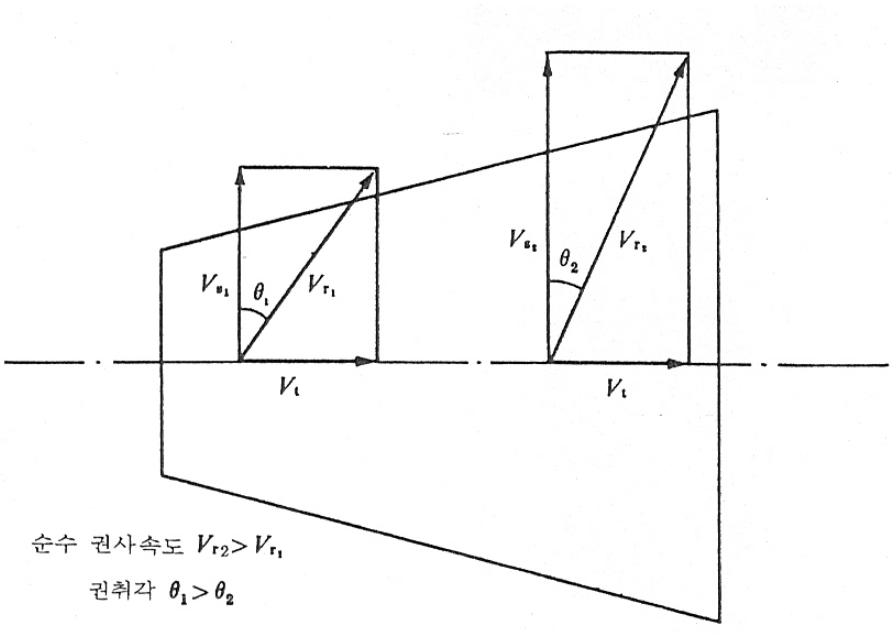
섬유수학

- 원사 준비(yarn preparation) (3) -

4. 콘 권사(cone winding)

4.1 개 요

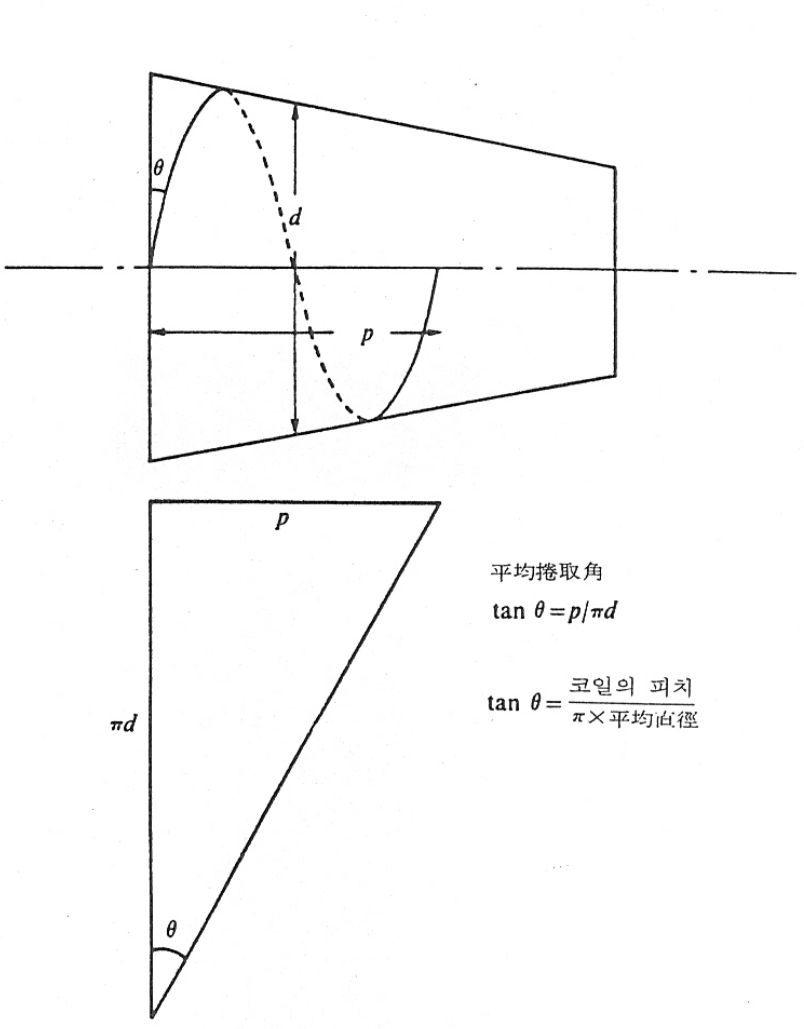
앞에서 치즈(cheese)라고 불리는 원통형 패키지(cylindrical package)의 제조에 관해 이론적으로 다루었는데, 원뿔형 패키지(conical package)의 성형원리도 이론적으로는 원통형 패키지와 흡사하하다. 그러나 수학적이론이 원통형 패키지보다 훨신 복잡하다. 이렇게 복잡할 수 밖에 없는 중요한 요인은 콘이라고 불리우는 원뿔형 패키지가 인체(rigid body)이며 회전속도에 대한 표면속도가 콘 부위마다 각기 다르다는 점이다. <그림 9>는 트래버스속도가 일정할 때, 콘의 각 부위에서 순수권사속도와 권취각이 어떻게 변화되는가를 나타내고 있다(이 그림은 펀 권사에 대한 권사속도와 권취각의 변화를 증명하는데 도움이 됨)



