

필 링 (II)

5. 필의 측정

5.1 측정 방법

5.1.1 일반 원리

직물의 필링 저항성을 측정하기 위하여 개발된 시험 방법들은 20 여 가지가 넘는다. 필의 측정은 두 단계로 이루어진다. 즉, 실험실의 시험 기기를 이용하여 필을 만든 후, 이를 평가하는데, 여기에서는 객관적이거나 혹은 보다 보편적이면서 주관적인 평가가 이루어져야 한다.

많은 이론적인 연구 작업과 다양한 시험법들이 통용되고 있지만, 아직까지도 필링의 정도를 평가하는 데는 주관적인 방법들이 사용되고 있으며, 이러한 것으로는 필이 발생한 시료를 표준 사진판과 비교하거나 영국 표준협회의 등급 분류표(rating scheme)에 제시된 지침을 따라 판정하는 방법이 있다. 어떤 형태의 주관적인 판정에서는 전문가가 판정하였을 때에만 정확할 수 있고 이런 전문가들은 특정한 시간과 장소에서만 활용이 가능하므로, 필의 등급을 객관적으로 판정하는 방법을 개발하는 것은 직물 시험 분야에서 가치 있는 공헌이 될 것이다.

객관적인 방법들의 특징을 보면, 필을 개수나 중량, 크기로 나타내주고 있다. 필링의 성향을 측정하는 수단으로서 필의 개수를 세고, 그 크기에 따라 가중치를 주는 혼합형 방식은 매우 복잡한데, 이는 계수(counting), 크기의 측정 그리고 이들의 계산에 너무 많은 시간이 소요되기 때문이다.

마모된 의류에서 관찰되는 필들은 그 크기와 외관이 상당히 다양하다. 필의 외관은 특히 린트(lint)가 존재하는지와 색 대비(color contrast)에 따라 결정

되는데, 이들은 단순히 필의 개수만으로 필링의 등급을 판정할 때에는 평가될 수 없는 인자들이다. 즉, 필이 생성될 때 다른 표면적인 현상도 수반되는데, 이러한 것으로는 표면의 손상, 색상의 변화 또는 잔털(fuzz)의 발생이 있다. 어떤 직물이 전반적으로 만족스러운가는 필의 특성들과 함께 표면의 외관에 영향을 미치는 그 밖의 인자들 양쪽 모두에 따라 좌우되기 때문에, 실험실에서 수행되는 직물의 시험은 허용가능성(acceptability)에 관련하여 주관적으로 평가하고 단순히 생성된 필의 개수에만 기초하여 등급을 판정하지 않는 것이 바람직하다고 생각된다.

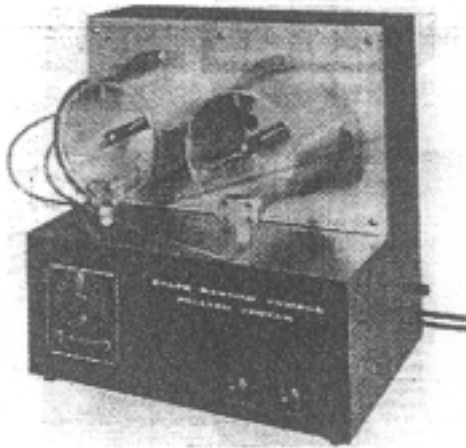
실험실에서 시험을 할 경우, 여러 기기들을 활용하여 표준 시험 조건하에서 직물 위에 필들을 생성시키게 된다. 필을 생성시키는 기기들은 모두 시험편(test specimen)을 텀블링 하거나 마찰시키는 방식 가운데 어느 하나에 기초하고 있다. 지금부터 설명하는 필링 시험법들은 주로 직물에 대하여 필링의 성향을 측정하기 위하여 채용하는 방법들이다.

5.1.2. 텀블링 방식의 필링 시험기

5.1.2.1. 랜덤 텀블 필링 시험

여기에서 사용되는 시험기는 원래 미국의 E. I. du Pont de Nemour & Co 에서 개발한 것이다. 이 시험법은 직물에서 필이 형성되거나 잔털이 발생하는 경향을 측정하기 위한 절차를 다루고 있는데, 정상적인 마모 상태를 시뮬레이션할 수 있도록 고안된 조건 속에서 이루어진다. 이 시험법은 일반적으로 모든 의류용 직물에 사용할 수 있으며, 편성포와 직포 모두 적용이 가능하다.

외관과 구조면에서 마모 과정에서 생성되는 필과 유사한 필이 형성되도록 하기 위하여, 섬유장이 짧은 미량의 원면 섬유를 시험편과 함께 챔버 속에 넣는다<그림 14>.

