ペンシル形砥石により二番研削されたスクリーロータ ホブの研ぎ直しによる輪郭誤差の解析*

岸 佐年** 堀内富雄** 両角宗晴*** 吉田嘉太郎† 斎藤正之††

An Analysis of Profile Error for Resharpened Screw Rotor Hob Relieved with Pencil Type Grinding Wheel

Satoshi KISHI, Tomio HORIUCHI, Muncharu MOROZUMI, Yoshitaroh YOSHIDA and Masayuki SAITOH

A new method is proposed for calculating the profile of the cutting edge of the screw rotor hob. It is first ground with a pencil type grinding wheel and then resharpened. When the profile of a pencil wheel is given as a dispersive points, theoretical equations are derived from them which represent the profile of the cutting edge after the resharpening. The profile error of the cutting edge of the hob was $16\mu\text{m}$ by the numerical analysis when the resharpening angle of the hob was 5 degrees. The calculation is made for the profile of the screw rotor which is cut by using the resharpened hob. Finally, it is clarified that the relationship between the resharpening angle of the hob and the profile error of the screw rotor.

Key Words : Screw Rotor Hob, Cutting Face Resharpening, Pencil Type Grinding Wheel, Cutting edge Profile Error

1. 緒 言

空気圧縮機での利用を中心に、スクリーロータの需要が増加の傾向を示している¹⁾。このスクリーロータの生産性向上のためにはホブ切りが有利であり、与えられた輪郭のロータねじ面を創成するホブの切れ刃輪郭を定める研究がなされている²³⁾。この場合、特許などの関係でねじ輪郭の設計根拠が伏せられていたり、数式で定めたねじ輪郭に対し熱変形などを加味したため、輪郭を離散的数値の点列で与えざるを得ない場合が多い。

著者らは既に、このようにねじ輪郭を離散点列で与えた場合のホブ切れ刃輪郭の設計法、正しいホブ切れ刃輪郭を得る円盤形二番取り砥石の輪郭設計法などについて数値解析法を示し、スクリーロータホブの試作実験を行い良い結果を得ている⁴⁵⁾。

ところが、このような特殊輪郭の総形ホブの場合、円盤形砥石で創成される二番面の形状はやや中凹形となり、さらに左右の二番面の間に微小な段差も生じる。したがって、このホブの切れ刃面を研ぎ直すと二番面の形状変化がそのまま切れ刃輪郭誤差となって現れ、さらに切削されるスクリーロータの歯形輪郭誤差となる⁶⁾。二番面が中凹形となる形状誤差はバイトによる二番取りならばさほど大きくならず、これはペンシル形砥石による二番研削の場合にも当てはまる。インボリュートギヤホブやウォームホブのペンシル形砥石による二番研削法の研究はなされている⁷⁸⁾が、総形ホブに対してはなされていなかった。

そこで著者らは、スクリーロータホブの切れ刃輪郭が離散点列で与えられた場合のペンシル形二番取り砥石の輪郭設計法について考察し、解析理論に基づいた試作により切れ刃輪郭精度の極めて良いスクリーロータホブを実現した⁹⁾。本論文では、このホブの研ぎ直し問題について考察し、切れ刃面の研ぎ直しがペンシル形砥石により研削される二番面の輪郭におよぼす影響の程度を明らかにし、ペンシル形砥石による二番取り研削の有効性を検証する。

* 原稿受付 平成14年2月7日

** 正会員 長野工業高等専門学校 (長野市徳間716)

*** 名誉会員 信州大学工学部 (長野市若里4-17-1)

† 正会員 ㈱ハーモニック・ドライブ・システムズ (長野県南安曇郡穂高町牧1856-1)

†† 石川島汎用機械㈱ (長野県上伊那郡辰野町伊那富3934)

