

사출 성형 조건에 따른 전도성 고분자 복합소재 물성에 관한 연구

A Study on the mechanical properties of conductive polymer composite for different molding conditions

*서재일¹, 최두선², #유영은², 김선경¹, 정찬영³

*J.W.Seo¹, D.S.Choi², #Y.E.Yoo²(yeyoo@kimm.re.kr), S.K.Kim¹, C.Y.Jung³

¹ 서울과학기술대학교 NID융합대학원, ²한국기계연구원 나노공정장비연구실, ³나노 미래

Key words : Injection Molding, CNT(carbon nanotube), Injection rate, conductive polymer composite material

1. 서론

최근 나노 고분자 복합재료(nano polymer composite)중 CNT 고분자 복합소재(CNT polymer composite)는 뛰어난 치수 안정성, 기계적 강도, 전기적인 특성을 가지고 있어 첨단 기술 및 여러 분야에 그 중요성이 증가 하고 있다. CNT 복합소재는 전도성을 가지는 보강재를 이용한 복합 소재화를 통해 전도 특성의 구현이 가능하게 되었으며 소재의 내열성 및 내 화학성과 같은 고분자 고유의 성질을 유지 하면서도, 뛰어난 정전기 방지 특성을 보유한 전기 전도성 고분자 소재이다.

전도성 고분자 복합소재(conductive polymer composite material)는 금속 소재 세라믹 소재의 입자나 carbon black, graphite 등 탄소 계열 소재를 이용하여 개발되어 왔으나, 물성 및 가공성의 한계 등으로 소재의 확대 적용에는 많은 제한이 있었다. 그러나 최근 개발된 CNT 고분자 복합소재의 경우 전도 특성 및 기계적 특성 뿐만 아니라 성형성이 우수하여 전기기기 하우징, 가정용 잡화, 자동차 내장부품, 정전기 방지 제품 및 방열 부품 등 다양한 응용 분야로의 적용 가능성이 커지고 있어 향후 상용화에 대한 기대가 크게 증가하고 있다.

본 연구에서는 CNT 고분자 복합소재를 이용하여 CNT의 함량 및 사출 성형 조건에 의한 성형된 제품의 물성에 대한 영향을 실험을 통해 분석 하였다.

2. 전도성 고분자 복합소재 및 사출성형 장비

본 실험에서 사용한 CNT 고분자 복합소재는 Polycarbonate(삼양사 TRIEX 3022IR)에 CNT 및 유리섬유가 혼합된 것을 사용하였다. Table 1에 나타난 바와 같이 CNT의 함량 및 종류가 다른 서로 다른 세 소재를 사용하였다. 소재의 물성 평가를 위해서 Fig 1과 같이 인장 및 충격 시편 제품을 성형 할 수 있는 핫 러너가 적용된 금형을 제작 하였다. 인장 및 충격 시험을 위한 시편 형상/크기 및 시험 방법은 ASTM D638 및 ASTM D256을 참조하였다.

사출성형기는 스미토모(Sumitomo)사의 전동식 사출성형기(SE50D)를 사용하였으며 주요 사양은 Table 2에 나타내었다. 금형 온도 조절을 위해서 오일을 열전달 매체로 사용하는 금형온도조절기를 이용하였다.

Table 1 Materials and Dry conditions for experiments

시료구분	A1	A2	B1	B2	C1	C2
소재	PC/CNT1(1.5%) GF(15%)		PC/CNT2(1.5%) GF(15%)		PC/CNT(5%)	
건조온도 (2hour)	110℃	140℃	110℃	140℃	110℃	140℃

3. 성형 조건 및 결과

본 실험에서는 Table 1에 나타난 것과 같이 세 종류의 CNT 고분자 복합소재를 사용하였다. 소재 A와 B의 CNT 함량은 1.5%로 동일하나, B 소재의 경우 다소 긴 길이의 CNT가 사용되었다. C소재는 A, B에 비해 CNT의 함량이 약 3배 정도 높았다. Fig 2은 ASTM D638 규격에 의하여 성형된 인장 시편 이며, Fig 3는 ASTM D256 규격에 의하여 성형된 충격 시편이다. 이 시편들을 이용하여 각각의 물성을 비교하였다.

