

고분자 연신필름의 특성 및 공정특성에 관한 고찰 Material and Process Characteristics of the Stretched Film

*#김명호^{1,2}, 최선웅^{1,2}, 유영은³, 최두선³, 남중현¹

*#M.H. Kim(mhkim@hnu.kr)^{1,2}, S.W. Choi^{1,2}, Y.E. Yu³, D.S. Choi³, J.H. Nam¹

¹한남대학교 신소재공학과, ²한남대학교 생산혁신기술연구소 ³한국기계연구원 나노공정연구소

Key words : solid state orientation, biaxial orientation, film stretching, property-structure-processing relationship

1. 서론

고분자 연신 필름은 포장재, 산업자재, 위생용품의 원자재 등에 이용되고 있으며, 관련 설비의 개발 및 기술의 발전이 이루어져 왔다. 최근 고기능성 광학용 필름의 폭발적인 성장으로 종래의 연구되어 왔던 수준보다 한 차원 높은 설비 및 가공기술을 요구하는 상황이다. 이들 설비 및 가공 기술은 꾸준한 연구개발을 수행해 왔던 일본 업체의 독무대로 2010년 현재 국내 산업 수요의 50% 이상의 필름 제품을 일본에서 수입하고 있는 현황이다.

광학용 필름의 제조 공정은 (1) 원료를 용융, 혼련, 가압하는 압출공정 (extrusion), (2) 가압된 원료를 Flat film die를 사용하여 폭 방향으로 분배하는 공정 (die forming, film/sheeting), (3) 필름을 고형 상태에서 가열하여 연신시키는 연신공정 (solid state orientation), (4) 제조된 필름 위에 기능성 코팅막을 형성시키는 코팅 공정 (coatings) 등의 단위 공정으로 나뉘며 Fig 1에 전체적인 개념을 도시하였다.

본 연구는 고분자 필름의 생산에 필요한 생산기술의 일환인 연신 공정의 연구와 연신 공정에 의해 가공된 필름의 물성을 평가하는 방법론 개발을

그 핵심 내용으로 하고 있다.

2. 연신공정 (solid state orientation)

고분자 필름의 연신은 기계적 물성 향상 및 광학적 특성 향상을 위해 포장재 및 산업재 분야에서 활발한 연구가 진행되어 왔던 분야이다. 연신공정은 압출기에 연결되어 최종 토출물의 형상을 결정하는 다이의 형상과 형상이 결정된 이후의 연신형태에 따라 Fig 2에 나타난 바와 필름, 시트, 파이프, 프로파일, 파이프 등 다양한 형태의 공정 적용이 가능하다. 기본적으로 모든 연신 공정은 기계방향 (Machine direction)과 법선방향 (Transverse direction)의 두 축방향의 연신을 기본으로 하며 연신이 이루어지게 되는데 연신방향 이외에도 연신되는 기재의 법선단면이 자유롭게 수축하는 조건과 수축하지 못하도록 제한되는 조건에 의해서도 그 공정이 크게 다르게 나타난다. Fig. 3에 연신방향과 제한 조건이 다른 네 가지 경우의 필름연신 공정을 모식적으로 도시하였다.

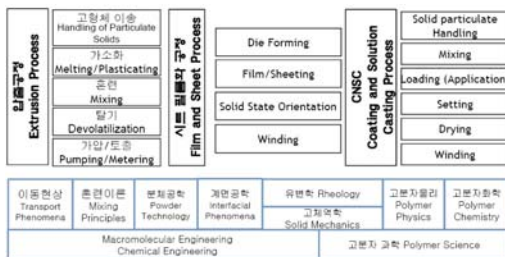


Fig 1 Unit operation in display film manufacturing process

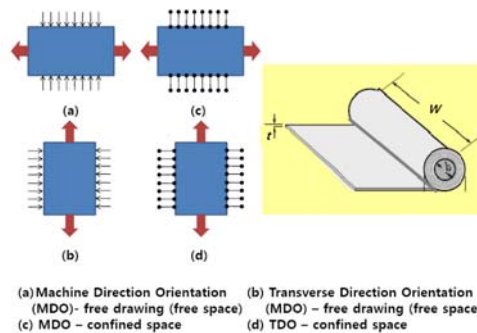


Fig. 2 Two main direction of solid state orientation (a) machine direction orientation, (b) transverse direction orientation.

