

군용 도포직물의 내후성시험 대체에 대한 연구

손찬영[†]

국방기술품질원

A Study on the Alternative Method for Weathering Test of Military Coated Fabrics

Chanyoung Son[†]

Defense Agency for Technology and Quality

ABSTRACT

Purpose: We would like to find the alternative method for the weathering test on rubber coated fabrics and adhesive-coated fabrics for the military products, KS M 0706 (Sunshine carbon arc) to KS M ISO 4892-2 (Xenon arc).

Methods: We measured the tensile strength of adhesive-coated fabrics and adhesive products treated with sunshine carbon arc and xenon arc during 100, 150 and 200 hours, respectively. All of the results were treated with statistical test, ANOVA method. We also validate the surface modifications caused by treatment method and time by using FT-IR ATR and, SEM.

Results: In case of the thick adhesive-coated fabrics (app. 1 mm), there was no distinctive difference on tensile strength by treatment method and time. In case of the thin mask hood (app. 0.22 mm) and TENT (app. 0.5 mm), there was distinctive difference on tensile strength. Especially, carbon arc showed a huge lowering properties. We could validate the curing from light and moisture, and the functional group change from cross-linking and oxidation using FT-IR ATR. In case of IBS, there was a surface cracks on SEM images. In case of mask hood, there was no distinctive differences, except for a particle falling from decreased affinity between rubber and particles caused by carbon arc.

Conclusion: We concluded that there was no problems for changing xenon arc weathering test with same treatment time on IBS, KM7, K21 and adhesive products. In case of TENT and mask hood, there was a difference in tensile strength in accordance with the change of the treated time and method.

Key Words: Weathering Test, Coated Fiber, Carbon Arc, Xenon Arc

● Received 26 July 2016, 1st revised 4 September 2016, accepted 5 September 2016

† Corresponding Author(soncy1204@dtaq.re.kr)

© 2016, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and re-production in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

일반적으로 제품이나 재료 등이 옥외에서 사용되면 태양광, 온도, 습도, 강우, 결로 대기오염가스 등의 외부요인에 의해 노화현상이 일어나 물리적 특성이나 기능성이 저하되는 경향이 있다. 이러한 변화를 측정하기 위한 방법 중 가장 신뢰도 높은 것이 옥외폭로시험인데, 이는 평가 시간이 길고, 비용이 많이 들어가는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 인공 광원과 자연환경을 모사한 장치에 재료를 노출시킨 뒤 물리 및 화학적 성질을 평가하는 촉진내후성 시험이 활용되고 있다.

군용 장비 및 장구류 가운데 작전용 고무보트, 분대용 천막, 화생방 방호용 보호두건 등은 섬유로 된 식물에 CR(Chloroprene Rubber), CSM(Chlorosulfonated Polyethylene Rubber), Urethane, IIR(Isobutylene Isoprene Rubber) 과 같은 고무 재료를 코팅하여 제조하는 것인데, 이를 일반적으로 도포직물이라고 한다. 이러한 소재가 사용된 제품들은 일반적으로 옥외에서 장시간 노출되어 사용되는 것이 빈번하므로, 군용 제품에서는 국방규격에는 섀인 카본 아크뱀(KS K 0706)에 따라 100시간 동안 노출 시킨 후 재료에 따라 인장강도, 내수도, 화학작용제 저항성 등의 평가 항목 및 기준을 제시하고, 이를 평가하여 사용 적합 여부를 판단하고 있다.

그러나 섀인 카본 아크뱀에 사용되는 인공광원은 Figure 1의 (a)와 같이 태양광과 파장이 유사하지 않아, 최근에는 Figure 1의 (b)와 같이 태양광과 유사한 파장을 갖는 크세논 아크 램프의 사용이 신뢰성 측면에서 많이 선호되고 있어 군수품의 도입도 검토가 필요한 시점이다. 더욱이 카본 아크 램프의 생산도 점차 중단되고 있어, 추후 품질 보증 업무의 지속적 수행을 위해서도 크세논 아크 램프를 이용한 내후성 시험의 도입에 대한 검토가 필요하다.

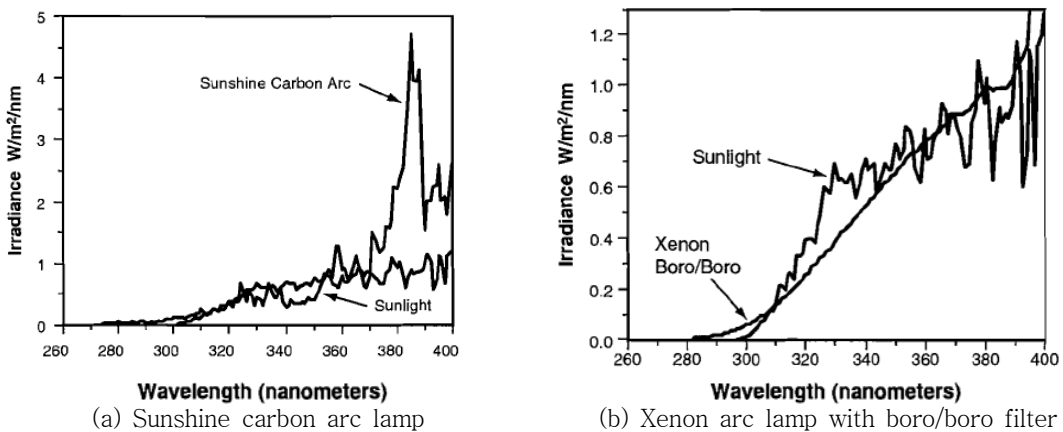


Figure 1. Spectrum of artificial lamp with sunlight

(source : www.q-lab.com/documents/public)

따라서 본 연구에서는 군용 도포직물의 내후성시험법에 대한 신뢰성 확보 및 램프 수급 중단에 따른 추후 대체 시험법 적용에 대한 문제를 사전 해소하기 위해 국방규격에서 섀인 카본 아크뱀(KS M 0706)이 적용되는 도포직물을 사용하는 품목 중 공기주입식 보트(IBS, KM7), 공기주머니(K21), 방독면용 보호두건(MH), 모듈식 천막(TENT)에 대하여 사용재료, 시험항목, 요구조건 등 제원을 발췌하여 Table 1에 나타내었으며, 이들 품목에 대한 처리방법을 2 수준(섀인 카본 아크뱀, 크세논 아크뱀), 처리시간은 3 수준(100, 150, 200 시간)으로 하여 시험하고,

그 결과를 통계적 방법으로 고찰함으로써, 인공광원의 전환 가능성을 검토하였다. 이때 결과의 분석은 인장강도를 이용한 물성과 FT-IR ATR과 SEM을 이용한 특성변화로 구분하여 분석하였다.

