

코로나 처리를 이용한 신발용 나일론 직물의 접착력 향상

이재호[†]

부산대학교 바이오소재공학과
(2006년 9월 5일 접수, 2006년 9월 14일 채택)

Improvement of Adhesion of Footwear Nylon Fabric by Corona Treatment

Jae Ho Lee[†]

Department of Biomaterial Engineering, Pusan National University, Miryang 627-702, Korea
(Received September 5, 2006; Accepted September 14, 2006)

요약: 나일론 직물들이 전류세기 5, 10, 15, 20 A, 공급속도 5, 10, 15 m/min로 코로나 처리되었다. 나일론 직물의 표면변화를 X-ray 회절장치, 주사전자현미경(SEM)과 X-ray 광전자분석기(ESCALAB)로 확인하였다. 또한 물리적 성질의 변화를 인장·인열강도, 접착 및 습윤강도를 통하여 측정하였다. 접착에 사용된 접착제는 열경화성 반응형 폴리우레탄 핫 멜트 접착제이다. 대기압에서 코로나 방전처리에 의해 나일론 직물에 관능기들이 도입되어졌고, 그 결과 접착력은 향상되었다. 코로나 처리된 나일론 직물의 접착강도는 전류 세기가 증가할수록, 공급속도가 감소할수록 증가하였다.

Abstract: Nylon fabrics were corona treated with different current intensity (5, 10, 15, 20 A) and feeding speed (5, 10, 15 m/min). We confirmed the change of nylon fabrics surface using X-ray diffraction apparatus, scanning electron microscopy (SEM) and X-ray photoelectron spectrometer (ESCALAB). And the change of physical properties through measuring the tensile strength, tear strength, bonding and wet bonding strength. Thermosetting reactive polyurethane hot melt adhesive was used in the adhesion of nylon fabrics. Functional groups were introduced on nylon fabric surface by treating the fabrics in air atmosphere with corona discharge, and the result adhesion was improved. Bonding strength of the nylon fabric treated with corona was increased with increasing current intensity and decreasing feeding speed.

Keywords: corona discharge, nylon fabric, x-ray diffraction, sem, escalab, bondin strength, tensile and tear strength

1. 서 론

오늘날 기존의 유기 용제형 접착제에서 발생할 수 있는 환경오염 및 폐수 처리의 문제가 심각하게 대두되고 있다. 소재의 다양성과 더불어 접착제의 환경규제가 강화되면서 친환경적인 접착제로의 변화가 요구되어지고 있으며, 더욱이 피착제의 종류가 종래에 비하여 훨씬 다양해짐으로서 접착공정을 더욱 어렵게 하고 있다.

이러한 변화 추이에서 최근 신발 산업에서도 기존의 유기 용제형 접착제에서 친환경성 접착제로의 전환이 이루어지고 있는데, 그 중 hot-melt형 접착제가 차세대 접착제로 주목을 받고 있다.

Hot-melt형 접착제는 용제를 사용하지 않고 열을 이용하여 수지를 용융시킨 후, 식혀지면서 굳는 성질을 이용하여 물체를 접착시킨다. 용제를 사용하지 않으므로 공해 및 폐수처리나 인체에 유해한 물질의 유출이 적으며, 접착시간이 짧고 접착과정이 용이하므로 산업 전반에 광범위하게 활용되어질 것으로 기대되어진다[1-3]. 하지만 hot-melt형 접착제는 목재나 산업용 자재 및 몇몇 첨단 장비 등 표면이 매끈한 재료의 접착에는 강한 특성을 나타내지만, 직물과 같이 3차원적인 입체구조를 가지는 물질의 경우에는 유기 용제형 접착제보다 접착력이 떨어지거나 물질의 표면특성에 따라 접착이 되지 않는 등 많은 문제점을 가지고 있다[4-7].

이러한 문제점을 가지는 hot-melt형 접착제를 신발용 난접착 소재에 적용하기 위해서는 피착제의 표면특성을 충

[†] Corresponding author: e-mail: james007din@pusan.ac.kr

2. 실험

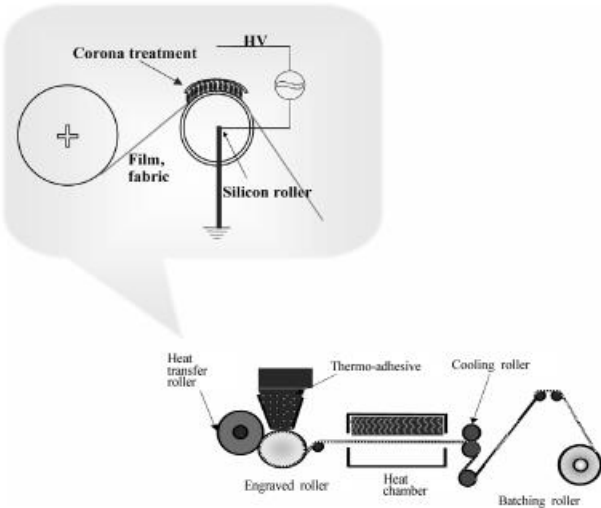


Figure 1. Schematic diagram of corona treatment and adhesion apparatus.

