

薄鐵板壓延用チルドロールに發生する 熱應力について

河 原 英 磨*

Thermal Stresses in 2 High Hot Rolls

By Hidemaro Kawahara
Wakamatsu Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The hot rolls for sheet iron frequently get broken at the middle during rolling operation, the reason for which three kinds of stresses can be given; (1) casting stresses, (2) mechanical stresses attendant on rolling operation, (3) thermal stresses caused by temperature change during rolling operation. Of these three stresses, thermal stresses are the chief cause for breaking of rolls.

The thermal stresses are caused by the inequality of temperature in various parts of rolls, and there are two periods in which thermal stresses mount to a high degree; one is when the roll temperature rises gradually during the several hours following the commencement of rolling operation and the other is when the roll radiates heat while operation is suspended on account of the abrupt giving out of electric power or other accidents.

The writer tried to calculate the temperature distribution and thermal stresses in the rolls under such conditions, and we could obtain the result that about 13 kg/mm² tensile stresses took place on the roll surface when roll was cooled from 450 °C and about 8 kg/mm² tensile stresses occurred to the roll center when roll was heated from 150 °C under normal rolling operation.

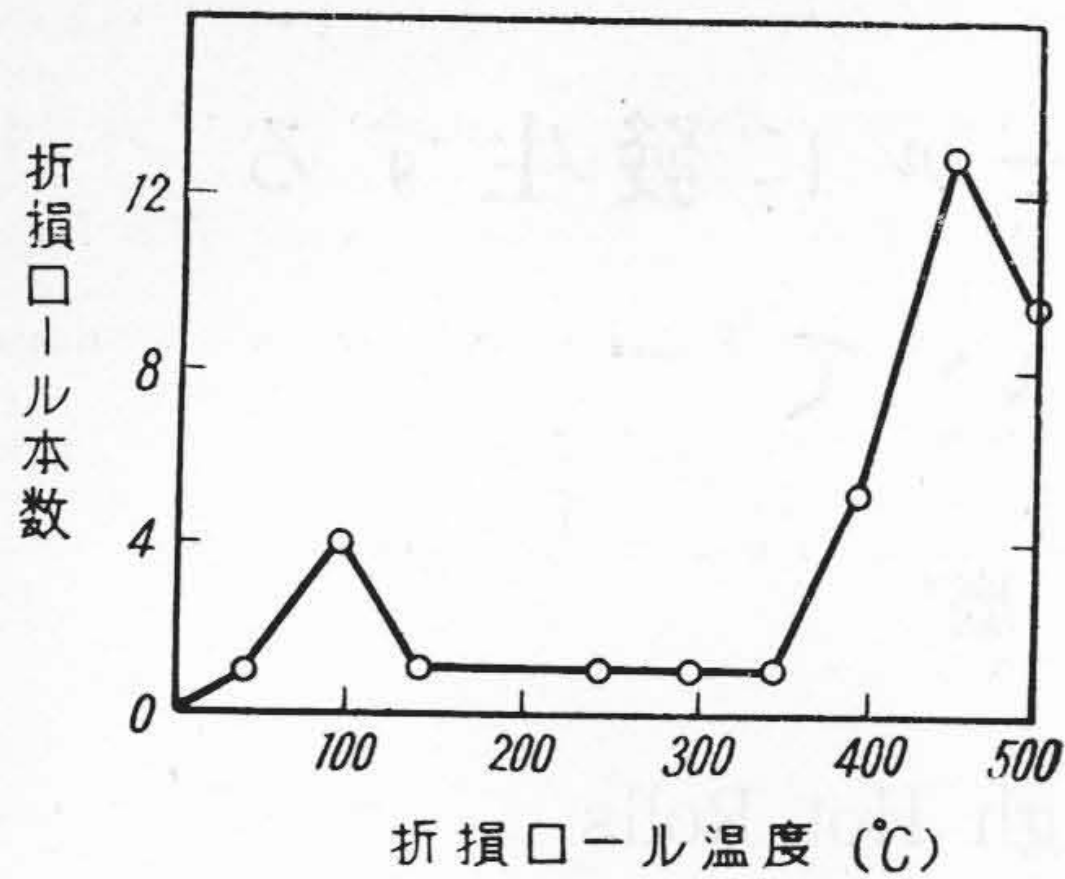
By aid of these calculation, we could know the best way to treat rolls and most suitable chilled roll for reducing these stresses.

[I] 緒 言

薄鐵板壓延用チルドロールは壓延作業中約 500 °C 前後の高温度に達し、作業状態によつてかなりの温度變化

を行つている。故にロール各部の温度不均一に基づく熱應力を發生し、ロール折損の大きな原因をなしている事は折損原因を調査する事によつて明らかに認める事が出来る。數十本の折損ロールについて其の折損温度を検べると第1圖に示す如く、ロール温度上昇の激しい 100 °C 附近と、ロール表面が急冷される機會の多い 400 ~ 500 °C

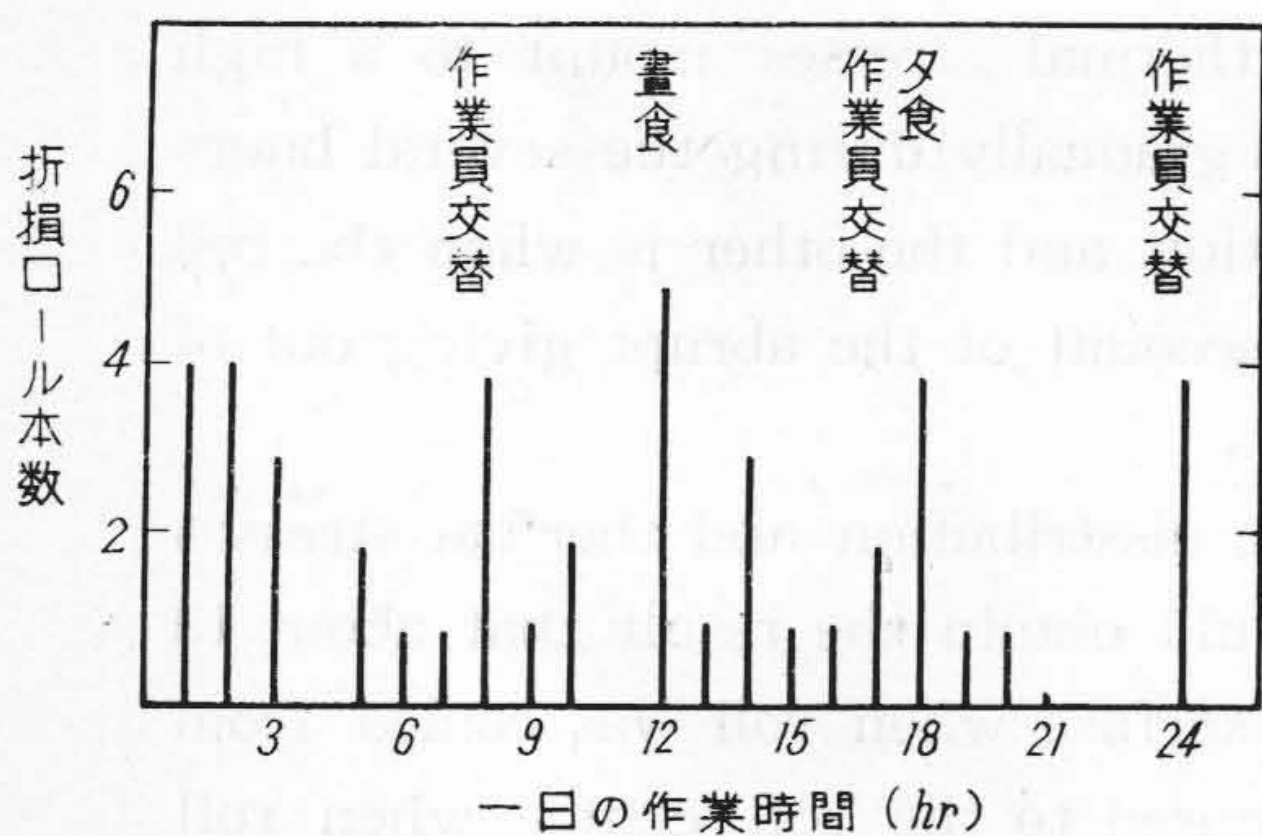
* 日立製作所若松工場



第1圖 折損ロール本数と其の温度

Fig. 1 The Relation between Breaking Temperature and Number of Breaking Rolls.

