

방적 및 제직기술의 미래

1. 서 언

지난 10~15년 사이의 생산성 증가와 품질향상에 대해 생각해 보면 눈부신 성과를 이루었다. 30tex 카드사 1kg을 방적하는데 1~2분, 면직물 100m를 제직하는데 0.2시간밖에 걸리지 않으리라고는 이전 세대는 예상하지 못했을 것이다. 실의 품질도 상당한 발전을 거두었다. 1982년 30tex 카드사의 50%가 CV 17.5%이었고, 그 값은 CV 15.4%로 향상되고 있었다. 그 당시 방적공장의 5%만이 그 값에 도달해 있었으나 현재 방적공장의 20% 정도가 도달하였다.

2. 생산성 향상을 위한 기초 과학기술

전자공학분야의 발전은 생산성과 품질을 향상시키는데 필수적인 조건 중 하나이다. 기계의 자동화, 제어뿐만 아니라 생산공정 제어의 온라인화를 가능하게 하였다. 우수한 주변 기계가 부착된 소면기, 로터정방기, 직기는 더욱 복잡해지고 생산공정이 더욱 개선되어 생산성 증가를 가능케 하였다. 정확히 반복할 수 있는 매우 정밀한 기계는 생산성과 품질 향상에 크게 기여하고 있다.

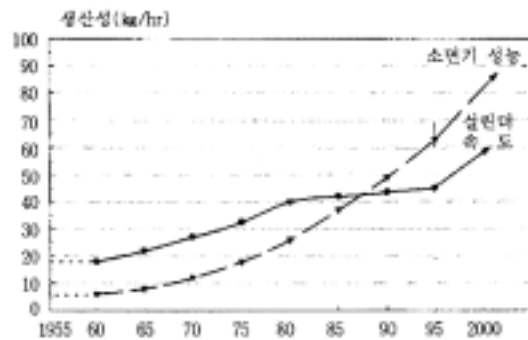
오늘날 공정자동화가 이루어지지 않았다면 상상하지도 못할 정도의 생산 속도 증가를 로터 방적분야에서 이룩하지 못하였을 것이다. 그러므로 다른 분야의 개발성과를 잘 활용하는 것이 섬유기계 성능을 향상시키는데 큰 도움이 될 것이다.

3. 방적분야의 현황

방적에서 가장 중요한 공정은 소면과 정방공정이다. 물론 다른 공정도 실

의 품질과 관련해서 중요한 역할을 하고 있다. 예를 들면 오늘날 오토레블러(auto-leveller)의 정확도가 높아져서 지난 10년 동안에 상당한 실의 균제도 향상을 가져왔다.

그러나 연조공정에서의 품질제어 또는 생산성 측면에서 볼 때 큰 증가는 기대할 수 없을 것이다. 소면공정은 실의 품질을 결정하는 중요한 공정이다. 지난 10년 동안 소면기의 성능 및 생산성과 관련해서 괄목할만한 성과를 거두었다(그림 1참조).



<그림 1> 소면기 성능과 실린더 속도

이런 점에서 타워 피더(tower feeder)의 기능은 일정한 원료공급을 제어하는 측면에서 볼 때 중요한 성과이다. 타워 피더가 더욱 변동없이 고르게 작동할수록 소면공정을 구성하는 부분에 일정한 하중이 부가되고 각 부분을 조밀하게 할 수 있게 되어 소면공정 결과도 더욱 향상된다.

향후 5~10년 사이에 어떤 생산성 증가를 기대할 수 있을까? 카드사를 시간당 80kg 이상 되는데 시간당 180kg 정도, 폴리에스터의 경우 200~210kg까지 증가되기를 기대할 수 있다.

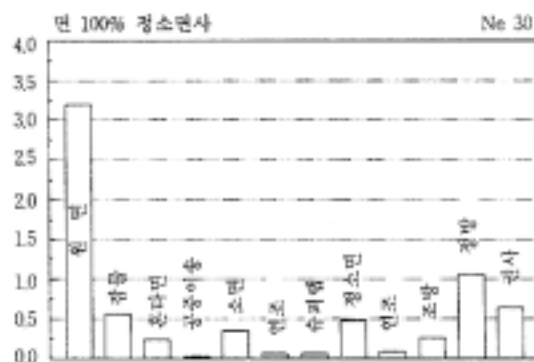
생산성 증가는 웹 품질, 플랫, 침포의 상태와 슬라이버의 균일성 등에 대한 정확한 제어가 요구된다. 소면작용에 대한 지속적인 모니터링이 이루어져야

한다. 앞에서 언급한 부분을 제어하기 위한 센서는 매우 중요한 역할을 한다.

