



Title	帯鋸の腰入. 第9報 : 帯鋸の温度分布による有効テンション値の変化
Author(s)	久野, 陸夫; Kuno, Rokuo; 土肥, 修 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 18, 15-25
Issue Date	1958-05-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40625
Type	departmental bulletin paper
File Information	18_15-26.pdf



帯鋸の腰入 (第9報)

— 帯鋸の温度分布による有効テンション値の変化 —

久野 陸 夫

土 肥 修

(昭和33年2月28日受理)

Stretching for Band Saw Blade (IX)

— Deviation of the Effective Tension Value of the Blade
due to its Temperature Distribution —

Rokuo KUNO

Osamu DOI

Abstract

The authors have previously investigated the relation between the radius of longitudinal curvature of the saw blade and the tension value to be measured¹⁾.

As the tension value would change according to the radius of curvature of the blade, one must use the tension value at the curvature of the wheel, when one discusses the problems of the blade on the wheels.

Furthermore, in wood cutting, as the blade would be heated non-uniformly and has a thermal strain in itself, the effective tension value should be affected and changed by the temperature distribution of the blade.

This report gives the theoretical analysis of the deformation of the blade and the deviation of the effective tension value due to its temperature distribution.

The temperature distribution of the blade in the stable state is assumed as given by Eq. (4). This assumption is based on the results of investigations of the authors^{2),3)} and Mr. Saito and Mr. Mori⁴⁾.

The exact solution of the differential equation is given as Eqs. (15), (16), (17), (18), (19). This equations, however, is so complex and difficult to be used that the approximate solution is given as the form of Eq. (20) for the purpose of the practical use.

From this equation, one can derive many interesting results. For example, one can assure that the tension degree and the back curvature decrease proportionally to the maximum front temperature of the saw blade.

目 次

1. はしがき	2
2. 理論式	3
3. 数値例	7

1. はし が き

先に、帯鋸のテンション測定に際し、長さ方向の曲率が変われば測定されるテンション量が変わる事を述べた¹⁾。テンション形状即ち帯鋸の横断面の形状は、腰入の強さ(塑性変形の大きさ)、巾、厚さの他に、長さ方向の曲率によつて影響される。従つて、測定時の長さ方向の曲率を指定しなければテンションの形や強さを比較する事は出来ない。

鋸車上に於ける帯鋸の種々の問題を議論する場合等に必要なテンションは、鋸車半径に曲げられた状態に於けるテンション量である。

更に、実際に製材する場合には、必ず切削熱が生じ、帯鋸は不均一に加熱され、或る温度分布を示す。此の温度分布によつて帯鋸の見掛け上のテンションは変化する筈で、その影響を知る必要がある。

此の論文は、長さの方向に或る曲率半径 ρ に曲げられた状態に於いて、巾の方向に或る温度差を生じた時、熱歪によつてテンション量が如何に変化するかを理論的に解析したものである。

此の理論の仮定となる帯鋸の温度分布について、次の2つの実験的事実を考慮する。

(1) 著者の研究^{2),3)}に於いて、廻転中に歯前から加熱された帯鋸の、巾方向の温度分布は、歯前に原点をおき、考える点迄の距離を y とすると、定常に達した状態におけるその点の温度は

$$T = T_0 \cdot \frac{(aK-a)e^{-a(h-y)} + (aK+a)e^{a(h-y)}}{(aK-a)e^{-ah} + (aK+a)e^{ah}} \quad (1)$$

で表はされる事を述べた。但し

$$\begin{aligned} T_0 &= \text{歯前の最高温度,} & h &= \text{鋸巾,} & b &= \text{鋸厚,} \\ a &= \text{鋸表面の熱伝達率,} & K &= \text{熱伝導率,} \\ a &= \sqrt{(2a)/(bK)} \end{aligned}$$

更に実用の数値を考慮すると

$$h^2 \gg bK/a \gg b^2$$

であるから、 T は簡単に

$$T = T_0 \cdot e^{-ay} \quad (2)$$

を以て近似出来るとした。

実測の結果は、式(1)、又は(2)の傾向と、 y の大なる範囲では完全に一致せず、熱を蓄積した鋸車表面に帯鋸が接触して保温され、均熱化される関係で、計算値より実測値の方が高く現われて居る。厳密解は、此の様な境界条件を考慮して求めるべきであるが、此处では直観的に、簡単な形の式(2)の温度分布を仮定する。

