

---

# 폐 PE/PET/TPE Blends 제조와 상용화에 따른 특성 분석

김동현\*, 황인성\*\*, 김정훈\*\*\*

## The Characterization of Recycle PE/PET/TPE Blend with Compatibilizers

Dong-Hyun Kim\*, In-Sung Hwang\*\*, Jeong-Hun Kim\*\*\*

**요약** 이 연구는 폐 PE / PET / TPE 상용화에 따른 특성에 초점을 맞추었다. 재활용 PET/HDPE blend의 단점인 내열특성과 충격강도 특성이 개선되었고, 내열특성은 polyester계 폐TPE를 첨가한 것이 HDPE가 첨가된 것 보다 50℃ 이상 높은 150℃ 이상을 나타내었다. Elastomer의 적용으로 충격강도가 현저히 증가되어 내열 및 탄성이 요구되는 산업분야에 적용할 수 있는 안전소재로의 적용가능성을 확인할 수 있었다. 또한 상용화제를 이용하여 PET를 블렌드 함으로써 폴리올레핀계 수지의 강도를 향상시켰다. 폐HDPE와 폐PET blend의 기계적 물성이 크게 향상되었으며, morphology 특성에서도 상용화제의 첨가에 따라 분산상의 크기가 감소하고 균일해짐이 관찰되었다.

**주제어** : HDPE, PET, TPE, 혼합, 상용화, 형태학

**Abstract** This study focused on the characterization of recycle PE/PET/TPE blend with compatibilizers. The heat resistance and impact strength of a weak point on PET / HDPE blend has been improved. TPE added polyester-based recycle heat-resistant properties to 150℃ showed more than 50℃ higher than HDPE added. Elastomer applied is a significant increase in the impact strength, and then it is possible to apply for safety materials in industries requiring heat-resistance and elasticity. Also using PET blend compatibilizer improves the strength of the polyolefin resin. The mechanical properties of recycle HDPE and PET blend has been greatly improved, and the reduction in the size of the dispersed phase by the addition of compatibilizers on morphology characteristics were observed uniformity becomes.

**Key Words** : HDPE, PET, TPE, Blend, Compatibilizer, Morphology

---

### 1. 서론

폴리에틸렌(polyethylene, PE)은 현재 세계에서 가장 많이 보급된 합성 고분자 물질로서 공업 재료로부터 일용 잡화에 까지 사용하고 있는 범용 플라스틱으로 에틸알콜을 원료로 제조하는 방법의 연구가 있었으나, 현재는 원유를 증류해서 얻어지는 나프타(제조가솔린)를 원료로 하는 에틸렌 중합에 의해 만들어지고 있다. 이것은 고분자 물질(PE)의 밀도정도의 차이에 따라 HDPE

(high density polyethylene)와 LDPE(low density polyethylene)로 나누어지며 재활용에 용이한 물질이다. PET(polyethylene terephthalate)는 범용 엔지니어링 플라스틱(engineering plastic)으로 투명도가 유리에 가까운 정도로 뛰어나고 강도가 높으며, 단열성도 좋아 영하 160℃까지 견딜 수 있는 장점과, 기체차단성 등 물성이 우수하여 합성섬유, 이축연신 film, 식음료용 bottle 등의 용도로 널리 사용되는 적용범위가 매우 넓은 고분자 소

---

\*단국대학교병원

\*\* (주)실텍

\*\*\*호서대학교

논문접수: 2012년 11월 1일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2012년 11월 20일

제이다.

TPE(thermoplastic elastomer)는 열가소성 탄성체로 상온에서는 고무탄성을 보이고, 고온에서는 소성변형이 가능한 고분자소재이다.

