



A Study on the Physical Properties of Heat resistance and Cut resistance of Coating Gloves for Work

Kyeong-Deok Pyo*, Eugene Jung**, and Cha-Cheol Park**†

*R&D Center Dongrim New Material, 400, Miyul-ro, Samnangjin-eup, Miryang-si, Gyeongsangnam-do 50465, Republic of Korea

**Division of Energy & Bio Engineering Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan 47011, Republic of Korea

(Received March 12, 2019, Revised April 3, 2019, Accepted April 9, 2019)

Abstract: The purpose of this study was to examine the effect of different yarn twisting methods on physical properties. Plain single jersey structured fabrics were knitted from Kevlar yarn, and from Kevlar/HPPE, and from Kevlar/Basalt fiber, and from Kevlar/Glass fiber and Kevlar/Stainless steel fiber blended and core-spun yarns. and then, The fabrics were coated NBR Latex. The physical properties, including tear strength, modulus, degree of penetration, heat resistance, and cut resistance of the knitted fabrics were investigated and compared. Kevlar/HPPE blended yarn fabrics recorded the highest heat resistance (13 Sec.). and Kevlar/HPPE blended yarn fabrics had good cut resistance (Cut Level 4).

Keywords: gloves, coating, heat resistance, cut resistance, NBR foam, latex

Introduction

일반적으로 작업용 코팅장갑은 그림성, 안정성 및 작업성을 높이고 작업 시 칼이나 금속파편 및 유리 등과 같은 날카로운 것에 손을 보호하기 위하여 라텍스를 도포하여 제작한다.¹ 작업용 코팅장갑은 손등부분은 편직물 소재로 되어 있으며, 손바닥 부분만 고무 등의 물질로 코팅하여 여러 용도로 사용하고 있다.² 작업용 코팅장갑에 사용되는 원사는 나일론사(Nylon yarn), 스판(Span), 면사(Cotton) 또는 폴리에스터사(Polyester yarn) 등이 있으며, 이러한 원사로 직조된 작업용 코팅장갑은 내열 및 내절단성이 미비하다는 단점이 있다.^{3,4} 이러한 단점을 보완하기 위하여 내열, 내절단성이 우수한 아라미드 섬유, 폴리아릴레이트 섬유, 유리섬유 등을 이용하여 다양한 연구가 이루어지고 있다. 아라미드 섬유는 “Dupont”사에서 Kevlar라는 등록 상표 하에 1971년부터 상업용으로 제조해 오고 있고, 파라 방향으로 치환된 배향성 방향족 단위들로 이루어져 있으며, 이러한 구조에 의해서 높은 강성, 유리전이온도 및 용해성을 나타낸다.^{5,6} 내절단성이 우수한 원사는 폴리아릴레이트(polyarylate), 현무암사, 유리섬유, 스틸사 등이 있다. 폴리아릴레이트(polyarylate) 섬유는 고분자 사슬구조에 있어 에스터 결합(-COO-)이 방향족 고리를 연결하는 형태로 되어 있는 전방향족 폴리에스터로서 고성능 섬유 중에서 유일하게 용융방사법에 의해 제조된다.^{7,8} 현재 산업에서 생산되고 있는 폴리아릴레이트 섬유로는 1990년에 시판되기

