

소모연신사의 연신비가 니트의 역학적 성질에 미치는 영향

한원희 · 김승진^{1,†}

한국폴리텍섬유패션대학 니트디자인과, ¹영남대학교 섬유패션학부

The Effects of Draw Ratio of Worsted Yarn on the Mechanical Properties of Knitted Fabrics

Won Hee Han and Seung Jin Kim^{1,†}

Dept. of Knit Design, Korea Textile and Fashion Polytechnic College, Daegu, Korea
¹School of Textiles, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea

(Received: July 8, 2010/Revised: September 10, 2010/Accepted: September 13, 2010)

Abstract— This paper surveys the effects of drawing conditions of the worsted staple yarns on the mechanical properties of the knitted fabrics for highly aesthetical fabrics. The drawn worsted yarns were made on the yarn drawing system with various draw ratios under the fixed conditions of setting time, reduction and oxidation. The knitted fabric specimens were prepared on the 16 gauge circular knitting machine using these drawn worsted staple yarns. The tensile, shear, bending, compression and surface properties of these knitted fabrics were measured by KES-FB-AUTO-A system and also discussed with the drawing conditions. The tensile linearity, shear stiffness and bending rigidity decreased with increasing draw ratio. Any changes were not shown on the compressional properties with drawing conditions. But the friction coefficient of the knitted fabric on the course direction increased with increasing draw ratio, while there was no change according to the draw ratio on the wale direction.

Keywords: drawn worsted yarn, draw ratio, circular knitting machine, knitted fabric, mechanical property

1. 서 론

최근의 의류용 섬유소재 업계에 있어서 소비자의 요구는 다양해지고 있으며 또한, 이들 소비자의 요구를 반영하지 않고는 기업의 생존이 불가능한 상황이 되고 있다. 또한, 전반적인 소득 수준이 높아지고 웰빙에 관심이 많아짐에 따라 소비자들은 고감성이면서 환경에 해를 주지 않는 소재를 요구하는 추세이다. 따라서, 기업에서도 이러한 소비자들의 요구를 반영하기 위해 다각도로 노력을 하고 있으며 이러한 측면에서 친환경적 천연섬유 소재가 다시 주목받고 있으며, 특히 세사(細絲) 방적을 위해 많은 기술개발을 하고 있는 실정이다. 한편, 고급 천연소재인 양모는 전량 해외에서 수입을 하고 있는데, 타 소재에 비해 고가이다. 특히, 세사 제조를 위해 20 μ m의 가는 양모를 수입할 경우 일반 양모인 24 μ m에 비해 약 1.4배이상의 가격

을 지불하여야 하며, 20 μ m이하인 경우 1 μ m가 늘어 질때 마다 약 20%이상 가격이 증가하게 되어 소모방 업계는 원료가 상승에 따른 제조원가압박을 받고 있으며, 또한 외국에 많은 원료 비용을 지불할 수 밖에 없는 실정이다¹⁾. 따라서, 외국에 고비용을 지불하지 않고 세사의 천연 양모소재를 얻기 위해 값싼 일반 2/60Nm 소모사를 방적사 상태에서 연신하여 고가의 2/80Nm이상의 세사를 생산하는 기술이 Kim 등²⁻⁴⁾에 의해 연구되었다. 이 기술은 값싼 일반 양모방적사를 이용하여 연신하는 것으로 큰 비용과 시간 소요없이 최대 2/90Nm의 고부가 세사를 제조³⁾할 수 있으므로 19 μ m의 고급 양모섬유를 사용하고, 톱을 연신하여 별도의 방적공정이 필요한 CSIRO의 기존 기술^{5,6)}보다 우수하다고 볼 수 있다.

한편, 니트는 직물에 비해 신축성, 착용감, 보온성, 통기성, 유연성, 방추성 등이 뛰어난

[†]Corresponding author. Tel.: +82-53-810-2771; Fax.: +82-53-812-5702; e-mail: sjkim@ynu.ac.kr

©2010 The Korean Society of Dyers and Finishers 1229-0033/2010-09/272-281

장점을 가지고 있어서 최근의 웰빙 추세와 레저활동의 증가로 니트에 관한 소비자의 관심이 높아졌다. 특히 별다른 준비공정없이 원사에서 간단히 제조할 수 있으며 다양한 조직과 원사의 사용이 가능하므로 뛰어난 패션성도 가지고 있다. 그러나, 니트는 단순히 편환(loop)이 얽혀서 형성된 조직이므로 사용된 원사의 특성이 니트의 물성에 바로 영향을 주며, 직물에 비해 내구성, 내마찰성, 형태안정성이 낮고 착용중 전선(run)이 발생하는 등 단점도 많이 가지고 있다⁷⁾. 따라서 고감성의 니트 제품개발을 위해서는 원사의 특성을 결정하는 원사 제조공정조건이 니트제품의 역학적 성질에 미치는 영향을 연구하는 것이 체계적으로 이루어져야 한다. 그러나, 니트구조의 특성이 직물과 확연히 다르므로 니트의 역학적 특성에 관한 연구는 직물에 비해 활발히 이루어지지 않았다.

Hamilton 등⁸⁾과 Gibson 등⁹⁾은 위편의 평편조직의 굽힘특성에 대한 실험적 연구를 하였는데, 가공된 니트와 직물을 비교하여 상대적으로 부드러운 니트가 굽힘히스테리시스가 적으며, 굽힘강성과 히스테리시스는 wale 방향이 course 방향보다 더 크다는 것을 밝혔다. 또한, 니트의 굽힘히스테리시스는 굽힘모멘트 축을 중심으로 비대칭임을 보고하였다. Dhingra 등¹⁰⁾은 외의용 경편의 전단특성은 경편의 조직에 따른 루프의 결합 구조에 큰 영향을 받지만, 경편의 두께와 무게에는 영향을 받지 않는다고 보고하였다.

