

Quick-spin 방적사를 이용한

원면품질의 평가

1. 원면경작 수율의 증대 및 원면품질에 미치는 영향

거의 전적으로 링 방적공정에서 사용하기 위해 손으로 피킹한 원면의 품질은 상거래 및 방적시 특정한 섬유물성 및 가시적인 외관으로 평가되었으며, 이 경우 잎이나 줄기잔류물 및 완전한 씨앗껍질들로 구성된 불순물 등은 방적공장에서 정섬할 때 그리 큰 문제가 되지 않았다.

그러나 실제로 오랜 세월 동안 유지되어 오던 면화작황의 상태는 1960년대 초반부터 급격한 변화를 맞이하게 되었다. 즉 인구가 증가함에 따라 원면경작면적의 급격한 증가가 없더라도 원면생산 증가의 필요성이 대두되었고, 그 결과 주로 단위경작면적당 수율이 증가함으로써 원면생산이 증가하였는데, 이와 같은 원면생산 증가의 배경은 다음과 같은 기술적인 내용이 뒷받침되었다.

- 인공관개기술
- 인공비료개발기술
- 보다 강력한 세균제어기술
- 고수율품종의 재배기술

그 다음으로 필요하게 된 것은 원면을 더욱 경제적으로 생산하는 것으로서, 이를 위한 필요한 주요한 기술적인 내용은 다음과 같다.

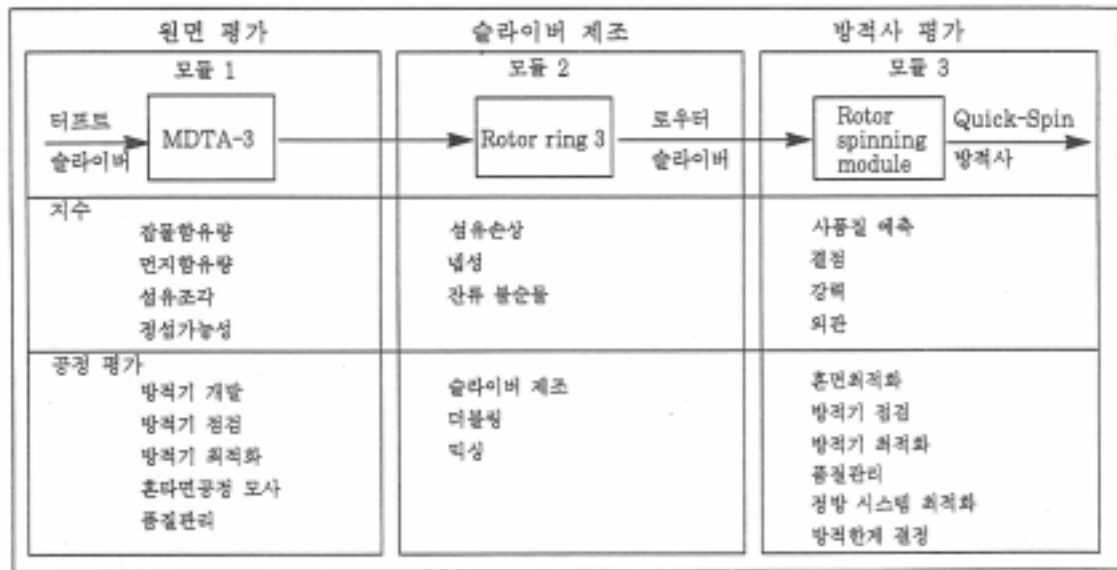
- 수확방법의 기계화기술
- 숙성시기의 인위적인 조절기술
- 1사이클 공정으로 수확하기 위한 인공낙엽기술

