

MMT 에폭시 나노복합재의 마모특성 wear properties of MMT epoxy nanocomposites

*조성만¹, 하성록¹, #이경엽²

*S. M. Cho¹, S. R. Ha¹, #K. Y. Rhee(rheeky@khu.ac.kr)²

¹ 경희대학교 기계공학과, ² 경희대학교 테크노공학부

Key words : MMT, Wear, Nanocomposite

1. 서론

많은 연구자들은 기존에 있는 다량의 섬유를 강화제로 사용하여 제작한 복합재가 아닌, 큰 면적비의 실리케이트 층으로 구성되어 있고, 소량만 사용하여도 큰 물성향상을 가지는 클레이를 강화제로 사용한 클레이/에폭시 나노복합재에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다[1-5].

클레이/에폭시 나노복합재는 기존의 철강재료보다 무게가 가볍고 내부식성, 내마모성 및 강도가 우수하다는 장점을 가지고 있으며, 제작방법에 따라 특성을 조절할 수 있고 가공이 용이하다.

클레이/에폭시 나노복합재의 기계적 물성에 대해서 많은 연구가 이루어지고 있다. 예를 들어, Daniel 등[6]은 순수 에폭시보다 clay (MMT, Montmorillonite)의 중량비를 5wt%로 하여 MMT/에폭시 나노복합재를 제작하였을 때 탄성계수가 50% 이상 증가함을 발표하였고, Tjong 등[7]은 MMT/폴리아미드(PA) 나노복합재의 기지체인 폴리아미드의 변화에 따라 탄성계수가 116% 증가한다는 것을 발표하였다. 그러나 클레이/에폭시 나노복합재의 마모특성에 대한 연구는 극히 미진한 상태이다. 마모는 접촉하면서 반복적으로 움직이는 물체에 있어서 매우 중요한 요소이고, 클레이/에폭시 나노복합재를 구조재로 활용하기 위해서는 반드시 클레이/에폭시 나노복합재의 마모특성에 대한 이해가 이루어져야 한다. 클레이/에폭시 나노복합재의 마모를 다루는데 있어 트리보필름은 매우 중요한 요소가 될 것이다. 트리보필름은 상대마모재 표면에 고분자입자가 응착되는 고분자 막으로써 고분자재료와 강한 상대마모재의 마찰 시 고분자재료의 마모 특성을 향상시켜주는 것으로 나노복합재에서도 트리보필름이 일부 연구자들에 의해 보고되고 있다.

따라서 본 연구에서는 나노복합재에 있어 MMT의 함량에 따른 트라이볼러지 특성을 이해하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 이를 위해 MMT의 중량비를 변화시킴으로써 중량비에 따른 MMT/에폭시 나노복합재의 마모특성에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 시편제작 및 실험방법

본 연구에 사용된 재료는 MMT (Southern Clay, Na+MMT)와 에폭시(DGEBA, YD-115)를 사용하였다. MMT의 양이온 교환능력 및 층간거리 등의 특성은 Table 1에 나타나 있다.

중량비를 4 단계(2, 4, 6, 10 wt%)로 하여 나노복합재를 제작하였다. 시편제작을 위해 MMT와 에폭시를 2시간동안 55°C에서 교반한 후 경화제를 첨가하여 다시 2분간 교반시켰다. 이를 mold에 붓고 진공오븐에서 760 mmHg의 진공상태에서 기포를 제거한 후 60°C에서 6시간동안 경화시

Table 1 Characteristics of Na+MMT used in this study

Treatment Properties:	Organic Modifier	Layer charge capacity	D-spacing
loisite	Na	2. meq 1 g clay	11.

켜 MMT/에폭시 나노복합재를 제작하였다.

제작된 나노복합재로 마모실험은 마모장비(MPD Friction & Wear Tester)를 이용하여 ASTM G99에 따라 수행하였다. 이때 마모거리, 허용하중 및 마모속도는 3251 m, 10 N 및 0.12 m/s으로 각각 고정하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 마모시편의 형상을 나타낸 것이다. 본 연구에서는 실험결과와의 유사성을 위하여 최소한 다섯번 이상의 실험을 반복 수행하였다.

