

전자제어식 경사송출장치의 측정요소 개선

1. 서 론

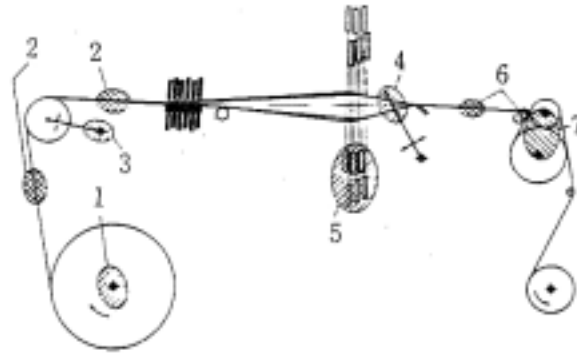
스프링하중식 백 레스트 롤러 시스템을 사용하여 경사의 장력을 감지하는 것은 기계제어식 경사송출장치에서 측정기능과 보정기능으로써 이용되고 있다. 그러나 직기의 고성능화로 인해 위입속도가 증가함에 따라 이런 방식은 (Aachen에 있는 RWTH의 섬유기술연구소에서 수행된 연구로부터 조사되었음) 그 기능이 크게 감소하게 되었다. 직기의 속도가 지속적으로 증가한다는 관점에서 볼 때 백 레스트 롤러의 설계에서 구조적인 처리기술에 관한 작업, 즉 결과적으로 백 레스트 롤러의 측정기능, 보정기능 및 유도기능을 감결합(decoupling)하는 작업이 시급히 요구된다. 이는 기계공학적 토대를 바탕으로 가동하기에는 위입속도가 너무 고속화되었기 때문에 전문적인 제직기술의 입장에서 제직될 수 있도록 하기 위해서이다.

현재에 이르러 경사송출장치의 측정요소를 설계할 때 전자제어식 경사송출장치를 도입함으로써 그 동안 인식되지 못했던 여러 가능성이 밝혀졌는데, 백 레스트 롤러에 대해 또 다른 측정시스템을 이용함으로써 발생하는 여러 변동사항을 이런 범위에까지 고려해 보는 것도 매우 필요하리라 생각된다.

2. 경사송출장치의 측정요소

기계식 경사송출장치는 필러와 롤러 시스템 만을 사용하여 경사의 장력변화를 어떤 운동으로 변화시킨다. 반면에 전자제어식 경사송출장치에서는 측정위치, 원리 및 측정요소의 설계문제에 관련하여 다양한 시스템을 고려해 볼 수 있다. <그림 1>을 보면 경사의 장력이나 직물의 장력이 섬유의 구성성분 또는 부수적으로 설치된 측정요소에 영향을 미치는 곳은 어디에나 이 측

정요소를 설정할 수 있다.



