

Nano and micro-filler SiO₂ 혼합비에 따른 Epoxy 수지의 절연파괴 특성

한현석, 김정식, 최현민, 이혁진, 조경순*, 신종열**, 홍진웅
 광운대학교, *서일대학, **삼육대학교

Abstract : In this study, Nano and micro-filler mixture composites were fabricated by fixed value of SiO₂ nano-filler 0.4 [wt%] according to increase of SiO₂ micro-filler [wt%] from 1 to 10. Composites with a good dispersion of mixed SiO₂ Nano and micro-particles in the epoxy resins were prepared and experiments were performed to measure the dielectric breakdown strength properties with various temperature and thickness. The dielectric strength properties are compared and analyzed with respect to nano/micro-composites filled with SiO₂ fillers less than properties obtained for nanocomposites.

Key Words : Dielectric breakdown, SiO₂, Nano, micro, Epoxy

1. 서론

본 연구에서는 전반적인 전기 산업의 추구하고 있는 재료의 비용절감과 전력변성 기기의 절연 및 각종 부품의 몰딩에 사용하는 epoxy 수지의 절연성능을 향상시키기 위하여 아무것도 넣지 않은 기본 에폭시 수지보다 우수한 전기적 특성을 확인한 0.4 [wt%] 나노수지에 마이크로 SiO₂ filler의 첨가량을 변화시켜 혼합한 복합재료를 만들어 물성분석과 절연파괴 실험을 통해서 전기적인 특성을 확인하였다.

2. 실험

비스페놀 A형 YD-128 에폭시 수지, HN-2200 경화제, Aerosil200의 12 [nm] 나노, 7 [μm] 마이크로 SiO₂를 기본 조성으로 하고, 원시료에 나노 SiO₂를 혼합한 후 1 [wt%]에서 10 [wt%]의 비율의 첨가량에 따른 마이크로 SiO₂를 다시 혼합하여 제조하였다. composites를 완성한 후 절연파괴강도의 측정은 고전압 발생기를 사용하여 측정하였다. frequency 60Hz ac high voltage를 step 인가법을 이용하여 1 [kV/s]로 절연파괴가 일어날 때 까지 승압하였다.

3. 결과 및 검토

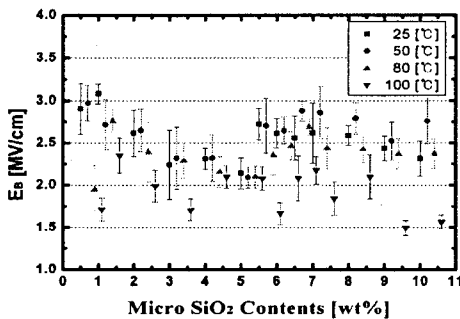


그림 1. micro 첨가량에 따른 Dielectric strength의 변화

그림 1은 첨가량의 변화에 따른 절연파괴강도를 정리한 것으로, 고정된 nano-filler 0.4 [wt%]에 micro-filler의 첨가량이 증가함에 따라 절연파괴 강도가 소폭 감소를 보이다가 5.5 [wt%]부분에서 약간의 상승이 있다가 다시 감소함을 확인할 수 있었다. 아래 표 1은 파괴확률이 0.01, 0.1, 1, 20 [%]일 때, 온도에 따른 허용파괴강도를 나타낸 것이다.

모든 시료에서 파괴확률이 20 [%]로 할 때 허용파괴강도가

표 1. Nano + Micro 첨가량에 따른 허용파괴강도 (80 [°C])

Micro [wt%]	E _{ave}	σ	breakdown probability [%]			
			0.01	0.1	1	20
1	2.73	0.13	1.78	1.99	2.23	2.59
2	2.39	0.36	0.57	0.82	1.17	1.90
3	2.29	0.21	0.91	1.15	1.45	1.98
4	2.16	0.19	0.99	1.22	1.49	1.97
5	2.10	0.13	1.10	1.30	1.53	1.91
5.5	2.35	0.23	0.96	1.22	1.55	2.14
6	2.49	0.19	1.21	1.47	1.78	2.30
6.5	2.69	0.10	1.88	2.05	2.25	2.54
7	2.43	0.25	0.97	1.24	1.59	2.21

오차 범위 내에 존재함을 확인할 수 있으며, 이것은 파괴 확률이 20 [%]까지 기기설계에서 안정적인 파괴강도임을 의미하고 그 이상 파괴확률이 증가하면 오차 범위를 벗어나 안정성에 문제가 발생할 것으로 사료된다.

4. 결론

nano/micro SiO₂ 혼합비에 따른 epoxy 수지의 절연파괴 특성을 분석한 결과 maximum peak value는 25 [°C]의 1 [wt%], 50 [°C]의 0.5 [wt%]에서 가장 높았다. micro 0.5 [wt%], 5.5 [wt%], 6.5 [wt%]의 추가실험을 통해 nano and micro composites의 insulating strength의 maximum peak value를 확인할 수 있었으며 nano and micro composites의 dielectric strength는 온도의 변화에 따라 80 [°C]이상 영역에서는 절연파괴강도가 감소함을 확인하였고, 절연파괴전압의 편차가 줄어들어 보다 안정적인 평균 파괴강도를 얻을 수 있음을 확인하였다. 시료에서 파괴 확률을 20 [%]로 가정하면 허용파괴강도가 평균파괴강도의 오차 범위 내에 존재함을 확인할 수 있었으며, 이것은 파괴 확률이 20 [%]까지 기기절연설계에서 안정적인 파괴강도임을 확인하였다.

감사의 글

본 과제 결과물은 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지 자원이력양성사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

[1] S. Singha and M. Joy Thomas, "Dielectric Properties of Epoxy Nanocomposites", IEEE, Vol.15, No.1, p12. 2008.