

PC/ABS 블렌드의 고속전단성형에 따른 모폴로지 변화에 관한 연구

이동욱 · 웅다경* · 이한기 · 최석진** · 유재정* · 이형일*** · 김선홍*** · 이기윤*** · 이승구*,†

HYUNDAI MOTOR GROUP, 자동차부문 연구개발본부, 고분자재료연구팀
445-706 경기도 화성시 장덕동 772-1
*충남대학교 유기소재·섬유시스템공학과
305-764 대전광역시 유성구 대학로 99
**(주)현대엔지니어링, 기술개발팀
151-742 서울특별시 관악구 관악로 599 서울대학교 314동
***충남대학교 고분자공학과
305-764 대전광역시 유성구 대학로 99
(2013년 12월 23일 접수, 2014년 3월 1일 수정본 접수, 2014년 3월 4일 채택)

Study on the Morphology of the PC/ABS Blend by High Shear Rate Processing

Dong Uk Lee, Da Kyoung Yong*, Han Ki Lee, Seok Jin Choi**, Jae Jung Yoo*, Hyung Il Lee***, Seon Hong Kim***,
Kee Yoon Lee*** and Seung Goo Lee*,†

Department of Polymer Materials Research Team, Automotive Research & Development, Hyundai Motor Group,
772-1 Jangduk-dong, Hwanseong-si, Gyeonggi-do 445-706, Korea

*Department of Advanced Organic Materials & Textile System Engineering, Chungnam National University,
99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea

**New Technology Development Team, Research & Development Division, Hyundai-ngv,
314 dong, Seoul National University, 599 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

***Department of Advanced Polymer Engineering, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea

(Received 23 December 2013; Received in revised form 1 March 2014; accepted 4 March 2014)

요 약

본 연구에서는 PC/ABS 블렌드를 고속전단성형법을 사용하여 제조하였고 스크류 회전속도와 전단부하시간을 공정 변수로 하여 이에 따른 블렌드의 모폴로지 변화를 분석하였다. 블렌드의 모폴로지 및 ABS 분산상의 크기를 주사전자 현미경으로 관찰하여 안정한 상 구조와 최적의 물성을 가지는 고속전단성형조건을 확립하였고, 전단응력에 의한 블렌드의 열화 현상을 알아보기 위해 기계적 물성의 변화를 측정하였다. 이 때, 스크류 회전속도는 500 rpm에서 3000 rpm 까지 변화시켰으며 전단부하시간은 10초에서 40초까지 주었다. 고속전단성형법을 사용하여 제조한 PC/ABS 블렌드 및 고속전단성형을 가하지 않은 PC/ABS 컴파운드의 분산상 크기를 명확하게 관찰하기 위하여 블렌드의 단면에 크롬산 수용액을 이용한 에칭공정을 시행하였고 공정 전후의 모폴로지를 비교 분석하였다. 에칭으로 생긴 블렌드 내의 ABS 홀을 이미지 측정 프로그램인 Image J를 이용하여 측정한 결과, 스크류 회전속도에 따라 그 크기가 감소하였으며 특히 1000 rpm 이상의 스크류 회전속도 하에서 제조된 PC/ABS 블렌드의 경우, 기계적 물성이 급격하게 감소하여 블렌드의 분해가 일어났음을 알 수 있었다. 결과적으로 PC/ABS 블렌드에 1000 rpm의 스크류 회전속도를 가한 경우, 나노미터 단위의 분산상을 가지며 가장 안정한 상구조를 관찰할 수 있었고 인장강도 및 신율도 상대적으로 높아서 PC/ABS 블렌드의 최적 고속전단성형조건이라 할 수 있다.

Abstract – The PC/ABS blends were manufactured with high shear rate processing. Changes of the blend morphology were analyzed according to the screw speed and processing time. To find optimal conditions of the high shear rate processing of the PC/ABS blend, blend morphology and size of the dispersed phase, ABS, were observed with a SEM. Also, tensile properties of the PC/ABS blends were measured to investigate the effect of the high shear rate process with the screw speed of 500 rpm to 3000 rpm for processing times of 10s to 40s. Especially, to observe the dispersed phase of the PC/ABS blend clearly, fracture surfaces of the PC/ABS blend were etched with chromic acid solution. As screw

†To whom correspondence should be addressed.

E-mail: lsgoo@cnu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

speed and processing time increase, dispersed phase size of the PC/ABS blend decreases and mechanical properties of the blend decrease as well. Especially, at screw speed over than 1000 rpm of high shear rate processing, mechanical properties of the PC/ABS blends decrease drastically due to the degradation of the blend during the high shear rate processing. Consequently, the optimal condition of screw speed of the high shear processing of the PC/ABS blend is set at 1000rpm, in this study. Under optimal condition, the PC/ABS blend has relatively high mechanical properties with the relatively stable micro-structure having nanometer scale dispersed phase.

