

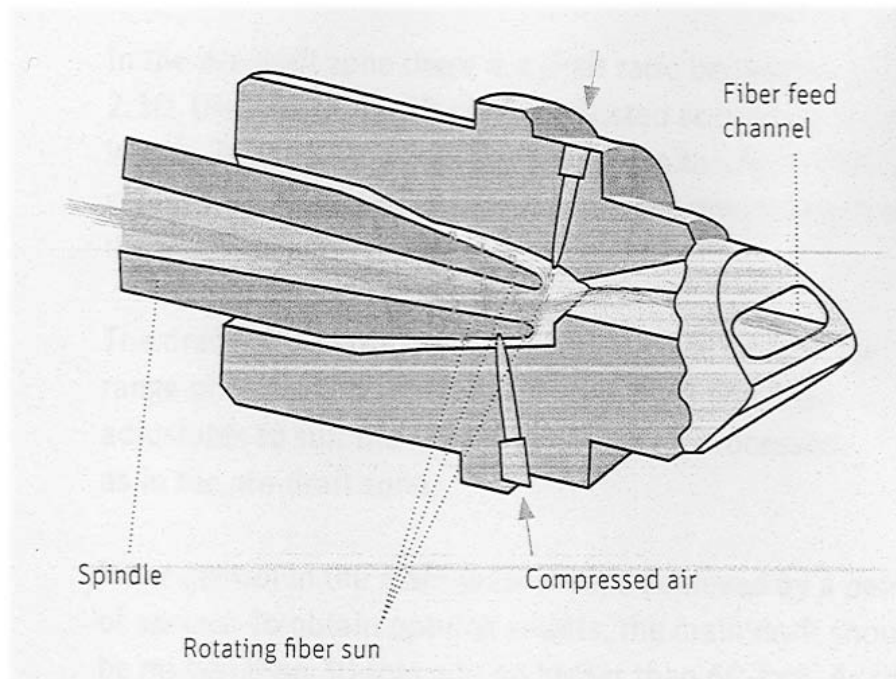
에어젯 정방의 원리 및 사물성

2. 운전 원리

에어젯 정방을 위해서는 드래프트 장치와 스피들 공급부 영역에서 2가지 문제점을 해결해야 한다.

- ① 자유로운 섬유(free fiber) 끝단의 분리
- ② 가연(false twist)의 방지

섬유 공급채널과 스피들은 하우징으로 감싸져 있다<그림 5>. 스피들 공급부 주변의 공기 와류(air vortex)는 진공상태를 발생시켜서 이것이 섬유 공급 채널을 통해 기류가 되어서 드래프트 장치로부터 스피들 공급부까지 섬유를 이송시킨다.



<그림 5> 노즐의 단면 (Rieter J10)

프리 섬유 끝단을 발생시키기 위해서는 <그림 4>에서 간격 L의 정확한 선정이 중요하다. 간격 L은 평균 섬유장보다 조금 짧아야만 하며, 메인 섬유의 이송으로부터 섬유 끝단을 분리하기 위해서 섬유 공급채널 속으로 공기를 이송시킬 수 있다. 간격 L이 길어지면 프리 섬유 끝단이 증가하므로 L은 중요한 공정 인자이다. 섬유 끝단의 분리 공정 중에 섬유장이 짧은 섬유는 대부분 메인 섬유의 이송시 추출될 수 있다. 이러한 섬유는 실로 형성되지 못하고, 스핀들을 지나쳐 손실된다. 에어젯 정방에서는 상대적으로 섬유장이 짧은 단섬유가 손실되는데, 섬유의 손실량은 5~10%로 높다. 슬라이버 내 단섬유 함유율이 높을수록 섬유의 웨이스트 함유율은 증가한다.