방적에서 2가지 현안은 다음과 같다.

- ① 컴팩트방적(compact spinning)
- ② 로터와 에어젯 방적에서 생산성 증가.

모든 방적회사가 받고 있는 압력은 잠재된 원가절감을 찾기 위한 부단한 노력을 요구하고 있다.<그림 2>는 가장 중요한 가격 요소에 따라 일반적인 실의 생산비용을 나누어서 나타낸 것인데, 면방적분야에서 원료비용이 가장 높게 나타난 것을 확인할 수 있다. 그러므로 생산자는, 특히 원료비용을 줄일 수 있는 방적공정에 대한 관심이 높아질 것이다.



<그림 2> 실의 생산원가

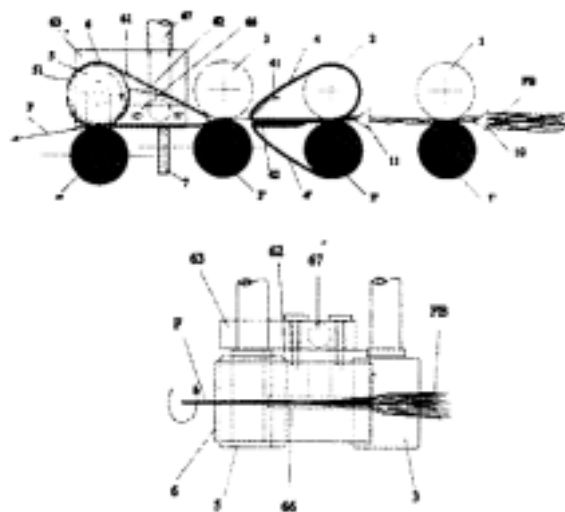
이런 관점에서 로터 방적에 대한 개발이 좋은 일례이다.

링방적공정을 응용한 컴팩트방적은 면과 소모방적에 활용되며, 특히 원료이용 측면에 장점을 지니고있다. 컴팩트방적의 원리는 더블 에이프런 드래프트 시스템을 이용한 개면에서 시작할 수 있다. 브레이크 드래프트구역에서 로빙은 약 1.2배 드래프트된다. 그 결과 로빙은 약 1.2배 드래프트된다. 그 결과 로빙은 약간 폭이 넓어진다. 실제 주도래프트는 중간 롤러와 프런트 롤러 사이에서 이루어진다. 물론 섬유는 에이프런에 의해 제어되고 상당히 많

이 퍼지게 되어 폭이 4mm정도가 된다.

개개의 섬유는 실의 축으로부터 상당히 멀리 이동하게 되어 실 내부로 결속하는 힘을 충분하게 받지 못하고 그대로 빠져 나올 정도가 된다. 실 자체의 지름은 약 0.2mm에 불과하다. 그러므로 폭이 4mm인 로빙은 0.2mm로 압축되어야 한다. 섬유의 결속력은 로빙에서 섬유의 위치에 따라 결정된다. 실의 축에서 멀어질수록 결속력은 상당히 차이가 생긴다. 다양한 결속력 차이는 실에서 섬유이동에 유리하게 작용한다. 예를 들면 개개의 섬유는 실의 속과 표면을 서로 엇갈리게 위치하게 되어 실의 강도를 증가시킨다.

폭이 1.5mm 정도인 로빙도 비슷한 섬유이동이 발생한다. 폭이 넓은 로빙은 실의 잔털이 증가하게 되어 섬유손실이 증가하고 실의 강도는 줄게 된다. 그러므로 가연하기 전에는 드래프트하지 않는 상태로 전달된 섬유를 모아주는 것이 합리적이다. 이것이 섬유원료 이용면에서 볼 때 큰 도움이 된다. 이 공정은 공기압축에 의해 가능해졌고 방적공정의 이름도 여기에서 유래되었다.



