

※ 본 내용은 전기용품안전관리교육시 강의한 원고를 편집한 것입니다.

전기용품의 신뢰성 향상을 위한 부품소재기술(4)

원광대학교 전기전자/정보공학부
교수 박대희

4. 고체절연재료의 종류

1) 무기재료

- 현재 전기전자용품에 사용되어지는 무기 고체 절연 재료 중에는 마이카와 같이 천연으로 산출되어진 그대로 혹은 단순하게 기계적으로 처리하여 사용하는 것이다. 그러나 이와 같이 천연재료는 대단히 한정되어져 있고, 일반적으로 용도에 적당한 재특성을 얻기 위하여 가공 공정을 통하여 인공재료가 사용되어지고 있다. 무기재료는 천연재료와 인공재료로 분류되어지며 다음의 절에서 설명한다.

(1) 천연재료

가) 마이카(운모)

- 마이카는 전기적으로 높은 절연성을 갖으며, 유전정점이 작고, 내열성이 우수하다. 또 기계적으로는 판상이기 때문에 부서지기 쉬우며, 강도는 높다. 마이카는 이와같이 특징을 갖고, 전기용품이나 전기기기의 절연재료 혹은 콘덴서유전체로써 넓게 사용되고 있다.

나) 석면(석면)

- 석면은 흡습하기 쉬운 것으로 전기절연성은 양호하지 않으나, 내열성이 우수하고, 유연성이 좋은 특징이 있다. 사용온도는 450 -500 이다.

(2) 인공재료

가) 자기(자기)

- 자기는 여러 가지 무기원료를 이용하여, 압출하고 프레스 등의 방법으로 소정의 형태로 성형한 후, 고 온도에서 소결한 것이다. 자기는 전기절연용의 애자 등으로 이용되어 지는 보통 자기 및 고주파 전압이나 고온조건하에서 절연에 이용되어지는 것으로 유전자기와 절연자기로 분류되어 진다.

나) Glass

- Glass의 성질은 주요한 부성분에 의해서 결정되고, 분류도 그의 성분에 의해서 나누어진다. 석영 Glass는 전기적 및 기계적 성질에 있어서 대단히 우수하고, 또한 고경화점, 저열팽창 계수를 가지고 있는 특징이 있다. 그 외에도 많은 Glass가 있으며, 전기용품의 전구나 램프에 많이 사용이 되고 있다.

2) 유기재료

- 유기재료는 전기용품에 가장 넓게 이용되어 지는 것으로, 탄소를 주체로한 화합물이다. 다음에 각각의 종류를 설명한다.

(1) 섬유질재료

가) 절연지

- 종이에는 식물 중에서 추출한 Cellulose섬유지, 합성고분자화합물섬유로 되어진 합성섬유지, 플라스틱과 Cellulose섬유지로 되어 있는 Laminate지등이 있다. 절연재료로서 이용되어지는 통신케이블과 같이 이용되어 지는 경우는 지단체이고, 전력케이블이나 변압기와 같이 고전압에 이용되어 지는 경우는 절연오일에 함침하여 사용되어 진다. 지의 종류는 Cellose지, 합성지, Laminate지로 구분되어 절연재료로 사용된다.

나) 섬유

- 섬유는 천연섬유와 화학섬유로 나누어지며, 이들의 섬유는 에폭시나 페놀수지로 함침시켜 적층판, 고무와 함침시킨 절연테이프와 반도체테이프으로써 이용되어 지며, 이외에는 개재물, 집합재료 등의 전기전자용품의 보조 재료로 이용되고 있다. 이들의 종류는 면, 마, 재생섬유, 합성섬유 등이 있다.

(2) 열가소성수지재료

- 분자쇄가 선상의 고분자는 온도가 높게 되면 용해하여 유동하고(소성변형), 냉각하면 가역적으로 고체화된다. 이의 성질을 열가소성(Thermoplastic)이라 한다. 열경화성재료가 가열에 의해 경화해 되어 버리는 것에 대하여, 열가소성재료는 가공성이 용이하고, 적당한 강도를 갖으며, 절연능력이 우수하다. 열가소성의 종류는 다음과 같다.