(2) 製材時の温度分布を実測した齋藤、森 両氏の研究⁴⁾によれば、温度は歯前で最も高く、

背にゆくにつれて一たん低下するが、背側で再び少しく上昇すると云う。背が材と摩擦する様な現象が起るとすれば尤もな事である。

此の様に、背側 ($y=h$) から熱が流れるとすれば、それによる任意の点の温度は

$$T = T'_0 \cdot e^{-a(h-y)} \quad (3)$$

の形で与えられる筈である。但し

$$T'_0 = \text{背側端の温度}$$

従つて此の事実を考え併せれば、帯鋸の温度分布として

$$T = T_0 \cdot e^{-ay} + T'_0 \cdot e^{-a(h-y)} \quad (4)$$

の形を仮定する事が出来よう。Fig. 1 は式 (4) の関係を図示したものである。

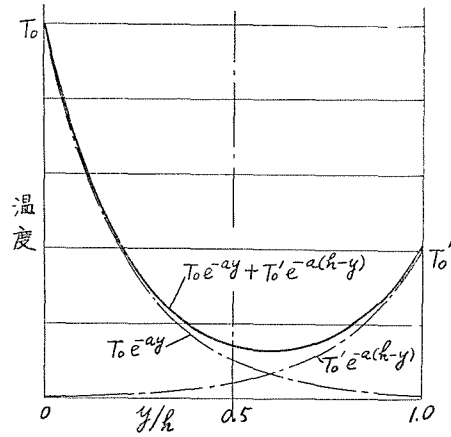


Fig. 1.

2. 理論式

帯鋸の長さ方向を x とし、歯前を $y=0$ 、巾の方向を y とする。

微分方程式は、前報告¹⁾と同様で

$$D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + N_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2 N_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial N_x}{\partial x} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial N_y}{\partial y} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial x} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x + \epsilon_x^0 &= \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \\ \epsilon_y + \epsilon_y^0 &= \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \\ \gamma_{xy} + \gamma_{xy}^0 &= \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x} \cdot \frac{\partial w}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{1}{bE} (N_x - \nu \cdot N_y) \\ \epsilon_y &= \frac{1}{bE} (N_y - \nu \cdot N_x) \\ \gamma_{xy} &= \frac{1}{bG} \cdot N_{xy} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

此処に、 ϵ_x 、 ϵ_y 、 γ_{xy} は外力によつて生ずる弾性歪であり、 ϵ_x^0 、 ϵ_y^0 、 γ_{xy}^0 は初期歪を表わす。

帯鋸には予め腰入によりテンション、バックが与えられ、更に巾方向の温度差による熱歪が加わるのであるから、 ϵ_x^0 としては

$$\varepsilon_x^0 = \underbrace{C_1 y(h-y)}_{\text{(テンションの項)}} + \underbrace{C_2 y}_{\text{(バックの項)}} + \underbrace{a_1 T(y)}_{\text{(熱歪)}} \quad (9)$$

但し, a_1 = 材料の線膨脹係数

式(4)を考慮して

$$\varepsilon_x^0 = C_1 y(h-y) + C_2 y + a_1 T_0 e^{-ay} + a_1 T_0' e^{-a(h-y)} \quad (10)$$

となる。

今, 此の様な状態の帯鋸に曲げモーメントを加えて, x 方向の曲率半径が ρ になる様に曲げた状態を

$$w = \frac{x^2}{2\rho} + \varphi(y) \quad (11)$$

で表わす。

式(5), (8), (11)から

$$\left. \begin{aligned} D \cdot \frac{d^4 \varphi}{dy^4} &= \frac{bE}{\rho} \cdot \varepsilon_x \\ \text{式(5), (7), (11)から} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$\frac{d^2 \varepsilon_x}{dy^2} + \frac{d^2 \varepsilon_x^0}{dy^2} = -\frac{1}{\rho} \frac{d^2 \varphi}{dy^2}$$

であるから, φ の関係式として

$$D \frac{d^6 \varphi}{dy^6} + \frac{bE}{\rho^2} \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + \frac{bE}{\rho} \frac{d^2 \varepsilon_x^0}{dy^2} = 0$$

$$\frac{bE}{D\rho^2} = 4\beta^4$$

とおくと

$$\frac{d^6 \varphi}{dy^6} + 4\beta^4 \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + 4\beta^4 \rho \cdot \frac{d^2 \varepsilon_x^0}{dy^2} = 0 \quad (13)$$

積分して

$$\frac{d^4 \varphi}{dy^4} + 4\beta^4 \cdot \varphi + 4\beta^4 \rho \cdot \varepsilon_x^0 = Ky + L$$

K, L による φ の特解は, 帯鋸の廻転と平行変位を表わすのみであるから, ここでは

$$K = L = 0$$

とする。従つて微分方程式は

$$\frac{d^4 \varphi}{dy^4} + 4\beta^4 \cdot \varphi + 4\beta^4 \rho \cdot \varepsilon_x^0 = 0 \quad (14)$$