2 解析理論

2.1 ホブ二番面の計算式

まず、二番取り研削盤用カムのカムライズ S [mm]、二番取り係数 k [mm/rad] (単位角当たりの二番取り量)、ホブの切れ刃みぞ数 N_G との間に、また、ホブのピッチ円半径 R_C 、リード L 、ホブ基礎ねじの進み角 β_H との間には、それぞれ次式が成り立つ。

$$k = \frac{N_G S}{2\pi} \quad (1)$$

$$\tan \beta_H = \frac{L}{2\pi R_C} \quad (2)$$

いま図1に示すように、 ξ 軸を砥石軸とするペンシル形砥石の座標系 $o-\xi\eta\zeta$ を考え、点列で与えられた砥石の軸断面輪郭をアキマの方法で補間し次式で表す。ただし t は媒介変数である。

$$\left. \begin{aligned} \xi &= Q(t) = Q \\ \eta &= 0 \\ \zeta &= P(t) = P \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

この輪郭を砥石軸周りに偏角 θ_P で旋回させてできる砥石面を、改めて座標系 $o-\xi\eta\zeta$ で表すと次式となる。

$$\left. \begin{aligned} \xi &= Q \\ \eta &= P \sin \theta_P \\ \zeta &= P \cos \theta_P \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Fig.1 Coordinate relation between grinding wheel and hob

さらに図1に示すように、 η 軸を中心に座標系 $o-\xi\eta\zeta$ を角 Γ_g だけ回転し、 ζ_0 軸上を負の方向へ c だけ離れた点を原点とするペンシル形砥石の静止座標系 $o_0-\xi_0\eta_0\zeta_0$ を考え、式(4)の砥石面を表す式となる。ここで、 Γ_g は ξ_0 軸と ξ 軸とのなす角であり、図1に示すように $\xi\zeta$ 平面内で時計方向回転を正とする。

$$\left. \begin{aligned} \xi_0 &= Q \cos \Gamma_g + P \cos \Theta_p \sin \Gamma_g \\ \eta_0 &= P \sin \Theta_p \\ \zeta_0 &= -Q \sin \Gamma_g + P \cos \Theta_p \cos \Gamma_g + c \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

つぎに図1に示すように、ペンシル形砥石の静止座標系 $o_0-\xi_0\eta_0\zeta_0$ に対して、 ξ_0 軸上を b だけ離れた点 O_H を原点とし、 X_H 軸が ξ_0 軸と逆方向を向くホブの座標系 $O_H-X_HY_HZ_H$ を考える。そこで、二番取り研削盤による実際の二番研削加工においては、右ねじれホブが負方向に角 Φ だけ回転する間に、二番取り砥石は $k\Phi$ だけホブ軸に近付き、同時にホブ軸の正方向に $R_C \tan \beta_H \Phi$ だけ並進移動する。この動作をホブに固定された座標系 $O_H-X_HY_HZ_H$ で見ると、二番取り砥石は次式のような曲面群を形成する。

$$\left. \begin{aligned} X_H &= (b - k\Phi - Q \cos \Gamma_g - P \cos \Theta_p \sin \Gamma_g) \cos \Phi \\ &\quad + P \sin \Theta_p \sin \Phi \\ Y_H &= (b - k\Phi - Q \cos \Gamma_g - P \cos \Theta_p \sin \Gamma_g) \sin \Phi \\ &\quad - P \sin \Theta_p \cos \Phi \\ Z_H &= -Q \sin \Gamma_g + P \cos \Theta_p \cos \Gamma_g + c + R_C \tan \beta_H \Phi \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

