

Turks Head による角線の引抜の研究

Drawing of Square Wire with Turks Head

—第3報 引抜条件が引抜力に及ぼす影響の一解析—

—Effects of Drawing Conditions on Drawing Stress—

荒木 甚一郎* 鈴木 弘*

Jinichiro Araki and Hiromu Suzuki

1. ま え が き

前報では、Turks Head で角線を引抜く場合の引抜応力・ロール面圧力を求める解析方法とその妥当性を示す実験結果を示したが、今回はさらに引抜力に支配的な影響を与える引抜条件諸因子の数値を変化した計算結果を求めることにより、Turks Head の特性を一層明らかにしたので報告する。

2. 記 号

- D_x, D_y : ロール径 mm
- H_x, H_y : 入口材料寸法 mm
- q : ロール面圧力 kg/mm^2
- f : 水平力 kg
- T : 後方張力又は押込力 kg
- G : 駆動トルク $\text{kg}\cdot\text{mm}$
- N : 中立位置
- k : 降伏剪断応力 kg/mm^2
- μ : ロールと材料間の摩擦係数

3. 基本方程式

図1より幾何学的条件式として

$$\left. \begin{aligned} \frac{D_x}{2} \sin \theta_x &= \frac{D_y}{2} \sin \theta_y, & \frac{D_x}{2} \cos \theta_x + \frac{h_x}{2} &= \frac{D_x + h_{x0}}{2} \\ \frac{D_y}{2} \cos \theta_y + \frac{h_y}{2} &= \frac{D_y + h_{y0}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

力の釣合式は

$$df = (D_x q \sin \theta_x \pm D_x \tau_\beta \cos \theta_x) h_y + (D_y q \sin \theta_y \pm D_y \tau_\gamma \cos \theta_y) h_x d\theta_y \quad (2)$$

$$f = h_x h_y \left[q \left(1 \pm \mu \left(\frac{1}{\theta_x} + \frac{1}{\theta_y} \frac{\cos \theta_x}{\sin \theta_x} \frac{\cos \theta_y}{\sin \theta_y} \right) \right) - \sqrt{3} kw \right] \quad (3)$$

ロールに働くトルクの式は

$$G = \left(\frac{D_x}{2} \right)^2 \mu \left(\int_0^\alpha q h_y d\theta_x - \int_0^\beta q h_x d\theta_y \right) \quad (4)$$

微分方程式 (2) に初期条件として入口における f の値を与え (1), (3), (4) 式と連立して解くことによりロール面圧力、引抜応力を求める。

4. 計算に用いた引抜条件

* 東京大学生産技術研究所 第2部

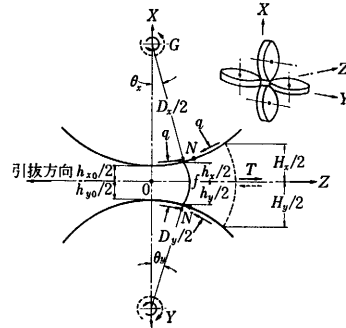


図1 Turks Head による角線の引抜

表1は計算した引抜条件の表で、主に4mm角の正方形断面材を2対4個の100φのロールで引抜く場合である。ロールと材料間の摩擦係数、素材の n 値、ロールに対する拘束条件、後方引張

力、後方押込力が引抜力に及ぼす影響を検討した。

5. 計算結果の考察およびまとめ

図2から11は数値計算結果であり、引抜応力・ロール面圧力・平均水平応力は、降伏せん断応力の2倍で割って無次元化した。

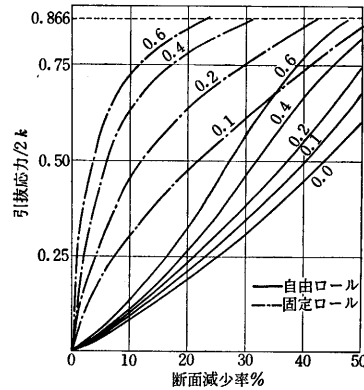


図2 ロールと材料間の摩擦係数が引抜応力に応ぼす影響
ロール径 100φ; 入口断面形状 4φ

は、降伏せん断応力の2倍で割って無次元化してある。図の平均水平応力は圧縮で (+) となるように符号を定めたので、(-) が引張に対応し、接触角 0 の値が引抜応力に相当する。以上をまとめると