ここで, ε_x^0 を式(10)の形に仮定するから, 式(14)の一般解は

$$\varphi = e^{\beta y} (A \cos \beta y + B \sin \beta y) + e^{-\beta y} (C \cdot \cos \beta y + D \cdot \sin \beta y) - \rho \left\{ C_1 y(h-y) + C_2 \cdot y \right\} - \frac{4\beta^4 \rho a_1}{a^4 + 4\beta^4} \left\{ T_0 e^{-ay} + T_0' \cdot e^{-a(h-y)} \right\} \quad (15)$$

境界条件は

$$y = 0 \text{ 及び } h \text{ で } M_y = 0, Q_y = 0$$

即ち

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} &= 0 \\ \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

更に書きかえて

$$\frac{d^2 \varphi}{dy^2} + \frac{\nu}{\rho} = 0, \quad \frac{d^3 \varphi}{dy^3} = 0$$

従つて

$$\begin{aligned} 2\beta^2(B-D) - \frac{4a^2\beta^4\rho a_1}{a^4+4\beta^4}(T_0+T'_0e^{-ah}) + 2C_1\rho + \frac{\nu}{\rho} &= 0 \\ -2\beta^2(A-B-C-D) + \frac{4a^3\beta^4\rho a_1}{a^4+4\beta^4}(T_0-T'_0e^{-ah}) &= 0 \\ 2\beta^3\left\{e^{\beta h}(B\cos\beta h - A\sin\beta h) - e^{-\beta h}(D\cos\beta h - C\sin\beta h)\right\} \\ - \frac{4a^2\beta^4\rho a_1}{a^4+4\beta^4}(T_0e^{-ah} + T'_0) + 2C_1\rho + \frac{\nu}{\rho} &= 0 \\ -2\beta^3\left[e^{\beta h}\{(A-B)\cos\beta h + (A+B)\sin\beta h\} - e^{-\beta h}\{(C+D)\cos\beta h\right. \\ \left. - (C-D)\sin\beta h\}\right] + \frac{4a^3\beta^4\rho a_1}{a^4+4\beta^4}(T_0e^{-ah} - T'_0) &= 0 \end{aligned}$$

