精紡機における管系外径の計算*

(昭和34年6月24日受理) 会 員 山 本 弥 吉**

——→ 摘 要 ←——

研 究 目 的

精紡機の巻上り管系の糸層の外径を比較的簡便な計算によって算出する一方法について考え、綿糸紡出の場合の2, 3の実例をあけて実測値と比較検討してみようとするものである。

研 究 結 果

(1) 計 算 式

第 n 番目の糸層 (詳細は本文参照) の平均厚さ t_n は

$$t_n = \frac{m}{a + d + 2(t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1})}$$

ただし m は

$$m = \frac{a^2 \sqrt{L^2 - (2l)^2}}{\pi l}$$

第 n 番目の糸層の平均外径 D_n は

$$D_n = d + 2 \sum_{i=1}^n t_i \\ = \sqrt{4mn + (a+d)d} - a/2$$

て表わされる。ここに a 紡出糸の直径 d 木管の直径, l リンク レールの昇降距離, L リンク レール1往復中に巻取られる紡出糸の長さである。

(2) 本式により求めた計算値は、実用上実測値にはほぼ一致するとみられる。

(3) 本式によれば、紡出糸の番手、木管、リンク径の変更等に応じて直ちに所要のノエーパ チェンノ ホイールの歯数選定かてき、この場合の満管糸の全長を知ることか可能である。

1. ま え か き

リンク精紡機において、巻上りの管系外径をいくらにするかは主としてリングの径により決定され、そのリング径で巻きうる最大径にするのか普通である。紡績工場においては、紡出糸の番手 (およびスピントル回転数とトラベラ等) に応じてほとんど経験的に適当な歯数のノエーパ チェンノ ホイールの交換を行なっているようである。ことにリンク径を変えて紡出しようとする場合においては、このときの歯数の選定やさらには満管糸のハング数 (出来高) を直ちに、しかも相当正確に予測することはかなりむずかしいであろう。

このためにリンク精紡機においてコノブ形成の課程を解析して、ある与えられた条件の下においてき上げる管

系の形状寸法を計算によって相当精密にかつ容易に求めようとする目的で、実際の機台について後述するような計算式により数値計算して得た計算値と、これと同じ条件下で紡出し得られた管系の外径、巻取長さ、糸層数などを実例した値とを比較し、計算式の信頼度を確かめその実用性を検討してみようとするものである¹⁾。

したがって計算の対象となるものは、主としてリンクレールの昇降運動によって形成される管系糸層の厚みとこの糸層の外径である。

2. 糸層の厚さとその外径との関係

まず計算式を導くために管系の巻取中を通して次の仮定 (条件) を設ける。

1) 紡出糸の太さ (平均直径) か一様である。

* Calculation of the Package Diameter of Cops on Ring Spinning Frame

** Y. Yamamoto, Member 株式会社石川製作所

(第 1 図)

- 2) リンク レールの行程長が一定である。
- 3) リンク レールの 1 行程 (1 往復) 当り紡出される糸の送出長さ、または管糸の巻取長さか常に一定量である。

外径 d 、長さ l なる円筒に直径 a なる太さの糸を N 回巻きつけるとき、この糸層の平均厚み (以下厚みと呼ぶ) t 次のごとく表わされるものとする。第 1 図を参照して

$$aN \cdot a = l \cdot t \text{ より}$$

$$t = \frac{a^2 N}{l} \dots \dots \dots (1)$$

ただし $aN \leq l$ であり $aN = l$ すなわち密着巻きつけの場合は $t = a$ となる。また巻きつけのピッチは特に考慮に入れないが、糸を何層にも巻く場合は各層すべて同一の巻き方をするものとする。(1) 式よりこの糸層の平均直径は

$$D = d + 2t \dots \dots \dots (2)$$

であり、精紡機の場合一般にリンク レールの上昇速度と下降速度とは異なっているから、今リンク レールの 1 往復によってできる糸層を便宜上 1 層 (実際には 2 層となる) と考えることとする。巻きつけられた糸の全長を L とすれば

$$L = \sqrt{\{\pi (a+d) N\}^2 + (2l)^2} \dots \dots \dots (3)$$

てあって (1) および (3) 式より

$$t = \frac{a^2 \sqrt{L^2 - (2l)^2}}{\pi (a+d) l} \dots \dots \dots (4)$$

で表わされる。ここで $a^2 \sqrt{L^2 - (2l)^2} / \pi l = m$ とすれば m は機台と紡出糸の直径 (すなわち番手) による定数である。

