

旋回ねじ切り装置によるねじの軸平行切削*

岸 佐年**・両角 宗晴****・小林 茂夫***

A Screw Thread Cutting Performed with a Thread Whirling Attachment Whose Axis is Parallel to the Screw Axis

Satoshi KISHI, Muneharu MOROZUMI and Shigeo KOBAYASHI

A precise analysis was made on the screw thread cutting performed with a thread whirling attachment whose axis is parallel to the screw axis and the profile of the tool is straight. Firstly, the shape of the characteristic curve between the surface of revolution of the whirling tool and the helicoidal surface generated is made clear. Then it is clarified that the involute helicoidal surface is generated and no interference phenomenon occurs in this screw-thread cutting. Secondly, a method is presented to calculate each dimension of the tool and the screw thread of which values are essential for obtaining practical screw threads. Thirdly, a calculation procedure is set up for the sectional shape of the screw thread to be generated. Finally, the theories in this analysis are verified by practical screw thread cutting with the thread whirling attachment for numerical example.

1. 緒 言

おねじの効率的な切削法の一つとして、旋回ねじ切り装置を用いてバイトをねじ素材軸周りに高速で回転させて削るねじ切り法があり、一般的なねじはもとよりボールねじなどの切削に多く用いられている。この切削法ではバイト保持具の回転軸をねじ素材軸に対してねじの基準有効径進み角だけ傾けて取り付け、バイトに所定の切り込みを与えた後ねじ軸方向に送りをかけてねじ切りを行う。そしてこの切削法に対して種々の研究が行われている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

本研究ではこれとは別に、旋回ねじ切り装置により直線切れ刃バイトを用いて、バイト保持具の回転軸をねじ素材軸と平行に設置してねじを切削する場合について厳密な解析的研究を行い、バイト切れ刃の回転面である工具面と被削ねじ面との間の同時接触線の性質を明らかにすることにより、このような軸平行切削法においてはインボリュートヘリコイドのねじ面が創成されることを示し、また何の干渉現象の発生も無いことを明らかにする。そしてこの切削法において実用に供し得るねじを得るための工具とねじとの各諸元の限界値の計算手

* 昭和61年3月13日 日本機械学会北陸信越学生会第15回学生員卒業研究発表講演会にて発表

** 機械工学科 講師

*** 機械実習工場実習係 技官

**** 信州大学 名誉教授

原稿受付 昭和62年9月26日

順, および創成されたねじの断面輪郭を求める計算手順などを明らかにする. そして数値例に対して, 旋回ねじ切り装置を用いて実際にねじ切削を行い理論の検証を行う.

2. 解析理論

2-1 創成ねじ面と同時接触線

いま図1に示すように, ねじ軸を z 軸とし, x 軸がねじみぞの中央を通るような $o-xyz$ なるねじの座標系を考える. 次に $x=-a$ を原点 O とし, X 軸が x 軸と同じ方向を持ち, Z 軸 (工具軸) が z 軸と平行な $O-XYZ$ なる工具の座標系を考える. この $O-XYZ$ 座標系において図2に示すように軸断面で直線母線を有するような, バイト切れ刃の回転工具面の下側の面は次式によって表される.

$$\left. \begin{aligned} X &= \rho \cos \theta \\ Y &= \rho \sin \theta \\ Z &= -\frac{W}{2} - (\rho - \rho_c) \tan \alpha_c \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで ρ_c は工具のピッチ円半径, ρ は工具の任意半径, W は工具半径 ρ_c における刃幅, θ は工具面を表すための XZ 平面からの偏角, α_c は工具圧力角を示す. この工具面をねじの座標系で表すと次式のようになる.

$$\left. \begin{aligned} x &= \rho \cos \theta - a \\ y &= \rho \sin \theta \\ z &= -\frac{W}{2} - (\rho - \rho_c) \tan \alpha_c \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

そこで, この工具面をねじ軸周りに回転角 λ で右ねじ運動させた時に得られる曲面群をあらためて $o-xyz$ 座標系で表すと次式が得られる.

$$\left. \begin{aligned} x &= (\rho \cos \theta - a) \cos \lambda - \rho \sin \theta \sin \lambda = r \cos \theta \\ y &= (\rho \cos \theta - a) \sin \lambda + \rho \sin \theta \cos \lambda = r \sin \theta \\ z &= -\frac{W}{2} - (\rho - \rho_c) \tan \alpha_c + \frac{l}{2\pi} \lambda \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ただし $a = \rho_c - r_c = \rho_a - r_b \quad (4)$

$$\tan \beta_c = \frac{l}{2\pi r_c} = \frac{nP}{2\pi r_c} \quad (5)$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{(\rho \cos \theta - a) \tan \lambda + \rho \sin \theta}{(\rho \cos \theta - a) - \rho \sin \theta \tan \lambda} \quad (6)$$