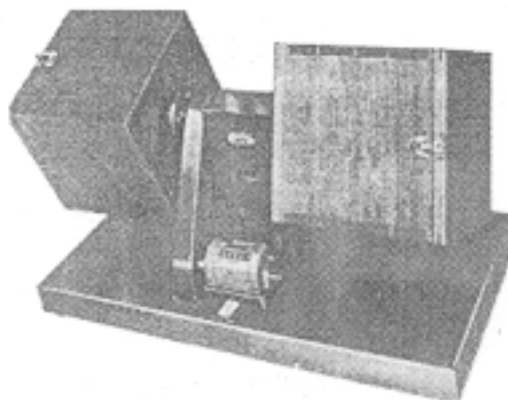


<그림 14> Atlas 랜덤 텀블 필링 시험기

시험편을 텀블링 한 후, 불균일성(non-uniformity)을 점검하여 필이 어느 한 부분에만 집중되었는지를 조사한다. 즉, 필이 발생한 시험편을 점검하여 불균일한 텀블링이 이루어졌는지 확인한다.

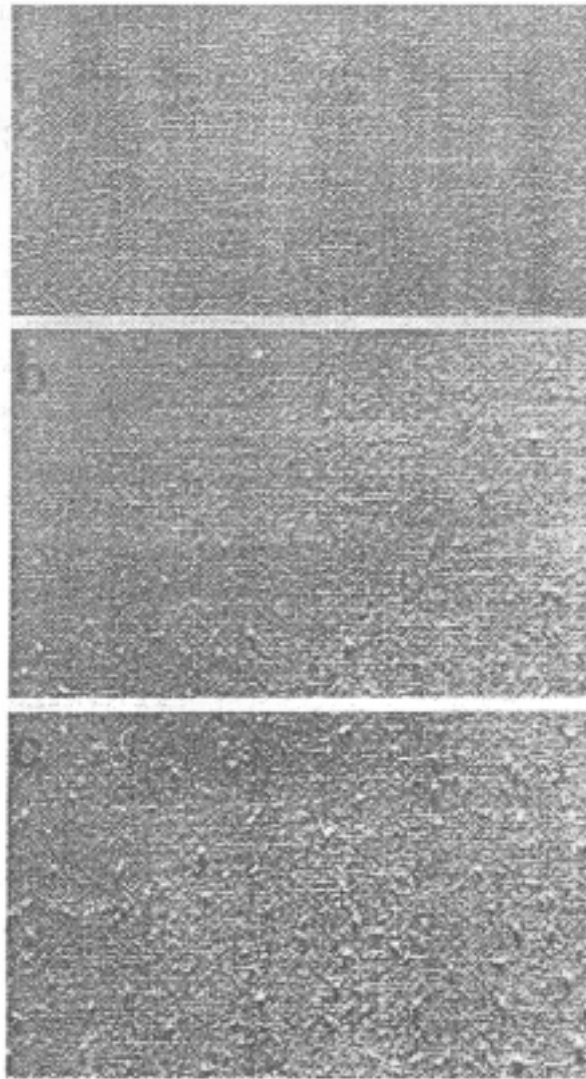
5.1.2.2 ICI 필링 박스 시험

시험 과정에 적절한 크기의 직물을 고무 튜브 주위에 감싸 봉합시킨다. 그리고 이를 필링 박스에 넣어 60r/min 의 속도로 5 시간 동안 회전시킨다<그림 15>.



<그림 15> ICI 필링박스

텀블링 시킨 후, 필링의 정도를 육안으로 판정하는데, 이때 표준 사진판 (arbitrary standard) 1, 2, 3 으로 비교하게 된다<그림 16>. 표준 1 의 직물은 잔 털은 있지만 필이 발생하지 않았으며, 표준 2 의 직물은 잔털과 필이 약간 존재하며, 표준 3 의 직물은 잔털과 필이 훨씬 심하게 발생된 경우이다.



(a) 표준 1, (b) 표준 2, (c) 표준 3

<그림 16> 필링 표준 사진판

5.1.3 마모 방식의 필링 시험기

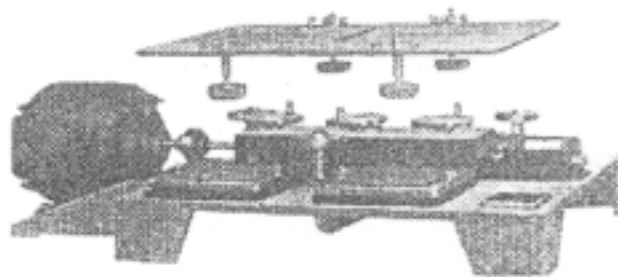
(1) 탄력 패드 시험(elastomeric-pad method)

이 시험법에서는 프로스팅(frosting) 부속 장치를 갖춘 Stoll Quarteremaster 유니버설 마모 시험기를 사용하고 있다. 이 방법은 일반적으로 모든 종류의 직·편성제 의류용 직물에 사용할 수 있다.

일상적인 마모 과정에서 발생하는 필링과 그 밖에 표면 외관의 변화를 실험실의 시험기로 시뮬레이션 하는데, 특정한 기계적 특성을 갖고 있는 탄력 패드에 대고 마찰 작용을 조절하는 방식으로 시험한다. 필링의 정도는 표준 사진판을 기준으로 5 급(필링이 전혀 없음)에서부터 1 급(필링이 매우 심함)까지 판정한다.

(2) 마틴데일 마모 시험기(Martindale Abrasion Tester)

마틴데일 마모 시험기는 직포와 편포의 필을 판정하는 데 사용할 수 있다
<그림 17>.



