

2속도 모형을 이용한 Draft 공정의 가시적 모의실험

김지수, 강태진

서울대학교 섬유고분자공학과

1. 서론

광적공정중에서 섬유속의 선밀도 감소와 평행화도 증가를 위해서 행해지는 드래프트 공정은 섬유속의 선밀도를 감소시키고 동시에 불균제도를 증가시키게 된다. 실제의 생산설비는 드래프트로 인해 발생하는 불균제를 최소화하기 위해 여러 가지 다양한 기구를 사용한다.

드래프트 공정에서의 불균제도 증가는 드래프트 공정의 조건에 따라 그 정도를 달리하게 되는데, 최적의 공정조건은 공급되는 섬유속의 특성에 따라 변화시켜주어야 한다. 물론 기존의 많은 연구자[7,8,9]들에 의해 어떤 공정조건이 최적인가 하는 데는 연구가 진행, 발표되었다.

실제 공정에서는 투입되는 섬유속의 특성에 따라 공정조건을 조절해주어야 한다. 따라서, 기계를 가동하지 않고 적은 비용과 시간으로 그 결과를 알 수 있을 경우 현장에서 보다 경제적으로 우수한 품질의 제품을 생산할 수 있으며, 한 방법으로서 PC를 이용하여 드래프트 공정에 대한 모사를 실험으로 대체하는 것을 생각할 수 있다.

간섬유의 운동을 규정하기 위해, 기존의 연구자들이 이용한 몇 가지 가정과 섬유 마찰거동에 대한 연구 결과를 통해 섬유속 운동의 법칙을 세웠다. 드래프트 공정모사 프로그램은 두 쌍의 로울러로 이루어진 드래프트 기구를 모사 하는데, 앞에서 규정한 법칙에 따라 운동하는 각 구성 섬유의 드래프트 구간 내에서의 운동을 추적, 기록하여 데이터 파일을 생성한다.

본 연구에서는 위와 같은 드래프트 모사 프로그램을 제작하여 드래프트 공정의 모의실험을 실행하고, 그 결과를 실험치와 비교함으로써 모사 프로그램의 타당성을 검증하였다.

2. 드래프트 공정모사 프로그램의 구성

2-1. 가정

드래프트 공정에 대한 모의실험을 진행하기 위해사용된 가정들은 다음과 같다.

- ① 섬유속을 구성하는 각각의 섬유는 선밀도가 같다.
- ② 섬유와 2속도 운동을 하며, 드래프트 로울러 사이에 미끄러짐은 없다.
- ③ 섬유속에 존재하는 인접 섬유간의 수직압력은 그 위치에서 접촉방향에 무관하다.
- ④ 섬유간 마찰력은 그 접촉 거리에 비례하며, 일정길이 이하의 접촉은 무시할 수 있다.
- ⑤ 드래프트 구간 내에서 운동하는 섬유의 관성은 무시한다.
- ⑥ 부유속도는 그 인접섬유가 가하는 가속력과 저항력의 대소관계에 의해 결정된다.

