

플라스틱 직물 코팅재료에 관한 연구

김동학* · 김태완*

Study on Plastic Fiber Coating Materials

Dong-Hak Kim* and Tae Wan Kim*

요 약 섬유 코팅제로 널리 쓰이고 있는 액상 PVC는 여러 가지 특성 중 무광택 효과가 뛰어나지만 코팅된 섬유 표면의 유연성이 감소된다. 이런 결함을 대체할 수 코팅 물질로 Elastomer 계열의 액상 실리콘 고무를 사용했다. 기존 액상 PVC 공정과 동일하게 진행했으며, 로울러의 압축력과 공정상의 예비경화를 이용했다. 실험 결과 액상 PVC로 코팅된 직물의 경도는 70도, 인장강도는 10.3 MPa, 신율은 200%로 측정되었다. 액상 실리콘 고무로 코팅된 직물의 경도는 40도, 인장강도는 5.1 MPa, 신율은 460%였다. 따라서 액상 실리콘 고무 코팅은 2차 가공 없이 액상 PVC 코팅보다 플라스틱 직물 표면의 무광택 성과 유연성을 증가시켰다.

Abstract Liquid PVC, which is used widely as fiber coating, has brilliant non-luster effect, but it decreases flexibility of coated fiber surface. We used liquid silicone rubber in elastomer series as a coating material to alleviate this problem. We have conducted the former liquid PVC processing and used pressure of roller and preliminary hardening of processing. In this experiment, We measured 70 degree of hardness, 10.3 MPa of tensile strength and 200% of tensile elongation of Liquid PVC-coated plastic fiber. We measured 40 degree of hardness, 5.1 MPa of tensile strength and 460% of tensile elongation of Liquid silicone rubber-coated plastic fiber. Therefore, Without the second process, Liquid silicone rubber coating increased non-luster effect and flexibility of plastic fiber surface more than Liquid PVC coating.

Key Words : Plastic fiber coating, Liquid PVC, Liquid silicone rubber, Non-luster, Flexibility

1. 서 론

섬유는 그 용도에 따라 내마모성, 강인성, 내후성, 난연성, 내용매성 등의 특성이 요구되므로 특수가공 및 처리과정을 거치게 된다. 그 중에서도 코팅이 차지하는 비율은 매우 크다. 코팅이란 가공할 재료에 수지를 도포 함으로써 표면에 피막을 형성시키는 가공으로 방수성, 방풍성 및 특수기능 부여의 목적으로 사용되고 있다. 따라서 코팅제품은 복합체이므로 서로 다른 성질을 지닌 두 물질, 즉 섬유제품과 코팅물질이 결합하여 최대한의 유용한 특성을 나타낼 수 있어야 한다. 플라스틱 직물코팅은 코팅방법과 특징에 따라 여러 형태로 나뉜다. Direct coating은 액상소재를 천위에 직접 도포하여 가류하는 방법이다. 대표적으로 액상 PVC 코팅이 있다. Transfer coating은 액상 조제를 먼저 release 종이 위에 도포한 후 가류시키고 접착제를 이용하여 전자

시키는 방법이다. 가죽형상에 가까우나 접착성이 direct coating에 비해 떨어진다. Cellular PVC 코팅, Solid PU 코팅이 이에 해당한다. 그 외에도 나이프 코팅, 리버스 롤 코팅, 롤 코팅, 캘린더 코팅, 커텐 코팅 등이 있다 [1]. 플라스틱 직물에 코팅을 한 제품들은 신발, 가방, 의류 등의 산업용 소재로 널리 이용되고 있다. 직물 코팅제는 직물의 용도와 종류에 따라 여러 플라스틱 코팅제가 사용되고 있다. 본 연구에 사용된 직물은 구조가 망사 형태이고, 재질은 폴리에스터이다. 직물코팅제로는 액상 PVC 코팅제를 사용하고 있었다. 그러나 액상 PVC 코팅제는 유연성이 떨어지고 저온에서 접착강도가 낮은 문제를 갖고 있다. 특히 환경오염물질인 다이옥신, CI 등을 내포하고 있기 때문에 환경문제로 인하여 점차 사용이 제한되고 있다.

