

〈연구논문(기술)〉

군용 및 산자용 나일론 고강력 태섬사 및 후직물의 물성 분석

김승진¹ · 김상룡[†] · 이도현 · 최우혁

¹영남대학교, 한국염색기술연구소

Analysis on the Physical Property of Nylon High Tenacity Coarse Yarn and Fabric for Military and Technical Textiles

Kim Seung Jin¹, Kim Sang Ryong[†], Lee Do Hyun and Choi Woo Hyuk

¹School of Textiles, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea, Korea Dyeing Technology Center

(Received: May 27, 2009/Revised: June 9, 2009/Accepted: June 12, 2009)

Abstract— This paper surveys the mechanical properties of nylon high tenacity coarse yarn and fabric for military and technical textiles. For this purpose, 6 kinds of yarns and 2 kinds of fabrics are prepared. The yarn physical properties such as yarn count, thermal shrinkages, and tensile properties are measured and discussed with the characteristics of the domestic and imported yarns. And, the physical and mechanical properties of these fabrics are also measured and discussed with the usage of these fabrics in the military and technical textiles fields. Hereafter, the differences of physical properties between domestic and foreign yarn specimens for high functional military and technical fabrics are estimated through this study.

Keywords: nylon high tenacity coarse yarn and fabric, Robic[®], invista, thermal shrinkage, tensile property, KES-FB system, shear modulus

1. 서 론

고강력 나일론 섬유는 고강도 폴리에스테르 섬유 대비 높은 수분율, 촉감, 위장 효과 등의 특징을 가지는 섬유로 산자용으로 폭 넓게 사용되고 있으며 구미 지역에서는 군장구류로 일반화 되어 사용되고 있다¹⁾. 또한 고강력 나일론 섬유는 군용 제품만이 아닌 일반 산자용 직물의 수요도 증가하는 상황²⁻⁴⁾에서 Nylon 66 또는 고강력 Nylon 6를 이용한 직물 설계 기술이 필요하며 활용범위를 확대시켜야 하는 상황이다. 현재 나일론 섬유는 고강도를 요하는 군수 및 민수분야에도 특수한 용도로 쓰이는 분야가 많아 고강도가 요구되면서 멀티기능을 필요로 하는 섬유가 증가하는 추세이다. 군에서 요구하는 개발 분야는 멀티 기능형 경량화 텐트, 멀티 기능형 경량화 판초우의, 환경 반응형 군사용 섬유제품 활용기술 개발, 독소 탐지 기능형 군사용 의류,

텐트, 카멜레온형(위장, 전자파차폐)군사용 의류, 텐트, 판초우의, 위장막 분야이다⁵⁻⁸⁾.

본 연구에서는 군용 및 산자용에 사용되는 나일론 고강력사인 국내에서 생산된 Robic[®]사와 Invista사에서 생산된 나일론 고강력 태섬사 4종류 100D, 210D 그리고, Robic[®] 210D사를 합사하여 제조된 500D, 1000D의 섬도측정, 인장강도, thermal shrinkage의 물성을 비교·분석⁹⁾하였다. 그리고 국내에서 생산된 나일론 고강력 태섬사 Robic[®] 500D를 이용하여 plain 조직으로 제작한 나일론 고강력 직물과 Invista사에서 나일론 500D를 이용해 생산된 직물의 인장강도와 KES-FB system을 이용하여 역학특성을 비교·분석하였다. 이러한 결과를 토대로 본 연구는 나일론 고강력 태섬사를 이용한 군용 및 산자용 제품 기술을 개발하는데 필요한 기초연구를 수행하는데 목적이 있다.

[†]Corresponding author. Tel.: +82-53-350-3758; Fax.: +82-53-350-3818; e-mail: ssarou@dyetec.or.kr

2. 실험

2.1 시료

Table 1은 본 연구에서 사용된 시료를 보이고 있다. Table 2는 본 연구에서 사용된 직물 시료를 보이고 있다.

