



흐름자국이 없는 PP 복합소재 제조를 위한 유변학적 특성 연구

이 용 희*·남 병 옥*·†·임 재 곤**·최 치 훈***

*한국기술교육대학교 응용화학공학과, **삼성토탈, ***현대자동차
(2009년 2월 4일 접수, 2009년 3월 2일 수정, 2009년 3월 6일 채택)

A Study on Rheological Properties for Preparing Flow Mark Free PP Compounds

Yong-Hee Lee*, Byeong-Uk Nam*·†, Jae-Gon Lim**,
and Chi-Hoon Choi***

*Department of Applied Chemical Engineering, Korea University of Technology and Education, 307
Gajeon-ri, Byeongcheon-myeon, Cheonan, Chungnam 330-708

**Samsung Total Petrochemical Co., Seosan city, Chungnam, Korea

***Hyundai-Kia Motor Co., Hwaseong city, Gyeonggi-do, Korea

E-mail : bunam@kut.ac.kr

(Received February 4, 2009, Revised March 2, 2009, Accepted March 6, 2009)

요약 : 사출성형 시 흐름자국이 생기지 않는 흐름성이 향상된 PP(Polypropylene) 복합재료를 제조하기 위한 연구를 진행하였다. PP는 분자량 분포와 용융지수(MI)가 다른 4종류의 PP를 사용하였으며, PP, 탈크, 고무와 약간의 첨가제로 구성된 PP컴파운드의 유변학적 특성은 Spiral Flow(SF), MI, 전단점도를 측정함으로써 평가하였다. 분자량 분포가 넓은 PP를 사용한 경우 MI가 상대적으로 낮다 하더라도 SF는 MI가 높은 PP보다 높게 관찰되는 경우도 있었다. 사출성형시 표면에 흐름자국이 발생하지 않도록 하기 위해서는 분자량 분포가 넓은 PP를 사용하는 것이 바람직함을 확인하였다.

ABSTRACT : Our objective is to increase the flowability of Polypropylene(PP) compounds and achieve flow mark free surface in injection molded specimen. We have investigated flowabilities of PP compounds which were composed of PP, rubber, talc, and trace amount of additives. Flowability measurement was performed with four types PPs of which molecular weight distributions(MWD) and melt indexes(MI) were different. Rheological properties of the PP compounding materials, such as spiral flow(SF) length, MI, and shear viscosity, were evaluated. When PP with the broad MWD was used, there were remarkable cases where the spiral flow length of low MI PP compound was longer than that of higher MI PP compound. The PP compound having low MI but broad MWD PP has more flowability than the compound with only high MI.

Keywords : spiral flow, molecular weight distribution(MWD), melt index

I. 서 론

고분자 복합재료는 고분자 수지에 다른 고분자 수지나 무기 재료를 섞어서 만든 재료로서, 주로 재료의 내열성, 기계적물성, 치수안정성의 개선을 위해 많이 적용되고 있다. 또한, 무기 물질의 도입에 따라 일반적으로 원가절감도 이루어져 산업계에서는 아주 광범위하게 개발 및 적용되고 있고 특히, 자동차, 전기전자, 기계부품등 시장에 많이 사용되어 지고 있다.^{1,2}

고분자 복합재료에 사용되는 고분자는 엔지니어링 플라스틱, 폴리올레핀등의 열가소성 고분자, 에폭시 수지등의 열경화성 고분자에 두루 적용되고 있는 형국이다. 그 중 폴리올레핀계 고분자가 가격 대비 성능이 우수하고 재활용성이 뛰어나 광범위하게 적용되고 있고, 한편으로 이의 성능 개선 연구도

지속적으로 진행되고 있다.^{3,5}

즉, 고분자/무기물 복합재료 제조시 고려되어야 할 사항인 환경적합성과 가공용이성을 고려하였을 때, 폴리올레핀 수지를 사용하는 것이 가장 이상적이며, 이미 플라스틱 자동차 부품에 있어서 그 부품의 종류에 관계없이 폴리올레핀을 사용하는 소위 '통합화'가 큰 추세이며, 이 경우 재활용이 더욱 용이해진다.

폴리프로필렌(Polypropylene, PP)은 대표적인 열가소성 범용 수지로서 가볍고, 기계적 특성과 가공성, 내열성, 내약품성, 투명성 등이 우수한 장점을 가지고 있고 가격이 저렴하여 일용품이나 생활자재 뿐만 아니라 공업용 부품 재료로서 널리 이용되고 있다. 하지만 저온 충격성이 약하고 폴리스티렌(PS), 폴리염화비닐(PVC) 등에 비해 강성이 부족하고 자외선에 쉽

게 열화되며 2차 가공성이 부족한 등의 단점도 검비 하고 있다.

