

온열안마기용 섬유재료의 내구성 향상

이주영¹, 김호동^{1*}

¹단국대학교 공과대학 파이버시스템공학과

Durability Enhancement of Textile Materials for Thermotherapy Massager

JooYoung Lee¹ and HoDong Kim^{1*}

¹Department of Fiber System Engineering, Dankook University

요 약 온열안마기의 내부천으로 사용되고 있는 직물의 내구성을 향상시키고자 기존 PET/면 혼방직물의 마모현상을 분석하고, 그 문제점을 보완할 수 있는 난연성 PET 직물을 설계/제조한 후 물리적 성능 및 내구성을 평가하였다. 기존 직물의 경우 구동부분의 반복적인 마찰에 의한 마모뿐만 아니라, 구동시 내부천의 이동에 의해 발생하는 접힘 현상이 회복되지 못하기 때문에 직물의 파손이 가속화되는 것으로 나타났다. 따라서 섬유재료의 변경, 신축사, 강연사, 조직의 변경 등을 적용하여 물리적 성능 및 내마모성을 크게 개선한 내부천을 제조하였다. 특히 신축사를 사용한 직물의 내구성은 크게 향상되어 기존 직물 대비 2배 이상의 사용시간을 증가시킬 수 있었으며, 강연사를 사용한 직물은 약 1.5배 정도 내마모시간이 증가하는 결과를 얻었다.

Abstract The wear and abrasion mechanism of conventional PET/Cotton fabric which is used as a lining layer for thermotherapy massager was elaborately investigated in order to increase the life-span of the fabrics for Thermotherapy Massager. Based on the destruction mechanism, the feasible PET fabrics were prepared and its anti-wearing performance was evaluated. It is revealed that the wearing destruction is mainly caused by the repeat abrasion on a specific part of folded fabric as well as abrasion itself. Therefore, it is necessary that the prevention of fabric folding while massager is running is essential and the recovery from the crease on a fabric is also necessary to solve this problem. Covered elastic yarn, high twisted yarn, change of fabric structure or different fiber were utilized to prepare the possible alternatives. As a result, the anti-wearing performance of the fabrics are greatly improved to have about 2 times and 1.5 times longer life-span for the fabric with covered elastic yarn and high twisted yarn, respectively.

Key Words : Anti-wearing, Thermotherapy, Physical property, Flame retardancy, Flexibility

1. 서론

생활수준의 향상으로 건강에 대한 관심이 나날이 높아져 가면서 여러 종류의 의료기기들이 개발되고 있다. 그 중에서도 보편적으로 사용되고 있는 것이 일반 가정집에서도 찾아 볼 수 있는 온열안마기를 들 수 있다. 온열안마기는 그림 1의 내부 온열도자가 그림 2처럼 왕복운동을 하며 안마효과를 제공하도록 되어 있다. 인체 친화성을 높이면서 도자에서 발생하는 열이 직접적으로 사람에게 닿는 것을 막기 위하여 내부도자와 사람과의 접촉

면을 직물로 구성하고 있다.

천연섬유에서부터 합성섬유까지 여러 종류의 섬유 재료가 이러한 용도로 이용되고 있지만 도자와 직물간의 마찰에 의해 단기간 내에 쉽게 파손되기 때문에 직물의 반복적인 교체를 필요로 하는 등 사용자의 불만 요인이 되고 있다. 이러한 문제점은 직물의 두께를 증가시키면 어느 정도 해결할 수 있지만 직물 두께의 증가는 내부 온열의 전달을 방해하고, 안마 효과의 감소, 사용자의 만족도 저하를 가져오기 때문에 내부천에 대한 보다 근본적인 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 온열안마기의

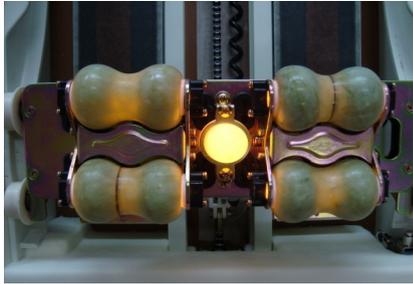
*교신저자 : 김호동 (hodong@dku.edu)

