

서틀리스제직에서 장력의 영향

1. 서론

오늘날 고도로 향상된 직기로 제작하는데 있어 원가를 줄이기 위해서는 지금까지 지속된 것 이상으로 최적의 생산조건이 요구되고 있다. 그러므로 투자된 자본에 대해 이익을 보다 많이 남기기 위해서는 직기의 가동시간을 연장하고 또한 위입방식도 바뀌어져야 한다.

앞의 내용과 관계는 멀지만 직기의 생산성을 높일 수 있는 또 한가지 가능성으로는 무엇보다도 도입횟수(제작속도)를 증가시키고 다폭제작을 가능하게 하는 직기폭을 늘리는 방법이 있다. 그러나 이 경우에 가령 생산성의 증가와 같은 경제적인 효율성이 고성능 기계의 생산품질을 감소시키지 않게 해주어야 한다.

직기에서 경사와 위사를 보유하는 장치들은 모두 회전수가 증가된 만큼 부하를 받게 되는데, 이는 실들이 보다 빨리 계속 운동해야 되고 따라서 응력의 동력학적인 요소도 증대되기 때문이다. 비록 경사들 사이에서 위입횟수의 변동이 없을지라도 물체의 운동횟수가 증가함에 따라 경사는 더욱 큰 장력을 받게 되며, 이는 직기의 진동과 발판의 운동(treadling)에 문제를 유발시킨다.

제작생산성이 향상되었고 아울러 장력이 증가됨에도 불구하고 몇 가지 경제적인 이유 때문에 고속으로 실을 방출하고 있는데, 여기에는 동력측정학적인 성질(dynamometri properties)의 저하가 수반된다.

경제적인 문제와 기술적인 문제점 사이에서 최적화라는 상반되는 사항을 해결하기 위해서는 경사의 위사에 작용하는 장력에 대해서 기타 제직인자

뿐만 아니라 제직속도가 미치는 영향도 파악해야 한다. 본 실험에서는 이런 영향도 파악해야 한다. 본 실험에서는 이런 영향들을 평가하기 위해 Aachen의 RWTH연구소에서 보유하고 있는 레피어직기와 면직물을 제직하는 한 제직공장에 설치된 그리퍼직기를 대상으로 실험을 행하였다.

특히 직기의 제직인자에 관한 변동사항을 연구하기 위해서 RWTH연구소에서 직기폭이 공칭190cm인 Dornier사의 GWN/4SD형 레피어 직기를 대상으로 속도를 400rpm까지 올려서 실험을 행하였다.

제직공장에서 수행된 실험에서는 각기 다른 3대의 그리퍼직기를 대상으로 하였는데, Sulzer사의 TW11형 그리퍼 직기는 210~230rpm, PU형과 PS형 그리고 직기는 270~320rpm으로 가동시켰다.

그밖에 조사된 인자들을 <표 1>에 나타내었다. 속도 이외에 직기와 원료가 미치는 기타 영향들도 고려하였다.(여러 속도와 조절인자에 따른 경사와 위사의 변화과정).

<표 1> 직기별로 조사된 제직인자

製 織 因 子		Donier GWN 4/5D型 레피어직기	Sulzer Twll PUPS型 그리퍼직기
經 糸	회전수(rpm)	250~400	212~320
	저본장력(cN)	단제별 변화	
緯 糸	번 수(tex)	20 (Ne30)	20, 35, 50, 60 (Ne30, 17, 12, 10)
	밀도(울수/cm)	38	17, 24, 27, 33
緯 糸	품종 : 조직도	접판스프링 P/C : 평직	C 100%, P/C : 평직, 2/1 농직
	제직장치	접판 스프링 B1~B3	비틀림 막대 스프링
緯 糸	번수(tex)	14, 20, 25, 35	20, 35, 7, 100
	밀도(울수/cm)	15, 22, 25	12, 14, 24, 27
緯 糸	품 종	C 100%, P/C	C 100%, P/C
	보빈의 직경(mm)	210, 135, 70	
緯 糸	준비공급장치	있음 / 없음	있음
	위사의 교환	가능 / 불가능	
사 전 율			직기에 따라 다름

경사의 강력은 고주파 변환기를 사용하여 각각 또는 집합적으로 측정할 수 있다. 가장 적합한 변환기를 선택하는데 있어 일반적인 판단기준은 전혀 없지만 각 실험에 규정된 품질수준을 고려해야 한다. 연구를 위해 RES 측정기와 같은 단사용 측정기 뿐만 아니라 RWTH연구소에서 개발한 몇 올의 실을 묶어서 실험하는 측정기들도 사용되었다. 그러나 실험결과를 보면, 직기 및 세팅인자와 경사의 장력간의 상관관계는 정서적이나 정량적으로도 본 실험에 사용된 두 변환기에서 모두 비슷하게 나타났으며, 이는 동일한 품종의 실들도 묶음상태(groups of yarns)에서 측정된 것임을 알 수 있다.

접근이 용이하고 재생성이 있다는 점에서 변환기는 실의 파지부의 경사정지장치의 드롭 와이어 사이에 장치하였다. 64 사이클로 증폭된 신호의 평균값은 기계적 요소가 직기에 미치는 복합적인 영향을 보는 데 어려움을 준다.

따라서 직기가 회전함에 따라 신호를 디지털화하였으며 평균값을 계산하고 피크값(peak value)들을 기록하였다. 측정이 전반적으로 지속되는 동안에 다음을 기록하였다.

