

무연사와 그 직물

I. 서론

재래의 방적사에 있어서 twist는 사자체에 강력을 주기 위한 것이었으나, 직물을 구성하고 있는 방적사에 있어서 그 직물의 완전성을 유지하는데 twist는 아무 필요도 없다는 것이 확실해졌다. 예를 들면 직물에서 교착하는 섬유다발들을 측면에서 작용하는 힘을 받아 서로가 활탈하는 것을 방지해준다.

보통직물에서 어떤 한 섬유는 그 길이 방향으로 수백개의 교착점이 존재해서 그 섬유를 그 자리에 파지하는 데는 별다른 힘이 필요치 않는다. 직물이 장력을 받고 있지 않을 때조차도 이러한 교착점에 작용하는 힘은 여전히 존재하며 평행한 섬유의 다발로 만든 직물은 훌륭한 정도로 내구성이 있다. 편직물에 있어서도 똑 같은 생각을 할 수 있다.

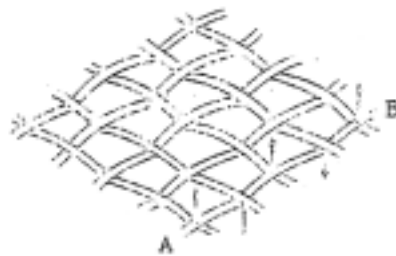


Fig. 1 Forces acting on yarn AB assembled A fabric

그러면 “왜 twist를 주느냐?”가 문제로 대두된다. 가연을 하지 않거나 점착제를 쓰지 않으면 다발은 손으로 조작할 때 헤뜨려질 것이 분명하다. 이 점에 대해서는 다음에 논하기로 한다.

무연사는 Fiberbond Laboratories, Inc. [2]가 처음으로 개발했는데 “Tek-ja식”이

라고 명명했다. 이에 대한 기술은 Wells[8]와 Powischill[4]가 약간 해놓은 것이 있다. 로빙은 재래식 방법으로 드래프트를 주었고 다발은 점착성의 혼합물로 습윤시켰다. 한쌍의 Rubbing roller가 있어 섬유다발의 단면을 둥글게 할 뿐아니라, 점착물질이 그 연속적으로 건조돼서 감겼다. 일반적으로 쓰여진 점착제는 전분(starch)으로 그 부가량은 4~8%로 했다.

Holland[6]의 Fiber Research Institute(TNO)는 다른 방법으로 연구했다. 면으로부터 지방질을 제거하고 액의 침투를 증진시키기 위해 로빙을 정련했다. 섬유를 물로 습윤시킨 다음 드래프트를 가했다. 그리고 난 후 비활성 감자전분(potato starch)을 차가운 물에 섞어만든 미세한 현탁액 속에 섬유의 다발을 침지시켰다. 사package는 젖은 상태로 형성되고 일반적인 강력은 False twist device에 의해 주었다. 110°C에서 1시간가량 사 package에 증기를 가함으로써 전분을 활성화시켜 팽윤하고 젤라틴화 시켰다. 그 후 package를 100°C에서 공기로 건조시켰다. Selling등은 [1,3,5,6] 이러한 공정에 대한 설명과 직물의 특성에 대해 기술했다. 그러나 이 연구를 시작할 당시만해도 직물의 특성에 대한 자세한 내용은 알 수 없었으므로 이 점에 대하여 기록된 자료를 광범위하게 수집하기로 하였다.

이것을 평가하는 과정에서 이와 같은 직물은 흥미있을 뿐만 아니라 디자인면에 있어서 종래의 것보다도 더 광범위한 가능성을 보여주었다. 이러한 것을 고려해서 이 연구는 사제조공정까지도 포함시켰고 이로부터 나온 기초적 결과를 보고하게 되었다.

점착제는 사와 그로 제직한 직물을 뺏뺏하게 한다. 따라서 점착제를 제거하거나 또는 다른 방법을 써서 그 구조를 부드럽게 할 수 있어야 했다. 수용성 점착제를 사용한 방법은 가장 실용성이 있으며 다른 방법보다도 경비가 적게 들기 때문에 유리하다. 시험적으로 산출한 비용은 Table I에 실었는데

개략적으로 추산한 금액에 불과하지만 무연사방법은 실용성이 있음을 확실히 보여주고 있다.