Table 2 Specifications of Injection molding

모델명	SE50D (Sumitomo)
형체력	50ton
최대사출속도	500mm/s
최대사출압력	2800kgf/cm ²



Fig. 1 Hot runner mold

Table 2 Dry conditions of CNT polymer material

시료구분	A1	A2	B1	B2	C1	C2
소재	PC/CNT1(1.5%) GF(15%)		PC/CNT2(1.5%) GF(15%)		PC/CNT(5%)	
건조온도 (2hour)	110℃	140℃	110℃	140℃	110℃	140℃

Table 3 Injection conditions

금형온도	80℃	냉각시간	25sec
가소화 온도	315~280℃		
보압	1sec동안 300 kgf/c (최대 압력의 30%)		
핫 러너 설정 온도	300℃		



265 Fig. 2 Tensile specimen

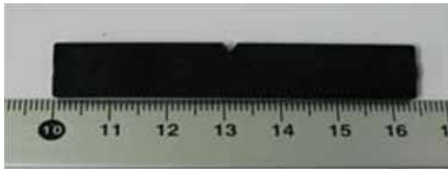


Fig. 3 Impact specimen

PC-CNT 고분자 복합소재는 성형 온도가 일반 PC 보다 높기 때문에 Table.3에 나타낸 것과 같이 사출기 설정 온도는 315~280℃, 금형 온도는 80℃로 설정을 하였으며 hot runner 주 메인 온도는 300℃로 설정을 하였다. 사출 성형 전 Table 1과 같이 110℃와 140℃ 두 건조 조건으로 성형되었으며 인장강도 측정 장비 UTM(WL2100)기기를 이용하여 ASTM D 790에 의한 방법으로 한 조건 당 5회에 걸쳐 얻어낸 평균값을 Table 4에 나타내었다. 아래의 Table 4에서 A소재와 B의 소재는 CNT 1.5% 및 glass fiber(15%)의 함량이 같지만 인장강도에서는 차이를 보이며 B의 소재가 더 큰 것을 볼 수 있다. 이것은 B소재에 첨가된 CNT의 길이가 A의소재보다 크기 때문으로 판단된다.

Table 4 Tensile strength for each materials

시료구분	A1	A2	B1	B2	C1	C2
최대하중 (kgf)	266.83	272.81	311.24	315.83	260.70	259.35
인장강도 (kgf/cm ²)	636.00	643.37	741.89	749.40	621.43	618.22
최대하중 (N)	2,616.75	2,675.40	3,052.20	3,097.20	2,556.60	2,543.40
인장강도 (N/mm)	62.37	63.09	72.75	73.49	60.94	60.63

아래의 Table 5의 충격강도는 ASTM D256 시험방법에 준하여 충격 강도 측정 장비(WL2200)기기를 사용하여 실험을 진행 하였고 기기의 추 무게는 709g 이며 각도는 130°이며 3.5 m/sec 의 충격 속도로 진행되었으며 위의 실험과 같이 5개의 샘플로 측정된 평균의 값이다. Fig 4에서의 충격강도는 인장 강도와 같이 높은 온도에서 건조한 소재가 강도가 더 커지며 C의 경우에는 인장강도와와는 반대로 차이가 큰 것을 알 수 있다.