Table 1. Material and rubber types of coated item for military products

Item	Military spec.		Rubber (surface/back)	Material Fiber	Thickness (mm)	Remark
	Test Item	Weathering Time				
Combat Boat(IBS)	Tensile Strength	100	CR/CR	nylon-6	app. 1	Double side coated
Combat Boat(KM7)	Tensile Strength	100	CSM/CR	nylon-6	app. 1	Double side coated
Air Bag(K21)	Tensile Strength	100	CSM/CSM	Kevlar	app. 1	Double side coated
Tent	Water Pressure	100	Urethane	Polyester	app. 0.5	Single side coated
Mask hood(MH)	Chemical Agent	100	Butyl	nylon-66	app. 0.22	Single side coated
Adhesived(IBS)	Tensile Strength	100	CR/CR	nylon-6	-	-
Adhesived(KM7)	Tensile Strength	100	CSM/CR	nylon-6	-	-
Adhesived(K21)	Tensile Strength	100	CSM/CSM	Kevlar	-	-

* source : Korean military specification and military purchase requirement.

2. 이론적 배경 및 선행연구

섬유 제품은 여러 가지 외부 환경에 영향을 받게 되는데 외부 환경 중 자연환경에 노출되면 공기, 수분, 일광 등에 의해 약해지는데 특히 일광 중에 자외선에 의해 강도가 감소된다. 이러한 이유로 일반 섬유 제품뿐만 아니라 군용 섬유 제품(군복, 개인 장구류) 에도 이를 평가하기 위한 시험항목과 기준을 제시하고 있으며 그 중 일광견뢰도 시험이 있다. 일광견뢰도는 자연광 보다 인공광을 이용하여 시험하는데 인공광원으로는 카본 아크법(KS K 700)과 크세논 아크(KS K ISO 105-B02) 계열이 주로 사용된다. 섬유에 대한 일광견뢰도는 인공광원에 의한 색상의 변색을 시험하는 것으로 여기에 적용하는 인공광원의 종류 및 조건이 다양하다.

군용 섬유 제품의 관련규격은 대부분 KS K 0700 카본 아크법을 적용하고 있었다. 그러나 인공광원을 내는 재료의 수급이 원활하지 않으며 태양광과 유사하지 않아 신뢰성이 낮아 이에 대한 대책으로 비교시험에 대한 연구를 진행하였으며 통하여, 그 결과를 이용하여 15년부터 크세논 아크(KS K ISO 105-B02)방법으로 전환하여 적용하고 있다.

마찬가지로 태양광에 노출된 제품에 변색이 아닌 내구성의 변화 즉, 물리적 성질(사용 환경 특성에 따라 인장강도, 내수성, 화학작용제 저항성 등)을 평가하는 방법이 있다. 이 또한 가속 내후시험법(KS K 0706)을 적용하고 있는데 이 시험법에 사용되는 재료 또한 수급이 원활하지 않으며 태양광과 유사하지 않아 신뢰성이 낮다. 이에 대한 대책으로 제논 아크를 사용하는 방법 (플라스틱-실험실 광원에 의한 폭로시험방법-제2부 : 제논-아크 램프 : KS K ISO

4892-2)으로 전환 적용이 필요하다. 이 방법은 현재 K5 방독면의 보호두건용 라미네이팅 원단에 적용하고 있다.

3. 실험 개요

3.1 시료의 준비

시험편은 도포직물을 생산하는 S사 및 기타 업체로부터 직접 공급 받았으며, 각 시험편은 시험항목을 참고하여 취급하고 썬샤인 및 크세논 내후성 시험기에 일정시간 폭로하였다. 시험시료의 종류는 썬샤인 카본 아크를 적용하는 IBS, KM7, K21, MH(보호두건), TENT(분대천막)의 원자재인 도포직물 5종과 Figure 3과 같이 접착제로 접착한 IBS, KM7, K21 접착력 시험편 3종에 대해 준비하였다. 시료 중 보호두건의 경우 국방규격에 규정된 내후 후 시험은 화학작용제 시험이고 분대천막은 내수도시험이나 두 재료 모두 인장강도 시료를 추가로 준비하였다. 원단의 경사방향으로 5 m인 시료를 5 등분하고 위치에 따른 편차를 동일하게 분산시키기 위하여 각 등분에서 시료를 1개씩 채취하여 5개를 한조로 구성하였다.

3.2 내후시험 시료

내후시험은 시료의 표면을 100, 150 및 200 시간으로 구분하여 썬샤인 및 크세논 아크 램프의 인공광원에서 다음의 조건으로 내후 처리한 뒤 인장강도(경사)를 5회 씩 시험할 수 있도록 시료를 채취하였다. 이 때, 내후성 시험기는 썬샤인 아크의 경우 S80HB(Japan, SUGA TEST INSTRUMENTS Co., Ltd.)을 이용하여 온도는 $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$, 1Cycle은 120분으로 102분 조광 후 18분 조광 및 물 분무하여 시험하였다. 인공광원을 변경하기 위한 크세논 아크는 CI 4000 Weather o meter(ATLAS Co.) 장비를 사용하였는데, 운용 조건에 차이가 있어, 썬샤인 카본 아크와 최대한 유사한 조건으로 하였다. 이때 블랙패널온도는 $(65 \pm 3) ^\circ\text{C}$, 상대습도 $(50 \pm 5) \%$, 1Cycle은 120분으로 102분 조광 후 18분 조광 및 물 분무하여 시험하였다.

3.3 물성측정 및 기기분석

전처리 전, 후 시험편에 대한 인장강도는 UTM-1(INSTRON Co.)을 사용하여 재료에 따라 KS K 0520 또는 KS K 0521 방법으로 측정하였다. FT-IR은 Spectrum GX(Perkinelmer)장비를 사용하였으며 resolution 16, scan 32, scan range $600 \sim 4000 \text{ cm}^{-1}$ 으로 하여 ATR 방법으로 측정하였다. SEM은 S-3000N(Hitachi co.) 장비를 사용하였고, 백금코팅 후 배율을 1000으로 하여 표면을 촬영하였다.

