

再生 HIPS에 石炭灰 添加에 따른 機械的 特性

†安泰光* · 金德鉉**

*釜田大學 環境 · 新素材系列, **韓國產業技術大學校 化學工學科

Mechanical Properties of in Recyclate HIPS with Concentration of Fly Ash

†Tae-Kwang Ahn* and Duk-hyun Kim**

*Dept. of Environmental & Hi-Tech Material, Hyejeon college

**Dept. of Chem. Eng., Korea Polytechnic Univ.

요 약

유제품 공병(high impact polystyrene, HIPS)은 통상 수집, 파쇄, 알루미늄 제거를 위한 화학처리, 수세를 겹쳐서 함께 들어 있는 PP, PE, 가스화 PVC등과의 분리과정을 경유하여 파쇄품으로 만들어지고 있다. 다시 압출기를 이용하여 이들 파쇄품을 칩으로 제조한 후 화력발전소의 부산물인 석탄회(fly ash)를 filler로 사용하여 조성별로 혼합하여 사출형 시편 제조기를 사용하여 시편을 제조하여 이들 석탄회를 포함한 시료들에 대한 열적 성질과 기계적 특성을 조사하고 인장강도, 모듈러스 및 신율을 비교하였다. 또한 Izod 충격강도와 굴곡강도를 함께 조사하였다. 이들 혼합된 석탄회가 수지의 기계적 특성에 미치는 영향을 조사하여 이들로부터 재활용을 위한 복합물의 조성으로 5~30%가 가장 적합하였다.

주제어: 내충격성 폴리스티렌(HIPS), 석탄회, 재활용, 첨가제, 열적 특성, 기계적 특성

ABSTRACT

Post-consumer dairy HIPS bottles were gathered and recycled by the following processes; crushing into flakes, chemical treatment for the purpose of elimination aluminium caps, washing, and separation from other plastics, such as PP, PE, plasticized PVC. These HIPS flakes were extruded into the chips using a single screw extruder. Recyclate HIPS chips were mixed with fly ash as an additive in the range of 5-50 wt%, which were formed from coal power plant. Recyclate HIPS chips mixed with fly ash were molded to investigate thermal and mechanical properties. Their samples, thermal and mechanical properties were measured via DSC, TGA, UTM, and impact strength analysis. The probable mechanical properties exhibited the range of 5~30% fly ash contents for their applications.

Key words: HIPS, Fly ash, Recycling, Additives, Thermal properties, Mechanical properties

1. 서 론

일반적으로 폴리스티렌(PS)은 두 가지 유형으로 대별되며 이는 일반 목적용 grade인 GPPS와 내충격용 grade인 HIPS가 그것이다. HIPS는 강화 GPPS로써 GPPS에 고무상을 분산시켜 제조한 것이다.¹⁾ 이들

HIPS는 최초로 Naugatuck²⁾에 의해 발명되었다. 그 후로 Union Carbide사와 Dow Chemical 사^{3,4)}에 의해 새로운 공정을 개발한 이래 TV, VCR, CRT 케이스, 장난감, 비디오 및 오디오 테이프 케이스 및 음식물 포장재료 등으로 사용되고 있다.⁵⁾ 석탄회와 고분자를 혼합하여 사용한 예는 FL. Yang과 V. Hlavacek에 의해 연구에서 PVC에 석탄회를 첨가제로 사용하였을 때의 마멸성을 줄일 수 있는 연구를 행하였다.⁶⁾ M. H. Ozkul에

† 2000년 11월 2일 접수, 2001년 4월 10일 수리

* E-mail: atk5223@mail.hyejeon.ac.kr

의한 연구로부터 에폭시 콘크리트 특성에서의 골재로서의 석탄회를 사용하였을 때의 특성을 연구하였다.⁷⁾ 또한 O.L. Figovsky 등에 의해 polybutadiene 매트릭스에 석탄회 등의 첨가제를 넣어 고분자 콘크리트 제조에 관한 연구를 행한 바 있다.⁸⁾

유제품 공병을 회수, 재생 처리하는 공정에는 물리적인 파쇄로부터 야쿠르트 병 뚜껑으로 쓰인 알루미늄을 제거하는 화학적 처리와 타 수지와 비중분리 과정까지의 복잡한 공정을 거쳐 재활용되고 있는 상태이다. 이렇게 얻어진 재생 PS는 국내의 VTR tape case를 비롯한 각종 시출 제품의 원료로 활용되고 있는 상태이며, 대부분 중국을 비롯한 여러 국가로 재생 수지원료로 판매하고 있다. 그러나 처리공정에 드는 비용이 커서 수익성이 크지 않아 이들 원료에 또 다른 무기 폐기물인 석탄회를 혼합하여 치수안정성, 기계적 강도를 요구하는 응용분야에 사용할 것으로 사려되어 첨가물을 넣어 기계적 특성을 조사하기로 하였다.

