

Engineering Polymer 의 흡습에 따른 전기적 특성 변화

박재열, 박성희, 권오덕, 강성화*, 임기조
 충북대학교 전기공학과, 충청대학 산업안전과*

Electrical Properties by water immersion of Engineering Polymer

Jae-Yeol Park, Sung-Hee Park, Oh-Deok Kwon, Seong-Hwa Kang*, Kee-Joe Lim
 Dept. of Electrical Eng. Chungbuk National Uni, *Dept. of Industrial Safety Eng Chungcheong

Abstract - In this paper, electrical characteristics of EP(engineering plastic) studies for the purpose of electrical insulation materials. A base resin of the EP are Polyamide and Polyphthalamide. And filler is Glass Fibre. Electrical characteristics of EP represents volume resistivity, arc resistance and breakdown voltage according to glass fiber contents. We compare before water immersion and after water immersion. As the results of experiments, Polyphthalamide has good characteristics of insulation material rather than Polyamide as an insulator for electrical power system.

#1 : UF-1007 #2 : UF-1009
 #3 : RF-700-10 #4 : RF-700-12
 (*): Wt% of Primary filler in increments of 5%
 30 wt% Glass Fibre Reinforcement

1. 서 론

최근 기존의 절연물을 대체할 수 있는 신소재 절연물로서 폴리머를 재료로한 신소재 개발이 활발히 진행되고 있다. 그 중 열가소성 수지인 EP는 많은 장점에도 불구하고, 자기체, 세라믹 및 열경화성 수지에 비해 고온에서의 사용이 어렵다는 단점이 있어, 한정된 온도에서만 사용되고 있었다.[1] 이러한 EP의 고온에 대한 단점을 극복할 수 있다면 기존의 절연물을 대체할 수 있어 여러 가지면에서 이점을 가질 수 있게 된다고 할 수 있다.[3] 그러나 이러한 EP의 소재는 기계적·전기적인 특성 및 여러 가지 면에서 고려되어야 한다. 신소재의 절연물로서의 평가는 개발 및 사용에 있어 대단히 중요하며, 많은 평가 방법들이 논의 되고 있다.

본 논문에서는 Polyamide와 Polyphthalamide를 Base Resin 으로, Glass Fibre를 Filler 로 사용하였다. Glass Fibre의 함유량에 따라, 절연물 특성평가는 흡습시험(water immersion)과, 체적저항, 내아크성, 절연과파시험을 하였다.

2. 실 험

2.1 시 료

Polyamide(R), Polyphthalamide(U)를 Base Resin 으로 하여 Glass Fibre(F)를 충전제로 사용하였으며, Glass Fibre의 양과 lubricant종류에 따라 시료를 4종으로 나누었다.

표 1은 EP 시료의 성분 조성을 나타낸 것이다.

표 1. 시료의 성분 조성표.

NO	Base Resin	Primary filler	First two number	3rd number	4th number
#1	Polyphthal	Glass Fibre	Thermo	None	①(*)
#2	amide		Comp		
#3	Poly		Verton		
#4	amide				

2.2 흡습시험

흡수율 시험은 전기 절연 재료에 요구되는 성능으로서 수분이 침투하지 않는 고분자 재료에도 내부에 전계집중 부분이 존재하게 되면 외부의 수분이 확산, 침투될 우려가 있다. 또한 수분은 전계집중 부분에 응집 가능성이 있으므로 이의 측정은 중요하다. 그림 1은 흡습시험 과정을 나타낸 것이다.

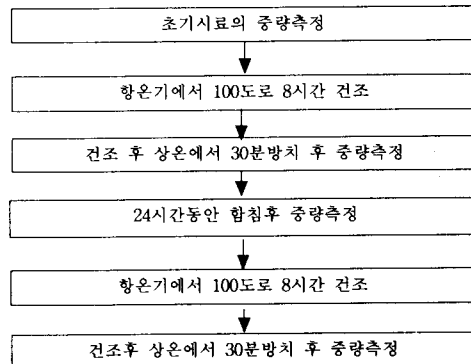


그림 1. 흡수 시험 단계

사용장비로는 전자저울(chyo balance.corp JL-180)과 항온기(vacuum drying oven 17-VDO-35)를 사용하였다.

2.2.1 흡수율

흡수율은 초기의 시료의 무게를 측정후, 항온기에서 8시간 건조한 후 항온기에서 꺼내어 상온에서 30분간 방치한 후 중량을 측정한다. 이 과정으로 시료를 초기화시킬 수 있다.