<그림 3> 컴팩트 드래프트 메커니즘

<그림 3>은 ITV에 의해 개발되고 Chemnitzer Spinnereimaschinenbau, Chernnitz, SKF Stuttgart와 Zinser, Ebersbach에 의해 기술적으로 응용한 컴팩트 드래프트 시스템의 원리를 나타낸다. 그 개발의 주요부분은 표준 드래프트 시스템 메커니즘의 출구쪽에 위치한 컴팩트 구역이다. 딜리버리 프레스 롤러는 구멍난 에이프런에 의해 구동되는데, 섬유는 실제 드래프트 메커니즘과 꼬임이 추가되는 구역사이에서 흡입에 의해 당겨진다.(그림 4참조)



<그림 4> 구멍난 이에프런 상의 섬유상태

흡입력이 매우 좁은 구역에만 영향이 미치기 때문에 섬유는 컴팩트 로빙으로 압축된 다음 꼬임이 가해지기 때문에 사절이 가장 많이 발생하는 정방삼각이 제거되게 된다.

4. 컴팩트방적의 이점

아래의 결과는 면방적공정에 맞는 것이며, 인조섬유와 양모는 약간 다를 것이다. 섬유 결속력을 증가시킨 결과 약 15% 정도 단사강도가 증가될 수

있다. 대신에 기존의 링방적과 비슷한 단사강도를 얻는데 약 25% 정도 꼬임수를 줄일 수 있게 되어 생산성 증가에 큰 도움이 된다. 그리고 같은 조건에서 약 70% 정도의 실을 잔털을 줄일 수 있다. 따라서 실의 감촉이 상당히 부드러워지고 소면사의 외관이 정소면사와 거의 비슷하게 된다.

솔기미어짐에 대한 저항성과 경사의 강도는 2가지 용인에 의해 증가된다. 가호제를 30% 줄일 수 있게 되어 실의 생산원가 절감에 도움이 된다. 방적에서 사절은 적어도 50% 정도 줄어든다. 기존의 링사와 같은 꼬임수와 강도가 요구될 때 콤팩트사는 더 낮은 가격의 원면을 사용할 수 있다.

모방적에서 세번수로 갈수록 방적제한이 증가된다. 링정방기의 풍면에 의한 오염이 많이 줄어든다. 정방기는 하루에 한번에서 일주일에 한번만 청소를 하면 된다. 섬유손실도 약 1~2% 정도로 줄어든다. 한편 높은 강도와 광택 및 감촉이 매우 부드러워지기 때문에 우아한 직물을 생산할 수 있다.

위편포의 경우는 일반적인 가연사로 매우 깨끗한 편성구조와 높은 광택의 편포 또는 저가연사로 매우 부드러운 감촉과 斜行性이 낮은 편포를 생산할 수 있다.

섬유산업에서 콤팩트방적이 널리 소개되고 있다. 만약 높은 품질의 원면을 사용하지 않는다면 3~5년 내에 일반적인 링사는 2류제품 취급을 받게 될 것이다.

5. 특수 방적공정

특수 방적공정의 경우, 특히 다음과 같은 질문이 생긴다.

- ① 로터방적에서 로터의 한계속도는 얼마인가?
- ② Murata사에서 개발한 Vortex 방적공정은 널리 사용될 것인가?

로터방적의 경우, 로터 지름에 따른 물리적, 기하학상의 한계치로 인해 로

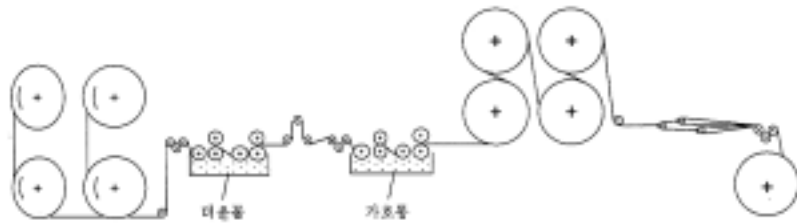
터의 속도에도 제한이 있다. 현재 한계속도는 180,000rpm 정도이고, 대부분 전문가들은 속도가 증가할수록 실의 품질은 떨어지게 되어 로터사의 필요성은 줄어든 것으로 생각하고 있다. 속도를 낮추려고 한다면 로터속도 대신 실의 방출속도를 높이는 방향으로 생각하는 것이 더욱 합리적이다.

두번째 질문에 대한 대답은 다음과 같다. 물론 Murata사는 Vortex정방기를 단지 미국지역에 조금 밖에는 판매할 수 없을 것이다. Vortex방적공정의 장점은 표준적인 에어스피닝에 있는 것이 아니라 분당 400m 정도의 속도로 카드를 방적할 수 있는 점에 있다.