積分常数 A, B, C, D は上式から計算して次の様に求まる。

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{\nu}{2\beta^2\rho} + \frac{C_1\rho}{\beta^2}\right) \frac{\left[(\sin\beta h - \cos\beta h) + e^{-\beta h}(\cos^2\beta h - \sin^2\beta h + 2\sin\beta h\cos\beta h)\right]}{e^{\beta h}\{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}\}} \\ &+ \frac{2a^2\beta\rho a_1 T_0}{a^4+4\beta^4} \frac{\left[e^{-ah}\{\beta(\cos\beta h - \sin\beta h) + a\cos\beta h\} + e^{-\beta h}\{\beta(\sin^2\beta h - \cos^2\beta h\right. \\ &\quad \left. - 2\sin\beta h\cos\beta h) + a(2\sin\beta h\cos\beta h - 1)\} - e^{-ah}e^{-2\beta h}\right. \\ &\quad \left.\{ \beta(\cos\beta h - 3\sin\beta h) + a(\cos\beta h + 2\sin\beta h)\} + e^{-3\beta h}(a + \beta)\right]}{e^{\beta h}\{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}\}} \\ &+ \frac{2a^2\beta\rho a_1 T'_0}{a^4+4\beta^4} \frac{\left[\{\beta(\cos\beta h - \sin\beta h) - a\cos\beta h\} + e^{-ah}e^{-\beta h}\{\beta(\sin^2\beta h - \cos^2\beta h\right. \\ &\quad \left. - 2\sin\beta h\cos\beta h) - a(2\sin\beta h\cos\beta h - 1)\} - e^{-2\beta h}\{\beta(\cos\beta h\right. \\ &\quad \left. - 3\sin\beta h) - a(\cos\beta h + 2\sin\beta h)\} + e^{-ah}e^{-3\beta h}(\beta - a)\right]}{e^{\beta h}\{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}\}} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned}
B = & \left(\frac{\nu}{2\beta^2\rho} + \frac{C_1\rho}{\beta^2} \right) \frac{\left[-(\cos\beta h + \sin\beta h) + e^{-\beta h}(1 + 2\sin\beta h \cos\beta h + 2\sin^2\beta h) \right. \\
& \left. + e^{-2\beta h}(\cos\beta h - \sin\beta h) - e^{-3\beta h} \right]}{e^{\beta h}\{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}\}} \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1 T_0}{a^4 + 4\beta^4} \frac{\left[e^{-a h}\{\beta(\cos\beta h + \sin\beta h) + a \cdot \sin\beta h\} + e^{-\beta h}\{-\beta(1 \right. \\
& \left. + 2\sin\beta h \cos\beta h + 2\sin^2\beta h) + 2a\sin^2\beta h\} \right. \\
& \left. - e^{-a h}e^{-2\beta h}\{\beta(\cos\beta h - \sin\beta h) + a \cdot \sin\beta h\} + \beta \cdot e^{-3\beta h} \right]}{e^{\beta h}\{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}\}} \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1 T_0'}{a^4 + 4\beta^4} \frac{\left[\{\beta(\cos\beta h + \sin\beta h) - a\sin\beta h\} - e^{-a h}e^{-\beta h}\{\beta(1 + 2\sin\beta h \cos\beta h \right. \\
& \left. + 2\sin^2\beta h) + 2a\sin^2\beta h\} + e^{-2\beta h}\{\beta(\sin\beta h - \cos\beta h) \right. \\
& \left. + a\sin\beta h\} + \beta e^{-a h}e^{-3\beta h} \right]}{e^{\beta h}\{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}\}} \quad (17)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C = & \left(\frac{\nu}{2\beta^2\rho} + \frac{C_1\rho}{\beta^2} \right) \frac{\left[-1 + e^{-\beta h}(\cos\beta h + 3\sin\beta h) + e^{-2\beta h}(\cos^2\beta h \right. \\
& \left. - \sin^2\beta h - 2\sin\beta h \cos\beta h) - e^{-3\beta h}(\cos\beta h + \sin\beta h) \right]}{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}} \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1 T_0}{a^4 + 4\beta^4} \frac{\left[(\beta - a) + e^{-a h}e^{-\beta h}\{\beta(-\cos\beta h - 3\sin\beta h) + a(\cos\beta h - 2\sin\beta h)\} \right. \\
& \left. + e^{-2\beta h}\{\beta(\sin^2\beta h - \cos^2\beta h + 2\sin\beta h \cos\beta h) + a(2\sin\beta h \cos\beta h \right. \\
& \left. + 1)\} - e^{-a h}e^{-3\beta h}\{\beta(\cos\beta h + \sin\beta h) - a\cos\beta h\} \right]}{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}} \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1 T_0'}{a^4 + 4\beta^4} \frac{\left[e^{-a h}(\beta + a) - e^{-\beta h}\{\beta(\cos\beta h + 3\sin\beta h) + a(\cos\beta h - 2\sin\beta h)\} \right. \\
& \left. - e^{-a h}e^{-2\beta h}\{\beta(\sin^2\beta h - \cos^2\beta h + 2\sin\beta h \cos\beta h) \right. \\
& \left. - a(2\sin\beta h \cos\beta h + 1)\} + e^{-3\beta h}\{\beta(\cos\beta h + \sin\beta h) + a\cos\beta h\} \right]}{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}} \quad (18)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D = & \left(\frac{\nu}{2\beta^2\rho} + \frac{C_1\rho}{\beta^2} \right) \frac{\left[1 - e^{-\beta h}(\cos\beta h + \sin\beta h) + e^{-2\beta h}(-1 + 2\sin\beta h \cos\beta h) \right. \\
& \left. - 2\sin^2\beta h + e^{-3\beta h}(\cos\beta h - \sin\beta h) \right]}{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}} \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1 T_0}{a^4 + 4\beta^4} \frac{\left[-\beta + e^{-a h}e^{-\beta h}\{\beta(\cos\beta h + \sin\beta h) + a\sin\beta h\} \right. \\
& \left. + e^{-2\beta h}\{\beta(1 - 2\sin\beta h \cos\beta h + 2\sin^2\beta h) + 2a\sin^2\beta h\} \right. \\
& \left. - e^{-a h}e^{-3\beta h}\{\beta(\cos\beta h - \sin\beta h) + a\sin\beta h\} \right]}{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}} \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1 T_0'}{a^4 + 4\beta^4} \frac{\left[-e^{-a h}\beta + e^{-\beta h}\{\beta(\cos\beta h + \sin\beta h) - a\sin\beta h\} \right. \\
& \left. + e^{-a h}e^{-2\beta h}\{\beta(1 - 2\sin\beta h \cos\beta h + 2\sin^2\beta h) - 2a\sin^2\beta h\} \right. \\
& \left. + e^{-3\beta h}\{\beta(\sin\beta h - \cos\beta h) + a\sin\beta h\} \right]}{1 - 2e^{-2\beta h}(2\sin^2\beta h + 1) + e^{-4\beta h}} \quad (19)
\end{aligned}$$