우주·항공 및 자동차산업과 반도체를 비롯한 전자산업 등 첨단산업의 발전과 함께 새로운 고분자재료에 대한 요구가 증가되고 있으며 2종 이상의 고분자를 조합하여 가공하는 고분자 블렌드(polymer blends)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[9]. 고분자 블렌드는 원하는 물성을 갖는 둘 이상의 고분자를 혼합함으로써 새로운 물성을 갖는 고분자를 제조하는 한 방법으로 새로운 고분자를 합성하는 것에 비해 경제성 면에서 유리하기 때문에 많은 고분자 블렌드가 이미 상품화되었으며 블렌드의 대상이 되는 고분자도 범용플라스틱에서 슈퍼엔지니어링플라스틱(super engineering plastic)에 이르기까지 그 범위가 확대되고 있다[3, 14, 17]. 그러나 일반적으로 화학구조가 다른 두가지 고분자를 혼합할 경우 낮은 혼합 엔트로피로 인해 두 고분자간의 특별한 인력이 없는 한 상분리가 일어나 고분자 계면을 형성시킨다[23]. 이러한 고분자 계면은 특히 비상용성 고분자 블렌드의 제조 시 물성 저하의 원인이 되며 PE, PP와 같은 폴리올레핀계 수지와 PET도 대표적 비상용성 고분자계로서 이러한 특성을 개선하기 위해 많은 연구[2, 10, 18]가 진행되었다.

HDPE와 PET는 국내에서 발생하는 폐플라스틱 중 많은 부분을 차지하는 고분자 물질로 혼합되어진 상태로 배출되는 경우가 많으나 두 고분자를 단순 혼합할 경우 비상용성으로 인해 각각의 고분자가 갖는 물성과 비교해도 낮은 수준을 나타낸다. 특히 PET는 내열성이 우수한 고분자이므로 내열 안전성 확보를 위한 고분자 소재로서 효용가치가 높아 고강도의 경량구조재료 및 내열성이 요구되는 안전재료로 적용할 수 있는 기술이 필요하다.

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[7]. 이러한 문제를 해결하기 위해 polyethylene이나 polypropylene과 같은 polyolefin계 수지와의 blend 기술이[8, 12], Poly(ethylene terephthalate)/Polypropylene Blend 상용화[6]가 이용되고 있으나, 비상용계인 두 고분자를 blend 하기 위해서는 특수한 상용화 기술이 필요하며 대표적 blend인 HDPE/PET blend의 경우 PET의 내

열성이 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 페TPE를 blend하여 성형체를 제조하고 열분석, morphology특성 분석, 기계적 강도 시험을 수행하여 blend 성형체의 상용성 및 내열특성, 강도 특성을 평가하였으며, 비상용성인 HDPE/PET blends의 상용성 개선을 위한 방법으로써 상용화제를 첨가하여 상용성을 증진시키는 물리적인 상용화 기술을 이용하였고, 상용화제의 종류 및 상용화제가 포함된 블렌드의 조성에 따른 기계적 특성 및 morphology를 관찰하였다.

## 2. 이론

고분자 블렌드 가공 시 문제되는 물성저하를 개선하기 위해서는 일반적으로 랜덤공중합체, 그라프트공중합체, 블록 공중합체 등이 상용화제로 사용된다. 랜덤 공중합체는 반응성기를 도입함으로써 상용화 효과를 높인 것이며, 블렌딩 시에 구성 고분자와 반응하여 화학결합을 형성함으로써 상용화 효과를 나타내는 것이다. 블록 공중합체나 그라프트 공중합체는 두가지 다른 성분의 고분자 사슬을 하나의 고분자에 연결시킨 것으로써 이를 상용화제(compatibilizer)로 사용하면 열역학적으로 계면에 위치하는 것이 용이하게 되어 계면장력이 낮아지고, 분산상이 연속상에 고르게 분산되도록 하며, 계면간의 접착력을 향상시킨다[4]. Polypropylene / polyamide blend의 상업적 성공은 PET를 base로 한 blend의 개발을 가능케 하였으며 이중에서 plastic과 rubber의 blend는 경질부분(hard segment)과 연질부분(soft segment)으로 구성된 전통적인 열가소성 일레스토머(thermoplastic elastomer)의 대안으로 부각되었다. 상업적으로 널리 이용되는 elastomer(EPR, EPDM, SBR)들이 PET 또는 PBT에 적용되었으나[1] 이들 blend는 상용성(compatibility)이 없어 매우 낮은 기계적 특성을 나타내었다. 따라서 이들 고분자간의 계면장력을 낮추어 우수한 계면접착력을 얻기 위해서는 상용화기술이 필요하며 주로 block 또는 graft 공중합체들이 상용화제로서 이용되었다.