시작한 “Vectran”이 유일하다. Vectran은 고강력, 고탄성의 섬유소재로서 열방성 액정고분자인 “Vectra” 수지를 섬유화한 것이다.⁹ 현무암사는 지표에 분출된 마그마가 오랜 시간이 경과되는 동안 상태의 안정화가 이루어진 화강암의 일종이며 이를 고온에서 재용융을 통하여 섬유상으로 얻어진 환경친화성 재료로 기계적 강도나 화학적 특성이 우수하고 내열특성으로 초저온(-260℃)에서 고온(800℃)까지 사용가능하다.¹⁰ 유리 섬유는 용융시킨 유리를 연신시키면서 급냉하여 아주 가늘게 섬유상으로 만든 것으로 섬유화 방법과 형상에 따라서 다양하게 분류되어진다. 유리섬유는 내열성이 우수한 불연성이며, 내절단성도 우수하다.^{11,12} 스틸사는 스테인리스 봉에 800℃ 이상의 고온을 가하여 마이크론 굵기로 뽑아낸 후 이를 방적해 실을 만든다. 이렇게 제조된 스틸사는 유연하여 세라믹 섬유 등과 같이 부서지지도 않고 대전방지 효과를 가지고 주로 소방복, 용접복, 제전복, 유리 생산 공장, 장갑, 바닥재, 자동차 등에 사용된다.^{13,14} Kevlar 방적사는 내열성이 우수한 반면에 잔털이 많아 코팅액이 스며들지 못하고 박리가 일어나며, 필라멘트 형태의 섬유들은 코팅액을 잡아줄 수 있는 코팅사이트가 없어 박리가 일어난다.

본 연구에서는 커버링 방법을 통하여 내열성이 우수한 Kevlar 방적사에 내절단성이 우수한 HPPE (High performance polyester), 현무암사, 유리섬유, 스틸사를 각각 100, 200, 300 TPM (Twister per meter)으로 커버링하여 복합사를 제조하고 이를 이용한 편직물의 물리적 특성, 코팅액의 침투도, 내열 및 내절단 특성을 측정하여 고찰하였다.

†Corresponding author E-mail: ccpark@gdsu.dongseo.ac.kr

Experimental

1. 실험 재료

본 실험에서 사용한 원사의 Deiner는 장갑의 착용감을 고려하여 선정하였다. 내열성이 우수한 원사로 Dupont사의 Kevlar 방적사 20/2를 사용하였으며, 내절단성이 우수한 원사로 Fiber Line사의 HPPE사 200D (Denier)를, Sinotech사의 현무암사 100D를, Qinhuangdao Xinghai사의 유리섬유 100D를, Longxing사의 Steel fiber 0.06 mm를 사용하였다.

2. 복합사 제조 방법

Texmax사의 더블커버링기계 DK-20CA를 사용하여 Kevlar 방적사에 HPPE사, 현무암사, 유리섬유 및 스틸사를 TPM 100, 200 및 300으로 각각 커버링하여 아래와 같은 방법으로 복합사를 제조하였다. 커버링 장비의 회전수를 조절하고 중심사, Z축 원사 및 S축 원사를 보빈에 장착한 후, 중심사를 장비 아래 회전부에 투입하여 일정한 속도로 원사가 풀어지게 한다. 일정한 속도로 풀어지는 중심사를 Z축 보빈 중심에 있는 키킬이에 장착 후, 보빈 중앙을 통해서 중심사를 위로 올린다. 위로 올려진 중심사 및 Z축 보빈에 장착되어진 원사를 같이 잡고 Z축 보빈을 회전하고 있는 벨트에 부착시켜 커버링 시킨다. 커버링되고 있는 중심사와 Z축 보빈에 있는 원사를 S축 보빈 중심에 있는 키킬이에 장착 후, 보빈 중앙을 통해서 위로 올린 후 S축 보빈에 장착된 원사와 함께 잡은 후, S축을 벨트에 부착시켜 커버링 시킨다. 그 후 커버링되고 있는 커버사를 지반에 감아 고정대에 장착시켜 최종적으로 복합사를 제조하였다.

3. 코팅장갑 제조 방법

Table 1. Specification of Knitted Fabric Specimens.

Specimens	Specification	T.P.M
K	Kevlar	0
H 100	Kevlar/HPPE	100
H 200	Kevlar/HPPE	200
H 300	Kevlar/HPPE	300
B 100	Kevlar/Basalt Fiber	100
B 200	Kevlar/Basalt Fiber	200
B 300	Kevlar/Basalt Fiber	300
G 100	Kevlar/Glass Fiber	100
G 200	Kevlar/Glass Fiber	200
G 300	Kevlar/Glass Fiber	300
S 100	Kevlar/Steel Fiber	100
S 200	Kevlar/Steel Fiber	200
S 300	Kevlar/Steel Fiber	300

Table 2. Blade Cut Level.