3. 결과 및 검토

Fig. 2는 MMT/에폭시 나노복합재의 마찰계수를 나타낸 것이다. Fig. 2에서 알 수 있듯이 MMT/에폭시 나노복합재는 MMT의 중량비가 증가함에 따라 마찰계수 값이 감소함을 알 수 있다. 그러나 순수 에폭시에서 중량비 2wt%의 나노복합재에서는 마찰계수가 증가하였다.

MMT 중량비가 증가함에 따라 마찰계수가 변화하는 이유는 다음과 같다. 우선 소량의 MMT를 첨가한 나노복합재는 MMT가 강화제의 역할보다는 오히려 순수한 에폭시에 첨가된 불순물의 역할을 하게 된다. 그렇기 때문에 MMT의 중량비가 2wt%인 경우 마찰계수는 증가하게 된다. 그리고 MMT의 함량이 더욱 증가한 경우를 살펴보면, 나노복합재에 마찰력이 가해져서 마모가 진행되면 상대마모재에 마모필름이 생성되고, 이렇게 생성된 마모필름은 에폭시로 구성되어 있기 때문에 경도가 약하게 된다. 따라서 마모필름이 생성된 상대마모재는 나노복합재에 비하여 경도가 강한 물질에서 약한 물질로 변하게 되고, 나노복합재는 더 이상 상대마모재에 의한 마모가 일어나지 않게 되는 것이다.

4. 결론

MMT 중량비가 MMT 나노복합재의 마모특성에 미치는 영향을 규명하기 위해 MMT/에폭시 나노복합재를 이용하여 중량비를 4 단계로 변화시켜 MMT/에폭시 나노복합재를 제작하였고 이로부터 마모시험을 수행하였다. 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1) MMT의 중량비가 증가할수록 마찰계수는 감소한다. 특히 중량비가 10wt%인 경우 MMT/에폭시 나노복합재의 마찰계수는 2wt% 경우에 비해 70% 이상 감소한다.

2) MMT 중량비가 증가함에 따라 마찰계수가 감소하는 원인으로서는 마모필름이 생성된 상대마모재는 나노복합재에 비하여 경도가 강한 물질에서 약한 물질로 변하게 되고, 나노복합재는 더 이상 상대마모재에 의한 마모가 일어나지 않게 되는 것이다.

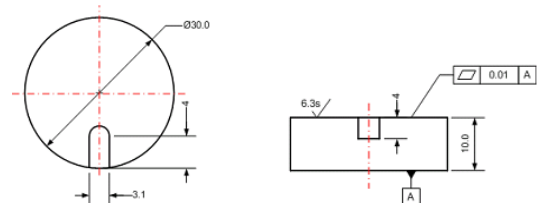


Fig. 1 Schematic diagram of wear specimen

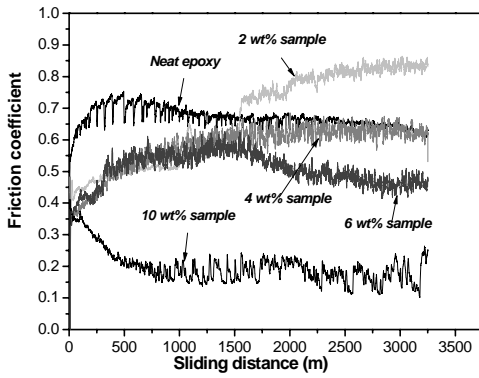


Fig. 2 The change of friction coefficient as a function of the wear distance at different MMT concentration levels.

후기

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

참고문헌

1. R. A. Vaia, H. Ishii, and E. P. Giannelis, Chem. Mater. 5, 1694 (1 3).
2. A. M. Shanmugaraj, K. Y. Rhee, and S. H. Ryu, J. Colloid Interface Sci. 298, 854 (2).
3. A. Liu, T. Xie, and G. Yang, Macromol. Chem. Phys. 207, 701 (2).
4. J. H. Park, and S. C. Jana, Macromol. 36, 2758 (2 3).
5. Y. Kojima, A. Usuki, M. Kawasumi, A. Okada, T. Kurauchi, and O. Kamigaito, J. Polym. Sci. A 31, 1755 (1 3).
6. 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.
7. Tjong, S.C., Bao, S. P., "Preparation and nonisothermal crystallization behavior of polyamide 6/montmorillonite nanocomposites", vol. 42, pp.2878-2891, 2004.