PE와 PET의 블렌드의 기존 연구를 살펴보면,

Gartland 등은[5, 21] 0.5~10 wt%의 LLDPE 또는 polyethyleneisophthalate와 PET를 블렌드 함으로써 O<sub>2</sub> barrier 특성이 향상됨을 보고하였으며 Natafajan 등은 [13] 30~70 wt%의 PET와 70~30 wt%의 PA-6, LDPE, HDPE 또는 LLDPE를 blend 하는데 EEA-GMA와 같은 epoxidized ethylene copolymer를 상용화제로 1~10wt% 첨가하여 충격강도, 인장강도, 신장율 등의 기계적 물성이 향상됨을 보고하였다. 폐플라스틱을 이용한 상용성 연구로는 Tekkanat 등이[22] 폐PET와 올레핀계 수지인 폐PP를 1:4에서 4:1 비율로 혼합하고 상용화제로 maleated SEBS elastomer를 15~20phr 첨가함으로써 우수한 기계적 특성을 갖는 성형체를 제조한 예가 있다. PET/PE blend에는 상용화제로서 상업적으로 ethylene/glycidyl methacrylate copolymer(EGMA)가 주로 사용되며[11], 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[14, 19].

최근에는 PET의 단점인 brittle한 특성을 개선하기 위해 상용화제로서 EPR-g-GMA를 첨가하여 다양한 rubber와 PET를 혼합한 탄성체 blend가 개발되었다[16].

### 3. 실험

본 연구는 2003년 2월부터 10월까지 Double cone mixer, DSC(822e, Mettler Toledo Ltd.), 만능시험기 (HTE-5000N, Hounsfield), 충격강도시험기(SJI-00, Sungjin Corporation) 및 SEM(PSEM-75, RJ Lee Instruments Ltd.)을 이용하여 실험 및 측정을 하였으며, 2012년 5월부터 9월까지 자료를 분석하였다.

#### 3.1 Blend 시편의 제조

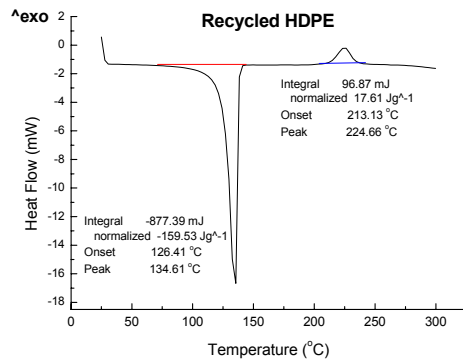
##### 3.1.1 폐PET/TPE Blend의 제조

본 연구의 실험에 사용된 폐PET/TPE Blend의 제조 원료는 5φ under size로 분쇄된 폐PET(95~80 wt%)와 폐TPE(5~20 wt%)를 건조 후 Double cone mixer에서 30rpm으로 5분간 혼합한 후 twin screw extruder를 이용해 230~290℃의 온도범위에서 압출하여 pelletizing하였으며 가공된 pellet을 70℃에서 24hr이상 건조한 후 280℃의 hot press에서 200kgf/cm<sup>2</sup>의 압력으로 압착성형하여

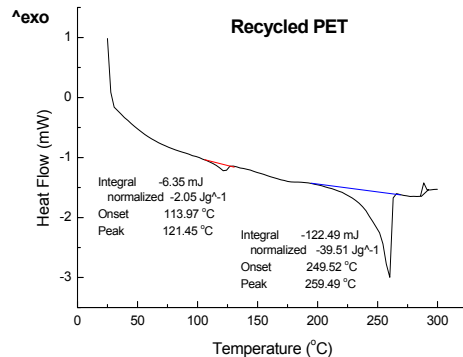
시험용 시편을 제조하였다.