그 후 시료를 24시간 동안 증류수에 담가놓은 후 이를 꺼내 깨끗한 헝겊으로 수분을 제거한 후 중량을 측정한다. 그 후 다시 시편을 항온기에서 8시간 건조한 후 꺼내어 상온에서 30분간 방치한 후 중량을 측정한다. 흡수중량과 건조중량을 측정하여 식 (1)과 같이 흡수율을 계산할 수 있다.

$$\text{흡수율} = \frac{\text{흡수중량} - \text{건조중량}}{\text{건조중량}} \times 100(\%) \quad (1)$$

2.2.2 합수율

흡수율 시험 과정 중 시료를 초기화 시킨 중량과 흡수

과정 후 건조시킨 중량을 이용하여 시료의 흡수율을 식(2)와 같이 계산할 수 있다. 흡수율은 시료에서의 수분함유량을 알 수 있는 과정으로 초기중량과 최종중량으로 시료의 수분함유량의 변화를 알 수 있다.

$$\text{흡수율} = \frac{\text{초기중량} - \text{최종중량}}{\text{초기중량}} \times 100(\%) \quad (2)$$

2.3 체적저항

절연재료는 전기 시스템의 요소를 각각 또는 지면으로부터 격리시키는데 사용할 뿐만 아니라 부품에 대한 기계적 보호를 하는데도 사용된다. 이러한 목적 때문에 가능한 한 높은 절연저항을 갖는 것이 바람직하다.

체적저항은 시료나 전극의 크기에 관계없이 물질의 고유한 값이며, 단위면적을 통해 흐르는 전류(A/cm²)에 대한 가해진 전계(V/cm)의 비로 나타낸다. 이것은 각변의 길이가 1인 정육면체의 서로 마주보는 두 면 사이의 저항을 의미한다.[2]

체적저항의 계산은 식(3)과 같이 계산할 수 있다.

$$\rho_v = R_v \times A / d (\Omega \cdot \text{cm}) \quad (3)$$

ρ_v : 체적저항률 ($\Omega \cdot \text{cm}$) R_v : 체적저항 (Ω)

A : 전극면적 (cm^2) d : 시험품의 두께 (cm)

사용 장비로는 high resistance meter(HP 4339A)를 사용하였다. 그림 2는 체적저항 측정용 전극 구조이다.

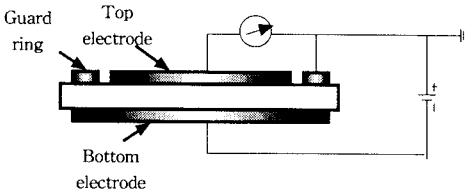


그림 2. 절연파괴시험에 사용된 전극의 형태

2.4 내아크

고분자 절연물 표면이 아크에 노출되면 그 열에 의해 연소와 탄화를 일으켜 열화되므로 절연성을 잃게 된다. 내아크성은 아크에 의하여 전극간에 도전성 탄화물이 생성되어 아크가 소멸되기까지 걸리는 시간으로 평가한다.

내아크 시험 방법은 한 단계를 1분으로 하며, 흐르는 전류의 on-off 에 따라 7단계로 이루어진다. 그림 3 및 그림4는 내아크 측정용 전극 및 측정 회로이다.

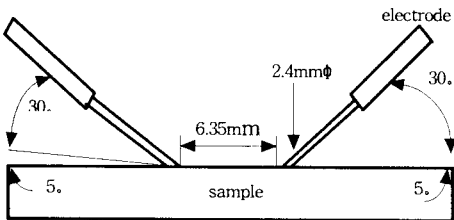


그림 3. 내아크성 측정용 전극

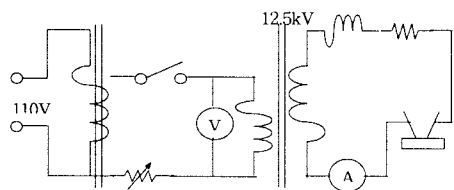


그림 4. 내아크성 측정 회로

사용장비로는 Ceast, Arc vis 6825를 사용하였다.

2.5 절연파괴시험

고전압에 대한 절연시험은 전기기기나 전기제품이 수명기간 내내 정상적인 사용전압에 대해서, 그리고 규정된 시간 동안 과전압에 대해서 충분한 절연성능을 가지고 있는가를 확인하기 위한 것이다. 절연파괴시험은 절연과괴를 일으킨 최소전압을 V, 시험편의 파괴점, 또는 그에 가까운 두께를 d[mm]로 하면, 시험편이 견딜 수 있는 최대의 전위강도를 V/d로 하여 나타낸다. 그림 5는 절연파괴시험에 사용한 전극 형태이고, 시료는 연면방전을 방지하기 위해 충분히 크게 하였으며, 깨끗한 절연유속에 담그고 시험하였다.

