

進み角の大きいウォームのピッチ円直径の 測定に用いる最大ローラ径について

両角 宗晴* 八重島公郎**
(昭和55年9月12日受理)

On the Maximum Roll Diameters Used for Measurement of the Pitch Diameters of the Worm Screw Threads with a Large Lead Angle

Muneharu MOROZUMI and Kōrō YAEJIMA

The present paper deals with the maximum roll diameters used for measurement of the pitch diameters of the type-1 screw worm, the type-2 chased worm and the type-3 milled worm, which have one or multi-start threads with a large lead angle, in measuring screw threads by the over-roll-measurement.

The maximum roll diameters that touch the spiral with the outside diameter of the worm on the screw surface are calculated. The obtained results are tabulated.

1 緒 言

精密ねじの有効径測定には三針法が多く用いられるが、この場合ねじみぞに挿入された針の頂がねじ山頂すれすれになるような針径を最小針径と呼び、また針径が太くなって針がねじの外径つる巻線でねじ側面に接触するような針径を最大針径と呼び、測定針はこの最小針径と最大針径の間の針径のものでなければならず、理想的には、有効径の測定値がねじ山半角の誤差の影響を受けないようにねじの基準有効径の所で針が接触するような針径、すなわち最適針径の針を用いることが望ましい。筆者らはローラを用いて三針法によりウォームのピッチ円直径を測定することを考え、1形ウォーム、2形ウォームおよび3形ウォームのような進み角の大きいウォームのピッチ円直径測定における最適ローラ径と最小ローラ径をそれぞれ明らかにした。¹⁾²⁾³⁾ 本論文においては、1形ウォーム、2形ウォームおよび3形ウォームの最大ローラ径を計算するための理論式を導き、これら諸式を用いて最大ローラ径表を作成した。

* 精密工学教室 教授

** 精密工学教室 助手

2 最大ローラ径 ($2c_{\max}$) の求め方

2.1 1形ウォームの最大ローラ径

いまウォームの軸断面におけるねじ山形が任意の形状を有するピッチ P 、条数 n 、リード $l (=nP)$ 、歯末のたけはウォームの軸方向モジュール $m_a (=P/\pi)$ に等しく、歯元のたけは $1.2m_a$ に等しく、軸断面上で基準ピッチ円半径 r_c におけるねじ山の幅が $P/2$ なる

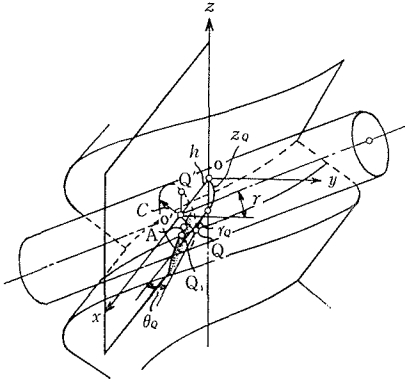


Fig. 1 Contact of a measuring roll with worm thread flanks

右ねじれのウォームのねじみぞに、半径 c なるローラを挿入し、図1に示すごとくウォーム軸を z 軸とし、ウォーム軸とローラ軸との最短距離を x 軸が通るような x, y, z 座標軸を定め、その原点を o とし、ローラ軸と x 軸との交点を o' とする。この場合ローラはねじ側面と Q 点および Q' 点で点接触し、 Q 点におけるねじ面への法線と Q' 点におけるねじ面への法線は、いずれもローラ軸上の点 o' を通り、三角形 $Qo'Q'$ はローラ軸に垂直な平面となる。いまウォーム軸とローラ軸との最短距離 $oo' = h$ を半径とし、

リード l なる o' 点を通るつる巻線を考え、このつる巻線の進み角を γ とするとローラ軸は o' においてこのつる巻線に接し、ローラ軸は y 軸に対して γ なる角をなす。図1に示すごとく、 x, y, z 座標軸に対する Q 点の位置は、ウォーム軸からの距離 r_Q 、偏角 θ_Q および z 座標 z_Q で表される。いま Q 点とウォーム軸を含む平面におけるねじ山形の Q 点における軸断面圧力角を α_Q とすれば、 z_Q と θ_Q は次式から計算される。⁴⁾

$$z_Q = -\frac{c}{\sqrt{\sec^2 \alpha_Q + \left(\frac{l}{2\pi r_Q}\right)^2}}, \quad (1)$$

$$\tan \theta_Q = \frac{\frac{l}{2\pi r_Q}}{\tan \alpha_Q - \frac{r_Q}{z_Q}}. \quad (2)$$

