

초미세 발포 플라스틱의 재생 후 강도변화에 대한 연구

성갑제(연세대 대학원 정보저장기기학과), 차성운(연세대 기계공학부),
윤재동(LG 생산기술원)

The Study for Impact Strength change of Microcellular foamed Recycled ABS

K. Sung (CISD., YSU), S. W. Cha (Mech. Eng. Dept., YSU), J. Yoon (LG PRC)

ABSTRACT

Microcellular foaming Process has several merits, impact strength elevation, thermal insulation, noise insulation, and raw material saving etc. This method make the glass transition temperature of polymers low, and diminish the residual stress of polymers. This characteristics of Microcellular foaming process influences the physical properties of recycled polymers. This paper describes about the impact strength change of Microcellular foamed recycled ABS.

Key Words : English Key Word: Times New Roman 9pt (한글 바탕체9pt), Carbon fiber (탄소섬유), Cutting force (절삭력), Carbon fiber (탄소섬유), Cutting force (절삭력)

1. 서론

고분자재료 제품은 현대 사회에서 가장 많이 사용되고 있는 재료중의 하나이며 지금도 그 사용량이 계속해서 증가하고 있다. 이렇듯 그 사용량이 증가하고 있는 것은 고분자재료만이 갖는 장점 즉 가볍고 가공이 용이하여 대량생산이 가능하다는 점 때문이다.

우리나라의 플라스틱 생산량은 미국, 일본, 독일에 이어 세계 제4위 생산국으로 플라스틱 원재료 소모량이 크다. 전 세계 플라스틱 소모량 1억2940만톤 중 미국에서 29%를, 일본이 11%를, 독일이 8%를, 그리고 우리나라는 전세계의 6%인 약8백만톤을 생산한다. 고갈자원이며 썩지 않아 폐기가 곤란한 오염자원임을 의식하여 점차 플라스틱의 재활용 비율을 높여가는 미국이나 일본은 플라스틱의 재활용비율이 현재 30%에 달하지만 우리나라의 경우엔 20%에 미치지 못하고 있는 실정이다.

이렇듯 그 사용량이 많으나 자원이 한정되어 있는 플라스틱의 소비를 감소시키기 위해 플라스틱 재료를 발포시켜 사용하는 방법 등이 쓰이는데, 고분자재료를 발포시킨다는 것은 재료비의 절감뿐만

아니라 단열성이 좋아지고 방음성이 좋아진다는 장점을 가지고 있어 이에 대한 연구가 계속 진행되고 있다. 그러나 현재의 발포 산업은 환경오염이나 기계적 특성들의 문제점들로 인해 사용범위의 한계가 있으며 새로운 발포 물질을 개발하여야 한다는 국면에 놓여있다.

초미세 발포 공법이 갖는 장점은 우선 제품 속에 공기를 넣는 것이기 때문에 단열 성능 및 방진 성능 그리고 전기적 성능이 좋아진다는 것이다. 또한 다른 발포 공법과는 다르게 환경에 유해한 물질을 사용하지 않고 환경 친화적인 가스(N₂ 등)를 사용하기 때문에 공기를 오염시키지 않는다. 게다가 발포된 제품의 표면 거칠기가 작아 코팅할 때나 그림을 입힐 때 그리고 글씨를 넣을 때 보다 개선된 성질을 갖게 된다. 고분자재료가 들어갈 자리에 공기가 들어감으로 제품의 무게가 가벼워지며 그로 인해 운반 및 취급이 용이하게 된다. 이렇듯 우수한 성질을 갖는 것은 기포의 크기가 매우 작아서 기계적 강도의 저하 없이도 수많은 기포가 들어갈 수 있기 때문이다.