Key words: Morphology, Polymer Blend, PC/ABS, High Shear Rate, Etching

1. 서 론

2. 실 험

서로 다른 두 고분자의 공유결합으로 연결되지 않은 물리적인 혼합으로 제조된 공중합체를 블렌드라고 하며, 이는 단독으로 사용하기에는 부족한 물성을 서로 보완함으로써 비용절감 및 물성향상의 효과를 가져올 수 있는 효율적인 방법이다[1-3]. 폴리카보네이트(Polycarbonate, PC)는 일반적으로 블렌드에 활발하게 응용되는 대표적인 고분자로 범용 엔지니어링 플라스틱 중 투명성이 좋으며 양호한 내열성 및 치수안정성 등의 특성을 가지고 있으나, 내화학성 및 유동성, 내충격성이 낮아 단독으로 사용할 경우 물성에 제한이 따르게 된다. 따라서 PC는 내충격성과 가공성이 우수한 아크릴로-니트릴-부타디엔(Acrylonitrile-butadiene-styrene, ABS)과의 블렌드를 통하여 물성을 보완할 수 있으며 실제로 PC/ABS 블렌드는 상업적으로 활발하게 응용되고 있는 소재이다. 그러나 대부분의 고분자들은 불완전한 상용성을 가지며 물리적 혼합 중에 전단응력이 낮은 부분에서 분산상의 응집(coalesce) 현상이 일어나 블렌드의 상분리가 일어나게 되는데 특히, 분산상의 크기가 클 경우, 불안정한 상구조로 인해 블렌드의 기계적 성질 저하 현상을 가져온다[4-8]. PC/ABS 블렌드 또한 부분적으로 비상용성을 나타내는 semi-miscible한 블렌드 중 하나로 혼합과정 중에 상분리가 일어나기 때문에 기존의 블렌드 방법으로는 높은 물성은 기대하기 어렵다. 개선책으로는 PC/ABS 블렌드에 충분한 혼련을 주어 전단응력을 향상시킨다면 분산상의 크기를 감소시켜 블렌드의 양호한 상구조를 가져올 뿐만 아니라 기계적 성질 저하 현상을 방지할 수 있다. 그 동안 PC/ABS 블렌드의 상구조의 변화에 관하여 다양한 연구가 보고되어 왔는데 구성성분의 분자특성, ABS의 구성요소, 블렌드의 구성요소, 유변학적 특성, 공정 조건, 사출 후 열처리 공정이 PC/ABS 블렌드 모폴로지에 큰 영향을 준다[9-11].

본 연구에서는, PC/ABS 블렌드 내 마이크로미터 단위 이하의 ABS 분산상을 얻기 위하여 전단응력을 높이는 고속전단성형을 이용하였으며, 압출기 내 스크류의 속도와 그 안에서의 전단부하시간을 변수로 하여 이에 따른 모폴로지의 관찰 및 분산상의 크기와의 관계를 고찰하였다. 또한, 고속전단성형공정을 거친 PC/ABS 블렌드의 기계적 물성 변화를 측정하였다. 최종적으로, 상용화제를 포함하지 않고도 안정적인 상 구조를 가지며 최적의 기계적 물성을 갖는 PC/ABS 블렌드의 고전단 압출성형기에서의 스크류 회전속도 및 전단부하시간에 대한 조건을 결정하고자 하였다.

2-1. 실험재료

본 연구에서 사용한 PC는 LG Chem. 제품으로 수평균분자량은 9,700 g/mol이고 중량평균분자량은 22,400 g/mol이다. ABS 또한 LG Chem. 제품을 사용하였으며 ABS 내 Styrene Acrylonitrile Copolymer (SAN)과 Butadiene은 2:1의 함량비로 이루어져 있다. 블렌드 제조 공정 중 산화현상을 방지하기 위한 산화방지제로는 Dover Chemical Corporation사의 Bis(2,4-dicumylphenyl pentaerythritol diphosphite)를 사용하였다. 재료에 대한 특성은 Table 1에 정리하여 나타내었다.

