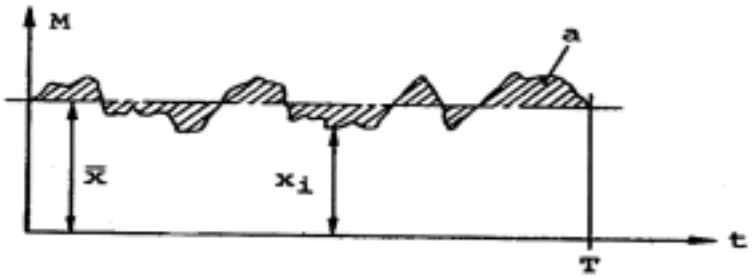
방적사의 균제도 특성과 관리(2)

제 2 장 불균제도 및 변동계수

다이어그램은 섬유집합체에 대한 단위 길이당 무게 변동을 나타내지만, 품질분석은 하고, 이와 관련 수리 통계학에서는 불균제도(U%)와 변동계수(CV%)와 같은 두가지 개념을 활용한다.

2.1 불균제도(U%)



<그림 2.1> U% 측정원리

x_i는 순간 선밀도, $\bar{x}$는 평균 선밀도, M은 선밀도 축, T는 측정 시간, a는 순간 선밀도와 평균 선밀도 사이의 면적(음영 부분)이라고 할 때, 불균제도(U%)는 다음과 같이 나타낼 수 있다(그림 2.1) :

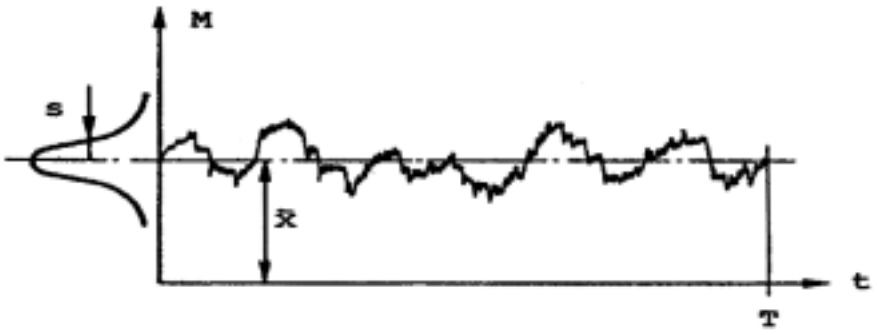
$$U\% = 100 \cdot \frac{a}{\bar{x} \cdot T}$$

불균제도(U%)는 다음과 같이 수학적으로도 정의할 수 있다 :

$$U\% = \frac{100}{\bar{x} \cdot T} \int_0^T \left| x_i - \bar{x} \right| dt [\%]$$

불균제도(U%)는 평균 선밀도에 대한 선밀도 변동 정도에 비례하며, 선밀도 변동이 균일한 경우 측정시간이나 시료 길이에 무관하다. 이러한 관계는 특히 도식적 표현의 경우 측정 시간이 길어지면 a 만 아니라 $\bar{x} \cdot T$ 도 더 커지기 때문에 쉽게 이해할 수 있다

2.2. 변동계수(CV%)



<그림 2.2> CV% 측정원리

선밀도 변동은 섬유 조성이 균일할 때 대략 정규분포를 하는 것으로 간주될 수 있다. 이러한 선밀도 변동 크기의 척도가 표준편차(s)이며, 이는 정규분포곡선의 평균값으로부터 변곡점까지의 거리로 정의된다.

M은 선밀도 축, $\bar{x}$ 는 평균 선밀도, s는 표준편차라고 할 때, 변동계수(CV%)는 다음과 같이 나타낼 수 있다(그림 2.2) :

변동계수(CV%)는 다음과 같이 수학적으로도 정의된다 :

$$CV\% = \frac{100}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T (x_i - \bar{x})^2 dt}$$

수학적으로 표현에서 알 수 있는 바와 같이 평균 선밀도와의 편차가 크면 클수록 변동계수(CV%)에 미치는 영향은 더 커지는데, 통계학에서는 변동계

수(CV%)가 분균제도 (U%)보다 더 중요시되고 있다. 변동계수(CV%)는 정확히 계산될 수 있지만, 불균제도(U%) 계산은 근사적인 방법에 기초를 두고 있다.

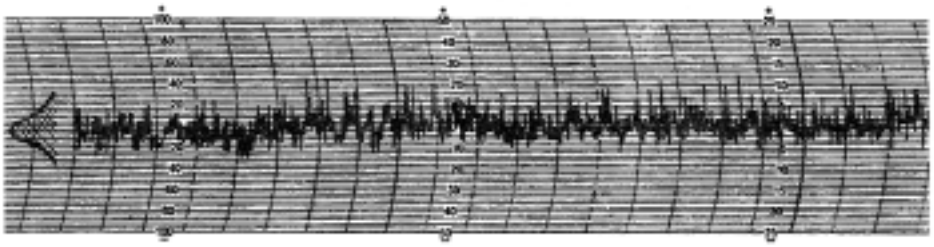
2.3 U%와 CV% 관계

만약 섬유집합체가 선밀도 변동에 대하여 정규분포를 한다고 가정하면, 두 값 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다 :

$$\frac{CV}{U} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1.25, \quad CV = 1.25U, \quad \text{또는} \quad U = \frac{CV}{1.25}$$

섬유집합체에 대해 정규분포를 가정할 수 없다면 이러한 환산에는 오차가 있을 수 있다. 위의 환산식을 적용할 수 없는 경우를 다음에 소개하고자 한다.