- 바디침 순간에 상부 경사층(BAOF)과 하부 경사층(BAUF)에 작용하는 최대강력(BAOF, BAUF)

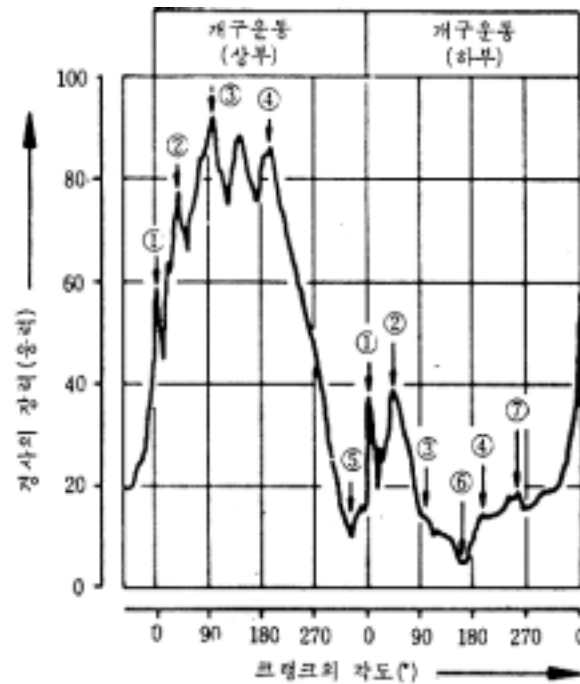
- 상부 경사층과 하부 경사층에 작용하는 평균강력($\bar{F}_{OF}$, $\bar{F}_{UF}$)

- F사이클 동안의 평균강력

위사의 강력을 측정하기 위해 RES변환기를 사용했으며, 이를 위입부의 운동량이 있는 요소(vector element)에 가능한 한 가까이 부착하였다. 그리퍼 직기의 경우에 보정레블러(compensating leveler)와 구동호울(driving hole)사이에 변환기를 부착하였으며 레피어직기에서는 위사정지장치와 위사공급장치 사이에 설치하였다. 데이터 처리기능을 보면 개지의 간격을 두고 위사강력의 최대값과 평균값 또한 평균값의 변화과정을 검색할 수 있다.

2. 경사장력에 대한 실험결과

경사에 작용하는 장력이 전형적으로 변화해가는 과정은 직기의 형태, 직기의 조절 및 사용된 원료에 따라 좌우된다.



1. 바디침 운동 2. 백 레일의 운동 3. 개구가 열리기 시작
4. 개구가 완전히 열림 5. 개구가 닫힘 6. 실에 최소로 걸리는 장력
7. 변사부에서 레피어운동에 의한 위사의 공급

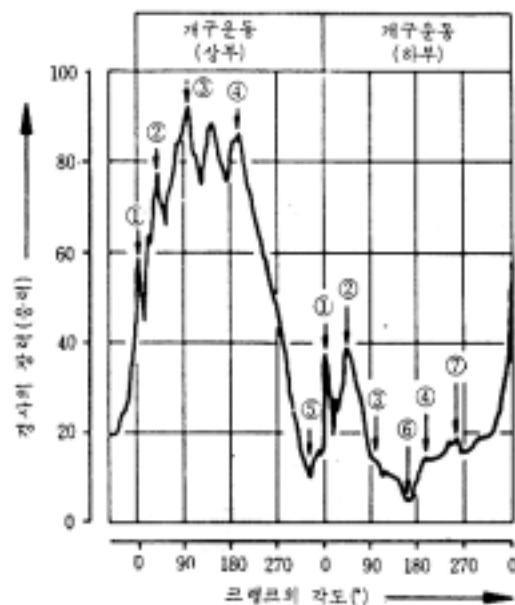
경사 : 면사 20tex "WM = 300min⁻¹

<그림 1> 레피어직기를 이용한 캘리코 제직에서 경사 장력

필라멘트사와 달리 경사가 방적사인 경우는 장력이 좀 더 불규칙적으로 변해가는데, 진동 때문에 응력이 증가될 수 있지만 개구가 형성되는 동안에 경사층을 분리시켜 서로 달라붙는 것을 방지할 필요가 있다. <그림 1>에서 P/C 혼방직물을 제직하는 레피어직기를 300rpm으로 가동했을 때 경사의 장력이 변해가는 과정을 보여주고 있는데, 특히 실의 파지부와 바디침 슬레이가 결정요소인 개구와 상부에서 중요한 진동이 발생한다는 것을 알 수 있다. 가

령 이동식 실 파지부의 스피링을 느슨하게 하거나 또는 상부 경사층과 하부 경사층과의 차이를 제직에 필요한 정도만 수평하게 하여 진동을 감소시키면 결과적으로 최대강력은 줄어들지만 파형의 변화과정을 완화시킬 수 있다. 진동의 세기는 회전속도에 따라 상당히 달라진다. 일부 어떤 위입횟수에서는 위사 파지부의 임계횟수와 일치하는 임계진동구역이 존재하게 된다.

