

Cell Layer의 Reflection 패턴 연구

A Study on Reflection Patten of Cell Layer

*안정훈¹, #차성운²

*J. H. Ahn¹, #S. W. Cha(swcha@yonsei.ac.kr)²

¹ 연세대학교 기계공학과, ²연세대학교 기계공학부

Key words : Cell Layer, Reflection, Diffusion, MCPs, Micro Cell, Polymer Sheet

1. Introduction

현재 에너지 효율 증대를 위하여 다양한 형태의 반사판이 여러 제품에 걸쳐 적용되고 있다. 형광등 배면의 크롬도금 반사판과 같이, 입사된 빛이 주로 경면 반사가 되는 반사판이 있는가 하면, Liquid Crystal Display의 뒷면에 부착되는 Back Light Unit의 반사판과 같이 입사된 빛이 주로 확산 반사가 되는 반사판이 사용되고 있다.

경면반사율을 높이기 위해서 크롬(고효율 반사 갖), 은(거울) 등의 금속성 물질을 코팅하여 반사판을 제작 하게 된다. 하지만 확산 반사율을 높이기 위해서는 반사판 내부의 미세한 반사체의 크기와 양을 조절하여, 확산반사율을 높이게 된다. 이러한 확산반사판을 제작하기 위해서, TiO₂ 등을 Polymer의 성형 시에 첨가하여, 확산반사판을 제작하게 된다. 최근에는 반사판의 제작비용절감과 무게절감을 위해서, Microcellular Foamed Polymer Sheet를 이용하여 확산 반사판을 제작하고 있다. (Furugawa社의 MCPET)

Microcellular Foamed Polymer Sheet를 이용하여 제작된 반사판은 현재 빛 확산능력이 가장 뛰어난 뿐만 아니라, 반사율이 타제품보다 높기 때문에 다양한 용도로 사용되고 있다.

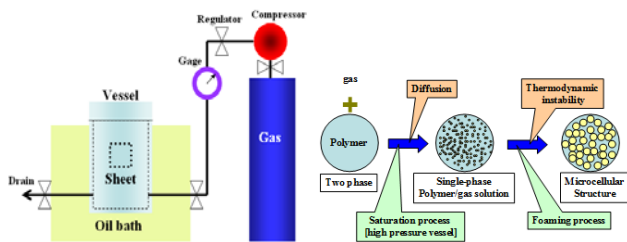


Fig. 1 Batch Process and Foaming Principle

Microcellular Foamed Polymer Sheet는 다음과 같은 일련의 과정을 거쳐서 제작되게 된다. Fig. 1의 왼쪽과 같이 고압용기에 Polymer Sheet를 넣고 Gas를 Saturation 시키면, 오른쪽 그림과 같이 Polymer내에 Gas가 용해된 한 가지 상으로 되게 된다. 이때 Polymer 내부에 핵이 형성되게 되고, 이 형성된 핵은 고압용기의 압력을 낮춰주고, Polymer Sheet에 열을 가하여 주면 열역학적불안정성이 유도되면서 Polymer의 Gas용해도가 낮아지면서 Cell이 성장되어 Microcellular Foamed Polymer Sheet가 제작된다.

이렇게 제작된 Microcellular Foamed Polymer Sheet는 내부의 수 Micro size의 Cell들이 반사체역할을 하여 Fig. 2와 같이 확산반사(난반사)를 일으키게 된다.

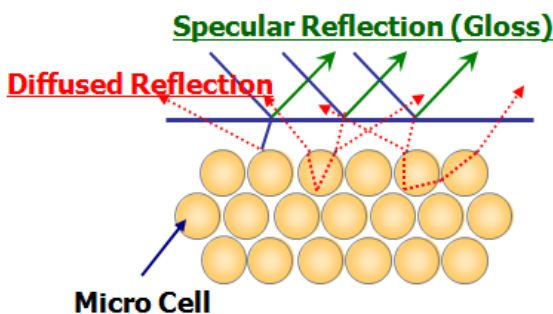


Fig. 2 Reflection

본 논문에서는 이렇게 일정 형상으로 생성된 Cell Layer에서 입사된 빛이 어떠한 양상을 보이며, 반사되고 투과되는지를 Modeling 해보고, 실제 실험결과와 비교하여볼 것이다.

