한국염색가공학회지
pISSN 1229-0033, eISSN 2234-036X
연구논문(기술)
https://doi.org/10.5764/TCF.2017.29.2.97

폴리케톤 섬유의 염색 및 후가공 처리에 따른 기계적 물성에 관한 연구

Study on the Mechanical Properties of Polyketone Fiber according to Dyeing and Finishing Process

*Corresponding author
Sang Yong Kim
(ssarou@dyetec.or.kr)

김상룡*, 김경민, 이원[1], 이득진[1], 황순동[1], 양성용[2]
DYETEC연구원, [1](주)효성, [2]영풍화성(주)

Sang Yong Kim*, Kyung Min Kim, Won Lee[1], Deuk Jin Lee[1], Sun Dong Whang[1] and Sung Yong Yang[2]
Korea Dyeing and Finishing Technology Institute, Daegu, Korea
[1]HYOSUNG Corp., Anyang, Korea
[2]YOUNG-POONG Chemical Corp., Daegu, Korea

Received_April 19, 2017
Revised_May 16, 2017
Accepted_June 23, 2017

Abstract Polyketone fiber, a newly developed high strength fiber, has a tenacity and modulus similar to the p-aramid fiber, and can be used for reinforcing mechanical rubber goods(MRG), such as tires, hoses, and technical textiles. It will be expected for replacement of super fiber such as aramids and increasing the technical textile market share. This paper surveys the mechanical properties of polyketone fiber for technical textiles. For this purpose, dyed polyketone fabric is prepared, mechanical properties of coated and uncoated polyketone fabrics such as tensile strength, elongation and tear strength were examined before and after weather resistance test(temperature 63±3℃, humidity 60%, amount of power 0.35w/m^2). The differences of mechanical properties between uncoated and coated fabrics for high functional technical textiles and composite materials are estimated through this study. The UV-stability of polyketone fabric showed obvious improvement after coating. After 168h(7day) of UV exposure, the coated fabric showed less deterioration in mechanical properties with the retained tensile strength and elongation at break greater than 22 and 17% of the uncoated polyketone fabrics values, respectively.

Keywords *polyketone fiber, coated fabric, UV stability, MRG(mechanical rubber goods), mechanical property, fastness*

Textile Coloration and Finishing
TCF 29-2/2017-6/97-103
©2017 The Korean Society of Dyers and Finishers

1. 서 론

산업용 섬유 용도로 각광을 받고 있는 슈퍼 섬유는 비강도가 20g/d(170.7cN/dtex) 이상으로서 강도와 탄성율이 높으며, 화학적인 안정성도 뛰어나 최근 관심과 수요가 급증하면서 산업용 섬유 분야에 다양하게 사용되고 있다.

대기오염의 원인인 일산화탄소를 주원료로 하여 에틸렌과 합성한 공중합체를 방사하여 제조한 폴리케톤(polyketone) 섬유는 환경 친화적이며, 구조식은 Figure 1과 같이 기타 고강도 섬유 소재에 비해 공정비(원료/중합 공정비)가 저렴하여 경제적으로도 경쟁력을 갖춘 소재이다[1-3]. 섬유소재 외에도 외부 충격, 화학적 안정성, 마모강도, 기체 차단성 등이 우수하여 engineering plastic 소재로도 각광을 받고 있어, 다양한 산업에 용도 전개가 기대되는 소재이다.

현재 대한민국에서 유일하게 생산되고 있는 폴리케톤(alphatic polyketone, PK) 섬유는 고강도 및 다양

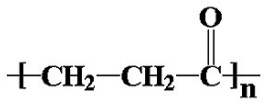


Figure 1. Chemical structure of polyketone.

한 기능성을 발현함으로서 기존 산업용 섬유 시장을 대체하고, 새로운 산업에 적용될 것으로 예상되어 지며[4], 폴리케톤 섬유의 또 다른 특징인 고무와의 높은 접착력을 발현하는 소재로서, 고무와의 접착시 소재의 기계적 물성을 안정적으로 제공할 수 있는 고강도/고성능 고무 복합소재(타이어코드, MRG 제품)로의 활용이 기대되고 있다. 특히 항공우주, 건설 등의 극한 산업에 사용되고 있는 고무 복합재료의 경우 재료의 내구성 및 형태안정성 등을 발현하기 위한 중요한 요소로서 구성 요소간의 접착력이 중요한 인자라고 할 수 있으므로[5], 이러한 폴리케톤 섬유의 소재 특성을 활용한 다양한 산업에 적용을 하기 위한 연구 개발이 지속적으로 이루어져야 할 필요가 있다.

