梳毛用だ円針の考察*

（昭和34年1月24日受理） 会員 杉山道生**

摘要

研究目的

現在一般に使用されている紡績針は，断面形状が円形もしくは矩形であるが，前者では強度の不足，後者においては繊維に過大な抵抗を与えるという欠陥がある．この欠陥は特に梳毛紡績用トップ コーム ピンにおいて顕著であり，すぐれたトップ コーム ピンを製作するためには断面形状をだ円形にするのが最もよいと推定された．本研究は紡績針中トップ コーム ピンのだ円針について理論的な考察を行ったものである．

研究結果

断面をだ円形にすることにより，繊維に作用する抵抗が平針に比べて約½に減少しほとんど丸針と同じになり，強度は丸針に比べ約2倍となるなど だ円針が従来の丸針，平針に比べて数段すぐれたものであることが確認された．

1. 緒言

われわれの会社では，断面がだ円形の針を製作することによって，従来の丸針あるいは5～6年前より梳毛紡績に使用されだした平針より，数段すぐれた針が得られるだろうと考え，数年前より製作法を研究し，手始めに最も要求性能のたかいトップ コーム ピンを製作した．すなわちトップ コーム ピンは同径のシリンダ ピンと比較して針出し長さが大きく，作用する荷重も大であるため，破損をおこしやすいのである．また一方シリンダ ピンの針列が18列にたいして，トップ コーム ピンでは1列であるため，針が折れたり曲ったりして破損すると，十分均整な整梳作用が期待できなくなるのである．したがって強度をできるだけ大きくする必要があるが，そのためには

$M=\sigma Z$

σ：材料の固有応力（材質，熱処理によりきまる）

Z：断面係数（断面形状によりきまる）

の式よりσ値を高くするか，断面係数を大きくしなければならない．その結果考えられたのが平針であるが，この平針によって1週間程度の寿命を一躍2～3ヶ月にもすることができた．

しかし寿命は長くなったが矩形断面のもたらす結果として，スライバに過大の抵抗が働くようになり，レザの寿命を短くしたり，繊維を切ったりあるいは針間に入ったネップとかバー等の除去に非常に手間が掛かるようになったのである．したがってこれらの欠陥を強度を低下することなく解決できればと考えて製作されたのが，トップ コーム ピンのだ円針である．このだ円針について数社の紡績工場で実用試験を現在行っているが，定性的ではあるがデタッチング ローラの圧を軽減できたとか，針間に付着したネップとかバー等の除去が非常に楽になったという好結果を聞いている．また寿命でも平針とそん色なく3ヶ月以上経過してもまだ使用されている状況である．今回はだ円針の第1報ともいうべき，トップ コーム ピンのだ円針の理論的な考察結果を報告する．

2. 考察

（1） トップ コーム ピンの現状

現在使用されているトップ コーム ピン丸針は，#25×1/16，#26×1/16，27×1/16，#28×1/16 で針密度は 14～26本/cm である．写真1に示したのは #26×1/16 in 20本/cm の針が強度不足により永久ひずみを生じた状態の一例である．

4～5年前より使用されだし現在5～6割の需要を占めている平針は，#21×27×1/16 22本/cm，#21×28×1/16 25本/cm が主たるものである．写真2に示したのは，#21×27×1/16 22本/cm の針の元の方にネップやバーが充満している状態の一例である．

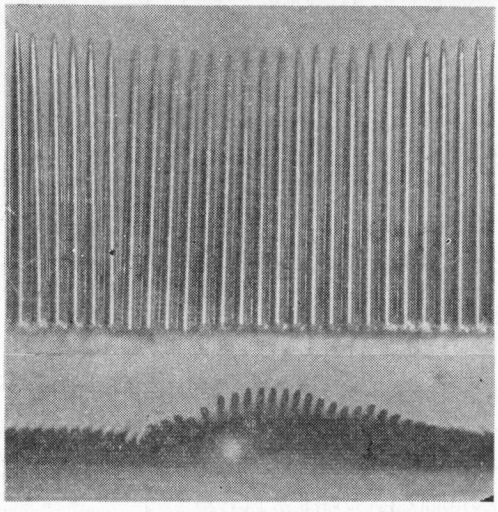
われわれが製作しただ円針は，#21×27×1/16 in 22本/cm で針間のすきが5種類になるよう第1表に示すようなA～E型の5種類の形状のものである．そしてこの5