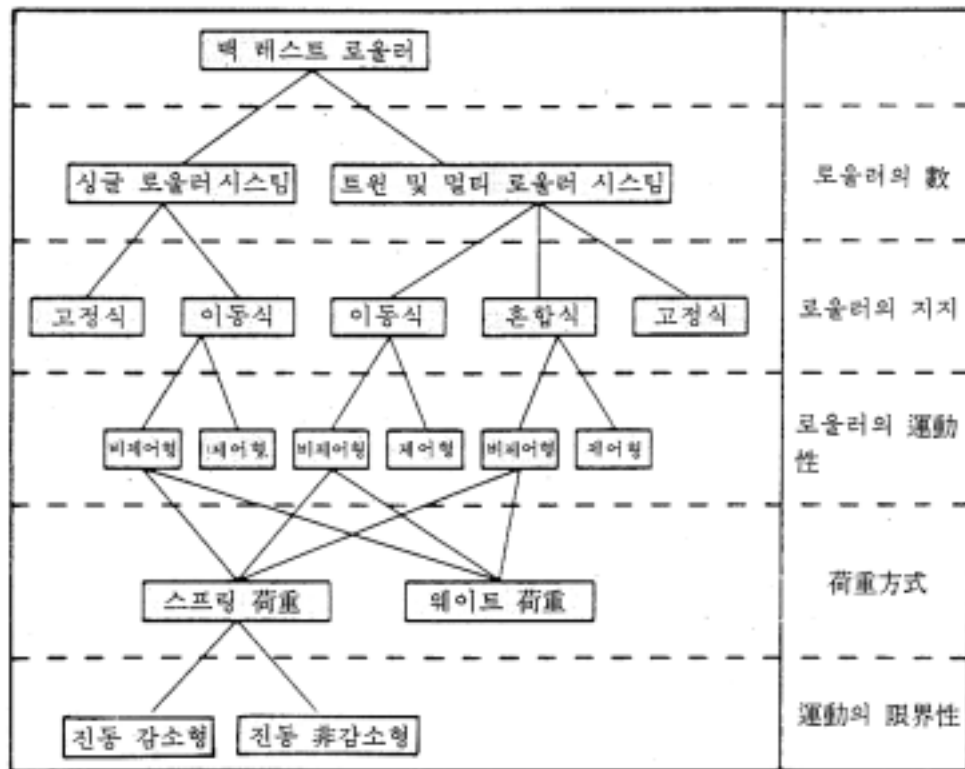
<그림 1> 경사송출장치에 대한 제어입력신호를 탐지할 수 있는 부위

- 1: 경사빔 토크, 2: 경사의 장력, 3: 필러 롤러와 백 레스트 롤러의 운동,
- 4: 바디침운동의 힘, 5: 개구의 상승력, 6: 직물의 장력, 7: 직물의 권취장력

또한 제어용 입력신호는 대개 전자제어식 경사송출장치의 경우에 백 레스트 롤러를 경유하여 탐지되기 때문에 또 다른 측정요소를 이용하거나 그럴 가능성은 없으므로 측정에 관한 다음 특성을 조사해 보기로 한다. 한편으로는 가령 직기가 정지했을 때의 측정 정확도를 향상시키기 위해서 백 레스트 롤러와 그밖에 측정요소를 결합시키는 경우도 고려해 볼 수 있다.

가. 백 레스트 롤러와 필러 롤러 시스템

백 레스트 롤러 시스템은 <그림 2>에 열거한 바와 같이 그 형태를 여러가지로 나누어 볼 수 있다. 부수적으로 다른 기능도 경사송출장치(가이딩 시스템, 보정기능)에 대해 경사의 장력신호를 탐지하는 것으로 추정되므로 고진동범위에서는 로버스트 롤러(robust roller)의 설계방식에 기인하여 측정기능의 저하가 예상되면 한편으로는 이들 기능의 부분적 감결합도 시도되어야 한다.



<그림 2> 백 레스트 롤러 시스템의 종류

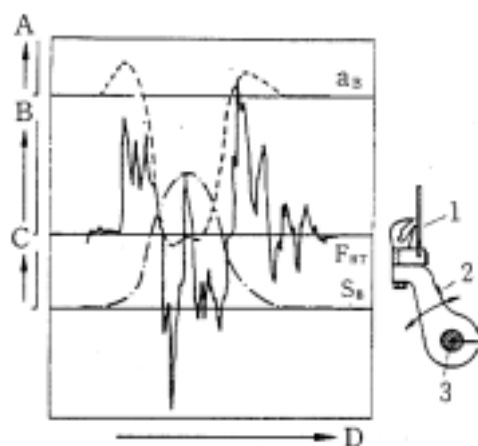
비록 스프링하중식 싱글 롤러 시스템이 백 레스트 롤러 운동의 진폭을 제한하며 결과적으로 실의 장력이 제어불가능할 정도로 증가하는 것을 방지하기 위해서는 고진동 범위에서 점차적으로 보다 심하게 이런 진동을 감소시켜야 하는데, 현재에는 이러한 기능의 저하에도 불구하고 구조적인 면에서 보다 생산이 용이한 이 시스템이 널리 사용되고 있다. 그러나 보정기능과 측정문제에 대한 해결책은 이런 측정방법으로 인해 그 기능이 저하되므로 때때로 고정형 가이드 롤러와 회전형 필러 롤러가 결합된 트윈 롤러 시스템이 사용되기도 한다. 이 경우에는 보다 가벼운 설계방식이 가능하여 고진동 범위에서 측정의 품질을 향상시킬 수 있다. 그밖에도 필러 롤러로 몇 개의 지점에서 지지할 수 있으며 베어링은 스프링의 하중점, 예컨대 부굴곡성 매개체(inflexible media) 근처에 설정할 수 있다. 그러나 측정기능과 보정기능을

감결합하는 것은 회전형 필러 롤러의 경우에는 불가능하며 백 레스트 롤러의 거동은 항상 백 레스트 롤러의 설계방식과 부수적으로는 측정값의 탐지 방식과 관련지어 고려해야 한다.