또한, Mackay 등¹¹⁾은 1×1 리브조직의 니트가 반복된 세탁을 거친후 역학적성질의 변화를 고찰하였고, Choi 등¹²⁾은 니트의 조직과 밀도의 변화에 따른 역학적 특성의 변화를 고찰하여 역학적 특성이 태에 미치는 영향을 보고하였으며, Cho 등¹³⁾은 니트 조직별 역학적특성치를 측정하여 wale 방향과 course 방향의 역학적특성치를 비교한 후 촉감에 미치는 영향을 보고하였다.

또한 Park 등¹⁴⁾은 위편의 더블니트 조직이 역학적성질과 태에 미치는 영향을 연구하였다. Lee 등¹⁵⁾은 니트의 드레이프성을 연구하면서 원사의 혼방비율에 따른 니트의 역학적특성치를 course와 wale 방향으로 비교하여 드레이프성과의 관계를 연구하였다.

따라서 대부분의 니트 역학적특성에 관한 연구는 니트의 조직, 가공조건 등에 따른 니트 역학적특성의 변화에 관한 것이다. 그러므로, 니트의 물성에 영향을 주는 원사의 제조공정조건이 니트 역학적특성에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다.

전보^{3,4)}에서는 소모방적사를 연신하는 연신공정조건이 변화가 소모연신사의 물성에 미치는 영향을 고찰하여 연신메커니즘을 상세하게 밝혔지만, 최종 목표인 고감성 소재개발을 위해서는 소모방적사의 연신공정조건이 천의 물성에 미치는 영향이 고찰되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 전보^{3,4)}에서 연신공정 중 소모연신사의 물성변화에 가장 뚜렷하게 영향을 미치는 인자로 밝혀진 연신비를 변화시켜 제조한 소모연신사를 니트로 제조하여 소모연신사의 연신공정 조건이 니트의 역학적 성질에 미치는 영향을 고찰함으로써 값비싼 소모 니트 수입품을 대체하면서 가격경쟁력과 고감성을 가지는 소모 니트 소재 개발에 대한 연신소모사 공정조건을 확립하고자 한다.

2. 실험

2.1 시료제조

본 연구에 사용된 시료는 꼬임수 1,000 TPM 과 1,350 TPM의 꼬임사인 2/60Nm의 소모방적사를 사용하여 연신공정을 거쳐 소모연신사를 제조³⁾한 후, 이 중 전보^{3,4)}에서 소모연신사의 물성에 가장 큰 영향을 준 공정인자인 연신비의

Table 1. Processing conditions of drawn yarns

Processing factor	Condition
Yarn count and twist of yarn	2/60Nm 1,000TPM, 2/60Nm 1,350TPM
Na ₂ S ₂ O ₅ concentration(g/l)	10
Draw ratio(%)	130, 140, 150, 155
Setting time(min.)	30
H ₂ O ₂ concentration(g/l)	10

변화에 따라 제조된 소모연신사 7종을 이용하여 환편기로 편직하였다. Table 1에 소모연신사 제조를 위한 연신공정조건을 나타내었다.

편직은 편기의 게이지와 조직에 따라 사용되어지는 실의 굵기가 달라지므로 본 연구에서는 Iyer 등¹⁶⁾이 제시한 데이터에 따라 소모연신사의 굵기인 2/80Nm ~ 2/90Nm에 적합한 16게이지의 환편기를 이용하여 평편조직으로 니트제품 7종을 편직하였다.

2.2 물성시험

제조된 니트의 역학적 성질¹⁷⁾은 KES-FB-AUTO-A를 이용하여 16가지 역학특성을 측정하였다. 시료의 크기는 20×20cm를 사용하였으며 실온 20℃, 60 RH%의 조건에서 3일간 방치한 후 니트의 course와 wale 방향으로 각각 측정하였다. Table 2에 측정된 역학성질과 측정조건을 나타냈다. 본 실험에 사용된 시료는 니트이므로 인장과 압축특성의 최대 하중은 니트의 시험하중^{18,19)}을 기준으로 하였다. 또한 압축과 표면특성은 시료별 측정부위를 달리하여 3회씩 측정하여 평균을 구하였다^{19,20)}.

니트의 역학특성에 미치는 소모연신사의 구조적 특성을 알아보기 위해 전자현미경(HITACHI S-3500N)으로 2,000배 확대하여 소모연신사의 표면을 촬영하였으며, 광학현미경으로 200배 확대하여 소모연신사의 단면을 촬영하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 인장특성의 변화

Fig. 1에는 연신비에 따른 인장특성의 변화를 보이고 있다. 즉, (a)는 연신비 변화에 따른 인장선형도(LT)의 변화, (b)는 연신비 변화에 따른 인장에너지(WT)의 변화, (c)는 연신비 변화에 따른 인장회복도(RT)의 변화이다.

Fig. 1(a)에서는 연신비가 증가함에 따라 인장선형도는 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 소모연신사의 구조변화에 의한 것으로 생각되는데, Fig. 2³⁾에서 보듯이 소모방적사가 꼬임이 있는 상태에서 연신에 의한 인장력을 받게됨에 따라 소모방적사 표면에서 내부로 압축력이 발생하게 되면서 동시에 연신을 받으므로 소모방적사 내부의 양모섬유간 마찰에 의해 표면

Table 2. Measuring conditions for mechanical properties of specimens¹⁷⁾

Property	Condition	Symbol	Characteristic value (unit)
Tensile	Max. load : 50gf/cm Elongation speed : 0.1mm/sec	LT	Linearity (-)
		WT	Tensile energy (gf · cm/cm ²)
		RT	Resilience (%)
Shear	Shear angle : ±8°	G	Shear stiffness (gf/cm · degree)
		2HG	Hysteresis at Φ=0.5°
		2HG5	Hysteresis at Φ=5°
Bending	Curvature : 2.5cm ⁻¹	B	Bending rigidity (gf · cm ² /cm)
		2HB	Hysteresis (gf · cm ² /cm)
Compression	Max. load : 10gf/cm ² Pressing speed : 150mm/sec	LC	Linearity (-)
		WC	Compressional energy (gf · cm/cm ²)
		RC	Resilience (%)
Surface	Velocity : 0.1cm/sec Compressing area : 2cm ² Initial tensioning : 20gf/cm Roughness contactor compression : 10gf	MIU	Coefficient of friction (-)
		MMD	Mean deviation of MIU (-)
		SMD	Geometrical roughness (micron)

에 scratching이 발생하고 스케일이 파괴됨을 알 수 있다. 또한, 연신전 처리된 환원제에 의해 양모섬유의 구조가 약화된 상태로 압축력을 받아 양모섬유의 단면이 이형단면으로 변하고 소모연신사의 packing성이 좋아졌음을 알 수 있었다.