분히 파악한 후, 표면 개질방법 등으로 표면의 요철구조 등을 도입하여 접착표면적을 넓히는 동시에 표면에만 극성기의 도입을 통하여 물리적, 화학적 결합력을 증가시킴으로써 이러한 접착성과 관련한 문제점들을 해결해 나갈 필요가 있을 것이다.

고분자의 표면 특성개질에 대한 연구는 보통 고분자의 도장성, 인쇄성, 접착성, 젖음성 등을 개선하기 위한 것으로 강산을 이용한 화학적 표면처리법[8-11], 자외선이나 광조사법[12-15], 저온 플라즈마 처리법[16-19] 등이 대표적이다. 그 중 재료의 표면층만을 효율적으로 개질시키기 때문에 많은 연구가 진행되고 있는 저온 플라즈마 처리법은 낮은 기압에서 행하는 글로우 방전법[16,20]과 대기압 부근에서 행하는 코로나 방전법[18,21-23]으로 나눌 수 있으며, 특히 대기압 하에서 처리하는 코로나 방전을 이용한 표면개질 법은 글로우방전보다 취급이 훨씬 용이하고, 산업현장에서 연속적이면서 고속으로 처리할 수 있으며, 그 적용 대상도 다양하다는 장점 때문에 고분자 표면개질에 있어서 널리 사용되고 있는 방법 중 하나이다[23-25].

따라서 본 연구에서는 열경화성 hot-melt 접착제를 사용하여 접착력을 향상시키고, 성능 차의 감소, 접착 내구성의 개선 등의 결점을 개선하고자 접착 계면을 코로나 방전법으로 개질하여 접착 성능을 향상시키려 한다.

하지만, 이러한 표면처리 방법은 피착제에 미시적인 변화를 초래하며 이 때문에 기계적 물성이 나빠지는 등의 문제점을 발생시킬 수도 있다. 이러한 문제점을 보완하면서 접착력을 향상하기 위하여 피착제에 발생하는 미세구조 및 물성변화를 정량적으로 분석하여 표면처리 기술이 피착제의 기계적 물성에 영향을 미치지 않는 범위에서 접착력을 향상시킬 수 있는 공정변수의 설정에 본 연구과제의 목표를 두고자 하였다.

2.1. 재료

2.1.1. 원단

직물은 신발에 주로 많이 쓰이는 나일론 직물을 사용하였으며, 그 규격은 경위사 모두 nylon ATY 210 D이다.

2.1.2. 접착제

현재 사용되고 있는 대표적인 핫 멜트(hot melt) 접착제로는 폴리아마이드(polyamide), 폴리에스테르(polyester), 에틸렌 비닐 아세테이트(ethylene vinyl acetate, EVA) 등이 있으나, 이것은 모두 내열에 한계가 있고, 습기에 약한 단점을 가지고 있다. 그러므로 차세대 접착제로서 반응형 폴리우레탄 핫 멜트 접착제가 주목받고 있다. 따라서 본 실험에서는 열경화성 핫 멜트 접착제(Fuller, EU)를 사용하여 피착제와 접착하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 인장강도

인장시험기(Universe Testing Machine Series 1000 Tensile Machine)를 이용하여 ASTM D 5035법으로 측정하였다. 시료 폭 25.4 mm, 시료길이 75 mm, 인장속도 300 mm/min로 10회 측정하여 평균하였다.

2.2.2. 인열강도

인장시험기(Universe Testing Machine Series 1000 Tensile Machine)를 이용하여 ASTM D 2262에 의해 인열강도를 10회 측정하여 평균값을 구하였다. 이 때 시료의 폭은 75 mm, 시료길이 150 mm로 하고, 폭 37.5 mm에서 길이방향으로 75 mm를 절단한 후 인열속도를 300 mm/min로 측정하였다.

2.2.3. 접착강도

시료 폭을 25.4 mm로 한 시험편을 만능 인장시험기를 사용하여 clamp 간격 75 mm, 시험속도 100 mm/min로 하여 측정하였다. 또한 접착강도는 건조 상태와 습윤상태로 나누어 측정하였으며, 습윤상태의 접착강도는 습윤건조기에 약 1시간 동안 방치 후 측정하였다.

2.2.4. 결정영역의 변화

여러 가지 섬유 결정 구조를 확인하기 위해 X-선 회절장치(D/max-III-A, Rigaku Co.)로 40 kV-20 mA에서 Ni 필터로 여과한 CuK α 선을 이용하여 적도선 방향의 X-선 회절강도 분포곡선을 얻었다.

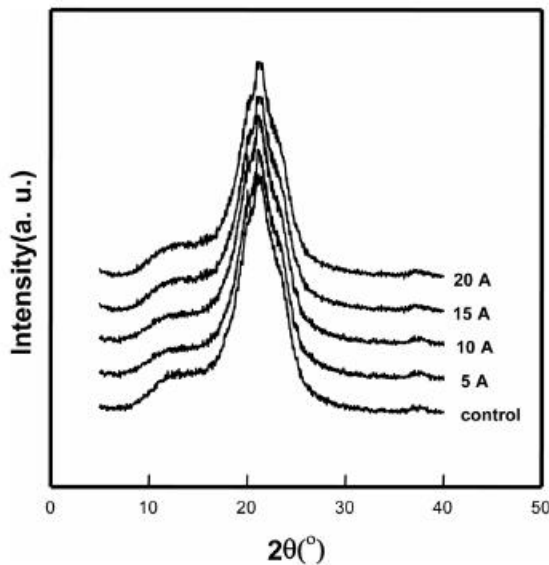


Figure 2. X-ray diffraction profile of nylon fabric corona treated with different current intensities.

