

Glass Beads로 충전된 High-Density Polyethylene의 力學的 特性

김원택 · 노영창 · 송자량

한양대학교 공과대학 공업화학과

(1984년 6월 4일 접수, 1984년 7월 13일 심사완료)

요약: 입상충전재인 glass beads를 충전한 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 복합재료의 역학적 특성(인장강도, 인장탄성율 및 충격강도)을 충전재의 함량별, 표면처리별 및 입도별로 비교·검토하였다. 또한, 무극성 폴리머인 HDPE에 극성 모노머인 아크릴산(Aa)을 그래프트 공중합하여 극성기 도입에 따른 충전효과도 살펴보았다. 표면처리제로서는 비닐 및 아미노기를 가진 실란계 결합제(A-1100 및 A-172), 티타네이트계 결합제(TTS), 스테아르산, 카르틸산 및 실리콘 유 등을 사용하였다. 인장강도와 인장탄성율에 있어서는 무처리 glass beads와 실란 결합제 처리 glass beads를 충전했을 때 및 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 glass beads를 충전한 결과, 결합제처리 glass beads를 충전시켰을 때가 무처리 glass beads를 충전시켰을 때보다 충전재와 기재 간의 계면접착력 증가로 인해서 충전효과가 더 좋았으며 특히, 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 A-1100 실란 결합제처리 glass beads를 충전했을 때 최대의 효과를 나타내었다. 한편, 충격강도에 있어서는 충전재와 기재 간의 충격을 완화시킬 수 있는 비교적 진 분자쇄를 가진 TTS 결합제나 스테아르산으로 충전재를 처리하여 충전했을 때가 충격흡수효과로 인해서 강도를 향상시킬 수 있었다.

1. 서 론

플라스틱에 사용하는 충전재는 그 형태에 따라 섬유상, 판상 및 입상충전재로 크게 분류할 수 있으며, 이들은 각기 다른 응용성과 재료특성을 가지고 있다. 특히, 강성이 큰 glass fiber나 carbon fiber와 같은 섬유상충전재인 경우는 플라스틱의 기계적 특성을 증가시키기 위해 강화재로 많이 사용이 되고^{1,4}, 입상충전재는 플라스틱에 어떤 특별한 성질(전기절연성이나 도전성)을 부여하기 위해서 사용이 되거나 경제적인 목적으로 증량재로 많이 사용이 되고 있다.

일반적으로 플라스틱의 입상충전재로는 탄산칼슘⁵, 실리카⁶, 탈크⁷, 카오린⁸, 카본블랙⁹ 및 금속분말¹⁰ 등이 주로 사용이 되고 있는데, 이

들 충전재를 플라스틱에 충전시켰을 때 나타나는 복합재료의 거동은 두 성분의 특성 뿐만 아니라 그들의 입도, 형태, 응집상태(agglomeration), 함량 및 충전재와 기재간의 계면작용에 따라 달라지게 된다.

본 실험에서는 입상충전재 중 도벨이 될 수 있는 glass beads를 올레핀계 폴리머인 High-Density Polyethylene(HDPE)에 충전시켰을 때 나타나는 인장강도, 인장탄성율 및 Charpy 충격강도와 같은 기계적 특성을 고찰하였다. glass beads의 입도에 따른 충전효과 뿐만 아니라 충전재와 기재 간의 계면접착력의 차이에 따른 충전효과를 살피기 위해 충전재를 실란 결합제와 이형제로 사용하는 실리콘 유로 처리하여 HDPE에 충전시켰을 때의 충전효과 및 무극성 HDPE

에 극성 모노머인 아크릴산을 그래프트 시켜서 충전재를 충전시켰을 때의 충전효과를 검토하였고 충전재와 기재 간에 완전 접촉일 때와 무접촉 일때의 복합재료 탄성율을 식으로 전개한 Sato's equation¹¹을 본 실험 data와 비교하였다. 또한, 표면처리제의 분자쇄 길이에 따른 충격거동을 살피기 위해서, 분자쇄 길이가 각기 다른 티타네이트 결합제(TTS), 스테아르산, 카프릴산 및 실란계 결합제(A-1100 및 A-172)로 glass beads를 처리하여 기재에 충전시켰을 때 나타나는 충격특성도 고찰하였다.

2. 실험 및 실험방법

2-1. 시료 및 시약

본 실험에서 고분자 기재로 사용한 HDPE와 충전재로 사용한 glass beads는 Table 1과 같은 등급을 사용하였고, 그래프트용 모노머로서는 아크릴산(Kokusen Chemical Works, Ltd., 특급)을 개시제로서는 벤조일 퍼옥사이드(BPO)를 정제하여 사용하였다.

glass beads의 표면처리제로서는 실란 결합제(상품명 : A-172 및 A-1100, Union Carbide사 제품), 티타네이트 결합제(상품명 : TTS, Dow Corning사 제품), 스테아르산, 카프릴산 및 실리콘 유(상품명 : F-200, Dow Corning사 제품) 등을 사용하였다. 각 표면처리제의 분자구조식을 Table 2에 표시하였다.

2-2. High-Density Polyethylene의 그래프 트 중합

올레핀 계 폴리머의 그래프 트 중합방법은 크게 방사선¹¹, 용액¹²⁻¹⁴ 및 용융압출^{15,16} 그래프 트 중합으로 나눌 수 있다.

본 실험에서는 위의 세가지 방법중에서 용융 압출 중합법을 이용하여 실험을 행하였다. 실험 방법은 완전분말 HDPE에 소량의 아세톤에 녹인 0.3% BPO와 0.5% 아크릴산을 균일 혼합하고 180°C에서 Shimadzu 압출기로 용융·압출하여 중합시켰다.

