탄소나노섬유/PVDF-HFP 복합재로 코팅된 부직포의 역학적 및 전기적 특성 변화

이선희

동아대학교 패션디자인학과

Mechanical and Electrical Properties of Nonwoven Coated with CNFs/PVDF-HFP Composite

Sun-Hee Lee

Department of Fashion Design, Dong-A University; Busan, Korea

Abstract : In this study, the process of preparation nonwoven with coated carbon nano fibers (CNFs) /poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) (PVDF-HFP) composite solution is described. The various contents of CNFs/PVDF-HFP composite coated nonwoven were prepared and characterized by morphological, mechanical, and electrical methods. Non-wovens are coated with CNFs/PVDF-HFP composite solution and decreased the pick up ratio with increasing CNFs contents in range from 0% to 16%. In the results of SEM images, it was clear that the CNFs were evenly distributed in coated nonwoven by SEM images, the existence of CNFs in coated nonwoven was confirmed regularly. The mechanical properties of various contents of CNFs/PVDF-HFP coated nonwoven were examined. The tensile linearity and compression linearity increased with increasing CNFs contents. The electrical properties of the CNFs/PVDF-HFP coated nonwoven increased with increasing CNFs contents.

Key words: Carbon nano fibers(CNFs), Poly(vinylidenefluoride-co-hexafluoropropylene(PVDF-HFP), Nonwoven, Mechanical property, Electrical property

1. 서 론

탄소나노섬유(Carbon Nano Fibers, CNFs)는 탄수화합물이 가수분해되어 기체상태로 생성되어 비연속흑연필라멘트를 만드는 것으로서 증기성장탄소섬유(Vapor-Grown Carbon Nano Fiber, VGCNF)라 불리기도 한다. 즉 탄소를 포함하는 기체상태의 화합물이 미세한 금속촉매입자에 의해서 분해될 때 섬유의 형태를 가지게 되며, 섬유직경은 촉매 입자에 따라 좌우되는데, 보통 50~200 nm로 폭넓게 분포하며, 그 길이는 5~100 mm 정도라고 하며, 성장 조건에 따라 직선형(straight type), 가지친형(branched type), 꼬인형(twisted type) 및 코일형(helical type) 등 다양한 구조를 가지고 있다(Al-Saleh Mohammed H. & Sundararaj U., 2009). 메탄, 에틸렌 등 탄화석유계 가스 원료로부터 탄소나노소재를 제조할 수 있으며, 최근 국내에서도 탄소나노융합소재로서의 중요성과 사업화에 대해 논의가 되고 있다(신성장동력 기술전략지도, 2009).

CNFs는 탄소섬유, 카본블랙과 단일벽탄소나노튜브(Single Wall Carbon Nano Tube, SWCNT), 다중벽탄소나노튜브(Multi

Wall Carbon Nano Tube, MWCNT) 등 탄소재료의 중간 정도의 위치를 가지며, 탄소섬유의 일종이므로, 기계적 강도가 크고, 전기전도도를 가지며, 열적 성질을 증가시키는 보강재로 사용될 수 있다. 최근에는 CNFs가 CNT에 비해 가격 경쟁력이 있다는 장점 때문에 재료로서의 용도가 증가하고 있다고 한다(Koo et al., 2006). 주로 CNFs 복합재료는 EMI 차폐 및 정전기 방지 보호재 재료, 자동차 산업소재, 정전기 페인트, 배터리의 전극이나 전달물질, 유기화합물 증기에 대한 센서 등 다방면으로 전개되고 있다. 특히 전도성을 가진 CNFs/고분자 복합재를 이용한 센서에 대한 연구가 있는데(김철 외, 2010; Bin Zhang et al., 2006), 기체상의 유기용매에 노출될 때 고분자의 매트릭스가 팽윤함에 따라 복합재료의 전도도는 변화한다는 메커니즘을 기초로 한 연구이다. 좋은 센서는 다양한 기체상태의 유기용매에 따라 전기전도도가 각각 다르게 반응할수록 유리하다고 보고하고 있다.