<그림 9> 콘 패키지에 있어서의 순수 권사속도

4.2 평균 권취각(average angle of wind)

<그림 10>에서 처럼 평균 권취각은 콘은 전개하여 측정한 평균직경 즉, 코일의 피치(pitch)를 따라 중간이 되는 지점에서 직경을 측정함으로써 구할 수 있다. 이와 같은 개념은 그릇됐다는 비난을 받을 여지가 많지만 평균 권취각을 측정하기 위해서는 훌륭한 개념이다.

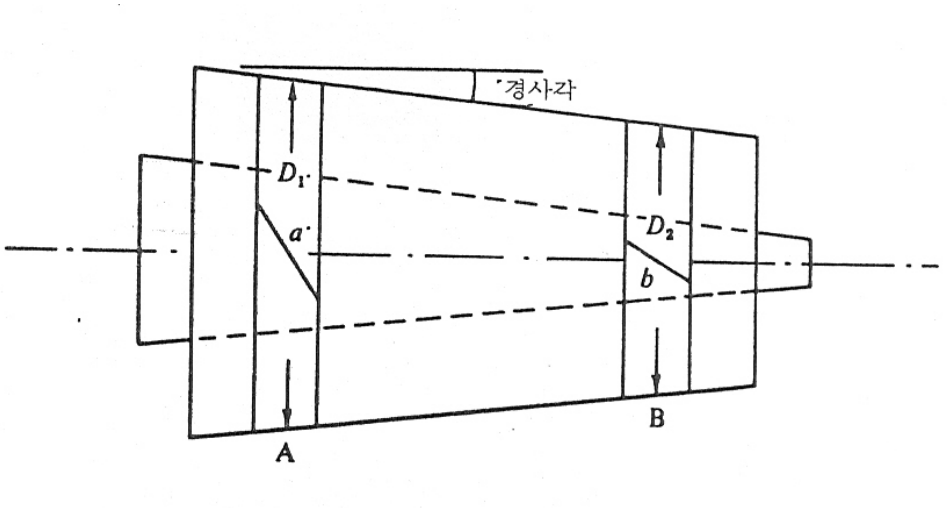


<그림 10> 콘 표면에서의 평균 권취각

4.3 콘 직경의 균일한 증가

고속정경이나 고속의 송출속도를 요하는 공정에서 필요로 하는 콘은 일반적으로 경사각(taper angle)을 약 6° 정도로 작게 하고 콘이 형성됨에 다라 <그림 11>

의 콘을 보면 직경이 각각 D_1, D_2인 동일한 폭의 구간(strip)이 표시되어 있다. 2개의 구간내에 감겨지는 실이 각각 같은 속도로 권취되기 위해서는 구간 A, B에 감겨지는 실의 양이 D_1/D_2에 비례해야 한다.