* Study on Elliptical Pin for Worsted Spinning. 昭和33年11月，本学会東海地方講演会で講演

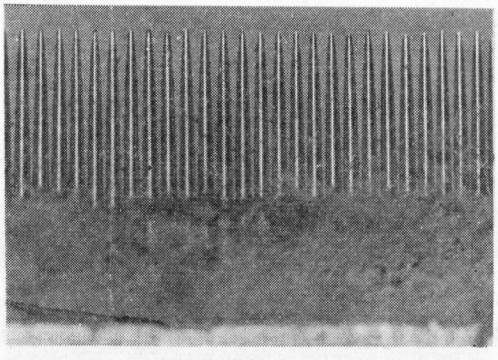
** M. Sugiyama, Member. 中部精工株式会社

（第1表）試作しただ円針の形状

	ピッチ	型	厚さ (mm)				すき間				巾			
			1	3	5	9	1	3	5	9	1	3	5	9
21×27×1/16	22	A	0.26	0.31	0.36	0.455	0.195	0.145	0.095	0	0.35	0.66		0.875
		B	0.295	0.335	0.375	〃	0.16	0.12	0.08	0	〃	〃		〃
		C	0.345	0.38	0.4	〃	0.11	0.082	0.055	0	〃	〃		〃
		D	0.385	0.41	0.42	〃	0.07	0.052	0.035	0	0.385	〃		〃
		E	0.405	0.415	0.43	0.445	0.05	0.04	0.025	0	〃	〃		〃



（写真1） #26×1/16 in 20本/cm の針が使用中破損して永久ひずみを生じた状態



（写真2） #21×27×1/16 in 22本/cm 平針の元の方にネップ バーが充満した状態

種類の針を実際に使用してみた結果 A, B ではすき間が大きすぎ，Eでは少な過ぎ，Cのすき間が最も一般的と思われたので，このC型について更にその形状に検討を加えてみた．

（2） だ円針トップ コーム ピンの形状

トップ コーム ピンを平等強さを有する はり と考えて，だ円針の形状を求めてみた．すなわちスライバにできるだけ刺さりやすいだ円形状が必要であるが，そのためにはできるだけ表面積（＝体積）が小さいことが必要となり，それには平等強さを有した針形状を求めればよいと考えたのである．まずだ円針形状の計算にあたり次のことを確認した．

1）トップ コームがスライバに作用するとき，針先から2 mm はスライバの外に出ており荷重には関知しない．

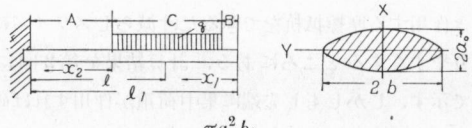
2）スライバは針の先端より約2～7 mm の範囲で外力として作用する．

3）したがって針先より 7 mm から末端までの 2 mm の間（針出長 9 mm の場合）は外力は作用しない．

4）針出長は普通 9 mm が多く採用されている．

5）針が破壊する場合，丸針ではスライバの進行方向に破損することが多いが，だ円針は平針同様厚さ方向に破損する危険がある．したがって厚さ方向，巾方向の両方向の強度を考える必要がある．

以上の考えをもとにまず従来のだ円針で厚さ方向の強度は十分あるかどうかを調べてみた．平等強さの はり の形状を求めるために使用した計算式は次の通りである．



だ円断面係数 $Z=\dfrac{\pi a_0^2 b_0}{4}$

$\sigma=\dfrac{M}{Z}$ 一定 $M=Pl$

自由端から x の断面における曲げモーメントは

$P_x=M_x \quad Z\propto P_x\propto x$

$$a_0^2=\frac{4Z}{\pi b_0}=\frac{4cql}{\pi b_0\sigma}$$

$$\sigma=\frac{4cq\left(x_2+\dfrac{c}{2}\right)}{\pi a^2 b}$$

$$a_0=\sqrt{\frac{4cql}{\pi b_0}\times\frac{\pi a^2 b}{4cq\left(x_2+\frac{c}{2}\right)}}=a\sqrt{\frac{bl}{b_0\left(x_2+\frac{c}{2}\right)}}$$

