

〈연구논문(학술)〉

연사방법에 따른 면/ 폴리에스테르 복합사 편성물의 역학적 특성 및 3D CAD System에 의한 외관특성

김소진¹ · 전동원 · 박영환*

이화여자대학교 의류직물학과, *한국생산기술연구원 디지털가공팀

Mechanical properties and 3D CAD Images of the Appearance of Cotton/Polyester Composite Yarn Knitted Fabric by Different Yarn Twisting Methods

So Jin Kim¹, Dong Won Jeon and Young Hwan Park*

Dept. of Clothing & Textiles, Ewha Womans University

¹Digital Dyeing Technology Team, Korea Institute of Industrial Technology

(Received November 15, 2005/Accepted May 17, 2006)

Abstract— The purpose of this study was to examine the effect of covering yarn's twist on mechanical properties of knitted fabrics of composite yarns with single covering process. Four yarns that were used in this study: two different composite yarns made from the four kinds of cotton and functional polyester-(Poly-A) with the ratio of 52:48, and the rest two yarns are the original cotton 100% yarn and the poly-A 100% yarn. The two kinds of composite yarns, CP1 and CP2, were processed on the single covering process. CP1 was applied on the single covering process with S-800 tpm, where Poly-A was used as covering yarn and cotton was used as core yarn. CP2 was applied on the same process as CP1 except that Poly-A had been applied on the two-for-one twisting process with S-400 tpm on the previous step.

Sixteen mechanical properties of all the four knitted fabrics knitted under the same knitting conditions were measured by KES-FB system with the outer knit condition. And 3D CAD dressmaking simulations, which were driven by some of the mechanical properties, were presented. The results were as follows: CP2 had high RT values with twisting of covering yarn. CP2 also had high B, 2HB values because of higher linear density. SMD was affected rather by twisting of covering yarn than by fine hair of the cotton surface. Twisting of covering yarn made it decreasing T value and increasing W value. Dressmaking 3D CAD simulations showed that there are buckling effects on CP2 because of high bending rigidity and shear rigidity.

