한국염색가공학회지
pISSN 1229-0033, eISSN 2234-036X
연구논문(학술)
https://doi.org/10.5764/TCF.2017.29.3.139

재귀반사 섬유의 개발 (I)
– Slit Yarn의 제조와 경사에 Slit Yarn사용에 의한 직물제조 –

Development of Retro-reflective Fiber (I)
- Making of Slit Yarn and Manufacturing of Fabric using in the Warp Threads -

*Corresponding author
Tae-Il Chun
(tichun@deu.ac.kr)

정동석, 박상운[1], 권일[2], 천태일*
동의대학교 패션디자인학과, [1]비앤더비(주), [2]강동직물

Dong-Seok Jeong, Sang-Woon Park[1], Il Kweon[2] and Tae-Il Chun*
Department of Fashion Design, Dong-eui University, Busan, Korea
[1]B&B Co. Ltd., Busan, Korea
[2]Kang Dong Textile, Busan, Korea

Received_June 01, 2017
Revised_June 26, 2017
Accepted_September 07, 2017

Abstract In this study, interesting area of development is retro-reflective thin film and then slitting to form retro-reflective material to be conbined with other fibers to form having retro-reflective characteristics, which slitting yarn can then be to provide fabrics. Glass beads are microscopic spherical size with diameters ranging from several microns to several millimeters. Applying the effects of optical property, glass beads are consumed for road safety used to make traffic signs, safety clothing and others. Glass beads retro-reflective films can be turned into slit yarns through slitting yarn process. The slit yarns can be combined into textiles using diverse methods such as weaving to provide a fabric having retro-reflective characteristics. Lightness and Luminance was increased with decreasing of interval of slit yarn in the fabric. Also, the hue is shifted greenish and bluish with interval of slit yarn.

Keywords *slit yarn, slitting process, retro-reflective materials, glass beads, high visibility clothing*

Textile Coloration and Finishing
TCF 29-3/2017-9/139-147
©2017 The Korean Society of Dyers and Finishers

1. 서 론

우리나라 자동차 1만대당 사망자수는 2.9명으로 OECD 회원국 평균 1.3명에 비해 123%가 넘는 수치, 이들 중 아동의 교통사고가 77%에 이르고 있다. 또한 최근 들어 환경보호, 에너지절감, 레저산업 발달에 따른 자전거 타기가 급증하는 추세이지만 자전거 사고는 2004년에 비하여 2009년에는 480% 증가하는 것으로 나타났다[1].

재귀반사 소재는 빛을 반사하는 소재로 표면에 극소형 유리구슬을 코팅하여 바깥으로부터 입사되는 빛을 들어오는 각도로 다시 반사하는 기능을 가지고 주간에 빛을 모아서 야간에 어둠에서 빛을 내는 축광(야광)사의 제품과는 다른 기능을 가진다. 이러한 재귀반사 소재는 야간에 작업하는 교통경찰관이나 환경미화원들, 야간에 자동차나 기타 주행물에 노출될 경우에 위험성이 증가하는 노인들이나 어린이들에 대해서는 야간 주행시 차량 등의 운전자들이 식별하지 못하여 각종 다양한 인명사고는 물론 대형사고의 원인으로 인식되고 있으므로 야간 표시소재로 교통표지판, 각종 운동복, 신변 잡화품목 및 군사용 표지 등의 용도에 많이 사용되고 있다[2-5].

3M에서 재귀반사필름을 개발한 이래 오랫동안 사용되어 왔으나, 재귀반사필름을 의류에 부착하는 경우는

www.kci.go.kr

환경미화원 유니폼, 야간도로공사 작업자 유니폼 등으로 사용 용도가 극히 제한되고 있는 실정이다. 최근 건강에 대한 관심 증가와 여가활동 종류가 늘어나면서 레저스포츠 관련 제품산업의 지속적인 증가, 특히 익스트림 스포츠, 아웃도어 등 다양한 기능성 레저스포츠 제품 및 용품 개발에 대한 요구가 확대되고 있으며, 이로 인한 각종 안전사고로부터 보호기능을 할 수 있도록 하여야 한다[6-9].

그러나 현재 재귀반사소재는 필름형태로 주로 개발되어 상품화가 진행되고 있고, 프린팅 공법을 이용한 제품을 개발하여 이용하기도 하나 마찰 등의 다양한 문제점 등으로 인해 활성화되고 못하고 있고, 모노필라멘트의 제조방식으로 유리구슬을 삽입하는 압출형으로 제조하고 있으나 휘도가 떨어지는 단점이 있다[10,11]. 이들의 단점들을 개선하기 위해 재귀반사소재를 섬유화하여 편직물 조직으로 제조하는 기술과 후가공의 형태안정화 가공기술 및 신뢰성 평가 및 시스템을 구축할 필요성이 있다[12-14].

따라서 본 연구에서는 유리구슬형 재귀반사지를 제조하여, 이들을 slitting하여 slit yarn을 만들었다. 그리고 경사에 slit yarn을 사용하고 위사에서 적정섬유를 사용하여 제직하였다[14,15]. Slit yarn을 중심으로 조직을 변경하여 제조된 직물의 표면특성과 휘도의 특성치를 나타내는 반사성능 등을 비교 · 분석하였다.

2. 실 험

2.1 실험 재료

재귀반사지 제조 실험에 사용한 유리구슬은 glass bead, 45-63 μm(union, Japan)을 사용하였고, 전처리제(Primer, Dongsung Chemical, Korea)에서 생산되는 피착제용 전처리제(Primer)를 사용하였다. 도포 폴리우레탄 수지 및 접착제는 3000 series(Dongsung Chemical, Korea)를, PET Film은 75 μm(SK, Korea)를 사용하였다.