2.2.5. 밀도

헵탄(n-heptane: 0.68)과 사염화탄소(CCl_4 : 1.59) 혼합액의 밀도 구배관을 이용하여 23°C 에서 ASTM D1505-68에 따라 밀도를 측정하였다.

2.2.6. 주사전자현미경

표면 처리 전후의 직물의 표면 모폴로지를 관찰하기 위하여 주사전자현미경 FE-SEM (HITACHI S-4200)을 이용하였으며, 가속전압 15 kV에서 1,500배의 배율로 측정하였다.

2.2.7. 표면원소분석

직물의 표면처리 전후의 표면에 대한 원소를 분석하기 위해 X-ray Photoelectron Spectrometer (XPS, VG Scientific ESCALAB 250)를 이용하여 측정하였으며, μ -금속 챔버 (μ -metal chamber) 내의 1×10^{-10} torr의 초고진공 하에서 단색화 된 Al-K α 선을 이용하였다.

2.3. 코로나 처리 및 접착공정

열가소성 hot-melt의 특징으로 open time이 짧은 특징을 가지고 있어 피착체에 hot-melt가 도포된 이후에는 다른 공정조건을 행할 수 없다. 따라서 Figure 1에서와 같이 engraved roller 이전에 표면개질작업이 이루어지면 가장 우수한 성능을 발휘할 것으로 보인다. Figure 1에서 원단 투입 쪽은 heat transfer roller 쪽이며 batching roller 쪽이 작업이 완료되는 쪽이다. 코로나 처리부분은 heat transfer roller 쪽에 설치를 하여 실험을 하였다. 전류의 세기는 5, 10, 15, 20 A로, 가공속도는 5, 10, 15 m/min로 변화시켜 가공하여 기계적, 화학적 변화를 살펴본다. Heat transfer roller

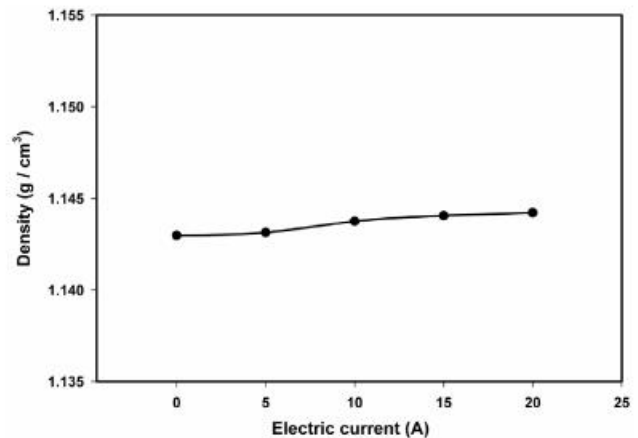


Figure 3. Variation of density on corona treated nylon fabrics with different current intensities.

에서 표면처리 되어진 피착체는 engraved roller에서 접착제가 도포되어지고 chamber에서 용융되어지며, 이후 cooling roller에 의해서 냉각이 이루어진다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 코로나 방전 시 전류의 영향 고찰

난접착성 소재의 접착력 향상을 위하여 코로나 방전을 접착공정에 도입하고 있는 실정을 고려하여, 코로나 처리에 의한 직물의 위해 정도와 구조 및 물성의 변화를 파악하고자 코로나 방전 시 전류의 세기를 변화시켜가면서 그 효과를 조사하였다.

3.1.1. X선 회절결과

코로나 처리 시 적정 전류의 세기를 조사하기 위하여 시료에 전류의 세기를 5, 10, 15, 20 A로 변화시켜 코로나 방전가공한 시료의 X선 회절 시험결과를 Figure 2에 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯이 코로나 방전 시에 사용되는 전류의 세기를 20 A까지 증가시켜도 폴리아마이드 특성 피크의 강도 및 Bragg 각의 변화를 관찰할 수 없었다. 이것은 20 A 정도의 코로나 방전의 세기로는 폴리아마이드 직물의 결정화도나 결정의 형태(결정거리)에 영향을 미치지 못함을 의미한다. 즉, 제조공정에서 가능하다면 20 A 정도의 코로나 처리로도 직물에 아무런 문제가 없음을 알 수 있다. 그러나 20 A 이상의 조건에서는 방전기의 과열에 의한 화재 발생이 우려될 뿐만 아니라, 코로나를 일으키기 위해 필요한 실리콘 롤러(silicon roller)에 손상을 입히는 등의 문제점이 발생되어졌다. 따라서 15 A 이하의 조건에서 다른 조건, 즉 원단의 공급 속도 등 다른 공정변수를 조정함으로써 좀더 다른 표면처리 효과를 기대해 보는 것이 좋을 것으로 판단된다.