2. Modeling

2. 1. Modeling Condition

Modeling Condition은 다음 표와 같이 설정하여 주었다.

Table 1 Modeling Condition

재료	r	n ₁	n ₂	투과율
PC	1	1.586	1.00029	0.875

재료는 PC로 선정하였다(n₁=1.586, 투과율=0.875) Cell의 Radius는 1로 설정하였다. 그리고 공기의 굴절율 n₂=1.00029로 설정하여 모델링을 수행하였다.

2. 2. Modeling Assumption

Cell들은 중심거리가 서로 2r로 빈틈없이 이어져 생성되어 있다고 가정하였으며, 빛은 가운데 위치한 Cell에만 평행광선으로 입사하는 것으로 가정하였다. 빛은 중심에서 d=0.025간격으로 떨어져서 총 81개의 광선이 들어오는 것으로 계산하였다.

입사된 빛은 스넬의 굴절의 법칙과 반사 법칙을 따르며, 최초로 빛이 입사된 Cell로부터 두 번째까지 만 영향을 끼친다고 가정하였다. 또한 입사된 빛은 총 3번까지 반사를 할 수 있으며, 3번 반사 후에는 굴절만 되는 것으로 가정하여 계산하였다.

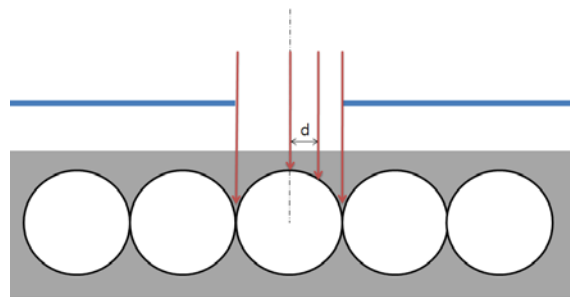


Fig. 3 Modeling Assumption

위의 Fig.3을 한 단위로 하여, Microcellular Foamed Polymer Sheet 표면 전체의 반사 양상을 유추할 수 있으며, 2nd, 3rd, ...의 Layer에서는 다시 평행광선으로 빛이 입사된다고 하여 다층 Layer Modeling을 수행하였다.

3. Results

1st Cell Layer의 Reflection Modeling 결과를 살펴보면 다음과 같다. 결과적으로, 투과율이 0.875이었던 PC가 발포가 되면서 Cell Layer 한 층당 투과율이 0.688로 줄어들면서, 반사율이 0.312로 기존 PC의 반사율인 0.125에 비해 약 1.488배 증가했음을 알 수 있다. 이는 Cell 층이 누적됨에 따라 더욱 반사율을 높일 수 있음을 의미한다.

또한 경면 반사를 제외한 확산반사 양만을 구해보면, 0.310으로 Cell layer 한층만 있더라도, 총 반사되는 양의 99.359%를 확산 반사로 얻을 수 있음을 알 수 있다.

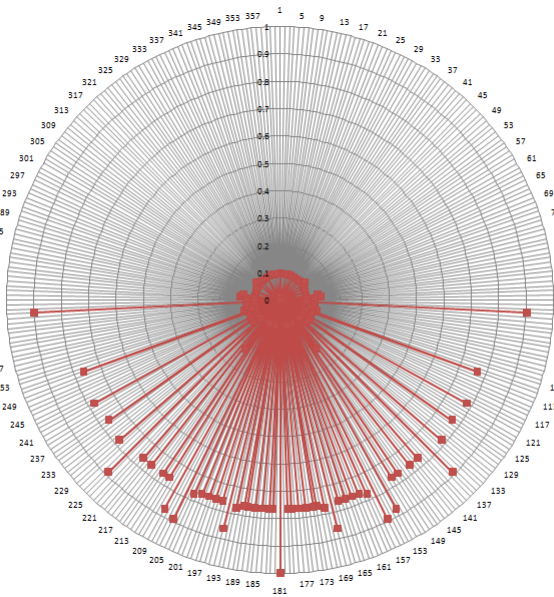


Fig. 4 Reflection(Single Cell)