2-3. Glass Beads의 선별 및 표면처리

2-3-1. Glass Beads의 선별

Glass Beads를 Vibrating Sieve(일본동양과학

Table 1. Materials

A) Matrix				
Matrix	Maker	Grade	Density (g/cm ³)	MI (g/10min.)
HDPE	Ho Nam Chem. Co., LTD.	70 00-F	0.956	0.05
B) Filler				
Filler	Maker	Density (g/cm ³)		
Glass Bead	Ji Nam Co.	2.5		

Table 2. Molecular Formula of Surface Treatment Agents

A-1100	H ₂ NC ₃ H ₆ Si(OCH ₂ CH ₃) ₃
A-172	CH ₂ =CHSi(OC ₂ H ₄ OCH ₃) ₃
TTS	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{CH}_2\text{CHOTi}(\text{OC}-\text{C}_{17}\text{H}_{35})_3 \end{array}$
Stearic Acid	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH
Caprylic Acid	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH

사)로 3종류의 직경범위(115~105, 590~297 및 710~590μm)를 가지는 군으로 분류하여 황산-질산의 혼산용액(부피비율 1:1)에 glass beads를 장시간 침적시켜 제조과정 중에 생긴 불순물을 최대한으로 제거시켜 사용하였다.

2-3-2. 실란계 결합제에 의한 처리방법

메탄올 수용액(메탄올:물 =1:1)에 glass beads함량에 대해 1wt%의 실란 결합제를 용해시켜 glass beads를 12시간 침적, 상온 방치하여 처리하였다. 이때 A-172 결합제의 경우는 초산으로 pH를 3.5로 조절한 후에 glass beads를 처리하였다. 이렇게 처리한 glass beads는 시편 제작시의 수분의 영향을 최대한으로 없애기 위해 장시간 건조시켜 사용하였다.

2-3-3. 티타네이트 결합제에 의한 처리방법

노르말 헥산에 glass beads함량에 대해 0.5, 1 및 1.5wt%의 TTS를 용해시킨 후, 각각에 glass beads를 침적, 상온·방치하여 처리하였다. 이렇게 처리한 glass beads는 역시 위와 마찬가지로 건조시켜 사용하였다.

2-3-4. 실리콘유에 의한 처리방법

크실렌에 glass beads 함량에 대해 1wt%의

실리콘유를 용해시켜 glass beads를 침적, 상온·방치하여 처리하였다. 이 경우도 역시 처리한 glass beads를 위와 마찬가지로 조건으로 건조하여 사용하였다.

2-3-5. 스테아르 및 카프릴산에 의한 처리방법

메탄올에 glass beads의 함량에 대해 1wt%의 스테아르 및 카프릴산을 각각 용해시켜서 위와 마찬가지로 방법으로 처리하여 30°C로 장시간 건조시켜 사용하였다.

2-4. 시편제작 및 물성측정

순수 분말 HDPE와 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 glass beads를 균일혼합하여 press (Shimadzu Seisakusho Co.)에서 -210°C, 300kg/cm²의 압력하에서 압착·성형하였다. 이때 glass beads가 하부로 가라 앉는 것을 방지하기 위해 최적시간을 정하여 plate를 rolling시켜 주었다.

인장강도와 인장탄성율은 sample을 ASTM 규격에 의거 제작하여 Instron(UTM-4-100)으로 측정하였으며 이때의 cross head speed는 30mm/min이었다. 충격강도용 sample은 plastic cutting machine (Yasuda Seiki Seisakusho, Ltd., No.

189-PAL)으로 제작하여 Charpy impact machine (YSS Tester)으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. Acrylic Acid-Grafted HDPE의 구조해석

아크릴산으로 그래프트된 HDPE의 확인은 용융압출법으로 그래프트시킨 것을 크실렌에 완전 용해시킨 후, 메탄올 중에서 반복·석출시키고 Soxhlet장치로 48시간 환류시켜 homopolymer를 완전히 제거한 후에 적외선흡수 스펙트럼(IR)을 이용하여 Fig.1에 나타난 바와 같이 1730cm⁻¹ 부근에서 카르보닐 흡수대로서 그래프트 여부를 확인하였다.

또한, 그래프트율은 아크릴산으로 그래프트된 HDPE를 크실렌에 용해시킨 후, 지시약으로 페놀프탈레인용액을 사용하여 0.1N KOH 메탄올 용액으로 중화적정하여 산출한 결과, 0.353%의 그래프트율을 얻었다. 이때 그래프트 폴리에틸렌과 순수 폴리에틸렌의 DSC에 의한 melting temperature를 측정한 결과, 그래프트폴리에틸렌은 121°C였고 순수 폴리에틸렌은 126°C였다.

