

그라프트된 폴리프로필렌이 폴리프로필렌/나이론 66 블랜드의 물성에 미치는 영향

한경윤 · 안성환 · 정광보[†]

명지대학교 공과대학 화학공학과

[†]한서대학교 공학부 화학공학과

(2011년 11월 12일 접수 ; 2011년 12월 8일 채택)

Effect of Grafted Polypropylene on the Mechanical Properties of Polypropylene/Nylon 66 Blends

Kyung-Yoon Han · Sung-Hwan Ahn · Kwang-Bo Chung[†]

Department of Chemical Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea

[†]*Department of Chemical Engineering, Hanseo University, Seosan, 356-706, Korea*

(Received November 12, 2011 ; Accepted December 8, 2011)

Abstract : Compatibility and properties of PP/N66 blends with or without PP-g-MAH as a compatibilizer were investigated by DSC, SEM and universal testing machine. Morphological studies revealed that PP and N66 were incompatible and addition of PP-g-MAH was very effective to enhance the compatibility between PP and N66. The compatibilization effect between N66 and PP-g-MAH was based on the reaction between the amine end group of N66 and anhydride group in PP-g-MAH. The crystallization and melting behavior of PP/N66 blends were investigated and the results of analyses for enthalpy changed were discussed. The Izod impact strength could be improved by optimizing the compatibilizer concentration. Tensile strength, elongation at break, notched Izod impact strength were increased with using compatibilizer, however, both the compatibilized and the noncompatibilizer blends did not show any big difference in the flexural modulus.

Keywords : *maleic anhydride-grafted polypropylene (PP-g-MAH), PP/N66 blend, graft, Nylon 66, polypropylene.*

1. 서론

최근 고분자 공업 및 이와 관련된 산업기술이 급속히 발달함에 따라, 이에 상응하는 새로운 물질 개발이 요구되고 있으나, 한 가지 단량

체를 중합시킨 동중중합체만으로는 요구되는 특성을 만족시키기 어렵기 때문에 여러 가지 단량체를 사용하여 공중합체를 형성시키거나 이미 공업화되고 있는 기존의 중합체를 물리적, 화학적 방법을 이용하여 복합화시켜 물성을 강화시키거나 상호보완한 고분자 블랜드 기술과 이에 수반되는 제반현상에 관련된 많은 연구가

[†]교신저자 (E-mail : chemorg@hanseo.ac.kr)

활발히 진행되고 있다[1, 2].

고분자 블렌드를 통해 새로운 물성을 지닌 고기능성 고분자를 얻는 방법은 이미 공업적으로 널리 응용되고 있는데 이는 구성 고분자를 사용목적에 맞게 선택하여 적절한 최적의 가공을 거치면, 얻어지는 최종 블렌드의 물성이 상승할 수 있다는 점을 이용한 것으로, 현재 고분자 신소재 재료 개발의 대부분은 고분자 블렌드를 이용하는 방법이 주를 이루고 있다. 이러한 고분자 블렌드는 요구되는 물성을 충족시킬 수 있고, 경제적이라는 장점을 가지고 있기 때문에 새로운 단량체에 의한 새로운 화학구조를 갖는 중합체의 개발이 거의 한계에 달해있는 점을 감안하여 산업계나 학계에서 광범위하고 중요하게 다루어져 왔다. 그러나, 블렌드시 상용성(compatibility)을 나타내며, 물성향상을 나타내는 폴리머의 쌍은 그 범위가 한정되어 있고, 대부분의 경우 비상용성을 나타내며, 불균일계의 다상혼합 형태를 가지게 된다. 이러한 중합체간의 비상용성은 이종고분자 사이의 계면 접착력(interfacial adhesion)을 약화시켜 물성의 저하를 가져온다[3-5]. 비상용성 고분자 블렌드의 경우 최종제품의 기계적 물성 증대와 분산상이 균일하게 분포되어 있는 morphology를 얻기 위해서는 분산성의 향상이 필수적으로 요구되는데, 이를 위한 많은 방법들이 제안되었다[6]. 화학적 방법으로서 두 가지 고분자 모두(혹은 한쪽)가 반응할 수 있는 반응기를 첨가하여 압출기내에서 고온 및 높은 전단력 하에서 반응시킴으로써 두 고분자간에 공유결합을 유도하는 반응 블렌드(reactive blend)법이 있고, 물리적인 방법으로서 두 가지 고분자 물질과 화학적으로 유사한 구조를 갖는 블록 공중합체나 그래프트 공중합체를 첨가시키는 방법이 있는데 첨가시키는 제3의 성분을 상용화제(compatibilizer)라 한다. 상용화제에 대한 체계적이고 본격적인 연구는 Heiken 등[7, 8]에 의해 수행되었는데 비상용성 고분자 블렌드인 PS/PE 계에 상용화제로서 블렌드 성분과 동일한 조성의 PS-g-PE, PS-b-PE 등을 증량시키면서 물폴로지 변화를 관찰한 결과 공중합체의 함량이 증가함에 따라 PE 분산상은 더욱 미세하고, 균일한 분산을 이루게 된다는 것을 발표하였고, 이와 유사한 결과가 동일한 PS/PE 블렌드에 대해서 Paul 등[9]에 의해 수행되었으며 PVC/PE 블렌드에 대해서도 연구되

