

섬유수학

- 섬유(1) -

1. 개 요

섬유란 쉽게 구부러지고, 미세하며, 두께에 대한 길이의 비가 매우 큰 것으로 특징지어지는 물질이다.

섬유에 대한 이와 같은 정의는 Textile Institute에서 발간한 "섬유용어 및 정의"에서 발췌한 것으로서, 섬유의 특성을 빠뜨리지 않고 섬유를 간단히 정의하기는 매우 어렵다. 어떤 사람은 단면적에 대한 길이의 비가 매우 큰 가느다란 빔(beam)으로 섬유를 생각할 수도 있다. 섬유물리와 섬유화학을 전공하는 사람들은 섬유내부구조에 흥미를 갖고 분자구조적인 측면에서의 역학적, 화학적 거동을 설명하기 위해 노력하고 있다. 기타 분야에 종사하는 사람들, 예를 들면 생물학자, 경제학자, 방직기술자, 제직기술자 등도 각기 다른 관점에서 섬유를 정의할 것이며 그 같은 개념들은 그 나름대로 섬유의 개념을 형성한다.

본 고에서는 섬유의 치수 및 물리적 성질과 관계되는 여러가지 문제들을 고찰하고자 한다.

2. 섬유의 치수(dimension)

2.1 섬유장(Fiber length)

2.1.1 개요

섬유가 길이를 갖는다는 것은 너무도 당연하다 다만 방직하기 위해 어느 정도의 길이가 되느냐 하는 것이 문제이다. 여기서는 섬유장 측정자료들을 분석하는 방법에 대해서 알아보하고자 한다. 인조섬유의 경우에는 섬유장과 섬도 모두 조절할 수 있지만, 천연섬유의 경우에는 심지어 1개의 베일(bale)내에서도 섬유장과 섬도의 변동이 존재한다. 섬유를 생각할 때 2가지의 기본특

성을 고려해야 하는데 길이 및 길이 변동계수가 그것 이다.

2.1.2 평균섬유장, 누적도수 다이어그램 및 변동계수

섬유장을 측정한 후 자료를 분류하여 산술평균을 구한 것이 <표 1>이다. 각 구간의 도수들은 히스토그램 또는 도수다각형의 형태로 표시할 수 있고 누적도수 다이어그램으로도 표시할 수 있다. <표 2>는 <표 1>의 자료를 누적도수분포표로 작성한 것이며, <그림 1>은 그것을 다이어그램으로 그린 것이다.

<표 1> 500개 섬유의 측정치

1	2	3	4	5	6
길이(mm)	도수	편차	편차×도수	(편차) ²	(편차) ² ×도수
x	f	$x - A$	$f(x - A)$	$(x - A)^2$	$f(x - A)^2$
50	5	16	80	256	1,380
46	15	12	180	144	2,160
42	35	8	280	64	2,240
38	56	4	224	16	896
			764		
34	76	0		0	0
30	64	-4	256	16	1,024
26	56	-8	448	64	3,584
22	52	-12	624	144	7,488
18	47	-16	752	256	12,032
14	36	-20	720	400	14,400
10	30	-24	720	576	17,280
6	20	-28	560	784	15,680
2	8	-32	256	1,024	8,192
			-4,336		
A=34	500		-3,572		86,356