본 연구는 액상 PVC 코팅제를 대체할 수 있는 물질을 개발하는 것이다. 현재 이용되고 있는 공정은 플라스틱 직물에 액상 PVC와 가소제 및 기타 첨가물로 이루어진 슬러리를 도포 하여 열경화 반응을 일으켜 코팅시키는 공정이다. 공정에서 사용중인 액상 PVC 코팅제

*순천향대학교 신소재화학공학부
Tel. 041-530-1096 Fax. 041-530-1097
E-mail: dhkim@sch.ac.kr, twkim@sch.ac.kr

의 점도는 3000~6000 cP이고, 열경화 온도는 165~185 °C이다. 액상 PVC를 대체하는 새로운 코팅제는 친환경 물질인 Elastomer 계열의 화합물로 선정하여 직물의 유연성을 증가시켰다. 선정된 물질들은 액상 실리콘 고무, 수용성 폴리우레탄, SB-LATEX, 액상 EPDM 고무이다. 그 중에서 액상 실리콘 고무 코팅방식이 액상 PVC 코팅방식의 특성에 가장 적합하여 본 연구의 원료물질로 사용하였다. 기존 액상 PVC 코팅공정에 추가적인 설비나 장치의 변화 없이 코팅제만을 액상 실리콘 고무로 전환했다.

실리콘(silicone)은 유기기가 결합되어 있는 규소가 실록산결합(Si-O-Si)에 의해 연결되어 생긴 폴리머이다. 실리콘의 제조공정은 자연상태의 실리카이트나 제올라이트 등의 원석을 환원하여 금속규소를 얻고, 금속규소와 염화수소 또는 유기염화물을 구리촉매 하에서 고온 반응시켜 실리콘 단량체인 실란을 합성하는 공정과 그리고 단량체들을 응용하여 실리콘 제품을 제조하는 공정이 있다. 실리콘은 성상에 따라 오일, 고무, 레진의 3가지 기본형으로 분류된다. 실리콘 고무는 망상구조의 분자형태이고, 가교점의 수는 수백개의 R₂SiO 마다 하나씩 포함된 느슨한 구조로 되어 있다. 구조적 특성 때문에 분자 자유도는 커지고 신축성이 생겨 고무의 성질을 나타낸다. 말단에 활성기를 갖고 있는 실리콘 고무용 폴리머에 가교제를 넣어 실온, 열, 자외선 등의 자극에 의해 가교 시키는 고무 구조 방식이 실리콘 고무이다[2-6]. 실리콘 고무는 밀러블 실리콘 고무와 액상실리콘 고무로 구분된다. 밀러블 실리콘은 높은 점도를 가지고 있고, 액상 실리콘 고무는 낮은 점도를 가지고 있다. 본 연구에서는 고점도 물질로 직물에 코팅을 할 때 직물 표면에 불균일한 코팅층의 형성되어 2~3 mm의 일정한 코팅층을 얻기가 어려워 저점도인 액상실리콘 고무를 원료 물질로 사용했다. 사용된 액상실리콘 고무의 일반적인 반응식은 Figure 1과 같다.

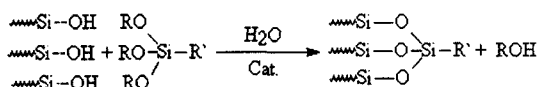


Figure 1. 액상 실리콘 고무의 반응식.

액상 실리콘 고무의 특성은 고온 및 저온 안정성, 난연성, 유연성, 환경친화성, 무독성, 내후성 등이 있으며, 불활성 물질로 식품기기, 식품용기, 직물 코팅 및 의료용품 제조등에 광범위하게 응용되고 있다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 액상 실리콘 고무는 Table 1과 같다.

그 외에 물성을 향상시키기 위한 첨가제로는 Carbon black, 점도조절제(보광화학, V2025, Hyrex VS) 와 끈적임조절제(보광화학, R-LA01, RS-FB)를 사용했다. 실험목적인 광택을 저하시키기 위해서 소광제인 E-220A, MIN #5, E-170, Talc 등을 액상 실리콘 고무에 첨가하였다. 열경화는 JISICO Vacuum Drying Oven(model: J-DV02)에서 경화시켰고, 직물표면에 압축을 가하는 Rubber Roller는 지름이 60 mm, 길이는 180 mm이고, Steel Roller는 지름이 50 mm, 길이가 180 mm이었다. 그 외에 사용된 코팅제로는 수용성 폴리우레탄(웹스캠, HWU_1123A), 액상 EPDM 고무(Uniroyal Chemical), SB-LATEX(KOSYN KSL 100)를 사용했다. 액상 실리콘 고무는 경화제 10 PART를 혼합하여 사용했고, 액상 EPDM 고무는 가소제, 고무가황제를 혼합하여 코팅제로 사용했다. 수용성 폴리우레탄과 SB-LATEX는 경화제 없이 코팅제로 사용했다.

