

입자강화 나노복합재의 기계적 특성

하성록*(경희대 대학원 기계공학과), 이경엽(경희대 테크노공학대학)

Tensile properties of clay reinforced nanocomposites

S. R. Ha(Mech. Eng. Dept., KHU), K. Y. Rhee(Mech. Eng. Dept., HKU)(Times New Roman 10pt)

ABSTRACT

It is well-known that the mechanical properties of MMT (montmorillonite) nanocomposites are better than those of conventional composites. One of problems in fabricating MMT nanocomposites is a dispersion of nanoparticles in the composites. In this study, tensile tests were performed using universal testing machine to determine the effect of clay reinforced on the MMT/epoxy nanocomposites. It was found that the elastic modulus of nanocomposites was higher than that of pure epoxy irrespective of surface modification. Because MMT clay had Strain of nanocomposite as a result of reinforced effect

Key Words : MMT/epoxy(MMT/에폭시), Nanocomposite(나노복합재), Tensile properties(인장특성)

1. 서론

입자강화복합재는 기존의 철강재료보다 무게가 가볍고 내부식성, 내마모성 및 강도가 우수하고 외부 하중에 대한 변형이 적은 장점을 가지고 있다. 또한 제작방법에 따라 특성을 조절할 수 있으며 원하는 모양으로 가공이 용이하다. 최근 들어 자동차, 항공, 선박 등 고부가가치 산업에 활용이 증가하고 있다. 그러나 입자강화복합재는 입자의 응집으로 균일한 물성이 나타나지 않고 입자와 기지재사이의 층간 분리 현상이 일어나는 문제점이 있다.

최근들어 이러한 문제점을 개선할 수 있는 방법으로 clay/고분자 나노복합재가 각광을 받고 있다. clay/고분자 나노복합재는 1987년 일본의 Toyota 연구진이 나일론 단량체를 실리케이트 층 사이에 삽입을 시켜 층간거리가 증가하는 박리현상을 보고한 이후 많은 연구자에 의하여 연구되어지고 있다.[1-4]

clay/고분자 나노복합재는 clay량을 기존의 방법보다 훨씬 소량만 사용하여도 입자강화복합재에서 얻기 힘든 물성을 얻을 수 있다. 그 이유는 점토입자가 기지재에 나노미터 간격으로 균일하게 분산되고 점토입자층 사이에 기지재가 삽입되어 점토입자와 기지재의 접촉면적이 커져 표면에너지가 증가되기 때문이다.

현재까지 clay/고분자 나노복합재에 대한 연구는 고분자기지재와 나노복합재의 강도특성비교와 기지재 종류에 따른 인장특성변화에 대한 연구로 이루어져 있다. 예를 들면 Daniel 등[5]은 순수에폭시보다 clay (MMT, Montmorillonite)의 중량비를 5wt%로 하여

MMT/에폭시 나노복합재를 제작하였을 때 탄성계수가 50%이상 증가함을 발표하였고, Tjong 등[6]은 MMT/폴리아미드(PA) 나노복합재의 기지재인 폴리아미드의 변화에 따라 탄성계수가 116% 증가한다는 것을 발표하였다. 한편 clay/고분자 나노복합재의 사용의 증대를 위해서는 clay의 중량비 따른 물성특성 연구가 필요하지만 이에 대한 연구는 미흡한 상태이다.

따라서 본 논문에서는 MMT/에폭시 나노복합재에 있어 MMT의 중량비 변화에 따른 기계적 특성에 대해 연구하였다. 이를 위해 순수에폭시 및 MMT의 중량비를 3 단계로 변화를 주어 나노복합재를 제작하여 인장시험을 수행하였다. 이로부터 MMT/에폭시 나노복합재의 탄성계수 변화를 검토하였다.

2. 시편제작 및 실험 방법

본 연구에 사용된 재료는 MMT (Southern Clay, Na⁺-MMT)와 에폭시(DGEBA, YD-115)를 사용하였다. 이때 MMT 질량비를 3 단계(2 wt%, 4 wt%, 6 wt%)로 하여 나노복합재를 제작하였다. 시편제작을 위해 MMT와 에폭시를 1시간동안 교반한 후 경화제를 첨가하여 다시 2분간 교반시켰다. 이를 mold에 부어 오븐에 넣고 110℃에서 24시간동안 경화시켜 MMT/에폭시 나노복합재를 제작하였다.

제작된 나노복합재로 인장시험을 ASTM D638 에 따라 각각 수행하였다. 이때 인장시편은 두께가 6.0 mm, 양끝단 및 가운데 폭이 15.0 mm, 8.0 mm으로 가공하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 인장시편의

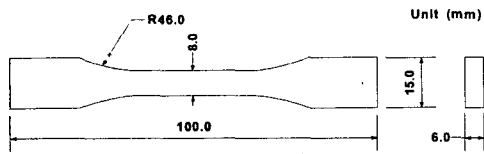


Fig. 1 Schematic diagram of tensile specimen.