以上のような考え方で、木管に巻きつけてゆく糸層の第 1 層目、第 2 層目、……第 n 層目の厚みとその外径をそれぞれ $t_1, t_2, \dots, t_n$ および $D_1, D_2, \dots, D_n$ とすれば、次のことと表わすことかできる。

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= m / (a+d) \\ t_2 &= m / (a+d+2t_1) \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} &\dots \dots \dots \\ t_n &= m / \{a+d+2(t_1+t_2+\dots+t_{n-1})\} \end{aligned} \right\} \dots \dots (5)$$

$$\left. \begin{aligned} D_1 &= d + 2t_1 \\ D_2 &= d + 2(t_1+t_2) \\ &\dots \dots \dots \\ D_n &= d + 2(t_1+t_2+\dots+t_n) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

記号の説明

- a : 紡糸直径
- d : 木管 (一般に巻心をさすか総称して木管と呼ぶことにする) の直径あるいは糸層数 $n=0$ における糸層の外径 (D_0 にあたる)
- D_n 第 n 層目の糸層の平均外径
- l : リンク レールの昇降距離 (行程長)。
- L : リンク レール 1 往復に巻取られる 紡糸長。ギヤリンクより計算できる (糸層 1 層の糸長)
- m : $a^2 \sqrt{L^2 - (2l)^2} / \pi l$
- n : リンク レール 1 往復に巻取られててくる糸層を 1 として数えた糸層数
- t_n : 第 n 層目の糸層の平均厚さ

3. 管糸形状の計算と実測

第 2 図に示すように、管糸形状を描くためには木管の軸方向の送り量か与えられねばならない。この大きさを求めるには、機台の各部品寸法とシェーパ チェンシ

ィールの歯数を調べて計算すればよいが、送り量が常に一定とみなされる範囲内では次の方法によった方がよい。管糸の巻付高さか H_0 であるときの紡出糸の全長 A_0 または糸層数 n_0 が測定できれば、送り量 S は次の式で求められる。

$$\begin{aligned} S &= \frac{L(H_0-l)}{A_0} \\ \text{または } S &= \frac{H_0-l}{n_0} \dots (7) \end{aligned}$$

なお、巻付高さか H である場合の糸の全長および糸層数は比例的に容易に求めることができる。またこの管糸か最大外径に達するのは、巻始めてから巻付高さか $2l$ となったときであって、管糸底部より l の距離の点である。このときの糸層数を

(第 2 図)

$\bar{n}$ とすれば

$$\bar{n} = \frac{l n_0}{H_0 - l} = \frac{l}{S} \dots \dots \dots (8)$$

である。ただし木管の形状が管糸外形に影響するから、
このことを考慮に入れる必要がある。次に実際の機台に
ついて計算した結果を示そう。

(1) 機台の概要

紡 出 糸	綿 30, 40's
リ フ ト	178 mm
リ ン ク 径	41 mm
フロント ローラ径	25 mm
撚 数	23.2 t/25.4 mm

(2) 式の諸元

a: 30's 糸	0.193 mm (32.9 grain)
40's 糸	0.167 mm (24.7 grain)
マルシックの計算式により求めたものである	
d: 第 3 図に示す	
l: 最大 (中央部)	41.2 mm
最小 (底部および頂部)	40.0 mm
平均	40.6 mm
L: 5.16 × 10 ³ mm (撚縮み 5% 見込む)	
S: 0.238 mm ((7)式) 実測	
$\bar{n}$ 168 層 ((8)式) 実測	
m 30's 糸	 2 m = 3.00 (l = 40.6)