○ 씨앗껍질로부터의 섬유분리 강화기술 : 이로 인해 베일로 묶여지는 섬유의 단섬유함유량이 커짐

오늘날 위와 같은 원면경작 및 수확기술의 발달로 인해 원면품질에 미치는 영향은 여러분야에서 널리 나타나고 있다. 예를 들어, 원면 씨앗껍질의 두께는 더욱 가늘어지면서 조면공정에서 산산히 부서지기 때문에 섬유와 응집되어 있는 씨앗껍질 조각의 함량은 매우 많아지게 되었고, 따라서 조면공정이나 그 이후의 정섬공정에서 섬유들에 가해지는 기계적인 응력은 과거보다 더욱 심하게 이루어지고 있다. 나아가 포장재료로부터 오염된 섬유가 원면에 들어가기도 한다. 원면의 평균 성숙도 지수(average maturity index) 또한 경작지에서 단 한번 원면을 수확하기 때문에 감소되고 있으며, 매우 많은 먼지들이 기계식 조면공정이나 정섬공정에서 발생되고 있다. 또한 무거운 수확기계들은 경작지에서 매우 많은 먼지들을 발생시켜 원면내에 들어가게 한다.

이와 같이 원면경작 및 수확 등에 대한 급격한 상황변화에 대응하여 새로운 방적기술이 개발되었으며, 링 방적 시스템의 생성도 향상되었다. 따라서 오늘날에 있어서의 기초원료인 원면 품질상태의 변화는 새로운 방적기술이 요구하는 보다 까다로운 상황에 잘 부합하여야만 한다. 즉 오늘날 고생산 방적공장을 가동하기 위해서는 최종용도의 제품에 맞도록 원면을 잘 선택해야 할 뿐만 아니라, 그러한 원면이 방적 시스템의 운전에도 잘 부합되도록 관리해야 한다. 물론 오픈엔드 로터 방적에서 요구되는 원면의 물성은 링 방적에서 요구되는 그것과 차이가 있으나 궁극적으로 고품질의 방적사를 생산하기 위해서는 원면 물성의 관리수준을 높게 유지하는 것이 관건이다. 따라서 수용 가능한 가격으로부터 최상의 품질을 갖는 원면을 찾아낼 수 있어야 하는 것이 필수적인 원면관리기술이다. 이러한 목적달성을 위해 이른바 Quick-Spin 기술의 개발이 거의 20년 이상에 걸쳐 추진되어 왔다.<표 1>

<표 1> 모듈단위로 구성된 “Quick-Spin” 시스템



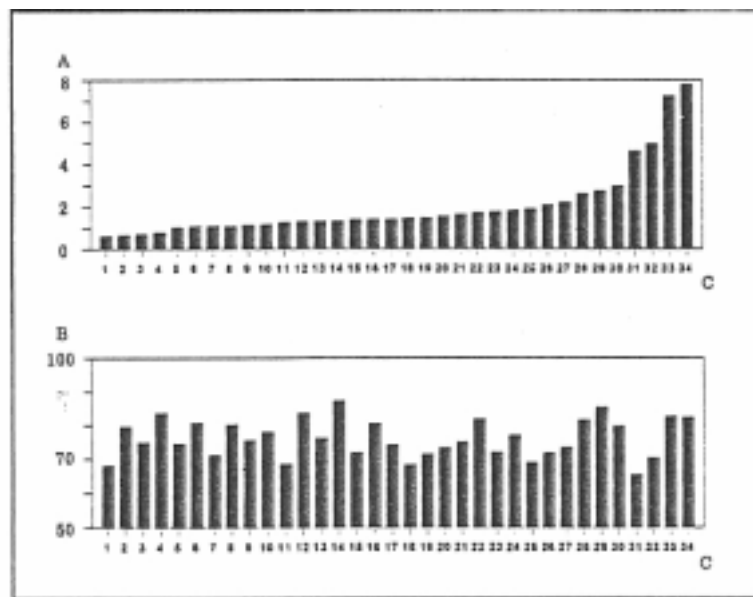
2. 먼지 및 잡물함유량

필수적으로 세가지 모듈로 구성되어 있는 Quick-Spin 시스템의 첫번째 모듈은 MDTA3 시험기로서, 면섬유의 먼지 잡물 함유량을 객관적으로 평가한다.