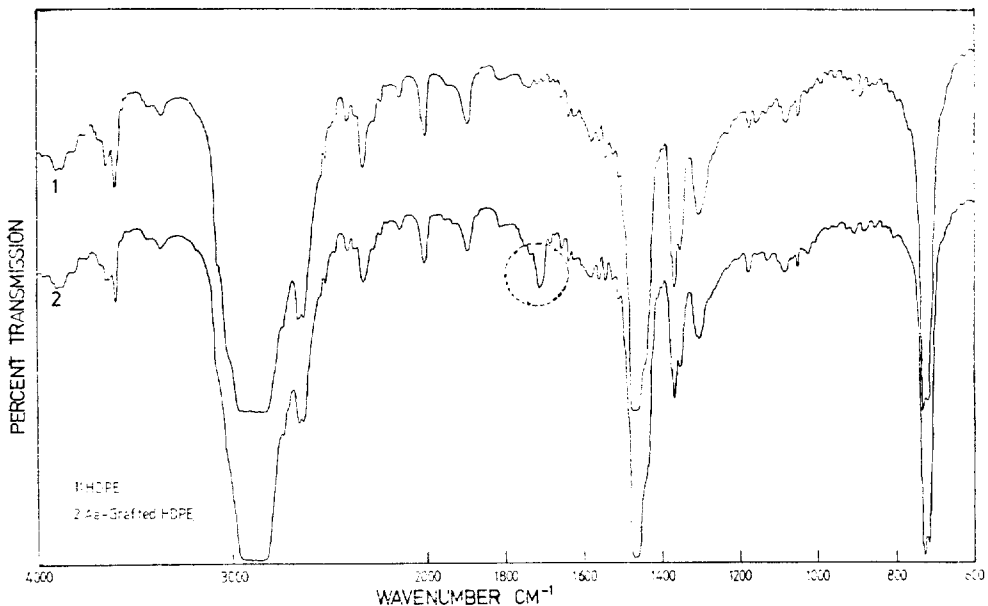


Fig. 1. Infrared spectra of HDPE and acrylic acid-grafted HDPE.

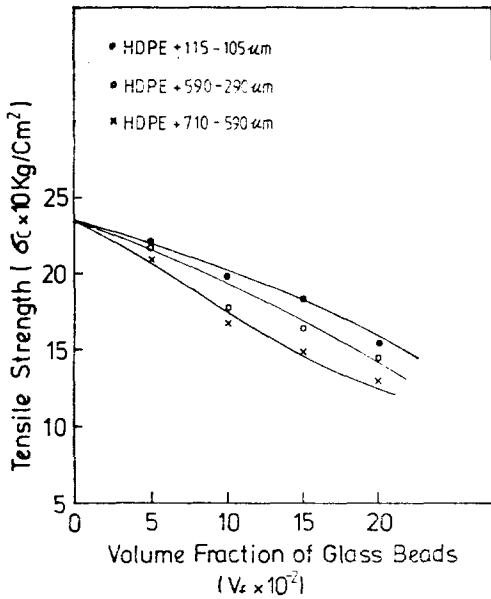


Fig. 2. Relation for tensile strengths of HDPE filled with glass beads having three different particle size. (115-105, 590-290 and 710-590 μm)

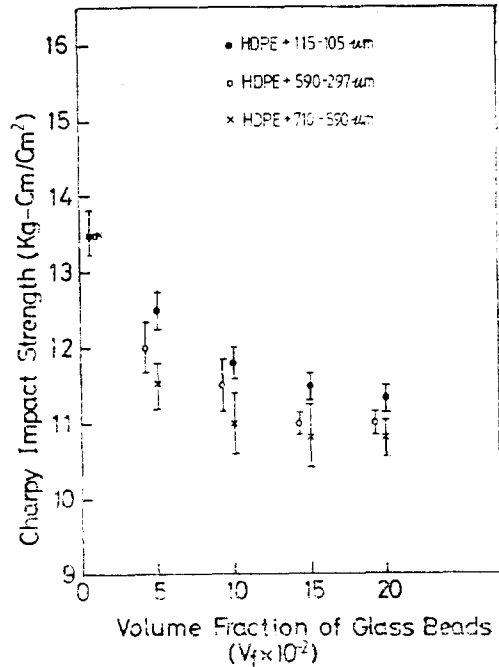


Fig. 4. Relation for Charpy impact strengths of HDPE filled with glass beads having three different particle size. (115-105, 590-297 and 710-590 μm)

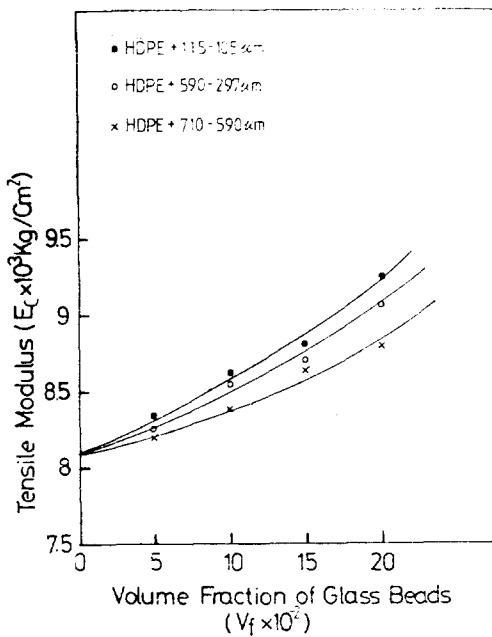


Fig. 3. Relation for tensile moduli of HDPE filled with glass beads having three different particle size. (115-105, 590-297 and 710-590 μm)

3-2. 역학적 성질

Fig. 2, 3 및 4는 순수 HDPE에 입도가 각각 다른 glass beads를 함량별로 20%까지 충전시켰을 때 나타나는 인장강도, 인장탄성률 및 Charpy 충격강도값을 도시한 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 glass beads의 함량이 증가하면 할수록 인장강도와 충격강도는 감소하였으며 인장탄성률은 이와 반대로 Kerner Nielsen식^{12,18}에서와 같이 증가함을 알 수가 있었다. 또한 충전재의 입도에 따른 효과를 살펴본 결과, 직경이 가장 작은 상태의 115~105 μm glass beads가 충전되었을 때가 가장 높은 값을 나타내었고 glass beads의 직경이 가장 큰 상태인 760~590 μm glass beads가 충전되었을 때가 가장 낮은 값을 가졌다. 이것으로 보아서 glass beads의 입자가 작으면 작을수록 충전효과는 향상됨을 알 수가 있었다. 이와 같은 향상 원인은 충전재의 입경이 작으면 surface interaction이 크게 되며 큰 입경의 충전재에서 보다 응력집중 현상이 적

게 일어나기 때문이다. 본 연구에서는 직경이 590~297 μm 인 glass beads를 충전제로 사용하여 모든 실험을 행하였다.

