섬유속의 균제도(제2부)

(Regularity of Tops, slivers and Yarns, Part Ⅱ)

Wool Science Review, No.25, Sept 1964 P32-44

1. 불균제도를 연구하기 위한 수학적 모형

1.1 일반적 고찰

대부분의 경우에 있어서 섬유속의 불균제도는 주의현상이다. 따라서 이것을 연구하기 위하여 설계된 수학적 모형은 확률모형이어야 한다. 그러므로 이 목적을 위해서는 견신작용을 연구하기 위하여 사용된 수력학적 모형을 사용할 수가 없다. (예를 들면 Ambler Superdrafter의 연구에 있어서([8]참조) Drafter는 일정모형 혹은 평균치를 사용함에 의하여 그 확률특성이 즉시 제거되는 모형이다)

이 목적을 달성하기 위하여서는 섬유속의 불균제도의 모형에 의하여 불균제도를 생성시키는 현상의 전모를 상세히 확률방법으로 연구할 수 있어야 한다. 이러한 모형들을 합당하게만 사용한다면 이러 이러한 원료를 사용하여 이러 이러한 제조방법에서 생성되는 불균제도를 예측할 수 있어야만 하고 불균제도의 원인을 항목화할 수 있어야 하며 어떠한 방법으로든지 개량 방법을 지시하므로서 섬유기계개량에 종사하는 기술자들의 작업을 용이하게 해야 한다. 그러나 불행히도 현재에는 이 사항들에 관한 지식은 거의 영이다. 다만 지금까지 알려진 모형은 1946년에 Martindale에 의하여 발표된 것으로 [12], 이것은 실제로 제조된 섬유속의 불균제도를 기술하기 위한 것이 아니고 현존하는 기계가 완전한 것이라고 가정할 때 그 기계로 생산되는 섬유속의 불균제도를 기술하기 위한 것이다.

1.2 Martindale의 모형

Martindale의 모형은 제조과정의 분석에 기초를 둔 것으로 이것이 모형의 큰 장점이다.

거의 평행섬유로 된 방적사 제조공정의 여러 단계를 차례로 관찰하고 Martindale [12],[13]은 현존하는 기계(혹은 기술적으로 개선되었다고 해도 근본적으로 같은 기계)에의한 불균제도는 작업방법에 고유한 불균제도 보다 더 많이 생성되고 이것은 다음의 두 가지 원인중의 한가지에 기인된다고 결론지었다.

(a) 불안정한 작업(어느 순간에 기계를 기술하는 Parameter가 시간에 관하여 변화한다는 의미) 이 결함의 예는 다음과 같다. 즉,

-원료의 통계적 이질성

-Card를 공급하는 기구의 불연속성

-점진적인 장애에 의하여 생기는 Card의 성질의 늦는 경향과 각 위치에서 생기는 급동

-마모에 의하여 견신 Cylinder가 편심되고 타원형으로 되는 경향

-Bobbin의 중심으로 외층으로 갈수록 권취속도가 커짐에 따라 생기는 견신률의 변화

(b) 섬유의 비독립성(인접한 섬유들은 서로 영향을 미친다)

이 결점의 전형적인 예는 Balls[1]와 Foster[5],[6]가 기술한 바와 같이 Draft 파가 형성되는 가정적인 과정으로서 공급 Cylinder와 견신 Cylinder사이에 부유되어 있는 단섬유들은 이들이 접촉되어 있는 장섬유에 의하여 과도하게 큰 속도를 갖기 때문에 생기는 것이다.

그러므로 Martindale은 섬유속이 $-\infty$으로부터 $+\infty$까지 달한다고 가정하면 섬유기계의 현존하는 원리로 이상적인 섬유속의 모형을 얻을 수 있다고 결

론지었다.

(a) 섬유들은 임의의 길이와 번수로 된 균질적인 원주이고 섬유속의 축에 평행히 놓여 있다.

