

초미세발포공정을 이용한 백 라이트 유닛용 확산시트 개발 Development of Back Light Unit Diffusion Sheet Using Microcellular Foaming Process

*전병주¹, #차성운², 이경수³

*B. J. Jeon¹, #S. W. Cha(swcha@yonsei.ac.kr²), K. S. Lee³

¹연세대학교 기계공학과, ²연세대학교 기계공학부, ³연세대학교 기계공학과

Key words : Back Light Unit, Diffusion Sheet, Microcellular Foaming Process

1. 서론

액정디스플레이 장치는 현재 디스플레이 분야에서 가장 높은 시장 점유율을 차지하고 있다. 액정디스플레이는 소형화 및 초박형화가 가능하고 소비전력이 적으면서도 고선명의 화질을 구현할 수 있어서, 각종 휴대용 화상표시장치 또는 고정식 화상표시장치의 디스플레이로 각광받고 있다. 하지만, 액정을 이용한 디스플레이 방식은 액정 자체가 발광성을 지니고 있지 못하여서, 디스플레이 화면의 밝기를 향상시키기 위해 추가적인 발광장치가 필요하다. 액정디스플레이의 조도를 증가시키기 위하여 반사판 및 광확산판과 같은 여러 광학시트들이 개발되어 이용되고 있다. 이중 광확산판은 일반적으로 빛을 균일하게 확산시키기 위해 광확산시트 내부에 광확산용 입상체를 분포시키는 기술을 주로 이용하고 있다. 그러나 이러한 기존의 광확산판을 제작하는 기술은 밀도가 큰 무기계 입상체를 사용함으로써 인해 대형화 되고 있는 디스플레이의 중량 증가 및 제작비용의 증가라는 문제점을 야기 시키고 있다.

본 논문에서는 광확산시트에 초미세 발포 공법을 이용하여 무기계 입자 대신 내부 기공이 광확산제 역할을 하도록 하였다. 초미세 발포 공법은 1970년대 MIT에서 개발되었으며, 이는 고분자 재료를 절약할 수 있는 혁신적인 방법이었다. 기존에 사용되던 고분자 발포 공법은 고분자 내부에 100 μm 이상의 기포를 함유하고 있기 때문에, 기계적 물성이 크게 떨어지게 되는 취약한 문제를 지니고 있었다. 또한 발포에 사용되던 프레온, 부탄가스등이 환경 규제 대상이 되면서 그 사용이 점차 제약을 받게 되었다. 이에 반하여 초미세 발포 공법은 질소와 이산화탄소 같은 불활성 가스를 사용하기 때문에 친환경적인 발포공법이며, 더욱이 고분자 내부에 10 μm이하의 미세한 기포를 형성하기 때문에 기계적 강도 저하를 최소화 할 수 있는 장점을 지니고 있다. 또한 기존 발포 공법이 지니고 있는 단열 성능 향상, 방음 성능 향상, 재료비 절감 등의 장점 역시 가지고 있기 때문에 새로운 대안으로 주목 받고 있다. 현재 액정 디스플레이의 발광장치로 사용되고 있는 반사판 부품 중 가장 높은 성능을 나타내고 있는 것은 PET 재료에 초미세 발포 공법을 적용하여 제작한 MCPET이다. MCPET의 경우 PET 내부에 형성시킨 무수히 많은 기공이 반사체의 역할을 하고 있기 때문에, 타 공법을 이용한 반사판보다 높은 광 확산 반사 성능을 지니고 있다.

본 연구에서는 투과율 및 확산율이 높은 광확산 시트를 개발하기 위하여 광학시트 내부에 존재하는 기공의 크기 및 분포의 제어를 기존의 발포 방식과는 다르게 바꾸어 주었으며, 이를 통하여 고성능 광확산시트의 개발의 가능성을 살펴볼 수 있었다.

2. 초미세 발포 공법

다음의 Fig. 1은 현재 사용하고 있는 초미세 발포 일괄 처리 공정의 전체적인 계략도를 간략하게 그림으로 나타낸 것이다.

