

면섬유 시험의 자동화

1. 서 언

원래, 원면은 섬유장, 잡물량, 색상 등을 주관적으로 평가하여 등급을 매길 수 있는 전문가에 의해서 분류되었다. 그러나, 전문가(품선인)는 섬도나 강력, 신도, 미세면지의 함량 그리고 단섬유 함유율 등을 평가할 수는 없었다.

지난 50여년 동안, 재현성의 가능한 정도에 따라 섬유의 특성을 측정할 수 있는 많은 기기가 개발되어 왔다. 그러나 이런 기기들은 시험을 하는데 많은 시간이 필요하므로 많은 양의 면섬유를 시험하는 데는 적당하지 않았기 때문에 기계제작자와 몇몇 진보적인 공장에서 면섬유의 연구에만 응용되었다.

섬유시험의 자동화는 1965년에 이르러 미농무성(USDA)과 미국의 시험기계 제작회사인 Motion Control사와의 공동연구로 시작되었다. 이 공동연구에서 처음으로 HVI(High Volume Instruments)를 생산하게 되었으며, 1984 □에는 Spinlab사가 비슷한 장치를 개발하였다. 그리하여 오늘날 미국에서 수확되는 많은 양의 원면이 이들 두 장치 가운데 어느 하나에 의해서 시험 되고 있다.

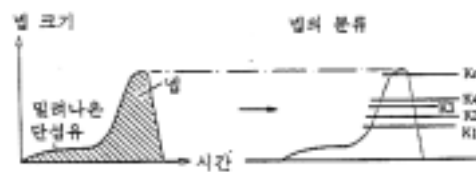
이전에 개발된 모든 섬유시험장치들은 반드시 섬유에 대한 구성비를 알아야 했으며, 또한 섬유를 속(bundle)으로 만들어야만 했다. 그런데 섬유속으로 시험해서는 섬유 끝을 물리는 조건 때문에 단섬유 함유율을 정확하게 측정할 수 없었다. 더욱이 섬유속 시험으로서는 실의 타래 시험(skein test)에서와 마찬가지로 섬유와 섬유 간의 변동을 측정할 수가 없다. 또한 섬유속 시험으로는 넵 함량도 측정할 수 없다.

본고에서는 자동 단섬유시험에 대하여 연구된 내용, 특히 정방 이전의 여러 공정에서 넵 수의 측정에 관하여 수행된 연구내용에 대해서 기술하고자 한다.

2. 넵 함량 측정장치

진보된 섬유정보 시스템이라는 뜻의 AFIS-N이라는 시험기는 원면, 슬라이버 그리고 로빙에서 넵의 크기와 빈도수를 자동으로 측정할 수 있는 장치이다.

AFIS-N 은 단섬유를 측정하여 넵의 함량을 직접 나타낼 수 있게 된 기기이다. 이 기기는 면시료를 개개의 섬유, 넵 그리고 잡물로 각각 선별하게 되며, 잡물들은 원심분리작용으로 분리해낸다. 단섬유들은 기류에 휩쓸려서 광전식감지기를 통과하게 되며, 여기서 시간당의 전자파를 형성한다. 개개의 넵은 <그림 1>에서와 같이 20개의 크기별로 측정될 수 있는 스파이크형 혹은 피크형의 파형특성을 나타낸다.