Table I . Twistless yarn

Assumptions		10% size add-on	
		40% water to be dried out	
		heat transfer in drying section=10%	
		30¢/lb cost of size	
		1.5¢/kw hr cost of heat	
		Cost	
		Knitted	Woven
Adhesive		3.0	
Drying		0.2	
Size removal		0.2(say)	
Process cost		2.0(say)	
		-	-
		5.4¢/lb	5.4¢/lb
Less savings in	0.3	0.3	
Dyeing	0	1.7	
Slashing	-	-	
	0.3	2.0	
		-	-
Estimated net cost		5.1¢/lb	3.4¢/lb

수용성 점착제를 사용할 경우 습식공정이라는 것을 고려해야 할 것이다. 이 점에 대한 개발은 매우 흥미를 끄는데 다음에 논하기로 한다.

II. 직물의 특성

무연사가 실용성이 있다는 것이 기정 사실인 이상 그와 같은 사로 직직한 직물의 이상적 특성을 설정하는 것이 필요하다 하겠다. TNO[2, 3, 5]에서 만든 무연사를 사용하여 여러직물 및 편직물을 제조한 후 시험을 했으며, 사의 양

이 매우 적었으므로 직물의 경우 경사에는 링방적사를, 위사에는 무연사를 사용하여 제직했다. 비교한 목적으로 또 다른 직물은 위사에 여러 가지 연계수를 갖는 링방적사를, 위사에는 무연사를 사용하여 제직했다. 비교할 목적으로 또 다른 직물은 위사에 여러 가지 연계수를 갖는 링방적사를 사용하였다. 따라서 위사중 무연사는 그 연계수가 0으로 간주되었다. 직물에 있어서는 사에 따라 크림프의 교착상태가 상이하므로 무연사인 위사와 방적사인 경사의 혼합으로된 직물이 순전히 무연사로 제직한 직물의 거동을 정확하게 나타낸다고는 볼 수 없다 하겠다. 그러나 이 혼합직물은 대량생산의 가능성이 있기 때문에 그 결과는 매우 가치있는 것이다. 또한 이와 같은 혼합직물을 100% 무연사로 된 직물의 거동과 대략적으로 유사하다고 볼 수 있겠다.

어느 직물에서나 Tensile Strength가 중요한 것으로 되어 있는데 언뜻 생각하면 무연사로 된 직물은 이 점에 있어서 약한것으로 간주하기 쉽다. 그러나 하중이 걸릴 때 섬유가 활탈만 되지 않는다면 이 직물은 더 강력이 있다고 할 수 있겠다. 그 이유는 하중방향에 대해서 경과를 이루는 섬유수가 감소하기 때문이다. 사는 나선 구조상으로 볼 때 그 강도는 $\text{Factor } \cos^2 \Phi$ 에 의해 감소한다. (Φ 는 twist각) 구성하고 있는 섬유는 직물로 제직된 상태에서는 퍼지는 성질이 있으므로 크림프가 감소하기 마련이다. 크림프각을 θ 라 할 때 사의 강도는 $\text{Factor } \cos \theta$ 에 의해 감소한다. 따라서 이 직물은 두 가지 점에서 강력이 더 나간다고 말할 수 있겠다. 가연사도 twist가 감소함에 따라 이와 같은 거동을 보일 것이다. 실험에 의하면 가연이 낮은 범위에서 연계수는 Fig.2에서 보는 바와 같이 직물의 강력에 별 영향을 미치지 않았다.

여러 가지 목적을 고려해 볼 때 마모강도는 Tensile Strength보다 더 중요하다. 이 경우에 크림프의 정도가 낮으므로 사의 교착에 의하여 생기는 굴곡은 줄어 들고 따라서 단위면적당 걸리는 하중은 감소할 것이라 생각할 수 있다. 그러나 별 큰 영향은 볼 수 없었고 무연사는 Fig.3에서 보는 바와 같이 링방적사와 같은 경향을 보였다.