었다. 또한 PP/HIPS 블렌드계에 스티렌 개질 폴리프로필렌(styrene modified PP) VMX를 첨가시켰을 경우, 물폴로지 변화를 비교해보면, PP/HIPS(60/40) 단순 블렌드의 경우 분산상인 HIPS의 입자크기가 3~5 μm 수준이며, 입자크기의 분포도도 매우 불균일한데 비해 VMX 상용화제를 10 phr 첨가시킨 경우 분산상의 입자크기가 1~2 μm 이하로 미세해지며 입자크기의 분포도도 매우 균일해짐을 확인하였다[9]. PP/PMMA 블렌드의 경우에 상용화제로 PP-b-PMMA를 사용한 경우는 PP/PMMA 단순 블렌드의 경우 분산상인 PMMA의 입자크기가 10 μm 까지도 존재하는데 비해 블록 공중합체를 상용화제로서 9 wt% 첨가시킨 경우 분산상의 입자경이 0.5 μm 이하의 매우 미세한 분산상태를 보여주고 있으며, PP와 분산상 PMMA 간의 계면접착력도 우수하여 결과적으로 물성이 향상되었다[10]. 이와같이 고분자 블렌드에 있어 우선적으로 고려되어야 할 사항은 복합체의 최종 물폴로지 및 물성거동에 영향을 주는 조성 고분자의 상용성이며 특히 비상용계에 있어 상용성 향상을 위한 기술 개발이 필수적이라 할 수 있다. 폴리올레핀수지는 유리전이온도(Tg)가 매우 낮은 열가소성 고분자로서 가격이 저렴하고, 습기를 흡수하지 않고, 전기절연성이 우수하며, 밀도가 작고, 분자량 분포가 넓어 가공이 용이하며, 다른 물질과의 공중합을 통하여 다양한 물성을 부여할 수 있는 장점이 있는 반면, 기계적 강도와 내열성이 부족하고, 대표적인 비극성 고분자이기 때문에 극성고분자와의 접착력이 없고, 염색성과 도장성이 좋지 않다는 단점이 있다[11]. 대표적 엔지니어링 플라스틱인 Nylon 수지는 Tg가 낮으면서도 사슬간의 강한 수소결합으로 인하여 용점이 높은 반결정성 열가소성 고분자로서 고강성, 내마모성, 내피로성 등의 기계적 물성이 우수하고, 빠른 결정화속도로 인한 성형가공성이 우수하며, 내약품성, 내부식성이 좋아 일반 유기용매에 대한 투과성이 작은 장점이 있으나, 아마이드기에 의한 수분흡수가 용이하고, 수분흡수시 대부분의 물성이 심각하게 저하되며, 용점이 높고, 용융범위가 좁고, 용융점도가 비교적 낮으며, 밀도가 크기 때문에 가공시 성형수축율이 매우 크고, 이로 인한 이방성으로 휨이 발생하고, 고하중에서의 열변형 온도가 낮으면서 충격강도도 낮고 가격이 비싸다는 단점이 있다. 그러나

