

방적기술시리즈(11)

-연조(Drawing)-

1. 개 요

가. 목적

소면기 및 정소면기에서 생산된 슬라이버는 랩의 중량변동, 기대간의 낙면량부동 등에 따라 굵고 가는 부분이 있는 것이 보통이고 또 개개 섬유는 특히 소면공정에서 빗질작용을 받았으나 이것만으로는 방향성이 없고 평행하게 배열되어있지 않다. 따라서 그대로 실을 만드는 것은 변수변동이 커지며 각종 불균제가 발생하고, 또 잔털이 많이 일어나 좋은 실이 되기 어렵다. 연조공정의 목적은 위와 같은 결점을 없애기 위하여 다음과 같은 작용을 한다.

① 보통 6가닥 또는 8가닥의 슬라이버를 합쳐서 이를 연신하여 균정하게 한다.

② 슬라이버를 연신하여 섬유를 반듯하게 펴주고 개개의 섬유를 평행하게 배열한다.

③ 위의 작용을 응용하여 다른 종류의 섬유를 혼합한다.

나. 주요작용

1) 더블링(중합) 작용

6가닥 또는 8가닥의 슬라이버를 합하여 한가닥의 슬라이버를 만드는 부분을 딜리버리(delivery)라고 하고 몇 개의 딜리버리를 모아 놓은 공통운전장치를 헤드(head)라고 한다. 1개의 헤드에서 6가닥의 슬라이버가 나오는 연조기를 “1헤드 6딜리버리” 연조기라고 한다. 최근의 연조기는 2 또는 4딜리버리

가 보통이고 면사의 경우는 연조기를 2번 통과시키고 합섬혼방의 경우는 2번 또는 3번 통과시키는 것이 보통으로서, 전자는 슬라이버의 더블링을 2회, 후자는 2~3회 행하는 것이 된다.

일반적으로 굵기를 균제하게 하는데는 슬라이버의 더블링(중합)회수를 몇 회고 많이 하는 것이 좋다고 생각되었으나 더블링회수의 증가와 더불어 장주기의 중량변동(그레인 변동 = 장주기 변동)은 감소하나 단주기 변동(드래프트변동 = 단주기 변동)은 오히려 증가하는 경우가 많으며 또 섬유의 평행도는 보통 1회와 2회는 급증하지만 그 이후의 증가는 둔화된다. 따라서 최근의 연조기는 2회 통과(2 passage)에 더블링수는 8가닥으로 하고 있는 것이 많다.

주 : ① 2패시지하는 경우 소면기쪽에서부터 1번기, 2번기라고 하며 또 breaker, finisher라고도 한다.

② 카드사는 연조기를 2회 통과한 것이 소면공정에서 발생한 슬라이버 섬유의 후단후크가 정방공정에서 후단후크의 로우빙으로 공급하게 되므로 드래프트 효과가 좋아지는 이점이 있다.

③ 슬라이버의 더블링수는 통과하는 헤드수에 따라 다음과 같이 된다.

<표 1> 헤드수, 공급가닥수와 더블링수의 관계

더블링수 헤드수	6가닥	8가닥
2	$6 \times 6 = 36$	$8 \times 8 = 64$
3	$6 \times 6 \times 6 = 216$	$8 \times 8 \times 8 = 512$

더블링 조작은 섬유속을 여러 가닥 합치는 조작이다. 더블링 조작은 원래는 드래프트 조작의 영향으로 섬유속의 균제도(evenness)가 저하되는 것을 방

지하는 것을 목적으로 하고 있었으나, 더블링을 할 때 이중섬유로 된 섬유속을 혼용하면 혼섬조작도 겸하게 할 수 있다. 이와 같은 혼섬방법을 슬라이버 혼섬(silver mixing)이라 한다.