전자제어식 경사송출장치의 경우에는 일반적으로 광학식(optical), 유전식(inductive) 또는 용량식(capacitive) 발신장치를 사용하여 롤러의 운동을 전기적 전압으로 변환시킴으로써 측정신호를 얻게 된다. 베어링의 압력 측정 또한 소운동의 진폭으로만 가능하다.

나. 슬레이에서의 바디침 측정

위사를 직물이 클로드 펄까지 바디침시킬 때 경사시트에서는 유효한 장력 피크가 발생하는데, 이 피크의 크기와 기간은 위임운동을 결정하며 따라서 제직하는 직물의 품질을 특징지운다. 이와 관련된 문헌에서 많은 학자들이 바디침을 제직공정의 품질인자로 설명하였다. 바디침운동을 하는 동안에 힘의 변동을 탐지하는 것은 경사송출장치에 대해 유용한 제어입력량을 설정할 수 있다.



<그림 3> 바디 캐리어에서의 바디침운동의 힘 측정

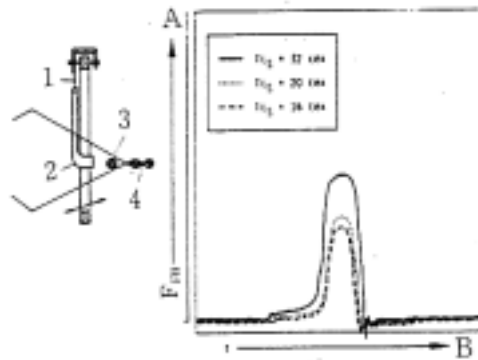
A: 바디의 가속도, a_b B: 바디침운동의 힘, F_{RT} C: 바디의 운동, S_b
 1: 바 디 2: 스트레인 게이지 3: 구동 샤프트

바디운반체의 변형은 복직기에 적용하기 위해 개발된 측정원리를 응용시켜 전기저항적으로 감지하였다. 이런 형태의 장치는 Sulzer TW11형, 130VSD형, 150형 그리퍼 직기에 부착하였으며, 반브리지제어(half bridge control)를 이용하였다<그림 3>.

<그림 3>에서 바디침 힘의 신호궤적은 현저한 요동에 의해 겹쳐지고 있는데, 이는 바디의 가속궤적에서 볼 수 있는 바와 같이 슬레이가 가속함에 따라 더욱 격렬한 것으로 측정되고 있다. 이와 관련해서 바디침운동의 힘은 위 입속도에 따라 결정되는 신호로부터 진행추이와 높이로 표시되는 변동으로 써만이 나타낼 수 있다. 그러므로 이런 시스템은 바디침운동의 힘을 측정하는데 매우 적합하지 않다.

바디가 정지한 상태에서 직접 측정하는 것은 측정요소에 소요되는 공간 때문에 배제하였으며, Gunne 80/60형 리지드 레피어직기를 이용한 또 다른 시험에서는 어느 정도 바디가 정지해 있는 순간을 반영하기 위해서 바디의 빈 공간을 이용하여 저장력 스프링 플레이트를 바디에 부착하였다. 어느 정도 바디가 정지해 있는 순간을 반영하기 위하여 바디가 직물에 접촉하게 되면 직물에 의해 스프링 플레이트에 하중이 걸리게 되고 플레이트의 운동은 바디침에 따라서 그 저항값이 기록된다<그림 4>.

<그림 4>에서 보는 바와 같이 바디침운동의 힘이 증가하는 것과 경사의 장력궤적에서 피크가 증가하는 것 사이에는 상관관계가 있다. 보정곡선의 신중한 플로팅, 바디의 빈 공간을 이용해야 한다는 점 그리고 이런 시스템이 직물폭에 미치는 종합적인 영향은 이러한 점에서 단점으로 간주해야 된다. 바디침운동의 힘을 종합적으로 측정하는데 있어 동적인 간섭인자를 배제해야 된다는 어려움이 이런 형태의 시스템을 경사송출장치의 측정요소로 사용하는데 주요 장애요인이 된다.



