

※ 본 내용은 전기용품안전관리교육시 강의한 원고를 편집한 것입니다.

# 전기용품의 신뢰성 향상을 위한 부품소재기술

원광대학교 전기전자/정보공학부  
교수 박대희

### 3. 절연재료의 요구특성

- 전기절연재료는 전류가 흐르는 것에 대하여 대단히 높은 고유저항을 갖는 것이며, 그 본래의 목적은 도체에 흐르는 전류가 밖으로 도망가는 것을 방지하는 것이다. 즉 절연의 제 1 목적은 전기적인 것으로, 전기공업의 초기에 있어서는 유일한 목적이었다. 그러나 전기기기의 기능의 복잡화와 함께 절연물은 전기적 역할 외에 내열성 및 기계적강도등이 요구되게 되었다. 일반적으로 전기 용품 등의 절연재료에 필요로 하는 기본적인 특성은 다음과 같다.

#### 1) 전기적성질

- 편면 프린트배전판, 애자 등의 이용이 있다. 도체간의 연면거리로 절연성능을 갖게 하는 방법으로 표면의 오손, 흡습성에 크게 좌우되어진다. 전기적으로는 내아-크성, 내트래킹성이 증시되어진다.
- (1) 가장 중요시 되어지는 것은 절연파괴강도로 그의 값이 가능하면 큰것이 필요로 한다. 여기에서 주의해야 할 것은 절연재료의 시료 상에서 절연내력의 값이 중요한 것이 아니고, 실용상에 최종의 절연물의 절연내력이다. 절연물 중에는 성형 혹은 작업 중에 받는 변형응력에 의해 절연 내력이 낮아지는 경우도 있다.
- (2) 누설전류 및 유전체의 가열을 가능하면 감소시키기 위하여 절연저항의 값을 높게 할 필요가 있다.
- (3) 유전체손실은 절연물에 있어서 유해하고, 절연물을 가열시키는 결과를 가져오는 것으로 역율을 가능하면 작게해야 한다.
- (4) 코로나방전에 대한 내력은 6000V 이하의 저전압에서는 문제가 되지 않으나 고전압의 전기용품에서는 특히 중요하다. 용품의 사용 전압하에서 절연재료내의 이물이나 보이드에 의해서 방전을 일으키면, 장시간에 걸쳐서 열화가 되면 결국 절연의 파괴에 이른다.
- (5) 내아-크성 및 트래킹에 대한 내력도 절연재료에 요구되고 있다. 이것은 표면 따라 흐르는 누설전류 혹은 아-크에 접한 경우 내구력을 알 수있는 방법으로, 절연재료의 표면에 영구적인 도전로를 형성하고 있는가로 양부가 정해진다. 그의 성질은 특히 정류자나 옥외에 노출되는 플라스틱의 절연부분, 표면에 아-크가 발생되어지는 전기용품에서 많이 발생된다.
- (6) 내습성은 절연재료에 요구되는 가장 중요한 특성의 하나이다. 절연재료는 거의 건식의 상태에서

대단히 양호한 전기적 성질을 가지고 있으나, 수분을 흡수하면 그의 전기적 특성이 여러 가지의 영향을 받게 되어 저하된다.

## 2) 기계적성질

- 절연재료의 물리적성질은 기계적인 외력을 받는 제조공정에 있어서 가공성의 측면에서 중요성을 갖고 있다. 더욱이 절연은 예를 들면 권선으로 되어있는 최종 형태에서 운전이 시작되면, 기계력에 충분한 견디는 기계적인 강도를 갖지 않으면 안된다. 전기용품에 작용하는 진동, 반복되는 기계적인 외력은 절연재료의 형태를 변화시켜(변형), 경우에 따라서 파단을 일으켜(파괴), 전기적인 절연성능의 균형을 파괴시켜 사고를 유발 시키거나, 결국 사용할 수 없도록 된다. 이와 같이 절연재료의 기계적인 물성의 특성저하는 절연성능의 저하를 일으키며, 제조의 공정과 사용의 조건을 충분하게 고려를 해야 된다.

(1) 절연재료가 한쪽의 방향으로 인장력을 받게되면 변형이 생기고, 그 힘을 제거하면 원상태로 돌아가는 경우 탄성변형이라 하며, 이 특성은 절연재료에 있어서 이동용의 전기용품에 있어서 중요한 기계적인 항목이다.

(2) 절연재료의 강도를 평가하기 위한 인장시험이 있다. 짧은 시간 내에 일정한 속도로 당겨서 절연재료를 파손시킨다. 재료에 받는 힘과 파손 전까지의 변형률을 측정하여, 다음과 같은 기계적인 성질을 알 수 있다.

가) 탄성계수 (Modulus of elasticity) 또는 Young율

나) 극한인장강도(Ultimate tensile strength)

다) 파괴연신율 (Elongation length)

라) 항복강도 (Yield strength)

마) 충격시험 (Impact test)

이들의 성질은 절연재료로써 전기용품의 구조적 설계를 하는데 아주 중요한 값을 나타낸다.

(3) 절연재료의 영구변형에 대한 척도를 나타내는 저항의 척도로서 경도(Hardness)가 있다. 전기용품의 구조재료로써 플라스틱이 사용되는 경우에 소성의 변형상태를 평가한다. 전기용품의 외적인 기계적 힘에 의해서 어느 정도 견디는가를 설계하고 관리하는데 필요한 성질이다.

## 3) 화학적성질

(1) 절연재료의 실용가치를 정하는 경우는 내유성, 내용제성 등이 중요한 조건으로 되어 있다. 오일 및 오일의 증기는 보통 전기기계에 부착되는 것을 세척하는데 용제가 사용된다. 절연재료의 처리 표면은 오일이나 용제에 침적되지 않도록 해야 한다.