Table 1. Specimens of nylon yarns

No.	Material
1	Robic 100D
2	Robic 210D
3	Invista 100D
4	Invista 210D
5	Robic 500D
6	Robic 1000D

Table 2. Specimens of nylon fabric

No.	Fabric	Material	Density(number/inch)
1	N/US500D Warp CODURA 65"	Nylon 500D	48
		Nylon 500D	34
2	Robic® Warp 500D Weft	Nylon 500D	48
		Nylon 500D	32

2.2 실험방법

Table 3은 나일론 고강력 태섬사와 직물의 물성 측정 방법을 나타낸다.

Table 3. Measurement of mechanical properties of specimen

Measurement	Remark	Measuring equipment
Denier	KS K 0416	Warp Reel
Yarn tensile property	KS K 0412	Testometric MICRO 350
Yarn thermal shrinkage	Toray method KS K 0215	Dry-Heat Chamber Water Bath
Fabric tensile property	KS K 0520	Testometric MICRO 350
Fabric physical property	-	KES-FB System

3. 결과 및 고찰

3.1 나일론 고강력 태섬사의 역학물성

Fig. 1은 사의 섬도 특성을 나타낸다. 100d와 210d 모두 변수의 편차가 없으며 Robic®과 Invista사 제품 모두 균제한 변수 특성을 보인다.

Fig. 1에 나타나듯이 Robic® 500D사와 1000D사의 섬도 측정치가 420D와 940D로 낮게 측정되어졌다. 이들 사는 Robic® 210D사를 합사하여 제조되었기에 실험 측정시 낮은 섬도를 나타낸 것으로 사료되어진다. 일반 연속 의류용사는 합사 꼬임에 따른 연속이 고려되어 변수가 다소 굵어지나 산업용사 Robic®의 경우 연속이 의류용사 만큼 발생치 않음으로써 420D와 940D의 실측치를 보임을 예측할 수 있다.

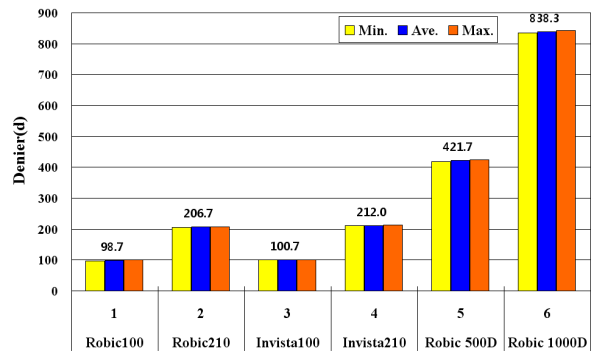


Fig. 1. Denier of nylon yarns.

Fig. 2는 사의 인장특성 변화를 나타낸다. Fig. 2에 나타나듯이 Robic® 100D사와 210D사가 같은 데니어로 생산된 Invista사의 100D사와 210D 나일론 고강력사 보다 절단신도, 초기탄성율, 절단강도의 모든 특성이 대부분 높은 경향을 보이는 것으로 나타났다. 또한 Robic® 500D, 1000D사의 인장강력은 섬도가 높을수록¹⁰⁾ 그 값도 높은 것으로 나타났지만 initial modulus 값은 감소하는 것으로 나타났다. Tenacity 값은 섬도에 따른 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 국내에서 생산된 Robic® 500D, 1000D사는 높은 섬도임에도 불구하고 Invista사에서 생산된 100D, 210D사보다 절단신도 값이 높은 것으로 나타나 강도가 뛰어나면서 신도를 요하는 군사용 텐트에 적용 가능한 소재로 사료된다. 이러한 사실은 고강력 태섬사가 사용되는 산자용 rope 및 MRG (mechanical rubber goods)용으로 국내 Robic®을 사용할 때 절단 신도가 높은 값을 가짐으로서

