

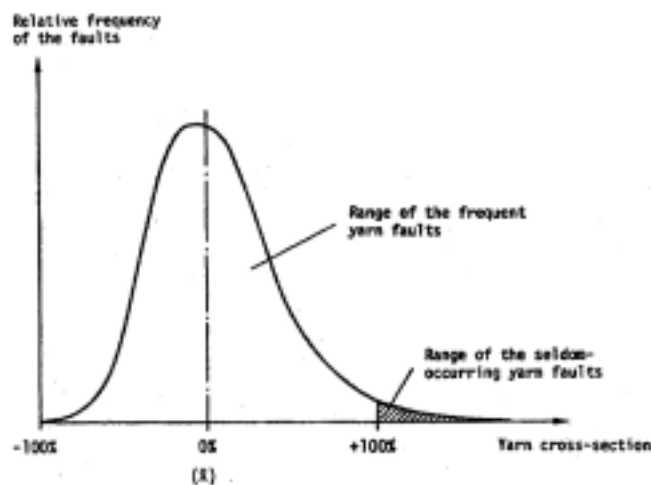
방적사의 균제도 특성과 관리(4)

제 3 장 결 점

3.1 실 결점과 품질관리

스테이플 섬유로 방적한 실에는 가는 부분, 굵은 부분 및 넵과 같은 주로 3가지 종류의 결점(자주 발생하는 결점 ; imperfection)이 존재한다.

이와 같은 결점은 원면 또는 불완전한 준비공정에 기인하므로 결점을 잘 분석하면 제조공정에서의 최적조건 수립 및 원면품질과 관련된 참고자료로 활용 가능하다.



<그림 3.1> 방적사의 자주 발생하는 결점 및 드물게 발생하는 결점

굵은 부분과 가는 부분은 실 단면을 기준으로 $\pm 100\%$ 이내 범위이며, 넵은 $+100\%$ 범위를 초과하는 결점으로 정의되는데, $+100\%$ 이상 굵은 부분은 CLASSIMAT에 의해서도 분석되며 실의 용도에 따라 절단, 매듭 또는 스플라

이상으로 수정된다.

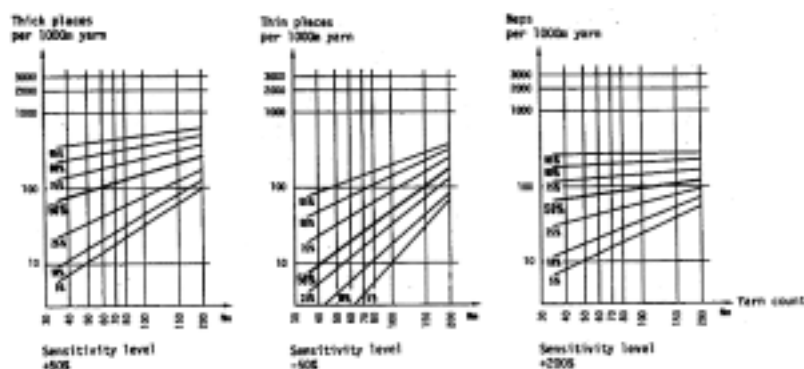
본 장에서는 자주 발생하는 실의 결점에 대해서만 평가할 것이다. <그림 3.1>은 가는 부분과 굵은 부분과 같이 자주 발생하는 실의 결점과 드물게 발생하는 실의 결점에 대한 도수분포를 보여준다.

실의 결점 평가는 품질관리 뿐만 아니라 타사 실과의 측면에서도 매우 중요하다. 이와 관련 Zellweger Uster사에서는 전세계 실과 방직 중간제품에 대한 시험결과를 기초로 하여 Uster Statistics를 발간함으로써 전세계 품질수준과 비교할 수 있도록 하였다.

Uster Statistics는 다음 항목에 대한 통계자료를 제공한다 :

- 실, 조사 및 슬라이버의 불균제도
- 굵은 결점, 가는 결점 및 념의 빈도
- 실의 변수 변동 등

<그림 3.2>는 100% 정소면사에 대한 결점을 Uster Statistics에서 인용한 것이다.



<그림 3.2> USTER Statistics 예(정소면사의 IPI)

오늘날의 실 품질관리는 장기적으로 행해져야 한다. 측정 결과는 각 측정 포인트에 대해 표준편차(s)로 변동정도를 나타내도록 그리고, 각 결점에 대해

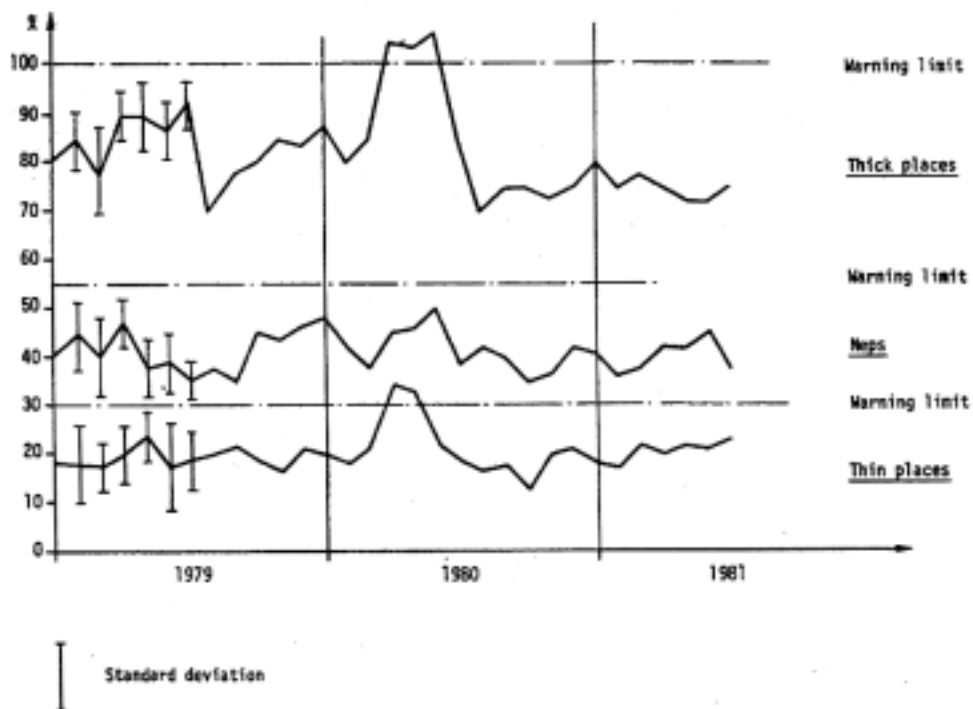
관리한계(품질이 좋은 로트를 기준으로 표준편차의 3배(3s)로 설정)가 표시되어 있는 그래프에서 일정시간 간격으로 분석하여 관리한계를 넘지 않도록 해야 한다.