PLAIN WEAVE~64×64nominal
WARP~24/1 Ring Spun Cotton
3.75 Twist Multiple
FILLING~24/1 Twistless and Ring Spun Cotton

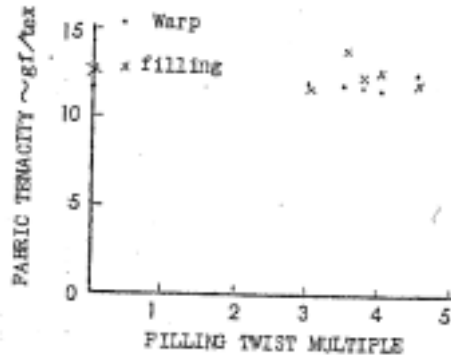


Fig. 2 Fabric tenacity

PLAIN WEAVE~64×64nominal
WARP~24/1 Ring Spun Cotton
3.75 Twist Multiple
FILLING~24/1 Twistless and Ring Spun Cotton

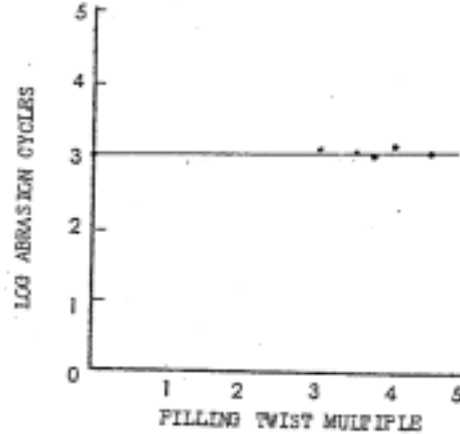


Fig. 3 Schiefer rotary abrasion test

일반적으로 연계수가 낮은 링방적사는 내필링성이 몹시 불량한고로 무연사 역시 이 점에서는 몹시 불량할 것으로 우려되었다. 링방적사의 정상거동은 Fig.4와 5에서 보는 바와 같이 경향을 나타낸다. 그러나 무연사와 링방적사 사이에는 본질적으로 다른점이 있다.

링방적사는 연계수가 낮으면 잔털이 많이 생기는 경향이 있으나 무연사의 경우에는 전반적으로 잔털이 없는 사를 제조하는 것이 가능하다. 잔털은 pilling현상에 중요한 영향을 미치므로 이 점은 중요하며 따라서 100% 무연사 직물은 내필링성이 매우 좋으리라는 것이 예상된다. Fig.4와 5에서 보는 바와 같이 링방적사와 무연사로 짠 직물이 100% 링방적사 직물보다 좋았고 따라서 이와 같은 예상은 부당성이 있는 것으로 보인다.

무연사는 그 구조상 응집력이 약하기 때문에 탈호후에는 직물상에 더 잘 퍼지는 경향이 있다. TNO사나 NO.Carolina State Univ.에서 만든 사가 처음에는 리본형인데도 불구하고 직물의 단면을 현미경으로 보면 fig.6a에서 처럼 안형 (eye shape)으로 나타나 있다. 탈호, 정련, 기타 습식공정으로 말미암아 비교적 가동성이 있는 섬유는 직물에서 사의 교착으로 인하여 형성되는 모양으로

변한다. 평직물에서 사의 변형량은 소위 말하는 Aspect ratio P/q 로 수식화 시킬 수 있다.

