

초저밀도 폴리에틸렌 그라프트 무수말레인산과 폴리프로필렌 블렌드의 물리적 특성

이 재 연* · 김 봉 식†

*한국 신발연구소, 영남대학교 공업화학과
(1994년 9월 13일 접수)

Physical Properties of VLDPE-g-MAH/iPP Blends

Jae Yeon Lee* and Bong Shik Kim †

*Korea Institute of Footwear Technology, High Performance Mat'l. Lab., Pusan 614-100, Korea
Department of Industrial Chemistry, Yeungnam University, Gyongsan 712-749, Korea

(Received September 13, 1994)

요 약 : 고무 혼합기를 이용하여 용융상의 초저밀도 폴리에틸렌 (VLDPE)에 무수말레인산 (MAH)을 그라프트시켰다. 이것을 폴리프로필렌 (iPP)과 블렌드하고 열적, 기계적 및 형태학적 특성을 조사하였다. 한편 MAH의 그라프트에 따른 물리적 특성변화를 조사하기 위하여 VLDPE/iPP 블렌드를 제조하고, 이것을 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 물리적 특성과 비교하였다. VLDPE-g-MAH의 그라프트율은 4.15 wt%이었다. VLDPE/iPP 블렌드에서 iPP의 조성이 증가함에 따라 VLDPE의 용점이 증가하였다. 또한 VLDPE/iPP 블렌드에서 iPP의 조성이 증가함에 따라 VLDPE의 용해열은 감소하였으나, iPP의 용해열은 증가하였다. 한편 iPP의 조성이 증가함에 따라 VLDPE/iPP와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 인장강도가 증가하였으나, VLDPE/iPP 블렌드에 비하여 VLDPE/iPP 블렌드의 인장강도가 다소 우수하였다. 또한 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 조성 25/75에서 가장 우수한 인장강도를 얻었다. 그러나 VLDPE-g-MAH의 인장강도는 주쇄의 열화에 기인하여 VLDPE 단독 중합체에 비하여 감소하였다. 또한 VLDPE의 조성이 증가함에 따라 VLDPE-g-MAH/iPP와 VLDPE/iPP 블렌드의 내충격강도는 급격히 증가하였다. VLDPE/iPP 블렌드에 비하여 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 내충격강도는 MAH의 그라프트에 따른 밀도 증가에 기인하여 감소하였다.

Abstract : Maleic anhydride (MAH) was grafted on a very low density polyethylene (VLDPE) at molten state using a rubber mixer. The VLDPE-g-MAH and isotactic polypropylene (iPP) were melt blended in the mixer. Thermal, mechanical, and morphological properties were investigated. Compatibility and physical properties of VLDPE-g-MAH/iPP blends were compared with those of VLDPE/iPP blends. The yield graft ratio of VLDPE-g-MAH was 4.15 wt%. The melting temperature of VLDPE and heat of fusion of iPP increased with increasing iPP content in VLDPE/iPP blends. The tensile strength of VLDPE/iPP and VLDPE-g-MAH/iPP blends increased with increasing iPP content. VLDPE-g-MAH/iPP 25/75 showed the highest tensile strength because of high crystallinity. However, the impact strength of them increased with increasing VLDPE content.

Keywords : grafting, VLDPE-g-MAH/iPP blends, thermal properties, mechanical properties.

서론

아이소탁틱 폴리프로필렌 (iPP)은 결정화도와 탄성율등 기계적 특성이 우수하지만, 저온 인성과 내충격성이 낮고 다른 고분자와 상용성이 부족한 단점이 있다.^{1,2} 이러한 단점을 개선하기 위하여, 최근 short chain branch (SCB)의 조성비가 높은 선형 저밀도 폴리에틸렌 (LLDPE)을 이용한 iPP의 개질에 관하여 많은 연구가 보고되었다.³⁻⁶

그러나 LLDPE/iPP 블렌드는 상용성이 없기 때문에 이들의 조성비에 따라 다양한 물성을 얻는 것이 매우 어렵다. 따라서 이들 블렌드에서 상용성을 증가시키기 위하여, 상용성이 우수한 단량체를 그래프트시킨 올레핀계 고분자를 상용화제로 사용하는 블렌드가 보고되었다.⁷⁻¹⁰ Park 등¹¹은 MAH-g-iPP/HDPE 블렌드에서 무수말레인산(MAH)과 iPP의 그래프트에 따른 상용성의 증가를 보고하였다.