<그림 3.3>과 같은 품질관리도의 평균값 및 분포 특성으로부터 대략 다음과 같은 사항을 알 수 있다 :

-평균값($\bar{X}$)으로부터 일정한 변동(s)만큼 계속 벗어나는 것은 기계의 마모와 관련이 있다.

-변동은 있지만 평균값이 일정하면 기계 보전상태가 좋음을 의미한다. 이 경우 대부분의 변동은 원료 품질 차이 때문이다.

-평균값과 변동이 변화하면 소재와 공조 관리에 문제가 있음을 의미하며, 원료 품질 차이로 나타날 수도 있다.



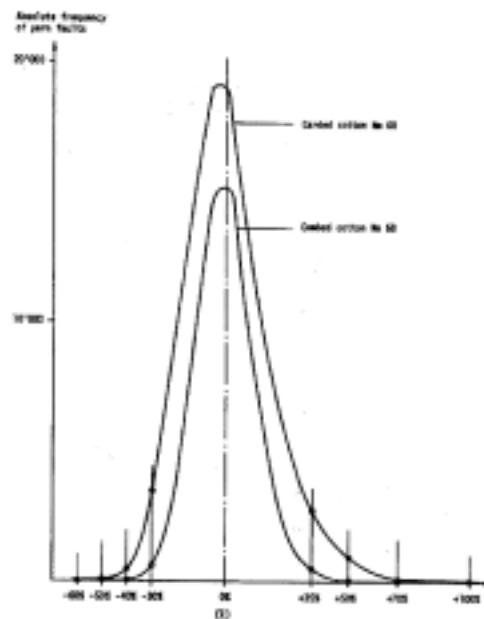
<그림 3.3> 실 결점의 품질관리도

3.2 IMPERFECTION INDICATOR

실의 결점 및 불균제를 사조판에서 보는 경우, 보통 몇 미터 거리에서, 그 다음에 더 근접한 거리에서 관찰할 것이다. 전자의 경우는 굵은 실의 불균제만 고려하는 경우이고, 후자의 경우는 아주 작은 결점도 보고자 하는 경우이다.

IMPERFECTION INDICATOR에서의 다양한 감도 세팅은 이러한 두 가지 관찰방식을 근거로 한다. 다음 표와 <그림 3.4>는 Nm 68 소면사 및 정소면사에 대해 실의 평균 단면적($\bar{X}$)을 기준으로 감도 수준에 따른 결점빈도 분포를 나타낸 것이다.

원 료	가는 결점				굵은 결점			
원 면	-60%	-50%	-40%	-30%	+35%	+50%	+70%	+100%
소면사	1	22	438	3288	2646	894	168	42
정소면사	0	0	20	594	510	68	8	0



<그림 3.4> 감도 수준에 따른 결점수(Nm 68 소면사 및 정소면사)

IMPERFECTION INDICATOR에서 굵은 결점 및 넵은 다음과 같이 구별된다 :

넵	굵은 결점
굵은 결점의 길이가 4mm이하. 각 단계별 평가기준 길이는 1mm로 함	4mm 이상 길이의 굵은 결점. IMPERFECTION INDICATOR 감도 수준 범위 내에서 굵은 결점 및 가는 결점의 길이는 대략 평균 섬유장과 같은 것으로 나타남

넵에 대한 감도 수준은 다음과 같다 :

+140%	+200%	+280%	+400%
-------	-------	-------	-------

앞서 언급한 것과 같이 IMPERFECTION INDICATOR는 굵은 결점, 가는 결점 및 넵 측정시 감도 수준이 4가지이므로 시험 전에 감도 수준을 선택할 필요가 있다. 여러 가지 실에 대해 감도 수준별로 가는 결점, 굵은 결점 및 넵을 시험한 결과 감도 수준에 관계없이 각 실의 품질이 일정한 차이를 보이는 것으로 보아 어떤 특정 감도 수준만 설정되면 실의 품질을 상호 비교할 수 있다. 이에 따라 Uster Statistics에서는 다음과 같이 특정 감도 수준을 제시하였고, 오랜 기간 이용되고 있다 :

가는 결점 : -50%	굵은 결점 : +50%	넵 : +200%
--------------	--------------	-----------

특별한 경우에는 다른 감도 수준으로 시험되어야 한다. 그러나 이와 같은 시험은 대부분의 경우 측정결과의 절대값이 아닌 결과의 상호 비교시에만 실시된다.

IMPERFECTION INDICATOR에서의 감도 수준별 결점 정의 및 명세는 다음 표와 같다 :

결점 유형	감도	결점 정의	결점 명세
가는 결점	-60%	실 평균 단면의 40% 또는 그 이하	뚜렷한 가는 결점(몇 미터의 거리에서도 사조판 결점을 쉽게 인식)
	-50%	실 평균 단면의 50% 또는 그 이하	꽤 뚜렷한 가는 결점(1미터의 거리에서 사조판 결점을 쉽게 인식)
	-40%	실 평균 단면의 60% 또는 그 이하	희미한 가는 결점(가까운 거리에서만 사조판 결점을 인식)
	-30%	실 평균 단면의 70% 또는 그 이하	아주 희미한 가는 결점(사조판에서는 거의 인식 불가능)

결점 유형	감도	결점 정의	결점 명세
굵은 결점	+100%	실 평균 단면의 200% 또는 그 이상	뚜렷한 굵은 결점
	+70%	실 평균 단면의 170% 또는 그 이상	꽤 뚜렷한 굵은 결점(몇 미터의 거리에서도 사조판 결점을 쉽게 인식)
	+50%	실 평균 단면의 150% 또는 그 이상	희미한 굵은 결점(가까운 거리에서만 사조판 결점을 인식)
	+35%	실 평균 단면의 135% 또는 그 이상	아주 작은 굵은 결점(사조판에서는 거의 인식 불가능)

결점 유형	감도	결점 정의	결점 명세
넵	+400%	실 평균 단면의 500% 또는 그 이상	상당히 큰 넵
	+280%	실 평균 단면의 380% 또는 그 이상	다소 큰 넵(몇 미터의 거리에서도 사조판 넵을 쉽게 인식)
	+200%	실 평균 단면의 300% 또는 그 이상	작은 넵(가까운 거리에서 사조판 넵을 인식)
	+140%	실 평균 단면의 240% 또는 그 이상	아주 작은 넵(정밀 관찰에 의해서만 사조판 넵을 인식)

3.3 실 결점 평가

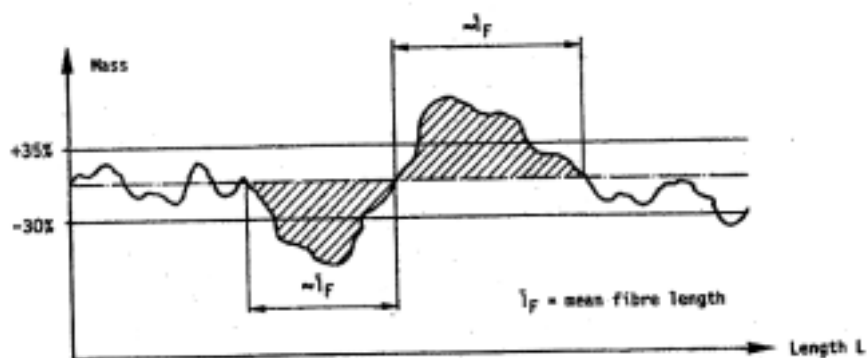
3.3.1 가는 결점 및 굵은 결점

실의 가는 결점 및 굵은 결점은 직·편성물의 외관에 영향을 미칠 수 있

다. 가는 결점 및 굵은 결점은 특히 원료나 공정이 잘못되었을 때 발생하는데, 결점수가 증가하더라도 이 실을 사용한 직기나 편성기의 정대가 그와 비슷한 수준으로 증가될 것이라는 의미는 아니다.

