

첨가제를 이용한 GRT/waste HDPE 압출성형 복합소재의 특성연구II

안기철, 김준석, 박진서, 서강석, 김승록*, 임순호**, 강기홍***, 한 춘
광운대학교, Thermo Haake*, 한국과학기술연구원**, 한국측운(주)***

A Study on Characteristics of GRT/waste HDPE Extruding Composites Using Additives

K.C. An, J.S. Kim, J.S. Park, K.C.Seo, S.R. Kim*, S.H. Lim**, K.H. Kang***, C. Han
Dept. of Chemical Engineering, Kwangwoon University, Thermo Haake*, KIST**, Korea Chuk
Eun***

서론

산업의 발전과 국민 생활 수준의 향상에 의해 많은 양의 폐기물이 해마다 배출되고 있는 추세이다. 특히 선진국일수록 폐타이어와 폐플라스틱은 많은 배출량으로 인해 폐기물 처리에 있어 사회적으로 크게 문제시되고 있다.

우리나라에서 자동차로부터 배출되는 폐타이어등 고무류는 연간 2만6천3백여톤에 이르며 발생하는 폐타이어의 수량은 2001년도 기준으로 약 1,692만개에 이른다. 폐플라스틱 발생량 역시 1990년 이후 해마다 10%이상씩 증가하여 2001년에는 약 5,063천톤에 이르고 있다. 하지만 두 폐기물의 처리에 있어 재활용율은 폐타이어의 경우 약 80%, 폐플라스틱은 약 30%로 턱없이 낮은 상태로 나머지는 매립이나 소각을 통해 처리하고 있다. 하지만 반영구적인 분해기간과 제2차 공기오염의 공해유발로 인해 재활용 되지않은 폐기물 처리가 크게 문제시되고 있다.

위와 같은 문제의 심각성을 고려한 선진 외국의 경우 다각도의 재활용 활용방안 개발에 있어 미국은 냉각분쇄된 GRT(Ground Rubber Tires)를 이용한 불포화 폴리에스트 수지와 의 혼합 성형물등에 대한 개발을 추진하고 있으며 캐나다에서는 GRT를 폴리올레핀 블렌드들의 충전제 (Filler)로 이용하려는 연구들이 진행중이다. 특히 호주에서는 정부 지원과 제 (GIRD; Generic Industry Research & Development - Project No. 150657)로서 산업체, 대학 (RMIT, Polymer Technology Centre) 및 연구소 (CSIRO Division of Building, Construction & Eng.) 합동으로 이러한 경제적인 고물성 혼합 소재 개발에 박차를 가하고 있다. 따라서 우리 나라에서도 폐고무류의 열분해를 통한 에너지화 및 고무 아스팔트와 철로의 침목 대체 재료등 단순한 1차적인 재활용 단계를 초월하여 폐고무류와 폐플라스틱과의 혼합 (Blending) 성형 비율 조절, 첨가제 및 물리적 방법 (GRT의 Mechanical devulcanization등) 을 이용한 제품 개발의 용도에 부합하는 물성의 유도, 값비싼 첨가제를 배제한 고점착성 Matrix 플라스틱 및 블렌드의 개발등을 통해 배수관, 정화조, 방음제 및 건축 자재용 고성능 복합재료등 고부가가치의 미세 성형 재료를 개발함으로써 폐자원에 대한 효과적이고 환경친화적 재활용이 요구된다.

본 연구에서는 GRT/waste HDPE 복합소재 제조를 위하여 single extruder를 이용하여 GRT/waste HDPE 복합소재에 첨가제로 점착성 plastic Adpoly, 합성고무인 EPDM (Ethylene Propylene Diene Terpolymers)과 SBS(Styrene Butadiene Styrene), virgin PP와 PU를 첨가시켜 GRT/waste HDPE계면간 상용성 향상 및 기계적 물성치 향상 여부등 압출성형 복합소재에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

실 험

가. 시료 규격.

