

부스닥트용 유동침적방식의 절연 및 열화 특성연구

강철화 · 최지현 · 박지균* · 주현돈 · 김현희

한국국제대학교 소방방재학과

* 한국국제대학교 방사선학과

A Study on Fluidized Bed Process Powder Coating Insulation and Electrical Degradation Properties for Bus Duct

⁰Chul-hwa Kang, Ji-Hyun Choi, Ji-Kun Park*, Hyun-don Ju,

Hyun-Hee Kim

International Univ. of KOREA Dept. of Fire Protection & Disaster Eng.

*International Univ. of Korea Dept. of Radiological Science

요 약

대용량 기기의 효율적인 전력 공급을 위해 부스닥트의 수요가 급증하고 있으며, 특히 콤팩트형 부스닥트는 케이블에 비해 무게와 부피가 가볍고 전력 효율도 25% 이상 우수하며, 기술의 핵심은 에폭시분체도료의 절연 특성 향상과 제작공정의 최적화와 안정화이다. 따라서 본 연구에서는 유동침적방식(Fluidized Bed Process)에 대한 최적화와 에폭시 분체도료의 절연설계 및 열화특성에 대해 실험 검토 하였다. 또한 전기화재의 주된 원인인 아크방전특성과 절연과피 특성에 대한 분석과 더불어 다양한 상용제품들의 특성을 비교하였다.

1. 서 론

부스닥트(BUS DUCT)는 전력을 공급하는 매개체로서 기존의 전력 케이블과 동일하지만 전기적 안정성이 높고, 대용량의 전력을 공급할 수 있다는 장점이 있어, 대용량의 전력 및 양질의 전력을 필요로 하는 추세와 조화를 이루어 최근 반도체 공장 및 인텔리전트 빌딩 등에 설치가 크게 늘어나고 있다. 배선방식은 판넬 및 설치 점유면적이 상대적으로 적으며 설치를 위한 별도의 자재가 없고 인건비가 적게 들면서 증설이 용이하다. 또한 전압강하, 상 불평형 등 전기적 특성이 매우 우수하며 공기 단축효과가 있고 계통의 단순화로 향후유지 보수가 수월하다는 것이 특징이다.

지중송전 케이블은 도체를 보호하거나 절연하기 위하여 비닐이나 고무를 사용하지만 부스닥트는 절연체가 직접 부스닥트를 보호하지 못하기 때문에 금속덕트(Steel Housing)를 사용하여 도체(Conductor)와 절연체 (Insulator)를 보호하고 형태를 유지한다. 일반적인 도

체의 절연방법으로는 얇은 고분자 필름을 여러 겹 감아 절연하는 방법과 에폭시 분체도료를 이용한 코팅방법으로 나눌 수 있으나, 공정의 자동화 및 인건비 절약을 이유로 점차 에폭시 분체도료를 이용한 절연 방식이 보편화 되어가고 있는 추세이다.

표1. 부스덕트의 개발사

| 구분 | 1세대 | 2세대 | 3세대 | 4세대 |
|--------|---|---|--|-----------------|
| 기간 | ~1960 | ~2000 | ~2006 | 2007~ |
| 시스템 구성 |  |  |  | |
| 특성 | 절연 | 공기절연 | PE Tube | PET/Epoxy, 공기 |
| | 외함재질 | Steel | Steel | Aluminum |
| | 도체재질 | Copper | Aluminum/Copper | Aluminum/Copper |
| | 접속 | Bonding | One bolting | 접속 Kit, 양면접속 |
| | 무게/크기 | 무거움 | 무거움 | 작고, 가벼움 |
| 특이사항 | | | | 내진동성, 내진성, 내화성 |

에폭시 수지는 접착성, 물리적 강도, 전기적 특성, 내약품성이 우수하고 주체와 경화제의 조합에 따라 그 특성을 용이하게 바꿀 수 있기 때문에 전기전자 분야에서 절연성 재료로 널리 사용되고 있다. 하지만, 설치장소 및 운전 상태를 고려한 장기수명 및 신뢰도 향상을 위하여 코팅된 에폭시 절연체의 전기적, 열적 특성변화 및 부스덕트 설치 시 발생할 수 있는 외적요인에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 현재 절연 코팅제로 널리 사용되어 지고 있는 에폭시 분체도료의 문제점을 짚어보고 그 해결방안을 모색하고자 한다.

2. 실험 시편제작 및 방법

일정 크기의 구리 또는 알루미늄 기판(100 mm×100 mm×4 mm)을 세척 후 에탄올(99.9 %)로 함침하여 5분간 초음파 세척 하였다. 세척된 기판을 전기로에서 200 ℃에서 20분간 가열 하였으며, 이때 비접촉식 적외선 온도계를 통해 확인하였으며 온도 오차는 ±5 % 이하였다. 가열된 기판을 수직방향으로 유동조에 함침 하였다.

본 실험에 사용된 유동조는 스테인리스 원통형의 구조물 하단에 미세한 세라믹 mesh 형 다공판 구조로 설계하였으며 이를 그림 2에 나타내었다. 유동조 하단의 주입구에서 에어 컴프레서를 이용하여 공기를 주입하여 유동조 내의 분체를 유동시켜 코팅하였다.

