

Studies on the Shape Change of Trilobal Fibers in Melt Spinning

정일, 김상용

서울대학교 섬유고분자공학과

I. 서론

섬유단면이 원형이 아닌 L, T, H, W, Y, I 등과 같은 모양을 가지는 이형단면 섬유 (shaped fiber)는 그 모양으로 인해 원형단면 섬유와는 다른 광택, 마찰계수, 촉감, 굽힘강도 등을 가지고 여러 가지 용도로 쓰이고 있다. 이형단면 섬유의 용융방사시 같은 면적을 가진 원형단면 섬유와 비교해 증가된 표면적은 열과 물질 전달을 증가시키고 고화를 촉진한다. 이 빠른 고화는 방사상의 변형구간을 감소시키고 속도변화량을 증가시켜 배향도를 증가시킨다. 이런 이형단면 섬유의 제조에 있어서 가장 중요한 문제는 권취되는 최종 섬유단면이 방사구금의 모양과 일치하지 않는다는 것이다. 이형단면 섬유의 모양변화에 대한 연구는 지금까지 많이 이루어지지 않았는데 그 중에서 Ziabicki[1]는 방사선상에서의 섬유모양은 방사구금의 모양과 최종섬유의 중간상을 가진다고 했다. 그리고, Han 등[2]과 White[3]는 이형섬유의 다이팽윤된 모양을 실험적으로 보여주었다. 섬유의 용융방사선상에서의 모양변화의 원인으로는 다이팽윤(Die-swell)과 표면장력(surface tension)으로 알려져 있다. 비교적 단순한 모양을 가지는 편평사(rectangular fiber)에 대해서는 수치모사[4]와 실험적인 고찰[5]이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 isotactic polypropylene을 2 hole의 trilobal 구금을 사용해 용융방사에 있어서 방사온도, 토출량, 권취속도 등의 방사조건이 섬유단면모양에 어떤 영향을 미치는가를 연구하였다.

II. 실험

2.1 용융방사

MI 15인 PP를 Uenoyama Kiko사의 실험용 방사기(SB25X24)로 용융방사하였다. 권취 속도는 50, 200, 350, 450 m/min, 방사온도는 190, 205, 220, 235 °C, 토출량은 한 홀당 0.3, 0.63, 1.06, 1.6, 2.12, 2.65, 3.6 g/min 로 하였다. 그리고, 다이팽윤 상태에서의 형태계수를 알기 위해 방사구름에서 6 mm 떨어진 곳에서 시료를 채취하였다. 용융방사에 사용된 구름의 규격은 Fig. 1과 같다.

2.2 측정

조건에 따른 최종 시료는 섬유단면 관찰용 동판을 이용하여 절단면을 컴퓨터에 연결된 현미경을 사용하여 촬영하였고, 이미지 분석용 소프트웨어인 Image-Pro Plus를 사용하여 외접원과 내접원을 구하여 형태계수를 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{형태계수} = \frac{\text{외접원의 지름}}{\text{내접원의 지름}}$$

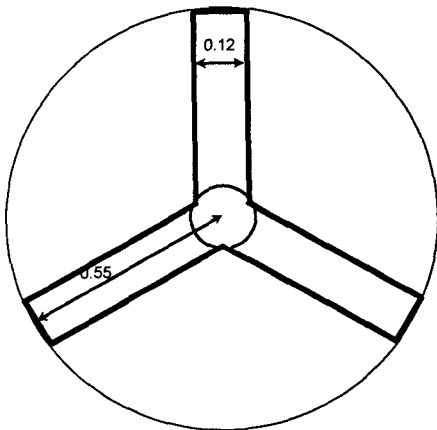


Fig. 1. Shape and Dimension of Die.(mm)



Fig. 2. Final shape of trilobal fibers ; melt flow rate: 1.06 g/min, spinning temperature: 190°C, take-up speed: 50 m/min

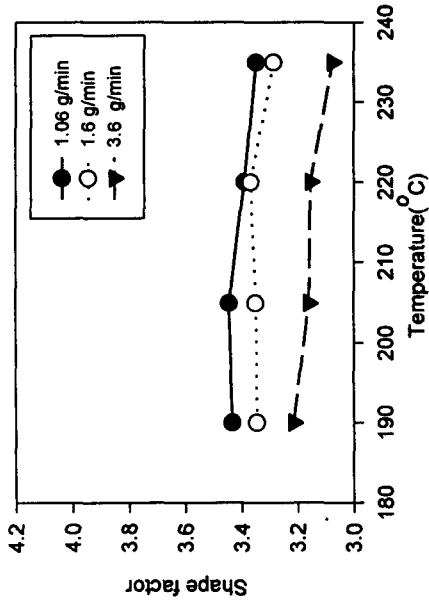


Fig. 3 The effect of spinning temperature on the shape factor (MI=15, 50 m/min)

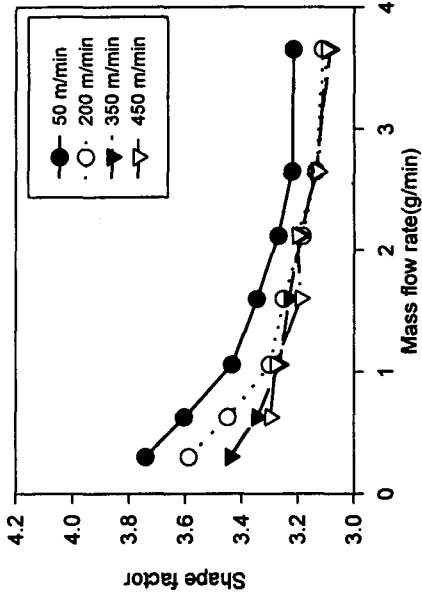


Fig. 4 The effect of mass flow rate on the shape factor (MI=15, Temp=190°C)