이러한 PP의 낮은 충격 강도를 향상시키기 위하여 고무가 혼합되는데, 고무의 도입은 수지의 인장 특성과 굴곡 특성을 저하시킨다. 이러한 기계적 성질의 저하를 방지하기 위하여 고분자 수지에 필러와 같은 무기물을 첨가 하여 기계적 성질을 향상 시키는 방법이 많이 소개 되어 왔다.^{6,11}

Thermoplastic Olefin(TPO)는 PP의 기계적 성질을 향상 시키기 위해 PP 수지에 고무성분과 무기물을 첨가하여 기계적 성질을 향상시킨 PP 복합재료로 최근에는 고무 성분이 기존의 EPDM, EPR 계에서 가격과 성능이 우수한 메탈로센 촉매로 제조된 알파올렌핀계 엘라스토머를 주로 사용하고 있다.^{12,13} 자동차 내·외장 부품은 소재의 경량화에 따라 금속 소재에서 플라스틱 소재로 바뀌고 있다. 또한 수려한 질감 부여를 위해서는 플라스틱 기재에 금속 질감을 나타낼 수 있는 코팅재 개발이 급속도로 이루어지고 있으며 더 나아가 이에 대한 친환경적인 접근이 더욱 절실해지고 있다.

본 연구는 코팅재를 쓰지 않고 직접 사출성형하여 표면의 고급 질감을 얻기 위한 소재개발 연구로서 흐름자국(flow mark)을 최소화하는 재료를 연구하여 이를 최적화 하기위한 연구이다. Flow Mark Free PP 복합소재는 자동차의 수려한 외관을 소화할 수 있는 소재 개발과 주요 부품의 무도장 사양 실현을 위한 사출품의 표면특성 확보 및 생산성을 향상 시킬 수 있으며 재활용이 가능한 PP 재질로서 친환경적인 요소를 갖추고 있다고 할 수 있다.

Shuichi Maeda등은 PP/Rubber/Talc 컴파운드에서 사출시 Flow Mark의 발생은 용융물 흐름의 불안정성에 기인하므로 낮은 전단속도에서 용융물의 탄성을 증가시키거나 컴파운드의 Stress Relaxation Rate가 PP의 결정화속도 보다 빠르면 Flow

Mark는 나타나지 않음을 보고한 바 있으나^{14,15} 이는 주로 성형 가공 측면의 접근이다.

본 연구에서는 재료 측면에서 Flow Mark Free 복합소재를 만들기 위하여 PP의 분자량 분포를 중심으로 탈크의 입자 크기 그리고 고무 성분이 PP복합소재의 흐름성에 미치는 영향을 Spiral Flow (SF), 용융지수(MI), 유연학적 점도 측정을 통해 조사 하였다.

II. 실 험

1. 시약 및 재료

본 연구에 사용한 PP는 삼성토탈(주)의 Block PP를 분자량 분포 및 MI의 변화에 따라 4종류 사용하였다. 충격보강제로 Dupont - Dow Elastomer의 메탈로센 촉매로 만든 에틸렌과 알파올렌핀의 공중합체 엘라스토머로서 옥텐-1과 부텐-1의 화학 구조를 각각 갖고 유사한 MI를 갖는 2종류의 Engage 제품을 사용하였고, 또한 Kraton Polymer사의 SEBS계 엘라스토머인 G1657를 사용하였다. 무기물인 Talc는 평균 사이즈가 0.5 μm , 4.15 μm , 13.8 μm 인 3종류의 Talc를 사용하였다. 이를 Table 1에 정리하였다.

2. GPC(Gel permeation chromatography)분석

폴리프로필렌 매트릭스의 분자량 및 분자량분포(MWD, molecular weight distribution)가 Flow Mark의 발생에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 GPC(Waters 150C, RI) 측정을 통하여 폴리프로필렌의 분자량과 분자량 분포를 측정하여

Table 1. Properties of Raw Materials used in This Work

Materials	Product Names (Manufactures)	Properties
PP	BI750 (Samsung-Total)	Block-PP (PI*=5, MI=30g/10min.(230 °C/2.16kg), C2=8.1-8.5%)
	BU850 (Samsung-Total)	Block-PP (PI=12, MI=30g/10min.(230 °C/2.16kg), C2=7.6-8.1%)
	BJ800 (Samsung-Total)	Block-PP (PI=5, MI=40g/10min.(230 °C/2.16kg), C2=7.6-8.1%)
	BI760 (Samsung-Total)	Block-PP (PI=7, MI=20g/10min.(230 °C/2.16kg), C2=8.1-8.5%)
Rubber	Engage8842 (Dupont Dow Elastomer)	Ethylene-octene copolymer elastomer(EOR), MI=1.0g/10min(190 °C/2.16kg), Density=0.86g/cm ³
	Engage7467 (Dupont Dow Elastomer)	Ethylene-butene copolymer elastomer(EBR), MI=1.2g/10min(190 °C/2.16kg), Density=0.86g/cm ³
	Kraton G1657 (Kraton Polymers)	SEBS (Styrene ethylene butylene styrene block copolymer elastomer), MI=1.7g/10min(190 °C/2.16kg), Density=0.90g/cm ³ , Styrene=13%
Talc	IMIFABI	Average particle size 0.5 μm (Talc0.5)
	KR8500	Average particle size 4.15 μm (Talc4)
	RCNAP-400	Average particle size 13.8 μm (Talc13)

* PI : Polydispersity Index measured by GPC

Table 2. Molecular Weights and Polydispersity Indexes of Four Different PPs Measured by GPC

Grades	M _n	M _w	PI
BI750	32,400	165,600	5.11
BI760	25,400	170,300	6.70
BJ800	38,600	208,600	5.39
BU850	16,300	196,200	12.04

Table 2에 나타내었다.