이처럼 MAH는 관능성 화합물로서 반응성이 우수하고, 극성이 낮은 올레핀계 고분자와 그래프트시 극성을 부여하여 접착특성과 내열성을 증가시킨다.^{7,12} MAH에 의한 올레핀계 고분자의 개질에 관하여 iPP, 저밀도 폴리에틸렌 (LDPE), 고밀도 폴리에틸렌 (HDPE), 그리고 LLDPE 등 다양한 중합체가 소개되고 있으나,^{9,10} SCB의 조성비가 매우 높은 초저밀도 폴리에틸렌 (VLDPE)과 MAH가 그래프트된 VLDPE-g-MAH를 이용한 iPP의 개질에 관한 보고는 없다. 한편 VLDPE는 기존의 LLDPE에 비하여 SCB의 조성비가 매우 높고 HDPE, iPP 등 올레핀계 고분자와 상용성이 우수하다.^{13,14}

따라서 본 연구에서는 SCB의 조성비가 매우 높은 VLDPE를 이용하여 iPP의 물리적 특성을 증가시키기 위하여 VLDPE/iPP 블렌드를 구성하고, 이들의 조성비에 따른 물리적 특성을 조사하였다. 또한 VLDPE에 MAH의 그래프트에 따른 블렌드의 상용성 증가와 물성을 조사하기 위하여 혼합기 내에서 용융상의 VLDPE와 MAH를 그래프트시키고, VLDPE-g-MAH와 iPP를 블렌드하였다.

실험

수지 및 시약. 본 연구에서 사용된 수지는 SCB 조성비가 32 mole%인 Norsolor사의 VLDPE (LW 2230)를 사용하였다. Styragel column을 부착한 GPC (Waters, model 510)를 사용하여 조사한 VLDPE의 수평균 분자량은 1.7×10^4 이었으며, 중량 평균 분자량은 8.1×10^4 이었다. 그리고 분자량 분포는 4.80으로서, 비교적 넓은 분포를 나타내었다.

VLDPE-g-MAH의 제조에 사용된 단량체는 Aldrich사의 MAH(특급)를 사용하였는데, MAH에 첨가된 중합 금지제, 안정제를 제거하기 위하여 클로로포름내에서 재결정시켰다. 한편 개시제로 사용한 benzoyl peroxide (BPO)는 Fluka사의 시판품을 그대로 사용하였다. Thermogravimetric analyzer (TGA, Du Pont, model 951)를 이용하여 120°C에서 조사한 BPO의 반감기는 3분 24초이었다.

한편 VLDPE와 MAH의 그래프트에서 poly-MAH의 생성을 방지하기 위하여 N,N-dimethylformamide (DMF)를 사용하였는데,^{15,16} 이것은 일반적인 방법으로 정제하였다.

VLDPE-g-MAH의 제조와 그래프트율. VLDPE-g-MAH는 고무용 가압식 혼합조를 이용하여 제조하였다. 연속적으로 질소가 공급되는 혼합기에 VLDPE를 투입하고, 충분히 용융될 때까지 가열하면서 교반하였다. 완전히 용융된 VLDPE에 대하여 MAH 10.0 wt%와 BPO 1.0 wt%의 혼합물을 2분동안 4회로 나누어 첨가하였다. 또한 MAH를 안정화시키기 위하여 DMF 5.0 wt%를 첨가하였다. 이때 혼합기의 교반속도는 50 rpm으로 유지하고, 10분간 교반하였다. 이렇게 얻어진 VLDPE-g-MAH를 xylene을 용매로 사용하여 용액상으로 만든 후, 아세톤을 사용하여 미반응 MAH를 제거하였다. 이것을 60°C로 고정된 진공 건조기를 이용하여 7일간 건조하고 평량하였다. 한편 중합에 의하여 얻어진 VLDPE-g-MAH의 그래프트율은 MAH의 말단기 정량법¹²으로 구하였다. 이때 지시

약은 페놀프탈레인을 사용하였다. 이렇게 하여 얻어진 VLDPE-g-MAH의 그라프트율은 시료의 총 중량에 대하여 4.15 wt%였다.

블렌드. 조성비가 다른 VLDPE/iPP와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드를 이축 압출기 (Kurimoto, T₂)로 만들었다. 즉, 이들의 조성비를 다양하게 조정하고, blender를 이용하여 10분간 드라이 블렌드하여 얻어진 혼합물을 진동식 공급기 (Angelhart, model KDE-100E)를 이용하여 압출기에 공급하였다. 이때 압출기내 블렌드의 혼합온도는 190°C, 스크류의 회전속도는 150 rpm으로 하여, 다이를 통과한 블렌드를 strand cutting하였다. 이와 같이 하여 제조된 블렌드의 시편을 200°C로 조정된 직압식 사출기 (Arburg, model Allrounder 720)에 넣어 사출한 덩벨형 시편을 본 실험에 사용하였다.