<그림 17> 마틴데일 마모 시험기 (필링 시험에서 사용할 수 있음)

스위스 시험법 SN 198525 에서 이 방법에 대하여 설명하고 있다. 여기에서 활용되는 표준 사진판은 스위스의 EMPA 에서 개발하였으며, 6 개의 시리즈

(직포용 3 개, 편포용 3 개)가 있다. 각 표준마다 4 개의 사진이 있으며, 이들 사이의 중간 값으로 하여 5 개 등급으로 판정한다(최상의 급수 5 급=전혀 필링이 안된 것).

(3) 팽창막 시험기(Inflated-diaphragm Tester)

직·편성포의 시험편을 팽창막 시험 장치에 세워져 있는 금속제 디스크에 덮어 씌운다. 마모자(abradant)가 상부 플레이트(platen)에 적절히 부착되어 있다. 시료는 여러 차례 왕복 운동 시킨 후에 평가한다. 평가 방식은 객관적인 절차나 주관적인 절차가 있을 수 있다.

(4) 왕복 운동 테이블 시험기(Reciprocating-table Tester)

시험편은 직포와 편성포 모두 가능하며, 이를 회전하는 헤드(mounting head)에 끼운다. 시료의 마찰 작용은 왕복 운동을 하는 테이블(고무/샌드페이퍼로 덮혀 있음)에서 이루어지며, 미리 설정된 횟수 만큼 마찰 작용을 하도록 하여 직물의 표면에 필이 생성되도록 한다. 필의 성향을 나타내는 데 단위면적(in^2)당 필의 개수와 마찰 횟수를 활용하는데, 이는 똑같은 시료의 수에서 동일한 필의 손상을 만들어내기 위해서 필요하다.

(5) 브러시-필링 시험기(Brush-pilling Tester)

이 시험법은 일반적으로 어떤 의류용 직물에도 사용할 수 있다. 정상적인 마모 상태에서 일어날 수 있는 것으로서, 예컨대, 잔털의 발생 같이 표면 외관에서의 필링이나 그 밖의 다른 변화를 실험실의 시험기에서 시뮬레이션하고 있다. 직물을 시뮬레이션 된 마모 조건하에 있도록 하는데, 우선 시험편을 브러싱 함으로써 섬유의 끝 단을 유리시킨 후에 이들 시험편 두 개를

원통상으로 서로 마찰시켜 섬유의 끝 단이 필로 말려 들어가도록 한다.

이와 유사한 방법으로서, 브러시 스폰지 필링 시험기를 사용하는 방법도 있는데, 여기에서는 브러싱 후에 셀룰로스 스폰지(Vickers 경도, 26~30)로 처리한다.

(6) 외관 - 유지 방법(Appearance-retention Method)

이 시험법은 직·편성포의 필링 저항성을 측정하는 데 사용하기 위하여 만들어진 방법이다. 마모와 필링 시험을 결합한 방식으로, 일정 시간 동안 평평한 상태에서 시료를 마모시킨 후 필링 특성을 평가한다. 필링의 등급은 직접 시험편을 표준 사진판과 비교하여 판정한다. 표면의 마모 정도는 두께나 외관의 변화로 판정한다.

(7) H.A.T.R.A. 필 시험기(H.A.T.R.A. Pill Tester)

이 시험법에서는 편성포의 필링을 수치로 나타내 주는데, 이 방식은 H.A.T.R.A. 실험실에서 고안한 방법이다. 이 시험기는 기본적으로 두 개의 원형 판들로 구성되어 있는데, 시험하고자 하는 편성포를 이들 판에 끼워 넣는다. 두 개의 디스크가 반대 방향으로 진동하면서 회전하기 때문에, 원형 판들은 간헐적으로 서로 벌어져 표면에서 떨어지게 된다. 미리 설정된 횟수만큼 마찰 작용이 이루어진 후, 직물 위에 생성된 단일 필의 무게를 측정하여 이를 직물의 필링 특성을 나타내주는 계측치로 사용한다. 이 시험법은 신속하고 효율적이면서 재현성도 매우 높다고 한다.

5.1.4 여러 가지 시험법들에 대한 결론

지금까지 언급한 시험기들 이외에도 여러 가지 다양한 종류의 필 생성 기

기들이 직물의 필링 성향을 평가하는 데 사용되고 있다.

필링은 보편적으로 의류의 가장 취약한 부분에서 발생하며, 최종 제품, 예컨대, 셔츠, 블라우스, 란제리와 같은 제품에서는 치명적인 것으로 간주되고 있다. 자주 세탁하는 의류의 경우도 필의 생성에 가장 민감하다.

다시 말하면, 어떤 의류를 실제 착용하였을 때의 필링 저항성은 착용자 개개인과 일반적인 사용 환경에 따라 달라진다. 닳은 의류는 착용 후에 상당히 폭 넓은 필링 저항 스펙트럼을 나타내며, 실험실에서 수행하는 마모의 변화 정도보다도 그 변동치가 훨씬 큼을 예상할 수 있게 한다. 한편으로, 직물을 가공 처리하는 데 사용되었던 약제들 또한 필링에 상당한 영향을 미치게 된다.

