

페PET/TPE 내열 · 탄성 블렌드 성형체의 제조 및 특성 분석

강영구 · 송중혁*

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 벤처전문대학원

I 서론

범용 엔지니어링 플라스틱(Engineering plastic)인 PET(Polyethylene terephthalate)수지는 투명성, 강도특성, 내열특성, 기체차단성 등 물성이 우수하여 합성섬유, 이축연신 film, 식음료용 bottle 등의 용도로 널리 사용되는 적용범위가 매우 넓은 고분자 소재이다. 그러나 폐기된 PET 수지를 물질재활용(material recycling) 방법으로 재가공할 경우 수지 자체가 갖는 가수분해(hydrolysis)와 열분해(thermal degradation) 특성으로 인해 가공성 및 기계적 특성이 현저히 저하되는 단점이 있다.¹⁾ 이러한 문제를 해결하기 위해 polyethylene이나 polypropylene과 같은 polyolefin계 수지와 blend 기술이^{2),3)} 이용되고 있으나 비상용계인 두 고분자를 blend 하기 위해서는 특수한 상용화 기술이 필요하며⁴⁾ 대표적 blend인 HDPE/PET blend의 경우 PET의 내열성이 우수함에도 불구하고 HDPE의 내열성이 낮아 blend 전체의 내열성이 저하되는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 PET의 내열특성을 유지하면서도 재가공된 PET의 문제점인 충격강도 저하문제를 개선하기 위해 폴리에스터계 페TPE(Thermoplastic elastomer)를 blend하여 성형체를 제조하고 열분석, Morphology특성 분석, 기계적 강도 시험을 수행하여 blend 성형체의 상용성 및 내열특성, 강도특성을 평가하였다.

II PET/Elastomer Blends

Polypropylene/polyamide blend의 상업적 성공은 PET를 base로 한 blend의 개발을 가능케 하였으며 이중에서 plastic과 rubber의 blend는 경질부분(hard segment)과 연질부분(soft segment)로 구성된 전통적인 열가소성일레스토머(thermoplastic elastomer)의 대안으로 부각되었다. 상업적으로 널리 이용되는 elastomer(EPR, EPDM, SBR)들이 PET 또는 PBT에 적용되었으나⁵⁾ 이들 blend는 상용성(compatibility)이 없어 매우 낮은 기계적 특성을 나타내었다. 따라서 이들 고분자간의 계면장력을 낮추어 우수한 계면 접착력을 얻기 위해서는 상용화기술이 필요하며 주로 block 또는 graft 공중합체들이 상용화체로서 이용되었다.⁶⁾

PET/PE blend에는 상용화체로서 상업적으로 ethylene/glycidyl methacrylate copolymer(EGMA)가 주로 사용되며⁷⁾ 이들의 상용성 연구를 통해 EGMA copolymer가 널리 사용되고 있는 무수말레인산이 적용된 공중합체(PE-g-MAH, EPR-g-MAH,

SEBS-g-MAH)보다 상용성이 우수함이 증명되었다.^{8),9)}

최근에는 PET의 단점인 brittle한 특성을 개선하기 위해 상용화제로서 EPR-g-GMA를 첨가하여 다양한 rubber와 PET를 혼합한 탄성체 blend가 개발되었다.¹⁰⁾

III. 실험

1. 페PET/TPE blend의 제조

5 ϕ under size로 분쇄된 페PET(95~80 wt%)와 페TPE(5~20 wt%)를 건조 후 Double cone mixer에서 30rpm으로 5분간 혼합한 후 twin screw extruder를 이용해 230~290°C의 온도범위에서 압출하여 pelletizing하였으며 가공된 pellet을 70°C에서 24hr이상 건조한 후 280°C의 hot press에서 200kgf/cm²의 압력으로 압착성형하여 시험용 시편을 제조하였다.

2. 시험방법

페PET/TPE blend 성형체의 내열특성을 평가하기 위해 DSC(822e, Mettler Toledo Ltd.)분석을 수행하였으며 페PET/HDPE blend 성형체와 비교평가 하였다.