(2) 약산 및 알칼리에 대한 내력이 큰 것이 필요하다. 그러나 농도가 높은 산, 알칼리 등의 약품에 침적되지 않도록 하는 것이 일반적으로 실용적인 것은 아니다.

(3) 6000V급 이상의 고압기기 절연에서는 코로나가 발생하는 경우, 오존에 의한 절연 열화가 중요한

문제로 된다.

- (4) 전기적 사고로 인하여 발생하는 화재의 쪽이 처음의 절연 파괴보다도 유해한 경우가 많은 것으로, 절연물의 불연성은 중요한 하나이다.
- (5) 절연재료의 특성으로써 가장 중요시 되는 것은 내열성이고, 재료의 수명을 결정하는 인자이다.

4) 내열성과 연속사용가능온도

(1) 절연재료의 내열성에 의한 분류

- 절연재료가 전기용품의 구성 재료로서 사용되어 지는 경우에는, 재료의 내열성에 의해서 용품에 허용되어지는 운전온도의 온도가 좌우되어지는 것이 많고, 최고허용온도는 용품의 출력을 결정한다. 전기기기의 절연은 사용재료의 내열성에 대하여 국제 전기 규격 위원회 (International Electrotechnical Commission)에서 표 4와 같이 최고온도를 구분하고 있다.

(2) 전기용품의 사용온도 상한치

- 고분자재료의 최근의 동향은 전기용품에 사용되어지는 절연재료의 사용 온도 상한치의 설정이다. 사용온도의 상한치는 UL의 온도지수(Temperature Index)에 대응하는 것으로 세계적으로 많이 사용되고 있다.

[표1] 절연재료의 허용온도 구분

절연의 종류	허용최고온도(°C)
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	180초과

5) 난연성

- 전기용품을 포함한 전기용품에 있어서 절연재료의 내열성은 용품의 수명에 크게 영향을 미친다. 특히 전자용품이 소형화하고, 고성능화하는 경향은 보다 가혹한 조건이나 고온에 견디는 것이 절연재료에 요구되어, 소위 내열성 절연재료의 개발이 강하게 요망되고 있다.

한편 국내에 있어서도 안전에 관한 규제의 강화는 재료에 대한 난연화가 요구되고 있고, 이 규제는 한층 더 요구될 것으로 보인다.

#### (1) 절연재료의 난연화의 요구와 사용재료의 규제현황

- 가정용 전기제품은 전기지식이 없는 일반 소비자가 사용하는 전기용품이다. 그 때문에 전기용품의 제조자는 이상한 사용 조건하에서도 충분한 안전성이 확보되어지지 않으면 안된다. 또한 위험한 발생요인을 없애기 위하여 엄중한 설계가 되지 않으면 안된다. 이와 같이 전기용품의 안전대책의 기본적인 생각은 안전의 최저Level을 규정하는 안전 기준이 각국에서 제정되어 지고 있다. 그 내용은 반드시 세계 각국이 통일되어져 있지 않으나, 전기용품의 사용에 있어서 화재의 발생방지, 감전의 방지, 상처의 위험으로부터 인체를 보호하는 등의 대책을 중심으로 하고있다.

이들의 안전 기준은 각 가정에서 사용되어지는 전기용품의 종류나 수량이 급속하게 증가하고 있어서 안전성의 향상은 점점 중요하게 되고, 안전규격의 요구 내용은 매년 강화되어 지고 있다. 고분자재료는 전지, 전자기기의 재료로서 대량으로 사용되어지는 것으로, 이들의 전기용품에 의한 화재, 감전 사고의 방지를 위하여 난연성, 내화성 등의 특성에 대한 요구도 되고 있다. TV등의 가전제품에서도 UL(Underwriters' Laboratories Inc)규격, CPSC(Consumer Product Safety Conision; 소비제품안전위원회) 등에서는 고분자재료의 난연화를 추진하고 있다.

#### (2) UL규격의 연소성, 착화성시험법

- 고분자재료의 연소성 시험 및 연소성의 판정법은 UL94(플라스틱재료의 연소성시험법규격)에 의해서 정해져, 착화시험법(열선착화 시험법, 대전류 아-크착화 시험) 및 기타의 전기적화원에 의한 시험법(내트래킹 시험) 등이 UL746 (플라스틱재료의 시험법)에 의해서 규정되어 지고 있다.

#### (3) UL규격에 의한 연소성, 착화성의 규제

- UL규격에 의한 고분자재료의 화재 관련 사항에 관한 규제에는 연소성, 착화성, 내트래킹성 등의 요구항목을 포함하고 있다. 이들의 요구사항이나 요구내용은 TV, VIDEO기기 관계, 음향기기 기타의 전기용품 등의 제품에 각각 규격이 정해지고 있다. 또한 동일한 제품에 절연재료가 이용되어도 사용되어 지는 장소에 의해서(화재의 발생 위험의 크기의 정도에 따라)도 규격치가 구별되어 진다.

#### 6) 고분자로부터 발생하는 휘발성가스

- 접착제나 절연재료로서 고분자재료는 전기용품에 넓게 사용되고 있다. 고분자의 사용으로 제품의 저Cost화, 제조공정의 합리화가 가능하다. 그러나 고분자를 사용함으로 발생하는 문제도 많고, 고신뢰성을 요구하는 용도에 고분자를 사용함으로 많은 문제가 야기 되어진다. 그의 원인의 하나는 발생하는 가스이다. 발생하는 가스에 의한 고장이나 사고 발생이 예측되며, 많은 검토가 되어져야 한다. 특히 유기재료는 유독가스를 발생시킬 가능성이 높다.

▶ 다음호에 계속