

스핀본드 부직포의 공정 조건에 따른 배향밀도함수에 관한 연구

전봉수

성균관대학교 섬유공학과

Theoretical Orientation Density Function in Spun Bonded Nonwoven Fabrics

Boong Soo Jeon

Department of Textile Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea

1. 서 론

스핀본드 부직포란 용융 고분자를 필라멘트로 방사하고 연신하여 이동하는 컨베이어 벨트 위에 연속적으로 퇴적시킴으로서 웹을 형성한 후 구성 필라멘트 섬유들 간에 접착력을 부여 시켜 만든 2차원 섬유 구조물이다. 이러한 부직포의 구조적 특징으로 중요한 인자는 접촉 점의 수, 접촉 점간의 거리, 집합체 내에 있는 섬유의 총 길이, 섬유의 배향 분포 등이다. 특히 섬유의 배향 분포는 부직포의 역학적 특성을 나타내는데 중요한 요인이다.

Komori 와 Makishima[1-3]는 배향밀도함수를 정의하고 접촉점의 수로부터 배향밀도함수를 추정할 수 있는 방법을 제시하였으며, 이방성 섬유 집합체에서 배향 분포함수에 따른 접촉점의 수와 단위 부피 내에 존재하는 섬유의 총 길이를 추정하는 식을 유도하였다. Ericson과 Baxter [4]와 Chudleigh [5]는 섬유 집합체에서 섬유의 배향함수의 측정 방법을 각각 제시하였다. 그리고 스펀본드 부직포의 구조에 대한 기초적인 연구로는 Hearle 등[6-8]의 연구가 있었다. 그러나 아직까지 공정 변수에 따라 배향 분포를 이론적으로 유도함으로써 실제 공정에 적용할 수 있는 결과를 제시한 경우는 없었다. 본 연구에서는 부직포의 제조 공정 조건에 따라 스펀본드 부직포의 배향밀도함수를 이론적으로 유도하였다.

2 이 론

2.1 제조 공정

일반 폴리에스테르와 저융점 폴리에스테르가 응용된 후 각각의 extruder로 부터 압출되어 방사구를 통하여 방출되는데, 방사구로부터 나온 필라멘트 섬유는 압축 공기를 이용한 고속 기류 견인장치에 의하여 원하는 선밀도로 연신되면서 흡인 장치에 부착되어 있는 컨베이어 벨트 위에 연속적으로 퇴적되어 웹을 형성한다. 형성된 웹이

컨베이어 벨트에 의하여 이동되어 고온 압축 로울러 사이를 거치게 되면 일반 고분자에 비하여 용융점이 낮은 고분자가 용융되어 접착제 역할을 하게됨으로서 웹을 구성하는 일반고분자 필라멘트 섬유들에 응집력을 부여하게 된다. 필라멘트는 aspirator를 거쳐 방사되어 나오는데 필라멘트의 퇴적을 균일하게 하기 위하여 aspirator가 좌우로 요동 운동을 하는 경우가 많다. 이와 같은 공정으로 제조되는 스펀본드 부직포의 경우 컨베이어 벨트 위에 쌓이는 필라멘트는 변형 cycloid 형태로 배열되어 웹을 형성하게 된다. 이때 변형 cycloid 형태의 크기와 모양은 방사구로부터 방출되어 나온 필라멘트가 컨베이어 벨트 위에 쌓이게 될 때까지 거치게 되는 경로에 의존하게 되는데 특히 필라멘트의 공급 속도 V_c , 컨베이어 벨트의 이동 속도 V_b , aspirator의 이동 속도 V_a , 등이 변수로 작용한다.

