

XLPE/EPDM의 계면조건이 절연파괴강도에 미치는 영향

최원창0, 이재정0, 조대식0, 박강식00, 김종석000, 한상욱0
 충남대학교0, 대덕대학00, 대전산업대학000

Effects of Interfacial Conditions on Breakdown Strength of XLPE/EPDM Laminates

W.C.Choi0, C.J.Lee0, D.S.Jo0, K.S.Park00, J.S.Kim000, S.O.Han0
 ChungNam National Univ.0, TaeDok Coll.00, TaeJou National Univ. of Tech.000

Abstract - The main faults at cable joint are mainly originate from double layered structure, which is composed of different kinds of materials such as XLPE/EPDM laminatest. In this paper, to investigate the effect of interfacial condition and coagents on dielectric strength of XLPE/EPDM, we prepared XLPE/grease/EPDM, XLPE/grease + coagent/EPDM laminates. Dielectric strength of the XLPE/EPDM laminates pasted with the grease compounded crosslinking coagent (TMPTA, TMPTMA) is higher than that of the laminates paseted with the grease without coagent.

2.2 실험방법

그림 1은 XLPE/EPDM 계면의 절연파괴를 측정하기 위한 전극 시스템을 나타낸 것이다. 그림 1은 IEC Publication 243의 규격에 맞추어 제작한 전극구조로서 전극 재질은 Stainless steel로 제작하였다. 전극의 표면은 매끄럽게 처리 하였고 불순물이 없도록 하였다. 절연파괴 실험은 5-6개의 specimen에 대해 실시하였고 절연파괴 강도는 평균값으로 정했다. 편차가 클 경우에는 추가시험을 실시하여 확인하였다. 절연파괴 실험시 전원은 상용주파 교류전원을 이용하였으며 전압상승 속도는 0.5(kV/sec)로 하였다. (ASTM D 149).

1. 서 론

최근 전력기기의 대용량화, 전력계통의 고전압화가 추진됨에 따라 기존의 절연재료 보다 우수한 절연재료의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 케이블 절연재료의 경우 절연재료의 성능개선과 전력계통의 신뢰성을 확보하기 위해 단일구조보다는 대부분이 복합구조 형태로 구성되어 있다. 그러나 케이블의 경우 이와같은 복합절연구조의 경계면에 사고가 집중되기 때문에 이에대한 특성해석 및 원인분석이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 실제 케이블 접속부분의 상태를 분석하기 위하여 XLPE/EPDM 계면을 설정하고 압력 및 온도에 따른 절연파괴강도를 측정하여 절연특성에 미치는 영향에 대하여 평가하였다 [1, 2, 4].

2. 시편의 제작 및 실험방법

2.1 시편의 제작

실험에 사용된 절연재료의 원 시료는 한양화학의 가교 폴리에틸렌으로서 밀도 0.92(g/cm³)의 저밀도 폴리에틸렌에 가교제인 DCP (dyclopentadiene)가 3(%) 첨가된 펠렛을 이용하였다. 이중구조의 라미네이트 시편을 제작하기 위하여 본 실험에서는 펠렛상의 폴리에틸렌으로부터 두께 200(μm)의 쉬트르 제작하여 실험에 이용하였다. 이 시료는 DCP가 첨가되어 있어 120(°C)이하에서 성형하였을 경우는 가교제가 분해되지않아 저밀도 폴리에틸렌(LDPE) 상태이나, 150(°C)이상에서 성형하게 되면 열에 의해 가교제가 분해되어 가교폴리에틸렌이 된다. 시료의 가공방법은 폴리에틸렌(XLPE)을 Hot Press를 이용하여 120(°C)에서 15분간 용융시킨 후 기포제거를 위해 6~7회의 가압과정을 거친 후 약 22(kg/cm²)로 가압하여 180(°C)에서 20분간 가교시킨 다음 냉각시켰다. 또한 두번째 재료인 EPDM은 Compound상태의 재료를 XLPE와 마찬가지로 과정을 거쳐 175(°C)에서 10분간 가교시켜 쉬트상태로 제작하였다. 제작된 각 시료는 5×5(cm)로 절단하였고 이 시료는 가교부산물 가스를 제거하기 위해 80(°C) 진공오븐에 48(hr)동안 열처리 후 시험에 사용하였다 [5, 6].