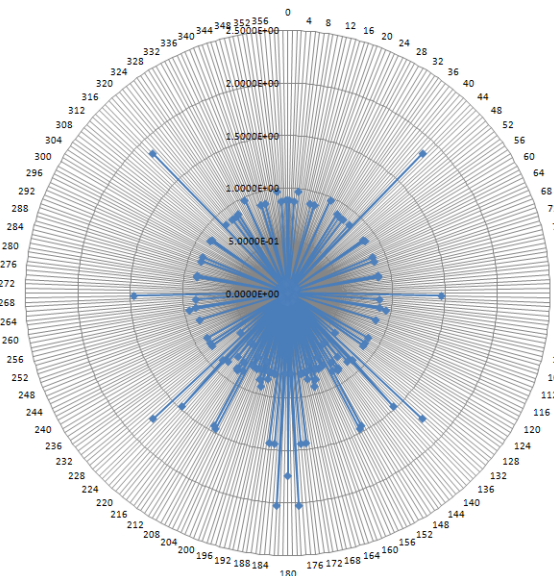


Fig. 5 Reflection(Unit Single Layer)

4. Conclusions

모델링한 결과를 바탕으로 계산하여보면, 한 층당 반사율이 0.312 이므로, 누적된 Cell Layer에 대해서 계산하여 보면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

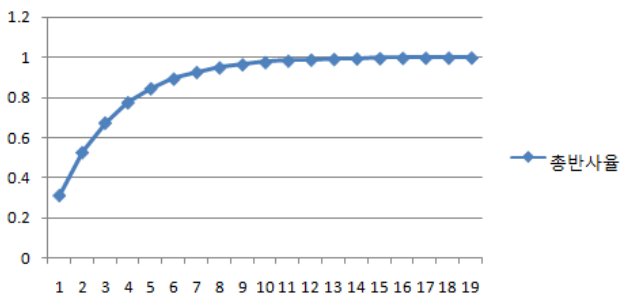


Fig. 5 Reflection(Multi Layer)

가로축은 Cell Layer의 수를 의미하며 세로축은 총 반사율을 의미한다. Modeling 결과에 의하면, 12층 이상이면 99% 이상의 반사판을 제작할 수 있으며, 그 이상의 Cell Layer 형성은 반사율에

크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

이 높은 반사율을 얻기 위해서, 무한정 두꺼운 Microcellular Foamed Polymer Sheet를 사용하지 않아도 될 뿐만 아니라, Fully Saturation 시키지 않더라도, 원하는 반사율을 가지는 반사판을 제작할 수 있음을 간접적으로 알 수 있다.

추후, 본 연구에서 간단한 Modeling 결과를 위해 가정 하였던 사항들을 배제하지 않은 Modeling이 필요할 것이며, 다양한 수지의 Microcellular Foamed Polymer Sheet의 제작을 통해 Cell의 형상과 크기, 배열에 따른 다양한 반사 패턴에 관하여 Modeling결과와 비교연구가 필요하다.

후기

본 연구는 한국학술진흥재단 이공분야기초연구 사업 (2009-0077300)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Sung Woon Cha, "A Microcellular Foaming / Forming Process Performed at Ambient temperature and a Super-Microcellular Foaming Process.", Ph. D. Thesis in Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology Cambridge MA, 1994
2. Chul Bum Park, "The Role of Polymer/gas Solution in Continuous Processing of Microcellular polymers.", Ph. D. Thesis in Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology Cambridge MA, 1993
3. Sung Woon Cha and Nam Pyo Suh, Chul Bum Park and Daniel, F. Baldwin, U.S. Patent 5,158,986, 1992
4. Steven C. Chapra, Raymond P. Canale, "Numerical Methods for Engineers (Fifth Edition)", Mc Graw Hill, ISBN 007-124429-8, 2006
5. Paul G. Hewitt, "Conceptual Physics(3rd Edition)", Addison-Wesley, ISBN 0-201-30605-0, 1997
6. J.H. Ahn, S.W. Cha, "Anisometric Cell Morphology in Microcellular Foamed Plastics : Triple Layer in a Polymer Sheet", 2008 KSPE 춘계학술대회 논문집, 2008