미국 MIT에서 원천특허를 가지고 있는 초미세발포공법은 미국의 Trexel사에서 활발히 연구가 진행

되어 자동차 부품 및 프린터 부품등에 실제 기술이 적용되고 있으며, 현재 국내에서도 활발히 연구가 진행되고 있다. 하지만, 아직까지 초미세 발포 플라스틱의 재생 후의 물리적 특성에 대해서는 연구된 바 없으며, 이렇게 검증되지 않은 관계로 현재 업계에서는 초미세 발포 플라스틱의 재생 시에는 초미세 발포 플라스틱을 재생한 수지만은 단독으로 사용하지 않고 있으며, 일반 수지와 함께 섞어서 사용하고 있는 실정이다. 또 현재로서는 초미세 발포 공법 적용시에는 재생수지를 사용하지 않고 처너수지만 사출하고 있는 실정이다.

본 논문은 초미세 발포 플라스틱을 재생한 후의 특성을 발포율 별로 충격강도를 평가하고 그 결과를 분석하였다.

2. 이론

2.1 초미세발포 플라스틱

초미세 발포 공법은 사출기의 계량시 고압의 가스를 주입하여 용융플라스틱으로 가스가 녹아 들게 함으로써 가스와 플라스틱을 단일 Phase 상태로 만든 후 금형으로 주입하여 금형내부에서 플라스틱에 녹아들었던 가스가 발포되게 하는 공법이다.

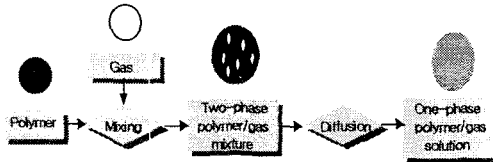


Fig 1. Polymer-Gas One-Phase formation

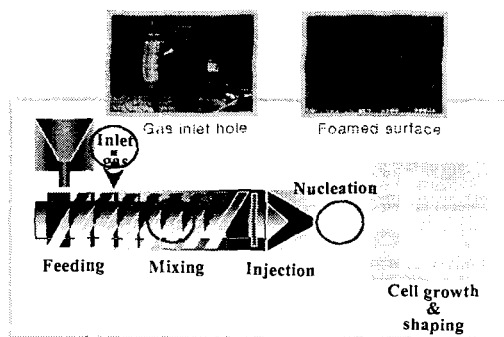


Fig. 2 Microcellular foaming injection process

초미세 발포 플라스틱은 플라스틱 내부의 셀을 얼마나 작고 고르게 분포시키느냐가 플라스틱의 강도를 결정하게 되는데, 셀의 작용으로 인해 일반 플라

스틱보다 충격강도의 경우엔 최대 3-4배 까지도 높아진다는 연구결과가 발표된 바 있다. 그밖에도 초미세 발포 플라스틱 내부의 셀은 제품비 절감과 뛰어난 단열 성능, 절연 성능, 방음 성능, 충격 흡수력, 플라스틱의 굴곡강도, 단열성, 소음차단성 등을 높이는 역할을 한다.

가스가 용해된 플라스틱은 플라스틱의 유리전이 온도가 낮아지게 되어 초미세 발포 공법을 적용하는 사출기는 성형온도를 낮출 수가 있으며, 따라서 열로 인한 수지의 분자결합의 파괴가 적어지게 된다. 일반 사출공법은 금형 내부로 용융 플라스틱을 완전히 충전시키기 위하여 금형에 플라스틱 주입 시 노즐에서 밀어주는 힘으로 꼭꼭 눌러주는 방법으로 플라스틱 제품의 성형 후에 잔류응력이 커지는 단점이 있으나, 초미세 발포 공법은 금형내부에 단일 Phase 상태의 용융수지를 주입시킨 후에 금형 안에서 단일 Phase 용융수지가 발포가 되면서 금형을 채워나가게 되는 방법이므로 플라스틱 제품에 남는 잔류응력이 적어지게 된다.

2.2 플라스틱 수지의 재생

플라스틱 수지를 재생함은 일반적으로 재생 횟수가 증가함에 따라 물리적 강도가 떨어지게 되는데, 이는 플라스틱 성형 시에 열을 가한 용융단계를 거치기 때문에 열로 인해 수지의 분자결합력이 파괴되어감에 따른다. 또 일반 플라스틱 사출시에 발생하는 잔류응력도 재생시에 수지의 품질을 악화시키는 원인이 되며, 시간이 지남에 따라 햇빛과 공기로 인한 플라스틱 수지의 광분해도 원인이 된다.