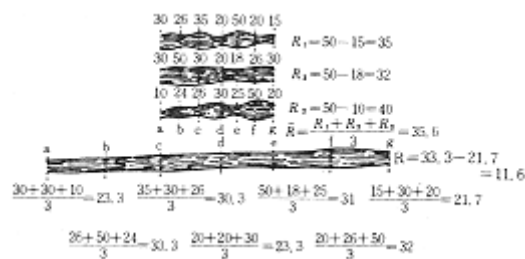
더블링 조작의 효과평가는 랜덤 슬라이버의 변동계수의 식을 이용해서 할 수 있다. 즉 더블링하는 슬라이버의 가닥수를 N이라 하면, N가닥을 더블링한 다음의 섬유속의 변동계수향상률 CV는

$$CV = \frac{100}{\sqrt{N}} (\%)$$

으로 표시할 수 있다. 예를 들면 변동계수가 같은 6가닥의 슬라이버를 더블링한다면 합쳐진 슬라이버의 변동계수는 $100/\sqrt{6} \approx 40(\%)$ 가 향상된다고 평가한다.

일반적으로 슬라이버 굵기변동을 표시하는 방법으로서 직경의 대소, 단면적 크기 또는 일정장의 중량의 경중 등으로 나타내고 있는데 보통은 중량변동으로 표시한다. 중량변동으로 생각할 때 일정길이 L인 슬라이버의 단위길이 당의 중량부동과 길이 L의 개개의 중량의 부동 2가지가 있는데, 이것은 장주기변동과 단주기변동을 의미한다.

가) 슬라이버변동의 평균화



<그림 1>

실로서는 단주기의 변동폭이 장주기의 변동폭보다 품질상 요망되므로 장 주기 변동을 없애고 단주기 변동으로 평균화할 것이 필요하다. 그림1은 변동의 평균화 상태를 기하학적으로 나타낸 것이다.

나) 중합도와 슬라이버굵기 변동과의 관계다수의 더블링을 행한 것은 굵기 변동의 평균화를 높인 것으로 된다. 더블링을 위해 슬라이버를 병합하는 것을 중합이라 말하고, 중합본수(P)와 중합회수(n)의 누승(P^n)을 중합도라 말한다.

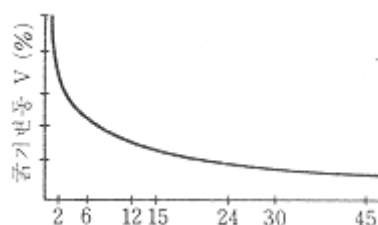
중합하는 n본의 슬라이버가 동일 굵기이고, 그 표준편차 σ_1 도 동일하게 하고 중합후의 슬라이버의 표준편차를 σ_0 로 하면, $\sigma_0^2 = n\sigma_1^2$ 으로 되고, $\sigma_0 = \sqrt{n\sigma_1}$ 이나, 이 중합후의 슬라이버는 중합한 슬라이버의 n부의 굵기이므로 동일굵기로 인신한 상태의 표준편차를 σ 로 하면

$$\sigma : \sigma_1 = \frac{\sigma_0}{n} : \sigma_1$$

$$\sigma \cdot \sigma_1 = \frac{\sigma_0 \cdot \sigma_1}{n} = \frac{\sqrt{n\sigma_1} \cdot \sigma_1}{n}$$

$$\therefore \sigma = \frac{\sqrt{n\sigma_1}}{n} = \sqrt{\frac{\sigma_1}{n}}$$

로 되며, 굵기변동의 변동계수는 더블링하는 슬라이버본수의 평방근분의 1로 감소하는 것을 의미한다.



<그림 2> 변동과 더블링수와의 관계

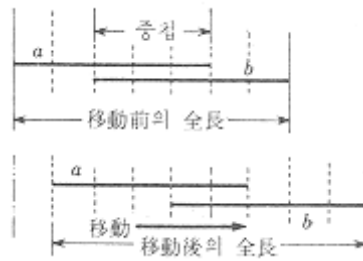
따라서 2분 이상의 슬라이버를 더블링하면 장주기변동(pitch가 1yd이상까지 미치는 변동)은 합한 슬라이버 본수의 평방근분의 1로 감소한다.

$$V_n = \frac{V_0}{\sqrt{n}}$$

2) 드래프트(견인) 작용

가) 이론

그림3과 같이 a, b 2올의 섬유가 중첩되어 있을 때, a, b가 중첩된 부분의 길이를 3단위장으로 하고, a,b전부의 길이를 7단위장으로 한다.



<그림 3> Draft의 의미

지금 섬유 a가 단위시간당 1단위, b가 2단위, 동시에 동일방향으로 이동했다면 중첩된 부분의 길이는 3-(2-1)=2단위로 되고, 전장은 7+(2-1)=8 단위장으로 된다.