4. 실험 결과 분석

4.1 물리적 특성

군용 도포직물의 품질은 내후성에 대한 품질기준으로 Table 1에서 보는 바와 같이 대부분 일정시간 인공 광원 하에서 폭로 후 인장강도의 변화를 보는 것이 일반적이다. 이때 인공광원에 의한 물성은 도포 부위와 기질 부분인 직물 부위의 구조적 변화에 따라 달라질 수 있는데, 도포 부위의 두께에 따라 기질 부위에 미치는 영향이 차이가 있을 수 있어, 이에 대한 영향을 검토해 보았다.

4.1.1 도포직물 두께 1 mm 이상

IBS, KM7 및 K21용 도포직물은 직물에 고무를 카렌다 방식으로 양면에 두께가 약 1 mm 정도 되게 도포하여 가항한 제품으로 수상에서 운용하므로 태양광에 노출이 많은 제품이다. 따라서 인공광원에 따른 특성 변화를 분석하기 위하여 썬샤인 카본 및 크세논 아크 램프로 100, 150 및 200시간 내후처리한 후 경사 방향의 인장강도 측정 결과를 Table 2에 나타내었으며, 그 처리방법 및 처리시간에 대한 인장강도 평균값을 Figure 2에 나타내었다. Figure 2에서 보면 썬샤인 카본 아크 램프로 처리된 IBS만 시간이 증가함에 따라서 물성이 다소 증가하는 것처럼 보였으며, 나머지 소재는 작은 범위 내에서 다소 감소되거나 유지되는 것으로 나타났다.

Table 2. Tensile Strength of Coated Fabrics(IBS, KM7, K21)

Item	Treated Method	Treated Time(hr)		
		100	150	200
IBS	Sunshine Carbon	684.5 612.9 680.1 631.0 716.8	610.5 682.9 718.4 590.7 698.2	669.6 670.9 694.4 670.9 681.3
	Xenon	585.1 636.2 593.1 666.4 676.1	614.5 691.0 649.5 623.0 637.8	696.6 692.6 688.2 604.8 628.6
KM7	Sunshine Carbon	653.1 631.8 614.1 630.6 635.4	551.5 612.1 652.7 617.3 643.9	617.7 643.5 614.1 650.7 661.2
	Xenon	646.3 629.8 622.1 598.4 629.4	657.6 627.8 655.1 595.6 656.8	639.4 631.4 653.9 621.7 666.0
K21	Sunshine Carbon	810.6 644.7 658.8 767.8 789.2	742.9 706.7 742.9 748.2 767.5	798.5 719.2 712.2 731.3 688.6
	Xenon	626.2 769.5 764.3 701.9 786.0	705.5 817.4 773.5 726.8 737.7	714.7 798.1 806.2 793.8 807.8

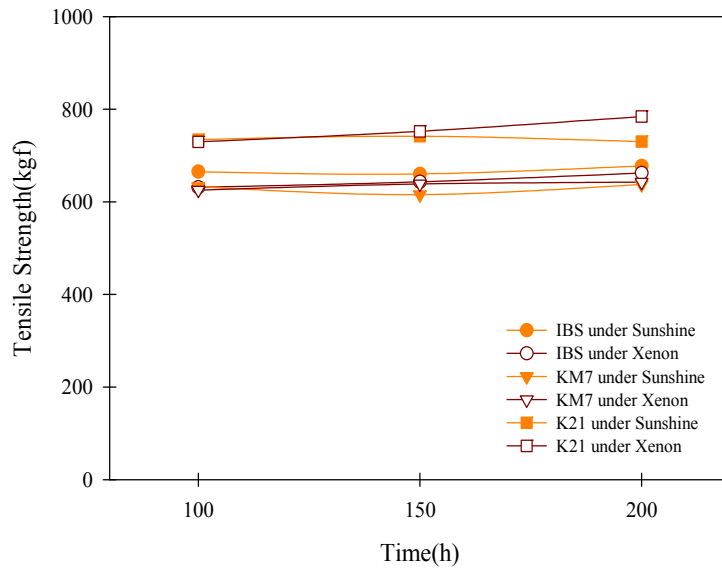


Figure 2. Tensile strength of coated fabrics according to the treated time under different light sources

실제로 처리시간에 따라 데이터간의 유의적인 차이가 있는지 확인하기 위해 변동요인을 처리시간과 광원으로 하여 이원분산분석을 진행하였으며, 그 결과를 Table 3~5에 정리하였다. 여기서 보면 처리방법(인공광원), 처리시간 및 교호작용의 p-Value가 0.05 보다 크게 나타났는데, 이는 결과 값의 수준 간 차이가 없다는 것을 의미하였다. 즉, 처리시간이 증가하거나 광원이 변경되더라도 도포직물의 물성에는 영향을 미치지 않았다는 것이다. 이러한 결과가 나타난 이유는 실제로 도포직물의 물성에 영향을 미치는 부분이 코팅 부분 보다는 직물이라고 볼 수 있는데, 코팅의 두께가 두꺼워 인공광의 노출에 의해 코팅 부위의 구조적인 변화는 있을 수 있으나, 실제 인장강도 유지의 주요 인자인 직물에는 영향을 미치지 못하여 물성변화가 크지 않은 것으로 추정할 수 있다.

Table 3. Analysis of Variation about Tensile Strength of Coated Fabrics (IBS)

Variance	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	Fo	p-Value
Treated Time	2686.96467	2	1343.48233	0.85058	0.43964
Treated Method	3621.20533	1	3621.20533	2.29265	0.14304
Interaction	517.62067	2	258.81033	0.16386	0.84980
Error	37907.64400	24	1579.48517		
Total	44733.43467	29			

Table 4. Analysis of Variation about Tensile Strength of Coated Fabrics (KM7)

Variance	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	Fo	p-Value
Treated Time	1022.78867	2	511.39433	0.94718	0.40186
Treated Method	306.56033	1	306.56033	0.56779	0.45847
Interaction	1112.45267	2	556.22633	1.03021	0.37218
Error	12957.93200	24	539.91383		
Total	15399.73367	29			

Table 5. Analysis of Variation about Tensile Strength of Coated Fabrics(K21)

Variance	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	Fo	p-Value
Treated Time	2525.68867	2	1262.84433	0.50256	0.61120
Treated Method	2489.76300	1	2489.76300	0.99083	0.32947
Interaction	5373.234	2	2686.617	1.06917	0.35909
Error	60307.45600	24	2512.81067		
Total	70696.14167	29			

한편, IBS, KM7 및 K21은 제품의 제작 공정에서 대부분 접착제를 칠한 후 일부 중첩하여 붙이는 방법으로 제작이 되는데, 이 부분에 대한 내후도를 확인하기 위해 제작방법과 동일한 절차로 대응시편을 만들어 일정시간 인공 광에 노출시킨 후 내후도를 측정하고 있다. 이때 시료의 형상을 Figure 3에 나타내었는데, 간단히 설명하면 30 cm 길이의 두 개 시편의 끝부분에 접착제를 바르고 중첩 길이가 2.5 cm 되도록 맞대어 붙이고 앞과 뒤의 중첩된 부분의 위에 추가로 4 cm 폭으로 덧대어 제작하는 것이다.