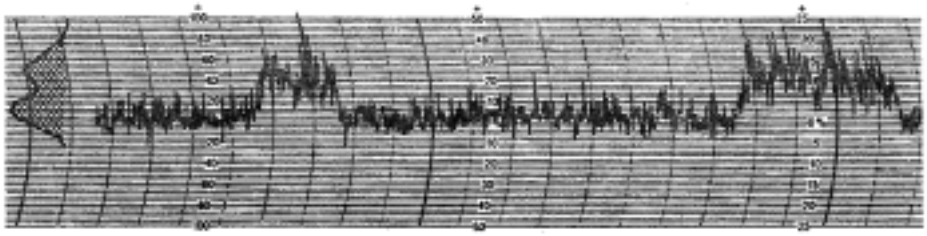
만약 섬유집합체의 선밀도 변동이 대칭분포의 단일 피크 또는 정규분포 경향을 보인다면 CV ≈ 1.25U의 관계(CV와 U사이의 환산계수 = 1.25)가 성립한다. 이오 같은 관계는 무결점 섬유집합체의 경우에도 해당될 수 있다(그림 2.3).



<그림 2.3> 무결점 섬유집합체의 다이어그램

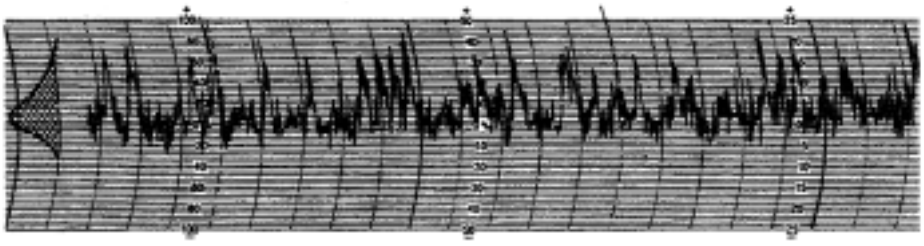
만약 선밀도 변동이 2개 이상의 피크를 갖는다면(평균값 변동이 크게 차이가 나는 섬유집합체), 종래의 균제도 시험기 GGP(U 및 CV의 근사적 계산)인

경우에는 CV ≈ 1.25U가 성립되지만, USTER TESTER Ⅰ과 USTER TESTERⅡ (CV의 정확한 계산, U의 근사적 계산, 근사적 방법인 경우 장파장 변동은 언제나 최대 진폭에 따라 결정되는 것은 아님)의 경우에는 CV ＞ 1.25U의 관계가 성립한다(그림 2.4).



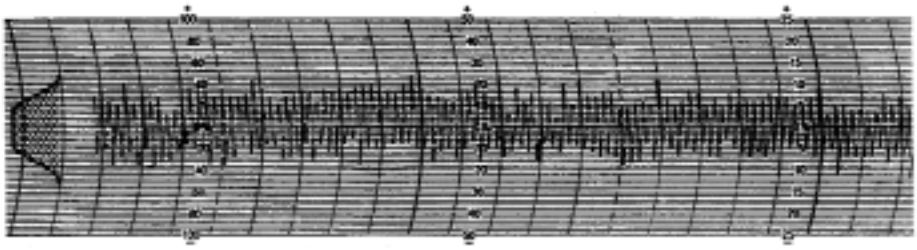
<그림 2.4> 선밀도 변동이 2개의 피크를 갖는 섬유집합체의 다이어그램

만약 선밀도 변동이 비대칭분포의 단일 피크를 갖는다면(빈번하고 두드러진 굵은 결점을 갖는 섬유집합체), 종래의 균제도 시험기 GGP와 USTER TESTERⅠ 및 USTER TESTERⅡ 모든 경우에 CV ＞ 1.25U의 관계가 성립하는데, GGP에서는 CV가 근사적 방법으로 측정되기 때문에 USTER TESTERⅠ과 USTER TESTERⅡ는 GGP 시험기에서보다 환산계수가 더 클 것으로 예상된다(그림 2.5).



<그림 2.5> 선밀도 변동이 비대칭분포의 단일 피크를
가는 섬유집합체의 다이어그램

만약 주기적 선밀도 변동이 심한 섬유집합체의 경우에는 모든 시험기에 대해 CV ＜ 1.25U의 관계가 성립하는데, 이 경우의 분포는 대칭성은 있으나 정규분포 형태에서 벗어난다. 선밀도 변동이 랜덤하지 않고 규칙적 변동인 경우 환산계수는 일반적으로 1.25보다 작다(예를 들어 완벽한 사인곡선의 경우 CV = 1.11U 임). 그러나 섬유집합체의 겨우 주기적 결점이 랜덤 결점에 의해 중첩될 수 있기 때문에, 주기적 결점에 비해 랜덤 변동이 작을 때는 1.25보다 작은 환산계수만 적용할 수 있다(그림 2.6).



<그림 2.6> 주기적 선밀도 변동이 심한 섬유집합에의 다이어그램

◎ 요약

-주기성이나 다른 결점이 없는 경우에는 CV=1.25U를 적용한다.

-결점이 있는 시료(장주기 번수 변동, 빈번한 굵은 결점, 평균값의 순간적 변화 등)는 CV ＞ 1.25U를 적용한다.

-USTER TESTER Ⅰ과 Ⅱ의 CV는 U값보다 더 민감하다. 그러므로 CV에서 U로, 또는 U에서 CV로 환산하고자 할 때 다이어그램을 토대로 1.25의 환산계수 적용 여부를 판단해야 한다.

2.4 Uster Statistics와 품질관리

Zellweger Uster사는 수년간 방적제품의 세계적 품질수준을 통계적으로 나

타내기 위하여 전세계적으로 많은 시료를 수집, 시험 분석한 후, 다음의 물성에 대해 “USTER Statistics” 통계자료를 제공하고 있다:

