

면방적 시스템에서의 모섬유 방적

1. 서론

세계 곳곳의 면방적 시스템에서 양모섬유의 처리가 수행되었으며, 이와 관련된 연구결과가 많이 발표되었다. 대부분의 연구는 양모섬유 처리에 관한 상업적 환경이 급격히 변화되었던 1980년대 중반 이전에 이루어졌다. 그 당시에는 면방적 시스템에서 양모제품을 생산하기 위한 시도가 비교적 제한되었다. 지금도 면방적 시스템을 이용하여 양모섬유를 폭넓게 처리할 수 있는 방법이 적극적으로 진행되고 있다.

면방적 시스템은 소모방적 시스템에 비해 비교적 저렴하기 때문에 세계적으로 가장 널리 이용되고 있다. 면방적 시스템에서 처리 가능한 섬유장을 가진 면, 셀룰로오스 및 합성섬유 등과 양모섬유와의 혼방은 양모섬유만 처리하는 경우와 비교할 때 다른 원료가 양모섬유의 평균 섬유장에 대한 보완 효과를 제공한다. 양모섬유 처리가 가능한 면방적 시스템은 최소한의 변화로 새로운 차원의 방적사 제조뿐만 아니라, 새로운 형태의 방적사 개발 방법을 제공해 준다.

양모섬유는 섬유장이 길고 비교적 강력이 약하기 때문에, 극히 한정된 양을 사용하는 경우를 제외하고 면방적 시스템에서 사용하기가 부적절하다. 따라서 면방적 시스템에서 처리할 수 있도록 짧은 양모섬유를 선택하거나 긴 섬유를 제거하여 사용해 왔으나, 양모섬유의 강력이 약한 점은 여전히 문제점으로 남아 있다.

2. 원료 선택

면방적 시스템은 섬유장이 면섬유 및 유사한 섬유(일반적으로 최장 섬유의 길이가 50mm 미만)를 처리하도록 설계되어 있다. 면방적시스템에서 100% 양모섬유를 처리할 수 있지만, 보통 양모섬유는 면이나 폴리에스테르와

혼방된다. 평균 섬유장이 41mm인 양모섬유는 면방적 시스템을 크게 개조하지 않고도 처리 가능하다. 평균 섬유장이 최대 55mm인 양모섬유의 경우에는 연조기, 조방기 및 정방기의 드래프트 시스템에서 슬립 드래프팅(slip drafting) 방식을 채용하여 처리한다. 또한 평균 섬유장이 60mm인 경우에는 톱 미들 로울러를 제거하여 처리한다.

한가지 명심하여야 할 점은 65mm를 초과하는 섬유가 반드시 5% 미만이어야 된다는 것이다. 이전 연구에서는 섬유장이 65mm 이상의 섬유가 적어도 15% 포함된 양모섬유는 슬립 드래프팅 방식으로 처리하였다.

면방적 시스템을 개조하지 않고 양모섬유를 처리하기 위해서는 양모섬유의 혼방률을 낮추거나 면방적 시스템에 맞는 섬유장을 가진 양모를 사용한다. 즉, 짧게 깎은 양모(최대 섬유장이 면방적 시스템에 적합한 양모), 적절한 길이로 절단한 양모, 신장-절단(stretch-broken)한 양모 등이다. 또한 면방적 시스템에서 처리 가능하도록 섬유장을 정렬한 울 톱을 슬라이버 형태로 직접 사용할 수도 있고, 절단하여 초기단계에서 혼방하여 사용할 수도 있다. 방모방적이나 소모방적 시스템에서는 양모의 부분적 처리는 허용하지 않거나 허용하더라도 상당히 고가라는 것을 명심해야만 한다.

신장-절단(stretch-broken)은 세팅한 길이보다 긴 섬유에만 작용하기 때문에 커팅(cutting ; 모든 양모섬유에 적용됨)한 양모는 신장-절단한 양모보다 더 많은 단섬유함유량을 나타낸다. 커팅한 섬유는 커팅의 정확도와 커터날의 예리함과의 관련이 있다. 카드 슬라이버는 신장-절단할 수 있지만, 신장-절단하기 전에 2번의 길링을 거친다면 더 양호한 섬유장 분포를 얻을 수 있다. 신장-절단한 슬라이버의 섬유장 분포는 커팅에 의해 얻어진 단봉(unimodal)분포보다 더 납작한 다봉(multi-modal)분포의 형태를 가진다. 또한 신장-절단은 슬라이버내에 있는 짧아진 섬유를 직접 이송할 수도 있다. 그러나 신장-절단은 넵을 발생시킨다는 점을 고려해야만 한다.