블렌드조사. VLDPE-g-MAH의 분광학적 특성은 FT-IR (Nicolet, model 710)로서 확인하였다. VLDPE-g-MAH 시편은 xylene을 용매로 하여 5.0 wt%의 용액으로 제조하고, 이것을 용액 주조법에 의하여 필름상으로 제조하였다. 블렌드의 열적 특성은 시차 주사 열량계 (Du Pont, model 2100)를 이용하였다. 이때 측정온도의 범위는 실온부터 250°C까지로 하였으며, 승온속도는 10°C/min이었다. 그리고 시료에 균일한 열적 이력을 부여하기 위하여 200°C까지 가열한 후 실온으로 냉각한 다음, 재차 주사하였다. 시료의 인장강도 및 과단시의 신장률은 (주)신강정밀사의 만능 시험기를 이용하였으며, cross-head의 속도는 10 mm/min로 하였다. 블렌드의 내충격강도는 Uheshima 사의 충격 시험기를 이용하였다. 시험방법은 Izod법을 사용하였으며, 시편에 45°의 notch를 내어 사용하였다. 그리고 블렌드의 저온내충격강도를 조사하기 위하여 시편을 -20°C로 고정된 냉동기내에 10시간 동안 냉동시킨 후 시험하였으며, 시편은 상온에서 시험한 것과는 다르게 notch를 내지 않았다. 한편 액체 질소속에서 과단된 블렌드의 형태학적 특성은 주사형 전자 현미경 (JEOL, model JSM-6100)을 이용하여 관찰하였다.

결과 및 고찰

VLDPE-g-MAH의 특성. FT-IR을 이용하여 조사한 VLDPE와 VLDPE-g-MAH의 적외선 분광특성을 Fig. 1에 나타내었다. VLDPE-g-MAH는 1711 cm⁻¹와 1790 cm⁻¹ 부근에서 케톤의 신축저동인 이중 band를 나타내는데,¹⁷ 본연구에서 얻은 결과는 Iwanami등¹⁰과 Furukawa등⁹의 보고와 일치하였다. 또한 720 cm⁻¹ 부근에서 형성되는 C-O의 신축저동으로 VLDPE 주쇄의 열화를 확인하였다.

한편 이 연구에서 얻은 VLDPE-g-MAH의 그라프트율 4.15 wt%는 Iwanami등¹⁰과 Furukawa등⁹이 보고한 MAH-g-LLDPE의 그라프트율 0.81 wt%에 비하여 약 500% 증가한 것이다.

이처럼 LLDPE에 비하여 VLDPE에서 MAH의 그라프트 중합률이 높은 것은 VLDPE 주쇄의 형상과 구조적 특성에 기인하는 것으로서,¹³ LLDPE에서 short chain branch (SCB)는 전단력과 유기과산화물에 의하여 쉽게 절단되어 거대 라디칼을 형성한다.^{10,9} 따라서 LLDPE에 비하여 SCB의 조성비가 상대적으로 높은 VLDPE에서 MAH의 그라프트율이 높은 것으로 생각된다.

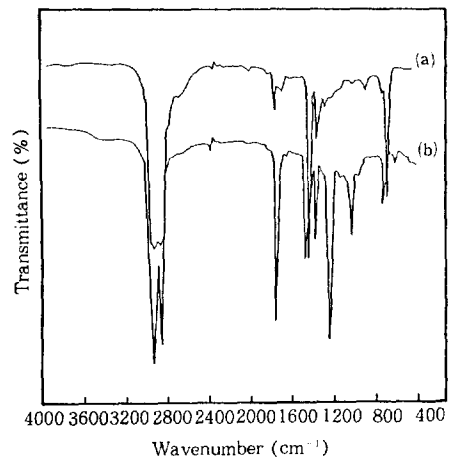


Fig. 1. FT-IR spectra of (a) VLDPE-g-MAH and (b) VLDPE.

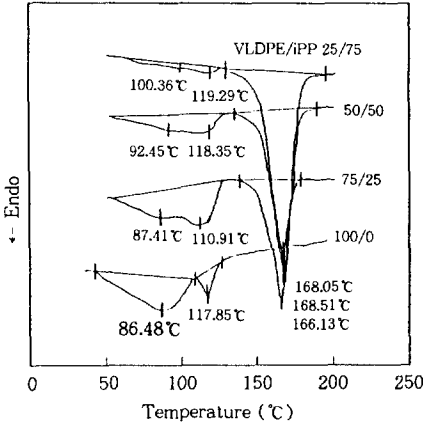


Fig. 2. DSC thermograms of VLDPE/iPP blends.

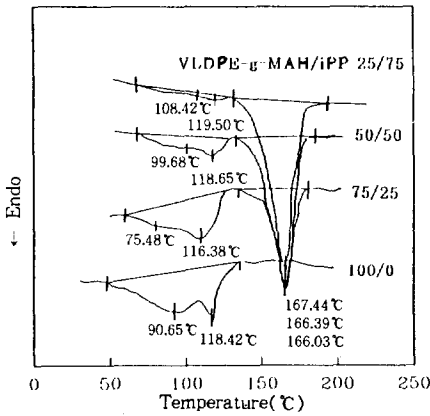


Fig. 3. DSC thermograms of VLDPE-g-MAH/iPP blends.