실험은 코팅된 표면의 무광택성과 유연성을 조사하였다. 소광제 및 Talc 함량, 로울러의 압력 및 예비경화 시간 변화에 따른 폴리에스터 망사형 직물의 표면 광택도와 유연성을 관찰하였다. 경화방식은 열경화 방식이었고, 실험에 사용된 예비경화는 직물 표면에 코팅된 혼합액이 열경화가 일어나기 시작하는 시간이다. 실험에 사용된 경화온도는 130°C였다.

첫 번째 실험은 Elastomer 계열 물질과 첨가제를 혼합하여 폴리에스터 직물망사를 로울러 압력을 사용해서 코팅했다. 코팅된 직물망사를 오븐에 넣어 경화시켰다. 경화시간은 3~5분 사이였다. 두 번째 실험은 첨가제 외에 소광제와, TiO₂, Talc, CaCO₃ 등의 무기물을 혼합액에 첨가하여 경화시켰고, 경화시간은 3~5분 사이였다. 세 번째 실험은 예비경화 방식을 이용하였다. Elastomer

Table 1. 액상 실리콘 고무의 종류

Grade	SJ-2002	SJ-2000	DSE-2050	비고
특징	물당라벨용 직물원단코팅	부직포 내부침투용	직물원단 코팅	부가반응 이핵형
가사시간(hr)	4	24	10	*경화제 10 phr
원액점도(cP)	70,000~100,000	25,000~35,000	40,000~45,000	*경화제 2,500 cP

계열 물질 중 액상 실리콘 고무를 제외한 나머지 물질들은 첫 번째와 두 번째 실험 결과 코팅제로 부적합 물질들이었다. 세 번째 실험부터는 액상 실리콘 고무만을 사용하여 실험했다. 실험에서 측정된 예비경화 시간은 SJ-2000, SJ-2002는 약 50초이었고, DSE-2050은 약 2분이었다. 예비경화된 직물 표면에 소광제를 도포 하여 가열한 롤러를 통과시켜 표면에 압력을 준 후, 완전경화시켰다. 네 번째 실험은 혼합액으로 코팅된 직물이 예비 경화 후에 직물 표면에 소광제를 도포 할 때 롤러 압력 없이 대기압에서 도포 하였다. 세 번째 실험과 네 번째 실험에서 코팅 혼합액을 제조할 때 소광제와 무기물을 넣는 방식과 넣지 않는 방식 두 가지 방식으로 진행했다.

실험에 중요한 변수는 예비경화 시간의 조절과 소광제를 직물표면에 도포할 때 코팅된 직물의 표면에 외부 자극을 주지 않는 것이다.

3. 결과 및 고찰

액상 실리콘 고무를 사용했던 네 가지 실험 모두에서 직물 표면 유연성은 액상 PVC 코팅제를 사용했을 때 보다 향상되었다. 표면 광택도는 첫 번째 실험, 두 번째 실험에서는 실리콘의 구조적 특성 때문에 표면에 광택이 남아 있었다. 그러나 세 번째 실험에서는 직물 표면 광택이 급격히 감소하였다. 세 번째 실험에 사용된 예비 경화는 완전경화가 일어나지 않고 끈적임이 남아있었지만 직물 표면에 물리적인 충격, 굽힘 등의 외압효과가 있을 때 코팅층이 완전히 손상되지 않는 시점을 의미한다. 오븐에서 가열된 롤러 열과 압축력은 수십 μm 크기의 소광제 입자들을 예비경화 상태에 있는 액상 실리콘 고무 혼합액과 결합시켰다. 네 번째 실험에서는 광택의 감소 효과는 있었지만, 직물망사 표면 전체에서 일어나지 않았다. 세 번째 실험과 네 번째 실험에서 코팅 혼합액을 제조할 때 소광제와 무기물을 넣는 방식과 넣지않은 방식으로 진행했지만 실험 결과에 큰 영향은 없었다. 실험에 사용된 액상 실리콘 고무를 종류 중에 SJ-2000이 유연성과 무광택 효과가 가장 좋았다.