무기 첨가제로는 화력 발전소에서 원료로 사용하고 남은 재인 석탄회는 무연탄화와 유연탄화로 나뉘며, 무연탄화는 입자표면이 매끄러운 반면에 유연탄화는 미세하나 표면이 거칠한 특성을 지니고 있다. 평균 입자 크기는 20~30 μm로 미립자 상태이며, 이들 석탄회의 비중은 1.9~2.3으로 알려져 있으며, 이들의 성분은 무연탄과 유연탄의 경우 상이한 값을 보이나 개략적으로 살펴보면 SiO₂가 55~69%, Al₂O₃가 18.7%~35%, Fe₂O₃가 3.6~9.5%, 그 밖의 미량성분으로는 CaO, MgO, Na₂O, K₂O, SO₃, TiO₂ 등이 1% 내외로 존재한다고 알려져 있다. 지금까지 이들 석탄회는 95년도를 기준으로 볼 때 2,684 천톤/년 발생량 대비 18.3%만이 재활용되고 있어 일본 등의 선진국에 비해 재활용 비율이 낮은 상태에 있다. 재활용 분야를 살펴보면 크게 네 분야 즉, 시멘트분야, 건축분야, 토목분야, 농수산분야로 나뉘고 있으며, 첫째로 시멘트 분야는 시멘트 원료, 시멘트 혼화재, 레미콘 혼화재 등으로 쓰이고, 둘째로 건축분야에는 인공경량 골재, 기와 및 세라믹, 기포 콘크리트, 시멘트 2차 제품으로 사용되고 있다. 셋째로 토목분야에서는 아스팔트 첨가제, 노반재, 노상재, 매립 및 성토재, 충전재 등으로 재활용되고 있다. 넷째로 농수산분야의 재활용은 비료, 토양 개량제, 및 인공어초 등에 사용되고 있다. 이들 중 대부분의 용도는 시멘트분야의 시멘트 원료와 콘크리트 혼화재로서의 재활용이 90% 이상을 차지하고 있는 실정이다.⁹⁻¹⁰⁾ 이들 석탄회 성분 중에 미연탄소 성분이 3.9~27.6%가량 함유되어 있어 이들 성

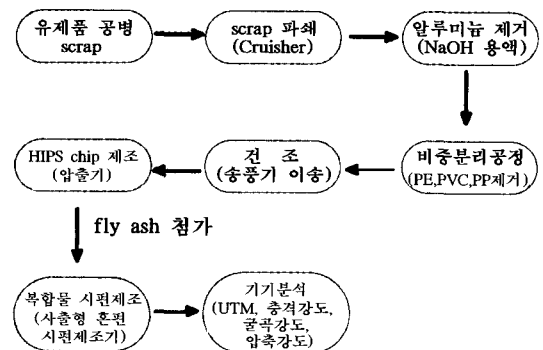
분을 플라스틱의 첨가제인 카본블랙의 대체재로써 사용할 목적으로 인근의 보령발전소에서 발생하는 석탄회를 회수하여 위의 야쿠르트 공병으로부터 재생공정을 거쳐 제조한 재생 HIPS 칩과 무게 비로 혼합함으로써 환경문제를 해결하는 동시에 이들 석탄회를 사용한 재생수지들의 원가절감문제를 동시에 해결할 수 있으리라고 사려되어 본 연구를 실시하였다.

먼저 재생 HIPS는 단축 압출기를 사용하여 칩으로 제조하였으며, 이들 수지에 석탄회를 5, 10, 20, 30 그리고 50 wt.%를 혼합하여 각각 시료를 제조하여 이들에 대한 혼련 정도를 TGA를 이용하여 조사하였으며, 이들 수지의 용융 거동을 DSC를 이용하여 조사하였다. 이들 시료들의 기계적 강도를 위하여 UTM 시험을 실시하여 인장강도, 신율, 그리고 모듈러스를 시험하여 virgin 수지와의 기계적 특성을 비교한 동시에 첨가제인 석탄회를 혼합하였을 때의 물성을 비교하였다. 아울러 굴곡강도와 Izod 충격강도를 함께 조사하였다.