폴리케톤 섬유의 단점 중 하나는 UV에 일정 시간동안 노출하였을 때 기계적 물성이 저하되는 성질을 가지고 있다. 아웃도어용 소재로 사용하기 위해선 염색 및 후가공 공정을 통해 소재 단점을 극복할 수 있는 다양한 연구[6] 및 공정 설계가 필요하다.

본 연구에서는 (주)효성으로부터 제공 받은 폴리케톤 섬유를 이용하여 제직된 직물 소재에 염색 및 코팅 가공을 부여한 후 제작된 샘플의 가공 전후 내후성 시험을 진행하였으며, 이에 따른 기계적 물성을 측정하였다. 폴리케톤 소재의 컬러, 자외선(UV) 취약점, 견뢰도 등의 단점을 보완하기 위해 진행되어진 코팅 가공 전후 소재의 기계적 물성을 비교 · 분석[7-9]하고, 물성 안정 확보를 위해 진행되어진 가공 공정들에 대한 소재의 물성 변화를 DB화함으로서, 가까운 미래 시장에 나오게 될 폴리케톤 섬유의 다양한 용도전개를 위한 연구에 도움을 주고자 한다.

2. 실 험

2.1 시료

Table 1은 본 연구에서 사용된 폴리케톤 직물 시료를 보이고 있다. 사용된 직물 시료는 (주)효성에서 생산된 폴리케톤 원사 1000D를 이용하여, 경위사 최대 밀도 38×27 조건으로 제직되었다. 폴리케톤 섬유 100% 직물의 경우 제직 후의 원단의 조밀성 발현 및 생산성 증가를 위하여 WJL(Water Jet Loom) 직기로 최종적으로 양산화 공정 확립을 위한 제직 기술을 접목하였다.

Table 1. Specimen

Material	Warp/weft	Density/inch
PK fabric	PK 1000D	38×27

2.2 실험방법

폴리케톤 직물 소재의 내후성 테스트는 Table 1의 직물 시료를 이용하여 Figure 2의 내후성 시험기(Weather-Ometer Ci5000, Xenon Arc, USA)를 사용하여 ASTM G155에 의거하여 온도 63±3℃, 습도 60%에서 0.35w/m^{2}의 전력량으로 7일간 처리해 주는 방식으로 진행했으며, 처리 후 KS K 0412에 근거하여 시료의 기계적 물성을 측정하였다. 또한, 폴리케톤 소재의 컬러, UV 취약점, 견뢰도 등의 단점을 보완하기 위해 Table 1의 시료를 이용하여 Table 2, Table 3, Table 4의 조건으로 폴리케톤 직물소재의 염색 및 코팅 가공연구를 진행하였다.

폴리케톤 직물소재의 염색 공정 중 일광견뢰도 증진 목적으로 현재 차량용 car-seat 제품에 사용되고 있는 견뢰도 증진 염료 및 첨가제를 사용하여 염색 가공을 진행하였다[10]. 염색된 폴리케톤 직물소재의 코팅 공정은 산업용 방수 코팅 공정을 적용하여 1, 2차에 걸쳐 폴리우레탄(PU) 단면 코팅 공정을 진행하였다.

폴리케톤 섬유 직물 소재의 기계적 물성 측정 방법으로 인장강도는 ASTM D5035-11(스트립법, lbf/2.5cm), 인열강도는 ISO 13937-4(더블텅법, lbf)에 각각 근거하여 만능인장 시험기(Universal Testing Machine, SHIMADZU, Japan)를 사용하여 직물소재의 기계적

Figure 2. Weather resistance test.

Table 2. Conditions of dyeing

Conditions	
Dye/concentration	Disperse dye 3% o.w.f (Archroma Foron Black AS-3LF)
Bath ratio	1 : 30
Dyeing time	40min
Temperature	135℃

물성을 측정하였다. 또한, 염색되어진 폴리케톤 직물 소재의 코팅 처리 전후의 일광견뢰도를 측정하여 비교 분석 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 폴리케톤 섬유 직물소재의 내후성 시험결과

Figure 3은 Table 1의 시료를 이용하여 Table 2, Table 3, Table 4의 공정조건으로 염색 및 코팅 되어진 폴리케톤 직물 소재의 코팅 가공 전후 표면 형상을 나타낸다. Figure 3의 (b)에 나타나듯이 직물의 경위사가 교차하는 지점에는 코팅제 도포량이 다른 표면보다 높은 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 사용한 폴리케톤 직물 시료가 1000D급의 태섬사를 사용하여 평직(plain)으로 제직을 하였기 때문에, 경위사가 교차하는 부분과 표면 경위사와의 두께 차이에 의한 것으로 사료되어진다.