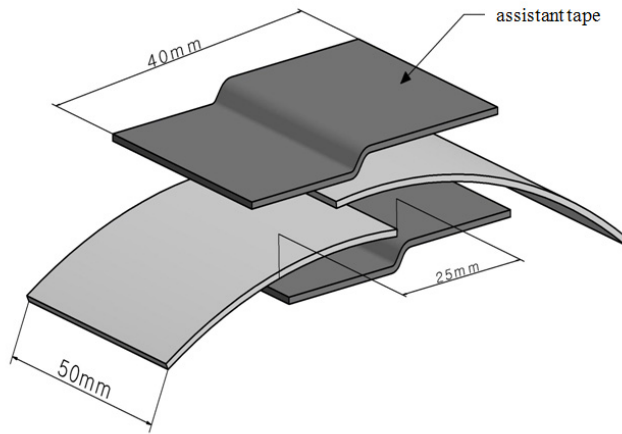


Figure 3. Adhesive specimen

이 시료를 72 시간동안 표준 조건하에서 방치시킨 후, 규격에 정해진 조건에 의해 내후 처리 한 뒤, 시편의 폭을 5 cm로 절단하여 물성변화를 측정하게 된다. 본 연구에서도 광원 및 시간에 따른 접착부위의 변화를 확인하기 Figure 2와 같이 동일한 조건하에서 접착물을 내후처리 한 뒤 인장강도를 측정하였으며 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 그리고 Figure 4는 각 조건별 인장강도의 평균값을 나타낸 것인데, IBS에서 다소 차이가 있으나 전반적으로 Figure 2와 같이 시간에 따른 물성의 변화가 거의 없는 것을 알 수 있었다.

Table 6. Tensile Strength of Adhesived(IBM, KM7, K21)

Item	Treated Method	Treated Time(hr)		
		100	150	200
Adhe-sived (IBM)	Sunshine Carbon	642.7 671.3 641.1 608.8 680.1	676.5 633.4 647.5 643.5 664.4	680.5 631.8 696.2 690.2 654.3
	Xenon	627.8 633.8 636.6 610.5 685.8	663.6 670.0 607.6 651.5 660.4	625.4 666.8 661.6 691.4 679.7
Adhe-sived (KM7)	Sunshine Carbon	631.0 597.6 594.3 641.9 616.1	656.4 617.3 648.3 603.6 642.1	672.1 593.8 619.7 653.1 639.0
	Xenon	627.0 642.3 650.3 608.4 624.1	656.0 653.9 637.0 661.2 668.4	656.0 655.5 643.9 623.7 637.4
Adhe-sived (K21)	Sunshine Carbon	754.6 807.0 786.8 723.2 808.2	740.5 776.8 734.1 771.9 754.2	735.8 728.9 679.7 708.3 711.1
	Xenon	639.0 764.3 735.3 674.5 722.0	719.6 773.2 727.2 731.2 689.8	772.3 723.2 734.1 807.4 763.5

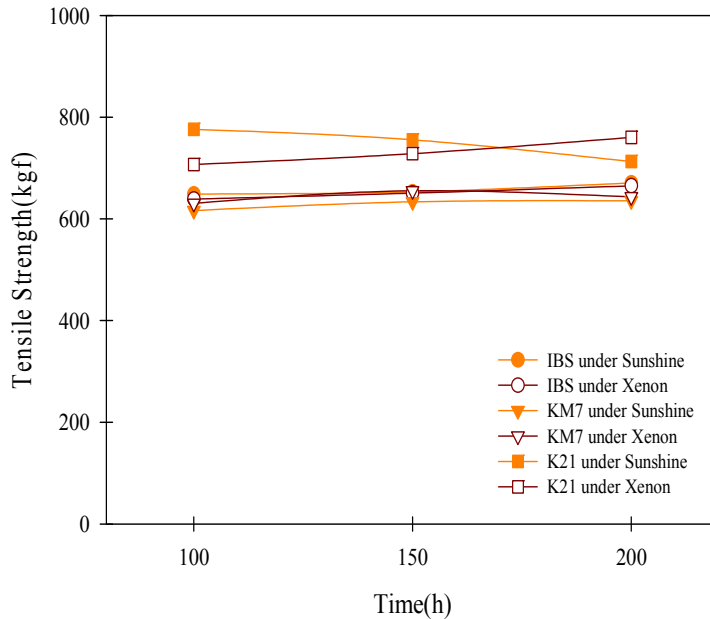


Figure 4. Tensile Strength of Adhesive specimen (IBS, KM7, K21)

또한 인장강도 값을 이용하여 분산분석을 진행한 결과에서도 처리방법 및 처리시간에 따른 수준간의 차이는 없는 것으로 나타났다. 이때 착안할 사항은 시료의 파단이 접착부위에서 나타난 것이 아니라 원단부위에서 나타난 것으로 접착부위의 강도가 더 강한 것으로 정리할 수 있으며, Figure 2에서와 같이 코팅부위가 두꺼운 직물의 경우 내후 조건에 노출되더라도 물성의 차이가 없는 것으로 보아 접착부위에는 인공광원에 의한 영향이 거의 없을 것으로 판단되며, 이로부터 원단 부위의 변화를 측정할 것과 유사한 결과를 나타낸 것으로 판단할 수 있다.