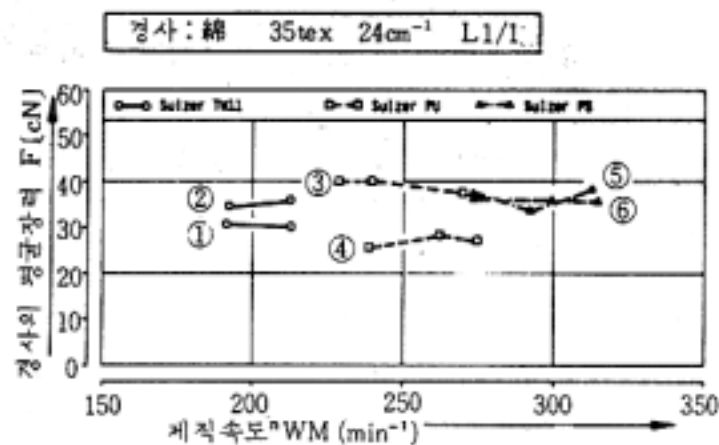
<그림 2>에서 개구의 기하학적 구조가 경사의 장력에 미치는 영향을 보여주고 있다. 종광에서 하부운동의 폭이 커지면 뒤쪽에 있는 종광의 경우에 평균장력 $\bar{F}$ 와 하부 경사층의 장력 $\bar{F}_{UF}$ 는 증가하게 된다. 한편 장력 BA_{UF} 와 BO_{AF} 는 실제적으로 종광의 위치와 관계가 없다. 종광의 위치에 따라 개구운동을 나타내 보면, 레피어직기는 임의의 형태로 개구운동을 하지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 상부 경사층에 작용하는 장력은 감소한다. 최대강력 F_{max} 와 최소강력 F_{min} 은 동일한 경향을 나타내지만 경사의 진동에는 특히 주목할 만하다.



경사 : P/C혼방사 20tex $\omega_{WM} = 300\text{min}^{-1}$

<그림 2> 레피어 직기에서 종광에 걸리는 경사의 장력

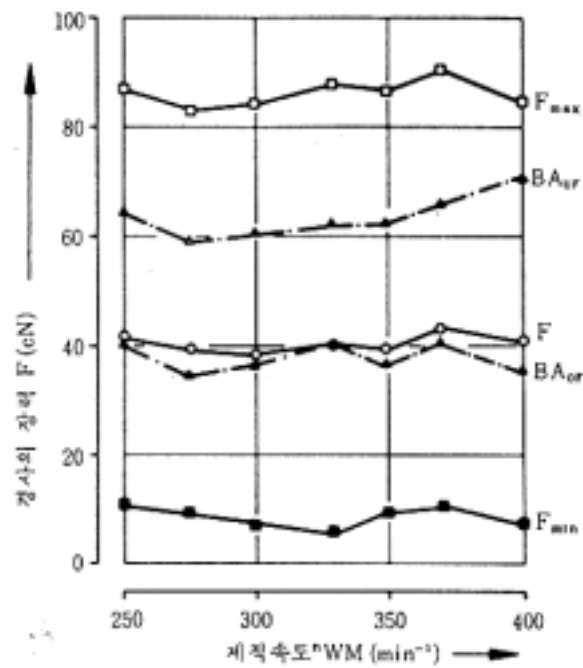
<그림 3>과 <그림 4>는 직기의 제직속도가 경사의 장력에 미치는 영향을 보여주고 있다. 장력의 변동은 그리퍼직기를 200~320rpm으로 가동시킬 때나 레피어직기를 400rpm까지 올려서 가동시킬 때에는 전혀 중요한 요인이 되지 않는다. 일부 다른 실험에서조차도 제직속도가 높을 때 장력이 더욱 커진다고 기록되었는데, 이런 결과는 다른 곳에서 발표된 실험결과와도 비슷하다. 그러나 400rpm이상의 속도에서는 경사에 영향을 미치는 일부 요소(경사의 송출부, 위사의 파지부, 도비장치, 슬레이)들의 운동을 제한하게 되므로 경사의 장력은 증가하게 된다.



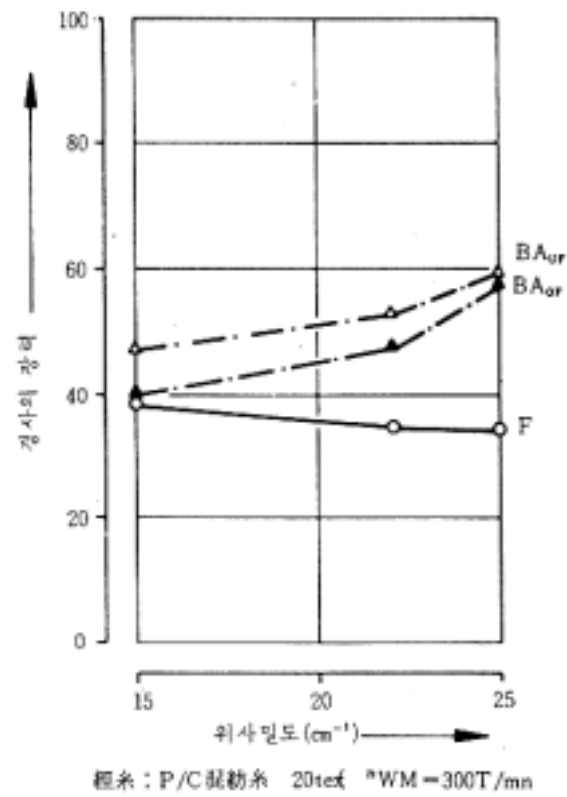
(6대의 그리퍼직기를 대상으로 동일한 직물을 제직)

<그림 3> 제직속도에 따른 경사의 평균장력

<그림 5>는 위사의 밀도가 경사의 장력에 미치는 영향을 나타내고 있다. 여기에서 바딧살이 바디침 도중에 증가하는 장력에 대해 반작용함으로써 바디침의 장력은 증가하는 반면에 전체 장력은 감소한다. 이런 반작용은 하부 경사층에 작용하는 장력의 감소에 그 원인이 있으며 위사 파지부에서 운동이 보다 커지게 됨에 따라 경사 송출부의 초기 운동에 의해 유발된다.