2-2. 블렌드 및 시편제조

PC와 ABS pellet은 블렌딩 전에 수분을 제거하기 위해 100 °C의 진공오븐에서 12시간 동안 건조하였고 PC와 SAN, Butadiene의 조성비는 각각 70, 20, 10 wt%로 하였다. 고속전단성형을 가지 않은 PC/ABS 컴파운드를 제조하기 위해 이축압출기(TEK20, SMPLATEK)를 사용하여 220 °C에서 250 rpm의 스크류 회전속도로 용융혼련하였고, Niigata Machine Techno Co. Ltd 사의 고전단 압출성형기인 NHSS2-28를 사용하여 고속전단성형공정을 거친 PC/ABS 블렌드를 제조하였다. 고전단 압출성형기는 28 mm의 구경을 가진 스크류와 4개의 heating zone 및 3개의 cooling zone으로 구성되어 있으며, 용융과 혼련이 동시에 이루어지는 기존의 압출기와는 달리 물질의 용융과 사전혼합을 각각 가소화부와 고전단부에서 진행한다. PC/ABS 블렌드의 고속전단성형공정에서 사출온도는 220 °C로 고정하였으며 T-die의 형태로 시료를 채취하였다. 스크류 내 블렌드의 전단부하시간을 고정하고 스크류 회전속도를 500 rpm에서 3000 rpm의 범위로 가하여 스크류 회전속도에 따른 PC/ABS 블렌드를 제조하였다. 전단부하시간을 변수로 한 블렌드의 제조는 스크류 회전속도를 고정하고 전단부하시간을 10초에서 40초로 변화하였다.

2-3. 파단면 에칭 및 모폴로지 관찰

제조된 PC/ABS 블렌드의 단면을 관찰하기 위하여 블렌드를 액체 질소 하에서 5분 동안 충분히 냉각 후, 충격을 주어 파단하였다. 블렌드 파단면에 존재하는 분산상을 명확하게 관찰하기 위해 80 °C의 크롬산 수용액(H₂O 30 ml, H₂SO₄ 120 ml, Cr₂O₃ 5 g)에 5분간 침지하여 ABS를 선택적으로 에칭하였으며, 증류수에 수세 후 자연 건조

Table 1. Polymers and anti-oxidante used in this study

Materials	Abbreviation	Supplier	Molecular weight
Polycarbonate	PC	LG Chem.	M _n =9,700g/mol, M _w =22,400 g/mol
Acrylonitrile-butadiene-styrene	ABS	LG Chem.	-
Bis(2,4-dicumylphenyl pentaerythritol diphosphite)	-	Dover Chemical Corporation	-

하였다. PC/ABS 블렌드의 모폴로지 관찰은 주사전자현미경 (Scanning electron microscopy, SEM)을 사용하여(JSM-7000F, JEOL) 80초간 백금 코팅 후 에칭에 따른 파단면의 변화를 비교하여 관찰하였다.

2-4. 블렌드의 분산상 크기 측정

SEM 사진 내 분산상의 직경은 이미지 분석 프로그램인 Image J (Image Launcher, Broken Symmetry Software)를 이용하여 측정하였다. 각 조건별 PC/ABS 블렌드 분산상의 직경은 최대값과 최소값을 제외한 나머지 측정값을 식 (1)을 이용하여 평균과 표준편차를 계산하였다.

$$m = \frac{\sum_{n=1}^i n_i D_i^4}{\sum_{n=1}^i n_i D_i^3}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^i (D_i - m)^2}{n}} \quad (1)$$

m: 분산상 직경의 평균

n: SEM 사진 내 분산상의 개수

D: 각 분산상의 직경

σ : 분산상 직경의 표준편차

2-5. 기계적 특성 분석

PC/ABS 블렌드의 인장시험을 위하여 T-die 형태로 사출된 조건별 PC/ABS 블렌드를 다시 Pelletizing하고 Hot-press(Model No.3925, Carver Inc.)를 사용하여 JIS K6251-8 규격을 따른 인장시편을 제조하였다. Pellet은 규격 몰드 내 240 °C 하에서 10분 동안 예열하였으며 3000 psi의 압력을 5분 동안 가하여 급냉한 후, 탈형하였다. 인장 시험은 Instron®4467을 이용하였으며 cross-head speed는 20 mm/min, Load cell은 30 kN으로 고정하여 시험하였고 오차를 줄이기 위하여 최대 및 최소값을 제외한 나머지 측정값의 평균값을 취하여 시험편의 인장강도 및 신율을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 에칭에 따른 모폴로지 관찰