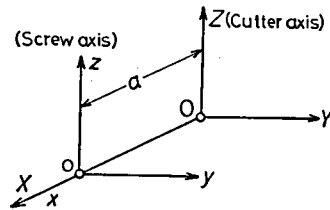


図1 ねじと工具との座標系の関係

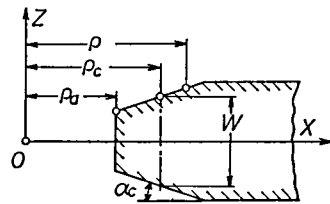


図2 回転工具面の軸断面輪郭

$$\tan \lambda = \frac{(\rho \cos \theta - a) \tan \theta - \rho \sin \theta}{(\rho \cos \theta - a) + \rho \sin \theta \tan \theta} \quad (7)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{\rho^2 - 2a\rho \cos \theta + a^2} \quad (8)$$

$$\rho = a \cos \theta + \sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \theta} \quad (9)$$

ここで a はねじ軸と工具軸との最短距離, r_c はねじの基準有効半径, r_b はねじの谷半径, ρ_a は工具の内半径, l はねじのリード, n はねじの条数, P はねじのピッチ, λ はねじ軸周りの工具の回転角, β_c はねじの基準有効径における進み角, r はねじの任意半径, θ はねじ面を表すための xz 平面からの偏角を示す. そして式(3)で示した曲面群の包絡面としてねじ面が得られ, この包絡面を求めるための条件式は式(3)に対して次のヤコビアンを計算して求めることができる.

$$\begin{vmatrix} \partial x / \partial \rho & \partial x / \partial \theta & \partial x / \partial \lambda \\ \partial y / \partial \rho & \partial y / \partial \theta & \partial y / \partial \lambda \\ \partial z / \partial \rho & \partial z / \partial \theta & \partial z / \partial \lambda \end{vmatrix} = 0$$

より次式を得る.

$$\sin \theta = \frac{l}{2\pi a \tan \alpha_c} \quad (10)$$

この式(10)から, ねじと工具との諸元が与えられた時 θ は一定となることがわかる. そしてこの式(10)を工具面を表す式(1)または式(2)に代入することにより同時接触線が求められ, θ が一定である条件から同時接触線は直線になることがわかる. そしてこの直線と xz 平面との交点を Q_1 とし, yz 平面との交点を Q_2 とすれば式(2)より点 Q_1, Q_2 の座標値が求まる. すなわち式(2)において

$$y = 0 \text{ とおくと } \rho = 0 \text{ (} \sin \theta \neq 0 \text{)}$$

$$\therefore x = -a$$

$$z = -\frac{W}{2} + \rho_c \tan \alpha_c$$

$$\therefore Q_1 \left[-a, 0, -\frac{W}{2} + \rho_c \tan \alpha_c \right]$$

$$x = 0 \text{ とおくと } \rho = a \sec \theta$$

$$\therefore y = a \tan \theta$$

$$z = -\frac{W}{2} - (a \sec \theta - \rho_c) \tan \alpha_c$$

$$\therefore Q_2 \left[0, a \tan \theta, -\frac{W}{2} - (a \sec \theta - \rho_c) \tan \alpha_c \right]$$

以上により, 同時接触線と各座標系との関係は図3に示すようになる. この図3より同時接触線と xy 平面との傾きは点 Q_1, Q_2 の座標値から

$$\frac{-\frac{W}{2} + \rho_c \tan \alpha_c - \left\{ -\frac{W}{2} - (a \sec \theta - \rho_c) \tan \alpha_c \right\}}{\sqrt{a^2 + a^2 \tan^2 \theta}}$$

$$= \frac{a \sec \theta \tan \alpha_c}{a \sec \theta} = \tan \alpha_c$$

となるから、同時接触線は点 Q_1, Q_2 を通り xy 平面に対して α_c の傾きを持つ直線であることがわかる。そしてこの同時接触線を xy 平面へ投影した直線 $\overline{OQ_3}$ までの z 軸からの最短距離を r_g とすれば次式が得られる。

$$r_g = a \sin \theta = \frac{l}{2\pi \tan \alpha_c} \quad (11)$$

従って、この同時接触線をねじ軸周りに右ねじ運動させた時、創成されるねじ面は基礎円筒半径 r_g 、基礎円筒におけるねじの進み角 $\beta_g = \alpha_c$ のインボリュートヘリコイドであることがわかる。