2. 실험

2.1. 재생 HIPS 펠렛 제조

야쿠르트 공병을 분쇄하여 화학적으로 NaOH 수용액 상태에서 알루미늄을 제거하고 수세공정에서 기타 PE, PP, PVC 등의 타 수지를 비중 분리에 의하여 제거하고 얻은 시료를 단축 압출기를 사용하여 180°C, screw rpm, 30에서 가공, 칩을 제조하였다. 이들 재생 파쇄품은 대경프라스틱(주)으로부터 지원을 받았으며, virgin HIPS는 금호석유화학(주)의 MIB 237을 사용하였다. 이렇게 얻은 수지를 이용하여 석탄회와 무게 비로 혼합, 국내에서 제작된 사출형 혼련기를 이용하여 비율별로



Scheme 1. Flow chart of the sample preparation for the various instrumental analyses.

UTM, 충격강도, 굴곡강도 시료 및 열 분석에 사용될 시료를 각각 제조하였다. UTM 측정을 위해서는 dumbell 형 금형을 이용하여 제조하였다. 이들 실험의 관련 절차를 아래의 Scheme 1에 나타내었다.

2.2. Differential Scanning Calorimetry(DSC) 분석

재생수지와 virgin polystyrene(PS)와의 유리전이온도(T_g)를 비교하였다. 그리고 석탄회의 함량이 증가에 따른 T_g 의 변화 등을 위하여 분석하였으며, 이들은 질소 분위기에서 20°C/min의 승온속도로 30°C에서 250°C까지 1차 주사하고 그 온도에서 5분간 annealing 한 후 급냉하여 다시 동일한 방법으로 2차 주사를 실시하여 T_g 를 얻었다.

2.3. Thermogravimetric analyzer(TGA) 분석

재생 HIPS 칩 및 석탄회를 비율별로 혼합한 시료의 온도변화에 따른 무게 감량곡선을 조사하기 위하여 TGA 분석을 실시하였다. TA Instrument Co. TGA를 이용하여 이들은 질소분위기에서 20°C/min의 승온속도로 30°C부터 900°C까지 분석하여 최종 잔유물 비와 5% weight loss point(T_d)를 각각 측정하였다.

2.4. Universal Testing Machine(UTM) 및 Izod Impact Strength 시험

사출형 혼련기를 사용하여 재생 HIPS 칩과 석탄회가 비율별로 혼합된 복합체를 KSM 3006 1호형 시편을 제조하였으며, 이때 표선간 거리(L)는 50 mm, 나비가 10 mm, 그리고 두께가 3 mm인 시편을 각 혼합비에 대해서 10개씩을 제조하여 50 mm/min의 cross head speed로 시험하였다. 각 시료에 대해서 10개의 시편을 사용하여 이들로부터 인장강도, 신율, 그리고 탄성율을 측정하였다. 또한 Instron사의 4400 series UTM을 사용하여 굴곡강도와 압축강도를 측정하였으며, 굴곡강도의 시편은 KSM 3008 시편을 제조하여 시험하였으며, 이때 시편은 길이 80 mm, 나비 10 mm, 그리고 높이 3 mm로 제조되었다. 압축강도는 KS M 3816에 의하여 시험하였으며, 이때의 시편은 정육면체의 시편인 $a \times a \times h$ 가 10.4×10.4×30 mm으로 제조하여 측정하였으며, 압축변형 속도는 10 mm/min으로 압축하였다. 충격강도는 Ceast사의 Izod Impact Tester를 이용하여 KSM 3055에 의하여 시험하였다. 이 때의 시편은 1호 A 노치 형으로 제조하였으며, 이때의 길이 80 mm, 두께 10 mm, 그리고 나비는 3 mm로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 열 분석

3.1.1. Differential scanning calorimeter(DSC)

기존의 유제품 가공 식품의 포장용기인 PS의 원재료인 금호석유화학(주)의 MIB 237의 T_g 를 조사하고, 이들 재생수지의 T_g 와 비교하기 위하여 DSC를 사용하였다. Fig. 1에 이들 DSC thermogram을 보였으며, 여기서 실선은 virgin PS를, 그리고 점선은 재생수지의 thermogram을 나타낸다. virgin PS의 T_g 는 97.11°C이고, 유제품 가공 식품 용기(야쿠르트 공병)의 재생 후 이들을 혼합 압출하여 얻은 시료의 T_g 는 90.11°C로 얻었다. 이와 같은 재생수지의 유리전이온도가 virgin에 비해 작은 값을 보이는 것은 가소제를 함유한 타 수치(가소화 PVC)의 영향으로 사려된다.

또한 첨가제인 석탄회를 5, 10, 20, 30, 50% 혼합한 시료의 T_g 변화를 조사하였으며, 이들 분석 결과를 Fig.