공기 와류 작용으로 인해 섬유 끝단은 스핀들 팁(tip) 주위를 회전하면서 무연인 실의 코어 주위를 감아서 표면 섬유는 꼬임이 있는 실로 변형된다. 이러한 비틀림은 드래프트 장치와 스핀들 사이의 섬유속에 꼬임을 부여하는 경향이 있으므로, 이러한 꼬임은 자유로운 섬유 끝단의 발생을 방해하지 않도록 방지해야만 한다. 이는 꼬임 멈춤(twist stop)에 의해 해결될 수 있다. 이런 목적을 위해서 Murata사는 <그림 4>에 나타낸 것처럼 니들(needle)을 사용했는데, 이는 스핀들에 공급되기 전에 섬유속 꼬임을 방지하여 꼬임 멈춤에 효과적이다.

스핀들 팁으로 공급되면,紗 형성 공정이 완료되고 스핀들을 벗어난 실은 패키지에 권취된다.

3. 섬유 원료에서 요구되는 사항

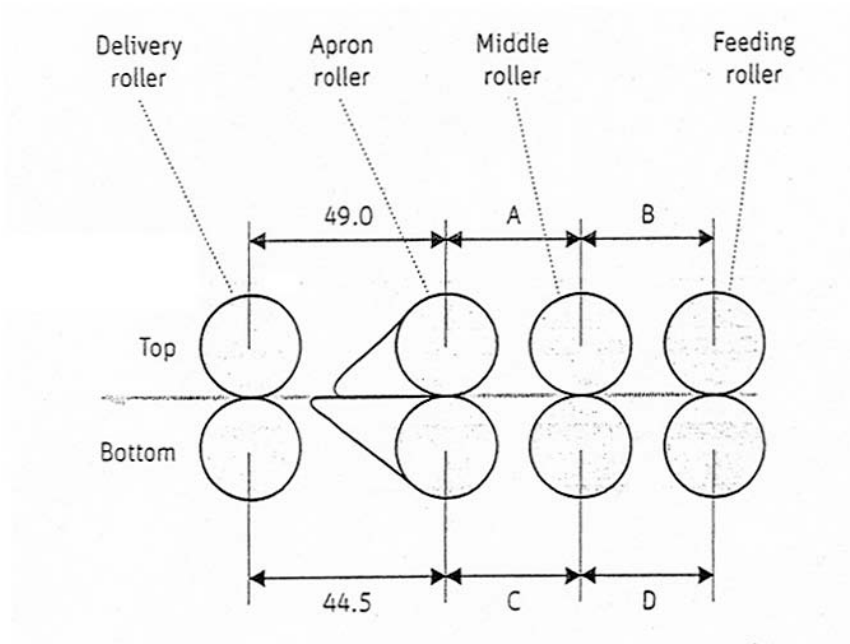
에어젯 정방은 상대적으로 래핑 섬유의 비율이 높기 때문에 섬유장이 1인치 이상인 100% 면방적이 가능하다. 세 변수 면방적을 위해서는 정소면 공정을 거쳐야 하며, 40mm 이상의 합섬과 면/합섬 혼방사 방적도 가능하다.

반면, 링 정방에서는 대부분 섬유장이 길고 가는 섬유를 사용해야만 사물성이 개선된다.

에어젯 정방에서는 정방 공정을 통해 섬유 배열이 유지된다. 특히 코어 섬유는 섬유 이송축과 평행하게 배열된다. 정방공정을 최적화 시키기 위해서는 섬유가 평행하게 배열된 슬라이버를 사용해야 하는데, 이는 드래프트 장치의 성능을 향상시킨다. 따라서 소면공정 이후에 3 연조 패시지를 해야만 한다. 에어젯 정방기의 전체 드래프트는 약 180~220배로 한계가 있어서 슬라이버를 2.5 ktex로 가늘게 제조해야 하며, 세 변수 실 제조시에는 더 가늘어야만 한다.