5.2 여러 가지 필링 시험법들에 대한 경험 사례

현재 가장 널리 사용되고 있는 시험기들은 ICI 필링 박스와 Atlas 랜덤 텀블 필링 시험기이다. 미국에서 필링을 평가하는 데 가장 널리 사용되는 방식이 랜덤 텀블 시험법이다. 이 방식이 실제 의류의 성능과 상관성이 있는지에 대하여는 몇 가지 문제점이 있지만, 연구나 품질 관리 그리고 합/부 판정용 시험 분야에서 사용되고 있다.

Richard 의 연구에 의하면, 양모 소재의 편성포를 Wira 마모 시험기와 ICI 텀블러에서 시험하였을 때 이들 두 필링 결과들 사이의 상관 관계는 상당히 좋다는 것이 밝혀졌다.

Martindale 마모 시험기로 필링 시험한 측정치들은 널리 인정 받고 있다.

섬유 소재의 바닥재를 여러 다양한 기계적 응력(stress)을 받게 한 후, 외관을 평가하는 표준화된 시험법이 독일 표준협회에서 개발되었다. 이 방법에서

는 섬유 구조의 변화, 즉, 땀(nap)으로부터 발생한 터프트(tuft), 필, 잔털(fluff)들의 생성 그리고 색상이나 패턴의 변화를 주관적인 육안으로 판정한다. 시험 장비로는 조명 장치, 회전형 시험 스탠드, 그리고 5 단계의 표준 회색색표(grey scale)가 있다.

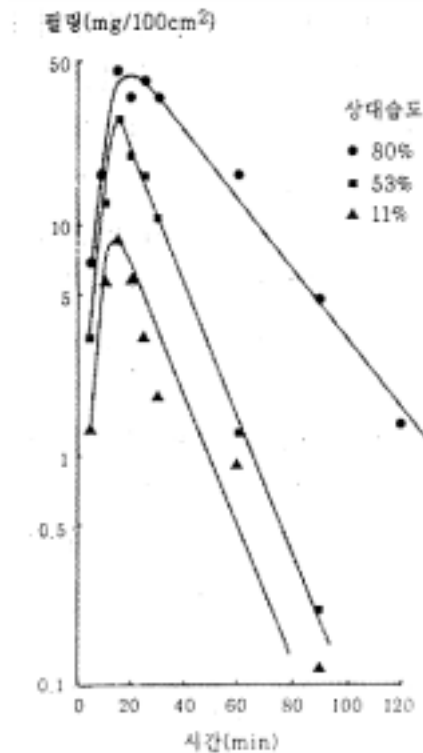
Sasmira 필링 시험기는 소프트 방적사나 필라멘트사로 만든 직·편성포의 필링을 신속히 측정하는 데 사용되고 있다. 이러한 소재의 직물들은 빈번한 착용과 세탁에도 견디며, 공인된 필링 규격도 충족할 수 있을 것으로 기대된다. 시료는 여러 방향으로 운동시키면서 표준 물질에 마찰시킨다. 일정한 횟수를 마찰시킨 후, 시료를 검사하고 필의 개수를 센다. 필링은 필의 개수로 판정해 준다.

한편으로 필링 시험을 Schiefer 시험기에서 수행하기도 하였다. 이 방식에서는 여러 시간대의 기계적 작용을 가한 후 필의 개수를 세었고, 필이 마모되어 떨어져 나갈 때까지 시험을 계속 진행하였다. Deering Milliken Research Corporation 에 있는 연구 팀에서 여러 다양한 종류의 직물들에 대하여 필링을 예측할 수 있는 시험법을 개발하였었다. 이 방법은 ASTM 에서 채택되었고, 탄력 패드 방식으로 의류용 직물의 필링 저항성을 측정하는 표준 시험법이 되었다.

Trankle 과 Schrobsdorff 의 연구 논문을 보면, 편성 업체들이 자사 제품의 필링 경향을 실제 조건들과 관련지어 판정할 수 있는 시험 과정의 개발에 관하여 논의하였다.

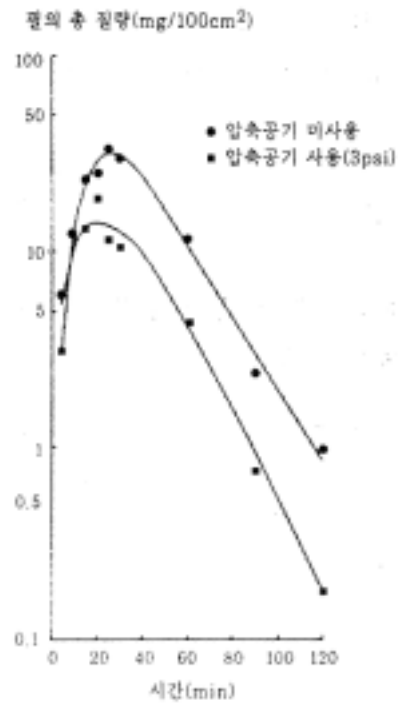
Naylor 는 상대 습도가 양모 니트웨어의 필링 성능에 미치는 영향을 조사한 연구에서 Atlas 랜덤 텀블 필링 시험기(RTPT)를 사용하였고, ASTM D3512-82 시험법에 따라 시험하였는데, 이때 면 린트 섬유를 첨가하지는 않았다. 여러 가지 시험을 수행하는 데 있어서 시험법에서 권장하고 있는 압축 공기

를 이용하거나 혹은 이용하지 않거나 하여 시험기를 가동시켰다. 미리 설정한 시간 동안 랜덤 텀블 필링 시험기에서 텀블링 시킨 후, 시료를 판정하였다.

