

면섬유의 전방공정과 블렌딩효율

1. 서 론

최근 High Volume Instrument(HVI)와 Uster사의 Advanced Fiber Information System(AFIS)이 도입되면서 원면시험에 커다란 발전을 이루어 왔다. HVI는 섬도, 섬유장 및 섬유장균제도, 섬유강도 및 신도, 색, 잡물량 등 원면의 여러 특성을 측정할 수 있으며, AFIS시스템은 섬유장, 단섬유함량, 섬유직경, 넵, 잡물 등을 측정할 수 있다. HVI시스템은 섬유속 시험에 기초를 두고 결과를 내주지만 AFIS시스템은 원면샘플에서 하나의 섬유율에 대한 측정을 한다.

따라서 섬유특성의 분포, 변수, 평균 등에 관한 더욱 상세한 정보는 AFIS에서 얻을 수 있다. 그러나 AFIS는 HVI시스템보다 훨씬 시험시간이 길다. (AFIS는 샘플당 약 3분, HVI는 약 18초 걸림) 초기에는 HVI시스템이 원면시험에서 품선인(classer)이 하던 원면판정을 자동으로 대신해 주기 위해 고안되었으나, 최근에는 미국 농무성(USDA), HVI제작업자 및 여러 연구기관들이 공동 노력으로 면방적공정 성능(processing performance)을 결정하는데 잠정적으로 HVI를 사용하게끔 개선을 해오고 있다.

AFIS는 초기에 면방적공정 성능을 평가하는데 있어 막강한 도구가 되도록 개발되었다. 이 시스템에 넣어 주는 샘플은 공기역학적 공정을 이용하여 개방시켜 두고 있다. 그러면 잡물과 먼지는 반대방향으로 기류가 흐르는 분리슬롯으로 배출되고 고속기류를 이용해 전자광학잡물센서(electro-optical trash sensor)로 옮겨지게 되면 AFIS 시스템은 면섬유의 실제공정과 같이 일반적인 방법으로 모의시험을 하게 된다.

HVI와 AFIS시스템 모두 소수의 인원으로 작동시킬 수 있다. 만들어진 데이터는 마이크로컴퓨터를 이용하여 분석되고 출력된다.

이들 시스템에서 얻어진 데이터는 원면 선정, 블렌딩, 방적공정 성능에 대한 평가, 단섬유의 특성과 실 및 천의 특성 간의 관계를 개선하고, 원면의 품질과 가격을 최적화 하는 등 여러 분야에 이용될 수 있다.