3. PP 복합재료 제조

본 연구에서는 주원료인 PP/고무/탈크의 조성은 상업적으로 유용한 70/15/15의 중량 %로 고정하였고 일부 미량의 첨가제를 주입하여 컴파운딩을 수행하였다. PP 종류에 따른 성능평가는 탈크와 고무 성분을 고정후 수행하였고, 탈크와 고무의 변화에 따른 평가도 같은 방식으로 다른 성분을 고정후 수행하였으며 총 14종의 PP 복합재료를 제조 하였고 이를 Table 3에 정리하였다. 블렌딩은 BAUTEK사의 BA-19 이축압출기(L/D=42, 19 ϕ , Co-rotating)를 사용하였고 압출 온도는 170-180-190-200-200-210-210-220 $^{\circ}$ C에서 250 rpm 회전속도로 컴파운딩 하였다. 첨가제로 1, 2차 산화방지제를 각각 0.1 phr를 첨가 하였고 활제로 칼슘 스테아레이트(Ca-st)를 0.05 phr 첨가하였다.

Grade 명명에서 PTR 은 순서대로 PP, Talc, Rubber를 의미하며 뒤의 숫자 XYZ에서 X는 PP(X=1 BJ800, X=2 BI750, X=3 BU850, X=4 BI760), Y는 Talc(Y=1 Talc 0.5 μ m, Y=2 talc 4.15 μ m, Y=3 talc 13.8 μ m), Z는 Rubber(Z=1 EG8842, Z=2 EG7467, Z=3 G1657)을 나타낸다.

4. Spiral Flow 및 MI 측정

PP 복합소재의 흐름성과 Flow Mark 특성을 조사하기 위하여 Spiral Flow(SF)를 측정 하였으며 Melt 상태에서의 흐름성을 알아보기 위하여 MI를 측정하였다. 블렌드물의 용점을 고려하여 230 $^{\circ}$ C, 2.16 kg의 하중으로 MI를 측정 하였으며 SF는 삼성토탈(주)에서 제작한 사출 금형으로 표준화된 사출조건으로 측정하였다. 탈크 입자 크기 변화에 따른 SF와 MI를 알아보기 위해 고무를 고정하고 3종의 PP와 3종의 탈크입자 크기를 달리하여 조사하였으며 고무 성분의 화학구조에 따른 차이를 알아보기 위하여 화학구조가 다른 고무 3종을 선정하여 SF 및 MI를 측정하였다.

5. 유변학적 성질 측정

탈크 입자 크기, 고무 종류 및 PP의 분자량분포, MI등의 영향에 따른 전단점도 (shear viscosity)를 Capillary Rheometer (Gottfert Werstoff사, Rheo-tester 1000)를 사용하여 전단속도 (shear rate) 변화에 따른 점도의 변화 거동을 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. GPC(gel permeation chromatography) 분석

PP 매트릭스의 분자량 및 분자량분포가 Flow Mark 발생에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 GPC 측정을 통하여 PP의 분자량과 분자량 분포를 측정하였다. Figure 1에서 보듯이 동일한 용융지수(MI)를 갖는 BI750과 BU850의 GPC 측정결과, BU850의 경우 저분자량과 고분자량의 부분이 모두 넓어진 구조를 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

기본적으로 PP 수지의 대표적인 분자량 분포는 Polydis-

Table 3. Formulations of PP Compounds Prepared in This Work

Grade	PTR -111	PTR -121	PTR -131	PTR -211	PTR -221	PTR -231	PTR -311	PTR -321	PTR -331	PTR -322	PTR -323	PTR -421	PTR -422	PTR -423
BJ800	70	70	70											
BI750				70	70	70								
BU850							70	70	70	70	70			
BI760												70	70	70
Talc0.5	15			15			15							
Talc4		15			15			15		15	15	15	15	15
Talc13			15			15			15					
EG8842	15	15	15	15	15	15	15	15	15			15		
EG7467										15			15	
G1657											15			15

