

가호된 실의 물리화학적 성질(I)

1. 서 언

가호는 경사에 고분자물질로 이루어진 필름형성제를 처리하여 그들이 제직공정중에 받게되는 인장응력, 굽힘응력 및 마모응력에 견디게끔 하는 일종의 코팅공정이다. 최근 제직기술분야에서의 여러 발전으로 말미암아 생산성이 엄청나게 증가하고 있으며, 따라서 가호작업은 더욱 중요한 의미를 갖게 되었다. 가호공정의 효율성을 단순히 호제와 실간의 접착성 뿐만이 아니라 호제의 호막-형성능과 유동학적 성질, 실 자체의 특성들 그리고 가호기의 여러 변동요인에 의해 좌우된다. 또한 호제는 제직한 후에 주변환경과 생태계를 파괴시키지 않으면서, 용이하고도 완벽하게 직물로부터 제거되어야만 한다.

많은 비용이 소요되는 공장 규모의 슬래싱과 제직시험을 하지 않고서도 호제의 성능에 영향을 미치는 변동요인들을 평가하려는 많은 시도들이 있어왔지만, 그들은 실제 제직공정중에 발생하는 응력을 그대로 실험에 적용시키는데 실패하였고 또한 가호된 실의 거동을 이해하기 위해서는 하나가 아닌 여러 가지의 물리적이고도 화학적인 물성들이 평가되어야만 하기 때문에 그들이 사용한 시험방법은 일반적으로 부적당한 것들이었다.

본 연구의 목적은 호제와 가호된 실의 특성을 평가하기 위하여 최근 TRI(Textile Research Institute)에서 개발된 몇 가지 시험방법의 적합성을 조사하는 것이다. 면사와 P/C 혼방사를 여러 가지의 천연호제와 합성호제를 사용하여 가호하였다. TRI의 반복형 인장마모시험기로 측정한 가호된 실의 마모강도를 일반적인 방법으로 측정한 기계적 물성의 측정치와 비교하였다. 여러 가지 실에 대한 이러한 측정치를 보완하기 위하여, 호제로 사용된 고분자물

질을 이용하여 만든 필름의 인장특성과 흡습거동을 가호제와 실간의 접착성과 관련시킨 연구가 이루어졌다.

2. 실험

가. 재료

1) 실

본 연구에서 사용된 실은 Cotton Incorporated사의 호의로 구하였다. 그 중 하나는 선밀도가 25.3tex인 정련처리를 하지 않은 미정련 면사이고 다른 하나는 선밀도가 22.7tex인 P/C 50/50 혼방사로서 경사용 실이다.

2) 호제시료들-그 조합 및 처리방법

표1은 본 연구에서 사용된 여러 가지 호제의 특성과 각각에 대한 조합방법 및 처리방법을 나타내고 있다.

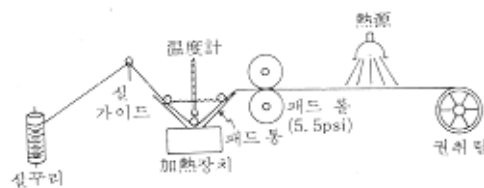
<표 1> 호제의 성질

糊 劑	製 造 會 社	特 性	調 合 方 法	使用溫度
澱 粉	Clinton Corn Processing	酸化作用으로 改質되었고, 과립으로 되어있음.	과립狀의 糊劑를 차거운 물에 첨	95℃
카복시 메틸 셀룰로오스(CMC)	Hercules, Inc	중간정도의 粘度를 갖고 있고, 塩이 포함되어 있지 않으며 과립으로 되어있음.	가하고 10~15 분간 저은 후 78℃로 천천히	90℃
폴리비닐알코올 (PVA)	Du Pont	완전히 加水分解되어 있고, 塩이 포함되어 있지 않으며 과립으로 되어 있음.	加熱한 후 30분 간 攪拌한다.	75℃
폴리아크릴 酸 (PAA)	ABCD Chemical Company	溶液狀으로 改質되었고, 固體의 含量은 30%이다.	물에 잘 分散되므로 攪拌이 필요하다.	55℃
아크릴공중합물	ABCO Chemical Company	三元 聚合이며 分散溶液상태이다. 固體의 含量은 30%이다.		55℃
폴리에스테르	Eastman Kodak	음이온系이고 分散溶液상태이다. 固體의 含量은 30%이다.		55℃

전분, CMC 및 폴리비닐알코올(PVA) 용액은 규정된 양의 고형물을 냉수욕

에 교반하면서 첨가한 다음, 고형물을 습윤시키기 위하여 10-15분간 차가운 상태의 죽과 같은 슬러리를 휘저은 후 젤라틴화에 필요한 온도까지 1분당 1°C정도로 온도가 올라가게끔 가열하고난 후 20~30분간 쿡킹하는 방법으로 만든다. 폴리아크릴산, 아크릴 공중합물과 폴리에스터 호제는 물에 쉽게 분산되므로 그들은 단지 원하는 농도의 호제용액을 만들기 위하여 필요로 하는 물을 첨가하여 희석시키고난 후 일정한 사용온도까지 가열하면 된다.

실은 그림1에서 보는 바와 같이 1열식 실험실가호장치로 가호하였다. 실은 가이드고리를 통과하여 호제의 성분과 필요로 하는 호제부착량에 의하여 결정되는 일정한 농도와 온도의 호제용액이 들어있는 가열된 패드통으로 투입된다.