두 고분자를 블렌드할 경우 서로의 단점들이 보완될 가능성이 높다는 보고가 있다[12, 13]. 즉, Nylon이 주 성분인 경우, PO 첨가에 의해 저온 충격강도가 향상되고, 수분흡수에 의한 물성저하를 방지할 수 있고, 가공성이 향상되고, 가격도 낮출 수 있으며, PO를 주성분으로 할 경우는 기계적 물성과 내열성을 향상시킬 수 있으며 유기용매의 투과성이 감소하며 염색시 접착력이 향상될 것으로 기대된다. Ide 등[12]은 Nylon 6(N6)/PP 블렌드에 상용화제로서 PP-g-MAH를 첨가한 결과 그래프트 사슬이 형성되어 계면 접착력의 증대로 인해 기계적물성(항복인장강도, 연신율)의 향상과 함께 보다 미세한 물폴로지를 갖게하며 블렌드에 유연성을 가미시켜주는 효과도 부여해준다고 설명하였다. 또한 Ikkala 등[14]은 N6/PP 블렌드에서 PP-g-MAH, 푸마르산을 그래프트시킨 Ethylene-Bytylene Acrylate, MAH를 그래프트시킨 Styrene Ethylene Butadiene Styrene 삼중공중합체, Ethylene-Ethyl Acrylate-Glycidyl Methacrylate 삼중공중합체를 상용화제로, Epstein[]은 Ethylene-Ethylacrylate-MAH 삼중공중합체를 상용화제로 사용하여 상용화 효과를 검토하였다. 한편 세계적인 나일론 소비 패턴을 살펴보면 지금까지는 N6가 거의 중심이었으나, 점차 Nylon 66(N66)의 소비가 증가하고 있다. 본 연구에서는 PP에 MAH가 그래프트된 PP-g-MAH를 상용화제로 사용하여 PP/N66 블렌드를 유도하고 열적성질, 물폴로지 및 기계적 성질 등을 측정함으로써 상용화제에 따른 물성변화와 그 원인에 대해 살펴보았다.

2. 실험

본 실험에서 사용한 PP는 호남석유화학(주)의 제품(상품명:M-1400)와 N66은 동양나이론(주)의 제품을 사용하였다. PP-g-MAH의 제조

는 PP 10 kg, MAH 140 g, MgO 8 g, 반응개시제(PX-14) 10 g을 압출기를 이용하여 펠렛 형태로 만들었으며, PP/N66(2/8) 블렌드는 일정 조성에서 상용화제의 양을 3, 5, 10 phr까지 변화시켜 가며 제조하였다. 또한 PP-g-MAH에 그래프트된 MAH의 함량을 계산하기 위한 방법으로 적정법을 이용하였고, PP에 그래프트된 MAH양을 알기위하여 FT-IR 방법을 이용하였으며, 블렌드의 상구조를 관찰하기 위해 SEM(Scanning Electron Microscopy)을, 중합체의 용융온도 및 결정화거동을 살펴보기 위해 DSC(Differential Scanning Calorimetry)를 이용하였다. 또한 PP, N66 블렌드의 인장강도(Tensile Strength), 연신율(Elongation at Break), 충격강도(Notched Izod Impact Strength) 등의 기계적 물성을 측정하기 위해 규정된 시편은 사출을 통하여 얻었다. 압출하여 제립한 블렌드를 80℃에서 12시간이상 진공건조한 후 사출기를 사용하여 시험용 시편을 얻었다. 사출조건은 온도 profile이 210-230-245-245 ℃이며, 주형온도는 60 ℃, injection time은 10 sec로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 순수고분자

본 연구에 사용한 순수 고분자들의 기본적인 특성을 정리하여 표 1에 나타내었다. Table. 1의 Tm, Tc는 DSC에 의한 열분석으로부터 구하였고, N66의 수평균 분자량은 $a = 0.61$, $K = 0.24$ 를 이용하여 식으로부터 실험으로 구한 값을 대입하여 계산하였다.