가는 결점이 있는 실은 단면내 섬유 올수가 적어 비틀림에 대한 저항력이 감소되기 때문에 보통 더 많은 꼬임을 갖게 되지만, 굵은 결점은 그 반대로 실 단면의 섬유 올수가 많아 비틀림에 대한 저항력이 더 커지게 되므로, 대부분 굵은 결점이 있는 실의 꼬임수는 평균 꼬임수보다 더 적다.

이미 언급한 바와 같이 IMPERFECTION INDICATOR에 의한 굵은 결점 및 가는 결점의 길이는 실을 구성하는 섬유의 평균 섬유장과 거의 같아 +35% 및 -30%의 최소 감도를 벗어나는 굵은 결점 및 가는 결점들의 길이는 대략적으로 평균 섬유장($\bar{l}_f$)과 일치한다(그림 3.5).



<그림 3.5> 굵은 결점 및 가는 결점의 길이와 평균 섬유장과의 관계

3.3.2 넵

넵은 직물 혹은 편성물의 외관에 매우 큰 영향을 미칠 수 있고, 특정 크기의 넵은 공정상에서, 특히 편성시 문제를 야기할 수 있다. 따라서 넵의 방지는 매우 중요하다.

넵은 기본적으로 원료에 의한 넵과 공정에 의한 넵으로 분류할 수 있다.

① 원료에 의한 넵

원료에 의한 넵은 주로 원면내의 식물성 물질 및 미성숙 섬유에 의한 것으로 양모 및 합성섬유의 경우에는 원료에 의한 넵은 거의 없다.

② 공정에 의한 넵

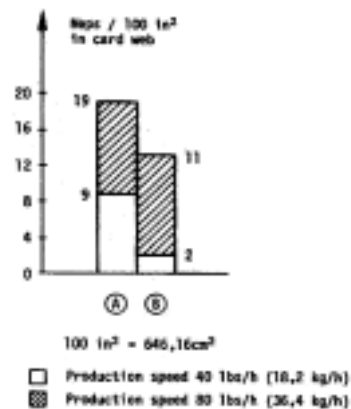
공정에 의한 넵은 조면 및 소면공정과 관련이 있어, 소면기 침포 형태, 플랫 및 워커/스트리퍼 세팅과 생산속도 등에 의해 영향을 받는다.

한편 Perkins 및 Bargeron은 다음과 같은 실험을 통해 원료 및 기계가 넵에 미치는 영향을 조사한 결과 소면 웹 및 실의 넵수에 조면공정이 크게 영향을 미치는 것을 알았다 :

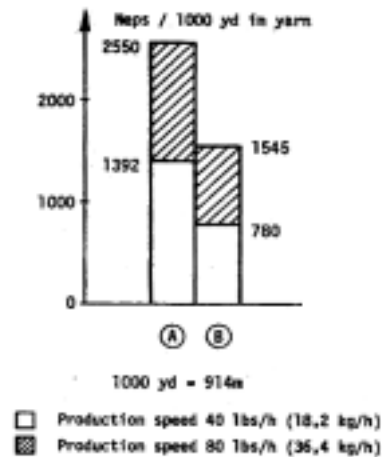
공정 ① : 실면(seed cotton)을 3대의 건조 타워 및 3회의 린트 클리너 통과 (정상적인 조면공정 조건)

공정 ② : 실면을 건조시키지 않은 채 단지 린트 클리너만 1회 통과

공정 ② 조건으로 처리한 경우 두 가지 생산속도에서 소면 웹의 넵이 훨씬 더 적게 발생함을 알 수 있으며(그림 3.6), 소면 웹의 넵이 적으면 실의 넵도 상당히 감소한다(그림 3.7).



<그림 3.6> 조면공정 조건별 소면 웹의 넵 변화



<그림 3.7> 조면공정 조건별 실의 넵 변화

공정에 의한 넵 발생에 소면기가 가장 큰 역할을 하는데, 이를 알아보기 위해 Acala 1571 및 Acala SJ 두 가지 품종의 원면을 이용하여 실험을 하였다.

그 결과 원면의 마이크로네어가 클수록 소면 웹에서 넵이 더 적게 발생하였고(그림 3.8), 소면기의 생산속도가 증가함에 따라 넵은 증가하였는데, 특히 마이크로네어가 3정도인 미성숙 면섬유가 많을수록 그 증가폭이 더 컸다(그림 3.9).

카드 플랫 세팅이 완벽하면 소면 웹의 넵이 감소될 수 있다(그림 3.10, $1/1000\text{inch} = 0.0254\text{mm}$).

특히 미성숙면의 함량이 높은 경우, 소면 웹 및 실에서의 넵이 모두 감소한다(그림 3.12).

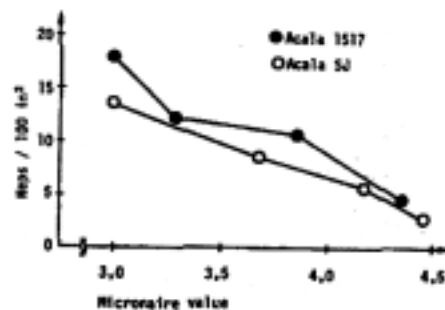
이상의 실험결과에 의하면 소면 웹의 넵과 실의 넵 사이에는 상관관계 ($r=0.944$)가 높다(그림 3.13).

본 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다 :

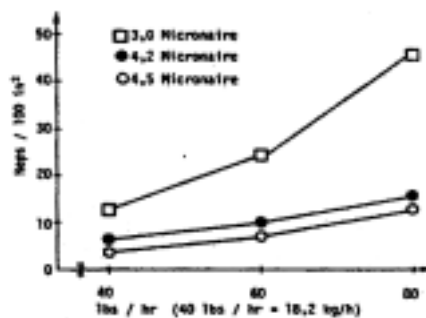
-조면공정은 실의 넵에 매우 큰 영향을 미친다.

