

고압절연용 Epoxy/Organoclay Nanocomposites의 열적, 전기적 특성에 관한연구

박 재준, 안 준오

중부대학교 전기전자공학과

Thermal, Electrical Characteristics according to Contents Variation of Epoxy/Organoclay Nanocomposites for High Voltage Insulation

Jae-Jun Park, Zu-no Ahn

Department of Electrical Electronics Engineering, Joongbu University

Abstract : Nanostructured materials are attracting increased interest and application. Exciting perspectives may be offered by electrical insulation. Epoxy/Organoclay nanocomposites may find new and upgraded applications in the electrical industry, replacing conventional insulation to provide improved performances in electric power apparatus, e.g, high voltage motor/generator stator winding insulation, dry mold transformer, etc. This paper shows that electrical and thermal properties of epoxy/organoclay nanocomposites insulating materials for dsc , dielectric constant, I-V characteristics, breakdown volatge, can improve significantly with respect to the basic, virgin materials.

Key Words : Epoxy/Organoclay nanocomposites , dielectric constant, I-V characteristics, nanoclay

1. 서 론

Modified layered silicate와 Synthetic layered silicate와 함께 혼합할 때 고분자의 층간삽입이 오래전에 알려져 왔지만, 최근에 Polymer/Layered Silicate(PLS) Nanocomposites(N.C)는 산업적 그리고 학문적으로 큰 관심을 갖게 되었다. 이유는 Virgin polymer 또는 종래의 micro-and macro 복합체에 비교할 때 놀랄만한 향상을 가져오기 때문이다. 원래 고분자 N.C는 nano-filler의 소량과 함께 polymer로서 정의된 것이다.

Nylon-6/montmorillonite N.C의 Toyota 연구그룹에서부터 layered silicate 첨가량이 매우 소량이지만 열적 기계적 특성향상을 가져오게 되었고, layered silicate를 유기용매의 사용 없이 제조하는 용융혼합법이 Vaia 등 여러 연구자들에 의해 알려져 왔다.

이와같은 공업재료로서 고분자 N.C는, John Lewis의 Nanometric Dielectric 라는 연구로부터 Tanaka씨의 연구에 이르기까지, 높은 Performance을 갖는 Dielectric and Electrical Insulation material로 가능성이 높게 평가 되어졌다[1]. 이와같은 절연재료의 주요한 응용은 전력설비 절연 시스템에 있다. 즉, 고압전동기 고정자권선(High Voltage Motor Stator Winding), 건식타입변압기(Dry Type Transformer), Rotating Machine 등이 동작동안 전기적 스트레스, 전류가 이동되는 도체에서 발생된 열, 기계적 스트레스는 전기기기의 기계적 운동으로부터 발생된 고전류/진동스

트레스가 항상 노출되어 복합적인 열화가 일어나게 된다. 본 연구에서는 이와같은 전기적, 기계적, 열적특성이 동시에 우수한 N.C를 개발하기위해 고분자기반(에폭시수지) 여러종류의 Organoclay를 이용하여 나노컴포자트를 제조하여 전기적특성과 열적특성을 연구하였다.

2. 실험

2.1 Materials

Diglycidyl ether of bisphenol-A 의 Epoxy resins (DGEBA, KUKDO_YD-128 ,KUKDO.Chem.co)와 산무수물계(Hardener of Acid Anhydride:HN-2200) 경화제를 사용하여 경화시켰다. Epoxy Resin 특성 중 EEW(g/eq)는 184-190, Viscosity는 11,500-13,500(cps at 25℃), Specific Gravity는 1.17(at 20℃)의 범용적인 기본수지를 사용하였다. HN-2200는 Cycloaliphatic Anhydride Hardener로서 (분자식: C₉H₁₀O₃, MW:166, Hitachi Co.Ltd) 전기절연부분 (capacitors, resistors, magnetic coils, transformers, current transformers, bushing, epoxy resin insulators, wiring parts, motor armatures and stators)의 응용에서 광범위하게 이용된 것으로 Vacuum casting 또는 Impregnation이 비교적 고온에서 HN-2200의 손실이 없기 때문에 보이드 없는 몰드제품에서 사용된 경화제를 본 연구에서 사용하였다.

본 연구에 사용된 Nanoclay는 Southern Clay Products로부터 구입된 제품으로 Cloisite®0A는 천연의 몬모릴로나이트 (montmorillonite:MMT)를 정제하여 Quaternary ammonium cations 이 MMT Clay 표면에 NA+로 새로 바꾸는(Replace) 이온교환작용(Ion exchange reaction)으로 생산된 제품이다. Cloisite®0A는 유기적으로 변성된 농도(organic modifier concentration) 즉, Cation Exchang Capacity(CEC:meq/100g)로서 표1에서 Organoclay 물성표를 나타내었다. CEC는 결정격자(crystal lattice) 내의 이질동상적 치환(isomorphous substitution)으로부터 유도된 층상실리케이트의 특성을 말한다.

표1. Organoclay의 종류 및 물성표

구분	NA+	10A	15A	20A	25A	30B	93A
CEC (meq/100g), Clay	92.6	125	125	95	95	90	90
X-Ray Result d(Å)	11.7	19.2	31.5	24.2	18.6	18.5	23.6
Organic Modirier	none	2MBHT	2MBHT	2MBHT	2MHT L8	HT2E10T	M2Ht

2.2 Preparation of Samples

DGEBA/Organonano clay nanocomposites 균일한 혼합(Homogeneous Mixtures)위해 수지를 90℃로 예열하여 점도를 아주 낮게 하였고, Nanoclay은 100℃에서 10시간동안 내부에 존재하는 미량의 수분을 제거 후 Nanoclay Powder를 중량 비 5 wt% 비율로 혼합 후, 그림1의 "Planetary Centrifugal Mixer" 를 이용하여 1차 교반과 탈포 과정을 12분/2000rpm, 8분/2000rpm으로 실시하여 충분히 분산과 intercalate 과 exfoliate가 되도록 교반시켰다.