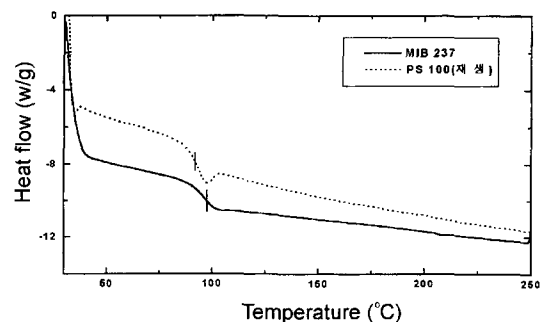


Fig. 1. DSC thermograms of high impact polystyrenes virgin and recycled PS: solid line; virgin, dotted line; recycled PS.

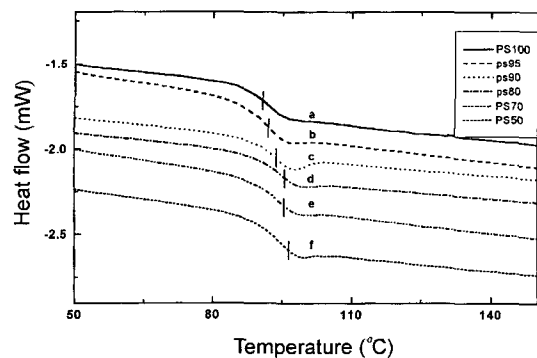


Fig. 2. DSC thermograms of recycled PS and recycled PS filled with fly ash: a; recycled PS, b; 5, c; 10, d; 20, e; 30, f; 50 wt.% fly ash.

Table 1. T_g's of the recycled PS and recycled PS mixed with fly ash

| wt.% of flyash | T _g onset point (°C) | T _g mid point (°C) |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 0 | 86.96 | 90.11 |
| 5 | 86.97 | 91.34 |
| 10 | 89.48 | 93.6 |
| 20 | 88.81 | 94.24 |
| 30 | 90.20 | 95.04 |
| 50 | 90.42 | 96.06 |

2 에 나타내었다. 먼저 재생 PS 100에 대한 T_g는 90.11°C이었으며, 석탄회 함량이 증가함에 따라 T_g가 증가함을 보이고 있다. 포함되어도 유리전이온도는 큰 영향 없이 그 값을 유지하고 있음을 아래의 Table 1 에서 볼 수 있다.

3.1.2. Thermogravimetric analyzer(TGA)

원재료인 MIB 237과 재생 후 압출 혼합하여 얻은 시료에 대한 최종 잔여물비가 얼마나 되는지를 조사하기 위하여 50°C부터 900°C까지 20°C/min의 승온 속도로 이들에 대한 TGA 분석 결과를 아래의 Fig. 3 에 나타내었다. virgin HIPS는 최종잔여물비가 0.7%이고, 재생 처리된 시료의 최종 잔여물비가 1.6%로 늘어났다. 이는 재생 처리로부터 얻은 시료에 남아 있는 불순물의 영향이라고 사려된다. 또한 플라스틱에서 5% weight loss point를 측정 한 결과도 virgin HIPS는 330.2°C이고, 재생 HIPS는 307°C로 분석되었다. 이와 같이 재생수지가 낮은 값을 보이는 것은 유통되는 과정에서 산화와 재생수지내의 저분자량 물질과 유제품의 걸 포장재인 가스화 PVC 필름들에 의한 영향이라고 사려된다. 계속하여 석탄회를 혼합

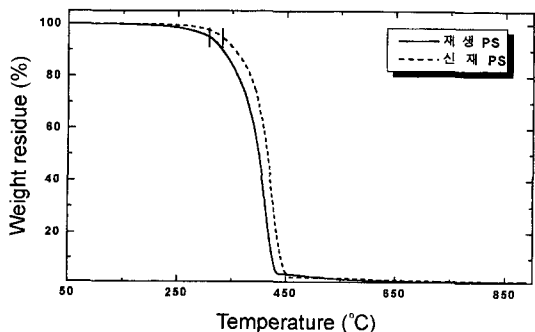


Fig. 3. TGA thermograms of the virgin and recycled HIPS; solid line: virgin PS, dashed line: recycled PS.

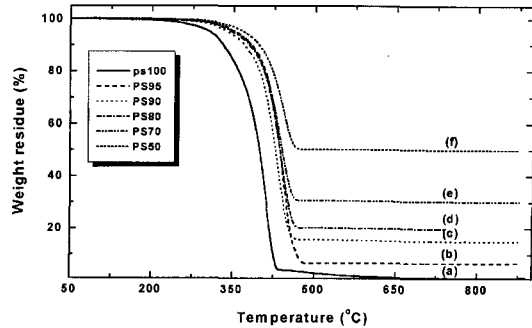


Fig. 4. TGA thermograms of the recycled HIPS and those filled fly ash; (a) recycled PS, (b) 5, (c) 10, (d) 20, (e) 30, and (f) 50 wt.% samples included fly ash.

