變化する他の要素即ちブリキ板の厚さ、罐胴直径、リ

フターの利き等と巻締抵抗との關係を求めた。リフターの利きと巻締抵抗との關係は簡單には推定出来ないで (65), (66) 式では仮りに C なる実験常数の中に含ませて置いた。チャック軸の回転速度 N に依る影響に関しては本実験に於ては未だ触れないこととした。罐の高さは現行の罐型の範圍ではその差異が罐形の剛性に影響を及ぼす程大きいとは思はれないので、第 1 表の如き直径の異つた 4 種の罐型を選んで各先づブリキ板の厚さの影響を見ることとした。

試料罐はすべて

東洋製罐株式會社

東京工場に製作を

依頼し、罐材ブリ

キ板は各罐型共日

本製鉄八幡工場製

の 95 ポンド板を

使用した。ブリキ板の厚さは可成り不均一⁽³⁾ で同じ 95 ポンド板といつても 1 枚毎に異り、又その 1 枚の中でも場所に依て異る。故に罐蓋或は罐胴は各 1 枚、1 個毎に厚さが異なる⁽⁴⁾。依て試料罐はブリキ板のベース・ボックスのポンドを變へることなく、同一の 95 ポンド板から作つた罐蓋或は罐胴をそのまゝ秤量選別し、重量はブリキ板の厚さに比例するものとして取扱つた。第 16 図は罐蓋ブリキ板の重量と厚さとの關係を示す。厚さは各蓋板中央平坦部 5 個所の測定値の平均である。測定にはダイヤル・シックネス・インデケータを用ひた。罐胴ブリキ板の厚みは部分的厚さの測定は無意味なので重量を秤量し、第 1 表に示される正量のものゝ厚さを 0.276 mm とし、他は重量に比例するものとして計算で求めた。第 2 表は試料罐の製作に用ひたブリキ板の引張

り試験の結果を示す。

先づ最初に各罐型につき罐胴重量正量のものを取り、罐蓋重量即ち罐蓋ブリキ板の厚さの變化に対する巻締抵抗の關係を見ることにした。実験に際しては出来るだけ巻締機の調節条件を一定に保

つ様にし、一々調節罐を巻締め、その切断面が第 17 図に示すが如く最良の状態となるを標準とした。

調節条件を決定する要素はロール

間隙とリフターの利きとリフター・スプリングの強さとの三つである。今第 18 図に於て、

H_1 = 巻締開始前における罐の全体高さ

δ_1 = 巻締開始前における罐

蓋外周部溝底の深さ

B = 罐を入れないで空運転をした時のリフターの最高位置とチャック

下面との距離

ϵ = リフターの利き

$= (H_1 - \delta_1) - B$

を含むを以て、リフターの調節は罐の高さと關係的に決定するを要す。

即ち本実験に於て

は各罐型共に正量

罐 6 個の高さの平均値を取り、これに対するリフターの利きが略 1.00 mm となるやうに調節した。リフターの利き及びロール間隙調節の實際の結果は第 3 表に示すやうになつた。然してリフター・ばねの調節は無荷重の時の使用高さ約 111 mm、強さ約 85 kg であつた。

実験の結果は第 19~22 図に示す通りで平 1 斤罐及び堅 2 斤罐の第 2 回轉目と第 5 回轉目とが稍緩い上向きの曲線を示すのみで、他は殆ど全部直線となつてゐる。即ちその実験式は第 4 表の如くなつて先に理論的に求めた実験式 (65) 式中の t_0 の次数 m は平 1 斤罐及び堅 2 斤罐の第 2 及び第 5 回轉目に於てのみ 1 以上となり、他は全部 1 となる。然して第 19 図以下第 22 図を見るにこれ等の曲線及び直線の傾斜は大体に於て同一の罐型に於てはチャック軸回轉角の進むに従つて大となり、又罐型を異にする場合は罐胴の小なるに従つて大となるやうである。これは第 4 表の実験式の各係

