CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재료의 수분흡수 거동에 관한 연구

박지혜* · 윤성호*†

Moisture Absorption Behavior of CNT Reinforced Unsaturated Polyester Composites

Ji-Hye Park* · Sung-Ho Yoon*†

ABSTRACT

In this study, the moisture absorption behaviors of the CNT reinforced unsaturated polyester composites were investigated along with exposure temperature and time. The tensile properties of the specimens were evaluated to identify the effect of absorbed moisture on the mechanical properties. The exposure temperatures of 25 ℃ and 75 ℃ were considered and the exposure time up to 600 hours was applied. According to the results, moisture absorption rate was increased as CNT content and exposure temperature were increased. The rate of decrease in tensile strength of the CNT reinforced unsaturated polyester composites was reduced due to the reinforcing effect of CNT compared to the unsaturated polyester resin.

초 록

본 연구에서는 노출온도와 노출시간에 따른 CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재의 수분흡수 거동을 조사하고 흡수된 수분이 인장특성에 미치는 영향을 평가하였다. 이때 노출온도는 25℃와 75℃의 두 경우를 고려하였으며, 노출시간은 600시간까지를 고려하였다. 연구결과에 따르면 수분흡수율은 CNT의 함량과 노출온도가 높을수록 크게 나타났으며, 또한 인장강도는 CNT가 함유된 경우 CNT의 보강효과로 인해 노출시간에 따른 인장강도의 감소가 낮게 나타났다.

Key Words: CNT(탄소나노튜브), Unsaturated polyester composites(불포화 폴리에스터 복합재), Moisture absorption(수분흡수), Immersion test(침수시험)

1. 서론

불포화 폴리에스터는 열경화성 수지에 속하는 고분자 물질로 가격이 저렴하고, 가공과 성형이 쉬우며, 내화학성이 뛰어나 강화플라스틱용 수지로 널리 적용되고 있다[1]. 그러나 불포화 폴리에스터 수지는 에폭시 수지 등에 비해 내구성과 열안정성이 낮은 단점을 가지고 있기 때문에 이

* 금오공과대학교 기계공학과
† 교신저자, E-mail: shyoon@kumoh.ac.kr

를 보완하기 위해 기계적 물성과 열안전성이 뛰어난 탄소나노튜브(CNT)를 첨가하여 특성을 보완하려는 시도가 행해지고 있다. 특히 온도와 수분 등의 환경인자 영향을 고려한 불포화 폴리에스터 또는 CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재의 기계적 및 열적 특성을 정량적으로 평가하는 것이 매우 중요하다[2, 3].

본 논문에서는 CNT 강화 불포화폴리에스터 복합재의 수분흡수 거동을 조사하고 흡수된 수분이 인장특성에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 실험방법

2.1 시편제작

수분흡수 거동 평가를 위한 무게측정용 시편은 길이가 37mm, 폭이 8mm, 두께가 3.5mm가 되도록 제작하였다. 기계적 특성을 평가하기 위한 시편은 변형률을 용이하게 측정할 수 있도록 ASTM D638에 제시된 Type V 시편을 수정하여 전체 길이가 75mm, 게이지부 길이가 15mm, 게이지부 폭이 4mm, 두께가 3mm가 되도록 제작하였다.

2.2 수분흡수율 평가

CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재의 수분흡수 거동 평가를 위해 25℃와 75℃ 온도의 증류수가 들어 있는 수조에 시편을 침수시켰으며 침수시간은 600시간까지 고려하였다.

CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재의 수분흡수율은 식 (1)을 이용하여 평가하였다.

$$W(\%) = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \qquad (1)$$

이때 W_0는 수분환경에 노출되기 전의 무게이고 W_1은 수분환경에 노출된 후의 무게이다.

2.3 기계적 특성 평가 방법

수분과 온도 환경에 노출된 CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재의 기계적 특성을 평가하기 위해 하중시험장치(Zwick/Z100, Zwick)를 이용하여 변위제어 상태 하에서 1.0 mm/min의 하중을 가하였다. 노출시간에 따른 정규화 인장강도는 식 (2)를 이용하여 구하였다.

$$S = \frac{S_1}{S_0} \qquad (2)$$

이때 S_0은 수분환경에 노출되기 전의 인장강도이고 S_1은 수분환경에 노출된 후의 인장강도이다.