1) ロールと材料間の摩擦係数が高くなるに従って引抜応力は増すが、自由ロールでは固定ロールに比し影響は小さく、特に断面減少率の小さい場合には自由ロールでは引抜力が非常に小さい(図2参照)。

2) 断面減少率の増大に伴う引抜応力の増加の割合は、固定ロールの方が自由ロールより小さい。

3) 加工硬化が起こらない場合には、一般にロール面圧力は、固定ロールでは入口、自由ロールでは中立位置

表1 計算に用いた引抜条件一覧

引抜応力に影響する因子	幾何学的形状		物理定数		ロールに対する拘束条件			引抜の境界条件	
	ロール径	材料入口寸法	μ	n 値	固定	回転(自由)	定トルク駆動 $G/(k \times D_x)$	後方張力	後方押込力
	$D_x \times D_y$	$H_x \times H_y$						$T/(k \cdot H_x \cdot H_y)$	
ロールと材料間の摩擦係数	100×100	4×4	0.0 0.1 0.2 0.4 0.6	0.0	○	○			
後方張力後方押込力					○	○		-0.1 -0.2 -0.3 -0.5 -1.0	
ロール駆動トルク							1.0 0.5 0.25 -0.25 -0.5 -1.0		
n 値				0.1 0.2 0.3	○	○			
H/D		1×1 2×2 5×5 10×10 20×20 40×40		0.0	○	○			

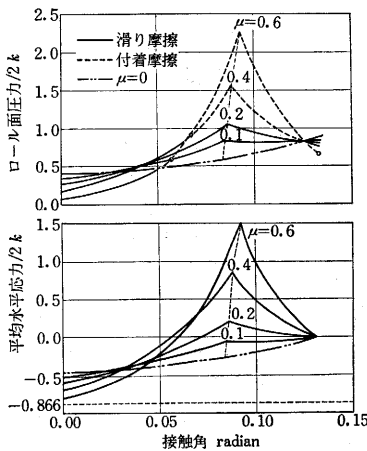


図3 ロールと材料間の摩擦係数がロール面圧力・平均水平応力に及ぼす影響 (断面減少率40%, 自由ロール)

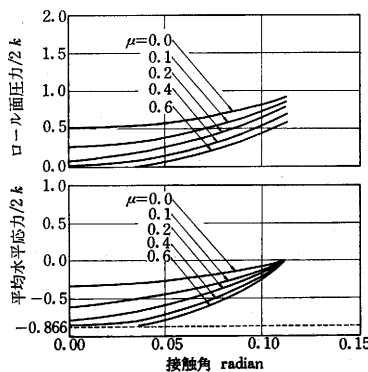


図4 ロールと材料間の摩擦係数がロール面圧力平均水平応力に及ぼす影響 (断面減少率30%, 固定ロール)

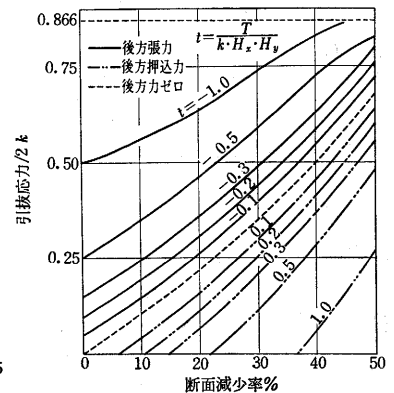


図5 後方張力・後方押込力が引抜応力に及ぼす影響(自由ロール) ロール径 100φ; 入口断面形状 4φ; $\mu=0.1$

で最大となる。

4) 後方張力を加えると、自由ロール・固定ロールとも引抜応力は増すが、ロール面圧力は低下し正味の引抜応力も低下する。その効果は後方張力が降伏せん断応力の50%以上で断面減少率が大きい範囲で特に大である(図5, 6, 7)。

5) 後方押込力を加えると、自由ロール、固定ロール

とも見かけの引抜応力は下がるがロール面圧力は入口から著しく上り正味の引抜応力も増大する(図5, 6, 7)。

6) 駆動トルクを加えると引抜応力は低くなる。ロール面圧力については中立位置が出口側に移り出口側の圧力は上るが、後方押込の場合ほど高くはならない(図8, 9)。

7) n 値が増すと出口側のロール面圧力が高くなり、

研究速報

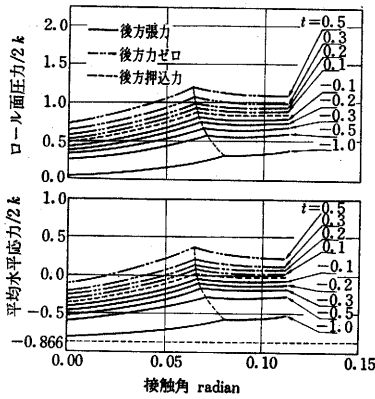


図6 後方張力・後方押込力がロール面圧力・平均水平応力に及ぼす影響 (断面減少率30%, 自由ロール)