임의의 평균 = 34

그러므로, 산술평균, $x=34+(-\frac{3,752}{500})$

= 26.86mm

수정하지 않는 제곱의 합 = 86,356

수정 = $\frac{(-3,752)^2}{500}$

= 25,430

수정된 제곱의 합 = 86,356 - 25,430

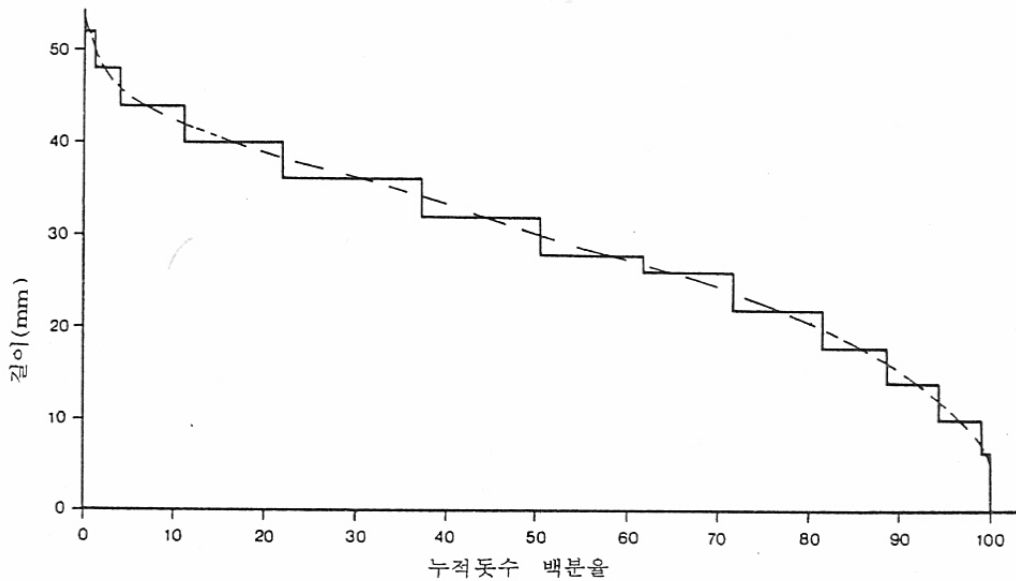
= 60,926

분산 = $\frac{60,926}{500}$

= 122

<표 2> <표 1>의 자료로 작성한 누적도수분포표

1	2	3	4	5
길이(mm)	도수	누적도수	도수백분율	누적도수 백분율
50	5	5	1.0	1.0
46	15	20	3.0	4.0
42	35	55	7.0	11.0
38	56	111	11.2	22.2
34	76	187	15.2	37.4
30	64	251	12.8	50.2
26	56	307	11.2	61.4
22	52	359	10.4	71.8
18	47	406	9.4	81.2
14	36	442	7.2	88.4
10	30	472	6.0	94.4
6	20	492	4.0	98.4
2	8	500	1.6	100.0



<그림 1> 섬유길이의 누적도수 다이어그램<표 2>의 자료

<표 2>의 3번째 칸에 있는 누적도수는 2번째 칸에 있는 도수를 계속해서 더한 것이다. 예를 들어 $5+15 = 20$, $20+35 = 55$ 등. 다음에는 구간도수들을 백분율로 계산해서 (4번째 칸) 누적도수 백분율(5번째 칸)을 구한다.

<그림 1>은 누적도수 백분율을 섬유장에 대해 플롯한 것이다. 이 분포도 여전히 도수분포라는 것을 주목할 필요가 있다. 왜냐하면 섬유수를 섬유장에 대해 플롯하였기 때문이다. 구간 간격이 매우 작고, 섬유수가 많을 경우에는 그림에서와 같은 점선 모양이 되는데 우리는 그것을 누적도수분포곡선이라 한다.

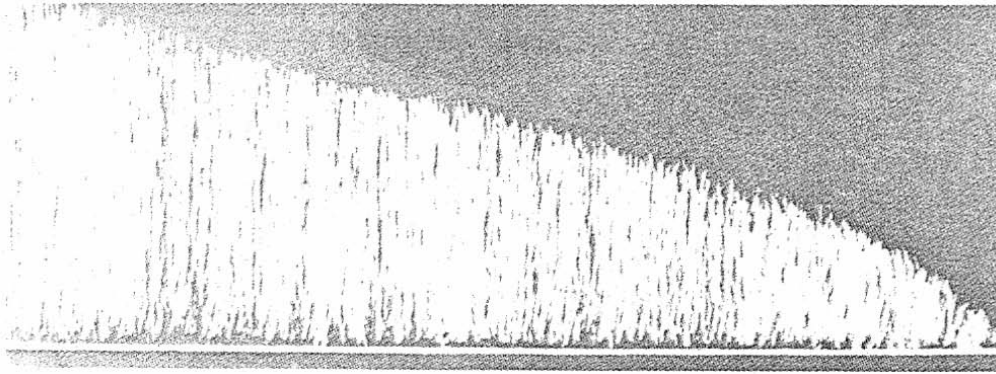
좀 이상한 일이지만 방직기술자들은 기계를 세팅할 때 섬유장의 산술평균치와 변동계수를 적용시키려 하지 않고 장섬유의 섬유장을 고려해서 기계를 세팅한다. 그렇기 때문에 어떤 특별한 방법이 사용된다. 누적도수분포곡선 이외에도 도수를 무게로 바꿔서 무게분포곡선을 얻는 경우도 있는데, 그 이유는, 천연섬유의 경우 단위길이당 무게가 다를 수 있기 때문이다. 이 방법은 다른 나라에서 보다 미국에서 더 많이 사용하는 것 같다.