3.2. PP-g-MAH 함량

비상용계인 PP/N66 블렌드계에 상용성을 부여하기 위하여 상용화제로서 PP-g-MAH를 제조하였다. PP-g-MAH의 FT-IR 스펙트럼은

Table 1. Characterization of Raw Materials

Material	Tm (℃)	Tc (℃)	Mn
PP	167	199	
Nylon	266	218	60,740
PP-g-MAH	163	124	

PP 스펙트럼의 peak가 1700 cm⁻¹부터 1900 cm⁻¹의 구간을 제외한 600 cm⁻¹부터 4000 cm⁻¹의 전 구간에서 심하게 겹치나, Fig.1에 도시된 바와 같이 1860 cm⁻¹에서 MAH의 antisymmetric C=O stretching peak가, 1785 cm⁻¹에서 symmetric C=O stretching peak가 나타남을 알 수 있었다. 가장 중요한 것은 MAH의 그래프트율인데 적정법, IR법을 사용하여 결정하였다. 두 가지 방법으로 구한 MAH 그래프트율(wt%)은 적정법이 0.7, IR 법이 0.8 wt%로서 그래프트율이 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 이는 적정에 의한 방법은 시약의 순도, 적정 포인트를 선택하는데 어렵다는 점 [15]등에 의한 오차가 발생할 수 있으므로 IR에 의한 방법이 좀 더 신뢰할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

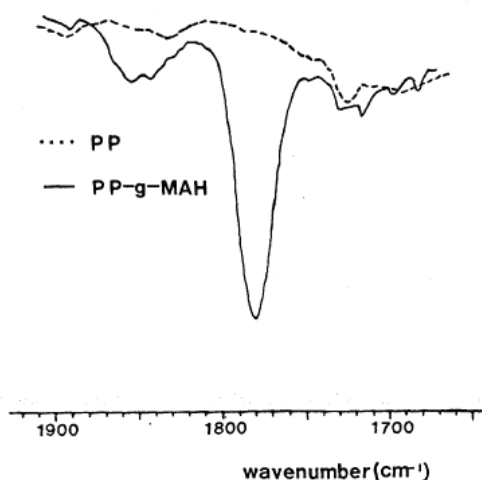


Fig. 1. Comparison of FT-IR spectrum of pure PP and PP-g-MAH.

3.3. PP-g-MAH의 MAH와 N66의 반응

PP/Nylon 블렌드계에서 상용화제로서 PP-g-MAH를 첨가시키면 블렌딩 과정 중에 PP 주쇄에 그래프트된 MAH와 N66의 말단 아민기간의 상호작용이 일어나 그래프트 사슬 (graft chain)이 형성된다. 이러한 반응을 통하여 블렌드에 도입된 PP-g-MAH는 모두 PP-g-N66의 형태로 변화되기 때문에 실제 PP와 N66의 상용화에 기인하는 것은 PP-g-MAH가 아닌 PP-g-N66이 된다. MAH와 아민기가 완전히 반응하여 모든 N66 분자를 PP-g-N66의 형태로 바꾸어 주는데 필요한 PP-g-MAH의 양은 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다.

$$\frac{W_C \cdot GR}{MW_{MAH}} = \frac{W_{N66}}{Mn_{N66}}$$

위 식에서 GR은 MAH의 그래프트율이고, W_C와 W_{N66}는 블렌드에 도입된 상용화제와 N66의 무게, MW_{MAH}는 MAH의 분자량 98이며, Mn_{N66}는 N66의 수 평균 분자량이다. 위 식을 이용하여 PP/N66(2/8) 블렌드에 도입되는 PP-g-MAH의 양에 따른 그래프트 N66과 그래프트 되지 않은 자유로운 N66의 이론적인 비율 구할 수 있는데 이를 Table.2에 정리하였다.

3.4. DSC에 의한 블렌드의 결정화 거동

PP와 N66 및 상용화제가 도입되지 않은 PP/N66 블렌드의 냉각 및 승온 DSC Thermogram을 Fig.2와 3에 나타내었다. PP의 결정화온도는 119 °C에서, N66의 결정화온도는 218 °C에서 나타났으며 상용화제가 도입되지 않은 블렌드에서는 N66에 의한 결정화온도는 순수한 N66보다 높은 234 °C에서 나타났으며 PP에 의한 결정화온도는 순수한 PP보다 약간 높은 121 °C에서 나타났다. 이렇게 결정화시킨 각 시료들을 290 °C까지 승온 시켰을 때 PP는