Cut Level	Weight Needed to cut with 1" (25 mm) Blade Travel	Blade Cut Resistance (Cut Index)
0	< 119	< 1.2
1	120~249	1.2~2.4
2	250~499	2.5~4.9
3	500~999	5.0~9.9
4	1000~1999	10.0~19.9
5	> 2000	> 20

장갑 편직물은 Shima Seiki사의 10수 편직기계를 사용하여 제조하였다. 편직된 장갑을 염수처리 후 탈수과정을 거친 다음 염수처리된 장갑을 몰드에 삽입하여 코팅액에 침지 후 건조하여 라텍스 코팅장갑을 제조하였다.

4. 물리적 특성 측정방법

편직물의 인열강도 특성은 EN388 규격에 따라 측정하며 시험편을 제작하여 측정하고, 이때 시험편은 5개로 하며 cross head speed는 200 mm/min.으로 측정하였다. 내열 특성은 KS K ISO 9151 규격에 따라 측정하며 열 전달 지수(Heat transfer index, HTI_{24/sec})는 시험편을 24℃ 승온 시키는데 걸리는 초단위로 계산된 평균 시간 값을 의미한다. 내절단 특성은 EN388 규격에 따라 측정하며 표준물질로 기준 값(Blade cut index 1)을 구하고 Blade cut index 1에 대한 비율로서 1~5급까지 급수를 정한다. 코팅부의 코팅 침투도 특성은 장갑 안감 손바닥 부위에 코팅이 침투된 정도를 이미지 프로그램을 통하여 %로 산출하였으며, SEM을 통하여 침투 정도를 확인하였다.

Results and Discussion

1. 복합사 종류에 따른 편직물의 인열강도 특성

Kevlar 방적사에 HPPE사, 현무암사, 스틸사, 유리섬유를 커버링한 복합사를 사용하여 코팅장갑용 편직물을 제조하고 물리적 특성을 조사하였다. EN388 인열강도 시험은 싱글 인열법으로 시험편을 바지 모양 형태로 하여 직물의 인열 강도를 구하는 방법이다.¹⁵ 인열강도는 인열에 대한 저항성으로 인열 시험이 인열되기까지 최대 응력을 시험두께로 나눈 값이다.¹⁶

복합사의 종류에 따른 편직물의 인열강도 특성을 Figure 1에 나타내었다. HPPE사를 100, 200, 300 TPM으로 커버링한 편직물의 경우, 100 TPM으로 커버링했을 때, 인열강도가 56N에서 187N으로 급격하게 증가하다가 200, 300 TPM에서는 204N, 208N으로 소폭 증가하는 경향을 보였으며, 현무암사, 유리섬유, 스틸사로 커버링된 편직물의 경우는 100 TPM에서 58N, 200 TPM에서 62N, 300 TPM에서 70N으로 인열

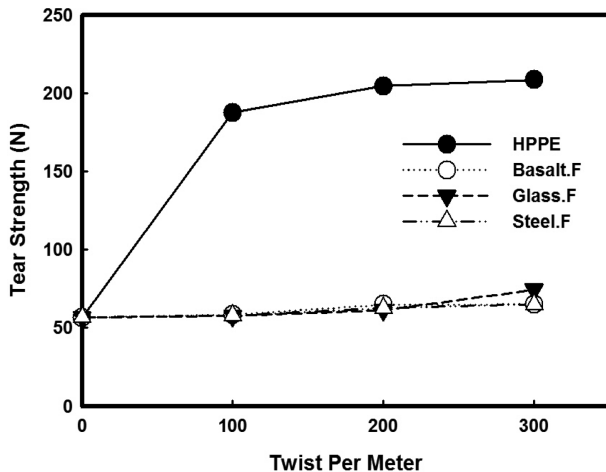


Figure 1. Tear strength of knitted fabric specimens.