ここで式(10)より、ねじと工具との諸元が与えられたとき θ は一定となるから、式(8)より $r = r(\rho)$ となるので、 ρ に対する r の極値を考え次式を得る。

$$\frac{dr}{d\rho} = \frac{\rho - a \cos \theta}{r}$$

$$\frac{d^2r}{d\rho^2} = \frac{a^2 \sin^2 \theta}{(\rho^2 - 2a\rho \cos \theta + a^2)^{3/2}}$$

$dr/d\rho = 0$ とおくと $\rho = a \cos \theta$ となりこの時 $d^2r/d\rho^2 > 0$ となるので r はこの $\rho = a \cos \theta$ で極小値 r_{\min} となる。よって式(8)に $\rho = a \cos \theta$ を代入して次式を得る。

$$r_{\min} = a \sin \theta \quad (11')$$

従って式(11)と式(11)'から $r_{\min} = r_g$ であることがわかる。そして r_{\min} に対応する ρ を $\bar{\rho}$ と表せば次式となる。

$$\bar{\rho} = a \cos \theta \quad (12)$$

次に xz 平面内でのねじの軸断面山形を考え、式(3)に $\theta = 0$ を代入し $\theta = 0$ に対する λ を $\lambda_{\theta=0}$ と表せば次式を得る。

$$G(z, r) = z + \frac{W}{2} + (\bar{\rho} - \rho_c) \tan \alpha_c - \frac{l}{2\pi} \lambda_{\theta=0} = 0 \quad (13)$$

ただし

$$\tan \lambda_{\theta=0} = \frac{-\bar{\rho} \sin \theta}{\bar{\rho} \cos \theta - a} \quad (14)$$

この式(13)より

$$\frac{\partial G}{\partial z} = 1, \quad \frac{\partial^2 G}{\partial z^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 G}{\partial z \partial r} = 0$$

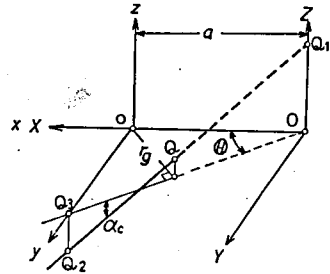


図3 同時接触線と座標系との関係

$$\frac{\partial G}{\partial r} = \left(\frac{\partial G}{\partial \rho} + \frac{\partial G}{\partial \lambda_{\theta=0}} \cdot \frac{d\lambda_{\theta=0}}{d\rho} \right) \frac{d\rho}{dr} = \left(\tan \alpha_c - \frac{l}{2\pi} \cdot \frac{a \sin \theta}{r^2} \right) \frac{r}{\rho - a \cos \theta}$$

$$\frac{\partial^2 G}{\partial r^2} = \frac{la \sin \theta}{\pi r^2 (\rho - a \cos \theta)} + \left(\tan \alpha_c - \frac{l}{2\pi} \cdot \frac{a \sin \theta}{r^2} \right) \frac{(\rho - a \cos \theta)^2 - r^2}{(\rho - a \cos \theta)^3}$$

ここで $r = r_{\min} (= r_g) = a \sin \theta$, $\rho = \bar{\rho} = a \cos \theta$ の時, $\partial^2 G / \partial r^2$ の第2項の () 内は

$$\tan \alpha_c - \frac{l}{2\pi a \sin \theta} = \tan \alpha_c - \tan \alpha_c = 0$$

となり, 従って $\partial^2 G / \partial r^2 = \infty \neq 0$ となるから $r = r_{\min}$ の時次の条件式が成立する.

$$\frac{\partial^2 G}{\partial z^2} \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial r^2} - \left(\frac{\partial^2 G}{\partial z \partial r} \right)^2 = 0 \quad \text{かつ} \quad \frac{\partial^2 G}{\partial r^2} \neq 0$$

以上のことから, $r = r_{\min}$ の点では関数 $G(z, r) = 0$ すなわちねじの軸断面山形は尖点となる. 従って図3に示す同時接触線上の点Q [$r = r_{\min}$, $\rho = \bar{\rho}$] は実のねじ山形と虚のねじ山形との折り返し点で, この点が実のねじ山形に対する同時接触線の終点となり, これより先の同時接触線は虚のねじ山形に対するものである. 図4は以上のねじ面と工具面および同時接触線との関係をz軸方向から見た状態を示す. この図4より, 点Qの付近の同時接触線は実際のねじ切削には関与し得ないことがわかる. 図4は通常の場合を示しているが, ねじと工具との他の種々の諸元に対する同時接触線の形状を検討しても, この点Qの付近の同時接触線がねじ面部分に入り込むことは考えられず, 従ってQ点付近の同時接触線における, ねじ面と工具面との不对応点の存在による干渉現象の発生⁽⁶⁾はまったく無いことが理解できる.