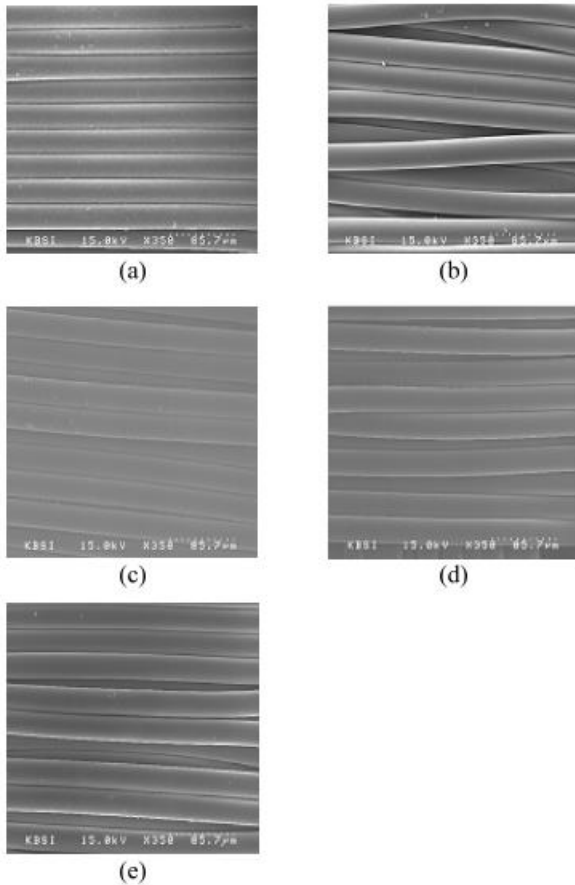


Figure 4. SEM photographs ($\times 1,500$) of the nylon fiber corona treated with different current intensities ; (a) untreated, (b) 5A, (c) 10A, (d) 15A, (e) 20A.

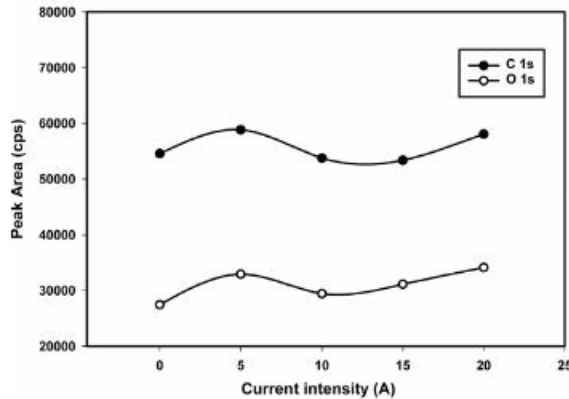


Figure 5. Variation of polar group on the surface of corona treated nylon fabrics with different current intensities.

3.1.2. 밀도실험의 결과

코로나 방전 시에 전류의 변화가 직물의 내부 구조에 다른 영향을 미칠 것을 고려하여 밀도를 측정하여 조사한 결과를 Figure 3에 나타낸다. 실험의 결과에서 알 수 있듯

이 코로나 방전의 영향을 전류의 세기를 변화시켜 20 A 까지 강하게 처리하여도 시험포의 밀도 변화는 크게 나타나지 않았다. 이것은 X선 회절 실험 결과와도 잘 일치하는 것으로, 코로나 방전의 강도를 크게 하기 위하여 전류의 세기를 증가시켜도 직물의 내부구조에 그다지 영향을 미치지 못하여 밀도에도 큰 변화가 없음을 의미한다.

3.1.3. 표면형태변화의 고찰

코로나 방전 시 전류의 세기 변화에 의하여 직물을 구성하는 섬유표면의 모폴로지를 관찰하였다. 코로나 방전 시의 전류의 세기 변화에 따른 표면요철의 발생에 의한 접착력 변화를 규명하기 위함이다. Figure 4에는 코로나 방전 처리 전의 섬유의 표면 형태 사진과 전류의 세기를 20 A까지 증가시켜 표면 처리한 직물의 섬유 표면 사진을 나타내고 있다. 전류의 세기가 증가하여도 섬유표면의 형태학적 변화는 거의 나타나지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 코로나 방전 처리로 표면적 증가에 의한 접착력 향상은 기대하기 어려울 것이라 사료된다.

3.1.4. 표면관능기 변화의 고찰

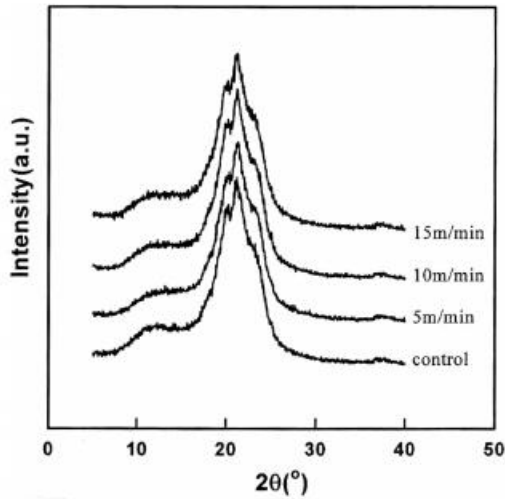
접착력 향상의 두 번째 기대 요소로서 표면 극성기의 증가에 따른 물리적 결합 및 공유결합과 같은 화학적 결합을 들 수 있다. 이러한 변화를 관찰하기 위하여 코로나 방전 처리 시의 전류세기 변화에 따른 표면 극성기의 도입을 확인하기 위하여 XPS를 이용하였다. Figure 5에서 알 수 있듯이 코로나 방전 처리 시의 전류의 세기를 증가시키므로써 O_{1s} 결합이 코로나 처리 전보다 증가함을 알 수 있다. 이것은 섬유표면 수십 Å 부근에 산소기를 포함하는 극성기의 도입이 증가하였음을 의미하며, 이러한 극성기 양의 증가에 의해서 수소결합, van der Waals 결합 등의 물리적 결합력과 공유결합 등의 화학적 결합력의 가능성 증가에 의하여 피착체의 접착력이 증가할 것으로 기대된다.

