

연신 PET 필름 제조공정에서 연신조건 변화에 따른 필름 물성 영향고찰

Study on optical and thermo-mechanical properties of stretched PET film with different thermal and directional stretching conditions

*김윤상¹, 배현민¹, #김명호^{1,2}, 최선웅^{1,2}, 유영은³, 최두선³

*Y. S. Kim¹, H. M. Bae¹, #M. H. Kim¹, S.Y. Choi², Y.E. Yoo², D.S. Choi²

¹한남대학교 신소재공학과, ²한남대학교 고분자생산혁신센터, ³한국기계연구원

Key words : PET film, Machine directional orientation, Strain-induced crystallization

1. 서론

Poly(ethylene terephthalate) (PET)는 열가소성 고분자로서 필름형태에서 두께, 결정화도 그리고 배향정도에 따라 다양한 산업분야에서 사용된다. 본 실험에서는 무정형 등방성 PET 필름에 대한 MD방향 일축연신에 대한 연구를 진행하였다. 본 연구의 목적은 연신 PET 필름 제조공정의 연신조건 변화에 따른 영향에 의한 필름 물성의 변화를 고찰하기 위함이다. 연신공정 장비인 MDO (Machine Direction Orientation) lab stretcher를 이용하여 필름 연신 후 연신에 의한 응력유도와 온도에 따른 무정형 등방성 PET 필름의 구조적, 광학적 그리고 표면 특성의 변화에 대하여 분석하였다.

2. 연신실험

MDO-LS (Machine Direction Orientation lab stretcher)는 고분자재료의 필름을 기계축 방향(machine direction)으로 일축연신 시키는 장비이다. 무연신 등방성 PET 필름에 대하여 예열온도 100℃, 연신온도 100℃ 그리고 냉각온도 40℃에서 실험하였다. 연신 비는 연신 속도는 2m/min를 기준으로 2, 4, 6m/min에 해당하는 연신 비 1~3배로 주어 실험하였다.

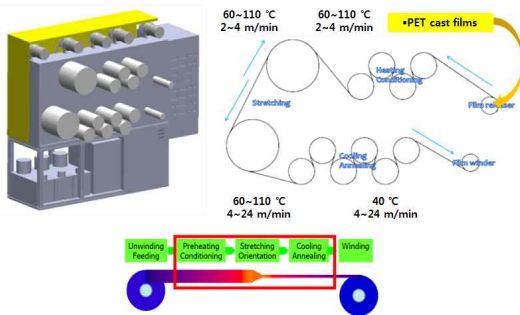


Fig. 1 MDO-LS (Machine Direction Orientation lab stretcher)

Table 1. Specification of MDO-LS

Roll Stack	
Releasing roll	1 EA
Preheating roll	4 EA
Sync roll	1 EA
Stretching roll	1 EA
Cooling roll	6 EA
Winding roll	1 EA
Temperature Control	
Preheating roll	40~200 °C
Sync/Stretching roll	40~200 °C
Cooling roll	-20 ~ 80 °C
Roll speed	
All rolls	2~24 m/min

3. 실험 방법

필름 : 폭 1500mm, 두께 400 μ m인 무연신 PET 필름 ((주)도레이첨단소재 제공)을 폭 100mm로 중축절단 (slitting)하여 필름롤을 사용하였다.

열적특성 : TA instrument사의 DSC 2910를 사용하여 DSC 측정을 하였으며 승온 속도 10°C/min로 질소 purging 조건에서 실험을 진행하였다.

광학특성 : Metricom 2010/M사의 Ellipsometer를 사용하여 복굴절을, Δn 값을 측정하였다.

표면특성: Photonitech사의 PICO station 을 사용하여 5 μ mX5 μ m영역의 필름 표면 architecture를 분석하였다.