2.2 재귀반사지 제조방법

유리구슬형 방식의 재귀반사지의 제조공정은 Figure 1에 나타낸 바와 같이 제조하였다. 열가소성 폴리에틸렌(PE)가 도포된 폴리에스터(이하 PET) 필름층에 유리구슬을 균일하게 도포한다(Step 1).

유리구슬의 접착성을 향상시키기 위하여 전처리제를 처리하고 진공하에서 알루미늄을 골고루 분사시켜 유리구슬에 증착시킨다(Step 2). 여기에 폴리우레탄 수지를 바르고 다시 접착용 폴리우레탄 접착제를 도포하여 75 μm PET Sheet지에 붙이고 PET 필름층을 제거하면 단면에 유리구슬이 부착된 재귀반사지가 완성된다.

반대 방향에 유리구슬을 부착하기 위하여 Step 1과 Step 2의 공정으로 만들어진 것을 75 μm PET sheet지 반대편에 동일한 방법으로 붙여서 PET 필름층을 제거하면 양면에 유리구슬이 부착된 재귀반사지가 제조된다.

2.3 Slit yarn 제조방법

제조된 재귀반사지를 slit yarn을 제조하는 공정을 Figure 2에 나타내었다. 일정하게 절단된 재귀반사지를 롤러에 걸고, 일정한 장력으로 운행하면서 slitter기에서 용도에 적합한 최적 크기의 폭(0.37mm)을 설정하

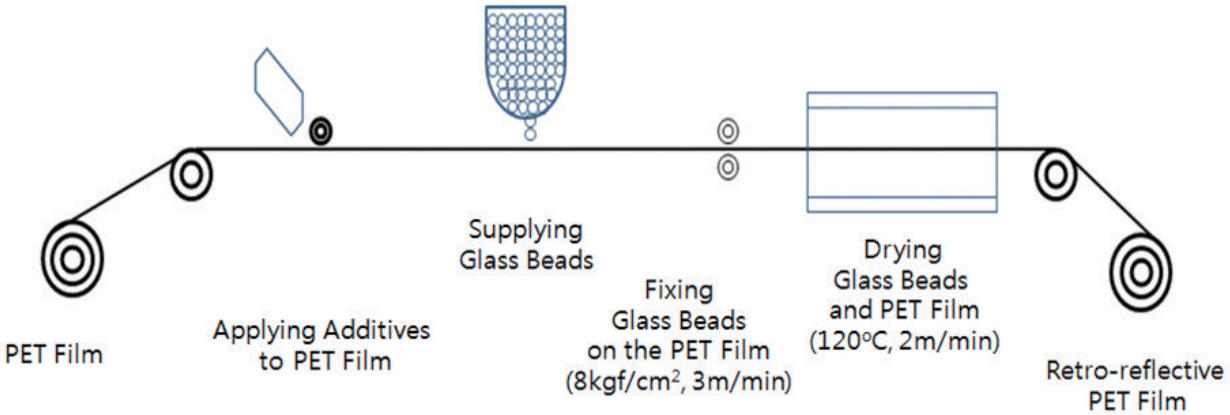


Figure 1. Synthetic procedure of reflective sheet.

www.kci.go.kr

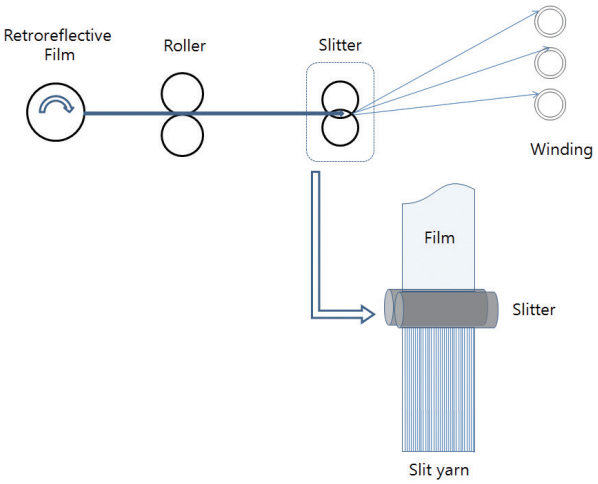


Figure 2. Slit yarn cutting machine used in this study.

여 절단, 권취공정에서 slit yarn을 제조하였다.

2.4 제직조건 및 분석방법

제조된 slit yarn으로 경사빔을 만들고 PET 450d를 위사로 사용하여 Rapier 직기(VAMATEX P1001E, Italy)로 제직하였다.

Table 1에서는 이들 직물의 설계에 대한 경사와 위사의 기본 설계조건을 나타내었다. 조건에 따라 다르게 제직된 시료의 표면색을 분석하기 위하여 분광측색계(Grata Macbeth Color Eye i5, USA)를 사용하여 D65, 10° 시야의 조건에서 측색하여 Munshell 색상 및 380-720nm의 파장영역에서 분광반사율을 분석하였다.

휘도의 성능을 측정하는(cd/lx.m²) 반사성능 시험은

Table 1. Specification of fabrics used in this study

Fiber composition		Yarn count	Fabric structure	Density /inch
Warp	Polyester 100% Retro-reflective slit yarn	450D 0.37mm	5 Harness (4+1)	57 end/inch
Weft	Polyester 100%	450D		48 pick/inch

ISO 20471:2013에 준하여 시험하였다. 재귀반사지의 표면과 slit yarn의 단면 및 측면을 분석하기 위하여 현미경(DIMIS-PRO, Korea)으로 측정하였다.