(b) $a_1 < b_1 \leq a_2 < b_2 \leq a_3 < b_3 \leq \cdots < a_p \leq b_p$ 일 때 (a_1,b_1), $\cdots$,(a_p,b_p)를 각각 길이 L_1, $\cdots$, L_p의 p개의 연속되지 않은 절편이라고 하고 Ni 룰 구분(ai, bi)에 있는 섬유단(Fibre ends)의 수라고 하면 Ni, $\cdots$,Np는 그 분포가 Li에만 의하여 결정되는 독립확률변수이다.

(그러므로 그 차를 제외하면 ai와 bi에 독립이고 이 차가 없으면 정지모형이 된다) 이것은 다음과 같은 상수 v가 존재한다는 것을 의미한다.

$$\frac{\mathrm{Lin}}{\mathrm{Li} \to \mathrm{O}} \frac{1}{\mathrm{Li}} \Pr[\mathrm{Ni} \geq 1] = \mathrm{v}$$

(c) 섬유들은 서로 독립이므로 같은 곳에 여러 개의 섬유단을 둘 확률은 거의 무시할 정도이다. 즉,

$$\frac{\mathrm{Lim}}{\mathrm{Li} \to \mathrm{O}} \frac{1}{\mathrm{Li}} \Pr[\mathrm{Ni} \geq 2] = \mathrm{O}$$

그러므로 Ni들은 서로 독립인 Possion변수이고 K, ai 및 bi의 값이 무엇이든 간에

$$\Pr[\mathrm{Ni} = \mathrm{K}] = \frac{1}{\mathrm{K!}} \exp(-\mathrm{vLi})(\mathrm{vLi})^{\mathrm{k}}, \mathrm{E(Ni)} = \mathrm{vLi}, \mathrm{Var\ Ni} = \mathrm{vLi}$$

이 성립한다. (Li=1인 특별한 경우는 v가 단위 길이에 있는 섬유단의 평균수이다.

(d) 그리고 섬유들의 상호 독립성 때문에 유일한 이변수분포 F(e,a)가 존재한다. 즉, 각 섬유가 서로 독립이면

Pr(길이$\leq l$, 번수$\leq$a)=F(l,a)가 된다. 이 분포의 적률은 Palmer의 기호에 의하면 ([5]참조) 다음과 같이 된다.

$$\int_0^\infty \int_0^\infty l\mathrm{n_a m} dF(l, \mathrm{a}) = [1; l\mathrm{n_a m}]; [l\mathrm{P_a g}; l\mathrm{r_a s}] = \frac{[1; l\mathrm{p} + \mathrm{r_a\ \ g} + \mathrm{s}]}{[1; l\mathrm{p_a g}]}$$

특히 [1;*l*]은 본수평균장이고 [*l*;a]는 편장평균번수이다.

이와 같이 정의된 모형은 연구하기가 쉽다. 특히 n(x)를 횡좌표 x인 단면을 통과하는 섬유수라고 하고 T(x)를 x에서의 섬유속의 국부번수라고 하면

(a) n(x)와 T(x)는 x에 독립인 확률변수이다.

(b) n(x)는 Poisson변수이므로 (그림 1 참조)

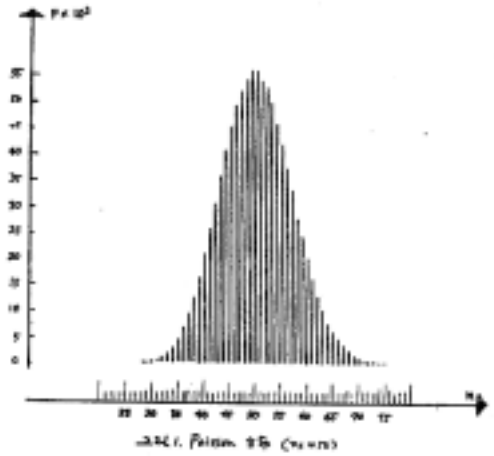
$\mu_n = n_s = v[1;l]$

$\delta_n^2 = n_s; CV_n{}^2 = Vn_s;$ 이 된다.

(c) A(x)는 그 분포가 편장번수의 분포인 n(x)개의 확률변수 aj(j=1,2,···,n(x))의 합계이다.