한 시료들에 대한 TGA 분석을 실시하였으며, 이들에 대한 결과를 Fig. 4에 도시하였다. 여기서 (a)는 석탄회를 혼합하지 않은 시료를, 그리고 (b)-(f)는 각각 5, 10, 20, 30, 50 wt.%의 석탄회를 혼합했을 때의 TGA thermogram 들을 보여주고 있다. 이 그림으로부터 최종적으로 남아 있는 잔여물비가 fly ash 혼합비와 일치함을 보여주고 있으며, 전체적으로 작은 값이지만 5% weight loss point가 virgin HIPS가 보이는 온도보다 큰 값을 보이고 있다. 이는 석탄회 중에 존재하는 미연탄소가 산화안정성을 증대시키는 것이라고 사려된다.

3.2. 기계적 특성

야쿠르트 공병으로부터 재생된 파쇄물을 이용하여 혼련용 스크류를 장착한 압출기로 재생 칩을 제조한 후 석탄회를 무게 비로 혼합, 이들을 UTM 시험용 시편을 제조하여 이들을 cross head speed를 50 mm/min로 고정하고 UTM을 측정하였다. 하나의 비율에 대해 각각 10개의 시편을 측정하여 평균치를 데이터화하였다. 먼저 HIPS는 금호석유화학(주)의 MIB 237을 사용하여 측정한 바 인장강도, 신율, 그리고 탄성율이 각각 298 kgf/cm², 34%, 그리고 18,000 kgf/cm²을 보인 반면에 Fig. 5 에서 보는 바와 같이 재생 칩에 대한 인장강도, 신율, 그리고 탄성율은 각각 230 kgf/cm², 24%, 그리고 12,550 kgf/cm²를 각각 보이고 있어 기계적 강도가 전체적으로 떨어져 있는 상태이다. 이들 특성의 차이는 무엇보다도 용기의 유통과정 기간동안 산화된 점과 다른 유형의 수지들이 포함된 점, 그리고 수세과정 동안 완전히 제거되지 못한 NaOH에 의한 영향이라고 사려된다. 만일 이와 같은 신율의 저하가 산화에 의하여 생

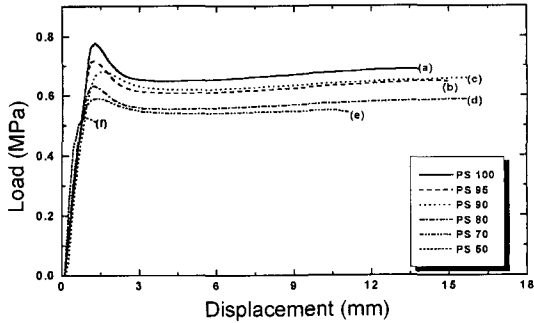


Fig. 5. Stress-Strain curves for the recycled PS and their derivatives included with fly ash.

긴 것이라면 후에 산화안정제의 투입을 고려하기로 한다. 이들에 대한 근거로는 열산화에 대한 문헌으로부터 언급된 바 있다.¹¹⁾ 이들 재생 PS 칩을 이용하여 석탄회를 5, 10, 20, 30 그리고 50 wt.%를 혼합한 시료를 이용하여 UTM 시편을 제조하여 이들에 대한 기계적 강도를 측정하였다. Fig. 5에 Stress-Strain 곡선을 보여주고 있으며, 석탄회의 함량이 20 wt.%까지 증가함에 따라 그리 큰 변화가 없다가 30 wt.%부터 신율이 급격하게 감소하는 현상을 보이고 있다.

이들 UTM 분석으로부터 인장강도를 Fig. 6에 수록하였으며, 이들 인장강도의 경우 석탄회의 함량이 증가함에 따라 인장강도가 선형적으로 감소하는 현상을 보이고 있다. 본 연구의 취지는 재생 PS 칩에 석탄회를 혼합함으로써 시출 성형제품의 치수안정성을 부여하는 동시에 첨가제인 카본블랙을 대체할 수 있는 충전제로써 기대하여 사용하였다. 그러나 재생 칩의 인장강도가 298 kgf/cm²인 점을 고려할 때 석탄회가 50 wt.% 혼합

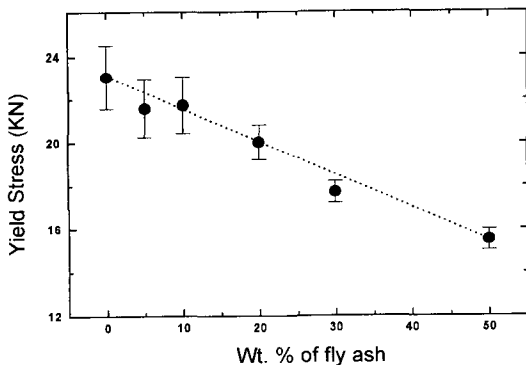


Fig. 6. Tensile strength variation with the fly ash compositions: ●; measured value, dotted line; expected values by rule of mixture.