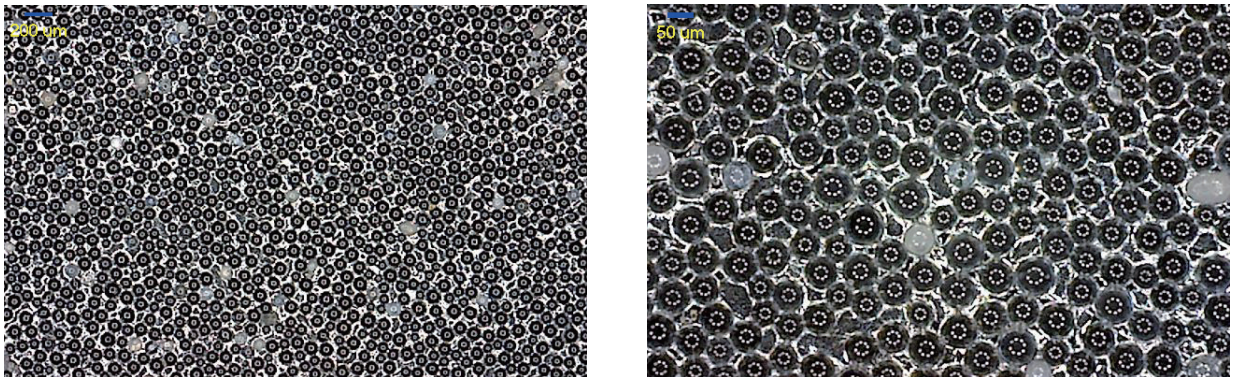
3. 결과 및 고찰

3.1 유리구슬 적용에 따른 재귀반사지 특성

유리구슬이 도포된 폴리에스터 재귀반사지의 광학현미경 분석결과를 Figure 3에 나타내었다.

Figure 3(a)는 100배 확대사진이면 (b)는 400배 확대사진으로서 유리규슬의 크기가 균일하지 않음도 관찰되었으며, 또한 아주 균질하게 유리구슬이 코팅된 것도 아님을 알 수 있으며, 유리구슬이 대체적으로 촘촘하게 부착되어 있는 현상을 관찰할 수 있다.

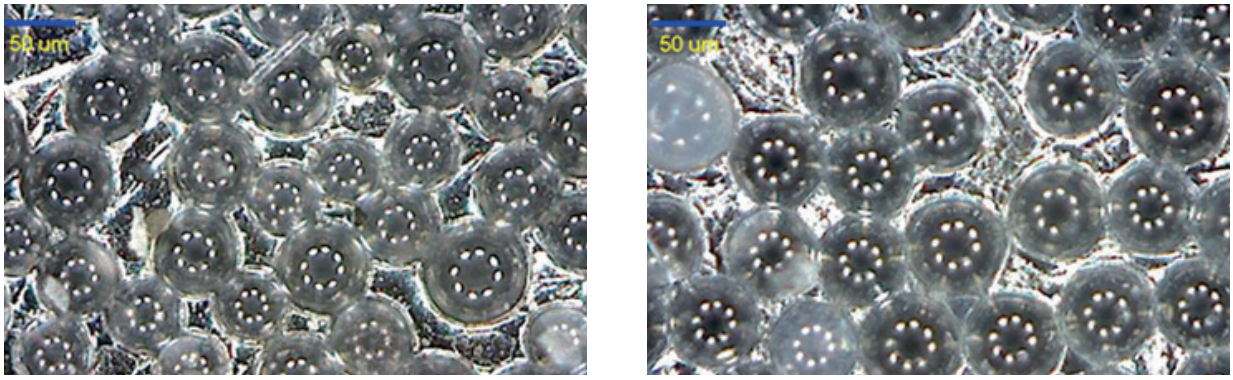
유리구슬의 크기에 따른 모양을 비교하기 위한 광학현미경 분석결과를 Figure 4에 나타내었다. 재귀반사지는 일반적으로 사용되는 구슬의 크기(직경)는 40-70μm이며, 고휘도가 요구되는 경우에는 60-90μm 직경을 사용하는 경우도 있다. 이는 유리구슬의 직경이 클수록 휘도가 증가하지만, 표면의 매끄러움과 내마모성문제 및 slit yarn의 균제도 문제, 유리구슬의 불균



(a) (b)

Figure 3. Surface image of polyester film (a) ×100, (b) ×400.

www.kci.go.kr



(a) (b)

Figure 4. Surface image of polyester film(×400) (a) 40-70 glass beads(446 cd/lx.m^2), (b) 60-90 glass beads (492 cd/lx.m^2).

일 부착 등의 문제점이 있어, 용도 제품에 맞는 적정휘도를 위하여 유리구슬의 직경을 달리 검토해 볼 필요성이 있다[10].