- 원면의 성숙도가 클수록 실의 넵이 적어진다.
 - 소면기의 생산속도가 높을수록 실의 넵이 많아진다.
 - 카드 플랫을 최적으로 세팅하면 실의 넵이 감소된다.
 - 성숙 원면을 사용할 경우 리커인 속도는 실의 넵에 영향을 미치지 않는다.
- 단지 미성숙 원면을 사용할 경우에만 리커인 속도 증가에 따라 실의 넵이 증가된다.
- 텐덤 카드를 사용하면 실의 넵은 감소된다.
 - 소면 웹의 넵 및 실의 넵과는 상관성이 높다.

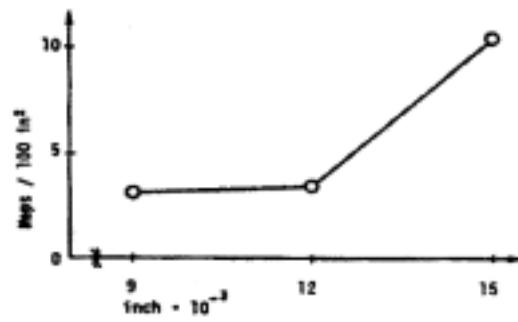
따라서 방적사의 넵을 최소화하기 위해서는 원료 및 공저에 관한 여러 가지 인자를 검토해야 한다.



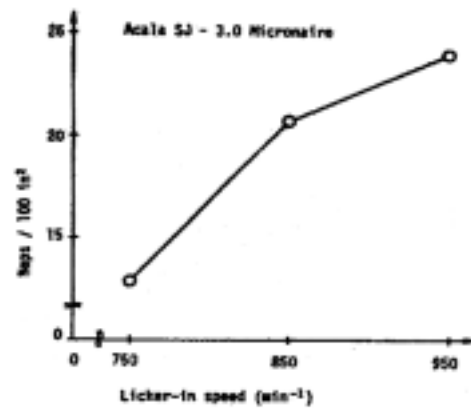
<그림 3.8> 마이크로네어가 소면 웹의 넵에 미치는 영향



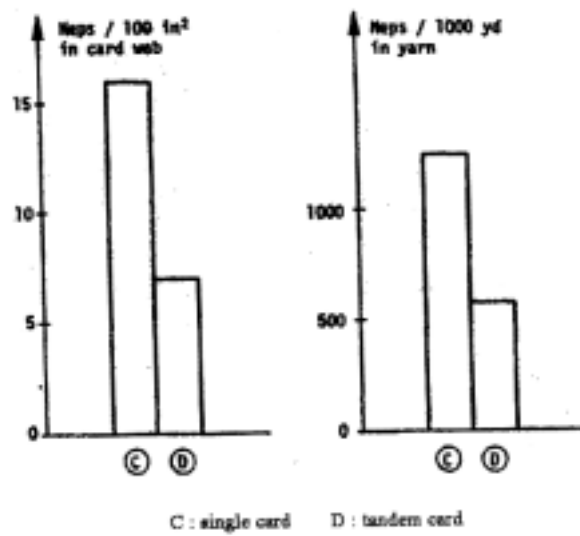
<그림 3.9> 소면기 생산속도 및 마이크로네어가 소면 웹의 넵에 미치는 영향



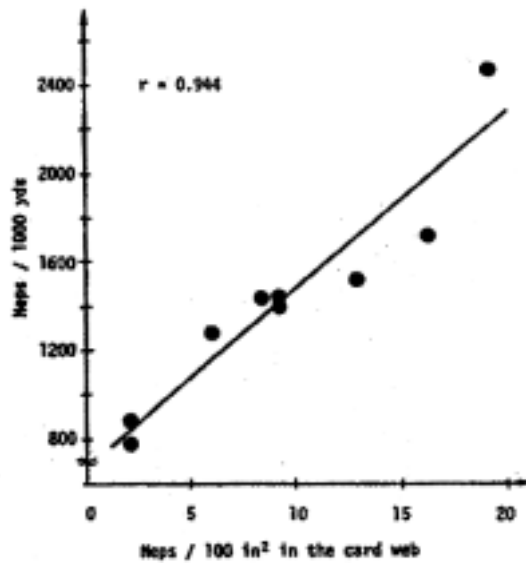
<그림 3.10> 카드 플랫 세팅이 소면 웹의 넵에 미치는 영향



<그림 3.11> 리커인 속도가 소면 웹의 넵에 미치는 영향



<그림 3.12> 텐덤 카드가 소면 웹 및 실의 넵에 미치는 영향



<그림 3.13> 소면 웹의 넵과 실의 넵과의 관계

3.4 통계학의 응용

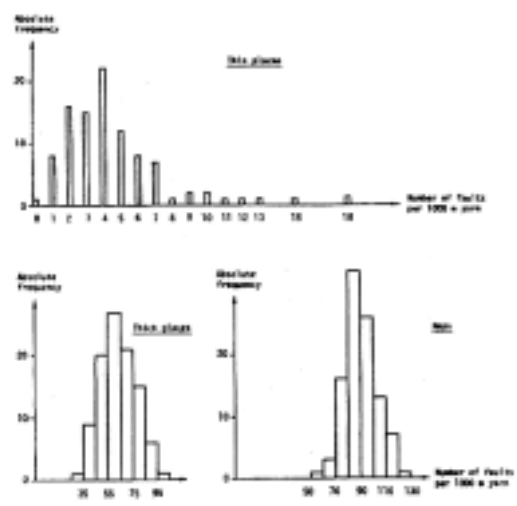
3.4.1 가는 결점, 굵은 결점 및 넵의 신뢰구간

1) 가는 결점, 굵은 결점 및 넵의 분포

실의 결점에 대한 통계적 고찰을 위해서는 먼저 결점 분포를 아는 것이 필요하다. 가는 결점, 굵은 결점 및 넵에 대한 통계적 분석결과 1,000m당 사 결점수 평균이 30 이상인 경우, 사 결점의 신뢰구간을 계산할 때 정규분포를 적용할 수 있다. 그러나 이 경우에는 실의 결점이 균일분포를 한다는 전제가 되어야 하나 경험에 의하면 항상 균일분포를 하지는 않는다.

<그림 3.14>는 100개 보빈(Ne 30, 정소면사)에 대해 가는 결점, 굵은 결점 및 넵 시험결과를 히스토그램으로 나타낸 것이다. 굵은 결점 및 넵의 경우에 서와 같이 결점수 평균($\bar{x}$)이 30보다 큰 경우 결점수 분포는 정규분포에 따르며, 결점수 평균이 30보다 작은 경우에는 정규분포를 적용할 수 없음을 알 수 있다. 결점수 평균($\bar{x}$)이 30보다 적은 경우는 포아송(Poisson) 분포와 관련

된 법칙이 고려될 수 있고, 일반적으로 평균값이 증가할수록 포아송 분포는 점점 정규분포에 가까워지는 경향이 있다.