Fig. 5와 6은 아미노기를 가진 실란 결합제 (A-1100)로 처리한 glass beads와 무처리 glass beads를 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 충전시켰을 때와 비닐기를 가진 A-172 실란 결합제, 실리콘유로 처리한 glass beads 및 무처리 glass beads를 순수 HDPE에 충전시켰을 때 나타나는 인장강도와 인장탄성율을 표시하였다. 또한, 충전제와 기재 간에 완전 접촉일 때와 무접촉일 때의 복합재료 탄성율을 식으로 전개한 Sato's equation을 본 실험 data와 비교하여 보았다.

Sato식을 표시하면 아래와 같다.

$$E(\text{filled})/E(\text{unfilled}) = \{1 + [y^2/2(1-y)]\}$$

$$(1-\phi_C) - [y^2\phi_C^2/(1-y)^3]$$

where $\phi_F = y^3$ ($\phi_F = \text{volume fraction of filler}$),

$$\phi = (y^3/3)(1+y-y^2)(1-y+y^3),$$

$\xi = \text{adhesion parameter}$;

$\xi = 0$ for perfect adhesion,

$\xi = 1$ for no adhesion

충전제와 기재 간의 계면접착력이 가장 강한 상태로 생각되는 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 A-1100처리 glass beads를 충전했을 때가 강도나 탄성율에 있어서 가장 높은 값을 나타내었고, 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 무처리 glass beads를 충전했을 때가 그 다음이었으며 A-172처리 glass beads를 순수 HDPE에 충전했을 때는 무처리 glass beads를 충전했을 때 보다 높은 값을 나타내었지만, 실리콘처리 glass beads를 충전했을 때는 무처리 glass beads를 충전했을 때 보다 월등히 낮은 값을 나타내었다.

Sato식과 본 실험에서의 탄성율을 비교하여 보면 완전 접촉일 때 Sato식에서 유도한 값이 본 실험에서 가장 큰 값 보다 더욱 크게 나타났는데, 이것은 sample 성형과정상의 기포생성과 같은 결함과 완전한 접촉을 만들 수 없기 때문인 것으로 고려되며, 무접촉일 때 Sato식으로 부터 유도한 탄성율 값은 실리콘 오일로 처리한

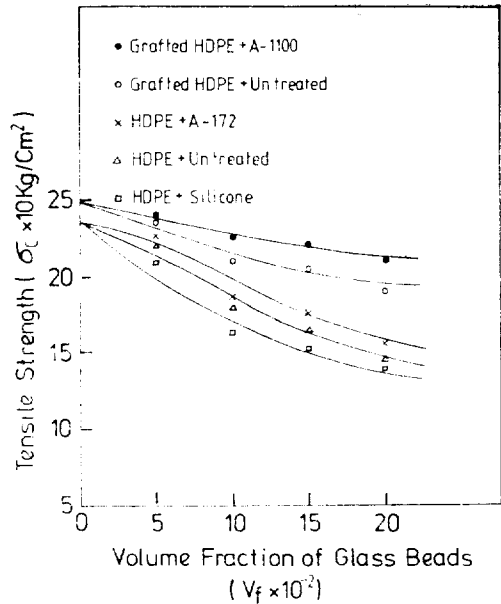


Fig. 5. Relation for tensile strengths of HDPE filled with untreated, A-172 coupling agent and silicone treated-glass beads, and acrylic acid-grafted HDPE filled with A-1100 coupling agent treated-glass beads.

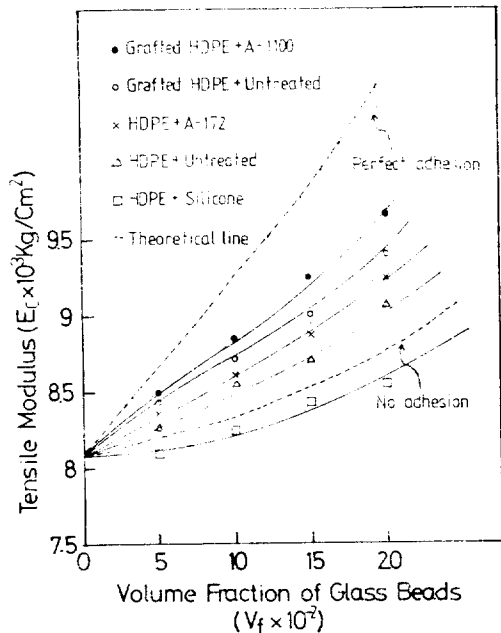


Fig. 6. Relation for tensile moduli of HDPE filled with untreated, A-172 coupling agent and silicone treated-glass beads, and acrylic acid-grafted HDPE filled with A-1100 coupling agent treated-glass beads.

glass beads를 충전하였을 때와 비슷한 값을 나타내었다. 이와같은 실험결과로 볼 때 인장강도와 인장탄성율은 충전재와 기재 간의 계면접착력이 좋으면 좋을수록 향상된다는 것을 알 수가 있었다.