(3) 고무계 재료

- 고무계 재료는 응력을 가하면 파괴를 일으키지 않으므로 변형이 가능하며, 더욱이 응력을 제거하면 원래의 상태로 되돌아오는 능력을 갖고, 변형의 일부도 남지 않는다. 이와 같은 고무의 탄성과 다양한 경화제, 노화방지제, 가류제, 첨가제등을 혼합하고, 가공하여 각종의 고무절연재료로 사용되고 있다.

(4) 열경화성수지

- 고분자성질은 단일 혹은 복수의 모노머가 다수 결합한 것이다. 모노머가 직선상으로 연결되어 있는 것을 선형고분자, 망상으로 연결되어 있는 것을 망상고분자라 한다. 선상고분자는 용융 혹은 Glass전이온도 이상에서 소성을 나타내고 경화하나, 망상고분자는 용융 혹은 Glass전이온도 이상이 되어도 소성을 나타내지 않는 것을 망상 고분자라 한다. 전기절연재료로서 사용되어 지고 있는 열경화성고분자는 실리콘수지, 페놀 수지, 에폭시 수지, 불포화 폴리에스텔 수지, 아릴수지(Diallyl phthalate, DAP)등이 있다.

5. 절연재료의 설계와 선택

- 현재에는 플라스틱재료의 종류는 실용되어진 것만으로도 30여종 이상이 넘고 있다. 더구나 이들의 수지의 성질은 모두 특징을 갖고 있어서 그의 선택에 있어서는 상당한 숙련이 필요하고, 또 그 선택하는 방법에 있어서도 여러가지가 있다. 여기에서는 그 선택기준에 대하여 소개한다. 먼저 결론으로서 말 할 수 있는 것은 최종의 목표는 “어떻게 좋은 제품을, 어떻게 싸게 만들 수 있을까”이다. 이 목표에 도달하기 위해서는 어떠한 재료를 선택할까이다. 지금 플라스틱재료의 선택방법을 기술한다.

1) 플라스틱재료의 특성표

- 이 재료의 특성표는 Modern Plastic Encyclopedia에 나타내 있는 것이 가장 일반적이다.

2) 사용자로부터 요구 특성

- 기계적 강도가 얼마일까, 전기적특성치는, 내열성은 몇 도까지 필요한가의 상태를 알아야 한다. 이점은 가능하면 구체적인 정수로 나타내어 받은 것이 좋다. 단 플라스틱 특성표에 수치는 어디까지나 재료data 인 것으로 성형품으로서의 성능수치는 아니다. 재료의 성능수치는 어느 정도 낮추어서 생각하지 않으면 실패한다. 그러면 어느 정도 낮출까? 이라는 것이 되면 경험에 기초를 두고 판단하는 것이 좋다.

3) 재료의 선택항목

(1) 원료

- 우선 수지의 재료에 대하여 열경화성수지를 선택할까. 열가소성수지로 선택할까, 원료가격은 어느 정도 되는가 등 원료로서의 필요조건을 조사한다. 단 플라스틱재료는 비중이 상당히 다르므로 Kg당의 가격만으로 판단 가능치 않다. 폴리 에틸렌에서 0.92~0.94정도, 염화비닐수지는 1.4, 폴리 불포화 에틸렌에서는 2.2 정도로 되어져 용적당의 가격도 조사하지 않으면 가격은 나오지 않는다.

(2) 생산수량

- 생산하는 수량은 어느 정도인가 적으면 금형대금이 커져서 압출성형에서는 단가가 높아진다.

(3) 성형성

- 성형 가능한 형태의 제품인데, 성형이 어려운가, 쉬운가. 금속부품의 삽입은 가능한가, 성형정밀도는 어느 정도인가. 높은 정밀도에서는 가격이 높게 된다. 성형기술은 제품의 설계, 성형방법은 신중하게 계획하여 실시하지 않으면 안된다.

