

PET / Cellulose Composite의 물성연구

강영구 · 천영기*

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 대학원 안전공학과

1. 서론

경량·고강도 기능성 Composite는 경량구조재료로 차량, 항공기, 선박 및 각종 설비의 안전구조재로 그 용도가 다양하게 사용되고 있다. 특히 폐플라스틱을 이용한 경량구조재는 가격 경쟁력이 높고 또한 환경 및 자원 재활용 측면에서 관심이 고조되고 있다.^{1~2)} 고강도, 안전성 확보를 위해 사용가능한 폐플라스틱 소재로는 가공성이 용이한 폐Polyethylene(PE)³⁾, 폐Polypropylene(PP)⁴⁾, 폐Polyethyleneterephthalate(PET)⁵⁾ 등을 주원료로 가공되나, 기계적 특성이 저하되어 이의 개선을 위해 여러 가지 형태의 충전재의 혼합을 통해 개선하고자 하는 연구가 진행되어 왔다. 이에 따른 문제점으로 제품의 가격상승, 중량 증가 등의 문제점을 나타내며 활용용도의 제한을 가져오고 있다. 따라서 이러한 재생소재의 품질향상을 통한 안전분야로의 광범위한 용도 확대를 위해서는 기계적 강도부여, 난연성 및 열적특성 향상 기술, 소재 경량화 기술이 함께 연구되어야 할 것으로 사료된다.⁶⁾

따라서 본 연구에서는 PET병, PET 폐기섬유 형태로 폐기처분되고 있는 폐PET와 경량화를 위한 Functional filler 소재로서 폐신문지, 폐우유팩 등의 폐Cellulose를 혼합 성형하여 내열성, 기계적, 물리적, 내화학적 특성이 우수한 Composite를 제작하여 물성을 평가하였다. 폐PET는 chip, powder, fiber 상으로 가공하고 충전재로서 폐신문지, 폐우유팩 등의 폐Cellulose는 disk 형태로 가공한 후 Extrusion Method에 의한 성형방법으로 성형한 시편을 제작하였다. 폐Cellulose 충전재는 일반적으로 미분상이며 이를 미분상 가공시 호흡성 분진 발생에 의한 건강 위험성⁷⁾과 분쇄 효율이 낮아 과도한 동력소모를 야기하고 제조단가 상승의 원인이 된다. 따라서 폐Cellulose계 가공물을 원형 또는 원형의 박편상으로 가공함으로써 미분쇄시 수반되는 다량의 분진발생 및 대규모 동력소모에 의해 발생하는 작업소음을 억제할 수 있어 작업환경을 개선시킬 수 있다.

시편의 물성평가 방법으로는 충전효율, 인장강도, 난연성 시험 (UL94 Test)을 통하여 평가하였다. 특히 폐우유팩 표면이 PE film이기 때문에 PET는 상용성이 없으므로 상용화제를 첨가하여 기계적 강도, 경량화가 향상된 composite를 제조, 물성평가하였다.

2. 실험방법

2-1. Composite 재료 선정

Composite의 원료인 폐PET는 Plastic Recycling 전문업체에서 생산된 폐PET chip,

powder, fiber를 사용하였다. powder는 약 100mesh 정도로 가공된 성분을 사용하였으며, fiber는 폐잔사를 약 1~2mm의 chopped fiber 형태로 가공하여 사용하였다.

폐PET Composite의 경량화를 위한 Functional Filler 소재로 폐신문지, 폐우유팩 등을 이용하여 펀칭 룰에 의해 폐Cellulose계 경량 충전물을 지름 1~10mm의 원형 또는 타원형 박편상으로 가공하였다.

기타 첨가제로서 산화방지 및 열안정성 향상을 위한 기능성 첨가제 Irganox1010 (Ciba Specialty Chemicals, Inc)를 사용하였다. 또한 폐PET와 우유팩의 성형시 Binder의 특성을 효과적으로 나타낼 수 있는 상용화제로 maleated polypropylene (MW 11,000이상)을 사용하였다. 광안정성 유지를 위해 TINUVIN 327 (Ciba Specialty Chemicals, Inc)을 사용하였다.

2-2. Composite의 제조

Composite의 제조를 위한 방법으로는 Extrusion Method를 사용하였으며, Extrusion 성형은 폐PET Powder를 Vac. drying oven에서 60°C/24hr로 건조시키고 filler와 함량별로 Super Mixer에서 혼합하여 T-die를 통하여 판상으로 가공하였고, Twin Screw Extruder (KH-TSE30)의 실린더 온도를 4구획으로 나누어 1차 260°C, 2차 270°C, 3·4차 300°C로 조절하여 후반부의 고온 영역에 의해 원료가 용이하게 압출되도록 함으로써 성형의 효율성을 극대화 하였다.

2-3. 충전효율

폐PET, 폐Cellulose와 기타 첨가제를 함량별로 첨가하여 Extrusion Method에 의한 성형방법으로 제작한 composite의 성형조건과 원료배합 formulation을 도출하였으며 압출성형시 최대 충전효율을 측정하는 것으로 하였다.

2-4. 인장강도 시험

폐PET와 폐Cellulose, 기타 첨가제로 혼합성형된 성형체를 ASTM D638의 방법중 Type III에 의하여 시편을 가공하였으며, Tension Testing Machine (Shinpoong Work's Co., Ltd)을 사용하여 성형체의 인장강도를 측정하였다.