한편, 최근 연구 동향을 보면 고분자 기반 센서(Polymer-based Sensor)에 대한 잠재성에 대해 보고하고 있다(Krawczak, 2009; Bin Zhang et al., 2006; Belmares, M. et al., 2004). 외부 자극에 반응하는 센서에 이용될 수 있는 재료로 카본 블랙, CNT, 금속 혹은 금속산화물이 첨가된 전도성 고분자로 외부의 화학적인 자극에 반응하는 전자코(electronic noses)로서의 용도로 전개하고 있다. 또한 외력이나 열의 자극이 가해지면 분

Corresponding author; Sun-Hee Lee
Tel. +82-51-200-7329, Fax. +82-51-200-7335
E-mail: shlee014@dau.ac.kr

극(polarization)을 일으키는 압전성(piezoelectric property)과 초전성(pyroelectric property)을 가지고 있는 고분자로 PVDF(polyvinylidene fluoride)와 PTFE(polytrifluoroethylene) 및 그 공중합체가 응용되고 있다고 한다. 이 중 PVDF계 공중합물중의 하나인 Poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene)(PVDF-HFP)는 hexafluoropropylene (HFP) 성분이 비결정 영역의 성질을 갖기 때문에, PVDF보다 기계적 성질이 낮은 단점이 있으나, 유기용매에 잘 녹고, 유리전이온도나 결정화도가 낮아, PVDF에 비해 성형성이 우수하여 박막, 필름, 섬유상으로 제조하여 다양하게 응용되고 있다.

최근에 CNFs/PVDF-HFP의 복합재료를 이용하여 전기적 특성을 가진 텍스타일로서 개발 가능성을 타진하고자 하여, 그와 관련한 기초연구를 진행해 왔다(이선희, 2009). 즉 PVDF-HFP와 CNFs를 용액법으로 복합용액 및 필름을 제조하고, 이 때 얻어진 CNFs/PVDF-HFP 복합 필름의 미세구조와 물성에 관하여 알아보았다. WAXD 결과에서 제조된 PVDF-HFP/CNFs 필름은 결정성이며 등방성 구조이며, PVDF의 α 결정을 가지고 있음을 확인하였다. DSC 결과를 보면 용융온도는 133°C부근이며, 결정성은 약간 감소하는 것으로 나타났다. $\tan \delta$ 피크온도는 CNFs의 함량에 상관없이 약 11°C부근에서 나타났으나, 저장 탄성율은 PVDF-HFP 필름에 비해 PVDF-HFP/CNFs 복합 필름의 경우에 큰 값을 나타냈다. 따라서 CNFs 함량별로 제조된 PVDF-HFP/CNFs 복합필름의 경우 미세구조의 변화보다 전기적, 기계적 물성이 향상되는 것으로 볼 수 있었다.

본 연구에서는 선행 기초 연구를 바탕으로 전도성을 가지는 CNFs 및 PVDF-HFP를 이용, 부직포에 적용하여 그 응용범위를 확대하고자 한다. 즉 PVDF-HFP와 CNFs를 용액법으로 CNFs/PVDF-HFP 복합용액을 제조하고, 제조된 복합용액을 나이프에지법에 준하여 제조 CNFs/PVDF-HFP 코팅 부직포를 0, 2, 4, 8, 16wt%의 CNFs 함량별로 제조한 후 모폴로지, 역학적, 전기적 특성을 중심으로 살펴보고자 한다.

2. 실험

2.1. 시료

본 실험에 사용한 PVDF-HFP(SOLEF 21508, Solvay Co. Ltd.)는 칩상이며, 밀도는 1.78 g/cm³, MFI는 8 g/10 min의 특성을 가지고 있다. 사용한 CNFs(CNF-100, Carbon nano-materials technology Co.Ltd.)의 특징은 Table 1에 요약하였다. 용매로는 아세톤(1급 정제품, Aldrich Co., USA)을 사용하였다. 한편, 본 실험에 사용한 부직포(C305NW, Hanyoung. Ltd.)는 100% 폴리에스테르로 구성되었으며, 두께는 0.2 mm, 무게는 0.7 g/10 cm²의 특성을 가지고 있다. 시료 제조에 사용하기 위해서 부직포를 10 cm×10 cm의 크기로 준비하였고, 아세톤으로 충분히 수세하고 건조한 후 코팅공정에서 사용하였다.