Schematic diagram for measuring the dielectric strength

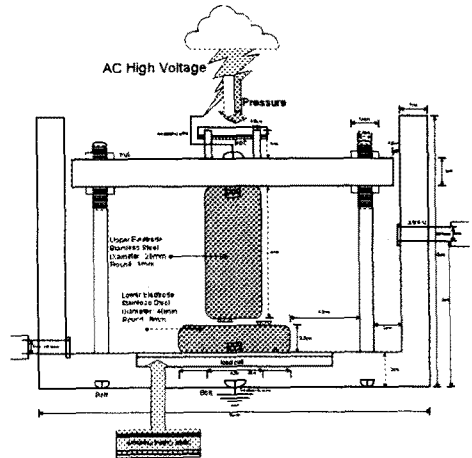


그림 1 절연파괴시험용 전극 구조

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압력에 따른 절연파괴특성

그림 2(a)는 XLPE/EPDM 계면에 coagents을 도포하였을 경우에 압력에 따른 절연파괴 특성을 나타낸 것으로 계면의 압력범위는 5~25(N/cm²)로 하였다.

XLPE /EPDM 계면에 coagent를 도포하였을 경우의 절연파괴강도는 계면압력에 대해 거의 비례적인 특성을 나타냈지만 grease 만을 도포한 시료에서는 압력의존성이 매우 강하게 나타났다.

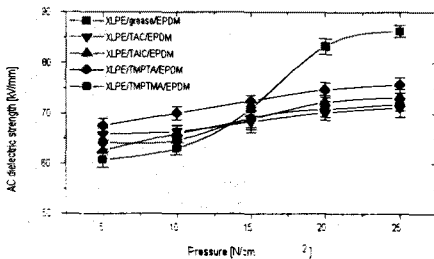
일반적으로 복합계면 절연재에서 절연파괴강도가 계면 압력에 대해 크게 영향을 받는 것이 일반적이고 이것은 계면에 개재된 마이크로 보이드나 크랙에 기인하는 것으로 알려져 지고 있다. 본 실험에서 coagent로 처리된 시

편들에서 절연파괴강도의 압력 의존성이 약하게 나타나는 것은 coagent가 크랙이나 마이크로 보이드의 제거에 보다 효과적임을 나타내는 것으로서 이와같은 효과는 coagent가 계면에 처리되는 물질의 유동성을 증가시키는 역할을 하는 것으로 생각된다. 반면 계면을 grease를 도포하였을 경우의 시편에서는 절연파괴강도가 압력에 따라 상당한 차이가 나타나며 특히 15(N/cm²)을 전후로 하여 절연파괴강도가 급격히 증가하였다. 이것은 압력에 의해 계면의 크랙이나 마이크로 보이드의 제거를 위해서는 적절한 압력을 인가해야 하는 것으로 해석할 수 있다. 그림 2(b)는 XLPE/EPDM 계면에 grease와 coagents 혼합한 물질을 도포하였을 경우의 압력에 따른 절연파괴 강도를 나타낸 것이다. 각 시료는 5(N/cm²)의 비교적 낮은 압력에서 비슷한 크기의 절연파괴강도를 나타냈으나 TMPTMA가 함유된 grease를 도포하였을 경우의 절연파괴 강도가 순수한 grease를 도포한 시료의 절연파괴강도에 비해 약 10% 정도 큰 것으로 나타났다. 그러나 각 시료 모두 압력에 대한 의존성이 강하게 나타나 coagent 단독으로 존재할 경우보다 grease에 coagent를 혼합하였을 경우의 유동성이 낮아지기 때문으로 생각된다. 따라서 높은 압력상태하에서는 세가지의 서로 다른 계면처리 조건에 대해 절연파괴강도는 거의 동일한 수준으로 나타났다.

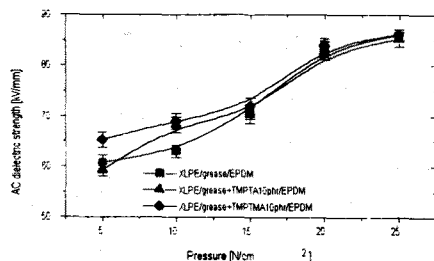
3.2 온도에 따른 절연파괴특성

그림 3(a)는 XLPE/EPDM 계면에 coagents를 도포하였을 경우에 온도에 따른 절연파괴 특성을 나타낸 것으로 시험 분위기온도 범위는 40~80(°C)로 하였다. 각 시료 모두 분위기 온도가 상승함에 따라서 절연파괴강도도 증가하는 것으로 나타났다.