3. 실험

3.1 실험조건

실험은 ABS수지를 이용하였으며, LG 75톤 사출기를 이용하여 실행되었다. 시편은 12.8mm×3.3mm×60mm크기의 시편을 사출하여 노치를 준 후 충격강도 테스트를 실시하였다.

사출기의 사출조건은 노즐로부터의 히터 온도가 차례대로 190℃, 200℃, 200℃, 195℃였으며, 금형온도는 50℃로 일정하게 유지시켰다. 금형 내 충전시간은 20초로 하였으며, 보압은 따로 주지 않았고 발포성형 시에는 금형 내부에서 플라스틱의 발포로 인하여 추가적인 보압이 걸리는 것을 최소화하여 각 발포율별 시편의 성형조건이 균등하도록 발포율에 따라 비례적으로 계량량을 조절하여 줄여가며 성형시켰다.

재생은 약 5mm 큐빅 크기로 분쇄시키는 방법을 이용하였으며 빛이나 공기중에 방치됨에 의한 재생 수지의 손상을 최소화하도록 일주일만에 모든 재생 후 실험을 마쳤다. 재생수지는 일차사출이었던 일반사출에서 사출된 수지를 다시 분쇄시켜 이용하였다.

실험은 먼저, 일반 ABS수지를 발포율별로 사출하는 실험과 이를 재생한 후의 ABS재생수지를 마찬가지로 발포율별로 사출하는 두 가지 실험을 실시하였다. 발포율 0%, 즉 발포시키지 않고 일반사출한 시편은 일반 ABS수지와 재생 ABS수지 각각 5개의 시편을 사출하여 충격강도 값을 평가하였다. 발포율별 실험을 위하여서는 계량량을 조금씩 줄여가면서 발포율별로 일반 ABS수지와 재생 ABS수지 각각 15개의 시편을 사출하여 충격강도 값을 평가하였다.

3.2 충격강도 측정

충격강도의 측정은 IZOD 충격실험기로 측정하였다. 시험편의 한쪽 끝을 시험편 지지대에 수직방향으로 고정시키고 노치가 있는 면의 위쪽 22mm되는 위치는 해머로 충격하여 파단시켜 휴누에너지를 구하는 시험이다. 측정은 발포되지 않은 시편을 일반수지와 재생수지 각각 5개씩 사출하여 충격강도를 평가하였으며, 발포율별로 일반수지와 재생수지 각각 15개의 시편을 사출하여 충격강도를 평가하였다.

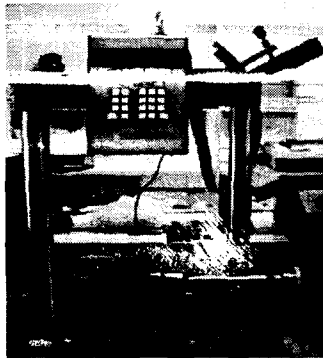


Fig. 3 IZOD Impact Test

3. 실험결과

아래 Fig. 3은 일반치너수지와 재생수지를 각각 일반사출한 것이다. 5개의 측정값을 Fig. 4처럼 그래프화 하였으며 각각 5개의 측정값의 평균은 일반수지가 15.2kgcm/cm 이며, 재생수지가 18.0kgcm/cm이

다

Fig. 4는 발포율별로 일반수지와 재생수지의 각각의 충격강도값을 그래프화 한 것이다.