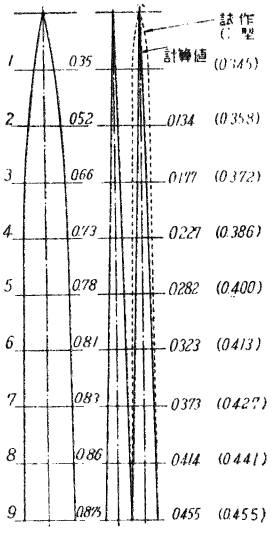
$$a=a_0\sqrt{\frac{b_0\left(x_2+\dfrac{c}{2}\right)}{lb}} \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\sigma_0 = \frac{4qcl_1}{\pi a_0^2 b_0} \qquad \sigma = \frac{4q(x_1-B)^{2}\,½}{\pi a^2 b}$$

$$a = a_0\sqrt{\frac{b_0\,(x_1-B)^{2}\,½}{cl_1\,b}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

（1）式によって A の，（2）式によって C の形状を求める．なお先端 2 mm まで荷重が作用しないとすると，平等強さの はり の形状は 0 となるから，形状計算では針先より 7 mm まで等分布荷重が働くものとして計算した．

この計算式をもちいて，平等強さの厚さ形状を計算した結果が第1図である．点線で示したのが従来のだ円針の厚み形状であって，平等強さの形状にすれば相当に細くすることができる．しかし実際問題としてこのような形状にすれば，針先の方でコーミングされるスライバと，元の方でコーミングされるスライバと針のすき間の変化が大なるため，必ずしも均等な作用がなされず作業上よくないと思われる．したがって厚み形状は強度的に不安は全くないと考えられるから，次に巾形状を検討してみた．すなわちその目的とするところは，先にも述べた通りできるだけ体積を小さくし，針が刺さるとき作用する摩擦抵抗をできるだけ減らしスライバに刺さりやすくするところにある．計算結果を第2図に点線で示す．しかしもし先端に集中荷重が作用すれば破壊する危険が十分にあるから，これに対処して求めた形状を実線で示した．

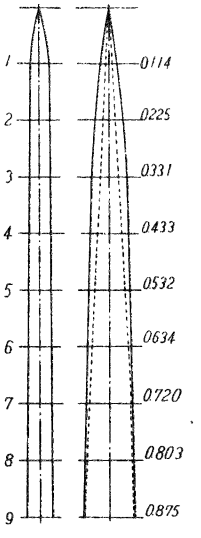


（第1図）
平等強さの厚さ形状

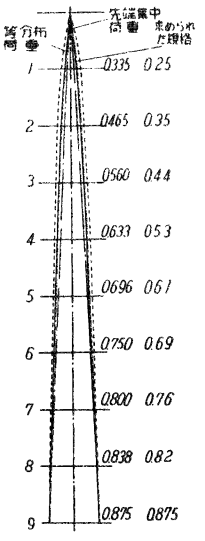
ギル ピンでは針がスライバに刺さりつつあるときにもスライバは進行しているから，先端に集中荷重が働く過程もあるが，トップ コーム ピンの場合はかかることはあまりない．したがってトップ コーム ピンの形状は

1）厚み形状は先端2～7 mm までのすき間の変化が許すかぎり少ないこと．すなわち2～9 mm までを平行のすき間形状とすると，先端2 mm より針先までの形状で段が急激に生じ刺さりやすさが悪くなるから，スムースなテーパを加味することが必要である．

2）巾形状は強度的に考えて余分な肉となるものはできるだけ除き，体積を小さくし刺さりやすくすることが必要である．このとき理想とする荷重分布で形状を求めることは危険であり，またその反面先端に集中荷重が働くときの形状を求めるほどのこともない．したがって両者の中間ぐらいの形状がよい．