오늘날과 같은 상황에서 잡물의 의미는 과거에 가졌던 의미와는 전적으로 다른 것으로서 흑색 잎, 줄기조각 및 채프(chaff)등과 관련이 있으며, 앞서 설명한 바와 같이 섬유와 결합되어 있는 씨앗조각등이 매우 많이 포함되어 있다.

잡물이 갖는 색이 흰수록 원면의 품질이 개선되기 더욱 어려워지며, 혼타면공정이나 소면공정에서 이러한 잡물입자들이 제거될 가능성은 없다. 랩 내의 불순물은 정방사절뿐만 아니라 방적공정 전반의 운전에도 나쁜 영향을 끼친다. 특히 오픈엔드 방적에 있어서는 사절율과 랩의 불순물간에는 매우 밀접한 상관관계가 있다.

어떤 종류의 원면은 잡물함유량의 절대값과는 관계없이 1차 장섬단계에서 많이 제거되는 것을 알 수 있다. 이를 기초로 하여 정섬의 진행단계에 따른 원면의 잔류잡물함유량을 나타내는 전형적인 곡선을 구하였다. 이 곡선의 가파른 정도는 원면의 정섬가능성(cleaning aptitude)의 지표가 된다.



<그림 1> 원면의 잡물 함유량과 정섬가능성간의 관계

- | | | |
|-----------------|-------------|-----------------|
| A: 원면의 잡물함유량(%) | 1. 중앙아시아 | 2. 페루 피마 |
| B: 정섬가능성(%) | 3. 호주 중섬유장 | 4. 러시아 장섬유장 |
| C: 원면의 산지 | 5. 짐바브웨 텔막 | 6. 그리이스 |
| 7. 아이보리 코스트 | 8. 페루 피마 | 9. 페루 텔세로 |
| 10. 파라구아이 | 11. 부르키나 | 12. 미국 피마 |
| 13. 엘파소 | 14. 이스라엘 피마 | 15. 러시아 피마 |
| 16. 세네갈 | 17. 시리아 | 18. 카메룬 |
| 19. 말리 | 20. 이란 | 21. 차드 |
| 22. 인도 장섬유장 | 23. 카메룬 | 24. 캘리포니아 |
| 25. 말리 | 26. Rusup | 27. 부르키나 |
| 28. 니카라구아 | 29. 짐바브웨 텔막 | 30. 짐바브웨 |
| 31. 아르헨티나 | 32. 파키스탄 | 33. 미국 Mot 단섬유장 |
| 34. 아르헨티나 | | |

<그림 1>의 결과에 의하면 원면의 정섬가능성 인자와 잡물함유량 사이에는 전혀 상관이 없음을 알 수 있다. 따라서 원면의 정섬가능성 인자는 기타 다른 섬유물성과는 저적으로 독립적이고 고려되어야 하는 섬유인자이다. MDTA 시험결과의 평가는 원면의 잡물과 관련된 지식 및 방적에 있어서의 경험을 필요로 한다. 퍼센트로 표현된 결과는 잡물이 있는 원면 샘플의 가시적인 평가 없이는 의미가 없다.

방적산업에 있어서는 오랜 기간 동안 단순히 섬유물성이 실제 값을 결정할 뿐만 아니라 방적사의 품질을 예측하고자 하는 바람이 있었다. 오늘날 방적산업에 있어서 원면비용은 방적사 제조원가의 약 50%를 차지하고 있다. 따라서 가장 큰 방적효과가 나타나도록 원면을 잘 선택해서 사용해야만 하는데, 이것이야말로 방적산업의 경제적인 생존여부를 지배하는 중요한 요소이다.

<표 1>과 같은 Quick-Spin 시스템의 모듈 2와 모듈 3의 기능은 손으로 한 움큼 밖에 되지 않는 원면 터프트로부터 방적사의 품질을 예측하는 것이다. MDTA3 모듈에서는 섬유들이 섬유수거 챔버로 흡인되지 않고, 대신에 크기가 큰 로터에서 길이 1m의 슬라이버로 더블링된다. 로터 링에서 제조된 슬라이버는 균제도나 그 구조가 소면 슬라이버와 대략 비슷하다. 이 슬라이버는 Quick-Spin 시스템의 세번째 모듈인 Spinntester에서 곧바로 오픈엔드 로터 방적사로 만들어진다.