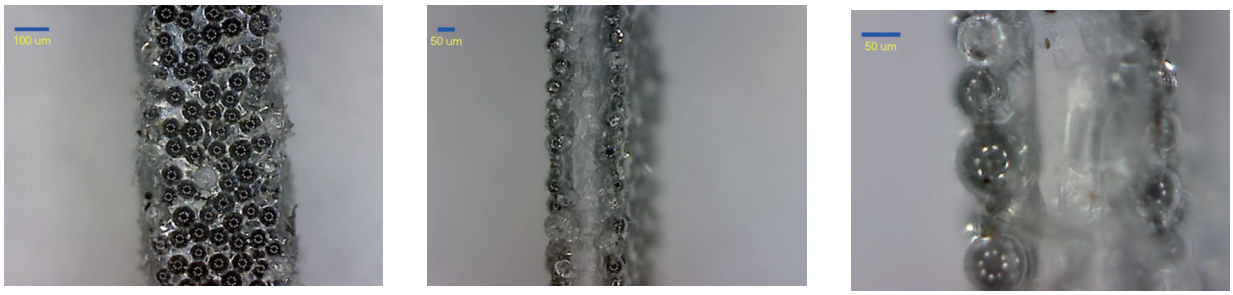
본 연구에서 사용된 slit원사는 표면이 매끄럽고 내마모성과 slitting 폭 등을 고려하여 40-70 μm 직경의 유리구슬을 사용하였다. 또한 유리구슬 직경에 따른 휘도의 측정결과에서(Figure 4) 유리구슬의 직경이 40-70 μm에서 60-90 μm로 증가하며, 휘도는 45 (cd/lx.m^2)정도 높게 나타났다[11].

Figure 5는 재귀반사지의 slit yarn 광학현미경 사진을 나타낸 것이다. Figure 5(a)는 400배 확대한 slit yarn 표면사진, (b)는 400배 확대한 slit yarn의 측면사진, (c)는 1,200배 확대한 slit yarn 측면사진을 나타낸 것이다.

유리구슬이 촘촘히 박혀져 있으며, 의도한 설계대로 0.37mm에서 단면크기가 만들어졌다. 또한 측면의 사진에서 보이듯이 유리구슬이 측면으로 촘촘히 박혀져 있으며, 측면의 크기가 220 μm범위에서 형성됨을 알 수 있었다. 이것은 PET 필름의 측면크기인 75 μm와 양끝의 각각 평균 55 μm의 유리구슬 크기와 균일하게 도포된 폴리우레탄 접착제로 형성되어진 것으로 보인다.

3.2 제직특성

반사소재로 적용되는 재귀반사 원사는 주로 위사로 사용되고 경사로서는 다양한 용도의 섬유로 제직하는 것이 일반적이나, 재귀반사 성능을 갖는 slit yarn을 위사로만 적용하면 원단상의 노출면에 도트(Dot)형상으로 밖에 표현되지 않아 다양한 무늬 또는 디자인을 구현하는 데 한계가 있고, 기술적인 제한으로 인한 품질 개선 및 다양한 영역의 가방, 모자, 의류로의 확대하기가 쉽지 않을 것으로 생각된다. 이러한 기술적인 제한적인 요소에는 slit yarn을 위사로 사용하면 위사공급 크릴과 위사공급장치에서 자연적으로 꼬임이 발생하여 원단상에 자국이 발생하는 등 결점이 발생한다.



(a) (b) (c)

Figure 5. Surface and cross section image of slit yarn (a) surface(×400), (b) cross section(×400), (c) cross section(×1,200).