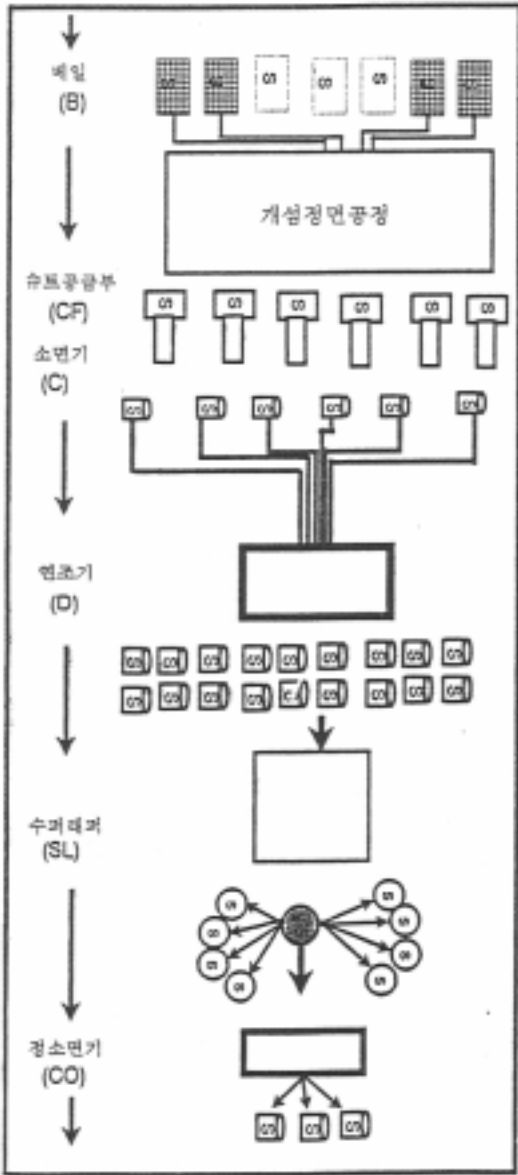
2. 샘플링 계획

섬유허성의 점진적인 변화를 평가하기 위해 샘플링 계획이 세워지고 실제 기존공장에서 실시하였다. 이 계획이 <그림 1>에 나타난 것 처럼 블렌딩공정에서 부터 정소면공정까지 모두 동일한 면을 사용하여 실시하였다. 샘플링에 앞서 개섬공정 전체를 깨끗히 청소하여 앞서 블렌딩했을 때 남아 있던 면과 잡물을 완전히 제거하였다. 그리고나서 40개의 새 베일을 베일 혼섬용으로 사용했다. 각각의 베일로부터 대표샘플을 선택하였으며, 전공정에 걸쳐 1,500 lbs/hr의 비율로 6개의 슈트공급부(chute feed)에서 샘플을 2시간 정도 시운전한 후 채취하였다. 동시에 소면기로부터 6개의 슬라이버 캔에서 슬라이버 샘플을 채취하여 선택된 샘플을 다시 연소공정으로 이송시켰다.

단 하나의 연조기만을 사용하여 6개의 소면슬라이버에서 24개의 연조슬라이버를 만들었고, 각 연조슬라이버에서 채취한 샘플을 이 시험을 위해 선택했다. 나머지 슬라이버는 슈퍼래퍼(super lapper)를 통해 다음 공정으로 넘어가고 정소면슬라이버 캔 3개를 만들기 위해 정소면기로 보냈다. 8개의 슈퍼랩 샘플과 3개의 정소면슬라이버 샘플에서 각각 하나씩 시험용으로 선택했다.

개섬공정에서 사용된 기계는 Blendomat, Axiflow cleaner, RN cleaner Dustex, Multimixer, fine opener 등이다. FBK 슈트공급은 DK 740 소면기와 연결하여 사용하였다. 연조기는 Vouk SH1, 정소면기는 Vouk PX1을 사용하였다. 생산속도는 개섬라인에서 1,500 lbs/hr, 소면공정에서 65 lbs/hr, 연조공정에서 200 lbs/hr,

정소면공정에서는 300 nips/min이었다.



<그림 1> 각 공정별 샘플링 계획

모든 샘플에 대한 시험방법을 동일한 표준과정으로 다음과 같이 실시하였다.

- AFIS ; 섬유장, 단섬유 함량, 잡물수 및 넵수/g

- MCI-3000 HVI ; 섬유장, 섬도, 섬유장균제도, 섬유강도, 색, 잡물등급
- Shirley analyzer ; 잡물측정

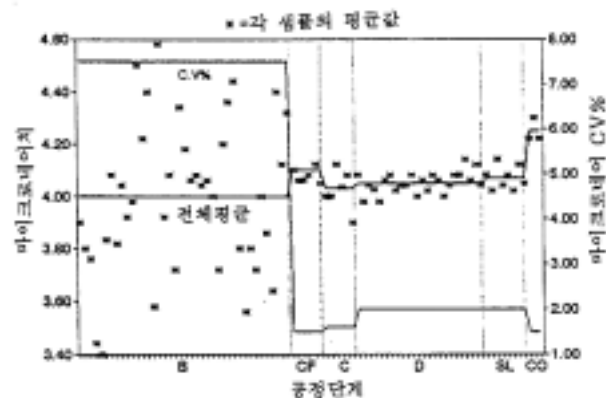
HVI로 시험할 경우 각 샘플에서 5개의 시료를 채취하여 시험하고, 그 값의 평균을 기록하였다.