이러한 소모연신사의 구조적 변화가 니트 조직내에서 루프 이동을 방해하는 요인을 줄였고, packing성이 좋아진 소모연신사는 hard하게 되므로 루프의 이동이 더욱더 쉬워져 인장선형도는 감소하는 것으로 생각된다. 또한 Fig. 1(a)에서 볼 수 있듯이 course 방향이 wale 방향보다 큰 값을 나타내는데, course방향으로 인장할때는 니들루프와 싱커루프의 교차점에 인장력이 걸리게 되어 각 교차점의 마찰에 의해 인장응력에 대한 저항이 생겨서 인장선형도가 높게 나타나는 것으로 생각된다. 또한, course 방향으로 하중이 걸리면 루프구조 자체의 탄성효과에 의해 인장선형도는 wale 보다 더 높은 것으로 생각된다.

반면, wale 방향으로 인장력이 걸리면 니트의 구조적 특성상 교차점보다는 루프를 구성하는 소모연신사에만 인장력이 걸리므로 course 방향에서 처럼 구조적인 효과를 보지 못해 course 방향보다는 인장선형도가 낮아진 것으로 생각된다. 또한, 꼬임수가 1,350 TPM의 시료가 1,000 TPM의 시료보다 course와 wale 방향 모두 미소하게 높게 나타나는데, 이는 꼬임이 많을수록 꼬임각이 증가하여 인장력에 저항하는 루프 교차점의 마찰력이 증가하므로 높게 나타나는 것으로 생각된다.

Fig. 1(b)에서는 연신비가 증가할수록 인장에너지가 증가하는 경향을 보이고 있다. 연신비의 증가에 따라 소모연신사를 구성하는 양모섬유의 이형단면화가 증가하고, 불균제도가 급격히 증가⁴⁾하므로 이러한 기하학적인 변화에 의해 니트내 구성섬유간 교차점에서의 마찰력이 증가함으로써 인장에너지는 증가하는 경향을

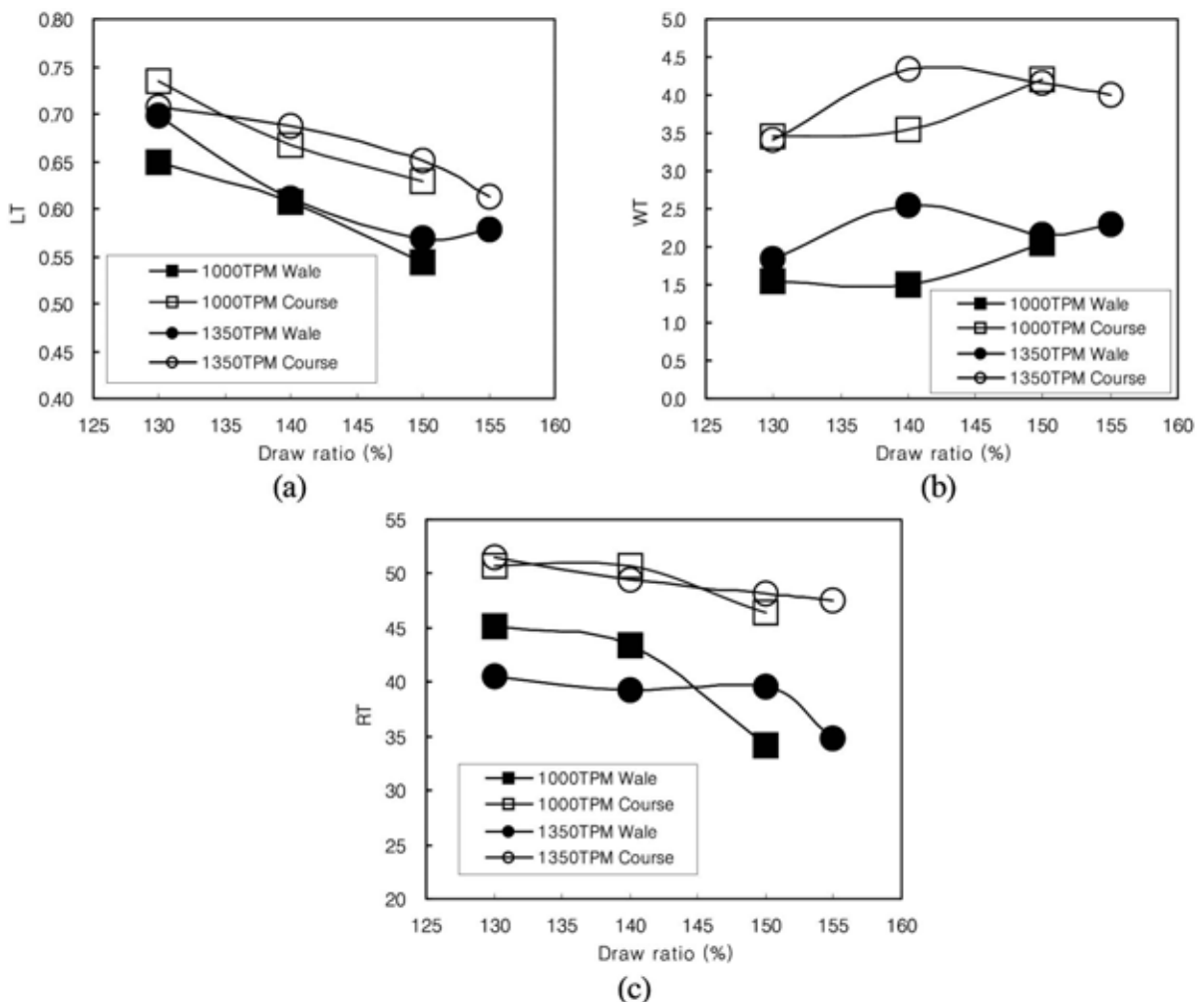


Fig. 1. Effect of draw ratio on tensile properties.