<그림 1> 1열식 실험실 가호장치의 구조도

호제의 점도를 일정하게 유지함으로서 처리된 실의 전체길이에 대하여 호제의 부착량과 침투율을 일정하게 하기 위해서는 호제용액의 온도를 비교적 일정하게 유지하는 것이 중요하다. 가열패드통을 통과한 실은 여분의 호제액을 압착하여 제거하며 호제의 침투를 촉진시키기 위하여 패드롤사이를 통과하며 이동하게 된다. 실은 건조공정 중에 아무런 장력이 가해지지 않는 상태로 블로어 형태의 열풍건조기로 건조된 후 권취릴 상에 권취된다. 한번의 가호작업에서는 45~50야드의 가호된 실이 권취되며 이 실은 관계습도 65% 및 온도 70 °F의 조건하에서 48시간동안 컨디셔닝된다.

3) 호제부착량의 측정

실에 부착되는 호제량은 그 실의 제직성에 영향을 미치므로 이 양을 정확하게 측정하는 것은 중요하다. 호제부착량을 측정하기 위해서는 여러 가지 방법이 사용될 수 있다. 가장 간단한 방법은 가호처리 전후의 실중량을 측정하는 것이지만, 이 방법은 가호처리 전후의 실의 함유수분률이 서로 다르기 때문에 부정확한 방법이다. 좀 더 정확한 방법은 발호법이나 보일링 오프법이며, 본 연구에서는 이 방법을 사용하였다. 가호된 실을 100℃에서 건조한 후 평량을 하고 그 다음 발호하고 건조시킨 후 다시 평량하였다. 실에 부착된 호제량은 발호처리하기 전후의 건조중량의 차이로 계산하였다. 면사와 P/C사에 사용된 모든 호제는 알칼리 또는 산성욕에서 수용성이며, 이때 사용된 발호조건은 표2에 요약되어 있다.

<표 2> 발호법

櫛	劑	處 理 液	處理溫度(℃)	處理時間(分)
澱 粉		1% 硫酸溶液	100	30
PVA, CMC, 폴리아크릴酸, 폴리 에스테르		0.5%의 음이온 계면활성제를 첨 가한 물	100	30
아크릴공중합물		1% 수산화나트륨溶液	90	20

나. 시험방법

1) 가호된 실의 기계적 성질

가호된 실과 미가호 실의 절단강도와 신도를 측정하기 위하여 모델 1122 인스트론 인장강도시험기를 사용하였다. 시험법은 AS TM D 2256-75방법으로 하였으며 시료수는 각각의 실에 대하여 20개로 하였다.

2) 가호된 실의 마모강도

가호된 실의 마모강도는 반복형 인장마모시험기를 사용하여 측정하였고,

이 시험기는 마모응력과 굽힘응력 그리고 인장응력이 서로 동시에 가해지게끔 이들 응력이 적절히 안배된 물리적인 힘을 실에 가했을 때 실이 절단될 때까지의 실의 라이프타임을 측정하기 위하여 TRI에서 개발한 것이다. 그림2에서 보는 바와 같이 직경이 1.02mm이고 각각 2.5mm씩 서로 떨어져 있는 3개의 마모핀 주위로 실이 파지된다. 핀과 접촉하게 되는 실의 전체 길이는 대략 50mm이었다.

실은 시료로 사용되는 실의 파지길이를 고정시켜 주는 역할을 하는 지그의 도움으로 클램프에 파지되었고 본 실험에서의 파지길이는 444mm이었다.



<그림 2> 3개의 마모핀 사이로 실이 파지되는 형태

진동주기는 1분당 48회이고, 이 범위내에서는 실의 라이프타임은 진동주기와는 관련이 없는 것으로 밝혀졌다. 이 시험기는 실이 끊어질 때에 자동적으로 정지하게 되며, 그때까지의 진동횟수가 기록된다. 여기에서 행해진 모든 실험은 관계습도 65% RH와 온도 70°F의 실험실 표준조건하에서 수행되었으며 각 시료에 대하여 10개의 시험편을 시험하였다.

3) 현미경적 연구

호제의 피막이 실로부터 어떻게 파괴되는지를 좀 더 이해하기 위하여 가호된 실과 마모과정을 거친 실의 표면을 주사형 전자현미경(SEM : Scanning Electron Microscope)으로 관찰하였다. 주사형 전자현미경으로 실의 표면을 관찰할 때에 대전현상을 방지하기 위하여 실 표면을 금-팔라듐 합금의 얇은 막으로 코팅하였다.

호제의 침투정도와 실의 피복상태를 연구하기 위하여 착색된 실의 단면도의 광학현미경 사진을 사용하였다. 전분과 PVA로 가호된 면사의 단면은 요드용액과 희석한 붕산용액에 각각 15분씩 침지시킴으로서 착색시켰다. 가호된 P/C 50/50 혼방사의 단면을 Resolin Blue FBL(CI Disperse Blue 56)을 사용하여 pH~3.5의 산성염색욕에 상온에서 24시간동안 침지하여 착색시켰다.

4) 호제 필름의 제조

호제를 사용하여 제조된 필름에 대하여 연구를 하기 위해서는 모든 필름을 동일한 조건하에서 제조하는 것이 필요하다. 몇 가지의 기술을 검토한 결과 증발법을 선택하였다. 깊이가 1/8인치이고 넓이가 3×3인치인 구유모양의 용기를 만들기 위하여 테프론 블록의 표면을 규격대로 파내었다. 이것을 호제용액을 부어 넣을 틀로 사용하였다. 건조된 상태의 필름의 두께가 서로 비슷하도록(~15mils)하기 위하여 모두 8% 농도의 호제용액을 사용하였다. 테프론 틀에 부어 넣은 호제용액은 필름의 건조가 판결될 때까지(~8-12시간) 45°C에서 건조하였다. 그리고 나서 필름을 틀로부터 떼어낸 후 48시간 동안 컨디셔닝하였다.