この二番取り砥石の曲面群の包絡面を求めれば、ホブの二番面が得られる。

2.2 ホブ研ぎ直し後の切れ刃輪郭の計算式 いま、ホブの座標系 $O_H-X_HY_HZ_H$ を軸 Z_H の周りに角 τ だけ回転させた座標系 $O_H-X_\tau Y_\tau Z_\tau$ 上で、式(6)の二番取り砥石面群を表す式となる。

$$\left. \begin{aligned} X_\tau &= (b - k\Phi - Q \cos \Gamma_g - P \cos \Theta_p \sin \Gamma_g) \cos(\Phi - \tau) \\ &\quad + P \sin \Theta_p \sin(\Phi - \tau) \\ Y_\tau &= (b - k\Phi - Q \cos \Gamma_g - P \cos \Theta_p \sin \Gamma_g) \sin(\Phi - \tau) \\ &\quad - P \sin \Theta_p \cos(\Phi - \tau) \\ Z_\tau &= -Q \sin \Gamma_g + P \cos \Theta_p \cos \Gamma_g + c + R_C \tan \beta_H \Phi \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ここで、 τ はホブ切れ刃面の研ぎ直し角を想定しており、式(7)で表される二番取り砥石面群を $Y_\tau = 0$ の平面(研ぎ直し後のホブ切れ刃面)で切断すれば、軸平行直線切れ刃面を角 τ だけ研ぎ直した場合のホブ切れ刃を創成する曲線群が得られる。この曲線群の包絡線が研ぎ直し後のホブ切れ刃の輪郭を表す。 $Y_\tau = 0$ において整理し次式を得る。

$$\therefore \Theta_p = \sin^{-1} \frac{AC - B(A^2 + B^2 - C^2)^{1/2}}{A^2 + B^2} \quad (8)$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} A &= P \cos(\Phi - \tau) = A(t, \Phi) \\ B &= P \sin \Gamma_g \sin(\Phi - \tau) = B(t, \Phi) \\ C &= -(b - k\Phi - Q \cos \Gamma_g) \sin(\Phi - \tau) = C(t, \Phi) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

そこで、研ぎ直し後のホブ切れ刃輪郭として次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} X_\tau &= (b - k\Phi - Q \cos \Gamma_g - P \cos \Theta_p \sin \Gamma_g) \cos(\Phi - \tau) \\ &\quad + P \sin \Theta_p \sin(\Phi - \tau) \\ Z_\tau &= -Q \sin \Gamma_g + P \cos \Theta_p \cos \Gamma_g + c + R_C \tan \beta_H \Phi \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

式(10)は t と Φ とで表される曲線群を示すから、この曲線群の包絡線がペンシル形砥石によって二番研削されたホブの研ぎ直し後の切れ刃輪郭を表す。包絡線の条件式は、式(10)に対し次のヤコビアンを計算して求められる。

$$\frac{\partial X_\tau}{\partial t} \frac{\partial Z_\tau}{\partial \Phi} - \frac{\partial X_\tau}{\partial \Phi} \frac{\partial Z_\tau}{\partial t} = \frac{\partial X_\tau}{\partial t} \frac{\partial Z_\tau}{\partial \Phi} - \frac{\partial X_\tau}{\partial \Phi} \frac{\partial Z_\tau}{\partial t} = F(t, \Phi) = 0 \quad (11)$$

これより次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} F(t, \Phi) &= \{ k \cos \Gamma_g - R_C \tan \beta_H \sin \Gamma_g \} \dot{P} \\ &\quad + \{ \dot{Q}(b - k\Phi) - (P\dot{P} + Q\dot{Q}) \cos \Gamma_g \} \sin \Theta_p \\ &\quad - (k \sin \Gamma_g + R_C \tan \beta_H \cos \Gamma_g) \dot{Q} \cos \Theta_p = 0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

ただし

$$\dot{P} = \frac{dP}{dt} \quad \dot{Q} = \frac{dQ}{dt}$$

2.3 研ぎ直しホブによる歯切り法 いま、 N_H 条の研ぎ直しホブで切削される n_S 条のスクリーロータの輪郭を考える。この場合、研ぎ直しホブはピッチ円半径が小さくなって R_C となり、一方ホブのリード L は変わりがない。そこでこれらを考慮して、著者の一人が以前に提案した「ホブの基礎ねじ面および被削ねじ面とかみ合う仮想はすばラックを介する計算手法」¹⁰⁾を用いる。この場合、研ぎ直しホブのピッチ円での進み角 $\beta_{H\tau}$ は式(2)を用いて次式で求められる。