2.1.3 면섬유의 유효섬유장

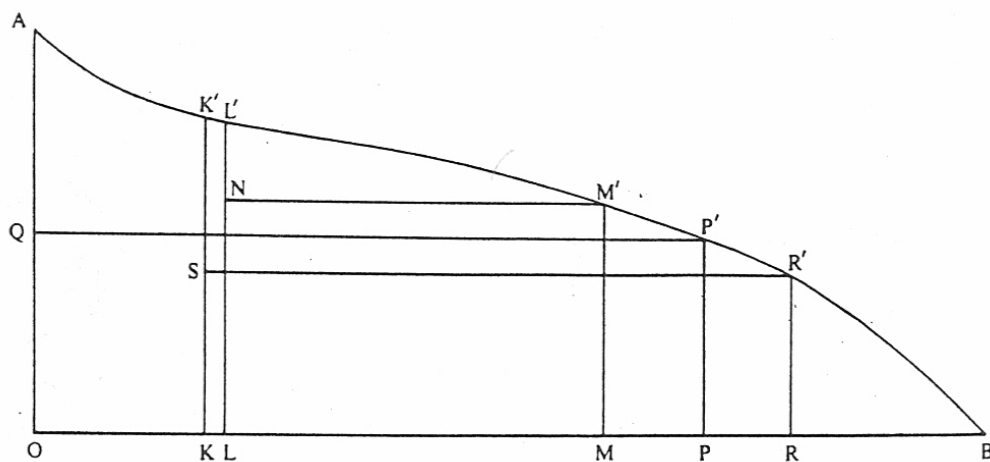
면섬유의 유효섬유장은 주류를 이루고 있는 장섬유의 길이로서 정의된다.

이것은 면섬유시료의 도수분포곡선을 기하적으로 분석해서 구한다.

간단히 설명하면 집단을 대표할 수 있는 면섬유를 소량취하여, 그것들을 잘 빋질해서 평행하게 하여 섬유의 한쪽 끝을 기준선을 따라 검은 벨벳위에 길이 순서대로 배열시켜서 서오터 다이어그램을 만든다. <그림 2>가 면섬유의 전형적인 소오터 다이어그램이다. 이것을 그려서 기하학적으로 분석하여 유효섬유장을 구한다.



<그림 2> 소오터 다이어그램(sorter diagram)



<그림 3> 소오터 다이어그램의 분석

<그림 3>에서 세로축은 섬유장이고 가로축은 도수를 나타낸다. 소오터 다이어그램에서 섬유가 균일하게 배열되어 있다고 가정하면, 가로축상에서의 거리는 도수에 비례한다. 유효섬유장을 구하는 방법은 다음과 같다.