5) 호제 필름의 강도와 신도 시험

컨디셔닝된 호제 필름의 인장시험을 하기 위하여 시험편의 크기를 1/4×3 인치로 하고 게이지 길이를 2인치로 하여 인스트론 시험기를 사용하였다. 호제 필름의 두께 균일성을 시험하기 위하여 시험편의 여러 지점에서 마이크로미터를 사용하여 두께를 측정 하였다. 각 시료에 대하여 다섯개의 시험편을 시험하였으며 필름의 초기인장저항도, 인장강도 및 파열신도에 대한 평균치를 계산하였다.

6) 습윤성 시험

셀로판 필름과 각종 호제로부터 제조한 필름에 대한 정적 습윤성시험을

하기 위하여 Wilhelmy가 고안한 최근의 습윤력 측정 기술을 사용하였다. 이 측정방법은 수직으로 자리잡고 있는 막대기가 용액에 잠겨 있거나 용액으로부터 떨어질 때에 그 막대기에 가해지는 힘 f 는 다음의 관계식에 의하여 지배를 받는다는 원리에 근거를 두고 있다.

$$f = Pr/v \cos \theta \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \textcircled{1}$$

여기에서 P 는 고체의 주변의 길이, γ/v 는 액체-공기간의 표면장력이며 θ 는 접촉각이다. 이와 같은 흡습력시험의 측정치로부터 전진접촉각 θ_a 와 후진접촉각 θ_r 을 각각 계산할 수가 있다.

정적흡습력은 여러 가지의 표준 시험액을 사용하며 $1 \times 10^{-2} \mu\text{g}$ 의 감도를 갖는 자동기록형 Perkin Elmer 전자식천칭으로 측정하였다. 폭이 1mm이고 길이가 10mm인 필름 시험편을 고리에 접착, 고정시키고 이것을 미량천칭으로부터 떼있게끔 매달았다. 표준시험액 통은 액체가 시험편과 접촉할 때까지 분당 0.167mm의 속도로 전진하는 기계적으로 작동하는 승강대위에 놓여져 있으며 이때의 중량의 변화를 측정하였다. 액체와 시험편이 접촉하는 순간 승강대의 전진방향은 반대로 된 후 정지하고 그리고 이미 젖어있는 상태의 필름과 액체사이의 후진력이 측정된다. 이러한 흡습력 측정에서의 부력효과는 참고문헌에 자세하게 기술되어 있는 방법에 의하여 측정하였다. 시험편의 주변의 길이는 따로 측정하였다.

<표 3> 표준 시험액의 표면장력

표준시험액	γ/v , dynes/cm
포름 아미드	58.2
메틸렌 요드	47.7
헥사데칸	27.6

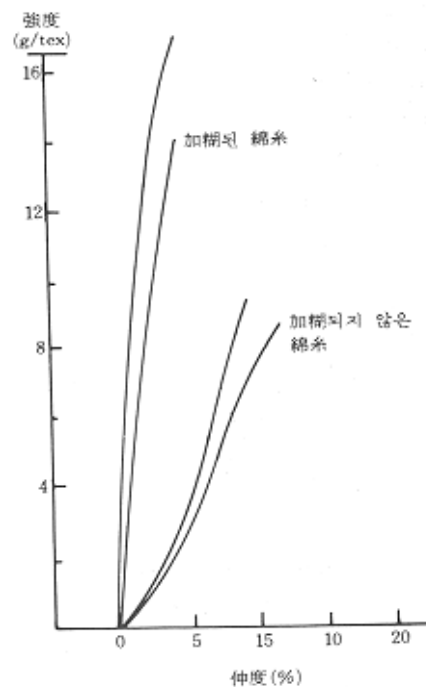
표준 시험액은 일정한 범위의 표면장력 값을 갖고 또한 여러 가지의 화학적인 성분을 포함하게끔 선택하였다. 여러 가지의 표준 시험액과 플래티늄 선을 사용하여 측정된 Wilhelmy의 이탈력 측정치를 이용하여 구한 그들의 표면장력이 표3에 열거되어 있다.

$\cos \theta_a$ 와 $\cos \theta_r$ 의 평균치를 얻기 위하여 각각의 필름에 대하여 5개의 시험편을 사용하여 전진상태와 후진상태에서의 흡습력 f_a 와 f_r 을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 기계적 성질

가호된 면사와 P/C혼방사 그리고 가호되지 않은 면사와 P/C사에 대한 인장강도 시험결과는 가호처리가 실의 강도를 증가시키고 신도는 감소시키는 것을 보여주고 있다. 대표적인 강도-신도곡선이 그림3에 나타나 있다.



<그림 3> 가호된 면사와 가호되지 않은 면사의 대표적이 응력

그러나 표4에 나타난 바와 같이 절단강도와 절단신도는 모든 가호된 실에 대하여 비슷하였으며 이러한 사실은 이러한 실험결과들이 호제의 특성 차이를 나타내는 지표로서는 부적당하다는 것을 나타낸다.

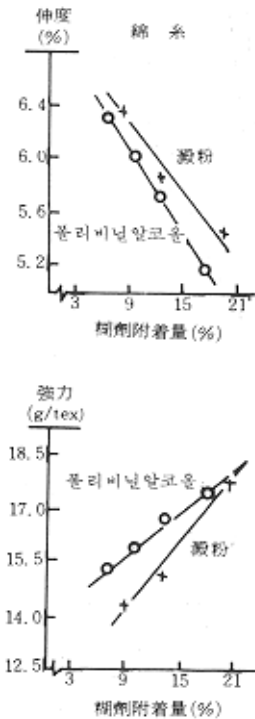
<표 4> 시험조건, 관계습도 65%RH, 온도 21°C에서의 가호된 실의 인장특성

