

Poly(propylene) 슬릿필름의 연신·열처리에 따른 구조와 물성

우승건, 이선희, 조현욱
부산대학교 유기소재시스템공학과

Structure and Physical Properties of Poly(propylene) Slit Film with Drawing and Annealing

Seung-Keon Woo, Sun-Hee Lee and Hyun-Hok Cho

Department of Organic Material Science and Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

1. 서론

Polypropylene은 상업적인 가치와 기술적인 다양한 활용도를 갖춘 고분자 물질로 propylene의 축매중합을 통하여 만들어진다. PP의 결정구조는 크게 단사정계인 α -crystalline, 유사육방정계의 β -crystalline, 삼사정계인 γ -crystalline을 형성하는 것으로 알려져 있다[1]. 일반적으로 단사정계 형태의 α -crystalline이 가장 안정적인 결정구조이며, 용융결정화 과정을 거친 동일배열 PP에서 관찰되는 구조이다. Nadella, White 등[2]은 초기배향의 효과와 연신 과정에서의 형태변화, 다양한 수평균분자량을 갖는 pp의 기계적인 특성에 관한 연구에서 배향과 형태변화는 연신 거동에 의해 많은 영향을 받으며, 연신과 열처리에 의하여 강력은 결정화도와 비결정배향도의 증가에 기인한다고 보고하였다.

일반적으로 효과적인 연신을 위해서는 분자사슬이 유연한 상태가 되어 외력에 의해 큰 변형을 일으킬 수 있는 상태, 즉 고분자의 경우 마이크로 브라운 운동을 시작할 수 있는 온도인 $T_g \sim T_m$ 사이의 연화상태이다. 그러나 PP의 경우는 결정화 속도가 빨라서 결정화가 큰 미연신사가 형성되어 결정영역의 소성변형이 필요하게 되므로 T_g 에서 쉽게 연신되지 않고 T_g 보다 높은 온도, 110~120°C에서 결정화가 가장 빠르기 때문에, 이온도를 중심으로 $\pm 10^\circ\text{C}$ 범위에서 연신함으로써 고배향도의 슬릿필름의 제조가 가능해진다.

본 연구에서는 “아스팔트 방수시트 중심보강재”로써 사용되는 PP 시트에서 제직 전의 연신 슬릿필름의 경우 고온에서의 가공으로 인한 열수축성의 문제를 검토하기 위하여 미연신 PP슬릿필름을 연신 및 조건을 설정하여 열수축을 최소화하는 공정조건을 알아보았으며, 이에 따라 일어나는 PP 연신 슬릿필름의 미세구조를 분석하고 그 물성에 미치는 영향을 보고자 하였다.

2. 실험

2.1. 시료 및 제조조건

용융지수 3.5g/10min 의 iPP(대한유화 5014)를 사용하였다. 용융압출 온도는 180°C로 하였다.

2.2. 연신 및 열처리

연신은 130°C에서 6~8배까지 0.5배 간격으로 연신하였고, 열처리는 140°C로 10분간 열처리 하였다.

2.3. 특성분석

적도선 방향의 광각 X-선 회절강도 분포 곡선은 Rigaku사의 X-선발생장치를 이용하여 구하였다. 열분석은 시차주사열량계(Seiko DDD 220C)를 이용하여 30~220°C까지의 온도범위에서 질소기체(N_2) 분위기 하에서 승온 속도 10°C/min로 측정하였으며 시료무게는 3.0mg으로 하였다. 밀도는 사염탄소와 n-헵탄의 혼합액을 사용한 밀도구배관으로, 측정온도는 23°C로 하였다. 동적점탄성 거동을 알아보기 위하여, DMA(Q800 V7.1 BUILD 116 TA INSTRUMENT)를 사용하여 1Hz의 주파수로 5°C/min 승온 속도로 -40~180°C까지 측정하였다. 열수축률은 DMA(Q800 V7.1 BUILD 116 TA INSTRUMENT)를