강도 값이 거의 증가하지 않았다. 이러한 이유는 인열에 의해 섬유에 전단응력이 발생하면 유리섬유, 현무암사, 스틸사는 brittle하여 부러지게 되지만 폴리에스터 섬유는 유연하게 방향이 변화됨으로써 크랙의 시작점에 섬유가 모이는 볼링(balling)현상이 발생되기 때문으로 이해된다.¹⁷

2. 복합사 종류에 따른 편직물의 탄성률 특성

Figure 2는 복합사 두께에 따른 탄성률 특성을 나타내었다. 복합사의 두께가 증가할수록 단위면적당 편직물의 울수 증가로 인해 탄성률은 증가하는 경향을 보였다. 편직물 두께 1.65 mm 부근에서 편직물의 탄성률 특성을 비교하면 HPPE사를 이용한 편직물이 4.91 Mpa로 가장 높게 나타났으며, 유리섬유가 4.19 Mpa를, 스틸사는 1.66 Mpa를 나타내었다. 현무암사는 0.55 Mpa로 HPPE사, 유리섬유, 및 스틸사로 커버링한 편직물 보다 현저히 낮게 나타났다. 이러한 이유는 각각의 성

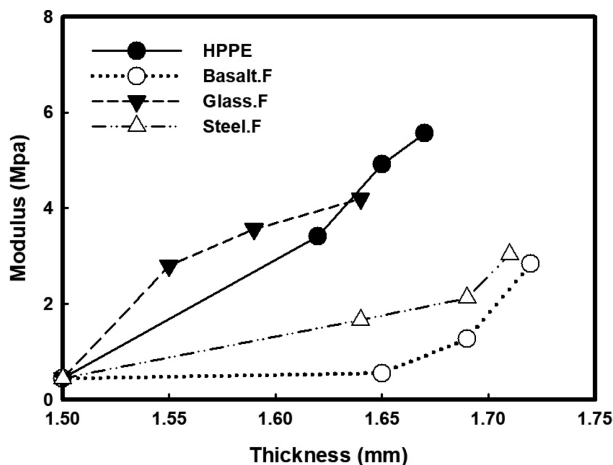


Figure 2. Relative modulus versus the thickness of knitted fabric specimens.

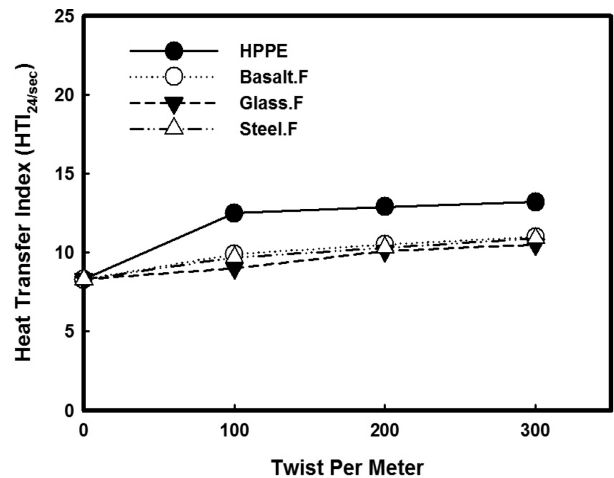


Figure 3. Heat Transfer Index of knitted fabric specimens.

