

# 공정조건에 따른 CNT의 분산 특성 연구

## Study of dispersion of Multi-Walled Carbon Nanotubes with Injection Molding Process Condition

\*김철민<sup>1</sup>, 서재원<sup>2</sup>, #유영은<sup>1</sup>, 최두선<sup>1</sup>, 김선경<sup>2</sup>, 정찬영<sup>3</sup>

\*C. M. Kim<sup>1</sup>, J. W. Seo<sup>2</sup>, #Y. E. Yoo(yeyoo@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, D. S. Choi<sup>1</sup>, S. K. Kim<sup>2</sup>, C. Y. Jung<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 나노공정장비연구실, <sup>2</sup>서울과학기술대학교 제품설계금형공학과, <sup>3</sup>나노미래

Key words : carbon nanotubes, injection molding, dispersion, SAXS(Small angle X-ray scattering)

### 1. 서론

탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)는 1991년 Iijima에 의해 발견되어[1], 이후 합성, 정제, 개질, 분산기술과 관련된 연구결과와 함께 전기적, 물리적, 기계적, 화학적인 물성의 우수한 특성으로 나노복합재료 분야에서의 이상적인 충전재료로의 활발한 연구가 진행되고 있다. 전도성 복합재료로서 요구되는 전기 전도도를 나타내기 위하여 기존의 탄소계 전도성 충전제는 수 십% 수준의 많은 충전량이 요구되었으나 탄소나노튜브는 형상비(길이/직경비)가 매우 높아 복합체 내에서 균일한 분산이 이루어졌을 경우 적은 충전량(다중벽 탄소나노튜브의 경우 2~5 wt%)으로도 요구되는 전도성을 충족시킬 수 있다[2]. 하지만 탄소나노튜브는 튜브 간의 강한 반데르발스 상호작용으로 인해, 3차원적인 네트워크 형성을 방해한다. 따라서 탄소나노튜브를 효과적으로 매트릭스 내에 분산시키는 것이 중요한 과제이다. 일반적으로 탄소나노튜브는 비극성 고분자인 폴리프로필렌(polypropylene, PP) 매트릭스에서와는 달리 극성 고분자인 폴리카보네이트(polycarbonate, PC) 매트릭스에서 분산이 용이한 것으로 잘 알려져 있다[3, 4].

이번 연구에서는 사출성형 공정 조건에 따른 polycarbonate 매트릭스에서의 탄소나노튜브 분산 특성에 대하여 소각 X-선 산란(SAXS) 장비를 이용하여 측정하였다.

### 2. 실험

#### 2.1 실험장비

시편 제작에는 Sumitomo사의 전동식 소형 정밀 사출압축 성형기(se50d)를 사용하였으며, 기기 사양은 형체력 50 ton, 최대성형압력 2760 kgf/cm<sup>2</sup>, 최대사출속도 340 mm/s, 금형열림 최대거리 250 mm 이다. 시편은 인장시편 형태로 제작하였으며 성형 조건을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Injection molding operational conditions

금형온도	냉각시간	가소화온도	핫러너 설정온도
80 °C	25 s	315 ~ 280 °C	300 °C

소각 X-선 산란은 Bruker사의 소각과 광각 X-선 산란분석기(GADDS)(Cu K $\alpha$ ,  $\lambda=1.5406 \text{ \AA}$ )를 사용하였으며, 작동 조건 40 kV, 45 mA에서 회절각(2 $\theta$ ) < 9°, 0.002°의 스텝으로 하여, 노출시간 3600 s로 측정하였다.

#### 2.2 재료

시편제조에 사용된 소재는 나노미래사에서 제조한 다중벽 탄소나노튜브를 혼합한 수지이며 제작된 시편의 특성에 대해 Table 2에 나타내었다. A1, C1 시편의 경우 동일 공정으로 제작되었고, T3 시편의 경우 사출 시진동 충전 공정을 적용하였다.