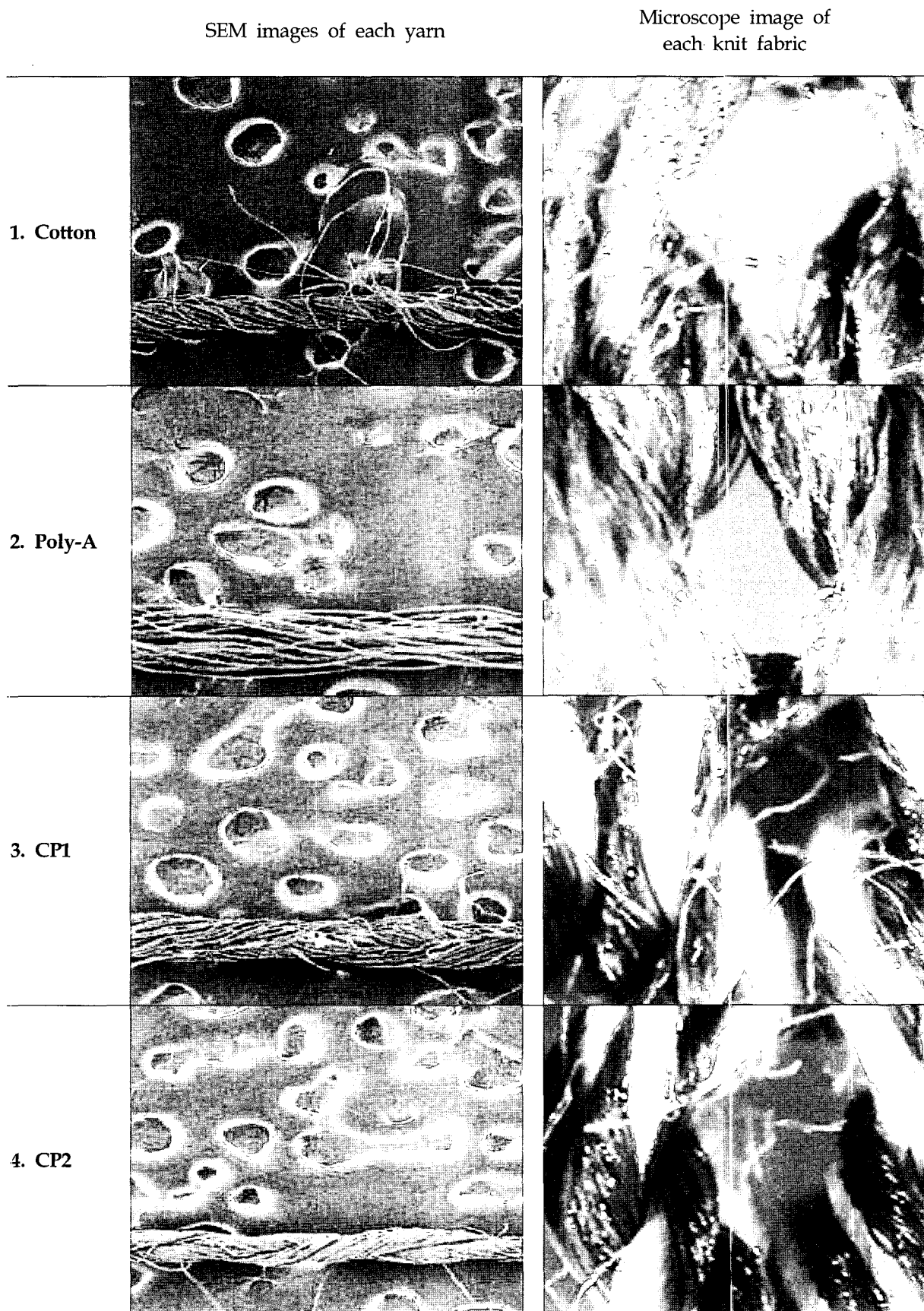
Keywords: KES-FB, Two-for-one twisting, Single covering, Heat setting, 3D CAD System

1. 서 론

복합사를 제조하는 방법에는 복합사의 구성 원사들을 연사공정을 통해 합연하는 방법이 있다. 이렇게 제조된 복합사는 각 원사 고유의 뛰어난 특성이 조합되어, 고감성 또는 고기능성을 발휘할 수 있다¹⁾. 특히 면/폴리에스테르의 복합사의 경우, 면의 장점인 자연적인 촉감, 부품성, 흡습성 등과 폴리에스테르의 장점인 강력, 내구성, 이지케어성, 탄력성 등이 조합되고, 면의 단점이라고 할 수 있는 구김성과 고수축성 및 폴리에스테르의 소수성, 대전성, 필링성, 오

¹Corresponding author. Tel.: +82-31-496-6725; Fax: +82-31-496-6720; e-mail: sjkim@kitech.re.kr

Photo 1. SEM images of knitted yarns and microscope image of plain knitted fabrics



덜 부여되어 실 상태가 부피감이 있어 보이고, 풍유한 느낌을 느낄 수 있는데 반해, CP2는 단단한 꼬임으로 인한 치밀한 요철 현상을 나타내고 있다.