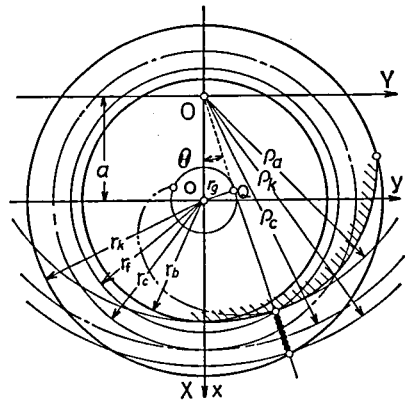


図4 ねじ面と工具面および同時接触線の関係

2-2 工具圧力角と工具刃幅との限界について

2-2-1 実用に供し得るねじを得るための最小工具圧力角 α_{\min}

図4に示すように通常の場合, 半径 ρ_a の工具内周縁円が創成するねじ面の半径を r_f とすれば $r_f \leq r$ では正しい包絡ねじ面が創成され, それ以下の $r_f > r \geq r_b$ の範囲では理論的に正しい切削は行われず, 半径 ρ_a の工具内周縁円により隅肉が形成される. そして r_f の値は式(8)に $\rho = \rho_a$ を代入して得られる次式により求めることができる.

$$r_f = \sqrt{\rho_a^2 - 2a\rho_a \cos \theta + a^2} \quad (15)$$

またこの場合の隅肉高さを h とすれば次式により求めることができる.

$$h = r_f - r_b \quad (16)$$

そしてねじと工具との諸元が与えられた時、工具圧力角 α_c の小なるほど θ が大きくなることが式(10)によりわかり、従って式(15)により r_f が大きくなることかわかる。 r_f の値は小さい方がよく、あまりに大き過ぎるとねじとして実用に供することができない。従って実用に供し得るねじとするためには、所定の r_f の値まで正しい包絡ねじ面が得られるような最小工具圧力角を α_{cmin} と表すと、工具圧力角 α_c を $\alpha_c \geq \alpha_{cmin}$ に採ればよい。 α_{cmin} の値は式(10)、(15)から θ を消去して得られる次式により求められる。

$$\alpha_{cmin} = \tan^{-1} \frac{l \cdot \rho_a}{\pi \sqrt{a^2(2\rho_a^2 - a^2) + \rho_a^2(2r_f^2 - \rho_a^2) + r_f^2(2a^2 - r_f^2)}} \quad (17)$$

2-2-2 最適工具刃幅 W_0

工具のピッチ円半径 ρ_c における刃幅 W の値は、創成されたねじの軸断面基準有効径におけるねじみぞの幅が $P/2$ となるような値 W_0 でなければならない。この W_0 の値を求めるために xz 平面によるねじの軸断面山形を考え、 $\theta=0$ に対する λ を $\lambda_{\theta=0}$ と表し、式(3)の z の式に $r=r_c$ において $z=-P/4$ なる条件を代入して次式を得る。

$$W_0 = \frac{P}{2} - 2(\rho - \rho_c) \tan \alpha_c + \frac{l}{\pi} \lambda_{\theta=0} \quad (18)$$

この式(18)を用い、実用に供し得るねじを得るために $\alpha_c \geq \alpha_{cmin}$ に対し、次に示す計算手順により正しい W_0 の値が求められる。

$\alpha_c (\geq \alpha_{cmin}) \longrightarrow \theta \longrightarrow (r=r_c) \longrightarrow \rho \longrightarrow \lambda_{\theta=0} \longrightarrow W_0$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> (10) (9) (14) (18) </div>	(I)
---	-----