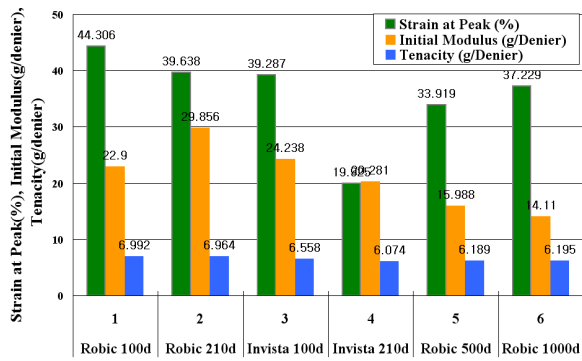


Fig. 2. Tensile properties of nylon yarns.

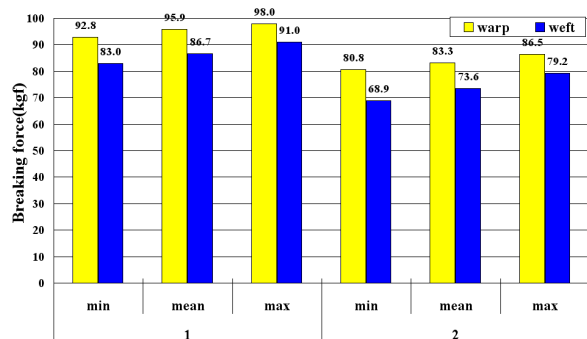


Fig. 3. Thermal shrinkage of nylon yarns.

품질의 신뢰성 면에서 우수성을 확보 할 수 있을 것으로 기대된다.

Fig. 3은 나일론 고강력 태섬사의 수축률을 나타낸다. Fig. 3에 나타나듯이 건열 수축률과 습열 수축률 모두 Robic® 100D사와 200D사가 Invista사의 나일론 고강력사 보다 높은 것으로 나타나 열수축률 성능은 아직 Invista사의 나일론 고강력사보다 국내에서 생산된 Robic®사가 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 저 열수축성을 요구하는 산자용 제품용 사로서 용도확대를 위해서는 습열 수축률은 4-5%, 건열 수축률은 3%정도를 낮추어야 할 것으로 보여진다.

3.2 나일론 고강력 직물의 역학특성

Fig. 4는 나일론 고강력 직물의 절단신도 특성을 나타낸다. Fig. 4에 나타나듯이 Invista사에서 생산된 1번 시료가 국내에서 생산된 2번 시료보다 절단신도 값이 높게 나타났다. 이는 제직시 1번 시료의 위사 밀도가 2번 시료의 위사밀도보다 높아 1번 시료의 strain 값이 높은 것으로 사료되어진다. 또한 위사의 strain값이 경사의 strain값보다 대부분 높게 나타났다.

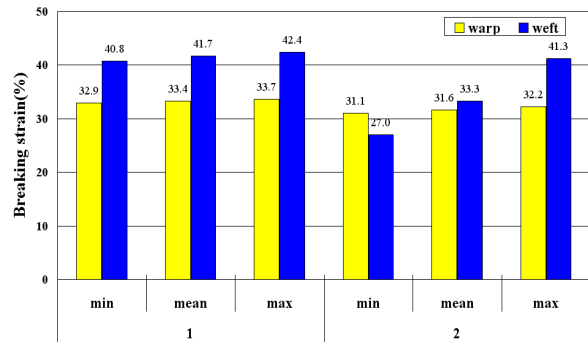


Fig. 4. Breaking strain properties of nylon fabrics.