열적 특성. VLDPE는 불균일한 SCB의 분포에 기인하여 다수의 용점을 나타내며, SCB의 조성비에 의존하여 높은 온도에서 나타나는 high temperature endotherm (HTE)과 낮은 온도에서 나타나는 low temperature endotherm (LTE)으로 구분되어 나타난다.^{15,16} VLDPE에서 SCB의 조성비가 낮아 밀도와 결정화도가 높은 주쇄는 HTE 거동을 나타내지만, SCB의 조성비가 높아 밀도와 결정화도가 낮은 주쇄는 LTE 거동을 나타낸다. VLDPE와 iPP의 함량에 따른 VLDPE/iPP 블렌드의 흡열 피이크를 Fig. 2에 나타내었으며, VLDPE-g-

MAH/iPP 블렌드의 흡열 피이크는 Fig. 3에 나타내었다. VLDPE의 용융거동에서 HTE는 높은 융해열과 좁은 온도 범위에서 급격하게 용융되는 특성을 나타내지만, LTE는 대체적으로 낮은 융해열을 가지며 넓은 범위에서 용융되는 거동을 나타낸다.

한편 VLDPE에 비하여 VLDPE-g-MAH의 HTE는 감소하지 않지만, LTE는 증가하여 VLDPE와 MAH의 그래프트반응은 SCB의 조성비가 높은 주쇄에서 일어남을 알 수 있었다. 이러한 변화는 iPP, HDPE 등 올레핀계 고분자와 MAH의 그래프트시 주쇄의 열화에 기인하여 MAH-g-iPP, MAH-g-HDPE 등의 용점이 감소하는 경향^{9,12}과 상반되는 것이다.

VLDPE/iPP 블렌드에서 iPP의 함량이 증가함에 따라 VLDPE의 용점은 기존의 보고¹⁸와 같이 증가하였으나, iPP의 용점은 감소하지 않았다.

Fig. 2와 Fig. 3에 나타난 흡열 피이크로부터 얻은 iPP의 용점을 Fig. 4에 나타내었고, VLDPE의 용점을 Fig. 5에 나타내었다. iPP의 용점은 VLDPE-g-MAH/iPP와 VLDPE/iPP 블렌드에서 동일하며, iPP의 함량에 무관하게 거의 변화되지 않았다. 한편 VLDPE-g-MAH와 VLDPE의 HTE는 동일한 용점을 나타내지만, LTE는 블렌드의 조성비에 따라 다소의 차이를 나타내었다.

VLDPE/iPP 블렌드의 조성비 75/25와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 동일 조성비에서 VLDPE와 VLDPE-g-MAH는 동일한 온도에서 LTE를 형성한다. 그러나 이들의 조성비 50/50에서 VLDPE는 약 92.5°C에서 LTE를 형성하며, VLDPE-g-MAH는 99.7°C에서 LTE를 형성한다. 또한 이들의 조성비 25/75에서 VLDPE는 100.4°C에서 LTE를 형성한다. 그러나 VLDPE-g-MAH의 경우 108.4°C 부근에서 LTE를 형성하여 iPP가 VLDPE-g-MAH의 결정화 거동에 많은 영향을 미침을 알 수 있었다.

한편 iPP의 조성비가 증가함에 따라 VLDPE 및 VLDPE-g-MAH의 LTE가 증가함을 알 수 있는데, 이것은 iPP와 VLDPE의 결정화 속도로 해

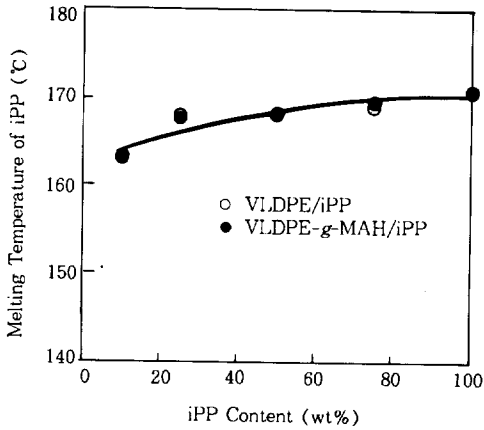


Fig. 4. Melting temperatures of iPP vs. iPP content for VLDPE/iPP and VLDPE-g-MAH/iPP blends obtained from Figs. 2 and 3.