##### 3.1.2 폐PET/HDPE 상용화제 Blend의 제조

가정용 milk bottle로써 널리 사용되고 있는 폐HDPE와 음료용기로 사용된 폐PET를 5φ under size의 chip상태로 분쇄하여 사용하였으며 폐HDPE와 폐PET의 열적 특성을 관찰하기 위해 DSC(822e, Mettler Toledo Ltd.)를 측정된 결과 폐HDPE는 134.61℃, 폐PET의 경우 259.49℃의 온도에서 용점이 관찰되었으며 이 결과로써 성형조건을 도출하였다[Fig. 1].



a) Recycled HDPE



b) Recycled PET

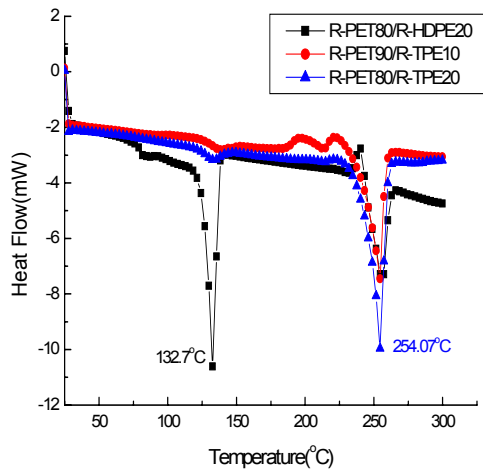
[Fig. 1] DSC Curve of Recycled Plastics

상용화제는 비상용계인 폐HDPE/폐PET 블렌드물의 상용성을 증가시켜 기계적 특성을 향상시키고 상용화제에 따른 성형체의 물성을 관찰하기 위해 사용되었으며 SE-11(SEBS, K사), EM-520M (PE-g-MAH, H사), Polybond 1009(PE-g-AA, Uniroyal사), Elvaloy(E/nBA/GMA, DuPont사)를 단독 또는 복합으로 사용하였다.

매트릭스 수지인 페 PET과 페HDPE는 8:2의 배합비로 혼합하였으며 수지 혼합물(95~80 wt%)과 상용화제(5~20 wt%)를 건조 후 Double cone mixer에서 30rpm으로 5분간 혼합한 후 twin screw extruder를 이용해 230~290℃의 온도범위에서 압출하여 pelletizing하였으며 가공된 pellet을 70℃에서 24hr이상 건조한 후 285℃의 hot press에서 200kgf/cm<sup>2</sup>의 압력으로 압착성형하여 시험용 시편을 제조하였다.

### 3.2 실험 방법

페PET/TPE blend 성형체의 내열특성을 평가하기 위해 DSC(822e, Mettler Toledo Ltd.)분석을 수행하였으며 페PET/HDPE blend 성형체와 비교평가 하였다[[Fig. 2].