Blend 성형체의 morphology 특성을 평가하기 위해 페TPE의 함량이 10wt(%), 20wt(%)인 성형체 시편을 액체질소 내에서 파단하여 파단면을 gold sputtering 한 후 SEM(PSEM-75, RJ Lee Instruments Ltd.)을 사용하여 1,000~2,500배의 배율로 관찰하였다. Blend 성형체의 인장강도는 ASTM D638의 규격에 따라 만능시험기(HTE-5000N, Hounsfield)를 이용해 측정하였으며 충격강도는 ASTM D256의 규격에 따라 충격강도시험기(SJI-00, Sungjin Corporation)를 이용해 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 페PET/TPE blend의 열분석 결과

페PET/페HDPE blend와 페PET/TPE blend의 열분석 시험 결과 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 페PET/페HDPE blend의 경우 두 고분자의 상용성이 없어 132.7°C에서 HDPE의 용점피크가 나타나지만 페PET/TPE blend의 경우 페TPE가 polyester계로서 10wt(%)에서는 213°C에서 용점피크가 나타났으며 특히 페TPE가 20wt(%) 첨가된 blend의 경우 상용성의 향상으로 페TPE의 용점피크는 나타나지 않았다.

2. 페PET/TPE blend의 Morphology 특성

상용화제를 첨가하지 않고 단순 혼합한 페PET/페HDPE blend(Fig. 2(a))는 분산상이 불균일하고 계면에서의 분리현상이 관찰되나 페PET/TPE blend의 경우(Fig. 2(b),(c)) TPE의 분산상이 페PET/페HDPE blend에 비해 균일함을 알 수 있으며 페TPE의 함량이 20wt(%)인 blend의 경우 마이크로상으로 분산됨을 알 수 있다. 이는 열분석 결과에서 확인되었듯이 페TPE의 함량이 20wt(%)에서는 두 고분자의 상용성이 크게 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

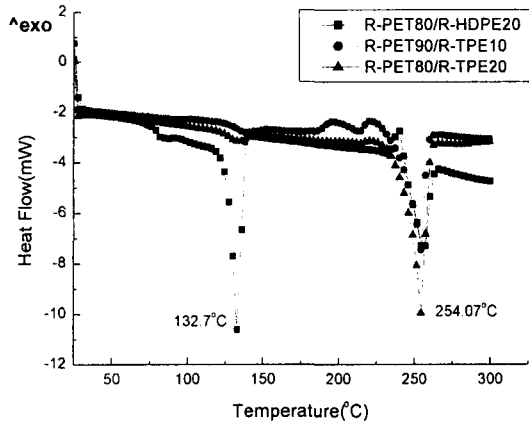
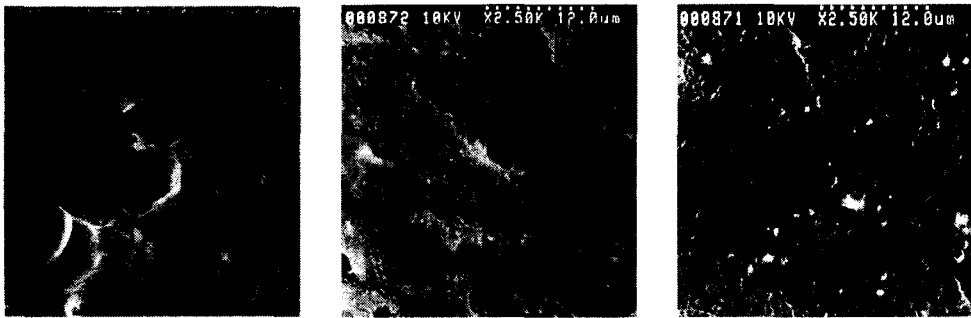