짧게 깎은 양모는 섬유장 균제도가 좋지 않고 비교적 웨이스트(waste)가

많으며, 기타 경제적, 생물학적인 단점도 있다. 짧게 깎은 양모는 혼타면 및 소면 공정에서 커팅한 양모보다 웨이스트가 더 많이 떨어지는 것으로 나타났다. 짧게 깎은 양모를 원가면에서 유리하도록 하려면 증가되는 웨이스트를 공정간에 분산 처리하여야 한다.

식물성 물질을 많이 함유한 짧게 깎은 양모는 정련 및 탄화를 거쳐야만 면방적 시스템에서 처리 가능하다. 그러나 혼방용으로 정련된 양모를 사용하면 혼타면과 소면 공정에서 섬유절단이 증가할 수 있다.

미국의 SRRC(Southern Regional Research Center)에서는 자체 개발한 면방적용 개섬 및 정섬 장치와 같은 Carding Cleaner를 개조한 기계를 이용하여 짧아진 양모를 정섬하는 연구를 시도하였다. 그 결과 침포와 기계 속도를 적절하게 조절함으로써 양모 처리를 최적화할 수 있는 것으로 나타났다.

3. 혼방률

과거에 울 랩 제조는 단지 부분적으로만 성공하였으며, 면이나 폴리에스테르, 아크릴이나 나일론과 같은 섬유를 혼방하는 것이 바람직하다는 것을 깨닫게 되었다. 체계적인 연구를 통해 혼타면에서 문제없이 랩을 제조하기 위해서는 양모에 대전방지제를 처리하고, 적어도 20~25%의 면섬유를 혼방해야 한다는 것을 알 수 있었다.

면방적 시스템에서 양모섬유와 같이 혼방될 수 있는 섬유로는 아크릴 및 나일론이 포함된다. 또한, 코우밍한 면과 양모의 혼방은 소면한 면과 양모의 혼방보다 낫다.

양모는 혼타면공정, 소면공정(면 랩에 울 슬라이버를 공급), 연조공정 및 링정방공정(양모 조사와 면 조사를 동시에 공급)에서 혼방될 수 있다.

그러나 연조공정에서의 혼방은 양모의 높은 벌키성 때문에 드래프트시 특별한 처리가 요구되며, 혼타면공정이나 소면공정보다 각 성분간 혼합이 잘

이루어지지 못한다.

혼타면공정에서 정련한 양모의 혼방은 섬유절단이 많고, 부적절한 정섬으로 인한 처리상의 어려움이 있다.

평균섬유장이 40mm인 양모섬유는 30 32tex 정도의 모방적사로 제조가능하다. 실 단면당 최소 섬유 올수는 양모/폴리에스테르(2.5d) 혼방사인 경우에는 65올, 양모/면 혼방사인 경우에는 80 85올이 요구된다.

면방적 시스템에서 처리하기 적당한 양모섬유의 섬도는 보통 19 27micron이다. 양모섬유가 아닌 기타 섬유의 선밀도는 1.6 3.5dtex로, 소모방적 시스템에서 파인 올과 혼방할 때 사용되는 3.8 4.5dtex보다 더 가늘어야 한다.

4. 첨가제

양모섬유를 효과적으로 처리하기 위해서는 대전방지 유연제의 첨가가 필수적이다. 특수 첨가제의 사용이 널리 추천되는데, 일반적으로 그 함량은 0.5 0.8%이다. 일반 첨가제를 올 톱에 처리하여 면방적시스템에서 처리하였을 때는 첨가제가 대기중에 노출·건조되어, 양모섬유의 수분율이 14% 정도가 되어 높은 정전하를 일으킨다. 면방적 시스템에서 연조 속도가 더 높아지면 더 높은 정전하를 일으킨다. 따라서 양모에 수분을 첨가하여 수분율을 적어도 16%까지 올려야 한다. 추출 가능한 유지분의 함량이 0.5%를 초과하는 양모는 소면기에 부하를 많이 주는 경향이 있다. 유지분 함량이 증가하면 정전기 수준은 증가하지만, 첨가제를 과도하게 사용하지 않아도 된다.