<그림 3.14> 가는 결점, 굵은 결점 및 넵 분포

2) 1,000m당 결점수 평균이 30보다 큰 경우의 신뢰구간
 실 1,000m당 결점수 평균이 30보다 크면 정규분포 법칙을 적용할 수 있다.
 평균값에 대한 95% 신뢰구간은 평균값($\bar{x}$)과 표준편차(s)를 이용하여 다음
 식으로 계산한다 :

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

여기서, 상소 k는 $t/\sqrt{n}$ 를 나타내는 값으로서 다음 표와 같이 시료크기에
 따라 결정된다(단, t는 student 분포에 따른 상수).

시료 크기(n)	5	10	20	30	40	50	100
상수(k)	1.25	0.715	0.467	0.373	0.32	0.284	0.198

(예) 소면사 10개 보빈(Nm 50)의 굵은 결점 시험 후, 실 1,000m당 신뢰한계를 구하고자 한다. 이때 시험속도는 200m/min, 측정시간은 1분으로 하였다.

보빈별 굵은 결점 수 : 151, 126, 147, 133, 156, 141, 130, 139, 125

이로부터 계산한 평균값(=136.5)과 표준편차(=12.49)에 의해 실 길이 200m에 대한 굵은 결점수의 95% 신뢰구간은 다음과 같다.

$$Q_{95\%, 200m} = \bar{x} \pm k \cdot s = 136.5 \pm 0.715 \cdot 12.49 = 136.5 \pm 8.93$$

자주 발생하는 실 결점수는 보통 실 길이 1,000m로 하는 것이 일반적으로 USTER Statistics에서도 이 길이를 기준으로 하고 있다. 이 예에서 실 길이 1,000m를 기준으로 한 굵은 결점수의 95% 신뢰구간은 다음과 같다 :

$$Q_{95\%, 1000m} = 5 \cdot (136.5 \pm 8.93) = 682.5 \pm 44.65$$

정방기의 모든 보빈을 시험한다면 실 1,0000m당 굵은 결점수의 실제 평균값($\bar{x}_T$)을 구할 수 있을 것이다. 이 예에서와 같아 시료수를 적게 한 경우에는 전체 보빈에 대한 굵은 결점수의 실제 평균값($\bar{x}_T$)은 신뢰도 95%에서 실 1,000m당 638~727사이에 존재할 것이다.

시료수가 증가할수록 이러한 신뢰구간의 폭은 점점 줄어들게 된다.

3) 1,000m 당 결점수 평균이 30보다 적은 경우의 신뢰구간

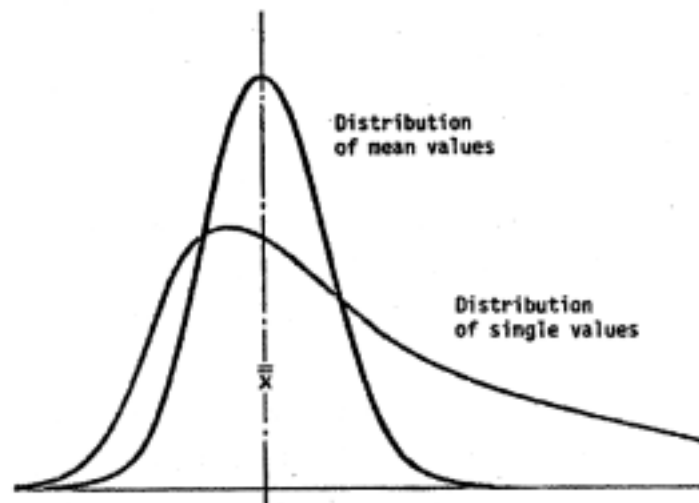
<그림 3.15>의 가는 결점 단일값 도수분포곡선에서 보는 바와 같이 결점수가 적은 경우에는 일반적으로 비대칭 분포로 포아송 분포를 따르는 경향이 있다.

① 신뢰구간 결정을 위한 첫번째 방법

비대칭 분포의 경우 중심극한정리(Central Limit Theorem)는 정규분포 법칙의 적용 가능성을 제공한다. 중심극한정리에 의하면 정규분포를 하지 않는 모집

단의 평균값을 이용, 정규분포 조건을 따르는 새로운 평균값을 결정할 수 있다. 이를 기초로 결점수가 30보다 적은 경우의 신뢰구간을 결정하기 위해 다음과 같은 방법을 사용할 수 있다.

실 1,000m당 결점수 평균이 30보다 적은 경우 동일 실에 대해서 순차적으로 5회 실험한 후, 5회 실험 결과 각각의 평균값($\bar{x}$)이 정규분포를 따르는 것으로 간주한다. 이와 같은 방법으로 <그림 3.15>에서와 같이 평균값 분포의 평균($\bar{\bar{x}}$)에 대한 신뢰구간을 계산할 수 있다.



<그림 3.15> 단일값 분포 및 평균값 분포

(예) OE 로터 면사 10개 보빈(Nm 14)에 대해 보빈당 1,000m씩 5회 반복 시험하여 측정된 가는 결점수($\bar{x}_i$)는 다음과 같다 :

$$\bar{x}_1 = 8.0, \bar{x}_2 = 5.4, \bar{x}_3 = 6.4, \bar{x}_4 = 6.8, \bar{x}_5 = 7.0,$$

이로부터 계산된 가는 결점수의 전체 평균($\bar{\bar{x}}_T$), 표준편차(s_T) 및 95% 신뢰구간은 다음과 같다 :

$$\overline{\overline{x}}_T = \frac{\overline{x}_1 + \overline{x}_2 + \overline{x}_3 + \overline{x}_4 + \overline{x}_5}{n} = \frac{8.0 + 5.4 + 6.4 + 6.8 + 7.0}{5} = 6.72$$

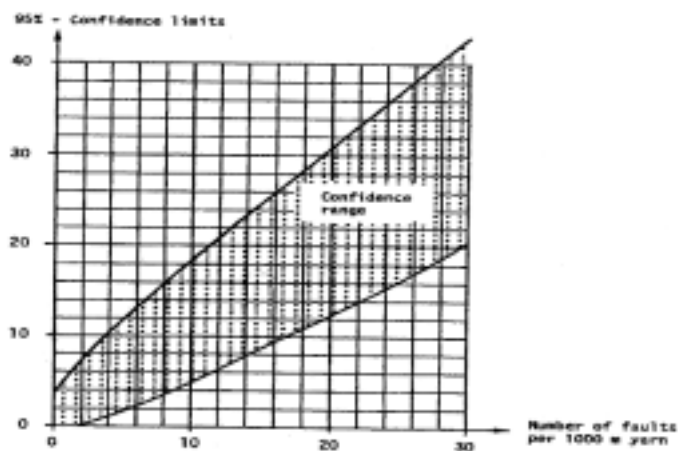
표준편차 $s_T = 0.94$

$$\text{신뢰구간 } Q_{95\%, 1000m} = \overline{\overline{x}}_T \pm k \cdot s = 6.72 \pm 1.25 \cdot 0.94 = 6.72 \pm 1.17$$

따라서 신뢰도 95%에서 실 1,000m당 가는 결점수의 실제 평균값($\overline{x}_B$)은 5.6~7.9 사이에 있을 것으로 예상할 수 있다.