PLAIN WEAVE 64×64 nominal
WARP 24/1 Ring Spun cotton
3.75 twist Multiple
FILLING 24/1 Twistless and Ring Spun Cotton

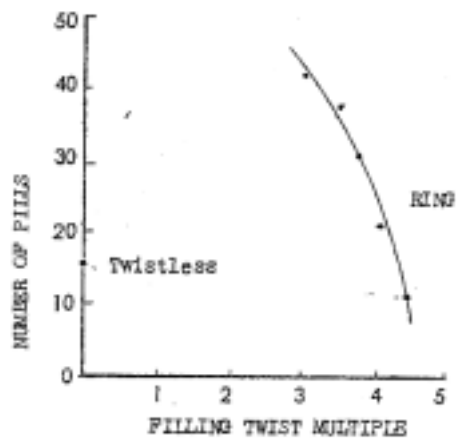


Fig. 4 Pilling

PLAIN WEAVE 64×64 nominal
WARP 24/1 Ring Spun cotton
3.75 twist Multiple
FILLING 24/1 Twistless and Ring Spun Cotton

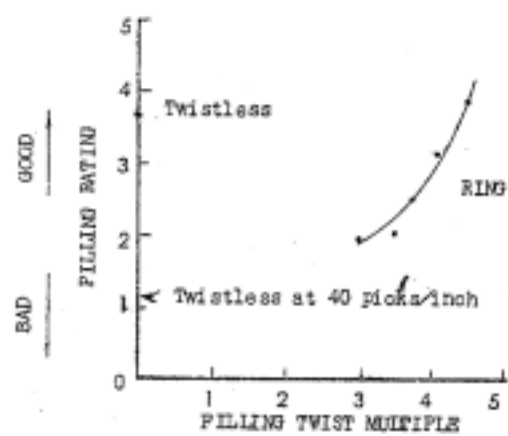


Fig. 5 Pilling

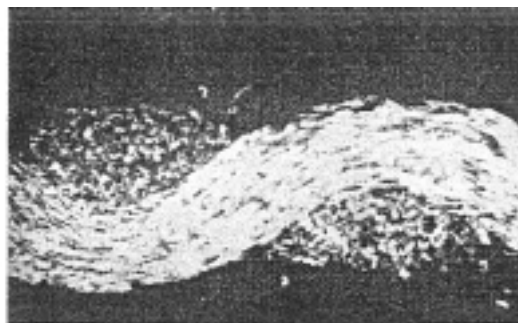


Fig. 6a. Filling cross section (TNO yarn filling).



Fig. 6b. TNO yarn cross sections.

Fig. 6 Twistless yarn and fabric cross sections

Ratio는 사의 장력, 유연성에 의해 영향을 받으나 일반적으로 P는 전시험을 통해서 무연사가 링방적사보다 더 컸다. P가 증가한다는 것은 곧 Cover factor가 큼을 의미하며 공기투과도는 감소함을 말한다. q가 감소함은 크림프 정도가 낮음을 말하며 동시에 직물의 신도가 낮음을 뜻한다. Fig.7은 위사에 있어서 연계수가 감소함에 따라 크림프는 어떻게 줄어드나를 보이고 있다.

PLAIN WEAVE 64×64nominal
WARP 24/1 Ring Spun cotton
3.75 twist Multiple
FILLING 24/1 Twistless and Ring Spun Cotton

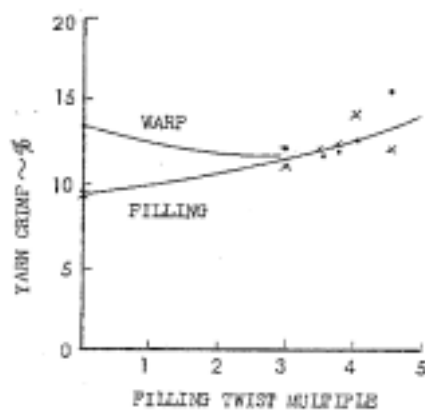


Fig. 7 Yarn crimp

PLAIN WEAVE 64×64nominal
WARP 24/1 Ring Spun cotton
3.75 twist Multiple
FILLING 24/1 Twistless and Ring Spun Cotton

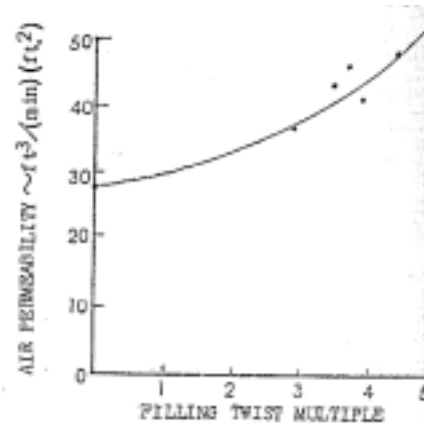


Fig. 8 Air permeability

PLAIN WEAVE 64×64nominal
WARP 24/1 Ring Spun cotton
3.75 twist Multiple
FILLING 24/1 Twistless and Ring Spun Cotton