이와 같이 섬유속중의 다수의 섬유 사이에서 서로 활탈인발이 생겨 섬유속의 길이를 길게 하는 것이 드래프트이고, 그 결과 섬유 중첩 올수도 감소한다.

나) 롤러 드래프트의 원리

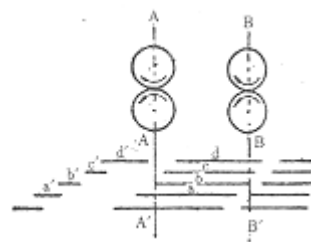
롤러드래프트는 주로 연조기 이후의 공정에서 이루어진다. 롤러에 의한 드래프팅은 현대 방적의 골자가 되는것으로서 완전 파지한 상하두쌍의 롤러에

섬유속을 통과시켜 공급롤러(feed roller)의 표면속도보다 송출롤러(delivery roller)의 표면속도를 빠르게 함으로써 점차 섬유속을 가늘게 하여 요구되는 굵기로 만드는 동시에 섬유의 평행성을 증가시키는 것이다.

일반적으로 면방적기계에서는 드래프트 기구로서 롤러 드래프트기구(roller draft system)를 사용하는데, 그 원리는 표면속도가 다른 두 쌍의 롤러 사이에 슬라이버를 통과시키는 단순한 과정이다. 이 기구에서 두 쌍의 롤러의 표면속도비를 드래프트비(draft ratio) 또는 단순히 드래프트라고 하는데, 드래프트가 약 1.01~1.50정도 되는 범위를 브레이크 드래프트(break draft)라고 하며, 이때에는 슬라이버를 구성하고 있는 섬유를 곧게 펼쳐 주는 작용만을 한다. 브레이크 드래프트에 이어서 다음으로 슬라이버를 잡아늘이는 작용을 주드래프트(main draft)라고 한다. 그러므로 롤러 드래프트 기구는 브레이크 드래프트 구간과 주드래프트 구간으로 구성되어야 한다.

이러한 이유 때문에 가장 간단한 롤러 드래프트 기구는 표면속도가 다른 세쌍의 롤러로 구성되며, 이것을 3선식 롤러 드래프트 기구(3 lines roller draft system)라고 한다.

그림4에서 A를 상하 1쌍의 딜리버리롤러, B를 피이드롤러라 하고 AA'를 전자, BB'를 후자의 상하 롤러의 접촉선이라 했을 때 이 선상에서 섬유를 파지하게 된다. 이 경우 설명의 편의상 각 섬유는 같은 길이라고 가정한다.



<그림 4>

① 롤러 A, B의 중심거리는 양롤러간에서 섬유가 절단되는 것을 방지하기 위하여 섬유장보다 약간 넓게 해야 한다.

② 롤러B에 파지된 섬유(그림의 c, d)는 롤러의 표면속도와 같은 선속도로 진행하고 있으나 선단이 롤러A에 도달하게 되면 후단은 롤러B의 파지를 떠나게 되고 섬유는 이때부터 롤러A의 표면속도와 같은 선속도로 진행하게 된다.

따라서 롤러A에 도달한 섬유로부터 차례차례로 속도가 증가하며 섬유상호간의 겹친부분이 점차 감소하여 그림이 a', b', c', d'와 같은 모양으로 상대위치가 변화하며 단면중의 섬유올수가 감소하고 섬유속은 가늘어진다.

③ 이 경우 섬유b와 같이 양롤러에 파지되어 있지 않은 섬유 즉, 부유섬유가 있는데, 특히 선이나 모섬유와 같이 장단섬유가 혼합하여 있는 경우에는 이와 같은 부유섬유가 많다. 이 섬유는 물론 다른 섬유의 간접적인 지지에 의하여 진행하게 되는데 다소 그 움직임이 불안정하여 드래프트파(draft wave)를 만드는 원인이 된다.

다) 드래프트비

공급 섬유속이 드래프트작용에 의해서 인신되는 배율은 단위장당에 공급하는 중량과 생산된 섬유속의 단위장당의 중량의 비에 의해 구하든가, 단위시간당의 공급 섬유속의 길이와 생산섬유속의 길이와의 비에 의해 구한다. 전자를 실제draft라 하고 후자를 기계draft(이론 draft)라 한다. 일반적으로 draft비의 치를 드래프트라 부른다.