糊 劑	糊劑附着量(%)	切斷強度(g/tex) ^a	切斷伸度(%) ^a
綿 糸			
未加糊	—	8.0±1.4	9.0±1.0
澱 粉	8.6	15.0±1.0	6.4±0.7
CMC	7.6	14.4±1.0	5.2±0.9
폴리아크릴酸	9.0	13.3±1.1	6.0±0.7
아크릴공중합물	10.2	13.1±1.3	5.6±0.6
폴리에스테르	7.7	13.5±1.3	7.5±0.9
폴리비닐알코올	9.6	13.5±1.3	6.0±0.9
P/C 50/50 混紡糸			
未加糊	—	16.1±0.7	16.5±0.8
澱 粉	17.5	17.6±0.5	10.3±0.5
CMC	17.3	17.5±0.8	10.6±0.7
폴리아크릴 酸	19.4	16.9±0.7	9.4±0.8
아크릴 공중합물	19.9	18.0±1.2	9.3±0.7
폴리에스테르	16.0	18.7±0.8	9.5±0.7
폴리비닐알코올	20.4	18.9±0.9	9.5±0.6

a: 試料數 20개, 신뢰수준 95%

비록 실의 절단강도가 가호를 함에 따라서 증가하고, 이러한 절단강도의 증가현상은 가호를 함에 따라서 실의 포합력이 증가되고 섬유간의 미끄러짐 현상을 방지함으로서 나타나는 것으로 예측은 하지만 실의 절단강도는 대개의 경우는 가호된 실의 제직성에 결정적인 영향을 미치는 특성이 되지 못하여 그 이유는 제직공정 중에 실에 가해지는 인장력은 가호되지 않은 실의 절단강력의 단지 20%정도로 추정되기 때문이다. 그 반면에 만약 실이 직기의 반복되는 굽힘작용과 굴곡작용에 견뎌주어야만 한다면, 실의 신장성은 좀더 중요한 성질이 될 것이다. 가호된 면사와 P/C사의 신장성은 호제의 부착량에 따라 다르지만 가호되지 않은 실의 신장성에 비하여 20~40%가 낮다.

그림4는 전분과 폴리비닐알코올의 부착량이 증가함에 따라서 신도는 감소되는 반면에 강력은 증가하고 있음 보여준다.



<그림 4> 폴리비닐알코올과 전분으로 가호된 면사의 호제부착량에 따른
실의 신도와 강력의 변화

호제의 부착량이 높아짐에 따라서 실을 둘러싸고 있는 호제막의 두께가 점점 두꺼워지고 또한 호제의 침투폭도 역시 좀 더 커지게 될 것이므로 실은 좀 더 딱딱해지며 유연성은 떨어지게 된다.

Trauter는 P/C 65/35 혼방사를 Noredux의 10%와 13.5% 용액으로 가호하였을 때에 호제 부착량에 따른 효과를 실험하였으나 두 종류의 서로 다른 호제농도로 가호된 실의 강도와 신도에는 전혀 아무런 차이점도 발견하지 못하였다. 그러나 이러한 실에 대한 스트레스-스트레인의 시험결과, 높은 호제농도

의 용액으로 가호한 실쪽이 강도는 증가하였고 유연성은 감소하였다.

나. 마모강도

표5는 반복형 인장마모시험기(CTA)로 측정한 가호된 면사의 라이프타임의 평균치를 나타낸다. 폴리비닐알코올로 가호된 실은 가장 높은 라이프타임을 나타내었으며, 전분과 CMC로 가호된 실은 가장 낮은 값을 나타내었고, 그리고 폴리에스터, 아크릴공중합물과 폴리아크릴산으로 가호된 실의 라이프타임도 역시 상당히 낮은 값을 나타내었다.

<표 5> 가호된 실의 반복형 인장마모시험기(CTA)로 측정한 라이프타임 결과치

糊劑의 종류	糊劑附着量 (%)	평균 라이프타임, 절단될때까지의 횟수
綿 糸		
澱粉	8.6	114± 8
CMC	7.6	150± 11
폴리아크릴酸	9.1	203± 27
아크릴공중합물	10.2	213± 41
폴리에스테르	7.7	225± 42
폴리아크릴酸(PAA)	6.6	504± 55
PVA	9.6	1030± 83
P/C 50/50 混紡糸		
澱粉	17.5	357± 49
CMC	17.3	282± 49
폴리아크릴酸	19.4	755± 118
아크릴공중합물	19.9	892± 140
폴리에스테르	16.0	2021± 185
PVA	20.4	2511± 342

a : 試料数 ; 10 신뢰수준 ; 95%

PVA의 서로 다른 두 가지의 농도로 가호한 실에 대하여 CTA시험기로 측정한 라이프타임의 결과로부터 알 수 있는 바와 같이 CTA시험기로 측정한 실의 라이프타임이 호제의 부착량에 더욱 민감한 반응을 나타내고 있음을

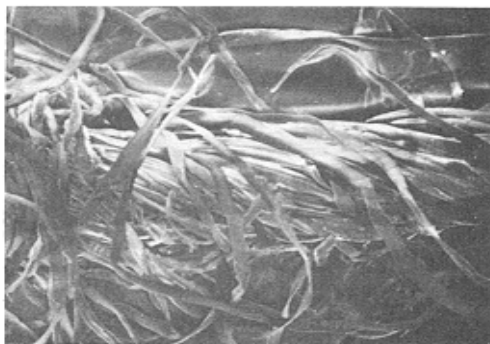
주목할 필요가 있다. CTA시험기에 의한 마모시험을 전후한 실의 주사형 전자현미경 사진의 특징은 아주 명확하며 그 대표적인 사진이 그림5~9에 나타나 있다.