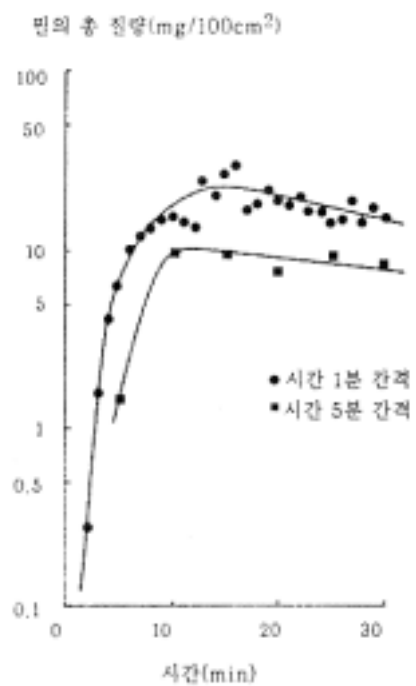


<그림 18> 랜덤 텀블 필링 시험에서 평형 상태에 도달한 시료의 상대 습도 별 필링-시간곡선

<그림 18>에서는 랜덤 텀블 필링 시험기로 시험하기 이전에 상대 습도를 달리 하여 평형 상태에 도달한 시료들의 필링 결과를 보여 주고 있다. 여기에서의 결과를 보면, 시험 시료들의 필링 성능이 랜덤 텀블 필링 시험기의 작업 방식(즉, 압축 공기의 사용 여부와 시험 시간)에 따라 좌우된다는 것을 알 수 있다. 이는 실제 <그림 19>와 <그림 20>에서 보여 주는 사례와도 일치하고 있다.



<그림 19> 랜덤 텀블 필링 시험에서 압축 공기의 사용 여부가 필링-시간 곡선에 미치는 영향



<그림 20> 랜덤 텀블 필링 시험에서 압축 공기를 사용한 경우의 필링-시간 곡선 (시료의 연속 재 평형상태 간에 텀블링의 시간 간격을 변화시키는 영향)

Neilly 의 논문에서는 사진판을 갖고 필링의 등급을 판정하는 기존의 방법과, 단순히 다섯 가지 서술적인 등급(descriptive grade)에 기초하여 직·편성포에서의 필링을 등급 판정한 서술적 방법을 비교해 보았다. 이들 방법 간의 상관성과 판정자 개개인들 간의 일치성을 각 직물에 대하여 시험법을 달리하여 분석하였다.

여기에서 사용한 다섯 등급은 다음과 같다.

- 변화 없음(no change)
- 잔털 존재(fuzziness)
- 필이 생성되기 시작함(pills beginning to form)
- 필이 생성되었음(pills formed)
- 필링이 심함(severe pilling)

21 명의 판정자들 각각에게 두 가지 방법으로 30 여 가지의 직물에 대하여 등급을 판정하도록 하였는데, 시험한 시료 가운데 9 개는 편성포이고 21 개는 직포이었다. 이들 21 명의 참가자들 가운데 8 명은 필링의 등급을 판정하는 업무에 꾸준히 관여하였던 사람들이고, 나머지 13 명은 대체로 이와 같은 등급 판정 업무에 경험이 떨어지는 사람들이었다. 30 가지 직물 각각에 대한 평균 급수를 두 가지 등급 판정 방법별로 산출하였고, 이렇게 나온 수치를 가지고 두 가지 방법 간의 상관성을 상관 계수로 나타내었다<표 2>.

여기에서 나온 결과를 보면, 두 가지 방법 간의 상관성이 높았고, 이들 두 방법을 사용한 판정자들 간에도 일관성이 있었다. 이는 2 개나 3 개 그룹내의 숙련자들에게 기술적인 방법이 채택되었을 때 가장 일관성 있는 결과가 얻어질 수 있음을 암시해 준다.