3. 새로운 단섬유 방적 시스템에 의해 제조된 방적사의 품질자료에 기초한 원면의 선택

원면품질의 정의에 관한 일반적인 추세는 주관적이지 않고 객관적인 시험 방법에 의해 정의하는 것이다.

방적기술자는 또한 적은 양의 원면 샘플을 가지고 섬유물성과 이후 제조된 방적사 물성간의 관계를 예측할 수 있는 방법을 필요로 한다. HVI 시험결과를 기초로 하여 방적사의 품질을 예측할 수 있도록 개발된 수학적 모델의 대부분은 방적사의 강력에 대해서만 예측 가능한 회귀식으로 표현되어 있다. 즉 여러 가지 품질등급을 갖는 원면을 써서 방적 한 후, HVI로 시험한 원면물성과 실제 방적공정을 통해 제조된 방적사의 물성간의 관계를 회귀분석한 것으로서 방적사의 품질이 회귀식에 잘 맞도록 이루어져야 하지만, 회귀식 자체는 단지 HVI 시험결과를 근사적으로 해석한 결과이다. 이와 같이 근사적 해석방법에 의해 수립된 회귀 모델들은 실제로 방적기술자에 의해 다소 의심스러운 것으로 간주되고 있으며, 따라서 실제 산업 현장에서 그와 같은 회귀 모델들이 사용되는 것은 흔하지 않다.

이에 따라 실제로 방적기술자에게는 적은 양의 원면 샘플로부터 가능한 한 신속하게 최고의 신뢰도를 갖는 방적사의 품질을 예측할 수 있는 방법을 개발하는 것이 목표가 되었다. 또한 방적사의 품질을 예측하는 기술의 내용 중에는 다음과 같이 HVI 시험에서 망라하지 못하는 내용들도 결정되어야만 한다.

- 정섬가능성
- 개섬특성
- 섬유응집성
- 방적성능 등

이러한 관점에서 모델 방적사의 물성에 기초하여 실제로 방적된 실의 물성에 관한 결론이 도출될 수 있도록 하는 사고가 떠올랐다. 이때 단섬유 방적설비를 사용하는 것이 새로운 방법은 아니고 이미 과거부터 사용되어 왔으나, 이와 같은 방법이 현재 고려하고 있는 조건을 충족시키기 위해서는 너

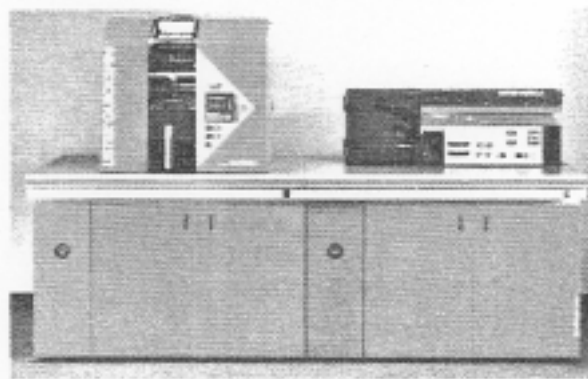
무 많은 시간과 비용이 필요하다.

따라서 새로운 단섬유 방적 시스템이 가져야 할 특징적인 내용은 다음과 같다.

- 비교적 사용되는 원면의 양이 적을 것.
- 비교적 방적사의 제조에 필요한 시간이 짧을 것.
- 섬유의 정섬 및 개섬거동의 평가를 위해 소면공정과 유사한 섬유분리 시뮬레이션 기능을 가질 것.
- 비교적 방출변수가 높을 것(가는 실로의 방적이 가능할 것).
- 원면의 혼면시험 능력이 있을 것.