-슬라이버, 조사, 실의 불균제도

-굵은 결점, 가는 결점, 넵의 빈도

-소위 “드물게 발생하는(seldom occurring)” 사 결점의 빈도

-사 강력 및 신도

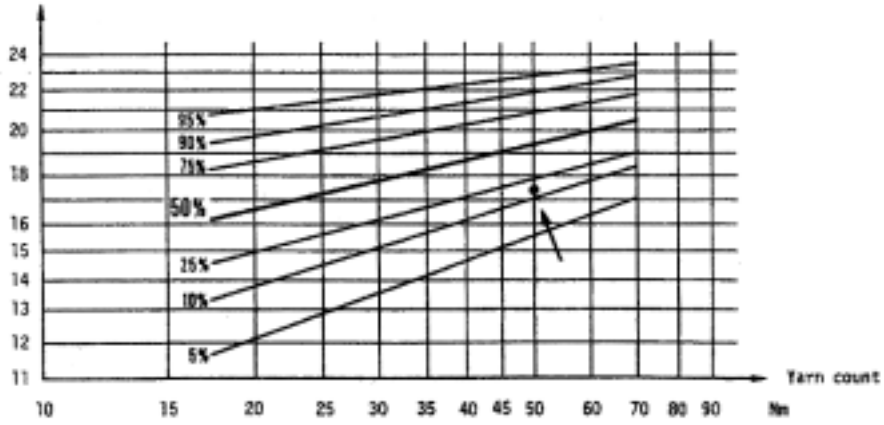
-사 번수 변동

이 자료를 토대로 제품의 품질수준을 세계표준과 비교할 수 있다. <그림 2.7>은 면 100% 소면사의 불균제도(CV%)에 관한 USTER Statistics의 한 예이다.

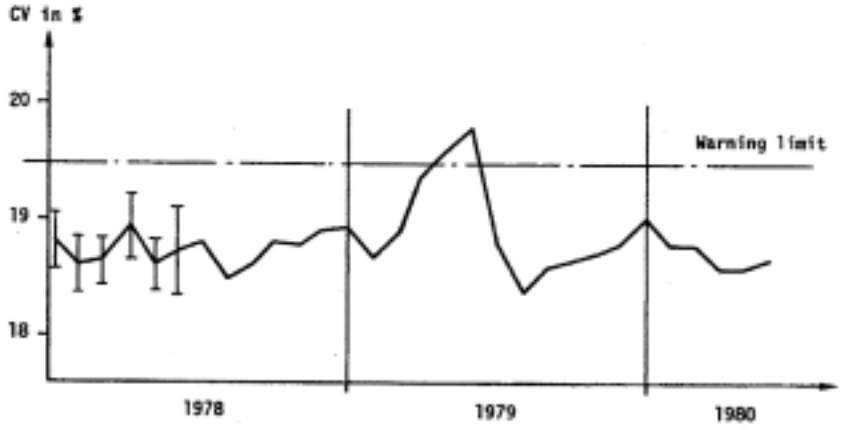
10개 콥에 대한 f이 소면사(Nm 50)의 균제도를 조사한 결과, CV%는 17.4%로 나타났으며, 이 값은 <그림 2.7>에 표시되어 있고, 따라서 이 시료의 CV%는 세계 품질수준 상위 25% 이내에 있고, 전세계 생산의 약 17% 정도의 실만이 위의 CV%보다 더 적은 값을 가짐을 알 수 있다.

방적공장에서는 자사제품 품질을 USTER Statistics와 비교하여, 장기간에 걸쳐 관리할 필요성이 있다. 이 같은 품질관리에 의하여 초기단계에서 원료나 생산기계에 기인되는 품질 변화의 경향을 파악할 수 있다. <그림 2.8>은 기간에 따른 불균제도(CV%)를 나타낸 것으로 이 그림에는 어떤 품질관리 수준 이상을 벗어나지 않도록 하기 위하여 미리 설정된 한계값도 나타나 있다.

한계값은 예를 들어 표준편차의 3배(3s)로 설정되어 그림에 표시할 수 있는데, 이와 같은 표준편차는 품질이 양호한 로트의 품질수준으로부터 계산될 수 있다. 또한 각각의 측정된 점에 대해 변동 변화를 파악할 수 있도록 표준편차(s) 값을 선으로 나타낼 수도 있다.



<그림 2.7> 면 100% 소면사의 불균제도(CV%)에 관한 USTER Statistics



<그림 2.8> 장기간의 CV% 변화

2.5 통계학의 응용

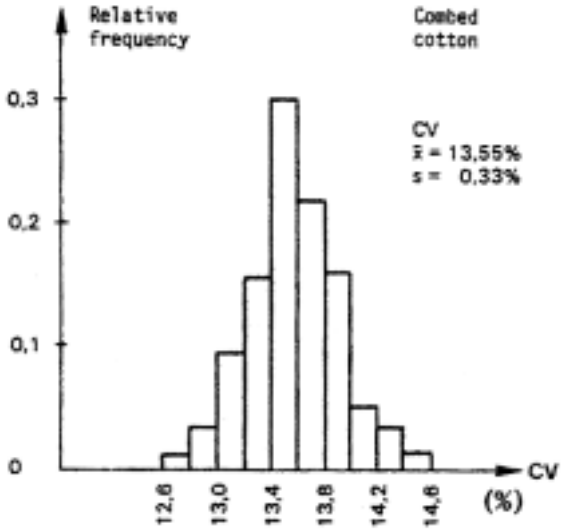
2.5.1 불균제도 및 변동계수의 신뢰구간

이번 절에서는 두 가지 통계값, U% 및 CV%에 대해 평균값의 신뢰구간을 결정하는 방법을 언급하고자 한다. 신뢰구간은 시험결과의 정확성과 체계적 품질관리를 위한 최적 시료크기 설정 뿐만 아니라, 측정값을 USTER Statistics와 비교할 수 있는 한계에 대한 참고자료로 활용할 수 있다.

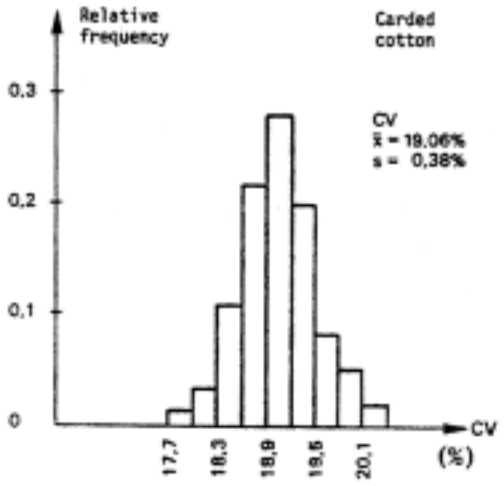
정확한 통계해석을 위해 선행되어야 할 중요사항은 U%/CV%값의 분포를

아는 것이다. 통계적으로 볼 때 이들의 신뢰한계는 정규분포라는 가정을 토대로 계산될 수 있다.