3.2. 표면처리 공정변수에 따른 피착포의 구조 및 물성 변화

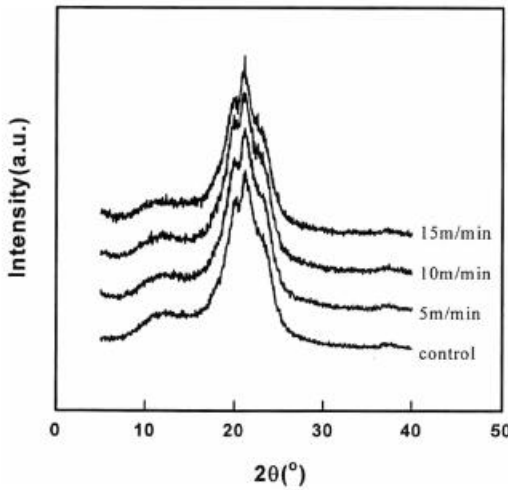
공정 변수를 변화시키에 따른 직물의 구조 및 표면 모폴로지의 변화를 정량적으로 평가하기 위하여 코로나 방전 처리 공정에서 발생할 수 있는 처리시간과 전류의 세기를 변화시켜 가면서 피착포의 미세구조, 물성 및 표면 모폴로지의 변화를 검토한 결과는 다음과 같다.

3.2.1. X선 회절 결과

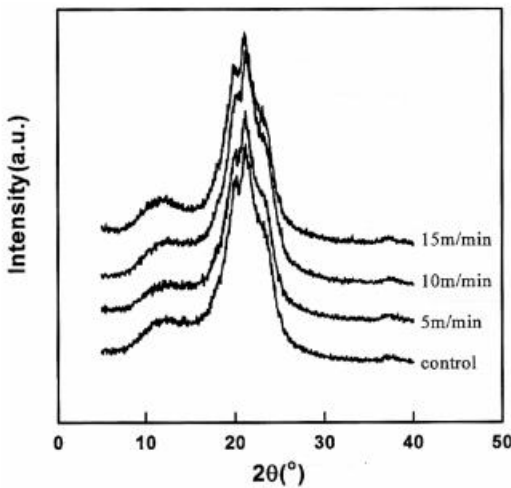
Figure 6에는 코로나 방전 처리 조건에 따른 피착포의 X선 회절 프로파일(profile)을 나타내었다. 전류의 세기가 증가하거나 직물의 공급 속도가 증가하여도 X선 회절 프로파일의 강도 및 Bragg 각의 위치의 변화는 그다지 나타나고 있지 않다. 이것은 이 정도의 코로나 처리시간과 코



(a) 5A



(b) 10A



(c) 15A

Figure 6. X-ray diffraction profile of nylon fabric corona treated with different current intensity and feeding speed.

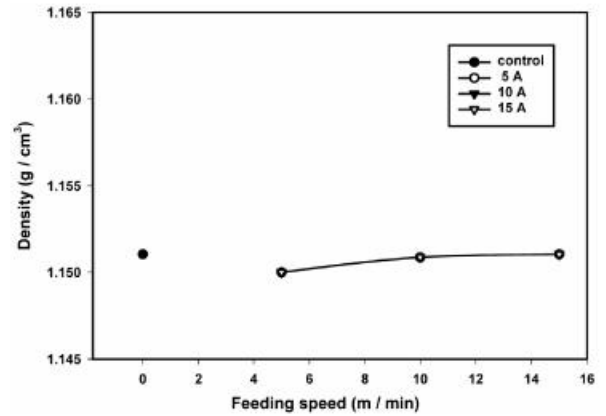


Figure 7. Variation of density on corona teated nylon fabrics with different current intensity and feeding speed.

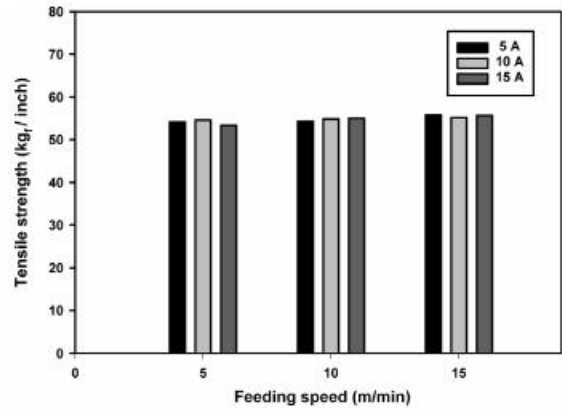


Figure 8. Variation of tensile strength on corona treated nylon fabrics with different current intensity and feeding speed.