2-2-3 最大工具刃幅 W_{max}

次に式(10)の同時接触線の条件式および式(15)、(17)からも明らかなように、この切削法により得られるねじ面の形状は工具刃幅 W の値には影響されない。従ってバックラッシュなどを考慮してねじみぞの幅の値を任意に採るならば、これに応じて工具刃幅の値 W を定めなければならない。しかし W の値をあまりに大きく採り過ぎると、創成されるねじの外径部における肉厚が零になってねじ山が尖ってしまう。そこでねじ外径部で丁度ねじ山が尖るような場合の工具刃幅を W_{max} と表すと、 W_{max} は工具刃幅の最大値となる。 W_{max} の値を求めるためには、ねじの外半径 r_k において $z=-P/2$ なる条件を代入して次式を得る。

$$W_{max} = P - 2(\rho - \rho_c) \tan \alpha_c + \frac{l}{\pi} \lambda_{\theta=0} \quad (19)$$

この式(19)を用いて、次に示す計算手順により W_{max} の値を求めることができる。

$\alpha_c (\geq \alpha_{cmin}) \longrightarrow \theta \longrightarrow (r=r_k) \longrightarrow \rho \longrightarrow \lambda_{\theta=0} \longrightarrow W_{max}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> (10) (9) (14) (19) </div>	(II)
---	------

2-2-4 最小工具刃幅 W_{min}

次に工具自身について考えると、工具圧力角 α_c が与えられた時、工具刃幅 W を小さくとり過ぎると、工具内径部において肉厚が零になり尖がってしまう。そこで工具内径部において丁度肉厚が零になるような場合の工具刃幅を W_{min} とすると、 W_{min} が工具刃幅の最小値となる。 W_{min} の値は次式で与えられる。

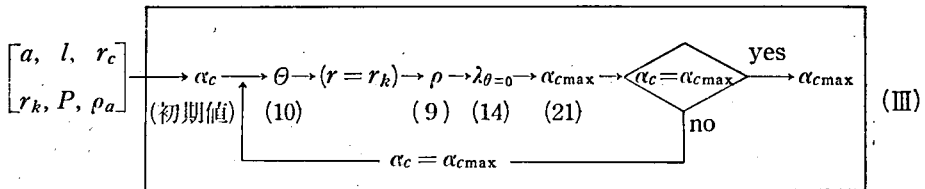
$$W_{min} = 2(\rho_c - \rho_a) \tan \alpha_c \tag{20}$$

2-2-5 最大工具圧力角 α_{cmax}

以上のことから、ねじと工具との諸元が与えられた時、この切削法に用いる工具の刃幅は $W_{min} \leq W \leq W_{max}$ でなければならないことがわかる。ところがねじと工具との諸元が与えられた時、 W_{max} の値は工具圧力角 α_c の増加とともに単調減少することが計算手順(II)により確認され、一方 W_{min} の値は α_c の増加とともに単調増加することが式(20)によりわかる。従って α_c を増加していくと $W_{max} = W_{min}$ となることが考えられ、この時の α_c を α_{cmax} とすると、 α_{cmax} が工具圧力角の最大値となる。 α_{cmax} の値を求めるために式(19)と式(20)から $W_{max} = W_{min}$ において次式を得る。

$$\alpha_{cmax} = \tan^{-1} \left[\frac{P + \frac{l}{\pi} \lambda_{\theta=0}}{2(\rho - \rho_a)} \right] \tag{21}$$

この式(21)を用いて、次に示す計算手順により反復計算を行い、 $\alpha_{cmax}(=\alpha_c)$ の値が安定すれば正しい α_{cmax} の値が求められる。



2-3 ねじ断面輪郭の計算手順

以上述べた理論の正しさを視覚的に確認するために、および実際のねじ切削により得られたねじの輪郭を検証するためには、創成されたねじの軸直角および軸断面輪郭を描くことが有効である。そこでねじの断面輪郭を求めることを考える。

2-3-1 ねじ軸直角断面輪郭の計算手順

軸直角断面として xz 平面 ($z=0$ 平面) を考え、式(3)の z の式を $z=0$ において次式を得る。

$$\lambda = \frac{2\pi}{l} \left\{ \frac{W}{2} + (\rho - \rho_c) \tan \alpha_c \right\} \tag{22}$$