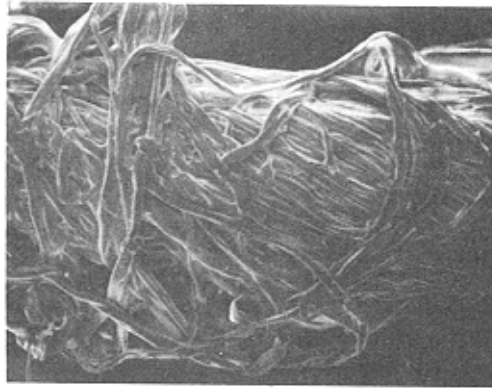
<그림 5> 가호되지 않은 면사의 주사형 전자현미경 사진(160배)



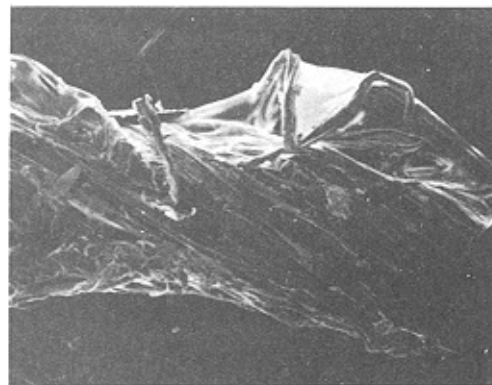
<그림 6> 전분으로 가호된 면사의 주사형 전자현미경 사진(160배)



<그림 7> 마모핀이 3개 부착되어 있는 CTA시험기로 48회/분의 속도로 75회 마모시킨 후의 전분으로 가호한 면사의 주사형 전자현미경 사진(160배)



<그림 8> 마모핀이 3개 부착되어 있는 CTA시험기로 48회/분의 속도로 75회
마모시킨 후의 PVA로 가호된 면사의 주사형 전자현미경 사진(160배)

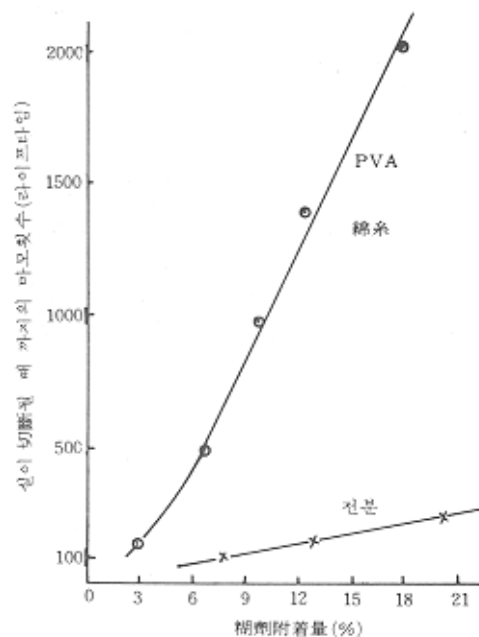


<그림 9> 마모핀이 3개 부착되어 있는 CTA시험기로 48회/분의 속도로 300회
마모시킨 후의 PVA로 가호한 면사의 주사형 전자현미경 사진(160배)

가호되지 않은 면사의 주사형 전자현미경 사진이 그림5에 나타나 있으며, 그림6은 전분으로 가호된 실의 주사형 전자현미경 사진으로서 면사 전체에 걸쳐서 호제막이 형성되어 있음을 보여준다. 전분으로 가호된 실이 75회의 마모과정을 거친 후에는 호제막이 실로부터 완전히 제거되었으며, 외부에 노출되어 있는 섬유들이 마모되어 실의 본체로부터 풀어져 나오기 시작하고 있음을 볼 수가 있다(그림7). 그 반면에 PVA로 가호된 면사는 75회의 마모과

정을 거친 후에도 본래의 상태를 그대로 유지하고 있으며 호제막에 의하여 완전히 피복되어 있음을 알 수 있다 (그림8). 비록 300회의 마모과정을 거치더라도 PVA의 호막은 실의 표면에 여전히 존재하고 있음을 볼 수 있다 (그림9).

호제 부착량의 효과에 대하여 좀 더 살펴보자면, 호제의 부착량이 증가함에 따라서 면사의 라이프타임은 증가하였다. 그림10에서 보는 바와 같이 호제의 부착량에 대한 의존성은 전분으로 가호된 실보다는 폴리비닐알코올로 가호된 면사일 때가 더욱 크다.



<그림 10> 호제의 부착량이 PVA과 전분으로 가호된 면사의
마모강도에 미치는 영향

다른 연구결과로는 호제종류와는 관계없이 호제 부착량이 증가함에 따라서 가호된 실의 마모강도는 증가하는 것으로 알려져 있다. 그러나 그 증가율을 실험에 사용된 호제와 실의 종류뿐만이 아니라 마모강도 시험기의 종류

에 따라서는 변화하게 된다. Moreau는 면사용 호제의 특성을 연구한 그의 논문에서 폴리아크릴레이트가 가장 우수한 것으로 결론을 내렸다. 그러나 마모강도를 측정하는데 사용된 그 시험방법은 인장응력과 굽힘응력 및 마모응력을 동시에 실에 부여하지 않는 방법이었다. 오히려 실을 스톨 플렉스 마모강도시험기(Stoll flex abrader)로 500회 동안 마모시켰으며, 그 다음 그 실의 강도 및 신도특성을 인스트론 인장시험기로 측정하였다.