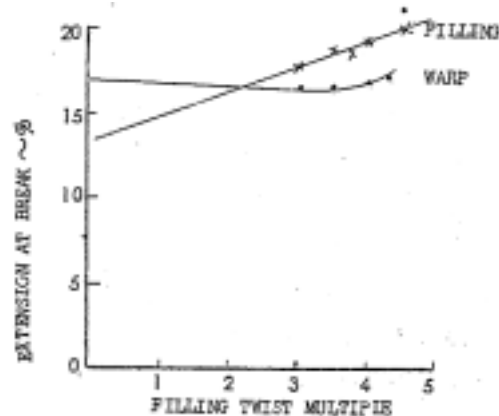


Fig. 9 Fabric extension

PLAIN WEAVE 64×64nominal
WARP 24/1 Ring Spun cotton
3.75 twist Multiple
FILLING 24/1 Twistless and Ring Spun Cotton

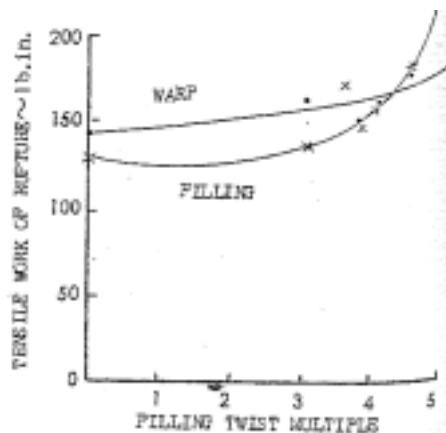


Fig. 10 Work of rupture

크림프는 중요변수로서 공기투과성이나 직물의 신도에 끼치는 영향은 Fig.8과 9에 나타나 있다.

Cover factor는 무연사의 경우가 더 높은 것으로 나타났다. 피복성이 좋은 가벼운 직물을 만들 수 있으므로 대량생산에 큰 이점이 있다고 말할 수 있겠다. 무연사는 섬유의 배열이 우수하므로 링방적사에 의한 직물보다도 광택이 좋아 이 또한 대량생산에 있어서 이점으로 간주된다.

절단신도와 절단강도가 동시에 감소하면 파열에너지가 감소하게 된다. 이 점은 무연사 직물의 단점이다.

파열강도 역시 나쁜 것으로 나타났다. 섬유의 활탈이 파열영역에서 일어나서 이러한 경향이 나타난 것으로 기대하여 보았으나 결과는 다르게 퍼짐으로 말미암아 하중이 사 전체에 걸리지 않고 부분적으로 걸린다고 생각된다. 실제로 파열된 부분을 관찰한 결과 섬유의 활탈은 전연 일어난 것 같지 않고 섬유 자체의 절단이 있는 것으로 나타났다. Fig.11은 그 결과를 보여주는 것으로 기대되는 바와 같이 조여진 직물은 쉽게 파열되었으나 경사밀도를 감소시킴으로써 사에 유동성을 부여해 이러한 경향은 개질되었다.