Fig. 1은 크롬산 수용액을 이용하여 에칭한 PC/ABS 블렌드의 파단면을 나타낸 것이다. Fig. 1의 (a)는 고전단을 가하지 않은 컴파운드의 에칭하지 않은 단면으로 구형의 분산상이 어느 정도 보이기는 하나 뚜렷하게 보이지 않는다. 동일한 조건의 컴파운드로 에칭 공정을 거친 (b)는 크롬산 수용액으로 인한 ABS 분산상이 선택적으로 에칭되어 PC 연속상 내 뚜렷한 분산상을 보이며, 고전단을 받지 않아 분산상의 크기가 비교적 큰 것을 볼 수 있다. (c)는 3000 rpm의 스크류 회전속도를 20초 동안 가한 블렌드로 에칭공정을 거치지 않아 표면이 무척 평평하다. 이는 높은 스크류 회전속도에 의한 전단응력의 증가로 PC와 ABS 간 상용성이 증가하여 두 상의 계면이 모호해진 것으로 사료된다. 동일한 조건의 시료를 에칭하여 (d)의 모폴로지를 얻을 수 있는데, 에칭을 하기 전의 모폴로지와 비교하였을 때, 500 nm 이하의 분산상이 비교적 균일하게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있으며 ABS 상이 더욱 뚜렷하게 관찰된다. 따라서 본 연구에서 이후의 모폴로지 분석은 에칭공정을 거친 것을 기본으로 하였다.

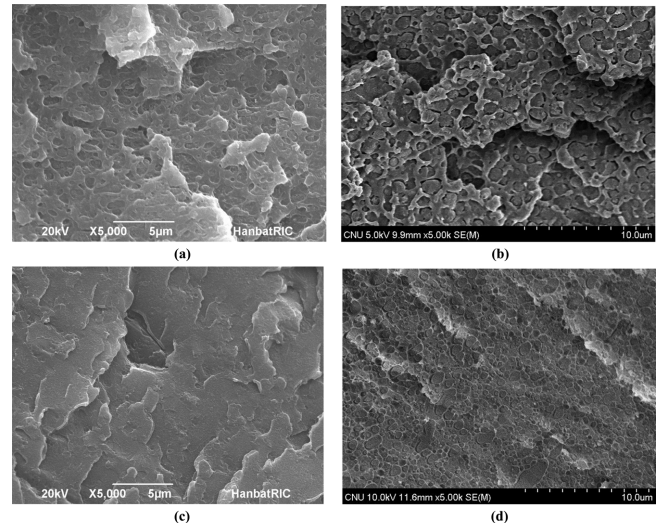


Fig. 1. SEM photographs of the PC/ABS blend according to chromic acid etching; (a) Unetched compound (b) Etched compound, (c) Unetched blend (3000 rpm for 20s), (d) Etched blend (3000 rpm for 20s).

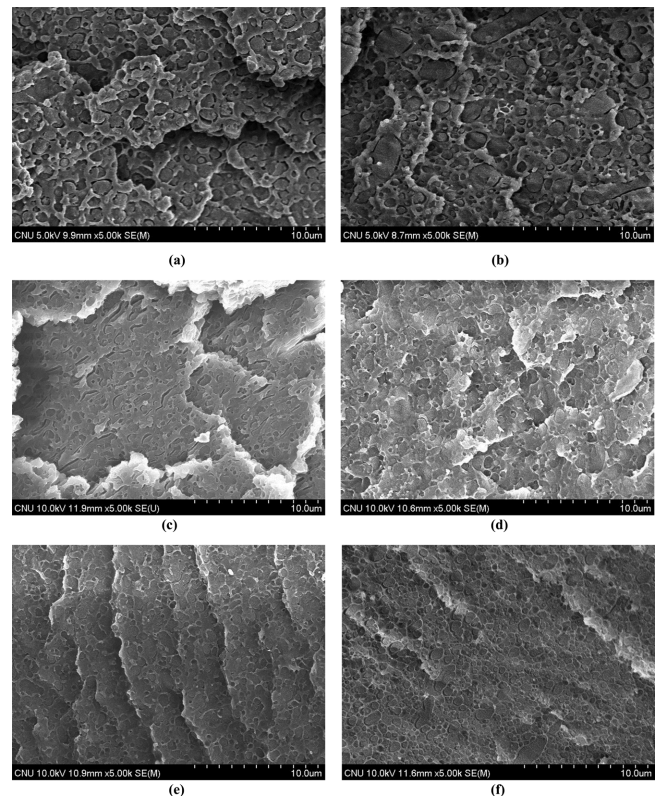


Fig. 2. SEM photographs of the PC/ABS blend with screw speed (processing time 20s); (a) Compound sample and blends of, (b) 500 rpm, (c) 1000 rpm, (d) 1500 rpm, (e) 2000 rpm, (f) 3000 rpm.