の高温度に於いて大きな折損率を示している。又ロール折損本数と折損時間との関係を求めると第2圖に示す如く、作業員交替及び食事等によつて作業が緩慢になりロールが冷却された場合に折損率が高くなっている。又停電其の他故障等の爲に一時作業を休止した直後は高折損率を示す。



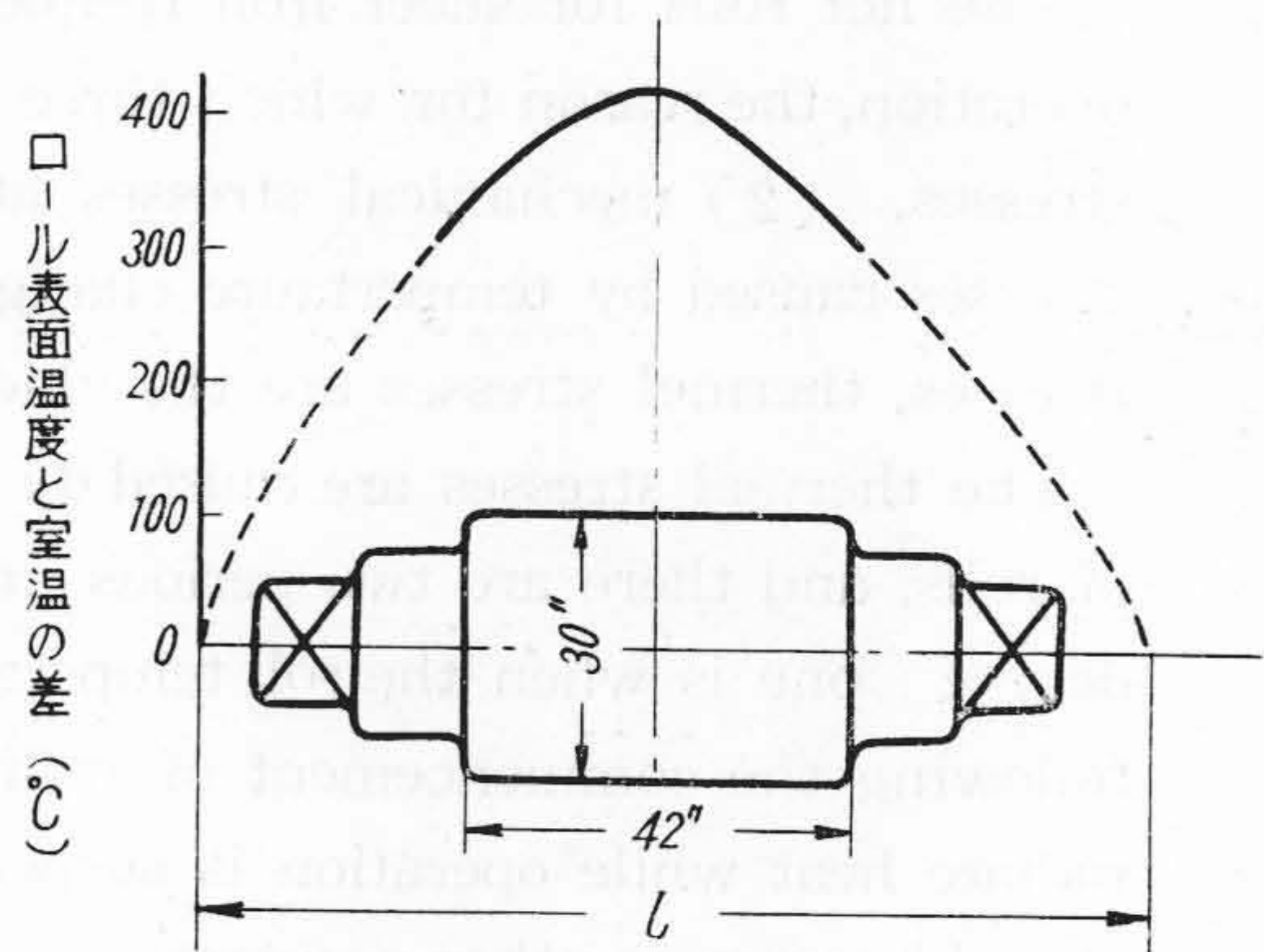
第2圖 作業時間と折損ロール本数

Fig. 2 The Relation between Operating time and Number of Breaking Rolls.

チルドロールに発生する熱応力について内藤氏の論文⁽¹⁾が発表されており、其の大略は察知する事が出来るが、ロール表面冷硬部層の特性を半ば無視した假定の下に行われた簡単な計算であり、ロール成分構造等によつて熱応力が如何に變るか、又壓延作業の優劣が折損に及ぼす影響を研究するには不便である。筆者は此の缺點を補い、冷硬層も考慮に入れて計算し、優秀なロール及び壓延作業法を決定する一助となす事が出来た。

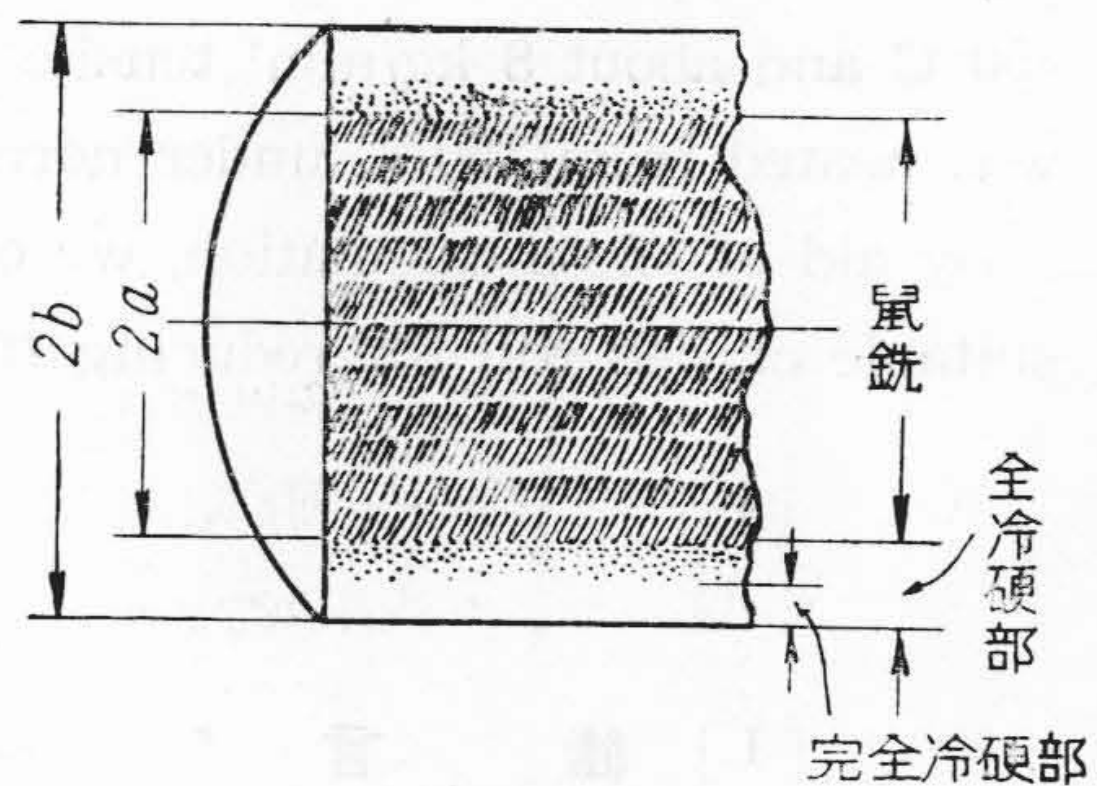
[II] ロール冷却時の温度分布

長時間壓延作業を續けたロールは胴中央部に於いて、400~500°C の高温度になり両端首に近づくに従つて温度は低下し、第3圖に示す如き軸方向の温度分布になっている。又半径方向には殆んど温度の勾配は無いものと見做して差支ない状態である。此の状態にあるロールが作業を休止すると表面から熱が放散し、時間の経過と共に種々の温度分布を示す。チルドロールの中心部は熱傳導率高き鼠銑組織であり、外周は熱傳導不良なる白銑であり、且つ其の比重も異つている。故に第4圖に示す如くロール中心軸から半径 a の點までは鼠銑、 a から b までを全冷硬部としてロールを二個の圓筒の組合せと考え、熱傳導微分方程式を解く事にする。



第3圖 ロール軸方向の温度分布

Fig. 3 Distribution of Temperature along Roll Axis.