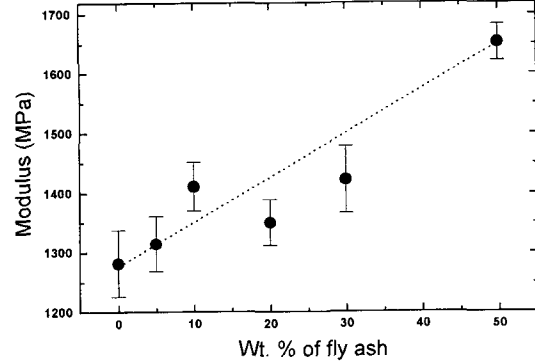


Fig. 7. Modulus changes of recycled HIPS and their composites: ●; measured values, dotted line; expected values by rule of mixture.

되었을 때 152 kgf/cm²로 상당한 인장강도의 저하를 초래하게 되었다. Fig. 6에서 점선은 rule of mixture에 의해 예측된 직선을 보이고 있으며, 각각의 시료에 대한 오차범위를 error bar로 처리하였다.

두 번째로 모듈러스는 Fig. 7에 보였다. 여기서 ●는 각 석탄회 혼합비에 따른 측정된 모듈러스 값을 보이고 있으며, 직선은 rule of mixture에 의해 예상된 값들을 연결한 것이다. 석탄회가 10 wt.%까지 혼합될 때에는 모듈러스가 선형적으로 증가하다가 20 wt.%에서 조금 떨어지고 다시 50 wt.%까지 급상승하는 현상을 보이고 있다. 이러한 현상은 고분자에 탈크를 혼합하였을 때 나타나는 현상과 유사하고, 실제로 석탄회와 탈크의 정성적인 요인은 아주 흡사하다. 예를 들어 이들 성분 중에 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO가 석탄회와 탈크에 공통

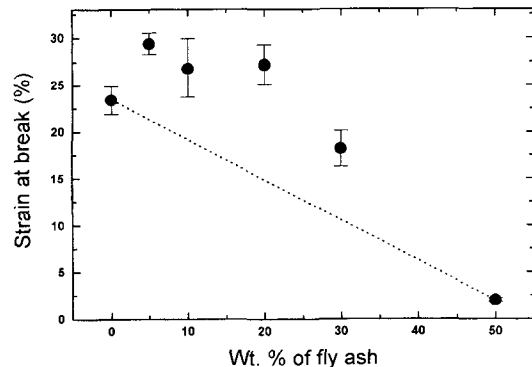


Fig. 8. Tensile strain at break for the recycled HIPS and their composites: ●; measured, dotted line; calculated by rule of mixtures.

으로 들어 있고, 이들 탈크가 고분자에 첨가제로 사용 되었을 때 경직성이 유발되어 모듈러스와 굴곡특성이 증가되고 치수 안정성 및 열변형온도의 향상을 가져다 주지만 인장강도와 신율을 떨어트리고, notched 충격강도와 용융지수(MI)를 감소시킨다¹²⁾는 내용과 일치하고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 8은 파단점에서 석탄회 혼합비의 변화에 따른 신율을 나타낸 그림으로써 무기 첨가제를 20 wt.%까지 혼합하였을 때에는 신율이 석탄회를 혼합하지 않았을 때보다 큰 값을 가지지만 30 wt.%이상을 첨가하면서 신율의 급격한 저하를 초래하고 있는 것을 볼 수 있다. 이들은 석탄회를 혼합하는데 따른 경직성을 그 이유로 들 수 있다. 이들 결과는 위의 모듈러스 변화 경향성과 일치함을 알 수 있다. 이어서 Izod 충격강도를 측정하였다. 원래 virgin HIPS인 MIB 237의 경우 충격강도가 $8 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 을 보이는데 비해 재생 HIPS 칩으로부터의 충격강도는 $7.2 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 를 보여 다소 작은 값을 보이고 있는데 이는 시료를 만들기까지의 3회를 반복하는 동안 열화되고 유통과정을 거치면서 산화되어 나타나는 결과라고 여겨진다. 이들 석탄회의 조성에 따른 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 여기서 보는 바와 같이 충격강도 역시 석탄회 함량이 증가함에 따라 인장강도와 유사한 경향을 보이며 거의 선형적으로 감소하고 있음을 볼 수 있다. 그 중에서도 특히 석탄회의 함량이 20 wt.% 이상인 시료에서 충격강도가 작아지는 것은 무기 충전재들의 입자크기에 의한 영향이라고 사려되며, 충격강도의 저하 현상은 석탄회 성분 중 SiO_2 , Al_2O_3 , 그리고 Fe_2O_3 무기성분들이 함유한 데 따른 충격강도의 저하가 이와 유사한 성분의 첨가제인 탈크의 결과와