접수일 10년 03월 18일

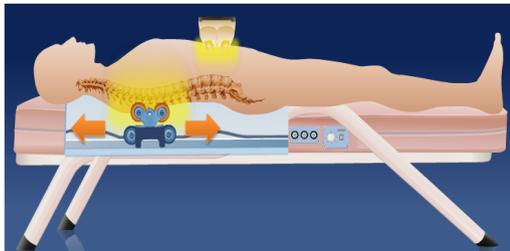
수정일 (1차 10년 04월 22일, 2차 10년 05월 06일)

게재확정일 10년 06월 18일

작동과 직물의 파손 형태 등을 분석하여 유연성, 물리적 특성 및 난연성 등의 온열안마기에 요구되는 본래의 성능을 저하시키지 않으면서도 우수한 내마모성을 나타내는 기능성 직물을 설계/제조하고자 하였다.



[그림 1] 안마기속 내부 온열도자의 외관



[그림 2] 온열 안마기의 작동원리

2. 실험

2.1 실험재료

내부친의 성능을 비교 평가하기 위한 온열안마기용 내부친은 대표적인 온열안마기 제조사인 S사에서 제공받았다 (이후 TO1으로 표기하였음). 이 직물은 polyester와 cotton이 혼방된 직물로 인산암모늄, 할로겐화합물, 산화안티몬 등을 사용하여 난연가공이 되어 있으며, 마찰에 의한 마모를 감소시키기 위해 polyurethane을 이용하여 추가적인 코팅가공이 되어 있다. 성능 개선을 위한 직물은 인계 난연제를 혼합방사한 PET 필라멘트사를 사용하였다.

2.2 문제점 분석

CERAGEM RH1 온열 안마기를 모델로 하여 기기의 작동원리와 직물의 파손 형태를 고찰하였다.

2.3 직물의 제조

문제점 분석을 토대로 성능 개선을 위하여 표 1과 같

은 직물들을 제조하였다. T1직물은 위사에 강연사를 고밀도로 적용하였고, T2직물은 꼬임을 주지 않은 실을 사용하여 평활성이 큰 저밀도 직물을 제조하였으며, T3 직물은 경·위사를 신축사로 구성하였다.

[표 1] 기존 직물(TO1)과 신규 제조 직물의 비교

| 직물 | TO1 | T1 | T2 | T3 |
|------------------------|--------------------|-------|-------|--------|
| 조직 | 평직 | 능직 | 평직 | 리브 평직 |
| 구성 섬유 | PET/Cotton = 70/30 | PET | PET | PET |
| 밀도 (올수/in) | 116x76 | 65x82 | 85x49 | 107x88 |
| 중량 (g/m ²) | 149 | 192 | 306 | 287 |
| 두께 (mm) | 0.21 | 0.30 | 0.40 | 0.40 |

2.4 제조 직물의 표면 관찰

제조된 직물의 표면을 광학현미경(Optical Microscope, Carton)을 사용하여 관찰하였다.

2.5 직물의 마모성 평가

표준규격에서 사용되는 마모성 평가 방법은 실제 온열안마기의 마모기구를 적절히 구현하기 어렵다. 따라서 본 연구에 가장 적합한 평가를 위하여 실제로 사용되고 있는 CERAGEM RH1 온열안마기를 이용하여 효과적으로 내마모성 평가를 할 수 있는 방법을 고안하였다. 73Kg의 모래주머니를 사용하여 사람과 유사한 하중을 부여하고 안마기 내부온도를 60℃로 고정시킨 온열 조건에서 시험을 진행하였다. 이때 기기가 정지하지 않도록 연속적으로 작동시키면서 시험 직물이 파손되는 사용시간을 측정하여 직물의 내마모성을 평가하였다.

2.6 직물의 강도 및 신도 평가

직물의 물성평가를 위해 INSTRON 5569 장치를 사용하여 인장강도와 인열강도를 측정하였다. 인장강도 시험은 시험편의 크기 25.4mm×150 mm, 파지 길이 10 mm, 인장속도 300 mm/min로 시험하였으며 시료 종류 당 5회의 반복시험을 통해 인장강도의 평균값을 산출하였다.

인열강도의 측정은 KS K 0536에 규정된 시험법에 따라 시험하였다.