（第2図）
平等強さの巾形状



（第3図） 理論的数値をもとにして求めた だ円針巾形状

3）針先の形状はできるだけ刺さりやすいことが必要であり，そのためにはコーミング作用に関知しない2 mm 付近より円形にした方がよい．

4）だ円形より針先の円形に変化する個所はできるだけスムースなことが必要である．

以上の考えをもととして求めた形状が第3図に示したものである．

（3） 摩擦抵抗の考察

トップ コーム ピンの針が繊維にたいして行う動作は，針の関係的運動をもって繊維の長さの方向にこれを接触しつつ移動するのである．この動作において繊維間にからまっているものがあればこれを分離し，繊維に不平行のものがあれば平行化し，短い繊維があれば針の抵抗で進行を阻止しノイルとなし，繊維に密着せる夾雑物を除去し，からまったものの開梳不可能なものは切断することとなる．これを要約すると

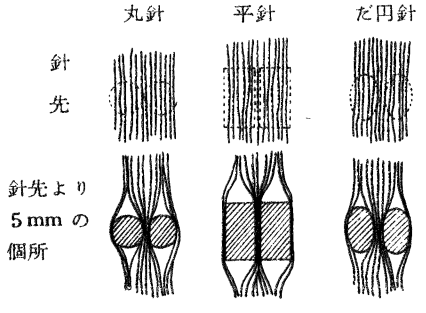
1）繊維に不平行なものがある場合あるいは繊維に夾雑物が付着している場合これを平行化したり，除去したりするときに働く摩擦抵抗

2）繊維のからまっているものをときほぐすために働く分離抵抗

3）ときほぐれない繊維を切るために必要な抵抗すなわち繊維の張力と等しき抵抗

4）針の運動と平行繊維との接触面における摩擦抵抗

以上の4つの抵抗が考えられるが，これについて石倉[1]は製綿機の針について考察を行い，その結果2），3）の抵抗が大であるとし，調帯の張力とむすびつけ，針の整梳作用により繊維に誘起せられる張力は，繊維結合点における解舒抵抗に比例し，針の太さに反比例的なことを認めている．ひるがえってトップ コーム ピンについて考察してみると，製綿機と異なり針が相当に細いこと，針密度が大なること，スライバの整梳度が相当よいこと等より考えて次に述べるような摩擦抵抗を考察した．繊維の太さを 20μ とし，針の先端の間隔が 0.455 mm (22本/cm) とすると，その間に5本の繊維が入ったとき針の刺さりが進行すると，針先より 5.0 mm の個所ではすき間が 0.055 mm となるから，すき間の上下の方向に繊維が逃げるとしても，繊維の占める面積の4倍ぐらいの空間があったのがほとんどなくなってしまうのである．第4図はこの状態を模型的に図示したものである．



（第4図） 先端より5 mm の断面におけるスライバの模型的な状態

コンデンスされたスライバは本来の性質によりもとに復さんとする．この場合に完全な弾性体と考えれば，圧縮された面積が垂直力 p となって働くのである．このような仮定のもとに丸針，平針およびだ円針の摩擦抵抗を比較した．なお繊維は流体とは異なり針の周囲を全部とり囲むことはありえず，針の前後に針の形状に応じて空間ができるはずである．そしてその空間はあたかもそこに針の面積が占めているように繊維は圧縮され，その分だけ接触部の p を増すこととなる．この大きさは平針が最も大で次いで丸針，だ円針の順序となることが容易に考えられる．45° に繊維が開いて針に作用すると仮定して，1本の針がスライバに影響するスライバ変形量および摩擦抵抗比を各針について求めた結果が第2表である．平針の摩擦抵抗が最も大で，丸針とだ円針とはほとんど差がない．なお本考察で繊維束が完全な弾性体であると仮定したが，実際ではかかることはありえないのであって，圧縮に伴いかなりの deformation をおこすのである．したがって定量的な比較は困難であるが，トップ コーム ピンにおいては，*PLB* 広巾で約1200本の針がありしかもスライバに関与する針長さも針先から2～7 mm にもわたるから，わずかな摩擦抵抗の数値的な違いでも大きく影響すると考える．したがって平針の摩擦抵抗は丸針，だ円針に比べて約2倍ぐらい大きく，丸針とだ円針との抵抗はさほど違わないと定性的な判断をしても差しつかえないと考える．