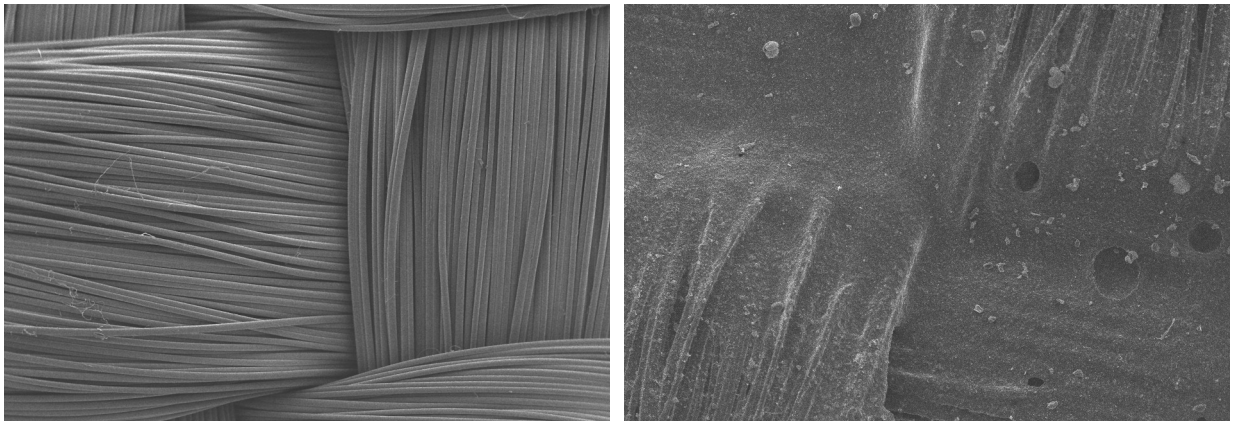
폴리케톤 섬유의 내후성 시험을 위해 Table 1의 시료를 1, 3, 5, 7일 간격으로 샘플링을 했고, 인장시험기를 사용하여 5회 이상 인장 및 인열 시험을 했으며,

Table 4. Conditions of coating agent

	Agent	Ratio(PHR)
1st time	PU	50
	Toluene	30
	Paraffin	4
	Acrylic	30
	Cross linking	1
2nd time	PU	60
	Toluene	30
	Quencher	1
	Silicon	0.5
	Acrylic	10

Table 3. Conditions of coating process

Coating type	Knife type	Knife conditions		Temp.	Spread(g/m²)	Thickness(mm)	
Knife over roll	J knife	1st time	0.2mm	120℃	5.73	Uncoated	0.54
		Coated	0.69			2nd time	0.3mm



(a) (b)

Figure 3. SEM images of surface morphology of coated and uncoated polyketone fabrics (a) Uncoated polyketone fabric, (b) Coated polyketone fabric.

Table 5. Tensile properties of coated and uncoated polyketone fabrics before and after weather resistance test

		Initial		24hr(1day)		72hr(3day)		120hr(5day)		168hr(7day)	
		Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft
Tenacity (lbf/ 2.5cm)	Uncoated	932.2	406.9	534.2	268.9	297.6	121.6	156.8	81.6	87.8	32.1
	Ave.	669.6		401.6		209.6		119.2		60.0	
	Coated	1150.7	426.4	729.9	221.6	569.4	134.5	445.4	102.2	391.0	83.6
	Ave.	788.6		475.8		352.0		273.8		237.3	
Elongation (%)	Uncoated	7.3	11.2	6.9	10.8	4.7	7.8	4.3	7.3	4.0	5.8
	Ave.	9.25		8.9		6.3		5.8		4.9	
	Coated	6.9	11.0	6.0	10.8	4.6	9.9	4.8	8.3	4.4	8.1
	Ave.	8.95		8.4		7.3		6.6		6.3	

이 때 가공 공정 후에 대한 효과를 고찰하기 위해 코팅 공정 후의 시료를 동일한 조건인 1, 3, 5, 7일 간격으로 샘플링하여 기계적 물성을 비교하여 보았다.