보이는 것으로 생각된다. 한편, course 방향이 wale 방향보다 니트의 루프간 교차점이 더 많으므로 인장에너지가 더 높게 나타났으며, 꼬임수가 1,350 TPM인 시료가 1,000 TPM의 경우보다 꼬임각이 더 높으므로 교차점에서의 마찰력이 증가하여 인장에너지도 높게 나타났다.

Fig. 1(c)에서 보듯이 연신비가 증가할수록 인장회복도는 감소하는 경향을 보이는데, 연신에 의해 소모연신사의 표면 스케일이 파괴되고 packing성이 좋아지지만, 단면이 이형화되고 불균제도의 증가로 니트내의 교차점에서의 마찰에 의해 에너지 손실이 동시에 증가하므로 인장회복도는 감소하는 경향을 보이는 것으로 생각된다.

인장회복도 역시 course방향이 wale방향보다 높게 나타나는데, 앞에서 고찰했듯이 니트의 구조적 요인에 기인한 것으로 생각된다. 꼬임수는 1,000 TPM이 1,350 TPM보다 회복도가 높게 나타났는데, 꼬임수가 적으므로 꼬임각이 낮아 인장력에 의한 변형시 마찰이 더 적게되므로 에너지 손실이 적어서 회복도는 높아진 것으로 생각된다.

3.2 전단특성의 변화

Fig. 3에는 연신비에 따른 전단특성의 변화를 보이고 있다. 즉, (a)는 연신비 변화에 따른 전단강성(G)의 변화, (b)는 연신비 변화에 따른 전단각 0.5°에서의 전단히스테리시스(2HG), (c)는

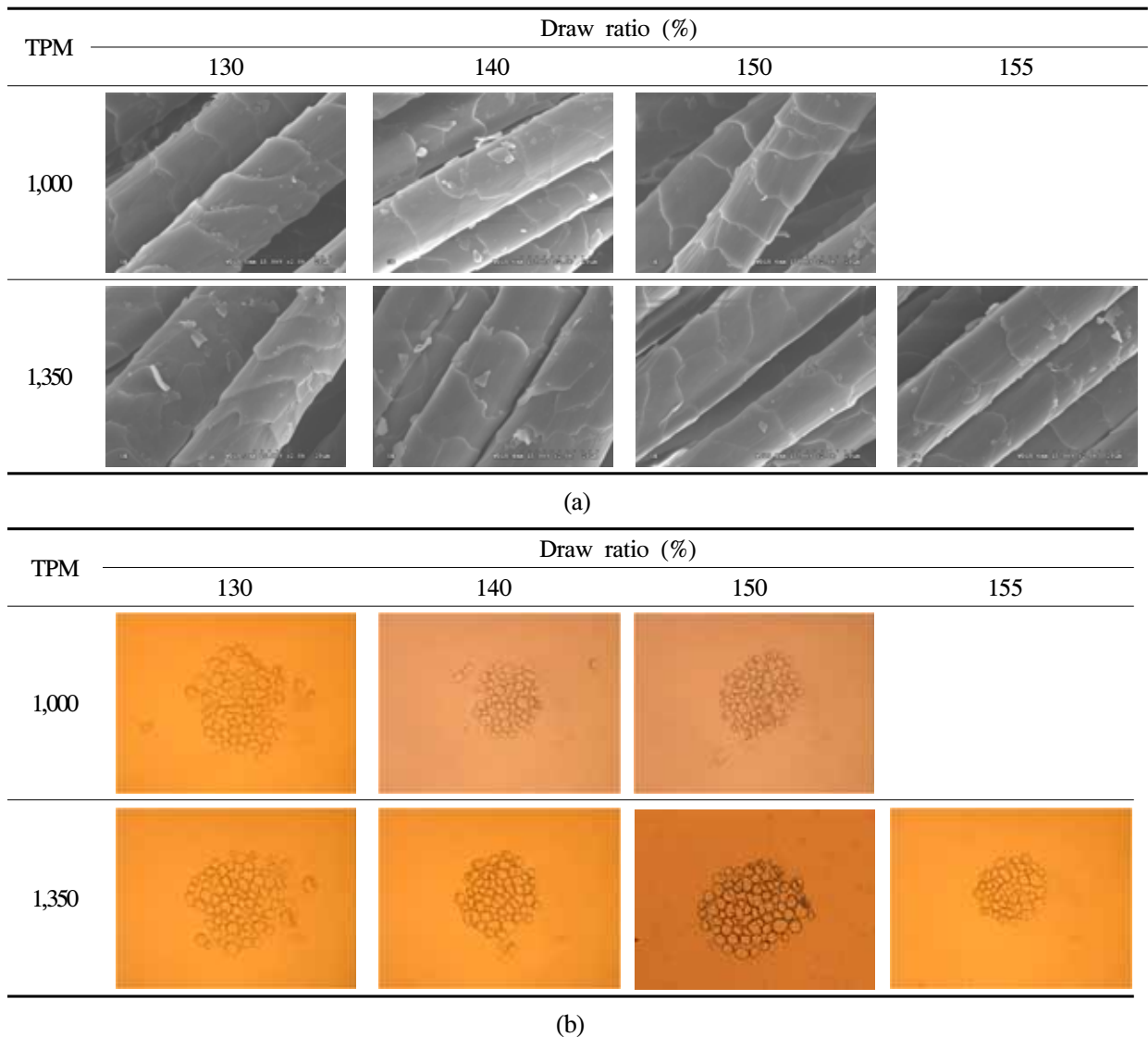


Fig. 2. Images of drawn worsted yarn with draw ratio. (a) surface shape(×2,000) (b) cross-sectional shape(×200)

