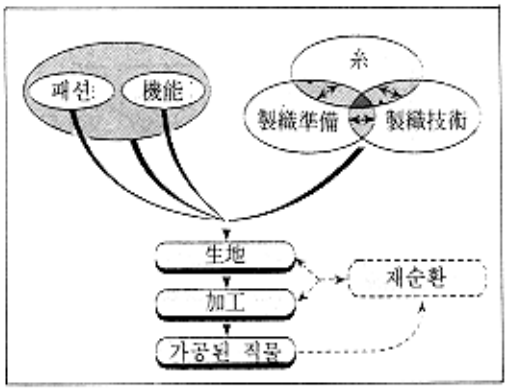
제직공장의 효율적 품질관리

1. 직물의 품질기준

직물의 품질에 대한 평가는 크게 다음 두 가지에 의해 결정된다.

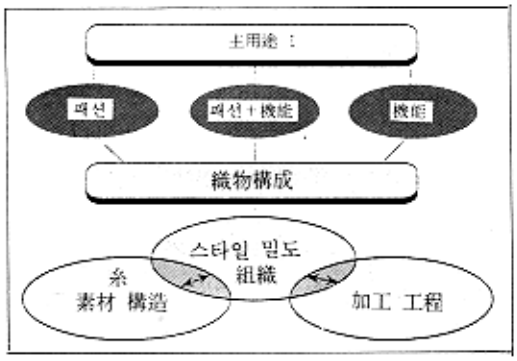
○ 소비자의 품질기준

○ 생산측면에서의 품질기준<그림 1>



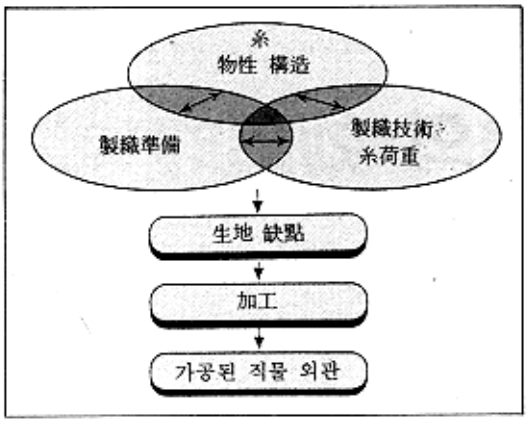
<그림 1> 직물의 품질에 영향을 주는 인자

과거에는 직물에 대한 소비자의 품질판단기준은 곧바로 직물구매로 이어지므로 소비자의 기호가 가장 중요하였다. 실의 형태, 모양, 가공등과 같은 직물의 구성요소는 최종제품에 요구되는 패션 혹은 기능성에 따라 구분된다 <그림 2>. 공업용 혹은 레저용 의류에 사용되는 직물은 주로 사용 용도에 맞는 요구기능을 갖추는 것이 가장 중요한 반면에 의류용 직물은 단지 제한된 범위에서 정량화할 수 있는 색, 외관, 촉감, 드레이프성 등과 같은 패션 인자들에 의해 주로 판단된다.



<그림 2> 소비자의 품질기준

장래에도 직물품질에 대한 소비자의 기호가 계속해서 중요한 영향을 미칠 것이다. 그러나 제직속도가 더욱 빨라지면 실에 하중이 더 많이 걸리게 되고 그렇게 되면 <그림 3>에 나타난 생산측면에서의 품질기준이 더욱 중요해진다. 이러한 환경변화에 대처하기 위해서는 직기의 자동화 장치 혹은 제어장치를 설계할 때 이들 인자들을 충분히 고려해야 할 뿐만 아니라 중간제품과 최종제품의 품질에도 영향을 미친다는 사실을 충분히 감안하여 설계해야 한다.