Nm 68(15tex) 정소면사 및 소면사에 대해 각각 100개씩의 보빈을 취한 후, 1회 시험당 실의 길이는 1,000m로 하여 U% 및 CV%를 분석한 결과를 <그림 2.9>와 <그림 2.10>에 나타내었다.



<그림 2.9> 정소면사(Nm 68)의 상대도수 막대그래프



<그림 2.10> 소면사(Nm 68)의 상대도수 막대그래프

위의 도수분포 막대그래프에서 알 수 있듯이 신뢰구간은 정규분포 법칙을 토대로 계산될 수 있으며, 평균값에 대한 95% 신뢰구간은 평균값($\bar{x}$)과 표준편차(s)를 이용하여 다음 식에 의해 계산된다 :

$$Q_{95\%} = \bar{x} \pm k \cdot s$$

여기서, 상수 k는 $t/\sqrt{n}$ 로 다음 표에서 보듯이 시료크기에 따라 결정된다 (단, t는 Student 분포에 따른 상수).

시료 크기(n)	5	10	20	30	40	50	100
상수(k)	1.24	0.715	0.467	0.373	0.32	0.284	0.198

(예) 보빈 100만개 소면사(Nm 68) 로트로부터 10개의 시료를 취해 균제도 시험기에서 CV%를 측정하고, CV%의 평균값에 대한 95% 신뢰구간을 구하고자 하였다.

CV% 시험 결과 : 20.17, 19.07, 21.42, 20.77, 19.24, 19.50, 20.13, 21.89, 20.07, 20.20

평균값 : $\bar{x}$ = 20.25%

표준편차 : s = 0.904

$$\therefore Q_{95\%} = \bar{x} \pm k \cdot s = 20.25 \pm 0.715 \cdot 0.904 = 20.25 \pm 0.647$$

만약 이 로트의 모든 보빈을 시험하였다면 로트의 실제 평균값을 알 수 있을 것이지만, 여기서는 10개의 보빈만을 시험했기 때문에 실제 존재하는 범위만 알 수 있으며, 시료크기가 커지면 이 결과의 허용오차는 작아질 것이다.

이같이 구한 CV% 평균값에 대한 95% 신뢰구간에 의해 모든 로트의 실제

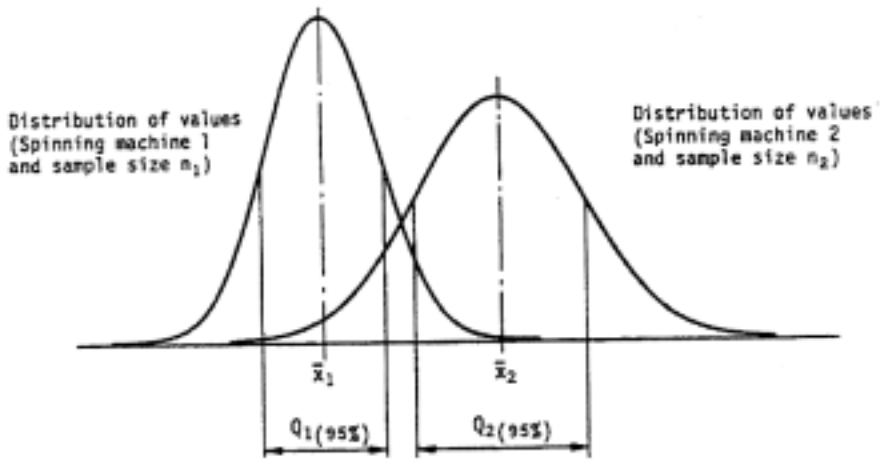
CV% 평균값은 19.60%~20.90% 사이에 존재할 것이다.

이 경우 오류를 범할 확률, 즉 실제 CV% 평균값이 19.60%~20.90% 사이에 조재하지 않을 확률은 5%이다. 앞서 언급한 바와 같이 시료크기를 크게 하면 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있다.

2.5.2 평균 차이의 유의성 검정(t-검정)

1) 두 기계 또는 두 로트간 비교

2대의 기계 또는 서로 다른 두 로트로부터 취한 시료의 U%(또는 CV%) 평균값 $\overline{x_1}$과 $\overline{x_2}$를 비교할 때, <그림 2.11>에서 보는 바와 같이 $\overline{x_1}$과 $\overline{x_2}$가 같은 것으로 간주될 수는 없다.



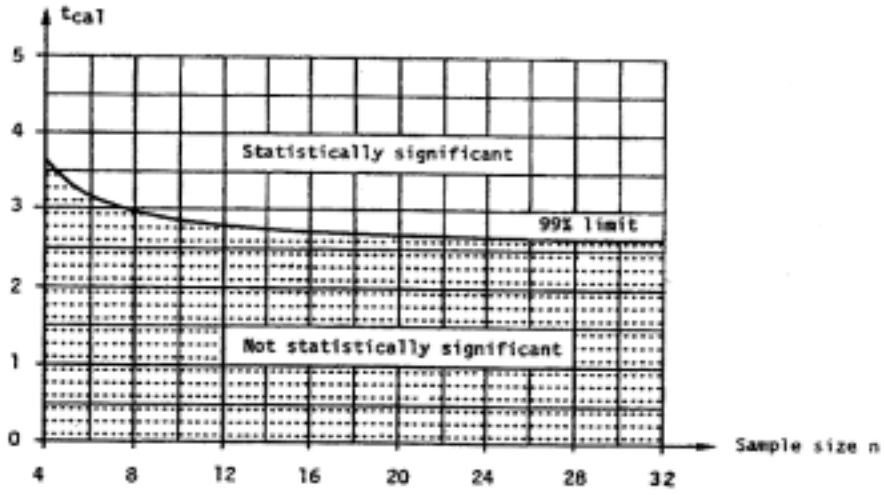
<그림 2.11> 2가지 다른 기계 또는 로트로부터 취한
시료의 불균제도 분포 및 95% 신뢰구간

이 경우 두 분포간 통계적으로 유의한 차이가 있는 한계를 결정하기 위하여 2개 시료에 대한 평균값($\overline{x_1}, \overline{x_2}$)과 표준편차($s_1$, s_2)를 구한 후, 검정통계량

(t_{cal})을 다음의 공식에 따라 구한다 :

$$t_{cal} = \left|\overline{x_1} - \overline{x_2}\right| \cdot \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{s_1^{\,2} + s_2^{\,2}}} \qquad (\text{단, } n_1=n_2=n)$$

<그림 2.12>는 시료 크기별로 99% 신뢰구간에 대한 유의성 한계를 나타낸 것이다.