② 신뢰구간 결정을 위한 두번째 방법

이와 같은 절차로 하나 로트에 대한 결점수 평균값($\overline{x}$)을 결정하고, 결점수가 30보다 적은 경우 <그림 3.16>으로부터 시험결과에 대한 신뢰구간을 알 수 있다.



<그림 3.16> 포아송 분포를 따르는 결점수 분포의 95% 신뢰구간

(예) OE로터 방적사(Nm 20)를 시험한 결과, 1,000m당 가는 결점수 평균은 6개, 굵은 결점수 평균은 13개, 그리고 넵수 평균은 24개로 나타났다. 이와 같은 정방기에서 발생하는 각 결점별 예상 평균값의 신뢰한계는 얼마인가?

모든 결점수의 평균이 30보다 작으므로 모집단 평균에 대한 신뢰한계를 <

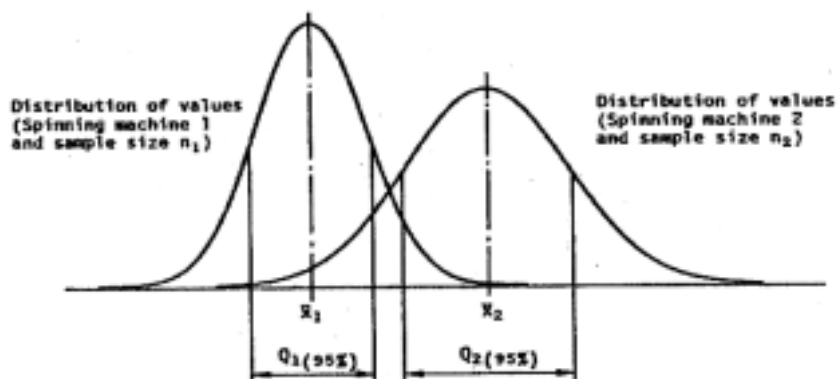
그림 3.16>으로부터 구할 수 있다. 즉 가는 결점수 평균은 3~12, 굵은 결점수 평균은 7~22, 그리고 뉘스 평균은 15~36 사이에 존재할 것으로 예상된다.

3.4.2 평균 차이의 유의성 검정(t-검정)

1) 두 기계 또는 두 로트간 비교

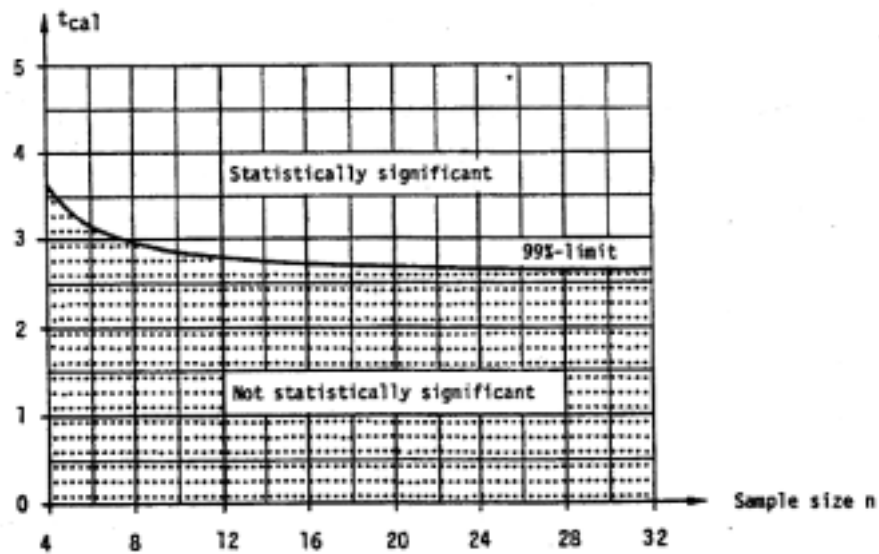
<그림 3.17>에서 보는 바와 같이 2대의 기계 또는 두 로트에 대한 결점수 평균값 $\bar{x}_1$ 과 $\bar{x}_2$ 를 비교할 때 두 모집단의 결점수 평균값에 대한 유의성을 평가하기 위해서는 두 가지 원료 및 기계에 대한 평균값($\bar{x}_1, \bar{x}_2$)과 표준편차(s_1, s_2)를 구한 후, 다음의 공식에 따라 검정통계량(t_{cal})을 구한다 :

$$t_{cal} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \cdot \sqrt{n} \quad (\text{단, } n_1 = n_2 = n)$$



<그림 3.17> 2가지 서로 다른 기계 또는 로트로부터 취한
시료의 결점수 분포 및 95% 신뢰구간

<그림 3.18>은 시료 크기별로 99% 신뢰구간에 대한 유의성 한계를 나타낸 것이다.



<그림 3.18> 시료 크기별 99% 신뢰수준에서의 유의성 한계

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

만약 두 집단의 물성분포 차이가 통계적으로 유의하다면 기계 작동 상태 때문에 발생한 것인지, 원료에 의해 발생한 것인지를 검토해야 한다.

(예) 일년 전 제조한 정소면사(Nm 150) 한 로트의 시험결과는 다음과 같다 :

넵수 : 평균값($\bar{x}_1$) = 101, 표준편차($\bar{s}_1$) = 13, 시료 크기(n_1) = 30

동일고객을 위해 현 시점에서 같은 제품 생산 후, 시험한 결과는 다음과 같다 :

넵수 : 평균값($\bar{x}_2$) = 101, 표준편차($\bar{s}_2$) = 13, 시료 크기(n_2) = 30

두 로트의 넵수 차이가 유의한지 알아보기 위한 검정통계량은 다음과 같

다 :

$$t_{cal} = \left| \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \right| \cdot \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}} = |101 - 121| \frac{\sqrt{30}}{\sqrt{13^2 + 18^2}} = 4.93$$

이 값은 <그림 3.18>에서 볼 때 통계적으로 유의한 차이가 있음을 알 수 있다. 이로부터 과거에 비해 현 시점에서의 원료 또는 고정 처리방법이 좋지 않다는 결론을 얻을 수 있다.

2) 다른 시험기 또는 USTER Statistics에 의한 결점 비교

두 시험기로 측정한 시험결과간 차이의 통계적 유의성에 대한 계산방법은 기본적으로 1)절에서 설명된 것과 동일하지만, 시험기 허용오차를 고려해야 하는 면에서는 차이가 있다. 즉 신뢰구간과 시험기의 허용오차는 모두 통계적 유의성에 영향을 미치기 때문에 신뢰구간 계산시 시험기 허용오차를 포함해야 한다.