<그림 11> 일정한 경사각을 이루고 있는 원뿔형 패키지의 권취(즉, 균일한 성형)

2개의 구간 폭을 가로질러 감긴 실의 길이를 a와 b라고 하면 다음과 같은 식이 성립된다.

$$\frac{a}{b} = \frac{D_1}{D_2}$$

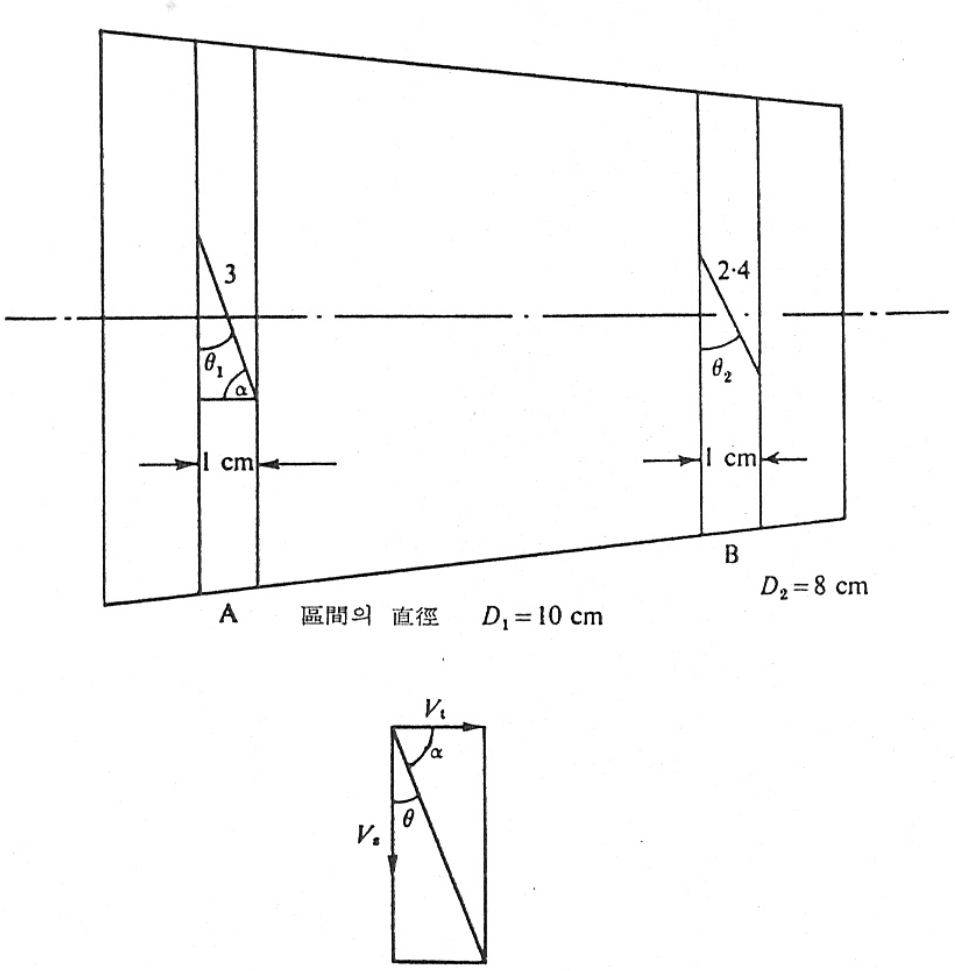
분명히 a와 b는 A와 B에서의 권취각에 비례하며, 권취각은 콘의 표면속도와 트래버스속도에 의해 조절된다. 콘의 표면속도는 분명히 콘 부위에 따라 다르다. 그러나 과연 트래버스속도는 얀 가이드가 콘을 가로 질러 감에 따라 변하게 되겠는가를 생각해 보자. <그림 12>에 콘 콘에 2개의 구간이 표시되어 있으며 A구간의 직경은 10cm이고, B구간의 직경은 8cm이다. 그리고 이들 구간의 폭은 모두 1cm로 동일하며 콘은 nrpm의 속도로 회전한다. 만약 A구간에 감겨진 실의 길이가 3cm라고 한다면 구간 A와 B의 직경이 동일하게 증가하기 위해서는 B구간에 감겨지는 실의 길이는 $3\times 8/10$ 즉, 2.4cm가 되어야 한다. $\sin\theta_1 = 1/3 = 0.333$이므로 A구간