3. 결과

3.1 수분흡수 거동

그림 1에는 시편을 각각 25℃와 75℃의 수분환경에 노출시킨 경우 CNT 함량에 따라 노출시간에 따른 수분흡수율이 나타나 있다. 노출온도가 25℃인 경우 노출시간이 길어질수록 수분흡수율이 CNT 함량에 무관하게 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며, 노출온도가 75℃인 경우 25℃와 동일하게 노출시간에 따라 수분흡수율은 증가하지만 CNT 함량에 따른 증가량의 차이가 발생함을 알 수 있었다. 그리고 특정 노출시간 이후에는 수분흡수율은 다시 감소하는 경향을 보였는데 이는 복합재가 수분환경에 노출되면서 물 분자들이 빠르게 복합재 내부로 침투하여 흡수율이 증가하다가 복합재 내부의 미립자들이

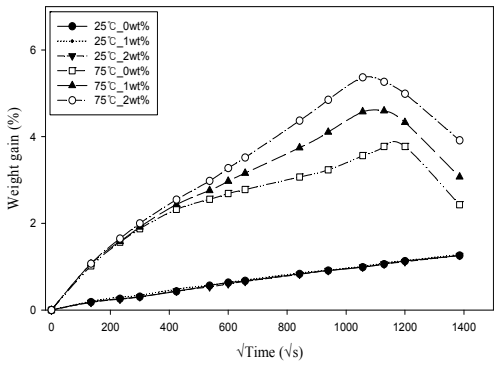

Fig. 1 Weight gain as a function of temperature.

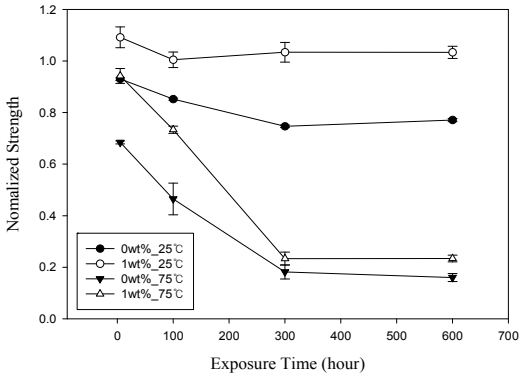

Fig. 2 Normalized tensile strength of the CNT reinforced polyester composites.

증류수에 녹아 나와 흡수율의 감소로 이어진 것으로 보인다[3]. 또한 노출온도가 75℃인 경우에는 CNT와 불포화 폴리에스터가 온도의 영향으로 팽창하게 된다. 이러한 경우 두 재료 사이에는 열팽창계수의 차이로 인하여 계면에 수분침투를 유발시킬 수 있는 결함이 발생하여 수분흡수량이 크게 나타난 것으로 보인다.

3.2 기계적 특성

그림 2에는 CNT 함유율이 0wt%과 1wt% 두 종류의 복합재에 대해 노출시간을 변화시키며 측정한 인장강도가 나타나 있다. 여기에서 보면 25℃의 노출온도에서 1wt%의 경우에는 인장강도의 저하가 거의 나타나지 않았으며 0wt%의 경우 노출 전에 비해 22.9% 감소함을 보였다. 75℃에 600시간을 노출시켰을 때 0wt%의 경우 인장강도가 노출 전에 비해 83.5%, 1wt%의 경우에는 76.8% 감소함을 보였다. 이는 25℃와 75℃의 수분환경에 노출된 시편이 노출시간이 길어질수록 표면에서부터 열화현상이 생기기 시작하여 인장강도를 저하시키는 것으로 보인다. 또한 수분환경에서 CNT가 보강된 시편이 순수 불포화 폴리에스터보다 인장강도의 감소가 낮은 것은 CNT가 불포화 폴리에스터 내에서 보강재 역할을 해 주기 때문이다.

4. 결론

CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재료의 수분흡수 거동에 관한 분석을 통해 CNT 함량이 증가함에 따라 수분흡수율이 증가하고, 상온보다 고온에서의 수분흡수율이 더욱 크게 나타났다. 또한 수분환경에서 CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재가 CNT가 함유되지 않은 불포화 폴리에스터보다 인장강도의 감소가 낮게 나타났다. 이를 미루어 판단하면 CNT 강화 불포화 폴리에스터 복합재에서 CNT는 불포화 폴리에스터를 보강하는 역할을 하는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Strong, A.B., Fundamentals of composites manufacturing: materials, methods and applications, 2nd ed., Society of Manufacturing Engineers, 2008.

2. Dhakal, H.N., Zhang, Z.Y., Richardson, M.O.W., “Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites,” Composites Science and Technology, Vol.67 No.7-8, 2007, pp.1674-1683.

3. Rouison, D., Couturier, M., Sain, M., MacMillan, B., Balcom, B.J., “Water Absorption of Hemp Fiber/Unsaturated Polyester Composites,” Polymer composites, Vol.26 No.4, 2005, pp.509-525