2.7 직물의 유연성 평가

KS K 0539에 규정된 Flexometer법을 이용하여 유연성을 측정하였다. 가로 25mm, 세로 250mm의 시료를 Flexometer를 이용하여 측정한 직물의 구부러진 길이와

직물의 단위면적당 무게를 식(1)에 대입하여 굴곡성을 나타내었다.

$$G = 9.81\rho_A \left(\frac{l}{2}\right) \quad (1)$$

G : flex 굴곡성 (m·N/m)

ρ_A : 직물 면적의 단위 면적당 무게 (g/m²)

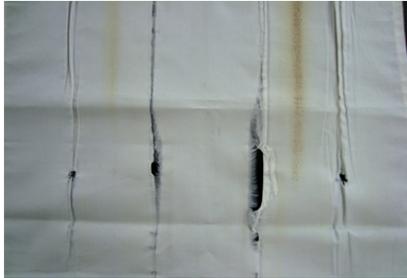
l : 구부러진 길이(m)

2.8 직물의 난연성 평가

난연성 평가는 FMVSS 302에 규정된 시험법에 따라 가로 30.48 cm, 세로 10.16 cm의 직물에 15초간 불을 가하여 주고 직물에 옮겨 붙은 불이 표시된 시작선을 통과하여 254mm를 타들어 가는데 걸리는 시간을 측정하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 문제점 분석



[그림 3] 내부도자와 내부천의 마찰로 발생한 직물 파손의 형태

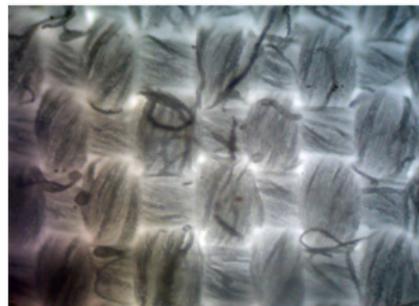
기존의 안마기에 사용되고 있는 내부천의 파손형태는 그림 3에서 볼 수 있다. 안마기의 작동원리에 따라 내부도자가 좌우로 왕복운동을 하기 때문에 도자와 맞닿아 있는 부분에서 마찰이 발생하게 되고 직물은 마모로 인하여 손상이 발생하게 된다. 내부천의 마찰과정을 좀 더 자세히 보면 마모를 가속화 시키는 요인들을 찾아볼 수 있는데 직물의 접힘현상과 cotton사의 돌출이다. 마모진 행과정을 보면 그림 3에서도 볼 수 있듯이 내부도자의 굴곡면이 이동한 경로를 따라 직물의 접힘이 나타나게 되고 이 부분에서 가장 먼저 직물의 파손이 나타남을 관찰할 수 있다. Cotton 직물은 탄성회복이 좋지 못하여 구김이 매우 잘 생기는 직물이다[1]. 더욱이 마찰로 인한 마모

를 줄이기 위하여 siloxane처리를 하였고 난연성 향상을 위하여 난연제 처리를 하였기 때문에 섬유표면의 물성이 변화되어 가공되지 않은 면직물보다도 유연성이 매우 부족하다[2]. 따라서 기기의 작동도중 발생한 주름은 회복되지 못한 채 접힌 부위에 지속적으로 마찰력이 가해져 직물의 손상이 가속화되어 빠르게 손상 되는 것으로 판단된다. 또한 PET/Cotton 혼방 직물을 구성하는 Cotton섬유는 자체적으로 천연코임을 가지고 있을 뿐만 아니라[3] 단섬유끼리 꼬아서 실의 형태로 만들기 때문에 돌출되는 부위가 많고 직물의 표면이 매끄럽지 못하다[4]. 이러한 구조 때문에 마찰에 크게 영향을 받게 되고 그로 인하여 그림 4처럼 cotton의 잔해물이 떨어져 나와 직물의 표면을 더욱 거칠게 만든다. 이처럼 돌출된 단섬유와 cotton의 잔해들로 인하여 직물의 손상이 가속화 되는 것으로 추정된다.

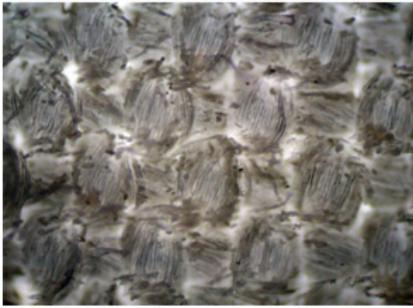
추가적으로 난연제 및 유연제를 이용한 후가공은 직물의 손상에 영향을 주기 때문에 이를 개선하기 위하여 후가공 난연처리 보다는 직물의 유연성을 유지할 수 있도록 직물을 구성하고 있는 섬유재료 자체의 난연화가 필요하다.

