総形ドレッシングを要しないコンピュータ支援ねじ研削における 砥石干渉のチェックシステム*

鍵 和 田 忠 男^{*1}

Computer-Aided Thread Grinding without Form Dressing with Monitoring System to Prevent Wheel Interference

Tadao KAGIWADA

A previous report proposed a computer-aided thread grinding method for generating helicoid without form dressing, using a standard-shaped grinding wheel independent of the final helicoid. The method uses a simple conical or plain wheel, without limitations of the diameter and base angle. The wheel axis is set three-dimensionally at the optimum computed angle of inclination. When the wheel thickness is large or the thread pitch is small, there is a risk of interference between the back of the wheel and helical surface opposing the helical surface being ground. When the grinding wheel is fed radially to the thread with a small thread pressure angle, there is also a risk of deformation of the helical surface generated. This report introduces a monitoring system to the original computer-aided thread grinding method, for protection against undesirable wheel interference, considering an axial displacement of the wheel and the maximum allowable displacement. The investigation shows that the monitoring system is effective to determine limits of thread dimensions without undesirable wheel interference.

Key Words: Grinding, CAM, Dressing, Generating Motion, Grinding Wheel, Threading, Form Dressing, Interference, Prevention

1. 結 言

通常のねじ研削においては、ねじの圧力角に対応した総形砥石が用いられ、砥石軸は目的とするねじのすすみ角に等しい傾き角に設定される。ねじ研削盤にはこのための総形ドレッシング装置が備えられているが、個々のねじ形状に合わせて総形ドレッシングを行うには多くの手間を要する。そこで著者は既報⁽¹⁾において、総形ドレッシングを必要とせず、目的のねじ形状に依存しない普通形状砥石を用いるコンピュータ支援ねじ研削法を提案した。これによると総形ドレッシングの手間が解消されるのみならず、任意の目的ねじ形状に対して高い近似精度で研削できるので、2形(チェイズドヘリコイド⁽²⁾)を目指した場合には通常の3形⁽³⁾によるよりも高精度で研削できる。さらに通常の方法では研削が困難なより小さな圧力角をもつねじも本研削法によると高い精度で研削が可能である。

しかしそこで、砥石の形状は目的のねじ形状に依存しないものの、ねじのピッチに対して砥石の厚さが大きい場合には、当然のこととして砥石の背面が向かいの仕上げねじ面に干渉する危険性が生じてくる。また

既報⁽¹⁾にも述べたように、圧力角が小さいねじを工程ごとの切込みを半径方向に加えながら研削すると、切込み途中における砥石が仕上げねじ面に干渉する危険性がある。このときはその干渉量に応じて、切込み途中の砥石をねじの軸方向に規定の位置からある一定値以上退避させる必要がある。

そこで本論文においては本研削システムをより有効にするため、これらの干渉量をあらかじめ定量的に検出して砥石の退避量と砥石背面の干渉の限界を示し、それに基づいて最適な砥石の退避量を決定するチェックシステムを既報のねじ研削システムに付加することについて述べ、干渉の危険性に関してより厳しい条件である圧力角0°のねじの研削実験を通してその有効性を明らかにする。

2. ねじ研削システムと チェックシステムの概要

本チェックシステムの概要を説明し、またその位置づけを明らかにするために、本来の総形ドレッシングを要しないコンピュータ支援ねじ研削の概要を合せて説明する。

現段階では研削装置として旋盤の往復台上に研削ヘッドを装着したものをを用いているが、本論文では図1

* 原稿受付 平成5年8月23日。

^{*1} 正員、北海道大学工学部(〒060 札幌市北区13条西8丁目)。

に示したように低圧力角のねじに対応するため往復台上にストレッチャが付加されている。この研削装置の模式図を図2に示したが、砥石軸 z_s は後述するシミュレーションと探索によって決定される傾き角 j_G と旋回角 ψ によって、ねじの軸 z から傾いて設定される。ただし図2は3章で述べる砥石背面による研削状態を想定しているため、旋回角 ψ_b (以下添字 b は砥石背面を表す)は本来の設定とは正負が逆転している。砥石の原点(円すい形砥石の底面の中心または平行砥石の作業平面の中心) O_s は軸 z からの距離 L を保ちながらねじのピッチに従って z 方向に移動する。