Fig. 7. 은 순수 HDPE에 실리콘, A-172 및 무처리 glass beads가 충전되었을 때와 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 A-1100처리 glass beads를 충전시켰을 때의 Charpy 충격강도를 표시한 것인 데, 인장강도와 인장탄성율에 있어서와는 반대로 충전재와 기재 간의 계면접착력이 가장 약한 상태로 생각되는 실리콘처리 glass beads를 충전시켰을 때가 강도값이 가장 높았으며, A-172 결합제처리 glass beads를 충전시켰을 때는 무처리 glass beads를 충전했을 때보다 강도값이 감소하는 경향을 알 수 있었으며 또한 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 glass beads

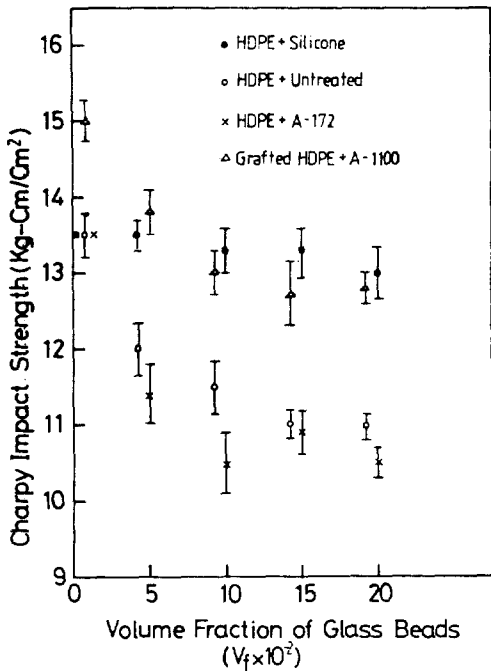


Fig. 7. Relation for Charpy impact strengths of HDPE filled with untreated, A-172 coupling agent and silicone treated-glass beads, and acrylic acid-grafted HDPE filled with A-1100 coupling agent treated-glass beads.

를 충전시켰을 때는 glass beads의 함량이 증가함에 따라 강도값이 현저히 저하하는 경향을 알 수 있었다. 이 원인은 충전재와 기재 사이의 접착력 증가에 따라 충격시에 plastic deformation (flow)을 억제시키는 결과로 파괴에너지를 감소시키기 때문인 것으로 해석된다.

Fig. 8. 은 TTS 결합제의 표면처리효과와 표면처리제의 함량에 따른 충전효과를 살피기 위해서 TTS의 처리함량을 0.5, 1 및 1.5wt%로 변화시켜 glass beads를 처리하여 순수 HDPE에 충전시켰을 때와 무처리 glass beads를 순수 HDPE에 충전시켰을 때의 인장강도를 도시한 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 TTS 처리 glass beads를 충전시켰을 때가 무처리 glass beads를 충전시켰을 때 보다 강도가 크게 나타난 것을 볼 수가 있는 데, 그 이유는 TTS의 장쇄와 HDPE의 분자쇄 사이에서 interlocking현상¹⁷ 및 상호간의 양호한 상용성 때문인 것으로 해석이 된다. 또한, 표면처리제의 함량에 따른 충전효과를 살펴본 결과, 0.5 및 1wt% TTS 처리 glass beads를 충전했을 때가 1.5wt% TTS처리

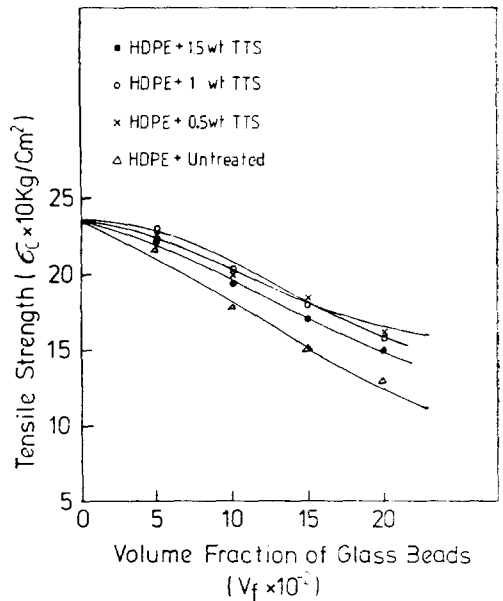


Fig. 8. Relation for tensile strengths of HDPE filled with untreated and TTS coupling agent treated-glass beads.

Glass Beads로 充填된 High-Density Polyethylene의 力學的 特性

glass beads를 충전했을 때 보다 약간 높은 값을 나타내었다.

Fig. 9는 Fig. 8과 마찬가지로 조건으로 glass beads를 충전했을 때의 인장탄성율을 나타낸 것으로서 인장강도에 있어서와는 반대로 TTS처리 glass beads를 충전했을 때가 무처리 glass beads를 충전했을 때 보다 낮은 값을 나타내었는데, 이것은 TTS결합제에 의한 가소화효과(plasticizing effect) 때문인 것으로 생각된다. 또한, 표면처리제의 함량에 따른 충전효과는 Fig. 8과 비슷한 경향을 나타내었다.