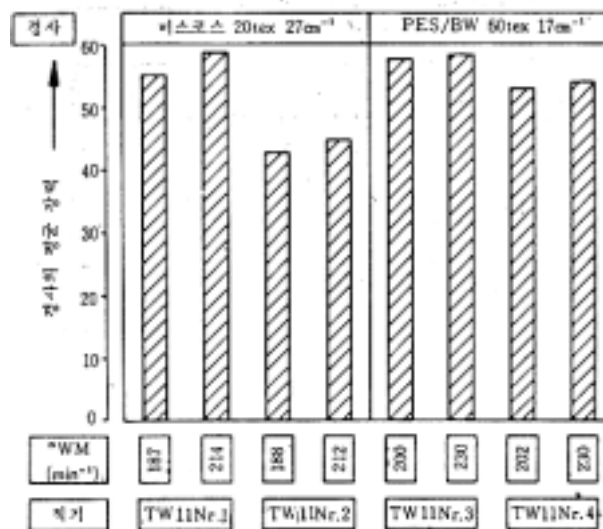


<그림 4> 제직속도에 따른 경사의 장력(레피어 직기)



<그림 5> 위사밀도에 따른 경사장력(레피어직기)

<그림 6>을 보면 경사의 장력이 그리퍼직기의 경우에 경사의 변수와 관계가 없음을 알 수 있다. 그림에도 불구하고 조절인자(예컨대, 개구 기하구조)의 영향을 분명히 볼 수 있다. 실제로 동일한 품종에서도 평균장력의 변화가 큰 것을 알 수 있다.



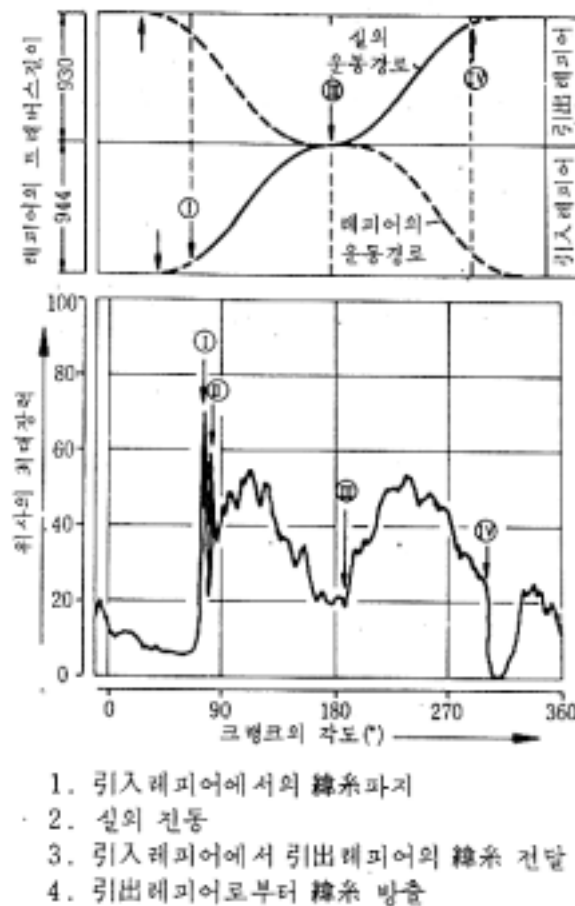
<그림 6> 위사 변수에 따른 경사 장력(그리퍼직기)

3. 위사장력에 관한 실험결과

위사의 장력은 위입작용과 실의 관성력(inertia force)에 기인하는 마찰량에 따라 결정된다. 위입이 제동장치의 조절과 위사패키지의 특성에 따라 좌우될 때 실의 관성력은 위사 변수와 레피어 가속장치에 영향을 받는다. 모든 강력은 위사의 운동속에 의해 다소간 심한 영향을 받는다. 위사의 견인작용은 위입요소의 운동법칙을 따른다. 위사의 강력을 연구할 때는 직기의 형태와 특히 위입원리를 고려해야 한다.

<그림 7>은 Donier 레피어 직기에 대해서 특색있는 위사장력의 변화과정을 보여주고 있다. 처음에 인입레피어에 위사가 파지될 때부터 직기의 중앙부에

서 위사를 전달하고 인출레피어에 의해 위사를 방출할 때까지 두 레피어에서 가속도의 변화과정을 살펴보면 위사장력의 곡선은 2개의 정점을 이루며 뒤이어 요동현상이 계속된다. 이때 피크값은 위사를 공급하는 방식과 레피어 및 위사운반체의 상대적인 위치에 따라 좌우된다. 운반장치에 이용 가능한 면적은 특히 여러 색상의 위사를 사용하는 직기의 경우에 위사가 파지될 때 레피어의 속도와 마찬가지로 장력의 피크값에 각기 다른 영향을 주게 된다.