本チェックシステムを含めたコンピュータ支援ねじ研削過程のフローチャートを図3に示した。

図3(1)~(4)と(11)が既報のシステムであり、本論文において図3(5)~(10)のチェックシステムが付加されている。また図3(1)についても既報における砥石作業面のデータに加えて、本論文では砥石背面に関する幾何学的データ R_{s1} , R_{s2} , U , β_1 (図4参照)が含まれる。また既報における最終的な切込み深さ D_c に加えて、途中の工程ごとの切込み深さ d_c も含める。図3(2)において最終的な切込み深さ $d_c=D_c$ 、砥石軸の傾き角 j_G と旋回角 ψ の組に対する研削過程のシミュレーションを行い、図3(3)においてその幾何学的精度を検査し j_G と ψ の組に対する最大高さ誤差 e_{Hmax} を求める。そして図3(4)の極値探索により、最大高さ誤差 e_{Hmax} の最も小さな値を与える傾き角 j_G と旋回角 ψ の最適な組合せを求める。図3(5)以下のチェックシステムにおいては砥石軸角はこれに固定されている(砥石背面では $\psi_b=-\psi$)。

図1 往復台にストレッチャを付加した研削装置

図2 砥石背面による研削状態を想定した模式図

ュレーションを行い、図3(3)においてその幾何学的精度を検査し j_G と ψ の組に対する最大高さ誤差 e_{Hmax} を求める。そして図3(4)の極値探索により、最大高さ誤差 e_{Hmax} の最も小さな値を与える傾き角 j_G と旋回角 ψ の最適な組合せを求める。図3(5)以下のチェックシステムにおいては砥石軸角はこれに固定されている(砥石背面では $\psi_b=-\psi$)。

図3(5)において、図3(6)~(9)の干渉チェック過程を $d_c=d_{c1} \sim D_c$ の各切込み深さについて繰返す。

図3 砥石干渉チェックシステムを付加したコンピュータ支援ねじ研削過程のフローチャート

図4 砥石背面の幾何形状(12号さら形)

ただし d_{c1} は最小の切込み深さである。図 3 (6) は上記図 3 (2) と同様の砥石作業面による研削過程のシミュレーションであるが、さらに 3・2 節に示す方法でねじ面の位置を規定する。図 3 (7) においてこのねじ面と仕上げねじ面の間げきを各半径について求め、一つのねじ面全体におけるその最小値を仕上げ面最小間げき $g_{fmin}(d_c)$ とする。 $d_c = D_c$ については $g_{fmin}(D_c) = 0$ である。

図 3 (8) では 3・1 節に示す砥石背面による研削過程のシミュレーションを行い、上記図 3 (6) と同様にねじ面位置を規定する。図 3 (9) においてこの砥石背面によるねじ面の高さ、3・2 節の最後に述べる向かいの仕上げねじ面の高さの差を各半径について求め、一つのねじ面全体におけるその最小値を背面最小間げき $g_{bmin}(d_c)$ とする。

図 3 (10) において、上記図 3 (5) ~ (10) で求められた全行程における $g_{fmin}(d_c)$ と $g_{bmin}(d_c)$ を総合的に判断して、全行程を通しての最適な砥石退避量 $w_d(d_c)$ を求める。この際に干渉による研削の可否の判定も行う。これについては 4 章で述べる。

図 3 (11) において上記図 3 (4) の過程で決定された傾き角 j_c と旋回角 ψ に砥石軸の傾きを設定し、上記図 3 (10) による各切込み深さ d_c に対する砥石退避量 $w_d(d_c)$ を設定して研削を実行する。 d_c を増加させながらこれを繰返し、最終行程 $d_c = D_c$ において $w_d(D_c) \neq 0$ の場合にはさらに退避量が零となるまで z 方向に切込みを加えて仕上げの研削を行う。

3. シミュレーション

3・1 砥石背面による研削のシミュレーション

図 3 における (8) の砥石背面による研削過程のシミュレーションは、図 3 (2) の作業面の場合と同様に最深軌跡法⁽¹⁾を用いているので、砥石背面の場合の違いを中心にその要点のみを述べる。

図 2 の系全体を軸 z と O_s を結ぶ軸(距離 L で表される)の回りに約 180° 回転させて座標軸の向きを図 2 と同様に設定し直すと、本来の砥石作業面による研削状態を表すことができる。このとき砥石軸の旋回 ψ が ψ_b の正負を逆転させたものであること以外は、 j_c も含めてねじ工作物と砥石の位置関係が図 2 と変わらないことがわかる。したがって砥石背面による研削のシミュレーションにおいては、入力値 ψ の符号を反転し砥石の形状を変更するだけで、基本的には砥石作業面におけるものと同様に扱えることがわかる。以下の式 (1), (2), (4) は既報⁽¹⁾の式 (3), (4), (7) と同じ形であるが、新たにねじ面相互の位置関係を決定す