4. Quick-Spin 시스템<그림 2>

모델 방적사를 제조하기 위해 개발된 것이 바로 Quick Spin 시스템으로서, 이시스템은 전적으로 상호 독립된 두 단계의 처리과정으로 구성되어 있다.



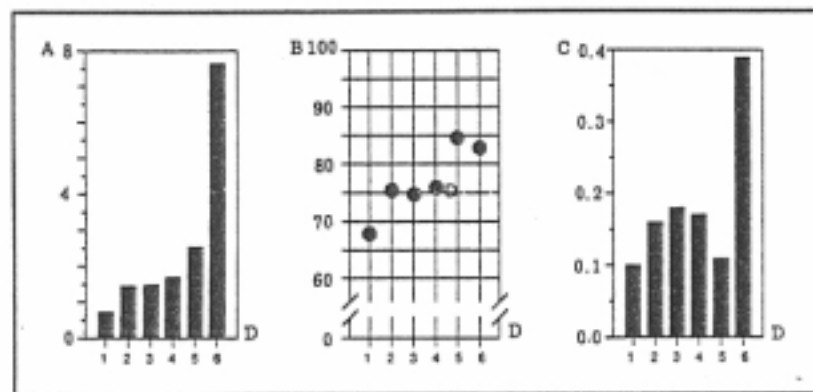
<그림 2> Quick-Spin 시스템

① “Uster MDTA3”에서 섬유 터프트 단섬유로 개섬, 정섬 및 혼섬되어 슬라이버로 형성됨.

② 로터 정방 모듈에서 슬라이버는 “Quick-Spin” 방적사로 방출됨.

원면을 평가하는 독립적인 지수로서 정섬가능성을 결정하는 것이 중요하다. 이는 다음에 소개하는 6가지 원면에 대한 분석결과로부터 알 수 있다.

<그림 3>에서는 깨끗한 원면으로부터 잡물이 매우 많은 원면에 이르기까지 잡물함유량의 차이가 큰 6가지 원면에 대한 잡물함유량의 절대값을 나타내고 있다. 그러나, 각 원면들에 대해 결정된 정섬가능성의 수치들은 대단히 큰 차이가 있다. 잡물함유량이 많은 두가지 원면의 정섬가능성이 가장 낮게 나타났다. 이러한 현상에 대해 후자의 원면인 경우에는 중량비로는 아주 작은 비율을 차지하지만, 정섬공정에서 제거하기가 어려운 씨앗 껍질조각과 같은 잡물이 매우 많이 내포되어 있기 때문이다.



<그림 3> 품질예측기술

A : 원면의 잡물함유량(%) B : 정섬가능성(%) C : 소면 슬라이버내의 잡물함유량(%) D : 원면의 산지 1. 중앙아시아 2. 파라과이 3. 말리 4. 부르키나 5. 짐바브웨 6. 아르헨티나

잡물함유량의 특성이 서로 다른 6가지 원면을 재래적인 방법으로 정섬하고 현대식 설비에서 소면처리하였으며, 그 소면 슬라이버의 잡물함유량을 결정하였다. <그림 3>에 의하여 최종적으로 방적사의 잡물함유량에 크게 영향을 미치는 소면 슬라이버내의 잔류불순물은 원면 자체의 잡물함유량과는 상

관관계가 나타나지 않음을 확실하게 알 수 있다. 이러한 사실로부터 원면의 잡물함유량과 정섬가능성은 항상 함께 고려 되어야 하는 인자임을 알 수 있고, 특히 이와 같은 인자들은 방적결과에 중요한 영향을 미침을 알 수 있다. 이러한 사실을 또 확인하기 위해, 앞과 같이 제조된 소면 슬라이버로부터 이후 연조공정에서 2 패스를 거쳐 Quick-Spin 시스템의 두번째 단계인 로터 스피닝 테스터에서 Quick-Spin 방적조건하에서 방적사를 제조하였다. Quick-Spin 방적조건이란 다른 경우의 방적조건과 비교할 수 있도록 하기 위해 일정하게 유지되는, 정밀하게 프로그램된 방적조건을 의미한다. 따라서 모델 방적사는 Quick-Spin 시스템의 두번째 단계인 섬유링으로부터 로터 정방원리에 의해 방적된다. 이상으로부터 모델 방적사제조를 위해 새로운 단섬유 방적기술이 가져야 할 특징적인 내용들이 모두 부합되게 된다.