この式(22)を用い、正しく包絡される範囲のねじの軸直角断面輪郭は次の計算手順により求めることができる。

3-1 工具圧力角の限界

そこで工具の内半径 $\rho_a = \rho_c - 1.2m_a$, $r_f = r_c - m_a$ と定め、各々の m_a , r_c , n の値に対し、式(17)および計算手順(Ⅲ)を用い α_{cmin} , α_{cmax} を計算した。図5にその内の $n=1$ について $K = \rho_c/r_c = 1.4$ の場合を実線で、 $K=1.7$ の場合を破線で $K=4.0$ の場合を一点鎖線で示す。なお横軸にはねじの大きさを無次元化した m_a/r_c なる値を用いている。この図5より隅肉高さを所定の値に押える α_{cmin} の値は、 m_a/r_c の値が大きくなるほど(すなわちねじの進み角の大なる場合ほど)、また $K = \rho_c/r_c$ の値が小なるほど大きく採らなければならないことがわかる。一方、 α_{cmax} の値は m_a/r_c の値が大なるほど、また $K = \rho_c/r_c$ の値が小なるほど小さく採らなければならないことがわかる。

従って m_a/r_c の値が大きく、 $K = \rho_c/r_c$ の値が小なる時は α_{cmin} と α_{cmax} とを示す曲線同志が交わってしまう。 $K=1.4$ および $K=1.7$ はその例である。この切削法により実用に供し得るねじを得るためには工具圧力角は $\alpha_{cmin} \leq \alpha_c \leq \alpha_{cmax}$ の範囲にななければならないから、図5に示したハッチングで囲まれた範囲内の値に限られ、 m_a/r_c の値が大きく $K = \rho_c/r_c$ の値が小さい場合ほどこの切削法を適用することはできない。図5は $n=1$ の場合のみを示しているが、上記の理由により $n=2$ 以上のねじはこの切削法では得ることができない。

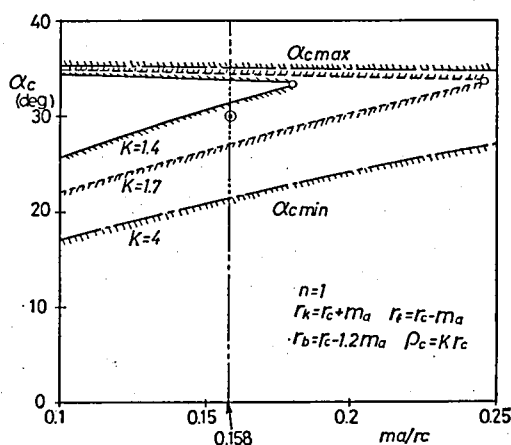


図5 工具圧力角の限界線図

いま試作の対象として、 $m_a = 2.5$, $r_c = 15.75$ mm, $r_k = 18.25$ mm, $r_b = 12.75$ mm, $n = 1$ を選ぶ。従って $m_a/r_c = 0.1587$ となるから、図5を用いて $K=1.7$ として $\alpha_c = 30^\circ$ と定める。これが図中に◎印で示されている。なおこの場合、 $\alpha_{cmin} = 27^\circ 7' 33''$, $\alpha_{cmax} = 34^\circ 21' 43''$ となり、また $\rho_c = K \cdot r_c = 26.775$ mm, $\rho_a = \rho_c - 1.2m_a = 23.775$ mm となる。

3-2 隅肉高さについて

次に式(10), (15)を用いてこの場合の隅肉始まりのねじ半径 r_f を求めると、 $r_f = 13.144$ mm $< (r_c - m_a) = 13.25$ mm となる。そこでこのねじと工具との諸元に対して $\alpha_c = 0^\circ \sim \alpha_{cmax}$ について式(10), (15), (16)を用いて隅肉高さ h を求め、その結果を図6に示す。この図6より、 α_c が大なるほど隅肉高さは低くなることが裏付けられる。また図6において隅肉高さを示す曲線が、 $r_f = r_c - m_a$ の直線と交わる点の α_c の値が図5に示した $\alpha_{cmin} = 27^\circ 7' 33''$ の値に一致する。

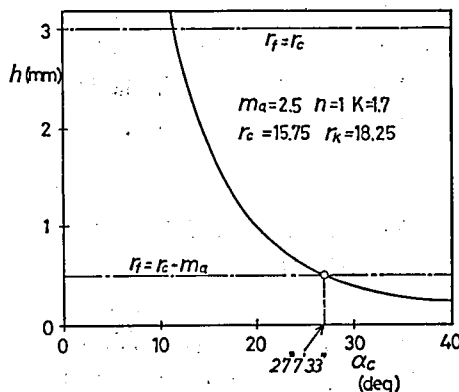


図6 隅肉高さ工具圧力角の関係

3-3 工具刃幅について

次にこのねじと工具との諸元に対して $\alpha_{c\min} \leq \alpha_c \leq \alpha_{c\max}$ について、工具刃幅 W_{\min} , W_0 , W_{\max} を求め、その結果を図7に示す。図7より、 α_c が大なるほど W_{\min} は大きく、 W_{\max} は小さくなっていることがわかり、 $\alpha_c = \alpha_{c\max} = 34^\circ 21' 43''$ で $W_{\min} = W_{\max}$ となっている。なお、 $\alpha_c = 30^\circ$ の場合は $W_{\min} = 3.464\text{mm}$, $W_0 = 3.509\text{mm}$, $W_{\max} = 4.573\text{mm}$ となり、試作の対象として $W = W_0$ を用いる。