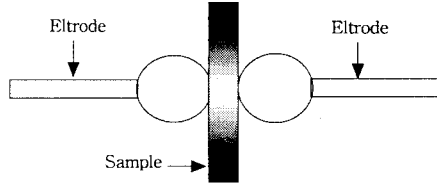


그림 5. 절연파괴시험 측정 전극

3. 실험결과 및 고찰

3.1 흡수율 및 흡수율

UF 계열은 두 시료의 흡수율 차이가 작지만, RF 계열은 두 시료의 흡수율 차이가 많이 나는 것을 볼 수 있다. 이것은 Polyamide(R)는 흡수성 재료이므로 UF 계열보다 흡수율이 높게 나타난 것이다. 흡수율은 RF 계열이 수분변화량이 거의 없이 나타나고 있다.

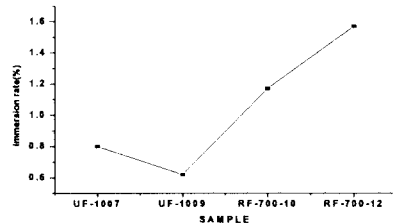


그림 6. 시료의 흡수율

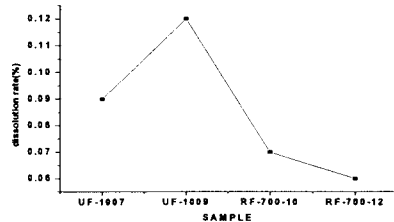


그림 7. 시료의 흡수율

3.2 체적저항

체적저항은 각 시료의 고유한 값으로 UF 계열은 10¹⁵, RF 계열은 10¹¹정도의 값을 가진 것을 알 수 있다. 일반적으로 고분자 재료의 체적저항은 10¹⁴정도이므로 RF계열이 다소 낮은 값을 보이고 있다.

표 2. 각 시료의 체적저항

[참 고 문 헌]

- [1]한국전기연구소, "99고분자 절연재료 기술", 1999년 기술교육교재, p. 29-34, 1999.
- [2]한국전기연구원, "2001년 고전압 시험기술", 2001년, 기술교육교재, p. 39-78 . 2001
- [3]H.Tanida, I.Ishikawa, A.Yoshino, H.Sunazuka and T.Niwa, "Study on characteristics of new engineering plastics for wire and cable insulators", CEIDP, 1991 Annual Report, p374~380, 1991
- [4]P.C.Fithian, S.B.Neher, P.Harboe-Schmidt, "Engineering thermoplastics resins for coil forms and encapsulation", Electrical Electronics Insulation Conference, 1995, and Electrical Manufacturing & Coil Winding Conference. Proceedings , p511~515. 1995

시 료	체적저항 [$\Omega \cdot \text{cm}$]
UF - 1007	9.76×10^{14}
UF - 1009	1.34×10^{15}
RF - 700 - 10	2.92×10^{11}
RF - 700 - 12	5.46×10^{11}

3.3 내아크성

각 시료에 대해서 2회씩 시험한 내아크성 시험 결과를 표3에 나타내었다. UF 계열은 대부분 2단계를 거쳐서 3단계가 시작하자마자 아크가 소멸하였다. RF-700-12의 경우 2단계 진행단계에서 아크가 소멸한 것을 볼 수 있다.

RF-700-10의 경우 3단계에서 아크가 소멸한 것을 볼 수 있는데 이것은 표면 상태의 차이에 의해 생겨난 것이라고 사료된다.

표 3. 각 시료의 아크소멸시간

시 료	아크소멸시간[s]	
	1회	2회
UF - 1007	125	123
	123	122
UF - 1009	125	123
	80	122
RF - 700 - 10	127	105
	71	124
RF - 700 - 12	102	69
	70	90

3.4 절연파괴시험

각 시료의 초기상태와 흡습시험후 절연파괴 강도를 비교하였다. UF 계열은 흡수율이 낮아 절연파괴강도는 별다른 변화가 없었지만, RF 계열은 흡수율이 커 절연파괴강도가 상승한 것을 알 수 있다.

표 4. 각 시료의 절연파괴 강도

시 료	초 기 [kV/mm]	흡습시험후 [kV/mm]
UF - 1007	30	30
UF - 1009	30.5	30
RF - 700 - 10	26.5	31
RF - 700 - 12	24	32

4. 결 론

열가소성 수지의 단점인 고온 내열성을 해결하기 위한 방법으로 Engineering Plastic을 filler 함유량에 따른 전기적 특성을 검토하였다.

UF 계열의 EP가 RF 계열보다 체적저항, 내아아크성, 절연파괴강도 등에서 우수한 전기적 특성을 보이고 있다. 그러나 실 적용을 위해서는 기계적·물리적·열적 특성 등에 대한 평가가 이루어져야 한다고 사료된다.