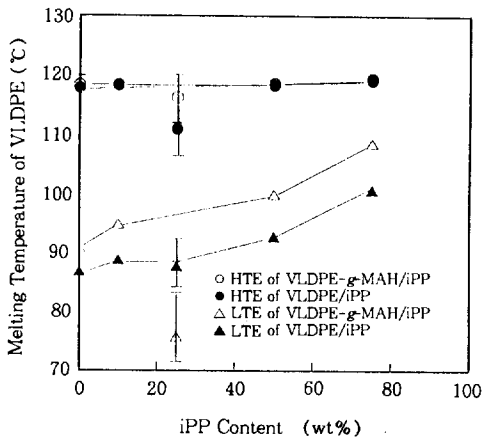


Fig. 5. Melting temperatures of VLDPE vs. iPP content for VLDPE/iPP and VLDPE-g-MAH/iPP blends obtained from Figs. 2 and 3.

석 할 수 있다. PE의 용점은 PE가 구형을 생성할 때 iPP가 기핵제로 작용함에 따라 증가한다.¹⁸ 한편 VLDPE/iPP 블렌드에서 VLDPE의 주쇄는 밀도가 매우 낮고, cluster와 같은 거대 구조를 형성하기 때문에 내부 밀도가 매우 높은 iPP의 주쇄에 별다른 영향을 미치지 못한다. 그러나 iPP는 밀도가 매우 낮은 VLDPE 주쇄에 대하여 기핵제로 작용함에 따라 VLDPE의 용점을 증가시킨다. 이러한 설명은 VLDPE/iPP 블렌드에서 얻은 VLDPE의 용점이

VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드에서 얻은 VLDPE-g-MAH의 용점에 비하여 감소한 것으로 확인할 수 있다. 즉, iPP가 상대적으로 내부 밀도가 낮은 VLDPE의 주쇄에 영향을 미치는 확률은 증가하지만, VLDPE-g-MAH와 같이 주쇄의 밀도가 높은 주쇄에 대하여 기여할 수 있는 확률은 상대적으로 감소한다. 이와 같은 해석은 Lee 등¹⁹이 보고한 VLDPE/iPP 블렌드의 열적특성 변화로 확인할 수 있다.

한편 VLDPE는 앞에서 언급한 바와 같이 두개의 용점을 가지기 때문에 VLDPE/iPP와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드는 모두 3개의 흡열 피크를 형성한다. 따라서 VLDPE/iPP와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 결정화도는 iPP를 중심으로 해석하였다. 이때 iPP의 결정화도는 DSC를 통하여 얻은 블렌드의 흡열 피크에서 용해열로부터 구하였으며, 100% 결정화된 iPP의 용해열(ΔH_f^0)은 164.3 J/g으로 하였다.²⁰

VLDPE와 VLDPE-g-MAH의 용해열은 SCB의 조성비가 상대적으로 낮은 주쇄의 용융거동으로부터 구하였다. iPP의 함량에 따른 VLDPE-g-MAH/iPP와 VLDPE/iPP 블렌드에서 iPP의 결정화도를 Fig. 6에 나타내었다. VLDPE/iPP 블렌드에서 iPP 단독 중합체는 55%의 결정화도를 나타내지만, VLDPE/iPP의 조성비 25/75에서 iPP의 결정화도는 62%로 가장 우수하였다.

이러한 결정화도의 증가는 시편 제조시 VLDPE에 의한 열처리 효과에 기인하는 것으로 생각된다. 즉, 시편 제조시 결정화 온도가 높은 iPP는 급격히 고화된다. 그러나 결정화 온도가 낮은 VLDPE는 용융상태를 유지한다. 따라서 VLDPE의 잠열은 iPP에 대하여 열처리 효과를 부여함으로써 iPP 단독 중합체에 비하여 블렌드의 결정화도가 증가하는 것으로 생각된다. 한편 VLDPE-g-MAH/iPP와 VLDPE/iPP 블렌드에서 얻은 iPP의 결정화도는 Lee 등¹⁹의 보고와 같이 동일하였으나 VLDPE의 용해열은 iPP의 조성비가 증가함에 따라 직선적으로 감소하였다. iPP의 함량에 따른 VLDPE와 VLDPE-g-MAH의 용해열을 Fig. 7에 나타내었다.

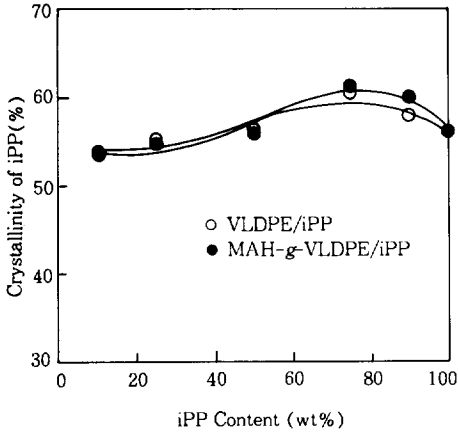


Fig. 6. Crystallinity (%) of iPP vs. iPP content of VLDPE/iPP and VLDPE-g-MAH/iPP blends.