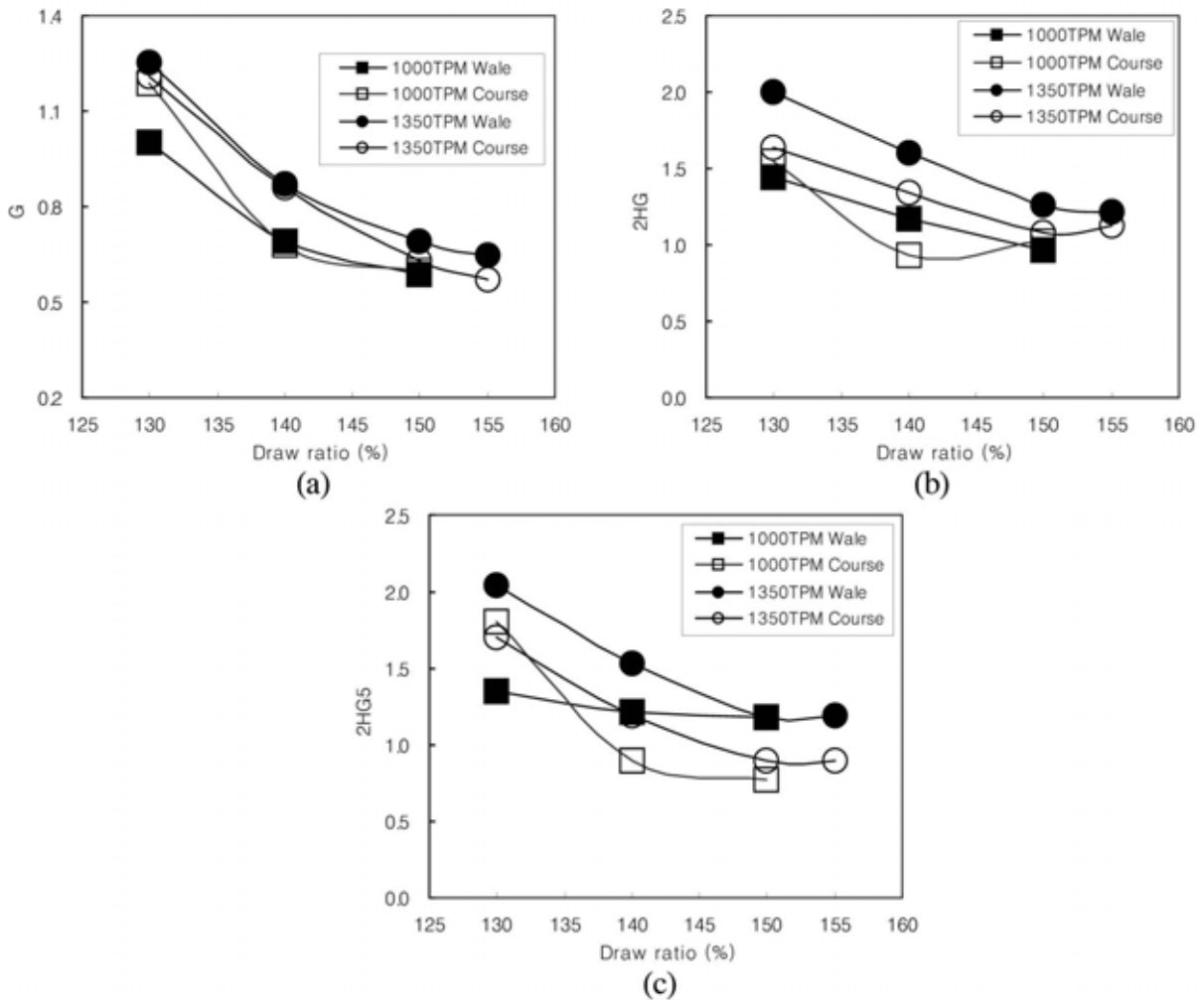


Fig. 3. Effect of draw ratio on shear properties.

연신비 변화에 따른 전단각 5°에서의 전단히스테리시스(2HG5)의 변화이다.

Fig. 3(a)에서 연신비가 증가할수록 니트의 전단강성은 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 Fig. 2에서 보듯이 연신비가 증가할수록 소모연신사의 굽기가 감소하고, 구성 양모섬유의 구조변화와 packing성의 증가로 전단변형에 따른 섬유간 마찰저항 및 니트 루프의 교차점에서 소모연신사간의 마찰저항이 감소하기 때문인 것으로 생각된다.

한편, Fig. 3(a)에서 전단강성은 course와 wale 방향의 차이가 거의 나타나지 않았다. 그러나, 꼬임수의 경우, 꼬임수가 높을수록 꼬임각이 증가하여 교차점에서의 마찰력이 커지므로 1,000 TPM 보다는 1,350 TPM이 더 큰 전단강성을 보였다.

Fig. 3(b)에서 보듯이 연신비가 증가함에 따라

전단각 0.5°에서의 전단히스테리시스(2HG)는 감소하는 경향을 보였는데, 이는 소모연신사의 구조와 물성변화로 루프의 교차점에서의 마찰력이 감소함에 따라 전단응력의 손실이 적어졌기 때문으로 생각된다.

Fig. 3(c)에서 보듯이 연신비가 증가함에 따라 전단각 5°에서의 전단히스테리시스(2HG5)는 감소하는 경향을 보였는데, (b)에서와 동일한 이유라고 생각된다.

한편 Fig. 3(b)와 (c)에서 wale 방향이 course 방향보다 전단히스테리시스가 높게 나타났는데, 루프의 구조적 특징에 따라 wale 방향에서 전단력이 가해지면 course 방향으로 변형이 일어나므로 교차점이 더 강하게 작용하여 전단히스테리시스가 더 높아진 것으로 생각된다. 꼬임수도 1,350 TPM이 1,000 TPM의 경우보다 전단히스테리시스가 더 높게 나타났는데, 이는 꼬

임각의 증가에 따라 소모연신사 내부와 루프의 교차점에서 마찰력이 더 높아졌기 때문에 전단 히스테리시스가 높게 나타난 것으로 생각된다.