以上の様な厳密解では複雑すぎるので、実用の数値を考慮して微小項を省略し近似解を求める。

$$\begin{aligned}
A = & -\left(\frac{\nu}{2\beta^2\rho} + \frac{C_1\rho}{\beta^2} \right) e^{-\beta h}(\cos\beta h - \sin\beta h) \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1}{a^4 + 4\beta^4} \cdot T_0 \cdot e^{-(a+\beta)h}\{\beta(\cos\beta h - \sin\beta h) + a\cos\beta h\} \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1}{a^4 + 4\beta^4} \cdot T_0' \cdot e^{-\beta h}\{\beta(\cos\beta h - \sin\beta h) - a\cos\beta h\} \quad (16)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B = & -\left(\frac{\nu}{2\beta^2\rho} + \frac{C_1\rho}{\beta^2}\right) e^{-\beta h}(\cos\beta h + \sin\beta h) \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1}{a^4+4\beta^4} \cdot T_0 \cdot e^{-(a+\beta)h} \{\beta(\cos\beta h + \sin\beta h) + a \sin\beta h\} \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1}{a^4+4\beta^4} T'_0 \cdot e^{-\beta h} \{\beta(\cos\beta h + \sin\beta h) - a \cdot \sin\beta h\} \quad (17')
\end{aligned}$$

$$C = -\left(\frac{\nu}{2\beta^2\rho} + \frac{C_1\rho}{\beta^2}\right) + \frac{2a^2\beta\rho a_1}{a^4+4\beta^4} T_0(\beta-a) + \frac{2a^2\beta\rho a_1}{a^4+4\beta^4} T'_0 e^{-a h}(\beta+a) \quad (18')$$

$$D = \left(\frac{\nu}{2\beta^2\rho} + \frac{C_1\rho}{\beta^2}\right) - \frac{2a^2\beta\rho a_1}{a^4+4\beta^4} \cdot T_0 \cdot \beta - \frac{2a^2\beta\rho a_1}{a^4+4\beta^4} T'_0 e^{-a h} \beta \quad (19')$$

従つて一般解式(15)は次の形に書く事が出来る。

$$\begin{aligned}
-\varphi = & \frac{\nu}{2\beta^2\rho} \left[e^{-\beta y}(\cos\beta y - \sin\beta y) + e^{-\beta(h-y)}\{\cos\beta(h-y) - \sin\beta(h-y)\} \right] \\
& + \frac{C_1\rho}{\beta^2} \left[e^{-\beta y}(\cos\beta y - \sin\beta y) + e^{-\beta(h-y)}\{\cos\beta(h-y) - \sin\beta(h-y)\} \right] \\
& + C_1\rho y(h-y) + C_2\rho y \\
& - \frac{2a^2\beta^2\rho a_1 T_0}{a^4+4\beta^4} \left[e^{-\beta y}(\cos\beta y - \sin\beta y) + e^{-a h} e^{-\beta(h-y)}\{\cos\beta(h-y) - \sin\beta(h-y)\} \right] \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1 T_0}{a^4+4\beta^4} \left[e^{-\beta y} \cos\beta y - e^{-a h} e^{-\beta(h-y)} \cos\beta(h-y) \right] \\
& + \frac{4\beta^4\rho a_1 T_0}{a^4+4\beta^4} \cdot e^{-a y} \\
& - \frac{2a^2\beta^2\rho a_1 T'_0}{a^4+4\beta^4} \left[e^{-\beta(h-y)}\{\cos\beta(h-y) - \sin\beta(h-y)\} + e^{-a h} e^{-\beta y}(\cos\beta y - \sin\beta y) \right] \\
& + \frac{2a^2\beta\rho a_1 T'_0}{a^4+4\beta^4} \left[e^{-\beta(h-y)} \cos\beta(h-y) - e^{-a h} e^{-\beta y} \cos\beta y \right] \\
& + \frac{4\beta^4\rho a_1 T'_0}{a^4+4\beta^4} \cdot e^{-a(h-y)} \quad (20)
\end{aligned}$$

3. 数 値 例

1例として、 $h=153$ mm, $b=0.86$ mm, $\rho=533$ mm (21"), $\nu=0.3$, $a=0.03$ 1/mm, $a_1=1 \times 10^{-5}$ 1/°C, $C_1=0.1 \times 10^{-6}$ 1/mm², $C_2=1 \times 10^{-6}$ 1/mm (バック半径1,000 mに相当), 従つて $\beta=0.06$ 1/mmの場合, $T_0=1^\circ\text{C}$ ($T'_0=0^\circ\text{C}$), に対する式(20)の各項を計算して, Fig. 2~Fig. 6に示す。