(예) USTER Statistics와의 비교

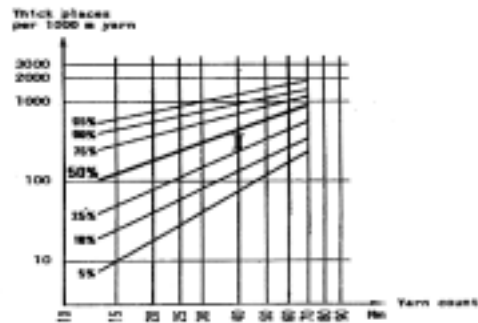
10개 보빈 시료(Nm 40, 소면사)에 대해 USTER 시험기로 굵은 결점을 시험한 결과 다음과 같다 :

굵은 결점수 평균값 : $\bar{x} = 310$, 신뢰구간 $Q_{95\%} = \pm 27$

평균값 $\bar{x}$ (=310)에 95% 신뢰구간 ± 27 을 양측에 더한 후 최종적으로 평균값의 10%에 해당하는 허용오차 범위($310 \times 0.1 = 31$)를 양측에 더한다.

이상으로부터 굵은 결점의 전체 범위(252~368)를 USTER Statistics에서 Nm 40 위치에 표시한 <그림 3.19>로 평가하면 이 실의 굵은 결점 수준은 USTER Statistics의 27%와 45% 사이에 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 굵은 결점에 대한 이 실의 품질 수준은 전세계 품질 수준 상위 27% 보다는 나쁘

지만 하위 55%보다는 좋다고 할 수 있다. 시료 크기가 증가할수록 더 정확한 결과를 얻을 수 있다.



<그림 3.19> USTER Statistics(소면사, 굵은 결점)

(예) 두 시험기간 결점수 비교

소면사 10개 보빈(Nm20)에 대해 USTER 시험기로 넵을 시험한 결과는 다음과 같다 : 평균($\bar{x}_1$) = 410, 표준편차($\bar{s}_1$) = 45

다른 공장에서 동일 변수 10개 보빈에 대해 넵을 시험한 결과는 다음과 같다 : 평균($\bar{x}_2$) = 352, 표준편차($\bar{s}_2$) = 37

만약 두가지 넵 시험결과간 차이($\bar{x}_1 - \bar{x}_2$)가 두 시험기간 최대 차이(10%)보다 작으면 그 차이는 통계적으로 유의하지 않고, 두가지 넵 시험결과는 시험기에 의한 차이이내에 있다.

그러나 만약 두가지 넵 시험결과간 차이가 두 시험기간 최대 차이보다 크면, 두가지 평균값 $\bar{x}_1$ 및 $\bar{x}_2$ 중 큰 값을 최대 시험기 차이만큼 줄여야 한다 :

$$\bar{x}_1^* = 0.9 \times \bar{x}_1 = 0.9 \times 410 = 369$$

이제 $\bar{x}_1$ 대신에 최대 시험기 차이에 의해서 줄인 $\bar{x}_1^*$ 을 사용하여 1)절의

공식에 의해 t-인자(검정통계량)를 계산하였다 :

$$t_{cal} = \left| \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \right| \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}} = |369 - 352| \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{45^2 + 37^2}} = 0.92$$

<그림 3.18>로 평가하면 두 실의 넓수 차이는 없음을 알 수 있다. 따라서 기계나 원료에 대해 수정 조치를 취하는 것은 별 의미가 없을 것이다.

t-검정은 거의 정규분포 형태를 갖는 두 시료에 대해서만 적용할 수 있기 때문에 실 1,000m당 결점수가 30보다 적으면 두개의 정규분포가 서로 비교될 수 있도록 3.4.1의 3)절(중심극한정리)에 따른 과정이 선행되어야 한다.

3) 두가지 평균값을 비교하는 간단한 방법

① 같은 시험기에 의한 비교

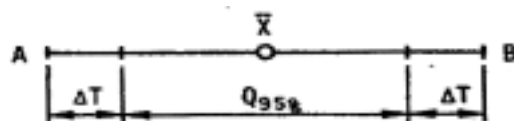
결점수 평균값인 $\bar{x}_1$ 및 $\bar{x}_2$ 에 대한 신뢰구간 $Q_{95\%}$ 를 각각 계산한 후, 두 신뢰구간이 겹치면 그 차이는 통계적으로 유의하다고 할 수 있다.

그러나 신뢰구간의 겹쳐지는 정도가 작다면 1)절의 검정 절차를 수행해야 한다.

② 다른 시험기에 의한 비교

시험기간 최대 차이에 대한 양(ΔT)만큼 신뢰구간은 넓어지게 된다(USTER 시험기로 측정된 결점의 경우 $\Delta T=10\%$).

평균값 $\bar{x}_1$ 과 $\bar{x}_2$ 에 대해 각각 확장된 신뢰구간($\overline{AB}$, 그림 3.20)을 구한 후, 최종적으로 신뢰구간이 겹쳐지는지 여부를 비교해야 한다.

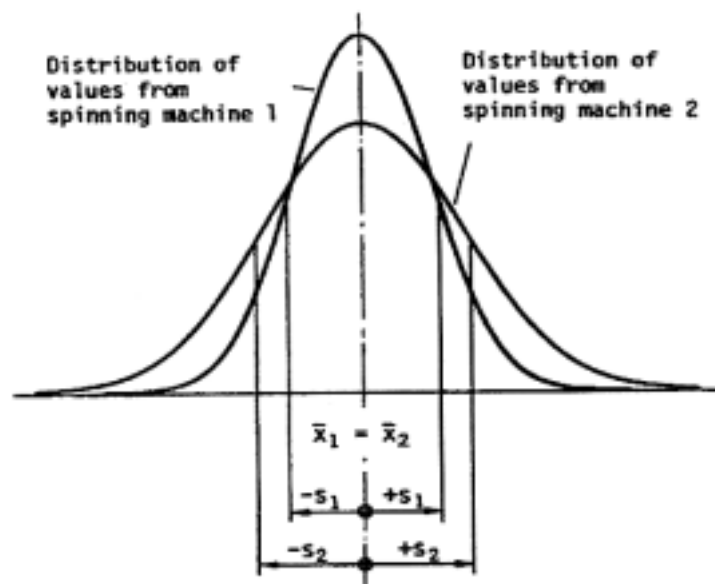


<그림 3.20> 두 가지 평균값에 대해 확장된 신뢰구간

3.4.3 분산 차이의 유의성 검정(F-검정)

다른 정방기에서 제조된 두 가지 실에서 결점 분포를 비교할 때, 평균값은 같으나 분산은 전혀 다른 경우가 있을 수 있다.

<그림 3.21>은 2대의 정방기에서 제조한 실의 품질 결과에 대한 도수분포 곡선으로서, 더 분포의 평균값을 같으나 표준편차는 서로 다를 수 있다.



<그림 3.2> 두 가지 도수분포곡선 예
(평균 값은 같으나, 표준편차는 서로 다른 경우)

두 분산의 차이가 통계적으로 유의한지 여부를 알아보기 위해서는 F-검정법을 이용한다.