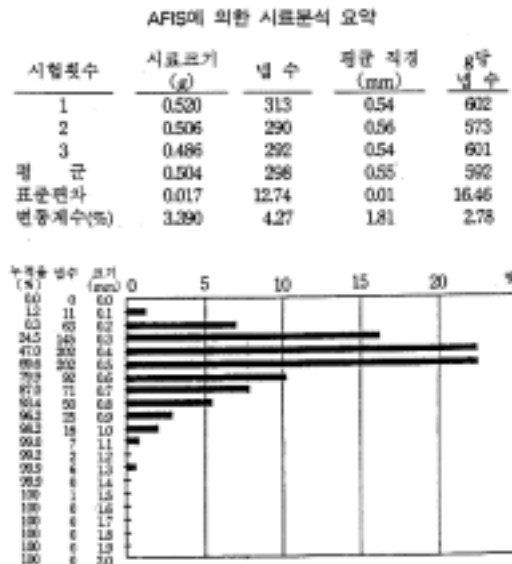
<그림 1> AFIS-N으로 측정한 넵의 파형

AFISN 에 의한 넵의 함량분석으로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

- ① g단위로 표시된 시료의 크기 (무게 측정에 의함)
- ② 시료의 넵 수
- ③ 직경 측정에 의한 넵의 평균 크기
- ④ 직경 측정에 의한 넵 수
- ⑤ 시료의 g당 넵 수
- ⑥ 넵 수 및 넵 크기의 평균치
- ⑦ 넵 수, 넵의 평균 직경, 시료의 g당 넵 수에 대한 표준편차 및 변동계

수

<그림 2>는 원면 베일(bale)에서 채취한 시료를 AFIS-N으로 3회 시험한 결과를 나타낸 것이다. 결과를 요약하면, 0.5g의 시료에 대하여 298개의 넵 또는 시료 1g당 592개의 넵이 측정되었음을 알 수 있다. 넵의 평균 직경은 0.55mm였으며, 1.5mm 크기의 것도 한 개 있었다는 것을 돛수분포도에서 알 수 있다.

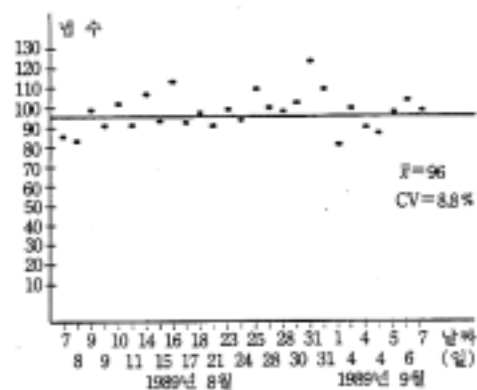


<그림 2> AFIS-N으로 측정한 면섬유 넵 함량과 넵 직경의 돛수분포도

어떤 자동화된 시험방법에 있어서도 가장 중 요한 점은 시험결과에 대한 신뢰성이다. 같은 타입의 기기 간에는 재현성이 있는 결과를 얻을 수 있어야 하며, 같은 타입의 기기로서 제작 년도가 다르더라도 어느 범위까지는 재현성이 있어야 한다.

한달 동안 하루 한 건의 시험을 행하여(매 시험당 0.5g의 면섬유 3개 시험에 대한 평균), AFIS-N 시험기의 재현성을 조사하였으며 이 결과를 <그림 3>에 나타내었다. 시험은 카드 슬라이버에서 채취한 면시료를 각각 다른 시험

자가 행하도록 하였다. <그림 3>에서 알 수 있는 바와 같이 평균 녀 수가 g 당 96개, 변동계수가 83%로 나타나 있는데, 이것은 카드 슬라이버에 녀이 약간 분포되어 있으며 매일매일의 시험결과에 재현성이 좋다는 것으로 결론지을 수 있다. 실제로 8월 31일에 시험한 단 한 개의 수치만이 $\pm 2s$ 의 범위인 g당 ± 17 개를 벗어나 있다.



<그림 3> 한달 동안 AFIS-N으로 측정한 g당 녀 수의 재현성

3. 실제 상황

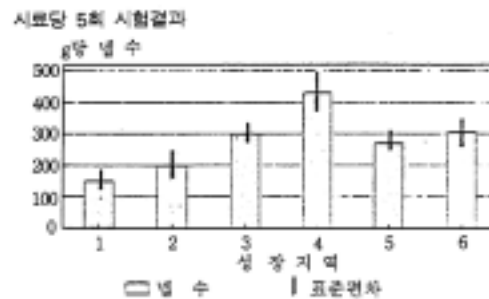
섬유에서 녀를 세는 것은 시험자로서는 매우 시간을 소비하는 일이 되어 왔었다. 결과에 대한 신뢰성은 모든 주관적인 시험방법에서와 마찬가지로 많은 변수, 특히 시험자와 관련된 변수에 달려있었다.