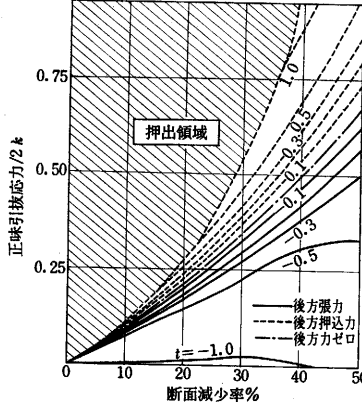


図7 後方張力・後方押込力が正味引抜応力に及ぼす影響 (自由ロール)

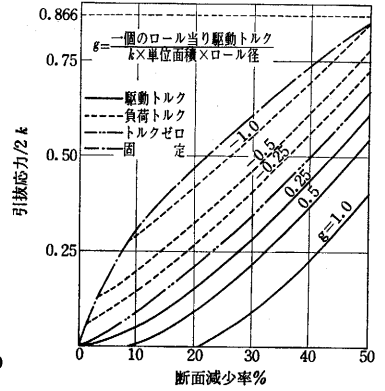


図8 ロール駆動トルクが引抜応力に及ぼす影響
ロール径100φ; 入口断面形状4φ; $\mu=0.1$

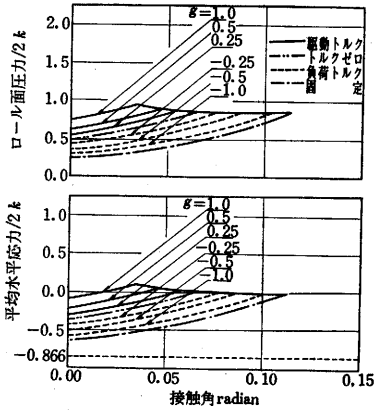


図9 ロール駆動トルクがロール面圧力・平均水平応力に及ぼす影響 (断面減少率30%)

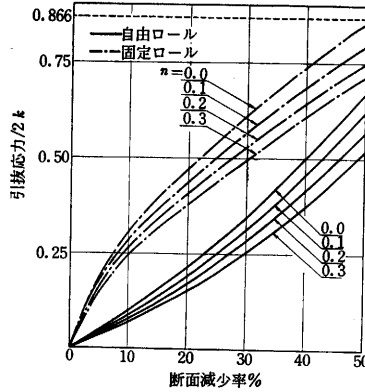


図10 n 値が引抜応力に及ぼす影響
ロール径100φ; 入口断面形状4φ

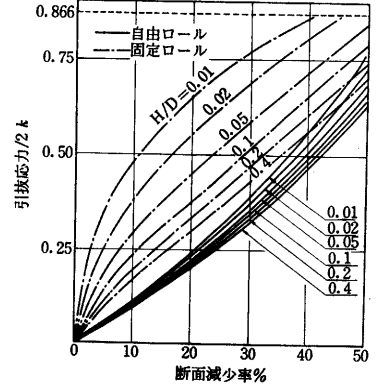


図11 H/D が引抜応力に及ぼす影響
ロール径 100φ; $\mu=0.1$

中立位置は出口側に移動して引抜応力を加工後の降伏せん断応力で割った値は相対的に低くなる, したがって n 値が高い方が加工性がよい (図10).

8) H/D が増すにつれて引抜応力は低くなるが自由ロールではその影響が比較的小さい. したがって Turks Head の設計に際しては, ロール径を小さくすることのみにとられないで, 圧下力に十分耐える軸受を内蔵できる大きさにする方針を採るべきである (図11).

9) 以上の諸傾向を新に見だし指摘したが, 量的にも解析的に求める手法を確立した.

6. あとがき

以上の計算により, これまで不明のまま放置されていた Turks Head の特性が広範囲に明らかとなり, 角線引抜に関する加工技術に広く応用できると思う.

(1969年5月14日受理)