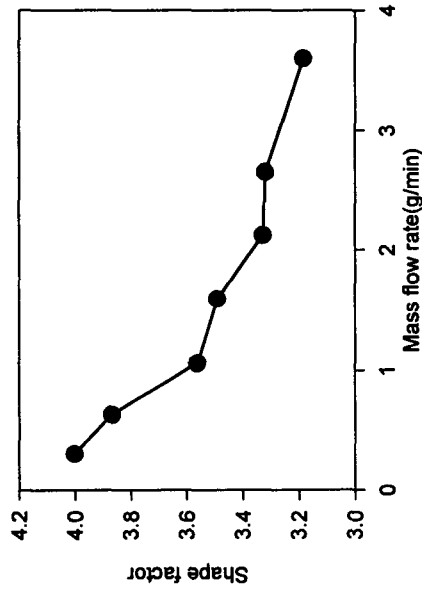


Fig. 5 The effect of mass flow rate on the shape factor at die-swell (MI=15, Temp=190°C, 50m/min)

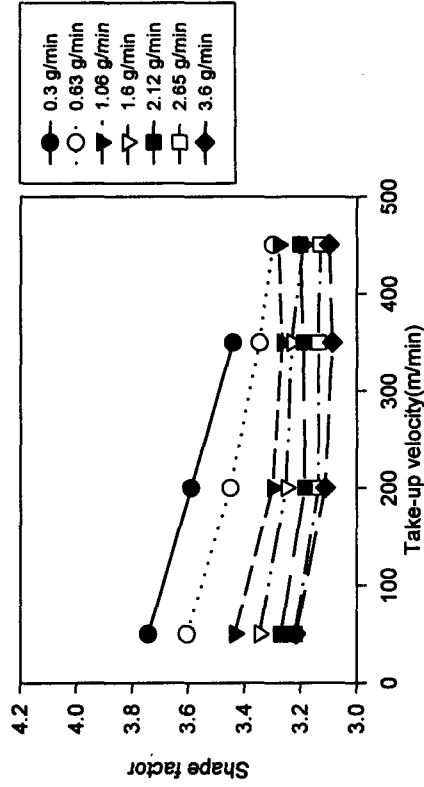


Fig. 6 The effect of take-up velocity on the shape factor (MI=15, Temp=190°C)

III. 결과 및 고찰

위에서 정의한 형태계수는 내접원과 외접원의 지름비를 나타낸다. 여기서 외접원의 반지름은 trilobal fiber의 가지의 길이를 나타낸다. 그리고, 내접원의 반지름은 가지들의 폭을 나타내게 된다. 따라서, 형태계수가 커진다는 것은 폭에 비해 길이가 긴 형태를 가진다는 것을 의미하게 된다.

Fig. 3은 형태계수에 미치는 방사온도의 효과를 보여준 그림으로 방사온도가 증가함에 따라 형태계수가 소량 감소하였다. 이는 방사선상에서 모양이 변할 수 있는 구간이 고분자가 용융상태로 존재할 때뿐이므로 방사온도가 증가함으로 인해 고화점까지의 거리가 길어져 표면장력이 더 오래 작용할 수 있기 때문인 것으로 보인다. 그리고, 표면장력에 의한 형태계수의 변화가 그리 크지 않음을 알 수 있다.

Fig. 4에서는 토출량에 의한 형태계수의 변화를 나타내었는데, 토출량이 증가할수록 형태계수가 감소하는 것을 볼 수 있다. 토출량에 따른 변화에서 형태계수는 낮은 토출량에서는 변화량이 크고 높은 토출량에서는 변화량이 작은 어느 일정한 값에 수렴하는 양상을 보여주었다. 이런 현상은 토출량이 커짐으로 인한 다이팽윤 지점에서의 모양의 변화를 통해 이유를 찾을 수 있다. Fig. 5에서 보이는 바와 같이 토출량이 커짐에 따라 다이팽윤 지점에서의 시료의 형태계수가 권취되었을 때의 형태계수의 변화와 같은 경향으로 감소하고 있다. 그리고, 다이팽윤 지점에서의 형태계수의 값이 더 큰 것으로 보아 표면장력으로 인해 방사선상에서 형태계수가 감소한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6에서는 방사속도에 따른 형태계수의 변화를 나타내었는데 방사속도가 커짐에 따라 감소하는 경향성을 보여주고 있다.

IV. 참고문헌

1. A. Ziabicki, "Fundamental of Fibre Formation", John Wiley & Sons, London, 1976.
2. C. D. Han, "Rheology in Polymer Processing", Academic Press, New York, 1976.
3. D. C. Huang & J. L. White, *Polym. Eng. & Sci.*, **19**, 609(1979).
4. 노영욱, 박사학위논문, 서울대학교, 1996.
5. 박준원 & 김학용, *한국섬유공학회지* **34**(2), 119(1997).
6. K. Kajiwarra & J. E. McIntyre, "Advanced fiber spinning technology", Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England, 1994.
7. C.S. Shah, *U.S. Patent* 4,091,065 (1978).
8. C.S. Shah, *U.S. Patent* 4,001,369 (1978).