Table 5 Impact strength for each materials

시료구분	A1	A2	B1	B2	C1	C2
흡수에너지 (kgf)	3.42	4.02	3.72	3.96	6.00	10.98
충격강도 (kgf.cm/cm ²)	10.4	12.4	11.4	12.2	18.8	34.0

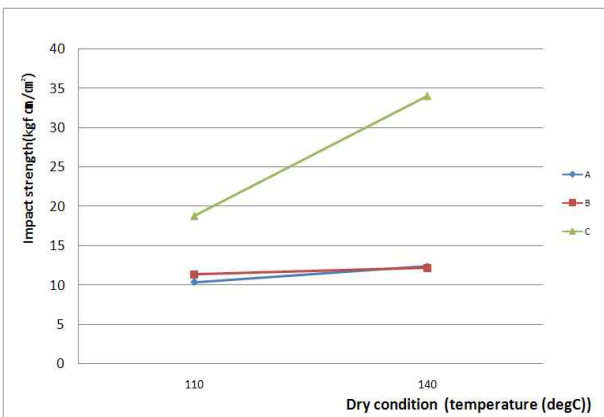


Fig. 4 graph of impact strength for various dry temperatures

C1소재의 경우 사출 속도에 따른 충격 강도의 특성을 분석한 결과, 사출 속도가 감소함에 따라 충격 강도가 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 성형 시편의 외관 역시 사출속도가 300 mm/s 일 때 가장 좋지 않았으며 낮은 속도에서 양호한 성형 결과를 보였다. 이는 Fig. 6에는 사출 속도에 의한 성형 결과를 나타내었다.

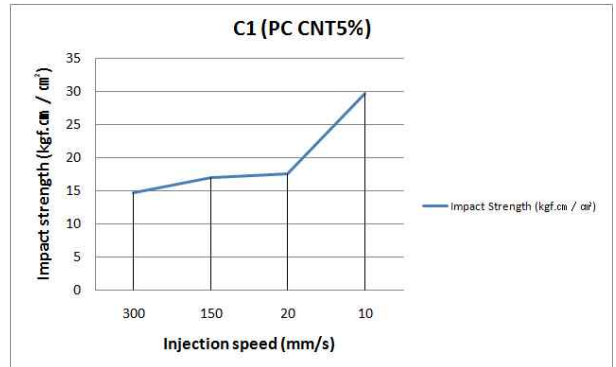


Fig. 5 Impact strength of C1(PC/CNT5%) for various injection speeds



Fig. 6 Jetting of the Impact specimen according to the injection speed (C1)

4. 결론

본 연구에서는 CNT 고분자 복합소재를 이용하여 사출 성형 조건에 따른 성형품의 물성 특성에 관하여 분석해 보았다. CNT 가 첨가된 PC 소재는 일반 성형 온도 보다 높은 온도에서 성형되며 낮은 속도에 의해 성형된 사출 품의 외관이 좋았으며 강도 또한 좋아지는 것을 볼 수 있었다. 건조 온도에 따른 사출 성형은 높은 온도에서 건조한 재료가 수분 및 melt index에 영향을 주는 것으로 예상 할 수 있고 대부분 강도가 커지는 것으로 측정이 되었다. 향후 본 연구를 바탕으로 CNT 고분자 복합소재에 대하여 인장 강도, 충격 강도 등의 물성을 향상시키기 위한 성형 공정 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

1. Wang, J., "Carbon Nanotube-Conducting polymer composite Nanowires" Langmuir, **21**, 10~12, 2005.
2. Roche, S., "Carbon nanotubes : Exceptional Mechanical and Electrical properties", AnnChim Mat, **25**, 2500~2501, 2000.
3. Harris, F., "Carbon nanotube composites", International materials reviews, 30~ 43, 2004.
4. Raouf, O., Ioutfy, J.C., Abdelkader, M., and Sennett, M., "Carbon Nanotube-Polycarbonate composites" Perspectives of Fullerene Nanotechnology, 317~325, 2002.
5. Coleman, J. N., Khan U., Werner J., "Small but strong: A review of the mechanical properties of carbon nanotube-polymer composites", Elsevier science direct carbon, 1624~1562, 2006.
6. Xie, S., Li, W., Pan, Z., Chang, B., Sun, L., "Mechanical and physical properties on carbon nanotube". J Pys Solids, 1153~8, 2006.
7. Kim, D, O., and Nam, T, J., "탄소 나노 튜브가 분산된 고분자 나노 복합재" Prospectives of industrial Chemistry, **9**, 10~11, 2006.