第1項の係数は, $\beta^2\rho = \sqrt{3(1-\nu^2)}/b$ の関係から ρ に無関係である。

第2項は ρ^2 に, 第3項は ρ に比例, 共にテンションの強さ C_1 に比例する。

第1~第3項を比べると, 普通程度のテンションでは, 第3項が最も大きくて, 第2項は最も小さく, 僅かに両端附近で変化を与える。第1項は第2項より大であるが, その影響も両端から遠ざかれば第3項に比べ, 無視される程度である。

第4項はバックを表はし, 腹部のふくらみには関係がない。

第5~7項は, 歯前の温度 T_0 による項である。第5項は, 分子に ρ を含まず, ρ が0から

∞ になる時、0 からある一定の値の間に変化する。

第6項はほぼ $\sqrt{\rho}$ に比例して、 ρ が0の時に0、 ρ が極めて大となれば、此の項も又大となる。

第7項は、 ρ が0と ∞ で0となり、途中、極大、極小値をとる。

普通実用の値に対して

$$(\text{第7項}) \gg (\text{第6項}) \approx (\text{第5項})$$

であるが、 ρ が著しく大となれば、第6項がきいて来る。

T'_0 の項即ち、第8、9、10項についても同様の傾向である。

次に以上の数値に対し、 $C_2=0$ 、 $T'_0=0$ として、 $T_0=0, 10, 20, 30, 40, 50^\circ\text{C}$ の場合について式(20)の値を計算すると、Fig. 7 が得られる。テンション及びバックが共に温度の影響で変化している事がわかる。そこで、テンションとバックに対する影響を分解する為に、各温度に対する $(-\varphi)$ のカーブに、下方で切する直線をひき、その切線から上に出る部分(テンション)と切線(バック)を別々に示すと Fig. 8 が得られる。

此の図の様に、歯前の温度の上昇に比例してテンションのつよさは減少し、バックも又減

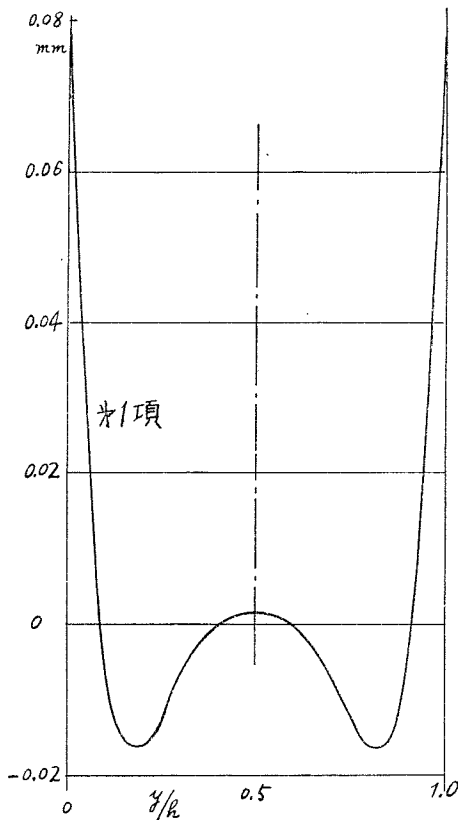


Fig. 2.

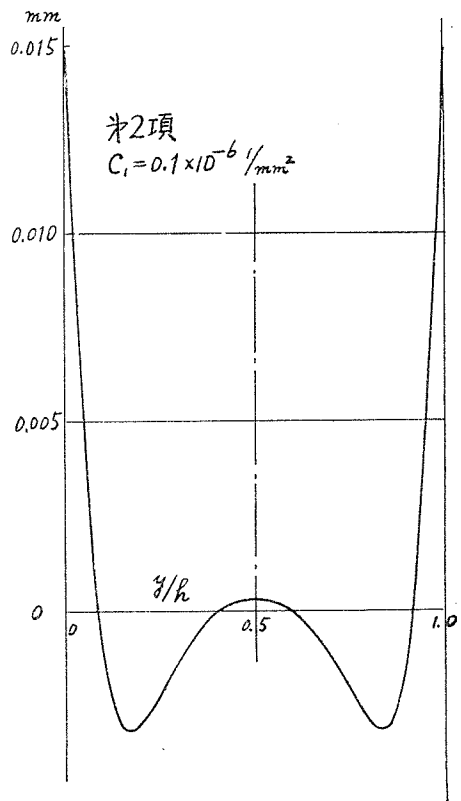


Fig. 3.