いま接触点 Q を通るねじ面上のつる巻線が xz 平面と交わる点を Q_1 とすると、 Q_1 点はねじ面の xz 平面による軸断面輪郭上の点であり、その z 座標 z_{Q_1} は $z_{Q_1} = z_Q - \frac{l}{2\pi} \theta_Q$ となる。しかるにこの軸断面輪郭上で、ウォーム軸から基準ピッチ円半径 r_c なる距離にある点を A とすると、軸断面上で A 点におけるねじ山の幅は $P/2$ であるから、 $z_A = -P/4$ であり、 Q_1 点と A 点との z 座標の差は

$$z_A - z_{Q_1} = -\frac{P}{4} - z_Q + \frac{l}{2\pi} \theta_Q$$

となる。いまねじ山形上の A 点における軸断面圧力角を α_{mc} とすれば次式を得る。

$$r_Q = r_c + \left(-\frac{P}{4} - z_Q + \frac{l}{2\pi}\theta_Q \right) \cot \frac{\alpha_{mc} + \alpha_Q}{2}, \quad (3)$$

または

$$z_Q = -(r_Q - r_c) \tan \frac{\alpha_{mc} + \alpha_Q}{2} - \frac{P}{4} + \frac{l}{2\pi}\theta_Q. \quad (4)$$

式(4)を式(2)に代入して z_Q を消去すると

$$\tan \theta_Q = \frac{\frac{l}{2\pi r_Q}}{\tan \alpha_Q + \frac{r_Q}{(r_Q - r_c) \tan \frac{\alpha_{mc} + \alpha_Q}{2} + \frac{P}{4} - \frac{l}{2\pi}\theta_Q}}. \quad (5)$$

なお式(1)を変形して次式を得る。

$$2c = -2z_Q \sqrt{\sec^2 \alpha_Q + \left(\frac{l}{2\pi r_Q} \right)^2}. \quad (6)$$

1形ウォームのねじ山形は三角形であり、ねじのフランクは直線である。そしてねじ山半角を α_a とすると、 $\alpha_Q = \alpha_{mc} = \alpha_a (=20^\circ)$ であり、1形ウォームの最大ローラ径 $2c_{\max}$ は(4)、(5)、(6)において $r_Q = r_k$ 、 $\theta_Q = \theta_k$ とおいて次式から求められる。

$$z_k = -(r_k - r_c) \tan \alpha_a - \frac{P}{4} + \frac{l}{2\pi}\theta_k, \quad (4')$$

$$\tan \theta_k = \frac{\frac{l}{2\pi r_k}}{\tan \alpha_a + \frac{r_k}{(r_k - r_c) \tan \alpha_a + \frac{P}{4} - \frac{l}{2\pi}\theta_k}}, \quad (5')$$

$$2c_{\max} = -2z_k \sqrt{\sec^2 \alpha_a + \left(\frac{l}{2\pi r_k} \right)^2}. \quad (6')$$

すなわち式(5')の反復法により θ_k を求め、この θ_k を式(4')に代入して z_k を求め、この z_k を式(6')に代入して $2c_{\max}$ を求めることができる。

2.2 2形ウォームの最大ローラ径

2形ウォームは図2に示すごとく、直線バイトの上面をねじみぞ中央を通る基準ピッチの巻線に直角になるようにウォーム軸に対してウォームの進み角 β_c だけ傾けて取付けて、旋盤などで加工されたねじ面であり、バイトの圧力角 $\alpha_c = 20^\circ$ と定めている。そして軸断面上で基準ピッチ円半径 r_c におけるねじ山の幅は $P/2$ である。さて2形ウォー

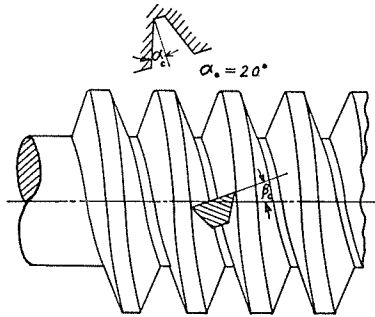


Fig. 2 Thread cutting of the type-2 chased worm thread ($\alpha_c = 20^\circ$)