3.2 역학적 특성

3.2.1 인장(Tensile) 특성

인장특성은 편성물의 인장거동 및 회복특성과 연관되는 고유한 특성으로, 인장특성의 선형도 LT(linearity) 및 인장레질리언스 RT(resilience)가 낮은 값을 가지면 적은 힘으로 늘어나기 쉬운 특성을 나타낸다. 특히 RT값이 크면 인장회복성이 좋음을 의미한다. Fig. 1은 각 시료의 LT값을 나타낸 것으로서, 구성원사의 LT값을 살펴보면 합성 필라멘트사인 PolyA가 방적사인 면에 비해 인장 선형성이 우수함을 알 수 있다. 복합사의 LT값을 살펴보면 CP2가 CP1보다 높은 LT값을 가졌는데 이는 CP1에 비해 CP2가 미리 연사공정을 거쳐 꼬임이 부여된 Poly-A를 커버링사로 사용했기 때문에 Poly-A 원사의 구성섬유 밀도가 상대적으로 높고 치밀하여 Poly-A의 영향을 더 받은 CP2가 CP1에 비해 높은 LT값을 가졌으리라 판단된다. Fig. 2의 RT값을 보면 원사 자체가 구불구불한 크립프를 갖는 Poly-A가 면에 비해 인장회복성이 우수함을 알 수 있으며, 복합사의 RT는 연수가 상대적으로 많은 CP2가 CP1에 비해 실의 밀도가 높으므로 인장 회복성이 좋음을 알 수 있었다. 또한 구김이 잘 가고 회복이 되지 않는 특성을 지닌 면이 가장 낮은 RT값을 나타내 인장 회복성이 좋지 않음을 알 수 있었다. 인장특성을 나타내는 또 다른 특성치로 최대하중(Fmax)을 가했을 때의 신장변형을 나타내는 EMT(extensibility)와 WT(tensile energy)가 있다. 이들은 값이 커지면 대체로 쉽게 늘어나는 특성이 있다. Fig. 3에 각 시료들의 EMT값을 나타내었다. SEM 사진에서도 관찰되었듯이 Poly-A는 원사자체의 크립프 구조로 인하여 다른 편성물들에 비해 높은 신장변형성을 나타냈으며, 복합사 편물의 비교에서 CP2가 CP1에 비해 다소 낮은 값을 나타내고 있는데 이는 커버링사로 작용한 Poly-A의 꼬임수 증가에 따른 신장 변형의 구속 때문인 것으로 판단된다.

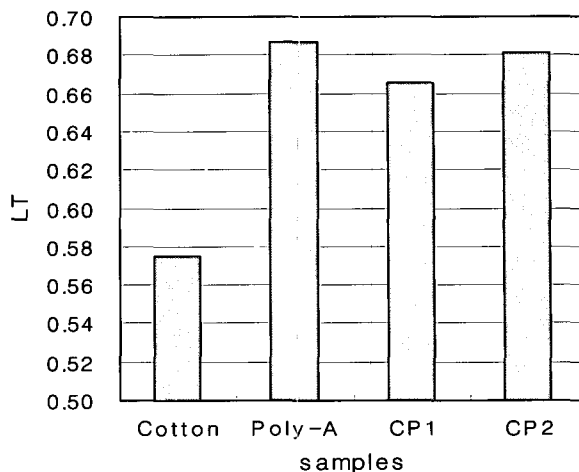


Fig. 1. LT of samples.

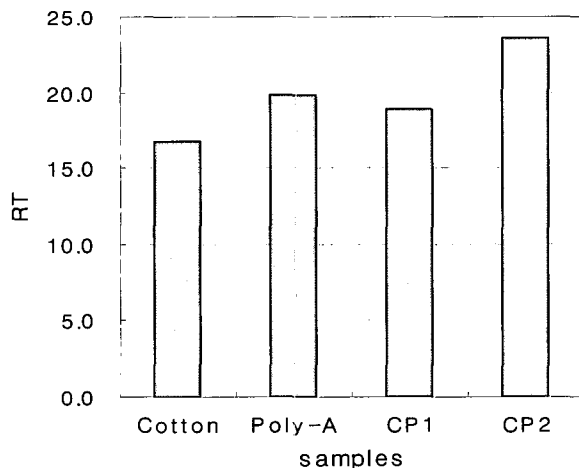


Fig. 2. RT of samples.