www.kci.go.kr

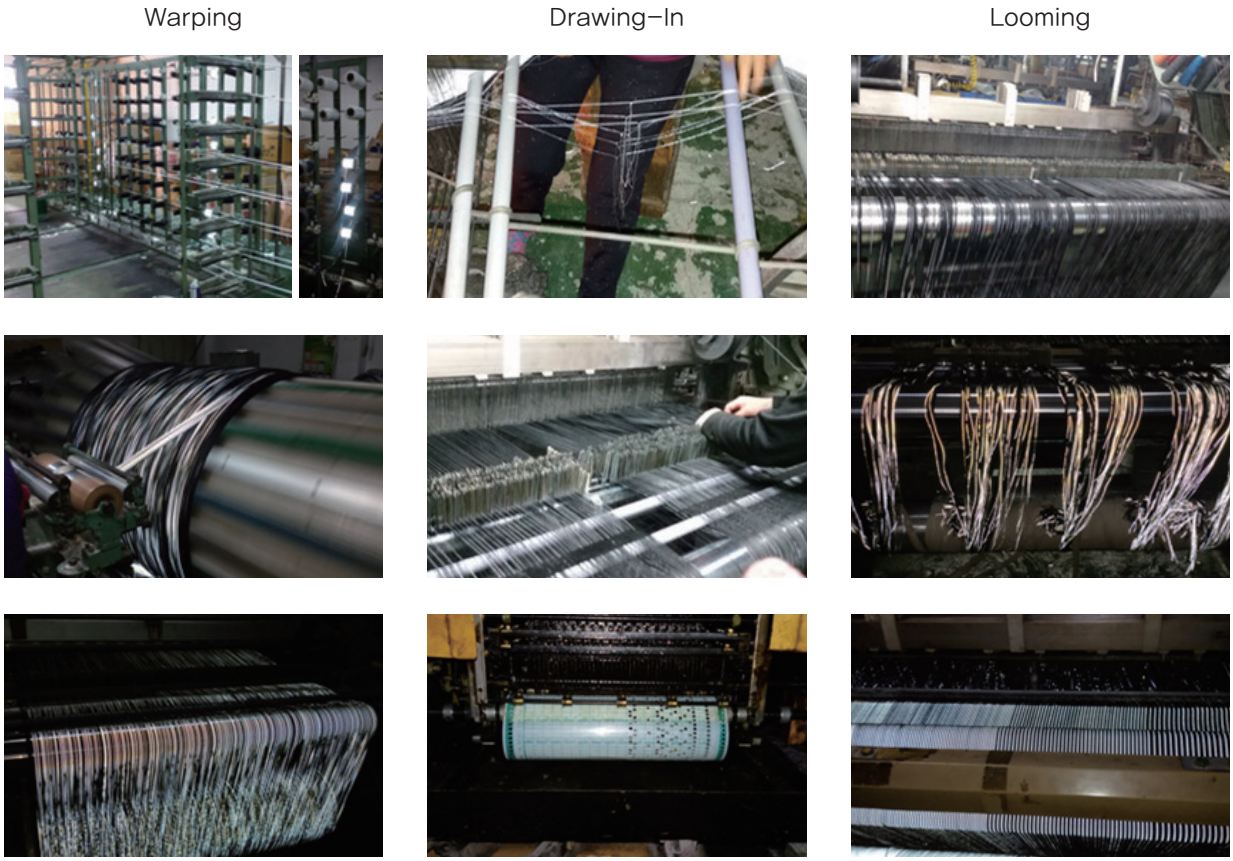


Photo figure on the warp arrangement of slit yarn

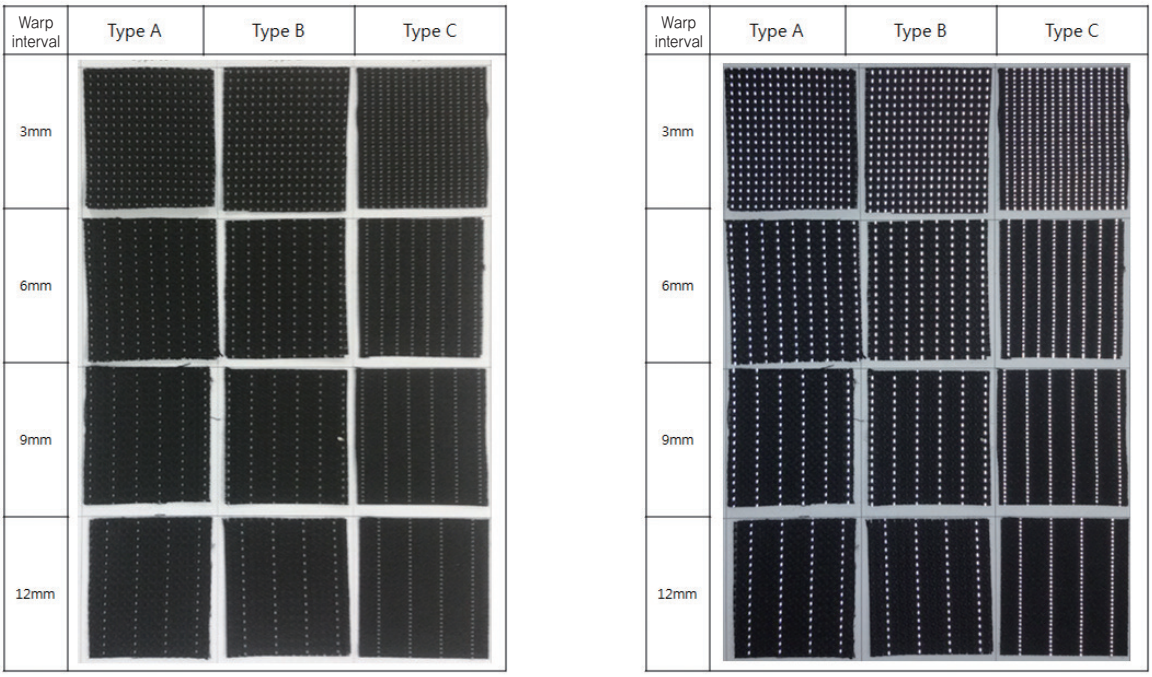


Figure 6. Manufacture procedure of reflective fabric.