일반적으로 면에 적용하는 기계 세팅은 양모혼방 원료 처리에도 적절하다. 앞서 언급하였지만 몇몇 연구자들은 올 랩 제조가 어렵다는 것을 발견하였다. 이러한 문제는 랩을 반 정도만 제조하든지 아니면 양모에 적어도 20% 정도의 합성섬유를 혼방함으로써 해결해 왔다. 혼타면기는

일반적인 세팅으로도 충분하다. 그러나 CSIRO에서는 합성섬유, 특히 아크릴에 대한 세팅이 양모처리에 더욱 적절하다는 것을 발견하였다. 탄화모(carbonised wool)와 같은 엉클어진 양모를 사용하는 경우 방모 카드에서 반드시 예비 개섬을 해주어야한다는 것도 발견하였다.

대부분의 문헌에서 다루고 있는 양모 및 양모 혼방원료에 대한 처리는 비교적 구형 혼타면기와 소면기에서 이루어진 것이다. 따라서 슈트공급 시스템을 이용하면 랩 형성 및 층간 리킹 문제를 극복할 수 있는 장점이 있다. 슈트공급 장치를 이용하여 양모 및 양모 혼방원료를 처리한 논문이 2편 있지만, 여기에서는 슈트에 공급하기 전에 단지 한 개의 개섬기만을 통과시킨 것이다. 슈트공급 장치를 이용하더라도 소면기에서 로울러에 말리는 문제 및 낮은 웹 응집력과 같은 문제가 있다. 섬유를 더욱 부드럽게 처리할 수 있도록 설계된 현대식 혼타면 라인에서의 양모 및 양모 혼방원료 처리에 대해서는 극히 일부 문헌에서만 발표되었다.

일반적으로 면방적에서 사용하는 소면기 세팅은 양모 및 양모 혼방에도 적절한 것으로 증명되었다. 그러나 다음과 같은 몇 가지 비교적 간단한 변경이 추천된다. 도퍼와 코일러간 드래프트 장력의 5~6% 감소, 양모 웨이스트 양을 줄이기 위한 리커인 언더케이싱 세팅, 합성섬유용 리커인 와이어 사용, 약 0.5mm 정도로 플랫과 실린더간 게이지 넓힘, 리커인 속도 및 소면 생산 속도 감소, 구형 소면기에서 100% 양모섬유 처리시 웹을 지지하기 위한 웹 팬을 이용하는 것 등이다. 한 보고서에서는 슬라이버에 있는 넵 함량 뿐만 아니라 후공정에서의 넵 발생을 줄이기 위해서는 플랫과 실린더간 게이지를 더 좁혀야 한다고 주장한다. 짧은 양모에 대해서는 섬유장의 어떠한 변화도 나타나지 않았다.

탠덤 카드는 싱글 카드와 비교하여 식물성 물질 제거에 특히 효과적이다.

파이브로그래프 측정에 의하면 양모/면 혼방(75/25 및 50/50)에서 비교적 짧은 양모를 처리할 때 랩 단계에서의 섬유장에 비해 소면 슬라이버에서의

섬유장이 약간 증가하였다. 또한 연조기에서 긴 섬유들의 절단 및 섬유 비산 현상이 나타난다.

총 선밀도가 400g/m인 18가닥의 톱 슬라이버를 리커인 축과 수직으로 소면기에 공급하였다. 리커인과 플랫에서의 웨이스트를 제외한 평균 섬유장이 40.1mm에서 30mm로 25%정도 감소하였는데, 이는 33%의 섬유절단과 맞먹는 것이다.

평균 섬유장이 59mm인 톱을 카딩하는 경우에 플랫 및 실린더 작용이 섬유절단에 미친 영향은 적었다. 대부분의 섬유절단은 공급로올러 및 리커인에서 발생되었다. 속도를 감소시키고 세팅을 넓게함으로써 섬유장의 감소를 5.6mm에서 1.6mm 정도로 떨어뜨렸다.

혼타면과 소면 공정에서 공정 인자가 섬유절단 및 섬유혼방 능력과 같은 중요한 품질 인자에 미치는 영향을 면밀히 분석하고, 체계적인 실험을 진행하는 것이 반드시 필요하다.