3-2. 모폴로지 특성 및 분산상 크기 분석

Fig. 2는 전단부하시간을 20초로 고정하고 스크류 회전속도를 다르게 하여 관찰한 PC/ABS 블렌드의 에칭된 파단면으로서, 전체적으로 스크류 회전속도의 증가에 따라 분산상 크기가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 고전단을 가하지 않은 컴파운드의 경우, 분산상의

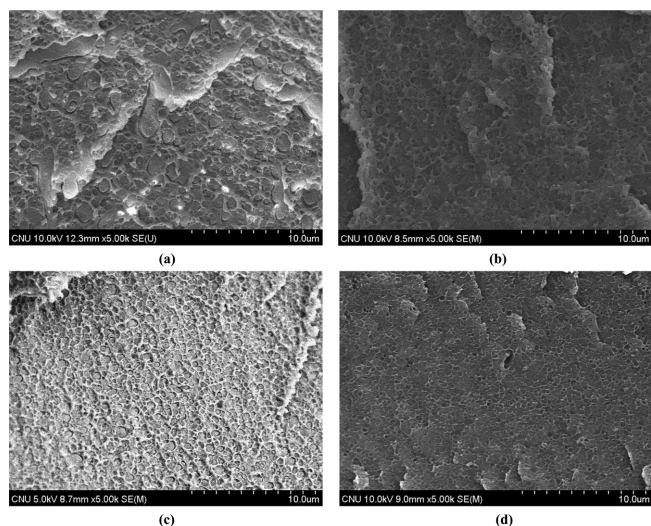


Fig. 3. SEM photographs of the PC/ABS blend with screw speed (processing time 10s); (a) 1000 rpm, (b) 1500 rpm, (c) 2000 rpm, (d) 3000 rpm.

직경이 $1\text{ }\mu\text{m}$ 이상인 큰 분산상을 가지며 비교적 균일한 크기로 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 500 rpm의 스크류 회전속도를 가한 블렌드의 분산상은 전체적인 크기가 많이 감소하지는 않았지만 크기가 작아진 분산상이 눈에 띄게 증가하여 불균일한 상을 가진다. 1000 rpm을 가한 블렌드는 분산상의 형태가 구에서 벗어나 약간의 타원형의 형태를 가지며 그 크기가 전체적으로 감소하였다. 스크류 회전속도를 2000 rpm과 3000 rpm으로 높인 경우, 분산상의 크기 분포가 비교적 균일하였고 3000 rpm에서는 약 300 nm 정도의 아주 작은 크기의 분산상을 가지는 것을 알 수 있다. Fig. 3은 전단부하시간을 10초로 고정하고 스크류 회전속도를 1000 rpm부터 3000 rpm까지 변화하여 관찰한 PC/ABS 블렌드의 모폴로지로서 전단부하시간을 20초로 고정한 Fig. 2의 모폴로지와 비교하여 전체적으로 더 큰 분산상을 가지는 것을 확인할 수 있다. 반면, 3000 rpm의 고전단을 10초간 준 블렌드 (d)의 모폴로지는 상대적으로 분산상이 더 작고 균일하게 보인다.

Fig. 4는 전단부하시간을 10초와 20초로 하였을 때 스크류 회전속

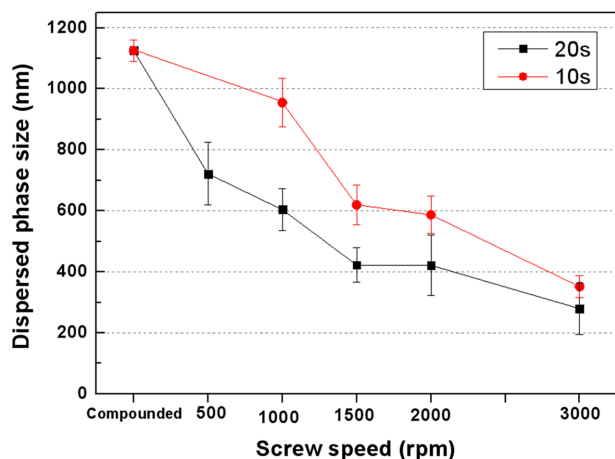


Fig. 4. Variation of dispersed phase size in the PC/ABS blend with screw speed for 10s and 20s of processing time.