즉, E(a′)=[*l*;a];Var a′=[*l*;a^2]-[*l*;a]^2

1+CV_a2=[*l*;a^2]/[l;a]2;



그러므로

$$CV_T{}^2 = \frac{CV_a{}^2}{n_s} + CV_n{}^2$$

$$= \frac{1 + CV_a{}^2}{n_s} \cdots\cdots\cdots (a)$$

μT=n_s[*l*;a]=V[1;*l*a];

$$= \frac{1[l;a^2]}{\mu_1[l;a]} \cdots\cdots\cdots\cdots (b)$$

1.3 불평균제도의 상대적인 특징

Martindale의 모형은 최소불균제도의 섬유속을 기술한 것이므로 이상적인 것과 실제 섬유속에 대하여 측정한 결과를 비교해야 한다.

우선 개지 적률[1;*l*], [*l*;a];[*l*;a^2]의 섬유로 만들어진 평균번수 μT의 섬유속이 있다고 하고 이때, CV_T;obs를 이 섬유속에 대하여 측정된 국부번수의 변동계수라고 하고 CV_T;M을 같은 길이의 섬유로 된 같은 평균 번수의 Martindale의 섬유속에 대한 국부번수의 변동계수라고 하면(식(a)및 (b)참조) 다음 식이 성립한다.

$$I = \frac{CV_T;obs}{CV_T;M} = \frac{\sqrt{n_s}}{1+CV_a{}^2} CV_T;obs$$

Ⅰ은 11h다 크며 실제 섬유속이 Martindale의 이상형에 가까워지면 1이 된다.

Martindale이 이러한 연구를 하기 전에 Huberty는 같은 목적으로 다음 연수 K를 사용하였었다.[11]

$$K = \sqrt{n_s} CV_T;obs(\geq 1)$$

(Huberty의 논문은 Martindale의 것보다는 뒤진 것이지만 섬유의 완전한 임의분포의 개념에 기초를 두었다)

다음은 대륙소모방식의 양모섬유에 대한 I와 K의 대표적인 값들이다.

-직선 Comb으로 부터의 Top ; I~18(K~20);

-제직 Top ; I~8(K~9)

-Sliver(최종단계); I~1.60(K`1.80)

-소모사; I~1.20(K~1.35)

I(혹은 K)의 값은 백분률로 표시하는 것이 보통이므로 위의 I값들은 1,800,800,160,120이 된다.

I의 실제적인 계산에 관한 한 섬유들이 같은 종류라면 인자($1+CV_a^2$)는 한 Lot와 다른 Lot간에 거의 변화가 없다는 것을 알 수가 있다. 즉, 양모에 대하여 $\sqrt{1+CV_a^2}$ 은 약 1.12이다. (면에 대해서는 1.06, 인조섬유의 균일 Lot에 대해서는 1, 혼방사일 때에는 식(b)를 사용하는 것이 좋다; [2]참조)

"불균제도지수"(Index of Irregularity)라는 용어가 있지만 계수 Ⅰ에 적용될 명칭으로는 합의되지 않았다. (정확하고 동시에 감정적으로 중립이라는 장점을 가진 "entropy 지수"는 불행히도 일반적으로 채택될 기회를 갖지 못했다) 그러므로 용어에 대한 불일치는 섬유속의 불균제도의 특성으로서의 Ⅰ의 유용도에 대한 좀 더 깊은 부동의의 표시가 된다. 일반적으로 Ⅰ는 방적에 있어서 기술평가의 좋은 지수라는 것이 적합하다. Ⅰ가 1에 가까우면 가까울수록 방적기술자는 그의 마음대로 얻은 원료로부터 최선의 결과를 얻은 것이 된다. 그러나 이 생각은 과도한 불균제도가 부적당한 원료에 의하거나 혹은 합격된 원료를 잘못 취급하거나 하여 생겼거나에 관계하지 않으므로 일정한 수준의 불균제도의 실을 제조하려고 하는 사용자에게는 흥미가 없을 것이다. 그러므로 예를 들어서[*l*;a]=500mtex인 양모섬유로 제조되 평균번수 40tex의 소모사를 생각하자. 이때 $1+CV_a^2=(1.12)^2$ 이므로 이 실에 대해서는

$n_s = \frac{40}{0.500} = 80; CV_T; M = \frac{1.12}{\sqrt{80}} = 0.125(12.5\%)$ 가 된다. 즉, 실의 소비자가 $CV_T;obs \leq 0.16(16\%)$로 만족한다면 이 한계는 $I \leq \frac{0.16}{0.148} = 1.08(K \leq 1.21)$ 에 해당한다. 즉, 의심없이 보정하기에는 불가능한 상당히 높은 표준의 공정에 해당한다.