(第 1 表) 綿糸 30's 糸層数とその外径の関係

糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)
0	20.000	34	24.562	68	28.392	101	31.672	135	34.738	169	37.549
1	149	35	683	69	497	102	776	136	824	170	629
2	297	36	804	70	601	103	860	137	910	171	708
3	443	37	924	71	705	104	954	138	996	172	787
4	588	38	25.043	72	809	105	32.047	139	35.081	173	866
5	732	39	161	73	912	106	140	140	166	174	945
6	875	40	280	74	29.015	107	233	141	251	175	38.024
7	21.018	41	398	75	118	108	326	142	336	176	103
8	160	42	515	76	220	109	418	143	420	177	181
9	301	43	632	77	322	110	510	144	504	178	259
10	441	44	748	78	424	111	602	145	588	179	337
11	580	45	864	79	525	112	694	146	672	180	415
12	718	46	979	80	626	113	785	147	756	181	493
13	855	47	26.094	81	727	114	876	148	839	182	571
14	991	48	208	82	827	115	967	149	922	183	648
15	22.126	49	322	83	927	116	33.058	150	36.005	184	725
16	270	50	435	84	30.027	117	148	151	088	185	802
17	403	51	548	85	126	118	238	152	171	186	879
18	536	52	660	86	225	119	328	153	253	187	956
19	668	53	772	87	324	120	418	154	335	188	39.033
20	799	54	883	88	422	121	508	155	417	189	109
21	929	55	994	89	520	122	597	156	499	190	185
22	23.059	56	27.104	90	618	123	686	157	581	191	261
23	188	57	214	91	715	124	775	158	663	192	337
24	316	58	323	92	812	125	864	159	744	193	413
25	444	59	432	93	909	126	952	160	825	194	489
26	571	60	540	94	31.005	127	34.040	161	906	195	565
27	697	61	648	95	101	128	128	162	987	196	640
28	822	62	756	96	197	129	216	163	37.068	197	715
29	947	63	863	97	293	130	304	164	149	198	790
30	24.071	64	970	98	388	131	391	165	229	199	865
31	195	65	28.076	99	483	132	478	166	309	200	940
32	318	66	182	100	578	133	565	167	389		
33	440	67	287			134	652	168	469

(第 3 図)

40's 糸 $2m=2.25$ ($l=40.6$)

(3) 計 算 値

計算は (5), (6) 式に上記の諸値を代入すればよいのであるが, 一応 $d=20$, $n=200$ として求めた. この結果は第 1, 2 表に示す通りである. またこれをグラフに表わしたのが第 4 図である. 糸層数の増加に対する管

糸の外径の増大の関係がわかると思う.

(4) 実測値との比較

実測は綿糸の紡出の場合を例にとり, 管糸のハンク数増加に対する管糸外径の大きさを調べる目的で次のように行なった. すなわちこの関係を見出すためには, 管糸外径が巻始めてから最大径に達するまで, 換言すれば管糸のリフト (巻付高さ) が $2l$ となる間において, 巻始めよりハンク数増加ごとに管糸底部よりの高さ l の位置の糸層の外径を測定すればよい. 第 3 表および第 5 図にこの結果と計算値とを対照して示す. 計算値は第 1, 2 表を利用し, この表で $D=21.7$ のところを $n=0$ と考えればよい.