Table 2. Theoretical Ratio of Grafted to Free N66 in PP/N66(2/8) Blends

PP-g-MAH employed (phr)	PP (wt%)	PP-g-N66 (wt%)	N66 (wt%)	grafted N66 / free N66
0	20	0	80	0
3	20	18	65	0.230
5	20	30	55	0.455
10	20	60	30	1.667

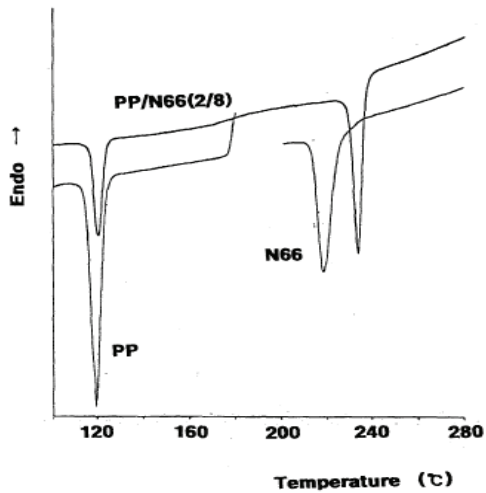


Fig. 2. DSC cooling thermograms of pure PP, pure N66 and the noncompatibilized PP/N66(2/8) blend.

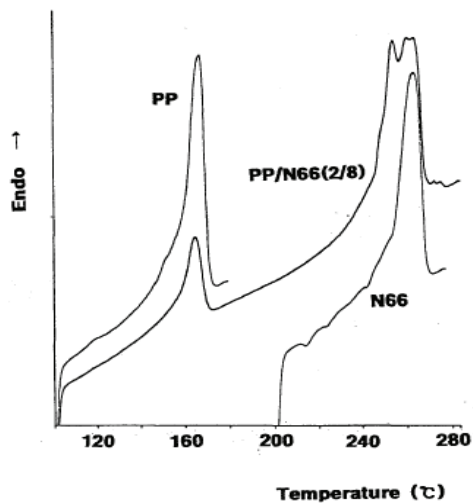


Fig. 3. DSC melting thermograms of pure PP, pure N66 and the noncompatibilized PP/N66(2/8) blend.

167 °C에서 용융되었으며, N66은 263 °C에서 용융피크가 나타났다. 상용화제를 도입하지 않은 PP/N66(2/8) 블렌드에서는 PP에 의한 용융 현상은 165 °C에서 보였으며 N66에 의한 용융 현상은 220 °C에서 265 °C구간에 걸쳐 다중 용

융현상으로 나타났다. PVDF/N66, PVDF/PBTP, PB/PP 등 상용화제가 도입되지 않은 반결정성 고분자의 이성분계 블렌드에서 분산상의 도입으로 연속상의 결정화 온도가 증가하는 경향이 있는데[15], 본 연구에서도 같은 현상을 관찰할 수 있었다. 이는 도입된 분산상인 PP가 연속상인 N66의 결정화에 조해제 역할을 함으로써 N66의 결정화가 순수한 경우보다 높은 온도에서 일어나는 것으로 추정된다.

3.5. SEM을 통한 PP/N66 블렌드의 상형태 (Morphology)

블렌드의 기계적 물성에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 블렌드의 morphology이다. 블렌드의 morphology는 특히 블렌드의 충격강도에 가장 직접적으로 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 블렌드의 상 구조를 SEM을 통해 관찰하여 morphology와 충격강도를 비롯한 기계적 물성과의 상관관계를 알아보려고 한다. Fig.4에 PP/PP-g-MAH/N66 블렌드 파단면의 SEM 사진을 나타내었다. 그림에서 PP-g-MAH의 양이 증가할수록 분산상(PP)의 입자크기가 줄어들고 계면이 불명확해지는 것을 알 수 있다. 비상용성 PP/N66 블렌드의 경우 분산상 PP의 입자크기가 5 μm 정도로 상당히 크며, 계면이 상당히 매끈하여 계면 접착력이 매우 작음을 알 수 있다. 이는 PP/N66 블렌드에 PP-g-MAH가 도입되지 않은 경우 블렌드 과정에서 PP/N66이 충분히 섞이지 못하기 때문이다. 반면, PP-g-MAH의 첨가로 상용성이 향상된 PP/PP-g-MAH/N66 블렌드의 경우는 분산상의 입자크기가 1 μm 정도로 감소하고 계면 접착력도 상당히 커서 파단시 분산상 입자의 박리가 매우 어렵고 따라서 계면도 상당히 거칠게 나타났다. 또한 블렌드에 도입된 PP-g-MAH가 증가함에 따라 분산상의 평균 입자크기를 감소시켜주는 효과를 보여주고 있는데 이는 도입된 PP-g-MAH가 N66과 반응하여 PP-g-N66를 생성하므로, PP-g-MAH가 증가할수록 PP-g-N66를 생성하는데 참여하는 N66의 양도 증가하여 연속상을 형성하는 반응에 참여하지 않은 N66의 양은 줄어들고, 분산상과 연속상 사이에 존재하는 PP-g-N66의 양은 증가하여 두 상 사이의 계면에너지치를 낮추어 주기 때문이다.