<그림 2.12> 평균의 99% 신뢰구간에 대한 통계적 유의성 한계

어떤 검정통계량 값이 99% 한계선 밖의 범위에 놓이게 되면 두 집단의 물성분포차이는 통계적으로 유의하다. 반면에 한계선 안에 놓이면 두 집단의 물성분포 차이는 통계적으로 유의하지 않다.

만약 두 집단의 물성분포 차이가 통계적으로 유의하다면 그 차이가 기계의 작동 상태 때문에 발생한 것인지, 또는 다른 원료에 의해 발생한 것인지를 검토해야 한다.

(예) Nm 100(10tex)의 정소면사를 6개월 전에 제조하여 이 로트로부터 취한 30개 보빈 시료에 대한 CV% 시험결과는 다음과 같고

CV% = 평균($\overline{x_1}$) = 16.5%, 표준편차(s_1) = 0.78, 시료 크기(n_1) =30.

동일한 고객을 위해 현재 시점에서 같은 제품을 생산한 후, 30개 보빈 시료에 대한 CV% 시험결과가 다음과 같을 때,

CV% : 평균($\overline{x_2}$) = 17.2%, 표준편차(s_2) = 0.85, 시료 크기(n_2)=30

6개월 전 로트와 현재 로트 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는지 알고자 하면,

$$t_{cal} = \left|\overline{x_1} - \overline{x_2}\right| \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{s_1^{\,2} + s_2^{\,2}}} = \left|16.5 - 17.2\right| \frac{\sqrt{30}}{\sqrt{0.608 + 0.723}} = 0.7 \cdot 4.75 = 3.32$$

가 되어, 이 값은 <그림 2.12>에서 볼 때 통계적으로 유의한 영역에 놓여 있으므로 두 로트간 물성분포는 차이가 있고, 과거에 비해 현재 시점에서의 원료 또는 공정상태가 더 불량하다고 할 수 있다.

사용된 검정통계량 계산시 시료 크기가 다르면 적용할 수 없기 때문에 가급적 2개 로트의 시료크기는 같도록 하는 것이 좋다.

만약 위의 2가지 경우의 예에서 10개의 보빈을 시료 크기로 하여 시험하였다면 t_{cal}은 1.92로 결정되고, 그 결과 두 로트간 차이가 유의하지 않은, 잘못된 결론을 얻을 수도 있다.

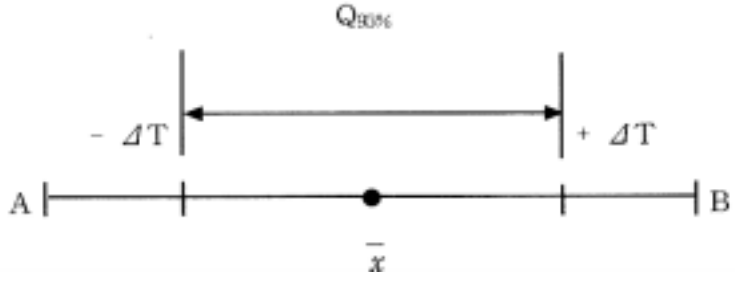
따라서 정확한 평가를 위해서는 시료 크기를 가능한 한 크게 해야 한다.

2) 다른 시험기 또는 USTER Statistics에 의한 U%/CV% 비교

다른 기기로 얻어진 U%/CV% 결과 또는 USTER Statistics 결과와 비교하고자 할 때 신뢰구간 뿐만 아니라 시험기의 허용오차도 알아야 한다. U%/CV% 값에 대해 2개의 다른 기기의 결과를 비교할 때 신형 USTER 시험기에서는 2%의 편차, 종래의 장치에서는 5%의 편차를 고려해야 한다. 이러한 편차는

제조업체로부터 납품되던 당시의 시험기 상태와 관련된 값이다.

신뢰구간과 시험기의 허용오차 모두 통계적 유의성에 영향을 미치기 때문에, 다음 그림에서와 같이 신뢰구간은 시험기의 허용오차만큼 확장되어야 한다.



(예) USTER Statistics와의 비교

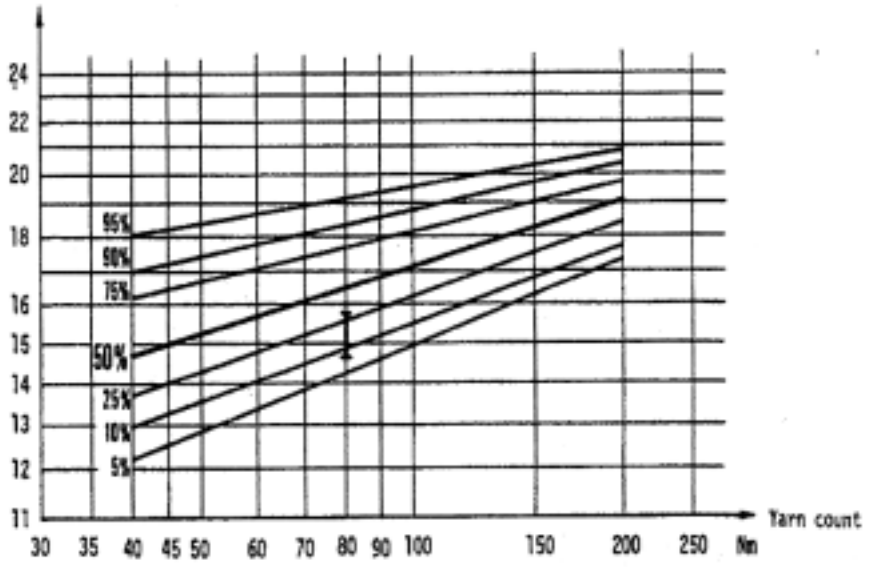
30개 보빈 시료(Nm 80, 정소면사)를 한 로트로부터 취해 USTER 시험기로 CV%를 측정한 결과는 다음과 같다 :

