

## 한국전력에서 활선작업시 착용하는 절연복 개발

유호근\*, 김우성\*, 이재영\*, 조계철\*, 안철경\*, 최명호\*, 김상기\*\*  
한국전력공사\*, 한보니스코(주)\*\*

### The Development of Insulating Jackets for protection of Live-line workers in KEPCO

Yoo Ho-Keun\*, Kim Woo-Sung\*, Lee Jae-young\*, Cho Kye-cheol\*, An Chul Kyung\*, Choi Myeong-ho\*  
Sang-Ki Kim\*\*, KEPCO\*, Hanbo Nisco Co. Ltd.\*\*

**Abstract** - Objective of the study is development of 23kV insulating jackets for protection of workers from electrical shock. The breakdown voltage of Ethylene-VinylAcetate copolymers(EVA) films in insulating oil were measured. Insulating jackets were made by the high frequency welding machine, and withstanding voltage test of these were measured.

For breakdown voltage at AC 30kV, the number of EVA film with 105±5μm thickness was 4~5pieces. When AC 30kV during 3 minutes supplied on the insulating jackets, those were keep on the good quality.

#### 1. 서 론

전기에너지는 급변하는 현대사회의 고도화, 다양화 속에서 여러 방면에 이용되고 있으며, 한순간도 전기가 없어서는 안 되는 상황에 도달되어 있다.

이와 같은 상황 속에서 수용가에게 직접 전기를 공급하는 배전선로는 수요증가에 따른 설비증설, 시설보수 및 노후교체 등 다양한 배전선로 공사가 잇따르고 있다. 최근에는 무정전공급이 활성화되어 있기 때문에 수용가는 배전선로 공사가 언제 있었는지조차 모르게 작업이 진행되고 있으며, 공사기간도 신속하게 이루어져 일상생활은 물론 도로통행의 불편함조차 거의 없는 세계 최고의 전력시스템을 갖추고 있다.

이러한 시스템을 운영하는데 가장 중요한 부분은 역시 안전사고 예방이며, 따라서 사람을 보호하는 안전보호구의 역할은 매우 중요한 것이라 할 수 있다. 안전보호구는 작업자가 활선작업 또는 전기회로의 근접작업 등에 있어서 감전 등의 위험을 방지하기 위해 착용하는 것으로서 절연모, 절연장갑, 절연소매, 절연장화 등이 있다.

한국산업안전공단에서는 산업안전보건기준에 절연모, 안전장갑 등의 보호구 성능검정을 규정하고 있으나 현재 사용되고 있는 다양한 안전보호구 및 활선장구에 대해서는 아직 그 검정기준이 마련되어 있지 않아 외국 제품이 그대로 수입 사용되고 있는 실정이다.

안전보호구 중에서 절연복은 작업자의 가장 넓은 부분을 보호하기 때문에 매우 중요한 보호구로서, 지금까지는 주로 밴드로 연결하는 고무소매를 수입사용하고 있다. 그러나 고무소매는 작업자의 어깨, 팔 부위만 보호가 되고, 목 뒷부분, 등, 가슴부위는 보호가 불가능하여 항상 감전사고의 위험에 노출되어 있는 상황이다.

본 논문에서는 고무소매의 단점을 보완한 절연복을 개발하는 것으로서, 먼저 절연소재의 특성을 분석하고 내전압 특성을 확보한 의복형태로 가공하여 배전선로의 활선작업 시 작업자의 안전을 확보할 수 있는 안전보호구로서의 활용성을 검토하였다.

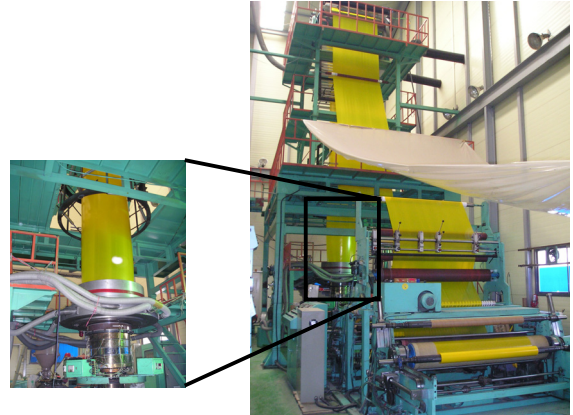
#### 2. 본 론

##### 2.1 시약 및 재료

본 연구에 사용한 EVA 수지는 LG화학 사의 ES440으로 VA 함량은 15%, MI=0.3~1.7, 밀도는 0.933~0.938g/cm<sup>3</sup> 이었다. EVA필름은 그림 1의 Blown Film Extrusion 공정으로 105±5μm 두께로 제조하였으며, 직물에 EVA필름이 양면 접착된 코팅직물은 Laminating Coating 공정으로 250±10μm 두께로 제조하였다. 직물은 문화직물 사의 polyester 250denier 밀도 24×24인 직물을 사용하였다.