전에는 카드 웹이 녀를 세는데 적당한 시료로 사용되었지만, 소면기에서 웹에 있는 작은 반점을 녀으로 평가할 것인지 아닌지를 결정하기가 매우 어려웠다. 또한, 동일한 시험자가 행한 반복시험에서도 매우 다른 결과의 녀 수를 나타내는 경향이 있었다.

누구나 다 알고 있듯이 수확하기 이전에 면화의 볼(ball)은 녀를 함유하고 있지 않다. 이들 녀는 조면공정과 원면 베일로부터 실을 만드는 공정 중에

생성된다. 넵은 원면의 특성과 실을 만드는 여러 단계에서 공정의 적정성 여부에 따라 많거나 적게 생성되며, 이러한 넵은 실의 품질에 영향을 미치게 된다.

베일 형태의 원면에서도 생산지에 따라 넵의 함량이 다를 수 있다. <그림 4>는 각각 다른 지역에서 성장한 6개의 시료를 AFISN으로 시료당 5회씩 시험하여 측정한 면섬유의 g당 넵 수를 나타낸 것이다.

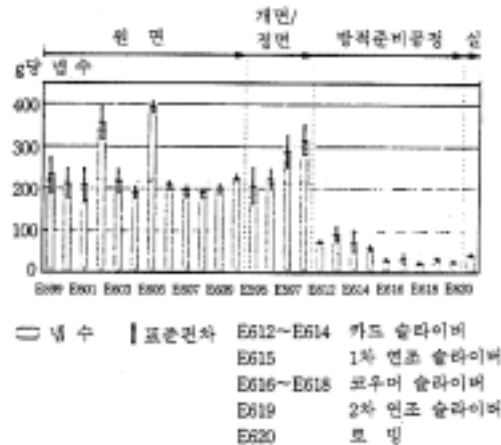


<그림 4> 성장지역에 따른 원면의 넵 수

그림에서 알 수 있듯이 각각 5회 시험한 결과의 평균으로부터 표준편차를 감안해도 6군데 성장지역에 따른 면섬유의 넵 수에는 심한 차이를 보이고 있다. 혼면을 할 때에는 이점을 고려해야만 한다.

원면의 베일 간에 있어 넵 함량의 차이 또한 실을 방적하는 사람들에게는 매우 중요할 수 있다. <그림 5>는 E599부터 E610까지 12베일의 원면을 혼면한 것에 대해 AFIS-N으로 시험한 넵 수를 나타낸 것이다. E595부터 E598까지에 대하여는 개면과 정면을 거친 단계에서 AFIS-N으로 넵 수를 측정한 것이다. E612와 E613은 카드 슬라이버에서 측정한 넵 수를 나타낸 것이며, E614는 1차 연조기, E615는 정소면 준비기, E616, 617, 618은 정소면기, E619는 2차 연조기 그리고 E620은 조방기에서 각각 측정한 넵 수를 나타낸 것이다.

넵 수에 대한 최종시험은 실에 대하여 우스터 시험기(Uster tester 3)로 측정하였으며, 이때 사용된 실의 변수는 Ne 80이었다.



<그림 5> 장적공장에서의 넵 수 분석

그림에서 보는 바와 같이 E602와 E605의 두 베일은 다른 원면의 평균 넵 수가 약 200개/g인데 비하여 350~400개/g로서 특히 넵 수가 많았음을 알 수 있다. 만약 이들 두 베일을 혼면하기 전에 다른 것과 바꾸었다더라면 실에서의 평균 넵 함량을 줄일 수 있었을 것이다.

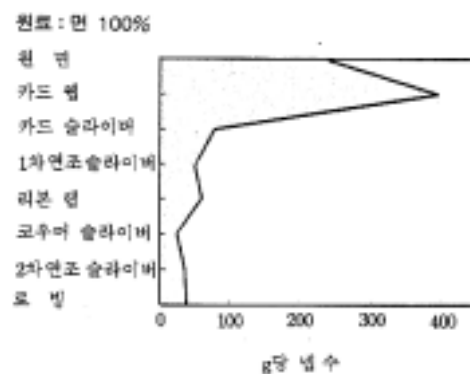
실에서의 넵 수는 g단위로 우스터 시험기에서 측정하였다. 넵을 측정하는 감지장치는 AFISN과 우스터 시험기가 동일하지 않다.