<그림 4> 스프링하중식 시스템을 이용한 위사변수(T_t)별

바디침운동의 힘 측정

A: 바디침운동의 힘, F_{FB} B: 시간, t

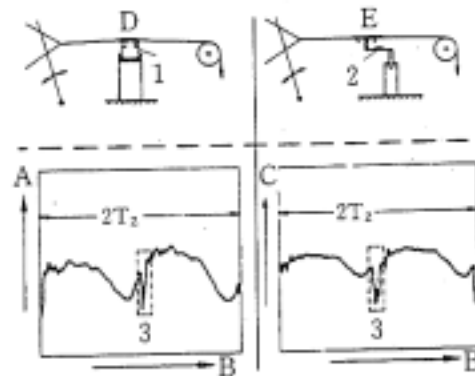
1: 스트레인 게이지 2: 스프링 플레이트 3: 위사 4: 직물

다. 제직장력 측정시스템

경사와 직물은 상호 연결되어 어떤 유연성 있는 시스템을 형성한다. 비록 경사의 교차에 의해 결정되는 직물의 왜설성 인자(clastic parameters)들은 경사 시스템과 다를지라도 경사의 장력변화를 직물에 전달하게 됨으로써 위입조건을 변화시킨다. 따라서 간섭현상 없이 직물의 장력을 탐지한다는 것은 제어회로 예컨대 기계를 시동할 때 탐지되는 부가적인 입력량으로서 특히 유용하다.

그러나 현재까지 어떤 시험결과도 이런 측정장치의 개념으로서는 전형 응용할 수 없기 때문에 직물의 장력측정표시는 어떤 측정플레이트를 직물 바로 밑면에 압착시키는 현재의 측정방법 내에서 개선되어 왔다. 편향각도(deflection angle)에 따라서 직물의 장력성분은 탐지측정방향에서 기록될 수 있으며 측정요소는 스트레인 게이지기술(strain gauge technique)을 채택한 압전기(piezo-electric)에서 프레스 센서의 형태로 구성되어 있다. <그림5>에서 보는 바와 같이 동일한 신호궤적을 두 시스템에서 얻을 수 있는데, 스트레인

게이지의 측정요소가 보다 현저히 요동하기 때문에 클로드 펠의 운동이 잠시 정지해 있는 동안 직물의 장력이 감소하는 기간에서 그 궤적은 달리하게 된다. 측정요소를 설정할 때 측정지점의 위치는 폭방향과 길이방향 양쪽 모두 신호특성에 대해 매우 중요한데, 이는 가령 직물의 변에서는 직물의 수축으로 인해 그리고 템플에서는 부수적인 힘으로 인한 직물의 중앙에서 고려할 필요가 없는 사항들이 영향을 미치기 때문이다.



<그림5> 직물에서 직물의 장력을 측정하기 위해 수행되는 측정과정

A: 직물의 장력 B: 시간, t C: 직물의 장력, F_{GD} D: 압전기의 탐지 E: 저항탐지
1: 압정 2: 스트레인게이지 3: 클로드의 펠운동의 일시적 정지 4: 제직기간, $2T_z$

따라서 직물의 장력시스템은 측정요소로서 적절한 비용으로 생산될 수 있으며, 정대 후 기계의 시동단계에 대해 특히 측정량이 부수적으로 탐지된다는 점에서 이 시스템은 매우 중요하다.

라. 종광샤프트에서의 개구상승력(shed lifting force) 측정

개구가 개방되어 위사를 삽입시킬 때 경사시트는 직물의 조직에 따라 종광샤프트에 의해 상승하고 하강한다. 이런 운동에서 전반적으로 경사장력에 비례하는 힘이 종광틀의 버팀대와 한편으로는 종광샤프트의 상승운동에 영

향을 주게 된다. 그러나 시험적인 규모를 벗어나 이런 힘을 탐지하는데 많은 비용이 소요되는데, 이는 종광틀의 운동 또는 도비장치나 캠의 메커니즘상에 있는 측정지점에 접근이 용이하지 않기 때문이다. 아울러 특히 직물의 구조가 복잡할 경우 개개의 종광샤프트에서 경사의 힘은 각기 다르므로 경사시트에 가해지는 모든 부하조건을 고도로 정밀하게 측정한다는 것은 종광샤프트에 대해 그 결과들이 부수적으로 전달되는 많은 측정요소에 의해서만 효과적일 수 있다. 경사송출장치에 대해 이런 형태로 신호를 탐지한다는 것은 결과적으로 이치에 맞지 않는다.