3.2 직물의 제조

다양한 종류의 합성섬유들이 내부천으로 사용될 수 있지만 우수한 내마모성을 갖는 나일론 섬유를 사용하는 것이 가장 효과적으로 개선효과를 가져올 수 있다. 하지만 온열안마기에 사용되는 내부천은 최대 60℃까지 열에 노출되므로 사용조건이 매우 고온이다. 따라서 50℃ 정도의 Tg를 가지고 있는 나일론 섬유의 경우, 내마모성은 우수하나 열에 의해 쉽게 변형될 것이 예상되므로 내마모성이 우수하면서도 80℃ 정도에서 Tg를 갖는 PET[5]를 사용하는 것이 고온 내구성을 얻을 수 있다고 판단되었다.



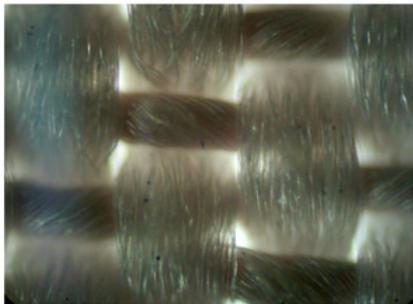
(a) 마모 전 직물의 표면



(b) 마모 후 직물의 표면

[그림 4] 기존 안마기의 내부천으로 사용되던 TO1 직물의 표면

또한 직물의 표면을 플라스틱 재료로 코팅하여 내마모성을 향상시키려는 시도[6]도 본 연구에 적용가능 하지만 코팅방법은 유연성이 나빠지는 등 다른 문제점이 많이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 직물의 표면 요철을 최대한 감소시키기 위하여 단섬유 형태의 섬유가 아닌 필라멘트 형태로 사용하여 제작하였다. 직물의 표면을 최대한 부드럽고 유연하게 만들기 위해 직물을 후가공 난연 처리한 것이 아니라 원사 제조단계에서 인체에 무해한 인계 난연제를 첨가하여 방사한 난연성 PET 섬유를 사용하였다.



(a) 직물의 표면

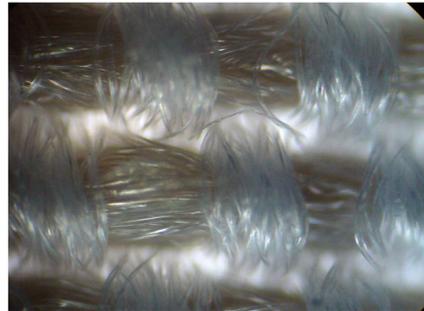


(b) 직물의 뒷면

[그림 5] 강연사를 위사로 사용하여 제작한 직물(T1)의 외관

그림 5에 나타난 것과 같이 T1은 위사를 강연사로, 경사를 꼬임이 없는 실로 직물을 구성하였다. 이러한 강연사는 구성섬유들이 꼬임에 의해 강하게 집속되기 때문에 굽힘이나 접힘에 저항하는 탄성회복이 커지게 된다[7]. 따라서 위사 부분에 강연사를 배치함으로써 접힘 증상으로부터 개선할 수 있을 것으로 판단하였다.

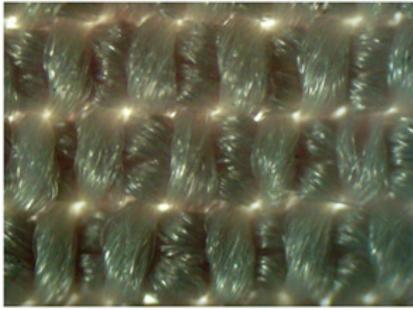
난연 PET를 무라다 고속가연기(33H)를 통해 가연을 하여 300D/96F로 제조한 후 TWO FOR ONE 연사기로 1500T/M으로 연사작업을 하여 원사의 집속성을 높였다. 가연하였지만 감량가공을 통하여 직물이 유연하도록 제조하였으며 직물의 평활화를 위해 조직을 능직으로 하여 표면과 이면이 다르게 하였다. 한쪽은 강연사가 많이 드러나 내마찰성을 좋게 하였고 다른 한쪽은 꼬임이 없는 실이 많이 드러나도록 하여 부드러운 표면 때문에 마찰로 인한 소음이 줄어들도록 하였다. 이처럼 경·위사의 각각 다른 특성과 능직의 표리 특성으로 인하여 직물의 표리, 경·위사 별로 각각 다른 특성을 보이는 방향성 직물이 되었다. 또한 일반적인 직물과 달리 위사의 밀도를 높여주어 내마모성을 향상시키고자 하였다.