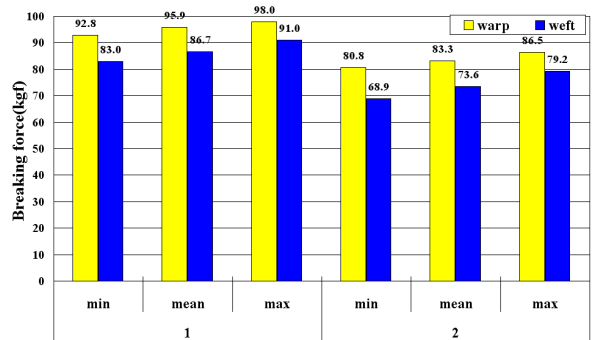


Fig. 5. Tensile properties of nylon fabrics.

Fig. 5는 나일론 고강력 직물의 절단 강도를 나타낸다. Fig. 5에 나타나듯이 Invista사에서 생산된 1번 시료의 절단강력 값은 평균 경사 95.9kgf, 위사 86.7kgf, 국내에서 생산된 2번 시료의 절단강력 값은 평균 경사 83.3kgf, 위사 73.6kgf로 나타나 Invista사에서 생산된 1번 시료의 절단강력이 높게 나타났다. 또한 직물의 경사방향과 위사방향의 절단강력의 최대·최소값 편차도 Robic® 제품이 큰 값을 보임으로서 높은 절단 강력이 요구되면서 편차가 작아야 하는 산자용 제품에 사용되기에는 품질의 보완이 필요하다고 보여진다.

Fig. 6은 나일론 고강력 직물의 초기 탄성율을 나타낸다. Fig. 6에 나타나듯이 Invista사에서 생산된 1번 시료의 초기탄성율 값은 평균 경사 348.4kgf/mm², 위사 324.8kgf/mm², 국내에서 생산된 2번 시료의 초기 탄성율의 값은 평균 경사 388.1kgf/mm², 위사 370.0kgf/mm²으로 나타나 국내에서 생산된 2번 시료가 1번 시료보다 강직한 특성을 보이고 있다. 그러나 최대·최소치 간의 편차는 2번 Robic® 시료가 1번 Invista사 시료보다 약간 큰 값을 보임으로서 초기탄성률의 편차가 작으면서 큰 값이 요구되는 산업용의 섬

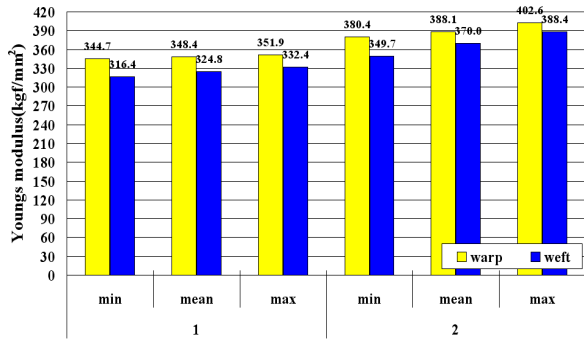


Fig. 6. Youngs modulus of nylon fabrics.

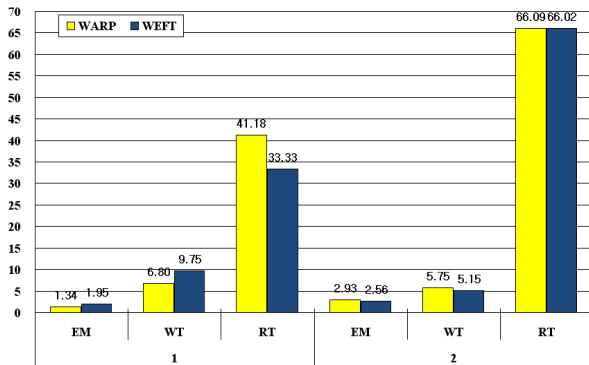


Fig. 7. Tensile properties of nylon fabrics measured by KES-FB system.

유제품에 사용될 수 있는 직물이 되기 위해서는 편차를 줄여주는 품질 개선이 필요한 것으로 보여진다.