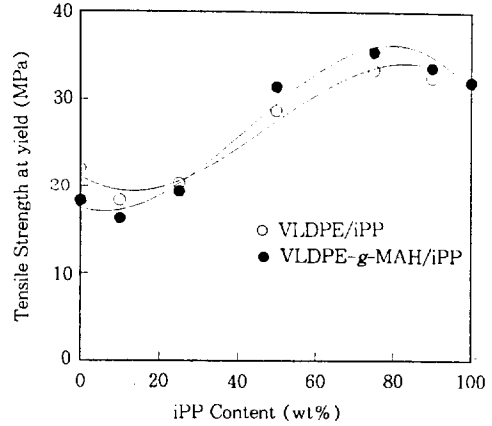


Fig. 8. Tensile strength vs. iPP content of VLDPE/iPP and VLDPE-g-MAH/iPP blends.

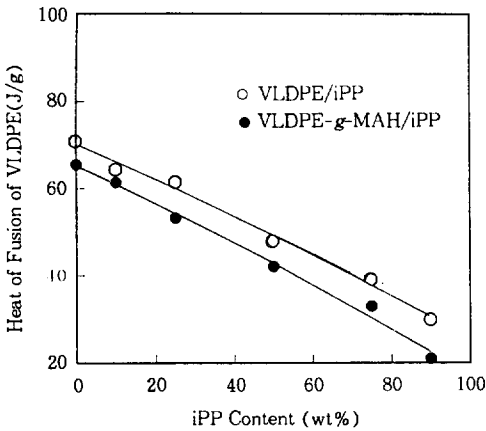


Fig. 7. Heat of fusion of VLDPE vs. iPP content in VLDPE/iPP and VLDPE-g-MAH/iPP blends with compositions.

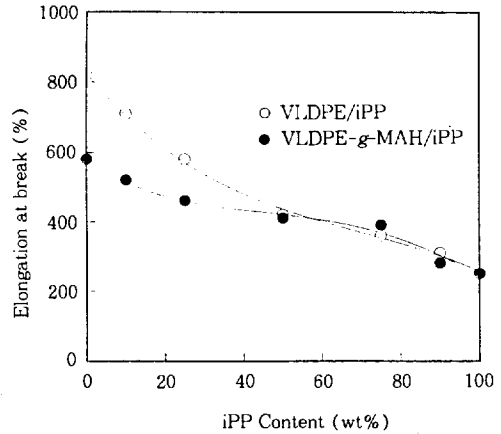


Fig. 9. Elongation at break vs. iPP content of VLDPE/iPP and VLDPE-g-MAH/iPP blends.

VLDPE에 비하여 VLDPE-g-MAH의 용해열은 그래프트시 주쇄의 열화에 기인하여 감소하였다.

인장강도와 신장률의 변화. iPP의 함량 50 wt% 이상에서 조사된 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 인장강도는 VLDPE-g-MAH 주쇄의 열화에 기인하여 VLDPE/iPP 블렌드에 비하여 감소할 것으로 예상하였으나, 실제로 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 인장강도는 VLDPE/iPP 블렌드에 비하여 증가하였다. 그러나 VLDPE의 함량 50 wt% 이상에서는 VLDPE-g-MAH 주쇄의 열화에 기인하

여 VLDPE/iPP 블렌드에 비하여 감소하였다.

iPP의 함량에 따른 VLDPE-g-MAH/iPP와 VLDPE/iPP 블렌드의 인장강도와 연신률을 Fig. 8과 Fig. 9에 나타내었다. VLDPE/iPP 블렌드의 인장강도는 iPP의 조성비가 증가함에 따라 증가하였다. 한편 VLDPE/iPP 25/75에서 얻은 32 MPa는 Kobayashi 등¹⁵이 보고한 27 MPa에 비하여 우수하였다. 또한 동일 조성비에서 얻은 인장강도는 결정화도의 증가에 기인하여 iPP 단독 중합체의 30 MPa에 비하여 보다 증가하였다.

한편 VLDPE-g-MAH의 인장강도는 순수 VL

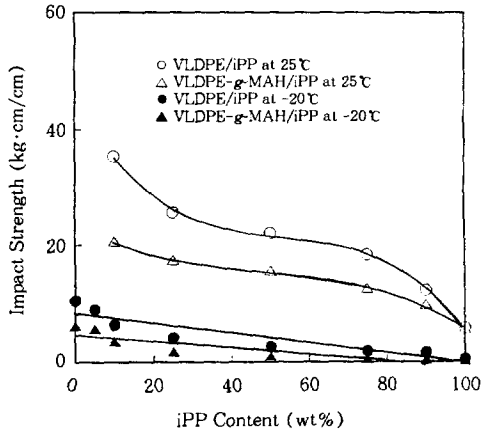


Fig. 10. Impact strength vs. iPP content of VLDPE/iPP and VLDPE-g-MAH/iPP blends at -20°C and 25°C.