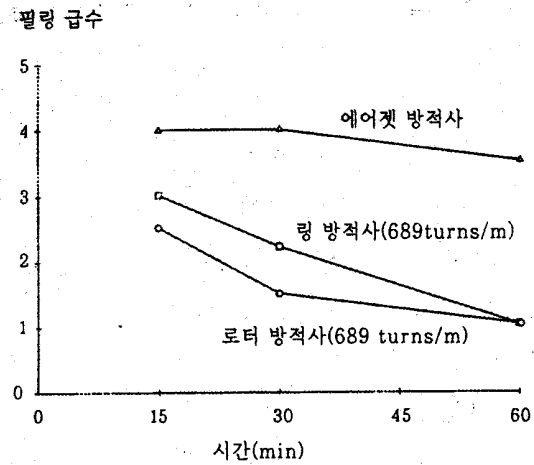
<표 2> 등급 판정 방법 간의 상관성

판정자의 경험 정도와 인원수	상관 계수
총 인원 (21 명)	+ 0.925
숙련자 (8 명)	+ 0.956
미숙련자 (13 명)	+ 0.920

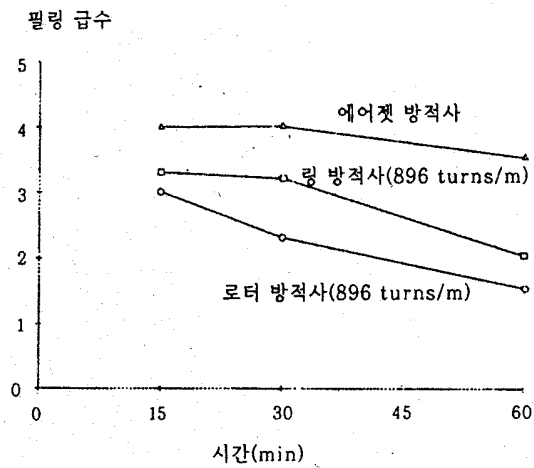
Alston 의 논문을 보면, 링 정방, 로터 정방 및 에어젯 정방이 저지 편성포와 인터록 편성포에 미치는 영향을 조사하는 과정에서 Atlas 랜덤 텀블 필링 시험기를 이용하여 필의 생성과 마모 속도(wear-off rate)를 측정하였다. 시험에 들어가기 앞서, 시료들을 1 회 세탁(AATCC 135-1978)하고 15 분간 텀블링시켰다. 이렇게 처리하여 생성된 필들은 유색 펜으로 표시하였다. 직물을 평가하는 데 사용한 필링 기준이 되는 시료들은 일반 생산 업체로부터 입수하였고, 다음의 등급을 채택하였다.

- 5 급 = 전혀 필링이 안된 것(no pills)
- 4 급 = 약간 필링이 된 것(very slightly pilling)
- 3 급 = 보통 정도로 필링이 된 것(moderate pilling)
- 2 급 = 많이 필링이 된 것(severe pilling)
- 1 급 = 아주 많이 필링이 된 것(very severe pilling)

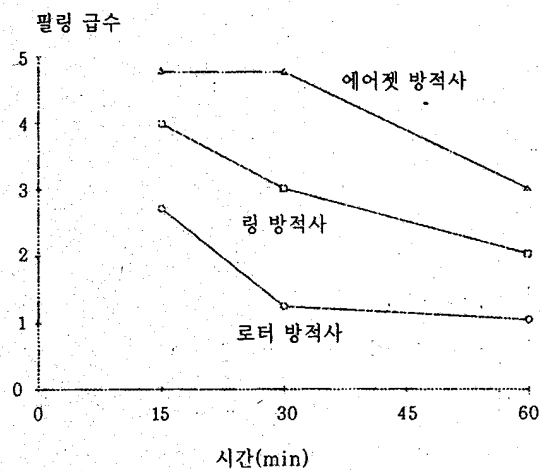
<그림 21>~<그림 23>에서 제시된 필의 등급들은 6 회 측정의 평균치이며, 최대 + 0.3 유닛의 범위를 갖고 있다. 세 가지 정방 시스템들 간의 필링 차에 있어 신뢰 구간은 99%이었고 이때 필의 등급 판정에 대하여 t-검정을 사용하였다.



<그림 21> 저지 편성포이 필링 저항성(표준 꼬임수의 경우)



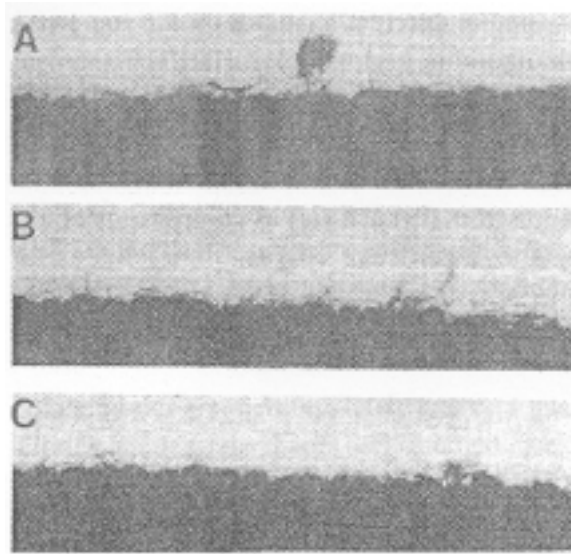
<그림 22> 저지 편성포의 필링 저항성(높은 꼬임수의 경우)