F-검정법의 검정 통계량(F_{cal})은 2개 분산(s_1^2, s_2^2)의 비로 결정된다 :

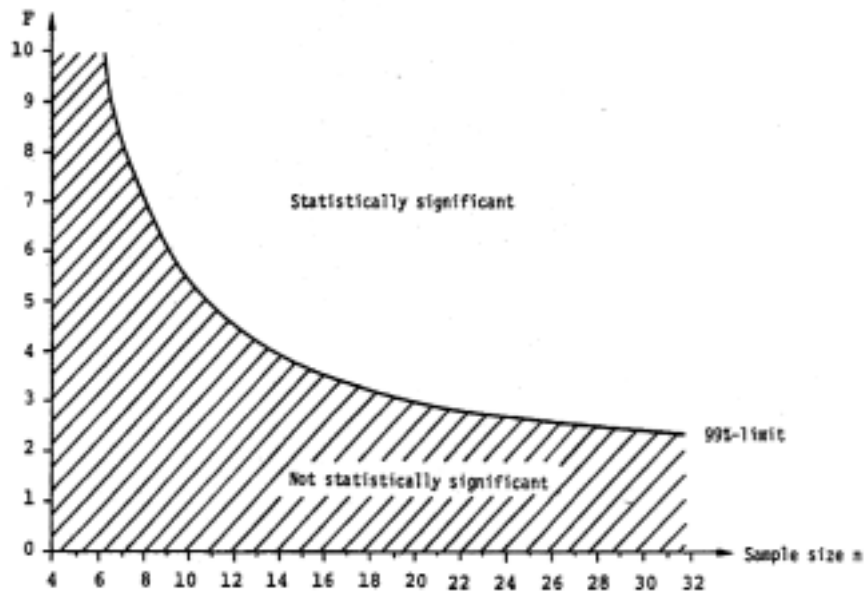
$$F_{cal} = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad (\text{단, } s_1^2 > s_2^2)$$

계산된 값 F_{cal} 을 F-분포표의 $F_{99\%}$ 값과 비교한 후, 다음 방법에 의해 두 분

포의 분산 차이 유의성을 검정한다 :

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

t-분포에서와 마찬가지로 <그림 3.22>와 같은 시료 크기별 F-분포값에 의한 유의성 검정 곡선을 이용하면 두 변동의 차이가 통계적으로 유의한지 여부를 쉽게 알 수 있다. 시료 크기가 큰 경우에는 별도로 F-분포표로부터 해당 값을 찾아야 한다.



<그림 3.22> 분산의 99% 신뢰구간에 대한 통계적 유의성 한계

(예) 두대의 정방기로 제조한 실의 가는 결점수는 각각 다음과 같다.

1호대 : $s_1 = 54.2$; $n_1 = 10$, 2호대 : $s_2 = 31.4$; $n_2 = 10$

$$F_{cal} = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{54.2^2}{31.4^2} = 2.96$$

$$F_{99\%} = 5.35$$

$$\therefore F_{\text{cal}} = 2.96 < F_{99\%} = 5.35$$

따라서 두 분포간 분산 차이는 통계적으로 유의하지 않다.

(예) 2대의 정방기에서 제조된 실의 가는 결점수는 각각 다음과 같다 :

1호대 : $s_1 = 78.2$; $n_1 = 10$, 2호대 : $s_2 = 31.4$; $n_2 = 10$

$$F_{\text{cal}} = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{78.2^2}{31.4^2} = 6.2$$

$$F_{99\%} = 5.35$$

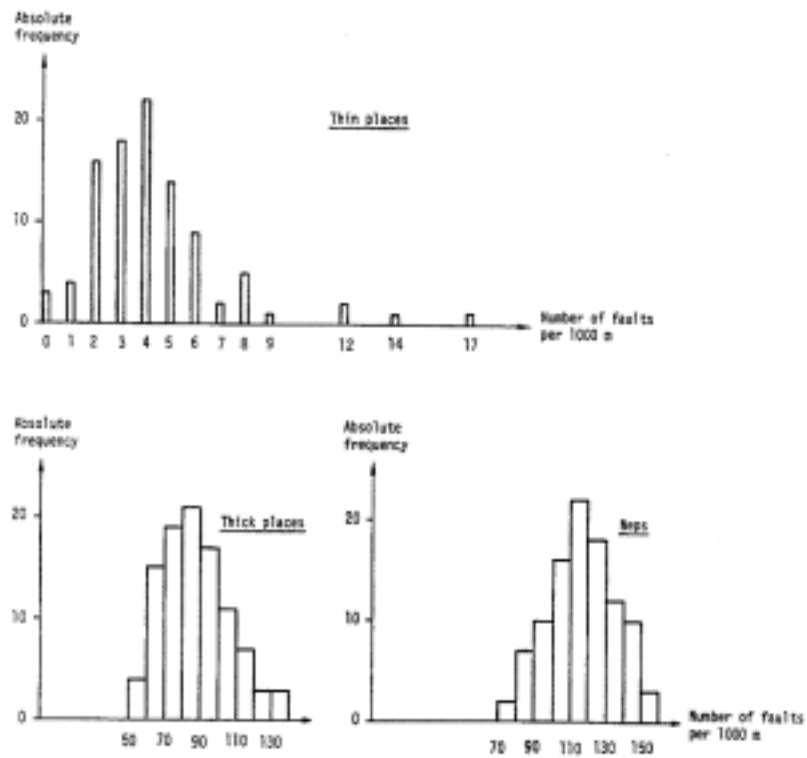
$$\therefore F_{\text{cal}} = 6.2 > F_{99\%} = 5.35$$

따라서 두 분포간 분산 차이는 통계적으로 유의하다.

3.4.4 보빈 및 OE 패키지에 대한 반복시험

장주기 변동 또는 드물게 발생하는 결점을 확인하기 위해서는 때로 동일 보빈 및 OE 패키지에 대해 많은 반복시험이 필요하다. 이것은 전방공정에서 발생하는 결점과 관련된 것으로 실에서 반드시 측정되어야 한다. 또한 바닥의 진동 및 정방기 자체에서 드물게 발생하는 불균제 요인에 의한 결점도 측정될 수 있다. 3.4.1~3.4.3 절에서 검토된 계산과정을 보빈 및 패키지내의 측정에 대해 적용할 수 있다.

(예) 로터의 운전상태를 시험하기 위해 동일한 OE로터에서 순차적으로 취한 5개의 패키지(Nm 14)에 대해 각각 100회씩 시험(1회 시험길이 1,000m)하여 그림 3.23>에 이 실의 가는 결점, 굵은 결점 및 넵의 도수를 나타내었다. 본 예에서는 결점의 발생빈도가 서로 다르기 때문에 가는 결점에 대한 신뢰한계는 포아송분포의 법칙을 따르고, 굵은 결점 및 넵에 대한 신뢰한계는 정규분포의 법칙을 따를 것으로 간주해야 한다.



<그림 3.23> 5개의 OE 패키지 (Nm 14)에 대한 결점 분포