ムのねじみぞに半径 c なるローラを挿入した場合、図 1 に示すごとく、ローラはねじ面と Q , Q' で点接触し式 (4), (5), (6) が成立する。この場合式 (4), (5), (6) における α_Q と α_{mc} はつぎのようにして計算される。⁵⁾

$$\tan \alpha_Q = \frac{r_Q \tan \alpha_c \cos \beta_c + \frac{r_c}{r_Q} \tan \beta_c (r_c \tan \alpha_c \cos \varphi_{0c} \sin \beta_c - r_c \sin \varphi_{0c})}{\rho(1 + \tan^2 \alpha_c \sin^2 \beta_c) + r_c \cos \varphi_{0c} (1 + \tan \alpha_c \tan \varphi_{0c} \sin \beta_c)}, \quad (7)$$

$$\text{ただし } \tan \beta_c = \frac{l}{2\pi r_c}, \quad (8)$$

$$\sin \varphi_{0c} = \left(\frac{P}{4r_c} - \varphi_{0c} \tan \beta_c \right) \tan \beta_c, \quad (9)$$

$$\rho = \frac{-r_c \cos \varphi_{0c} (1 + \tan \alpha_c \tan \varphi_{0c} \sin \beta_c) + \sqrt{r_c^2 \cos^2 \varphi_{0c} (1 + \tan^2 \alpha_c \sin^2 \beta_c) + (r_Q^2 - r_c^2) (1 + \tan^2 \alpha_c \sin^2 \beta_c)}}{\tan \alpha_c \tan \varphi_{0c} \sin \beta_c}. \quad (10)$$

いま式(10)で $r_Q = r_c$ とおけば $\rho = 0$ となり、式(7)において $r_Q = r_c$, $\rho = 0$ とすることにより $\alpha_Q (= \alpha_{mc})$ が得られる。すなわち

$$\tan \alpha_{mc} = \frac{\cos \beta_c + \tan \beta_c (\sin \beta_c \cos \varphi_{0c} - \cot \alpha_c \sin \varphi_{0c})}{\sin \beta_c \sin \varphi_{0c} + \cot \alpha_c \cos \varphi_{0c}}. \quad (11)$$

ただし φ_{0c} は式(9)を用いて反復法により求める。さて 2 形ウォームの最大ローラ径 $2c_{\max}$ を求めるには、式(8)により β_c を求め、式(9)の反復法により φ_{0c} を求め、式(10)において $r_Q = r_k$ において $\rho (= \rho_k)$ を求め、この ρ を式(7)の ρ に代入し、かつ $r_Q = r_k$ として $\alpha_Q (= \alpha_k)$ を得る。そしてこれら α_{mc} と α_k を次式に代入する。

$$z_k = -(r_k - r_c) \tan \frac{\alpha_{mc} + \alpha_k}{2} - \frac{P}{4} + \frac{l}{2\pi} \theta_k, \quad (4'')$$

$$\tan \theta_k = \frac{\frac{l}{2\pi r_k}}{\tan \alpha_k + \frac{r_k}{(r_k - r_c) \tan \frac{\alpha_{mc} + \alpha_k}{2} + \frac{P}{4} - \frac{l}{2\pi} \theta_k}}, \quad (5'')$$

$$2c_{\max} = -2z_k \sqrt{\sec^2 \alpha_k + \left(\frac{l}{2\pi r_k}\right)^2}. \quad (6'')$$

すなわち、式(5'')の反復法により θ_k を求め、この θ_k を式(4'')に代入して z_k を求め、この z_k を式(6'')に代入して $2c_{\max}$ を求めることができる。

2.3 3形ウォームの最大ローラ径

3形ウォームは図3に示すごとく、紡錘形フライスまたは砥石の回転軸を、ウォーム軸に対してウォームの進み角 β_c だけ傾けてウォームの左右両ねじ面を同時に加工したねじであり、工具圧力角 $\alpha_c = 20^\circ$ と定めている。そして軸断面上で基準ピッチ円半径 r_c におけるねじ山の幅は $P/2$ である。3形ウォームのねじみぞに半径 c なるローラを挿入した場合、図1に示すごとく、ローラは左右のねじ面と点 Q 、 Q' で点接触し、式(4)、(5)、(6)が成立し、これより式(4'')、(5'')、(6'')が得られる。式中の α_{mc} と α_k は次式を用いて計算される。⁶⁾ この場合紡錘形工具のピッチ円筒半径を ρ_c 、外半径を ρ_a 、ウォームの歯底円半径を r_b とすると、ウォーム軸と工具軸との最短距離 a は