Fig. 7은 KES-FB system으로 측정된 나일론 고강력 직물의 인장 특성을 나타낸다. Fig. 7에 나타나듯이 신장성을 나타내는 EM (extensibility) 값은 Invista사에서 생산된 1번 시료가 경위사 평균 1.64%, 국내에서 생산된 2번 시료가 경위사 평균 2.74%로 높게 나타났다. WT(tensile energy) 값은 1번 시료가 경위사 평균 8.27gfc²/cm², 2번 시료가 5.45gfc²/cm²의 값을 나타냈고, RT(resilience) 값은 1번 시료가 경위사 평균 37.25%, 2번 시료가 경위사 평균 66.05%로 높게 나타나, 국내에서 생산된 2번 시료가 Invista사에서 생산된 1번 시료보다 신장성이 뛰어 나면서 회복성도 뛰어난 것으로 나타났다. 따라서 초기탄성 회복성이 뛰어나면서 초기신축 특성이 큰 값이 요구되는 산자용 직물용 실로 사용되기에는 국내 Robic[®]사가 Invista사 사보다 우수한 것으로 보여진다.

Fig. 8은 KES-FB system으로 측정된 나일론 고강력 직물의 전단 특성을 나타낸다.

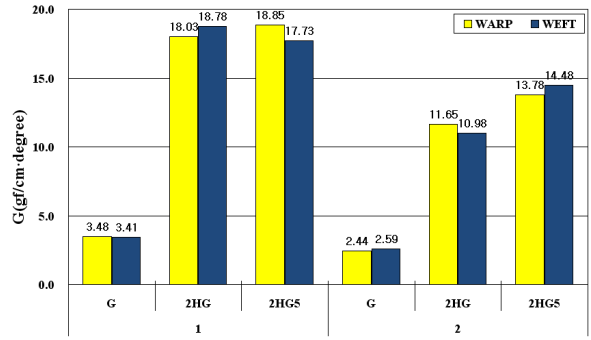


Fig. 8. Shear properties of nylon fabrics measured by KES-FB system.

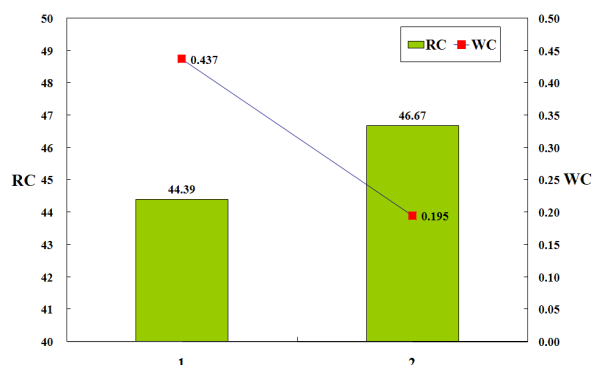


Fig. 9. Compression properties of nylon fabrics measured by KES-FB system.

Fig. 8에 나타나듯이 전단 강성을 나타내는 G(shear stiffness) 값은 1번 시료가 경위사 평균 3.44gf/cm·deg, 2번 시료가 경위사 평균 2.21gf/cm·deg로 나타났고, 2HG(0.5 degree) 값은 1번 시료가 경위사 평균 18.40gf/cm의 값을 나타내었고, 2번 시료가 경위사 평균 11.315gf/cm의 값을 나타내었으며, 2HG5(5 degree) 값은 1번 시료가 경위사 평균 18.29gf/cm, 2번 시료가 14.13gf/cm의 값을 나타냈다. 직물의 전단강성이 Invista사 제품이 큰 값을 가짐으로서 실상태의 전단강성이 Invista사가 큰 값을 가지면서 경사와 위사의 교차점에서의 마찰 특성이 Invista사 직물이 Robic[®] 직물보다 크다는 것을 예측할 수 있다. 그리고 마찰특성이 큰 값을 가짐으로서 전단 히스테리시스 2HG와 2HG5값도 Invista사 직물이 큰 값을 보이는 것으로 확인되었다. 따라서 큰 전단강성이 요구되는 산자용 제품에 사용 될 때는 Invista사 제품이 우수하다는 것을 예측 할 수 있다.