4. 드래프트 장치

2-노즐 에어젯 정방과 마찬가지로 드래프트 장치는 에어젯 정방에서 핵심 요소이다. 하이 드래프트는 고속 생산시 섬유가 균일하게 이송되고 평행하게 배열되어야만 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 Murata사와 Rieter사는 에어젯 정방기를 4 롤러 드래프트 시스템으로 제조하였다<그림 6>.



<그림 6> 드래프트 장치 (Murata MVS)

예비 드래프트 영역에서 드래프트 비는 1.57 ~ 2.10이고, B와 D 게이지는 섬유장에 따라서 조절할 수 있다. 첫 번째 드래프트 영역에서 롤러 게이지는 최대 섬유장보다 조금 넓게 셋팅해야만 한다.

브레이크 드래프트 영역에서 드래프트 비는 1.2 ~ 2.4로 변경할 수 있으며, A와 C 게이지는 예비 드래프트 영역과 마찬가지로 섬유 원료에 따라서 조절할 수 있다.

메인 드래프트 영역에서 섬유의 제어는 한 쌍의 에이프런으로 이루어진다. 최적의 결과를 도출하기 위해서 메인 드래프트비는 30이하 또는 60이상이면 안 된다. 에이프런이 섬유의 속도를 효율적으로 제어하기 때문에 메인 드래프트 영역에서는 롤러 게이지를 조절할 수 없다.

또한 롤러는 공기식으로 클리닝이 이루어진다.

5. 정방 노즐

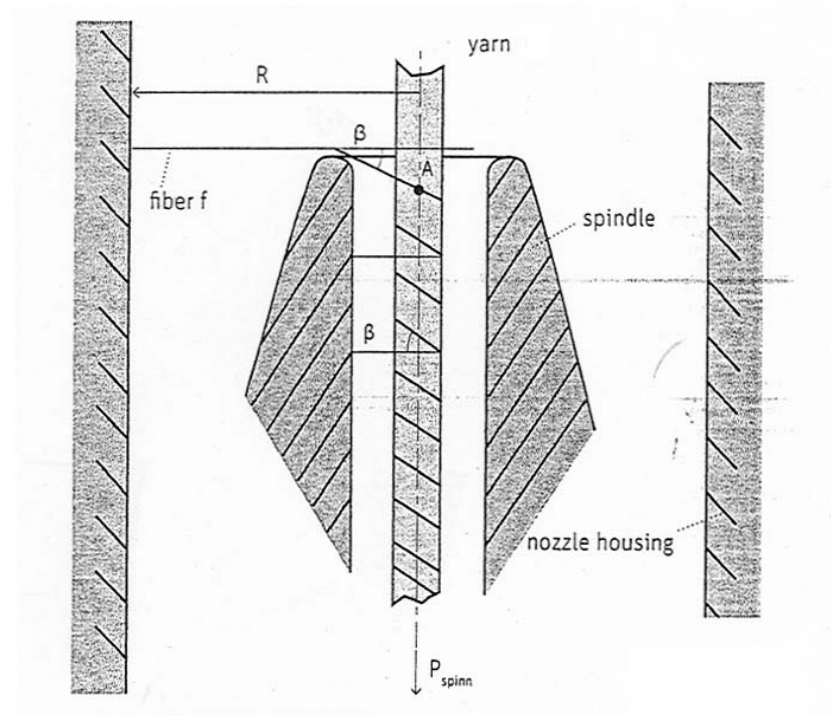
정방 노즐은 에어젯 정방의 기본 핵심인 사 형성 요소이다. 0.6 Mpa 이상으로 압축된 공기는 4개의 작은 구멍을 통해서 정방 챔버로 공급되어 강한 와류를 발생시킨다. 구멍 출구의 공기 와류는 1,000,000 rpm 이상의 속도로 회전하며, 고속 회전을 통하여 다음과 같은 2가지 기능을 수행한다.