第 1 表 罐蓋、罐胴板取り寸法及び重量 (95 ポンド板)

罐型	蓋及び底板			胴板		罐胴 (胴板+底板)		
	直径 in	面積 in ²	重量 g	高さ×巾 in ²	面積 in ²	面積 in ²	重量 g	重量 g
平 1 号 1 斤 罐	4.562 5	16.33	22.4	2.843 75 × 12.656 25	35.98	52.31	71.8	
堅 3 号 2 斤 罐	3.937 5	12.165	16.7	4.593 75 × 10.718 75	49.27	61.435	84.35	
堅 4 号 1 斤 罐	3.562 5	9.96	13.675	4.593 75 × 9.267 5	43.93	53.89	74.0	
堅 7 号 11 オンス 罐	3.187 5	7.98	10.96	4.125 × 8.468 75	34.91	42.89	58.89	

(備考) ベース・ボックスの面積を $112 \times 14 \times 20 = 31\ 360\text{ in}^2$ として計算した。

第 2 表 罐材ブリキ板の引張り試験結果

(日本製鉄八幡工場 95 ポンド板)

引張り方向	試片数	厚さ mm	弾性限 kg/mm ²	破壊強度 kg/mm ²	延伸率 %
グレーンに並行	8	0.277	24.4	32.4	16.4
グレーンに直角	8	0.275	27.9	37.2	13.8

第 3 表 ロール及びリフターの調節 (第 18 図参照)

罐型	ロールとチャックとの最小間隙 in		$H_1 - \delta_1$ mm	B mm	リフターの利き $\epsilon = (H_1 - \delta_1) - B$ mm
	第 1 ロール	第 2 ロール			
平 1 号 1 斤 罐	15×10^{-3}	11×10^{-3}	66.13	65.10	1.03
堅 3 号 2 斤 罐	15×10^{-3}	11×10^{-3}	110.42	109.42	1.00
堅 4 号 1 斤 罐	15×10^{-3}	11×10^{-3}	110.51	109.50	1.01
堅 7 号 11 オンス 罐	15×10^{-3}	11×10^{-3}	98.64	97.59	1.05

(備考) $H_1 - \delta_1$ は各試料罐正量のもの 6 個の平均値である。とせば、リフターの利き ϵ は

第 4 表 罐蓋ブリキ板の厚さと全有効巻締抵抗 (但し t_0 mm)

罐型	E_2 kg	E_5 kg	$E_{\max}$ kg	E_{peak} kg
平 1 号 1 斤 罐	$540 t_0^{2.365}$	$6.5 + 895 t_0^{2.15}$	$-95.0 + 800 t_0$	$-9.0 + 850 t_0$
堅 3 号 2 斤 罐	$470 t_0^{2.256}$	$12.5 + 590 t_0^{1.97}$	$-101.5 + 775 t_0$	$-85.5 + 1\ 075 t_0$
堅 4 号 1 斤 罐	$-38.0 + 240 t_0$	$-63.5 + 474 t_0$	$-101.0 + 825 t_0$	$-160.0 + 1\ 450 t_0$
堅 7 号 11 オンス 罐	$-77.5 + 410 t_0$	$-84.5 + 580 t_0$	$-55.0 + 878 t_0$	$-5.0 + 1\ 500 t_0$

(3) 富田建造、日本水産學會誌、6, 4, (昭和 12-11) 209~213.

(4) 富田建造、日本水産學會誌、4, 4, (昭和 10-11) 266.