www.kci.go.kr

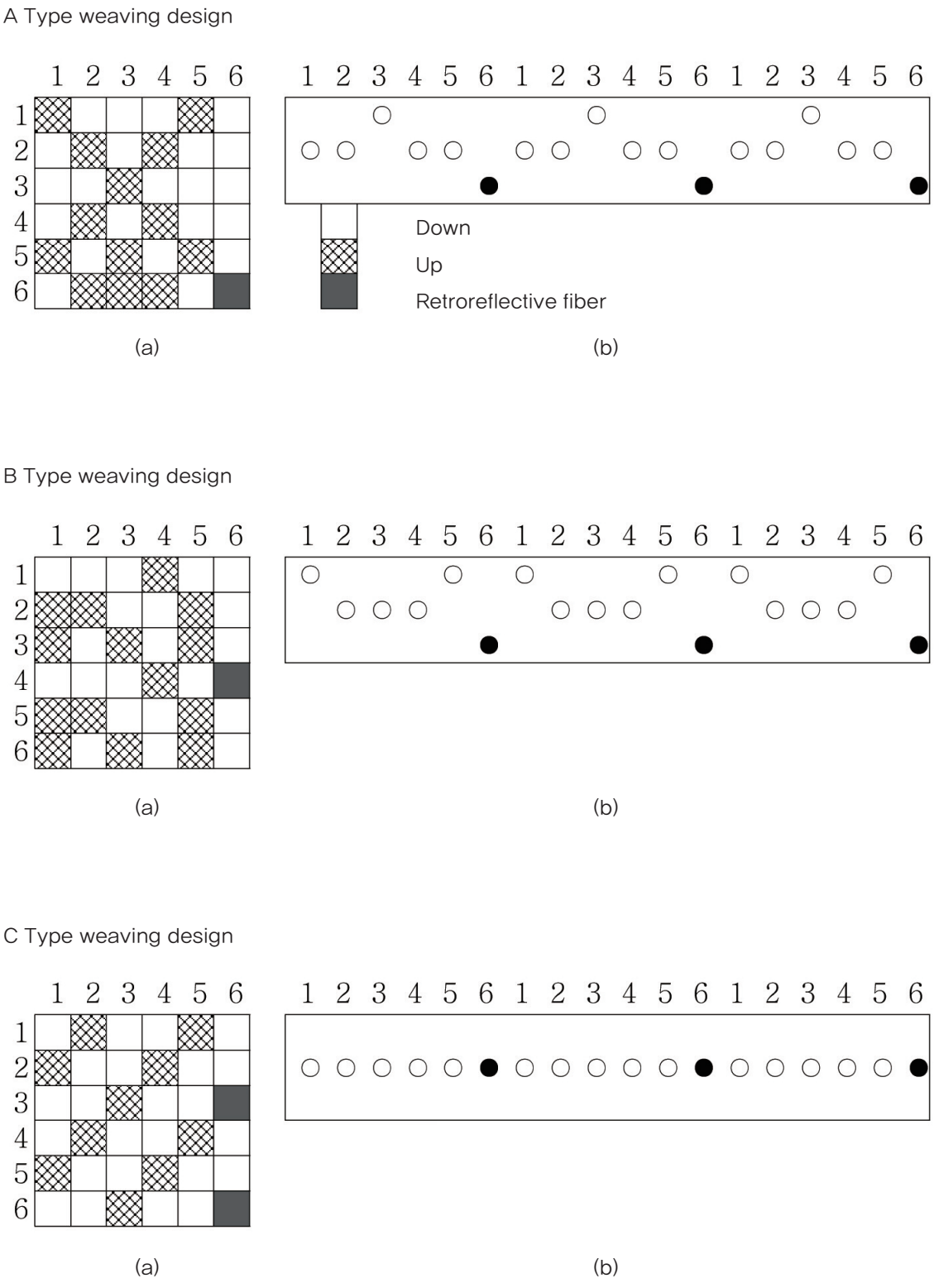


Figure 7. Fabric structure (a) and fabric surface estimation (b) in this study.

www.kci.go.kr

Table 2. Colorimetric data for 3 types of retro-reflective fabric

		L*	a*	b*	C*	h°
Blank		16.8	0.21	0.14	0.25	33
A Type	3mm	21.4	0.07	-0.24	0.26	286
	6mm	19.9	0.12	-0.29	0.26	298
	9mm	19.0	0.12	-0.49	0.54	283
	12mm	18.4	0.29	-0.45	0.54	303
B Type	3mm	23.0	0.03	-0.28	0.28	276
	6mm	20.8	0.26	-0.61	0.66	293
	9mm	20.0	0.26	-0.34	0.43	307
	12mm	19.4	0.13	-0.48	0.50	284
C Type	3mm	24.2	0.16	-0.25	0.29	304
	6mm	21.2	0.14	-0.04	0.15	343
	9mm	20.5	0.02	-0.11	0.11	281
	12mm	19.8	0.14	-0.43	0.45	288

본 연구에서는 slit yarn을 경사에 적용하므로서 위와 같은 결점을 방지하면서 재귀반사 성능을 갖는 고부가가치의 원단을 제직할 수 있다.

따라서 slit yarn을 개발하여 정경빔을 만들고, 직물 조직설계에 맞게 통경(Drawing in)과 틀걸이(Looming)를 하여 제직을 행하였다. 이들의 공정은 Figure 6에 나타내었다. 3개 조직도에 대한 기본적인 직물의 구조와 표면에 드러나는 예측상태를 Figure 7에 나타