第4圖 チルドロール縦断面

Fig. 4 Axial Section of Chilled Roll.

$$a > r > 0 ; \quad \frac{\partial \theta_1}{\partial t} = k_1 \left(\frac{\partial^2 \theta_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial z^2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$b > r > a ; \quad \frac{\partial \theta_2}{\partial t} \\ = k_2 \left(\frac{\partial^2 \theta_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial z^2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

初条件として第3圖に示す温度分布を軸方向の距離の函数として表わし、

$$t = 0 ; \quad \theta_1 = \theta_2 = f(z) \dots \dots \dots (3)$$

此の曲線を延長し、 $\theta = 0$ となる點を求め此の中の一點をロール軸方向の原點に取り、二點間の長さを假りにロール軸長さ l とすれば、

$$z = 0 ; \quad \theta_1 = \theta_2 = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$z = l ; \quad \theta_1 = \theta_2 = 0 \dots \dots \dots (5)$$

白銑層と鼠銑層の境界面では温度相等しく、此の面を通る熱量は兩層相等しいから、

$$r = a ; \quad \theta_1 = \theta_2 \dots \dots \dots (6)$$

$$K_1 \frac{\partial \theta_1}{\partial r} = K_2 \frac{\partial \theta_2}{\partial r} \dots \dots \dots (7)$$

周邊條件としてロール表面から室内へ熱放散が行われる事を考え、

$$r = b ; \quad \frac{\partial \theta_2}{\partial r} + \frac{h}{K_2} \theta_2 = 0 \dots \dots \dots (8)$$

茲に θ ; ロール中の任意の
點の温度と室温の差。(°C)

t ; 冷却開始後経過した時間 (hr)

r ; ロール中心軸から
任意の點までの半径 (m)

k ; $K/C\rho$

K ; ロール材料の熱傳導率 (kcal/m hr °C)

C ; ロール材料の比熱 (kcal/gr)

ρ ; ロール材料の比重 (kg/m³)

サフィクス 1 ; ロール中心鼠銑圓筒

サフィクス 2 ; ロール外表白銑圓筒

$$h = \frac{\sigma' \left\{ \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right\}}{T - T_0} ; \quad \text{熱放散係數}$$

T ; ロール表面の絶對温度 (°K)

T_0 ; 室温の絶對温度 (°K)

σ' ; ロール表面からの熱輻射の係數

上式から明らかなように、 h はロール表面温度の函数で

T の降下と共に減少する値であるが、内藤氏が行われたと同様な補正を行う事に依りあたかも常數の如く取扱つて計算の便を計つた。かゝる補正を行つて計算する事により得られるロール表面温度の降下率は測定の結果と非常に良く一致する事を知り得た。 $f(z)$ を $\sum_{m=1}^{\infty} C_m \sin \beta_m z$ なるフーリエ級數で表わし、上記諸條件を満足する(1)、(2)式の解を求めれば、

$$\theta_1 = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} e^{-k_1(\alpha_n^2 + \beta_m^2)t} A_n U_1(\alpha_n r) C_m \sin \beta_m z$$

$$\theta_2 = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} e^{-k_1(\alpha_n^2 + \beta_m^2)t} A_n U_2(\mu \alpha_n r) C_m \sin \beta_m z$$

茲に

$$U_1(\alpha_n r) = J_0(\alpha_n r) [J_0(\mu \alpha_n a) Y_1(\mu \alpha_n a) - J_1(\mu \alpha_n a) Y_0(\mu \alpha_n a)]$$

$$U_2(\mu \alpha_n r) = J_0(\mu \alpha_n r) [J_0(\alpha_n a) Y_1(\mu \alpha_n a) - \sigma J_1(\mu \alpha_n a) Y_0(\mu \alpha_n a) + Y_0(\mu \alpha_n r)] \sigma J_0(\mu \alpha_n a) J_1(\alpha_n a) - J_0(\alpha_n a) J_1(\mu \alpha_n a)]$$

α_n は次の方程式を満足せしめる α の第 n 番目の正根である。

$$[J_0(\alpha a) Y_1(\mu \alpha a) - \sigma J_1(\alpha a) Y_0(\mu \alpha a)] [\mu \alpha J_1(\mu \alpha b) - \frac{h}{K_2} J_0(\mu \alpha b)] + [\sigma J_0(\mu \alpha a) J_1(\alpha a) - J_0(\alpha a) J_1(\mu \alpha a)] [\mu a Y_1(\mu \alpha b) - \frac{h}{K_2} Y_0(\mu \alpha b)] = 0$$

$$\mu = \sqrt{k_1/k_2} \quad \sigma = K_1/\mu K_2 \quad \beta = \frac{m\pi}{l} \\ m = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$$

$$A_n = \frac{\frac{2}{K_1} h b [U_2]_{r=b}}{\frac{b^2}{\sigma \mu} \left[\left(\frac{h^2}{K_2^2} + \alpha_n^2 \mu^2 \right) U_2^2 \right]_{r=b} + a^2 \times \left[(1 - \sigma \mu) \left(\frac{dU_1}{dr} \right)^2 + \alpha_n^2 \left(1 - \frac{\mu}{\sigma} \right) U_1^2 \right]_{r=a}}$$

此の結果に適當な數値を代入して計算を行う。

$a = 0.35$ m $b = 0.33$ m ロール直径 = 0.76 m

$l = 2.44$ m $C_1 = C_2 = 0.13$ kcal/kg °C

$\rho_1 = 7.3 \times 10^3$ kg/m³ $\rho_2 = 7.62 \times 10^3$ kg/m³

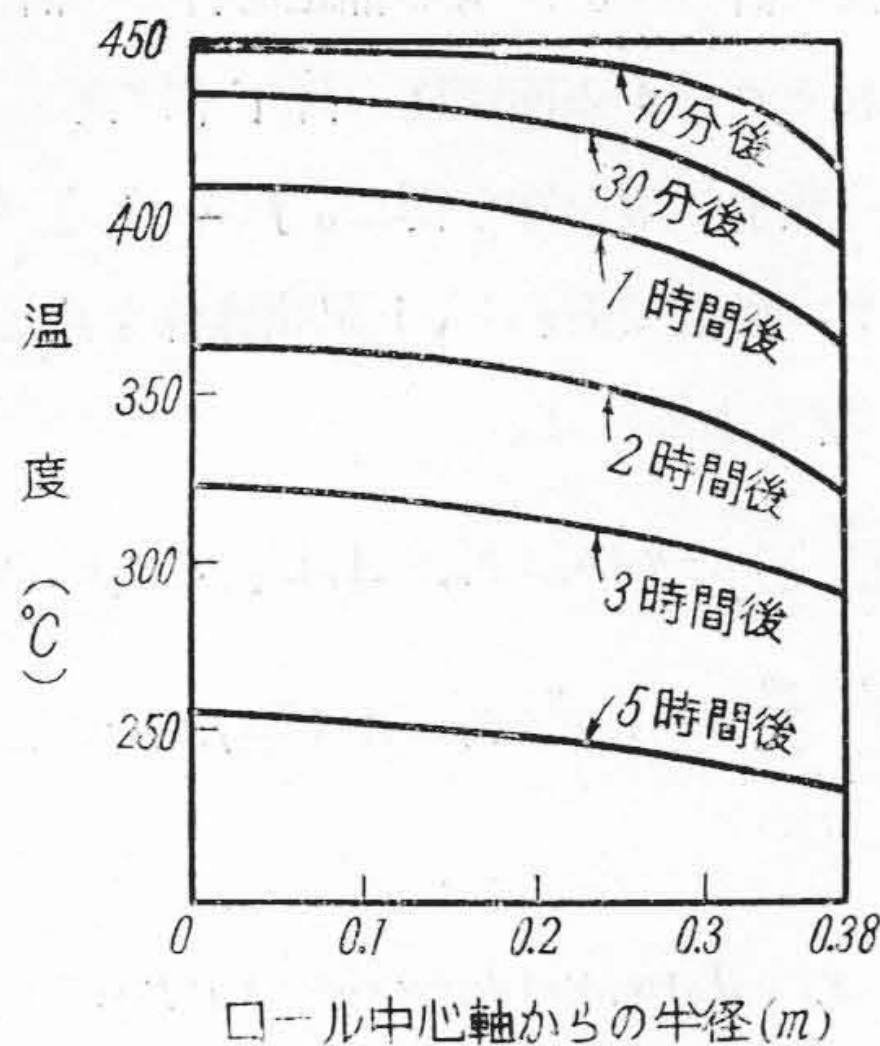
$K_1 = 30$ kcal/m h °C $K_2 = 17.8$ kcal/m h °C

但し完全白銑部のみの熱傳導率は

$$K_2' = 0.04 \text{ cal/cmsec } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{t=0} = f(z) = 688.1z - 288z^2 \quad \theta; ^\circ\text{C} \quad z; \text{m}$$

$$\sigma' = 4.0 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}$$



第5圖 ロール半径方向の温度分布

Fig. 5. Distribution of Temperature along Roll Radius.