호제부착량이 실의 마모강도에 미치는 영향을 설명하자면, 호제부착량이 적을 때의 실의 표면으로부터 호제막을 파괴시키는데 필요한 마모횟수는 실의 표면을 둘러싸고 있는 호제막의 두께가 호제부착량이 많을 때 만큼 두껍지 못하기 때문에 적게 나타난다. 이러한 사실은 호제의 침투정도를 쉽게 알아보기 위하여 요드용액으로 착색시킨 실의 단면을 광학현미경으로 관찰해 봄으로서 확인된다. 서로 비교할 수 있을 만큼의 차이가 있는 호제부착량에서도 전분으로 가호된 실과 폴리비닐알코올로 가호된 실 사이데 호제가 실을 둘러싸고 있는 호막의 상태와 호제의 침투정도에는 전혀 아무런 차이도 발견되지 않았다. 그러나 이 두 가지 호제의 부착량이 변화함에 따라서 호제가 부착되는 위치 및 그 부착량에는 차이가 있었다. 3% 농도를 갖는 호제 용액을 사용하였을 때, 섬유들은 호제에 의하여 서로 달라 붙어서 응집력이 있는 실의 구조를 형성하지만 호제가 실 표면 전체를 감싸지는 못한다. 6%농도를 갖는 호제 · 용액을 사용하였을 때에는 실의 표면에 부착되는 호제의 두께가 더욱 두꺼워지고 실의 표면을 더욱 완벽하게 둘러싸게 됨에 따라서 자연히 마모강도가 증가하게 된다. 호제농도를 9%로 높힘에 따라서 실의 표면만을 코팅할 뿐만이 아니라 호제의 침투도가 높아지고 또한 마모강도조차도 더욱 높아진다. 그러나 실 표면에 코팅된 15% 농도의 호제 용액은 실의 내부로 침투를 하지 못하는데, 이것은 호제 용액의 점도가 높아짐에 따른 현상

일 것이다. 호제부착량이 높아짐에 따라서 두께가 더욱 두꺼워진 호막이 실 회부 표면에 부착되지만, 그 호막이 실의 표면에 달라붙어 있는 상태는 좀 덜 단단하게 될 것이다. 따라서 이러한 현상은 실의 마모강도를 증가시킬 수도 있고, 또는 감소시킬 수도 있게 된다. 이러한 수준의 호제농도에서는 그 결과를 예측하기가 어렵다.

Strauss는 호제의 실 표면에 대한 피복도가 증가함에 따라서 실의 제직성은 향상된다고 결론을 지었다.

가호된 P/C(50/50) 혼방사에 대한 마모강도 시험결과가 표5에 나타나 있다. (100% 면사보다는 P/C사에 대한 호제부착량이 더욱 높다는 것을 주의하라). 역시 전분과 CMC로 가호된 실은 가장 짧은 라이프타임을 나타내고 있는 반면 PVA로 가호된 실은 가장 긴 라이프타임을 나타내고 있다. 폴리에스테르로 가호된 P/C사가 끊어질 때 까지의 마모횟수 역시 높았다. 반면에, P/C사일 경우에는 전분과 CMC로 가호했을 때와 아크릴 공중합물이나 폴리아크릴산으로 가호했을 때에는 가호된 실의 라이프타임에 많은 차이가 있었지만, 면사일 경우에는 거의 차이가 나타나지 않았다.

전분으로 가호된 P/C사의 주사형 전자현미경 사진을 보면 85회의 마모를 받은 후에도 호제가 완전히 떨어져 나갔으며 실은 전분으로 가호된 면사에서 일어나는 현상과 비슷하게 섬유가 서로 분리되어 떨어져 나가기 시작하였다. PVA 호제는 85회의 마모작용 이후에도 여전히 실의 표면에 완전하게 부착되어 있으며, 이러한 사실을 전분으로 가호된 실보다는 PVA로 가호된 실의 마모강도가 더욱 우수하는 것을 나타낸다.

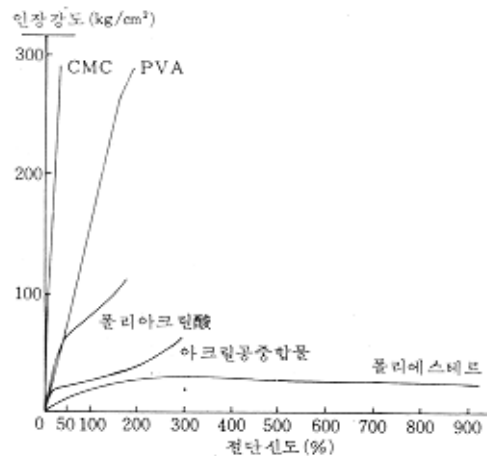
그와는 대조적으로, 비록 폴리에스테르로 가호된 실은 85회의 마모작용을 거친 후에도 실의 표면상태는 본래의 상태를 그대로 유지하고는 있다고 하더라도, 호제의 대부분은 실의 표면으로부터 떨어져 나가 버렸다. 폴리에스테르

를 호제로 사용하여 16%의 호제부착량으로 가호된 실의 평균라이프타임은 2,000회 정도였다. 결국 이러한 두 가지의 실험결과를 종합하면 폴리에스터 호제가 실내부로 침투하여 실을 서로 부착시킴에 따라서 실의 라이프타임은 길어지지만 폴리에스터 호제가 실의 표면을 보호하지는 못한다는 것을 시사한다. 위와 같은 사실은 폴리에스터 호제의 점도가 낮기 때문이라고 예측할 수 있으며, PVA와 폴리에스터로 가호한 P/C(50/50)사를 CI Disperse Blue 56으로 착색시킨 후 그 단면의 현미경사진을 관찰한 결과, 위와 같은 예측을 확인하였다. 폴리에스터 호제가 실의 내부에 위치하고 있는 반면에 PVA호제는 주로 실의 외부 표면에 위치하고 있다. 그러므로 폴리에스터 가호된 실이 긴 라이프타임을 갖고 있다고는 하더라도, 단지 몇번의 마모작용만 받더라도 실의 손상이 일어날 수 있다. 실 표면을 가장 효과적으로 보호하는 호제를 선택하려고 한다면은 PVA가 폴리에스터 보다 좀 더 적합할 것이다.

Trauter는 Reutlinger Webstester시험기를 사용하여 가호된 P/C(65/35)사의 마모강도를 측정하였으며, 그 결과로 폴리비닐알코올과 폴리아크릴레이트로 가호된 실이 전분과 CMC로 가호된 실의 마모강도보다 더욱 우수하다는 결론을 내렸다.