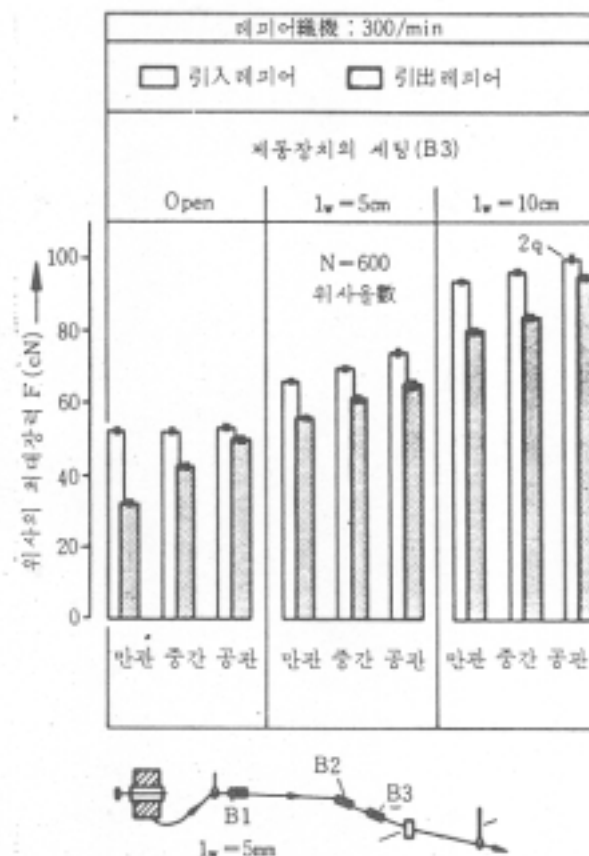


<그림 7> 위사장력의 특색있는 변화(레피어 조직)

위입에서부터 다음 레피어로의 운반까지 위사의 장력은 레피어의 가속도, 패키지에서 실을 풀어낼 때의 강력, 위사제동장치의 마찰력 및 전달위치에

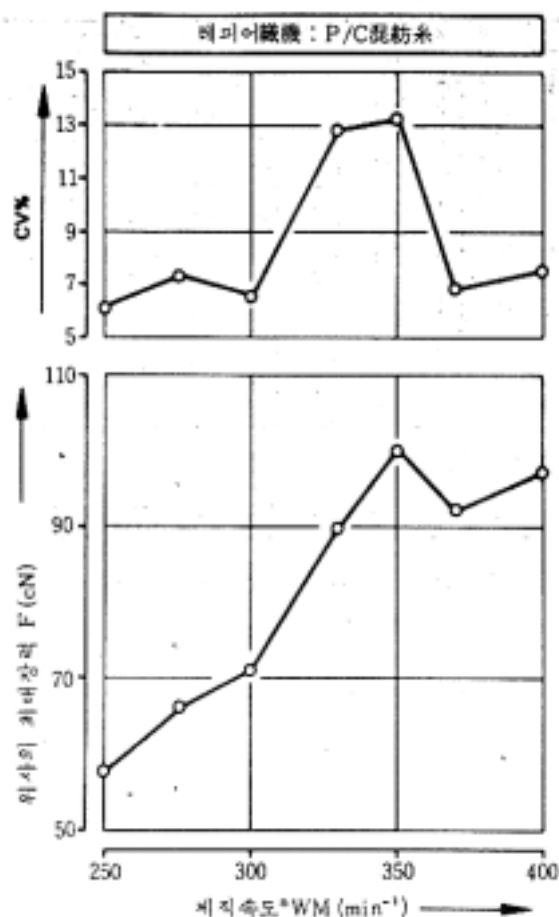
따라 결정된다. 레피어의 속도가 감소하면 장력은 줄어들게 된다(약 165° 의 지점). 위사전달이 이루어지면 인출레피어는 그 즉시 운동방향을 바꾸게 되고 거의 정지상태에 놓이게 된다. 따라서 위사전달과 가속상태에 상응하는 장력의 피크값은 앞의 피크값보다 좀 더 낮는데, 이는 전달이 이루어질 때 위사가 정지해 있지 않기 때문이다.

위사의 장력은 인출레피어에서 위사가 방출된 후 감소되며, 위사의 운동 때문에 발생하는 일부 미미한 변동들을 제외하고는 다음 위입작용이 이루어질 때까지 장력의 변화는 없다.



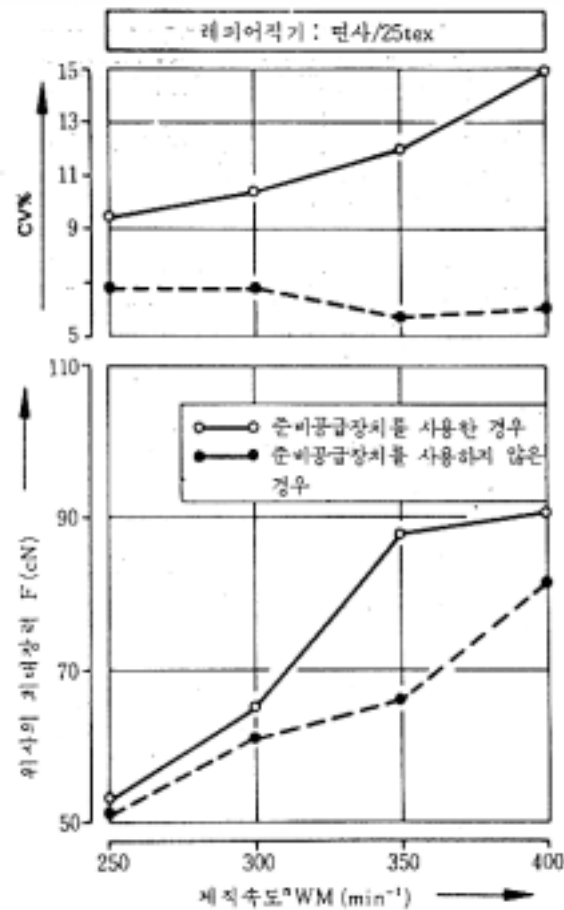
<그림 8> 보빈에 위사가 있는 양에 관련해서 곁판 스프링 제동장치 B3의 위치에 따른 위사의 최대장력