3.3 굽힘특성의 변화

Fig. 4에는 연신비에 따른 굽힘특성의 변화를 보이고 있다. 즉, (a)는 연신비 변화에 따른 굽힘강성(B)의 변화, (b)는 연신비 변화에 따른 굽힘히스테리시스(2HB)의 변화를 나타내고 있다.

Fig. 4(a)에서 보듯이 연신비 증가에 따른 굽힘강성은 감소하는 경향을 보이는데, 연신비의 증가에 따라 소모연신사의 굽기가 감소하였기 때문에 굽힘강성이 감소한 것으로 생각된다.

한편, Fig. 4(a)에서 course 방향보다는 wale 방향의 굽힘강성이 더 높게 나타났는데, wale 방향으로 굽힘변형을 시키면 니트의 구조상 특징에 의해 루프간 교차점과 니들루프가 굽힘변형의 저항에 모두 관여하지만, course 방향으로 굽힘변형이 일어나면 루프 교차점의 기여도는 크지 않게 되고, 싱커루프 부분이 굽힘변형에 대한 주 저항이 되므로 course 방향의 굽힘강성은 wale 방향보다 낮다고 생각된다. 또한, 1,350 TPM의 소모연신사로 제조한 니트가 1,000 TPM으로 제조한 니트보다 굽힘강성이 높게 나타났다. 일반적으로 구성원사의 꼬임수가 증가하면 인장탄성률 계수가 감소하여 굽힘강성이 감소하는 것으로 알려져 있지만, 소모연신사의 경우 꼬임수가 증가할수록 굽기 감소가 적어지므로³⁾ 상대적으로 더 굽은 1,350 TPM의 원사로 구성된 니트가 굽힘강성이 더 높은 것으로 생각된다.

Fig. 4(b)에서 보듯이 연신비가 증가할수록 굽힘히스테리시스는 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 소모연신사의 굽기가 감소함과 동시에 packing성이 증가하였고 양모섬유의 스케일 파괴가 일어나 소모연신사의 표면 마찰저항이 감소하여 니트를 구성하고 있는 소모연신사가 루프의 교차점에서 보다 더 자유롭게 움직일 수 있게 되어 굽힘에 의한 에너지 손실이 적어졌기 때문으로 생각된다. 또한, (b)에서 course 방향보다는 wale 방향의 굽힘히스테리시스가 더 큰 값을 보이는데, 이는 니트구조에 의해 wale 방향으로 굽힘이 될 때 루프의 교차점과 니들루프가 동시에 힘을 받아 변형이 되므로 에너지 손실에 기여하는 부분이 많아져 굽힘히스테리시스가 큰 값을 보인다고 생각된다. 그리고, 원사의 꼬임수가 1,350 TPM인 니트가 1,000 TPM의 니트보다 굽힘히스테리시스가 더 큰 값을 보이는데, 꼬임이 클수록 꼬임각이 증가하므로 니트내 소모연신사의 루프 교차점에서 마찰력이 증가하여 에너지 손실이 더 많이 일어났기 때문인 것으로 생각된다.

3.4 압축특성의 변화

Fig. 5에는 연신비에 따른 압축특성의 변화를 보이고 있다. 즉, (a)는 연신비 변화에 따른 압축선형도(LC)의 변화, (b)는 연신비 변화에 따른 압축에너지(WC)의 변화, (c)는 연신비 변화에 따른 압축회복도(RC)의 변화를 각각 나타내고 있다.

Fig. 5(a)에서 보듯이 연신비가 증가하더라도 압축선형도는 큰 변화가 없었다. 소모사의 연신

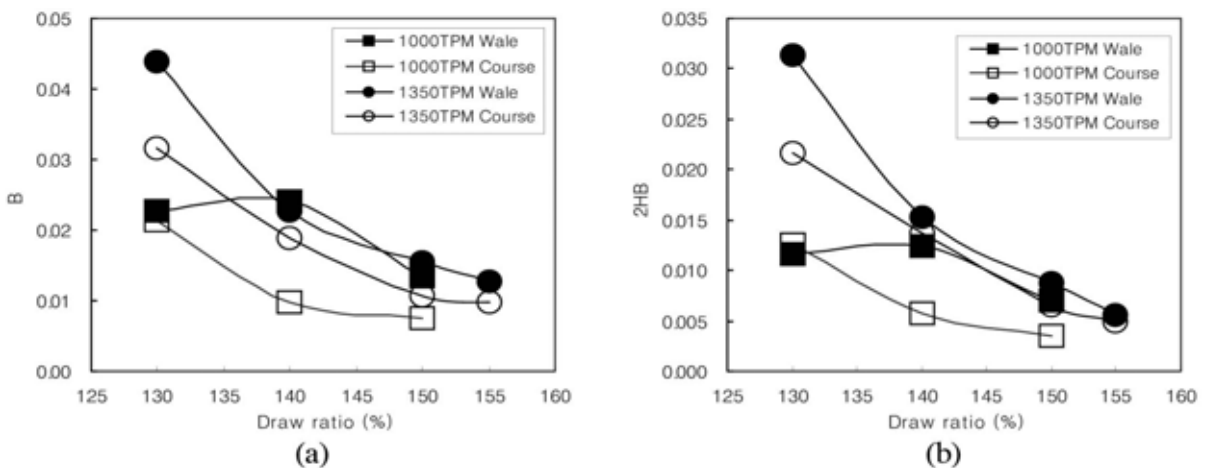


Fig. 4. Effect of draw ratio on bending properties.

에 의해 양모섬유의 스케일이 파괴되고, 소모연신사의 packing성이 좋아졌기 때문에 압축선형도에 영향을 주는 크림프와 스케일의 영향이 적어져서 압축선형도는 큰 변화가 없는 것으로 생각된다.