$$\tan \beta_{H\tau} = \frac{L}{2\pi R_{C\tau}} \quad (13)$$

さらにこの場合、研ぎ直しホブのピッチ円進み角 $\beta_{H\tau}$ に対応すべきスクリーロータのねじれ角 γ_τ は次式で求められる。ここで、 l はスクリーロータのリードを示す。

$$\sin \gamma_\tau = \frac{L n_S}{l N_H} \cos \beta_{H\tau} \quad (14)$$

したがって、この場合の被削ねじの歯切りピッチ円半径 r_τ は次式で計算される。

$$r_\tau = \frac{l}{2\pi} \tan \gamma_\tau \quad (15)$$

そして、この場合のスクリーロータ軸に対するホブの取付角 $\Gamma_{H\tau}$ は次式で求められる。

$$\Gamma_{H\tau} = \gamma_\tau - \beta_{H\tau} \quad (16)$$

以上のことから、研ぎ直しホブを用いてスクリーロータを切削する場合には、式(13)(14)(15)(16)を満足するようにホブ取付角 $\Gamma_{H\tau}$ を設定しなければならない。

ところで、 τ [rad]だけ研ぎ直しされたホブはピッチ円半径が $\angle R = k\tau$ だけ小さくなり、研ぎ直し後のピッチ円半径は $R_{C\tau} = R_C - \angle R$ となるはずである。しかし、ペンシル形砥石を用いて行うホブの二番研削においては、砥石と二番面とは時々刻々に位置と形とが変化する空間曲線(同時接触線)で接触しつつ加工がなされて二番面が創成される。そのため、バイトにより二番取りされた二番面の場合とは異なり、研ぎ直しによるホブ半径の減少量 $\angle R$ は τ に対して線形とはならない傾向がある。さらに、ホブの外径・ピッチ円径・谷径におけるそれぞれの半径減少量の値

には微妙な差が生じ、ホブ切れ刃の背丈は研ぎ直し前後を比較するとやや値が異なる傾向もある。

したがって、このような傾向を持つ研ぎ直しホブを用いるスクリーロータの切削では、研ぎ直し後のホブ切れ刃輪郭の状況把握が不十分であると、スクリーロータの外径に削り残しや削り過ぎを生じてしまうおそれがある。そして、本研究のような総形ホブによるスクリーロータの切削では、スクリーロータの外径を基準として作業を進め、外径での削り残しや削り過ぎを防ぐのが一般的である。

そこで、研ぎ直しホブを用いて行うスクリーロータの外径を基準とする切削法においては、正しいホブ取付角 Γ_H とピッチ円半径(歯切りピッチ円半径) R_C との値を求める必要がある。それには、まず R_C の初期値を与えて上述の式(13)(14)(15)(16)を満足するようにホブ取付角 Γ_H を定め、上で述べたねじ切削の手法のように数値計算を行ってスクリーロータの外径値を求め、この値が要求されているスクリーロータの外径値と一致するまで試行錯誤的に計算を繰返し、 Γ_H と R_C の値を定める必要がある。

3. 数値解析法

3.1 ペンシル形砥石輪郭点列の補間法

いま、与えられたペンシル形砥石輪郭の点列を座標値 (ξ_1, ζ_1) , $\dots$, (ξ_n, ζ_n) と表わし、点 j と点 $(j+1)$ との間的小区分を表わす区分多項式をアキマの方法で補間し、 t を媒介変数として次の3次式で与える¹⁰⁾。

$$\left. \begin{aligned} \xi &= P = t \\ \zeta &= Q = a_j + b_j(t - \xi_j) \\ &\quad + c_j(t - \xi_j)^2 + d_j(t - \xi_j)^3 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

したがって、それぞれ次式となる。

$$\left. \begin{aligned} \dot{P} &= 1 \\ \dot{Q} &= b_j + c_j(t - \xi_j) + d_j(t - \xi_j)^2 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