이때 coagent로 처리한 시료에서는 온도 변화에 따라 일정한 경향을 나타내지만 grease만을 처리한 시료에서는 절연파괴의 변화가 심하게 나타났다. 이와 같은 결과의 원인이 무엇인지 명확히 구분해 내기는 어렵지만 온도

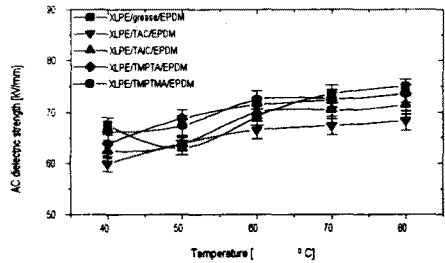


(a) XLPE/coagent/EPDM

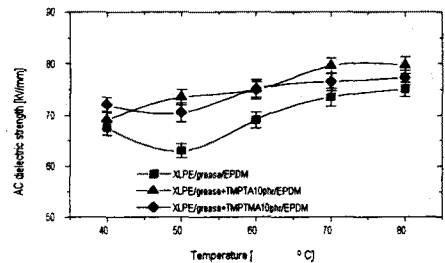


(b) XLPE/grease+coagent/EPDM

그림 2. 압력에 따른 절연파괴강도



(a) XLPE/coagents/EPDM



(b) XLPE/grease+coagents/EPDM

그림 3. 온도에 따른 절연파괴강도

상승에 따른 grease의 상태변화에 기인되는 것이 아닌가 추정된다. 즉, 유동성이 부족한 grease가 온도 증가에 따라 유동성이 증가하는 과정에서 계면의 상태에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 이러한 원인은 계면에서의 void나 crack의 생성과 XLPE, EPDM과 계면처리제의 접착성, 오일의 유동성, 시료에서의 가스방출 등이 복합적으로 작용하여 절연파괴강도에 영향을 미친다고 사료된다. 그러나 온도가 상승함에 따라 절연파괴강도는 거의 포화되어 감을 알 수 있다. 온도가 70(°C) 이상에서는 grease도 유동성이 좋아져서 coagents를 도포한 계면과 거의 비슷한 파괴강도를 나타내고 있다. 그림 3(b)는 XLPE/EPDM의 계면에 grease와 coagents를 혼합한 것을 도포하였을 경우의 절연파괴강도를 나타낸 것이다.

XLPE/grease+TMPTMA 10phr/EPDM 시편의 온도에 따른 파괴강도 특성은 XLPE /grease/EPDM의 시편보다 약 8~9(kV/mm)정도 높은 파괴강도를 나타내고 있다. 이와같은 결과는 계면에 grease만을 단독 처리할 경우보다 TMPTMA를 혼합하여 도포할 경우보다 우수한 파괴강도 특성을 나타냄을 의미한다.

4. 결 론

coagent TMPTA, TMPTMA 10phr을 grease에 섞어 계면에 도포할 경우 grease만을 도포할 경우보다 압력 및 온도에 따른 절연파괴강도가 높게 나타났다. 이것은 온도나 압력에 대해 crosslinking coagents가 계면에서 절연파괴강도를 높이는 역할을 한다고 말할 수 있다.

참고문헌

- [1] "Development of technology for improving interfacial properties of insulating material for power cable" Annual report of Fundamental Power Engineering Cooperation

Research Institute (1995. 9.~1996. 8)

- [2] W.C.Choi, K.S.Park, S.O.Han, "Breakdown Characteristics of XLPE/EPDM on the treatment condition of the Interfacial layer", 5th ICPADM May 25-30, 1997, Vol. 1, pp. 345~348
- [3] Fournier, D., Dang, C. and Paquin, L., "Inter- facial Breakdown in Cable Joints", Conference Record of the 1994 IEEE International Sympo- sium on Electrical Insulation, Pittsburgh, PA, USA, pp. 450-452, 1994.

- [4] Steennis, E. F. and Kreuger, F. H., "Water treeing in polyethylene cables", IEEE Trans. Elec. Ins., Vol. 25, pp. 989-992, 1990.

**“본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학
공동연구소 주관으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.”**