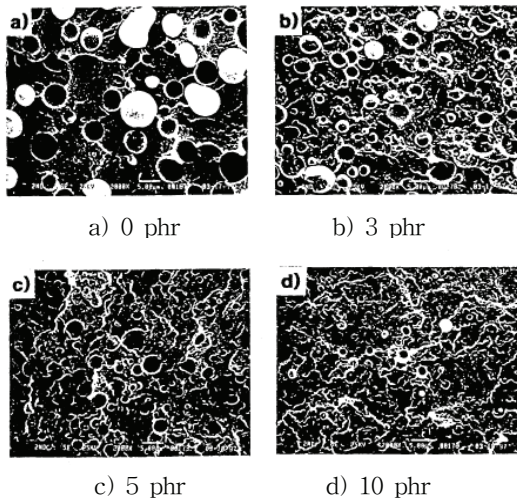


Fig. 4. SEM micrographs of PP/N66(2/8) blends (X 2,000).

3.6. 블렌드의 기계적 물성

블렌드의 기계적 물성 측정결과를 Table.3에 나타내었다.

고분자 블렌드의 상용성 정도를 판단하는 하나의 기준으로 인장실험을 이용한다. 본 실험에서는 인장실험을 통해 파괴신율과 인장강도 값을 얻었다. Fig.5에 PP/N66(2/8) 블렌드에 도입된 PP-g-MAH의 양이 증가함에 따라 인장강도가 변화하는 양상을 나타내었다. 이는 PP-g-MAH를 도입하면 블렌딩 과정에서 PP 주쇄에 그래프트된 MAH와 N66의 말단 아민기 사이에 PP-g-N66 그래프트 사슬이 형성되기 때문으로 사료된다.

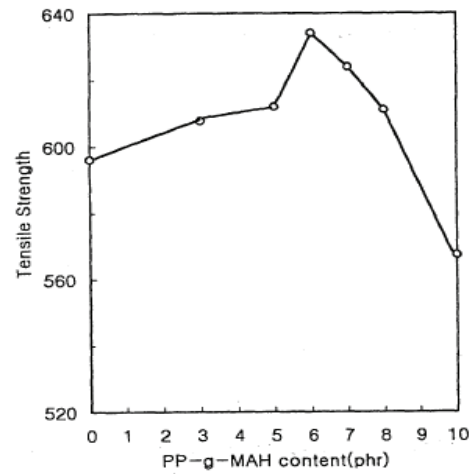


Fig. 5. Tensile strengths of PP/N66(2/8) blends.

상용화제 양을 변화시켰을 경우의 신율 변화를 Fig.6에 나타내었다. PP-g-MAH 첨가량이 증가할수록 신율이 증가하고 있는데 이는 몰폴로지 관찰에서 볼 수 있듯이 비상용화 블렌드의 경우 5 μm 크기의 분산상이 고르게 분산되어 있어 분산상과 모재(matrix)간에 접착력이 없으나, 상용화 블렌드의 경우 PP-g-MAH의 양이 증가할수록 분산상의 평균 입자경이 크게 감소하여 분산상이 모재에 보다 강력하게 접촉되어 있기 때문으로 생각된다.