AFIS과 Shirley analyzer로 시험했을 때는 각 샘플에서 3개의 시료를 채취하여 실시하였다.

3. 전방공정에서 섬유특성의 점진적 변화

3.1 마이크로네어치 변화

<그림 2>는 베일에서부터 각 공정단계를 거치면서 채취한 샘플로 구한 값을 나타내며, “*”표는 각 샘플의 마이크로네어치 평균값이고, 직선은 각 공정별 전체평균값, 점선은 변동계수를 나타낸다.



<그림 2> 각 공정별 HVI 섬도 변동

마이크로네어치는 섬도와 성숙도를 묶어 측정한 것이라고 생각할 수 있으며, 따라서 각기 다른 공정단계에서 읽힌 평균 마이크로네어치의 실제 변화

는 기대할 수 없었다. <그림 2>의 결과는 마이크로네어치의 변화가 매우 작음을 보여주고 있으며 정소면 후에 약간 증가한 마이크로네어치는 여러 공정을 거치는 동안에 미성숙면이 어느 정도 제거되었기 때문일 것이다. 또 베일 샘플에 잡물이 들어 있을 가능성이 있고, 이것은 잡물로 인해 공기흐름이 방해받기 때문에 마이크로네어치는 그리 중요하지 않다.

여러 다른 공정에서 마이크로네어치의 변화에 대한 시험은 각 공정이 수행하는 유용한 정보를 제공해 줄 수 있으며, 특히 블렌딩능력(blending capability)에 대해 더욱 그러하다.

여러 다른 성분의 면이 섞이게 되면 2종류만이 섞인 혼면을 개발할 수 있는 비슷한 블렌딩능력 지수를 구하는데 어려움이 크다.

그러나 간단한 다성분 블렌딩지수의 장점은 input(각 공정에 투입되는 상태), output(각 공정에서 방출되는 상태)되는 면의 마이크로네어치의 가변성을 고려하여 개발되어야 한다. 제안된 지수는 분산분석(ANOVA)으로 유추해 낼 수 있다.

$$\text{블렌딩指數(BI)} = \frac{(C.V^2_{\text{input}} - C.V^2_{\text{output}})}{(C.V^2_{\text{input}})} \times 100$$

$C.V_{\text{input}} = \text{input}$ 마이크로네어치의 변동계수

$C.V_{\text{output}} = \text{output}$ 마이크로네어치의 변동계수

이 식에 의하면 블렌딩지수가 100%라는 것을 output C.V가 0이라는 것을 의미한다. (즉 완전혼섬이 이루어 짐을 뜻함) 반대로 극한 경우의 블렌딩지수가 0%도 될 수 있다는 것도 내포한다.

위의 식을 이용하면 마이크로네어 CV%에서 점진적변화를 알 수 있고 블

렌딩지수에 상응하는 변화도 결정할 수 있다.

<그림 2>의 결과를 보면 개섬과 정면공정 후에 마이크로네어 CV%값이 가장 많이 줄었다. (베일의 7.5%에서 슈트공급 샘플에서는 1.5%로 됨) 이러한 감소는 약 96%의 블렌딩지수와 맞먹는다. 이 값은 단지 공정상의 블렌딩능력의 참고지수로써만 생각해야 한다.

사전에 섬유상호간의 관계를 평가할 수 있는 더 많은 조사없이 이 지수를 블렌딩효율의 물리적인 개념에 기초를 두고 해석하는 것은 불확실한 것으로 여겨야 할 것이다. 개섬 및 정면공정에서 면의 불균제도가 상당히 감소한다는 것을 전부터 예상한 것이었다. 그러나 제시된 블렌딩지수는 불균제도의 감소가 증가하고 있음을 객관적인 평가로 보여주고 있다.