<그림 3> 생산측면에서의 품질기준

섬유제품에서 요구 사항의 다양함과 복잡함을 고려할 때 불균일한 원료, 불안정한 공정조건등이 야기되는 제직공정에서 폐쇄적인 제어절차에 의해

요구품질에 맞는 작업을 행하기는 어렵다. 이와 같은 품질제어 절차는 단지 모델에 불과하다. 이 모델은 가공공정과 최종용도에서 요구하는 직물의 특성뿐만 아니라 효율적인 실의 준비 실의 물성면에 영향을 주는 공정인자에 대한 적절하고도 포괄적인 모니터링 및 제어를 확립하는 데 그 목적이 있다.

예를 들면 전자기판용 유리 필라멘트 직물과 면직물을 서로 비교해 보면 직물에 대한 품질기준이 얼마나 폭 넓고 다양한지를 알 수 있다. 실에 허용한계를 초과한 과하중이 가해지거나 약한 곳이 너무 많아서 실이 끊어지는 경우 면직물에서는 품질에 문제가 예상되는 반면에 유리 필라멘트 직물에서는 품질에 아무런 문제가 발생하지 않는다. 유리 필라멘트 직물의 경우는 직물표면으로부터 작은 필라멘트 루프가 돌출되거나 각각의 필라멘트가 손상되면 품질에 문제가 발생한다. 흔히 발생하는 일이지만 코팅두께가 약 0.13mm인 유리 필라멘트 직물의 단면이 위에서 언급한 품질문제로 인해 두께가 약간 증가하게 되면 기능면에 나쁜 영향을 미친다.

폭 넓고 다양한 품질에 대한 요구 사항들과 품질과 관련된 여러 가지 인자의 복잡성 때문에 제직공정에서 최종제품에 영향을 미치는 모든 인자들을 관리하기 위한 다목적 품질관리 시스템을 갖추기는 어려울 것이다.

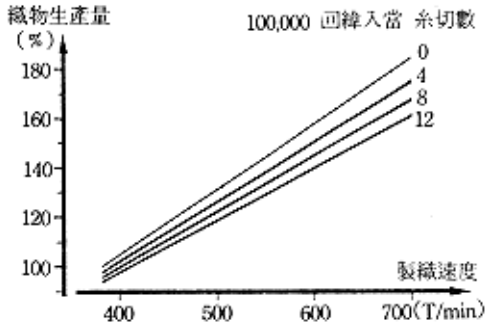
품질관리는 실제 가능한 것에 초점을 맞출필요가 있다. 본고에서는 직기의 제직속도가 증가하게 됨에 따라 발생하는 실에서의 하중과 실의 물성 사이에 존재하는 상관관계를 규명하고자 한다.

2. 경제적 관점

어떤 특정 제직폭에서 제직속도 증가의 주된 목적은 단위시간당 제직되는 직물의 길이를 효율적으로 증가시키는데 있다.

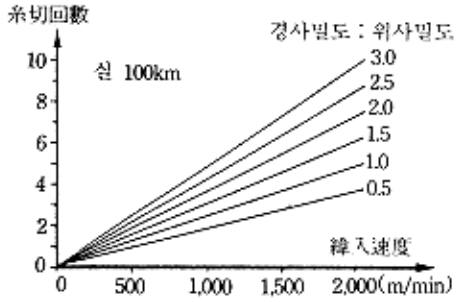
<그림 4>는 서로 다른 정대 회수별로 제직속도의 변화에 따른 직물생산량

증가를 나타낸 것이다. 정대로 인해 발생하는 손실이 증가할수록 고속화에 의한 생산량 증가 추세는 적어진다. 그러므로 제직비용을 절감한다는 측면에서의 경제적인 정대시간을 최소화 함으로써 가능해질 것이다.



<그림 4> 제직속도 변화에 따른 생산량 증가

제직공정에서 단위 시간당 정대 회수는 실에 걸리는 하중과 실의 품질이 일정하다는 가정하에 제직 속도가 고속화될수록 선형적으로 증가한다. 경위사의 밀도비가 높아질수록 <그림 5>에 나와 있듯이 직기정지선이 더욱 가파르게 나타난다.