3.2 ホブ研ぎ直し後の切れ刃輪郭の計算法

そこで、式(17)でペンシル形二番取り砥石輪郭が与えられたとき、この砥石により創成されるホブの研ぎ直し後の切れ刃輪郭の計算法は図2に示す手順となる。

4. 数値計算例と考察

4.1 ホブの設計と試作例

著者らは既に、図3に示す圧縮機用スクリーロータ(雄形用・雌形用)の輪郭が離散的な点列で与えられた場合について、ロータのねじ面を切削するホブの設計を行っている⁴⁾。これら雄形用と雌形用のスクリーロータとホブとの種々の諸元を表1に示す。さらにこれらのホブに所望通りの切れ刃輪郭と二番面とを与えるペンシル形二番取り砥石の輪郭を点列で求め、ホブの試作実験を行った⁹⁾。図4にホブの二番研削の様子を写真で示す。

なお以下で述べるホブの研ぎ直し誤差の傾向は、雄形ロータ

用ホブおよび雌形ロータ用ホブともほぼ同様な結果を示すが、本論文では雌形ロータ用ホブについて述べ、雄形ロータ用ホブについては紙面の都合で割愛する。

Fig.2 Calculation procedure

Fig.3 Tooth profiles of screw rotors

Table 1 Dimensions of screw rotors and hobs

Items		Male	Female
Center distance of rotors	a mm	80.000	
Major diameter of rotor	d_k mm	100.000	100.000
Pitch diameter of rotor	d_c mm	64.000	96.000
Root diameter of rotor	d_b mm	59.944	59.924
Number of rotor threads	n_s	4	6
Hand of lead of rotor		Left	Right
Lead of rotor	l mm	180.000	270.000
Number of coordinates	$j =$	1 ~ 219	1 ~ 195
Pitch radius of hob	R_C mm	85.000	72.000
Root radius of hob	R_b mm	69.000	69.500
Major radius of hob	R_k mm	89.028	89.538
Lead of hob	L mm	34.485	33.462
Number of hob threads	N_H	1	1
Lead angle of hob	β_H	3°41'40", 4°13'49"	

ペンシル形二番取り砥石は左切れ刃用と右切れ刃用の二個使いとし、ホブの刃底と刃先部分では両者の輪郭が重複して補い合い、段差が生じない設計とした。雌形ロータ用ホブの砥石輪郭を図 5、図 6 に示す。また、この砥石の輪郭上で干渉現象を生じさせないためには、ホブ軸に対する砥石の取付角 Γ_g の値は左右砥石とも $\Gamma_g = 15^\circ$ の値が適していることが確認されている。この場合、カム高さ $S = 7.0 \text{ mm}$ 、ホブ切れ刃みぞ数 $N_g = 16$ とした。

4.2 雌形ロータ用ホブの研ぎ直し

雌形ロータ用ホブの研ぎ直し後の切れ刃輪郭を、図 2 に示す数値解析の手順により計算した。そして、スクリーロータが外径を基準として切削されることを考慮して、研ぎ直し前の切れ刃輪郭の刃底を基準として各座標点の法線方向誤差を求め、研ぎ直し角 τ と切れ刃輪郭誤差との関係を図 7 に示す。

この図 7 より、研ぎ直しによる切れ刃輪郭の誤差はホブの外径付近で大きく生じる傾向のあることが見て取れ、その値は研ぎ直し角が $\tau = 5^\circ$ (ホブ外径での研ぎ直し円周長さ約 7.8 mm) で $-16 \mu\text{m}$ に達した。これらを併せ考えると、ホブの研ぎ直し限界は $\tau = 5^\circ$ あたりが妥当と考えられる。また研ぎ直し角 $\tau [\text{rad}]$ とホブ半径の減少量 ΔR との関係は、前述のとおり $\Delta R = k \cdot \tau$ とはならずこの値よりやや大きな値となる傾向を示し、したがって研ぎ直し後のホブピッチ円半径は $R_c = R_c - k \cdot \tau$ とはならず、これよりやや小さな値となることが確認された。さらに、ホブ切れ刃の背丈が研ぎ直し前に比較してやや小さな値となることも明らかになった。図 7 に示したホブ切れ刃輪郭の誤差にはこれらの値が含まれている。