Table 5는 폴리케톤 직물소재를 이용하여 코팅 공정 전과 코팅 공정 후의 시료를 이용하여 내후성 처리 전후의 인장 특성 측정값을 나타낸다. 내후성 처리 전 폴리케톤 직물 소재의 인장강도 값을 살펴보면, 코팅 공정 전의 직물 시료는 평균 669.6lbf/2.5cm의 값을 나타났으며, 코팅 공정 후 788.6lbf/2.5cm로 약 120lbf/2.5cm 인장강도 값이 증가한 것으로 나타났다. 인장신도 값은 코팅 공정 전 시료에 비해 약 0.3% 감소하였다. 이는 폴리케톤 직물 소재의 단면에 PU 수지를 코팅함으로서, 직물소재의 인장강도 값은 증가하고, 인장신도 값은 감소하는 결과로 나타났다.

Figure 4는 내후성 시험에 대한 폴리케톤 직물 소재의 인장특성 비교 그래프를 나타내었다.

Figure 4의 (a)에 인장강도 결과에서 나타나듯이, 코팅 처리를 하지 않은 직물 소재는 1일간 처리 후 약 40%의 강도 저하가 일어났고, 7일간 처리 후에는 약 8%의 강도만 유지하는 결과를 나타냈다. 코팅 처리를 한 직물 소재 역시 시간이 지남에 따라 계속적으로 강도 저하가 일어났으나, 코팅 처리를 하지 않은 소재에 비해 강도 감소폭은 낮은 것으로 나타났다. 하지만, 코팅 처리를 한 소재도 7일간 처리 후에는 약 30%의 강도를 유지 하는 것으로 보아 폴리케톤 섬유는 UV에 상당히 취약한 것으로 판단할 수 있다.

Figure 4의 (b)에서 인장 신도 또한 처리 시간이 지남에 따라 두 샘플 모두 강도의 저하와 함께 점차적으로 감소하였으나, 3일간 처리 후에는 코팅 처리한 소재보다 코팅 미처리 소재의 신도가 확연히 떨어지는 것으로 나타났다. 7일간 처리 후에는 초기대비 코팅 미처리

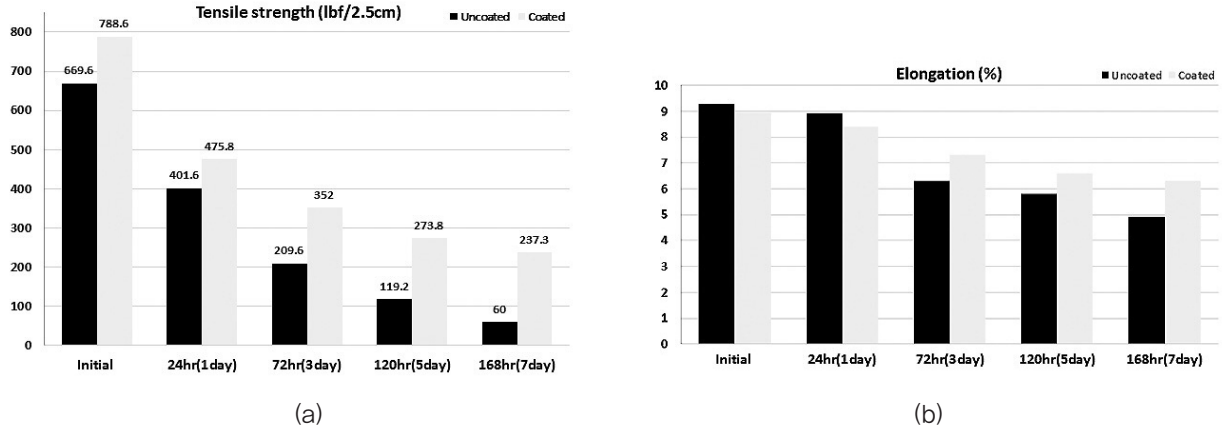


Figure 4. Tensile properties of coated and uncoated polyketone fabrics before and after weather resistance test (a) Tensile strength of coated and uncoated polyketone fabrics before and after weather resistance test, (b) Elongation of coated and uncoated polyketone fabrics before and after weather resistance test.

