

분산 시간에 따른 Epoxy/SiO₂ 나노복합재료의 분산특성

안준호, 박재준*
홍익대학교, 중부대학교*

Properties of Dispersion in Nanocomposite by Stirring Time of SiO₂ in Epoxy Resin

Joon Ho Ahn, Jae-Jun Park*
Hongik Univ., Joongbu Univ.*

Abstract : 고전압 전기기기의 열화는 여러 가지 요인에 의해 발생한다. 따라서 여러 환경 요인에 영향을 비교적 적게 받는 절연재료 개발에 의한 절연성능 향상은 그동안 많은 연구자들의 관심의 대상이 되어왔다. 최근 고분자 수지 내에 나노 크기의 충전제를 혼합하여 절연성능 및 기계적, 열적 특성을 향상시키는 연구가 점차 활성화되고 있다. 그러나 나노 크기 입자의 활용은 분자단위 크기의 입자가 가지는 Van der Waals력의 문제로 인하여 전기기기의 절연재료로 활용하기에는 어려운 점이 나타나고 있다. 본 논문에서는 에폭시/SiO₂ 나노복합재료를 제조하여 분산시간에 따른 입자의 분산 상태를 살펴보았다.

Key Words : Sillicate, nano particle, nanocomposite, dispersion, epoxy resin

1. 서 론

고전압 전기기기는 고전압 특성 상 열화로 인한 사고 및 고장 위험성이 언제나 존재하게 된다. 따라서 전기기기의 수명을 결정하는 전기재료의 절연성능 향상은 꾸준히 관심의 대상이 되어 왔다. 20세기 중반 고분자 복합재료의 개발로 인하여 전기기기의 사용연한이나 신뢰성도 크게 향상되었고, 계면활성제를 이용한 무기물 충전제와 유기물 구조간의 계면결합력을 증대시켜 복합재료의 전기 절연성 및 제반 특성을 향상시켰다.

그러나 이러한 전기절연성 및 기계적, 열적 특성의 향상에도 불구하고 언제나 외부환경에 노출되어 있고, 가혹한 운전조건에 놓여있는 고전압 전기기기는 열악한 사용 환경으로 인하여 예정수명보다 쉽게 열화 되는 특성을 보이고 있다. 또한 기기의 연속기동에 의해 고온에서의 계속적인 사용 환경은 복합재료의 계면활성제 자체의 변질로 인하여 계면특성이 크게 저하되어 절연특성에 많은 영향을 끼치게 된다. 또 0.1~0.5 wt%의 수용액 상태의 계면활성제는 농도, 처리량, 처리방법과 처리의 비균질성이 약점으로 작용하여 전기적, 기계적 특성의 나빠지는 현상도 보고 되고 있다.[1]

따라서 보다 나은 전기절연성 향상과 제반 특성의 향상을 위해서는 현재 사용하는 충전제보다 더 넓은 비표면적을 갖는 나노 크기의 충전제의 활용이 반드시 필요하게 되었으며, 이들의 계면특성에 대한 연구가 필요하게 되었다. 그리고 나노 크기의 충전제를 통하여 훨씬 조밀한 결정으로 인하여 분자간의 높은 조직결합력으로 인하여 전기절연성 및 제반 특성의 향상을 가져올 것으로 예측할

수 있다.

그러나 나노 크기의 충전제를 사용한 시료의 제작은 시료의 크기의 미세화로 인한 Van der Waals력의 증가로 인하여 입자의 고른 분산이 중요한 과제로 떠오르고 있다.[2] 또 시료의 고르지 못한 분산은 충전제의 뭉침 현상이 나타남으로써 전기절연성 저하 및 기계적 강도의 약화를 가져오게 된다. 따라서 나노 입자의 크기의 균일성은 시료의 제반 특성에 큰 영향을 끼치게 된다.

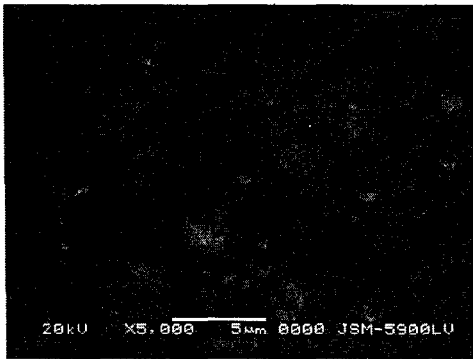
나노 충전제를 이용한 나노복합재료의 제조에는 분산을 위해 여러 가지 방법들이 사용되고 있다. 가장 보편적인 방법으로는 Stirring 방법이 있고, 경우에 따라 Ultrasonic을 이용한 방법과 전기장을 이용한 방법도 다양하게 이용되고 있는 실정이다. 하지만 에폭시에서의 Ultrasonic을 이용한 분산은 에폭시 특유의 특성으로 인하여 그다지 효과적이지 못하다. 또한 전기장을 이용한 분산처리는 아직도 연구가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 나노 크기의 충전제를 시간에 따른 Stirring 조건에서 분산시켜 분산 정도를 살펴 보았다.