분 분량을 제어하지 않고 원석을 사용하는 현무암 섬유의 제조 방법에 기인하는 것으로 생각된다.¹⁰

3. 복합사 종류에 따른 편직물의 내열 특성

복합사의 종류에 따른 편직물의 내열 특성을 Figure 3에 나타내었다. HTI (Heat transfer index) 지수는 장갑 안쪽의 온도가 24℃ 상승하는데 소요되는 시간을 측정한 값이다. 이는 피부가 고통을 느끼며 화상을 입지 않는 대략적인 시간이며, HTI 값이 클수록 내열성이 우수하다고 판단할 수 있다. TPM이 100일 때, Kevlar 방적사/HPPE 복합사를 이용한 편직물의 내열성은 12.5초로 기본 Kevlar 방적사 편직물 대비 내열성이 4.2초 증가하였다. TPM이 200 및 300일 때는 12.9초, 13.2초로 TPM 증가에 따른 내열 변화는 크게 없었다. 현무암사, 유리섬유 및 스틸사를 이용한 편직물의 경우, 내열성은 TPM이 100 일 때, 9.5초, 200 TPM 일 때, 10초를 나타내었으며, 300 TPM 일 때, 11초로 내열성 증가 폭이 크지 않았다. 이는 일반적으로 편직물의 공기층의 두께가 열전도성에 큰 기여를 하므로 편직물의 두께, 밀도에 따른 영향으로 판단되어 진다.¹⁸

4. 복합사 종류에 따른 편직물의 내절단 특성

내절단 시험의 원리는 표준 시료인 면 시료 대비 장갑 시료가 몇 번의 칼날 회전 후에 절단되는지 확인하는 시험이다. 그래서 내절단 시험의 단위는 ‘지수’로 표기된다.¹⁹

Figure 4는 복합사의 종류에 따른 편직물의 내절단 특성을 나타내었다. 내절단성이 낮은 Kevlar 방적사에 내절단성이 우수한 원사를 커버링함에 따라서 내절단성이 증가하는 경향을 보였다. Kevlar 방적사는 Index 3.5 (Cut Level 2)로 매우 낮은 수치를 보였으며, 유리섬유 및 현무암사를 300 TPM으로 커버링함에 따라서 내절단성 Index 지수가 28, 26으로 가장 높

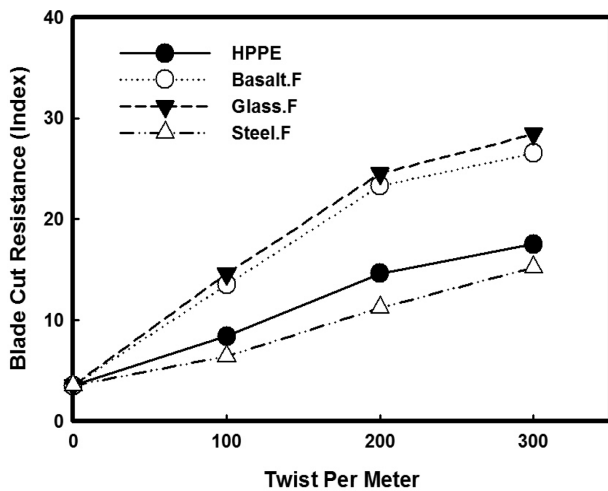


Figure 4. Blade Cut Resistance of knitted fabric specimens.

게 나타났다. 스틸사를 TPM 300으로 커버링하여 편직한 장갑의 경우는 Index 3.5 (Cut Level 2)에서 Index 15.2 (Cut Level 4)로 증가하였고 내절단 원사 중에서는 가장 낮은 수치를 보였다. HPPE사의 경우, Index 3.5 (Cut Level 2)에서 Index 17.5 (Cut Level 4)로 증가하였으며, 유리섬유나 현무암사를 커버링한 복합사보다 내절단 특성은 낮은 수치를 나타내었으나, HPPE사를 커버링함에 따라서 Kevlar 방직사 단독으로 편

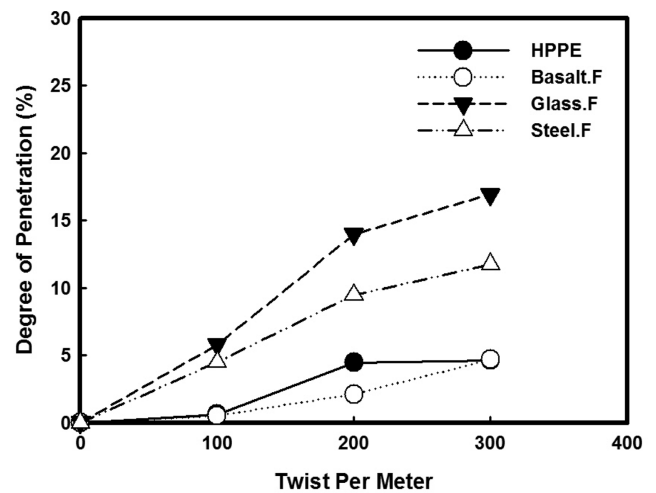


Figure 5. Degree of penetration of knitted fabric specimens.