(第 2 表) 綿糸 40's 糸層数とその外径の関係

糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)	糸層数	糸層外径 (mm)
0	20.000	34	23.498	68	26.545	101	29.199	135	31.701	169	34.020
1	112	35	593	69	629	102	275	136	772	170	086
2	223	36	688	70	713	103	351	137	842	171	152
3	333	37	782	71	797	104	427	138	912	172	218
4	443	38	876	72	881	105	503	139	982	173	283
5	552	39	970	73	964	106	579	140	32.052	174	348
6	661	40	24.063	74	27.047	107	655	141	122	175	413
7	769	41	156	75	130	108	730	142	192	176	478
8	877	42	249	76	213	109	805	143	262	177	543
9	984	43	341	77	295	110	880	144	331	178	608
10	21.090	44	443	78	377	111	955	145	400	179	673
11	196	45	525	79	459	112	30.030	146	469	180	738
12	301	46	616	80	541	113	105	147	538	181	802
13	406	47	707	81	622	114	179	148	607	182	866
14	510	48	798	82	703	115	253	149	676	183	930
15	614	49	888	83	784	116	327	150	745	184	994
16	717	50	978	84	864	117	401	151	813	185	35.058
17	820	51	25.068	85	944	118	475	152	881	186	122
18	922	52	157	86	28.024	119	549	153	949	187	186
19	22.024	53	246	87	104	120	622	154	33.017	188	250
20	125	54	335	88	184	121	695	155	085	189	314
21	226	55	424	89	263	122	768	156	153	190	377
22	326	56	512	90	342	123	841	157	221	191	440
23	426	57	600	91	421	124	914	158	288	192	503
24	526	58	687	92	500	125	986	159	355	193	566
25	625	59	774	93	579	126	31.058	160	422	194	629
26	724	60	861	94	657	127	130	161	489	195	692
27	822	61	947	95	735	128	202	162	556	196	755
28	920	62	26.033	96	813	129	274	163	623	197	818
29	23.017	63	119	97	891	130	346	164	690	198	881
30	114	64	205	98	968	131	417	165	756	199	943
31	211	65	290	99	29.045	132	488	166	822	200	36.005
32	307	66	375	100	122	133	559	167	888		
33	403	67	460			134	630	168	954

(第4図) 管系の糸層数増加と糸層の外径の関係を表わすグラフ (第1—2表をグラフに表わしたもの)

(第5図) 第3表をグラフに表わしたもの、ハンク増加に対する管糸外径の関係

(第3表)

ハンク数増加に対する管糸外径の関係

紡出糸 巻取長 (ハンク)	糸層数	30's 糸層外径 (mm)		40's 糸層外径 (mm)	
		計算値	実測値	計算値	実測値
0	0	21.7	21.7	21.7	21.7
0.1	14	23.6	23.5	23.1	23.0
0.2	28	25.3	25.0	24.4	24.2
0.3	43	27.0	26.6	25.8	25.6
0.4	57	28.5	28.2	27.0	27.0
0.5	71	29.9	29.5	28.1	27.7
0.6	85	31.3	31.0	29.2	29.0
0.7	99	32.6	32.2	30.3	30.5
0.8	113	33.9	33.5	31.3	31.2
0.9	127	35.1	34.6	32.3	32.0
1.0	142	36.3	35.8	33.3	33.1
1.1	156	37.5	37.0	34.2	34.0
1.2	170	38.6	38.1	35.1	35.0

4. 糸層外径の計算式

糸層の厚さとその外径の関係はすでに求めた通りであるが、ここでは糸層数 n のときの外径 D_n を直ちに計算する方法について考えよう。計算式はその性質上、精密さよりもあくまで実用的な簡単なものである方が望ましいことは言うまでもない。

第4図のグラフを見ればわかるように、糸層の厚さの増加率は外径の増大と共に漸減する傾向にあって、 D_n と n との間にある関数関係があると考え次のように表わす。