[그림 6] 꼬임이 거의 없는 원사를 사용한 직물(T2)의 표면

그림 6은 꼬임이 거의 없는 평활한 원사를 사용하여 평직으로 제작한 T2 직물의 표면을 보여주고 있다. T1과 같이 강한 꼬임을 주게되면 접합성은 개선되지만 표면 요철의 증가로 인해 오히려 마찰력이 커질 가능성이 있기 때문에 T2 직물에서는 평활성을 최대한 부여하고자 하였다.

T2는 난연 PET를 무라다 고속가연기(33H)를 이용하여 가연을 하여 300D/96F로 제조한 후 별도의 공정없이 일반적인 직물을 제조 하였다.



[그림 7] 신축사를 사용하여 제조한 직물(T3)의 표면

그림 7은 신축사를 사용한 T3 직물의 표면을 나타내고 있다. T3는 내부도자에 의해 집중적으로 발생하는 과다응력을 효율적으로 분산시키기 위하여 원단의 경·위사 양방향에 5~10%의 고신축사를 적용하여 응력 분산을 유도 하였다. 원사는 T1, T2 직물과 동일한 과정을 거쳐 300D/96F로 제작하였고 신축성 부여를 위하여 커버빙기(대원)로 PU 40D 신축사와 난연사를 500T/M으로 커버링하였다. 또한 위사방향에 강연사를 사용하여 접힘 증상을 최대한 방지하도록 제조하였다. 경사 1올에 대하여 한 개구에 2개의 위사를 투입하여 완성한 리브직 구조로 제작 하였으며 경위사의 직물의 밀도를 높여서 직물의 강도를 향상시키고자 하였다.

3.3 직물의 성능 평가

3.3.1 직물의 내마모성

[표 2] 기존 직물과 제조 직물의 내마모성 평가 결과

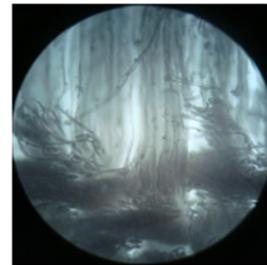
| 시료 | TO1 | T1 | T2 | T3 |
|------------|------------|------------|----------|------------|
| 내구성(Hours) | 300 ±30 | 500 ±25 | 24 ±5 | 600 ±50 |

CERAGEM RH1 안마기를 이용하여 시험한 내마모성 평가 결과를 표 2에 나타내었다. 현재 사용중인 내부천(TO1)은 시험을 시작한지 약 300시간 경과 후에 마모로 인한 손상이 나타났다. 24시간 이내에 직물의 접힘이 발생하기 시작하여 이 부분에서 마찰로 인한 손상이 가속화 되었다. 어깨부분의 위치가 기기 구조상 다른 부분보다 무게가 가중되어 빠른 마모양상을 보였다. 그림 4(b)처럼 마찰로 인하여 직물이 손상되기 시작하면서 단섬유인 면섬유들이 마찰로 인하여 부스러지기 시작했고 직물 사이사이에 끼게 되어 마찰 표면을 더욱 거칠게 하였다.

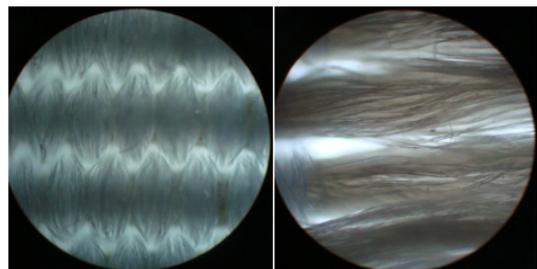
T1 직물은 시험을 시작한지 약 500시간 경과 후에 마모로 인한 손상이 나타났다. 기존에 사용되던 TO1 직물보다 약 1.5배 이상 성능이 향상 되었다. 시험 시작 후 48

시간 이내에 열에 의해 눌린 모습이 관찰 되었고 눌린 부분은 점차 손상이 되고 섬유가 절단되었으나, 직물 설계 시 예상한 것처럼 직물 손상시까지 접힘증상이 나타나지 않았다. 특징적인 것은 경·위사 모두가 절단된 것이 아니라 강연사를 사용한 위사만 절단이 되었고 경사의 경우 거의 손상이 없었다. 그림 8은 T1 직물의 손상 후 표면의 모습이다.