$$a = r_c + \rho_c (= r_b + \rho_a). \quad (12)$$

$$\text{そして} \quad \rho_c = \rho_a - 1.2m_a. \quad (13)$$

$$\sin \varphi_{0c} = \left(\frac{P}{4r_c} - \varphi_{0c} \tan \beta_c \right) \tan \beta_c \times \frac{\frac{l}{2\pi} + r_c \cot \beta_c \cos \varphi_{0c}}{\frac{l}{2\pi} - r_c \tan \beta_c \cos \varphi_{0c} + \frac{a}{\sin \beta_c \cos \beta_c}}, \quad (14)$$

$$\rho_0 = \sqrt{(a - r_c \cos \varphi_{0c})^2 + \left\{ -r_c \sin \varphi_{0c} \cos \beta_c + \left(\frac{P}{4} - \frac{l}{2\pi} \varphi_{0c} \right) \sin \beta_c \right\}^2}, \quad (15)$$

$$z_0 = -r_c \sin \varphi_{0c} \sin \beta_c + \left(-\frac{P}{4} + \frac{l}{2\pi} \varphi_{0c} \right) \cos \beta_c, \quad (16)$$

$$\tan \lambda = \frac{\rho \sin \theta \cos \beta_c + \{z_0 + (\rho - \rho_0) \tan \alpha_c\} \sin \beta_c}{a - \rho \cos \theta}, \quad (17)$$

$$\rho = \left[a \cos \theta + \sin \beta_c (-z_0 + \rho_0 \tan \alpha_c) (\tan \alpha_c \sin \beta_c + \cos \beta_c \sin \theta) \right]$$

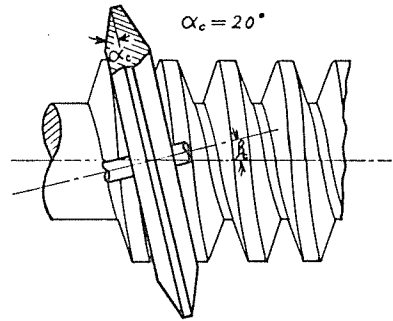


Fig. 3 Thread cutting of the type-3 milled worm thread ($\alpha_c = 20^\circ$)

Table 1 Maximum roll diameters used for measurement of pitch diameters of type-1 archimedean worm screw threads and type-2 chased worm screw threads ($2C_{max}$ mm)

m_a	d_c	d_k	$P(=\pi m_a)$	n	$l(=np)$	$2C_{max}$	
						type-1	type-2
1.00	16.0	18.0	3.141593	1	3.141593	2.442392	2.442798
				2	6.283185	2.430872	2.432529
				3	9.424778	2.411995	2.415838
				4	12.566371	2.386226	2.393318
1.25	18.0	20.5	3.926991	1	3.926991	3.052048	3.052438
				2	7.853982	3.034874	3.036516
				3	11.780972	3.006821	3.010795
				4	15.707963	2.968700	2.976393
1.60	22.4	25.6	5.026548	1	5.026548	3.906265	3.906705
				2	10.053096	3.883235	3.885115
				3	15.079645	3.845651	3.850304
				4	20.106193	3.794646	3.803867
2.00	25.0	29.0	6.283185	1	6.283185	4.880840	4.880940
				2	12.566371	4.846213	4.846909
				3	18.849556	4.789929	4.792516
				4	25.132741	4.713996	4.720844
2.50	31.5	36.5	7.853982	1	7.853982	6.101239	6.101415
				2	15.707963	6.058507	6.059564
				3	23.561945	5.998030	5.992627
				4	31.415927	5.895256	5.904341
3.15	35.5	41.8	9.896017	1	9.896017	7.683970	7.683053
				2	19.792034	7.619641	7.616800
				3	29.688051	7.515523	7.511955
				4	39.584067	7.375918	7.375702
4.00	45.0	53.0	12.566371	1	12.566371	9.757345	9.756151
				2	25.132741	9.675430	9.671716
				3	37.699112	9.542859	9.538125
				4	50.265482	9.365124	9.364557
5.00	56.0	66.0	15.707963	1	15.707963	12.196434	12.194849
				2	31.415927	12.093320	12.088340
				3	47.123890	11.926472	11.919903
				4	62.831853	11.702847	11.701207
6.30	63.0	75.6	19.792034	1	19.792034	15.358905	15.353112
				2	39.584067	15.203984	15.183946
				3	59.376101	14.954643	14.920076
				4	79.168135	14.623024	14.583820
8.00	80.0	96.0	25.132741	1	25.132741	19.503372	19.496015
				2	50.265482	19.306646	19.281201
				3	75.398224	18.990023	18.946128
				4	100.530965	18.568919	18.519137
10.00	90.0	110.0	31.415927	1	31.415927	24.364536	24.346857
				2	62.831853	24.076198	24.014056
				3	94.247780	23.614735	23.503115
				4	125.663706	23.005950	22.865616
12.50	112.0	137.0	39.269908	1	39.269908	30.454838	30.432196
				2	78.539816	30.092017	30.012410
				3	117.809725	29.511497	29.368405
				4	157.079633	28.745925	28.565669
16.00	140.0	172.0	50.265482	1	50.265482	38.976420	38.943543
				2	100.530965	38.495384	38.379696
				3	150.796447	37.726769	37.518202
				4	201.061930	36.715129	36.450096
20.00	160.0	200.0	62.831853	1	62.831853	48.691257	48.627707
				2	125.663706	48.005957	47.782649
				3	188.495559	46.916951	46.513506
				4	251.327412	45.494819	44.974531
25.00	200.0	250.0	78.539816	1	78.539816	60.864072	60.784634
				2	157.079633	60.007446	59.728311
				3	235.619449	58.646189	58.141882
				4	314.159265	56.868524	56.218164