<그림 23> 인터록 편성포의 필링 저항성

Alston 이 연구한 “폴리에스터와 면의 50/50 혼방인 스웨트 셔츠의 필링”이라는 제목의 논문을 보면, 랜덤 텀블 필링 시험에서의 등급과, 마모 시험에서의 의류의 성능과의 관계를 조사하였는데, 필링이 매우 심한 1 급에서부터 필링이 전혀 없는 5 급까지 망라하는 어떤 특정한 스웨트 셔츠 세트를 가지고 시험하였다. 스웨트 셔츠를 AATCC 135-1978 시험법에 따라 1 회 세탁한 후 랜덤 텀블 필링 방법으로 시험하였다. 직물 시료의 끝 단들은 접착제로 봉하지 않았는데, 이는 시험 과정에서 직물의 올이 풀려 나오지 않기 때문이었다. 여기에서 제시된 필링 등급은 세 명의 판정자들이 각각 독립적으로 3 개의 시험 시료를 판정한 값들의 평균이었다. 시료를 판정하는 데 사용된 편성포용 필링 표준 시료들은 일반 생산 업체로부터 입수하였다. 마모 시험에서는, 각각 5 회와 10 회의 마모/세탁을 한 후 필링을 측정하였으며, 스웨트 셔츠의 앞판, 뒷판 그리고 소매의 하단 부분에 대하여 평가하였다. 필의 평가는 다시 한번 세 명의 판정자들이 각각 독립적으로 3 점의 스웨트 셔츠에 대하여 등급 판정하여 이들의 평균으로 하였다. 랜덤 텀블 필링 시험에서 등급 판정에 활용하였던 판정자와 필링 기준을 동일하게 사용하여 마모 시험의 등급 판정에도 사용하였다.

필의 생성과 마모에 대한 상대 등급을 마모 시험 과정에서 측정하였다. 10.5cm^2 의 면적을 스웨트 셔츠 앞 판에 표시한 다음, 각각 5 회와 10 회의 마모/세탁을 한 후의 생성된 필의 개수와 제거된 필의 개수를 측정하였다. 5 회 of 마모/세탁을 하였을 때 생성된 필에 대하여는 영구 펜으로 표식을 한 후, 10 회 마모/세탁에서 새로 생성된 필을 모두 표시하고 남아 있는 필의 개수를 기록하였다. 필은 완전히 생성되었고 유효한 크기를 갖는 엉킨 섬유 덩어리를 갖게 되었다<그림 24>.



- (a) 오픈엔드 방적사(5 w/w),
 (b) 비 항필링 폴리에스터 소재의 에어젯 방적사(5 w/w),
 (c) 항필링 폴리에스터 소재의 에어젯 방적사

<그림 24> 편성포의 표면

Gawryszczak 와 Polacek 의 연구 논문에서는 오버코트로 사용되는 양모 소재의 기모된 직물과 모/합섬 혼방 직물들에서 잔털(fuzziness)에 관련된 시험을 할 수 있는 방법에 대하여 상세히 밝히고 있는데, 이는 잔털이 발생한 시료와 발생하지 않은 시료에 대하여 기기를 사용하여 정적 마찰력과 동적 마찰력을 평가하는 방식으로 조사하였다. 여기에서는 이런 새로운 기술이 지금까지 사용되어 왔던 감각에 의존하는 방법을 대신할 수 있다는 것을 제시하고 있다.

Josza 와 Furedi 의 논문에서는 여러 가지 표준 방법들을 비교·평가한 후, 폴리에스터/양모 직물의 필링 시험을 신속히 할 수 있는 방법들에 대하여 고찰해 보고 있다. 또한, 여기에서는 정확한 방법을 선택할 수 있도록 권장 사항들도 제시하였다.

Schmit 의 논문에서는 VEB Chemiefaserwerk Friedrich Engels 에서 내놓은 루

프 마모 시험기에 대하여 설명하고 있는데, 이 기기는 합성 섬유의 필링 거동을 평가하는 데 사용할 수 있다.

Amirbayat 와 Alagha 는 직물의 필링을 등급 판정하는 데 있어, 섬유기술자, 실험실의 전문가, 그리고 섬유 디자이너들로 구성된 7 개의 판정단으로 하여금 필이 발생한 50 개의 여러 가지 편성포들을 판정하도록 하였다. 통계적 분석 후, 두 판정단에서 나온 판정 결과는 나머지 판정단과 상당히 차이를 보여 채용하지 않기로 하고, 나머지 다섯 판정단에서 나온 결과의 평균치만을 사용하였다. 시료들은 일련의 표준 사진판과 비교하여 ‘필링이 매우 심하게 된 것(1 급)에서부터 전혀 필링이 안된 것(5 급)’까지 등급을 부여하였다.

섬유 산업에서 상당히 요구하는 것은, 직·편성포들의 필링 경향을 객관적으로 평가하는 것이다. 필을 객관적으로 평가하는 방법들이 이전에도 시도되었었고, Konda 등의 논문을 볼 때 어느 정도 성공도 있었는데, 여기에서는 컴퓨터 이미지 분석을 활용하고 있다. 필이 발생한 시료를 비디오 카메라로 촬영하여 그 이미지를 표준 사진판과 비교함으로써, 직물 필링의 등급을 판정하였다. 이 방법은 단색 직물의 필링에 대하여 등급을 판정하기에는 유용하지만, 패턴 직물에는 부적합한데, 이는 비디오 카메라가 투사광 아래에서 필로부터 만들어진 이미지와 직물 표면의 어두운 구역을 구별하지 못하기 때문이다.