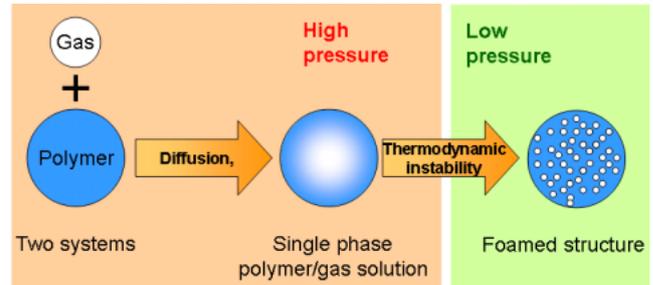


Fig. 1 Schematic diagram of the morphological change of polymer/gas systems in overall microcellular foaming process

초미세 발포의 원리는 플라스틱 재료 내부에 초임계상태의 고압-저온의 가스를 용해시키는 포화 공정과 용해를 통하여 하나의 상으로 형성된 고분자와 가스 솔루션에서 기공을 형성시키는 발포 공정 둘로 나눌 수가 있다. 고분자 내부에 가스가 용해되는 포화 공정은 고압력 용기 내부에서 기체의 확산에 의하여 하나의 상으로 고분자 내부에 가스가 용해되며, 고분자 내부에 기공을 형성시키는 포화 공정은 압력을 낮추거나 온도를 높여 열역학적 불안정 상태를 유발시킴으로써 용해도 차이를 유발시킴으로 이루어진다. 급격한 용해도의 차이는 열역학적으로 불안정하게 만들며, 열역학적 불안정성에 의해 플라스틱 내부에 기포가 생성되도록 하는 것이다. 이런 원리에 의해 만들어진 초미세 발포 플라스틱(MCPs)은 재료 내부에 10 μm 이하의 미세기포(micro-cells)를 가지게 된다.

일반적인 일괄 처리 공정의 경우 고압력 용기 내부에서 초임계 상태의 가스를 포화 시켜 준 후 포화 된 시편을 가열하여 줌으로써 발포 공정이 이루어지게 된다. 이때 포화 된 시편을 가열하는 방법에 여러 가지가 존재할 수 있으며, 이는 추 후 제품의 생산 후 제품의 특성 및 품질에 영향을 줄 수 있는 중요한 공정 중 하나가 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 발포 방식에 따라 초미세 발포 공정에 대하여 살펴 보고자 한다.

3. 실험

포화 및 발포 조건에 따라 광투과성과 광확산성이 어떠한 식으로 변화하는지 알아보기 위한 실험을 진행하였다. Table 1은 본 연구에서 진행한 실험 조건이다. 이때 광학시트로는 0.8mm aPET를 이용하였으며 포화 가스로는 이산화탄소를 이용하였다.

Table 1 Experiment conditions

Level	Saturation time (hour)	Saturation Pressure (MPa)	Foaming Temperature (°C)
1	1	4	35
2	3	6	40
3	5	8	45

Fig. 2는 본 실험에서 실시한 일괄 처리 공정의 포화 공정을 위한 실험 장비를 보여주는 것이다. 포화를 위한 실험 장비는 가스 공급 시스템과 고압력 용기로 나눌 수 있다. 초임계 가스를 만들어 주기 위하여, 가스통에서 나오는

가스를 압축시켜 고압력 용기에 공급하여 주는 가스 공급부가 존재하고, 온도를 조절하여 줄 수 있는 고압력 용기부가 존재한다.

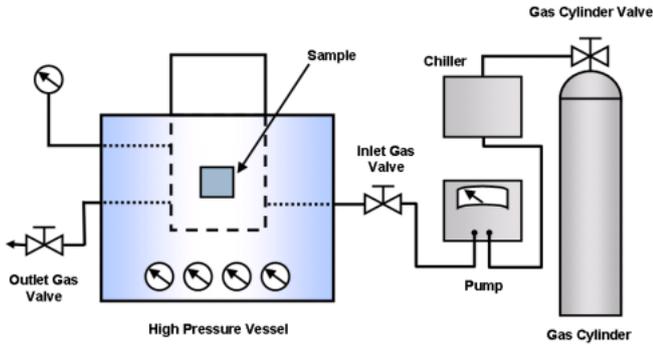


Fig. 2 Schematic diagram of microcellular batch process

시편의 제작 후 SEM 이미지 및 분광 색차계를 통하여 그 결과를 비교하여 보았다.