Fig. 9는 KES-FB system으로 측정된 나일론 고강력 직물의 압축 특성을 나타낸다. Fig. 9에 나타나듯이 WC(compression work) 값은 1번 시료

가 0.43gfc/cm²의 값을 나타내었고, 2번 시료가 0.19gfc/cm²의 값을 나타내었으며, RC(resilience) 값은 1번 시료가 44.39%, 2번 시료가 46.67%의 값으로 나타나 국내에서 생산된 나일론 고강력 직물인 2번 시료의 압축 후 회복 성능이 뛰어난 것으로 나타났다. 압축에 따른 소프트성은 Invista사 직물이 더 부드러우며 압축회복성은 국내 Robic[®] 직물이 더 우수함으로서 사의 lateral방향의 압축성이 국내 Robic[®]사가 더 stiff하면서 회복성은 더 좋은 것으로 확인되었으며 압축 변형이 커서 stiff한 특성이 요구되면서 압축 회복성은 우수한 특성이 요구되는 산업용 섬유 제품제조에는 국내 Robic[®]사가 더 타당한 것을 알 수 있다.

4. 결 론

1. 나일론 고강력 태섬사의 인장특성에서는 Robic[®] 100D사와 210D사가 같은 데니어로 생산된 Invista사의 100D사와 210D 나일론 고강력사 보다 절단신도, 초기탄성율, 절단강도의 모든 특성이 대부분 높은 경향을 보이는 것으로 나타났다. 또한 Robic[®] 500D, 1000D사의 인장강력은 섬도가 높을수록 그 값도 높은 것으로 나타났지만 initial modulus 값은 감소하는 것으로 나타났다. 국내에서 생산된 Robic[®] 500D, 1000D사는 높은 섬도임에도 불구하고 Invista사에서 생산된 100D, 210D사보다 절단신도 값이 높은 것으로 나타나 강도가 뛰어나면서 신도를 요하는 군사용 텐트에 적용 가능한 소재로 사료된다. 이러한 사실은 고강력 태섬사가 사용되는 산자용 rope 및 MRG(mechanical rubber goods)용으로 국내 Robic[®]을 사용할 때 절단 신도가 높은 값을 가짐으로서 품질의 신뢰성 면에서 우수성을 확보 할 수 있을 것으로 기대된다.
2. 나일론 고강력 태섬사의 수축률은 건열 수축률과 습열 수축률 모두 Robic[®] 100D사와 200D사가 Invista사의 나일론 고강력사 보다 높은 것으로 나타나 열수축률 성능은 아직 Invista사의 나일론 고강력사보다 국내에서 생산된 Robic[®]사가 떨어지는 것으로 나타나 저 열수축성을 요구하는 산자용 제품용 사로서 용도확대를 위해서는 습열 수축률은 4-5%, 건열 수축률은 3%정도를 낮추어야 할 것으로 보여진다.
3. 나일론 고강력 직물의 인장 특성에서는 Invista

사에서 생산된 1번 시료가 국내에서 생산된 2번 시료보다 절단신도 값이 높게 나타났다. 이는 제직시 1번 시료의 위사 밀도가 2번 시료의 위사밀도보다 높아 1번 시료의 strain 값이 높은 것으로 사료되어진다. 또한 직물의 경사 방향과 위사방향의 절단강력의 최대·최소 값 편차도 Robic[®] 제품이 큰 값을 보임으로서 높은 절단 강력이 요구되면서 편차가 작아야 하는 산자용 제품에 사용되기에는 품질의 보완이 필요하다고 보여진다. 초기탄성율은 Invista사에서 생산된 1번 시료의 초기탄성율 값은 평균 경사 348.4kgf/mm², 위사 324.8kgf/mm², 국내에서 생산된 2번 시료의 초기 탄성율의 값은 평균 경사 388.1kgf/mm², 위사 370.0kgf/mm²으로 나타나 국내에서 생산된 2번 시료가 1번 시료보다 강직한 특성을 보이고 있다. 그러나 최대·최소치 간의 편차는 2번 Robic[®] 시료가 1번 Invista사 시료보다 약간 큰 값을 보임으로서 초기탄성률의 편차가 작으면서 큰 값이 요구되는 산업용의 섬유제품에 사용될 수 있는 직물이 되기 위해서는 편차를 줄여주는 품질 개선이 필요한 것으로 보여진다.