Table 3. Mechanical Properties of PP, N66 and PP/N66(2/8) Blends

Sample	Flexural Modulus (kg/cm ²)	Tensile Strength (kg/cm ²)	Elongation at break (%)	Izod Impact Strength (kg _r cm/cm)
PP	13500	290	50.0	9.5
N66	23000	600	-	3.0
0 phr	25012	596	19.7	4.6
3 phr	25314	607	26.6	5.4
5 phr	25999	595	28.9	6.9
10 phr	25598	567	37.3	7.3

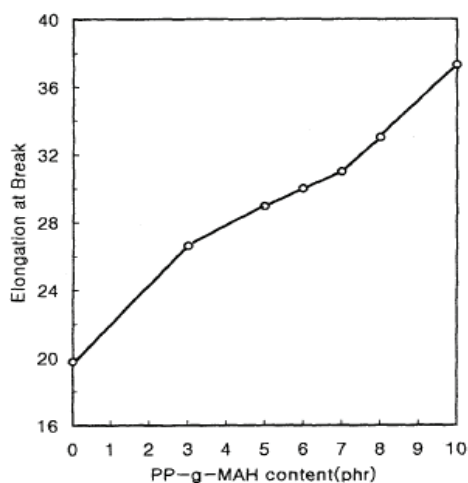


Fig. 6. Elongation at breaks of PP/N66(2/8) blends.

Fig.7에 상용화제 유무에 따른 각 조성별 PP/N66 블렌드의 Izod 충격강도 결과를 나타내었다. 각 조성별 공히 상용화 블렌드의 경우 비상용화 블렌드에 비해 충격강도가 약 1.5 ~ 2.0 배 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 블렌드내에서 분산상의 크기나 크기의 분포와 같은 상형태는 블렌드의 기계적 물성에 영향을 미치는데, 특히 충격강도에는 매우 심각한 영향을 미치게 된다[16]. PP-g-MAH가 도입되면 블렌드의 상형태는 sea and island 형태로 변화하고 분산상과 연속상 사이의 계면 에너지를 충분히 낮추어 분산상의 크기를 충격강도를 향상시킬 수 있을 정도로 줄이기 때문이다. 상용화제를 넣지 않은 비상용화 블렌드의 파단면을 보면 계면 접착력이 약하여 분산상이 매끈하게 분리되어 있는 것이 확인된다. 이는 계면에서 응력이 전달되지 못하고 계면 접착력이 약해 계면이 쉽게 분리되었기 때문이다. 반면 상용화제를 첨가한 상용화 블렌드의 경우는 입자의 크기도 미세하게 분포되었을 뿐만 아니라 거친 파단면을 형성하였다. 이는 계면에서의 응력전달이 효율적으로 진행되었고, 강한 계면 접착력으로 인해 파단과정 중 소성변형 등의 과정에 많은 에너지를 소모하게 되었기 때문이다. 한편 상용화제를 첨가한 PP/N66의 중량비 조성이 50/50인 블렌드인 경우 충격강도 값이 감소하는 것은 상용화 효과에 의해 비교적 균일한 분산상이 형성되었더라도 연속상과 분산상의 구

별이 뚜렷하지 않아 응력전달 역할이 효율적이지 못하여 분산상의 소성변형이 진행되기 전에 파단되었기 때문인 것으로 여겨진다.

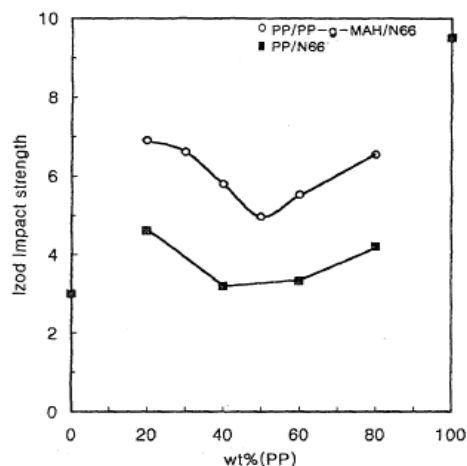


Fig. 7. Izod Impact strengths vs. PP/N66 composition.