Table 1. Specification of CNFs

Structure	Stacking arrangement → herringbone type	
	D(nm)	50-200
Size properties	L(mm)	10-30
	Aspect ratio	>100
Purify	> 90wt%	
Specific Surface Area (m ² /g)	100~300	
Bulk Density(g/cm ³)	0.18~0.20	

2.2. CNFs/PVDF-HFP 복합용액 및 코팅 부직포 제조

CNFs/PVDF-HFP 복합용액 제조 : CNFs/PVDF-HFP (SOLEF 21508, Solvay Co. Ltd.) 복합용액을 제조하기 위해, 우선 조성에 따라 계산된 양의 PVDF-HFP 칩을 아세톤에 90분동안 교반시켜 10wt%의 PVDF-HFP 용액을 제조하였다. 제조한 PVDF-HFP 용액에 PVDF-HFP 중량의 0, 2, 4, 8, 16wt%에 해당하는 CNFs의 양을 첨가하여 90분간 교반하여 CNFs/PVDF-HFP 복합용액을 제조하였다. 용액내의 CNFs 분산성을 증가시키기 위하여 초음파 처리는 Brason(3510R-DTH, USA)을 사용하여 100W, 42 KHz의 조건에서 120분 이상 행한 후, 코팅액으로 사용하였다.

CNFs/PVDF-HFP 복합재 코팅 부직포 제조 : 본 연구에서 사용한 부직포의 안쪽 면에 CNFs/PVDF-HFP 복합체 용액을 캐스팅 후 나이프 에지법에 준하는 방법으로 코팅하였으며, 이 때 두께는 0.25 mm로 일정하게 조정하였다. 이 후 측정에 사용하기 전까지 제조된 부직포는 표준조건(20°C, 65%)에서 보관하였다.

2.3. 측정

무게증가율: 코팅한 부직포의 무게 변화를 측정하여 아래 식을 통해 무게증가율(pick-up ratio)을 구하였다.

$$W(\%) = (W_f - W_i)/W_i \times 100$$

위의 식에서 W_f (final weight)는 코팅처리 후 시료무게이고, W_i (initial weight)는 미처리 시료무게이다.

표면특성 : CNFs/PVDF-HFP 복합 용액으로 코팅한 부직포의 표면특성을 알아보기 위하여 주사현미경(SEM, JSM-35CF, Jeol, Japan)을 이용하였다.

역학적 특성 : CNFs/PVDF-HFP 복합 용액으로 코팅한 부직포의 역학적 특성을 알아보기 위하여 KES-FB system (Kawabata Evaluation System, Kato Tech. Co. LTD., Japan)을 사용하여 제조된 CNFs/PVDF-HFP 복합재로 코팅된 시료의 인장특성, 전단특성, 굽힘특성, 압축특성, 표면특성을 측정하였다.

Fig. 1. Pick-up ratios of PVDF-HFP and CNFs/PVDF-HFP composite coated nonwoven.

전기적 특성 : CNFs/PVDF-HFP 복합 용액으로 코팅된 부직포의 마찰 대전압 특성을 알아보기 위하여 KS K 0555에 준하여 측정하였다. 제조된 시료의 전기전도도를 알아보기 위하여 표면저항측정기(Simco ST-3, Japan)를 이용하여 저항값을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 무게 증가율

Fig. 1은 미처리부직포 및 CNFs의 함량별로 제조된 CNFs/PVDF-HFP 코팅 부직포의 무게증가율을 나타낸 것이다. CNFs/PVDF-HFP로 코팅할 때 부직포의 무게를 일정하게 한 바, PVDF-HFP 용액 코팅한 경우 무게 증가율은 약 101.9%이었다. CNFs의 양이 2-8%까지 증가함에 따라 직물의 무게 증가율은 108.7, 98.0, 97.7%로 약간 감소하였으나, CNFs의 양이 16%로 증가함에 따라 53.2%로 감소하는 것으로 나타났다.