る際にも必要となるので再度記載する。

図 2 に示したようにねじ工作物と砥石をそれぞれ円柱座標系 $(r-\theta-z)$ および $(r_s-\theta_s-z_s)$ で表し、ねじ面上の 1 点 p を両座標系により、

$$z = \theta P / (2\pi) + f_{zb} \cdots \cdots \cdots (1)$$

$$z_s = (z + z_{cb}) \cos j_A - r \sin \theta \sin j_A \cdots \cdots (2)$$

と与える。ただし P は目的ねじのピッチ、 f_{zb} はねじ面形状を与える未知数、 z_{cb} は z 方向の切込みを表す定数、 j_A は式 (4) の θ_{Ab} とともに、 j_c と ψ_b から $\sin j_c = \sin j_A \cos \theta_{Ab}$, $\sin \psi_b = \sin j_A \sin \theta_{Ab} / \cos j_c$ によって変換される角度である(図 2)。次に図 4 に示したように 12 号さら形砥石の背面の幾何形状を次式で与える。

$$z_s = (R_{s2} - R_{s1}) \tan \beta_1 + U \quad (r_s < R_{s2})$$

$$z_s = (r_s - R_{s1}) \tan \beta_1 + U \quad (R_{s2} \leq r_s < R_{s1})$$

$$z_s = U (R_{s1} \leq r_s < R_s), z_s = 0 \quad (r_s = R_s) \cdots (3)$$

一方幾何学的関係から次式が得られる。

$$\begin{aligned} r_s^2 = & (L \cos \theta_{Ab} - r \cos \theta)^2 + [L \sin \theta_{Ab} \\ & - (z - R_s \sin \psi_b) \tan j_A - r \sin \theta] \cos j_A]^2 \\ & \cdots \cdots \cdots (4) \end{aligned}$$

ある半径 $r = r_p$ について式 (1) ~ (4) の 4 式を連立させて f_{zb} を θ の関数として求める。 θ の変化に対する f_{zb} の最大値 f_{zpb} が研削点における値であり、各 r_p におけるねじ面の z 座標 $f_{zpb}(r_p)$ を結んだ曲線が軸平面上のねじ面形状を与える。また半径 r_p の代わりに砥石上の特定の座標 ($z_s = 0, r_s = R_s$) のもとで同様に連立させると、 θ の変化に対する r の最小値 r_0 が研削点となり、このときの f_{zb} の値 z_{0b} がねじ面の開始点の z 座標となる。

3・2 ねじ面の位置の規定

ねじ面の形状精度の検定は $f_{zpb}(r_p)$ の r_p に関する相対的な分布があれば可能であるから、既報⁽¹⁾では z_c は任意であり零としていた。本論文においてはねじ面相互の位置関係を問題にするため z 方向の位置を規定したねじ面を用いる必要がある。砥石作業面および背面による、位置を規定したねじ面 $z_H(r_p)$, $z_{Hb}(r_p)$ を次式で与える。

$$z_H(r_p) = -f_{zpb}(r_p) + z_c \quad (r_p = r_{p0} \sim R) \cdots \cdots (5)$$

$$z_{Hb}(r_p) = f_{zpb}(r_p) - z_{cb} \quad (r_p = r_{p1b} \sim R) \cdots \cdots (6)$$

ただし r_{p1b} は、砥石背面上の外周 ($z_s = U, r_s = R_s$) によって削られるねじの半径である。式 (5) の $z_H(r_p)$ は、図 6 に示されるように両ねじ面を対向させるため符号を反転させている。位置の規定の規準としては、仕上げねじ面の有効半径 R_p における高さが $z_H(R_p) = 0$ となるようにする(図 6 参照)。これを実現するため最終行程の $f_{zpb}(r_p)$ を用いて z_c の最終行程の値 z_{c0} を次式で与える。

$$z_{c0} = f_{zp}(R_p) \quad (d_c = D_c) \dots\dots\dots (7)$$

いま砥石の原点 O_s によって削られる架空の点を考えると、この点の z 座標 f_{z0s} は、式(1)～(4)の添字 b を省いた式を $r_s=0, z_s=0$ のもとで解いたときの f_z の値として求められ、これが切込み深さ d_c にかかわらず一定であることから、次式が得られる。

$$z_c = (D_c - d_c) \sin \theta_A \tan j_A + z_{c0} \quad (d_c = d_{c1} \sim D_c) \dots\dots\dots (8)$$