Fig. 10, 11 및 12는 glass beads를 스테아르산으로 처리하거나 A-1100 결합제로 처리된 glass beads에 다시 스테아르산 처리를 한 glass beads와 무처리 glass beads를 순수 HDPE에 충전시켰을 때 나타나는 인장강도, 인장탄성 및 충격강도를 나타낸 도표로서, 인장강도와 인장탄성율에 있어서는 A-1100+스테아르산처리 glass beads를 충전시켰을 때가 충전효과가 크게 나타났으며 무처리 glass beads를 충전시켰을 때가

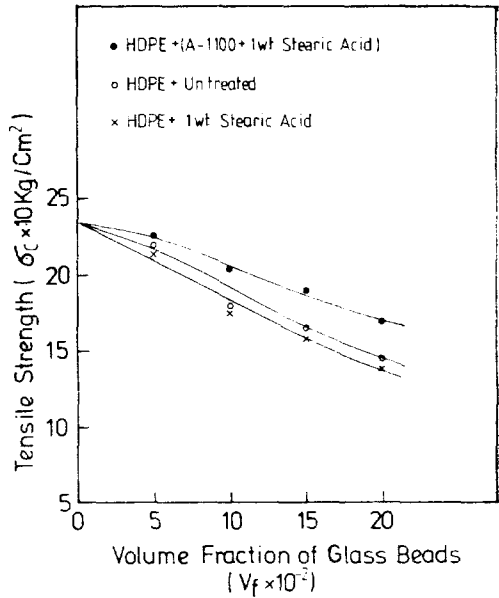


Fig. 10. Relation for tensile strengths of HDPE filled with untreated, stearic acid and A-1100+stearic acid treated-glass beads.

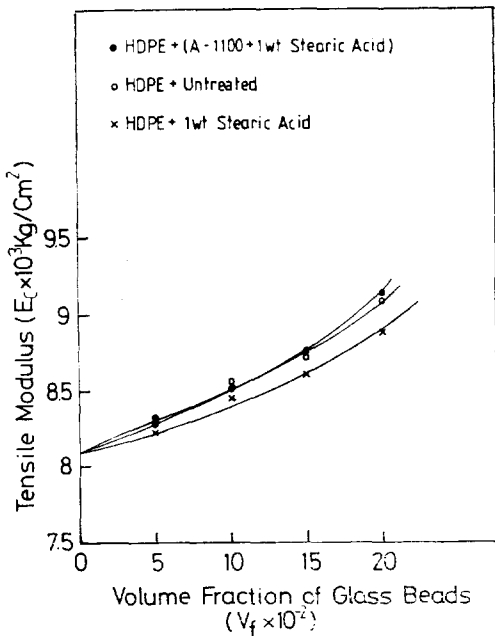


Fig. 9. Relation for tensile moduli of HDPE filled with untreated and TTS coupling agent treated-glass beads.

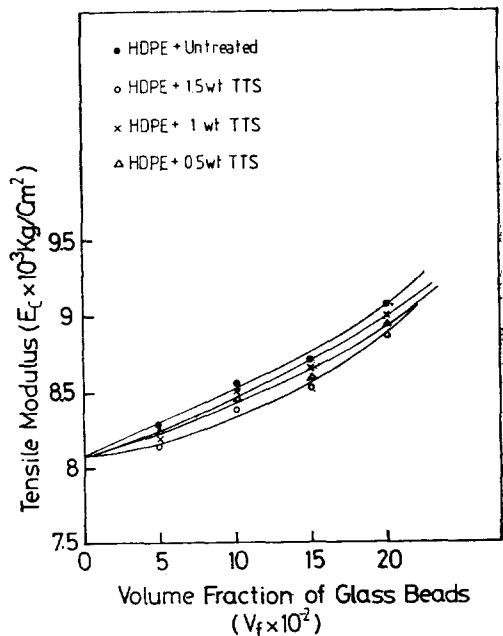


Fig. 11. Relation for tensile moduli of HDPE filled with untreated, stearic acid and A-1100 stearic acid treated-glass beads.

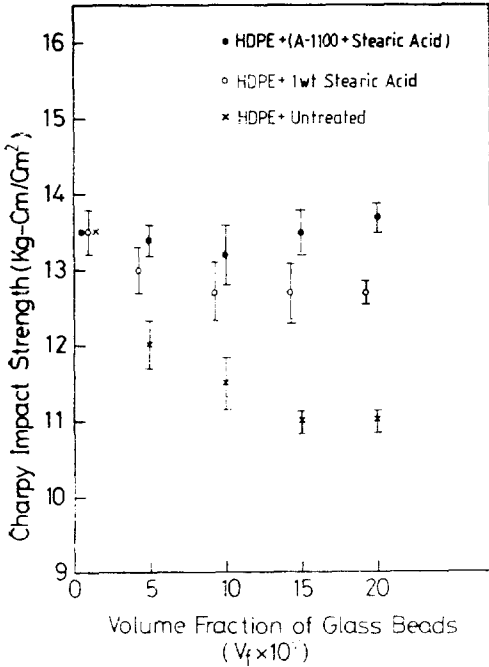


Fig. 12. Relation for Charpy impact strengths of HDPE filled with untreated, stearic acid and A-1100+stearic acid treated-glass beads.

그 다음이었고, 스테아르산처리 glass beads를 충전시켰을 때가 가장 낮은 값을 나타내었다. 스테아르산 처리 glass beads를 충전시켰을 때가 무처리 glass beads를 충전시켰을 때 보다 강도나 탄성율이 떨어진 이유는 스테아르산의 비교적 긴 분자쇄에 의한 가소효과 때문인 것으로 생각되며, A-1100+스테아르산 처리 glass beads를 충전시켰을 때가 무처리 glass beads를 충전시켰을 때 보다 강도나 탄성율을 값이 높게 나타난 이유는 스테아르산을 단독으로 처리했을 때 보다 glass beads 표면에 결합이 견고하게 이루어 질 뿐만 아니라 A-1100 결합제의 효과에 의해서 충전재와 기재 간의 상용성이 향상된 결과로 생각된다. 반면에, 충격 강도는 스테아르산 처리 glass beads를 충전시켰을 때가 무처리 glass beads를 충전시켰을 때 보다 높은 강도값을 나타내었는데, 이것은 비교적 유동성이 큰 분자쇄를 가진 스테아르산으로 처리한 glass beads가 충전됨에 따라 충전재와 기재 간에 충