로나 전류 강도로는 피착포인 직물의 결정 고유의 구조에는 그다지 영향을 미치지 못함을 알 수 있다. 이러한 결과는 전류만을 예비 실험한 결과와도 잘 일치하고 있다.

3.2.2. 밀도 실험의 결과

코로나 처리 조건에 따른 피착포의 밀도 변화를 측정한 결과를 Figure 7에 나타내었다. X선 회절의 결과와 마찬가지로 피착포에 위해의 정도가 거의 없으므로 밀도의 변화 또한 나타나지 않는 것으로 생각되어진다. 한편, 5 m/min의 가장 낮은 공급 속도 즉 처리시간이 길어진 경우가 약간의 밀도 감소가 나타나는 것으로 보이지만 유효한 효과로 간주하기에는 무리가 있다고 사료된다.

3.3. 표면처리에 의한 기계적 물성변화

3.3.1. 인장·인열강도의 변화

표면처리에 의한 기계적인 물성변화를 알아보기 위하여 인장강도를 측정하였다. 과도한 코로나 방전의 표면에 의해 직물을 구성하고 있는 고분자의 비결정 영역에서의

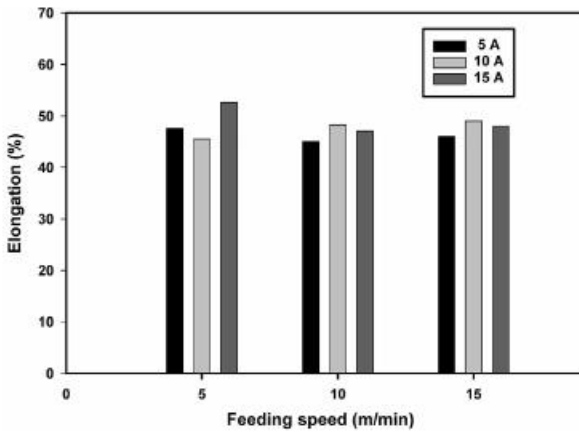


Figure 9. Variation of elongation on corona treated nylon fabric with different current intensity and feeding speed.

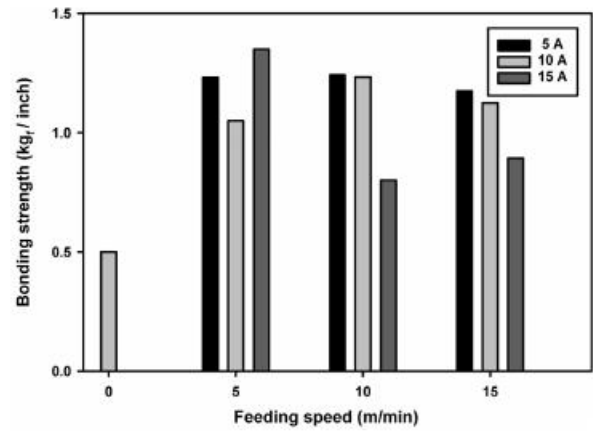


Figure 11. Variation of bonding strength on corona treated nylon fabrics with different current intensity and feeding speed.

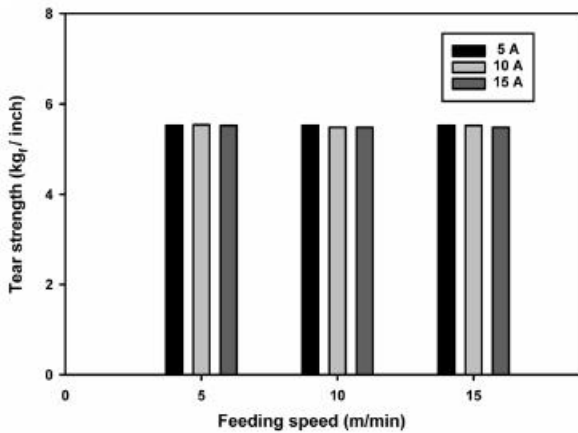


Figure 10. Variation of tear strength on corona treated nylon fabrics with different current intensity and feeding speed.

결합분자 체인이 절단됨으로써 인장강도에 변화를 줄 것으로 판단된다.

Figure 8은 코로나 처리 시 전류의 변화 및 공급 속도에 따른 인장강도의 변화를, Figure 9는 신도의 변화를 나타낸 것이다. 코로나 미처리 나일론 직물의 인장강도는 55.9 kg/inch, 신도는 48.14%였다. 코로나 처리에 의해 전반적으로 인장강도는 약 5% 이내의 변동범위에서, 신도는 6.4% 이내의 변동범위에서 미미한 변화를 나타내는 것으로 판단하였다. 코로나 처리 시 표면에 결합이 발생할 것으로 추정되며 이러한 결합부분에 응력 집중현상이 발생하여 강도 및 신도는 원 시료의 것보다는 다소 감소하는 것으로 파악된다. 이로써 표면처리가 직물의 기계적 물성에는 거의 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