① 실제draft 구하는 방법

실제draft는 일반적으로 다음 식으로 구한다.

$$D_0(\text{실제draft}) = \frac{G_1}{G_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

[주] 변수의 표시법이 항장식의 경우는 반대로 된다.

$$D_0 = \frac{N_1}{N_2}$$

G_1 : 공급섬유속의 단위장당의 무게

G_2 : 생산섬유속의 단위장당의 무게

N_1 : 공급슬라이버의 변수(항중식)

N_2 : 생산슬라이버의 변수(항중식)

② 기계 draft 구하는 방법

이론 draft는 일반적으로 back roller(공급롤러)의 표면속도(원주×회전수)와 front roller(송출롤러)의 표면속도의 비에서 구한다.

그림5의 4선롤러를 사용한 드래프트 장치에서의 롤러 R_f, R_2, R_3, R_b 를 각각 front roller, second roller, side roller, back roller, 그 각 표면속도를 v_f, v_2, v_3, v_b 로 하고, 각 롤러를 통과하는 단위장당 섬유의 양을 m_f, m_2, m_3, m_b 로 하면,

$$m_f v_f = m_2 v_2 = m_3 v_3 = m_b v_b$$

$$\frac{m_b}{m_3} = \frac{v_3}{v_b} = D_b \text{ (break draft)}$$

$$\frac{m_3}{m_2} = \frac{v_2}{v_3} = D_m$$

(3rd roller와 2nd roller간의 draft)

$$\frac{m_2}{m_f} = \frac{v_f}{v_2} = D_f$$

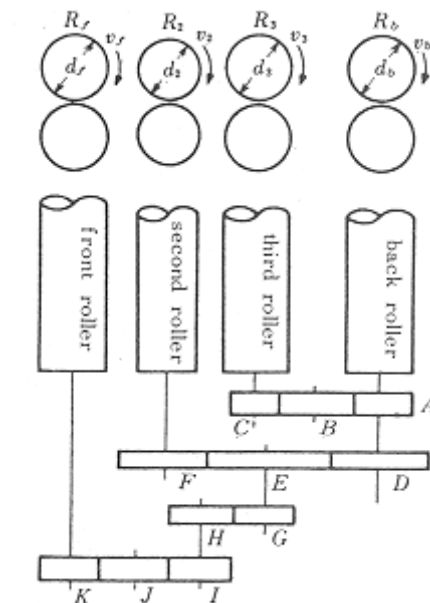
(2nd roller와 front roller간의 draft)

$$\frac{m_b}{m_f} = \frac{v_f}{v_b} = D_t \text{ (total draft)}$$

$$m_b = \frac{v_3}{v_b} \times m_3 = \frac{v_3}{v_b} \times \frac{v_2}{v_3} \times m_2 = \frac{v_3}{v_b} \times \frac{v_2}{v_3} \times \frac{v_f}{v_2} \times m_f$$

$$D_t = \frac{m_b}{m_f} = \frac{v_3}{v_b} \times \frac{v_2}{v_3} \times \frac{v_f}{v_2} = D_b \times D_m \times D_f$$

이 성립하고, 총 드래프트는 부분드래프트의 적으로 된다. 이 기계드래프트를 계산할 때는 gearing diagram에 의해 행한다.



<그림 5> 4전식 draft기구의 일예

그림5에서 A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K를 각각의 기어 및 그의 함수로 하고, 각 롤러의 직경을 d_f, d_2, d_3, d_b , back roller R_b 의 회전수를 n_{rpm} 로 하면

$$D_b = \frac{n \times A \times d_3 \pi}{c \times v d_b \pi} = \frac{A \times d_3}{c \times d_b}$$

$$D_m = \frac{n \times D \times d_2 \pi}{F} \times \frac{C}{n \times A \times d_3 \pi} = \frac{C \times D d_2}{A \times F \times d_3}$$

$$D_f = \frac{n \times D \times G \times I \times d_f \pi}{E \times H \times K} \times \frac{F}{n \times D \times d_2 \pi} = \frac{F \times G \times I \times d_f}{E \times H \times K \times d_2} \dots \dots \dots (1)$$

$$D_t = \frac{n \times D \times G \times I \times d_f \pi}{E \times H \times K} \times \frac{1}{n d_b \pi} = \frac{D \times G \times I \times d_f}{E \times H \times K \times d_b}$$

상기의 관계식이 성립한다. 일반적으로 총 draft=

$\frac{\text{front roller의 표면속도 (송출측의 로울러의 표면속도)}}{\text{back roller의 표면속도 (공급측의 로울러의 표면속도)}}$

의 관계가 있다.