그 외에 실험했던 Elastomer 계열 물질들은 수용성 폴리우레탄, SB-LATEX, 액상 EPDM 고무를 사용했다. 액상 EPDM 고무는 고점도의 물질로 코팅제로 사용하려면 가소제, 솔벤트, 고무가황제 등을 첨가해야 했다. 공정에 부가적인 반응이 추가되어 연구목표에 맞지 않았다. SB-LATEX는 코팅된 직물이 자외선에 노출되었을 때에 노화현상이 생성되고, 균일한 코팅층이 형성되지 않았다. 수용성 폴리우레탄은 소량의 고형분으로 인

해 일정한 코팅층이 형성되지 않았고 코팅된 직물 표면에 버블이 생겼다. 액상 실리콘 고무를 제외한 다른 물질들은 직물 코팅 물질로 적합하지 않았다.

Figure 2-6은 각각 액상 PVC, 액상 실리콘 고무, SB-LATEX, 액상 EPDM 고무, 수용성 폴리우레탄으로

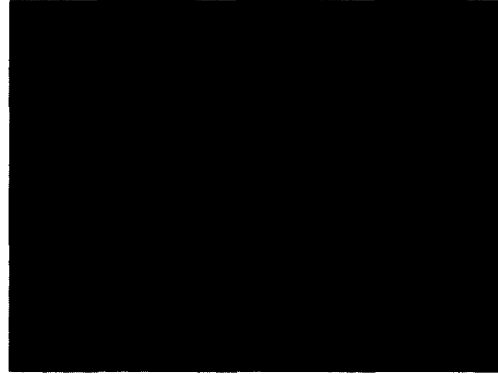


Figure 2. 액상 PVC 코팅 후 경화된 폴리에스터 망사형 직물.

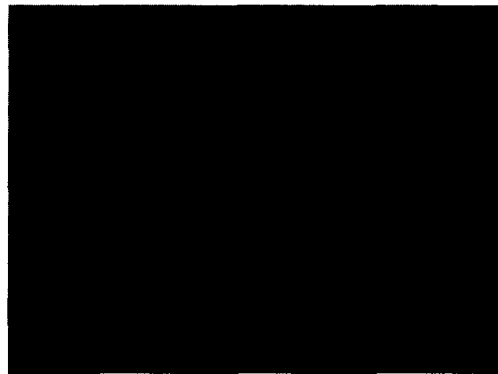


Figure 3. 액상 실리콘 고무 코팅 후 경화된 폴리에스터 망사형 직물.



Figure 4. SB-LATEX 코팅 후 경화된 폴리에스터 망사형 직물.

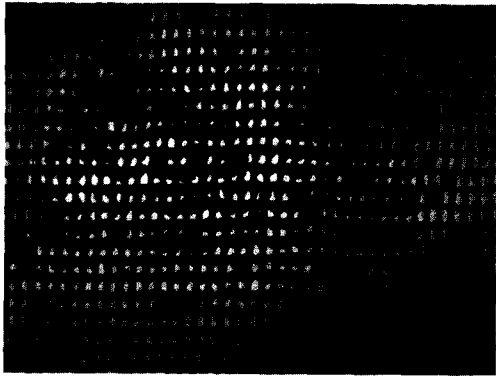


Figure 5. 액상 EPDM 고무 코팅 후 경화된 폴리에스터 망사형 직물.

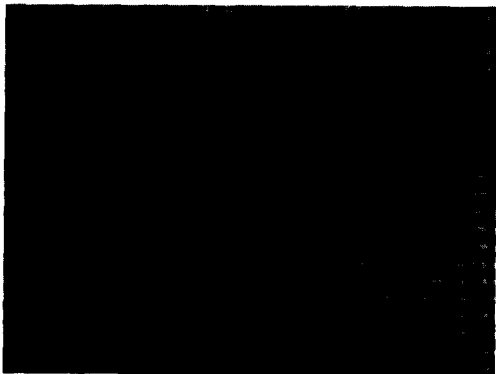


Figure 6. 수용성 폴리우레탄 코팅 후 경화된 폴리에스터 망사형 직물.

코팅하고 1시간 경화시킨 후 폴리에스터 망사형 직물을 표면상태를 나타낸 그림이다.

Figure 2~6에서 보는 것과 같이 Figure 2의 액상PVC와 Figure 3의 액상 실리콘 고무로 코팅한 직물만이 일정한 코팅층을 형성한 것을 보여준다.

코팅제로 사용했던 액상 실리콘 고무와 액상 PVC의 경화 후 물리적 특성을 Figure 7~9에서 비교하였다.