Figure 10은 나일론을 전처리한 피착체를 접착하여 인열강도를 측정하는 것이다. 전반적으로 전류의 세기나 피착체의 공급 속도 변화에 따른 인열강도의 변화는 거의 없었다. 표면처리에 의한 인열강도는 원단 표면이 경위사로 나뉘

어져 있고, 그 조합에 의해 인열강도가 표현되어지기 때문에 표면처리에 의한 인열강도는 많은 변화가 없는 것으로 판단된다. 따라서 인장강도의 경우와 마찬가지로 표면처리는 직물의 기계적 물성에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

3.3.2. 접착강도의 변화

본 연구과제에서 가장 핵심적인 부분은 표면처리에 의한 피착체의 기본적인 물리적·화학적 물성의 변화 없이 접착강도를 증가시키는 것이라고 할 수 있다. 표면처리에 의한 접착강도를 측정하기 위하여 시료를 표면처리 강도 5, 10, 15 A로 처리하였으며 가공속도를 5, 10, 15 m/min의 속도로 나누어 작업을 실시하였다. 표면처리작업은 반응형 폴리우레탄 핫 멜트 코팅작업 이전에 실시간으로 행한 이후 접착이 행하여졌으며 다른 기타 조건(batching roller 압력, compensator roller 압력 등)은 동일한 조건으로 하여 실험을 하였다.

Figure 11은 피착체를 코로나 표면처리한 후 핫 멜트 코팅을 하여 다른 피착체와 합포를 행하여 그 접착강도를 나타낸 것이다. 코로나 방전에 의한 표면처리를 하지 않은 피착체의 접착강도는 0.5 kg/inch이었다. 미처리 강도와 비교하여 전반적으로 낮은 전류인 5와 10 A에서 접착강도가 2배 이상 증가한 것으로 나타났으며, 비교적 공급 속도가 낮을수록 접착강도는 다소 높은 것으로 보인다. 따라서 나일론의 경우는 공급 속도가 낮을수록 전류의 세기가 낮을수록 접착강도는 증가하는 것으로 나타났다.

표면처리는 재료 전체에 대한 물성은 손상시키지 않으면서 표면의 성질만을 물리적 또는 화학적으로 개질하는 것을 목적으로 행하여진다. 폴리아미드 섬유 등을 핫 멜트 처리 시 내열성 및 내습성이 상당히 중요한데, 표면처리를 하지 않은 핫 멜트 처리된 원단에는 접착제가 원단 표면에서 이탈되거나, 열에 의해 다른 피착체에 back

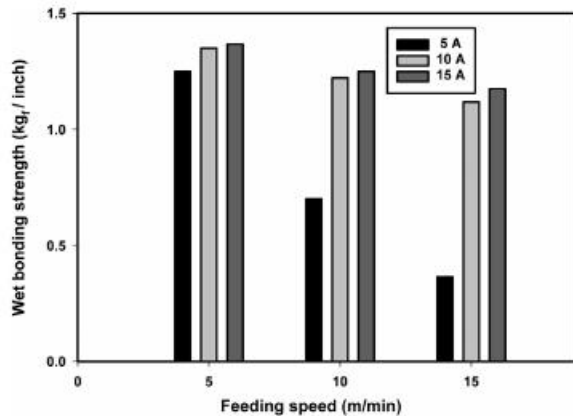


Figure 12. Variation of wet bonding strength on corona treated nylon fabrics with different current intensity and feeding speed.

through 등이 발생되어 문제가 되어 오고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 코팅 되어진 이후에 원단 표면에서 접착제가 이탈되는 것을 방지할 뿐만 아니라, 습윤에 의해 접착강도가 떨어지는 등의 문제점을 발생시키지 않기 위해 피착체 표면에 코로나 처리를 행하여 습윤 시의 접착강도를 측정하였다.

Figure 12는 피착체의 코로나 처리 후 합포하여 습윤 시의 접착강도를 나타낸 것이다. 이들의 측정에 앞서 코로나 방전에 의한 표면처리를 하지 않은 피착체의 습윤 시의 접착강도를 측정된 결과, 거의 0의 값을 나타내었다. Figure 12의 결과를 보면, 전반적으로 처리 후 강도가 크게 증가하였으며, 특히 낮은 5 m/min의 속도에서 크게 증가하였다. 속도가 증가할수록 습윤강도는 감소하였는데, 5 A의 경우 그 감소가 현저히 나타났다. 즉, 나일론의 경우 전반적으로 느린 속도의 처리조건이 강도에 유리한 조건임을 확인하였다.

따라서 기존의 표면처리를 행하지 않았을 경우의 습윤 시 접착력에 비해 코로나 처리에 의해 접착관능기의 도입과 접착 표면적을 높게 함으로써 접착력은 상당히 높아지는 것을 알 수 있다. 특히 습윤 접착력이 상당히 약했으나 코로나 처리 이후에는 1 kg/inch 이상까지도 증가함을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구과제는 코로나 표면처리에 의해 신발용 합포의 지스 시 미 스오 시이 저차가드르 즈가시킴기 이원 지이며, 동시에 피착체의 기본적인 물성에 영향을 미치지 않는 비이 네세 시이 교저스지오 서저러구기 려는 지이다. 따라서 코로나 처리 시 전류의 세기를 5, 10, 15, 20 A로 하였으며, 천의 공급 속도를 5, 10, 15 m/min의 속도로 하

였다. 코로나 처리 및 합포에 사용된 피착체는 나일론 직물이었으며, 얻어진 결과로부터의 결론을 정리하면 다음과 같다.