GRT는 truck tire로서 -40mesh 고무분말을 구입하여 사용하였으며, 이들의 공업분석 및 원소분석을 Table 1, 2에 나타내었다. 또한, 플라스틱은 현 국내에서 가장 많이 배출되는 폐플라스틱중 한가지인 waste HDPE(한국자원재생공사)를 사용하였으며 GRT/waste HDPE 계면간 상용성 향상 및 압출성형 복합소재의 기계적 물성치 향상을 위해 첨가제로 점착성 plastic Adpoly(주호남석유화학, grade:EM-530), EPDM(주금호 폴리캠, grade:KEP-570P)과 SBS(주LG화학, grade:LG414), 등과 같은 합성고무와 비교적 저렴하면서 우수한 물성을 갖는 virgin PP(주대한유화, grade:4017)와 점착성이 좋은 virgin PU(주호성케멕스, grade:5075A)를 사용하였다.

Table 1. Proximate analysis of waste tire.

| Component | Contents (wt%) |
|-----------|----------------|
| Moisture | 1.00 |
| Volatile | 69.78 |
| Ash | 4.89 |
| Fixed-C | 24.33 |

Table 2. Elemental analysis of waste tire.

| Component | Contents (wt%) |
|-----------|----------------|
| Nitrogen | 1.17 |
| Carbon | 81.64 |
| Hydrogen | 8.12 |
| Sulfur | 1.84 |
| Oxygen | 7.23 |

나. 실험 방법.

실험에 사용된 GRT(size=-40mesh)와 waste HDPE는 첨가제로 점착성 plastic Adpoly, EPDM, SBS, PP, PU와 함께 screw외경 40 ϕ , 싱글 압출기 L/D 24:1, 모터용량 5HP인 single extruder를 이용하여 Pipe형 복합소재를 제조 하였다. 성형 온도는 각소재의 melting temperature를 감안하여 조절 하였으며 첨가제는 GRT(50wt%)/waste HDPE의 총중량에 대한 함량비로서 5~20wt%까지 5wt%씩 증가시켜 첨가하여 압출성형 하였다. 압출성형된 복합소재는 ASTM 638-1규정에 따라 tensile strength, strain at yield시편과 flexural strength 시편을 제작하여 물성을 측정하였고 이를 바탕으로 첨가제 첨가여부에 따른 압출성형 복합소재에 미치는 영향 및 물리적 특성에 관해 고찰하였다.

결과 및 고찰

GRT/waste HDPE 복합소재 압출성형시 가장 문제가 되고 있는 각 성분들간의 계면간 상용성 향상 및 물성향상을 위해 첨가제로 점착성 plastic Adpoly, 합성 고무인

EPDM(ethylene propylene diene terpolymers)과 SBS(Styrene Butadiene Styrene), 비교적 저렴하고 물성이 우수한 virgin PP, 접착성이 좋은 virgin PU를 선택하여 이들이 GRT/waste HDPE 압출성형 복합소재에 미치는 영향에 관하여 실험하였다.

가. 첨가제 함량에 따른 GRT(50wt%)/waste HDPE 압출성형 복합소재의 tensile strength 변화특성

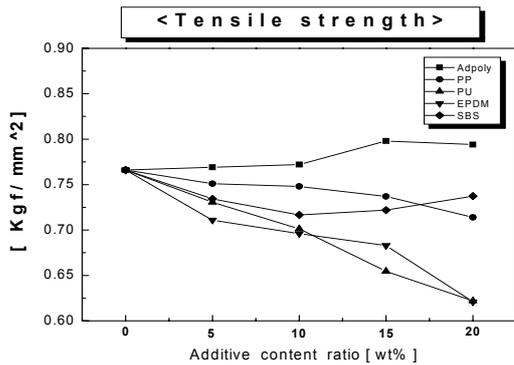


Fig.1. Effect of the additive concentration on the tensile strength of GRT(50wt%)/waste HDPE extruding composite

Tensile strength는 Adpoly만이 함량15 wt%까지 첨가함에 따라 점차적인 물성향상을 보였으나 나머지 첨가제의 경우는 함량이 증가함에 따라 물성치가 점차 감소하여 물성향상에 크게 도움이 되지 않는것으로 나타났다.

나. 첨가제 함량에 따른 GRT(50wt%)/waste HDPE 압출성형 복합소재의 strain at yield 변화 특성.