4. 결론

Fig. 3 은 6MPa, 와 8MPa 5 시간 포화 시킨 후 각각 35°C, 40°C, 45°C에서 발포 시킨 시편의 SEM 이미지이다. 시편 단면에서 기공이 표면 쪽에만 존재하는 다층 구조를 지니고 있음을 확인할 수 있다.

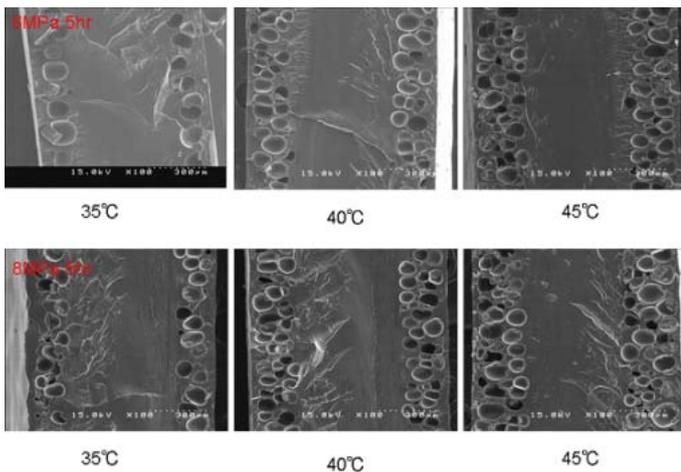


Fig. 3 SEM Image of (a) Saturation Pressure : 6MPa, 5hr and (b) Saturation Pressure : 8MPa, 5hr at Foaming Temperature : 35°C, 40°C, 45°C

Table 2 는 시편의 투과량과 확산도 값을 측정하여 놓은 것이다.

Table 2 Transmittance and haze of samples

Sample name	Transmittance	Haze
Standard	45	99.6
6MPa5H35	81	47.76
6MPa5H40	75	69.56
6MPa5H45	64	93.48
8MPa3H45	42	99.22
8MPa5H40	37	99.66
8MPa5H45	34	99.68

4Mpa 결과 값의 경우 내부에 기공이 거의 형성되지 못하여 확산시트로 사용하기의 부적절할 것으로 보여 실험 결과에서 제외 시켰다. 하지만 6MPa 과 8MPa 에서 포화시

킨 시편의 경우 그 결과가 기존에 사용 중인 제품 (standard) 결과와 유사한 성능을 보임을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 액정 디스플레이 백라이트 유닛에 사용되는 광확산판을 초미세 발포 공정을 이용하여 제작하기 위한 기본 연구를 수행하였다. 이를 통하여 광확산판을 제작하기 위한 기본 성형 조건 및 내부 기공의 구조를 확인할 수 있었고, 실제 사용하고 있는 제품과 유사한 성능을 지니고 있는 확산판의 제작이 가능하였다. 초미세 발포 공정을 이용하여 확산판을 제작할 경우, 내부에 밀도가 높은 무기 입자 대신에 기공을 사용하기 때문에 대형화 되었을 시 그 중량 및 가격 측면에 장점을 지니고 있다.

본 연구를 통하여 도출된 결과를 실제 제품에 적용하기 위해서는 양산 가능한 시스템의 설계 및 제작이 필요할 것으로 보이며, 추 후 이에 관련된 연구가 필요할 것으로 보인다.

후기

본 연구는 ‘서울시 산학연 협력사업(11101M0212352)’의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Sung W. Cha, "A Microcellular Foaming/Forming Process Performed at Ambient Temperature and a Super Microcellular Foaming Process," Ph. D. Thesis in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1994.
2. J. S. Colton., N. P. Suh., "The nucleation of microcellular thermoplastic foam with additives: Part I: Theoretical considerations," Polymer Engineering & Science, 7, 485-492, 1987.
3. J. S. Colton., N. P. Suh., "The nucleation of microcellular thermoplastic foam with additives: Part II: Experimental results and discussion," Polymer Engineering & Science, 7, 493-499, 1987.
4. Chul B. Pak, "The Role of Polymer/Gas Solution in Continuous Processing of Microcellular Polymer," Ph. D. Thesis in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1993.