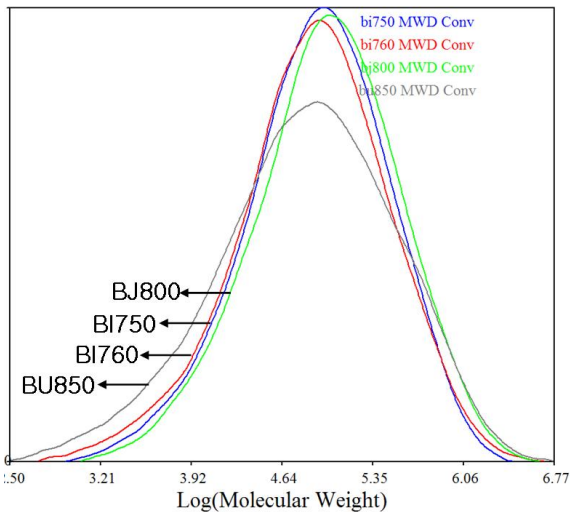
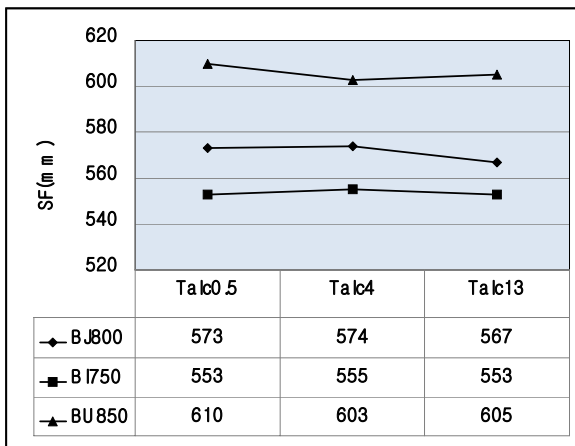
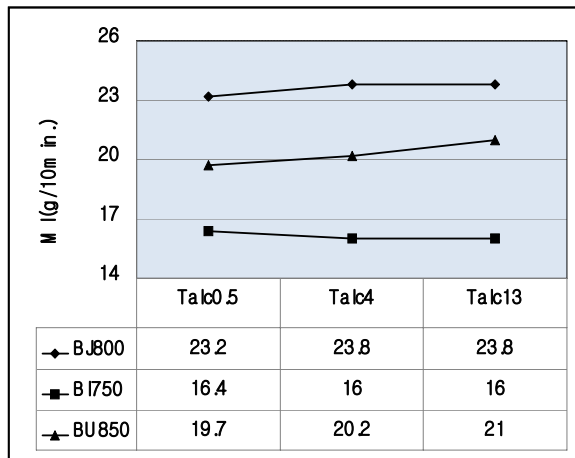


Figure 1. Molecular weight distribution diagrams of four types of polypropylenes measured by GPC.



(a)



(b)

Figure 2. Effects of talc size on the (a) Spiral Flow and (b) Melt Index.

persity Index(PI) 값이 약 5~7을 가지는 반면 BU850의 경우는 PI 값이 약 12인 것을 Table 2에서 알 수 있다. BU850이 BI750에 비해 용융지수는 같으나 분자량 분포가 더 넓은 것을 확인할 수 있었으며 BJ800과 BI750, BI760은 용융지수는 다르나 분자량 분포는 비슷한 것으로 나타났다. 일반적으로 저분자량의 함량이 증가 할수록 성형성 및 가공성은 향상 되지만 기본적인 기계적 물성은 저하되는 경향을 보인다.¹⁶⁻¹⁸

2. Spiral flow 및 용융지수

2.1 탈크 입자 크기에 따른 SF 및 MI

Figure 2 (a)에서 보듯이 같은 PP 수치 내에서 탈크 입자 크기 증가에 따른 Spiral Flow(SF)의 차이는 PP의 종류에 무관하게 비교적 크지 않는 것으로 나타났으며, Figure 2 (b)에서 탈크 입자 크기 증가에 따른 MI의 변화 또한 거의 미비한 것으로 나타났다. 한편, PP의 MI가 같은 경우에 PP의 분자량 분포가 넓을수록 SF가 더 높게 나타나는 것을 뚜렷이 확인할 수 있으며 이는 분자량 분포가 넓을수록 사출성형기와 같은 높은 전단속도에서 흐름성이 좋아지는 것을 나타낸다.

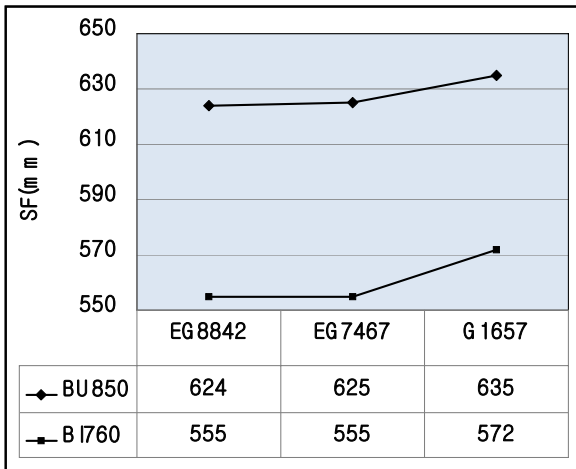
실제 MI가 30인 BU850계 컴파운드가 MI, 40인 BJ800계 컴파운드 보다 성형시 보다 우수한 흐름성을 보임을 확인했다. 반면, MI의 경우는 분자량분포에 다소 의존하지만 그 영향이 매우 제한적임을 확인할 수 있었다.