4.1.2 도포직물 두께 1 mm 이하

한편, 코팅의 두께를 방독면 보호 두건 및 텐트용 도포직물 등은 두께가 1mm 이하인 것으로 4.1.1의 IBS, KM7 및 K21용 도포직물과는 다른 경향을 보일 것으로 예상되었다. 따라서 동일한 조건으로 노출시킨 후 물성의 변화를 검토해 보았다.

4.1.2.1 보호두건(MH)

우선 방독면 보호두건용 도포직물은 나일론-66 직물에 부틸 고무를 카렌다 방식으로 두께가 약 0.22 mm 되도록 단면 코팅한 원단으로 제작되는데, 처리방법 및 시간에 따른 인장강도 측정결과를 Table 7에 나타내었고 측정 평균 값을 Figure 5에 나타내었다. 여기서 보면 크세논 아크 램프 하에서는 시간에 따른 변화가 없는 것으로 나타났으며, 썬샤인 카본 아크 램프 하에서는 시간이 지남에 따라서 인장강도가 감소하는 것으로 나타났다. 이때 내후처리 100 시간 후의 인장강도 20.9 kgf는 미처리 직물의 인장강도가 44.3 kgf인 것을 고려하면 초기강도 대비 53 % 감소한 것으로 썬샤인 카본 아크의 경우 물성변화의 영향력이 매우 큰 것으로 판단된다.

Table 7. Tensile Strength of Coated Fabrics(MH)

Treated Method	Treated Time(hr)														
	100					150					200				
Sunshine Carbon	21.2	21.6	19.4	22.6	19.5	16.6	14.9	11.1	17.0	15.1	13.1	14.0	10.2	12.3	13.8
Xenon	43.1	41.5	40.3	42.5	38.9	42.6	39.5	36.6	39.3	41.1	43.0	39.9	42.6	35.8	35.4

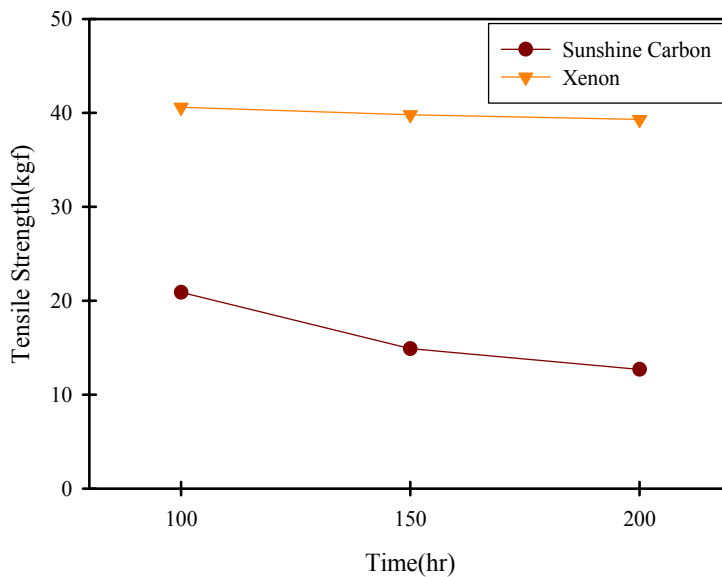


Figure 5. Tensile Strength for Various Treated Time and Method of MH

또한 인장강도 값을 이용하여 분산분석을 진행한 결과를 Table 8에 나타내었는데, 처리방법, 처리시간 및 처리방법과 처리시간 간의 교호작용에 대한 p-Value가 0.05 보다 작으므로 유의수준 5 %로 수준간의 차이가 있다고 말할 수 있다. 이는 Figure 5에서 보는 바와 같이 썬샤인 카본 아크의 경우는 처리시간별로 감소하는 경향이 나타나, 시간에 따른 결과의 차이가 있는 것으로 의미하며, 크세논 아크의 경우에는 통계적으로도 시간에 따른 차이가 없다고 볼 수 있다. 또한 처리방법과 처리시간 간의 교호작용은 Figure 1에서와 같이 UV 영역인 300 ~ 400 nm 영역에서의 에너지가 크세논 아크 보다 큰 썬샤인 카본 아크가 시간경과에 따라 광열화 효과가 크게 작용하는 것으로 보인다.

Table 8. Analysis of Variation about Tensile Strength of Coated Fabrics(MH)

Variance	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	Fo	p-Value
Treated Time	136.406	2	68.203	13.32046	0.00013
Treated Method	4312.803	1	4312.803	842.31692	0
Interaction	52.022	2	2686.617	5.08011	0.01446
Error	122.884	24	5.12017		
Total	4624.115	29			

4.1.2.2 텐트(TENT)

텐트용 도포직물은 폴리에스터 직물에 우레탄을 단면에만 도포하여 생산하며 두께가 약 0.50 mm 정도이다. 도포 직물의 처리방법 및 처리시간에 따른 인장강도의 측정결과를 Table 9에 나타내었고 측정 평균값을 Figure 6에 나타내었는데, 100시간에서는 차이가 있으나 이후 광원에 관계없이 동일하게 감소하다가 유지되는 형태를 나타내었다. 이는 두께가 1mm 이상의 도포직물과 달리 코팅의 두께가 얇아서 인공광원의 노출에 따른 직물의 물성에 영향을 미친 것으로 판단되며, 초기 단계에서는 UV 영역에서 에너지가 큰 썬샤인 카본 아크에서 노출된 시료의 강도 저하가 다소 클 수 있으나, 일정 시간 이후에는 동일한 수준으로 감소되는 것으로 볼 수 있다.

Table 9. Tensile Strength of Coated Fabrics(TENT)

Treated Method	Treated Time(hr)														
	100			150			200								
Sunshine Carbon	193.5	200.0	191.5	195.5	171.8	172.6	169.0	161.2	158.7	168.5	165.5	165.7	162.0	164.1	168.1
Xenon	231.4	229.5	238.6	239.8	240.2	164.4	159.6	164.7	167.7	157.4	166.9	169.9	169.6	167.6	167.3