Table 6. Tear strength of coated and uncoated polyketone fabrics before and after weather resistance test

		Initial		24hr(1day)		72hr(3day)		120hr(5day)		168hr(7day)	
		Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft
Tear strength (lbf)	Uncoated	319.9	291.7	160.6	98.0	126.8	88.6	83.2	69.2	43.4	53.0
	Ave.	305.8		129.3		107.7		76.2		48.2	
	Coated	357.3	291.5	250.6	175.7	117.9	103.9	108.4	76.4	60.4	65.6
	Ave.	324.4		213.2		110.9		92.4		63.0	

소재는 약 53%, 코팅 처리 소재는 약 70%의 신도를 보유하는 것으로 나타나, 코팅 공정이 UV 취약점을 가지는 폴리케톤 섬유의 단점을 상당 부분 보완이 가능할 것으로 사료되어 진다.

Table 6은 폴리케톤 직물소재를 이용하여 코팅 공정 전과 코팅 공정 후의 시료를 이용하여 내후성 처리 전후의 인열강도 측정값을 나타내었다. 내후성 처리 전 폴리케톤 직물 소재의 인열강도 값을 살펴보면, 코팅 공정 전의 직물 시료는 평균 305.8lbf의 값을 나타났으며, 코팅 공정 후 324.4lbf로 인장강도 측정 결과와 같이 약 20lbf 인열강도 값이 증가한 것으로 나타났다.

Figure 5는 내후성 시험에 대한 폴리케톤 직물 소재의 인열강도 비교 그래프를 나타내었다. 초기 강도와 비교해 보았을 때, 코팅 처리를 하지 않은 직물 소재는 1일간 처리 후 급격하게 강도 감소를 보이며 약 58%의 강도 저하가 일어났고, 7일간 처리 후에는 약 16%의 강도만 유지하는 결과를 나타냈다. 코팅 처리를 한 직물 소재 역시 시간이 지남에 따라 계속적으로 강도 저하가 일어났으며, 3일간 처리 후에는 약 34%의 강도 감소가 있었으나, 7일간 처리 후에는 강도 감소가 급격하게 일어나며 약 20%의 강도를 유지 하는 것으로 나타났다.

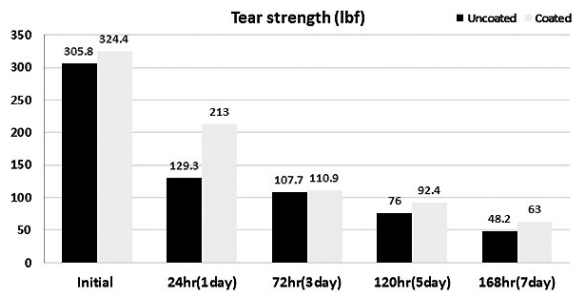


Figure 5. Tear strength of coated and uncoated polyketone fabrics before and after weather resistance test.

앞선 논문에서의 폴리케톤 원사 코팅 가공 연구 결과에서는, 폴리케톤 원사의 코팅 처리를 통해 UV 취약점 보완이 가능한 것으로 판단이 되었다[11]. 하지만, 폴리케톤 직물 소재에 대한 내후성 테스트 결과에서는 코팅 처리 후에도 기계적 물성 값의 감소가 크게 나타났다. 이는 본 연구에서 실시한 코팅 공정이 일반적으로 적용되어지는 산업용 후직물 코팅 공정인 편면 코팅 공정으로서, 본 연구에서 실시한 내후성 시험기 내에서 코팅 처리가 되지 않은 직물 표면에서 UV에 노출되어 강도가 크게 감소하는 것으로 나타났다. 앞선 논문에서 사용된 폴리케톤 코팅원사의 경우 섬유 전체에 코팅이 도포됨으로서, 섬유의 기존 강도를 유지하는 것과는 다른 결과를 나타내었다.

현재 개발 중인 폴리케톤 원사는 비록 UV차단제 등의 첨가제 처리가 되지 않은 원사로서 향후 방사공정에 UV 안정제 등의 첨가제 처리가 진행되어 질 것으로 예상하고 있어, UV에 대한 취약점은 상당부분 개선될 것으로 예상된다. 케톤 분자구조 자체의 UV 취약성 부분을 완벽하게 보완할 수는 없을 것이므로, 추후 적용 용도에 따라 코팅 공정의 연구가 계속적으로 진행이 되어야 할 것으로 판단되어지며, 폴리케톤 섬유 소재가 직접적으로 UV에 노출이 되어 사용되기는 어려울 것으로 판단되어 진다.