3-4 ねじの断面輪郭について

次にこの試作諸元のねじと工具とについて、計算手順 (IV), (V) により軸直角断面輪郭と断面上への工具軌跡とを求め図8に示し、また計算手順 (VI), (VII) により軸断面輪郭と断面上への工具軌跡とを求め図9に示す。これら図8, 図9より $r_g = r_{\min} = 2.165\text{mm}$, $\beta_g = \alpha_c = 30^\circ$ のインボリュートヘリコイドのねじ面が創成されていることがわかり、また工具内半径 $\rho_a = 23.775\text{mm}$ の切削円により $r_f = 13.144\text{mm}$ のねじ面が創成され、 $r_b \leq r < r_f$ の間では隅肉が形成されていることがわかる。

3-5 旋回ねじ切り装置の取り付けと切削実験

旋回ねじ切り装置として図10に示すような昭和飛行機工業(株)製 SM3B型〔加工ねじ最大径 65mm, センタ高さ 115mm, 回転数 1120rpm, 2馬力〕を用い、これを本校機械工場の大隈鉄工所製高速旋盤 LS 型の往復台上に取り付けて切削実験を行った。この場合、図11に示すように青木製 1/20 減速装置付ギヤモータ GB22 型 (3馬力) を旋盤背面に設置し、旋盤主軸の回転数を約 2rpm 程度に減速した。