이런 점에도 불구하고 Vortex방적공정은 극복해야 할 몇 가지 문제점이 있다. 방적에서 전체 섬유손실은 6~8% 정도에 달해서 제직용 실에는 아직 사용할 수 없다. 물론 섬유손실은 비용면에서 과소평가할 수 없는 요소이다. Murata사 역시 Vortex방적공정을 개발할 때 일반적인 에어스피닝에 의한 표준 면사를 방적하는데 사용할 수 있을 것으로 생각하지 않았다. 그러나 앞으로 50% 이상 인조섬유가 혼방된 혼방사의 용도로 개발될 것이다. 만약 섬유기계 제작사가 장기간 개발계획으로 이 에어스피닝을 다룬다면 분당 500m 정도의 속도는 가능할 것이다.

6. 제직분야의 연구개발

제직은 제직용 경사를 만드는 것에서 시작된다. 경사는 가호성이 우수해야 하는데, 1kg에 0.8DM 정도로 비용이 많이 소요되는 공정이다. 비록 많은 전문가는 경사의 예비습윤에 의해 가호제를 30~40% 정도 줄일 수 있을 것으로 보고 있다. 그러나 셔틀리스직기의 도입으로 인해 제직비용의 절감은 성공하지 못했다. 이론적으로는 풀통이 2개 있는 모든 가호기는 예비습윤이 가능하다.(그림 5 참조)



<그림 5> 2개의 풀통이 장치된 가호기에서의 예비습윤

단지 첫번째 풀통에 뜨거운 물을 채우고, 두번째 풀통에서 경사를 가호하면 된다. 물론 이 방법은 최적상태는 아니지만 이론적으로는 가능하다.

현재 예비습윤장치가 된 풀통은 가호기 제작자에 의해 이미 만들어졌고, 하나의 풀통으로 된 가호기도 쉽게 만들 수 있을 것이다. 만약 예비습윤을 가호제를 줄일 수 있는 컴팩트사의 장점과 잘 접합시키면 예비습윤 된 컴팩트사는 기존의 링사가 필요로 하는 가호제의 50% 정도를 줄일 수 있을 것이다.

7. 예비습윤(pre-wetting)의 경제적 이점

레피어직기(500picks./min)의 경사가호에서 예비습윤이 경제적으로 얼마나 도움이 되는지를 <표 1>에 타나내었다.. 비용절감은 1년에 1.26백만DM 정도이며, 총 비용의 1.6%에 달한다. 이것은 예비습윤이 가호부분에 잠재된 개선 방안이라는 것을 보여주고 있다.

<표 1> 예비습윤에 의한 비용절감

항 목	비용절감(DM/년)
가호제 절감	362,900
세척효율 증가	470,000
유출물 비용	264,000
폐기물 비용	160,000
전체 비용절감	1,257,000

8. 직기 개발현황과 예상되는 성능잠재력

지난 10년 동안 직기성능은 예상보다 훨씬 많이 발전하였다. 또한 독특한 제직공정에 맞게 개발된 특수한 형태의 직기가 시장에 등장하였다. 예를 들면, 스테이플섬유로 된 직물을 제직하는데 사용하는 에어젯 및 워터젯 직기와 패션직물 및 특수한 형태의 직물용도의 레피어직기, 2중직에 실질적으로 경쟁력이 있는 특수한 프로젝타일직기 등이 있다. 그러나 이런 직기는 가격이 너무 비싸다.

이들 직기가 성공적으로 널리 사용될지 여부는 아직 판단하기에 이르다. 새로운 직기의 시대가 갑자기 도래할 것이다. 세계적으로 폭 넓게 볼 때, 전적으로 필라멘트사의 제직에만 사용되는 워터젯직기이지만 에어젯직기보다 더 많이 사용될 것이다.

유럽에서 주로 사용되는 에어젯직기는 바디폭이 190mm정도이고, 위입속도가 약 3,000m/min인 것이 예상된다. 레피어직기의 경우도 위입속도가 1,500m/min 정도, 프로젝타일직기도 비슷한 속도의 것이 사용될 것으로 예상된다.

9. 다상제직

Sulzer Rueti가 시장에 소개한 다상직기 M8300은 새로운 위입원리를 갖춘 최신의 직기이다. 다상제직과 일반제직의 차이점을 쉽게 이해하기 위해 <그림 6>에 일반적인 직기의 구조를 간략히 나타냈다.