이 그림에서 유도해 낼 수 있는 또 하나의 결론은 소면 이전의 개면과 정면단계에서 넵의 함량이 증가한다는 것이다. 그러나 소면공정에서는 넵 함량이 현저하게 감소되고 있으며, 정방 이전의 모든 공정에서도 g당 넵 수를 약간 더 감소시키고 있다. 다시 말하여 방적공정에서 넵을 생성시키는 데 가장 많이 기여하는 공정은 개면공정이며, 원면으로부터 이들 넵을 제거하는데 가장 많이 기여하는 공정은 소면공정이라 할 수 있다.

4. 방적공정에서의 넵

넵의 측정에 대하여 실제로 흥미있는 것은 어느 공정에서도 넵 수의 측정이 가능하다는 것이다. 이를 위해서는 보통 시료당 3회의 시험을 행하며, 각각의 시험에는 약 3분이 소요된다.

<그림 6>은 코우머사의 생산단계에서 AFIS-N으로 시료당 3회의 시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 이 결과에서 넵 수는 주로 소면공정에서 감소된다는 것을 확인할 수 있으며, 정소면기 또한 매우 효과적으로 넵의 함량을 감소시키고 있다는 사실을 알 수 있다.



<그림 6> 공정별 넵 수의 변동

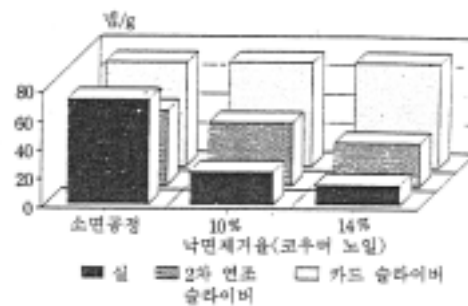
10대의 현대식 고속 소면기를 갖춘 방적공장에서는 하루 24시간 동안 약 10,000kg의 카드 슬라이버를 생산하게 될 것이다. 이 생산량은 링 정방부에서 50,000~100,000개의 정방 곱에 해당될 것이다. 그러므로 시험실에서는 적어도 1주일에 한 번은 카드 슬라이버의 넵 수를 측정하는 것이 매우 중요하다고 하겠다. 세번수를 생산하는 공장에서는 이를 매일 측정해야 한다.

코우머사를 방출하는 경우에는 코우머 슬라이버에 대해서도 똑같은 양의 시료를 채취하여야 한다. 원면이나 카드 슬라이버에서 넵의 함량이 많게 되면, 실에서의 넵 함량도 많아지는 결과를 가져올 뿐만 아니라 각 공정에서

일반적인 품질의 저하를 초래할 수 있게 된다.

5. 낙면의 제거

여러 방적공정에서의 넵 수와 실의 넵 수는 직접적인 상관관계가 있다. 정소면공정에서 낙면 제거율이 높을수록 실의 넵 수는 적어지게 될 것이다. 정소면공정에서 어떤 비율로 낙면이 제거되면, 그만큼 연조 슬라이버와 실에서의 넵 함량도 감소될 수 있다. 낙면 제거율이 높을수록 코우머사의 넵 수도 적어지게 될 것이다. 낙면의 제거와 넵 함량의 감소에 대한 적정하고 경제적인 관계는 AFISN 시험기를 이용하면 얻을 수 있다.



<그림 7> 카드 슬라이버, 2차 연조 슬라이버 및 실에 대한 AFIS-N의 넵 수

6. 원면과 실

원면의 넵 수는 다음과 같은 변수에 따라 달라진다.