CV% 평균값 : $\bar{x} = 15.1\%$

CV% 표준편차 : $s = 0.62\%$

신뢰구간 : $Q_{95\%} = \bar{x} \pm k \cdot s = 15.1 \pm 0.373 \cdot 0.62 = 15.1 \pm 0.23$

이때 평균값($\bar{x} = 15.1$)의 95% 신뢰구간은 ±0.23만큼 확장되어야 하고, 2개의 USTER 시험기간 CV% 값의 최대 편차(기기의 허용오차)가 2%이므로, 이를 감안하여 평균값에 대한 2%의 허용오차(±0.02×15.1 ≈ ±0.3)도 추가된다. 그 결과 CV% 평균값이 15.1인 경우 95% 신뢰수준 및 기기의 허용오차까지 감안한 최종적인 신뢰구간은 아래 그림과 같이 14.57~15.63이 된다.



<그림 2.13> USTER Statistics(정소면사, CV%)

<그림 2.13>에 의하면 위의 실에 대한 CV% 수준이 USTER Statistics의 8%와 28% 사이에 있다는 것을 알 수 있고, 따라서 이 실의 CV% 품질은 전세계 CV% 품질 수준의 상위 8%보다는 약간 나쁘지만 하위 72%보다는 더 좋다고 할 수 있다.

(예) 두 대의 시험기에 의한 CV% 비교

Nm 120 정소면사 로트로부터 20개 보빈 시료를 취한 후 USTER 시험기로 측정한 결과 CV% 평균($\overline{x_1}$)은 16.7%, 표준편차(s_1)는 0.45%로 나타났다. 한편 동일 번수의 실을 다른 계열공장에서 제조한 후 한 로트에서 20개 보빈에 대해 측정한 결과 CV% 평균($\overline{x_2}$)은 17.3%, 표준편차(s_2)는 0.49%로 나타났다. 이 경우 두 가지 로트의 CV% 결과가 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 알기 위해서는 다음과 같은 방법을 이용할 수 있다 :

· 만약 두 가지 CV% 평균값간의 차이($\overline{x_1} - \overline{x_2}$)가 두 시험기간 최대편차

(USTER 시험기에서 2%)보다 작으면, 그 차이는 유의하지 않고, 두 가지 CV% 평균값은 최대 기기편차 내에 있다고 볼 수 있다.

· 만약 두 가지 CV% 평균값간의 차이($\overline{x_1} - \overline{x_2}$가 최대 기기편차보다 크면, 두 가지 CV% 평균값 중 더 큰 값을 갖는 CV%가 최대 기기편차만큼 감소되어야 하며, 이를 $\overline{x_2}$*로 나타낸다 :

$$\overline{x_2}^* = 0.98 \times x_2 = 0.98 \times 17.3 = 16.95$$

· 이제 t-인자(검정통계량)를 앞 절과 같이 계산할 때 $\overline{x_2}$ 대신 $\overline{x_2}$*를 사용한다 :

$$t_{cal} = \left|\overline{x_1} - \overline{x_2}^*\right| \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}} = \left|16.7 - 16.95\right| \frac{\sqrt{20}}{\sqrt{0.45^2 + 0.49^2}} = 1.68$$

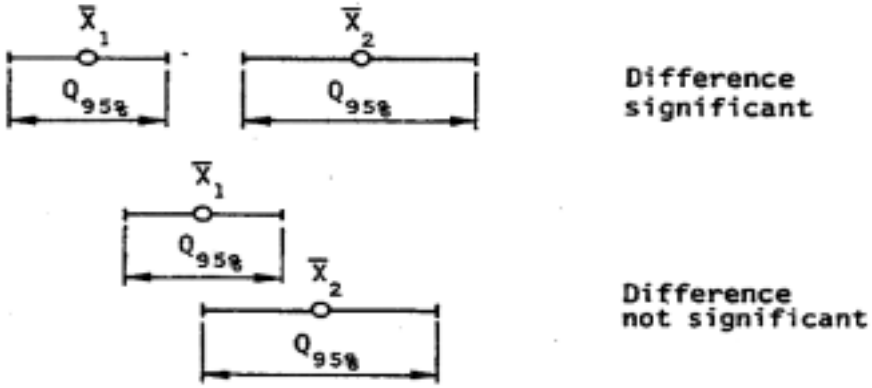
<그림 2.12>에서 볼 때 이 값은 통계적으로 유의한 차이가 없는 영역에 놓여 있으므로, 두 공장 중 기계나 원료에 관한 비용이 더 많이 드는 공장에서의 생산은 권장되지 않을 것이다.

2.5.3 U%/CV% 값의 간단 비교

1) 같은 시험기에 의한 비교

U%/CV%의 평균값이 $\overline{x_1}$ 및 $\overline{x_2}$에 대한 신뢰구간 $Q_{95\%}$를 각각 계산한 후, 만약 신뢰구간이 서로 겹치지 않으면 그 차이는 유의하고, 신뢰구간이 겹치면 그 차이는 유의하지 않다고 간주할 수 있다(그림 2.14).

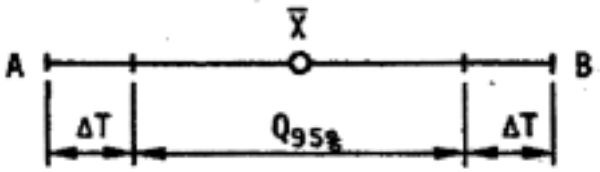
그러나 신뢰구간이 약간 겹치는 경우에는 이러한 방법에 의해 유의성을 결정하는 것은 정확하지 않기 때문에 2.5.2절의 검정절차를 수행해야 한다.