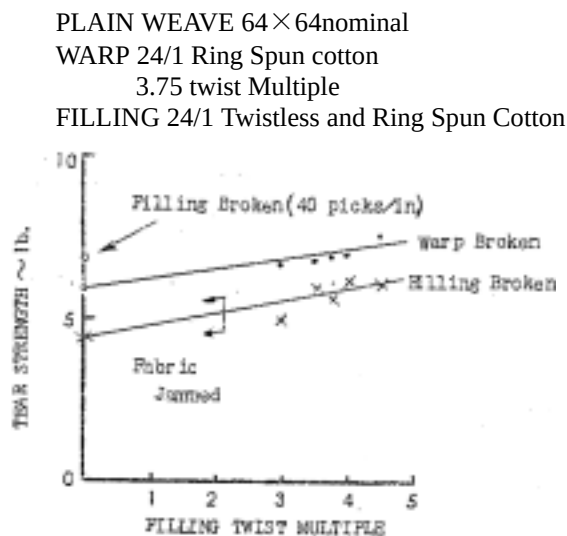


Fig. 11 Tear strength

이러한 관점에서 볼 때 무연사는 직물은 밀도가 커서는 아니된다. 파열강도를 증가시키기 위해서 유동성을 부여하려면 평직이외의 직물조직이 사용되어야 할 것이다. 밀도를 줄이면 직물강도와 내필링성이 감소하므로 여기에도 어느 정도로 할 것이냐가 문제이다. 이 점에 대해서는 아직도 더 많은 연구를 해야 할 것이다.

TNO사를 탈호하는 데에는 어려운 점이 있었다. 완전한 탈호가 불가능했기 때문에 축감이 거칠었다. 섬유를 정련해서 호를 침적시킨사를 증열시킬 때 가교결합이 어느 정도 생성된 것으로 추측되었다. 이러한 사로 제직한 직물은 유사하게 축감이 거칠었고 비교적 뻣뻣한 것도 간혹 있었다. 또 다른 무연사인 Tek-ja사[1]로 만든 직물은 유연했고 부드러웠다. 뜻깊은 시험을 하기에는 Tek-ja사의 양이 부족했으나 탈호의 어려움과 마찰계수의 뚜렷한 증가가 파열시험의 결과치에 불리하게 영향을 미치리라는 가능성이 짙었다. 직물의 구김살 거동에도 불리한 영향을 미친다는 것이 거의 확실했다. TNO사로 만든 직물은 링방적사 직물보다 열등함을 알았다.(Fig.12)

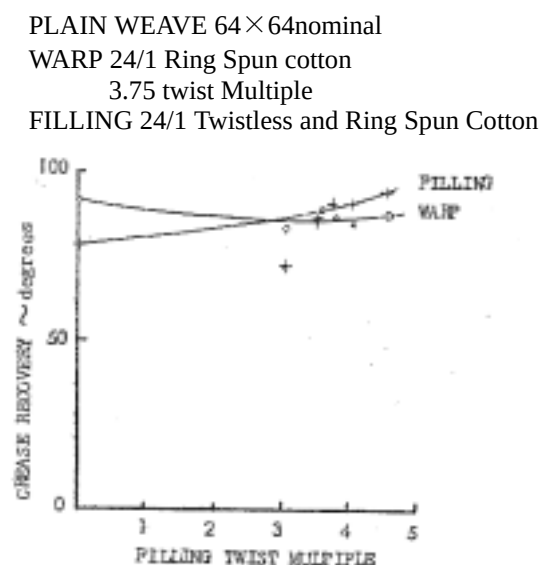


Fig. 12 Crease recovery

그러나 이러한 결과는 가공이 불충분했기 때문일 것이다. 유연한 무연사에

대한 예비시험결과에서 볼 것 같으며 구김살 거동이 떨어질리가 없다.

TNO사는 뺏뺏하기 때문에 안정된 Package를 하려면 권사할 때 장력을 크게 해야 한다.(특히 quill winding에서 그러했다) 해사할 때도 package에서 사가 무너지는 경향을 보였다. 이러한 경향은 상대습도를 높여 사의 구조를 유연하게 함으로써 개량할 수 있다. 유연도는 크림프 상태에도 영향을 끼쳤을 것이다. 유연한 무연사를 제조하려면 점착제의 함유량을 최소한도로 하는 것이 바람직하게 보였다.

III. 사의 제조

직물시험을 통하여 무연사로 된 직물은 유용함을 알았다. 이제 또 다른 방향의 연구가 가능한가를 타진하기 위하여 제조공정을 재검토하여 보는 것은 바람직하리라 생각한다.