[Fig. 2] DSC Curves of R-PET/R-TPE blend and R-PET/R-HDPE blend

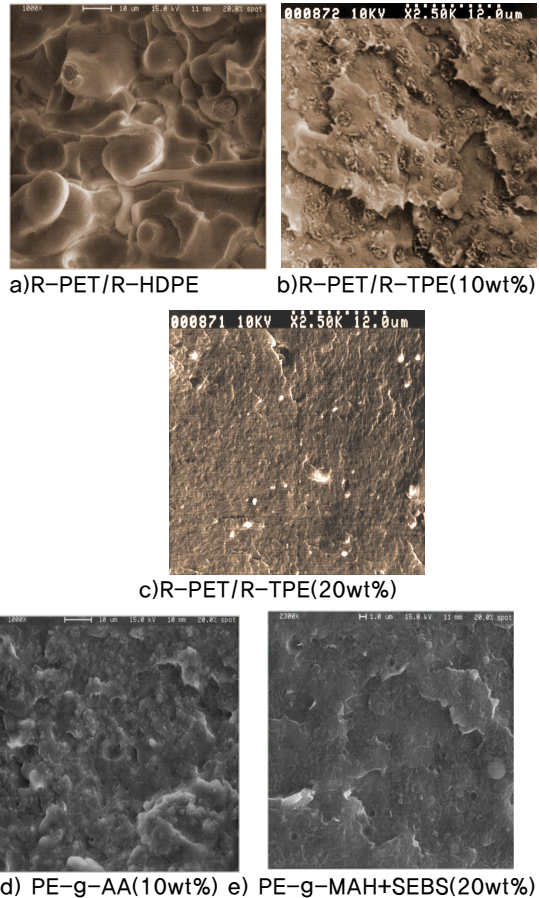
#### 3.2.1 기계적물성

블렌드 성형체의 인장강도는 ASTM D638의 규격에 따라 시편 가공한 후 만능시험기(HTE-5000N, Hounsfield)를 이용해 50mm/min의 cross head 속도로 측정하였으며 충격강도는 ASTM D256의 규격에 따라 V-notch 가공한 후 충격강도시험기(SJI-00, Sungjin Corporation)를 이용해 시험하였다.

#### 3.2.2 Morphology

페TPE의 함량이 10wt(%), 20wt(%) Blend 성형체의 morphology 특성을 평가와 블렌드 성형체의 상용성 향

상에 따른 계면에서의 분산상태를 확인하기 위하여 SEM(PSEM-75, RJ Lee Instruments Ltd.)을 사용하여 측정하였다. 준비된 시편을 액체질소 내에서 파단하여 파단면을 gold sputtering 한 후 1,000~2,500배의 배율로 관찰하였다.



[Fig. 3] SEM morphology of R-PET/R-TPE blends as R-TPE content AND R-HDPE/R-PET blends as compatibilizer

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 페PET/TPE blend의 열분석 결과

페PET/페HDPE blend와 페PET/TPE blend의 열분석 시험 결과 Fig. 2에 나타난 바와 같이 페PET/페HDPE blend의 경우 두 고분자의 상용성이 없어 132.7℃에서 HDPE의 용점피크가 나타나지만 페PET/TPE blend의

〈Table 1〉 Mechanical properties of R-PET/R-TPE blends

Formulation	Tensile strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Impact strength (kgfcm/cm <sup>2</sup> )
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

경우 폐TPE가 polyester계로서 10wt(%)에서는 213℃에서 용점피크가 나타났으며, 특히 폐TPE가 20wt(%) 첨가된 blend의 경우 상용성의 향상으로 132.7℃에서 폐TPE의 용점피크는 나타나지 않았다.

#### 4.2 폐PET/TPE blend의 Morphology 특성

상용화제를 첨가하지 않고 단순 혼합한 폐PET/폐HDPE blend[Fig. 3(a)]는 분산상이 불균일하고 계면에서의 분리현상이 관찰되나 폐PET/TPE blend의 경우[Fig. 3(b),(c)] TPE의 분산상이 폐PET/폐HDPE blend에 비해 균일함을 알 수 있으며 폐TPE의 함량이 20wt(%)인 blend의 경우 마이크로상으로 분산됨을 알 수 있다. 이는 열분석 결과에서 확인되었듯이 폐TPE의 함량이 20wt(%)에서는 두 고분자의 상용성이 크게 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

상용성이 없는 폐HDPE/폐PET blend는 상용화제를 적용하지 않고 단순 혼합한 경우 [Fig. 3(a)]에 나타난 바와 같이 분산상의 모양이 구형이며 불균일 하지만 기계적 강도 특성이 가장 우수한 PE-g-AA를 10wt(%) 첨가할 경우[Fig. 3(d)] 분산성이 향상됨을 알 수 있었다. 상용