패키지에서 위사를 풀어내고 이를 제동하는 조건들은 <그림 8>에서 보는 바와 같이 장력에 복합적인 영향을 미치는데, 이는 위사정지운동에 앞서 비활성적인 장력의 제동을 각기 다르게 조절하기 때문이다. 접촉길이 1w는 평균제동력으로 특징되는데, 대형 패키지과 위사준비공급장치(weft prefeeder)를 사용할 때 중요한 요소가 된다. <그림 9>는 직기의 제직속도가 위사의 장력에 미치는 영향을 보여주고 있다. 경사의 장력과 달리 위사의 장력은 250~400rpm에서 약 70%정도 증가하였다. 그 증가율은 300~350rpm 사이를 제외하고는 일정하였다. 이 범위에서 장력의 피크값은 직기와 레피어의 진동을 유발시키는 불규칙한 제직운동에 의해 심하게 변할 수 있다.



<그림 9> 제직속도에 따른 위사의 최대장력

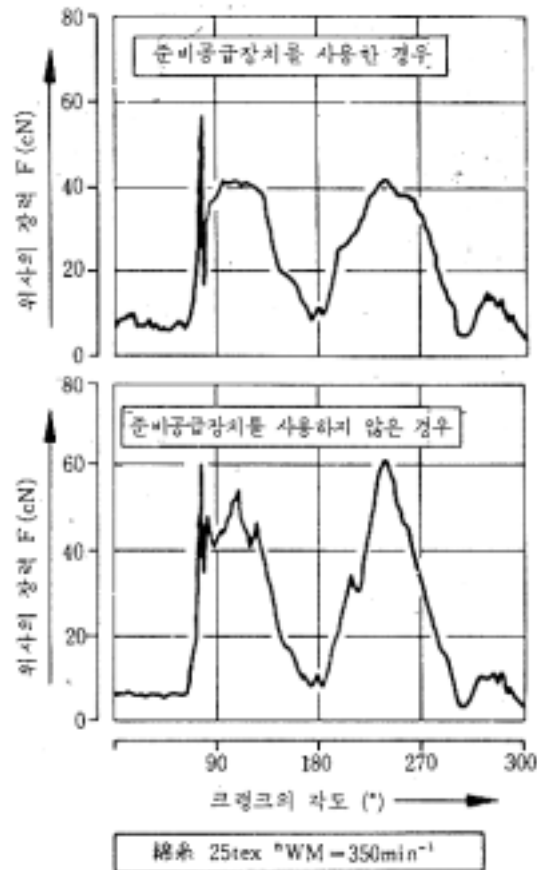
실제로 레피어직기는 종종 준비공급장치를 부착하지 않고 제직기능을 수행한다. 그러나 제직속도가 증가하고 따라서 위사의 장력도 증가하기 때문에 적합한 준비공급장치를 사용하지 않고도 위사의 장력을 감소시킬 수 있는지에 대해서는 의문이 생긴다. <그림 10>의 측정결과를 보면 장력의 피크값들이 감소함으로써 제직속도에 따른 최대장력의 증가율이 둔화되고 있음을 알 수 있으며, 이는 변동계수(CV)의 변화과정으로 입증된다.



<그림 10> 제직속도와 관련해서 위사준비공급의 사용여부에 따른 위사의 최대장력

준비공급장치의 제동링(damping ring)은 실의 벌룬(ballon)을 줄이는데, 실을 풀어내는 지점과 방법에 있어서 그 안정성에 따라 실의 벌루닝 현상을 억제

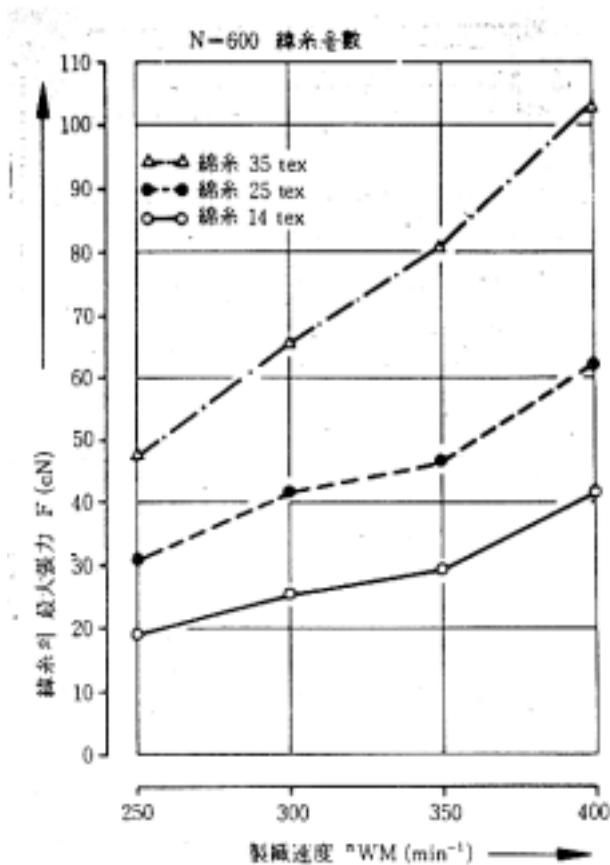
한다. 또 이런 점은 <그림 11>에서도 나타나고 있으며 장력의 변화를 보여주고 있는데, 즉 준비공급장치를 이용한 장력의 제어는 레피어의 주운동에 대응하는 피크값을 균일하게 함으로써 특히 이루어진다는 것을 알 수 있다.