에서의 권취각 θ_1은 19°27′이 된다. 따라서, B구간에서의 V_t는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Vt = n\pi \times 8 \times \tan 24°37'$$

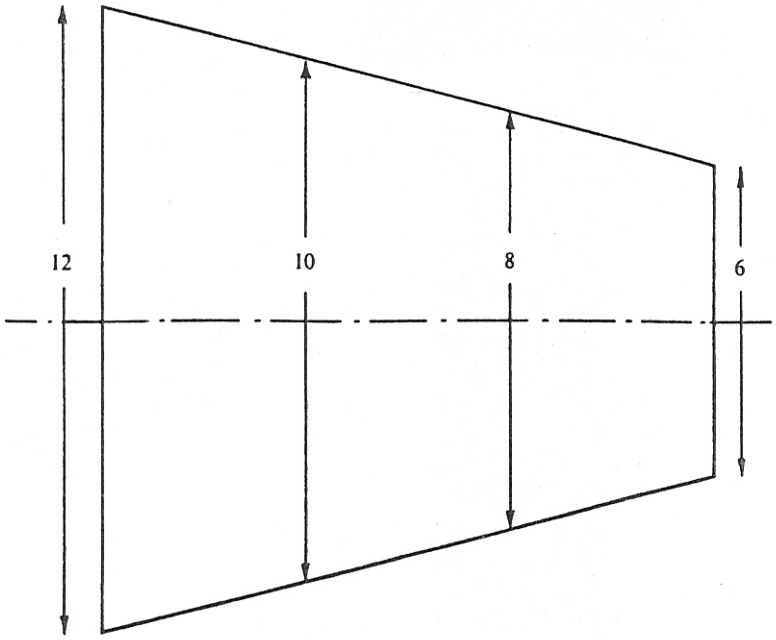
$$= n\pi \times 8 \times 0.4582$$

$$= 11.52n \text{ cm/min}$$



<그림 12> 균일한 코의 성형

<표 2>에는<그림 13>과 같은 형태의 콘에 대해 콘의 직경이 변함에 따라 요구되는 권취각과 트래버스속도를 수치화한 것으로 <그림 13>에 나타난 콘의 경사각은 앞서 <그림 12>에서의 콘 경사각과 비슷하다.