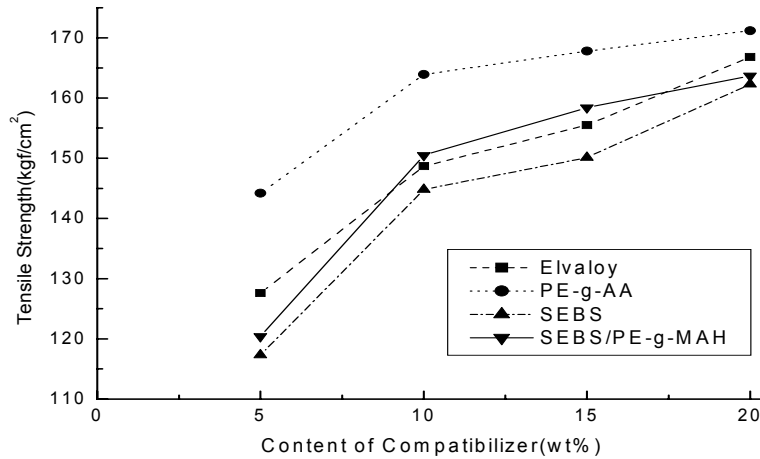
화제의 함량이 증가할수록 분산상의 크기는 더욱 균일하였으며 PE-g-MAH와 SEBS를 복합상용화제로 20wt(%) 첨가한 성형체의 경우[Fig. 3(e)] 분산상의 크기가 균일하게 잘 분산되어 있는 것을 알 수 있다. 이는 상용화제로 사용된 블록공중합체인 SEBS의 상용성과 PE-g-MAH에 포함되어 있는 무수말레인산과 PET와의 화학결합에 기인한 것으로 사료된다.

#### 4.3 폐PET/TPE blend의 기계적 강도 특성

폐PET에 폐TPE를 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/cm<sup>2</sup>, 충격강도 2.12kgfcm/cm<sup>2</sup>로 매우 낮은 강도특성을 나타내었으나 폐PET/TPE blend의 경우 폐TPE의 함량이 10wt(%)일 경우 약 60%의 인장강도 상승효과를 확인할 수 있었으며 충격강도의 경우도 약 두배의 상승효과를 확인할 수 있었다. 폐TPE의 함량이 10wt(%)이상에서의 함량증가에 따른 인장강도 상승효과는 나타나지 않았으나 20wt(%)인 성형체의 경우 충격

〈Table 2〉 Mechanical properties of R-HDPE/R-PET blends

Formulation	Tensile strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Impact strength (kgfcm/cm <sup>2</sup> )
R-HDPE20/R-PET80	108.5	2.12
R-HDPE18/R-PET72/Elvaloy10	148.7	4.88
R-HDPE16/R-PET64/Elvaloy20	166.8	7.06
R-HDPE18/R-PET72/PE-g-AA10	163.9	4.34
R-HDPE16/R-PET64/PE-g-AA20	171.2	4.97
R-HDPE18/R-PET72/SEBS10	144.8	5.33
R-HDPE16/R-PET64/SEBS20	162.3	6.76
R-HDPE18/R-PET72 /PE-g-MAH5/SEBS5	150.5	5.91
R-HDPE16/R-PET64 /PE-g-MAH10/SEBS10	163.7	7.43



[Fig. 4] Tensile strength of R-HDPE/R-PET blends as compatibilizers

강도는 10wt(%)인 성형체와 비교해 약 30%의 향상효과가 나타났다.