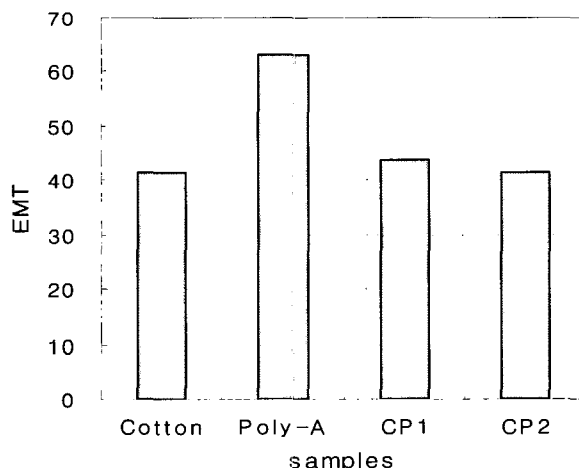


Fig. 3. EMT of samples.

3.2.2 굽힘(Bending) 특성

굽힘특성은 단위길이당 굽힘강성을 나타내는 B(bending rigidity)와 단위 길이당 이력모멘트인 굽힘 히스테리시스 2HB(bending hysteresis)-

로 나타나고 있는데, 이들 값이 작으면 외력에 의해 쉽게 굽힘이 생겨 인체의 곡선이 강조되는 실루엣 형성이 우수한 반면, 이들 값이 커지게 되면 뻣뻣한 촉감이 증가하여 잘 굽혀지지 않게 된다. Fig. 4는 굽힘특성 중 B값을 나타내고 있다. 굽힘강성은 연사과정을 거친 복합사 편성물이 구성원사 편성물에 비해 훨씬 큰 값을 나타내었다. 또한 투포윈 트위스팅을 거친 Poly-A사를 커버링사로 하여 보다 높은 사밀도로 편직된 CP2의 굽힘 강성이 CP1보다 높게 나타났다. Fig. 5는 굽힘 특성 중 2HB값을 나타내고 있다. 2HB값의 경향도 대체로 B값과 유사한 경향을 보여주었다.

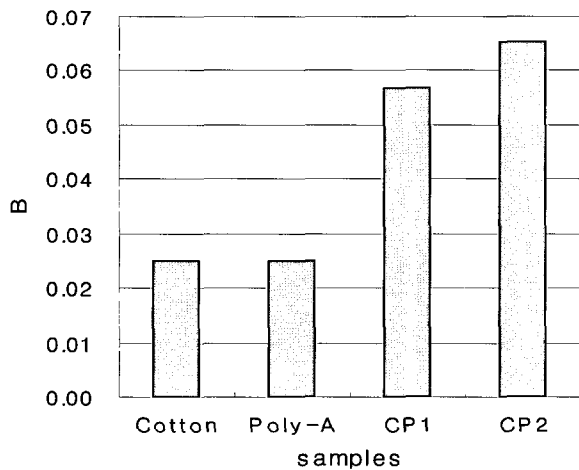


Fig. 4. B of samples.

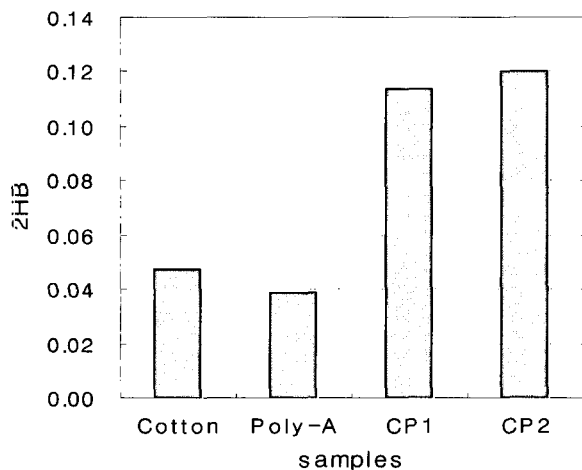


Fig. 5. 2HB of samples.