以上の数値は実験及び実測を行つた結果得られた値である。ロール胴中央部に於ける半径方向の温度分布と冷却時間の関係を求め第5圖に示す。又数値を多少變更して計算する事によりロールの最初の温度並びに室温高低及びロール構造、材料等により温度分布の變化する状況を知る事が出来る。

[III] 熱上げ作業中の温度分布

薄板ロールは作業に取りかかる前に 100~200 °C に豫熱するを常とする。かくして始め均一に加熱されたロールも壓延作業に依り次第に表面から温度が上昇して行く。此の場合ロール胴中央部半径方向の温度分布を求める爲めロールを無限長とみなし、前節と同様にロールを二層に分けて微分方程式を解く。

$$a > r > 0; \quad \frac{\partial \theta_1}{\partial t} = k_1 \left(\frac{\partial^2 \theta_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta_1}{\partial r} \right) \quad \dots (1)$$

$$b > r > a; \quad \frac{\partial \theta_2}{\partial t} = k_2 \left(\frac{\partial^2 \theta_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta_2}{\partial r} \right) \quad \dots (2)$$

初条件として

$$t=0; \quad \theta_1 = \theta_2 = \theta_0 \quad \dots (3)$$

周邊条件として、

$$r=a; \quad K_1 \frac{\partial \theta_1}{\partial r} = K_2 \frac{\partial \theta_2}{\partial r} \quad \dots (4)$$

$$\theta_1 = \theta_2 \quad \dots (5)$$

$$r=b; \quad \theta_2 = f(t) \quad \dots (6)$$

茲に θ ; ロール中の任意の點の温度

θ_0 ; ロールの豫熱温度

(6)の條件はロール表面温度と作業時間の關係を示すもので、實測の結果得られる。以上の條件の下に Duhamel の定理を用いて解を求める事が出来るが、實際の数値計算に於て級數の收斂が悪い爲 (6) の條件を多少變更して、

$$r=b; \quad \frac{\partial \theta_2}{\partial r} + C \theta_2 = 0 \quad \dots (6)'$$

茲に C はロール表面の受熱係數

而して (1)~(5) 式及び (6)' 式中の θ を改ためて次の如く定義する。

$$\theta = \Theta_k - \Theta \quad \Theta; \text{ロール中の任意の點の温度}$$

$$\theta_0 = \Theta_k - \Theta_0 \quad \Theta_0; \text{ロールの豫熱温度}$$

Θ_k ; 後に決定する或る温度

此處で Θ_k 及び C の値を適當に選定して計算の結果得られるロール表面温度の上昇率曲線を實測の結果得られた (6) 式に示す曲線と出来るだけ一致せしめる様になれば、解の唯一性から (6) の條件を用いて計算した結果と殆んど一致する筈である。方程式の解を示せば、

$$a > r > 0; \quad e\theta = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-k_1 \alpha_n^2 t} A_n U_1(\alpha_n r)$$

$$b > r > a; \quad \theta_2 = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-k_2 \alpha_n^2 t} A_n U_2(\mu \alpha_n r)$$

茲に $U_1(\alpha_n r)$, $U_2(\mu \alpha_n r)$, μ , σ は夫々 [II] 節に於いて述べた値と同一であり、 α_n は次式を満足する α の第 n 番目の正根である。

$$[\sigma J_1(\alpha a) Y_0(\mu \alpha a) - J_0(\alpha a) Y_1(\mu \alpha a)]$$

$$[\mu \alpha J_1(\mu \alpha b) - C J_0(\mu \alpha b)]$$

$$+ [J_0(\alpha a) J_1(\mu \alpha a) - \sigma J_0(\mu \alpha a) J_1(\alpha a)]$$

$$[\mu \alpha Y_1(\mu \alpha b) - C Y_0(\mu \alpha b)] = 0$$

$$A_n = \frac{2 \frac{C}{\sigma \mu} b [U_2]_{r=b}}{\frac{b^2}{\sigma \mu} [(C^2 + \alpha_n^2 \mu^2) U_2^2]_{r=b} + a^2 \left[(1 - \sigma \mu) \left(\frac{dU_1}{dr} \right)^2 + \alpha_n^2 \left(1 - \frac{\mu}{\sigma} \right) U_1^2 \right]_{r=a}}$$

數値を代入して計算するに當り、

$$\Theta_0 = 150 ^\circ\text{C} \quad C = 2.0 \frac{1}{\text{m}} \quad \Theta_k = 680 ^\circ\text{C}$$

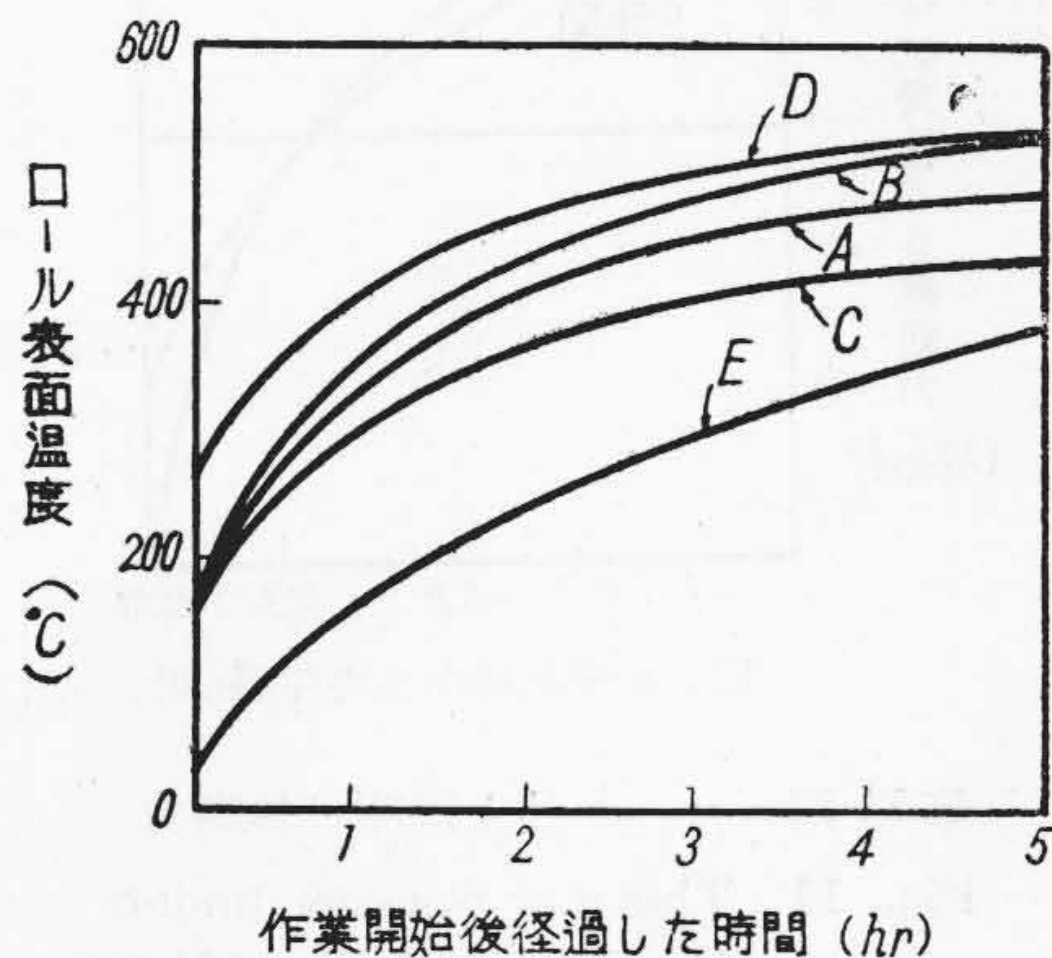
$$a = 0.35 \text{ m} \quad b = 0.33 \text{ m} \quad C_1 = C_2 = 0.13 \text{ kcal/kg}$$

$$K_1 = 30 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

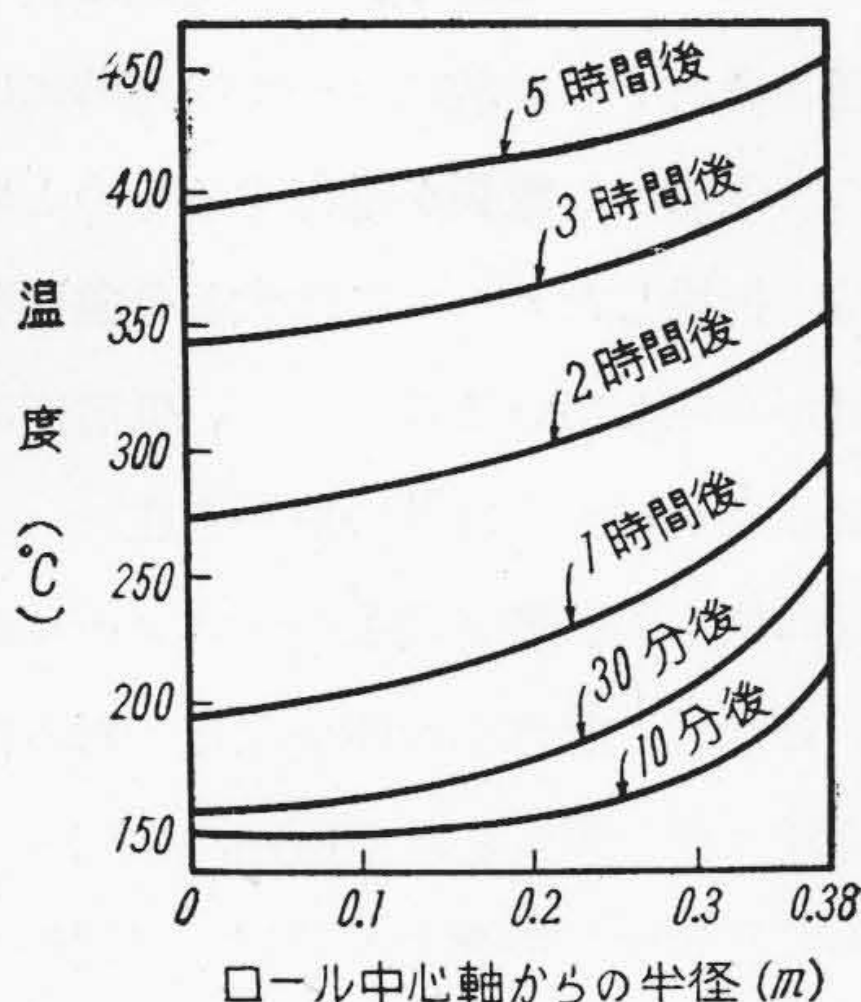
$$K_2 = 17.8 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_1 = 7.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = 7.62 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$