더욱이 베일에서 불균제도 input CV% 참고값을 이용하여 각 공정단계를 거친후 블렌딩지수를 결정하는 것은 블렌딩균제도를 알아내는데 있어 공정간의 불균제의 영향을 측정할 수 있게 해 준다. 이 연구결과에 따르면 소면 공정까지 전체 블렌딩지수는 95.5%로 약간 떨어졌고 연조공정까지 가면 블렌딩지수는 93%까지 떨어진 값을 얻었다. 블렌딩지수가 연조공정에서 감소한 것은 드래프트과정에서 발생한 불균제도 때문일 것이다. 정소면공정으로 넘어가면 다시 96% 수준까지 블렌딩지수가 올라간다.

블렌딩능력을 믿을만한 물리적 측정이 없는 가운데 이번 연구에서 제안된 블렌딩지수는 공정중의 블렌딩능력을 간단하고도 실질적인 측정을 할 수 있게 해 주고 있다. 블렌딩지수를 측정함에 있어 CV값을 이용하는 것을 베일, 슈트피드매트 또는 슬라이버 등 개개 성분에 대한 가변성을 하나로 묶어 만든 전체 가변성을 기초로 계산해야 한다.

하나의 베일내에서의 가변성은 여러 베일간의 가변성 보다 낮다는 것을 가정할 수 있고, 베일간의 가변성이 높을때는 여러 샘플에 대해 혼면공정의

시간차를 두고 시험해야 하며, 이 경우는 블렌딩지수는 시간연속파라미터라야 한다.

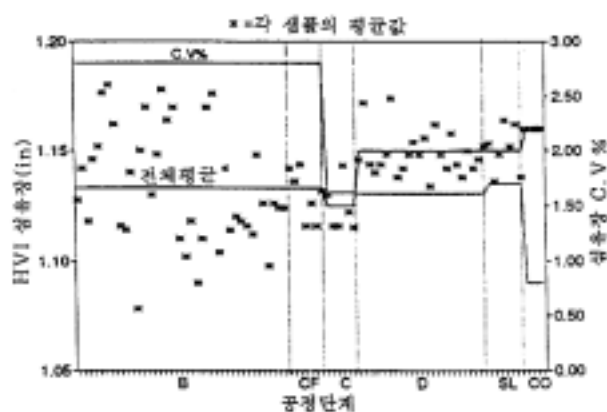
각 공정단계를 거친 후 마이크로네어치에 대한 CV%를 모니터링하는 또 하나의 장점은 이렇게 하는 것이 섬유가닥에서 제한적인 불균제도를 실제로 측정해 준다는 것이다. 이런 유형의 불균제도는 전부터 이론적으로는 마르틴 데일(martindale)방정식으로 성립시켜 왔었다. 이 점을 본고에서 조사한 것이다.

3.2 섬유장의 변화

HVI의 섬유장 평균값의 변화를 <그림 3>에 나타내었다.

이 그림에서 HVI의 섬유장 평균값(2.5% 스패길리)은 개섬이나 정면공정으로 인해 영향을 받지는 않았다고 할 수 있다. 소면공정에서 섬유장이 약간 줄어든 것은 단섬유함량이 증가한 것 때문일 것이다.

연조공정에서 섬유장이 증가한 것은 HVI 섬유장 측정스테이션에 제공된 연조슬라이버샘플이 양호하게 잡아당겨졌기 때문이다.



<그림 3> 각 공정별 HVI의 섬유장 변동

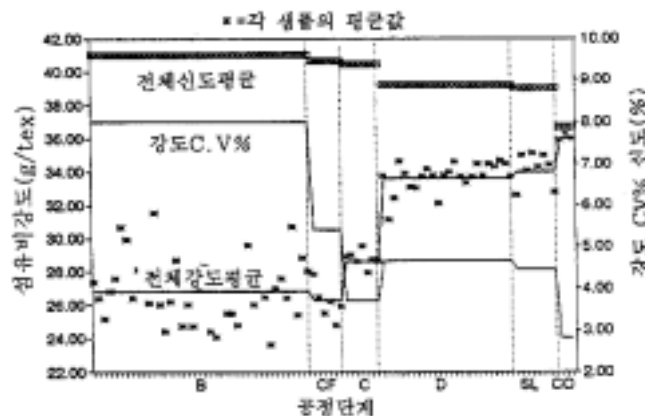
정소면공정에서 섬유장이 훨씬 증가한 것은 단섬유함량을 완전히 제거했기 때문이며, 개섬과 정면공정에서 섬유장 CV%가 큰 폭으로 감소 (원면의 2.7%에서 슈트피드샘플의 1.6%)한 것은 이 공정에서 블렌딩성능이 다시 기여했다고 할 수 있다.