3.2.3 전단(Shear) 특성

전단특성은 신체곡면과의 융합, 드레이프성 등에 영향을 미치는 요소로서, 전단강성을 나타내는 G(shear stiffness)와 전단각 $\theta=5^\circ$ 에서

의 이력을 나타내는 2HG(shear hysteresis) 등으로 나타난다. Fig. 6에 각 시료들의 G값을 나타내었다. 전단강성은 굽힘강성과 마찬가지로 연사공정을 거쳐 단위길이당 밀도가 높은 복합사들의 전단강성이 대체적으로 높았으며, CP1과 CP2간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. Fig. 7의 HG값도 G값과 유사한 경향을 보였다.

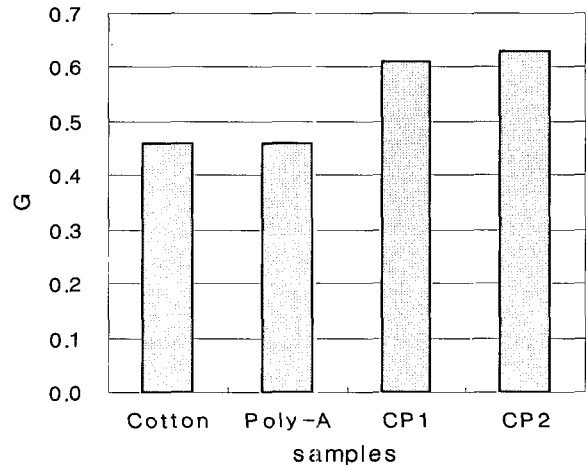


Fig. 6. G of samples.

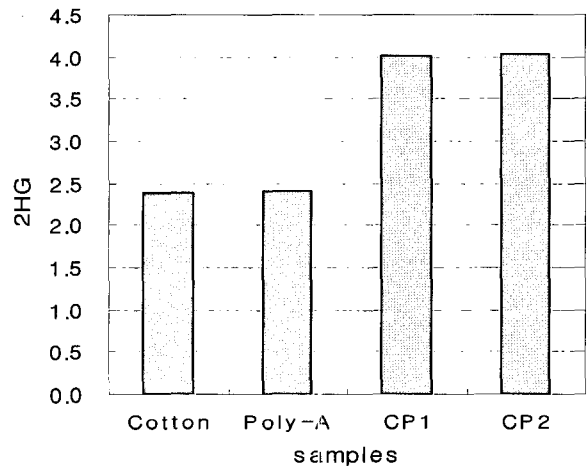


Fig. 7. 2HG of samples.

3.2.4 압축(Compression) 특성

Fig. 8은 시료별로 압축변형에 필요한 에너지인 WC(compressional energy)값을 나타낸 것으로, 면>Poly-A>CP2>CP1순으로 압축변형에 필요한 에너지 값이 높음을 알 수 있다. CP1이 영상현미경 사진에서도 관찰되었듯이, CP2에 비해 Poly-A사의 꼬임이 없어 상대적으로 풍유하게 보였고, 이로 인하여 압축에 필요한 에너지가 상대적으로 낮은 것으로 판단된다. Fig. 9는

압축 레질리언스인 RC값을 나타낸 것으로, 값이 클수록 압축에 의한 회복성이 좋음을 의미하는데 원사 자체에 구불구불한 권축을 부여하였을 뿐만 아니라 폴리에스테르의 높은 탄성회복성질로 인해 Poly-A 원사 편성물이 가장 압축에 대한 회복성이 좋았으며, 외력에 의해 분자간 수소결합이 끊어져 새로운 위치에 수소결합이 되어 구김이 잘 생기는 단점이 있는 면은 Poly-A에 비해 상대적으로 크게 낮은 값을 나타내고 있다. 연사공정을 거친 복합사 CP1과 CP2는 면 편성물과 거의 유사하거나 조금 높은 RC 값을 나타내었는데, 그것은 압축회복성이 우수한 Poly-A 원사를 함유하고 있음에도 불구하고, 연사공정 중 발생한 꼬임의 형태가 압축 변형에 의해 쉽게 회복되는 것이 원사 상태에서 회복되는 것 보다 어렵기 때문으로 사료된다. 또한 연사된 Poly-A를 커버링사로 사용하여 제조한 CP2 편성물이 연사하지 않은 Poly-A를 사용한 CP1에 비해 선밀도가 높아 압축회복성이 약간 우수한 것으로 나타났다.