반면에 T2 직물은 시험을 시작한지 약 24시간 이내에 손상됨을 관찰할 수 있었다. 특이한 점은 TO1이나 T1 직물처럼 마모로 인하여 실이 끊어지는 것이 아니라 그림 9(b)처럼 열로 인하여 위사가 신장되고 그림 9(a)처럼 부분적으로 경사가 밀집되거나 경사가 없는 형상이 나타났다. 이러한 결과는 평활성을 증가시키기 위해 경위사 모두 꼬임을 주지 않은 원사를 사용하였기 때문에 경·위사간의 마찰력이 감소하여 외부에서 가해진 응력이 직물조직을 붕괴시키는 것으로 판단되었다. 결과적으로 내마모성 증진의 효과를 볼 수 없었으므로 강도 및 신도 그 외의 기타 시험에서 T2 직물은 제외하였다.



[그림 8] 내마모성 평가 후 손상된 T1 직물의 표면



(a) 경사의 솔림 (b) 신장된 위사

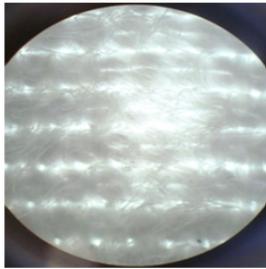
[그림 9] 내마모성 평가 후 손상된 T2 직물의 표면

그림 10과 같은 T3 직물의 손상 모습은 약 550시간 경과 후 관찰 되었고 경사가 우선적으로 손실됨을 관찰할 수 있었다. 열에 의해 눌린 모습은 관찰되나 접힘증상은 관찰되지 않았다. 경사가 손상되었을 때에도 고밀도 직물이기 때문에 T1 직물과는 달리 손상을 육안으로 구분하

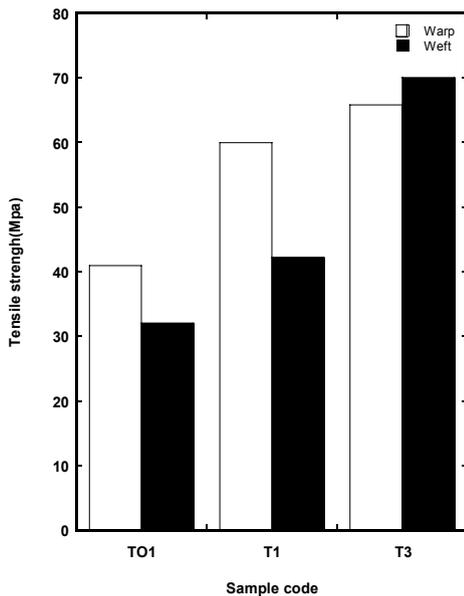
기 어렵다. 따라서 육안으로 확인 가능한 손상시까지는 약 50시간 정도 추가적인 사용이 가능했다.

3.3.2 직물의 강도 및 신도

그림 11의 인장강도를 보면 T1, T3의 인장강도가 기존의 직물보다 우수하며 특히 T3 직물은 경·위사의 강도가 유사하여 가장 좋은 성능을 보인다.



[그림 10] 내마모성 평가 후 손상된 T3 직물의 표면



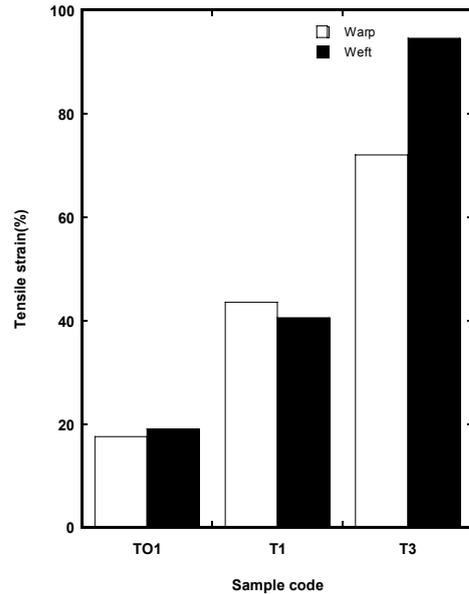
[그림 11] 기존 직물(TO1)과 제조 직물(T1, T3)의 인장강도 비교

신도를 나타내는 그림 12를 보면 TO1은 경·위사 모두 20%이하의 낮은 신도를 보인다. T1은 40%정도, T3는 65% 이상의 신도를 보이는데 이는 TO1의 신도보다 2~3배 향상된 신도이다.