다. 호막형성능력

어느 일정 수준의 호제부착량에서는 가호된 실의 강력과 신도특성에서는 이렇다 할 차이가 전혀 발견되지는 않았지만 실의 마모거동을 나타내는데 유용한 호제 필름의 인장강도 특성에서는 커다란 차이가 있었다. 호제 필름의 대표적인 응력-변형곡선이 그림11에 나타나 있으며 표6은 초기인장저항도, 인장강력과 신도의 평균값을 요약한 것이다.



<그림 11> 각종 고분자 호제로부터 제조한 필름의 대표적인 응력-변형 곡선(필름의 제조 조건; 관계습도, 65%RH 온도, 70°F)

<표 6> 각종 고분자 호제로부터 제조한 필름의 기계적 물성.

필름	초기인장저항도 ^a , $\times 10^{-5}, \text{g/cm}^2$	切斷強度 ^a , $\times 10^{-5}, \text{g/cm}^2$	切斷伸度 ^a , %
C M C	68.1 $\pm$ 19.6	3.4 $\pm$ 0.36	13 $\pm$ 4
폴리비닐알코올	9.5 $\pm$ 1.4	2.6 $\pm$ 0.50	198 $\pm$ 25
폴리아크릴산	3.9 $\pm$ 0.9	1.0 $\pm$ 0.10	181 $\pm$ 38
아크릴공중합물	3.8 $\pm$ 1.1	0.5 $\pm$ 0.07	336 $\pm$ 32
폴리에스테르	1.4 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.07	988 $\pm$ 96

^a 신뢰수준; 95% 試料數; 5

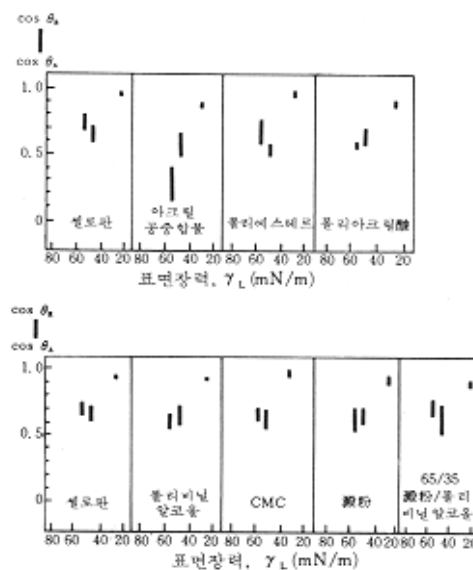
CMC 필름이 단연 가장 높은 초기 인장저항도값과 가장 낮은 절단 신도값을 갖고 있으며 인장강력 역시 높았다. 전분 필름은 그 자체의 잘 부스러지는 성질로 인하여 시험 결과치를 얻을 수는 없었다. 그러나 이것은 전분 필름이 매우 낮은 신도특성을 갖고 있기 때문일 것으로 생각할 수 있다. 전분과 CMC의 이러한 호막 형성능력은 이러한 호제를 사용하여 가호된 실의 마모저항성이 낮다는 것을 설명하고 있다. 전분과 CMC로 가호된 실이 CTA시험기의 굴곡작용을 받으면, 호막은 그 자체의 낮은 신도특성 때문에 부스러

지게 되며 이러한 일은 호막이 마모판들의 마모작용에 의하여 실의 표면으로부터 완전히 벗겨지기 전에 일어나게 된다. 가호된 실의 마모강도가 호제 필름의 신도특성과 실간의 적합성에 의하여 좌우된다는 사실은 합당한 이론이다. 다른 말로 표현하자면 호제 필름의 변형성이 실의 변형성보다 낮으면 호막은 반복식 인장작용이나 반복식 굽힘작용을 받는 도중에 실로부터 쉽게 파괴되어 떨어져 나가게 된다. 이러한 것은 전분과 CMC로 가호된 실의 경우로 생각된다.

PVA 호제로부터 제조된 필름은 가장 높은 강도-신도비를 나타내었으며 이러한 것은 PVA필름이 거칠기는 하지만 유연성이 있다는 것을 의미한다. 이러한 필름 특성은 PVA로 가호된 실의 높은 마모강도를 나타내는데에 기여한다. 그와는 반대로 폴리에스터 필름은 가장 낮은 초기 인장저항도 값과 낮은 인장강도값을 갖고는 있지만 신도값은 높으며, 이러한 사실은 폴리에스터 호제 필름이 약하기는 하지만 매우 유연하다는 것을 나타낸다. 앞서의 고찰 결과, 폴리에스터로 가호된 실이 높은 마모강도를 갖고 있으리라고 기대를 할 수가 있고, 또한 이러한 사실은 P/C사일 경우에는 정말로 분명한 사실이지만 (16%의 호제부착량으로 가호된 P/C사의 라이프타임은 2,000회 정도였다), 폴리에스터 호제로 가호된 면사일 경우에는 이것이 해당되지를 않는다. 폴리에스터를 호제로 사용하여 10%의 호제부착량으로 가호된 면사가 절단될 때 까지의 마모횟수는 250회에 불과하다. 이와 유사한 결과치가 아크릴공중합물과 폴리아크릴산으로 제조된 필름에서도 발견되었다. 이러한 필름이 비록 좀 더 높은 초기 인장저항도와 신도특성을 갖고 있다고는 하더라도, 이러한 호제로 가호된 면사와 P/C사의 마모강도는 두 경우 모두 낮았다. 이러한 예측을 벗어난 결과에 대한 충분한 설명은 다음 기회로 미룬다.