앞으로 폴리케톤 섬유 소재에 대한 전처리 공정(water-repellent, calendering) 및 양면 코팅 공정에 대한 실험을 통해 최적의 가공 공정 조건 제시 및 소재의 단점을 보완할 수 있는 추가적인 연구가 요구된다.

3.2 폴리케톤 직물 소재의 견뢰도 시험결과

Table 1의 시료를 이용하여 Table 2, Table 3, Table 4의 공정조건으로 염색 및 코팅 되어진 폴리케톤 직물 소재의 코팅 가공 전후 일광견뢰도를 측정하여 비교분석 하였다.

Table 7. Fastness test of coated and uncoated polyketone fabrics before and after weather resistance test

No.	1	2	3	4
Color	Yellow	Red	Navy	Black
Uncoated	4	3-4	3-4	4
Coated	4	3-4	3-4	4

Table 7은 폴리케톤 직물 소재의 코팅 전후 일광견뢰도 측정값을 나타내고 있다. 결과적으로 코팅 처리 전후의 일광 견뢰도 값에는 변화가 없는 것으로 나타났으며, color별로 견뢰도 값이 다른 것으로 나타났다. 특히 red, navy color가 가장 낮은 3-4급의 결과를 나타냈으며, yellow, black color는 4급의 높은 일광견뢰도 값을 나타냈다. 이는 염색 후 대부분의 color에서 1-2급의 견뢰도를 나타내는 폴리케톤 섬유의 단점을 보완하기 위해 고일광견뢰도가 요구되는 car-seat용 염료 및 첨가제를 사용하여 염색 공정 조건을 도출함으로서, 대체적으로 기존 값에 비해 향상된 일광견뢰도 값을 확보할 수 있었던 것으로 사료되어 진다.

앞으로 폴리케톤 섬유의 타켓 시장인 산업용 섬유 시장에 사용되기 위해서는 보다 높은 견뢰도 향상을 위한 염색가공 공정의 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되어 진다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 고강도 고기능성 섬유 및 관련 시장을 대체하기 위해 연구 중인 폴리케톤 섬유의 산업용 섬유 소재 용도적용을 위해 (주)효성에서 제공 받은 폴리케톤 섬유의 컬러, UV 취약점, 견뢰도 등의 단점을 보완하기 위해 폴리케톤 직물 소재의 염색 및 코팅 가공 전후에 대해 내후성 테스트를 실시하고, 기계적 물성을 비교분석 하였다.