Ramgulam 의 논문에서는 레이저 삼각 측량과 비디오 카메라를 활용하여 50 가지 편성포에 대하여 필링을 판정하였다. 이 연구에서는 단위 면적당 개수, 높이 그리고 총체적으로 투영된 크기에 따라 필의 등급을 판정하는 기준을 설정하고자 시도하였다. 이러한 목적으로 표준 시료, 즉, 전문가 집단이 주관적으로 등급 판정한 시료를 사용하여, 다음과 같은 단계의 컴퓨터화 작업을 수행하였다.

- ① 여러 위치에서 표준 시료에 있는 필의 높이를 측정한다.
- ② 적절한 알고리즘(algorithm)을 사용하여 시료의 표면 각각을 높이에 따라 별개의 구역(필과 바탕)으로 분할한다.
- ③ 필의 개수를 센다.
- ④ 필에 대하여 총체적으로 투영된 면적과 높이를 측정한다.
- ⑤ 어느 지점에 대한 좌표로써 ③과 ④ 과정에서 구한 정보를 이용하여, 이미 결과를 알고 있는 시료의 필링 등급과 연계시킨다.

이런 표준 시료에 대하여 충분한 횟수의 시험을 수행한 후에, 필링 등급, 필의 개수, 필의 높이 그리고 단위 면적당 총 크기 간의 관계를 설정할 수 있었다. <그림 25>에서는 식물 시료를 놓고 높이를 측정하는 실험 장면을 보여주고 있다.



<그림 25> 실험 장면

실험 설비는 시료를 놓게 되는 판(stage) 이외에도 두 개의 주요 부분, 레이저 센서와 x-y 테이블로 구성되는데, 이들은 컴퓨터와 연결되어 있다. 이 기술의 방법론이 서술되었고, 여기에서 사용된 한계론적인 방법을 간단히 설명하였다. 측정된 수치들의 분석이 수행되었고, 나아가 실험 결과들을 전문가 집단(판정단)에서 판정하였던 상대되는 등급과 비교해 보았다. <표 3>에서는 판정 받은 필링 등급, 필의 최대 높이(MH), 필의 최대 면적(MA) 그리고 필의 평균 면적(TA/N)들 간의 상관 계수를 보여주고 있다.

<표 3> 상관계수

	MH	MA	TA/N	Sub. Grade
MH	-			
MA	+0.663	-		
TA/N	+0.623	+0.807	-	
Sub. Grade	-0.743	-0.711	-0.662	-

MH: 최대 높이, MA: 최대면적, TA: 총 면적, N: 총 개수

주관적으로 등급을 판정하는 영국 표준협회의 시험 방법에서는 필링의 등급을 표면의 손상 정도에 따라 분류하고 있으며, 필의 모양이나 분포 정도에 따라서는 분류하지 않고 있는데, 이 방법은 필링의 등급을 판정하고 객관적인 판단 기준을 설정하는 데 훌륭한 지침이 되고 있다. 이 방법은 모든 종류의 직물에 적용할 수 있으며, 직포와 저지 편성포용 표준 사진판들은 두 개의 전혀 다른 세트로 되어 있다. 이 시험법은 단색의 직물을 판정하는 데는 유용하지만, 비디오 카메라가 투사광 아래에서 필의 이미지와 직물 표면의 어두운 구역을 구별하지 못하기 때문에 패턴 직물에는 부적합하다.

단섬유 방적 시스템으로 처리한 모 혼방의 직물에서 필링 거동을 연구한

Greaves 등의 논문을 보면, Martindale 마모 시험기(100 회, 직물 대 직물, IWS 시험법 196)에서는 필링 등급이 1.5 에서 5 까지의 범위(5 급=필링이 전혀 없음;1 급=필링이 매우 심함)를 보였지만, ICI 필링 박스와 Atlas 랜덤 텀블 시험의 경우에는 가공된 직물들 사이에서 필링의 징후가 전혀 보이지 않았다. 장기간에 걸친 실제 마모 실험에서도 필링의 조짐이 전혀 없었다. 따라서, 이러한 결과로부터 실험실에서 할 수 있는 적절한 시험 방법들을 찾아낼 때까지는 모 혼방 직물의 경우 실험실의 결과들이 부적합하기 때문에 마모 시험을 통하여 재평가해야 된다는 것을 알 수 있다.

Cooke 의 논문에서는 ICI 필링 박스 시험에서 수 시간 텀블링 후의 섬유 피로도의 부재(absense)에 관하여 다루고 있다.

실험실에서의 시험 결과가 최종 사용 과정에서의 성능과 항상 일치하지는 않으며, 실제 사용했을 때의 성능을 정확하게 반영하는 필링 시험은 아직 입증되고 있지 않다. 여러 학자들이 그들이 조사한 필링 시험법들 가운데 일부는 정확성, 재현성 그리고 유효성이 떨어진다는 보고를 하였다. Farmer 등의 논문에서는 브러시-스펀지 시험법과 외관 유지 시험법을 평가하고, 이들 방법에 부정확함과 절차상 난점들이 있다는 것을 발견하였다. 또한, 랜덤 텀블 필링 시험법과 마모 시험의 결과를 조사하여, 어떤 부류의 직물에서는 최종 사용 과정에서 나타나는 그런 종류의 필을 재현해 내는 능력이 부족하다는 것을 밝혀 냈다. ♣

(다음 호에 계속)