사용하여 정하중 0.1N, 5°C/min의 승온 속도로 20-190°C까지 연신비에 따른 변화를 측정하였다. 인장강신도는 인장시험기(Fafegraph-M, Texttechno Co., Germany)를 이용하여, 시료길이 50mm, 인장속도 20mm/min의 조건으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Figure 1, 2는 미연신, 연신, 열처리된 PP 슬릿필름의 X-선 회절 곡선을 나타낸 것이다. PP는 α -결정인 경우, $2\theta=14.2^\circ$, 17° 에서 (110), (040)면의 피크가 나타나며, β -결정인 경우 $2\theta=16.2^\circ$, 21.2° 에서 (300), (311)면의 피크가 나타난다고 알려져 있다[1]. 본 실험에서의 미연신 슬릿 필름의 경우, α -결정을 나타내는 14.2° , 17° 에서, β -결정을 나타내는 16.2° , 21.2° 에서 회절피크가 보였다. 이것은 α 와 β 결정이 혼재된 것으로 볼 수 있다. PP 슬릿필름을 6배로 연신한 경우, 2θ 는 14.2° , 17° 의 피크가 발달하는 것으로 확인되며, α 형 결정이 발현된다. 이후 8배까지 연신비가 증가하는 경우 α 형 결정을 나타내는 회절피크의 강도가 커지며, 결정성이 발달하는 것을 알 수 있다. 연신된 PP 슬릿필름을 140°C 에서 정상 열처리한 경우, X-선 회절 곡선은 연신된 PP 슬릿필름과 비교해 본 결과 α 형 결정으로 확인되며, 뚜렷한 변화는 나타나지 않는 것으로 보인다.

동일배열 PP의 β -결정은 α -결정에 비해 열역학적이거나 기계적으로 안정하지 않고 결정화 속도가 매우 빠르며, 유사육방정계 (Pseudo-Hexagonal)의 구조를 나타내고, 무질서도가 상대적으로 큰 결정을 형성한다고 알려져 있다. 단사정계(Monoclinic) 형태의 α -결정은 가장 안정적인 결정구조이고 따라서 대부분의 용융 결정화 과정을 거친 동일배열 PP에서 관찰되는 결정구조이며, 연신된 PP 슬릿필름의 경우 안정한 구조를 생성하였고, 기계적 물성이나 열역학적인 성질이 우수할 것으로 예상된다.

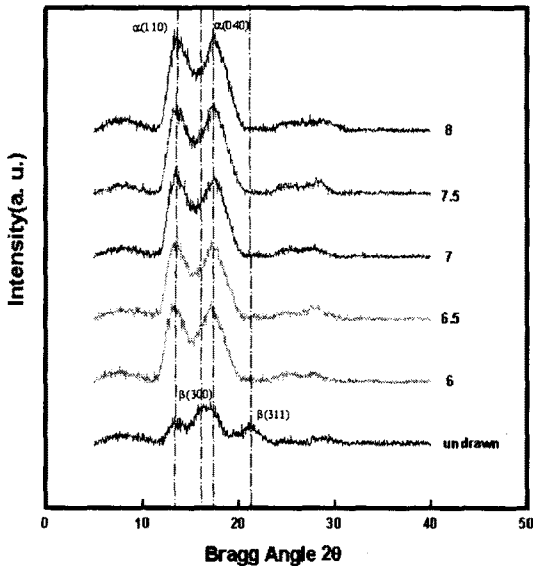


Figure 1. WAXD equatorial profiles of PP slit film with various draw ratio.

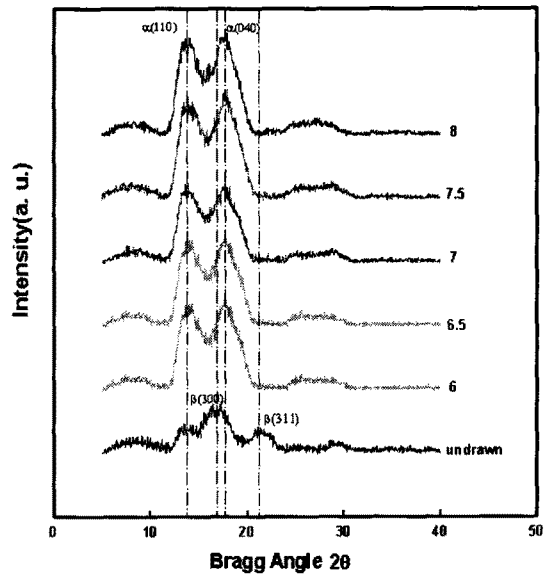


Figure 2. WAXD equatorial profiles of drawn PP by annealed at 140°C

4. 참고문헌

1. 이도훈, "폴리프로필렌의 β -결정의 구조 및 β -결정의 용융", 삼성플라스틱기술, 18-25(2005).
2. H. Nadella, J. E. Spruiell, and J. L. White, J. Appl. Polym. Sci, 22, 3121(1978).
3. T. G. Lee, H. G. Im and H. S. Shin, "A Study on the Physical Properties of Polypropylene Multifilaments", J. Korean. Fiber. Soc., 37, 2(2000).