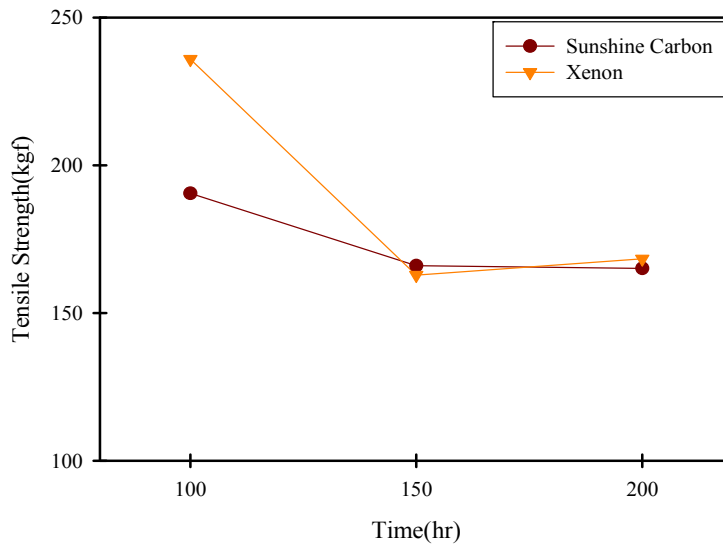


Figure 6. Tensile Strength for Various Treated Time and Method of TENT

이에 대하여 분산분석한 결과인 Table 10을 보면 처리방법, 처리시간 및 처리방법과 처리시간 간의 교호작용에 대해 p-Value가 0.05 보다 작으므로 유의수준 5 %로 수준간의 차이가 있다고 말할 수 있다. 또한 Figure 6에서와 같이 두 방법 모두 150시간에서 급격히 떨어지고 이후는 비슷하였다. 또한 처리방법과 처리시간 간의 교호작용은 시간경과에 따라 인공광원의 에너지 차이 및 재료에 따라 광열화 특성이 다르게 일어나는 것으로 보여 지며 보호두건에서의 인장강도 변화 경향과 다른 이유도 에너지 차이뿐만 아니라 재료의 특성 중 화학적구조가 달라 나타나는 현상으로 판단된다.

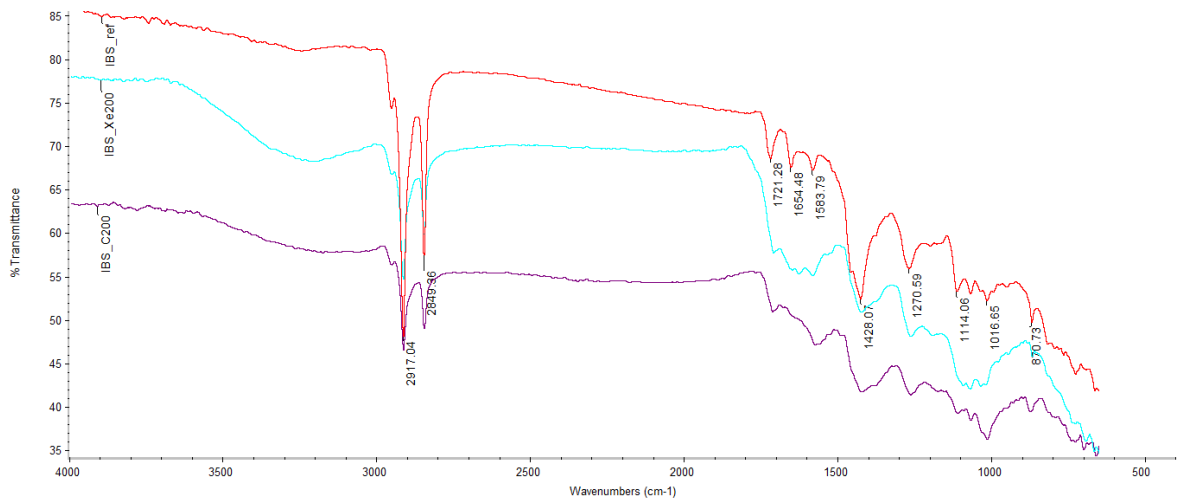
Table 10. Analysis of Variation about Tensile Strength of Coated Fabrics(TENT)

Variance	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	Fo	p-Value
Treated Time	14631.938	2	7315.969	200.61339	0
Treated Method	1969.92033	1	1969.92033	54.01778	0.0000001
Interaction	3217.34467	2	1608.67233	44.11189	0.000000009
Error	875.232	24	36.468		
Total	20694.435	29			