이러한 생각은 일반적으로 잘 채택되어진다. 그러나 CV_T; obs는 실제로 사용자에게 관계가 있는 불균제도 수준의 값이라는 가정은 아직 정명되지 않았다.

예를 들어서

$$\delta_T; I\frac{\delta_T}{\sqrt{\mu_T}}\sqrt{\frac{[l;a]}{[l;a^2]}} \div \frac{\delta_T}{\sqrt{\mu_T}}; CV_T = \frac{\delta_T}{\mu_T}$$

이들 중의 선택에 대해서는 연속적인 이유가 없다. 사실상 실의 불균제도가 이 실로 만들어진 직물의 성질에 미치는 효과에 대해서는 아는 바가 거의 없다. 이것은 불균제도의 여러 가지 계수의 각 장점이 유용하게 사용될 수가 없기 때문이다. 그러나 확실히 Ⅰ는 방적기술자에게 작업평가의 우수한 지수가 된다.

4.4 기타 모형

위에서는 Martindale이 그의 모형을 기초로 하기 위하여 채택한 가정의 경험적인 정당성을 주장하였다. 이것과 관련하여 번수 Feed Back(자동균제기)의 방적에의 도입은 Martindale에 의하여 설정된 상호 독립성에 반대가 된다는 것에 주의해야 한다. 그러므로 원리상 이러한 방법으로 만들어진 섬유속들의 Ⅰ값이 1보다 작게 된다는 것은 불가능하지 않다.

문헌에 나타난 기타 모형들은 다음과 같다.

-“Bernoulli” 모형, 여기서는 단면에 있는 섬유수가 제한된다[19]

-“Ladder” 모형. 여기서는 각 섬유가 주의의 길이 방향의 변위를 한다[9]

-“Bunch”모형. 여기서는 섬유가 군으로 되는데 그 크기는 다소 주의의 방법으로 섬유의 길이에 관계된 것.[18],[14]

비정상 Poisson모형. 이것은 Martindale 모형과 같은 것으로 섬유단의 밀도

가 변하는 것.[3]

확실히 이러한 모든 모형들은 Martindale 모형보다 불균제도가 더 커진다. 그러나 이것들이 방적현상의 어떤 목적적인 분석에 기초를 둔 것이 아니므로 그것들이 많은 실제적인 중요성이 있는지는 의심스럽다. 똑 같은 사실을 1941년에 Spencer-Smith와 Todd에 의하여 발표된 모형[16]에 대하여서도 말할 수가 있는데 이 모형은 사실상 Martindale 모형과 동일한 것으로 어떤 의미로 또 어느 범위에서 그것이 최적조건을 이루는지를 보이지 않고 다만 연속적으로 정의된 것일 뿐이다.

그러나 Martindale의 모형[17]보다 더 실제적인 모형을 설정하는 것이 중요하다는 것은 말할 필요도 없다. 최근에는 불완전한 견신방법이 Martindale섬유속의 불균제도에 미치는 영향에 대한 연구가 시작되었다. 그런데 비록 이것이 흥미는 있을지 모르지만 이 방법은 불편한데 그 이유는 정의에 의하면 이것이 단지 한 견신공정의 연구에만 진력되었기 때문이다.(즉, 가정에 의하여 견신후의 섬유속은 Martindale 섬유속이 아니기 때문이다) 비정상 Poisson 모형의 도움으로 비정상성의 영향과 “Bunch” 모형의 방법으로 섬유의 비독립성의 영향을 별도로 연구하여 중요한 진전을 이룬다는 것은 불가능하지가 않다.