만족할만한 무연사를 만들려면 점착제의 비용이 저렴해야 하고 제거가 용이해야할 뿐 아니라 생산속도로 높아야 한다. 그러므로 점착제가 가능한 한 빨리 섬유사이로 침투하도록 하는 것이 바람직 하다. 또한 빨리 건조시켜서 package할 때 사가 서로 붙은 것을 방지하는 것이 좋다. 비록 달라 붙었던 사가 해사할 때 package로부터 풀린다 할지라도 잔털 생성의 원인이 되어 공정상에나 Pilling성 등에 나쁜 영향을 준다는 것이 관찰되었다.

Beardsley Lawrence가 사용한 초기의 방법은 연신, 사의 집속, 호부의 순으로 공정이 연속되어 있었다. TNO방법은 습식연신을 한 직후 호액에 침지시키는데 이 호액의 호가 비활성 상태가 되도록 찬 물을 사용해서 만들었다. 또한 두개의 분리된 공정이 있는데 그 하나는 물의 침투성을 좋게 하기 위한 섬유괴의 정련과 점착제의 활성화를 위해 증열시키는 것이 있다. 또한 권사공정이 따로 있었다.

일련의 분리된 공정에서 야기되는 비경제성과 탈호의 어려움 등이 있었으므로 다른 방법을 모색하게 되었다. TNO의 연구는 습식연신이 매우 유리한

방법이며 꼭 거쳐야 할 공정이라는 것을 명백히 입증했다. Tek-ja사에 대한 연구결과는 사에 유연성을 보존할 수 있었다. 여러 점을 고려해 볼 때 점착제의 부가량은 최소가 되어야 하며, 따라서 섬유는 평행배열되고 밀집되도록 해서 최소량의 점착제로써 최대의 효과를 낼 수 있는 것이라야만 한다. 여기서 연신하기 전에 점도가 낮고 침투력이 좋은 점착제를 쓴다는 아이디어가 나왔는데 이의 목적은 섬유를 고르게 피복하고 배열이 좋게하여 밀집상태로 해주는 것이었다.

처음에는 정련하지 않은 로빙을 습식연신하려고 했었으나 어려웠다. 로빙 twist를 낮게 하더라도 연신력이 커야했고 불균일했다. 이것은 분명히 섬유에 왁스가 불균일하게 피복되는 데에서 나오는 침투성 문제였다. 이 문제는 세제를 약간 넣음으로써 해결되었다. 세제를 과소량 넣으면 침투성이 불량해지고 너무 많이 넣으면 윤활성이 지나쳤다. 최적수준에서 윤활성은 실효를 나타냈고 550ft/min라는 고속에서도 연신이 균일하게 됨을 알았다. 이 방법을 사용해서 만든 사는 모두 링방적사보다 균제도가 좋았다. 분산성이 양호한 윤활제의 사용이 드래프트파를 거의 제거한 것으로 보인다.

이는 섬유의 slip-stick 거동의 감소 및 습윤상태하에서의 면섬유의 이완을 방지하기 때문인 것으로 생각된다. 점착제와 세제를 서로 그 기능에 방해함이 없이 한 용액으로 만들어 사용할 수 있음을 알았다. 점도를 너무 크게 하지 않는 한 그러한 용액으로 섬유를 충분히 연신시킬 수 있음을 또한 알았다.

점착제와 세제의 조성비를 어떻게 하는 것이 가장 좋은가는 계속 실험중에 있으나 다음과 같은 가능성이 짙게 나타났다.

- 즉, (a) 섬유를 정련하지 않고도 연신을 균일하게 할 수 있고
- (b) 용액의 침투성을 양호하게 할 수 있으며
- (c) 양호한 점착제를 얻을 수 있고
- (d) 그 결과 생기는 사를 충분히 건조시켜 최종사 package에서 서로 달

라 붙는 것을 막을 수 있다.

일례를 들어보면 0.2% Triton X-100R과 4% PVA를 써서 2hank 로빙으로 16/1의 사를 생산속도 500ft/min 정도까지로 생산했었는데 강도는 8gf/tex, U%는 11%가 나왔다. 이 사는 부드럽고 유연하며 단면은 리본형이었다. 주의를 기울이면 거의 완전하게 잔털이 없는 사를 만들 수 있었으며 광택도 매우 좋았는데 이는 섬유의 배열이 양호함을 뜻하는 것이다.