砥石作業面と背面による二つのねじ面は、3・1節の最後に述べたねじ面の開始点を共有することで関係づけられる。すなわち式(5)、(6)において $-f_{z0} + z_c = f_{z0b} - z_{cb}$ でありこれから z_{cb} が次式で求められる。

$$z_{cb} = f_{z0b} + f_{z0} - z_c \quad (d_c = d_{c1} \sim D_c) \dots\dots\dots (9)$$

2章の図3(9)で用いられる向かいの仕上げねじ面 $z_b(r_p)$ は、式(5)の $z_H(r_p)$ を用いて、

$$z_b(r_p) = -z_H(r_p) + P/2 \quad (r_p = r_{p0} \sim R) \dots\dots\dots (10)$$

で求められる。

4. 砥石干渉チェックと最適な砥石退避量の決定

全行程における $g_{fmin}(d_c)$ と $g_{bmin}(d_c)$ を総合的に判断して、全行程に対する最適な砥石退避量 $w_d(d_c)$ を求める。判定条件は、まず必要条件として、(i)作業面および背面における干渉がないこと、次に研削実行の段取り節約のため、(ii)行程間における退避量 $w_d(d_c)$ の変化の回数が少ないこと、そして、(iii)なるべく $w_d(d_c) = 0$ であることとする。

(i)の前提条件として、2章・図3の(7)における仕上げ面最小間げき $g_{fmin}(d_c)$ が負の場合には砥石をねじの軸方向に規準位置から $-g_{fmin}(d_c)$ 以上退避させる必要があり、そのために図3(9)における背面最小間げき $g_{bmin}(d_c)$ がこの退避量よりも大きい必要がある。これにねじ面上に加工変質層等の影響を残さないための仕上げ面安全間げき ϵ_f と、砥石背面の寸法誤差や向かいの仕上げねじ面の研削しろ等を考慮した背面安全間げき ϵ_b を設けて、 $g_{fmin}(d_c) + g_{bmin}(d_c) < \epsilon_f + \epsilon_b$ の場合に研削不能と判定する。ただし $d_c = D_c$ においては ϵ_f を考慮しない。

これらの条件を満足する退避量が求められ、しかもアルゴリズムが簡単な経路探索法として、以下に述べる垂直降選法と名付けた方法を開発した。本方法による探索過程とその有効性を明確にするため、 $g_{fmin}(d_c)$ と $g_{bmin}(d_c)$ の分布が複雑な場合を想定した例を図5(a)に示した。

(1) 下降パラメータ i を用い、 $i=0$ すなわち切込み $d_{ci} = d_{c0} = 0$ における退避量の初期値を $w_d(0) = 0$

(a) 上限値を超えたとき (b) 上限値を超えたとき (c) 上限値を超えたとき (複雑なとき下限値を用いる) (複雑なとき上限値を用いる) 分布を想定した場合

図5 垂直降選法による経路探索過程の例

と置く。これは上記(iii)のためである。

(2) 下降パラメータ i を増加(切込みを増加)させ、新たな退避量に以前の値を $w_d(d_{ci}) = w_d(d_{ci-1})$ とコピーし、上記(i)の条件

$$-g_{fmin}(d_{ci}) + \epsilon_f \leq w_d(d_{ci}) \leq g_{bmin}(d_{ci}) - \epsilon_b \quad (d_{ci} < D_c)$$

$$-g_{fmin}(d_{ci}) \leq w_d(d_{ci}) \leq g_{bmin}(d_{ci}) - \epsilon_b \quad (d_{ci} = D_c) \dots\dots\dots (11)$$

をチェックする。ここで

(3-a) 式(11)を満足する場合はそのまま(2)を繰返す[垂直下降、図5(a)の②、③、⑤、⑨]。

(3-b) 式(11)を満足しない場合はその上限値あるいは下限値に合せて退避量を修正する[図5(a)①、④、⑥、⑩]。ここで図5の(b)と(c)の比較から明らかなように、上限の不満足の場合にも下限値に合せて $w_d(d_{ci}) = -g_f(d_{ci}) + \epsilon_f$ と修正するのが有利である。修正の後、遡行パラメータ j を $j=i$ とおいて(4)へ進む(遡行開始、同⑥)。