また本論文のようにペンシル形砥石を用いて二番研削したホブでは、二番面に生じる中凹量は約 $6 \mu\text{m}$ であった。一方、同じ諸元のホブを円盤形砥石により二番研削した場合は、二番面に約 $38 \mu\text{m}$ の中凹量を生じた⁹⁾。したがって本論文のような総形ホブの二番面に生じる中凹形状の問題は、ペンシル形砥石を用いることにより大幅に改善された。

4.3 研ぎ直しホブによるねじ切削

次に、図 7 に示す研ぎ直し誤差を持つ雌形ロータ用ホブにより切削されるスクリーロータの、軸直角断面輪郭を計算した。そして、要求されているスクリーロータの輪郭を基準にして、各座標点の法線方向誤差を求め図 8 に示す。この図 8 から、研ぎ直しにより生じるホブ切れ刃の法線方向輪郭誤差に相当する値が、切削されたスクリーロータの軸直角断面輪郭誤差にそのまま現われる傾向が見て取れる。

この場合、前述のように研ぎ直しホブによるスクリーロータの外径を基準とした切削法を想定して歯切りピッチ円半径 R_c の値を求めており、この値に対して式(13)(14)(15)(16)を満足するようにねじの歯切りピッチ円半径 r_r やホブ取付角 Γ_{Hr} を設定している。これらのことから、ホブの研ぎ直し問題に関する数値解析では、ホブの研ぎ直し限界の値に加えてスクリー

Fig.4 Relief grinding of screw rotor hob

Fig.5 Profile of grinding wheel (female, left hand)

Fig.6 Profile of grinding wheel (female, right hand)

Fig.7 Profile error of female type screw rotor hob

ロータの輪郭誤差限界の値も併せ考え、吟味検討することの必要性が確認された。

一方、スクリーロータの実際の製作現場では、研ぎ直しホブを用いて行うねじ切削において、スクリーロータの歯切りピッチ円半径 r_f やホブ取付角 Γ_{Hr} を式(13)(14)(15)(16)が満足する値に設定することを見落とす傾向がある。すなわち、ホブ取付角を研ぎ直し前の取付角 Γ_H の値に設定したままで、ねじ切り作業を行ってしまうことが多い。

そこでこの場合について、切削されるスクリーロータの輪郭計算を試みる。この場合、ホブのリード L の値は定まっており、また使用するホブ盤の換え歯車などは研ぎ直しホブを用いる前と変わらないからスクリーロータのリード l の値にも変化はない。したがって、この場合の数値計算を成り立たせるためには、上で述べた Γ_H 、 L 、 l の値に対して式(13)の関係を無視し、式(14)(15)(16)のみを満足するように試行錯誤的に繰返し計算を行い、ホブの歯切りピッチ円半径を正しい R_{Cr} とは異なる値に定め直し、スクリーロータの歯切りピッチ円半径を正しい r_f とは異なる値に定め直すことが必要となる。

このような手順により、研ぎ直しホブを用いてホブ取付角を研ぎ直し前と同じ値に設定した場合に切削されるスクリーロータの輪郭を計算した。その結果、切削されるスクリーロータの輪郭誤差は図8とほぼ同様（研ぎ直し角 $\tau = 5^\circ$ の場合で $0.4 \mu\text{m}$ 程度の差）であり、ホブ取付角の不適合が切削されるスクリーロータの輪郭誤差に、さほど影響しないことが確認された。これは、本論文におけるホブは外径が大きく1条ねじであるため、研ぎ直しに伴う進み角の変化が $\tau = 5^\circ$ の場合で $5'$ 程度と微小である、ことなどによると考えられる。これらの数値の把握はホブの精密加工の観点から極めて重要であり、研ぎ直しホブによるねじ切削に対する詳細な考察法は、本研究で初めて明らかにされた。