Fig. 1. DSC Curves of R-PET/R-TPE blend and R-PET/R-HDPE blend



a)R-PET/R-HDPE b)R-PET/R-TPE(10wt%) c)R-PET/R-TPE(20wt%)

Fig. 2. SEM morphology of R-PET/R-TPE blends as R-TPE content

3. 페PET/TPE blend의 기계적 강도 특성

페PET에 페TPE를 5~20wt(%) 첨가하여 성형한 blend 성형체와 가장 일반적인 PET blend인 PET/HDPE blend의 기계적 강도특성을 비교 평가한 결과 Table 1.에서와 같이 PET/HDPE blend의 경우 인장강도 108.5kgf/cm², 충격강도 2.12kgfcm/cm²로 매우 낮은 강도특성을 나타내었으나 페PET/TPE blend의 경우 페TPE의 함량이 10wt(%)일 경우 약 60%의 인장강도 상승효과를 확인할 수 있었으며 충격강도의 경우도 약 두배의 상승효과를 확인할 수 있었다. 페TPE의 함량이 10wt(%)이상에서의 함량 증가에 따른 인장강도 상승효과는 나타나지 않았으나 20wt(%)인 성형체의 경우 충격강도는 10wt(%)인 성형체와 비교해 약 30%의 향상효과가 나타났다.

Table 1. Mechanical properties of R-PET/R-TPE blends

| Formulation | Tensile strength (kgf/cm ²) | Impact strength (kgfcm/cm ²) |
|----------------------|--|---|
| R-PET 80 / R-HDPE 20 | 108.5 | 2.12 |
| R-PET 95 / R-TPE 5 | 129.8 | 2.85 |
| R-PET 90 / R-TPE 10 | 164.1 | 4.17 |
| R-PET 85 / R-TPE 15 | 163.4 | 5.15 |
| R-PET 80 / R-TPE 20 | 166.9 | 5.64 |

V. 결론

페PET/HDPE blend의 단점인 내열특성을 개선하고 PET 성형체의 충격강도 특성을 보완하기 위해 페TPE를 함량별로 첨가해 blend를 제조하고 내열특성 및 강도특성을 평가한 결과 polyester계 페TPE를 첨가함으로써 HDPE가 첨가된 기존 blend에 비해 50℃이상 높은 150℃이상의 내열특성을 나타내었으며 elastomer의 적용으로 충격강도가 현저히 증가되어 내열 및 탄성이 요구되는 산업분야에 적용할 수 있는 안전소재로의 적용가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. H. Zimmermann, in "Development in Polymer Degradation", Ed. N. Grassie, Applied Science Publishers, Vol. 5, p.112, 1984.
2. M. Pluta, Z. Bartczak, A. Pawlak and A. Galeski, J. Appl. Polym. Sci., Vol. 82, Issue 6, pp. 1423-1436, 2001
3. K. H. Yoon, H. W. Lee, O. O. Park, J. Appl. Polym. Sci., Vol. 70, Issue 2, pp. 389-395, 1998.
4. 강영구, 송종혁, 상용화제에 따른 페PE/PET Blends의 강도개선효과, 2003 한국산업 안전학회 춘계학술발표회 논문집, pp.412-417, 2003.
5. A.Y. Coran In: N.R. Legge, G. Holden, H.E. Schroeder, Thermoplastic elastomers, a comprehensive review, Munich: Hanser, Chap. 7, 1987.
6. S. Datta, D.J. Lohse, Polymeric Compatibilizers, Munich:Hanser, p.61, 1996.
7. M.K. Akkapeddi, Van Buskirk B., Polym. Mater. Sci. Eng., Vol. 11, p.263, 1999.
8. N.K. Kalfoglou, D.S. Skafidas, J.K. Kallitsis, Polymer, Vol. 36, p.4453, 1995.
9. S. Dagli, M. Kamdar, Polym. Eng. Sci., Vol. 34, p.1709, 1994.
10. N. Papke, J. Karger-Kocsis, Polymer, Vol. 42, pp.1109-1120, 2001.