2-3. 프로그램의 알고리즘

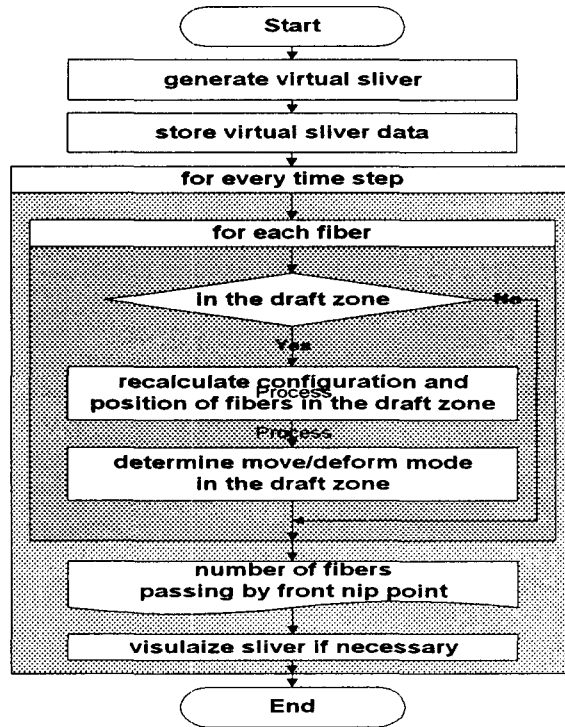


Figure 1. Flow chart used to generate the simulation program

3. 모의실험

3-1. 가상 섬유속 생성

섬유 길이의 분포는 면사를 생산하기 위해 만들어진 로우빙을 재료로 하여 스테이플 다이어그램을 만들고 그 스테이플 다이어그램을 화상으로 받아들인 다음 자료로서 사용하였다. 섬유속 내에서 섬유끝의 분포는 포아송 분포를 한다고 알려져 있다. 따라서 가상섬유속 내에서 섬유 끝을 포아송 분포와 유사하게 배치할 수 있는 함수를 만들어 사용하였다[6]. 또한 섬유속 내의 단섬유는 크럼프를 가지고 있기 때문에 기존의 연구자들이 행했던 것처럼 막대모양을 가정할 경우 실제 섬유속 내에서의 섬유간 접촉을 모사하기가 어렵다. 따라서 크럼프에 의해 단섬유 하나가 가지는

유효 섬유길이	32.2mm
최장 섬유길이	35.0mm
단면 평균 섬유수	162.18개
선밀도 평균편차(U%)	2.28
꼬임수	1tpi

Table 1. Properties of Virtual Fiber Bundle

가상의 섬유 공간 내에 존재하는 또다른 단섬유는 접촉에 의한 마찰을 하는 것으로 가정하였다.

3-2. 드래프트 조건의 변화

본 모의실험에서는 드래프트비와 드래프트 로울러 사이의 파지거리를 변화시켰다.

드래프트 비는 1.3 : 1 로부터 0.2 간격으로 4.5 : 1 까지 변화하였으며, 파지거리는 35mm 로부터 2mm 간격으로 45mm 까지 변화시켜 가며 각 조건마다 약 3m의 섬유속을 생산하였다.

3-3. 결과의 취득과 분석

모의실험의 결과는 시간에 따른 단면내 존재 섬유의 수로서 가상시간 0.1초마다 측정되었으며, 문서로서 저장되었고 이것을 분석하여 평균 선밀도, 선밀도 평균편차, 선밀도 분산을 계산하였다.

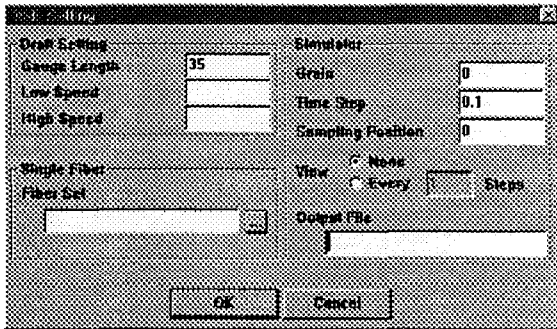


Figure 2. Dialogue box used to enter the process variables

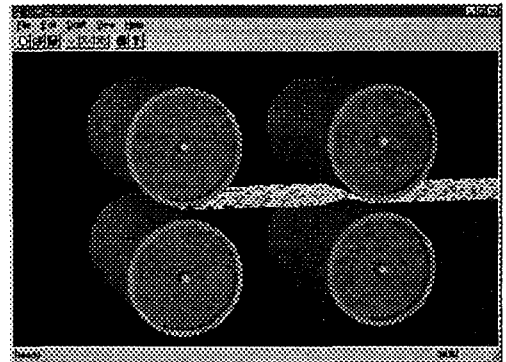


Figure 3. Virtual draft frame

4. 결과 및 고찰

4-1. 드래프트비와 선밀도의 관계

Figure 4는 섬유속의 선밀도 감소가 드래프트비에 따라 어떻게 나타나는 가를 보여준다.