<그림 5> 실의 하중과 품질이 일정한 경우의 사절회수

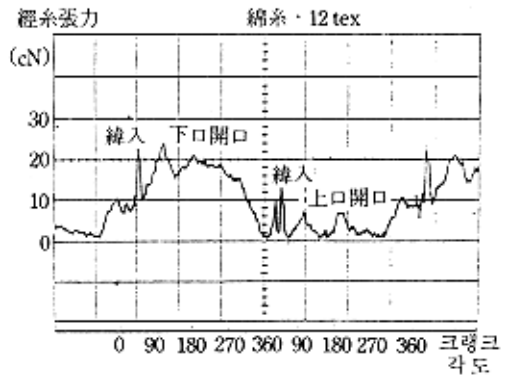
방적사의 경우 정대의 대부분은 사절에 의해 발생하는데, 이는 제직성능의 70%를 점하고 있다. 그러므로 제직공정의 고속화가 실에 더 높은 하중을 부

가한다고 여겨진다면 직물의 품질을 확실히 보장받기 위해 직기 메이커와 사용자가 연구해야 할 문제는 실의 하중문제와 그 하중에 대한 저항성이 될 것이다.

3. 실의 하중이 직물품질에 미치는 영향

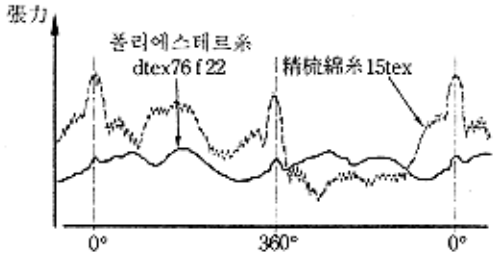
제직과정에 일어나는 사하중 메카니즘은 주로 시간 경과에 따른 실의 마찰과 장력 혹은 신도 등에 영향을 받는다. 경사하중은 근본적으로 위사하중과는 다르게 나타난다. 경사의 경우 가해진 신장력과 마찰작용에 의해 정적인 힘과 동적인 힘이 복잡하게 중첩된다 경사하중과 관련해서 가장 중요한 정보는 장력도표를 통해서 얻을 수 있다.

<그림 6>은 2개의 구간으로 구성된 하중 사이클에서의 장력변화를 나타낸 것이다. 장력변화 곡선은 많은 인자들에 의해 영향을 받는다. 그러나 단지 거친 실의 경우에만 측정이 가능한 경사마찰 하중은 장력변화 곡선에 포함되어 있지 않다. 그러나 제직공정 지연과 직물결점은 마찰에 의해 뭉쳐진 섬유에 의해 흔히 발생하기도 한다.

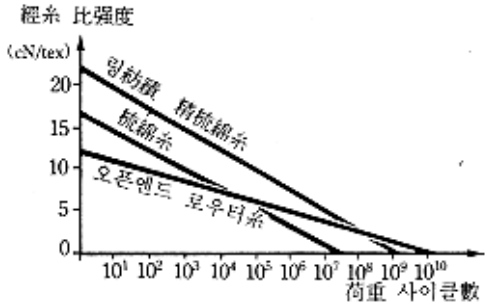


<그림 6> 경사장력 사이클(위입회수 7,100 350rpm)

필라멘트사와 방적사의 장력변화 곡선을 서로 비교할 수 있도록 <그림 7>에 나타낸 도표는 스타일과 기계인자 및 응력 거동 등에 따라 발생하는 경사장력을 나타내고 있다. 필라멘트사가 지니고 있는 상당한 큰 신장성 때문에 필라멘트사의 장력곡선을 방적사 보다 눈에 띄게 적은 변동을 나타낸다.