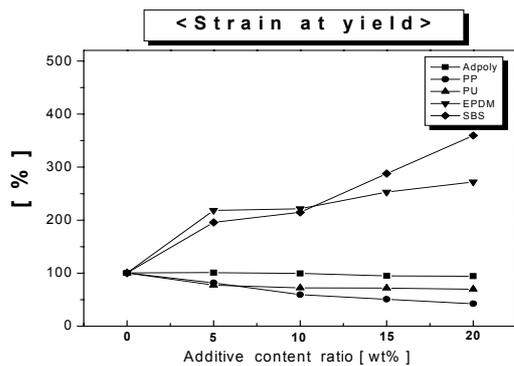


Fig.2. Effect of the additive concentration on the strain at yield of GRT(50wt%)/waste HDPE extruding composite

첨가제중 EPDM과 SBS가 큰 폭의 물성 향상을 보였으며 나머지 Adpoly, PP, PU의 경우 함량 증가에 따라 점차 물성치가 감소 하였다. 특히 PP의 경우 flexural strength에선 우수한 물성 향상을 나타냈으나 brittle한 성질로 인해 strain at yield 는 낮은값을 나타내었다.

다. 첨가제 함량에 따른 GRT(50wt%)/waste HDPE 압출성형 복합소재의 flexural strength 변화 특성.

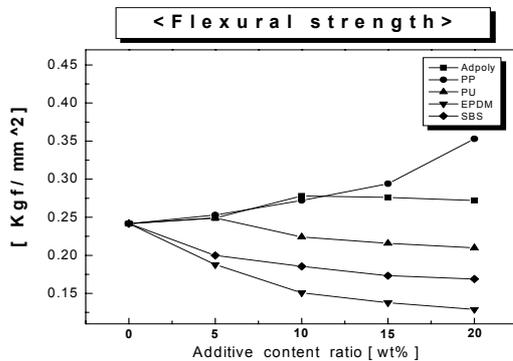


Fig.3. Effect of the additive concentration on the flexural strength of GRT(50wt%)/waste HDPE extruding composite

PP와 Adpoly첨가시 물성 향상을 가져 왔으며 이중 PP의 경우 20wt% 첨가시 약 46% 정도의 높은 물성 향상을 나타냈다. 하지만 합성고무로 자체의 유연한 성질을 가진 EPDM, SBS 그리고 낮은 정도의 PU의 경우는 첨가제의 특성으로 인하여 낮은 flexural strength 치를 나타냈다.

결론

GRT(50wt%)/waste HDPE 복합소재의 계면간 상용성 향상 여부와 기계적인 물성치 향상을 위해 첨가제로 점착성 plastic Adpoly, 합성고무인 EPDM, SBS, virgin PP와 PU를 첨가시켜 GRT/waste HDPE계면간 상용성 향상 및 기계적 물성치 향상 여부등 압출성형 복합소재에 미치는 영향에 대하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, tensile strength의 경우 본실험에 사용되어진 첨가제 중 Adpoly만이 함량15wt%까지 첨가함에 따라 점차적인 물성향상을 보였으며, 나머지 첨가제의 경우는 함량이 증가함에 따라 물성치가 점차 감소하여 물성향상에 크게 도움이 되지 않는것으로 나타났다.

둘째, strain at yield 측정결과, 좋은 탄성률을 가지는 합성고무 특성상 EPDM, SBS만이 첨가시 물성향상을 보였으며 함량이 많아 질수록 strain at yield도 향상 하였다. 특히 SBS가 함량 20wt%에서 359[%]를 기록, 초기치보다 약 250%가 증가하여 가장 우수한 strain at yield을 기록 하였다. 그러나 다른 첨가제들은 거의 선형적으로 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

셋째, flexural strength는 첨가제 함량 20wt%에서 PP가 0.353[kgf/mm²]을 기록하여 약46%의 높은 향상을 보였고 Adpoly는 함량 10wt%에서 0.278[kgf/mm²]을 기록 12%의 향상을 보였으며 점착성 plastic으로써 GRT/waste HDPE 간의 상용성 향상도 확인 할 수 있었다.

참고 문헌

1. T. Liu and W. E. Baker, Polym. Eng. Sci. 31, 753(1991).
2. K. Oliphant and W. E. Baker: Polym. eng. and Sci., 33(3), 166-174(1993)
3. E. L. Rodriguez, Polym. eng. Sci. 28, 1455(1998)
4. M. Solovev and n. D. Zakhovov, Kompoz. Polim. Mater. 25,29(1985)
5. さとうのりお: "シランカップリング劑の 技術", JETI, 161-163(1997)
6. 한국플라스틱기술정보센터, 고무와 엘라스토머, 121-210(2001)