Fig. 5(b)에서 보듯이 연신비가 증가함에 따라 1,350 TPM 소모연신사의 압축에너지는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 이는 연신비 증가에 따라 소모연신사의 불균제도가 증가하여 압축시 니트를 구성하고 있는 소모연신사의 압축에너지를 증가시키지만, 동시에 소모연신사의 크림프 감소와 표면구조와 packing성의 변화^{3,4)}에 의한 압축에너지의 감소 요인이 발생하여 전체적으로 경향성을 보이지 않는 것으로 생각된다. 그러나, 1,000 TPM의 경우는 꼬임이 적은 상태에서 연신됨에 따라 소모연신사 구조변화의 영향보다는 불균제도의 영향⁴⁾이 더 많아 압축에너지가 다소 증가하는 경향을 보인 것

로 생각된다.

Fig. 5(c)에서 보듯이 연신비가 증가할수록 압축회복도도 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. Fig. 5(b)에서 고찰한 것 처럼 연신에 의해 변화된 소모연신사의 구조변화에 의해 압축회복도를 증가시키는 요인³⁾(packing성 증가)과 감소시키는 요인⁴⁾(크림프 감소, 불균제도 증가)이 동시에 작용하여 전체적으로 큰 변화가 나타나지 않는 것으로 생각된다. 다만, 1,350 TPM의 경우는 높은 꼬임수에 의해 연신시 압축력이 더 많이 작용하게 되어 소모연신사를 구성하고 있는 양모섬유의 크림프 감소가 더 증가하게 되어 압축회복도는 감소하는 경향을 보인 것으로 생각된다.

3.5 표면특성의 변화

Fig. 6은 연신비 변화에 따른 마찰계수(MIU)의 변화를 나타낸다. Fig. 6에서 보듯이 니트는

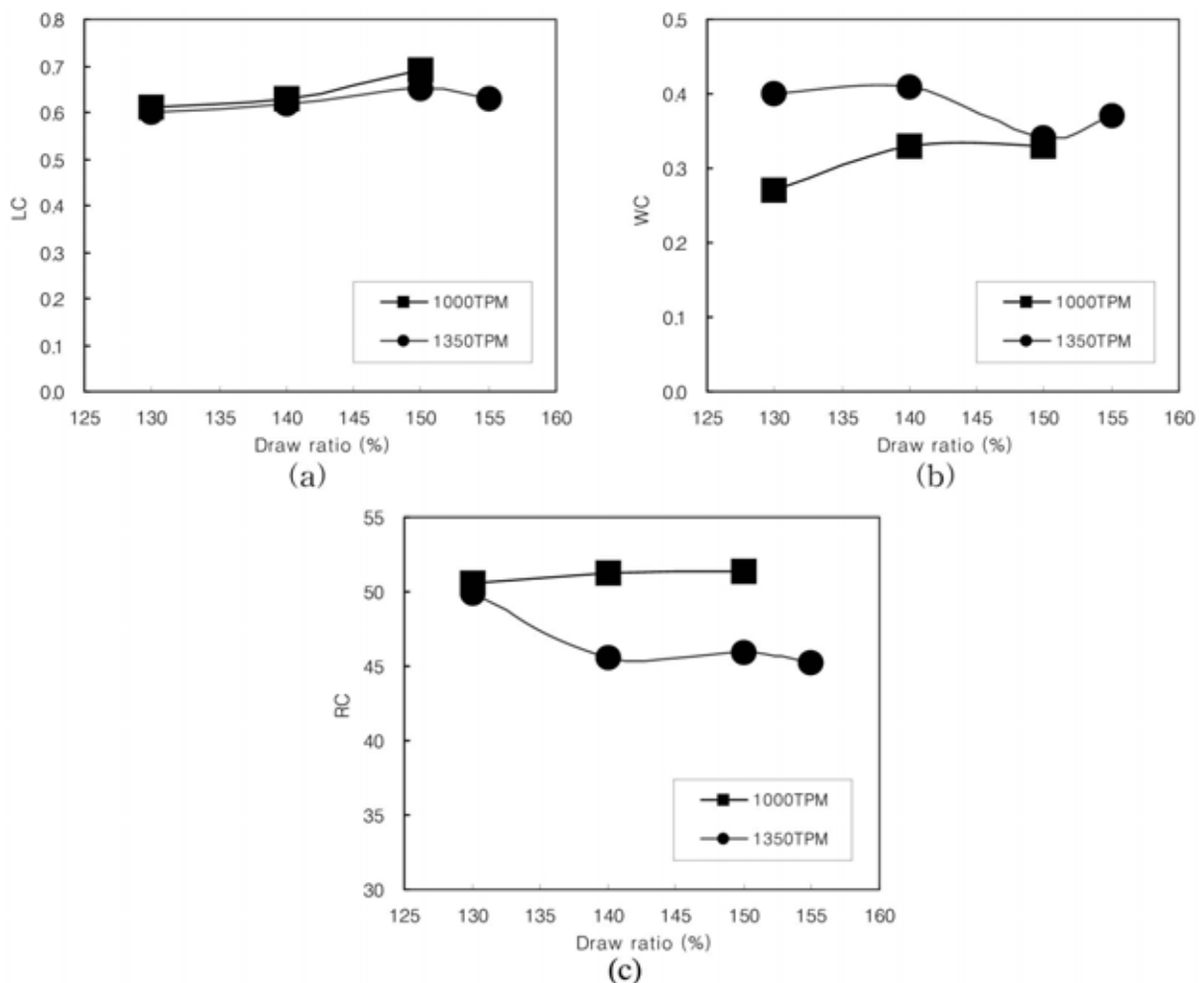


Fig. 5. Effect of draw ratio on compressional properties.

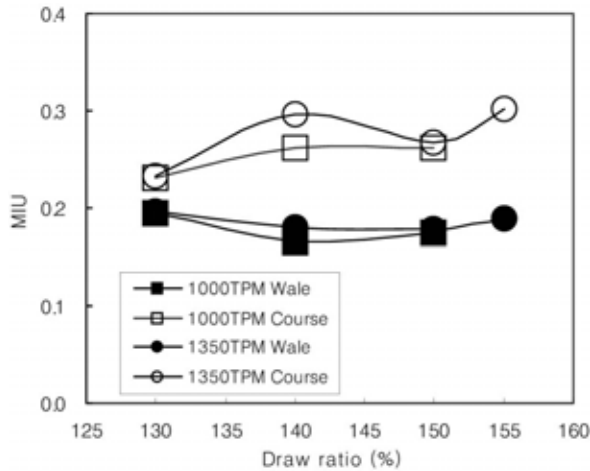


Fig. 6. Effect of draw ratio on surface properties.