Table 2 Maximum roll diameters used for measurement of pitch diameters of type-3 milled worm screw threads
(2C_{max} mm)

m _a	d _c	d _x	k/n										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.00	16.0	18.0	1			2.445425	2.445647	2.445794	2.445900	2.445979	2.446041	2.446090	2.446131
			2			2.442880	2.443760	2.444347	2.444767	2.445081	2.445326	2.445522	2.445682
			3			2.438560	2.440514	2.441819	2.442751	2.443451	2.443995	2.444451	2.444788
			4			2.432363	2.435773	2.438053	2.439684	2.440908	2.441861	2.442623	2.443248
1.25	18.0	20.5	1			3.056827	3.057207	3.057461	3.057642	3.057778	3.057884	3.057968	3.058037
			2			3.053755	3.055260	3.056264	3.056982	3.057520	3.057939	3.058274	3.058548
			3			3.048438	3.051770	3.053994	3.055585	3.056778	3.057707	3.058450	3.059058
			4			3.040622	3.046414	3.050287	3.053058	3.055159	3.056759	3.058055	3.059116
1.60	22.4	25.6	1		3.911891	3.912773	3.913302	3.913655	3.913907	3.914097	3.914244	3.914361	3.914458
			2		3.905439	3.908926	3.911021	3.912419	3.913418	3.914167	3.914750	3.915216	3.915598
			3		3.894522	3.902217	3.906850	3.909944	3.912156	3.913816	3.915107	3.916141	3.916986
			4		3.878937	3.892261	3.900305	3.905685	3.909534	3.912425	3.914675	3.916475	3.917949
2.00	25.0	29.0	1		4.889716	4.891263	4.892192	4.892812	4.893254	4.893586	4.893844	4.894050	4.894219
			2		4.881136	4.887236	4.890903	4.893349	4.895097	4.896408	4.897428	4.898244	4.898911
			3		4.866409	4.879810	4.887884	4.893276	4.897131	4.900024	4.902275	4.904077	4.905550
			4		4.845013	4.868074	4.882016	4.891345	4.898022	4.903037	4.906940	4.910064	4.912621
2.50	31.5	36.5	1		6.112154	6.114043	6.115177	6.115933	6.116473	6.116878	6.117193	6.117445	
			2		6.101467	6.108915	6.113391	6.116377	6.118511	6.120111	6.121357	6.122353	
			3		6.083147	6.099513	6.109372	6.115957	6.120665	6.124198	6.126947	6.129147	
			4		6.056570	6.084746	6.101780	6.113176	6.121333	6.127459	6.132227	6.136044	
3.15	35.5	41.8	1		7.701212	7.704534	7.706529	7.707858	7.708808	7.709521	7.710075		
			2		7.687250	7.700304	7.708152	7.715388	7.717129	7.719935	7.722118		
			3		7.662769	7.691300	7.708500	7.719991	7.728207	7.734373	7.739170		
			4		7.626308	7.675075	7.704605	7.724377	7.738532	7.749164	7.757440		
4.00	45.0	53.0	1	9.770848	9.779317	9.783558	9.786103	9.787801	9.789013	9.789923			
			2	9.728459	9.761582	9.778244	9.788262	9.794945	9.799721	9.803303			
			3	9.658646	9.730469	9.766885	9.788839	9.803505	9.813992	9.821862			
			4	9.562721	9.684109	9.746346	9.784032	9.809265	9.827332	9.840900			
5.00	56.0	66.0	1	12.213417	12.224145	12.229517	12.232742	12.234892	12.236428				
			2	12.160009	12.201958	12.223062	12.235750	12.244215	12.250264				
			3	12.072056	12.162991	12.209102	12.236902	12.255474	12.268754				
			4	11.951227	12.104850	12.183632	12.231341	12.263286	12.286157				
6.30	63.0	75.6	1	15.383663	15.402618	15.412113	15.417814						
			2	15.300882	15.374586	15.411727	15.434063						
			3	15.165047	15.323387	15.403982	15.452622						
			4	14.979453	15.243757	15.380235	15.463071						
8.00	80.0	96.0	1	19.534810	19.558880	19.570938	19.578176						
			2	19.429691	19.523284	19.570447	19.598811						
			3	19.257203	19.458269	19.560611	19.622377						
			4	19.021528	19.357152	19.530457	19.635646						
10.00	90.0	110.0	1	24.408396	24.449577	24.470217							
			2	24.247368	24.406460	24.486789							
			3	23.984665	24.322923	24.495893							
			4	23.628665	24.185645	24.475658							
12.50	112.0	137.0	1	30.509880	30.562043	30.588188							
			2	30.306802	30.508261	30.609991							
			3	29.975605	30.403731	30.622706							
			4	29.526981	30.231491	30.598468							
16.00	140.0	172.0	1	39.048289	39.119940								
			2	38.775681	39.051940								
			3	38.331889	38.917416								
			4	37.732224	38.692404								
20.00	160.0	200.0	1	48.786181	48.903082								
			2	48.375739	48.823257								
			3	47.713454	48.651340								
			4	46.828944	48.344709								
25.00	200.0	250.0	1	60.982726	61.128853								
			2	60.469673	61.029071								
			3	59.641818	60.814175								
			4	58.536180	60.430886								