그러나 섬유장이 혼면계획에서 고려되지 않았던 사항이라면, 이 섬유장 CV%는 블렌딩성능에 대해 주관적인 척도로만 이용되어야 한다.

소면에서 연조공정에 이르기까지 섬유장 CV%의 개선은 전혀 없었고, 정소면으로 가면 다시 CV%의 감소가 관측된다. (약 0.7% 감소) 이러한 CV%의 감소는 또한 단섬유함량의 감소에 기인한다고 생각할 수 있다.

3.3 단섬유강도의 변화

<그림 4>는 서로 다른 공정단계를 거치는 동안 섬유속비강도(g/tex)의 변화를 나타낸 것이다. 이 결과를 보면 정소면공정에 이르기까지 섬유속 비강도 값이 전체적으로 9g/tex까지 증가함으로써 점진적인 섬유속 강력의 개선이 있었다는 것을 보여준다.



<그림 4> 각 공정별 섬유의 강 신도

이러한 실질적인 개선은 한 두가지의 이유가 있다. 확실한 이유중 하나는 섬유의 평행화 및 단섬유들의 제거로 인하여 강력시험에 사용되는 시료의 준비과정이 개선되었기 때문이고, 두번째 이유는 확실하지는 않으나 고려할 가치가 있는데 섬유의 기계적 조건에 대한 영향 때문이다. 공정을 거치는 동안 섬유는 복잡한 기계의 조합과 공기역학의 힘에 의해 부과된 응력을 반복, 연속적으로 받게 된다. 이런 영향이 섬유의 강성(stiffness)을 증가시키는데 앞장선 것으로 볼 수 있다.

일관되게 섬유의 신도가 감소한 것은(그림 4 참조) 기계적인 조건에 대한 영향이 있다는 두번째 이유에 대해 확신감을 준다. 더욱이 정소면공정에서 큰 폭으로 신도가 줄어듬(약 1%)과 동시에 강도의 증가(약 1g/tex)를 얻었다는 것은 300 nips/min의 속도에 부과된 기계적 조건이 이러한 변화의 원인일 것이다.

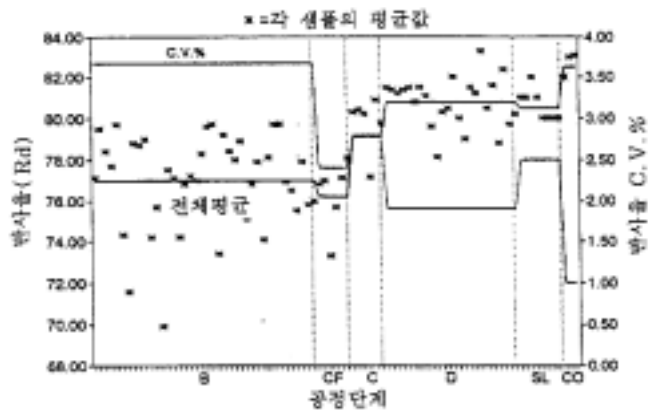
블렌딩성능은 개면과 정면공정에서 원면상태의 강도 CV%가 약 8%이던 것이 슈트피드에서는 5.5%, 소면에서는 더욱 줄어 3.7%까지 떨어졌으며, 정소면에서는 약 2.7%까지 감소하고 있음을 나타낸다. 이와 같이 정소면에서 CV%가 이렇게 큰 폭으로 떨어진 것은 대부분 훨씬 균일한 정소면 슬라이버가 HVI시스템에 샘플로 쓰였기 때문이다.