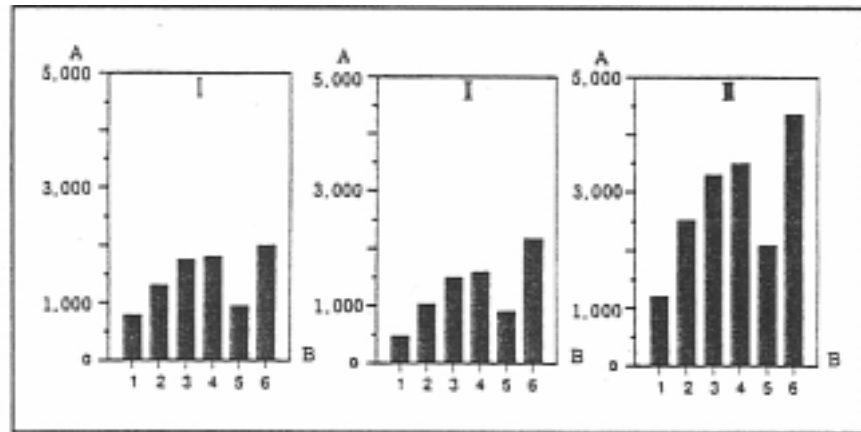
또한 별도로 6가지 원면의 소면 슬라이버로부터 재래적인 방법의 링 정방 및 오픈엔드 로터 정방 시스템에 의해 각각 방적사를 제조하였다. 이와 같은 방적사내의 잡물 입자는 광전자적인 방법으로 결정되었다.

<그림 4>에서는 실제 오픈엔드 로터 방적사 및 링 방적사내에 있는 잡물 입자의 수를 비교하여 나타내고 있는데, 소면 슬라이버로부터 제조된 Quick-Spin 방적사, 오픈엔드로터 방적사 및 링 방적사의 잡물함유량은 각 산지별 원면에 대해 동일한 대소 관계의 순서를 나타내고 있다. 보통 링 방적사는 오픈엔드 로터 방적사보다 더 많은 잡물을 함유하고 있음은 잘 알려진 사실이다. 따라서 어떤 실의 상대적인 잡물함유량을 신뢰성있게 예측하는 것은 Quick-Spin 방적사의 잡물함유량에 의해 가능하다는 것이 확실하다.

Quick-Spin 방적사의 잡물함유량과 오픈엔드 로터 및 링 방적사의 잡물함유량 사이에는 상관계수가 거의 95%나 되는 높은 수준의 상관성이 있다.

원면의 신속한 선택을 최적화하기 위한 두번째 기준은 방직한 실의 강력

이다.



<그림 4> 품질예측기술

I : Quick-Spin 방적사, 25tex(Nm 40) II: 오픈엔드 로터 방적사, 20tex(Nm 50)

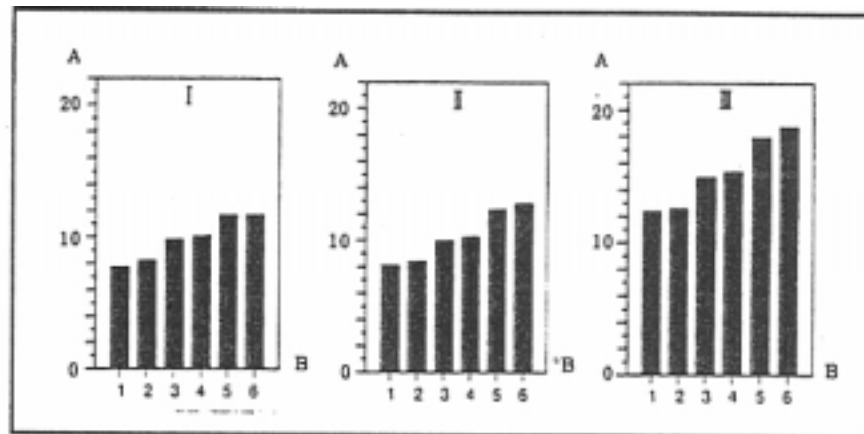
III: 링 방적사, 20tex(Nm 50) A : OPTRA 잡물입자/실 1000m B : 원면의 산지