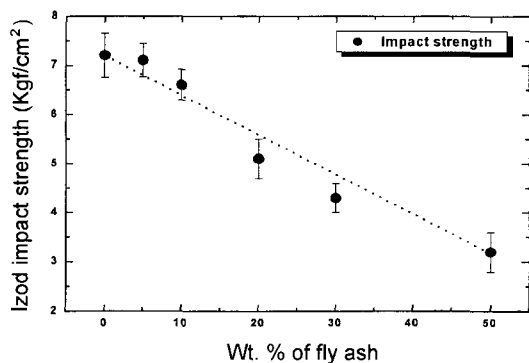


Fig. 9. Izod impact strength of recycled HIPS and their composites : ●; measured values, dotted line; expected values by rule of mixture.

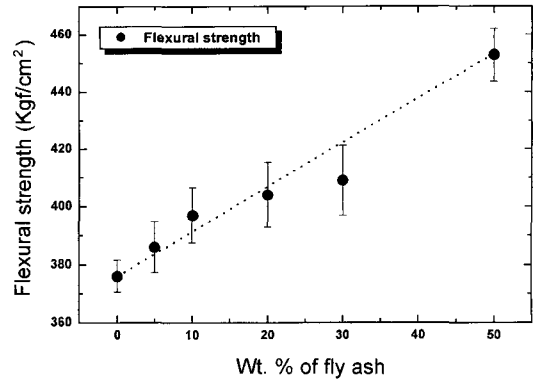


Fig. 10. Flexural strength variation with the fly ash compositions : ●; measured values, dotted line; expected values by rule of mixture.

비교되고 있다.¹²⁾ 이에 앞으로 진행하고 있는 연구에서는 재생 HIPS에 산화안정제와 광 안정제를 동시에 혼합하여 이들에 대한 영향을 조사하기로 하였다. 또한 사각형 시료를 사출형 시편제조기를 통해 제조한 후 UTM을 이용하여 굴곡강도를 측정하였다. 그들 결과는 Fig. 10에 도시하였다. 이들 그림에서 보는 바와 같이, 무기 첨가제인 석탄회의 조성이 증가함에 따라 굴곡강도가 선형적으로 증가하고 있음을 볼 수 있다. 또한 Fig. 11에서 보는 바와 같이 압축강도의 경우 재생 HIPS의 압축강도가 324 kg/cm^2 을 보였으나 석탄회의 첨가율이 증가함에 따라 압축강도의 값이 작아짐을 볼 수 있었다. 이는 굴곡강도의 현상과는 전혀 반대의 양상을 나타내고 있음을 볼 수 있다. 이들에 따른 문제점이라면 압축강도용 시편을 제조하는데 있어서 정육면체

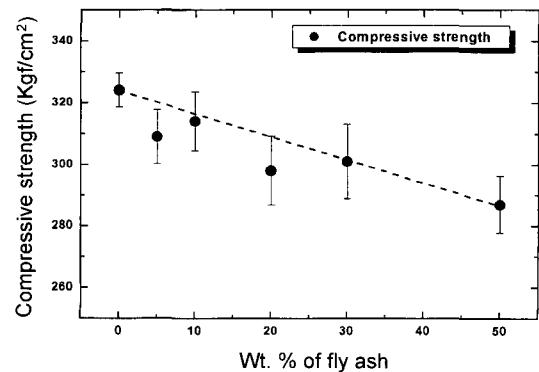


Fig. 11. Compressive strength variation with the fly ash compositions : ●; measured values, dotted line; expected values by rule of mixture.

의 시편인 $a \times a \times h$ 가 $10.4 \times 10.4 \times 30$ mm인 시편을 제조하는데 시편제조용 사출기를 이용하였다. 이때 시편의 금형 두께가 너무 두꺼운 관계로 석탄회를 혼합하는데 따른 내부 기포의 존재여부를 확인할 수 없었기 때문에 아마도 내부의 기포를 포함하였을 가능성을 배제할 수는 없다. 또한 이들 무기 filler를 혼합하는데 있어서 결합제를 사용하지 않는데 따른 문제일 수도 있다.