마. 경사빔에서의 토크(torque) 측정요소

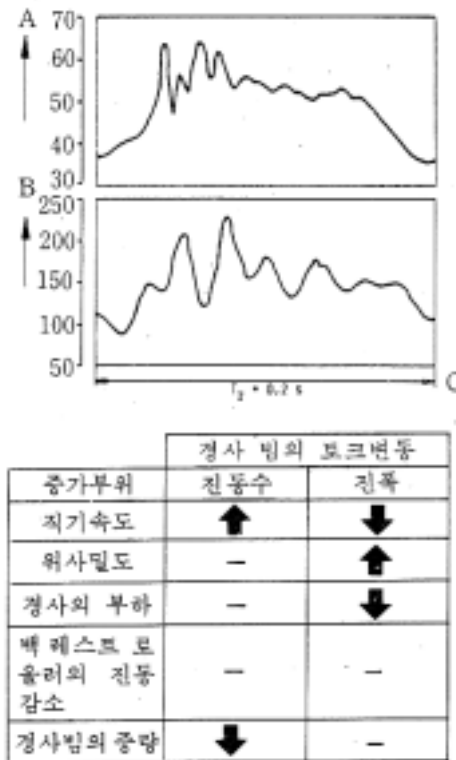
경사에 작용하는 힘은 토크를 유발하며, 이는 직접작용방식의 기계식 경사송출장치에서 제어값을 측정하는데 이미 사용되어 왔다. 이러한 측정원리를 전자식 경사송출장치에 응용하는 것은 본 연구의 골격 안에서 리지드 레피어직기를 대상으로 전기저항을 이용하여 경사빔의 베어링 저널에 대해 토크를 측정하는 경우에 효과적이다.

샤프트에서의 정적 비틀림 모멘트는 경사의 장력 F_{ki} 이 합하여 짐으로써 유발되는데, 이는 경사빔에 작용하는 그 밖의 다른 힘(베어링의 마찰, 경사빔의 중량)들이 경사시트의 전체 장력과 비교하여 무시할 정도로 작기 때문이다. 동적인 경우에는 경사빔의 회전이 물체의 관성효과와 모멘트의 형태로 설명되어야 한다.

회전하는 샤프트로부터 측정증폭기를 사용하여 신호를 전송하는데 슬립링을 이용한 접촉방식을 채택해야 하며 그밖에 경사빔의 직경이 감소하는 것도 모멘트의 감소를 보정하기 위해 기록해야 한다.

<그림 6>은 위입운동을 하는 동안(경사올수 60, 백 레스트 롤러와 경사정

지장치의 드롭 와이어 사이의 ITA 집합적 측정요소) 기록된 모멘트의 신호궤적을 경사의 장력궤적과 비교하여 특징적으로 보여주고 있다. 여기서 주목할 점은 바디침에 의해 시작되는 요동이 경사의 장력신호에서보다는 모멘트의 궤적에서 더욱 현저하게 나타난다는 점이다. 개구가 교차되는 단계를 제외하고는 <그림 6>의 아래에서 보는 바와 같이 전반적인 신호궤적과 겹쳐지며, 이의 변화는 진동수 및 진폭과 관계있는 직기인자에 따라 결정된다.



<그림 6> A: 경사의 장력, F_K (cN)

B: 경사빔 토크, M_{KKB} (Nm)

C: 제직 사이클($T_Z=0.2s$)

그러므로 경사빔의 토크신호를 경사송출장치의 입력량으로 사용한다는 것은 신호궤적에 현저히 요동이 생기고 이런 요동이 직기의 세팅에 따라 결정

되며 모멘트 측정요소(슬립 링 전송기, 부수적인 경사빔의 직경 필러 등)의 설계에 비교적 비용이 소요된다는 점에서 비실용적이라 할 수 있다.