고압절연물에 사용될 Nanocomposites 시편을 제작하기위해서 Epoxy Resins과 Hardener의 비율을 1:0.8로 혼합한 후 2차교반과 탈포과정을 1차과정과 동일과정을 다시 실시하였다. 완전히 탈포된 혼합물의 점도가 크게 떨어진 상태에서 예열된 금형(95℃)으로 혼합물을 주입하였다. 금형에 주입된 혼합물의 기포제거를 위하여 3차 과정으로 진공탈포를 실시하였다. 진공오븐(1 torr)에서 몰드금형내의 기포를 충분히 제거한 후 고온 오븐에서 150℃ × 4시간30분 동안 경화하였다. 경화된 Nanocomposites는 초음파 세척 후 건조하여 다음 과정의 실험을 실시하였다.

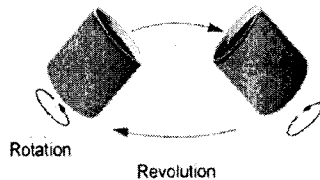


Fig 1. Planetary Centrifugal Mixer

3. 결과 및 검토

3.1 DSC

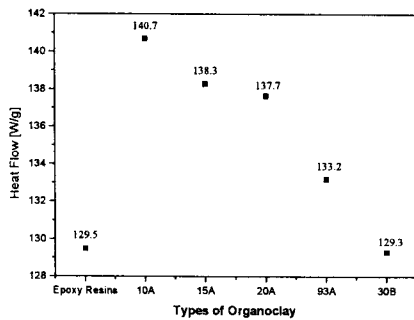


Fig 2. Epoxy/Organoclay Composites의 DSC 특성

순수한 에폭시수지에 비하여 Epoxy/Organoclay Nano-composites의 특성은 고분자내 충상실케이트의 균질한 분산과 충상실리케이트내로 고분자수지의 삽입과 박리를 통한 정도 그리고 함량에 따른 열적특성향상에 기여되므로, 그림 2에서는 Virgin 수지에 비하여 10A는 11.2도, 15A는 8.8도, 20A는 8.2도, 93A는 3.7도 그리고 30B는 Virgin 수지와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

그림3에서는 Epoxy/Organoclay Nanocomposites 주파수변화 따른 유전율특성결과를 나타낸 것이다. 유기화된 Nanoclay

종류로서 NA+는 유기화 처리를 하지 않은 경우이고, 다른 종류로서는 10A, 15A, 20A, 93A, 30B 7가지의 대한 유전율결과를 나타내었다. 전반적 특성으로는 주파수 증가에 따라 Virgin 를 포함한 N.C의 경우 감소한 결과를 얻을 수 있었고, Organoclay 10A의 경우 저주파로부터 고주파에 이르기까지 가장 낮은 유전율의 결과를 나타내었다. 한 예로서 고압전동기 및 발전기에는 전기적 스트레스의 영향으로 120Hz의 공진 상태주파수를 나타내고 있으므로 그에 대한 적용으로 볼 때 Epoxy/Organoclay_10A Composites 유전율은 2.87로서 virgin 에 비하여 0.5, 15A에 비하여 0.4, 20A에 비하여 0.24, 93A에 비하여 0.2, 30B에 비하여 0.08이 낮은 저유전율을 나타내었다.

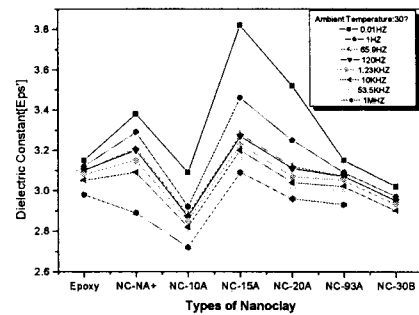


Fig 3. Epoxy/Organoclay Composites 유전율 특성

4. 결론

고압회전기 및 건식용 몰딩변압기 절연시스템개발을 위한 연구로서 Epoxy/Organoclay Nanocomposites 여러종류의 Nanoclay Virgin, 10A, 15A, 20A, 93A, 30B 7가지 종류 N.C의 열적, 전기적 특성연구결과로서 다음을 얻을 수 있었다.

DSC특성으로서 Epoxy/10A_Nanocomposites의 경우 가장 높은 유리전이 온도를 나타내었고, 열적특성이 양호한 즉, VIRGIN에 비하여 11.2℃높은 결과를 얻을 수 있었다.

또한 유전율 특성으로서 다른 유기화된 Nanoclay에 비하여 10A의 유전율이 가장 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업연구개발(R-2005-7-297) 연구비 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Toshikatsu.Tanaka, "Dielectric Nanocomposites with Insulating Properties", IEEE Transaction on Dielectric and Electrical Insulation, Vol. 12, No 5, 2005
- [2] T. J. Lewis, "Interfaces: nanometric dielectric", J.phys.D: Appl. Phys., Vol. 38, pp202-212 (2005)
- [3] T. J. Lewis, "Nano-Composite Dielectrics: The Dielectric Nature of the Nano-Particle Environment, IEEJ Trans. FM, Vol.126, No.11, pp.1019-1030, 2006
- [4] R.Sarathi, R.KSahu, P.Rajeshkymar, "Understanding the thermal mechanical and electrical properties of epoxy nanocomposites", Materials Science and Engineering A 445-446(2007)567-578