직된 편직물 대비 50% 이상 향상된 내열 특성을 가질 수 있었으며, 내절단성 또한 향상되어 작업용 코팅장갑으로서 뛰어난 보호 성능을 나타내었다.

5. 복합사 종류에 따른 편직물의 코팅 침투도 특성

복합사의 종류에 따른 편직물의 코팅 침투도 특성을 Figure

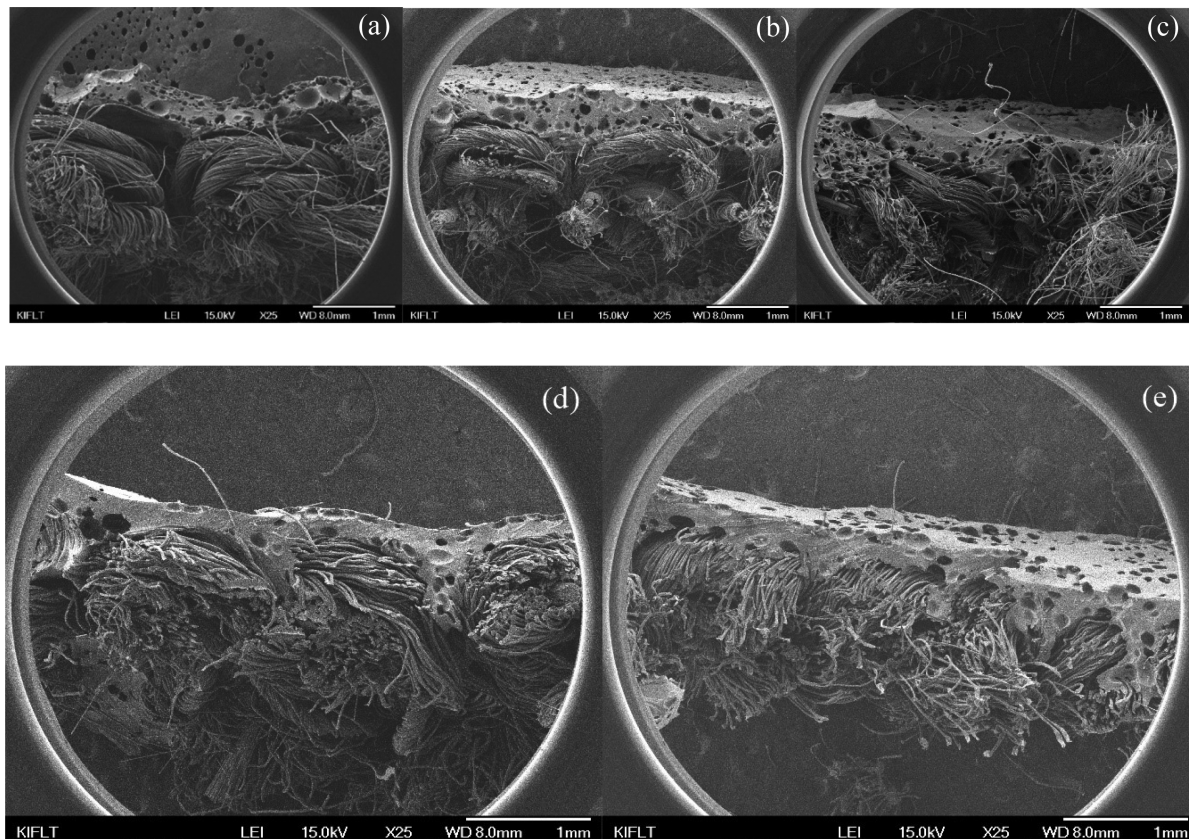


Figure 6. SEM morphology of knitted fabric specimens; (a) K, (b) B 200, (c) H 200, (d) S 200, (e) G 200.