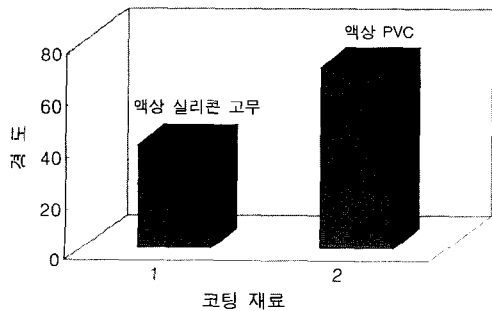


Figure 7. 열경화 후 액상 실리콘 고무와 액상 PVC의 경도.

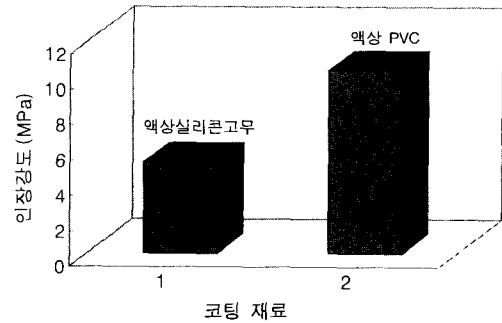


Figure 8. 열경화 후 액상 실리콘 고무와 액상 PVC의 인장강도.

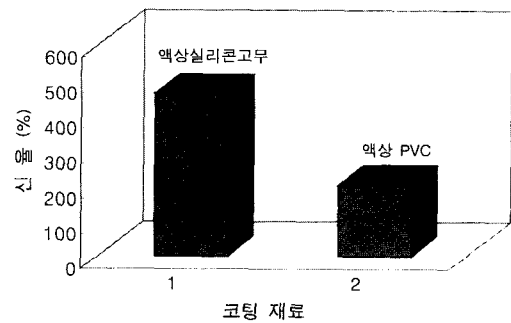


Figure 9. 열경화 후 액상 실리콘 고무와 액상 PVC의 신율.

Figure 7은 액상 실리콘 고무와 액상 PVC 코팅제가 열경화가 일어난 후 측정된 경도를 나타낸 그림이다. SHORE A TYPE 경도계로 측정된 액상 실리콘 고무의 경도는 40도이고, 액상 PVC의 경도는 70도이다. 직물 표면의 유연성은 액상 PVC 코팅제 보다 더 유연하고 부드러운 코팅층이 형성되었다.

Figure 8은 열경화 후 액상 실리콘 고무와 액상 PVC 코팅제의 인장강도를 나타낸 그림이다. 액상 실리콘 고무의 인장강도는 5.1 MPa이며 액상 PVC 코팅제는 10.3 MPa이다. 액상 실리콘 고무의 인장강도는 직물코팅의 요구치에 충족됐다.

Figure 9는 열경화 후 액상 실리콘 고무와 액상 PVC 코팅제의 신율을 나타낸 그림이다. 액상 실리콘 고무의 신율은 460%이고 액상 PVC 코팅제의 신율은 200%이다. 액상 실리콘 고무로 표면을 코팅한 직물이 신축성이 2배 가량 더 탄력성을 가지고 있어 직물코팅에 액상 PVC 코팅제 보다 더 효과적이었다.

4. 결 론

액상 실리콘 고무를 코팅제로 사용하여 액상 PVC 코팅제를 대체 할 수 있었다. 본 연구의 목적인 무광택

제품 생산뿐만 아니라 기존 PVC 코팅법 보다 섬유의 유연성과 탄력성은 향상되었다. 광택도는 로울러 압축력과 공정상의 예비경화를 이용하여 액상 PVC 코팅제보다 더 저하시켰다. 그리고 액상 실리콘 고무는 친환경적인 물질로 액상 PVC의 환경오염 문제도 해결했다.

참고문헌

- [1] 김선규, "표면 코팅 기술", 다성출판사 pp. 20-50, (2000).
- [2] P. D. Lickiss, Silicon: Inorganic Chemistry in Encyclopedia of Inorganic Chemistry, R. R. King, Ed., Vol. 7, pp. 3770 (1999).
- [3] E. G. Rochow, J. Am. Chem. Soc., pp. 67, 963 (1995); US Patent 2, 380, 995; 2, 380, 996 (1945).
- [4] D.-H. Sun, B. E. Bent, P. Antony, and M. Brian, J. Mol. Catal. A: Chem., pp. 131(1-3), 169 (1998).
- [5] M. Okamoto, S. Onodera, T. Okano, E. Suzuki, and Y. Ono, Silicon Chem. Ind. III (Conf.), pp. 239-245 (1996).
- [6] M. Itoh, K. Iwata, J. Ishikawa, and Y. Takenaka, Adv. Mater., pp. 9, 1187 (1997).