1. 중앙 아시아 2. 파라과아이 3. 말리 4. 부르키나 5. 짐바브웨 6. 아르헨티나

산지가 서로 다른 6가지 원면을 이용하여 Quick-Spin방적사와 오픈엔드 로터 방적사 및 링 방적사를 제조하고, 각 방적사의 비강도를 시험하고, 그 결과를 <그림 5>에 나타내었다. 놀라운 것은 Quick-Spin 방적사의 강력결과로부터 오픈엔드 로터 방적사와 링 방적사의 강력결과를 신뢰할 수 있을 정도 예측할 수 있다는 점이다. 따라서 Quick-Spin 방적사의 강력결과를 이용하면, 어떤 원면을 실제로 방적했을 때의 방적사 강력 수준을 높은 신뢰도로 평가할 수 있다.

한편 원면의 방적성은 방적후 사조판에 감긴 방적사의 외관을 가시적으로 관찰함으로써 가장 잘 평가할 수 있다. 여기서도 산지가 다른 여섯가지 원면을 이용하여 제조한 방적사간에 명확하게 등급차이가 나타났다. 그러나 가시적인 등급차이는 객관적인 과정으로 만들어질 수 없기 때문에, 각 실에 대해

Uster 불균제도를 측정하였다. 그 결과 Quick-Spin 방적사의 Uster 불균제도와 오픈엔드 로터 방적사 및 링 방적과의 그것과의 관계가 매우 적절하게 나타났다. Quick-Spin 공정시스템 뿐만 아니라 실제 방적공정시스템에서 나쁜 거동을 보이는 섬유들은 결국 방적사의 불균제도가 높아지는 결과를 초래한다. 이러한 관계는 방적되는 실의 굵기가 가늘수록 더욱 분명해지며, 따라서 Quick-Spin 시스템에서는 원면평가 목적에 비추어 볼 때 세번수의 실로 방적해야 하는데, 통상 25tex(Nm 40)정도로 방적한다. 방적될 수 있는 실의 굵기가 더욱 가늘어질수록 원면의 품질은 더욱 좋은 것이다.



<그림 5> 품질예측기술

I : Quick-Spin 방적사, 25tex(Nm 40) II : 오픈엔드 로터 방적사, 20tex(Nm 50)

III: 링 방적사, 20tex(Nm 50) A : 단사비강도 (cN/tex) B : 원면의 산지

1. 중앙 아시아 2. 파라과아이 3. 말리 4. 부르키나 5. 짐바브웨 6. 아르헨티나

5. 요약

Quick-Spin 시스템은 최초로 방적사자료를 근거로 하여 원면을 신속하고 신뢰성있게 평가할 수 있는 시스템으로서, 실제로 오픈엔드 로터 방적 및 방적에서 사용되는 원면의 특성을 효과적으로 평가할 수 있다. 또한 오늘날 결

정할 수 없는 방적성 및 모섬가능성과 같은 섬유불성등은 Quick-Spin 방적사 품질의 총체적인 구성요소를 이루기 때문에 방적사품질의 예측은 실제로 산업체에서 필요한 사항에 대해 부합되고 있다.

복잡하고 근본적으로 신뢰할 수 없는 캘리브레이션과정을 거칠 필요가 없으며, 어떤 원면일지라도 신속하게 제조된 방적사의 품질에 기초하여 객관적으로 평가될 수 있다. 원면을 Quick-Spin 시스템을 이용하여 방적사를 만드는데 약 10분정도 밖에 걸리지 않는다.