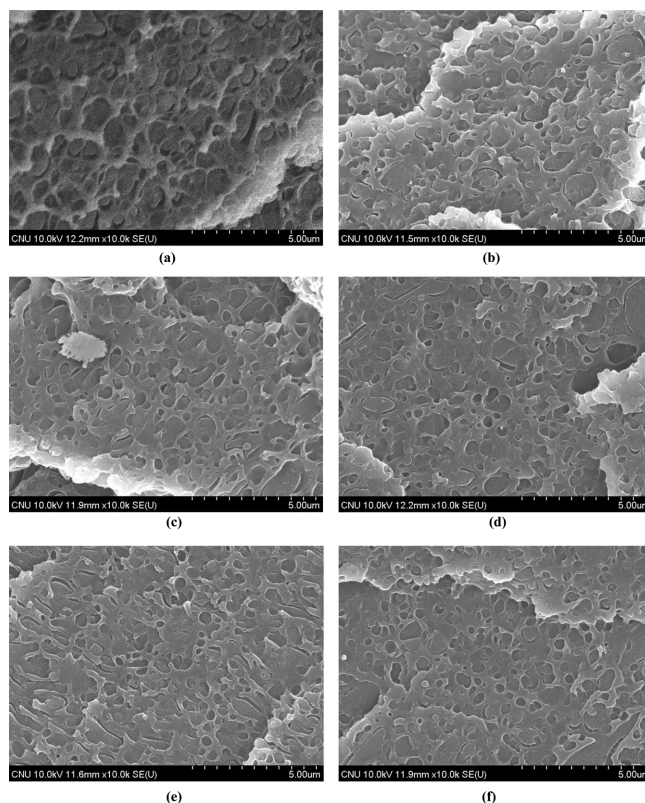


Fig. 5. SEM photographs of the PC/ABS blend with processing time (screw speed 1000 rpm); (a) 10s, (b) 15s, (c) 20s, (d) 25s, (e) 30s, (f) 40s.

도에 따른 분산상의 크기를 그래프로 나타낸 것이다. 두 전단부하시간 하에서 PC/ABS 블렌드 내 분산상은 스크류 회전속도의 증가에 따라 점차적으로 감소하는 경향성을 가지며 3000 rpm의 최대 스크류 회전속도에서 가장 작은 분산상을 가진다. 이것은 스크류 회전속도가 높아짐에 따라 전단응력을 더 높게 받기 때문이라고 사료되며, 특히, 3000 rpm에서 표면이 다른 조건의 블렌드에 비해 거칠어진 것을 보아 고전단에 의한 블렌드의 분해가 일부 일어난 것으로 사료된다.

Fig. 5는 스크류 회전속도를 1000 rpm으로 고정하고 고전단의 부하시간 범위를 10초부터 40초까지 증가시킴에 따른 분산상의 크기 변화를 나타낸 그림이다. 전단부하시간에 따른 분산상의 크기 변화는 전체적으로 스크류 회전속도에 따른 크기 변화의 경향성보다 덜 현저하나 고전단을 15초 동안 가한 블렌드의 경우, 전단부하시간이 10초인 블렌드와 비교하였을 때, 일부 분산상이 급격히 감소한 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 전단부하시간이 증가할수록 분산상이 점차적으로 감소하며 특히, 전단부하시간이 25초일 때 분산상의 크기가 가장 작으며 크기의 분포가 비교적 균일한 것을 확인할 수 있다. 이러한 경향성은 Fig. 6의 분산상의 크기 변화 그래프에서도 확인할 수 있다. 1000 rpm의 곡선에서 전단부하시간을 25초 이상 가한 블렌드는 분산상의 크기가 약간 증가하였는데, 이는 고전단 하에서의 전단부하시간의 증가로 인한 ABS 분산상의 응집현상이 일어났기 때문이라고 사료된다. 2000 rpm과 3000 rpm을 가한 블렌드에서도 전단부하시간에 따른 분산상 크기 감소 경향성을 볼 수 있으며 높은 스크류 회전속도에서 더 작은 분산상을 가진다.

결과적으로, 스크류 회전속도의 증가와 전단부하시간의 증가에 따른 블렌드의 분산상 크기의 감소 정도를 비교하였을 때, 1000 rpm에

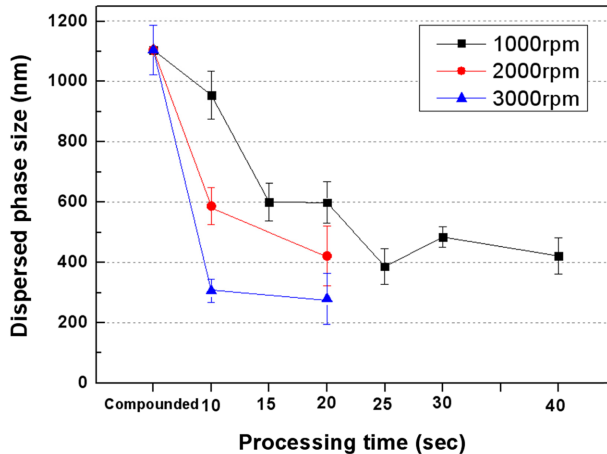


Fig. 6. Graph of dispersed phase size in the PC/ABS blend with processing time at 1000 rpm, 2000 rpm and 3000 rpm of screw speed.