2.2 배향밀도함수의 정의

섬유 집합체를 구성하는 섬유가 필라멘트와 같이 연속적인 곡선의 형태를 이루고 있는 경우 섬유의 배향밀도함수를 구하기 위하여 식 (1)과 같은 배향밀도함수의 정의를 이용한다.

$$\varphi(\beta) = \frac{1}{L} \frac{d\ell}{d\beta} \quad (1)$$

여기에서 L 은 부직포를 구성하는 섬유의 총 길이이고 ℓ 은 섬유의 중심축을 나타내는 1차원 좌표 축이며 β 는 섬유의 길이 방향으로 ℓ 인점에서의 배향각을 나타낸다.

2.3 배향밀도함수의 유도

원점에서 ℓ 만큼 떨어진 점에서의 접선과 y 축 방향과 이루는 반시계 방향의 각을 배향각 β 라 하면 직각 좌표계에서 식 (2)와 같이 나타낼 수가 있다.

$$\tan \beta = -\frac{dx}{dy} = -\frac{x'(t)}{y'(t)} \quad (2)$$

여기서 t 는 매개변수이다.

또한 섬유의 미소 길이 $d\ell$ 은 식 (3)으로 나타낼 수가 있다.

$$d\ell = \sec \beta y'(t) dt \quad (3)$$

섬유의 총 길이 L 은 식 (3)을 적분하면 구할 수가 있으므로 식 (2)와 식 (3)을 식 (1)에 대입하면 섬유집합체의 배향밀도함수를 구할 수가 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 aspirator의 좌우 이동이 없을 경우

aspirator의 이동이 없고 단순히 컨베이어 벨트 위에 섬유가 퇴적된 후 이동하여 부직포를 형성할 경우 그 거동은 식 (4)로 나타낼 수가 있다.

$$\begin{aligned} x &= r \cos \omega t \\ y &= r \sin \omega t + V_b t \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 $r\omega$ 는 섬유의 공급 속도인 V_c 와 같게 된다.

식 (4)와 같은 거동을 하는 섬유 집합체의 경우 식 (1)-(3)을 이용하여 배향밀도함수를 구하면 식 (5)와 같다.

$$\varphi(\beta) = \frac{\{V_b \cos \beta + \sqrt{V_c^2 - V_b^2 \sin^2 \beta}\}^3}{\omega \{V_c^2 + V_b(-V_b \sin^2 \beta + \cos \beta \sqrt{V_c^2 - V_b^2 \sin^2 \beta})\}} \quad (5)$$

Figure 1은 V_c 에 대한 V_b 의 비인 R_b 값에 따른 배향밀도함수를 나타낸 것이다.

3.2 aspirator의 좌우 이동이 있을 경우

aspirator가 좌우로 V_a 의 속도로 이동하면서 V_b 로 이동하는 컨베이어 벨트 위에 쌓이는 경우의 거동은 식 (6)으로 나타낼 수가 있다.

$$\begin{aligned} x &= r \cos \omega t + V_a t \\ y &= r \sin \omega t + V_b t \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)과 같은 거동을 하는 경우 배향밀도함수를 구하면 식 (7)과 같다.

$$\varphi(\beta) = \frac{(V_c c(\beta) + V_b)^3}{-\omega V_c \cos^3 \beta \{V_c + V_b c(\beta) - V_a s(\beta)\}} \quad (7)$$

여기서

$$c(\beta) = \frac{V_a \tan \beta - V_b \tan^2 \beta + \sqrt{(V_c^2 - V_b^2) \tan^2 \beta + 2V_a V_b \tan \beta + V_c^2 - V_b^2}}{V_c \sec^2 \beta}$$

$$s(\beta) = \sqrt{1 - \{c(\beta)\}^2}$$

Figure 2은 V_c 에 대한 V_a 의 비인 R_a 값에 따른 배향밀도함수를 나타낸 것으로 V_a 의 부호에 따라 배향 분포가 달라지는 것을 알 수 있다. Figure 3은 R_b 가 0일 때, Figure 4는 R_b 가 0.1 일 때 R_a 값이 각각 0.1, 0.2, 0.3으로 변함에 따라 배향밀도함수의 변화를 나타낸 것이다.