3.2. 표면구조 관찰

Fig. 2는 미처리 부직포 및 CNFs의 함량별로 코팅된 CNFs/PVDF-HFP 복합재 코팅 부직포의 표면사진을 나타낸 것이다. PVDF-HFP로 코팅된 부직포의 표면을 살펴보면, PVDF-HFP가 다공성막의 형태로 코팅되고 있음을 알 수 있다. CNFs의 함량이 증가함에 따라 부직포 내 섬유 표면에 CNFs를 확인할 수 있다. CNFs의 함량이 낮은 경우 PVDF-HFP내에 CNFs가 둘러싸인 형태를 볼 수 있다. CNFs의 농도가 8, 16%로 증가하는 경우에는 CNFs 자체가 엉켜 있는 것으로 확인되며 불균일한 분산이 되고 있음을 확인할 수 있다.

3.3 역학적 특성

인장특성 : Fig. 3은 KES-FB를 사용하여 인장선형성(LT) 및

Fig. 2. Morphology of untreated and CNFs/PVDF-HFP composite coated nonwoven.

인장레질리언스(RT) 측정결과를 나타낸 것이다.

측정결과 PVDF-HFP으로 코팅된 부직포의 경우 미처리 부직포보다 약간 높은 인장특성을 나타냈다. CNFs 함량별로 코팅된 부직포의 경우 CNFs의 함량이 증가함에 따라 LT값은 증가하는 경향을 보이고 있다.

한편, 인장레질리언스(RT)는 인장에 대한 회복성을 나타내는 값으로 값이 클수록 늘어난 후의 회복성이 좋을 것을 의미하는데, 미처리 부직포에 비해 PVDF-HFP 용액으로 코팅된 부직포의 경우 RT 값은 크게 나타났다. CNFs/PVDF-HFP 코팅된 부직포의 경우 CNFs 함량이 증가함에 따라 RT 값은 증가하는 경향을 보이고 있다. 인장선형성값과 인장레질리언스 값이 높을수록 치수안정성이 높은 것을 의미하므로, CNFs의 함량이 증가함에 따라 CNFs/PVDF-HFP로 코팅된 부직포의 치수안정성은 커짐을 알 수 있다.

굽힘특성 : Fig. 4는 굽힘강성(B) 및 굽힘 히스테리시스(2HB)의 측정결과를 나타낸 것이다. 굽힘강성(B)값이 작을 경우 형

Fig. 3. Tensile properties of untreated and CNFs/PVDF-HFP composite-coated nonwoven.

Fig. 4. Bending properties of untreated and CNFs/PVDF-HFP composite-coated nonwoven.

Fig. 5. Shear properties of untreated and CNFs/PVDF-HFP composite-coated nonwoven.

태안정성은 나쁜 것을 의미한다. 굽힘강성과 드레이프성은 상관관계를 가지고 있는데, 굽힘 강성이 클수록 드레이프성은 나빠진다. 한편, 굽힘 히스테리시스(2HB)란 실의 굽힘 탄성한도를 넘게 되면 구성섬유들이 원상태로 재배열되지 못하고 점탄성적인 굽힘변형을 일으키게 되어 히스테리시스 거동을 보임을 뜻한다. 즉, 2HB가 증가함에 따라 미처리 부직포에 비해 PVDF-HFP 코팅된 부직포의 경우 B 및 2HB 값이 약간 작게 나타났으며, 이것은 코팅됨에 따라 형태안정성이 약간 저하하는 것을 의미한다. 그러나 CNFs의 함량이 4%까지 증가함에 따라 CNFs/PVDF-HFP 코팅된 부직포의 경우 B 및 2HB 값은 증가하다가, 8% 이상으로 CNFs의 함량이 증가하는 경우에는 오히려 B 및 2HB 값은 감소하는 경향을 보이고 있다.