4. 결론

본 연구에서는 PP/N66의 비상용화 블렌드가 상용화 작용에 의해 결정성 고분자 구성 성분의 결정화거동과 물폴로지 및 물성에 어떠한 영향을 받는지를 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PP에 MAH를 도입하여 상용화제로서 MAH의 그래프트율이 0.8 wt%인 PP-g-MAH를 얻었다.
2. PP-g-MAH 도입에 의해 PP의 결정화 온도는 약 4 °C 증가하였고, 도입량이 증가할수록 PP-g-N66의 그래프트 N66은 자유로운 N66에 비하여 운동도가 낮기 때문에 N66 부분의 결정화도가 감소하였다.
3. PP-g-MAH가 도입되지 않은 비상용화 PP/N66 블렌드의 경우는 분산상의 분산이 완전하지 못하여 5 μm 정도의 상형태를 보인 반면, PP-g-MAH가 도입되었을 경우는 PP/N66 사이의 상용성을 증가시켜서 sea and island의 상형태로 변화시키며, PP-g-MAH 양이 증가할수록 분산상의 크기도 감소하였다.

4. 상용화제 첨가 유무에 따른 충격강도, 인장강도, 신율 값은 상용화 블렌드의 경우가 비상용화 블렌드에 비해 그 값이 증가하였다.

참고문헌

1. M. S. Kim and B. K. Kim, Reactive melt blends of thermoplastic polyolefins, MAH-g-PP and nylon 6, *Polymers for Advanced Technologies*, Vol. 15, Iss. 7, 419 (2004).
2. Subodh Kumar Pal and D. D. Kale, Effect of processing conditions and properties of PP/nylon 6 blends, *J. Polym. Res.*, Vol. 7, No. 2, 107 (2000).
4. K. Solc, Polymer Compatibility and Incompatibility, *MMI Press, New York*, (1982).
5. W. M. Speri and G. R. Patrick, Fiber Reinforced Rubber Modified Polypropylene, *Polym. Eng. Sci.*, 15, 668 (1975).
6. K. C. Dao, Rubber Phase Dispersion in Polypropylene, *Polymer*, 25, 1527 (1984).
7. D. Heiken and W. Barentsen, Particle Dimensions in Polystyrene/Polyethylene blends as a Function of Their Melt Viscosity and of the Concentration of Added Graft Copolymer, *Polymer*, 18, 69 (1977).
8. D. Heiken, N. Hoen, W. Barentsen, P. Piet and H.Ladan, Mechanical Properties and Morphology of Copolymer Modified Polymer Blends, *J. Polym. Sci., Polym. Symp.*, 62, 309 (1978).
9. D. R. Paul and S. Newman, Eds., Polymer Blends, *Academic Press, New York*, (1978).
10. S. Hosoda, H. Kihara and K. Kojima, Characterization and Application of Poly(propylene-b-methyl methacrylate) as a Compatibilizer for Polypropylene/Poly(methyl methacrylate) Blend, *Polymer*, 23, 277 (1991).
11. S. Vander Ven Eds., Polypropylene and Other Polyolefins: Polymerization and Characterization, *Elsevier Science Publisher B. V., New York*, (1990).
12. F. Ide and A. Hasegawa, Studies on Polymer Blend of Nylon 6 and Polypropylene or Nylon 6 and Polystyrene Using the Reaction of Polymer, *J. Appl.Polm. Sci.*, 18, 963 (1974).
13. H. S. Moon, B. K. Ryoo and J. K. Park, Concurrent Crystallization in Polypropylene/Nylon-6 Blends Using Maleic Anhydride Grafted Polypropylene as a Compatibilizing Agent, *J. Polym. Sci. : Polym. Phys.*, 32, 1427 (1994)
14. R. Holsti-Miettinen, J. Seppala and O. T. Ikkala, Effects of Compatibilizers on the Properties of Polyamide/Polypropylene Blends, *Polym. Eng. Sci.*, 32, 868 (1992).
15. N. G. Gaylord and M. K. Mishra, Nondegradative Reaction of Maleic Anhydride and Molten Polypropylene in the Presence of Peroxides, *J. Polym. Sci. : Polym. Lett. Edi.*, 21, 23 (1983).
16. J. R. Quintana, L. C. Cesteros, M. C. Peleteiro and I. Katime, Study of the melting and crystallization behavior of poly(ethylene oxide)-poly(vinyl alcohol) blends, *Polymer*, 32, 2793 (1991).