

난연 및 다기능성 복합성형체 제조 및 그 특성

강영구 · 김정훈* · 김동현**

호서대학교 안전공학과 · *호서대학교 안전공학과 대학원 · **호서대학교 벤처전문대학원

1. 서 론

난연·다기능성 복합성형체는 기계부품, 구조물, 차량, 선박, 항공기 및 산업 분야에 널리 사용되고 있다. 안전성이 확보된 신소재 개발의 일환으로서 본 연구진은 난연특성, 정전기 방지특성, 내식특성의 기능성 복합성형체 개발을 수행해 왔으며, 본 연구에서는 Recycled PE, Phenolic resin 및 PPS resin과 같은 재활용 제품에 고기능성을 부여하기 위하여 용도에 따라 alumina, silica, flyash 등의 무기질 filler를 최대 70 wt(%) 이상으로 고충진한 복합 폴리머 성형체를 개발하고자 하였다.

기존의 플라스틱 성형체가 갖고 있는 경량성, 내열성, 마모성, 부식성 등의 단점을 보완하고 내구성 및 경제성이 우수한 복합소재의 개발로서 특히 건축물의 내·외장재, 바닥재 및 내구성 구조물 등에 활용이 가능하도록 난연성 시험, 기계적 강도시험 및 내마모성 시험을 포함한 성형체의 다기능성을 부여하기 위한 시험 방법들이 사용되었다.

2. 이 론

일반적으로 폐플라스틱의 재활용은 환경적 요소와 제품제조 원가 요소에 따라 재료 재활용(Material Recycling), 화학적 재활용(Chemical Recycling), 및 열적 재활용(Thermal Recycling) 등의 공정에 의해 처리된다.¹⁾

재료 재활용은 폐플라스틱을 재생 재료로서 플라스틱 제품에 재이용하는 것을 말하며, 플라스틱 제품화 공정에서 발생하는 부산물을 회수하여 본래의 공정에 원료로 재이용하는 단순재생과 부분적 오염 혹은 혼합 형태의 폐플라스틱을 회수하여 성형가공 공정을 거쳐 등급이 낮은 최종제품을 생산하는 복합재생의 2종류의 방법이 있다.^{2,3)}

특히 복합성형체 성형가공 방법에서 재생플라스틱에 filler를 복합화하는 데는 다음 3종류의 방법에 의한다.(Fig. 1) Polymer matrix와 filler간의 anchoring effect에 의한 mechanical 결합과 polymer matrix 전하와 filler 표면 전하에 의한 정전기적 결합 그리고 polymer matrix와 개질 filler 계면간의 chemical bonding에 의해 복합성형체가 생성된다.⁴⁾

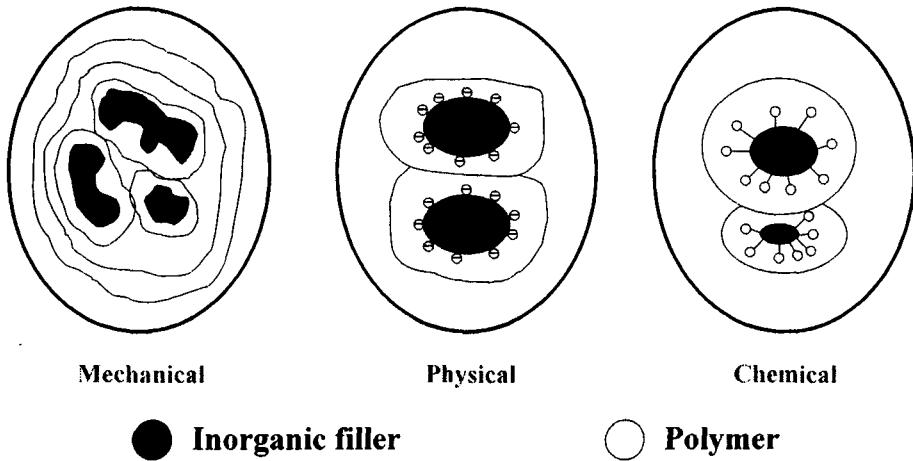


Fig. 1 Bonding mechanism between inorganic fillers and organic polymer matrix⁵⁾

3. 실험

3.1 Molding Process

Fig. 2에 binder와 filler의 원료 종류에 따른 성형가공 공정을 나타내었다. 폐 PE는 Twin screw extruder(30 Φ)를 이용, extrusion하여 pelletizing한 후 예비 혼합된 pellet을 115mm \times 50mm의 금속 mold에 넣고 Hot Press에서 80 kgf/cm²의 압력으로 압착성형 하였으며, Phenolic resin과 PPS 수지는 powder 형태로 filler와 함께 Double cone mixer에서 60rpm의 속도로 혼합하여 Hot press를 이용하여 200 kgf/cm²의 성형 압력으로 열압착 성형하였다.