서의 모든 전단부하시간에서 보다 2000 rpm 및 3000 rpm의 고전단을 준 시편이 더 작은 분산상을 가지는 것을 보아 스크류 회전속도가 PC/ABS 블렌드 내 분산상 크기 변화에 더 크게 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

3-3. 기계적 특성 분석

Fig. 7은 고전단을 1000 rpm부터 3000 rpm까지 20초 동안 가한 PC/ABS 블렌드의 스크류 회전속도에 따른 인장강도를 나타낸 그래프이다. 고전단을 가하지 않은 시편과 비교하였을 때, 1000 rpm을 가한 시편에서 강도가 크게 향상되어 최대물성을 가지며, 1500 rpm 이상의 스크류 회전속도에서는 감소하는 양상을 보인다. 이러한 물성의 감소는 고전단에 기인한 블렌드의 분해로 사료되나 고전단을 가하지 않은 시편에 비해서는 높은 강도를 가진다. Fig. 8은 Fig. 7과 같은 조건인 1000 rpm에서 3000 rpm까지의 고전단을 20초 동안 가한 PC/ABS 블렌드의 신율을 측정한 그래프로, 블렌드의 신율은 선형적으로 감소하는 경향성을 보이며 3000 rpm에서 최소값을 나타낸다. 이는 스크류 회전속도의 증가에 따라 PC/ABS 블렌드의 구성 성분 중 신율에 영향을 주는 ABS 상이 고전단에 기인한 열의 발생으로 분해되었기 때문으로 사료된다. 따라서, 본 연구의 범위 내에

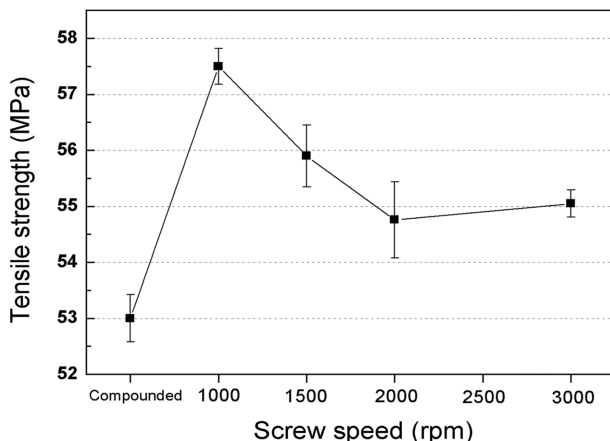


Fig. 7. Tensile strength of the PC/ABS blend with screw speed for (processing time 20s).

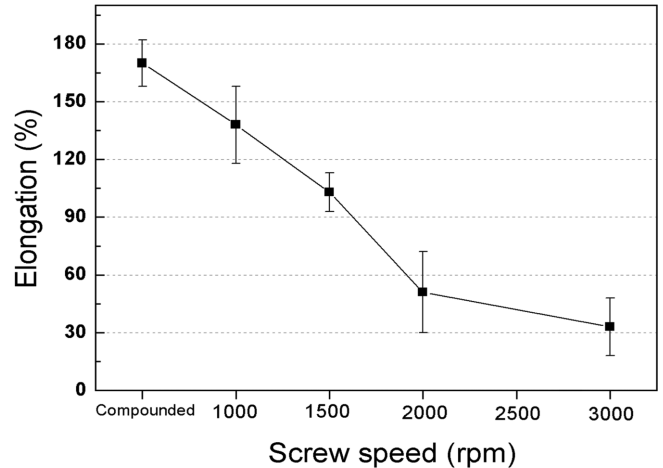


Fig. 8. Elongation of the PC/ABS blend with screw speed (processing time 20s).

서는 PC/ABS 블렌드의 고전단 성형시에는 최대인장강도와 비교적 좋은 신율을 나타내는 스크류 회전속도를 1000 rpm으로 정할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 PC/ABS 블렌드에 고전단을 가함으로써 발생하는 모폴로지의 변화와 이에 따른 블렌드 내의 분산상 크기를 명확하게 보기 위하여 ABS를 선택적으로 에칭하여 PC/ABS 블렌드 내 ABS 분산상의 크기를 좀 더 용이하게 측정할 수 있었다. PC/ABS 블렌드에 전단을 가하지 않은 경우, 크기가 약 1 μm 인 비교적 큰 분산상을 가지며 500 rpm에서 3000 rpm까지의 고전단을 20초 동안 가할 경우, 분산상이 점점 감소하는 경향성을 보여 상용성이 증가하였다는 것을 알 수 있다. 동일한 스크류 회전속도 조건에서 전단부하시간의 증가에 따라 분산상이 작아져서 상용성이 증가한 결과를 볼 수 있으나, 3000 rpm 하에서는 매우 높은 전단응력으로 인해 짧은 시간 내에도 분산상의 응집이 일어나므로 분산상의 크기가 약간 증가하였다. 전단부하시간과 스크류 회전속도의 두 변수를 비교하였을 때, PC/ABS 블렌드를 1000 rpm에서 40초 이상 가공하여도 2000 rpm 및 3000 rpm을 가한 블렌드 보다 분산상이 크게 나타나는데, 이를 통해 PC/ABS 블렌드의 분산상 크기는 전단부하시간보다는 스크류 회전속도에 더 큰 영향을 받는다고 할 수 있다.