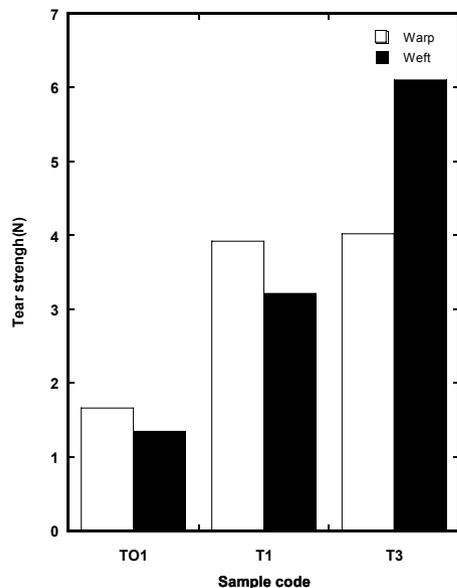
안마기 작동시 사용자의 무게가 내부도자에 집중되고 내부도자가 움직일 때 원단은 강한 신장과 회복의 형태를 반복하게 되는데 신축사의 사용으로 경·위사의 신도가

65% 이상인 T3 직물은 변형에 대하여 가장 우수한 회복력과 그에 따르는 내구성을 가질 것으로 판단된다.

그림 13의 인열강도 결과에서도 T3직물은 가장 높은 인열강도를 갖는다. 이러한 결과는 마모시험에서 T3가 가장 큰 내마모성을 나타내는 것과 밀접한 연관이 있다.



[그림 12] 기존 직물(TO1)과 제조 직물(T1, T3)의 신도 비교



[그림 13] 기존 직물(TO1)과 제조 직물(T1, T3)의 인열강도 비교

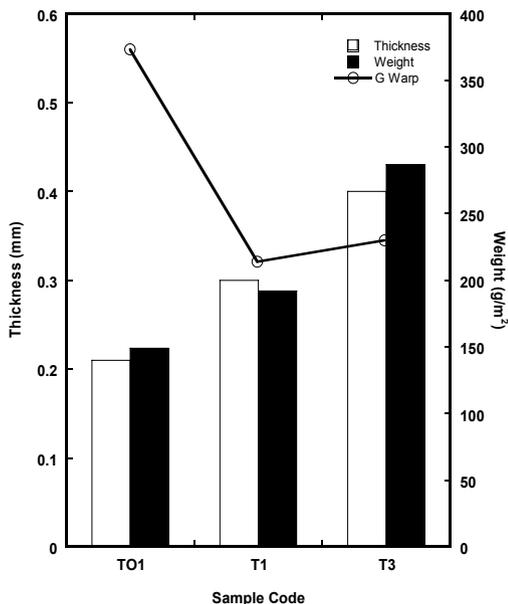
3.3.3 직물의 유연성

직물의 유연성 및 탄력성은 직물의 접합현상에 직접적인 영향을 줄 뿐만 아니라 내부도자 또는 외부천의 마찰시 발생할 수 있는 소음에 영향을 주기 때문에 쾌적성과 관련이 있다. 이용시 마찰소음이 발생한다면 사용에 문제가 되기 때문에 적절한 유연성이 필요하다.

직물의 유연성 평가 결과를 표 3와 그림 14에 나타내었다. 일반적으로 직물의 두께가 두꺼워질수록 직물의 유연성은 떨어진다. TO1 직물의 경우 T1, T3 직물 보다 얇은 직물이지만 유연성이 훨씬 떨어지는 것을 볼 수 있는데 이것은 후가공 처리로 인하여 직물이 뻣뻣해졌기 때문이다. 유연한 직물일수록 굴곡면 또는 신체와의 접촉이 용이하기 때문에 마찰소음의 감소, 사용감의 향상 효과를 얻을 수 있다.