식 (1)에서 기어 H를 드래프트변환기어(draft change wheel)로 했을 때의 값을 draft constant라 한다.

$$\text{Draft정수}(D_c) = \frac{D \times G \times I \times d_f}{E \times K \times d_b}$$

$$\text{total draft } (D_t) = \frac{\text{draft정수}(D_c)}{\text{draft change wheel}(H)}$$

$$\text{draft change wheel} = \frac{\text{draft정수}(D_c)}{\text{total draft } (D_t)}$$

Break draft는 back roller에서 이송되는 섬유의 섬유의 밀도가 크고 섬유의 평행상태도 나쁘기 때문에 처음부터 큰 드래프트를 주면 섬유의 절단을 생기게 하기 쉽고 바른 드래프트 효과가 얻어지지 않으므로 최초 약간의 드래프트를 가해서 섬유간의 포합을 늦추어 주고 방향을 정비하여 섬유간의 활탈을 용이하게 하기 위해 행하는 준비적 드래프트이다.

라) 드래프트 효율

실제 드래프트비와 이론 드래프트비의 사이에 다소 차이가 있다. 실제 드래프트는 공급섬유에 드래프트를 주는 작업공정중 각종의 요인에 의해 이론계산대로 드래프트효과를 얻을 수 없으므로 이론드래프트보다 적게 된다. 이론드래프트(기계드래프트 D_r)와 실제드래프트(D)와의 비를 드래프트효율이라고 한다.

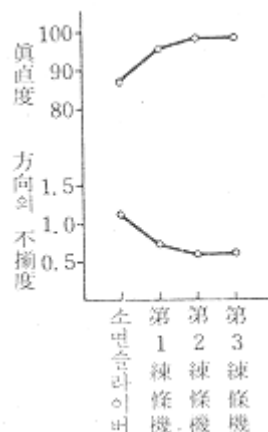
$$\text{Draft효율} = \frac{\text{실제draft}(D)}{\text{이론draft}(D_r)} \times 100\%$$

드래프트효율을 높여 100%에 가깝도록 하는 것은 대단히 필요하다. 예를

들면 top roller의 가압력, top roller의 재질이나 표면의 상태, bottom roller의 홈 형태 등을 고려하기도 하고 롤러 간의 파지력의 증가를 기도하거나 롤러 게이지를 넓히거나 드래프트 효율을 증대할 수 있다. 롤러 게이지를 넓힐 때는 어느 한도를 넘으면 오히려 드래프트 효율의 저하가 일어난다고 말하고 있으나, 이 임계 게이지는 사용되고 있는 기구나 섬유속의 상태에 따라서 결정할 수 있다. 또, 작업시의 온습도도 매우 큰 영향이 있다.

마) 섬유의 평행도

롤러 드래프트에 의해 소면작용 때 생긴 각 섬유의 후크는 펴지고, 아울러 섬유의 평행도 높아진다. 면방적 공정중에서는 제1연조에서 전단 후크가, 제2연조에서 후단후크가 펴지므로 우수회의 드래프트작업을 행하는 것이 진치도를 높이는 효과가 있다.



<그림 6> 슬라이버의 섬유의 진치도

바) 드래프트장치

드래프트장치는 연조기의 주체를 이루는 것으로서 이 기구는 사용원료나

공정에 따라 여러 가지 방식이 채용되고 있는데 지금까지 주로 채용된 드래프트방식은

- ① 상하 4쌍의 롤러를 사용한 4선 점증드래프트방식
- ② 상하 3:4의 3오버 4선방식 또는 4:5의 4오버 5방식 있다.

드래프트 롤러를 말할 때는 한쌍의 롤러 중에서 밑의 것을 보텀롤러라 하며 탄소강(case hardened steel)을 쓰고 직경은 사용원료의 섬유장에 따라 19~50mm로 되어 있다. 또한 플라이스가 통과하는 부분에는 원주에 수십개의 가는 홈이 축에 평행하게 파여져 있는데 이러한 롤러를 플루티드 롤러(fluted roller)라 하며 섬유를 확실히 파지하는데 목적이 있다.