第6圖 ロール表面温度上昇速度
Fig. 6 Increasing Velocity of Roll Surface Temperature.



第7圖 ロール半径方向の温度分布
Fig. 7 Distribution of Temperature along Roll Radius.

以上の如く C 及び θ_0 を選定すれば、ロールの表面温度上昇率は大體に於て實測結果として得られた第1圖曲線 A と一致する。ロール半径方向の温度分布を第7圖に示す。又 C の値を多少變更する事により熱上げ速度緩急の影響を知る事が出来、 θ_0 の變更により豫熱温度の影響を求め得る。又其の他ロール構造及び材料の影響等も檢べる事が出来る。

[VI] ロール中に發生する熱應力

熱應力を計算するに先立ち常温に於てロール中には初應力はないと假定する。若し存在するならば、其の代數

和を求めれば合成應力を知り得る。

等方性無限圓筒に於ける軸方向の熱應力は、

$$\sigma_z = 2G \left(H - \frac{m+1}{m-1} \alpha \theta \right) \dots \dots \dots (1)$$

茲に m ; ポアソン數

α ; 材料の熱膨脹係數

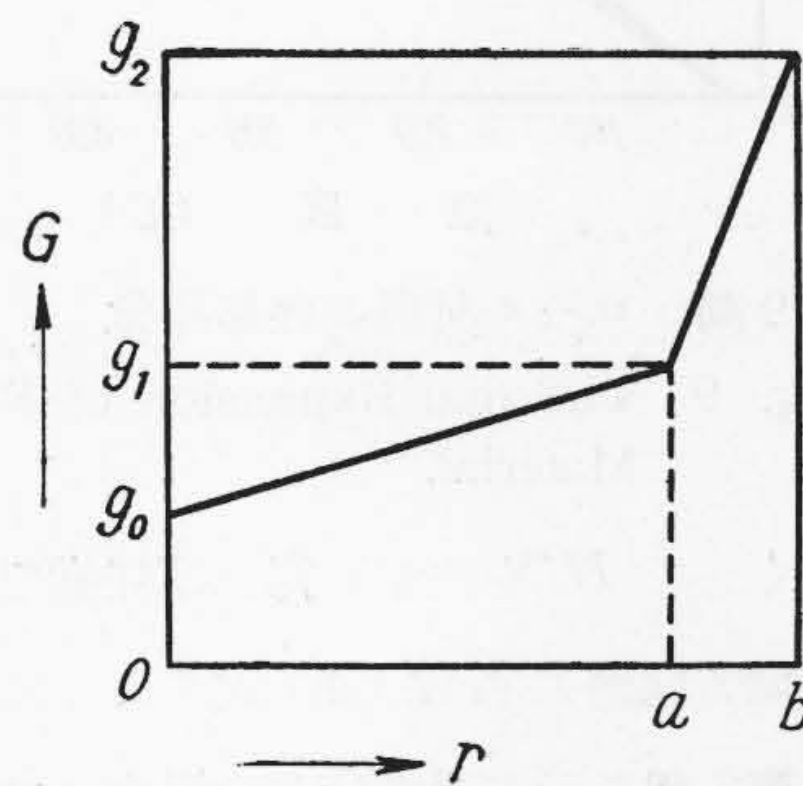
θ ; 任意の點の温度

H ; 後に決定する常數

H を決定する條件としては圓筒横斷面に働く軸方向の應力は横斷面全體として均合を保つ事。即ち、

$$\int_A \sigma_z r dr = 0 \quad \therefore \int_A G \left(H - \frac{m+1}{m-1} \alpha \theta \right) r dr = 0$$

然るに G 及び α はロール中心部から表面に至る間にかなりの變化があり、 G の變化状況を第8圖に示す如きものとすれば、



第8圖 弾性係数の半径方向に於ける變化狀況
Fig. 8 Variation of Young's Modulus along Roll Radius.

$$a > r > 0 ; \quad G = \epsilon r + \omega$$

$$b > r > a ; \quad G = \zeta r + \eta$$

但し

$$\omega = g_0 \quad \epsilon = \frac{g_1 - g_0}{a}$$

$$\zeta = \frac{g_1 - g_2}{a - b} \quad \eta = \frac{a g_2 - b g_1}{a - b}$$

實驗の結果 g の値としては、

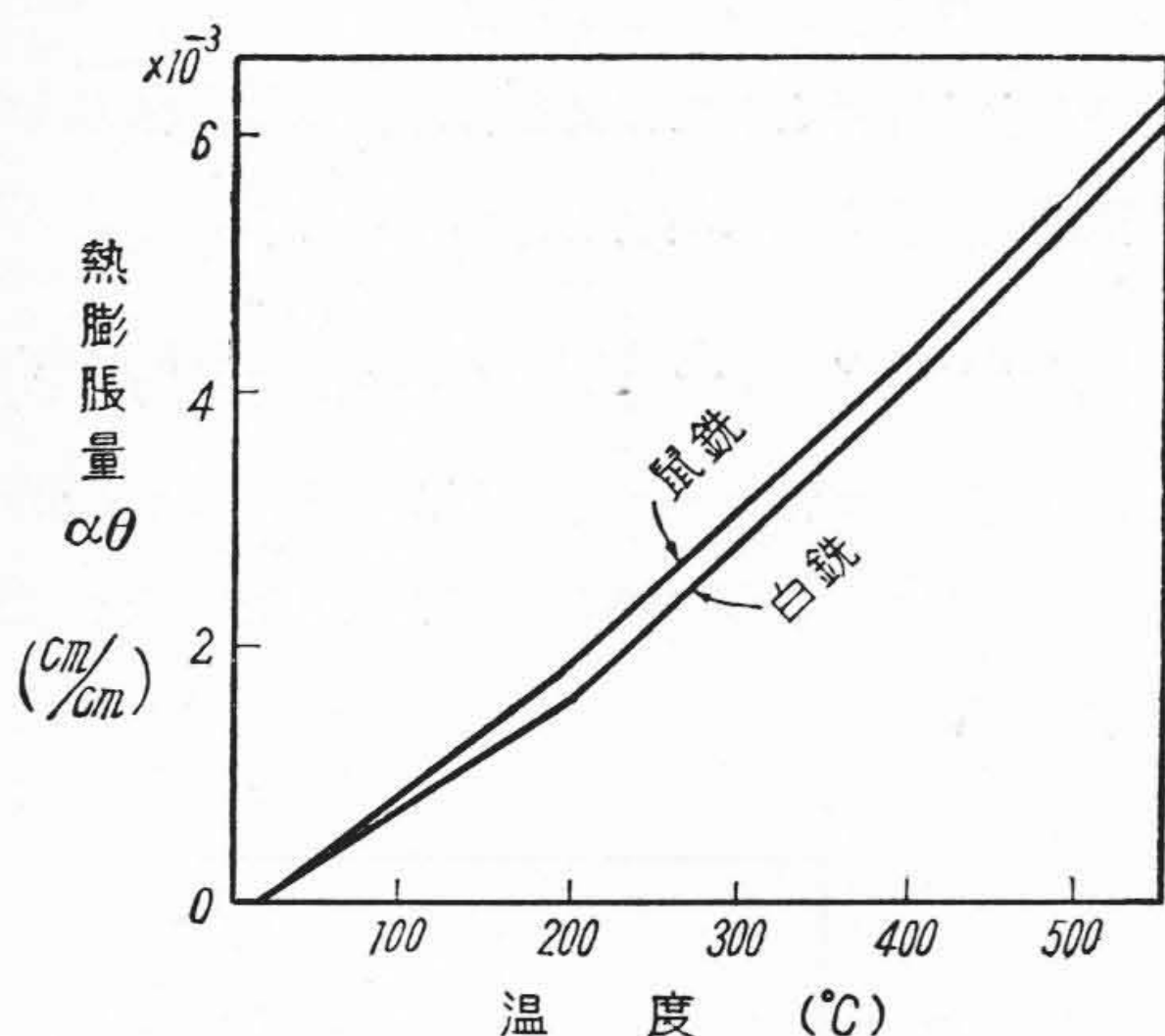
$$g_0 = 0.3 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2, \quad g_1 = 1.0 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

$$g_2 = 1.6 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

$$\therefore H = \frac{2 \frac{m+1}{m-1} \left\{ \omega \int_0^a \alpha \theta r dr + \eta \int_a^b \alpha \theta r dr + \omega r a^2 + \eta (r b^2 - r a^2) + \frac{2}{3} \epsilon r a^3 \right\}}{\dots}$$

$$\left\{ \varepsilon \int_0^a \alpha \theta r^2 dr + \zeta \int_a^b \alpha \theta r^2 dr \right\} + \frac{2}{3} \zeta (r_0^3 - r_a^3)$$