(4) 遡行パラメータ j を減少(切込みを減少)させた上で $w_d(d_{ci})$ の代わりに $w'_d(d_{ci}) = w_d(d_{cj+1})$ を用いて式(11)のチェックをする。

(5-a) 式(11)を満足する場合は $w_d(d_{ci}) = w'_d(d_{ci})$ と置き換え、(4)を繰返す(垂直遡行、同⑦)。

(5-b) 式(11)を満足しない場合は(2)へ戻る(遡行の限界、同④、⑧)。

図5(a)の例では、始めに③、④、⑤、⑥と曲折していたものが、垂直遡行の結果②、⑧、⑩となって上記(ii)が実現されていることがわかる。

5. 結 果

始めに本チェックシステムの作動状況を明確に示す例として、既報⁽¹⁾で実際に研削されたメートル台形ね

表 1 砥石の作業面と背面の寸法

Wheels	JIS	WA	CBN
R_s	50mm	50mm	50mm
β	23°	23°	23°
R_{s1}	45mm	40mm	38.5mm
R_{s2}	25mm	25mm	25mm
B	2.5mm	1.3mm	0.8mm
β_1	14°	14°	14°

(a) 砥石背面によるねじ面を砥石軸方向から透視した等高線図 ($d_c = D_c$)

(b) 砥石干渉

(c) 最適砥石退避量 w_d 図 6 最適砥石軸角 $j_c = 7.9^\circ$, $\psi = -8.6^\circ$ における砥石干渉チェックの結果 [Tr52×12 ($\alpha_n = 15^\circ$, $R_p = 45.6$ mm, $P = 12$ mm) 12号さら形 WA 砥石 (図 4, 表 1 参照) $D_c = 6.8$ mm]

じ Tr52×12 を, 12 号さら形砥石で研削した例についての結果を示す。砥石は予備研削用に WA 砥石, 仕上げ研削用に CBN 砥石を用いており, 表 1 に示したように両者とも作業面寸法は JIS の規定どおりであるが背面の寸法が異なっている (図 4 参照)。図 6 は 12 号さら形の WA 砥石による結果であり, 図 6 (a) は最終切込みにおける砥石背面によるねじ面を砥石軸方向から透視した等高線図であり, 円弧は砥石外周の一部を表し連なった小円は研削点を表す。作業面 [既報⁽¹⁾の図 7 (a)] における研削点がほぼ円すいの母線に沿っていたのに対し, 背面では縁の平面上に斜めに連なっていることがわかる。

図 6 (b) は仕上げねじ面および向かいの仕上げねじ面 (ハッチング) に対する砥石作業面と背面によるねじ

(a) 高さ誤差 e_H と角度誤差 e_A の分布

(b) 砥石干渉

(c) 最適砥石退避量 w_d 図 7 最適砥石軸角 $j_c = 5.7^\circ$, $\psi = -23.4^\circ$ における砥石干渉チェックの結果 [Tr52×12 ($\alpha_n = 0^\circ$, $R_p = 45.6$ mm, $P = 12$ mm) 12号さら形 WA 砥石 (図 4, 表 1 参照) $D_c = 6.8$ mm]

面の干渉を, 各切込み深さについて z 軸平面上で表したものである。既報において実際に削られたとおり, 仕上げ面最小間げき g_{fmin} および背面最小間げき g_{bmin} はともに十分に大きく, 干渉していない。仕上げ面安全間げきと背面安全間げきを $\varepsilon_f = 0.1$ mm, $\varepsilon_b = 0.3$ mm とした場合の最適砥石退避量 [図 6 (c)] も全行程を通じて $w_d(d_c) = 0$ であり, 砥石を退避させる必要がなかったことが裏付けられた。また引き続いてなされた 12 号 CBN 砥石による仕上げ研削では, 図示していないが干渉はなく, g_{bmin} は図 6 (c) よりさらに大きく, 同じく全行程を通じて $w_d(d_c) = 0$ である。