(4) 기계특성

- 기계응용의 입장에서 보면 가장 중요한 특성 항목인 인장강도, 압축강도, 굴곡강도, 충격강도, 경도 등은 플라스틱표를 참조한다. 강한 기계적 강도가 필요로 하는 것이라면 FRP, 폴리카본렌트는 사용이 될까? 마모성, 마찰성은 특성표에 나와 있지 않다. 또 반복하여 기계강도, 즉 피로의 문제도 특성표에 나와 있지 않으므로 각각의 플라스틱 특성을 시험평가를 통하여 조사하지 않으면 안되는 것으로 정밀하게 조사할 필요가 있다.

(5) 열특성

- 플라스틱은 열에 약하다. 내열성이 약할 뿐만 아니고, 특성의 온도 의존성이 크다는 것은 충분히 주의하지 않으면 안된다. 예를 들면, 강한 내열성이 요구되어지는 장소에는, 실리콘수지, 폴리아미드 등이 사용되어 진다. 그러나 실리콘수지는 대개 260 정도가 한계이다. 내열성이 요구되어지는 전기부품에는 테프론 정도가 선택 되어진다. 특성표에는 플라스틱의 온도의존성이 나타나 있다. 전기특성도 온도 의존성이 높으므로 주의가 필요하다.

(6) 전기특성

- 저주파에서는 체절저항, 내전압 등의 문제이다. 고주파에서는 유전율, tan 등이 절연재료의 성능을 정한다. 초고주파의 특성은 플라스틱 특성표에는 일반적으로 나와 있지 않다. 수지성능을 조사할 필요가 있다.

(7) 화학특성

- 화학시약, 약품의 용기에 사용되어질 때, 용기의 내약품성을 조사한다. 이 경우에 꼭 알아 두어야 할 것은 온도의 관계이다. 상온에서는 녹지 않아도, 고온에서 녹아 버리는 것이 있다.

(8) 내후성

- 내후성에 대해서는, 옥외에 노출되어질 때 변질되는가의 그의 변질 정도의 의미이다. 플라스틱은 내후성이 대부분 약하나, 그렇지 않은 것도 있다.

(9) 기타의 특성

- 투명인가, 불투명인가, 착색이 가능한가. 제품의 외관의 문제에 있다. 도장, 인쇄성, photo 스탬핑 특성이 우수한 것이 아니면 인쇄에 의한 우수한 제품이 만들어지기 어렵다. 대전성이 강하면 실용상에 문제가 없는가. ABS수지가 가장 많이 있으나, 폴리프로필렌(PP), 유니아수지도 사용되어지고 있다.

(10) 제품

- 이들의 선택의 결론은 결국, 제품의 성능과 제품의 cost이다. 보다 싼 가격으로 좋은 물건을 만든다는 것이다. 지금, 여기에서는 플라스틱재료의 선택의 문제를 기술하였으나 문제는 플라스틱 재료만이 아니고, 금속, 세라믹, 그라스재료 등의 공업재료를 서로 비교하여 사용재료를 결정하는 것은 대단히 중요하다. 즉 가능하면 많은 공업재료를 선택하여 목적에 맞도록 선택하지 않으면 안된다. 또, 플라스틱재료의 특성에 대해서도 한가지의 특성이 우수하여도, 그 재료의 다른 특성이 충분히 설계목표에 적당한가를 검토하지 않으면 안된다. 예를 들면, 기구재료를 선택하려 할 때, 경량으로 강력한 구조재료를 선택하는 경우에 특히 인장강도, 굴곡강도의 특성이 큰 것을 선택하고, 가결의 점에서 폴리에스텔(FRP) 또는 만들기 쉬운 폴리카본 에이트를 선택한다. 이 경우에 인장강도, 굴곡강도의 재료의 특성표에서 설계수치는 충분한 값을 갖고 있어도, 기타의 특성, 즉 강력한 반복하중이 걸리는 경우에는 폴리카본네트로는 무리이며, 피로가 나타나며 약하게 되고 파손 한다. 또 상승온도가 높고 70 를 넘게 되면 보통의 폴리에스텔(FRP)에서는 이 특성을 만족하지 못한다. 즉 재료를 선정하는데 있어서 특성항목의 상관성을 검토하여 각 재료를 잘 선택하여 사용하지 않으면 안된다.