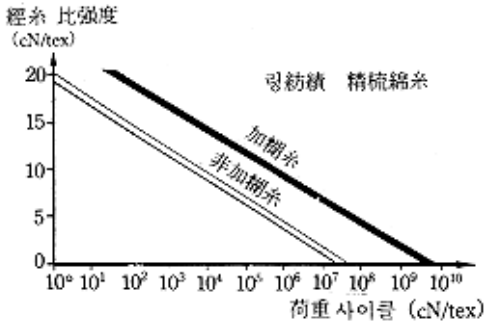
<그림 7> 필라멘트사와 방적사의 경사장력사이클



<그림 8> 동적인 경사하중에서 하중 사이클과 응력 피크의 상관관계
(가호되지 않은 실)

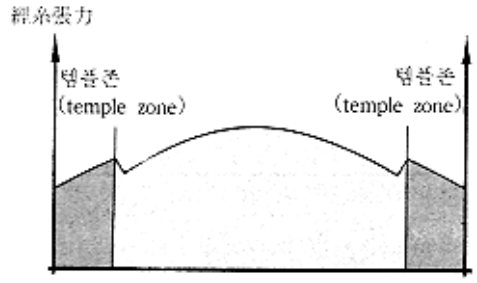
경사에 번갈아 발생하는 하중에 의한 실의 강력 약화에서도 유사한 차이가 나타남을 알 수 있다. 금속물질을 시험하는 방법과 같은 피로시험에 의해 물성과 구조에 따른 거동차이를 나타낼 수가 있다. <그림 8>은 구조적으로 차이가 있는 3가지 면방적사의 수명특성을 표시하는 변동점을 나타낸 것이다. 이들 그래프는 하중 사이클에 의한 하중의 진행과정을 나타낸다. 가호작

업은 미래에도 필요하겠지만 단지 최적의 조건에서 이루어지는 가호만이 실의 약한 부분에 가해지는 장력에 대해 저항성이 제한된 범위에서 점진적으로 개선된다. 제직성이 나쁘고 품질이 떨어지는 경사를 적절한 가공만으로 좋은 품질의 경사를 대신할 수 있다는 생각은 경제적 시각에서 보면 착각에 불과하다.



<그림 9> 동적인 경사하중에서 하중 사이클과 응력 피크값과의 상관관계

위입운동 기간에 경사에 가해지는 하중은 전체 제직폭에 대해 일정하게 분산되지 않고 압축작용 때문에 직물의 중간 부분에 가장 높은 응력값을 나타내는 포물선 모양의 분포를 나타낸다<그림 10>.

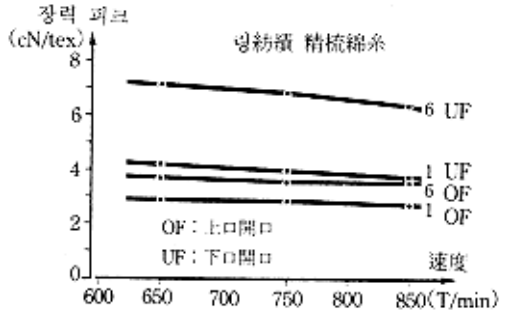


<그림 10> 제직폭에서 경사장력분포

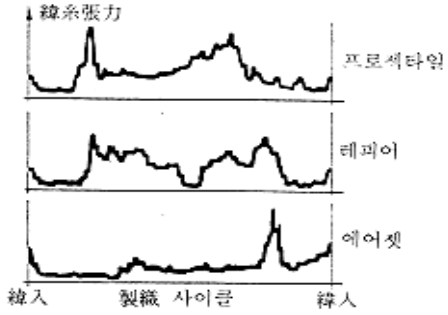
직기에서의 경사하중 인자들 중에 종광수와 위치에 따른 경사의 신도차가

가장 중요한 의미를 갖는다. 동일한 기계조건의 비대칭 개구에서 필라멘트사를 사용할 경우 첫번째와 여섯번째 종광의 경사장력 차이가 25%이고, 방적사는 50%에 달한다<그림 11>.