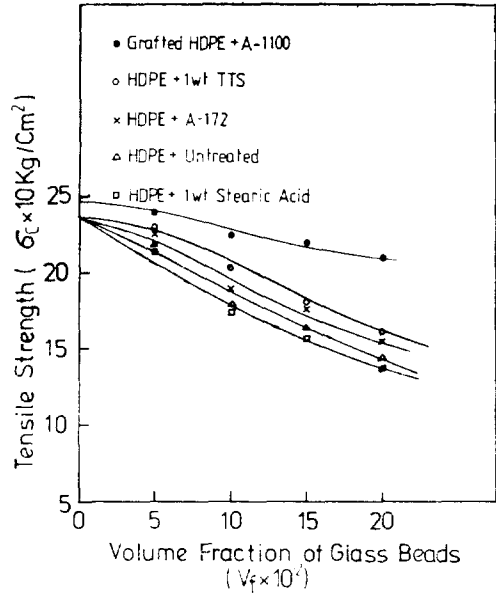


Fig. 13. Relation for tensile strengths of HDPE filled with untreated, stearic acid, A-172 and TTS coupling agents treated-glass beads, and acrylic acid-grafted HDPE filled with A-1100 coupling agent treated-glass beads.

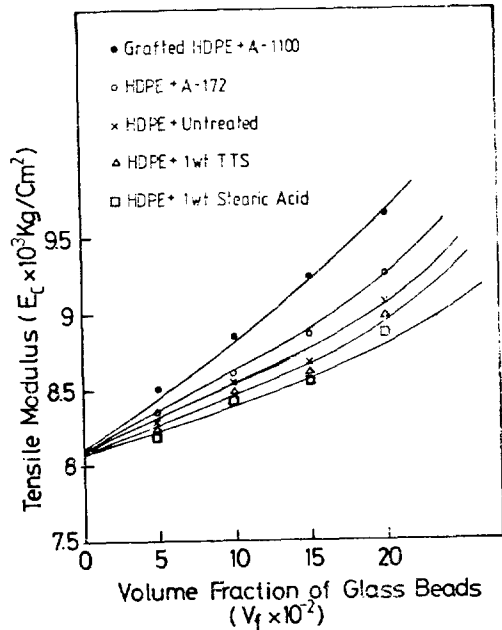


Fig. 14. Relation for tensile moduli of HDPE filled with untreated, stearic acid, A-172 and TTS coupling agents treated-glass beads, and acrylic acid-grafted HDPE filled with A-1100 coupling agent treated-glass beads.

격흡수효과를 줄 수있는 층이 생겨 파괴가 일어날 때 ductile 파괴가 일어난 결과로 생각되며, A-1100+스테아르산 처리 glass beads를 충전시켰을 때가 스테아르산 처리 glass beads를 충전시켰을 때 보다 충격강도에서 약간 높은 값을 나타낸 것은 아미노기를 가진 A-1100 결합제와 스테아르산의 화학적인 반응으로 인해 스테아르산을 단독으로 처리했을 때보다 상용성이 향상된 결과로 생각된다.

Fig. 13과 14는 아크릴산으로 그라프트된 HDPE에 A-1100 결합제 처리 glass beads를 충전시켰을 때와 A-172, TTS, 스테아르산 및 무처리 glass beads를 순수 HDPE에 각각 충전시켰을 때 나타나는 인장강도와 인장탄성율을 표시한 도표로써, 인장강도의 경우는 아크릴산으로 그라프트된 HDPE에 A-1100 결합제 처리 glass beads를 충전시켰을 때가 강도값이 크게 나타났

으며 TTS, A-172, 무처리 및 스테아르산 처리 순으로 강도가 감소되었다. 인장탄성율도 인장강도와 비슷한 경향을 나타냈지만 TTS처리 glass beads를 충전했을 경우는 무처리의 경우 보다 낮은 값을 나타내었다.

Fig. 15는 분자쇄의 길이가 각각 다른TTS, 스테아르산 및 카프릴산처리 glass beads와 무처리 glass beads를 순수 HDPE에 충전시켰을 때의 충격강도를 나타낸 것으로 분자쇄의 길이가 가장 길고 상용성이 좋은 TTS처리 glass beads를 충전시켰을 때가 가장 높은 값을 나타내었고 스테아르산, 카프릴산 순으로 강도가 감소되었으며 무처리 glass beads를 충전했을 경우가 가장 낮은 강도값을 나타내었다.

4. 결 론

HDPE에 입상충전재인 glass beads를 충전했을 때 충전제의 입도, 표면처리에 따른 충전효과 및 극성 모노머인 아크릴산을 HDPE에 그라프트 공중합하여 극성기 도입에 따른 충전효과를 검토한 결과, 아래와 같은 결론을 얻었다.

① glass beads 입도의 영향

충전재의 입도가 작으면 작을수록 인장강도, 인장탄성율 및 충격강도가 향상되었다.

② 표면처리효과

인장강도에 있어서는 결합제 (A-1100, A-172 및 TTS)로 처리한 glass beads를 충전 했을 때가 충전제와 기재 간의 계면 접착력증가와 상용성의 향상으로 인해, 무처리glass beads를 충전했을 때 보다 높은 값을 유지하였다.

인장탄성율은 인장강도의 경우와 비슷한 경향을 나타냈지만, TTS처리 glass beads를 충전했을 경우는 무처리의 경우 보다 낮은 값을 나타내었다.