소각 X-선 산란 측정 시 A1 시편과 C1 시편은 게이트가 존재하는 면에 수직방향으로 X-선을 주사하여 측정하였고, T3 시편의 경우 인장시편의 두께(3.2 mm)와 동일하게 시편을 얇게 잘라 사출 시 수지가 흐르는 방향으로 X-선을 주사하여 측정하였다. 시편의 측정위치에 대하여 Fig. 1에 나타내었다.

Table 2. Sample specifications

샘플명	시료 특성	게이트 수	측정위치
A1	PC/CNT 1.5wt% , Glass Fiber 15wt%	1	㉠, ㉡
C1	PC/CNT 5wt%	1	㉠, ㉡
T3	PC/CNT 5wt% 사출 시 진동 충전 공정 적용	2	㉢, ㉣

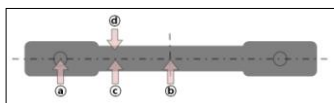


Fig. 1 Measurement positions of sample

### 3. 결과 및 분석

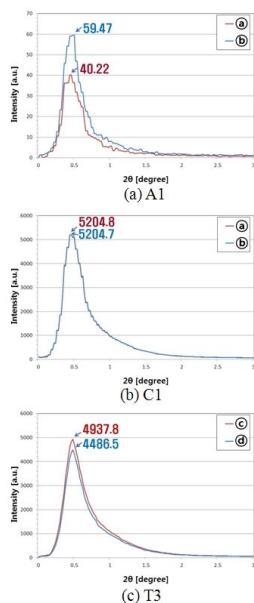


Fig. 2 SAXS curves for sample

소각 X-선 산란 측정결과를 Fig. 2 에 나타내었다. 같은 공정을 사용하여 제작된 시편의 탄소나노튜브 함유량에 따라 intensity 차이가 매우 크게 나타났다. 탄소나노튜브 1.5 wt%를 함유한 A1 시편과 5 wt%를 함유한 C1 시편의 경우 약 100 배 정도의 차이를 보였다. 위치 별 측정 결과 A1 시편은 약 30% 정도의 intensity 차이가 나타났고, C1 시편의 경우 측정 위치에

따른 차이는 없었다. 이는 탄소나노튜브의 분산이 잘 된 것으로 판단된다. 공정에 따른 분산도 차이가 없다고 가정한다면 측정장비의 탄소나노튜브 함량에 대한 분석능을 파악하기 위한 추가 실험과, 시편의 다른 위치에서의 측정, 그리고 Glass Fiber 의 첨가가 미치는 영향에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

동일한 탄소나노튜브 함량을 가진 C1 과 T3 시편의 측정결과 진동 충전 공정을 사용한 T3 시편의 경우 intensity 가 상대적으로 낮게 나왔으며, 측정 위치에 따라 약 10% 정도의 차이를 보였다. 추후 두 시편의 동일한 위치에서 측정 결과를 비교하여야 할 필요성이 있다.

### 4. 결론

소각 X-선 산란을 측정하여 시편의 위치 별 탄소나노튜브의 함유량을 비교하는 방법으로 다양한 사출 공정에 따른 polycarbonate 매트릭스 내 탄소나노튜브의 분산 정도를 파악하는 연구를 수행하였다. 지금까지 얻어진 결과를 종합해 보면, polycarbonate 매트릭스에서의 탄소나노튜브 함유량에 따른 분산 정도 차이가 매우 크며, 진동 충전 공정의 경우 탄소나노튜브의 분산이 잘 되지 않는 것으로 판단된다.

### 후기

본 연구는 지식경제부의 WPM(World Premier Materials)사업으로 진행 중인 “에너지 절감용 고방열 나노복합소재 개발” 과제의 지원으로 수행 되었습니다. 관계자의 노고에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Iijima, S., Nature, **354**, 56, 1991.
2. Schlechter, M., “Conductive Polymers,” BCC Report, Report ID:PLS043A, 2003.
3. B. Lin, U. Sundararaj, and P. Pötschke, Macromol. Mater. Eng., **291**, 227-237, 2006.
4. Samaneh Abbasi, Abdesslem Dourdour, Pierre J. Carreau, Polym. Eng. Sci., **51**, 992, 2011.