4. 결론

스핀본드 부직포의 배향밀도함수를 부직포의 제조 조건인 필라멘트의 공급 속도, 컨베이어 벨트의 이동 속도, aspirator의 횡축 이동 속도의 향으로 예측할 수 있는 이론식을 유도하였다. 이 식으로부터 각각의 조건에 따라 배향 분포를 예측할 수가 있으므로 부직포의 역학적 특성을 설계할 수가 있으며, 웹의 제조 방식에 따라 간단하게 응용할 수가 있다.

참 고 문 헌

1. T. Komori and K. Makishima, Text. Res. J., 47, 13(1977).
2. T. Komori and K. Makishima, Text. Res. J., 48, 309(1978).
3. T. Komori and K. Makishima, Sen-I Gakkaishi, 35, 280 (1978).
4. C.W. Ericson and J.F. Baxter, Text. Res. J., 49, 371(1979).
5. P.W. Chudleigh, Text. Res. J., 54, 813(1984).
6. J.W. S. Hearle, M.A.I. Sultan, and S. Govender, J. Text. Inst., 67, 373 (1976).
7. J.W. S. Hearle, M.A.I. Sultan, and S. Govender, J. Text. Inst., 67, 377(1976).
8. J.W. S. Hearle, M.A.I. Sultan, and S. Govender, J. Text. Inst., 67, 382(1976).

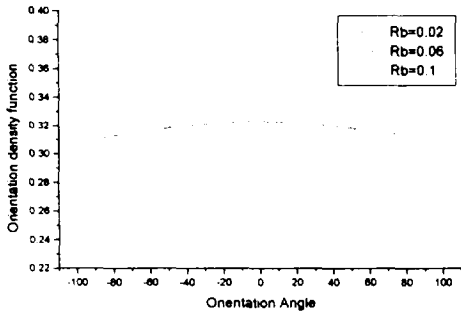


Figure 1

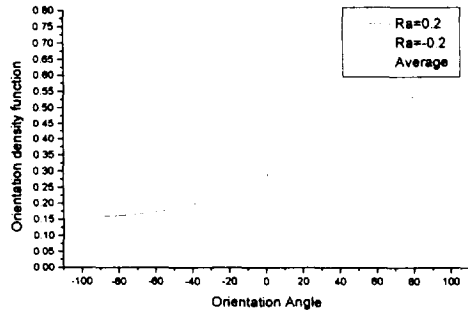


Figure 2

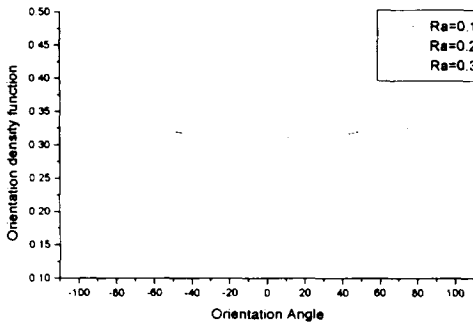


Figure 3

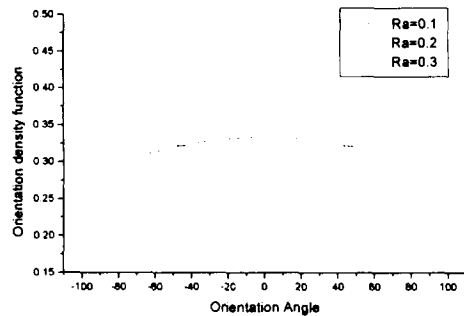


Figure 4

List of Figures

- Figure 1. Orientation density functions with the conveyor belt velocity
 Figure 2. Orientation density functions with the aspirator velocity
 Figure 3. Orientation density functions with the aspirator velocity at $R_b=0$
 Figure 4. Orientation density functions with the aspirator velocity at $R_b=0.1$