구조적 특징에 의해 course와 wale방향으로 표면특성이 차이가 남을 알 수 있다. Fig. 6에서 연신비가 증가할수록 wale 방향의 마찰계수는 거의 변화가 없지만, course 방향의 마찰계수는 증가하는 경향을 보였다. 표면특성 측정시에는 초 하중이 걸리는데, 니트는 구조적 특징에 의해 course 방향으로는 신장이 많이 되지만 wale 방향으로는 신장이 많이 되지 않아서 wale 방향으로는 연신공정인자의 변화에 따른 마찰계수의 변화가 잘 나타나지 않은 것으로 생각된다. 한편 course 방향에서는 연신비가 증가함에 따라 소모연신사의 hairiness가 감소⁴⁾하기 때문에 소모연신사의 표면에 노출된 섬유가 적어졌고, 연신작용으로 소모연신사의 packing성도 좋아져서 니트의 루프구조가 더욱더 뚜렷해짐에 따라 연신비가 증가할수록 course 방향의 마찰계수가 증가하는 것으로 생각된다.

4. 결 론

저가의 소모방적사를 연신하여 생산된 소모연신사의 제품 개발을 위해 니트로 편성한 후 연신공정의 변화가 니트제품의 역학적 성질에 미치는 영향을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인장선형도는 연신비가 증가할수록 감소하지만 인장에너지는 연신비의 증가에 따라 증가한다. 또한, 인장회복도는 연신비가 증가할수록 감소한다.
2. 전단강성은 연신비가 증가할수록 감소하는 경향을 보인다. 전단각 0.5°에서의 전단히스

테리시스는 연신비가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보인다. 전단각 5°에서의 전단히스테리시스도 연신비의 증가에 따라 감소한다.

3. 굽힘강성과 굽힘히스테리시스는 연신비가 증가할수록 감소하는 경향을 보인다.
4. 압축특성은 연신비의 영향을 크게 받지 않는다.
5. 표면 마찰계수는 연신비의 증가에 따라 wale 방향은 변화가 없지만, course 방향은 증가하는 경향을 보인다.

참고문헌

1. http://www.wool.com/Fibre-Selection_Woolcheque_Wool-Characteristics_Wool-diameter.htm
2. S. J. Kim, Development of High Sensible Fabrics Using Worsted Yarn Drawing Technology, *J. Kor. Soc. Emotion and Sensibility*, **10**(4), 623-629(2007).
3. W. H. Han, S. J. Kim, and S. R. Kim, The Effects of Drawing Conditions on Physical Properties of the Drawn Worsted Yarns(I), *Textile Coloration and Finishing*, **22**(1), 51-60 (2010).
4. W. H. Han, S. J. Kim, and J. H. Jo, The Effects of Drawing Conditions on Physical Properties of the Drawn Worsted Yarns(II), *Textile Coloration and Finishing*, **22**(1), 61-70 (2010).
5. <http://www.csiro.au/science/OPTIMfineOPTIMmax.html>
6. N. Norio, Optim/Odin-New Wool Material Having Polygonal Cross-Sections, *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, **52**(8), 348-351(1999).
7. M. L. Joseph, "Introductory Textile Science", The Dryden Press, New York, USA, pp.239-255, 1986.
8. R. J. Hamilton and R. Postle, Bending and Recovery Properties of Wool Plain-Knitted Fabrics, *Text. Res. J.*, **44**, 336-343(1974).
9. V. L. Gibson and R. Postle, An Analysis of the Bending and Shear Properties of Woven, Double-Knitted, and Warp-knitted Outerwear Fabrics, *Text. Res. J.*, **48**, 14-27(1978).

10. R. C. Dhingra and R. Postle, Shear Properties of Weft-knitted Outerwear Fabrics, *Text. Res. J.*, **49**, 526-529(1979).
11. C. Mackay, S. C. Anand, and D. P. Bishop, Effects of Laundering on the Sensory and Mechanical Properties of 1×1 Rib Knitwear Fabrics, *Text. Res. J.*, **66**, 151-157(1996).
12. M. S. Choi and P. Susan, Effect of Changes in Knit Structure and Density on the Mechanical and Hand Properties of Weft-knitted Fabrics for Outerwear, *Text. Res. J.*, **70**, 1033-1045 (2000).
13. H. J. Cho, W. J. Lee, Y. J. Kim, and J. K. Suh, Effect of Knit Structure on the Hand Properties of Weft Knitted Fabrics, *J. Kor. Soc. Clothing Textiles*, **28**, 1153-1164(2004).
14. S. W. Park, B. C. Kang, Y. G. Hwang, and J. S. An, Studies on the Mechanical Properties and Hand of Double Knitted Fabrics, *J. Korean Fiber Society*, **32**, 859-868(1995).
15. D. R. Lee and K. E. Choi, Effects of Cotton/Ramie Mixing Ratio on the Drapability of Knitted Fabrics, *J. Korean Fiber Society*, **33**, 1074-1082(1996).
16. C. Iyer, B. Mammel, and W. Schäch, "Circular Knitting", Meisenbach Bamberg, Germany, pp.212-214, 2004.
17. S. Kawabata, "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation(2nd Edition)", Osaka, Japan, pp.28-38, 1980.
18. KES FB1-AUTO-A, "Automatic Tensile & Shear Tester User's Manual", Kato Tech Co., Kyoto, Japan, pp.15-16, 2001.
19. KES FB3-AUTO-A, "Automatic Compression Tester User's Manual", Kato Tech Co., Kyoto, Japan, pp.18-20, 2001.
20. KES FB4-AUTO-A, "Automatic Surface Tester User's Manual", Kato Tech Co., Kyoto, Japan, pp.18-19, 2001.