4) 제조 공정

- 성형법의 선택에 따라 플라스틱제품의 Cost가 정해지는 것 만이 아니고 그 성능도 좌우 되어진다. 사용수지와 제품의 개수에 따라, 압축성형, trans성형, 사출성형의 어느 쪽을 선택한다. 예를 들면 개수가 작은 열경화성수지의 경우에 압축 성형법을 사용한다. 또 개수가 많으면 Trans성형을 선택한다. 제품의 개수가 많은 경우에는 사출성형을 선택하는 것이 일반적으로 유리하다. 플라스틱재료를 사용하여 제품을 만드는 경우에는 이와 같은 요인을 생각하여 사용목적에 대응하는 특성을 만들고 가장 싼 Cost의 성형제품을 만들지 않으면 안된다.

6. 전기절연재료의 신뢰성

- 전기용품에서 최적의 절연재료의 선정과 설계, 새로운 절연재료의 개발과 활용이 전기용품의 안전성 및 신뢰성 확보에 대단히 중요하며, 전기절연재료의 중요성을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 절연재료는 전기적, 기계적인 특성은 물론 내열성, 난연성, 등이 요구되므로 이에 대처할 수 있는 고도의 신 절연 재료의 개발이나 효과적인 절연처리기술의 개발이 요구된다.

둘째, 최근의 전기용품은 소형 경량화 및 생산비 절감이 요구되는 추세에 있으므로 이에 필요한 절연 재료의 박막화, 고도의 안전성이 요구되고 있다.

셋째, 전기용품은 다종다량의 절연재료가 여러 가지 형태로 사용되며 절연재료의 안전성은 전기용품의 수명과 신뢰성에 매우 중요한 요인이 된다.

넷째, 급속적인 전기전자산업의 변화에 대처하며 국제경쟁력을 확보하기 위하여는 국제규격(IEC, UL 등)에 적합한 절연물의 개발이 요구된다.

위에서 언급한 것과 같이 전기용품의 종합적인 안전성을 확보하기 위하여는 전기에 의한 직접적인 위험(전기적 1차위험)에 대한 단기적 안전성을 중심으로 운영되고 있는 현행의 “전기용품 안전관리제도”에서 한걸음 더 나아가 전기용품의 부품 및 재료에 사용되는 전기절연물이 단기적 안정성뿐만 아니라 장기적 안전성까지 확보될 수 있는 수준의 절연물이 전기용품에 사용될 수 있도록 전기절연재료의 신뢰성 평가제도가 필요하다.

7. 결론

- 전기용품의 사회적 책임은 생활의 질적인 향상과 함께 비중이 높아져 가고 있으며, 안전사고로 인하여 소비자에게 피급되는 피해는 막대한 재산적, 생명의 손실을 준다. 최근에 전기용품의 소형 경량화, 고성능화는 사고의 가능성을 더욱 확률적으로 높아져 안전성의 확보가 크게 요구된다. 또한 최근에는 전기용품의 사용조건이 가혹해지고, 환경과 공해를 고려한 안전성을 확보해야 되는 것으로 절연재료의 고성능화는 대단히 시급한 상태이다. 이와 같은 관점에서 안전성 확보를 위한 절연재료의 역할을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 전기용품의 경박 단소, 소형화, 경량화되고 있어서 사용되는 절연재료는 내열성과 열전도성이 우수한 절연재료의 개발이 필요하며, 소형화와 함께 고성능 절연재료의 개발이 요구된다.
- 2) 전기용품의 누전 혹은 가열에 의한 화재사고가 발생하는 것으로, 그의 안전대책으로 전기전자재료의 난연화와 non-halogen화도 요구된다.
- 3) 정보처리기술은 고주파화 되어지는 것으로, 절연재료를 고주파에서 사용됨에 따른 저유전율, 저유전 손실의 재료개발이 요구된다.
- 4) 부품소재의 신뢰성과 안정성의 확보를 위한 절연재료의 장기 수명화를 위한 신 절연재료의 개발 및 신뢰성의 확보기술이 필요하다.