2.2 고무 Type에 따른 SF 및 MI

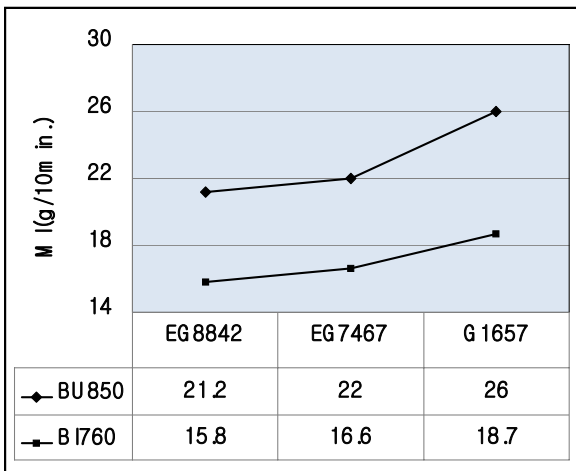
고무 Type에 따른 유동성과 용융지수를 알아보기 위하여 탈크 입자 크기를 고정하고 분자량과 분자량분포가 다른 PP 2종과 화학구조가 다른 고무 3종을 선정하여 고무 Type에 따른 용융지수와 SF를 측정하였다. Table 1에서 고무의 용융지수는 비교적 유사하게 선정하였으나 다소의 차이가 있음을 볼 수 있다. Figure 3에서 보듯이 고무의 용융지수가 다소 증가 할수록 이에 상응하여 컴파운드의 MI도 증가하는 결과를 보였고 Spiral Flow도 같은 경향을 보였다.

한편, 분자량분포가 넓은 PP(BU850)와 좁은 PP(BI760) 각각에서 고무 종류에 따른 MI와 SF의 거동은 대체적으로 큰 차이가 발견되지는 않았다. 다만, BU850을 사용한 경우, EBR(EG7467) 과 EOR(EG8842) Type의 고무를 사용하였을 경우는 MI가 큰 차이를 보이지 않았지만 SEBS Type의 고무를 사용하였을때 MI가 비교적 크게 증가 하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 좀 깊은 연구를 통해 결과를 규명할 필요가 있다고 본다.

Figure 4에서 알 수 있듯이 PP종류에 따른 흐름성과 용융지수 측정 결과에서 분자량 분포가 넓은 PP 수치를 사용하여 제조한 BU850계 컴파운드의 경우, 같은 용융지수를 갖는 BI750계 컴파운드와 더 높은 용융지수를 갖는 BJ800계 컴파운드에 비해 더 좋은 Spiral Flow를 나타내는 것을 확인할 수



(a)



(b)

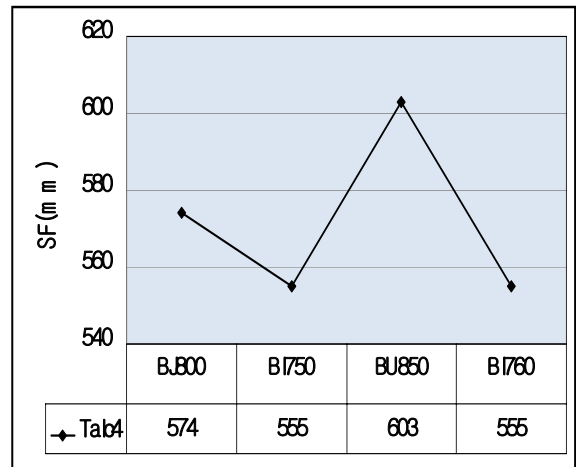
Figure 3. Effects of rubber types on the (a) Spiral Flow and (b) Melt Index.

있었다. MI 측정결과에서는 초기의 PP 수지의 MI가 높은 BJ800계 컴파운드가 높게 나타났지만 흐름성 측면인 SF 측정에서는 분자량 분포가 넓은 BU850계 컴파운드가 더 높은 값을 나타내었다. 즉, MI로 표현되는 PP 수지의 분자량 보다는 분자량 분포가 흐름성에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

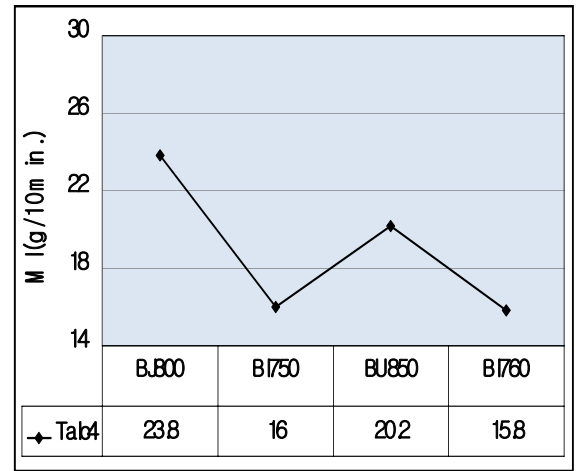
Figure 5는 고무와 탈크를 고정하고 4종류 PP에 대해 제조한 컴파운드를 SF 금형에서 테스트한 결과로서 BU850계 컴파운드가 Spiral Flow면에서 가장 길이가 길게 나타난것을 확인할 수 있었다.

3. 유변학적 성질

고분자 물질은 우선 분자량이 크고, 분자량이 서로 다른 분자가 섞여 있으므로 분자량 분포가 존재한다는 점에서 일반적



(a)



(b)

Figure 4. Effects of PP types on the (a) Spiral Flow and (b) Melt Index.

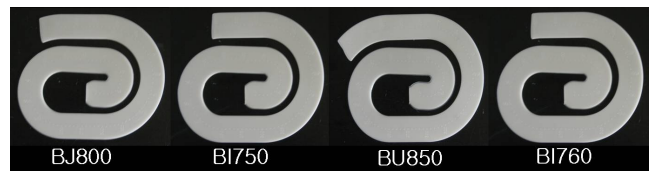


Figure 5. Comparison of the spiral flow length of compounds prepared by 4 different types of PPs.