3.4 색탁(color)의 변화

<그림 5>는 각 공정단계별로 섬유의 반사율(color reflectance, Rd)이 점진적인 변화가 있음을 보여주고 있다. 반사율의 개선(혼타면의 77%에서 정소면 슬라이버에서는 83%)은 블렌딩효율과 유색잡물이 전방공정을 거치는 동안 제거되어 섬유의 표면이 더욱 밝아지기 때문이다.

반사율 CV%감소는 공정상의 블렌딩성능을 나타내 주는 또다른 당연한 결

과이다.



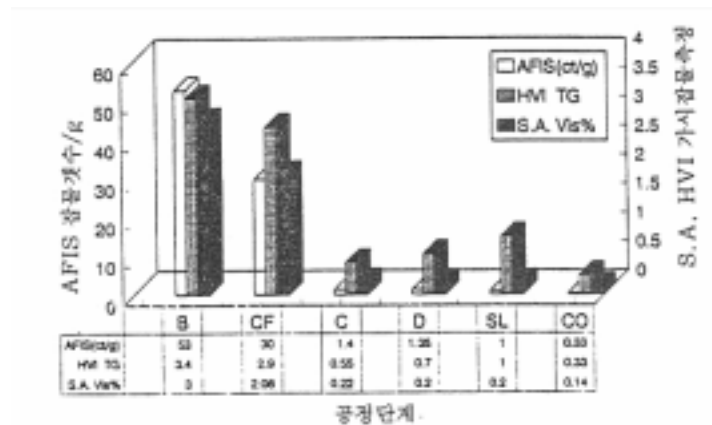
<그림 5> 각 공정별 HVI의 반사율(Rd) 변동

3.5 잡물수준의 변화

연속적으로 이어지는 전방공정을 거치는 동안 잡물수준을 감소시킬 수 있다. <그림 6>은 HVI 가시잡물등급(visible trash grade), AFIS 잡물갯수(trash count), Shirley analyzer 가시잡물량 등의 세가지 다른 측정기술로 얻은 잡물수준의 측정결과를 비교한 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 세가지 측정기술 모두 잡물수준이 감소함을 있음을 보여주고 있다.

잡물 감소의 크기측면에서 더 자세히 살펴보면, 개섬에서 정섬에 이르기까지는 이 세가지 측정기술이 다르게 나타났다. AFIS의 잡물갯수는 약 43.4%, HVI의 가시잡물등급은 약 15%, Shirley analyzer의 가시잡물량은 31%의 감소를 나타냈다. AFIS와 Shirley analyzer간의 잡물 감소수준은 연속적으로 이어지는 전방공정을 거치면서 서로 가깝게 되는 경향이 있는 것으로 의견의 일치를 보았다. 예를 들면, 소면공정에서 AFIS에서는 전체 감소의 약 97%를 이루었고, Shirley analyzer에서는 93%의 감소를 이루었다. 이에 반해 HVI에서는

약 84%의 감소량을 얻을 수 있었다.



<그림 6> 각 공정별 잡물수준

정소면공정에서는 이 세가지 측정기술이 전체 잡물감소량에 있어서는 일치함을 보이는 것 같다.

AFIS시스템이 잡물감소에 대한 더 우수한 감도를 가진다는 것을 AFIS의 결과에서 얻을 수 있었으며, 특히 개면과 정면공정에서 이 AFIS시스템의 작동이 실제 공정조건에서 실시하는 것과 마찬가지로 크게 기여한다는 것이다.

공정중에 잡물수준의 감소에 대한 논쟁은 종종 두가지의 중요한 문제를 불러 일으킨다. 첫째는 서로 다른 측정기술로 얻어진 잡물수준 값 사이의 상관관계에 대한 것이고, 둘째는 잡물 감소와 손상받은 섬유간의 보정문제이다. 이 두가지 문제를 다음에서 알아보고자 한다.