α は θ 及び r の函数であるから $\int \alpha \theta r dr$ 及び $\int \alpha \theta r^2 dr$ の値はロール半径方向の温度分布並びにロール材料の熱膨脹量實測結果 (第9圖) から圖式的に積分して求める事にした。

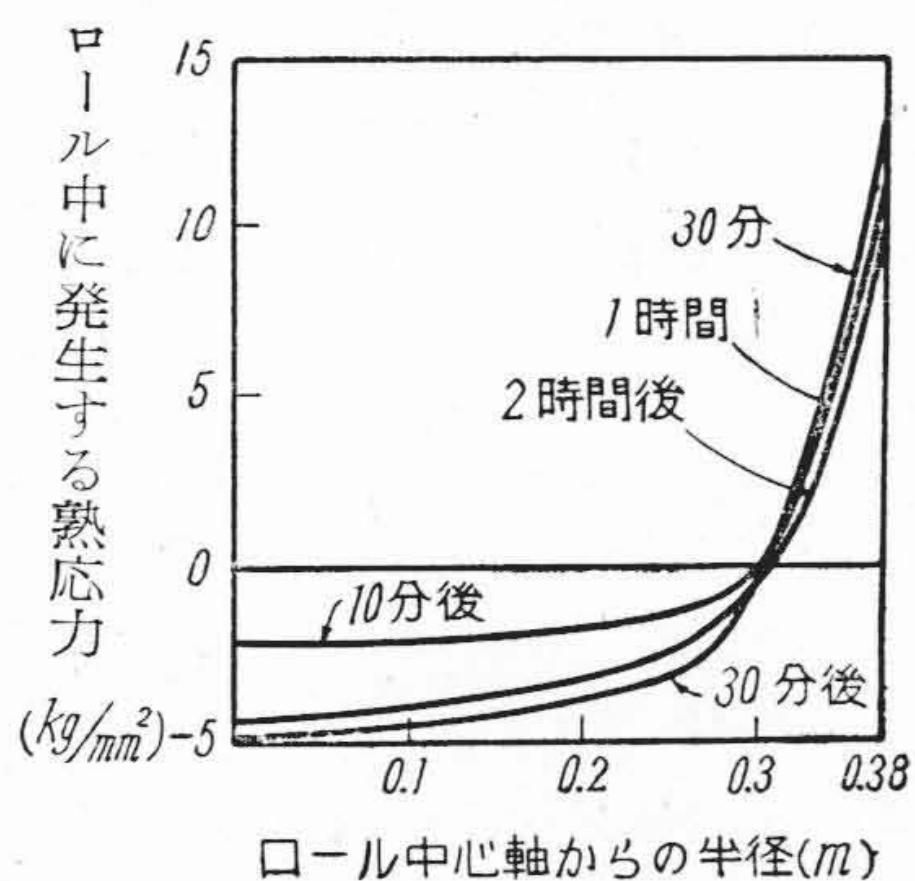


第9圖 ロール材料の熱膨脹量

Fig. 9 Thermal Expansion of Roll Material.

以上の如くして H を決定し得れば任意の温度分布状態に於ける軸方向應力 σ_z は (1) 式によつて求め得る。

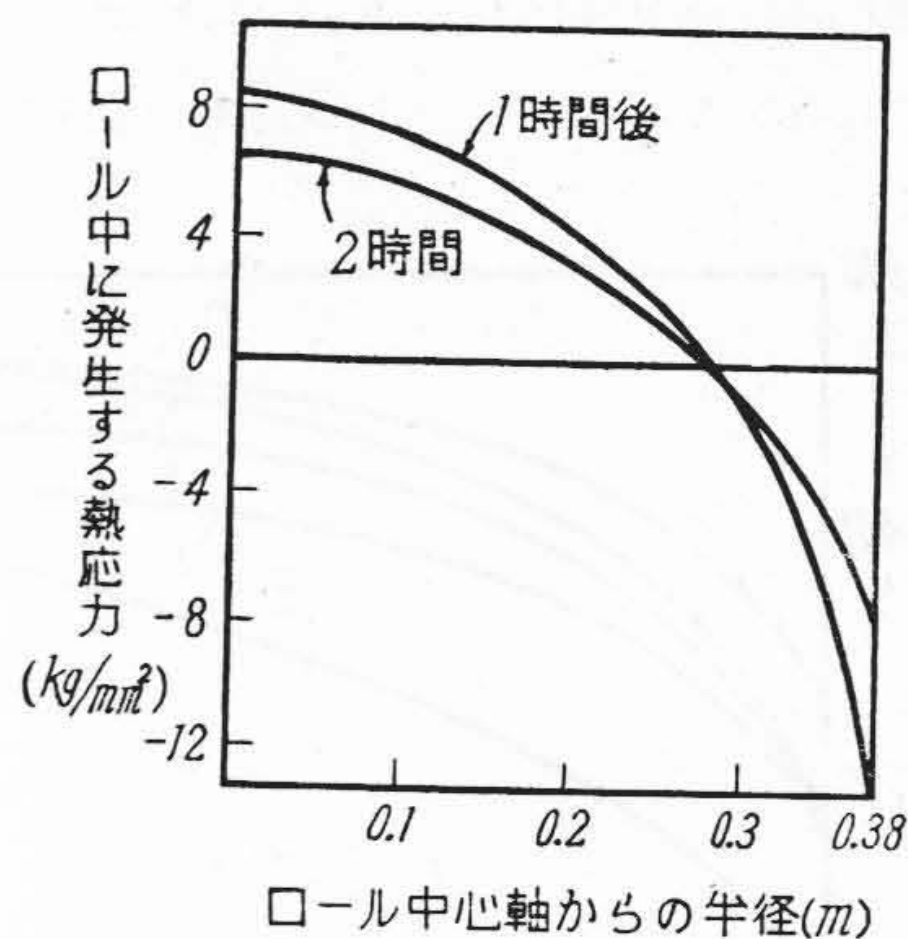
第5圖及び第7圖に示す温度分布の場合、ロール中に発生している軸方向應力を第10圖及び第11圖に示す。



第10圖 ロール冷却時の熱應力

Fig. 10 Thermal Stresses under Cooling Condition of Roll.

ロール冷却時には表面に引張、内部に圧縮應力を発生し、熱上げ時には其の逆の應力状態を発生する。



第11圖 ロール熱上げ時の熱應力

Fig. 11 Thermal Stresses under Heating Condition of Roll.