DPE의 22 MPa에 비하여 감소하지만, iPP의 함량이 증가함에 따라 블렌드의 인장강도는 증가하여, VLDPE/iPP에 비하여 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 상용성이 우수함을 알 수 있었다. 그러나 이들 블렌드에서 연신율은 iPP의 함량이 증가함에 따라 감소하였다.

내충격 강도의 변화. iPP의 함량에 따른 VLDPE/iPP와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 내충격 강도를 Fig. 10에 나타내었는데, 블렌드의 내충격 강도는 VLDPE의 조성비가 증가함에 따라 급격하게 증가하였다. 상온에서 조사한 VLDPE/iPP 25/75의 내충격 강도는 iPP 단독 중합체에 비하여 약 300% 증가하였으며, 이들의 조성비 50/50에서 얻은 25 kg·cm/cm은 iPP 단독 중합체에 비하여 약 430% 증가한 것이다. 한편 모든 조성에서 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 내충격 강도는 VLDPE/iPP 블렌드에 비하여 낮았다. 이것은 MAH의 그라프트에 따른 유리전이온도의 증가와 분자쇄의 밀도 증가에 기인하는 것으로 생각된다. -20°C에서 조사된 내충격 강도는 모든 조성에서 파단되었으며, VLDPE/iPP 블렌드에 비하여 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 내충격 강도는 그라프트에 따른 밀도 증가에 기인하여 낮았다.

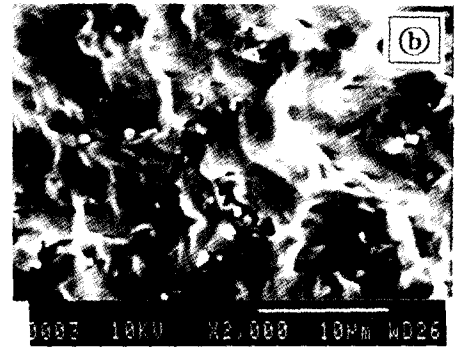


Fig. 11. SEM micrograph of fractured surface of (a) VLDPE/iPP 25/75 and (b) VLDPE-g-MAH/iPP 25/75.

형태학적 특성 변화. iPP의 조성에 따른 VLDPE/iPP와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 형태학적 특성을 Fig. 11에서 부터 Fig. 13까지에 나타내었다. 이들의 조성 75/25의 경우 VLDPE/iPP 블렌드에 있어서 계면분리가 관찰되었으나 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 경우 계면에서 부분적인 상용성이 유지되었다. 그러나 VLDPE/iPP 블렌드의 조성 50/50에서 이들의 계면에는 섬유상이 관찰되었다. 이와같은 현상은 기존의 PE/PP 블렌드에서 관찰할 수 없었던 것으로,^{2,4,19} 용융된 블렌드를 서서히 냉각하면 iPP와 VLDPE는 수축한다. 그러나 VLDPE에서 SCB의 조성이 낮은 주쇄는 수축하지만 높은 SCB 조성을 가진 주쇄는 그대로 형상을 유지함에 따라 이들 계면 사이에 섬유상이 형성된 것으로 생각된다. 한편 VLDPE/i

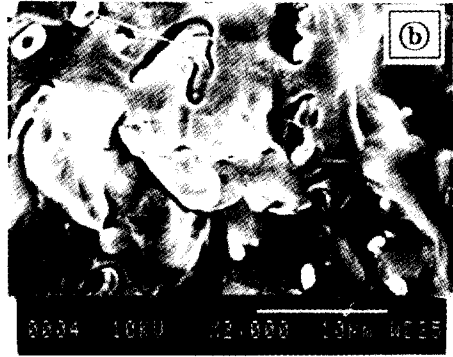
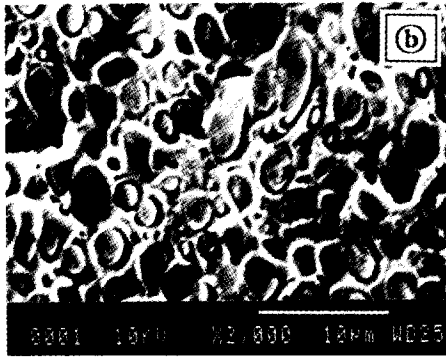
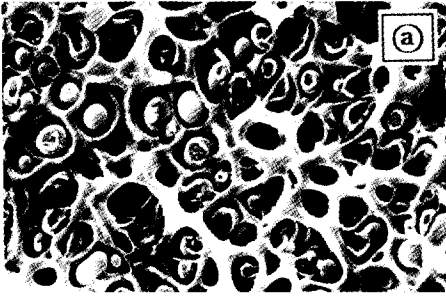


Fig. 12. SEM micrograph of fractured surface of (a) VLDPE/iPP 50/50 and (b) VLDPE-g-MAH/iPP 50/50.