- ① Q를 $OQ = \frac{1}{2}OA$ 가 되도록 잡는다. 즉 $OQ = \frac{1}{2}OA$
- ② Q로부터 OB에 평행하게 QP'를 그어 곡선과 P'점에서 만나게 한다.
- ③ 수선 PP'를 긋는다.
- ④ K점을 $OK = \frac{1}{4}OP$ 가 되도록 잡고 수선 KK'를 세운다.
- ⑤ KK'의 중점을 S로 한다.
- ⑥ S로부터 OB에 평행하게 SR'를 그어 곡선과 R'에서 만나게 한다.
- ⑦ 수선 RR'를 내린다.
- ⑧ $OL = \frac{1}{4}OR$ 이 되도록 L점을 잡는다.
- ⑨ 수선 LL'를 긋는다.
- ⑩ LL'가 유효섬유장이다.

소오터 다이어그램에는 다음과 같은 몇 개의 가정이 전제되었음에 유의해야 한다.

- ① 소오터 다이어그램에서 섬유는 균일하다. 이렇게 되어야만 가로축 상에서 거리가 도수에 비례하게 된다. 그러나 절대적인 균일성은 얻을 수 없다.
- ② 실험에 사용한 시료는 모집단을 대표한다. 그렇게 되기 위해서는 샘플링하는데 상당한 주의를 요한다.
- ③ 섬유는 그 한쪽 끝이 가로축상에 정확히 놓여지며 길이 순으로 배열된다. 이를 위해서는 저배율의 확대경으로 소오터 다이어그램을 작성하는 방법도 있지만 이 문제를 완전히 해결할 수 없다. 곡선을 그릴때도, 기하학적으로 분석할 때도 오차가 발생할 수 있다. 이상과 같이 여러가지 오차가 발생할 소지가 있지만 이 방법이 면섬유의 길이 특성을 조사하는 표준방법이다.

2.1.4 유효섬유장과 스테이플 길이

원면품선자가 면섬유의 길이를 평가할 때 손으로 면섬유의 터프트를 만들어서 평평한 검은 판 위에 놓는다. 터프트의 끝부분에는 그 밀도가 심하게 변하는 뚜렷한 가장자리가 있게 되는데, 품선자는 이러한 가장 자리를 길이 측정시 한계치로 이용한다. 이렇게 측정한 길이를 스테이플 길이라고 하는데 最頻길이(modal length)와 거의 일치한다. 그러나 이 같은 측정은 주관적인 측정이므로 측정자간의 차이가 발생할 수 있다. 더욱이 면섬유의 판매는 세계 도처에서 행해지므로 그 같은 오차가 발생할 소지가 더 많다. 따라서 그 같은 오차를 줄이기 위해서 표준이 되는 면섬유가 있으며, 품선자는 섬유장을 측정표준과 비교함으로써 자신의 측정을 보정할 수 있다. 소오터 다이어그램을 작성하고 분석하여 구하는 길이를 유효섬유장이라고 하는 반면 품선자가 측정한 길이를 스테이플 길이(staple length)라 한다. 이 두가지는 어떻게 다른가? 이 문제를 검사한 결과 유효섬유장으로부터 스테이플길이를 예측할 수 있는 표가 만들어졌는데 <표 3>이 그것으로, 단위는 1/32in이다.

<표 3> 스테이플 길이(S)와 유효섬유장(L)의 관계

L	S	차(L-S)
28	25.9	2.1
29	26.9	2.1
30	27.9	2.1
31	28.8	2.2
32	29.8	2.2
33	30.7	2.3
34	31.6	2.4
35	32.4	2.6
36	33.2	2.4

37	34.0	3.0
38	34.8	3.2
39	35.6	3.4
40	36.3	3.7
41	37.1	3.9
42	37.9	4.1
43	38.8	4.2
44	39.7	4.3
45	40.7	4.3
46	41.9	4.1
47	43.1	3.9

$$L - S = 2.1 + 1.13(L - 26)^4 (51-L)^{3/2} \times 10^{-6}$$

스태이플길이가 유효섬유장보다 짧은데, 그 차이는 일반적으로 섬유장이 길수록 크다. 차이를 계산할 수 있는 식이 <표 3>의 밑부분에 나와 있다.

그런데 어떤 경우에는 유효섬유장이 더 짧은 경우도 있다. 예를 들면 장섬유의 이집트면인 경우가 그러하며, 그 차이는 약 1/32in 정도이다.