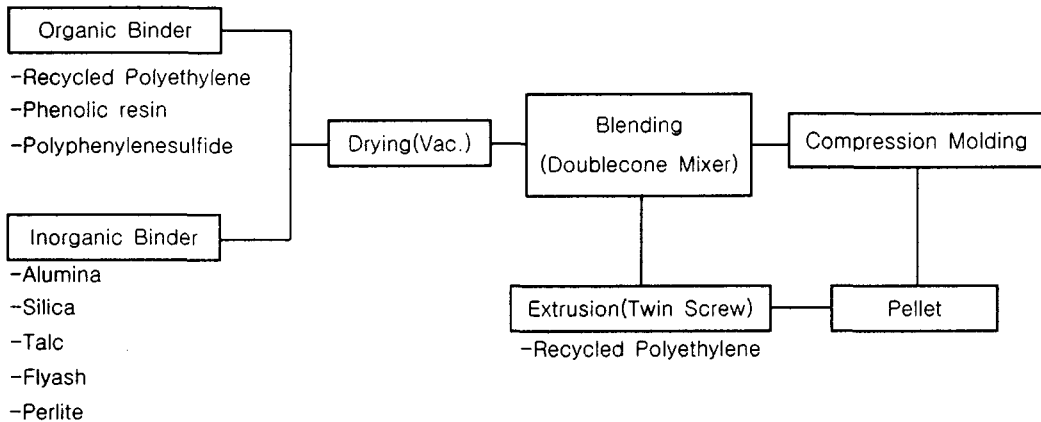


Fig. 2 Process flowsheet of organic binder-inorganic filler composites

3.2 Morphology Properties

본 연구에서는 고충진 기능성 filler 복합성형체를 제조하기 위한 원료로서 organic binder와 functional inorganic filler를 함량별로 첨가하여 적정 성형조건과 원료배합 formulation을 Table 1.과 같이 도출하였다. Zoom Stereo Microscope(동원정밀, OSM-1)를 사용하여 compression molding method에 의해 성형된 복합성형체의 표면특성을 분석한 결과 전반적으로 분산상태가 우수하였으며, filler의 충진율이 증가할수록 복합성형체의 분산상태는 다소 저하되는 경향을 나타내었다.

Table 1 Maximum loading effect of fillers as binder

| Filler \ Binder | Recycled PE | Phenolic resin | PPS |
|-----------------|-------------|----------------|----------|
| Perlite | 50 wt(%) | 50 wt(%) | 50 wt(%) |
| Talc | 60 wt(%) | 60 wt(%) | 50 wt(%) |
| Silica | 70 wt(%) | 80 wt(%) | 60 wt(%) |
| Flyash | 70 wt(%) | 80 wt(%) | 70 wt(%) |
| Alumina | 80 wt(%) | 80 wt(%) | 80 wt(%) |

Binder중에서는 bulk density가 가장 낮은 phenolic resin이, filler중에서는 alumina의 복합성형체가 가장 우수한 표면특성을 나타내었는데, 이는 다른 복합성형체와 비교하여 binder와 filler간의 상대적 부피 차이 감소로 인한 adhesive strength의 증가에 기인한 것으로 판단된다.