昭和 13 年 11 月]

数にも現れてゐる。

然るに唯だ平 1 斤罐のみが少しく異例となり、第 2 回轉目に於ては豎 2 斤罐の E_2 より小さいが第 5 回轉目からは却て大きくなつてゐる。その理由は明瞭ではないが第 5 表に見る罐の巻込係数 η が他のものに比し特に大きかつたためではないかと思はれる。猶直線式で表はされるものゝ初条件常数がすべて負数となつて一見不合理の如く見えるが、これは E_0 の値を廣範圍に変へて見れば元來曲線であるべきものを、実験の範圍ではこれを近似的に直線と見たためである。このことは次の罐胴ブリ

第 19 図 a~c

第 19 図 d

第 20 図 a~c

第 20 図 d

キ板の厚さと巻締抵抗の関係式(第 6 表)に於ても見られる。

b. 罐胴ブリキ板の厚さと巻締抵抗 罐胴ブリキ板の厚さと巻締抵抗との関係を知るために、罐蓋重量を一定のものとし、即ち各罐型につき正量のものを用ひ、罐胴重量を変化させてその影響を見た。前項の実験と本項の実験とは一つの罐型に就て連続して行つたため巻締機構要部の調節は前項同様第 13 表の通りである。

実験の結果は第 23~26 図及び第 6 表に示す様に、各罐型共全部巻締抵抗はチャック軸回轉角のすべての位置に於て大体罐胴厚さに直線的に比例してゐる様である。然してその傾きは同一罐型に於ては前項同様チャックの回轉角の進むに従て大となり、又チャック軸の同一回轉角に対しては罐型の小となるに従て大となるやうである。唯不規則な点としては平 1 斤罐の E_5 並びに E_{peak} が過大となつてゐることであるが、これも前項同様第 5 表に見る様に巻込

第 21 図 a~c

第 21 図 d

第 22 図 a~c

第 22 図 d

第 19 図~第 22 図 罐蓋ブリキ板の厚さと全有效巻締抵抗

第 23 図 a~c

第 24 図 a~c

第 24 図 d

第 26 図 a~c

第 25 図 a~c

第 25 図 d

第 26 図 d

第 23 図~第 26 図 罐胴ブリキ板の厚さと全有效巻締抵抗

係数 η_s が他に比して大なるためではないかと思はれる。

然して前項の場合と多少異なる点は、前項では E_2 と E_5 とが平 1 斤罐と堅 2 斤罐とでは曲線となつてゐるが、本項の場合には全部直線となつてゐることである。これは巻締工程の初期には主として彎曲作用が働き、巻締工程の進行と共に圧延作用が加味されるためと思はれる。即ち罐胴ブリキ板の影響が巻締抵抗に現れるのはすでに第 2 段階以後の比較的巻締工程の進んだ後のことであるからである。換言せば巻締部環状帯断面の形状による剛性率が大きくなるに従て巻締作用は彎曲作用から圧延作用に移行するものと考へられる。更に巻締部環状帯断面の形状

は同一でも罐胴直径の縮少即ち環状帯直径の縮少と共に剛性率は増大し前述と同一の影響を與へる。前項 E_2 に於て t_b の指数が罐型の縮少と共に 2.365 から 2.265 を経て 1.00 に、又 E_5 に於て 2.15 から 1.97 を経て 1.00 に変化してゐるのはこのためである (第 4 表参照)。

要するに罐胴直径大にして巻締めの比較的進行してゐない巻締部環状帯の柔いものは彎曲作用となり、罐胴直径小にして巻締めの比較的進行した剛いもの

第 27 図 罐胴直径と全有效巻締抵抗

昭和 13 年 11 月]

は圧延作用となると考へられる。

c. 罐胴直径の大小と巻締抵抗 罐胴直径と巻締抵抗との関係を見るために各罐型に対し罐蓋罐胴共に正量のもの各10個に就て実験した結果は第27図に示す通りである。罐胴直径の影響は巻締工程の初期に於ては左程でもないが終りに近づくに従て漸次大きく、尖頭抵抗に於ては特にその影響が甚だしい。亦罐胴直径を基準として見れば巻締工程の各段階における巻締抵抗は罐胴直径の増大と共に減少し、平1斤罐に於て殆ど一定値となり、それ以上は殆ど変化がない。即ちその極限は罐胴直径無限大即ち平板の場合の巻締抵抗と一致する。図上の曲線から求めた実験式は次の様になる。