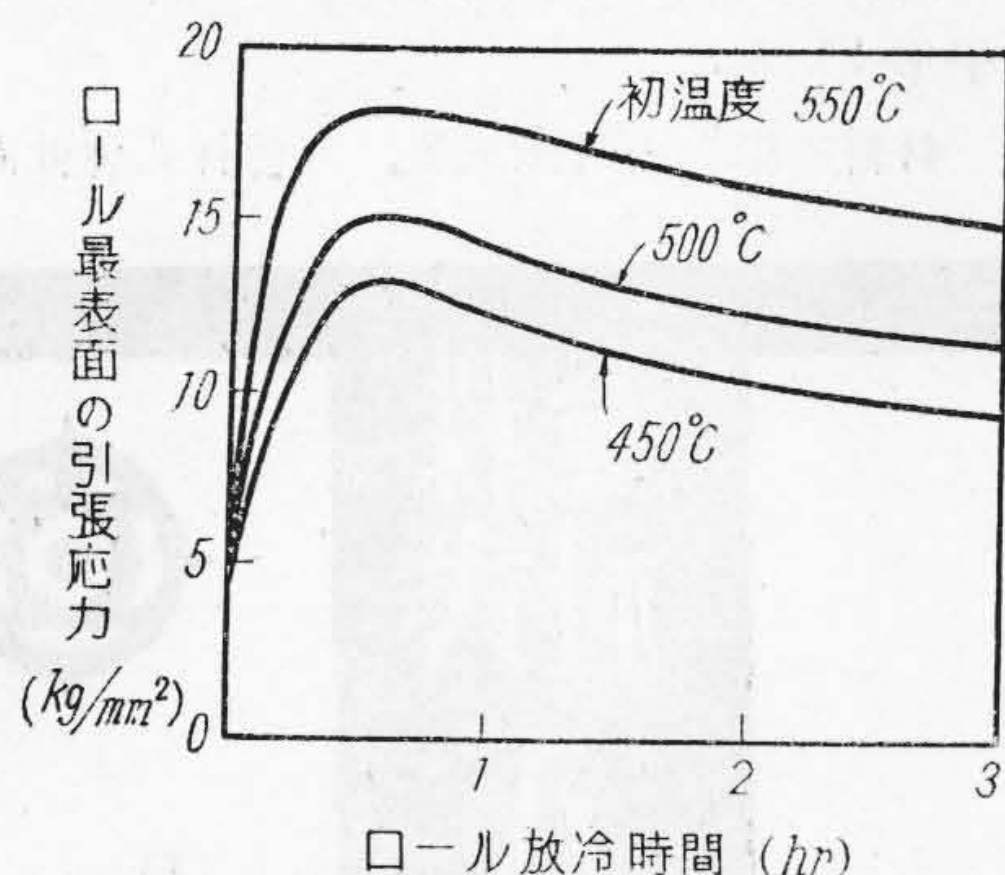
實測の結果ロール表面白鉄部は 400°C 前後に於て 20~25 kg/mm² の抗張力を有し、鼠鉄部は 20~300°C に於て 10~20 kg/mm² であり、共に壓縮に對しては約 3~4 倍の強さを有する。故にロール冷却時には表面から熱上げ時には内部から龜裂が進行するものと考え得る。事實冷却時に折損したロールには大部分龜裂發生のため酸化した層が存在しているのに反し、低温度に於て熱上げ中に折損したロールには此の層が存在しない。結局此等の熱變化に依る引張應力發生の少いロールが熱變に對して強く、且つ此の熱應力を僅少ならしむる作業を優秀なる壓延方法と言ひ得る。此の觀點から種々の場合についてロールに發生する熱應力を計算して比較を試みる。

(i) ロール放冷時の熱應力

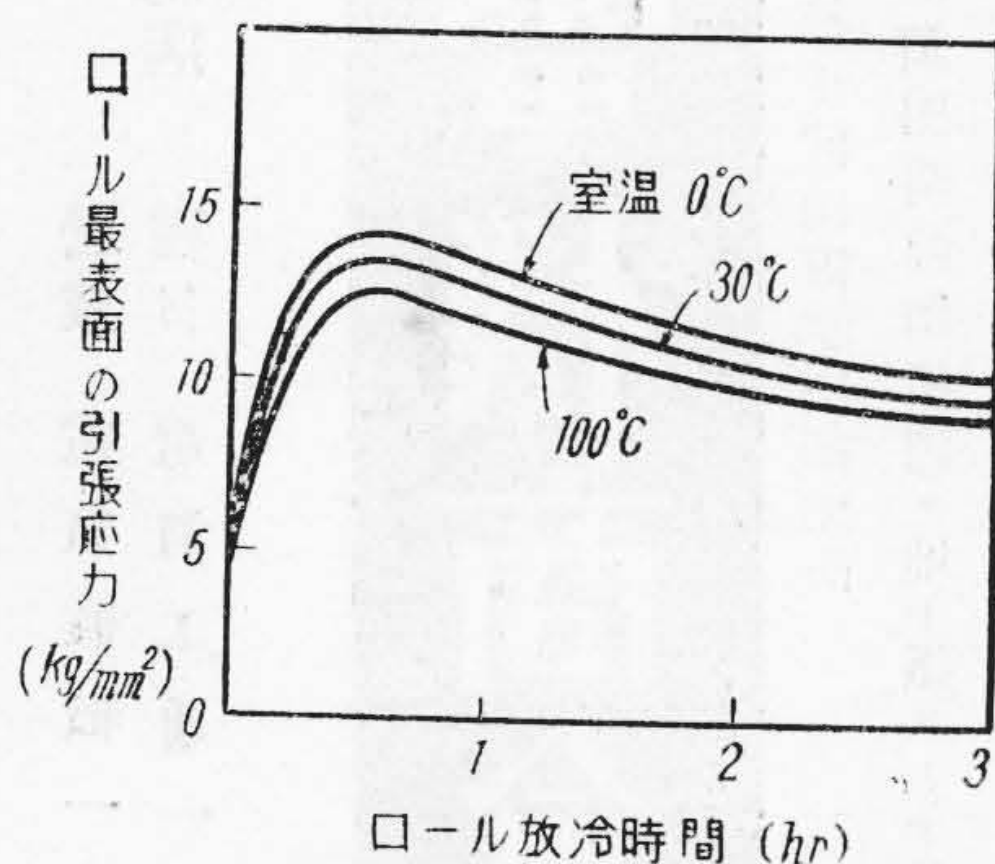
前に述べた如く此の場合にはロール表面に發生する引張應力が龜裂發生の原因をなすものであるから、最表面に發生する熱應力と冷却時間との關係を求め、ロールの初温度が夫々 550, 500 及び 450°C で室温 30°C の場合について圖示すれば第12圖に示す如く放冷後約 30 分で最大の應力を發生しロールの初温度が高い程大きい。又ロール初温度を 450°C とし、室温を夫々 0, 30 及び 100°C として計算すると第13圖に示す如く室温の低い程發生する應力は大いだが、此の程度の室温の差は大した影響を有しない。