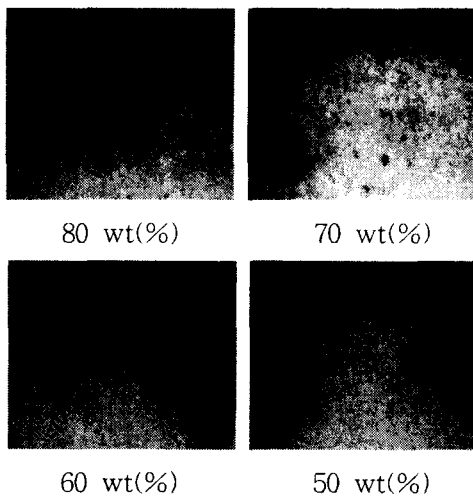


Fig. 3 Morphology of Phenolic resin-Alumina composites as filler content

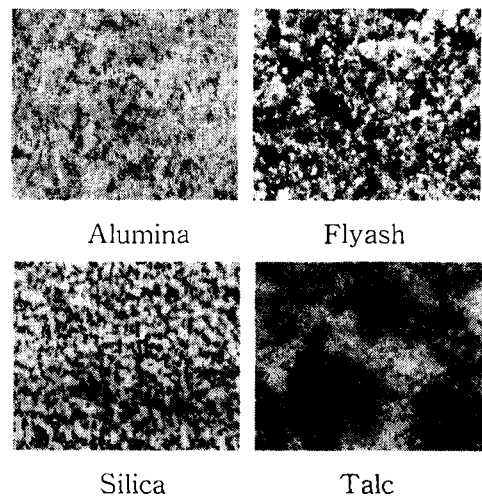
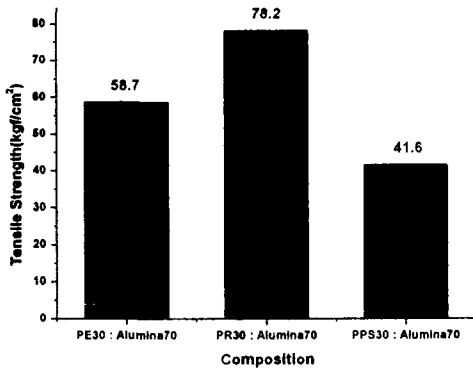


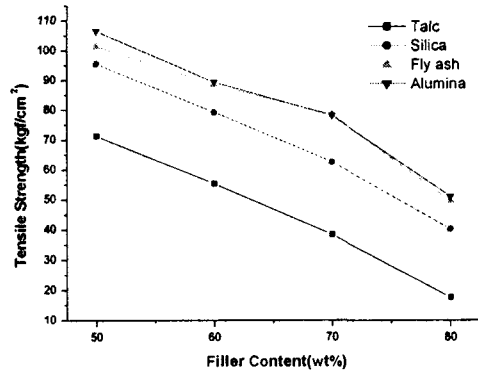
Fig. 4 Morphology photographs of the Wasted PE-Inorganic filler composites

3.3 Mechanical Properties

인장강도(ASTM D638)⁶⁾, 충격강도(ASTM D256)⁷⁾를 포함한 복합성형체의 기계적 강도 특성을 시험한 결과 기존 성형 제품과 비교하여 동급 또는 4배 이상의 강도 특성을 나타내었다. 각각의 filler들이 binder에 동일 함량으로 혼합되었을 때 복합성형체의 기계적 강도는 alumina가 충전된 복합성형체가 가장 우수한 기계적 강도 특성을 나타내었으며, filler의 충전함량이 증가할수록 계면접착력은 상대적으로 감소하여 기계적 강도는 저하되는 특성을 나타내었다.

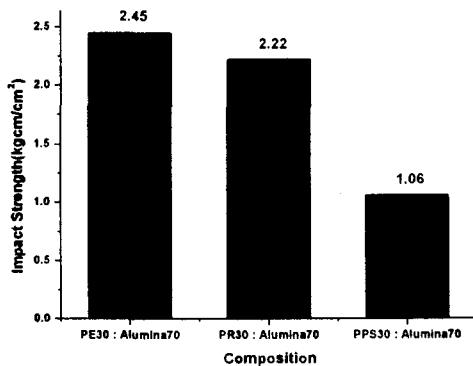


Filler: alumina 70wt(%)

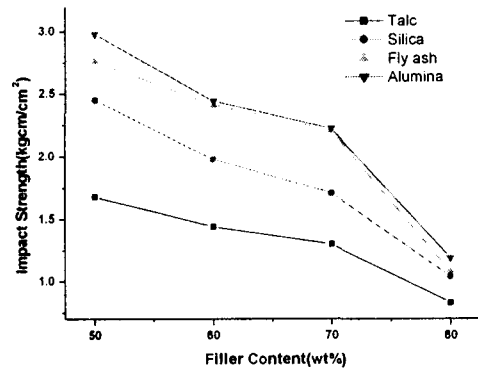


Binder: phenolic resin

Fig. 5 Tensile strength results of composites



Filler: alumina 70wt(%)



Binder: phenolic resin

Fig. 6 Impact strength results of composites

또한 ASTM D4060⁸⁾의 시험방법에 따라 abrasion resistance를 weight loss로 측정 한 결과 binder별로 유사한 결과값을 얻을 수 있었으나 특히 phenolic resin을 혼합하여 성형체를 제조하였을 때 내마모특성이 우수한 것으로 나타났다. 건축물의 바닥재로 주로 사용되는 제품들과의 비교에 있어서도 Table 2에서 나타낸 바와 같이 약 18~32% 정도의 마모율 감소 효과를 얻을 수 있었다.