3. 결과 및 토의

DSC 측정결과 연신 비가 늘어남에 따라 재결정 피크가 저온쪽으로 이동하지만, 결정화 에너지 값은 변화가 없는 것을 확인할 수 있었고, 연신비 3배에서 피크가 완전히 사라지는 것을 확인하였으며, T_m의 경우 결정의 양은 변하지 않으나 연신이 진행함에 따라 낮은 온도쪽에 새로운 피크가 생성되며 결정화도가 증가되는 것을 확인하였다. AFM 측정결과에서 무연신 필름의 표면 굴곡 상태는 연신비의 증가에 따라서 굴곡이 커지는 것을 관찰하였다. 광학적 특성인 Δn 은 결정화도가 일정한 연신 비 2배까지는 큰 변화를 보이지 않으나, 결정화도가 올라가는 3배 연신의 경우 값이 3배이상 커지는 것을 확인하였다.

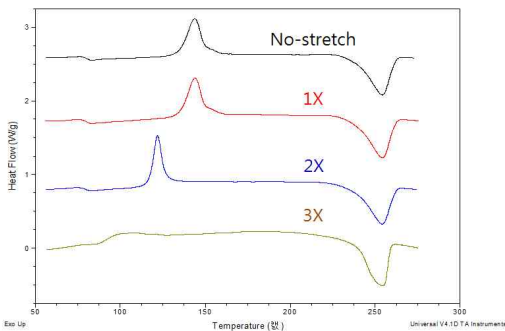


Fig. 2 Effect of stretching ratio on the strain-induced crystallization peak at 100°C (DSC)

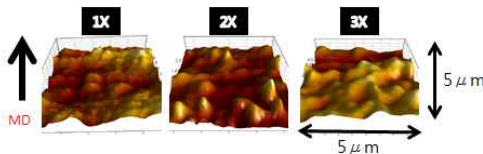


Fig. 3 Surface structure of stretched film at 100°C (AFM image)

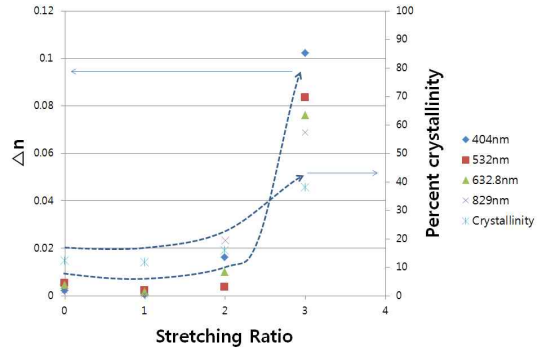


Fig. 4 Crystallinity and birefringence of uniaxially stretched PET film at 100°C

4. 결론

PET 필름의 MDO 연신의 경우, 공정조건인 연신 비 변화에 따라 필름 내의 결정구조는 특정 연신비까지는 변화가 없으나 3배 이상의 연신에서는 구조적 변화를 수반함을 확인하였으며, 이러한 구조적 변화는 광학적 특성인 Δn 의 변화로 나타남을 확인하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업인 “대면적 미세패턴 직접 연속성형 원천기술개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다. 광학특성 측정을 수행하여 주신 (주)LMS의 김영일 이사, AFM 측정을 도와주신 이광섭 교수께 감사드립니다.

참고문헌

1. Wibbeke, A., Schöppner, V., Sasse, M., "Self-reinforcement of uniaxially stretched polycarbonate film," University of Paderborn.
2. 이종규, 박상호, 김성훈, "PET 필름의 이축연신에 따른 물성변화 연구," Polymer (Korea), **34**, 579-587, 2010.
3. Capt, L., Kamal, M. R., Münstedt, H., Stopperka, K., Sänze, J., "Morphology Development during Biaxial Stretching of Polypropylene Films," McGill University.
4. Zaroulis, S. J., Boyce, M. C., "Temperature, strain rate, and strain state dependence of the evolution in mechanical behaviour and structure of poly(ethylene terephthalate) with finite strain deformation," polymer, **6**, 1303-1315, 1997.