$$\begin{aligned}
& - [r^2 \{(\tan \alpha_c \sin \beta_c + \cos \beta_c \sin \theta)^2 + \cos^2 \theta\} \\
& - \{\sin \beta_c \cos \theta(-z_0 + \rho_0 \tan \alpha_c) - a(\tan \alpha_c \sin \beta_c + \cos \beta_c \sin \theta)^2\}^{\frac{1}{2}}] \\
& \times \{\cos^2 \theta + (\tan \alpha_c \sin \beta_c + \cos \beta_c \sin \theta)^2\}^{-1}, \tag{18}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sin \theta = & \left[(a - r_c) \tan \alpha_c (r_c \tan \beta_c + a \cot \beta_c) - \{\rho \sec^2 \alpha_c \right. \\
& - (-z_0 + \rho_0) \tan \alpha_c \} \left[\{\rho \sec^2 \alpha_c - (-z_0 + \rho_0 \tan \alpha_c) \tan \alpha_c\}^2 \right. \\
& \left. \left. + (r_c \tan \beta_c + a \cot \beta_c)^2 \tan^2 \alpha_c - (a - r_c)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right] \\
& \times \left[\{\rho \sec^2 \alpha_c - (-z_0 + \rho_0 \tan \alpha_c) \tan \alpha_c\}^2 + (r_c \tan \beta_c + a \cot \beta_c)^2 \tan^2 \right. \\
& \left. \alpha_c \right]^{-1}, \tag{19}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tan \alpha = & -r \left[(\sin \theta \sin \beta_c - \tan \alpha_c \cos \beta_c) \{(a - r_c) \cos \alpha_c \sin \theta \right. \\
& - (r_c \tan \beta_c + a \cot \beta_c) \sin \alpha_c \} \cos \alpha_c + \rho \cos^3 \theta \sin \beta_c \\
& + (r_c \tan \beta_c \cos^2 \lambda) (a - \rho \cos \theta)^{-1} [\rho \tan \lambda \sin \theta \cos^2 \theta \\
& - \rho \cos \beta_c \cos^3 \theta - (\tan \lambda \cos \theta + \sin \theta \cos \beta_c + \tan \alpha_c \sin \beta_c) \\
& \left. \times \{(a - r_c) \cos \alpha_c \sin \theta - (r_c \tan \beta_c + a \cot \beta_c) \sin \alpha_c\} \cos \alpha_c \right] \\
& \times \left[\{a \cos \theta - \rho \cos^2 \theta - \rho \sin^2 \theta \cos^2 \beta_c - (z_0 + 2\rho \tan \alpha_c - \rho_0 \tan \alpha_c) \times \right. \\
& \left. \sin \theta \sin \beta_c \cos \beta_c - z_0 \tan \alpha_c \sin^2 \beta_c - (\rho - \rho_0) \tan^2 \alpha_c \sin^2 \beta_c \right] \\
& \times \{(a - r_c) \cos \alpha_c \sin \theta - (r_c \tan \beta_c + a \cot \beta_c) \sin \alpha_c\} \cos \alpha_c \\
& - a\rho \sin \theta \cos^2 \theta + \rho^2 \sin \theta \cos^3 \theta \sin^2 \beta_c \\
& - \{z_0 + (\rho - \rho_0) \tan \alpha_c\} \rho \cos^3 \theta \sin \beta_c \cos \beta_c \}^{-1}. \tag{20}
\end{aligned}$$