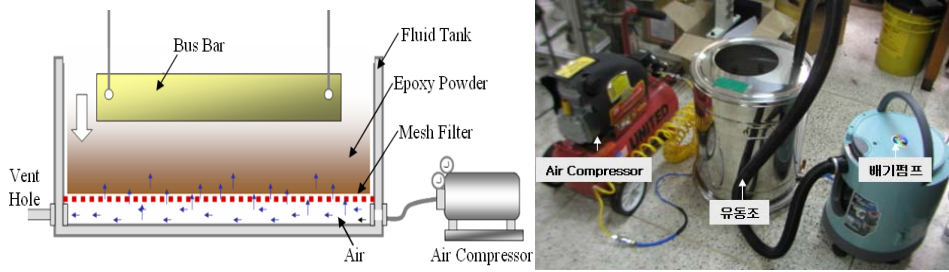


그림 1. 유동조 및 실험장치.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 에폭시 분체도료의 온도변화에 따른 절연파괴 전계 값을 나타내고 있다. Kerosine 오일에 시편을 침적시키고 히터를 통해 Kerosine 오일과 시편의 온도를 변화시켰으며, 절연파괴시험은 한국산업규격(KS)에 따라 반구($\phi 30$ mm)-평판($\phi 80$ mm)전극을 사용하였다. 그림에 표시된 데이터는 동일한 조건에서 15 회 이상 실험값을 최소자승법에 의해 표시 하였다. 실험결과로써 140 °C 이내에서는 A시편이 절연파괴 전압이 가장 높았으며, D, E 시편과 C가 다소 높게 나타났으며, 다음으로 B시편 순으로 조사되었다. 반면 약 150 °C 이상에서는 가장 높은 절연내력을 보여준 A 시편과 D 시편의 외형상 변화와 함께 C와 E 시편의 경우 급격한 절연내력의 변화를 보였다. 그 원인으로서의 외부 열에너지에 대한 에폭시 수지의 결합력 약화에 의한 거동으로 예상되며, 특히 에폭시 수지의 유리전이온도(T_g)와 밀접한 관계를 가지고 있다.

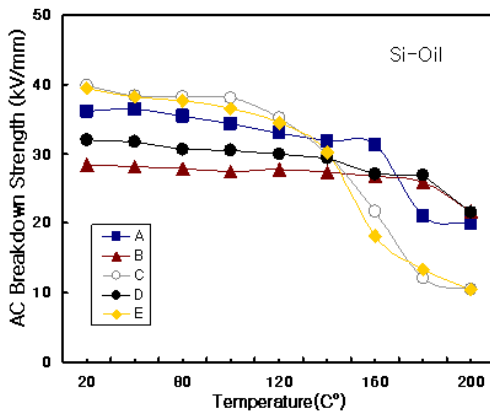


그림 2. 온도 변화에 대한 절연 파괴전압

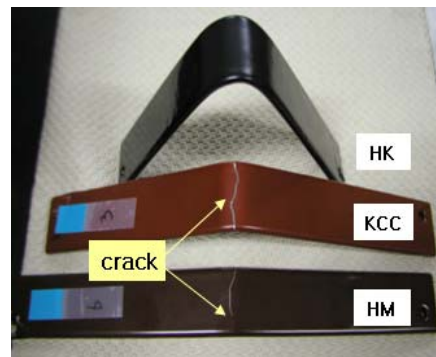


그림 3. 부스바에 대한 굽힘 특성

따라서 각 시편의 유리전이온도를 파악하기 위해 DSC(Q200, TA Instrumnets사 USA)

분석과 분해온도 측정을 위해 TGA(Q600, TA Instruments사 USA)분석을 실행하였으며, 각 시편의 경우 온도에 대한 절연파괴 진압은 Tg 부근에서 하강하기 시작하여 온도의 증가에 대해 더욱 급격히 하락하는 경향을 보인다. 또한 그림 3에 제작된 시편의 기계적 특성을 측정하기 위해 부스바의 굽힘 특성의 사진을 표시하였다.

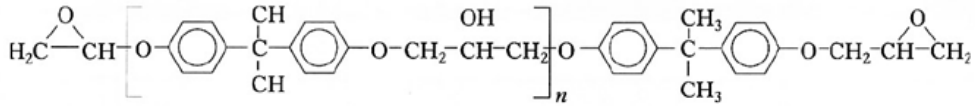


그림 4. 비스페놀형 에폭시 수지의 분자식

4. 결 론

경화제로 널리 사용되고 있는 디시안디아마이드(DICY)는 우레탄 수지와와의 경화시 공기 중의 물과 반응할 때 탄산가스를 발생시킨다. 즉 발생한 탄산가스가 재료중에 기포로서 남기 때문에 재료강도 저하나 접착 계면에서의 접착 불 균일을 발생시켜 표면에 핀홀(pin-hole) 현상을 유발할 수 있다. 수분제거를 위하여 공기 압축기에 원심형 공기 건조기를 설치하거나 발생된 탄산가스를 흡수할 수 있는 재료(예, CaO)를 첨가하여 기포 발생을 최소화 한다.

감사의 글

“이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 임(No. 2011-0014287).”

참고문헌

1. KC Agrawal, "Industrial power engineering handbook.", ELSEVIER, 2001
2. 김현희, 김상현, “부스닥트용 에폭시 분체도료의 열 및 수중열화에 대한 전기적 특성”, 한국화재소방학회지 Vol.3, No.23, pp.17~22, 2009.
3. 김현희, 김동욱, 김상현, 최진욱, “콤팩트 부스닥트용 에폭시분체도료의 전기적·기계적 특성연구”, 한국전기 전자재료학회지 Vol.3, No.22, pp.210~217, 2009.
4. 일본기계학회 “機械工學便覽事典, 엔지니어링편,C.”, 일본기계학회, 1996
5. 谷口他, “高分子絶縁物の澗雷器容器への適用”, 電力中央研究所報告, 研究報告W89024, pp.1-42, 2000
6. C. Maggana and P. Pissis, "Water Sorption and Diffusion Studies in an Epoxy System", J. Polym. Sci.: Part B, Polym. Phys., pp.37, 1999
7. KS C IEC 60243-1, “절연 재료의 절연내력-시험 방법-제1부: 상용 주파수 시험”, 2002