2-5. 난연성 시험 (UL94 Test)

UL94 난연기준은 UL기준에 따라 성형체를 5in×0.5in×0.5in의 막대형 시험편을 제작하여 측정하였다. 본 실험에서는 시편은 상위 끝부분에 의해 수직으로 지지되고 Bunsen 또는 Tirrill burner에 의해 10초 동안 밑부분에서 점화한 후 불꽃이나 연소상태가 불꽃을 제거한 후 30초안에 멈추면 시편은 10초 동안 재점화 된다. 연소시간은 다시 측정하였으며 UL94V에 해당하는 등급을 결정하였다.

3. 결과

3-1. Composite의 충전효율

폐PET와 폐Cellulose 성형체는 Table 1과 같은 최대충진효율을 나타내었다.

Table 1. Loading effect of fillers for extrusion products

Composites		Loading Weight Percentage
Wasted PET	Old Newspaper	Max. 60wt%
	Wasted Milk Container	Max. 65wt%

3-2. 인장강도시험

Composite의 인장강도 시험은 ASTM D638에 의해 시험편을 제작하였으며 3회의 인장강도시험 결과는 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Tensile strength of products for extrusion process

Composites		Content Ratio (part)	Tensile Strength (kg/cm ²)
Wasted PET	Old Newspaper	40 : 60	115
		50 : 50	108
		60 : 40	99
	Wasted Milk Container	40 : 60	116
		50 : 50	107
		60 : 40	98

박편상의 폐우유팩을 충전제로 하고 폐PET를 binder로 하여 composite를 제조할 경우 폐우유팩 지질 표면에 polyethylene이 laminating 되어 있어 polyethylene과 폐PET의 접착성과 친화성을 향상시키기 위하여 상용화제를 사용하였으며 이에 따른 인장강도특성을 Table 3에서 나타내었으며, 각 함량별 7.7 ~ 12.2%의 인장강도 향상 특성을 나타내었다.

Table 3. Effect of tensile strength as compatibilizer addition

Content Ratio (Part)	Tensile Strength (kg/cm ²)	Tensile Strength (kg/cm ²) Compatibilizer addition	Increasing rate
40 : 60	116	125	7.7% ↑
50 : 50	107	119	11.2% ↑
60 : 40	98	110	12.2% ↑

3-3. 난연성시험

Composite의 UL94 기준에 의한 난연시험에서 폐신문지, 폐우유팩이 40wt(%) 이하로

첨가된 시편에서는 UL 94V-2 등급의 난연특성을 나타내었다.

4. 결 론

- 1) 폐PET와 기능성 Filler의 Composite는 폐우유팩의 경우 최대충진효율 65wt(%)를 나타내었다.
- 2) 인장강도 시험결과 Cellulose계 filler 중에서 Wasted milk container의 경우 표면에 coating되어 있는 polyethylene film과 폐PET와의 접착성과 친화성 향상을 위해 상용화제를 첨가하였으며, 미첨가시에 비하여 보다 향상된 강도특성을 나타내었다.
- 3) 폐 Cellulose계 Functional filler (Old newspaper, Wasted milk container)를 원형 또는 타원형의 박편상으로 가공함으로써, 성형시 이들 박편상의 가공물이 비늘상과 같은 다층구조로 배향되고 열가소성 수지의 분말이 이러한 다층 구조 사이로 침투되도록 하여, 폐Cellulose계 충전제의 접착력을 향상시켜 Composite의 인장강도를 증가시킬 수 있다.
- 4) 폐Cellulose가 40wt(%) 함량이 포함된 폐PET/Cellulose Composite의 경우 UL 94V-2 등급을 나타내었으며, 폐Cellulose가 40wt(%)이상 함량이 포함된 Composite의 경우에는 난연성 및 열적특성 향상을 위해서는 난연제의 소량첨가가 요구된다.

참고문헌

1. G. Burillo, R. L. Clough, T. Czvikovszky, O. Guven, A. Le Moel, W. Liu, A. Singh, J. Yang and T. Zaharescu, "Polymer recycling : potential application of radiation technology", Radiation Physics and Chemistry, Vol 64(1), p 41, 2002
2. F. Duchin and G. M. Lange, "Prospects for the recycling of plastics in the United States", Structural Change and Economic Dynamics, Vol 9(3), p 307, 1998
3. M. K. Loutcheva, M. Proietto, N. Jilov and F. P. La Mantia, "Recycling of high density polyethylene containers", Polymer Degradation and Stability, Vol 57(1), p 77, 1997
4. S. Bertin and J. Robin, "Study and characterization of virgin and recycled LDPE/PP blends", European Polymer Journal, Vol 38(11), p 2255, 2002
5. A. F. Avila and M. V. Duarte, "A mechanical analysis on recycled PET/HDPE composites", Polymer Degradation and Stability, Vol 80(2), p 373, 2003
6. 강영구, 송종혁, "난연성 폐PE/PET 복합성형체의 제조 및 특성", 한국산업안전학회 2002 춘계학술발표회 논문집, p 439, 2002
7. Tatrai, "Cellulose and the lung", Food and Chemical Toxicology, Vol 34(9), p 927, 1996