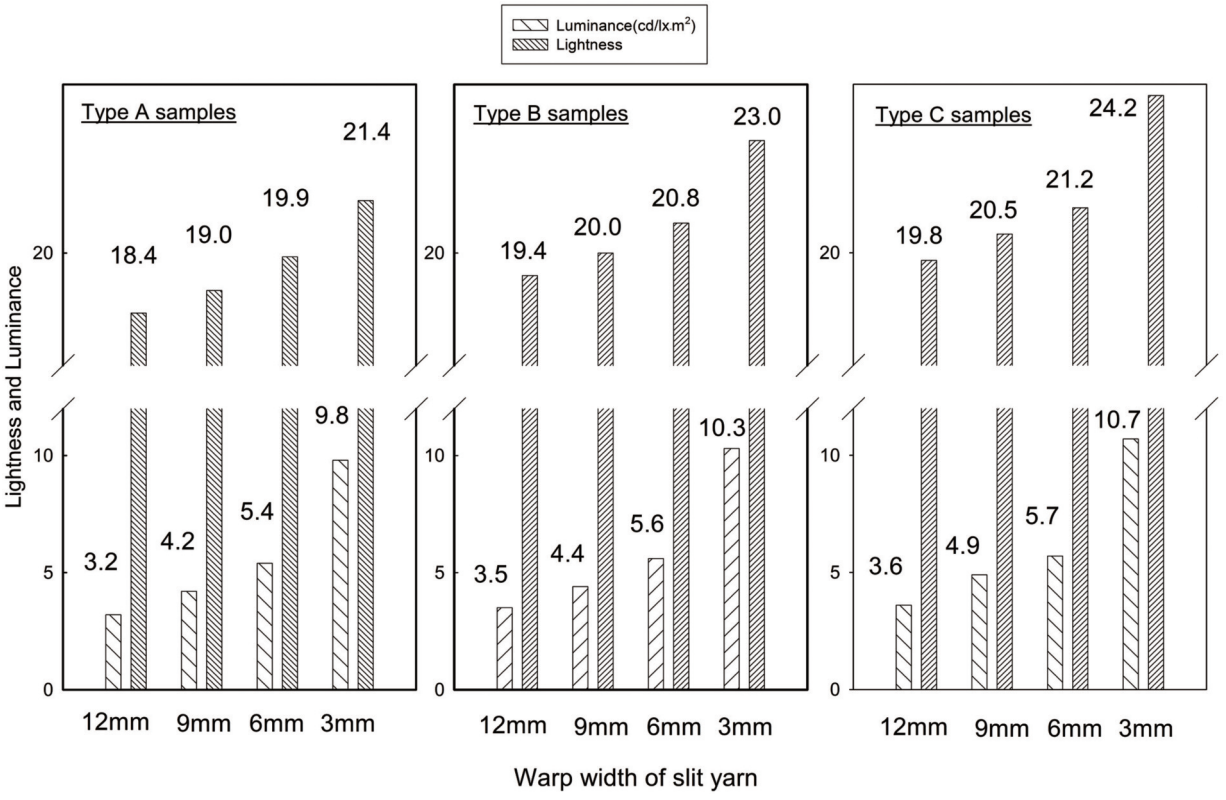


Figure 8. Relationship between lightness and luminance.

www.kci.go.kr

내었으며, 각 제품별 슬릿팅 원사의 간격을 4개간격(3mm, 6mm, 9mm, 12mm)으로 12종의 직물을 제조하였다.

Type A의 경우 도비 디자인으로 구성한 것이고, Type B는 스트라이프 디자인이며, Type C는 Twill 디자인으로 Slit yarn을 한 칸씩 늘이는 형태로 만든 것으로서 이러한 slit yarn의 구성부분의 조직 및 노출면을 조정은 완제품의 휘도에 미치는 영향을 확인하기 위한 것이다. 또한 Figure 6에서는 이들 12종의 직물에 대하여 빛의 유무에 따른 사진을 나타낸 것으로 slit yarn의 배열간격이 빛의 반사 유무에 따라 뚜렷하게 드러남을 볼 수 있다.

3.3 분광학적 분석 특성

3종류의 기본 조직도와 각 제품별 슬릿팅 원사의 간격을 4개 간격으로 다르게 배열하여 재직한 12종의 직물에 대한 표면반사성능의 분석결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2에서 알 수 있듯이 3종의 서로 다른 직물에서 slit yarn의 간격이 줄어들수록 명도인 L*값은 증가함을 알 수 있다. 또한 slit yarn을 배열함으로서 색상은 a*축인 Red-Green축에서는 Blank 시료보다 Greenish 색상으로 미세하게 shift됨을 알 수 있으며, b* 축인 Yellow-Blue축에서는 Bluish하게 발현되었다. 따라서 slit yarn을 직물 조직배열에 활용하게 되면 Greenish와 Bluish 색상으로 shift하고, 또한 Greenish보다 Bluish 색상으로 shift 강도가 크다는 것을 알 수 있었다.

Figure 8에서는 3종의 시료에 대한 색차에서 보여주는 명도와 휘도의 관계를 나타내었다. Type A의 경우 slit yarn의 경사 간격이 좁아질수록(12mm→3mm) 휘도(Luminance)값은 3.2에서 9.8로 증가하였으며, 명도(Lightness) 경우에도 18.4에서 21.4로 일정하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 직물의 조직설계들 달리하여 slit yarn의 노출면을 달리한 Type B와 Type C의 경우에도 Type A와 같은 경향성을 보여주고 있다.

Figure 9는 3종의 시료에 대한 가시광선 파장영역에서 반사율을 나타낸 것이다. Type A의 시료의 경우, slit yarn의 경사배열이 증가할수록 자외선파장 영역 근처에서 Blank 시료에 비하여 색상의 특성치를 나타

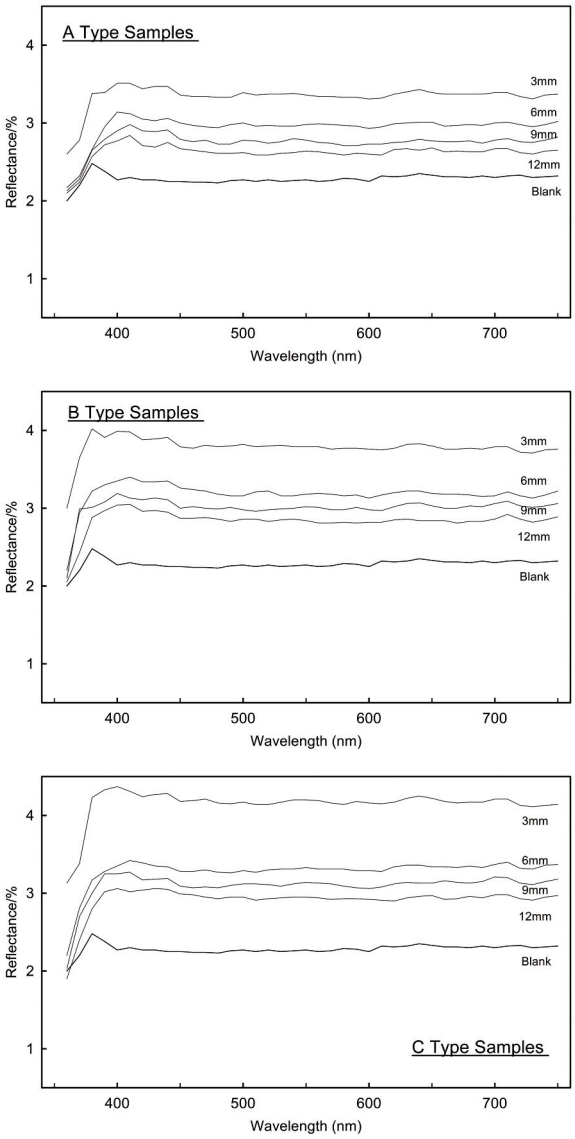


Figure 9. Relationship between wavelength and reflectance.