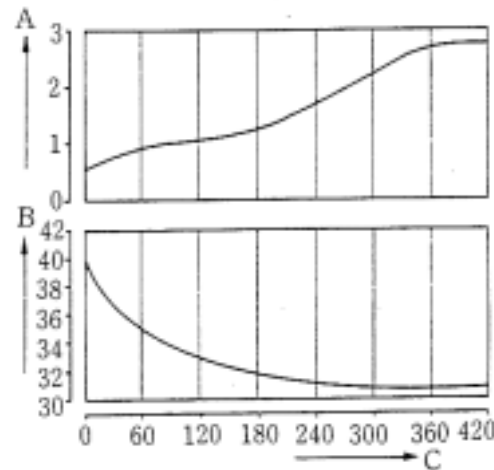
바. 집합적 경사 측정요소

경사에서 장력을 측정하기 위한 집합적 측정요소의 설계가능성에 대해서는 초기의 관련연구를 참고하기 바란다. 측정요소는 경사빔과 백 레스트 롤러 사이 또는 백 레스트 롤러와 경사정지장치의 드롭 와이어 사이에 설정할 수 있다. 경사의 장력이 직물의 변에서 감소한다는 점을 기초로 하여 경사시트의 가운데 부분에서 측정해야 한다. 보다 고감도의 측정값을 제공하기 위해서 경사올수는 가능한 많아야 한다. 이런 이유 때문에 단사장력의 측정요소로 이용하는 것은 불가능해진다. 그러나 한편으로 측정되는 경사올수가 많아짐에 따라 측정장치의 설계안정성에 대한 요구조건 또한 증가하게 되는데, 일반적으로 이는 측정감도의 저하와 측정시스템의 진동수에 제한이 따르기 때문이다. 따라서 이러한 두 경향 사이에 최적점을 구해야 한다. 수많은 측정으로부터 경험을 토대로 경사는 60~250 정도의 범위가 적당하다고 생각된다.

집합적 측정요소의 장점은 다른 시스템과 비교할 때 보다 높은 측정감도에 있으며, 이는 확실히 정지상태에서도 경사송출장치에 요구되는 조건들을 상회한다. 그러나 정지상태에서의 거동은 이를 사용하는데 있어 다른 시스템에서 거의 달성할 수 없는 가능성을 제공해 준다. 이와 같이 정지해 있는 직기에 대해 집합적 측정요소를 갖춘 백 레스트 롤러 센서의 신호궤적을 비교해 보면 이완으로 인해 경사장력의 감소가 매우 급격히 그리고 보다 정확하게 집합적 측정요소에서 기록되고 있음을 보게 된다<그림 7>.

그러므로 직기를 재가동하기 전에 경사빔에 이 정보를 되돌려 보냄으로써

보정이 가능해지는데, 이로 인해 시동흠(start mark)을 감소시킬 수 있다.



<그림 7> 정지해 있는 직기에 대해서 백 레스트 롤러와 집합적

장력측정 요소를 사용하여 경사시트의 이완운동 탐지

A : 백 레스트 롤러의 운동, $I_{SB}(\text{mm})$

B : 경사의 장력, $F_k(\text{cN})$

C : 정대시간, $t_s(\text{s})$

3. 결 론

고성능 직기의 위입속도가 지속적으로 증가하고 있다는 관점에서 볼 때 설계방식과 처리기술에 관한 연구는 속도가 증가함에 따라 측정요소의 기능이 저하하는 것을 보정하기 위해서 경사송출장치와 백 레스트 롤러의 설계에 요구된다. 기계식 경사송출장치를 전자제어시스템으로 대체시킴으로써 경사장력 측정요소의 설계에 새로운 가능성이 생기게 되는데, 이는 본 연구의 토대 안에서 제어입력량으로 사용할 수 있는지에 대해 그 적합성이 분석되고 있다.

백 레스트 롤러에서의 감지와 비교하여 또 다른 측정요소를 평가해 보면 유도기능이 감결합(decouple)된 필러 롤러 시스템, 직물 장력의 측정요소 및

집하적 경사장력 측정요소는 측정품질을 개선하는 데 적합한 반면에 측정형태와 측정요소의 설계에 따른 비용이 너무 많이 소요되고 또한 직기에 설치하는 경우에는 바디칩 운동의 힘, 개구의 상승력을 측정하고 경사빔에서 토크를 측정하는 데에는 그다지 범용성을 보이지 못하고 있다.