5에 나타내었다. TPM이 증가할수록 장갑의 라텍스 침투도가 증가하는 경향을 보였으며, 유리섬유로 커버링하여 편직한 장갑의 침투도가 가장 높게 나타났다. 반면에 현무암사로 커버링하여 편직한 장갑의 침투도 특성이 가장 낮게 나타났다. 편직물 내부로 코팅액 침투가 적으면 코팅 박리가 일어나기 쉽고 침투가 너무 많으면 착용감이 저하되는 우려가 있다. 코팅 침투도 평가를 진행하면서 HPPE 사 및 현무암사로 커버링한 편직물의 경우 코팅 침투도가 5% 미만으로 착용감이 우수했으며, 코팅이 박리되는 현상도 개선되었다.

6. 복합사 종류에 따른 편직물의 코팅 특성

편직물에 라텍스 코팅을 하여 편직부와 코팅부의 단면을 SEM을 통하여 코팅 박리, 코팅 침투정도를 관찰하였다.

Kevlar 방적사에 200 TPM으로, 커버링사 종류에 따라 커버링하여 편직물을 제조하고 라텍스 코팅 후, 편직물과 코팅물의 단면을 전자현미경으로 측정하여 코팅성을 관찰하였다. Figure 6(a)에 Kevlar 방적사 단독으로 사용하여 편직물을 제조하여 장갑을 코팅한 경우, Kevlar 방적사의 잔털량이 많아 코팅이 이루어지지 않고 코팅 박리가 일어나는 현상이 SEM을 통하여 확인할 수 있었다. 또한, TPM이 높을수록 라텍스 침투도가 증가하는 결과로 보아 침투를 방해하는 요소인 과도한 기모량이 낮아지면서 코팅사이트가 제어되어 코팅 특성이 향상된 것을 확인할 수 있었으며, Figure 5에 나타낸 코팅 침투도 특성과 유사한 결과를 나타내었다. 기모량이 높은 Kevlar 방적사를 내절단성이 우수한 원사로 커버링함으로써 복합사의 코팅사이트 제어가 가능하여 코팅성이 향상되었고, 내열성 및 내절단성 또한 향상되었다.

Conclusions

내열성이 우수한 Kevlar 방적사에 내절단성이 우수한 HPPE사, 현무암사, 유리섬유 및 스틸사를 TPM에 따라서 커버링하여 복합사를 제조하고 제조된 복합사를 이용하여 장갑을 편직한 후 장갑의 내열, 내절단 특성 및 코팅성을 실험하였다. 내열 특성은 HPPE사를 커버링한 편직물이 가장 우수하게 나타났으며, Kevlar 방적사 단독 편직물 대비 HPPE사를 커버링한 경우, 내열 특성이 50% 이상 향상되었다. 내절단 특성은 유리섬유 및 현무암사로 커버링한 편직물의 경우가 Cut Level 2에서 5로 향상되어 가장 우수하게 나타났으며, HPPE사로 커버링한 편직물이 Cut Level 2에서 4로 향상되었다. Kevlar 방적사는 기모밀도가 높아 코팅을 하여도 코팅액이 쉽게 침투되지 않아 코팅 박리현상이 일어나기 쉽다. 하지만 내절단성 원사를 커버링함으로써 Kevlar 방적사의 기모밀도를 낮추고 내열, 내절단성을 향상시키면서 코팅액이 장갑에 침투되도록 하여 코팅의 박리현상을 없앨 수 있었다. 내열, 내

절단, 코팅 침투도 특성을 고려했을 때, HPPE사를 커버링하여 편직한 경우가, 손을 보호하는 작업용 코팅 장갑으로써 활용도가 높을 것으로 사료된다.

Acknowledgements

본 연구는 산학연협력 기술개발사업 “내열 및 내절단성이 우수한 고성능 편직물의 코팅사이트 제어기술 개발”(C0349960) 연구결과의 일부입니다.