EVA필름의 기계적 물성은 KS M 6518(2001) 시험방법에 따라 아령형 1호로 시편을 채취하여 인장강도와 신율을 측정하였으며, 70±1℃에서 96시간 공기가열노화 후 물성변화를 측정하였다.

코팅직물은 KS M 3601(2002) 시험방법에 따라 직물의 경사 및 위사방향에 대한 인장강도, 신율 그리고 인열강도를 측정하였으며, 70±1℃에서 96시간 공기가열노화 후 물성변화를 측정하였다. 한편 코팅직물의 꿰뚫림 강도는 KS K 0744(2002) 시험방법에 따라 측정하였다.



<그림 2.1> 내면필름 성형사출기



<그림 2.2> 표면코팅

EVA필름의 절연파괴전압은 50×50mm 시편을 절연유 속에 침적시키고 Ø12.8mm 구형 전극봉 사이에 시편을 고정하여 시편이 충분히 잠길 때까지 절연유를 채운 후, 1,000V/sec의 상승속도로 HIVOlt TESTER (성민전자 사)를 사용하여 절연파괴 시의 전압을 측정하였다.

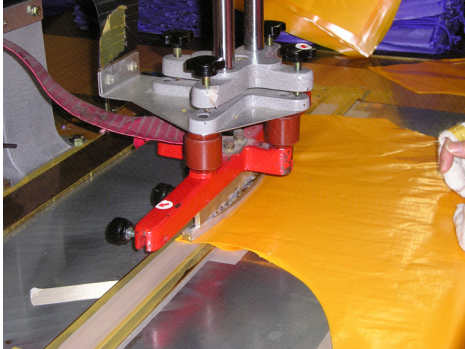


<그림 2.3> 절연파괴전압 측정장치

## 2.2 절연복 제조 및 시험

제조된 EVA필름 및 코팅직물을 의복형태로 제작하기 위하여 먼저 도면을 설계하고, 도면에 따라 EVA필름 및 코팅직물을 재단하였으며, 재단된 시료를 고주파 접착기로 연결하여 의복형태로 제작하였다.

고주파접착기는 높은 주파수의 전자파로 비금속물질이 고주파 전기장속에서 유전손실 때문에 발열하는 유전가열을 이용하여 유기물질을 열융착시키는 것으로서 다수의 EVA필름과 코팅직물을 접착하는데 효율적인 수단으로 활용되고 있다. 따라서 의복형태로 접착가공하기 위하여 연결부의 형상에 따라 금형을 다양화하였으며, 그림 4는 재단된 시료를 의복형태로 연결하는 고주파 접착공정을 보여주고 있다.



<그림 2.4> 고주파 접착공정

절연복의 내전압 측정을 위하여 시료형태로 제작된 전극을 시료에 밀착시켜 1,000V/sec의 승압속도로 30kV까지 도달시켜 3분간 유지하였다. 이때 사용한 전극은 알루미늄판에 스펀지를 양면에 접착시키고 직포로 커버 처리한 스펀지 전극판을 사용하였으며, 절연복의 내부와 외부에 각각 전극을 설치하여 시료의 내전압을 측정하였다. 스펀지 전극판은 도전성 액체인 1% NaCl 용액으로 충분히 적셔 시료의 표면에 밀착시켰으며, 연면거리는 100±20mm를 유지하였다.



<그림 2.5> 절연복 내전압시험

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 EVA필름의 특성

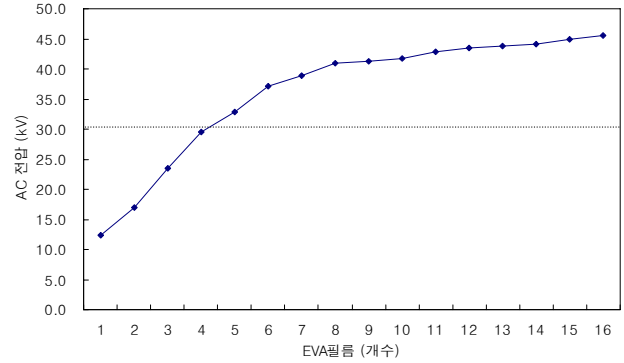
EVA필름의 기계적 강도 측정결과 초기 인장강도는 248.3kgf/cm<sup>2</sup>, 신율은 497.5%를 나타내었으며, 노화 후 인장강도는 237.4kgf/cm<sup>2</sup>, 신율 530.5%를 나타내어 초기 값의 95.6%와 106.6%를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3.1> EVA필름의 물성시험 결과