(ii) ロール熱上げ時の熱應力

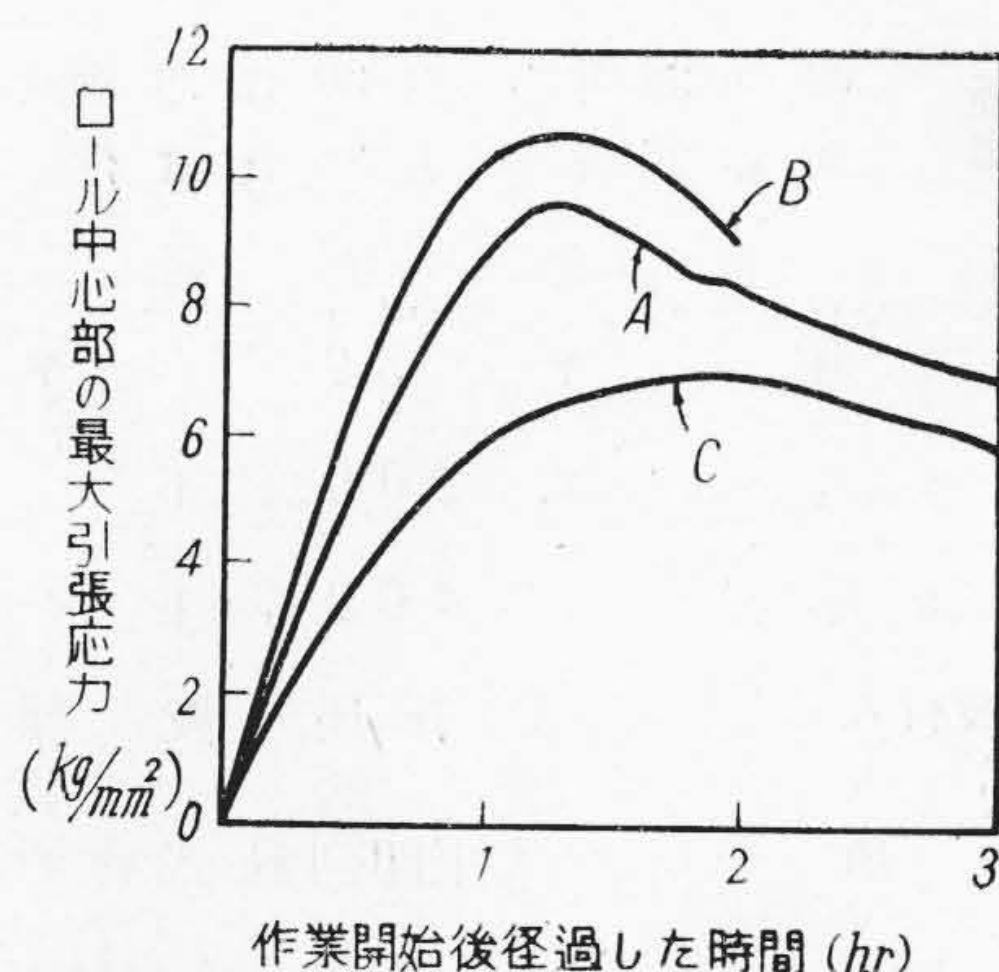
ロール中心部に發生する熱應力と作業開始後經過した



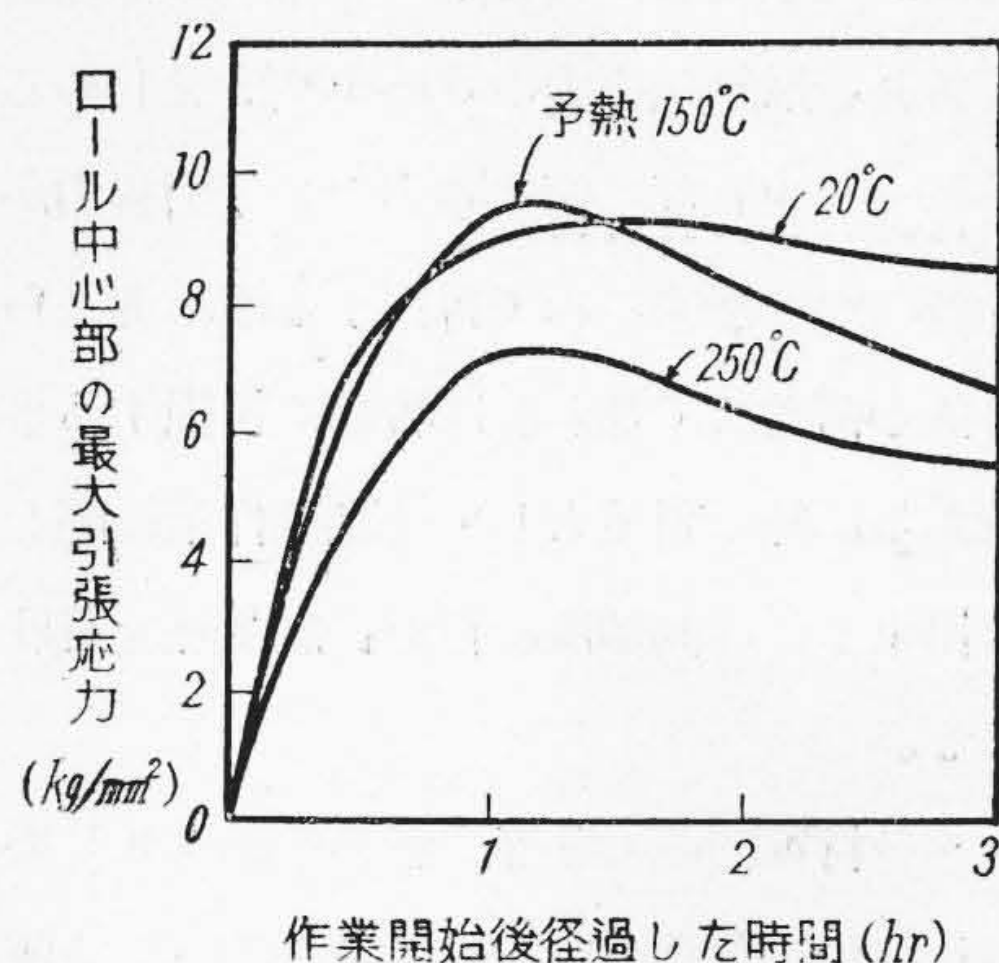
第12圖 ロール初温度と最大引張應力の関係
Fig. 12 The Relation between Initial Roll Temperature and Maximum Tensile Stresses.



第13圖 室温と最大引張應力の関係
Fig. 13 The Relation between Room Temperature and Maximum Tensile Stresses.



第14圖 熱上げ速度と最大引張應力の関係
Fig. 14 The Relation between Heating Speed of Roll and Maximum Tensile Stresses.



第15圖 予熱温度と最大引張應力の関係
Fig. 15 The Relation between Preheating Temperature and Maximum Tensile Stresses.

時間との関係を種々の場合について計算する。

先づロール予熱 150°C の場合についてロール熱上げ速度緩急の影響をしらべる。第6圖 A, B, C 三曲線に示す加熱速度で熱上げを行つた場合ロール中心部に発生する引張應力を第14圖に示す。圖から明らかな如く急激な加熱はかなり大きな熱應力を発生せしめる事を知り得る。

次に予熱温度の高低により熱上げ中に発生する應力を比較する。予熱温度 250, 150, 20°C の三つの場合につき其の加熱速度を第6圖 D, A, E 三曲線に示し、ロール中心部に発生する熱應力を第15圖に示す。予熱温度が高い程高應力を発生する期間が短く、且つ 250°C 以上の予熱に依り最高應力値をかなり減少せしめ得る。

[V] 結 論

薄鉄板壓延用チルドロール中にはかなり大きな熱應力を発生しており、計算によつて其の値を求めた。先づ高温にあるロールを作業休止により放冷せしむれば30分後に 12~18 kg/mm² の引張應力をロール表面に発生し冷硬部抗張力の約 50~80% をしめ、壓延による曲げが同時に作用すれば非常に折損し易い状態にある。此の應力を出来るだけ小ならしむる爲には作業休止を避ける事ロール表面温度の急變を行わない事、ロール温度をあまり高温にしない事が大切である。次にロール熱上げ時には熱上げ速度の緩急に依つてロール中心部に発生する

引張應力はかなり異なるけれども 10 kg/mm^2 以上に達する場合もあり、鼠銑抗張力の $50 \sim 100\%$ をしめる事がある。若しロール中心部に鑄造應力として引張力が存在すれば、此の二つの應力のみで折損する事も考えられ、壓延作業に依る荷重まで加われれば容易に折損する事があり得る筈である。此の対策としては壓延作業に際してロール豫熱は出来るだけ高温度に行い、急加熱を避ける事が大切である。

又ロールの材質的にも此等の應力を減少せしめる方法が考えられ、此の觀點から若松工場に於いては種々材料の研究を進め他社に優るロールの製作に邁進しており、其の成果を収めつつある。壓延作業に際しても以上の諸點に尙一層注意を拂う事によつてロール折損率はかなり減少せしめ得ると信ずる。

最後に本研究の遂行にあたり直接御指導を賜つた若松工場長宮下博士並びにロール折損に関する種々のデーターを賜つた多くの壓延工場関係者に對し深甚の謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) “ロール内の温度分布並びに其の熱應力に就いて” 内藤逸策, 機械學會誌, 第35卷, 第 179 號
- (2) “Ueber die wissenschaftlichen Grundlage der Herstellung von Hartgußwalzen.” By Emil Schüz. Stahl und Isen 1922~10, 11, 12.

- (3) “熱傳導論” 川下研介著, 河出書房出版應用數學第 21 卷.
- (4) “材料力學” 小野鑑正著, 丸善株式會社出版.



日立製作所特約店

營業 電氣機械一般
種目 電氣工事一般

株式會社
八洲電機商會

東京都千代田區神田須田町一ノ二八
(都電須田町停留所隣・地下鐵ストア前)
電話神田 (25) 二二九一・二二九二・二二九三・二二九四・二二九五・二二九六・二二九七・二二九八・二二九九・二三〇〇

— 編集後記 —

○先般十數年來の暴風雪が東京を中心に訪れたが、編集室の窓から眺める空の色はすっかり春めき、街頭には早くも春着を飾る人達を見受けられる。

○本誌も新年特大號が編集方針の變更から、配本が遅れ大變御迷惑をかけたが、お蔭で評判もよく、昨年度の『最近に於ける日立技術の成果』に劣らぬヒットとなつた。

○第2號に續き、こゝに第3號をお贈りして、漸く配本期日を順調に戻すことが出来たが、矢繼早やに第5號には『振動研究』特集號を刊行する豫定で、編集部は張切つている。

○本號の巻頭を飾る『刷子の諸特性を考慮した整流理論』は2篇に分載する一木氏得意の研究論文、以下5篇すべて獨自の論文揃い、若松工場、龜戸工場から久し振りに論文を頂いたのを併載して執筆陣に更らにニューフェイスを加え得たのを喜びたい。(寺澤生)

第33卷 日立評論 第3號

禁無斷
轉載

昭和26年3月20日印刷
昭和26年3月25日發行

誌	冊 數	定 價	送 料
	1 カ 月 分	¥ 3 0	¥ 6
	6 カ 月 分	¥ 2 0 0	不 要
代	1 カ 年 分	¥ 4 0 0	不 要

編集兼發行人 長谷川 俊 雄
印刷人 花 崎 實
印刷所 大東印刷株式會社

發 行 所 日 立 評 論 社

東京都品川區大井坂下町 2717 電話大森(06) { 111-10番
振替口座東京 71821番 會 員 番 號 A 208062 番

廣告取扱店 東京都港區芝南佐久間町1の26 廣 和 堂