다음 위의 것은 톱롤러라고 하는데 주철의 표면에 고무를 피복한 것으로서 이것은 solid roller와 loose boss roller의 2종류가 있다. 전자는 셀부분과 아버부분이 하나로 되어 있기 때문에 구조는 간단하지만 회전이 원활하지 못한 경향이 있다. 후자는 셀과 아버가 루우스(loose)하게 되어 있으므로 아버는 회전하지 않고 셀만 회전하게 되어 있다. 방출속도의 증대와 함께 최근에는 강제 솔리드 롤러로서 엔드부시에 베어링을 사용한 것을 많이 쓴다.

각 롤러간의 중심거리, 소위 롤러 게이지(roller gauge)는 섬유장, 드래프트, 슬라이버의 굵기, 섬유의 성질, 드래프팅기구등에 따라 적절하게 정해야 하는데 대체로 다음과 같은 표준이 있다.

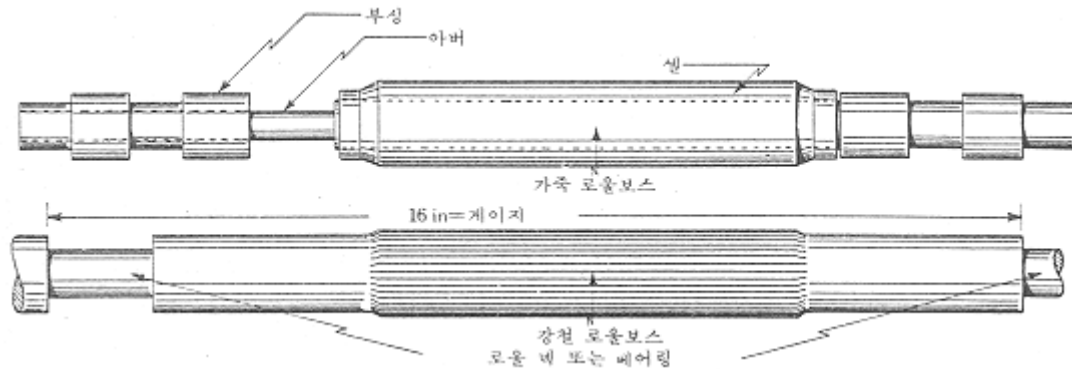
프런트 롤러~2nd롤러= $L+(3\sim5\text{mm})$

2nd롤러~3rd롤러= $L+(6\sim10\text{mm})$

3rd롤러~백 롤러= $L+(10\sim13\text{mm})$

드래프트 장치의 성능을 잘 발휘하도록 하는 데는 적정한 롤러 게이지의 설정과 더불어 상하 롤러에 따른 플라이스의 파지가 가장 중요하다. 롤러의 하중은 구형의 보통연조기에서는 데드 웨이트 방식이 사용되나 최근의 고속

연조기에서는 스프링을 사용한 웨이팅 아암 방식이 채택되고 있다.

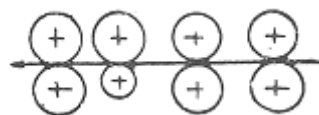


<그림 7> 연조기의 일반롤러

사) 드래프트방식의 종류

1) 4선 점증드래프트방식(그림8)

이 방식은 드래프트 배분이 백존(back zone)으로부터 미들 존 방향으로 나아가면서 드래프트량이 많아지는 것으로서 보통연조기에 많이 채용되고 있다.



<그림 8>

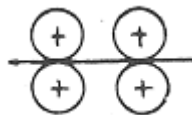
2) 서열리방식

종래의 4선연조기에 다음 3개를 개조한 2존 4선식 연조기이다.

- ① 보텀롤러 홈의 각도를 60° 로 하고 폭을 0.007in가 되게 하였다.
- ② 트래버스 가이드에 손가락형 가이드를 사용하였다.
- ③ 미들존의 드래프트를 1.04배로 하고 이 사이의 게이지를 좁게 하였다.