<그림 2.14> 같은 시험기에 의한 두 가지 CV%/U% 값의 비교

2) 다른 시험기에 의한 비교

이 경우 기기의 정밀성과 관련된 값인 기기 허용오차(ΔT)가 신뢰구간의 양측에 부가되어(USTER 시험기인 경우 U%/CV% 값의 ΔT=2%), 두 가지 평균값 $\overline{x_1}$과 $\overline{x_2}$에 대해 확장된 신뢰구간($\overline{AB}$)이 얻어진다(그림 2.15). 앞에서 언급된 바와 같은 동일한 판단기준이 이러한 확장된 신뢰구간에 대해서도 유효하다.



<그림 2.15> 두 가지 평균값에 대해 확장된 신뢰구간

2.5.4 한 섬유집합체에서 측정횟수를 많이 하는 경우

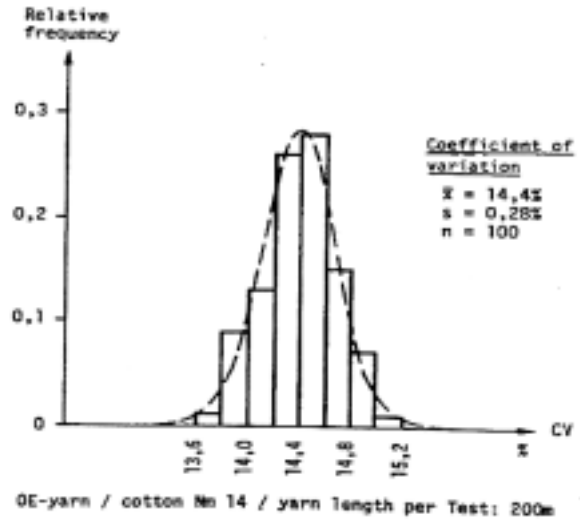
어떤 경우에는 일정 길이의 1회 CV% 시험보다 패키지당 일정량의 길이로 CV% 시험을 여러 번 하는 것이 더 효과적일 수 있다. 이와 같이 한 패키지

내에서 CV% 시험을 여러 번 하는 것은 스핀들이나 OE 로터의 작동이 완전하지 않다고 여겨질 때라든지, 또는 필라멘트사의 제조시 장기간에 걸친 품질변화 및 드물게 발생하는 결점을 찾고자 할 때 적용할 수 있다.

<그림 2.16>은 OE 패키지로부터 CV% 시험을 여러 번 한 후, CV%별 상대도수를 나타낸 것이다. 이 경우도 도수분포 막대그래프와 정규분포곡선 사이에는 좋은 상관관계가 성립한다. 95% 신뢰한계를 결정하기 위해 정규분포와 관련된 법칙들이 다시 고려될 수 있다.

이 경우 다이어그램과 스펙트로그램을 얻는 것이 가장 좋고, 조사와 슬라이버에 대해서도 이와 같은 시험을 행할 수 있다.

한 개의 보빈, OE 패키지, 조사 또는 슬라이버에 대해 CV% 값을 여러 번 측정하여 결정하면, 많은 수의 보빈이나 OE 패키지에 대해 각 보빈이나 OE 패키지당 단 1회의 시험을 한 경우와 마찬가지로 동일한 통계 법칙이 유효할 것이다.



<그림 2.16> OE사(Nm 14)의 CV%에 대한 상대도수분포

(예) 하나의 OE 패키지(면사 Nm 14)에서 CV% 시험(1회 시험당 사장 =1,000m)을 여러 번 한 후, 각각의 CV%, 평균값, 표준편차 및 평균 CV%의 95% 신뢰구간을 구한 결과 다음과 같다 :

12.76%; 12.83%; 12.73%; 13.03%; 12.89%; 12.66%; 12.95%; 12.44%; 12.58%; 12.50%;

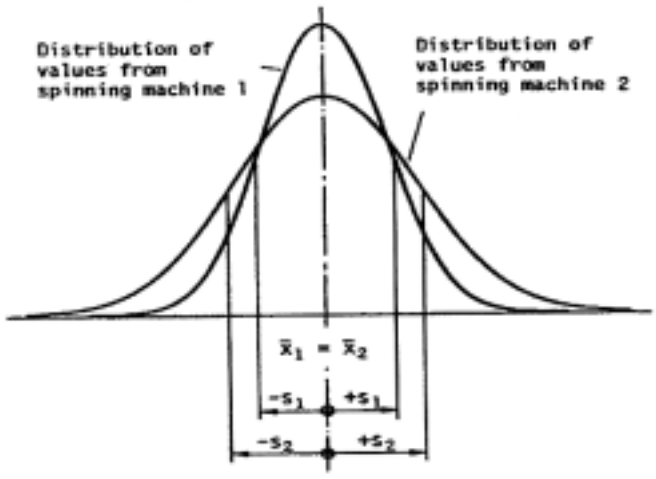
$\bar{x} = 12.74\%, \quad s = 0.194\%$

$Q_{95\%} = \bar{x} \pm k \cdot s = 12.74 \pm 0.715 \cdot 0.914 = 12.74\% \pm 0.14\%$

따라서 이 실의 CV% 평균값에 대한 95% 신뢰구간은 12.60%~12.88%가 된다.

2.5.5 분산 차이의 유의성 검정(F-검정)

실의 불균제도 평균값 차이 여부 뿐만 아니라 분산간의 통계적인 유의성도 중요한데 그 이유는 두 가지 시료의 평균값이 서로 같거나 약간의 차이가 있다고 하더라도 분산은 매우 큰 차이를 보일 수 있기 때문이다.



<그림 2.17> 평균은 같으나, 분산이 다른 두 가지 분포곡선

예를 들어 시료의 불균제도 변동 차이가 큰 경우에는 F-검정법에 의한 분산분석을 통해 점검할 수 있다.