이 방법의 이점은 연신에 있어서 프론트 롤러의 압착작용이 과도의 용액을 제거해 주고 건조시켜야 할 수분의 양을 감소시켜 준다는 데 있다.

Air-vortex false twister를 사용해서 권사공정으로 운반되는 사에 일시적 강력을 부여했다. 이것은 사를 건조시키는데 또한 유리한 효과를 갖고 있다. 점착제의 양을 적게 하고 알맞은 속도로 돌림으로써 최종 package에 권사되기 전에 사가 충분히 건조되도록 하는 것이 가능하다. 이 부분의 연구는 아직 완전치는 못하므로 계속 연구중에 있다. 방금 기술한 방법을 써서 유연하고 적당한 강력을 갖는 사를 만들 수 있음은 확실해졌다. 이 사로 지금까지 만든 직물은 부드럽고 유연할 뿐만 아니라 광택과 피복성도 양호했다. 좀 더 광범위한 직물 특성을 부여하기 위해서 사와 직물의 디자인을 여러 가지로 설계할 수 있음이 분명히 가능하다.

IV. 결 론

무연사는 경제적으로 제조할 수 있을 뿐만 아니라, 그 특성이 또한 독특함을 알았다. Selling[5]의 연구결과는 무연사로 유용한 직물을 만들 수 있음을 보여 주었으며 이번 연구는 이것을 어느 정도 확신시켰다. 최종 용도에 만족할 만한 직물을 제조할 수 있으며, 좋은 품질을 개발할 수도 있게 되었다.

예를 들면 똑 같은 Cover factor를 가지면서도 종래의 것보다는 가벼운 직물을 만들 수 있다. 외관상으로나 균제도 면에서나 우수한 사를 개발할 수 있다. 그러나 직물 구조가 어떠해야만이 가장 최적인가는 아직도 연구해야

할 과제이다. 그 한 예는 파열강도를 증진시키면 내필링성이 떨어지는 것이다. 직물에서는 섬유가 퍼지기 때문에 조여지는 점이 정상과 다르고 직물구조는 용도에 따라서 정상과 약간 다르게 될 것이다.

직물은 비교적 신도가 좋지 않은 편이나 적정하게 탈호하면 부드럽고 유연하다. 이는 종래의 직물처럼 광범위하게 사용할 수 있음을 증명하는 것이다. 따라서 시장성도 고려해볼만 하다.

습식연신은 매우 이점이 많은데 모든 섬유의 표면에 용액의 침투를 빠르게 하기 위해 세제를 사용할 경우 더욱 그러하다. 섬유의 윤활성도 또한 매우 중요하다. 이번 연구가 비록 초기단계에 불과하나 이 분야에 상당히 수확이 컸음을 알았다. 실험을 통하여 면의 경우 섬유를 충분히 습윤시키면 습식연신이 매우 효과적이라는 것을 또한 알았다. 윤활제를 면에 가하면 표면이 변화가 감소해서 상당히 효과가 좋은 것으로 생각된다.

흥미있는 일은 사의 강력이 매우 훌륭했다는 점이다. 그러나 잔 털이 적었다는 이점이 있는 대신 사의 신도가 좋아 후공정에서 불리할 가능성이 있었다. 제직에서 경사는 강력 및 신도가 좋아야 하고 잔털이 없어야만 좋은 직물을 짤 수 있다. 이런 면을 고려해 볼 때 새로이 개발된 무연사가 어떤가는 아직 의문이다. 오직 실험만이 이들 요소 중 어느 것이 가장 중요한 것인가를 결정할 수 있을 것이다. 사의 강력을 증진시킬 수 있고 신도를 양호하게 하기 위해 사에 약간의 크림프를 줄 수도 있다. 그와 같은 사의 거동이 후공정에서 여하한가는 더 많은 연구를 해야 하겠고 그러한 계획이 현재 진행되고 있다.