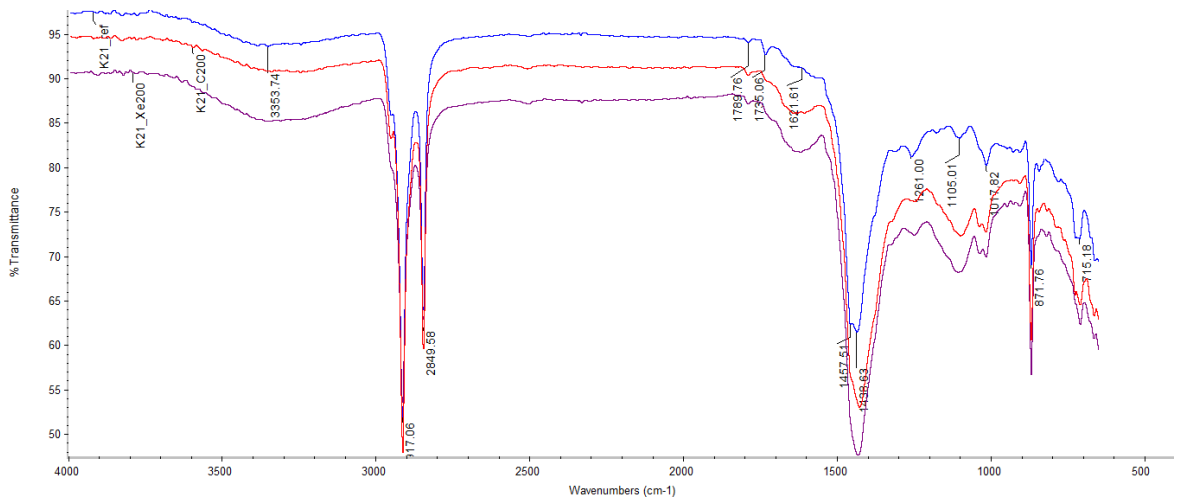
4.2 화학적 특성 및 표면분석

FTIR-ATR법은 복사선의 굴절률이 다른 두 매질의 경계를 지날 때, 두 매질이 갖는 굴절률의 차이에 의해 일어나

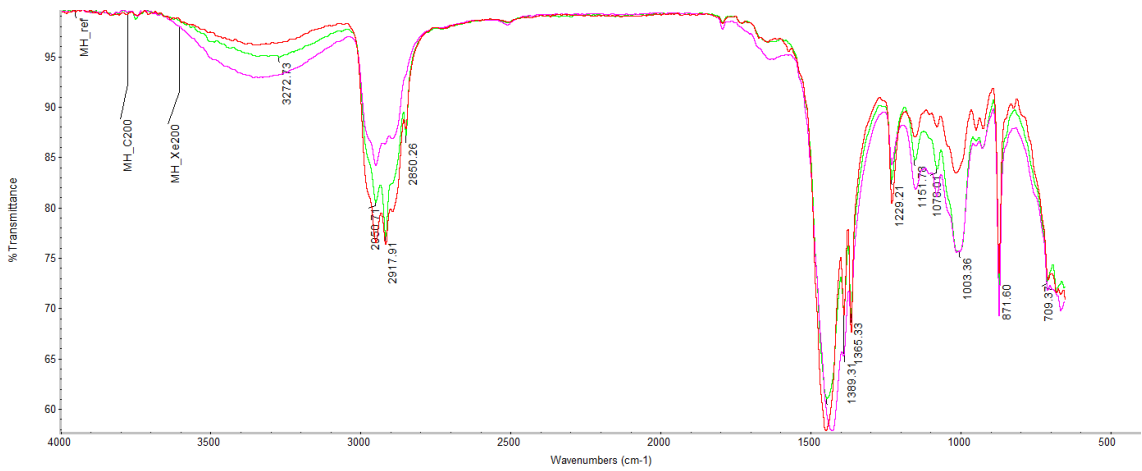
는 Total Reflection의 원리를 이용한 방법으로 플라스틱, 고무의 고장원인 분석과 평가에 많이 쓰이고 있다. 본 연구에서도 내후 처리 후 도포직물의 구조적인 변화를 확인하기 위해 미처리 시료와 썬샤인 카본 아크 및 크세논 아크로 200 시간 내후 처리한 시료를 FTIR-ATR으로 분석하였는데, 그 결과를 Figure 7에 나타내었다. 이때 Figure 7의 (A)는 IBS의 CR고무로 2917, 2849 cm⁻¹ (C-H stretching), 1654 cm⁻¹ (C=C), 1100~1050 cm⁻¹ (C-O) 및 800~600 cm⁻¹ (C-Cl)에서 CR고무의 전형적인 피크가 확인되었는데, 내후 처리 후에는 2917, 2849 cm⁻¹에서 감소가 보이고, 1016 cm⁻¹에서 C-O 피크는 증가되고 있어, 광분해 메카니즘에 기인한 라디칼 형성과 불안정한 라디칼이 주위에 존재하는 산소의 결합으로 나타나는 광산화 현상으로 추정된다. 한편, Figure 7의 (B)는 K21의 CSM고무로 2917, 2849 cm⁻¹(C-H), 1438 cm⁻¹ (CH₂), 1261 및 1105 cm⁻¹(SO₂Cl)에 특성 피크가 보이는데, 1621 cm⁻¹ (C=C), 1438 cm⁻¹ (CH₂)에서 증가는 광분해에 의해 결합이 절단된 것으로 추정할 수 있다. Figure 7(C)는 MH의 부틸고무이며 2950~2850 cm⁻¹ (C-H)에서 미처리와 썬샤인 카본 아크는 비슷하나 크세논 아크는 감소가 보이며, 1003 cm⁻¹ (C-S)는 크세논 아크는 비슷하나 썬샤인 카본 아크에서는 감소되는 것으로 나타난다. 이는 처리방법에 따라서 광분해 형태가 달라지는 것으로 보이는데, 특히 썬샤인 카본 아크의 경우 1003 cm⁻¹ 에서 C-S의 감소는 가황공정에서 탄소와 황의 시스틴 결합으로 가교되는데 광열화에 의해 시스틴 결합이 절단되어 가교결합의 감소가 물성의 약화를 가져오는 것으로 보이며 이는 MH의 처리시간별 인장강도가 매우 저하되는 현상과 관련된 것으로 보인다. Figure 7(D)는 TENT의 Urethane이며 3316 cm⁻¹(N-H stretching), 1598 cm⁻¹(C-N), 1530 cm⁻¹(N-H bend)에 특성 피크가 보인다. 2920~2850 cm⁻¹(C-H)와 1730~1700 cm⁻¹(C=O)에서 변화가 있는 것으로 보인다. 그러나 측정에 사용된 시료가 일반적인 연구목적용으로 정제된 것이 아니라, 실제 산업용으로써 다양한 원료와 첨가물이 포함되어 있으므로, 추가적인 요인에 의한 피크 변화일 수 있다. 화학구조의 변화를 판단하기 위해서는 추후 다른 공업재료를 사용하거나, 연구를 목적으로 첨가물의 양이 배제된 시료를 이용하여 분석하는 것이 필요하다고 판단되었다.



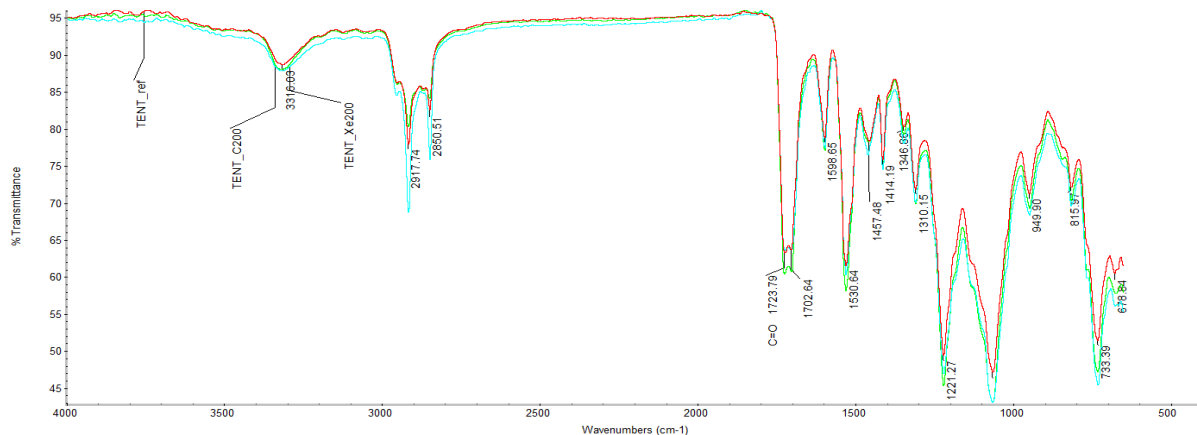
(A) IBS



(B) K21



(C) MH



(D) TENT

Figure 7. FTIR-ATR Spectrum of untreated and treated samples under carbon arc and xenon arc for 200 hr

한편, 내후 처리 후 도포직물 표면의 모폴로지 변화는 SEM을 이용하여 촬영하였으며, 그 결과를 Figure 8에 나타 내었다. 그림에서 보면 썬샤인 카본 아크의 경우 IBS에서 크랙이 발생하였고, MH 는 고무에서 입자 탈락 현상이 보 인다. 이는 광열화의 영향으로 생긴 것으로 추정되며 그 외는 특이한 변화가 없었다. 표면의 변화도 크세는 아크 보 다 썬샤인 카본 아크의 광 열화 효과가 큰 것으로 확인되었다.