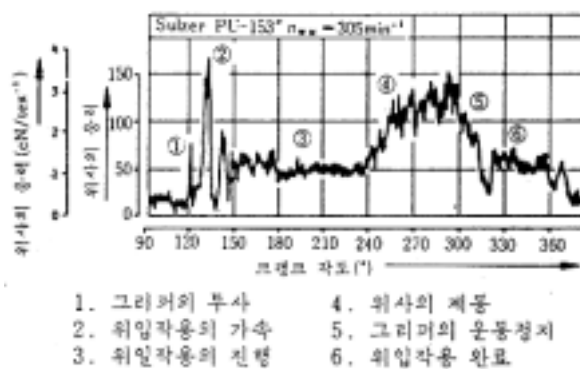
<그림 11> 준비공급장치의 사용여부에 따른 위사장력의 변화(레피어 직기)

보빈으로부터 직접 제직하는 경우와 비교할 때 위사의 혼입과 패키지 해사 기능을 갖고 있는 혼합장치를 부착하면 위사의 장력에 전혀 아무런 영향도 미치지 않는다. 제직운동을 받고 있는 실의 중량 때문에 장력은 위사의 번수에 따라서 증가하게 된다. 제직속도와 관련해서 장력은 <그림 12>에서와 같이 태번수의 실일 때 그 증가율이 크다. 250~400rpm의 범위에서 장력의 증가

울은 35tex(17^{'s})인 경우에 83%이지만 25tex(24^{'s})인 경우에는 단지 57%이다. 비록 본 실험에서는 그 증가율이 낮지만 위사 변수가 작아짐에 따라 위사의 장력은 증가한다는 점을 보다 확실히 예상할 수 있다.

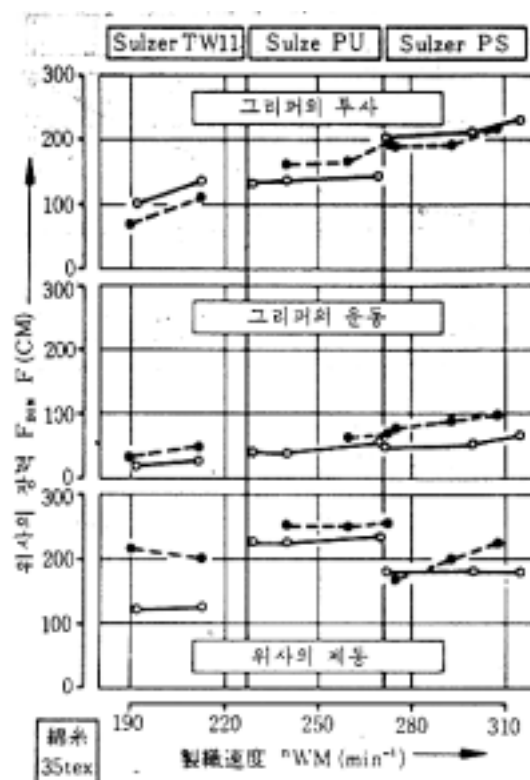


<그림 12> 위사변수별 제직속도에 따른 위사의 최대장력



<그림 13> 그리퍼직기에서 위사장력의 변화

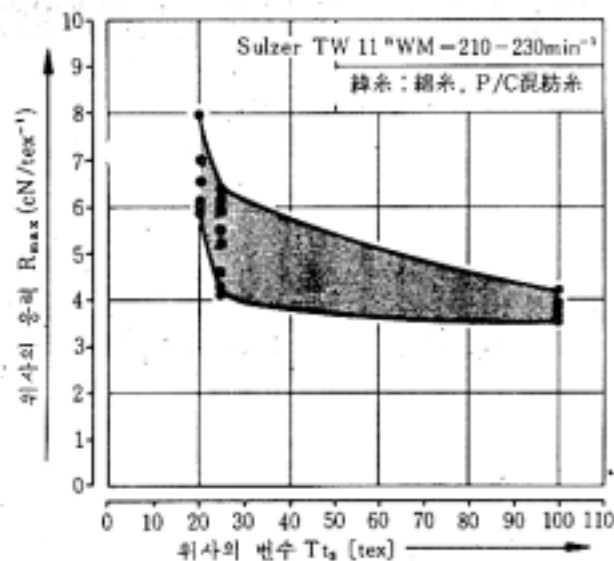
그리퍼를 이용한 위입방식에서 위사의 장력이 나타내는 곡선은 레피어 위입방식과는 완전히 다르다. 그리퍼를 투사하기 때문에 위사장력의 피크값이 가속화된 후에 위사가 개구를 통과하면 적극적 제동작용이 시작되며, 이에 대응하는 보다 낮은 장력들로 이루어진 주기에 도달하게 된다. 제동작용이 시작된 후에 장력이 높은 주기가 상당히 길게 유지된다. 그 이후에 그리퍼가 정지했을 때 다시 장력이 다소 증가하는데, 이는 보정레블러에 의해 위사가 응력을 받기 때문이다. 그리퍼의 투사 때문에 생기는 장력의 피크값들과 위사의 제동작용은 레피어직기와 아주 유사하지만, 위사의 제동으로 인해 생기는 피크값의 발생기간은 보다 길며 위입길이가 길기 때문에 위사의 제동에서도 피크값이 나타날 수 있다.