Fig. 13. SEM micrograph of fractured surface of (a) VLDPE/iPP 75/25 and (b) VLDPE-g-MAH/iPP 75/25.

iPP 블렌드의 조성 25/75에서는 시편의 파단시 core가 이탈된 흔적이 관찰되었으나, VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드에서는 계면력이 우수하여 그러한 흔적은 관찰하기 어려웠다.

결론

VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드에서 얻은 결과는 다음과 같다.

1. VLDPE-g-MAH에서 MAH의 그래프트 중합률은 시료의 총 중량에 대하여 4.15 wt%로서 LLDPE에 MAH를 그래프트 중합시킬 때 비하여 약 500% 증가하였다. 또한 VLDPE와 MAH의 그래프트 중합은 SCB의 조성비가 높은 주쇄에서 일어났다.

2. VLDPE/iPP와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드에서 iPP의 용점은 이들의 조성에 무관하게 일정하였다. 그러나 VLDPE의 용점은 iPP의 조성에 따라 증가하였으며, 이러한 경향은 VLDPE/iPP 블렌드에서 강하게 나타났다. 이것은 고온에서 결정화된 iPP가 기계적으로 작용하였기 때문이었다.

3. iPP의 결정화도는 VLDPE/iPP 블렌드에 비하여 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드에서 높았다. 또한 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 조성비 25/75에서 가장 우수한 결정화도를 나타내었다.

4. VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 조성 25/75에서 가장 우수한 인장강도를 나타내었다.

5. VLDPE/iPP와 VLDPE-g-MAH/iPP 블렌드의 내충격강도는 VLDPE의 조성이 증가함에 따라 급격히 증가하였다. VLDPE/iPP 25/75의 내충격 강도는

iPP 단독 증합체에 비하여 약 300% 증가하였으며, 이들의 조성비 50/50에서 얻은 내충격 강도 25 kg-cm/cm은 iPP 단독 증합체에 비하여 약 430% 증가한 것이다.

감사의 글 : 본 연구는 1994년도 영남대학교 학술연구 조성비에 의해 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. A. J. Lovinger and M. L. Williams, *J. Appl. Polym. Sci.*, **25**, 1703 (1980).
2. D. W. Bartlett, J. W. Barlow, and D. R. Paul, *J. Appl. Polym. Sci.*, **27**, 2351 (1982).
3. L. D. Loan, *J. Polym. Sci.*, **2**, 3053 (1964).
4. L. Wild, T. R. Ryle, and D. C. Knobloch, *Polym. Prepr.*, **23**, 133 (1982).
5. S. K. Bahl, P. J. Canterino, and R. G. Shaw, GB 2152516 A1 (1985).
6. V. J. Mimeault, *Plast. Eng.*, **41**, 91 (1985).
7. H. Ender, N. G. Gaylord, L. Jr. Davis, and A. Takahashi, "Modification of Polymer", *ACSP. Ser.*, **121**, 469 (1980).
8. W. Gabara and S. Porejko, *J. Polym. Sci., Polym. Phys.*, **5**, 1539 (1967).
9. T. Furukawa, M. Nagai, and S. Ishikawa, JP 8990204 A2 (1989).
10. K. Iwanami, T. Setsume, M. Isoi, and N. Yamamoto, JP 62119246 (1987).
11. S. J. Park, C. H. Shin, C. K. Kim, and B. G. Kim, *Polymer(Korea)*, **13**, 347 (1989).
12. N. G. Gaylord, M. Mehta, and R. Metrha, *J. Appl. Polym. Sci.*, **33**, 2549 (1987).
13. L. Wild, T. Ryle, and R. Knobloch, *Polym. Prepr. (Am. Chem. Soc., Div. Polym. Chem.)*, **23**, 133 (1982).
14. U. W. Gedde and J. F. Janson, *Polymer*, **24**, 1521 (1983).
15. N. G. Gaylord and J. Y. Koo, *J. Polym. Sci., Polym. Lett. Ed.*, **19**, 107 (1981).
16. K. Kobayashi, N. Ueno, and K. Chiba, JP 9865168 A2 (1989).
17. C. J. Pouchert Ed., "The Aldrich Library of Infrared Spectra," 2nd Ed., p. 369, New York, 1987.
18. A. P. Plochocki, *Polymer*, **10**, 23 (1965).
19. Y. K. Lee, Y. T. Jeong, and K. C. Kim, *Polym. Eng. Sci.*, **31**, 944 (1991).
20. B. Wunderlich, "Macromolecular Physics," Vol. 3, p. 63, Academic Press, New York, 1980.