으로 저분자량 물질과 크게 다르다. 이와 같이 고분자의 Rheology는 분자량과 분자량분포 외에도 분자구조와 배향, 용매, 온도, 형태학 등에 의존한다.¹⁶ 본 연구에서는 고분자의 분자량 및 분자량분포에 따른 Rheology 차이를 알아보기 위하여 분자량 및 분자량분포가 다른 PP의 전단점도(shear viscosity)를 측정하였으며 첨가되는 탈크의 입자 크기와 고무 종류에

따른 전단점도를 측정하였다.

일반적으로 PP의 유변학적 특성은 전단속도가 증가함에 따라 전단박화(shear thinning) 거동을 관찰 할 수 있는데 이것은 선형고분자인 폴리프로필렌이 전단속도가 증가함에 따라 배향이 일어나 전단점도가 낮아지기 때문이다.¹⁹ 본 연구에서는 컴파운드를 구성하는 수지들의 용점을 고려하여 220 °C에서 Capillary Rheometer를 사용하여 전단속도 변화에 대한 컴파운드의 점도를 측정하였다. 이는 성형 가공 특히 사출성형시의 수천 정도의 전단속도에서의 유동성을 파악하기 위함이다.

3.1 탈크 입자 크기에 따른 전단점도

탈크 입자 크기에 따른 유변학적 특성을 알아보기 위하여 입자 크기가 다른 탈크 3종을 선정하여 분자량 분포가 넓은 PP와 컴파운딩한 후에 탈크 입자 크기에 따른 전단점도를 측정하였다.

Figure 6에서 보듯이 탈크 입자 크기에 따른 점도의 변화는 크지 않았으며 전단속도가 작은 영역에서는 입자의 크기에 따른 점도의 차이는 없는 것으로 확인 되었다. 전단속도가 높은 영역으로 갈수록 PP 수지의 특성인 전단박화 현상이 뚜렷하고 탈크 입자 크기에 따른 점도 변화는 크지 않아 상업적으로 큰 의미가 없음을 확인 할 수 있었다.

3.2 고무 종류에 따른 전단점도

고무 종류에 따른 유변학적 특성을 확인하기 위하여 분자량과 밀도는 비교적 유사하고 화학구조가 다른 3종의 고무를 선정하여 분자량 분포가 다른 2종의 PP와 블렌딩하여 유변학적 특성을 평가하였다.

Figure 7에서 알 수 있듯이 분자량분포가 넓은 PP(BU850)와 분자량분포가 좁은 PP(BI760)에서 고무를 화학적 구조에 따른 유변학적 차이는 없는 것으로 나타났다. 즉, 매트릭스로 사용되는 PP의 특성이 정해졌을때 첨가되는 고무가 유사한 MI를 갖는다면 화학구조 차이에 의한 유변학적 차이는 미비한 것으로 평가되었다. 이는 컴파운드의 유변학적 성질은 매트릭스로 사용되는 PP에 의해 많은 영향을 받는 것을 의미한다.

3.3 PP 종류에 따른 전단점도

PP의 분자량과 분자량분포에 따른 유변학적 특성을 평가하기 위하여 분자량이 다른 PP와 분자량은 비슷하나 분자량분포가 다른 PP를 선정하여 PP의 종류에 따른 유변학적 특성을 평가 하였다.

중량평균 분자량(M_w)이 서로 비슷한 고분자 재료라도 분자량 분포에 따라서 유변 특성이 매우 달라진다. Table 1에서 보면 BI750 과 BU850은 M_w 가 서로 비슷하지만 수평균 분자량(M_n)이 차이가 크므로 분자량 분포가 BU850의 경우가 훨씬 큰 것을 확인 할 수 있었다. Figure 8에서 알 수 있듯이 분자량 분포가 넓은 PP를 사용한 PTR-321의 경우 유변 물성에서 다른