式(20)から α_{mc} を求めるには、まず式(14)により反復法を用いて φ_{0c} を求め、式(15)より ρ_0 、式(16)より z_0 を求め、式(18)で $r=r_c$ とおき、はじめ $\theta=0$ とおいて $\rho(\rho_c)$ の第1近似値を求め、この ρ_c を式(19)の ρ に代入して $\theta(=\theta_c)$ を求め、この θ_c を式(18)に用いて ρ_c の第2近似値を求め、このようにして式(18)と(19)の連立反復法により ρ_c と θ_c の安定値を求める。この ρ_c と θ_c を式(17)の ρ と θ に代入して $\lambda(=\lambda_c)$ を求める。つぎに式(20)において $r=r_c$ とし、式中の ρ 、 θ 、 λ に上記 ρ_c 、 θ_c 、 λ_c を代入すれば $\alpha = \alpha_{mc}$ が得られる。またウォームの歯末における軸断面圧力角 α_k を求めるには、式(18)で $r=r_k$ とおき、上と同じ方法により ρ_k 、 θ_k 、 λ_k を求め、式(20)において $r=r_k$ とし、式中の ρ 、 θ 、 λ に ρ_k 、 θ_k 、 λ_k を代入して α_k を求めることができる。このようにして求めた α_{mc} と α_k を式(5'') に代入して、反復法により θ_k を求め、この θ_k を式(4'') に代入して z_k を求め、この z_k を式(6'') に代入して $2c_{\max}$ を求めることができる。

3 結 言

1形ウォーム、2形ウォームおよび3形ウォームのように進み角の大きいウォームの三針法によるピッチ円直径の測定に使用する最大ローラ径を計算するための厳密理論式を導き、これら最大ローラ径表を作成した。

文 献

- 1) 両角宗晴，八重島公郎：進み角の大きい三角ねじおよびインボリュートねじの有効径測定に用いる最適針径について，信州大学工学部紀要，第42号(昭52-7)，p. 1.
- 2) 両角宗晴：進み角の大きい2形ウォームの有効径測定に用いる最適針径について，信州大学工学

部紀要第45号(昭53-12), p. 89.

- 3) 両角宗晴：進み角の大きい3形ウォームのピッチ円直径の測定に用いる最適ローラ径について，信州大学工学部紀要，第48号(昭55-7)，p. 15.
- 4) W. H. Harrison：Analysis of Screw Thread Measurement, Machinist, 96 April 19, (1952) 602.
- 5) 両角宗晴：進み角の大きい2形ウォームの有効径測定用三針法計算式，精密機械，45巻4号(昭54-4) p. 493.
- 6) 両角宗晴：進み角の大きい3形ウォームのピッチ円直径測定用オーバーローラ計算式について，精密機械，46巻8号(昭55-8) p. 990.