Table 2 Test results of abrasion resistance compared with other products

| Test \ Products | A 社: | B 社: | Our product (Phenolic resin 50/Alumina 50) |
|-------------------------|------|------|---|
| Abrasion resistance(mg) | 70 | 78 | 59 |

3.4 Flammability Properties

화재 발생시의 위험성과 연소 특성을 예측할 수 있는 Limiting Oxygen Index (ASTM D2863)⁹⁾와 Smoke density(ASTM D2843)¹⁰⁾의 시험 결과 filler의 충전함량 증가에 따라 LOI는 증가하고 연기밀도는 감소되는 특성을 나타내었다. Binder로 사용된 resin 자체의 내열성이 시험결과에 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, binder로서는 phenolic resin이, filler로서는 silica와 alumina가 우수한 특성을 나타내었다. 특히 본 실험을 통하여 inorganic filler가 고충진 되었을 경우 화재발생시 연기발생에 대한 인체 유독성 가스의 배출에 의한 영향이 상대적으로 적음을 알 수 있었다.

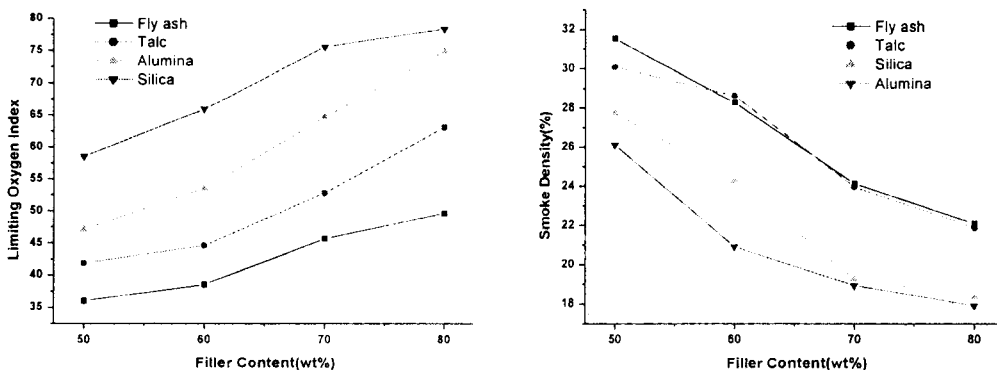


Fig. 7 LOI and smoke density results as fillers(binder : phenolic resin)

4. 결 론

이상과 같이 Recycled PE, Phenolic resin 및 PPS resin에 flyash, silica, alumina, talc, perlite의 무기질 filler를 고충진한 복합성형체를 제조하여 난연성, 기계적 강도 및 내마모성 등 안전성을 확보하기 위한 제반 시험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 성형조건의 설계에 있어 binder와 기능성 filler들을 함량별로 변화시켜 성형조건과 원료배합 formulation을 도출하였다. 특히 최대 충진율을 70wt(%) 이상으로 고충진한 filler 복합 성형체를 개발하였으며 binder, filler의 종류 및 filler의 충진함량에 따른 최적의 성형가공 기술을 개발하였다.
- 2) 기계적 강도는 충격강도시험, 인장강도시험 및 내마모성 시험으로 행해졌으며, 건축 내·외장재 및 내구성 구조물로 사용되는 기존 성형 제품과 비교하여 동급 또는 4배 이상의 강도 특성을 나타내었다. 특히 우수한 내마모특성은 차량용, 건축용 바닥재, 기계부품 및 각종 구조물에 응용이 가능할 것으로 판단되었다.
- 3) 난연성 지수인 LOI 및 Smoke density 시험을 수행한 결과 기존 제품과 비교하여 2배 이상의 성능 지수를 나타내었으며, 이러한 우수한 난연특성을 이용하여 선박, 차량을 포함한 기타 화재 위험 구역의 건축 내·외장재용 특수 난연 복합성형체 제조에 응용이 가능할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- 1) J. Brandrup, M. Bittner, Recycling and Recovery of Plastics, pp. 552-558, 1995.
- 2) Clean Japan Center, Recycle Guide; Tokyo, 1992.
- 3) Blick durch die Wirtschaft, 12. Dezember 1994.
- 4) J. C. Kim, "The Homeotropic Surface Anchoring Effects on the C-H Phase Transition, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.33 pp. 1407, 1994.
- 5) Damico, Dennis J., Wilkinson, "Composites Bonding", PA, U.S.A., 1994.
- 6) ASTM D638, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, 1993.
- 7) ASTM D256, Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics, 1993.
- 8) ASTM D4060, Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser, 1993.
- 9) ASTM D2863, Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics(Oxygen Index), 1993.
- 10) ASTM D2843, Standard Test Method for Density of Smoke from the Burning or Decomposition of Plastics, 1993.