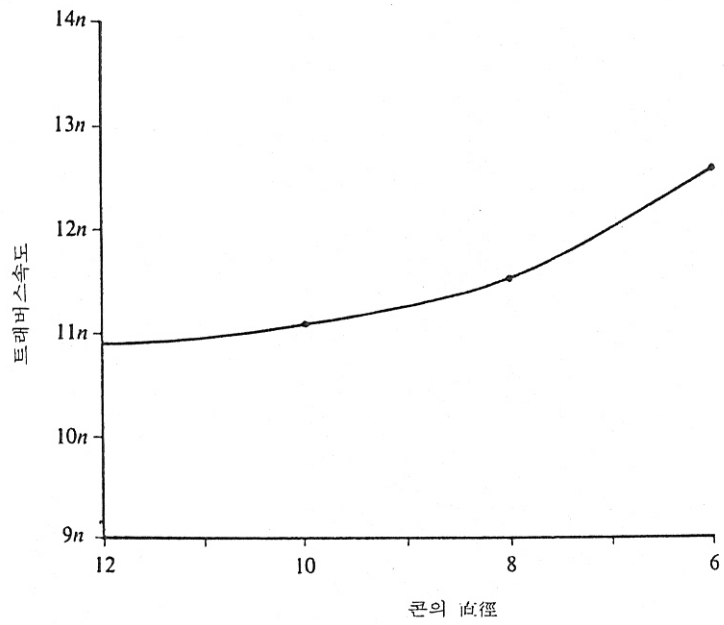


<그림 13>

<표 2>

콘의 직경	권취각	코일각	트래버스속도
D(cm)	θ	α	Vt(cm/min)
12	16°8′	73°52′	10.90n
10	19°27′	70°33′	11.09n
8	24°37′	65°23′	11.52n
6	33°45′	56°15′	12.60n

<그림 14>의 곡선은 얀 가이드가 콘을 가로질러 감에 있어서 콘의 직경이 점차 감소됨에 따라 얀 가이드의 추동속도가 어떻게 증가되는가를 보여주고 있다. 콘 권사기에서 회전드럼에 파여 있는 홈의 피치는 콘 직경이 작아질수록 증가한다. 콘 직경이 동일하게 증가하기 위해서 드럼에는 '반가속형(half-accelerate)' 홈이 파여 있다. 편사용 콘에서와 같이 콘이 형성되는 동안 콘의 경사각이 증가되어야 할 경우, 홈 피치의 변화는 더욱 현저하면 이런 형태의 드럼을 완전가속별(fully accelerate) 드럼이라고 한다.



<그림 14> <그림 13>에서 콘의 균일한 성형을 이룩할 때 트래버스 속도와 콘직경관의 관계

<표 3>은 콘의 어느 특정부위에서의 직경과 코일각의 cos 값과의 곱은 상수로 나타남을 보여주고 있다. 따라서 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

콘 직경×cos(코일 각) = 상수

콘 직경 × cos(90-권취각) = 상수

<표 3>

콘직경 Dcm	코일각의 cos값 cos α	D cos α
12	0.2801	3.36
10	0.3341	3.34
8	0.4192	3.35
6	0.5570	3.34

<표 4>는 콘의 특정부위에서의 트래버스속도에 코일각에 대한 sin값을 곱하면 역시 상수가 얻어진다는 사실을 나타내고 있다. 즉,

콘직경 ×sin(코일각) = 상수

한편 권취각의 여각을 이용하여 역시 동일한 값을 얻을 수 있다. 식으로 나타내면 다음과 같다.

<표 4>

트래버스속도 Vt(cm/min)	코일각의 sin 값 Sin α	Vt sin α
10.90n	0.9606	10.47n
11.09n	0.9429	10.46n
11.52n	0.9091	10.47n
12.60n	0.8315	10.47n

콘 직경×sin(90－권취각) = 상수

4.4 트래버스속도와 콘직경간의 관계

콘에서 어느 2군데 부위에서의 직경이 d와 D이고 이 부분에서의 트래버스속도가 v와 V일 경우, 콘 직경이 균일하게 증가되기 위해서는 다음과 같은 관계식이 성립되어야 한다.

$$\frac{V}{v} = \frac{D \tan \alpha}{\sqrt{D^2(1 + \tan^2\alpha) - d^2}}$$

여기서, α는 코일각이다.

이러한 관계식을 <그림 13>의 콘에 적용하면 콘 직경이 8m인 부분에서의 코일각은 65°23′이며 트래버스 속도는 11.52n/min이다. 이 값을 위의 관계식에 대입하

면

$$\frac{V}{11.52h} = \frac{D \tan 65^\circ\ 23'}{\sqrt{D^2(1 + \tan^2 6523) - 8^2}}$$

따라서 D가 12이 경우, 요구되는 트래버스속도는 다음과 같다.

$$V = \frac{11.52n \times 12 \times 2.1827}{\sqrt{144(1 + 4.766) - 64}}$$

$$= \frac{301.8n}{\sqrt{766.5}}$$

$$= \frac{301.8n}{27.69}$$

$$= 10.9n$$

이렇게 얻어진 10.9n은 앞서 <표 2>이 값과 일치한다.