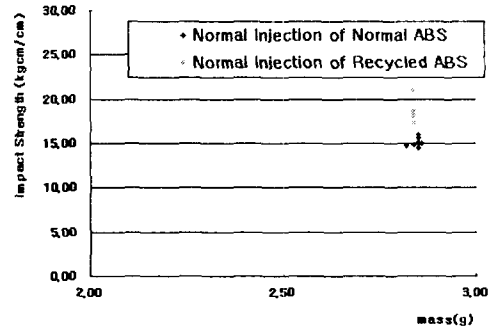


Fig. 4 Impact test of virgin resin

발포율 0%는 일반사출한 것을 의미하며 위의 Fig. 3의 데이터인 것이다. 발포율은 정확한 한 발포율 포인트를 맞추기 어려운 관계로 각 포인트들은 모두 랜덤하며, 20%까지 각 15개의 시편들이 가지는 충격강도값을 표시하였다.

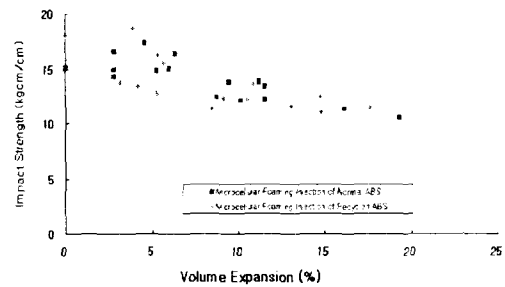


Fig. 5 Impact test by foaming rate

4. 결론

Fig. 4는 일반수지 보다 재생수지가 충격강도값이 더 좋게 나오는 결과를 보인다. 일차재생의 경우 종종 생길수 있는 수지혼합상의 문제인데, 공장에서 출하되는 수지의 혼합이 충분히 이루어지지 않을 경우 수지의 일차재생시의 경우에는 혼합이 충분히 이루어짐으로 인해 강도값이 더 좋게 나올 수도 있다. 차기 진행되는 연구에서는 일차재생수지와 2-3차 재생수지를 비교하는 연구를 수행토록 할 것이다.

Fig. 5에서는 일반수지와 재생수지의 충격강도값을 발포율별로 비교하고 있는데, 발포율 5% 부근을 살펴보면 발포되지 않은 일반사출한 시편의 충격강도값보다 높게 나오는 것을 알 수 있다. 하지만 5% 부근에서는 충격강도 값의 편차가 몹시 심한데, 이

는 셀의 수가 적음으로 인해 시편 전체로 셀의 분포가 고르지 못하기 때문이며, 발포율이 높아질수록 셀이 시편 전체에 고루 분포되어 충격강도값이 하나의 궤적을 따라 분포됨을 알 수 있다.

Fig. 5를 보면 일반수지의 경우나 재생수지의 경우 모두 충격강도 값이 비슷함을 알 수 있으며 발포율 10%의 경우와 발포율 20%의 경우를 살펴보면 약 같은 충격강도 값이 떨어지긴 하나 대체적으로 비슷한 강도를 가진다고 할 수 있다. 이는 수지자체의 강도에서 셀이 충격흡수의 역할을 하는 강도의 비중이 높아지기 때문이다.

위의 일반수지와 재생수지를 비교해 볼 때, 10%에서 20% 사이의 중량비 초미세 발포의 경우 일반수지와 재생수지의 경우 비슷한 충격강도를 가짐을 알 수 있다. 현재 초미세 발포 플라스틱 공법이 적용된 수지의 재생시에는 대부분 일반 치너수지와 섞어서 사용하고 있는데 굳이 그런 과정을 거치지 않아도 충분할 것이다.

참고문헌

1. 황윤동, 차성운, "초미세 발포 플라스틱의 유리전이온도를 변화시키는 가스 용해량의 영향," 대한기계학회 논문집, A권, 제25권, 제5호, p816-822, 2001
2. 윤재동, "가스의 용해량에 따른 고분자의 유리전이 온도 및 점도," 연세대학교 대학원 기계공학과 석사학위논문, 1999
3. Denis Weaire and Stefan Hutzler, "The Physics of Foams," Oxford University Press, 1999
4. F.A. Waldman, "The Processing of Microcellular Foams," S.M. Thesis in Mechanical Engineering, MIT, 1982
5. 조용직, "사출성형과 금형설계기술," 기전연구사, 2000, pp. 13-72