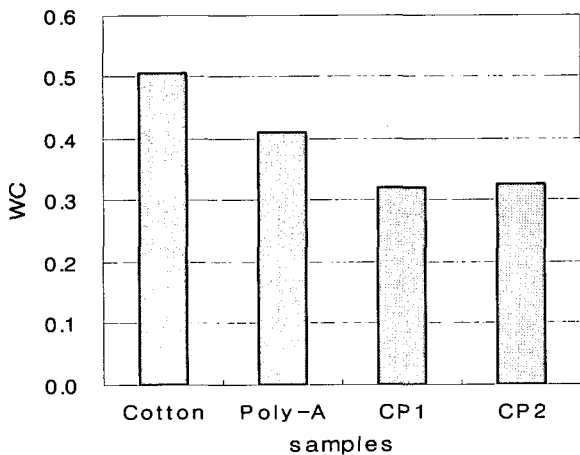


Fig. 8. WC of samples.

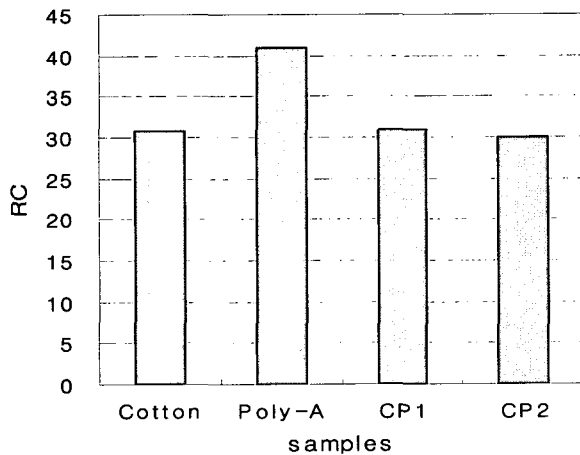


Fig. 9. RC of samples.

3.2.5 표면(Surface) 특성

표면 특성은 기하학적 요철에서 기인되는 거칠기를 나타내는 SMD(geometrical roughness) 값 등으로 평가하는데, 일반적으로 이 값이 작을수록 매끄러운 직물이라 할 수 있다. Fig.10에 각 시료들의 SMD값을 나타내었다. 면사 자체의 천연 꼬임과 잔털의 영향으로 면 원사로 제편한 편성물의 SMD 값이 높게 나타났다. SEM 사진에서 확인되었던 것처럼 CP1이 면의 잔털을 더 많이 함유함에도 불구하고, CP2의 SMD값이 높게 나온 것은 잔털보다도 꼬임수의 증가에 의해 표면 거칠기 특성이 영향을 받는다고 볼 수 있다.

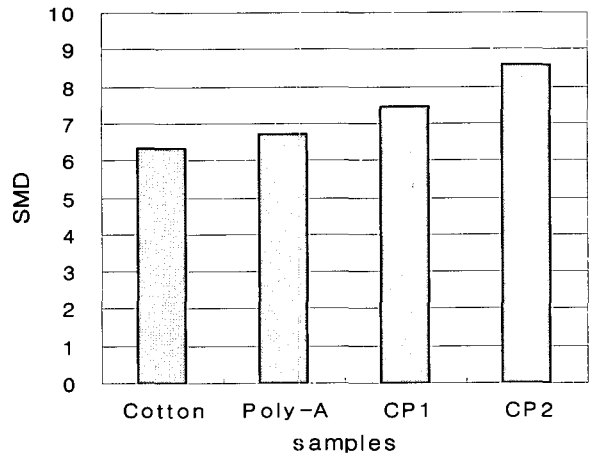


Fig. 10. SMD of samples.