$$\left. \begin{aligned} E_2 &= 17.4 + 94.390 D^{-2} & \text{kg} \\ E_5 &= 43.2 + 181.820 D^{-2} & \text{kg} \\ E_{\max} &= 120 + 221 \times 10^{16} D^{-9.0} & \text{kg} \\ E_{\text{peak}} &= 231 + 455 \times 10^{17} D^{-9.5} & \text{kg} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(74)$$

d. リフターの利きと巻締抵抗 リフターの利きと巻締抵抗との関係を知るために平1斤罐の罐蓋罐胴共に正量のものを取り、他の巻締機構要部の調節条件は前項と全く同様とし、リフター・テーブルの高さを0.5mm宛4段に変へて実験を行つた。リフター・テーブル調節の結果リフターの利き ϵ は第8表のやうになり、それに対する巻締抵抗は同じく第8表及び第28図に示す通りで、これを実験式で表せば次の如く巻締工程の各段階共指数曲線となる。

$$\left. \begin{aligned} E_2 &= 30.4 - 7e^{-\epsilon} & \text{kg} \\ E_5 &= 70 - 6.4e^{-\epsilon} & \text{kg} \\ E_{\max} &= 175.5 - 96.5e^{-\epsilon} & \text{kg} \\ E_{\text{peak}} &= 280 - 120.5e^{-\epsilon} & \text{kg} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(75)$$

即ちこれはリフターの利きの増大と共に巻締抵抗は増加するが、そこには一定の限度があつて、無制限に増大するものでなく、リフターの利きが極端に強くなつた場合には罐の圧潰作用が始り、ロールの受ける巻締抵抗には差したる影響を及ぼさないことを意味するものである。

リフターの利きを変へた時の第1巻締工程完了後における巻締部の状態は第29図の顕微鏡写真で示す様にリフターの利き $\epsilon=1.54$ mmでは相當強く、罐胴の尖端が折れ曲り、 $\epsilon=2.04$ mmでは更に一層強く、罐蓋の巻込み部まで折れ曲つてゐることがわかる。 $\epsilon=0.59$ mmでは罐胴の巻込みが少くリフターの利きが弱過ぎることがわかる。 $\epsilon=1.03$ mmでも幾分まだ巻込みが足りないやうに見えるが、この程度な

第5表 罐の形状の吟味(第18図参照)

罐 型	A, B の區別	D_1 mm	D_2 mm	D_c mm	巻込係数 $\eta_s = \{(D_1 - D_c) + (D_2 - D_c)\} \times D_2 / D_1$ mm
平1号 1斤 罐	A B	109.25 109.28	104.75 104.63	99.02 99.02	15.29 15.20
堅3号 2斤 罐	A B	93.77 93.77	88.66 88.71	83.34 83.34	14.89 14.95
堅4号 1斤 罐	A B	83.97 84.00	79.53 79.47	73.90 73.90	14.87 14.83
堅7号 11オンス罐	A B	75.33 75.32	70.88 70.81	65.22 65.22	14.84 14.75

(備考) Aは正量罐6個の平均。Bは重量が正量の95%なる罐2個、100%のもの2個、105%のもの2個、合計6個の平均

第6表 罐胴ブリキ板の厚さと全有効巻締抵抗(但し t_b mm)

罐 型	E_2 kg	E_5 kg	$E_{\max}$ kg	E_{peak} kg
平1号 1斤 罐	$9.6 + 60.0t_b$	$43.8 + 80t_b$	$-29.5 + 571t_b$	$-112.5 + 1250t_b$
堅3号 2斤 罐	$4.4 + 92.3t_b$	$7.4 + 207t_b$	$-40.0 + 556t_b$	$-175.0 + 1500t_b$
堅4号 1斤 罐	$10.5 + 86.4t_b$	$31.7 + 158t_b$	$-27.5 + 557t_b$	$-149.3 + 1530t_b$
堅7号 11オンス罐	$20.9 + 205.0t_b$	$-13.2 + 330t_b$	$43.5 + 527t_b$	$-390.0 + 3000t_b$