수천년에 걸쳐 사용되어온 재래식 단상제직의 원리는 다음과 같다.

- 경사를 개구형태로 만드는 개구운동
- 북, 레피어 프로젝타일, 워터, 고기압 등에 의한 위입운동
- 위사의 바디침운동

이들 3가지 운동은 연속적으로 이루어지고 높은 가속력으로 전후로 움직이는데, 한계 위입속도는 1,200picks/min(2,500m/min)에 이른다.

직기 개개의 구성요서는 비교적 넓은 구간을 움직여야 한다. 비교적 무거운 종광이 약 100mm정도의 상하운동을 해야 하고, 레피어트래블러는 약 1,000mm의 왕복운동을 해야한다. 바디 트래블러는 약 80mm의 거리를 바디침해야 한다.

한편 다상제직의 경우 개구, 위입, 바디침의 3가지 운동은 신직기의 제직로터(weaving rotor)에 영향을 받는다. 거기에는 왕복운동은 없다. 개구운동은 점진적으로 이루어진다. 에어젯에 의해 매회 개구마다 위입이 이루어진다. 그래서 4올의 위사가 거의 동시에 위입된다. 그러므로 현재 다상직기는 기존의 제직공정에 비해 거의 4배나 생산성이 높아지게 된다. 다상제직에 잠재되어 있는 생산성 증가의 가능성은 아직 많이 남아있다.

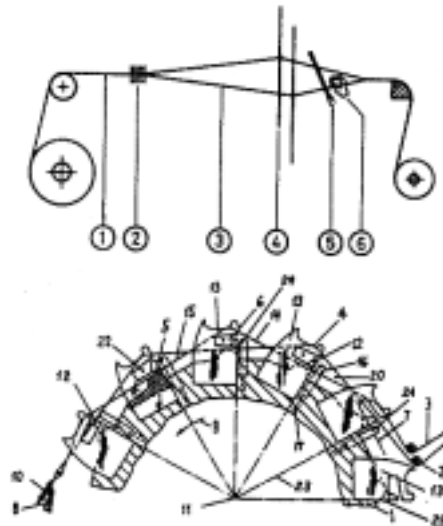
위사는 매우 절도있는 분사압력에 의한 공기작용으로 위입이 이루어진다. 개의 위사가 나란히 위입되기 때문에 약 5,700m/min속도의 고성능 위입이 이루어질 수 있다.

공기분사 위입시스템에 의한 것보다 패키지로부터 실을 송출하는데 더 속도 제한을 받는다. 편과 유사한 형태인 가이드 바에 의해 개구가 형성된다. 4배의 위입속도는 새로운 제직기술의 중요한 장점이다. 속도가 일정하기 때문에 위입에 사용되는 압축공기의 소비가 적고, 경사각 적은 마찰로 생산비용이 1/3로 줄고, 소음발생도 10dB정도로 줄고, 공조비용도 기존의 제직공장에 비해 약 50~70%로 낮출 수 있다. 일반직기와 경사빔 지름이 1,100mm인데 비해 1,600mm로 증가시킬 수 있어 경사길이가 훨씬 길어지고, Genkinger시스템에 의한 경사교체도 빨리 이루어질 수 있다.

물론 다상직기에 전혀 문제가 없는 것은 아니지만 산업용으로 직기를 작

동하는데 기존의 고성능 직기와 비교할 때 직기가 정지하는 횟수는 비슷하다.

다상제직공정의 단점은 유연성이 부족하다는 것이다. M8300은 소량의 패션 직물용으로는 적합하지 않다. 그러나 이론적으로 전 세계에서 생산되는 직물의 약 65%는 이 직기로 제작이 가능할 것이다. 어느 곳이라도 생산비용은 중요한 요소이기 때문에 앞으로 이 공정은 직기시장에서 성공을 거둘 것이다.



<그림 6> 제직원리 비교 : 기존단상제직(상과) 다상제직(하)

10. 주변장치의 개발

방직과 제직 주변장치의 개발도 이루어지고 있다. 여기에는 에너지절감형 집진기와 공조설비, 검사와 모니터 시스템 및 계획, 제어, 유지보수 시스템 등이 있다. 제직에 필요한 인원보다 직물검사에 더 많은 인원이 필요하기 때문에 비용절감면에서 직물검사 시스템의 개발이 절실히 요구된다.