Treated method	IBS	K21	MH	TENT
Reference				
Sunshine Carbon				
Xenon				

Figure 8. SEM images(x1000) of untreated and treated samples under carbon arc and xenon arc lamp for 200 hrs.

5. 결 론

5종의 도포직물 및 3종의 접착물에 적용되는 썬샤인 카본 아크뱃(KS K 0706)을 크세논 아크뱃(KS K ISO 4892-2)으로 대체하기 위하여 각 방법별 내후성 시간처리를 100, 150 및 200 시간 동안 3수준으로 하여 인장강도를 측정하고 분산분석한 결과 다음과 같이 결론 지을 수 있었다.

첫째, 물리적 특성 변화인 인장강도의 경우 IBS, KM7, K21와 같이 두께가 두꺼운 도포직물은 썬샤인 카본 아크와 크세논 아크의 처리시간에 따른 인장강도는 유의수준 5%로 차이가 없었으며, 내후처리에 따른 영향이 거의 없음을 알 수 있었다. 그러나 MH와 TENT와 같이 두께가 얇은 도포직물은 처리방법과 처리시간에 따라 유의수준 5%로 차이가 발생되어 내후처리에 따른 물성변화가 유도되었다. 따라서 썬샤인 카본 아크 100 시간에 대하여 IBS, KM7 및 K21과 은 동일한 시간으로 크세논 아크로 전환 가능하며 MH와 TENT의 경우는 광원에 따라 차이가 있음이 확인되어 더 많은 시험을 통하여 전환 시간의 설정이 필요하다.

둘째, 사용재료의 특성 및 재료의 두께에 따라 인공광원에 대한 광열화의 경향이 다르므로 회귀 모델 등을 통한 일반적인 상관관계 분석이 어렵다

셋째, SEM image에서도 광열화에 의한 변화를 확인할 수 있었는데 썬샤인 카본 아크 램프로 200 시간 처리된 IBS는 표면에 균열이 발생하였으며, MH는 표면에서 입자가 탈락한 것이 보이는데 이는 광열화에 의한 결합력의 약화로 추정되며, 크세논 아크 램프로 비해 썬샤인 카본 아크 램프로 인한 광열화가 더 촉진되는 것을 확인할 수 있었다.

결론적으로 내후성시험 후 인장강도, SEM image의 분석결과로 광열화에 대한 재료의 물리적 성질 및 표면 변화를 확인할 수 있었다. 그러나 FTIR-ATR의 경우에는 각 재료들이 다양한 원료가 혼합된 공업재료이고 표면의 오염 물질 등에 의해 차이 변화를 확인하기 어려웠으며 단계적으로 검증이 필요하다. 추후 시험 중단을 사전에 방지할 수 있도록 조속히 썬샤인 카본 아크를 적용하는 대상을 식별하여 전환 대상마다 비교 시험을 통한 분석이 필요한 것으로 판단되었다.

REFERENCES

- A60072122A Air bag, Left side.
 Ann, Beong doo. 2007. "Analysis of the Surface Degradation in Polymer Using ATR Method." *Rubber Technology* 8(1):40-47.
 Dai, Yang, and Qingzhi Dong. 2015. "Mechanical, Thermal and Morphology Properties of Thermo plastic Polyurethane copolymers Incorporating α,ω -Dihydroxy-[poly(propyleneoxide)-poly(dimethylsiloxane)-poly(propyleneoxide)] of Varying Poly(propyleneoxide) Molecular Weight." *Journal of Synthesis and Applications* 4:41-57.
 Gordana, Milena, Blaga, and B. S. Jaroslavak. 2005. "Studies of Chemical Interactions Between Chlorosulphonated Polyethylene and Nitrile Rubber" *Hemijaska Industrija*, 59(11-12):324-326. (Gordana, 2005)
 Hong, Seong don et al. 2015. "A study on the Improved Lightfastness Test Method for Military Textile Products." *Textile Coloration and Finishing* 27(4):288-300.
 Kang, Dong ill et al. 1991. "Weathering of Rubber." *Elastomer and Composites*, 26(1):39-52.
 Kannan, Gaikewad, Nirmala, and Kumar, N. S. 2010. "Thermal ageing studies of bromo-butyl rubber used in

- NBC personal protective equipment.” *Journal of Science & Industrial research* 69(11):841-849.
- Kim, Sang ik et al. 2016. “Literature Review on the Experimental Designs in KSQM for 50 Years.” *Journal of the Korean Society for Quality Management* 44(2):245-264.
- Korea Defence Specification KDS 1940-1005. Boat, Landing & Reconnaissance, Inflatable.
- Korea Defence Specification KDS 1940-3001. Boat, Landing, Inflatable, SG-KM7.
- Korea Defence Specification KDS 4240-1048. Hood, Chemical-Biological Mask, K-1.
- Korea Defence Specification KDS 8340-4010. Tent, Modular, General Purpose System.
- Park, soo yeon et al. 2002. “The Effect of Weathering Test on the Chemical Property for Rubber Compounds surface.” *Korean Reliability Society Conference* 1:157-164.
- Ree, Sang bok. 2013. “Study on the Result Changes with the size of the Variance in Taguchi Method and Factor Experimental.” *Journal of the Korean Society for Quality Management* 41(1):119-134.
- Wong, K. H. Badri. 2012. “Chemical Analysis of Palm Kernel Oil Based Polyurethane Prepolymer.” *Materials Sciences and Applications* 3(2):78-86.