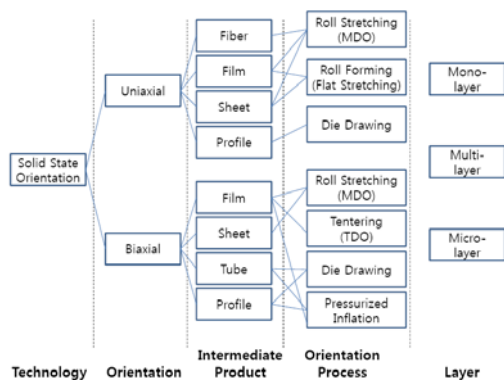


Fig. 3 Technology breakdown in the solid state orientation technology

3. 고분자 필름의 물성

압출공정과 연신공정을 거쳐서 제조되는 고분자 필름의 물성은 결정의 구조 및 배향에 영향을 받게 된다. 따라서 가공특성-물성-구조의 세 측면을 함께 살펴보는 것이 공학적으로 중요하다. 특히 광학필름에 널리 사용되는 Polyethyleneterephthalate (PET)와 같은 반결정성 고분자 (semicrystalline polymer)는 결정의 크기 및 결정의 구조 등이 광학적 물성과 밀접한 관계를 갖고 있다. [1,2] 필름의 연신 온도, 연식속도, 연신율, 담금질온도 (annealing temperature) 등은 모두 필름의 기계적 물성 및 구조에 영향을 미치게 된다.

4. 광학필름의 연신 실험 설비

앞서 언급한 고분자 필름의 연신 방법 중 기계방향의 연신과 법선방향 연신을 축차적으로 실행하는 방법이 광학필름의 제조에 널리 사용되고 있다. 또한 연신 시 기계방향 연신의 경우 물의 마찰력이 수축을 제한하는 역할을 수행하여 Fig. 3의 (a)와 (c)의 중간 형태로 공정이 진행된다. 법선방향 연신의 경우 주행하는 필름의 전단부와 후단부의 장력에 의해 수축을 제한하게 되어 Fig. 3의 (d)에 가까운 형태로 공정이 진행된다. 이 공정을 이해하기 위해서는 공정 측면에서 고체상 연신공정의 이론을 살펴봐야 하며, 관련 물질의 특성으로는 시간에 따른 점탄성(time dependent viscoelastic property)에 관한 폭넓은 이해가 필요하다. 점탄성체의 일축연신에 대해서는 섬유 연신 공정의 필요성에 의해 오랜기간 많은 연구가 수행되어 졌으나[3], 이축연

신에 대해서는 최근 활발한 연구가 진행되고 있다 [4]. 대부분의 이축연신 연구는 클립을 이용한 laboratory stretching device [5,6]를 이용하여 실험을 수행한 결과를 분석하는 것이 일반적인 데, 실제 양산 기계와는 필름의 냉각공정에서 차이를 가져오게 된다. 이를 극복하기 위한 고가의 mini pilot stretching line들의 개발이 이루어져 산업체에서 이를 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 실제 양산기기를 실험실에서 모사할 수 있는 mini pilot stretching 기기의 개발과 이를 활용한 광학필름의 물성과 공정 조건과의 상호 관계를 규명하는 것에 초점을 맞추어 연구를 진행하고 있다.

5. 결론

고기능성 광학필름, 포장필름 등에 이용되는 연신필름의 물성과 가공 조건의 상관관계를 규명하기 위해서 mini pilot stretching 기기의 개발과 가공 조건에 따른 결정 구조 및 결정의 양변화, 이에 따른 필름의 복굴절 변화, 필름의 기계적물성 및 열수축 변화 등의 가공-구조-물성의 상관관계 규명이 필요하다.

후기

본 연구는 한국기계연구원의 산업원천기술 개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. B.Wang, et.al., "Poly(trimethylene teraphthalate) crystal structure and morphology in different length scales," Polymer, 43, pp.7171-7180, 2001
2. A. Ajji, et.al., "Orientation and structure of drawn poly(ethylene tereththalate), Polymer, 37, pp. 3707-3714, 1996
3. I.M.Ward, An introduction to the mechanical properties of solid polymers, John Wiley and Sons, 2004
4. L.Capt, M.R.Kamal,et.al, "Morphology Development during Biaxial Stretching of Polypropylene Films," XIIIth Int. Congress on Rheology, 2000 Tusty, J., Smith, S. and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," Annals of the CIRP, 39, 517-521, 1990.
5. <http://www.brueckner.com/technology-center/laboratory-stretching-machine/>
6. <http://www.drcollin.de/en/index.php?contentpath=n606/n612/n659>