いま前述のねじと工具との諸元に対して、この旋回ねじ切り装置により、アルミニウム合

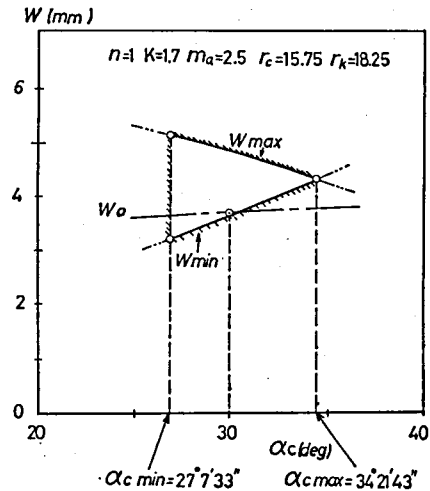


図7 工具刃幅の限界線図

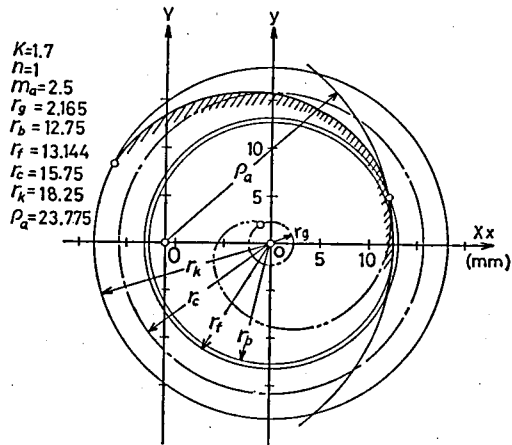


図8 ねじの軸直角断面輪郭と工具軌跡との関係

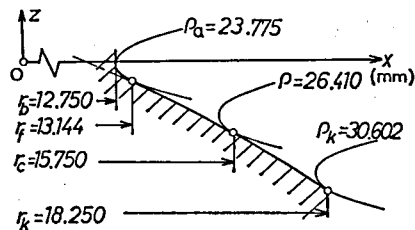


図9 ねじの軸断面輪郭と工具軌跡との関係

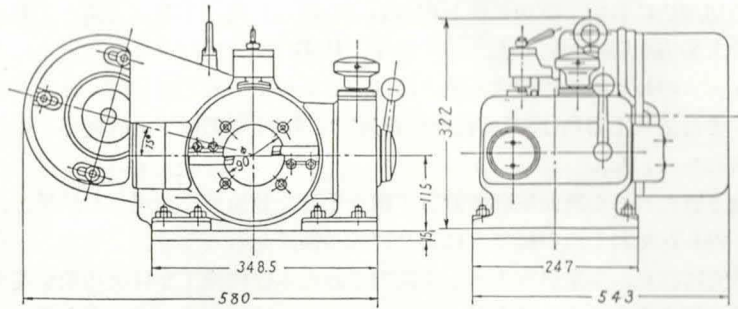


図10 旋回ねじ切り装置

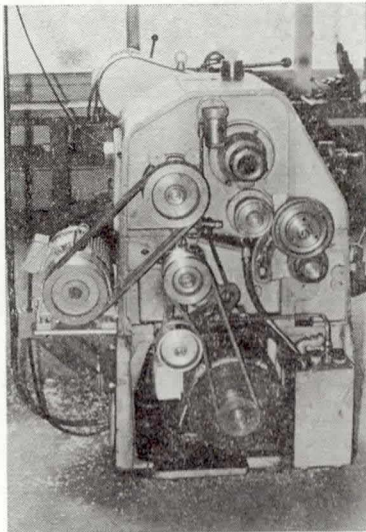


図11 減速装置付ギヤモータの設置状態

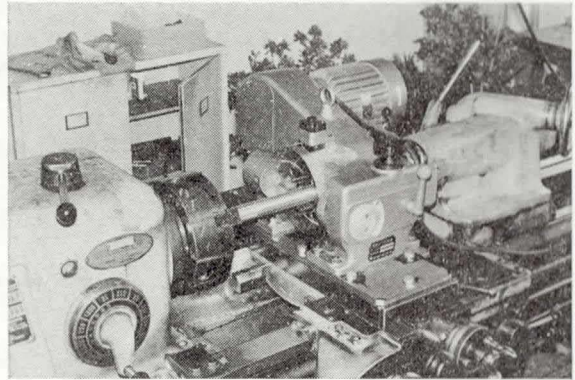


図12 旋回ねじ切り装置による切削状態

金を素材にしてねじ切削を行った。図12にその切削の様子を写真で示す。この切削されたねじ面を観察することにより、何の干渉現象も発生しておらず理論通り切削されていることが確認された。

4 結 言

旋回ねじ切り装置により、直線切れ刃バイトを用いて、バイト保持具の回転軸をねじ素材軸と平行に設置してねじ切りを行う場合について厳密な解析的研究を行い、バイト切れ刃の回転面とねじ面との同時接触線の形状を明らかにして、インボリュートヘリコイドのねじ面が創成されることを示した。

また旋回ねじ切り装置によるねじ切り法においては種々の干渉の発生が予想されていたが、本研究のような軸平行切削法においては干渉現象の発生する心配は無いことを示した。

そしてこの切削法において実用に供し得るねじを得るための工具圧力角と工具刃幅との種類の限界値の求め方を明らかにした。その結果、JISB1723「円筒ウォームギヤの寸法」に規定されるウォームのねじ面を切削する場合には、2条以上のねじは切削がほとんど不可能なことを示し、また工具圧力角は 30° 前後の値が適当であり、 20° 以下では適用し得ない場合が多いことを明らかにした。

一方、創成されたねじの断面輪郭の計算手順を示し、数値例に適用した結果と、実際のねじ切削により得られたねじ面の観察とにより理論の検証を行った。

最後に本研究に際し、卒業研究生として助力された本校機械工学科第19期卒業生 福井幹男君および第20期卒業生 永井健之君の労に対し心より感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 宮原一郎：旋回バイトによるねじ切りについて，佐世保高専研究紀要，1 (1964)，7.
- (2) 上野 拓・坂本正史：旋回バイトによるねじ切の研究（ねじ材の温度上昇とピッチ精度），日本機械学会論文集（第3部），32，238 (1966)，973.
- (3) 上野 拓・坂本正史：旋回バイトによるねじ切の研究（ねじ面の精度），日本機械学会論文集（第3部），32，238 (1966)，980.
- (4) 坂本正史：旋回バイトによるねじ切りの研究（作業条件に関する考察），日本機械学会論文集（第3部），34，257 (1968)，174.
- (5) Jarchow F.・Heyer E.C. und Sturmth R. : Wirbelwerkzeuge für Zylinderschnecken, VDI-Berichte, 332 (1979), 119.
- (6) 兩角宗晴：ねじ解析理論とその応用，(1985)，45，産経出版社.