次に本ねじ研削法の特徴の一つである通常の方法では研削が困難なより小さな圧力角をもつねじの研削が可能なことと, 本チェックシステムの有効性を実証するために, 図 6 と同じ Tr52×12 の圧力角のみを 0° に変更したものを同じ 12 号さら形の WA および CBN 砥石で研削した。このねじの歯形はもはや台形ではなく形であり, 通常のねじ研削法では不可能に近いと思われる。これに対するコンピュータ支援の結果, $j_A = 24.0^\circ$, $\theta_A = -75.8^\circ$ すなわち最適砥石軸角として傾き角 $j_c = 5.7^\circ$, 旋回角 $\psi = -23.4^\circ$ が選択された。図 7 は最適砥石軸角におけるシミュレーションと砥石干渉チェックの結果を示したもので, 図 7 (a) は高さ誤差 e_H と角度誤差 e_A の分布を示したものである。最大高さ誤差 $e_{Hmax} = 2.97$ μ m は, 圧力角 15° における e_{Hmax}

図 8 研削された圧力角 0° のメートル台形ねじ Tr52×12 (12号 WA 砥石で予備研削後, 同 CBN 砥石で仕上げ研削)

$=0.16 \mu\text{m}$ [既報⁽¹⁾の図 7 (b)] と圧力角 7° における $e_{H\max}=0.22 \mu\text{m}$ (既報の図 10) に比べて大きく, 圧力角の減少による精度の低下が顕著である。しかし 3 形研削による圧力角 15° の $e_{H\max}=5.52 \mu\text{m}$ (既報の図 9) に比べてほぼ 2 倍の精度である。

図 7 (b) は 12 号 WA 砥石による干渉を示したものである。仕上げ面において干渉が生じ, それが切込み初期におけるほど大きいことがわかる。これに対する最適砥石退避量 [図 7 (c)] は全行程を通じて $w_d(d_c)=0.526 \text{ mm}$ である。なお図示してないが, 仕上げ用の 12 号 CBN 砥石については, $g_{b\min}$ が全体に大きいだけの違いであり, 砥石退避量は WA 砥石と同じである。

以上のコンピュータ支援の結果に従って砥石軸の傾きを設定し, 砥石退避量を上記の値に固定したまま d_c を増加させながら研削を行い, 最終行程 $d_c=6.8 \text{ mm}$ において退避量 0.526 mm だけ z 方向に切込みを加えて仕上げの研削を行った。図 8 は研削されたねじの異なる視点からの外観であるが, 圧力角 0° のねじ面が生成されていることがわかる。

次にさらに厳しい条件における本チェックシステムの動作を示すため, ピッチのより小さいメートル台形ねじ Tr28×8 を, 縁厚さ U がより大きい 12 号さら形 JIS 砥石で研削する場合を想定した結果を図 9 に示した。図 9 (a) に示したように実際の干渉は生じないが, 図 9 (b) に示されるように最終行程 $d_c=4.8 \text{ mm}$ において背面安全間隔 $\epsilon_b=0.3 \text{ mm}$ を満足できずに研削不能となることがわかる。なお図 9 中の * 印は研削可能な最後の行程とそのときの砥石退避量を表す。

さらに厳しい条件として図 9 と同じ Tr18×8 の圧力角のみを 0° に変更したものを同じ 12 号 JIS 砥石で

(a) 砥石干渉 (b) 最適砥石退避量 w_d

図 9 Tr28×8 ($\alpha_n=15^\circ$) と 12 号 JIS 砥石における干渉チェックの結果 ($D_c=4.8 \text{ mm}$)

(a) 砥石干渉 (b) 最適砥石退避量 w_d

図 10 Tr28×8 ($\alpha_n=0^\circ$) と 12 号 JIS 砥石における干渉チェックの結果 ($D_c=4.8 \text{ mm}$)

研削する場合を図 10 に示した。図 10 (a) のように最終行程において砥石背面が干渉し, 図 10 (b) のように $d_c=2 \text{ mm}$ までで研削が不可能となることがわかる。

6. 結 言

本論文では, すでに開発した総形ドレッシングを要しないコンピュータ支援ねじ研削システムをより有効にするため, 砥石の干渉をあらかじめ検出して砥石の退避量を決定するためのチェックシステムを付加することについて述べ, その有効性を明らかにした。その結果, 通常のねじ研削法では不可能に近いような低圧力角のねじも, 決定された砥石退避量を用いて高い精度で研削できることがわかった。さらに研削不可能な条件があらかじめ検知できることも確認された。

本研究の遂行にあたり実験等に協力いただいた修士課程学生, 城戸勉君 (現, INAX), 足永浩君, 妹尾英樹君に感謝の意を表す。

文 献

- (1) 鍵和田, 機論, 58-545, C(1992), 283.
- (2) 両角・岸, 精密機械, 48-4(1982), 503.
- (3) JIS B 1723, (1977), 17.