1. 폴리케톤 직물 소재의 내후성 테스트 후 인장강도 및 인장신도 실험 결과, 코팅 처리를 하지 않은 직물 소재는 1일간 처리 후 약 40%의 강도 저하가 일어났고, 7일간 처리 후에는 약 8%의 강도만 유지하는 결과를 나타냈다. 코팅 처리를 한 직물 소재 역시 시간이 지남에 따라 계속적으로 강도 저하가 일어났으나, 코팅 처리를 하지 않은 소재에 비해 강도 감소폭은 낮은 것으로 나타났다.
2. 인장 신도 또한 처리 시간이 지남에 따라 두 샘플 모두 강도의 저하와 함께 점차적으로 감소하였으나, 3일간 처리 후에는 코팅 처리한 소재보다 코팅 미처리 소재의 신도가 확연히 떨어지는 것으로 나타났다. 7일간 처리 후에는 초기대비 코팅 미처리 소재는 약 53%, 코팅 처리 소재는 약 70%의 신도를 보유하는 것으로 나타나, 코팅 공정이 UV 취약점을 가지는 폴리케톤 섬유의 단점을 상당 부분 보완이 가능할 것으로 사료되어 진다.
3. 인열강도 측정값에서는 코팅 처리를 하지 않은 직물 소재는 1일간 처리 후 급격하게 강도 감소를 보이며 약 58%의 강도 저하가 일어났고, 7일간 처리 후에는 약 16%의 강도만 유지하는 결과를 나타냈다. 코팅 처리를 한 직물 소재 역시 시간이 지남에 따라 계속적으로 강도 저하가 일어났으며, 3일간 처리 후에는 약 34%의 강도 감소가 있었으나, 7일간 처리 후에는 강도 감소가 급격하게 일어나며 약 20%의 강도를 유지 하는 것으로 나타났다.
4. 폴리케톤 직물 소재에 대한 내후성 테스트 결과에서는 코팅 처리 후에도 기계적 물성 값의 감소가 크게 나타났다. 이는 일반적으로 적용되어지는 산업용 후직물 코팅 공정이 직물 소재의 편면에만 이루어지는 코팅 공정으로서, 코팅 처리가 되지 않은 직물 표면에서 UV에 노출되어 강도가 크게 감소하는 것으로 나타났다.
5. 폴리케톤 직물 소재의 코팅 전후 일광견뢰도 측정값에서는 코팅 처리 전후의 일광 견뢰도 값에는 변화가 없는 것으로 나타났으며, color별로 견뢰도 값이 다른 것으로 나타났다. 특히 red, navy color가 가장 낮은 3-4급의 결과를 나타냈으며, yellow, black color는 4급의 높은 일광견뢰도 값을 나타냈다.
6. 본 연구결과에서 살펴보았듯이 폴리케톤 섬유 소재가 직접적으로 UV에 노출이 되어 사용되기는 어려울 것으로 판단되어지므로, 폴리케톤 소재를 추후 산업용 및 생활용 섬유 소재 용도로 적용하기 위해서는 자외선에 대한 물성 안정을 위한 공정연구 및 다양한 기능성 가공 공정 연구가 필요하며, 나아가서 공정 단가를 고려한 적용 용도별 공정 조건 연구 및 물성확인 등 계속적인 연구개발이 필요할 것으로 사료되어 진다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 WPM(World Premier Materials)사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

1. J. S. Won, H. Y. Choi, J. J. Yoo, H. N. Choi, D. K. Yong, and S. G. Lee, Interfacial Adhesion Properties of Oxygen Plasma Treated Polyketone Fiber with Natural Rubber, *J. Adhesion Interface*, **1**, 45(2012).
2. J. S. Won, D. Y. Jin, H. G. Son, Y. K. Hong, and S. G. Lee, Interfacial Adhesion and Fatigue Resistance of Polyketone Fiber/Natural Rubber Composites with Primer Treatment, *Text. Sci. Eng.*, **51**, 63(2014).
3. M. S. Kim, Y. J. Jang, and J. H. Jang, Photo-oxidation and Dyeability of Poly Ketone by UV/O_3 Irradiation, *Textile Coloration and Finishing*, **25**(1), 25(2013).
4. H. S. Bae, The Mechanical Properties of Working Clothes Materials Considering Industrial Settings, *Textile Coloration and Finishing*, **25**(2), 140(2013).
5. Newsletters, “World Markets for Technical Textiles to 2012”, International Newsletters Ltd, UK, p.13, 2008.
6. S. R. Kim, S. J. Kim, and D. H. Lee, Analysis of the Physical Property of Nylon Coarse High Tenacity Yarn for Military and Technical Textiles, *J. Korean Fiber Society*, **40**(1), 101(2008).
7. S. R. Kim, D. H. Lee, J. H. Lee, S. Y. Yang, J. E. Kim, W. Lee, and D. J. Lee, Study on the Finishing Characteristics of Polyketone Fiber for Technical Textile, Proceeding of the Korea Society of Dyers and Finishers Conference, Daegu, p.120, 2014.
8. S. R. Kim, J. W. Jeon, J. H. Lee, S. Y. Yang, J. E. Kim, W. Lee, and D. J. Lee, Study on Properties of Polyketone Fiber for Technical Textile, Proceeding of the Korea Society of Dyers and Finishers Conference, Pusan, p.236, 2014.
9. Y. H. Yoon, J. I. Choi, and S. J. Do, Study on the Weathering Characteristics of Polyketone Fiber, Proceeding of the Korea Fiber Society Conference, Daejun, p.190, 2011.
10. S. R. Kim, D. H. Lee, J. W. Jeon, S. Y. Yang, and I. S. Lee, Korea Pat. 10-2014-0191903(2014).
11. S. R. Kim, J. W. Jeon, D. S. Kwak, W. Lee, D. J. Lee, and S. J. Do, Study on the Mechanical Properties of Polyketone Fiber according to Coating Process for Technical Textile, *Textile Coloration and Finishing*, **27**(4), 334(2015).