이것은 CNFs/PVDF-HFP 함량별로 코팅된 부직포의 경우, CNFs의 함량이 4%까지 증가함에 따라 그 코팅효과는 PVDF-

HFP 부분에 의한 것으로 드레이프성이 나빠지고 뻗뻗해지는 것으로 보인다. 그러나 CNFs 함량이 8% 이상이 되면 오히려 PVDF-HFP에 의한 코팅효과는 감소하고, 미처리 부직포의 수준으로 나타났으며, 무기물인 CNFs의 함량이 많아지면서 굽힘에 대한 탄력성이 우수해지는 것으로 볼 수 있다.

전단 특성 : Fig 5는 전단강성(G) 및 전단이력(2HG)의 측정 결과를 나타낸 것이다. 전단특성은 의복 착용시 신체변형에 대한 융합과 드레이프성에 관련된 항목으로 전단강성(G)은 전단 각도에 대한 단위 길이당 전단력으로 정의하며, G 값이 클수록 직물이 뻗뻗해지고 있음을 알 수 있다. 미처리 부직포에 비해 PVDF-HFP로 코팅된 부직포의 G 값이 좋은 것으로 나타났다. CNFs 함량별로 코팅된 부직포의 경우, CNFs의 함량에 관계없이 G 값은 거의 유사하게 나타났다. 이것은 부직포의 섬유배열이 이방성을 가지고 있고, CNFs의 함량별로

Fig. 6. Compression properties of untreated and CNFs/PVDF-HFP composite-coated nonwoven.

Fig. 7. Surface properties of untreated and CNFs/PVDF-HFP composite-coated nonwoven.

PVDF-HFP와 함께 코팅된 부직포의 전단강성에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다.

한편, 전단이력(2HG) 측정결과는 전단강성의 결과와 유사하게 나타났다.

압축 특성 : Fig. 6은 압축선형성(LC) 및 압축회복성(RC)의 측정결과를 나타낸 것이다. 압축특성은 직물의 두께, 볼륨감과 관련이 있는 항목으로 시료의 압축선형성(LC)은 압축을 가할 때 딱딱해지는 정도를 나타내는 것이다. 미처리 부직포에 비해 PVDF-HFP 코팅 시료의 경우 LC 값은 커지고 있으므로, 초기 압축이 어렵다는 것을 나타낸다. 그러나 CNFs의 함량이 증가함에 따라 LC의 값은 약간 감소하다가 일정해지는 경향으로 보이고 있으며, 그 전이점은 CNFs의 함량이 8%인 경우인 것으로 나타났다. 이것은 CNFs의 함량이 증가함에 따라 압축에 대한 부직포의 압축특성은 증가함에 따라 압축에 대한 딱딱함이 커지고 있음을 알 수 있다.

압축회복성(RC)는 미처리 부직포에 비해 PVDF-HFP 용액을 코팅한 부직포에서 높은 RC값을 보이고 있다. PVDF-HFP 코팅 부직포의 RC 값에 비해, CNFs/PVDF-HFP 코팅 시료의 경우의 값이 크게 나타났다. CNFs의 함량이 4%로 증가하는 경우 압축회복성 크게 나타났으나 8% 이상이 되면 약간 감소하다가 일정해지는 경향을 보이고 있다.