（第2表） 丸針，平針，だ円針の摩擦抵抗の比較

	スライバ変形量 (mm²)	比 (摩擦抵抗)
丸針	0.248	1
だ円針	0.257	1.0
平針	0.497	2.0

次に考えられるのは，針のすき間の元の方に充満したネップとかバーの除去の問題である．特にこの問題はコーマの稼動時間等の作業能率に関係するのであり，平針使用工場で現在問題にしているものの一つが，丸針に比べてバー，ネップの除去困難なことである．先に考察した第4図および第2表の結果より当然うなずけるのであり，だ円針がこの点でも平針より数段すぐれていると考える．事実だ円針を試用している紡績工場では，このことを明らかに確認しているのである．

（4） 強度および刺さりやすさについての考察

丸針，平針およびだ円針のおのおのの断面係数を求めて，σ を一定として強度を求めた．第3表左側はその結果を示したもので，スライバの進行方向にたいしてだ円

（第3表） 丸針，平針，だ円針の強度および刺さりやすさの比較

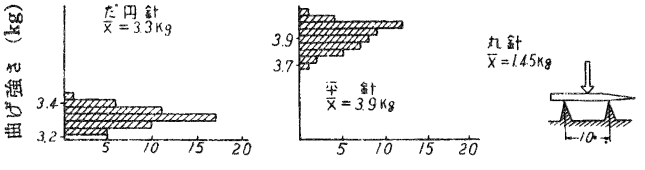
		断面係数 ($\times 1/10^7$ cm³)	強度比	体積 (mm³)	刺さりやすさ比
丸針	X-X 軸	86	1 (0.15)	0.467	1 (0.39)
	Y-Y 軸	86	1 (0.28)		
だ円針	X-X 軸	341	3.96(0.59)	0.938	2.0(0.78)
	Y-Y 軸	177	2.06(0.59)		
平針	X-X 軸	580	6.74(1)	1.194	2.6(1)
	Y-Y 軸	302	3.51(1)		

針は丸針の約4倍厚さ方向にたいして2倍になる．この値は平針に比べてやや劣るが，垂直圧力 p を考慮すると平針とほとんどそん色ない．

刺さりやすさの難易は体積にかなり依存するものであるという考え方を先に述べたが，この点を丸，平，だ円の3者の針について比較した．その結果が第3表右側で丸針に比べだ円針は2.0倍，平針は2.6倍刺さりにくいと判断される．

（5） 折角度その他試験方法の考察

破壊した場合針が曲ったり折れたりすることは，コーミングのむらとなるため非常にきらわれている．丸針では先に述べたように断面係数 Z による強度不足のために破壊しやすくまた σ を向上するような熱処理をすると，破壊状態がむらとなりやすい[2]．したがって丸針では σ を高くしてさらに破壊状態の均一を計らねばならないが，だ円針では形状的に破壊がきわめて起りにくいから，破壊後の状態すなわち折角度を中心に考えるよりも曲げ強度を中心にした検査法がよい．第5図はスパン10 mm中央集中荷重で曲げ試験を行った結果を平針と比較して示したものである．



（第5図） 丸針，平針およびだ円針の曲げ試験結果

3. 結　　論

トップ コーム ピンのだ円針形状を力学的な立場より考察し，さらに刺さりやすいということを加味して考究した．そしてこの形状をもととして摩擦抵抗，強度，刺さりやすさについて定性的に丸針，平針との比較を行い，さらに今後のだ円針の試験方法について言及した．

その考察結果をまとめて述べると

（1） 平等強さの考えよりだ円針形状を求めると，従来の形状より相当シャープにすることができる．

（2） 曲げ荷重に関与しない針先2 mm付近は刺さりやすくするという意味で円形の方がよい．

（3） だ円針の摩擦抵抗は平針の½で丸針とほとんど変らない．

（4） 断面係数より推定した強度比は平針より約40%弱く丸針より約4～2倍強い．

（5） しかし作用する荷重の大きさを加味して，平針と強度を比較するとほとんどそん色ない．

（6） この点は実際の運転結果にも現われ，平針と寿命はほとんど変らない．

（7） 刺さりやすさは丸針が最もよく，次いでだ円針で平針が最も悪い．

（8） だ円針の品質試験には従来の折損角反試験に変って曲げ試験がよい．

以上がだ円針を理論的に考察した結果である．

引用文献

1） 石倉；繊工誌，4，485 (1938)
2） 杉山；金属誌，21，498 (1957)