스크류 회전속도의 증가에 따른 블렌드의 기계적 물성을 살펴본 결과, 1000 rpm의 스크류 회전속도에서 가장 높은 인장강도 값을 가지며 이는 고속전단에 의하여 블렌드의 혼련으로 인한 PC와 ABS 간 상용성의 증가에 기인한 것으로 사료된다. 반면, 신율은 고전단을 가하지 않은 블렌드에서 가장 높은 값을 보이며 스크류 회전속도에 따라 선형적으로 감소하는데, 이는 블렌드 내 신율 특성에 기인하는 ABS 상이 분해되어 나타난 현상으로 사료된다.

결과적으로, PC/ABS 블렌드의 고전단성형에서 안정한 상구조 및 우수한 인장강도와 신율을 가지는 최적조건은 약 1000 rpm의 스크류 회전속도로서 이때 기계적 물성 향상 및 상용성의 향상을 얻을 수 있으나, 1000 rpm 이상의 높은 스크류 회전속도 하에서는 블렌드의 분해가 심하게 일어날 수 있다.

감 사

이 논문은 2012년도 (주)현대 NGV의 재원으로 지원되어 수행된 연구입니다(2012-0488).

References

1. Utracki, L. A., "Polymer Alloys and Blends," *Handbook of Polym Sci and Technol.*, 121-201(1989).
2. Zuber, M., Tabasum, S., Hussain, R., Khan, M. B. and Bukhari, I. H., "Blends of Polyurethane-polymethyl Methacrylate/TiO₂-based Composites," *Korean J. Chem. Eng.*, **30**(8), 1652-1658(2013).
3. Huh, W. Y., Yun, D. G. and Song, K. C., "Preparation of Conductive Coating Solutions by Blending Waterborne Acrylic Polyurethane Dispersion with Carbon Nanotube," *Korean Chem. Eng. Res.*, **51**(1), 73-79(2013).
4. Cruz, C. A., Barlow, J. W. and Paul, D. R., "The Basis for Miscibility in Polyester-polycarbonate Blends," *Macromol.*, **12**(4), 726-731 (1979).
5. Favis, B. D. and Therrien, D., "Factors Influencing Structure Formation and Phase Size in an Immiscible Polymer Blend of Polycarbonate and Polypropylene Prepared by Twin-screw Extrusion," *Polym.*, **32**(8), 1474-1481(1991).
6. Khan, M. M. K., Liang, R. F., Gupta, R. K. and Agarwal, S., "Rheological and Mechanical Properties of ABS/PC Blends," *Korea-Australia Rheol. J.*, **17**(1), 1-7(2005).
7. Jan, R., Ralf, L., Wolfgang, G., Monika, L., Miroslav, S., Zdenek, K., Evgenyl, A. and Jiri, H., "Ternary PC/ABS/PMMA Blends - Morphology and Mechanical Properties Under Quasi-static Loading Conditions," *Polym.*, **57**(2), 87-94(2012).
8. Ibrahim, B. A. and Kadum, K. M., "Influence of Polymer Blending on Mechanical and Thermal Properties," *Mod. Appl. Sci.*, **4**(9), 157-161(2010).
9. Suarez, H., Barlow, J. W. and Paul, D. R., "Mechanical Properties of ABS/Polycarbonate Blends," *J. Appl. Polym. Sci.*, **29**(11), 3253-3259(1984).
10. Hong, J. H., Song, K. H., Lee, H. G., Han, M. S., Kim, Y. H. and Kim, W. N., "Morphological, Mechanical and Rheological Properties of Poly(acrylonitrile-butadiene-styrene)/polycarbonate/poly(ϵ -caprolactone) Ternary Blends," *Macromol. Res.*, **15**(6), 520-526 (2007).
11. Lombardo, B. S., Keskkula, H. K. and Paul, D. R., "Influence of ABS Type on Morphology and Mechanical Properties of PC/ABS Blends," *J. Appl. Polym. Sci.*, **54**(11), 1697-1720(1994).