5. 웨이스트 발생

혼타면과 소면 공정에서의 웨이스트 양은 일반적으로 양모섬유의 혼방률이 증가할수록 증가한다. 양모/면 혼방원료를 처리하는 경우 나오는 웨이스트 양은 양모섬유의 종류에 따라 다르다. 예를 들어 신장-절단 톱을 처리할 때는 웨이스트가 적게 발생하나, 식물성 물질 함량이 높은 양모인 경우에는 웨이스트가 많이 발생한다. 양모/면(60/40) 혼방원료 처리시에 혼타면에서의 낙률은 약 0.4%에서 2.5%이상이며, 소면에서는 2%미만에서 4.8%까지 발생된다. 면섬유와 비교적 식물성 물질 함량이 낮은 양모의 혼방에서는 면 100% 처리시에 발생하는 웨이스트 양보다 더 적다.

우수한 품질의 양모섬유를 처리하는 경우 혼타면과 소면 공정에서의 웨이스트 양은 면의 혼방률이 낮아짐에 따라 감소하게 된다. 비교적 식물성 물질의 함량이 높은 양모섬유나 엉클어진 양모섬유를 처리하는 경우에는

면의 혼방률이 낮을수록 소면뿐만 아니라 혼타면에서의 웨이스트 양은 증가한다. 짧고 소모 처리하지 않은 양모를 처리할 때 소면공정에서 플랫폼 기지를 넓거나 좁게 세팅한 경우보다 오히려 중간 정도로 세팅한 경우가 더 많은 웨이스트가 발생되었다. 어떤 연구에서는 100% 양모섬유 처리시 소면 낙률이 6.4%라고 보고하였다.

면방적 시스템에서 사용되는 대부분의 양모는 일반적인 면방적 시스템인 연조기, 조방기 및 링정방기 기지에 맞도록 선택되었기 때문에 혼방원료 중 가장 긴 섬유도 충분히 처리 가능하다. 그러나 드래프트 배분 및 로올러 기지를 변경하면 더 효과적일 수도 있다.

65mm보다 긴 섬유가 15% 정도인 경우 연조기, 조방기 및 링정방기에서 슬립 드래프팅 방식을 사용하였다. 슬립 드래프팅과 같은 기계적 개조는 주문량이 많지 않으면 가능하지 않다.

또한 조방기 및 링정방기에서 별키한 양모섬유를 잘 처리하기 위해서는 큰 에이프런 스페이서를 이용하여 에이프런 기지 세팅을 넓힐 것을 권장한다. 왜냐하면 양모의 섬유응집력이 크기 때문에 조사 꼬임이 낮아야 하기 때문이다.

6. 정소면공정

노일 및 탄화 양모를 면방적 시스템에서 처리하는 경우 수율을 고려하여 정소면처리를 해주어야 한다. 탄화 양모 및 면 노일의 혼방원료를 코우밍하면 최소 14~16%의 노일이 발생되는데, 노일 중에 적어도 95%가 양모 웨이스트이며, 그 중 60~77%가 양모성분이다.

SAWTRI에서의 연구에 의하면 면방적 시스템에서 식물성 물질 함량이 4.5%로 높은 양모를 가지고 양모/면(50/50) 혼방원료를 처리하는 경우, 연조 2차 패스에서 정소면한 슬라이버와 정소면하지 않은 슬라이버 사이에는 잔류 식물성 물질 측면에서 본다면 차이가 없는 것으로 나타나, 정소면

공정이 불필요한 것으로 결론 내렸다. 노일 발생율을 21%로 세팅하는 경우 노일 제거량이 비교적 많았다. 이는 짧은 면섬유가 정소면에 의해 선택적으로 제거되었기 때문으로 판단되지만, 노일을 분석해 본 결과 면이 53%, 양모가 47%인 것으로 나타났다.

비교적 저급의 양모를 사용한 양모/면 혼방원료에 대하여 정소면에 의한 식물성 물질 감소 효과는 미미했으며, 정소면한 양모와 정소면하지 않은 양모를 사용한 양모/면 로우터 방적사를 비교한 경우 차이가 없는 것으로 나타났다.

7. 로우터 방적

양모의 로우터 방적은 몇몇 연구원들에 의해 검토되었다. 순수한 양모는 로우터 방적이 가능하며, 비교적 큰 어려움이 있지만 로우터 양모 혼방사의 제조도 가능하다. 로우터 방적사는 보통 50tex 정도의 상대적으로 굵은 선밀도로 제한되어 있다. 순수 양모로 로우터 방적사를 제조하기 위해서는 19.1 ~ 27.7 micron의 섬도가 필요하다.