<그림 14> 6대의 그리퍼직기에서 제직속도에 따른 위사장력

<그림 14>에서는 그리퍼직기로 동일한 품종을 제직했을 경우에 위사의 장력 또한 제직속도가 높아짐에 따라 증가하고 있음을 볼 수 있다. 본 실험을 수행하는 동안에 몇 대의 직기가 사용되었는데, 동일한 속도에 대해서 측정값들이 서로 일치하지 않는 것은 속도를 변화시켰을 때 생기는 차이점보다 더욱 중요하게 보인다. 그리퍼가 투사되어 개구를 통과하는 동안에 위사의 장력은 속도에 따라 일정하게 증가하는 반면에 제동기간 동안에는 직기의 조정상태에 따라 큰 변동을 나타냄에 주목할 필요가 있다.

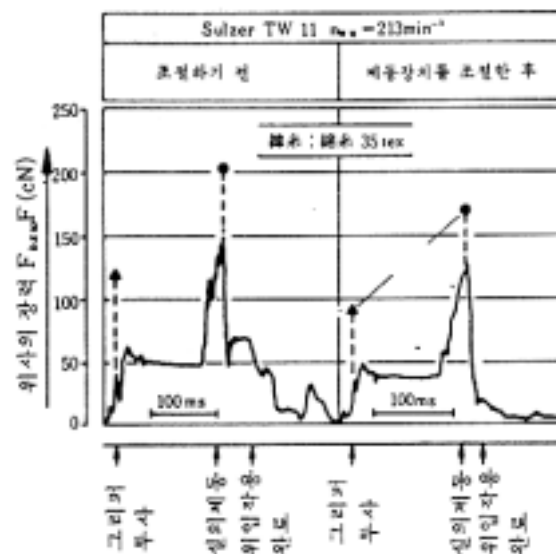
동일한 모델의 직기 여러 대를 대상으로 동일한 속도에서의 최대장력을 위사변수에 대해 나타내보면<그림 15>, 세번수의 위사는 인장강도가 낮을수록 보다 응력을 받게 되며 결과적으로 사질의 위험성은 더욱 커지게 됨을 알 수 있다.



<그림 15> 위사 변수에 따른 최대응력의 범위(그리퍼지기 6대)

앞서 언급한 바와 같이 그리퍼직기에서 위사의 최대응력은 주로 직기의 조정상태에 따라 결정되므로 이를 개선시키는데 주의를 기울여야 한다. <그

림 16>에서는 예를 들어 Sulzer사의 TW11형 그리퍼 직기에서 위사정지장치와 비틀림 막대 스프링(torsion bar)을 잘 조절함으로써 장력의 피크값을 어떻게 철저히 감소시켰는지를 보여주고 있다. 조절방법을 개선시키고 적합한 실험방법을 이용하면 제직속도가 증가되기 때문에 생긴 위사의 높은 응력을 감소시킬 수 있다는 흥미로운 가능성이 발견된다. 첫번째 실험에서 밝힌 바와 같이 위사의 사절율을 줄이고 따라서 직기의 생산량을 증가시킬 수 있을 것이다. 질과 양, 조정방법 간의 상관관계, 위사의 장력 및 사절율의 감소에 따라 보다 철저한 분석과 연구에는 정확한 규정이 필요하게 될 것이다.



<그림 16> 직기를 재조정했을 때 위사장력의 변화와 최대값

4. 결 론

최근 몇 년간 모든 현대식 직기들은 위입방식에 관계없이 생산성에 있어서 급속한 증가를 보여 왔다. 그 결과로서 보다 좋은 품질의 실을 사용해야 하거나 또는 직기의 생산성을 오히려 감소시켜야 하는 제직공정에서조차도

압박은 과중되어 방적이나 제직에 과도한 원가요인을 초래하게 되었다.

본 연구에서는 생산성이 높은 직기에서 위사와 경사의 작용하는 강력의 세기와 변동을 체계적으로 연구하였다. 레피어직기에 대해서는 실험실에서 실험이 수행되었고 그리퍼직기에 대해서는 공장에서 행해졌다.

400rpm까지는 제직속도가 증가할수록 위사의 장력도 증가하는 반면에 경사의 장력에 미치는 영향은 매우 적었다. 그러나 이런 경향은 직기의 위사 조절에 의해 나타나지 않았는데, 가령 위사의 제동을 부정확하게 조절하는 것은 속도의 증가율보다 더 큰 영향을 미친다. 적합한 실험방법을 사용한다면 특히 위사가 삽입되고 있을 때 장력을 감소시키기 위해 조절방법을 개선할 수 있다는 가능성을 보여 주고 있으며, 아울러 위사의 조정, 장력의 감소 및 제동속도와의 상관관계에 대해 연구할 수 있다는 가능성도 시사해주고 있다.