#### 4.4 상용화제에 따른 blends의 기계적 강도 특성

PET수지는 기계적 물성이 우수하고 범용페플라스틱 중에서 내열성이 우수한 수지이다. 가공성이 우수하고 내충격성이 우수한 HDPE와의 블렌드를 제조함으로써 각각의수지가 갖는 장점을 이용하기 위해서는 상이 다른 두 고분자의 상용화는 필수적이며 본 연구에서는 단독 상용화제 3종(SEBS, PE-g-AA, Elvaloy)과 국내에서 생산되고 있는 두가지 상용화제를 혼합한 복합상용화제 (SEBS+PE-g-MAH)를 이용하여 성형체를 제조하고 기계적 특성을 평가하였다. 시험 결과 상용화제를 첨가할 경우 상용화제를 첨가하지 않은 단순혼합 성형체의 경우에 비해 약 40% 이상 인장강도 특성이 향상되었으며 모든 상용화제의 경우에서 상용화제의 함량이 증가함에 따라 계면에서의 안정화로 기계적 물성의 향상을 관찰할 수 있었다. PE-g-AA의 경우는 [Fig. 4]에 나타낸 바와 같이 5wt(%)에서도 우수한 인장특성을 나타내었으나 상용화제 첨가량의 증가가 충격강도의 개선에는 효과가 없었으며 또다른 단독상용화제인 SEBS와 Elvaloy의 경우 함량이 10wt(%)이상에서 평균적인 인장특성을 나타내었으며 함량 증가에 따라 충격강도도 향상됨을 알 수 있

었다. SEBS와 PE-g-MAH가 복합상용화제로 사용된 성형체는 적은 함량에서 다른 상용화제에 비해 우수한 인장강도 특성을 나타내었으며 함량 20wt(%)에서 인장강도는 가장 낮은 값을 나타냈으나 충격강도의 경우 상용화제 함량 20wt(%)에서 7.43kgf/cm<sup>2</sup>으로 가장 우수한 결과를 나타내었다. 상용화제에 따른 blends의 강도특성을 [Table 2]에 나타내었다. 이러한 결과는 이러한 효과는 Hsien-Tang Chiu 등의[6] PET/PP와 POE-g-MA의 blends 상용화 연구와 같은 결과를 보였다.

#### 4. 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°C 이상 높은 150°C 이상의 내열특성을 나타내었으며 elastomer의 적용으로 충격강도가 현저히 증가되어 내열 및 탄성이 요구되는 산업분야에 적용할 수 있는 안전소재로의 적용가능성을 확인할 수 있었다. 또한 상용화제를 이용하여 PET를 블렌드 함으로써 폴리올레핀계 수지의 강도를 향상시키고자 수행된 페HDPE와 페PET blend의 물성에 관한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폐HDPE와 폐PET는 비상용성계이나 적절한 상용화제의 적용에 의해 기계적 물성이 크게 향상되었으며, morphology 특성에서도 상용화제의 첨가에 따라 분산상의 크기가 감소하고 균일해짐이 관찰되었다.
2. 상용화제를 복합으로 적용함으로써 상용성을 향상시킬 수 있었으며 그 결과 충격강도가 크게 개선됨을 알 수 있었다. 이는 기계적 물성이 우수한 PET의 단점인 내충격성을 보완함으로써 고강도 및 내열 안전성이 요구되는 용도의 안전소재로서 적용할 수 있는 결과라고 사료된다