$$D_n = f(a, d, m, n) \dots \dots \dots (9)$$

この式で a, d, m は定数とし、 n が与えられると D_n が求められる。

この関係を見出すために次のような計算を行なう。

(6) 式より

$$D_n = D_0 + 2(t_1 + t_2 + \dots + t_n)$$

であるから

$$\begin{aligned} D_n(a + D_n) &= \{D_0 + 2(t_1 + t_2 + \dots + t_n)\} \\ &\quad \cdot \{a + D_0 + 2(t_1 + t_2 + \dots + t_n)\} \\ &= 2t_1(a + D_0) + 2t_2(a + D_0 + 2t_1) + \dots + \\ &\quad 2t_n(a + D_0 + 2t_1 + 2t_2 + \dots + 2t_{n-1}) \\ &\quad + 2t_1(D_0 + 2t_1) + 2t_2(D_0 + 2t_1 + 2t_2) + \dots + \\ &\quad 2t_n(D_0 + 2t_1 + 2t_2 + \dots + 2t_n) \\ &\quad + D_0(a + D_0) \\ &= 2mn + 2m \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{D_i + a - 2t_i} + D_0(a + D_0) \end{aligned}$$

ここで $a - 2t_i$ は D_i に比べて非常に小さいので無視すると結局

$$D_n(a + D_n) \approx 4mn + D_0(a + D_0) \dots \dots \dots (10)$$

となり、これより D_n について解けば

$$D_n \approx \frac{1}{2} \left[-a \pm \sqrt{a^2 + 8m \left\{ 2n + \frac{(a + D_0) D_0}{2m} \right\}} \right] \dots \dots \dots (11)$$

この式で a^2 はその次の項に比べてごく小さいので省略し複号中正の方をとれば、結局

$$D_n \approx \sqrt{4mn + (a + D_0) D_0} - a/2 \dots \dots \dots (12)$$

か求める式である。 D_0 は $n=0$ のときの外径で木管径 d を $n=0$ にとれば $D_0 = d$ である。

したがって (12) 式を書きかえることによって

$$D_n = \sqrt{4mn + (a + d) d} - a/2 \dots \dots \dots (13)$$

を得る。

(13) 式より D_n を実測することにより逆に a の値を

求めることもできる。この式の誤差は実用上問題とならない位であって (13) 式によって D_n を求めても十分正確な値を得ることかてきよう。

〔応用実例〕

以上において得られた計算式を実際の機台に適用した例を次に掲げてみよう。

ある機台によって綿糸 30's を試紡した結果次の値を得た。(管糸について実測)

- 1) 紡出糸重量 2.23 g/110 m (34.4 grain/120 yd)
- 2) 撚 数 21.6 T/25.4 mm
- 3) シェーパ チェンシ ホィール歯数 85 T
- 4) 紡出糸巻付高さ (リフト) 90.0 mm
- 5) リンク レール昇降距離 (チェス) 45.0 mm

(第 4 表)

糸層数増加に対する管糸外径実測値と計算値との対比を示す

糸 層 数	巻付高さ (mm)	管 糸 外 径 (mm)	
		実 測 値	計 算 値
0	45.0	22.0	22.0
33	49.9	27.8	26.8
69	55.5	32.3	31.2
104	61.4	35.4	35.0
139	67.9	38.5	38.4
174	73.3	42.0	41.5
209	79.0	44.0	44.5
244	84.8	46.8	47.2
269	90.0	49.0	49.1

(第 6 図) 第 4 表をグラフに表したもの、糸層数増加に対する管糸外径、実測値と計算値との対比を示す

- 6) 糸 層 数 269
- 7) 紡出糸の全長 1.74×10^3 m (1 907 yd)
- 8) 木管の径 (リフト 45.0 mm の点) 22.0 mm
- 9) 管糸の外径 49.0 mm

これらの実測値より $\alpha=0.198$, $D_0=22.0$, $l=45.0$, $L=6.47 \times 10^3$ (単位いすれも mm) となるから (12) 式に代入することによって $D_{269}=49.1$ mm および第 4 表と第 6 図に示すとき結果を得る。この値は実測値 49.0 にかなりよく合致していることかわかる。このように機台の関連部品の寸法その他を調べて計算によるよりも、一度試紡しててき上った管糸より糸を解きながらそれぞれ必要な値を実測した方がよいと思われる。そしてこの試紡結果を利用することによって、シェーパ チェンシ ホィールの歯数を変えたときの管糸外径は直ちに算出し得られる。たとえば綿糸 40's を紡出する場合は、シェーパ チェンシ ホィール歯数を 117 枚程度に選ぶことにより、管糸外径は約 49 mm、巻付高さか 203 mm なら満管全長は 11 ハンク程度であることが容易に予測することかてきる。なおこの場合リフト チェンシ ヘールは変えていない。