4. KES-FB system으로 살펴본 나일론 고강력 직물의 역학특성에서는 인장특성에서는 국내에서 생산된 2번 시료가 Invista사에서 생산된 1번 시료보다 신장성이 뛰어나면서 회복성도 뛰어난 것으로 나타났다. 따라서 초기탄성 회복성이 뛰어나면서 초기신축 특성이 큰 값이 요구되는 산자용 직물용 사로 사용되기에는 국내 Robic[®]사가 Invista사에서 생산된 사보다 우수한 것으로 보여진다.
5. 압축특성에서는 WC(compression work) 값은 1번 시료가 0.43gfc/cm²의 값을 나타내었고, 2번 시료가 0.19gfc/cm²의 값을 나타내었으며, RC(resilience) 값은 1번 시료가 44.39%, 2번 시료가 46.67%의 값으로 나타나 국내에서 생산된 나일론 고강력 직물인 2번 시료의 압축 후 회복 성능이 뛰어난 것으로 나타났다. 압축에 따른 소프트성은 Invista사 직물이 더 부드러우며 압축회복성은 국내 Robic[®] 직물이 더 우수함으로서 사의 lateral방향의 압축성이 국내 Robic[®]사가 더 stiff하면서 회복성은 더 좋은 것으로 확인되었으며 압축 변형이 커서 stiff한 특성이 요구되면서 압축 회복성은 우수한 특성이 요구되는 산업용 섬유 제품제조에

는 국내 Robic[®]사가 더 타당한 것을 알 수 있다.

감사의 글

이 논문은 한국산업기술평가관리원 섬유산업 스트림간협력기술개발사업의 지원을 받아 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. S. R. Kim, S. J. Kim, D. H. Lee, Analysis of the Physical Property of Nylon Coarse High Tenacity Yarn for Military and Technical Textiles, 2008 Journal of Korean Fiber Society, Vol.40, No.1, pp.101-102, 2008.
2. 산업자원부, “나일론 태섬사를 이용한 군용 및 산자용 후직물 기술개발에 관한연구”, 2007 섬유산업스트림간협력기술개발사업 1차년도 중간보고서, p.4, 2008.
3. T. K. Kim, “New Emotion·New functional Textile”, KTDI, p.322, 2005.
4. Kyungpook National University, “Asia Technical Textile Market Movements”, Korea Dyeing Technology Center, p.27, 2006.
5. International Newsletters Ltd, World Markets for Technical Textiles to 2012, pp.23-24, 2008.
6. Adrian Wilson, Strategies of Leading International Technical Textiles Companies, pp.71-73, International Newsletters Ltd, 2008.
7. International Newsletters Ltd, World Markets for Technical Textiles to 2012, pp.23-24, 2008.
8. Japan Toray Research center, “Application of Technical Textile”, p.3, 2008.
9. Demir A. et al, The Effects of Process and Supply Yarn Parameters on the Properties of Textured Yarns, *Textile Res. J.*, **58**, 318(1998).
10. K. W. Lee, J. W. Cho, J. H. Yang, S. D. Kim, and B. C. Chun, Preparation and Drawing Mechanism of High Strength Nylon 6 Fiber by Gel-spinning/Drawing, *J. Korea Fiber Soc.*, **33**(4), 330-337(1996).