표면 특성 : Fig. 7은 표면마찰계수(MIU) 및 마찰계수 편차(MMD)의 측정결과를 나타낸 것이다. MIU는 표면의 마찰 특성과 거칠기를 나타내는 항목으로 그 값이 작을수록 표면이 매끄러워졌다는 것을 의미한다. 미처리 부직포와 PVDF-HFP 코팅 부직포의 MIU는 거의 비슷하며, CNFs/PVDF-HFP 코팅된

Table 2. Electrostatic propensity and surface resistance of untreated nonwoven and CNFs/PVDF-HFP coated nonwoven with various CNFs contents

	Electrostatic propensity(kV)		R(O)
	Cotton	Wool	
untreated	4.8	5.7	11.7
0% CNFs/PVDF-HFP	5.3	5.5	11.7
2% CNFs/PVDF-HFP	5.6	5.6	11.8
4% CNFs/PVDF-HFP	4.0	5.2	11.9
8% CNFs/PVDF-HFP	0.7	2.0	11.9
16% CNFs/PVDF-HFP	4.9	5.9	10.4

시료의 경우 CNFs의 함량이 4%까지 증가함에 따라 MIU 값은 감소하는 경향을 보이는데 이는 코팅에 의한 효과가 PVDF-HFP의 영향보다 더 크다는 것을 의미한다. 이는 CNFs의 함량이 8% 이상 되는 경우 MIU값이 약간 증가하는 경향을 보이고 있고, 약간 거칠어졌다는 것을 의미하는데, 이것은 CNFs의 영향으로 보인다. MMD의 경우 그 값이 작을수록 표면이 더 약간 증가하다가 감소하는 등 MIU와 반대의 경향을 보이고 있다.

3.4. 전기적 특성

Table 2는 미처리 부직포 및 CNFs의 함량별로 제조된 CNFs/PVDF-HFP 코팅 부직포의 마찰대전압 특성 및 표면저항치를 나타낸 것이다.

마찰대전압 특성 : 마찰대전압이란 재료가 마찰에 의해 초기에 발생하는 전압을 수치로 나타낸 것으로 대전방지성을 알아

볼 수 있는 척도로 알려져 있다(최병희, 배도규, 1985). Table 2에서 나타난 원부직포 및 CNFs의 함량별로 코팅된 CNFs/PVDF-HFP 복합체 코팅 부직포의 마찰대전압 특성을 살펴보면, PVDF-HFP 코팅된 부직포에는 PVDF-HFP가 다공성 필름의 형태를 나타내고 있다. CNFs의 함량이 2%까지는 대전압 특성치는 변화가 거의 없는 것으로 보인다. 이 후 CNFs의 농도가 4% 이후 대전압은 감소하기 시작하다가, 농도 8%이후 최저점을 갖는다. 또한 CNFs가 16%인 경우 마찰 대전압 특성치가 다시 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 CNFs의 농도가 지나치게 증가할 경우 불균일 분산에 의해 전기적 특성에 방해가 되는 것으로 보인다. 본 연구에서는 CNFs가 8% 함량인 경우의 부직포가 전기적 특성이 향상되는 조건으로 생각된다.

표면저항 특성 : 표면저항은 직물의 표면 전자들이 자유롭게 이동하는 데 얼마나 방해를 받는가를 저항치로 표현한 것이다(김종원 외, 2007). Table 2에 나타난 미처리 부직포 및 CNFs의 함량별로 코팅된 CNFs/PVDF-HFP 복합체 코팅 부직포의 표면저항 특성을 살펴보면, CNFs의 함량이 증가하여도 미처리 부직포의 표면저항 값과 유사한 경향을 나타내고 있다. 즉 마찰대전압이나 반감기 특성이 감소하는 것에 비해 표면저항특성은 CNFs의 함량이 증가함에 따른 변화가 거의 없다는 것이다. 이것은 선행연구(김종원 외, 2007)에서 분석한 것처럼, 부직포의 표면저항 특성이 우수하기 위해서는 전자들이 표면을 따라 이동할수록 유리한데, CNFs의 함량이 낮을 경우 발생된 전자가 이웃하는 CNFs로 이동할 수가 없기 때문에 표면저항특성은 좋지 못한 결과를 나타내는 것으로 볼 수 있다. 즉 부직포 내의 CNFs가 마찰로 인해 축적된 초기 전하를 접지에 의해 전자로 방출하는 것보다 공기중으로 방출하는 특성이 있기 때문이라고 생각된다.