3) 2선방식(그림9)

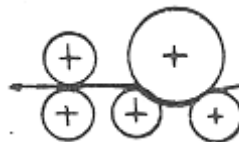
이 방식은 롤러 미끄러짐에 따른 폐단을 없애는 외에도 드래프팅작용 중에 슬라이버의 주기가 겹치는 경향을 억제할 수 있다. 그러나 이 방식은 섬유가 어느 정도 평행상태에 있어야 하는 제약이 있다.



<그림 9>

4) 2오버 3선방식(그림10)

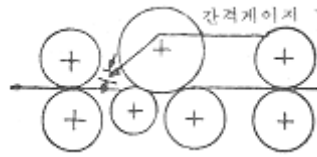
2선방식의 개량형으로 2nd 보텀 롤러가 섬유가 섬유와 일정한 접촉각도를 갖고 있어서 섬유의 컨트롤을 잘 할 수 있다.



<그림 10>

5) 3오버 4선방식(그림11)

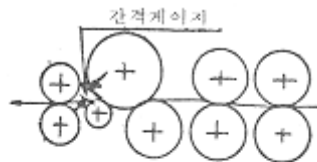
고속연조기의 드래프트기구에서는 4/5선방식과 더불어 일반적으로 사용되고 있는 방식으로서 이의 주요부분은 2nd 보텀 롤러와 가볍게 점압하거나 또는 아주 근소한 간격을 유지하고 있는 직경이 큰 2nd 톱 롤러에 있다. 이 방식의 특징은 이렇게 롤러를 배치함으로써 섬유를 보다 확실히 컨트롤할 수 있고 저, 후단 후크의 섬유를 퍼줄 수 있다.



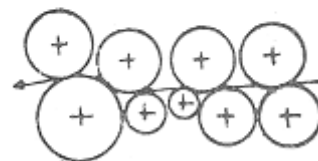
<그림 11>

6) 4오버 5선방식(그림12-a,b)

이 기구는 기본적으로는 3/4선방식에 1선의 상하롤러를 더 붙인 것으로서, 롤러의 배치방법에 따라 사코로웰방식과 화이틴방식으로 구분할 수 있다. 상기 3/4선방식과의 기능적인 차이는 드래프트영역(draft zone)이 2개소나 3개소라고 하는 차이이다. 사코로웰사의 3/4선방식과 4/5선방식의 채택에 대해서는 전자는 코우머용 및 화섬용, 후자는 카드용에 적합한 것으로 되어 있다.



a) Saco Lowell方式



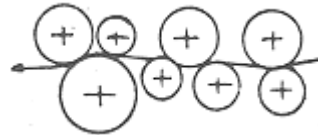
b) Whitin方式

<그림 12>

7) 4선 2존방식(그림13)

4선의 변형으로서 2존 드래프트 방식으로 만든 것이다. 3rd 톱 롤러가 동일 속도로 회전하는 2개의 보텀 롤러에 얹혀있고 프런트와 2nd 톱 롤러가 커다

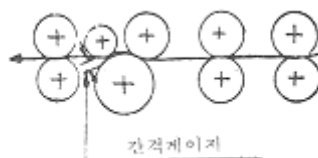
란 프린트 보텀 롤러에 얹혀 있는 더블 닙(double nip)의 배치를 특징으로 하고 있다.



<그림 13>

8) 5오버 4선방식(그림14)

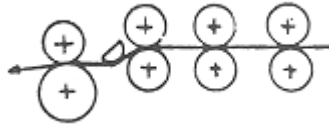
2nd 톱 롤러와 프린트 톱 롤러간의 게이지를 좁게 하기 위하여 설계한 것으로 품질향상을 도모하고자 한 것이다. 2nd 톱 롤러는 디스턴스 칼라(distance collar)에 의해 스페이싱 게이지를 고정하고 있다. 또 5/4선 방식에 스페이싱 게이지를 없이 한 것도 있다.



<그림 14>

9) 프레스바아(presser bar)방식(그림15)

프린트 존에 프레스 바아라고 부르는 가느다란 D형의 강철 바아를 설치하여 이것이 슬라이버의 섬유장에 따라 변위하여 프린트존의 섬유를 컨트롤하는 작용을 하며, 보텀롤러 게이지를 변화시키지 않고 광범위하게 섬유를 처리하는 특징이 있다.



<그림 15>

10) 기타

메탈릭 롤러(metallic roller)방식, 3오버 5선방식, 5오버 3선방식, 에이프런방식 등이 있다.