이 그래프로부터 아주 중요한 결론을 내릴 수 있는데, 경사장력은 위입회수에 크게 영향을 받지 않는다는 것이다. 적어도 동적 경사하중은 제직속도가 빨라진다고 해서 자동적으로 증가하지는 않는다. 그러나 제어할 수 없는 진동에 의해 발생되는 문제와 높아지는 마찰하중 등은 실제 작업에서 각 기계인자들의 상호관계를 조정함으로써 해결된다. 위입속도가 증가하면 경사장력 피크가 더 자주 발생하므로 위입작용에 대해 더 많은 주위를 기울여야 한다. 프로젝타일, 레피어, 에어젯 직기에서 위입도중에 발생하는 경사장력 상태가 <그림 12>에 나타나 있다.



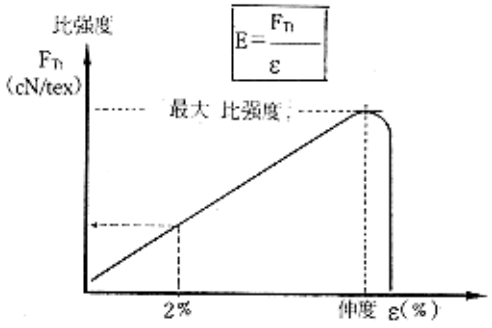
<그림 11> 직폭 중앙에서의 경사장력 피크(에어젯 직기)



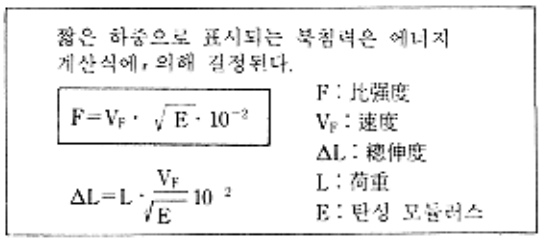
<그림 12> 위사장력특성(동일 위입율)

위입도중에 실의 가장 높은 응력은 작용력 피크로 나타난다. 이들은 실의 신장작용에 의한 최대속도 변화기에서 발생된다. 북침력과 실의 반작용 사이의 응력변형거동 관계는 에너지 법칙에 의해서 설명할 수 있다.

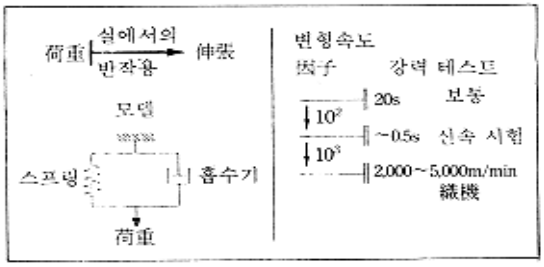
탄성 모듈러스는 <그림 13>에 나타난 실의 강력과 신장 사이의 비율을 응용하면 실에서 측정된 북침력과 실의 속도는 비례한다.



<그림 13> 실의 탄성 모듈러스



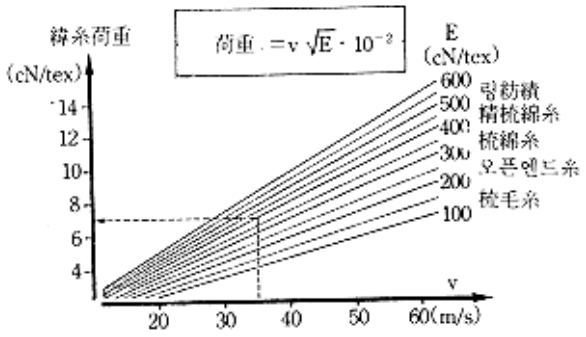
<그림 14> 위입기간의 사하중



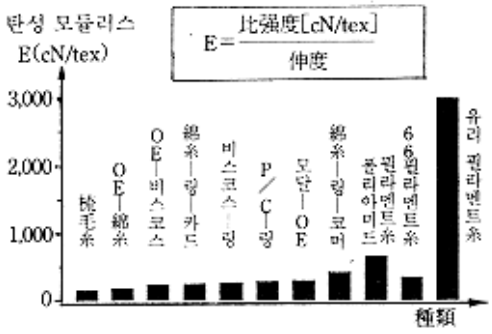
<그림 15> 위사하중(켈빈 모델)

<그림 14>는 탄성 모듈러스식이다. 섬유의 점탄성 거동은 완전한 탄성과 완전한 점성 모델을 이용해서 흔히 설명된다<그림 15>.