내는 피크들이 사라지고, 완만하게 변화하고 있다. Type B와 Type C의 시료에서도 비슷한 특성을 보여주고 있다.

4. 결 론

직경 40-70μm인 유리구슬을 PET 기재에 도포하여 재귀반사지를 제조하고, 이를 0.37mm 폭으로 slitting하여 slit yarn을 만들어, 경사배열시 4가지 간격으로 3가지 직물조직 설계도로 제직한 직물에 대하여 유리구슬이 도포된 소재특성과 반사성능 등을 비

www.kci.go.kr

교 · 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Slit yarn의 간격이 줄어들수록 명도인 L*값이 증가하였고, slit yarn을 배열함으로서 색상은 a*축(Red-Green축)에서 Blank 시료보다 Greenish 색상으로 미세하게 shift되고, b* 축(Yellow-Blue 축)에서 Bluish하게 되었다.
2. 직물의 가시광선 파장영역에서 반사율은 slit yarn의 간격이 좁아질수록 Lightness 값은 증가하였고, 휘도(Luminance) 또한 증가하였다. 반사율과의 관계에서도 동일하게 명도의 증가와 휘도의 증가가 일정하게 증가하였다.

Slit yarn을 경사에 사용하므로서 다양한 직물조직을 변경할 수 있으며, 재귀반사원사의 꼬임이나 사절방지 등의 다양한 장점을 발휘할 수 있다. 또한 단면의 크기를 0.37mm에서 50%가까이 줄여줌으로서 보다 부드럽고 섬세한 섬유로서 용도전개를 위하여 추가 연구를 진행하고 있다. 재귀반사원사로 다양하게 조직된 직물은 안전에 관련된 분야에서 의복성과 패션성을 가미하여 다양한 제품에 적용이 가능하리라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과(R0004654)이며, 동의대학교 연구년 결과물입니다.

References

1. D. J. Ahn, Optical Charactristic and Thermal Properties of Retro-reflective Fashion Fabrics, M. S. Thesis, Yon Sei University, 2015.
2. http://en.wikipedia.org/wiki/High-Visibility_Clothing/2017.5.24.
3. H. Y. Lee, W. T. Kwon, H. K. Jung, and Y. T. Oh, A Study on the Mechanism and Design of Reflective Sheet, *Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers*, **17**, 65(2008).
4. J. A. Jung and J. S. Cho, Safety Reflectors in Children's Wear -The Proper Position for Improving Visibility-, *Family and Environment Research*, **44**, 93(2006).
5. B. S. So, Y. H. Jung, and D. H. Lee, A Study on the Shape of Efficient Retroreflective Articles, *J. of the Korean Society of Precision Engineering*, **19**, 10(2002).
6. D. K. Kim and J. D. Lee, Relation to Use of Reflective Sheets and EL-sheets for the Traffic Signs, *J. of the Institute of Industrial Technology*, **32**, 21(2004).
7. K. J. Choi and B. Y. Choi, A Study on the Visibility Distance of Road Traffic Signs, *J. of Korean Society of Transportation*, **19**, 123(2001).
8. T. H. Kim, Measurement and Forecast of the Visibility Range According to Illuminance and the character Sizes, *J. of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, **15**, 425(2014).
9. F. Sametoglu and O. Celikel, Establishment of a Computer-controlled Retroreflection Measurement Facility to Characterize Photometric Properties of Retroreflectors, *Measurement*, **42**, 757(2009).
10. S. H. Lim, M. H. Lee, J. H. Ahn, J. W. Park, J. H. Yu, J. S. Kim, H. S. Ryu, H. J. Ahn, and I. H. Kim, Structural and Physical Properties of Reflective Sheets Prepared by Using Glass Beads, *Elastomers and Composites*, **46**, 277(2011).
11. M. H. Lee, D. H. Lim, M. Y. Heo, J. H. Ahn, J. O. Park, J. H. Yu, J. S. Kim, H. S. Ryu, H. J. Ahn, and I. H. Kim, Preparation and Physical Properties of Diamond Grade Reflection Sheet Using Microprism, *Elastomers and Composites*, **46**, 284(2011).
12. J. W. Cho, S. J. Kwon, J. D. Choe, S. T. Kim, B. C. Ji, S. B. Yang, and J. H. Yeum, Effect of Density Variation of High Tenacity PET Interlace Yarn on the Physical Properties of Pack Style Shock Energy Absorber, *Textile Coloration and Finishing*, **27**, 132(2015).
13. S. Y. Bin, D. K. Kim, Y. J. Baek, S. W. Jin, and J. S. Bae, A Study on High Contraction Conditions by the CPB Process of the Nylon Fabric, *Textile Coloration and Finishing*, **27**, 309(2015).
14. S. W. Park, J. G. Kim, and D. H. Noh, Korea Pat. 10-2016-0128912(2016).
15. I. Kweon, T. K. Kweon, Korea Pat. 10-2015-0115102(2016).

www.kci.go.kr