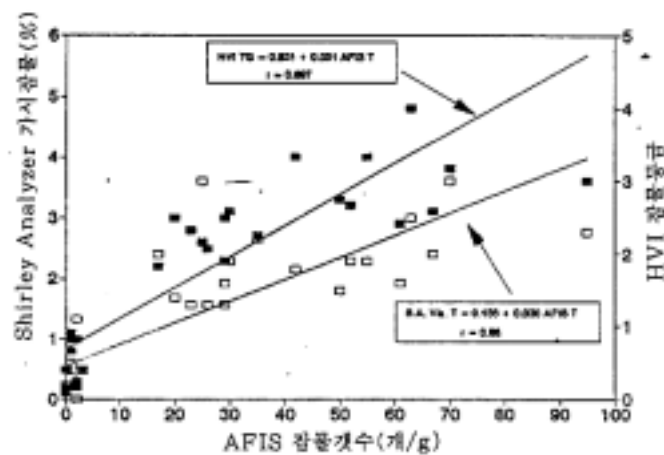
4. 서로 다른 잡물측정기술간의 相關關係

다양한 잡물측정장치를 서로 비교하는 것이 여러차례 조사의 주제가 되어 왔다. Williams와 Schleth의 기존연구에서 서로 다른 잡물측정장치간의 공정한

비교가 있었다. 차이점은 경제적인 측면과 기술적인 측면 둘다를 포함하고 있다.

HVI를 이용한 방법은 잡물을 측정하는데 가장 빠른 기술(관측하는데 걸리는 시간은 2초, 비디오 화상장치를 이용하면 초당 4번 관측할 수 있음)이며, 샘플크기는 불과 20g 밖에 들지 않으며 샘플당 4번의 시험을 한다.

Shirley analyzer는 가장 느린 기술(관측하는데 15분 걸림)이며, 최소한 100g 정도의 샘플이 2개 필요하며 샘플당 2번의 시험을 한다. AFIS는 관측하는데 2분이 소요되며 시험당 0.5g의 샘플이 필요하며 베일, 소면매트(mat)에서 3 ~ 5번의 시험과, 슬라이버에서 5 ~ 10번의 시험을 한다. 기술적인 정보에 관해서는 AFIS가 잡물수준과 잡물조각들의 크기분포에 관한 더 상세한 정보를 제공한다.



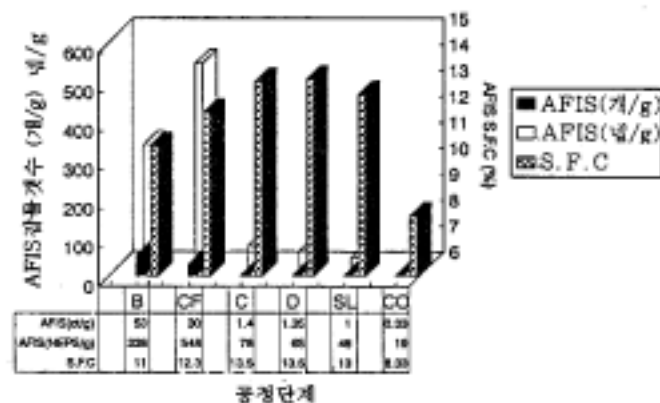
<그림 7> AFIS 잡물수치와 다른 잡물측정치와의 관계

Townes, Baldwin, Shofner의 연구에서 AFIS 잡물갯수측정장치는 HVI와 Shirley analyzer 잡물측정장치에 대해 높은 상관관계가 있음을 보여주었다. 이 연구에서 AFIS 잡물갯수와 HVI, Shirley analyzer 가시잡물간의 관계를 베일에

서 정소면슬라이버에 이르기까지 모든 공정단계로부터 얻은 잡물측정값을 이용하여 개발하였다. <그림 7>은 이들의 상관관계에 관한 것이다. 상관관계에 대한 상관계수값이 HVI와 AFIS에서는 0.897, Shirley analyzer와 AFIS에서는 0.88의 값을 얻을 수 있었다.