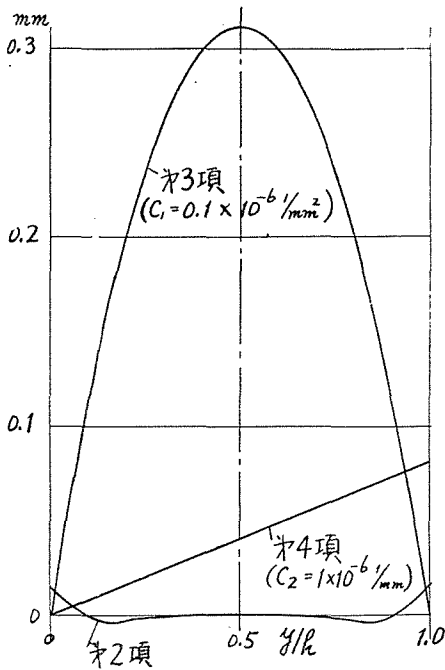


Fig. 4.

少するが、テンションの形状は余り変化しない事が認められる。

Fig. 8 の山の高さの変化を、 T_0 を横軸にとつて表わすと Fig. 9 が得られ、全く直線的に減少している事がわかる。更にテンション半径 r mm に換算して記入すると、テンションの変化の様子が明らかとなる。

次に、Fig. 7 の $(-\varphi)$ の値が、 $T_0 = 0$ なる場合には、殆んど式 (20) 中第 3 項によつてきまる事を考慮し、 $T_0 \neq 0$ なる場合 $(-\varphi \frac{h}{2})$ 即ち巾の中央における $(-\varphi)$ の値から、温度によるバックの変化にもとづくものを差引いて、温度変化に対する見掛けのテンションの変化を求める。

テンション係数 C_1 が、温度の影響で \bar{C}_1 になつたとすると

$$\bar{C}_1(T_0) = C_1 - \Delta C_1(T_0)$$

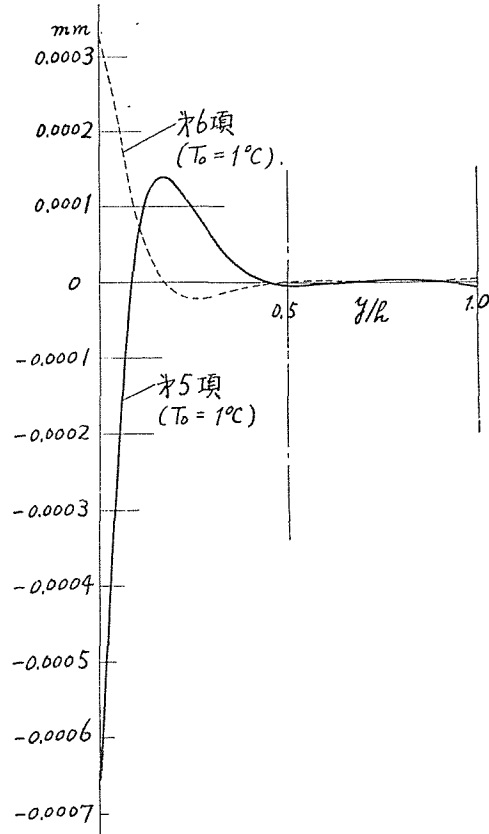


Fig. 5.

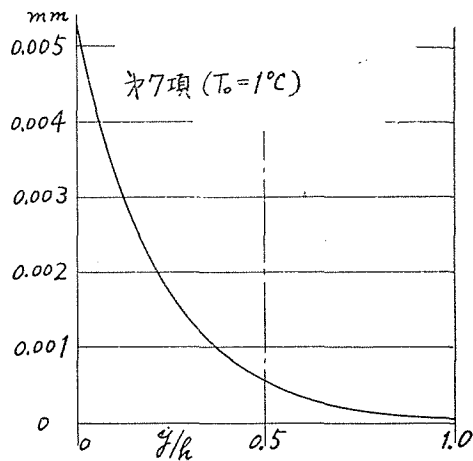


Fig. 6.

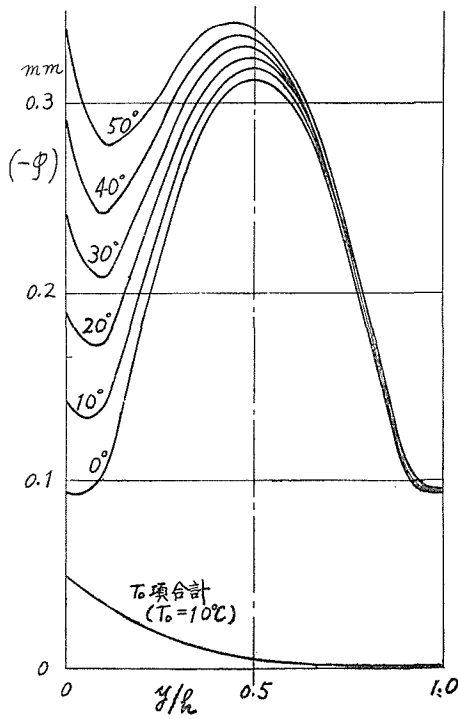


Fig. 7.