F-검정법의 검정통계량(Fcal)은 2개 분산(s_1^2, s_2^2)의 비로 결정된다 :

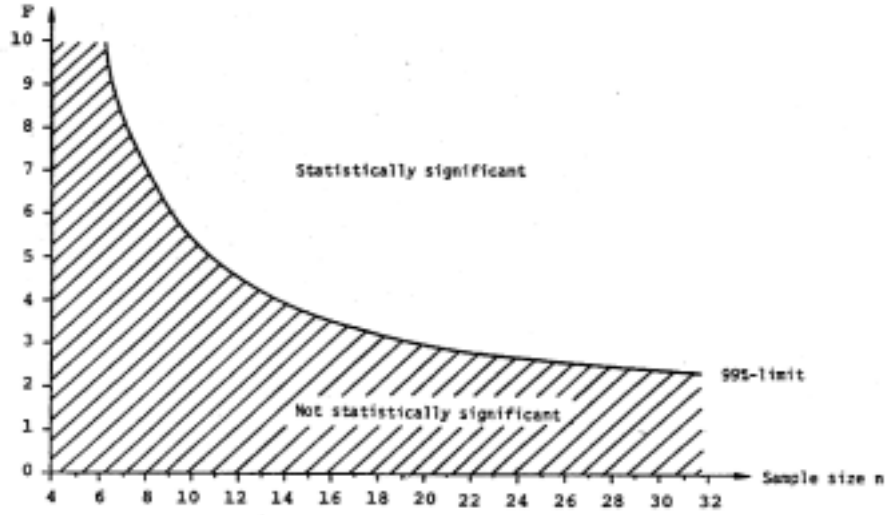
$$F_{cal} = \frac{s_1^{\ 2}}{s_2^{\ 2}} \quad (\text{단}, s_1^2 > s_2^2)$$

계산된 값 F_{cal}을 F-분포표의 $F_{99\%}$ 값과 비교한 후, 다음 방법에 의해 분산 차이의 유의성을 검정한다:

· $F_{cal} < F_{99\%}$; 분산의 차이가 랜덤하다(즉, 통계적으로 유의하지 않다).

· $F_{cal} > F_{99\%}$; 분산의 차이가 랜덤하지 않다(즉, 통계적으로 유의하다).

두 시료에 대한 분산의 차이가 통계적으로 유의한지 아닌지를 평가하지 위해 t-분포에 대한 곡선을 적용하는 것과 같은 방법으로 <그림 2.18>은 시료 크기별로 99% 신뢰구간에 대한 유의성 한계를 나타낸 것으로서, 시료 크기가 더 크면 관련된 통계표에 나타나 있는 값을 참고해야 한다.



<그림 2.18> 분산의 99% 신뢰구간에 대한 통계적 유의선 한계

(예) 한 정방기내 2개의 서로 다른 추로 동일 번수의 실을 방적할 때, 두 실의 분균제도 변동에 대한 통계적 유의성을 검정하고자 한다. 이 때, 두 실의 불균제도 값의 표준편차, 시료 크기, F_{cal} 값 및 F-분포표의 $F_{99\%}$ 값은 다음과 같다 :

s_1=0.49%, s_2=0.41%, 시료 크기 $n_1=n_2=30$

$$F_{cal} = \frac{s_1^{\,2}}{s_2^{\,2}} = \frac{0.49^2}{0.41^2} = 1.43$$

$$F_{cal} = 1.43 \langle 2.43 = F_{99\%}$$

따라서 두 실의 불균제도 값의 변동 차이는 통계적으로 유의하지 않다. 즉 두 추의 운전상태에는 큰 차이가 없다.

(예) 샘플링 계획에 따라 정방기의 특정 추에 대해 일정기간 후 재시험하였다. 동일한 추에 대해 불균제도 U%의 표준편차가 첫번째 시험(s_1)에서는 0.25%, 두번째 시험(s_2)에서는 0.41%로 나타났다. 이러한 2개의 시험결과에 대해 다음과 같이 분산분석을 실시하였다(단, 시료 크기 $n_1=n_2=30$) :

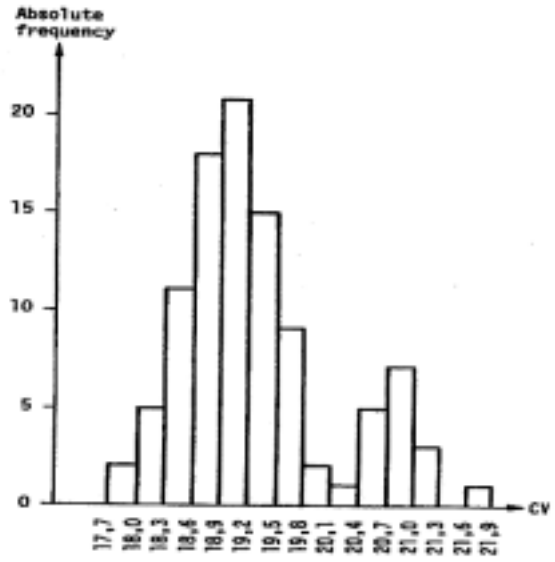
$$Fcal = \frac{s_1^{\,2}}{s_2^{\,2}} = \frac{0.41^2}{0.25^2} = 2.69 \rangle 2.43 = F_{99\%}$$

따라서 두 실의 불균제도 변동 차이는 통계적으로 유의하다.

(예) 장기간 통계수집의 목적으로 링 정방기의 한쪽 면에 있는 실의 CV%를 일상적으로 점검하던 중, 어느 순간에 CV% 평균값이 높고, 또한 그 변동이 매우 크게 나타나는 것을 알았다. 따라서 정방기의 한쪽 면에서 100개의 보빈(소면사 Nm 68)을 취하여 1회 시험당 실의 길이를 400m로 하여 CV%를 시험하였고, 그 결과를 <그림 2.19>와 같이 도수분포곡선으로 나타내었다.

<그림 2.19>는 CV%가 20.4% 이상인 범위에서 또 하나의 최대 피크가 나타나는 이봉분포인 것을 알 수 있으며, 더욱 면밀하게 실의 CV% 변동 원인

을 조사한 결과, 어떤 조방기에서 제조되 조사의 CV%가 매우 높음을 알 수 있었다.



<그림 2.19> 100개 보빈의 CV%에 대한 도수분포