구 분	인장강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	신율(%)
초 기	248.3	497.5
노화 후	237.4	530.5

EVA필름 개수에 따른 절연과피전압 측정결과를 그림 1에 나타내었다. EVA필름 1장은 12.4kV에서 절연과피가 일어났으며, 필름 개수가 증가 할수록 절연과피전압은 상승하였다.

안전보호구의 내전압 요구기준인 30kV의 절연과피전압 성능을 나타내기 위해서는 EVA필름 4~5장이면 가능한 것으로 나타났다. 그러나 보호구는 용도와 형태에 따라 안전율(2.0~2.5)을 적용하고 있으며, 절연복은 형태가 복잡하고 인체에 직접 착용하는 것이므로 2.5의 안전율을 적용하여 EVA필름 개수를 13장으로 적용하여 절연복을 제작하였다.



<그림 3.1> EVA필름의 절연과피전압 측정결과

### 3.2 코팅직물의 특성

코팅직물은 절연성능을 발휘하는 EVA필름을 보호하는 것으로서 절연 특성보다는 기계적 물성이 더 중요한 요소가 된다. 코팅직물의 초기 인장강도는 40.2kgf/3cm(경사), 33.7(kgf/3cm)이었으며, 신율은 46.3%(경사), 46.0%(위사)로 나타났다. 노화 후 측정된 인장강도는 초기 값의 각각 88.9%(경사)와 95.3%(위사)를 나타냈으며, 노화 후의 신율은 110%(경사), 90%(위사)를 유지하였다.

예리한 물체에 의한 코팅직물의 내구성능을 판단하는 꿰뚫림 강도는 22.4kgf를 나타내었으며, 인열강도는 10.2kgf(경사), 10.7kgf(위사)의 성능을 보여주었다.

<표 3.2> 코팅직물의 물성시험 결과

구 분		측정값	
초 기	인장강도(kgf/3cm)	경사	34.2
		위사	29.8
	신율(%)	경사	38.2
		위사	33.9
노화 후	인장강도(kgf/3cm)	경사	30.4
		위사	28.4
	신율(%)	경사	42.0
		위사	30.5
인열강도(kgf)		경사	10.2
		위사	10.7
꿰뚫림 강도(kgf)		22.4	

### 3.3 절연복의 내전압 특성

코팅직물 1장과 EVA필름 13장으로 구성된 절연복을 AC 30kV에서 3분 동안 전압을 인가한 결과 절연과피가 발생하지 않았으며, 시료 크기에 따른 전극면적의 크기가 증가 할수록 충전전류가 증가하는 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 EVA필름과 코팅직물의 특성을 분석하고, 활선작업 시 작업자의 감전사고를 예방하기 위해 착용하는 절연복으로의 활용성을 검토하였다. AC 23kV 배전선로에 활용하기 위한 안전장구의 시험기준은 AC 30kV의 내전압 성능을 갖추어야 하며, EVA필름 개수를 증가시키면 최적의 제품설계가 가능한 것으로 확인 되었다.

그러나 EVA필름은 외부 충격에 손쉽게 파손될 수 있기 때문에 외부와 접촉되는 표면은 내구성이 있는 코팅직물을 사용하고 이를 고주파접착기로 용이하게 연결하여 유연하고 활동성이 우수한 절연복으로 활용이 가능한 것으로 판단된다. 한편, 배전활선 작업시 변압기 덮개, COS 덮개 등 각종 충전부 덮개용으로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 이철호, 김상욱, "EPDM/EVA qmffpsem dml 물성과 전기적 특성", Theories and Applications of Chem. Eng., 2(1), pp. 1089-1092, 1996.
- [2] 국상훈, 박준순, 강용철, 권용수, "전력케이블용 절연재료의 캐리어 극성 및 공간전하 측정기술에 관한 연구", Trans KIEE, 41(2), pp. 185-191, 1992.
- [3] 장유섭, 한길수, 김승희, 정두호, 김기철, "시설하수용 열점필름의 물리적 특성에 관한 연구", J. Bio. Fac. Env., 5(1), pp. 23-33, 1996.