### 참 고 문 헌

- [1] A.Y. Coran In: N.R. Legge, G. Holden, H.E. Schroeder (1987). Thermoplastic elastomers, a comprehensive review, Munich Hanser, Chap. 7.
- [2] Behzad KORD (2012). Effects of compatibilizer and nanolayered silicate on physical and mechanical properties of PP/bagasse composites, Turk J Agric For 36, 510-517.
- [3] C. C. Chen, J. L. White (1993). Compatibilizing Agents in Polymer Blends: Interfacial Tension, Phase Morphology, and Mechanical Properties. Polm. Eng. Sci., 33(14), 923-930.
- [4] Eastmond, G. C. (1987) in Polymer Surfaces and Interfaces, ed. by W. J. Feast and H. S. Munro, 119, J. Wiley, New York, Chapter 6.
- [5] Gartland, R. J. (1984). Europ. Pat. Appl., 104, 131, 28 Mar.
- [6] Hsien-Tang Chiu and Yao-Kuei Hsiao (2006). Compatibilization of Poly(ethylene terephthalate)/Polypropylene Blends with Maleic Anhydride Grafted Polyethylene-Octene Elastomer, Journal of Polymer Research, 13, 153 - 160.
- [7] H. Zimmermann (1984). in Development in Polymer Degradation, Ed. N. Grassie, Applied Science Publishers, 5, 112.
- [8] K. H. Yoon, H. W. Lee, O. O. Park (1998), J. Appl. Polym. Sci., 70(2), 389-395.
- [9] L. A. Utracki (1990). Polymer Alloys and Blends, Chap. 2, Hanser Publishers.
- [10] M. Hemmati, H. Shariatpanahi, M. Ghorbanzadeh Ahangari, A. Fereidoon, A. Narimani (2012). Effect of Polypropylene-Grafted-Maleic Anhydride Compatibilizer on the Physical Properties of Polypropylene/Carbon Nanotube Composites, Polymers & Polymer Composites, 2(6).
- [11] M.K. Akkapeddi, Van Buskirk B (1999) Polym. Mater. Sci. Eng., 11, 263.
- [12] M. Pluta, Z. Bartczak, A. Pawlak, A. Galeski (2001). J. Appl. Polym. Sci., 82(6), 1423-1436.
- [13] Natarajan, K. M., Arjunan, P. and Elwood, D (1994) US. Pat., 5,296, 550, 22 Mar.
- [14] N. C. Liu, W. E. Baker (1992). Reactive Polymers for Blend Compatibilization, Adv. Polym. Tech., 11(4), 249-262.
- [15] N.K. Kalfoglou, D.S. Skafidas, J.K. Kallitsis (1995). Polymer, 36, 4453.
- [16] N. Papke (2001). J. Karger-Kocsis, Polymer, 42, 1109-1120.
- [17] R. L. Markham (1991). Introduction to Compatibilization of Polymer Blends, Adv. Polm. Tech., 10(3), 231-236.
- [18] Ryoichi Hiroi a, Hitoshi Tanaka (2011). An Elastomer-Toughened PPS Derived from the Behavior of Titanate Layers as a Compatibilizer, Designed Monomers and Polymers 14, 251 - 261.
- [19] S. Dagli, M. Kamdar (1994). Polym. Eng. Sci., 34, 1709.
- [20] S. Datta, D.J. Lohse (1996). Polymeric Compatibilizers, Munich : Hanser, 61.
- [21] Smith, R. R. and Wilson, J., Europ. Pat. Appl., 105, 826, 18 Apr. (1984). Appl. 7, Sep. (1982.) to Goodyear Tire and Rubber Company.
- [22] Tekkanat, B., Faust, H. and Mckinney, B. L., Europ (1993). Pat. Appl., 533, 304.
- [23] 秋山三郎, 井上陸, 西敏夫 (1984). “ポリマーブレンド(相溶性と界面)” chap.3~4, シエムシー.

### 김 동 현



- 1992년 8월: 충남대학교 보건대학원(보건학석사)
- 2004년 8월: 호서대학교 대학원(공학박사)
- 1996년 8월~현재 : 단국대학교병원 직업환경의학과팀장
- 관심분야: 보건관리, 작업환경,

Chemical Sensor

· E-Mail: dkkim@dankook.ac.kr

### 황 인 성



- 1988년 2월: 단국대학교 경영대학원(경영학석사)
- 2007년 2월: 호서대학교 대학원 수료(첨단산업기술 전공)
- 1997년 6월~현재: (주)실텍 대표이사
- 관심분야: 기술분야, Glass-To-Metal Sealing(유리와 금속 기밀봉

작 기술)

· E-Mail: inshwang21@hanmail.net

### 김 정 훈



- 1998년 2월: 호서대학교 대학원 (공학석사)
- 2005년 2월: 호서대학교 대학원 (공학박사)
- 2005년 3월~현재: 호서대학교 안전보건학과 교수
- 관심분야: 나노겔 응용분야, 위험물

질화학 및 감식

· E-Mail: kjh0789@hoseo.edu