3.2.6 두께(Thickness) 및 중량(Weight)

Fig. 11은 시료별 두께(T)를 나타낸 것으로 데니어가 높은 복합사가 구성원사에 비해 두께가 나타났으며 천연 꼬임과 잔털을 함유한 면이 Poly-A에 비해 T값이 크게 나왔다. CP2가 CP1보다 T값이 작은 이유는 연이 첨가된 Poly-A로 커버링 했을 때 실이 더욱 단단하게 엮어져 치밀해졌기 때문에 T값이 낮게 나온 것으로 판단된다. Fig. 12는 시료별 중량(W)을 나타낸 것으로 두께와 마찬가지로 복합사의 중량이 높게 나왔으며 특히 밀도가 치밀한 CP2의 W값이 더 높았다.

3.3 3D CAD SYSTEM에 의한 외관 분석

Table 4에 복합사의 구성 원사인 면 100% 원사와 Poly-A 100% 원사 및 두 구성원사를 52대 48로 복합한 복합사로 편직한 편성물을 가상봉제시스템인 i-Designer 프로그램을 통해

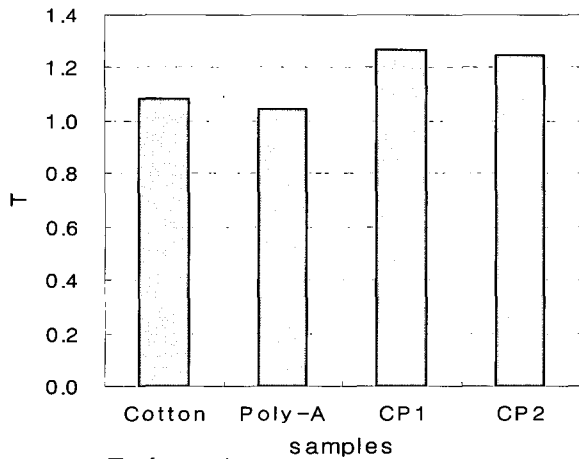


Fig. 11. T of samples.

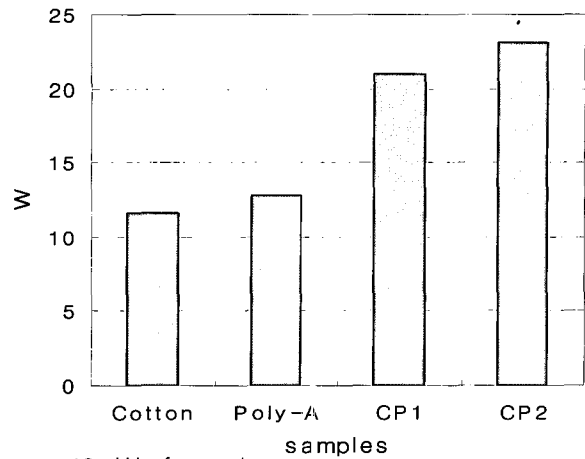


Fig. 12. W of samples.

Table 4. 3D CAD images of plain knitted fabrics

Cotton	Poly-A	CP1	CP2

3차원으로 얻어진 의복 형상 시뮬레이션으로 나타내었다. 3D CAD SYSTEM은 16가지 역학적 특성치 중 EMT, B, 2HB, G, 2HG, T, 및 W값을 기초로 형상화 되었다.

면 편성물과 Poly-A 편성물은 굽힘특성과 전단특성은 비슷하지만 EMT값이 훨씬 크게 나타난 Poly-A 편성물이 의복으로 제작하였을 때 면 편성물에 비하여 퍼짐 현상이 일어남을 알 수 있었다. 특히 경사 방향의 신장률이 면 편성물과 다른 복합사 편성물의 2배 정도 되는데, 이러한 경사 방향의 높은 신장률이 다른 편성물의 형상과 다른 양상을 가지게 된 이유라고 보여진다. 복합사 CP1 편성물과 CP2 편성물의 의복형상을 살펴보면, CP1에 비해 연수가 첨가된 커버링사로 제조된 CP2가 높은 B,

2HB, G 및 2HG 값을 가짐으로 인해 외력에 의한 저항력이 뽕뽕함과 낮은 드레이프성을 가지므로 정면 사진 우측부분에서 보다 큰 주름으로 인한 버클링(buckling) 현상을 볼 수 있었다.