なお前述の例からもわかるように、実際の機台においては巻付高さの位置により、またワインディング トラムに取付けられたトノクなどの影響でリング レールのストローク長さか多少変るため、このことを考慮して l の値を正確にきめた方がよい。トノクの影響については前掲の第 6 図のグラフをみればよくわかる。100 層目までは実測値か大きく、すなわちコノブ底部かふくらんだ形となっていて、これは l の値か小さいためであらうと思われる。なお計算値は l 一定として求めたものである。また第 5 図の場合はトノクを取り外した機台について行なったものである。

(第 5 表)

管糸外径の (5), (6) 式による計算値と (12) 式による計算値との比較

糸層数	30's 綿 糸		40's 綿 糸	
	第 1 表の値	(12) 式による値	第 2 表の値	(12) 式による値
1	20.149	20.15	20.112	20.11
10	21.441	21.45	21.090	21.09
20	22.799	22.8	22.125	22.1
50	26.435	26.4	24.978	25.0
100	31.578	31.5	29.122	29.1
150	36.005	36.0	32.745	32.7
200	39.940	39.9	36.005	36.0

次に (5), (6) 式より求めた計算値すなわち第 1, 2 表の値と, (13) 式による計算結果とを対照して第 5 表に示す。

5. む す び

以上の結果をみれば了解できるように, 単純な考え方から出発して求めた簡単な計算式によって精紡機の管糸外径が少なくとも実用上かなり満足できる程度の数値が容易に得られることを知った。

すなわち管糸に n 層の糸層が巻かれているときの管糸外径 D_n は次式によって求めることができる。(12) 式より

$$D_n = \sqrt{4mn + (a+d)d} - a/2$$

この計算式を利用すれば, 紡出糸番手, シェーパチェンジホイール歯数, 木管径などを変えた場合の管糸外径と巻取糸長が直ちに求められる。

この計算式における最も重要な因子は紡出糸の直径であって, 計算値の信頼度に影響するゆえこの値を十分適確にはあくする必要がある。紡出糸番手より算出する実験式が種々発表されているが, これらの中で最も適当なものをえらぶためには管糸外径の実測により逆算した方がよいと考えられる。

管糸外径に影響する他の主要な要素は, 糸層の「かたさ」である。これはスピンドル回転速度とトラベラ重量あるいは紡出糸張力に関係するから, これらの因子を含む修正係数を考慮しなければならないが「かたさ」を一

定に保持する限り特に考えないでもすむ。

今後綿糸以外の諸繊維についても検討し, また精紡管糸以外の巻糸層の外径を見出す場合にもこのような考え方を応用してみたいと思っている。終りに拙稿に対して紡績当事者諸賢の御批判と御指導を賜われれば幸いだと思っている。

参 考 文 献

- 1) 山榊: ポリユートホイール式のリング精紡機におけるシェーパホイールの決定法について, 本誌, 4 (昭26-4)
山榊氏が糸層径の計算について詳細に研究されているが, 本稿では簡易かつ実用的な計算の一方法について考えることを目的とした
- 2) たとえば, 新井幸長著: 紡織試験論と実務, ミネルヴァ出版
井谷: 綿糸の直径におよぼす番手および撚りの影響について (第2報), 織学誌, 7, 11 (昭26-11, 12)
- 3) 藤野, 下間, 越馬: 精紡における撚縮み, 本誌, 5 (昭27-8)
- 4) 吉村: 木管糸層の硬さ測定法について (第1報) 織学誌, 11 (昭30-10)
三浦: 巻もどし作業と経管糸の巻き方 (第2報) 本誌, 10 (昭32-10)