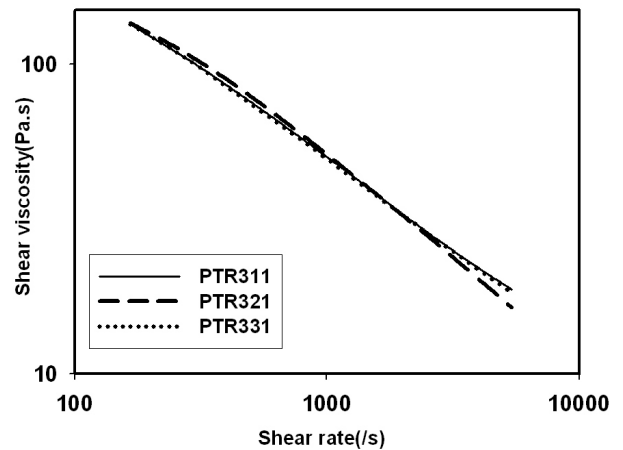
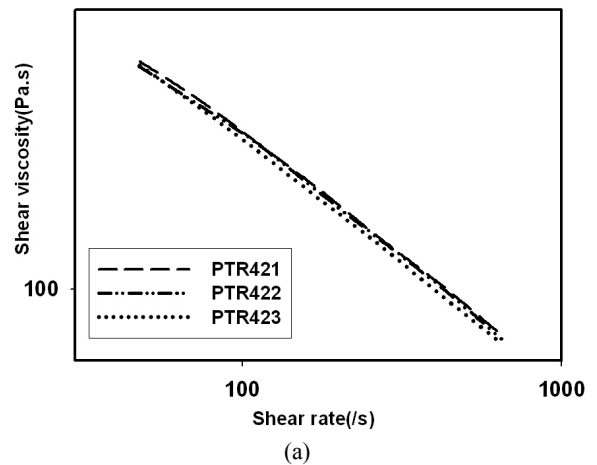
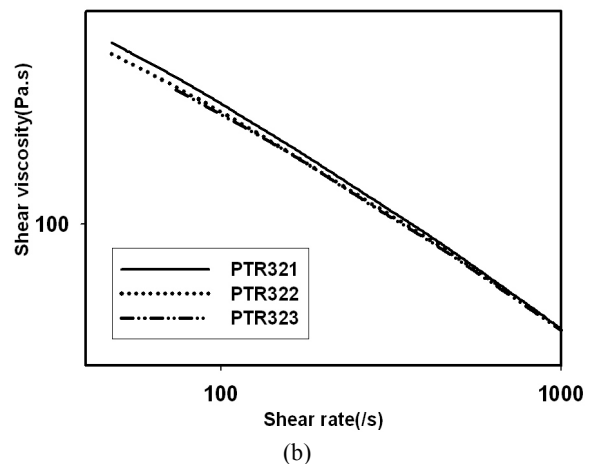


Figure 6. Shear viscosity-shear rate curves of PP compounds with different talc sizes.



(a)



(b)

Figure 7. Shear viscosity-shear rate curves of PP compounds with different rubber types ; (a) BI760 and (b) BU850.

PP들에 비해 비교적 전단박화 현상이 뚜렷이 나타났다. 이와 같은 특성은, M_w 을 크게하여 기계적 강도를 증가시키되, M_n 을

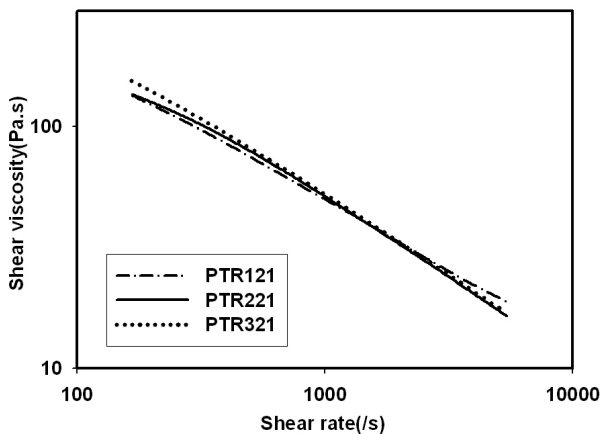


Figure 8. Shear viscosity-shear rate curves of PP compounds with different PP types.

적당히 유지하여 가공조건에서의 점도를 낮춤으로서, 가공성과 물성을 모두 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 전단속도가 비교적 작을때의 점도는 분자량분포가 작은 PP에 비해 다소 높지만 실제 부품으로 사출성형이 되는 1000 이상의 전단속도 영역에서는 점도가 낮아져서 쉽게 유동될 수 있는 유변물성을 보이는 것을 확인 할 수 있었다. Koki Hirano 등은 PP 컴파운드내의 PP 성분 대비 고무성분의 점도비가 클수록 Flow Mark 요소인 광택의 세기를 줄일 수 있다고 보고 한 바 있다.^{20,21} 본 연구와 관련하면 블록타입 PP에서 고무상의 점도를 높게하고 호모 PP상의 점도는 낮게 하는 것이 유리함을 알 수 있다. 결과적으로 전단속도가 작은 영역에서의 점도는 비교적 높은 분자량을 갖는 분자들에 의해 주도적으로 결정되며, 전단속도가 높은 영역에서의 점도는 비교적 낮은 분자량을 갖는 분자들에 의해 결정되며 이는 흐름성과 성형성이 좋아지는 것을 나타낸다. 즉, 분자량 분포가 넓을수록 실제 성형 가공이 이루어지는 높은 전단속도 영역에서 흐름성과 성형성이 개선되는 것을 확인 할 수 있었다

IV. 결 론

본 연구에서는 PP 복합재료를 이축압출기를 이용하여 용융 컴파운드 방법으로 제조하였다. 탈크 입자 크기가 흐름성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 입자크기가 다른 3종류의 탈크를 선정하여 고무를 고정하고 분자량 분포가 다른 3종류의 PP에 대해 조사한 결과 탈크 입자 크기에 따른 흐름성의 차이는 크지 않았다. 한편, PP의 분자량 분포에 따른 흐름성을 알아보기 위하여 분자량 분포가 다른 PP 4종을 선정하여 측정된 결과 용융지수는 같더라도 분자량 분포가 넓을수록 흐름성은 좋은 것으로 나타났다. 또한 고무의 화학구조에 따라 MI가 유사한 3종을 선정하여 흐름성을 조사한 결과도 흐름성의 큰 차이는 발견되지 않았다.