이렇듯 KES-FB에서 얻어진 역학적 특성치로 3D CAD SYSTEM을 사용하여 의복을 가상으로 형상화 하여 실물 제작 이전에 어떠한 외관을 갖게 되는지 미리 예측할 수 있음을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 면과 폴리에스테르에 은을 혼합하여 용융 방사한 흡한/속건, 항균방취, 원적외선 방출 및 전자파 차단 등의 기능성 폴

리에스테르 Poly-A를 52: 48 의 비율로 혼합하여 합사한 복합사의 연사방법에 따른 편성물의 역학적 특성과 3D CAD System에 의해 생성된 의복의 3차원적인 외관 시뮬레이션을 비교한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 복합사 편성물의 형태학적 구조에서 PolyA를 연사한 후 커버링사로 사용한 CP2편성물이 CP1편성물에 비해 치밀하고 입체적으로 보였으며 심사인 면의 잔털도 적게 관찰 되었다.
2. CP2편성물의 LT, RT 값이 CP1 편성물에 비해 높게 나타나 Poly-A를 연사하여 커버링사로 이용할 경우, 그렇지 않을 경우 보다 선형성과 인장회복성이 우수함을 알 수 있었고, 굽힘특성도 증가하는 요인이 됨을 알 수 있었다.
3. 압축에 의한 회복력에 있어서는 구김의 회복이 어려운 면사보다 Poly-A가 우수하였으며, 연사공정에 의해 꼬임이 발생하게 되면 압축회복성이 감소되는 것으로 나타났다.
4. 표면거칠기 값인 SMD는 면의 잔털에 의한 영향 보다는 커버링 사의 꼬임 여부에 더 큰 영향을 받았다.
5. 두 복합사 편성물의 외관을 역학적 특성으로 얻어지는 봉제가상시스템인 3D CAD System을 통해 살펴본 결과, 높은 굽힘강성과 전단강성을 지닌 CP2의 큰 주름으로 인한 버클링 현상이 발견되었다.

참고문헌

1. 이상규, 이은우, "基礎紡績學" 보성각, 2002.
2. 한국섬유개발연구원, "복합가공사의 실제" 서경인쇄출판사, 1999.
3. O. K. Kwon and T. G. Kim, Effect of Knitting Condition on the Properties of Interlock Knitted Fabric(II), *J. of Korean Fiber Soc.*, **31**(6), 465-473(1994).
4. M. S. Choi and S. P. Ashdown, Effect of Changes in Knit Structure and Density on the Mechanical and Hand Properties of Weft-Knitted Fabrics for Outwear. *J. of Textile Research*, **70**(12), 103-1045(2000).
5. H. J. Cho et al., Effect of Knit Structure on the Hand Properties of Weft Knitted Fabrics - Focusing on Objective Hand Evaluation-, *J. Korean Soc. of Clo. & Tex.*, **28**(8), 1153-1164(2004).
6. Sueo Kawabata, The Standardization and Analysis of Hand 2nd Ed., The Textile machinery Society of Japan, Osaka, 1980.
7. S. A. Kim and G. Daisuke, The Characteristics and Application of 3D CAD Dressmaking Simulation, *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **7**(2), 131-134(2005).
8. J. SHON and M. YONEDA., Visual evaluation of apparel silhouette using virtual sewing system, *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **58**, 51-58(2005).
9. H. Okabe et al., 3D Apparel CAD-The Last Step to an Application Program for Apparel Designers, Avantex, 2000.
10. H. Okabe et al., Second Stage of Apparel Simulation-Towards Reality, Avantex, 2002.