第7表 罐胴直径と巻締抵抗

罐 型	罐胴直径 mm	罐蓋重量 g	罐胴重量 g	全有効巻締抵抗 kg			
				E_2	E_5	$E_{\max}$	E_{peak}
平1号 1斤 罐	102	22.2	72.1	26.4	62.8	126.8	239.7
堅3号 2斤 罐	87	16.8	85.7	29.9	63.9	128.9	248.2
堅4号 1斤 罐	77	13.7	73.8	33.3	74.7	135.6	276.7
堅7号 11オンス罐	68	11.0	59.1	37.8	82.3	198.0	421.5

(備考) 数値は試料罐各10個の平均

第8表 平1号1斤罐におけるリフターの利きと巻締抵抗

試料罐数	罐 蓋		罐胴重量 g	$H_1 - \delta_1$ mm	B mm	リフター の利き ϵ mm	全有効巻締抵抗 kg			
	重量 g	厚さ mm					E_2	E_5	$E_{\max}$	E_{peak}
7	22.7	0.281	73.5	66.13	65.54	0.59	26.3	66.7	121.1	213.1
5	22.6	0.283	73.1	66.13	65.10	1.03	27.6	68.4	140.9	246.2
6	22.7	0.282	73.2	66.13	64.59	1.54	29.4	67.8	152.3	245.1
6	22.7	0.283	73.2	66.13	64.09	2.04	29.2	69.7	169.2	268.4

(備考) 数値は各試料罐数に対する平均を示す。

らばまづ良好で4種の中では最良である。

4. 総 括

実験に際しては巻締機械の巻締機構要部の調節を厳格にし、罐の形状の吟味を充分にし、且圧電気測定装置の鋭感度を保持するに努めたが、各測定値には可成りの不同が現れ、測定点の擴散が相當大であつた。

これは主としてブリキ板の厚さの部分的不同と罐形状の不揃ひによるものと思はれる。実験の結果を要約すれば次の通りである。

(1) 罐蓋ブリキ板の厚さと巻締抵抗の関係は各罐型を通じ近似的に次の実験式で表はされる。

$$E = a + b t_b^m$$

但し指数 m は罐胴直径の大なるものは1より大にして罐胴直径の縮少と共に1に近づく。又同一の罐胴直径に於ては巻

[第4巻 第17号]

締工程の初期に於ては1より大にして、段階の進行につれ漸減して1に近づく

(2) 罐胴ブリキ板の厚さと巻締抵抗の関係は各罐型を通じ様に次の直線式で表はされる。

$$E = a + b t_b$$

(3) 罐胴直径と巻締抵抗の関係は近似的に次の如く双曲線式で表はされ、

$$E = a + b D^{-n}$$

指数 n は巻締工程の段階の進行と共に大となる。然して巻締抵抗 E の値は巻締工程の各段階共罐胴直径 $D=104$ mm 即ち平 1 斤罐附近で大体各その漸近線に近づき、それ以上は大なる変化がない。

(4) リフターの利きと巻締抵抗の関係は次の如き指数曲線で表はされる。 $E = a - be^{-\epsilon}$, E の値は リフター の利き ϵ と

第 28 図 リフターの利きと全有效巻締抵抗

第 29 図 リフターの利きと巻締部断面

共に増大して漸近線の値 a に近づくが、 $\epsilon=2.00$ mm 程度ではまだ相當の距離がある。但し巻締状態は既に甚だ不良で、工作上の實際的價値は少しもない。漸近線 a の値は巻締工程の段階の進行と共に増大し、罐材ブリキ板 95 ポンドの平 1 斤罐に於て最大尖頭抵抗 E_{peak} 約 280 kg である。

終りに本実験に際し種々の便