실의 외부 하중에 대한 흡수효과와 탄성효과는 탄성 모듈러스로 확인할 수 있다. 실의 물리적 특성을 규명하는 데 탄성 모듈러스는 상당히 유익하게 활용된다. 북친 하중과 사속도 및 탄성 모듈러스의 관계는 <그림 16>과 같다. <그림 17>은 다양한 사구조와 성분에 따른 탄성모듈러스 값의 변화를 나타낸 것이었다.



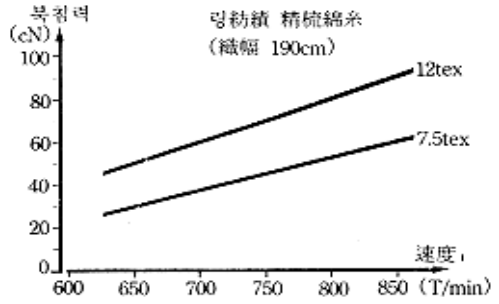
<그림 16> 장력하에서의 위사하중



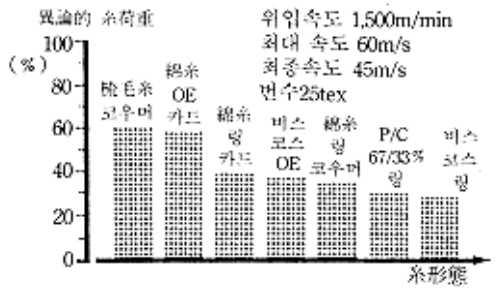
<그림 17> 실의 탄성 모듈러스(2%신장)

위입속도 증가에 의한 위사하중 증가는 <그림18>의 2개의 링방적 정소면사 예에 잘 나타나 있다. 에어젯 직기에서 제동기간에 측정된 최대 북침력을

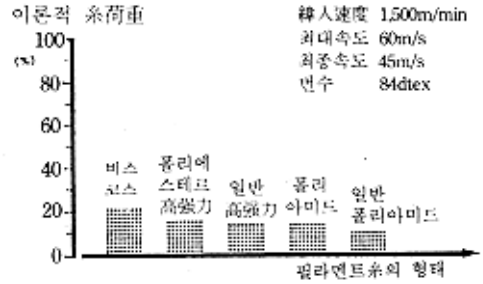
도표로 나타냈다. 북침력에 의해 부가되는 실의 하중에 대한 신장비율은 에너지식으로 설명할 수 있다. <그림 19>는 위입속도가 1,500m/min인 에어젯 직기에서 동일 번수의 여러 가지 방적사에 대한 이론적 하중치를 나타낸 것이다. <그림 20>과 같이 신장성이 좋은 필라멘트사가 방적사에 비해 더 적은 응력치를 나타낸다.



<그림 18> 위사속도와 북침력(에어젯 직기)

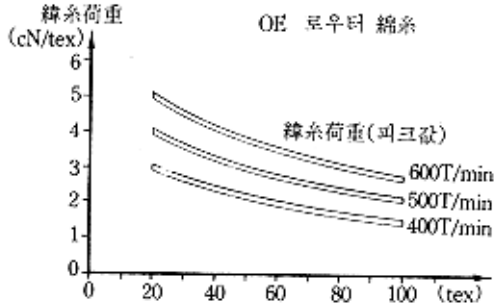


<그림 19> 제동기간의 이론적 사하중(에어젯 직기)



<그림 20> 제동기간의 이론적 사하중

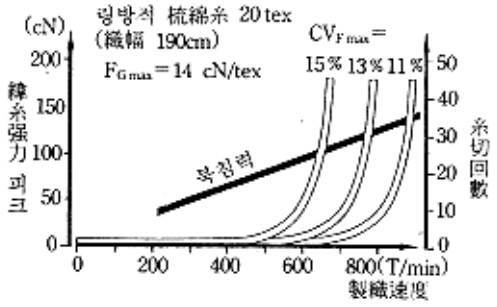
실의 번수가 하중에 영향을 준다는 것은 탄성모듈러스를 통해서 설명할 수 있다. <그림 21>에서 알 수 있는 것처럼 실의 번수가 증가함에 따라 하중은 감소하는 특징을 나타낸다.