라. 호제와 실의 접착성

호제의 호막형성능력으로 가호된 실의 마모강도에 대한 어느 정도의 예측은 할 수 있다고는 하더라도, 우리는 역시 호제의 실에 대한 접착성을 고려해야만 한다. 만약 어느 호제가 양호한 호막형성능력을 갖고는 있지만 실의 본체에 접착되지 못한다면, 그 호막은 반복 굽힘작용과 반복 마모작용을 받는 도중에 실로부터 벗겨져 나가게 될 것이다. 일정한 범위의 표면장력을 갖는 표준시험액으로 측정한 호제막의 습윤성이 동일한 표준시험액을 이용하여 측정한 셀로판 필름의 습윤성과 비교되었다. 이 때 셀로판필름은 면섬유의 표면구조의 한 모델로 사용되었다. 여러 가지 필름에 대하여 계산된 전진접촉각과 후진접촉각이 그림12에 히스토그램의 형태로 나타나 있다.



<그림12> 셀로판필름(맨 좌측의 막대그래프 두개)과 호제필름에 대한 여러 가지 표준 시험액(포름아미드, γ/v 58.2, 메틸렌요드, γ/v 47.7; 헥사데칸, γ/v 27.6)에서의 접촉각 이력형태.

각각의 막대의 상단은 후진접촉각의 Cosine값의 5회 평균치를 나타내며, 하단은 전진접촉각의 동일한 평균치를 나타낸다. 따라서 막대의 길이는 접촉각의 이력현상을 나타낸다. $\cos \theta_a$ 와 $\cos \theta_r$ 값 사이의 산포정도는 0.05이다.

각각의 셀로판 필름과 호제필름은 그것의 표면특성을 반영하는 서로 다른 이력형태를 갖고 있다.

셀로판필름의 이력형태는 아크릴공중합물, 폴리에스터 및 폴리아크릴산 필름의 그것과는 매우 다르다. 이러한 사실은 이러한 필름들이 셀로판필름(셀룰로스)과는 열역학적으로 조화를 이루지 못하며, 따라서 셀룰로스 섬유의 표면구조에 대해서는 친화성이 없을 것이라는 것을 나타낸다. 이것으로 이러한 호제의 강도가 낮다는 것을 설명할 수 있을 것이다. 특히 주목할만한 사실은 비록 폴리에스터 호제가 양호한 호막형성능력을 갖고는 있다고 하더라도 면사에는 접착성이 없으며 따라서 CTA시험기의 마모작용을 받았을 때에 실의 표면으로부터 쉽게 벗겨져 나간다는 사실이다.

반면에 전분, CMC 및 PVA의 이력형태는 모두 셀로판필름의 이력형태와 아주 유사하며, 이것은 이들 호제와 면섬유가 서로 조화를 이룬다는 것을 의미하고, 따라서 이러한 종류의 호막과 면사간에는 접착성이 양호할 것이라는 것을 나타낸다. 비록 전분과 CMC가 셀룰로스구조에 대하여 친화성이 있다고는 하더라도, 이러한 호제로 가호된 실의 마모강도는 낮다. 이러한 사실은 이와 같은 호제로 형성된 호막의 포락성때문으로 추측된다. 따라서 적절한 마모강도와 그에 따른 제직성을 얻기 위해서는 호제의 접착성과 호막형성능력사이에 조화를 이룰 필요가 있다는 결론을 내려야만 할 것이다.

혼방사일 경우에는, 두 가지의 혼방섬유 모두가 아니라면 최소한 하나의 섬유에라도 호제가 부착해야만 한다는 사실이 중요하다. 폴리에스터섬유는 그 구조에 화학적인 반응기를 전혀 갖고 있지 못하므로 폴리에스터 실은 가

호하기가 힘들지마는, P/C사일 경우에는 면섬유에 접착성이 있는 호제를 사용하면 이러한 접착성으로 인한 문제는 줄어든다. 또한 전분, CMC 및 PVA는 이러한 호제의 표면특성이 면의 표면특성과 유사하기 때문에 P/C(50/50)사의 낮은 마모강도는 역시 그들의 조악한 호막형성능력때문일 것이라고 추측할 수가 있다.

물에 분산성이 있는 폴리에스터 호제와 가소제로 처리된 산성 비닐공중합물들은 폴리에스터 실에 양호한 제직성을 부여한다. 따라서 폴리에스터 호제와 혼방사 중의 폴리에스터 섬유사이에는 접착이 이루어질 것으로 기대할 수가 있으며, 본 연구에서 실험을 통하여 얻어진 마모강도 결과치는 이러한 기대를 충족시켜 준다. 호제와 면사간의 접착성의 부족으로 인하여 폴리에스터로 가호된 면사의 라이프타임이 아주 짧다고는 하더라도 폴리에스터 호제로 가호된 P/C사의 라이프타임은 그보다 매우 높았다.

4. 결 론

본 연구로 인하여 호제와 가호된 실의 거동 특성을 완전히 이해하기 위해서는 몇 가지의 물리적 특성과 화학적 특성이 반드시 평가되어야 한다는 사실이 명백해졌다. 이러한 특성 중 가장 중요한 것은 가호된 실의 마모강도와 유연성, 호제의 호막형성능력, 그리고 호제와 실간의 접착성들이다. 가호된 실에 대한 일반적인 인장강도 시험은 여러 가지의 호제의 특성차이를 평가하는데에는 부적당한 방법이지만, TRI 반복형 인장마모시험기는 호제조합의 차이에 대하여 특히 예민하였으며, 따라서 호제의 부착량과 성분의 실의 마모강도에 미치는 영향을 시험하는 것이 가능하였다. 호제의 호막형성능력과 표면습윤성은 호제의 내마모성에 영향을 미쳤다. CTA시험기로 측정한 이러한 마모강도 결과치는 제직작업 중의 가호된 실의 상대적인 제직성을 비교하는

데에 하나의 좋은 실험실적인 지표가 될 것이며 CTA시험기로 측정한 측정치와 제직성사이의 상관관계가 현재 연구 중에 있다.