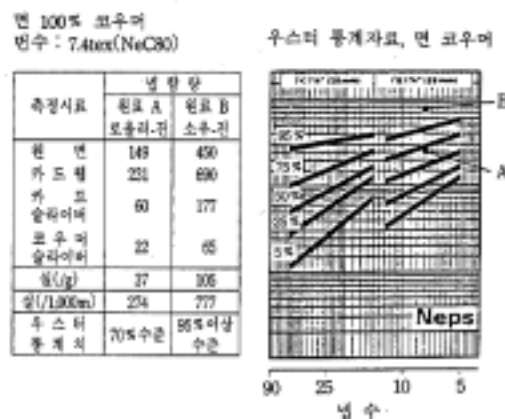
- 면의 종류 ○ 성장지역
- 계절 ○ 성숙도
- 채취방법 ○ 조면방법

다음 예는 A지역에서 재배한 롤러진(roller-ginned)의 미면과 B지역에서 재배한 소우진(saw-ginned) 미면을 비교한 것이다. AFIS-N에 의한 시험은 원면,

소면공정의 바로 전후 그리고 정소면공정 바로 후의 시료로 행하였다. 실에 대한 넵 시험은 우스터 시험기로 행하였다.

<그림 8>은 각 공정에서의 넵 수(개/g)와 실에서의 넵 수(개/g, 개/1,000m)를 나타낸 것이다.

B지역에서 재배한 소우진 면은 원면과 모든 공정에서, A지역에서 재배한 울러진 면보다 넵이 거의 3배나 많았다.



<그림 8> 원면에서의 많은 넵 함량이 실의 넵 함량에 미치는 영향

7. 우스터 통계자료(Uster Statistics)

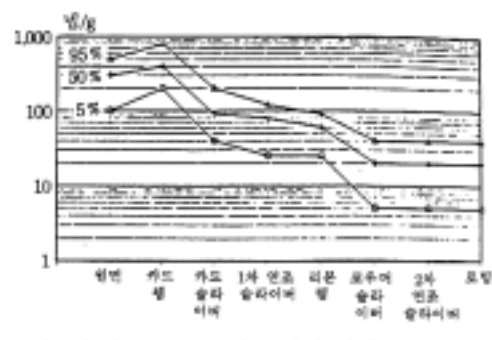
코우머사에 대하여 1989년도 우스터 통계자료(Uster News Bulletin No. 36)와 비교해 보면, B지역에서 재배한 원면은 Ne 80의 실에서 넵 수가 우스터 통계치의 95% 수준보다 훨씬 넘어서고 있음을 알 수 있다. A지역에서 재배한 원면으로 방직한 실은 우스터 통계치의 50% 와 75% 수준 사이에 놓여 있다. 이 측정결과로 방직공장에서는 이제 넵에 관한 한, 원면으로부터 실에 이르기까지 아주 명백하게 이해되었으리라고 믿는다.

AFIS-N으로부터 얻게 되는 재현성 있는 수치와 정방 이전의 각 공정에서

빠르고 쉽게 결과를 얻음으로써 모든 방적공정에서 넵 수에 대한 우스터 통계치를 확정지을 수 있게 되었다.

<그림 9>는 방적준비공정에 대한 AFIS-N 값의 결과에 대하여 나타내고 있다. 5%, 50% 그리고 95% 곡선은 코우머사의 여러 가지 품질에 대하여 보여 주고 있다. 예를 들면, 50% 수준이라 함은 50%의 공장들이 g당 넵 수의 수치가 각 방적공정의 단계에서 50% 수준과 같거나 적다는 것을 뜻한다.

<그림 9>의 이와 같은 설명은 한정된 시험횟수를 근거로 하였기 때문에 당분간 ‘잠정적’인 것으로 고려할 수밖에 없다.



<그림 9> 코우머사의 공정별 넵 수에 대한 우스터 통계치(잠정적임)

8. 결 언

넵의 함량은 방적공정의 모든 단계에서 채취한 시료에 대하여 AFIS-N 시험기로 측정할 수 있으며, 넵 수뿐만 아니라 넵의 크기도 함께 기록된다.

현대의 고속 소면기에서는 웹이 외부로 노출되지 않으므로 이전에 사용된 넵 측정방법은 방적공정 가운데 중요한 단계에서 더 이상 유용하지 않거나 어떤 한정된 범위에서만 유용할 뿐이다. 그러므로 소면공정 전후의 넵 함량 시험은 오늘날의 면방적에서는 매우 중요하다고 하겠다.