5. 잡물감소와 섬유손상간의 관계

보통, 원면에서 잡물을 기계적인 방법으로 제거를 하게되면 불가피하게 섬유의 손상을 가져 올 수 밖에 없다. 이러한 손상이 어느 정도인가를 측정하는 한가지 방법은 단섬유함량을 측정해 보는 것이다. <그림 8>에서 AFIS 단섬유함량의 변화와 잡물갯수의 변화를 보여주고 있다. 이 그림에서와 같이 섬유가 개섬, 정면, 소면으로 공정이 진행됨에 따라 단섬유함량이 증가되고 있다. 소면공정에 이르면 전체적으로 약 23%의 단섬유함량의 증가를 나타낸다. 이러한 증가치는 잡물수준에서 약 97% 감소와 맞먹는다.



<그림 8> 각 공정별 AFIS의 잡물수준, 단섬유함량, 뉘수

각 방적공정의 입구(input)와 출구(output)에서 단섬유함량을 측정함으로써

단섬유함량이 증가했다고 하는 것은 과소평가될 여지가 있다는 점은 매우 중요하다. 이것은 많은 손상받은 섬유가 소면 또는 정면공정에 의해 웨이스트로 처리되어 제거되기 때문이다. 단섬유함량 증가에 대한 정확한 측정을 할려면 면웨이스트에서 그 값을 측정하는데 기초를 두어야 한다. 그렇지만, 결과는 잡물감소와 섬유손상간의 상반된 관계를 나타낸다. 이 개념은 과도하게 린트를 제거함에 따라 생기는 결과로써 원면이 조면에서 공장의 공정으로 올라갈 때 더 한층 중요하다.

<그림 8>의 결과는 잡물과 손상받은 섬유와의 보정치를 평가하는데 AFIS와 같은 정확하고 신속한 장치를 사용하는 것이 얼마나 중요한지를 보여주고 있다. 이런 결과는 어느정도 정면을 행할 것인가(cleaning point)와 공정에서 요구하는 세팅을 최적화하기 위한 매우 유용한 지침이 될 수 있다.

6. 각 공정별 넵수

씨앗껍질조각이나 넵이 방적공정성과 최종제품의 품질에 미치는 영향에 대한 것은 여러 연구논문에 잘 쓰여져 있다. 그러므로 전방공정 중에 넵수에 대한 점진적인 변화를 측정하는 것은 품질개선을 위해 매우 중요하다. AFIS 시스템은 약 500mg의 샘플을 시험한 것을 기초로 전자광학측정으로 넵수를 구한다.

넵은 섬유가 개섬과 정면공정에서 기계적인 작용을 반복해서 받은 결과로 인해 형성될 수도 있다. 미성숙면이 성숙면보다 넵을 형성하기가 더 쉽다. <그림 8>과 같은 넵수의 변화패턴은 전형적인 것이다. 소면공정 직전까지 증가된 넵형성이 소면슬라이버에서는 상당량 감소했고, 정소면공정에서는 현저하게 줄었다.

넵수의 평가는 일상적인 업무로 이루어져야 함을 권유하고 있다. 이렇게

하면 Input섬유의 평가뿐만 아니라 기계의 성능 또한 평가할 수 있을 것이다.

연속적으로 이어지는 공정에서 넘수에 대해 미리 알고 있으면 개섬, 정면, 소면, 정소면공정에서 기계를 최적상태로 세팅하는데 확실한 도움을 줄 수 있다.

7. 결 언

본고는 각 공정별로 중요한 섬유특성을 평가하는 것이 매우 중요하다고 강조하고 있다. AFIS, HVI 등과 같은 정확하고 신속한 시험기술과 능력을 가진 장치가 강력한 컴퓨터와 결합하여 보다 객관적인 평가를 할 수 있다. 각 공정 전 후의 섬유품질에 대한 단순분석을 통해 다음과 같은 이점을 얻을 수 있다.

- 개섬과 정면공정에서 블렌딩성능 평가
- 섬유와 기계간의 작용을 고려한 기계의 최적 세팅
- 최종제품이 만들어지기 전에 품질에 문제가 있는 것을 제거시킴