- ① 진공 상태 및 섬유 공급 채널 내의 기류 발생
- ② 스핀들 팁 주위에서 프리 섬유 끝단의 회전

드래프트 장치의 프론트 롤러 nip에서 섬유를 파지하고 섬유 공급 채널을 통해 고정 스핀들에 위치한 정방 노즐까지 안전하게 섬유를 이송시키기 위해서는 진공 상태가 요구된다.

메인 섬유로부터 분리된 섬유 끝단은 드래프트 장치와 스핀들 공급부 사이로 이송되어 스핀들 팁에서 일종의 파이버 선(fiber sun)을 형성한다<그림

5>. 섬유 끝단을 래핑 섬유로 변형시키기 위해서는 공기 와류로 회전시켜야만 한다. 따라서 섬유는 300,000 rpm 이상의 속도로 회전하는데, 이 속도는 고속이지만, 기계적인 마찰로 인하여 공기 와류의 속도보다는 낮다.



<그림 7> 정방 장력의 계산 (Rieter)

꼬임 발생뿐만 아니라, 섬유 끝단의 회전도 정방 노즐과 권취 롤러 사이의 실에서 정방 장력을 발생시킨다. 정방 장력 P_{spinn} 은 계산될 수 있다<그림 7>. 스핀들 팁과 정방 노즐의 하우징 사이에서 섬유 끝단은 휘어진 형태이며, 섬유에 작용하는 원심력은 섬유 끝단 f 가 방사 방향이라고 가정할 수 있다<그림 7>. 이런 가정하에 점 A 에서 섬유에 작용하는 힘 PA 는 로터 정방에서와 동일한 물리적 상황 즉, 섬유가 회전하거나 실이 원심력을 받기 때문에 로터 정방에서의 정방 장력관련 식으로 계산할 수 있다. 따라서 점 A 에서 섬유 f 에 작용하는 힘은 다음 식과 같다.

$$P_A = \frac{1}{2} T_{\text{fiber}} \omega_f^2 R^2 e^{\mu\beta}$$

여기서,

T_{fiber} = 섬유 변수(tex)

ω_f = 각속도(S^{-1})

R = 하우징의 반경(cm)

β = 섬유 굴절각

따라서 실의 축 P_{Aa} 의 방향에서 섬유의 힘 성분은 다음 식과 같다.

$$P_{Aa} = P_A \sin \beta$$

$$P_{Aa} = \frac{1}{2} T_{\text{fiber}} \omega_f^2 R^2 e^{\mu\beta} \sin \beta$$

정방 장력을 구하기 위해서 섬유의 축 방향 힘은 다음과 식과 같이 래핑 섬유의 올수에 따라서 증가해야만 한다.

$$P_{\text{spinn}} = P_{Aa} n$$

결론적으로, 다음 식으로 유도할 수 있다.

$$P_{\text{spinn}} = \frac{1}{2} T_{\text{yam}} W \omega_f^2 R^2 e^{\mu\beta} \sin \beta$$

여기서,

T_{yam} = 사 변수(tex)

W = 래핑 섬유 비율, $0 < W < 1$

실제 정방 데이터를 기초로 하여 앞의 식으로 정방 장력을 계산하면, 정방장력은 약 10cN 이하로 계산된다. 이 값은 정방 장력의 측정값과 잘 일치하는데, 이는 에어젯 정방에서의 정방 장력은 5 ~ 15 cN으로 링 정방과 비교시 크게 낮다는 것을 알 수 있다. 정방 장력이 낮으면 사절에 효율적이다. 링 정방과는 달리 정방 장력이 낮기 때문에 실의 약점으로 인한 사절은 거의 발생하지 않는다. 만약, 에어젯 정방에서 사절이 발생한다면, 대부분 정방 노즐에 공급되는 섬유이 이송이 불균일하기 때문으로, 그러한 불균일은 공급 슬라이버에서 굵은 결점, 드래프트 결점, 섬유 축적 및 큰 트레이 입자로 인해 발생할 수 있다.