SAWTRI에서는 식물성 물질 함량이 높은 비교적 짧은 양모와 면섬유를 면방적 시스템에서 혼방하여 로우터 방적사를 제조하는 연구를 수행하였다. Veldsman과 Hunter는 면방적 시스템에서 양모/면(75/25) 로우터 혼방사를 제조하였다. 로우터 직경은 55 ~ 65mm, 로우터 속도는 7,000rpm으로 하였다. 4개의 홈이 있는 노즐이 부착된 핀 로울러와 홈이 없는 노즐이 부착된 합섬 로울러 모두 방적이 가능한 것으로 나타났다.

정련한 양모, 랩, 싱글 및 탠덤 카드 단계에서 양모의 평균 섬유장을 WIRA 단섬유장 시험기로 측정하였다. 양모/면 혼방 원료에 대해서는 랩, 싱글 소면 슬라이버, 탠덤 소면 슬라이버, 정소면 슬라이버 및 연조 단계에서의 섬유장은 파이프로그래프를 이용해 측정하였다.

WIRA 섬유장 시험기에 의해 측정된 섬유장은 정련후 55.5mm, 싱글 소면

슬라이버는 40.0mm, 탠덤 소면 슬라이버가 32.6mm로 섬유장이 감소되는 것으로 나타났다.

2.5% 스펀섬유장은 양모 혼방률의 증가에 따라 증가하거나 거의 유사하게 나타났는데, 이는 양모가 더 길기 때문이다. 혼방 원료에서의 섬유장은 양모 종류에 의존한다. 균제도비는 양모 종류와는 무관하게 양모의 혼방률이 증가할수록 감소하는데, 47은 높은 것으로, 42는 낮은 것으로 간주된다. 양모의 혼방률이 40% 이상인 모든 혼방원료의 균제도비는 39 이하이다.

양모 및 양모 혼방원료인 연조 슬라이버에서의 섬유장은 Zellweger USTER나 손에 의한 스테이플 다이어그램에서 측정한 것보다 Almeter로 시험한 것이 짧게 나타났다.

넵 함유율은 양모 혼방률이 증가함에 따라, 사용된 양모 종류에 따라 증가하거나 감소하였지만, 정섬 및 개섬된 양모는 양모 혼방률 증가에 따라 넵 함유율이 감소되었다.

양모/면 혼방 슬라이버에서의 넵수는 면 혼방률 감소에 따라 감소하는 경향이 있지만, 양모/폴리에스테르 혼방인 경우 소면기에서는 넵이 없었다.

실의 단사강도는 양모 혼방률 증가에 따라 직선적으로 감소하였으며, 다른 혼방사의 경우에도 이와 유사한 거동을 보였다.

실의 불균제도는 양모의 혼방률 증가에 따라 증가하였으며, 정련 양모를 혼타면 혼방으로 제조한 실은 절단 톱을 혼타면 혼방으로 제조한 실보다 더 불균일하였다. 면/양모 혼방, 폴리에스테르/양모 혼방 모두 가는 양모를 사용한 실이 더 균제한 것으로 나타났다. 정소면된 면과 양모를 혼방한 경우에는 실의 균제도가 상당히 개선되었다. 또한 소면 슬라이버의 불균제도는 양모 비율이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

8. 결론

면방적 시스템에서 양모 및 양모 혼방 원료를 처리하기 위한 많은

연구들이 수행되어, 처리 가능한 원료와 처리 과정이 확립되었다. 문제를 일으키는 공정들이 확인되었으며, 또한 이러한 문제를 극복하기 위한 방법 및 공정이 개선되었다. 양모의 신장-절단은 적절한 섬유장 분포를 얻는 좋은 방법인 것으로 생각된다.

이전에 확립된 혼방방식이 가지는 장점들의 개선 가능성에 대한 정량화된 증거가 없다. 더구나 현대식 혼타면기에는 한계가 있다. 따라서 본고에서는 현대식 혼타면기를 이용한 혼방 가능성을 시험하고, 혼섬 정도를 정량적으로 평가할 수 있었다. 양모섬유의 소면처리에 의해 얻어지는 개선점에 앞서 소면공정에서 양모의 처리시 문제점을 우선적으로 조사하여야 할 필요가 있다. 이것은 특히 소면공정의 다양한 인자들이 섬유절단 및 섬유 개선 정도에 미치는 영향을 평가하는데 매우 중요하기 때문이다.

(Cotton system processing of wool and wool-rich blends : Textile Asia 2000. 10.)