형상을 나타낸 것이다.

인장시험은 만능재료시험기(INSTRON 8871)를 이용하여 수행하였으며, 이때 1 mm/min의 일정한 변형률로 수행하였다. 본 연구에서는 실험결과의 유사성을 위하여 최소한 세 번이상의 실험을 반복수행하였다.

3. 결과 및 검토

MMT/에폭시 나노복합체는 MMT의 중량비에 영향을 받는다. 특히 MMT의 중량비가 증가할수록 기계적 특성이 달라지는 것으로 알려져 있다. Fig. 2는 순수에폭시 및 MMT의 중량비에 따른 탄성계수 값을 나타낸 것이다. Fig 2에 나타나있듯이 탄성계수 값은 MMT 중량비가 증가함에 따라 증가한다. 구체적으로 순수에폭시 및 MMT 중량비 6 wt%에서 탄성계수 값은 각각 1.67 MPa에서 2.27 MPa로 35% 이상 증가한다. 이와같이 순수에폭시 및 MMT 중량비가 증가함에 따라 탄성계수 값이 증가하는 현상은 전형적인 섬유강화 복합재에서의 현상과 동일할 것으로 판단된다. 왜냐하면 나노복합재에 가해진 하중은 지지체인 에폭시를 통하여 고탄성률의 MMT로 전달되고 MMT는 전달된 힘에 저항하여 결과적으로 나노복합재의 변형을 억제시키는 역할을 한다. 또한 MMT의 중량비가 증가할수록 MMT에 의한 강화 현상이 더욱 많이 곳에서 진행되기 때문이다. 한편 MMT 중량비가 2 wt%일 때 탄성계수 값이 감소하는 현상은 MMT의 분산성이 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이를 정확하게 규명하기 위해서는 TEM 등을 통한 나노복합재의 분산성에 대한 해석이 필요하다. 이는 추후의 논문에서 다룰 예정이다.

4. 결론

입자강화 나노복합재의 기계적 특성을 확인하기 위해 순수에폭시 및 MMT/에폭시 나노복합체를 제작하였고 제작시 MMT의 중량비를 3 단계로 변화를 주어 경도 및 인장시험을 수행하였다. 이로부터 MMT의 중량비에 따른 기계적 특성을 검토하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 순수에폭시 및 MMT 중량비가 6 wt%로 증가하면

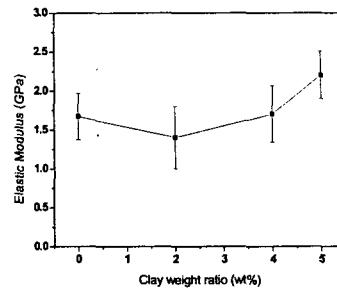


Fig2. Elastic modulus change of MMT/epoxy nanocomposites as a function of weight ratio at MMT clay

탄성계수 값은 35% 이상 증가한다.

2) 순수에폭시 및 MMT 중량비가 증가함에 따라 탄성계수 값이 증가하는 원인으로서는 MMT가 강화재로 작용하여 나노복합재의 변형을 억제하고 MMT의 중량비가 증가하면 MMT의 강화현상이 증가되는 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (과제번호 R01-2005-000-10388-0)의 지원으로 연구되었으며, 이에 사의를 표합니다.

참고문헌

1. X. Liu, Q. Wu, "PP/clay nanocomposites prepared by grafting-melt intercalation", *Polymer*, vol. 42, pp. 10013-10019, 2001.
2. A.S. Zerda, A. J. Lesser, "Intercalated clay nanocomposites: morphology, mechanics, and fracture behavior", *J. polymer science:part B*, vol. 39, pp. 1137-1146, 2001.
3. L.L. Pluart, J. Duchet, H. Sautereau, "Epoxy/montmorillonite nanocomposites: influence of organophilic treatment on reactivity, morphology and fracture properties", *Polymet*, vol. 46, pp.12267-12278, 2005.
4. Yasmin, A., Abot, J., L. Daniel, I. M., "Processing of Clay/Epoxy Nanocomposites With a Three-Roll Mill Machine", *Materials Research Society symposia proceedings*, vol. 740, pp. 75-80, 2003.
5. Daniel, I. M., Miyagawa, H., Gdoutos, E. E., Luo, J. J., "Processing and Characterization of Epoxy/Clay Nanocomposites", *Experimental mechanics*, vol. 43, pp.348-354, 2003.
6. Tjong, S.C., Bao, S. P., "Preparation and nonisothermal crystallization behavior of polyamide 6/montmorillonite nanocomposites", vol. 42, pp.2878-2891, 2004.