<그림 21> 실의 번수와 하중

초과응력하에서 흔히 사절을 일으키는 실의 약한 부분 때문에 발생하는 품질문제는 강력과 신도의 변동계수에 의해 가장 영향을 많이 받는다.

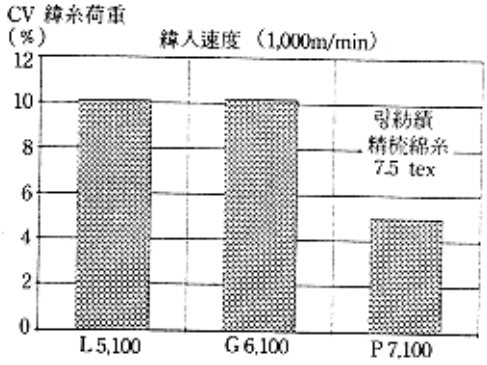
사하중이 증가할지라도 변동계수가 감소하면 임계하중은 제직속도가 더 빠른쪽으로 이동한다<그림 22>.



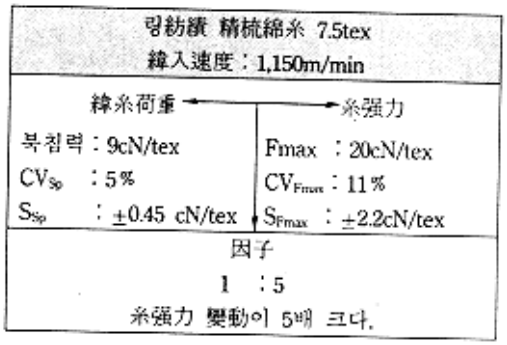
<그림 22> 북침력과 사강력에 따른 위사절 변동

<그림 23>과 같이 거의 같은 속도로 위입되는 직기라도 위입 시스템이 다른 경우에는 위입하중의 변동계수가 상당히 차이가 있음을 알 수 있다. 위사

하중 변동계수는 위사에 의해 거의 영향을 받지 않고 주로 직기 자체에 영향을 받는데, 프로젝타일 직기에서 위사하중 변동계수가 가장 낮게 나타난다. 위사의 비강도 변동은 위사하중 변동에 비해 5배 이상 크며, 직기의 어떤 제어기로도 보완되지 않는다<그림 24>. 사품질 인자와 관계없이 직기 메이커는 고속 위입에서 발생되는 응력 증가를 감소시킬 수 있는 방법을 강구해야 한다. 그 해결방법을 다음에 나타내 보았다.



<그림 23> 변동계수



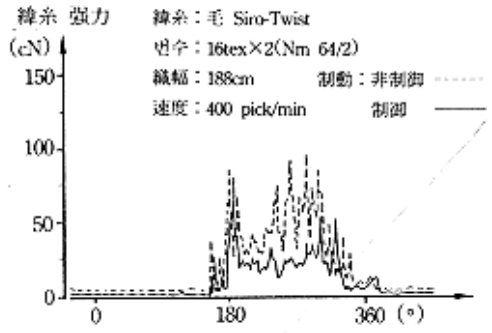
<그림 24> 사강력 변동(프로젝타일 직기)

○ 직기에서 실에 걸리는 하중이 최저가 될 수 있도록 한다.