그래프에서 보이는 오차는 그 발생 원인을 크게 두 가지로 생각할 수 있는데, 그 하나는 통계적 방법으로 생성된 공급 섬유속의 선밀도가 변동이며, 또 다른 원인으로는 드래프트 구간 내에서 섬유의 변속이 인접 섬유들의 추진과 저항의 대소관계에 의해 결정된다고 하였으므로, 어느 특정한 시료의 경우 드래프트 개시 직후의 드래프트 구간내 고속섬유 비율이 다른 시료보다 특별히 높거나 낮을 수 있다. 전자의 경우는 변속점이 후 파지점에 가깝게 형성되어 계산 값보다 그 선 밀도가 낮게 나타날 것이고, 후자의 경우는 그 반대의 현상이 일어날 것이다[7].

4-2. 드래프트비와 선밀도 평균편차의 관계

Figure 5는 드래프트비와 선밀도 평균편차의 관계를 보여준다.

드래프트비가 커짐에 따라 선밀도 평균편차가 커짐을 보여주고 있는데, 이렇게 선밀도의 평

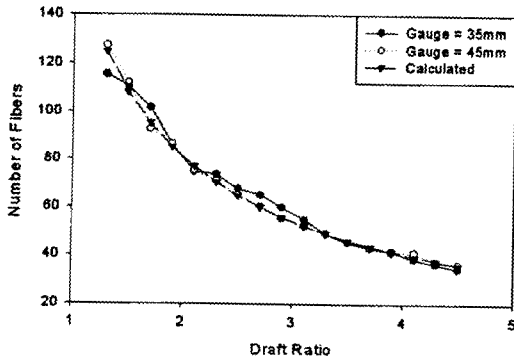


Figure 4. Relation between draft ratio and linear density

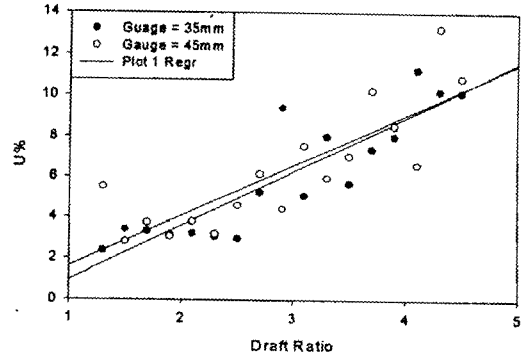


Figure 5. Relation between draft ratio and mean deviation

균편차가 증가하게 되는 데는 몇 가지 이유가 있다.

드래프트비가 클수록 고속섬유와 저속섬유의 속도차는 커지게 된다. 따라서 드래프트 구간 내에서의 섬유끝이 밀려나는 거리가 커지게 된다. 그렇지만 단지 섬유끝 밀림이 커진다는 이유는 아니고, 섬유가 집단적으로 거동하는 현상 때문으로 보인다.

섬유속은 원면표로부터 분리되는 순간부터 드래프트를 받게 되는데, 이 때 섬유끝의 거리가 가까운 섬유는 그만큼 접촉하는 길이가 길게되고, 따라서 이 두 섬유는 고속과 저속으로 분리하여 움직일 확률이 적으며, 어떠한 경우 속도차가 발생하였다 하더라도, 그 속도차를 회복하는 데까지 소요되는 시간이 짧게된다. 따라서 섬유끝간 거리가 짧을수록 그 거리를 유지할 가능성이 커지며, 이러한 집단적 거동거동으로 인해 드래프트비가 커짐에 따라 그 선밀도 변화의 폭이 커지게 되어 평균편차가 크게 나타나는 것으로 이해할 수 있다.

4.3. 파지거리와 선밀도 평균편차의 관계

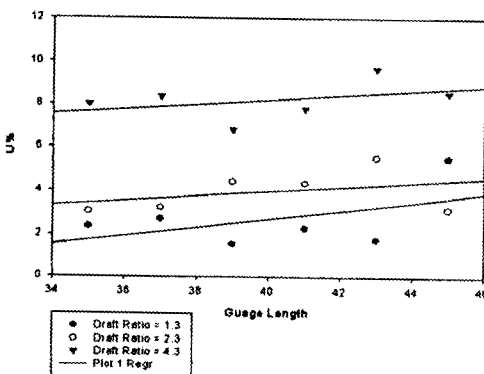


Figure 6. Relation between gauge length and mean deviation

Figure 6은 파지거리와 선밀도 평균편차의 관계를 보여준다.

파지거리가 길어짐에 따라 평균편차가 커 짐을 보여주는데, 앞에서 언급한 바와 같이 드래프트 비가 클수록 평균편차값이 큼을 알 수 있다.