5. 結 言

離散的な点列で輪郭が与えられたペンシル形砥石により二番研削されたスクリーロータホブの研ぎ直し問題と、この研ぎ直しホブを用いて切削されるスクリーロータの輪郭について総合的に考察し、次のことを明らかにした。

- (1) 二番研削したホブの研ぎ直し後の切れ刃輪郭を求める理論解析法と数値解析法とを示した。
- (2) スクリーロータホブのような総形ホブの場合、インポリュートギヤホブのように刃先や刃元で研ぎ直し誤差を逃がすことができないため、大きく研ぎ直して用いることは不可能である。本研究の例では、研ぎ直し角 $\tau = 5^\circ$ （最大刃形輪郭誤差 $-16 \mu\text{m}$ 程度）が限度である。
- (3) 総形ホブの二番面に生じる中凹形状の問題は、ペンシル

Fig.8 Profile error of female type screw rotor

形砥石を用いて二番研削することにより大幅に改善される。

- (4) 研ぎ直しに伴うホブ刃形の法線方向輪郭誤差が、切削されるスクリーロータの軸直角断面輪郭に相当する誤差の値となって現われる。したがって、ホブの研ぎ直し限界とスクリーロータの歯形輪郭誤差限界とを併せ考える必要性がある。
- (5) 研ぎ直しホブを用いるねじ切削ではホブ取付角を正しく設定する必要がある。本研究におけるスクリーロータホブのように大径で進み角の小さな場合は、ホブ取付角を研ぎ直し前と同様に設定しても、切削されるねじの歯形輪郭誤差に大きな影響は与えない。

参 考 文 献

- 1) 松隈正樹：21世紀へつなぐフルードパワー 汎用空気圧縮機、フルードパワー、15(2001.10)、29。
- 2) 中野嘉邦、鴻巣健治、加藤秀雄、末田章：ホブの輪郭計算法、精密機械、47、5(1981)、579。
- 3) 西田知照、河野誠、戸田浩：ホブ刃形輪郭の計算法、精密工学会誌、52、6(1986)、1061。
- 4) 吉田嘉太郎、両角宗晴、岸佐年、堀内富雄、斎藤正之：干渉を考慮したスクリーロータホブの設計法(第1報、スクリーロータの輪郭を与えてホブ基礎ねじの輪郭を求める方法)、機論C、63、609(1997)、1745。
- 5) 吉田嘉太郎、両角宗晴、岸佐年、堀内富雄、斎藤正之：干渉を考慮したスクリーロータホブの設計法(第2報、ホブの輪郭を与えて二番研削砥石の輪郭を求める方法)、機論C、63、609(1997)、1753。
- 6) 堀内富雄、岸佐年、両角宗晴、吉田嘉太郎、斎藤正之：スクリーロータホブの研ぎ直しによる刃形輪郭誤差の解析、機論C、66、646(2000)、1961。
- 7) 両角宗晴：ホブのとき直しに関する研究(第4報、ペンシル形といしによるインポリュート歯車ホブの二番研削)、機論、43、365(1977)、352。
- 8) 吉野英弘、小野貴祥：ペンシル形砥石によるウォームホブの二番取り研削、機論C、63、612(1997)、2865。
- 9) 堀内富雄、岸佐年、両角宗晴、吉田嘉太郎、斎藤正之：スクリーロータホブのペンシル形砥石による二番研削法の研究(第1報、ペンシル形砥石の輪郭設計法)、機論C、67、658(2001)、2006。
- 10) 両角宗晴：歯車のホブ切り、誠文堂新光社、(1962)17。
- 11) 長嶋秀世：数値計算法(改訂2版)、槇書店、(1986)B1。