유변학적 특성은 Capillary Rheometer 측정 결과, 탈크의 입자 크기와 고무의 화학구조에 따른 유변학적 차이는 본 연구를 수행한 조성에서는 없는 것으로 나타났으나 PP의 분자량 분포에 따른 유변학적 특성 차이는 분자량 분포가 넓을수록 전단속도가 적은 영역에서는 점도가 높은 것으로 나타났으나 전단속도가 커질수록 점도가 낮아지는 거동이 커짐을 확인할 수 있었다. 이는 분자량 분포가 넓을수록 흐름성과 사출성형성이 좋아짐을 나타내는 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부가 지원하는 부품소재기술개발사업 (과제명 : 자동차 고품질 내외장 화학소재)의 2차년도 연구비로 수행되었음을 밝혀드립니다.

참고 문헌

1. Premphet K. and Horanont P., "Phase structure of ternary polypropylene /elastomer/filler composites: effect of elastomer polarity", *Polymer*, **41**, 9283 (2000).
2. Kansai Research Institute Multiclient Report, "Advanced Materials-Phase VIII", **11**, 207 (1997).
3. J. Karger-Kocsis, A. Kallo, and A. N. Kuleznev, "Phase structure of impact-modified polypropylene blends", *Polymer*, **25**, 279 (1984).
4. Van der Wal A, Mulder JJ, and Gaymans RJ, "Polypropylene-rubber blends: I. The effect of the matrix properties on the impact behaviour", *Polymer*, **39**, 6781 (1998).
5. C. H. Hong, Y. B. Lee, J. Y. Jho, B. U. Nam, and T. W. Hwang, "Polypropylene /Clay Nanocomposites for Automotive Applications", *Int. J. Automotive Technol.*, **6**, 665 (2005).
6. S. G. Lyu, K. S. Bae, and G. S. Sur, "Properties of Polypropylene/CaCO₃ Composites from the Shape of Calcium Carbonate" *J. Korean Ind.*, **8**, 771 (1997).
7. Denac M and Musil V, "The influence of thermoplastic elastomers on morphological and mechanical properties of PP/talc composites" *Acta. Chim. Sloven.*, **49**, 55 (1999).
8. Taranco J, Martinez JMG, Laguna O, and Collar EP, "Polypropylene/talc composites: interfacial modifications by surface treatments on the solid particles" *J. Poly. Eng.*, **13**, 287 (1994).
9. Wypych G., "Handbook of fillers. 2nd ed." Toronto, Chem Tec Publishing, 395 (1999).
10. Naiki M, Fukui Y, Matsumura T, Nomura T, and Matsuda M, "Effect of talc on the crystallization of isotactic polypropylene." *J. Appl. Polym Sci.* **79**, 1693 (2001).
11. M. Denac and V. Musil, "The Influence of Thermoplastic elastomers on Morphological and Mechanical Properties of PP/Talc Composites", *Acta Chim. Slov.* **46**, 55 (1999).
12. F. Martinatti and T. Ricco, "High-rate J-testing of toughened Polypropylene", *J. Mat. Sci.*, **29**, 442 (1994).

13. Pukanszky B and Maurer FHJ, "Composition dependence of the fracture toughness of heterogeneous polymer systems", *Polymer*, **36**, 1617 (1995).
14. S. Maeda, K. Fukunaga, and E. Kamei, "Flow Mark in the Injection Molding of Polypropylene/Rubber/Talc Blends", *Nippon Reoroji Gakkaishi*, **35**, 293 (2007).
15. S. Maeda and E. Kamei, "Relationship between Surface Appearance and Rheological Properties of Injection Molding of Polypropylene/Rubber/Talc Blends", *Nippon Reoroji Gakkaishi*, **35**, 273 (2007).
16. J. O. Park, "Rotational Rheometry for Polymeric Materials (I):Basic Concepts in Rheology", *Polym. Sci. Technol.*, **5**, 275 (1994).
17. K. J. Kim and J. K. Jang, "The Characteristics of Polypropylene Resins", *Polym. Sci. Technol.*, **4**, 89 (1993).
18. H. K. Kim and H. J. Kang, "The Characteristics of Poly(ethylene naphthalate) /Poly(butylene terephthalate) Blends", *Polymer*, **30**, 23 (2006).
19. K. S. Park and S. Y. Kim, "Effect of Molecular Weight and Rheological Properties on the Cross-sectional Characteristics of Polypropylene Hollow Fiber", *J. Korean Fiber Society*, **37**, 311 (2000).
20. K. Hirano, Y. Suetsugu, and T. Kanai, "Morphological Analysis of the Tiger Stripe on Injection Molding of Polypropylene/Ethylene-Propylene Rubber/Talc Blends Dependent on Based Polypropylene Design", *J. Appl. Polym. Sci.*, **104**, 192 (2007).
21. K. Hirano, S. Tamura, Y. Obata, and T. Kanai, "Striped-Pattern Deterioration and Morphological Analysis of Injection Molding Comprising Polypropylene/Ethylene- α -Olefin Rubber Blends. II. Influence of Heating", *J. Appl. Polym. Sci.*, **108**, 76 (2008).