충격강도에 있어서는 충격흡수효과를 줄 수 있는 비교적 긴 분자쇄를 가진 TTS 결합제, 스테아르산 및 A-1100+스테아르산 처리 glass beads를 충전했을 때가 무처리 glass beads를 충전했을 때 보다 높은 강도값을 나타내었다.

③ 그라프트효과

인장강도와 인장탄성율에 있어서는 아크릴산

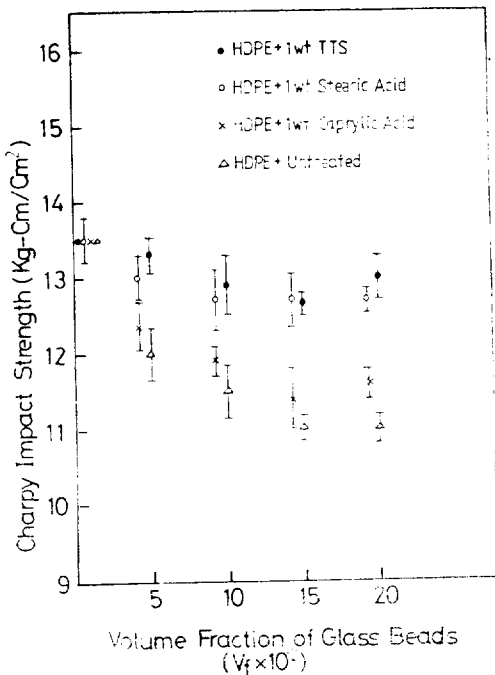


Fig. 15. Relation for Charpy impact strengths of HDPE filled with untreated, stearic acid, A-172 and TTS coupling agent treated-glass beads, and acrylic acid-grafted HDPE filled with A-1100 coupling agent treated-glass beads.

으로 그래프트된 HDPE에 glass beads를 충전했을 때보다 순수 HDPE에 glass beads를 충전했을 때보다 충전재와 기재 간의 계면접착력 증가로 인해서 높은 값을 나타내었으며, 특히 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 A-1100 결합제처리 glass beads를 충전했을 때 최대의 값을 나타내었다. 충격강도에 있어서는 아크릴산으로 그래프트된 HDPE에 glass beads가 충전되었을 때에는 충전재의 함량이 증가함에 따라 강도값이 현저히 저하하는 것을 볼 수가 있었다.

References

1. Peter Yeoung and Lawrence J. Broutman, *Polym. Eng. Sci.*, **18**, No. 2, 62(1978).
2. B. Harris, P. W. R. Beaumont and E. Moncunill de Ferran, *J. Mat. Sci.*, **6**, 238(1971).
3. 宮入裕夫, 強化プラスチック, **17**, 41(1971).
4. 宮入裕夫, 強化プラスチック, **17**, 66(1971).
5. Shimamura, *Kogyo Zairyo*, **21**(6), 8(1973).
6. E. J. Biejdiev et al., *Plast. Eng.*, **9**, 30(1974).
7. T. P. Bragg and M. D. Heldi, *Plast. Eng.*, **9**, 30(1974).
8. H. Frommelt, *Plast. Kaut.*, **10**, 721(1973).
9. C. Klason and J. Kubat, *J. Appl. Polym. Sci.*, **19**, 831(1975).
10. M. A. Bielyi, A. F. Klimowicz and L. M. Gurinowicz, *Plast. Massy*, **7**, 53 (1975).
11. Sato Y, *J. Fac. Textile Sci., Tech.*, Shinshu Univ., 35F.
12. Kerner E. H, *Proc. Phys. Soc.*, 69B, 808 (1956).
13. L. E. Nielsen, *J. Appl. Polymer Sci.*, **10**, 97(1966).
14. Shinzo Yamakawa, *J. Appl. Polym. Sci.*, **20**, 3057(1976).
15. L. L. Khokhiova and B. V. Yarlykov, *Polym. Sci. U.S.S.R.*, **22**, No. 7, 1676(1980).
16. Robert R. Gallucci and Roses going, *J. Appl. Sci.*, **27**, 425(1982).
17. Norman G. Gaylord, *J. Polym. Sci. Polym. Let. Ed.*, **20**, 481(1982).
18. Wlodzimierz Gabara, *J. Polym. Sci. Part A-1*, **5**, 1539(1967).
19. Ibid, **5**, 1547(1967).
20. C. D. Han, C. Sandford and H. J. Yoo, *Polym, Eng. Sci.*, **18**, No.11, 849(1978).

Mechanical Properties of High-Density Polyethylene Filled with Glass Beads

Won-Taik Kim, Yeong-Chang Nho and Ja-Ryang Song.

Dept. of Industrial Chemistry, College of Engineering, Han Yang University, Seoul, 133, Korea.

(Received June 4, 1984 : Accepted July 13, 1984)

Abstract: Mechanical properties such as tensile strength, tensile modulus and Charpy impact strength of high-density polyethylene(HDPE) composite filled with glass beads were investigated with respect to the filler contents, particle size of fillers, various surface treatment agents and grafting modification of matrix resin, respectively. The surface treatment agents used in this study were A-172 silane coupling agent(with vinyl group), A-1100 silane coupling agent(with amino group), titanate coupling agent, stearic acid, caprylic acid and silicone oil. In tensile strength and modulus, when HDPE was filled with silane coupling agents treated-glass beads and untreated ones, the former was more effective in the filling effect than the latter owing to the increase of interfacial adhesion between the filler particle and the matrix. In particular, the highest value was obtained when acrylic acid-grafted HDPE was filled with glass beads treated with A-1100 silane coupling agent. In addition, when comparatively long chained TTS coupling agent or stearic acid were used as the surface treatment agents, Charpy impact strength was improved because of the impact absorption effect between the filler particle and the matrix.