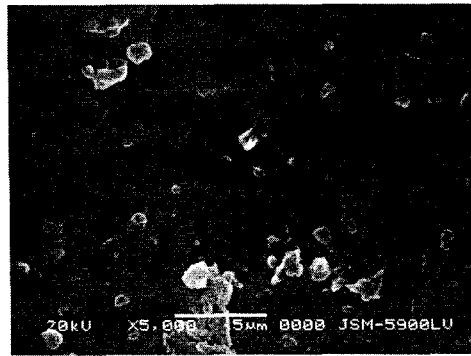
2. 실험

본 연구에 사용된 시료의 구성은 정도화성의 EXR225를 사용하였고, 경화제로는 같은 회사의 EXH225를 10:9의 비율로 혼합하여 에폭시 주제를 제조하였다. 또한 충전제로 사용된 SiO₂의 크기는 500 nm ± 0.5의 크기로 나타났고, 평균 직경은 547 nm였다. 평균 직경과 입자의 크기는 Shimadzu 사의 SALD-2001 장치를 이용하여 측정하였다.

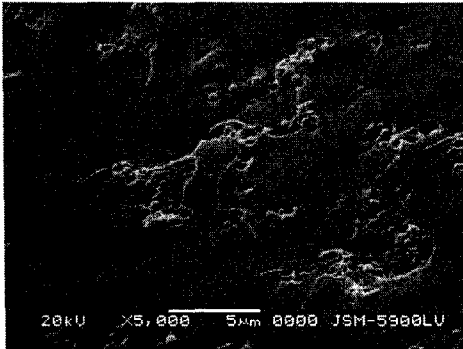
실험은 먼저 에폭시 주제와 경화제, SiO₂ 분말을 적정한 무게비로 혼합한 후, 입자의 고른 분산을 위해 각각 1, 2, 3, 4시간 동안 교반기를 통하여 교반하였다. 교반을 마친



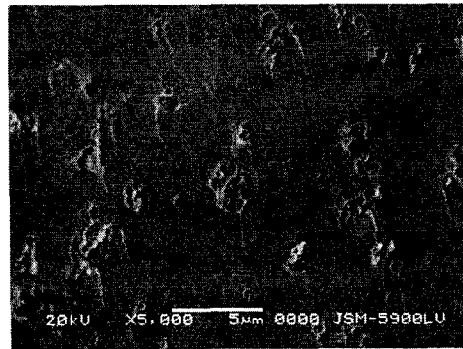
(a) 1시간



(b) 2시간



(c) 3시간



(d) 4시간

그림 1. Stirring 시간에 따른 에폭시/SiO₂ 나노복합재료의 SEM 사진.

후, 금형에 혼합액을 골고루 붓고 150℃에서 3시간 동안 경화시켰다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 에폭시 수지에 SiO₂를 5wt% 혼합하여 제조된 나노복합재료의 SEM 사진이다.

(a)와 (b)는 각각 1시간과 2시간 Stirring하였을 때의 SEM 사진이다. 그림에서 보는 바와 같이, 1시간에 비해 2시간 Stirring 하였을 때 보다 고른 분산을 보이는 것을 볼 수 있었으며, 1시간 Stirring하였을 때가 2시간 Stirring 하였을 때보다 입자의 뭉침 현상이 보다 더 많이 분포한 것을 볼 수 있다. 이는 분산에 필요한 적절한 Stirring 시간이 필요하다는 것을 알 수 있으며, 2시간 이상에서는 시료의 상태에서 큰 차이를 보이지 않았다.

또한 그림 1의 (c)와 (d)는 3 및 4 시간 Stirring한 시료의 파단면을 보여주는 SEM 사진이다. SEM에서 나타나듯 Stirring 시간이 길어져도 파단면에 나타난 SiO₂의 뭉침현상은 사라지지 않았다. 이는 나노 크기의 충전제를 물리적인 분산처리만으로는 에폭시 내에 적절히 분산되지 않는 것을 의미한다.

따라서 분산에 필요한 화학적 분산제의 사용이 필요한 것으로 보이며, 분산제의 사용으로 인한 고분자 기지 내에서의 계면 결합의 문제도 함께 해결해야 할 것이다.

4. 결론

에폭시 수지 내 나노 크기의 SiO₂ 충전제를 혼합한 나노복합재료를 제조하여 Stirring 시간에 따른 분산 정도를 살펴보았다. 각각 1, 2, 3, 4시간 동안 Stirring 한 결과, 전체적인 분산정도는 나노크기 충전제의 반데르발스력에 의해 뭉침현상이 발생한 것을 알 수 있었으며, 2시간 이상의 Stirring 시간 이후는 어느 정도 비슷한 분산 정도를 나타내는 것으로 나타났다. 향후 물리적인 분산처리 뿐만 아니라 화학적인 분산제를 활용한 분산처리가 필요한 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 김순태, 황영한, 박홍대, 엄무수, 이규철, 이종호, "유리섬유/에폭시 복합절연재료의 계면 접착력 개선에 관한 연구(2)", J.KIEEME, Vol.8, No.4, pp.343, 1996.
- [2] T. Tanaka, G.C. Montanari and R. Mülhaupt, "Polymer Nanocomposites as Dielectrics and Electrical Insulation-perspectives for Processing Technologies, Materials Characterization and Future Applications", IEEE. Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 11, No.5, 2004.