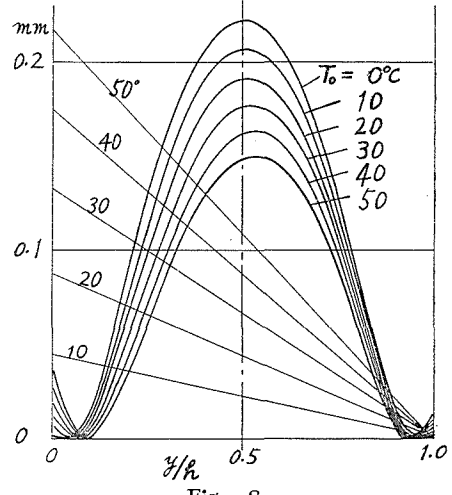


Fig. 8.

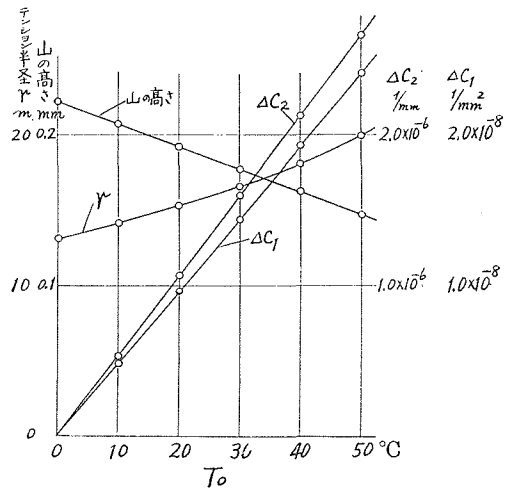


Fig. 9.

で

$$\begin{aligned} \left(-\varphi \frac{h}{z}\right)_{T_0=0} &= \frac{\rho h^2}{4} C_1 \\ \left(-\varphi \frac{h}{z}\right)_{T_0} &= \frac{\rho h^2}{4} \bar{C}_1 \\ \Delta C_1 &= \frac{4}{\rho h^2} \left\{ \left(-\varphi \frac{h}{z}\right)_{T_0=0} \right. \\ &\quad \left. - \left(-\varphi \frac{h}{z}\right)_{T_0} \right\} \end{aligned}$$

但し、 \bar{C}_1 = 温度による見掛けの有効テンション係数

ΔC_1 = テンション係数の変化

この ΔC_1 を Fig. 9 に附記する。 ΔC_1 は T_0 に全く比例している。

次に、Fig. 7 に引いた切線から、式(20)の第4項を考慮して、歯前の温度 T_0 の変化に対するバック係数 C_2 の変化 ΔC_2 を求めると、Fig. 9 中の ΔC_2 の様に、 T_0 に全く直線的に比例する事が認められる。此処に

\bar{C}_2 = 温度による見掛けの有効バック係数

ΔC_2 = バック係数の変化

で

$$\bar{C}_2(T_0) = C_2 - \Delta C_2(T_0)$$

である。

上の例の如く、バック半径 $R=1,000$ m 即ち $C_2=1.0 \times 10^{-6}$ 1/mm のバックの大きさは、図から $T_0=18^\circ\text{C}$ で消失する (真直になる) 事が知られる。

尚、以上の議論から明らかな通り、温度によるバック量の減少は、 T_0 と T'_0 が互に相殺する方向に働くが、テンション量の減少については T_0 と T'_0 は互に助け合う。即ち、バック量又はバック係数の減少は $(T_0 - T'_0)$ に比例し、テンション量又はテンション係数の減少は $(T_0 + T'_0)$ に比例するのである。

む す び

普通に製材用として用いられる程度の帯鋸に対して、普通程度の腰入を与えた場合、歯前と背の温度差によつてテンション形状がどの程度どの様になるかを、理論式を基礎にして計算してみた。その結果、数十度の温度差が生ずると大分テンションのつよさ及びバックが変る事が判る。テンション形状はさして変化しない。

引用文献

- 1) 久野陸夫・土肥修：帯鋸の腰入 (第5報), 北大工学部研究報告, 第14号 (昭31.4).
- 2) 久野陸夫・土肥修・山下良雄：帯鋸の腰入 (第7報), 北大工学部研究報告, 第16号 (昭32.6).
- 3) 土肥修・杉原彦一・菊川茂・斎藤勇・谷尻正三：両歯帯鋸による製材に関する研究 (第3報), 日本木材学会誌, 第3巻, 第2号 (April 1957).
- 4) 斎藤美鶯・森 稔：帯鋸の切削熱について, 第64回日本林学会大会講演集 (昭30.4).