이상 드래프트의 경우는 변속점이 일정하기 때문에 파지거리가 길다고 해서 불균제가 증가할 이유가 없다. 그러나 실제 드래프트에서는 변속점이 이동을 하게 되고, 그 범위는 파지거리에서 단섬유의 길이를 뺀 값만큼 이다[7]. 변속점의 이동 방향에 따라서 선밀도는 증가하거나 감소하는데, 그 이동의 거리가 길수록 선밀도 불균제의 파장이나 진폭은 크게 된다.

파지거리가 길다는 것은 변속점 이동의 거리가 길어질 수 있다는 것으로 그만큼 더 긴 파장과 진폭의 불균제가 발생할 수 있는 조건이 되는 것이다. 그리하여 그래프에서 보는 바와 같이 파지거리가 길어짐에 따라 선밀도 평균편차가 증가한다고 볼 수 있다.

실제 공정에서 파지거리가 과도하게 짧은 경우 단섬유의 절단이나 드래프트 구간 내에서 충분한 해연이 일어나지 못하므로 오히려 평균편차값이 증가함을 볼 수 있는데, 모의실험에서는 단섬유의 절단 등은 모사지 못했다.

5. 결론

섬유속의 거동을 규정하는 몇 가지 가정에 의해 2속도 운동을 모사하는 프로그램을 제작하였다. 드래프트 모의실험 프로그램을 실행하기 위하여 실제 사용되는 섬유속으로부터 얻어진 자료를 사용하였으며, 프로그램의 실행을 통하여 드래프트 구간 내에서의 단섬유의 속도 변화를 보여주는 화면을 볼 수 있었다. 또한, 모의실험 프로그램은 드래프트 후의 섬유속을 구성하는 단섬유의 위치관계를 알 수 있는 결과문서를 구할 수 있었다. 이를 분석한 결과 드래프트비와 선밀도 감소의 관계를 상당히 근접하게 예측할 수 있었으며, 드래프트비의 변화에 따른 다른 선밀도 평균편차의 변화 경향을 확인할 수 있었다.

비록 PC의 용량한계로 인해 실제 공정과 같은 선밀도는 모의실험을 행하기 어려웠고 단섬유의 절단현상 등은 모사할 수 없어서 파지거리에 따른 선밀도 평균편차는 그 경향만을 알아낼 뿐 최적 파지거리는 알아낼 수 없었지만, 보다 정확한 결과를 보일 수 있고 많은 변수를 조절할 수 있는 프로그램의 개발 가능성은 확인할 수 있었다.

6. 참고문헌

1. W.E. Morton and J.W.S. Hearle, "Physical Properties of Textile Fibers", Heinemann, 1975
2. Kurt Binder, "Monte Carlo and Molecular Dynamics Simulations in Polymer Science", Oxford Univ. Press, 1995
3. Bhupender S. Gupta and Yehia E. EL Mogahzy, "Friction in fibrous materials, Part 1 : Structural Model", TRJ, 1991, pp.547-555
4. Bhupender S. Gupta and Yehia E. EL Mogahzy, "Friction in fibrous materials, Part 2 : Experimental and Morphological Factors", TRJ, 1991, pp. 547-555
5. N.A.G. Johnson, "Computer simulation of drafting", JTI, 1981, pp.69-79
6. 이동한, 이성덕, 황강진, "시뮬레이션 이론과 실제", 교학사, 1993
7. G.A.R. Foster, "Fiber motion in drafting", JTI, 1951, pp.336-374
8. P.F. Grishin, "Theory of drafting and its applications", JTI, 1954, pp.167-266
9. M. Hannah, "The theory of high drafting", JTI, 1950, pp.57-123
10. Marcus O. Weber, Burkhard Wulffhorst, "Fiber motion in roller drafting", TRJ, 1997, pp.10-13
11. G.L. Louis, L.A. Fiori, "How distribution of fibers in the drafting zone affects drafting force and yarn of cotton/polyester blends", TRJ, 1976, pp.322-323
12. Yehia E. El Mogahzy and Roy M. Broughton, "A new approach for evaluating the frictional behavior of cotton fibers", TRJ, 1993, pp.165-175