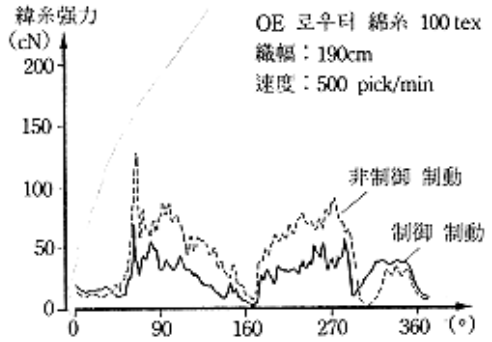
○ 최대 북침력을 감소시킬 수 있도록 가속 및 제동공정을 차동제어 한다.

○ 실에 걸리는 하중과 기계배치에 따라 직기의 속도제어기가 자동적으로 속도를 적당히 조정할 수 있도록 한다.

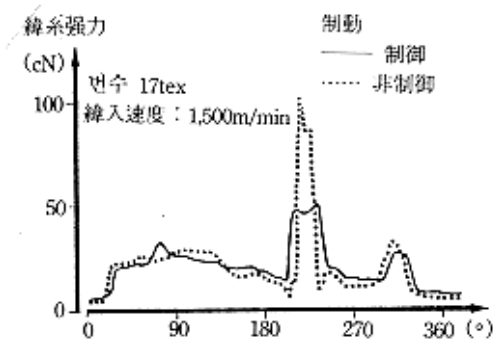
위입기간에 나타나는 위입하중 상태를 제어된 것과 제어되지 않은 제동으로 나누어 나타내었다<그림 25~27>. 자동위사제어보전시스템 등과 같은 자동화 기능은 에어젯 직기, 프로젝타일 직기, 레피어 직기 등에서 직물 생산성 증가와 수정 불가능한 직물결점 감소 등과 같이 직물품질 향상에 바람직한 영향을 미친다.



<그림 25> 위사 강력(프로젝타일 직기)



<그림 26> 위사 강력(레피어 직기)



<그림 27> 위사강력-OE 로우터 비스코스사(에어젯 직기)

제직공장에서는 직물시장에서 요구하는 다음과 같은 직물품질을 확립해야 한다.

○ 직물시장에서 요구하는 직물 조직을 제직할 수 있어야 하며, 그 조직을 재현성 있게 생산할 수 있는 생산체제를 확립

○ 직물결점을 줄임.

○ 제직공장에서 제직된 직물은 가공공정 혹은 봉제공정에서 적절한 형태 안정성을 나타내야 한다.

4. 결 언

본고에서 다룬 여러 가지 사항들에 대해 종합적으로 요약하면 다음과 같다.

① 제직공장에서의 품질관리는 결점이 없고, 경제적으로 효율이 있는 생산에 주안점을 두어야 한다.

② 직물구성은 우선 소비자의 기호에 맞게 해야한다.

③ 위입속도가 빨라짐에 따라 실의 품질과 실의 제직성은 곧바로 연관이 되므로 생산측면에서의 품질인자도 상당히 중요하게 되었다.

④ 실의 품질관리에서 우선적으로 다루어야 할 것은 실의 비강도, 신도 그

리고 이들의 변동치 등과 같은 실의 동적 거동이다.

⑤ 실의 품질을 향상시키는 데는 비용 상승이 유발된다. 더 좋은 품질의 실을 얻기 위해서 더 좋은 품질의 재료를 공급하는 것도 중요하지만 일정 수준의 품질을 유지하는 것에 더 역점을 두어야 한다.

⑥ 제직공장에서 발생하는 사하중의 상태는 대단히 중요하므로 직·간접적인 방법을 하중을 적절히 제어할 수 있도록 해야 한다.

⑦ 공정제어와 자동화 시스템은 사절감소와 직물의 품질 향상에 도움을 준다.

⑧ 공정의 최적화가 미래에는 생산성 향상뿐만 아니라 업스트림과 다운스트림 공정에 의해 부가되는 복잡한 요구 조건에 잘 적응할 수 있게 할 것이다.

⑨ 현재의 기술한계를 뛰어 넘도록 부단히 노력해야 한다.

⑩ 직기가 고성능화 된다 해도 여전히 품질향사에 역점을 두어야 한다.