4. 결 론

유제품 공병 등으로 사용되고 난 후에 이를 회수 분쇄하여 알루미늄을 화학적 처리법으로 제거하고 수세과정을 겪한 다른 수지의 비중분리로 분리한 수지를 이용하여 재생 HIPS 칩을 제조한 후 석탄회와 비울별로 혼합, 복합재료를 제조하여 이들에 대한 열적, 기계적 특성을 조사하였다.

열분석, DSC와 TGA로부터 이들 복합재료의 T_g 를 분석한 바 석탄회의 함량이 증가함에 따라 증가함을 보이고 있다. TGA 분석으로부터 재생 HIPS가 석탄회의 혼합전보다 그 이후에 분해온도가 높은 것으로 나타났다. 기계적 특성 결과로부터 인장강도는 fly ash의 혼합비에 따라 선형적으로 감소하고, 모듈러스는 선형적인 변화는 보이지만 대체로 석탄회의 조성비가 30%까지는 미미하게 증가하다가 50 wt.%에서 급격하게 증가함을 보였다. 신율 역시 석탄회의 조성이 30 wt.%이상에서 급격하게 줄어들고 있음을 볼 수 있었다. Izod 충격강도의 경우 석탄회 조성이 증가함에 따라 대체로 선형적인 감소현상을 보이고 있다. 반면에 굴곡강도는 상대적으로 증가하고 있음을 알 수 있었다. 또한 압축강도의 경우 석탄회의 조성이 증가함에 따라 작아지는 결과를 얻었다.

따라서 석탄회가 5-30 wt.% 함유된 복합재료는 치수 안정성, 굴곡강도, 그리고 내 충격성이 요구되는 용도에 적용이 가능하다.

이와 같이 기계적 특성을 중심으로 다루는데 있어서 virgin HIPS에 비해 재생 HIPS의 특성자체가 낮아진 물성을 향상시킬 연구과제를 산화안정제와 광 안정제를 동시에 투여한 시료에 대한 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

1. J. C. Salamone : "Polymeric Materials Encyclopedia", Vol. 9 pp 6799-6805 (1996).
2. I. I. Ostromislensky : US Patent 1613673 (1927).
3. Jr. Allen I, W. R. Marshall, G. E. Wightman : US Patent 2496-653 (1943).
4. J. L. Amos, J. L. Mccurdy, O. R. McIntire : US Patent 2694-692 (1950).
5. S. Taguchi, S. Matsuzaki : "Plastics Age", Vol. 40, pp 91 (1994).
6. FL. Yang, V. Hlavacek : "Improvement of PVC wearability by addition of additives", Powder technology, Vol. 103, No. 2, pp 182-188 (1999).
7. M. H. Ozukul : "Effect of aggregate on the properties of epoxy concrete", Proceedings of the 8th ICPIC Congress on Polymers in Concrete (1995).
8. O. L. Figovsky, D. A. Beliin, G. B. Potapov : "New type of polymer concrete based on polybutadiene matrix", Proceedings of the 8th ICPIC Congress on Polymers in Concrete (1995).
9. 이정은, 안영철, 김성찬, 구재현, 나성수, 신진혁, 이재근 : "부유분리법에 의해 분리한 고순도 정제석탄회와 고탄소 석탄회의 특성", 한국자원리싸이클링학회지. Vol. 8(4), pp 11-19 (1999).
10. 오성원 : "석탄회처리 현황과 대책", proceedings of International workshop on utilization of fly ash, pp 1-16 (1996).
11. Gähler and Müller : "Plastics additives", 2nd Ed., pp 45-46, Hanser publishers, NY (1987).
12. Gähler and Müller : "Plastics additives", 2nd Ed., pp 420-421, Hanser publishers, NY (1987).



安 泰 光

- 1988년 인하대학교 화학공학과 공학사
- 1990년 인하대학교 대학원 화학공학과 공학석사
- 1996년 인하대학교 대학원 화학공학과 공학박사
- 현재 혜전대학 환경·신소재계열 교수



金 德 鉉

- 1992년 아헨 공대(독일) 화학과 학사, 석사
- 1995년 아헨 공대(독일) 화학과 박사
- 1996년 아헨 공대(독일) 화학과 연구원
- 1997년 청운대학교 신소재공학과 교수
- 현재 한국산업기술대학교 화학공학과 교수, 시흥환경기술개발센터 장