4. 결 론

CNFs/PVDF-HFP 복합용액을 제조하고, 나이프에지법에 준하여 부직포에 코팅하여 PVDF-HFP 및 CNFs/PVDF-HFP 코팅 부직포를 제조하였고, CNFs의 함량별로 코팅된 CNFs/PVDF-HFP 코팅 부직포의 표면특성, 역학적, 전기적 특성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

CNFs/PVDF-HFP 코팅 부직포는 PVDF-HFP 용액에 코팅한 경우 무게 증가율은 약 101.9%이었다. CNFs의 양이 2-8%까지 증가함에 따라 직물의 무게 증가율은 108.7, 98.0, 97.7%로 유사하였으나, CNFs의 양이 16%로 증가함에 따라 53.2%로 감소하는 것으로 나타났다. 코팅된 부직포의 표면을 SEM을 통해 측정한 바, PVDF-HFP 코팅된 부직포에는 PVDF-HFP가 다공성 필름의 형태를 나타내고 있다. CNFs의 함량이 증가함

에 따라 부직포의 표면에 CNFs를 균일하게 분산된 것을 확인할 수 있으며, CNFs의 농도가 16%인 경우에는 CNFs 자체가 엉켜 있는 것으로 보아 불균일한 분산이 되고 있음 볼 수 있다. 역학적 특성을 고찰할 결과, 미처리 부직포에 비해 CNFs/PVDF-HFP 복합용액으로 코팅된 부직포의 경우, 인장선형성(LT), 굽힘강성(B), 전단강성(G), 압축회복성(CR) 값이 크게 나타나고 있음을 볼 수 있었다.

CNFs/PVDF-HFP 복합체 코팅 부직포의 마찰대전압 특성을 측정한 결과, CNFs의 함량이 8%인 경우 최저값을 나타내었으며, 본 연구에서는 8% CNFs/PVDF-HFP 코팅 부직포가 전기적 특성이 향상되는 조건인 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 20100023349).

참고문헌

- 김종원, 송선훈, 윤석한, 송병갑, 추교진, 안훈주. (2007). 탄소나노튜브를 이용한 폴리우레탄 코팅소재의 대전방지성. *한국염색가공학회지*, 19(4), 26-31.
- 김철, 장수외이, 김선명. (2010). 탄소나노섬유의 함량에 따른 CNF/PPy 필름의 전기전도도 및 굽힘센서로 응용. *한국복합재료학회지*, 23(3), 31-36.
- 이선희 (2009). 제조조건에 따른 PVDF-HFP/CNFs 복합필름의 미세구조와 물성. 동아대학교 생활과학연구논문집, p. 15, pp. 87-96.
- 최병희, 배도규. (1985). 직물대전성에 관한 연구. *한국잠사학회지*, 27(2), 54-63.
- 지식경제부. (2009). *신성장동력 기술전략지도*. 서울.
- Al-Saleh Mohammed H. & Sundararaj Uttandaraman. (2009). A review of vapor grown carbon nano fiber/polymer conductive composites. *CARBON*, 47, 2-22.
- Bin Zhang, Ruowen Fu, Mingqiu Zhang, Xianming Dong, Lichang Wang & Charles U. Pittman Jr. (2006). Gas sensitive vapor grown carbon nanofiber/polystyrene sensors. *Materials Research Bulletin*, 41, 553-562.
- Koo, J. H. (2006). *Polymer Nanocomposites*. Mcgraw-Hill: New york, p.19.
- Krawczak, P. (2009). Polymer-based sensors: A high potential to be further developed. *Express Polymer Letters*, 3(7), 400.
- Belmares, M. Blanco, M. Goddard, III, W. A. Ross, R. B. Caldwell, Chou, G. S. H. Pham, J. Olofson, P. M. Thomas, Cristina. (2004). Hildebrand and Hansen Solubility Parameters from Molecular Dynamics with Applications to Electronic Nose Polymer Sensors. *Journal of Computer Chemistry*, 25, 1814-1826.

(2010년 11월 30일 접수/ 2011년 1월 22일 1차 수정/
2011년 1월 22일 게재확정)