[표 3] 시료별 유연성 평가결과

| 시료 | TO1 | T1 | T3 |
|----------------------------|--------|-------|--------|
| Thickness (mm) | 0.21 | 0.30 | 0.40 |
| Weight (g/m ²) | 149 | 192 | 287 |
| Flexural stiffness (G, mN) | 71,000 | 7,000 | 18,000 |



[그림 14] 기존 직물(TO1)과 제조 직물(T1, T3)의 두께와 무게에 따른 유연성 평가 결과

3.3.4 직물의 난연성

의료용 보조기구는 사람의 생활환경 내에 근접하게 위치하고 있기 때문에 화재시를 대비한 우수한 난연성을 필요로 한다. 만약 우수한 내구성을 갖더라도 충분한 난연성을 갖추지 못할 시 사용할 수 없기 때문에 합성섬유를 난연제로 처리하여 우수한 난연성을 나타내도록 하는 연구가 많이 진행되고 있다[8]. 이러한 이유 때문에 내부천의 난연처리는 반드시 필요하다.

난연처리 과정을 거친 TO1, T1, T3 직물의 난연성 시험결과 세 직물 모두 직물이 발화된 후 측정 시작선을 통과하지 못하고 스스로 불이 꺼지는 것을 관찰할 수 있었다. 이를 통해 세 직물 모두 자소성을 가진 우수한 난연 직물임을 알 수 있었다. 따라서 난연제의 혼입방사를 통해 얻어진 난연성 PET 필라멘트를 사용한 T1, T3 직물은 온열안마기용 내부천을 대체할 수 있다고 판단하였다.

4. 결론

이 연구에서는 온열안마기용 섬유재료의 기능성 향상을 위해 기존에 사용되고 있는 직물의 취약한 마모현상을 분석하였다. 이를 바탕으로 보다 우수한 내마모성 및 물성을 가지는 직물을 설계 및 제조하고 그 성능을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Filament로 제조한 직물은 단섬유의 표면요철과 부스러기로 표면이 거칠어지는 것이 방지되며 표면이 평활하여 마모로 인한 손상이 적었다.
2. 강연사와 신축사를 사용한 직물 모두 효과적으로 접힘현상을 감소시킬 수 있었으며 강연사보다 신축사가 인장강도 및 인열강도가 우수하기 때문에 온열안마기용 내부천으로 더욱 적합함을 알 수 있었다.
3. 난연제를 원사에 혼입 방사한 PET 섬유로 제작한 직물은 우수한 난연성을 가질 뿐만 아니라, 후가공에 의한 난연직물보다 유연성이 좋고 매끄러운 표면 때문에 향상된 내마모 성능을 얻을 수 있었다.

* 직물제조에 많은 도움을 주신 다원텍스피어 이태호 사장님께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 박병기, “섬유공학의 이해”, 시그마프레스, pp. 74-76, 9월, 2000.
- [2] 김영호 외, “기능성 섬유가공”, 교문사, pp. 200, 2월, 2004.
- [3] 안병기, “피복재료학”, 경춘사, pp. 69-70, 1월, 2004.

- [4] Sara J. Kadolph, "Textiles", PrenticeHall, 2006.
- [5] 한국섬유공학회, "최신합성섬유", 형설, pp. 109, 442~444, 3월, 2006.
- [6] 김동학 외, "플라스틱 지물 코팅재료에 관한 연구" 산학기술학회 논문지, 제4권, 제1호, pp. 42-46, 3월, 2003.
- [7] 차옥선, "피복재료학", 경춘사, pp. 284-287, 3월, 2002.
- [8] 김동학 외, "Melamine계 난연제를 이용한 Nylon6의 난연성 및 물리적 특성 평가" 산학기술학회 논문지, 제7권, 제4호, pp. 743-748, 8월, 2006.

이 주 영(JooYoung Lee)

[정회원]



- 2010년 2월 : 단국대학교 파이버 시스템공학과 (공학사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 파이버시스템공학과 석사과정

<관심분야>

섬유고분자재료, 섬유복합재료

김 호 동(HoDong Kim)

[정회원]



- 1989년 2월 : 한양대학교 대학원 섬유공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : Case Western Reserve University, USA (공학 박사)
- 1988년 12월 ~ 1996년 7월 : (주) 코오롱 기술연구소 선임연구원

- 2004년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 파이버시스템공학과 교수

<관심분야>

섬유고분자재료, 섬유복합재료