1) 코로나 방전 시에 사용되는 전류의 세기를 20 A까지 증가시켜도 나일론 특성 피크의 강도 및 Bragg 각의 변화를 관찰할 수 없었다. 또한 밀도변화나 모폴로지의 변화도 관찰되지 않았다. 그러나 20 A 이상의 조건에서는 방전기의 과열에 의한 화재 발생이 우려될 뿐만 아니라, 코로나를 일으키기 위해 필요한 실리콘 롤러(silicon roller)에 손상을 입히는 등의 문제점이 발생되어졌다.

2) 코로나 방전 처리 시의 전류의 세기를 증가시킴으로써 O_{1s} 결합이 코로나 처리 전보다 증가함을 알 수 있다. 이것은 섬유표면 수심 A 부근에 산소기를 포함하는 극성기의 도입이 증가하였음을 의미하며, 이러한 극성기 양의 증가에 의해서 수소결합, van der Waals 결합 등의 물리적 결합력과 공유결합 등의 화학적 결합력의 가능성 증가에 의하여 피착체의 접착력이 증가할 것으로 기대되어진다.

3) 직물상의 피착체 나일론 직물은 코로나 처리 후 미처리 강도와 비교하여 건조시의 약 2배 이상, 습윤 시의 약 1000배 이상 접착강도가 증가하였으며, 공급 속도가 낮을수록 전류의 세기가 증가할수록 접착강도는 향상되었다.

참 고 문 헌

- G. R. Lomax, *J. Coated Fabrics*, **15**, 40 (1985).
- I. G. Park, Y. H. Kim, H. T. Cho, and K. B. Lee, *J. Korean Fiber. Soc.*, **29**, 69 (1992).
- S. D. Kim and S. S. Kim, *J. Korea Soc. Dyers and Finishers*, **7**, 23 (1995).
- 安田 武, *纖維機械學會誌(日)*, **35**, 334 (1982).
- D. H. Lim, S. E. Kim, B. J. Kim, H. S. Do, and H. J. Kim, *J. Adhesion and Interface*, **4**, 7 (2003).
- J. S. Yoo and S. H. Lee, *J. Adhesion and Interface*, **1**, 63 (2000).
- H. J. Kim, *J. Adhesion and Interface*, **2**, 31 (2001).
- M. H. Rao, K. N. Rao, M. D. Teli, A. G. Jog, and H. T. Lokhande, *J. Appl. Polym. Sci.*, **33**, 2743 (1987).
- H. T. Lokhande, V. S. Thaker, and S. R. Shukla, *J. Appl. Polym. Sci.*, **29**, 2989 (1984).
- J. R. Rasmussen, D. E. Bergbreiter, and G. M. Whitesides, *J. Am. Chem. Soc.*, **99**, 4746 (1977).
- K. W. Lee and T. J. McCarthy, *Macromolecules*, **21**, 309 (1988).
- J. R. Rasmussen, D. E. Bergbreiter, and G. M. Whitesides, *J. Am. Chem. Soc.*, **99**, 4746 (1977).
- K. W. Lee and T. J. McCarthy, *Macromolecules*, **21**, 309 (1988).

14. K. Allmer, A. Hult, and B. Ranby, *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.*, **26**, 2099 (1988).
15. I. K. Mehta, S. Kumar, G. S. Chauhan, and B. N. Misra, *J. Appl. Polym. Sci.*, **41**, 1171 (1990).
16. M. Kuzuya, J. Niwa, and H. Ito, *Macromolecules*, **26**, 1990 (1993).
17. M. Horie and T. Tamura, *J. Appl. Phys.*, **77**, 162 (1995).
18. E. C. Onyiriuka, L. S. Hersh, and W. Hersh, *J. Colloid Interface Sci.*, **144**, 98 (1991).
19. S. H. Ha, U. J. Jang, and S. D. Seul, *J. Adhesion and Interface*, **6**, 1 (2005).
20. Y. Uchimoto, K. Tsutsumi, T. Ioroi, Z. Ogumi, and Z. I. Takehara, *J. Am. Cer. Soc.*, **83**, 77 (2000).
21. S. J. Park, J. S. Jin, and K. E. Choi, *J. Korean Fiber Soc.*, **38**, 258 (2001).
22. P. K. Pak, K. K. Na, H. W. Kim, S. S. Kim, G. Y. Park, and C. J. Park, *J. Korean Fiber Soc.*, **36**, 847 (1999).
23. S. J. Park, J. S. Shin, H. Y. Kim, and D. R. Lee, *J. Korean Fiber Soc.*, **39**, 568 (2002).
24. K. Olafsen, A. Stori, and D. A. Tellefsen, *J. Appl. Polym. Sci.*, **46**, 1673 (1992).
25. F. Seto, K. Fukuyama, Y. Muraoka, A. Kishida, and M. Akashi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **68**, 1773 (1998).