References

1. J. I. Hwang and M. J. Suh, “Adverse Reaction to Surgical Latex Gloves”, *The Korean Academic Society of Adult Nursing*, **9**, 199 (1997).
2. S. K. Kim, K. S. Kim, and S. H. Cho, “Preparation and Properties of Insulating Rubber Gloves for Safety Protection”, *Elastomers Composite*, **36**, 262 (2001).
3. H. A. Kim, H. W. Jang, K. Heo, S. J. Kim, and S. J. Kwon, “The Physical Property of Nylon/PP Warm-up Knitted Fabric for High Emotional Garment”, *Textile Coloration and Finishing*, **26**, 22 (2014).
4. Y. W. Kim, “A Study on Defects Due to Air Bubbles in the PU-Coating Gloves and Enhanced Molds to Reduce the Defects”, *The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, **16**, 55 (2007).
5. L. H. Choi, M. R. Park, H. Y. Ma, Y. H. Kang, and S. J. Kim, “Physical Property of Aramid ATY filament According to the ATY Nozzle Diameter”, *The Korean Society of Dyers and Finishers*, **46**, 65 (2012).
6. S. R. Choi, T. W. Son, and D. H. Jang, “Preparation of High Modulus Aramid Fiber”, *Journal of the Korean Fiber Society*, **34**, 868 (1997).
7. Y. G. Jung and B. G. Min, “High Performance Polyarylate Fiber”, *Fiber Technology Industry*, **15**, 22 (2011).
8. D. W. Kang, H. J. Kang, H. S. Jung, and Y. M. Lee, “Solid State Interfacial Phenomena of High Performance Two Phase Polymer System”, *The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry*, **8**, 49 (1997).
9. H. S. Lee, Y. Kim, W. N. Kim, J. C. Hyun, and T. S. Oh, “Properties of Blends a Thermotropic Liquid Crystalline Polymer with Polyphenylene Sulfide”, *The Korean Journal of Rheology*, **6**, 96 (1994).
10. H. U. Lee, J. H. Lim, and You. Huh, “Influence of Basalt Composition on the Tensile Properties of Basalt Fibers”, *Textile Science and Engineering*, **48**, 214 (2011).
11. B. K. Park, “Glass fiber”, *Journal of the Korean Fiber Society*, **2**, 203 (1990).

12. J. H. Byun, S. K. Lee, M. K. Um, T. W. Kim, and S. W. Bae, "Characterization and Prediction of Elastic Constants of Twisted Yarn Composites", *Journal of the Korean Society for Composite Materials*, **15**, 30 (2002).
13. J. K. Lee and J. S. Kwon, "Effect of Fire Fighters Turnout Gear Materials Air Gap on Thermal Protective Performance", *Korean Institute of Fire Science & Engineering*, **28**, 97 (2014).
14. G. Y. Han, D. H. Song, and D. G. Ahn, "Electromagnetic Interference Shielding Effect of Fiber Reinforced Composites with Stainless Fiber Conductive Filler", *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, **27**, 71 (2010).
15. K. G. Park, S. K. Yoon, and K. W. Han, "Test on the Tearing Strength of Polyester Membrane Material", *Proceedings of KASS Symposium*, **4**, 85 (2007).
16. Y. S. Cho and D. H. Cho, "Effect of Kenaf Fiber Loading on the Properties of Natural Fiber/Natural Rubber Composites", *Elastomers Composite*, **46**, 186 (2011).
17. K. G. Park and S. K. Yun, "Tearing Strength Test of Architectural Membrane", *Korean Association for Spatial Structures*, **28**, 5 (2007).
18. Y. K. Song, Y. M. Baek, S. H. Jeon, E. J. Sung, B. Y. Chang, and S. K. An, "Mechanical and Comfort Properties of Recycling Aramid and Cotton Blended Fabric for Flame Retardant Work Clothes", *Textile Science and Engineering*, **54**, 429 (2017).
19. M. K. Joo, "Meaning of cut resistance Gloves and EN388", *Fiber Technology and Industry*, **18**, 255 (2012).