

전력케이블용 CNT 반도체 컴파운드의 특성 연구

양종석, 배혜연, 전근배, 성백룡, 박동하
(주)디와이엠 기술연구소

Abstract : 다층카본나노튜브(MWCNT)를 첨가한 전력케이블용 CNT 반도체 컴파운드를 용융혼합법을 사용하여 제조하였다. 카본나노튜브, 카본블랙, 분산제, 가교조제 함량변화에 따른 초고압 CNT 반도체 컴파운드의 특성을 조사하였다. 카본나노튜브 단독, 카본나노튜브와 전도성 카본블랙을 혼용함에 따른 상승효과, 분산제와 가교조제 사용에 따른 초고압 전력케이블용 CNT 반도체 컴파운드의 우수한 물성을 확인할 수 있었다.

Key Words : 전력케이블, 반도체 컴파운드, 초고압, 카본나노튜브

1. 서 론

반도체 재료에 도전성을 부여하는 카본블랙은 카본블랙 자체의 고유한 성질, 예를 들면 도전성 및 기계적 특성 등으로 인하여 충전할 수 있는 임계함량이 존재하는바, 반도체 재료에 임계함량 이상으로 카본블랙을 포함하게 되면 반도체 재료의 전기적 특성 및 강성은 증가하게 되지만 표면 평활성 및 충격강도나 흐름성(압출성)이 악화되고, 이에 따라 베이스 수지의 유동성이 감소하여 카본블랙의 분산성을 감소시킬 수 있다. 이러한 베이스 수지와 카본블랙간의 분산성 감소로 인해 초고압 전력 케이블에 사용되는 반도체 재료에서 요구되는 표면 돌기 특성 감소로 트리 발생을 유발하고, 전력케이블의 부피와 중량이 증가하는 문제점이 있다. 따라서, 소량의 카본나노튜브와 분산제, 가교조제를 사용하여 상기 문제점들을 해결하고자 하였다.

2. 시편제조 및 실험방법

본 논문에서는 카본나노튜브, 카본나노튜브 분산제, 카본블랙, 가교조제 함량을 변수로 하였다. 표1과 같은 조성비를 가진 초고압 전력 케이블용 반도체성 수지 조성물을 혼련하는 장비를 사용, 전단속도(로터 회전속도)를 크게 하여 베이스 폴리머 내 카본나노튜브의 분산성능을 향상 시키고 균일성을 가질 수 있게 하였다. 혼련 후 오픈롤(Open Roll)로 수분 동안 1차 혼련한 후 180℃에서 20분간 200kg/cm²의 압력으로 프레스 시험기에서 가교 반응을 시켜 시트 형태의 시편을 제작하였다. 그 다음 밀도, 체적저항, 압출시트 표면 평활성, 가교밀도, 무니점도를 검토하였다. 표 1 에서와 같이 전도성을 부여하기 위한 충전제로는 MWCNT(직경 10~40nm, 순도>95% 를 사용하였고, 고순도 고전도성 카본블랙도 함께 비교용으로 선택하여 사용하였다. 분산제로는 안료 친화 그룹을 가진 고분자 공중합체(알킬암모늄)를 사용하였다.

표 1. 초고압 전력 케이블용 반도체성 컴파운드의 조성

(단위 : 중량부)

시편명	B/P	MWCNT	카본블랙	분산제	기타첨가제	가교조제	가교제
DYM-1	100	5	-	1.5	1.3	1	1.2
DYM-2	100	10	-	1.5	1.3	1	1.2
DYM-3	100	5	5	1.5	1.3	1	1.2
DYM-4	100	5	10	1.5	1.3	1	1.2
DYM-5	100	5	-	-	1.3	-	1.2
DYM-6	100	5	-	1.5	1.3	-	1.2
DYM-7	100	5	-	-	1.3	1	1.2
DYM-8(비교용)	100	-	60	-	1.3	-	1.2

3. 결과 및 고찰

표 2의 물성 결과로부터 초고압 전력 케이블용 CNT 반도체 컴파운드는 베이스 폴리머에 카본나노튜브 분산제 및 가교조제를 사용함에 따라 전기적 특성인 체적저항과 가교밀도(ΔT)가 크게 향상됨을 알 수 있었다. 이러한, 가교밀도 향상 영향은 고분자가 갖는 고유의 용점 온도 영역에서의 고분자 팽창을 억제하여 카본블랙 입자간 거리(약 100Å 이내)가 유지되도록 하는 역할을 하여 고온(90℃ 이상)에서의 전기적 특성인 체적저항이 안정되도록 하는 역할에 기여한 것으로 판단된다. 또한, 카본나노튜브만을 사용하였을 때보다 카본나노튜브와 전도성 카본블랙을 혼용함에 따라 튜브 형태의 카본나노튜브와 입자 형태의 전도성 카본블랙이 얽혀서 상승효과로 전기적 특성 향상과 함께 무니점도면에서 우수하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

표 2. 초고압 전력 케이블용 반도체성 컴파운드의 물성

시편명	밀도 (g/cm ³)	체적저항 ($\Omega \cdot cm$)		표면 평활 (분산 특성)		가교 밀도 (Torque lb-in)	무니 점도 (lb-in)
		23℃	90℃	101~200 μm	51~100 μm		
DYM-1	0.962	3773	4508	0	0	14.6	12.8
DYM-2	0.972	192	735	0	0	14.5	21.8
DYM-3	0.974	150	510	0	0	15.4	15.1
DYM-4	0.994	38	72	0	1	15.5	17.0
DYM-5	0.957	13940	31040	0	0	9.4	14.7
DYM-6	0.960	5900	17600	0	0	8.0	13.1
DYM-7	0.959	8680	19900	0	0	15.5	13.4
DYM-8	1.134	30	85	4	17	9.9	41.8

4. 결 론

초고압 전력 케이블의 전도성을 충족시키기 위해 사용되는 전도성 물질, 특정적으로 다량의 카본블랙 대신 소량의 카본나노튜브를 단독 또는 혼용함에 따른 상승효과, 분산제와 가교조제 사용에 따른 초고압 전력케이블용 CNT 반도체 컴파운드의 체적저항 향상, 압출부하 감소에 따른 생산성 향상, 표면평활 특성 향상 등 우수한 물성을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Gojny, F. H., Nastalczyk, J., Roslaniec Z., and Sculte, K., Physical Chemistry Letters, Vol. 370, pp. 820~824, 2002.
- [2] Ishii, T., Nozawa, H., Tamamum, T., Microelectronic Engineering, Vol. 35, pp. 113~116, 1997.