

단섬유 방적에서의 품질 모니터링

1. 서 론

4년마다 열리는 소위 섬유기술의 진수라고 할 수 있는 것의 집합체인 국제 섬유기계 전시회(ITMA)가 섬유산업의 발전을 주도하고 있다. ITMA 87 역시 이런 관점에서 예외가 되지 않았으며 자동화된 처리시스템, 고속생산공정, 컴퓨터로 제어하는 데이터 모니터링 설비 등이 전시되었다. 그리퍼와 에어제트 시스템으로 1,500m/min 이상의 위입과 140~400m의 제직이 가능해질 것이고 자동화된 실 이음(piecing), 공급, 도핑, 균제화, 청소, 길이 측정 등이 수작업 시스템을 대신하여 제공될 것이다. 그렇지만 이러한 생산속도의 증가 및 자동화의 이유와 필요성에 대해 의문을 품는 사람도 있을 것이다. 그 대답은 매년 폭발적인 세계 인구의 증가와 인구 1인당의 연간 섬유 소비량의 증가로 인한 섬유 제품의 엄청난 수적 증가에 있다.

취리히에 있는 Swiss Federal Institution of Technology의 Hans Krause는 1970년도에 약 1백만 톤의 섬유제품이 생산되었고 이때 세계적인 평균 섬유소비량은 1인당 연간 2kg이었는데, 1990년대에는 인구 1인 당 연간 평균 8kg에 이를 것으로 예상하고 있다. 1990년대에 예상되는 세계 인구 5.4×10^9 명이 적어도 1인당 연간 8kg의 섬유제품을 소비할 것으로 보여 전체적으로 연간 43만 톤의 섬유가 필요하게 될 것이다.

세계 인구의 성장과 이에 따른 전체섬유 소비량의 성장은 오직 경제적인 생산방식의 성장에 의해서만 상쇄될 수 있다. 여기에는 단지 섬유생산 뿐만 아니라 실과 직물 등의 생산도 해당된다. 섬유생산량의 증가문제는 합성 섬유에 의해 해결되어야 할 것이다. 그 이유는 1년에 합성섬유 1,000kg을 생산하는데 필요한 땅의 면적은 1m² 인데 비해 동일한 양의 면섬유를 생산하

는 데는 26,000m²의 땅이 필요하기 때문이다.

자본 집약적인 자동화 기계와 운반시스템이 도입됨에 따라 섬유산업에서의 고용인원은 점차 감소될 것이다. Krause에 의하면 1kg의 실이나 100m의 직물을 생산하기 위한 작업시간이 지난 250년 동안에 일정한 비율로 감소되어 왔는데 매 25년마다 생산성이 2배로 증가되었다는 것이다. 이 점에 대해서는 나라마다 다른 고용조건 역시 고려되어야 한다. 미국과 EEC 같은 나라에서는 작업자 1인당 1시간 일하는 데 6~9달러의 임금을 지불한다(사회복지포함). 인도와 극동국가(일본은 제외)의 임금은 작업자 1인당 1시간에 2달러 이하이다. 더욱이 유럽의 섬유공장에서는 보통 3교대로 연간 6,000시간을 작업하는데 비해 극동국가에서는 최신 고속기계로 연간 8,000 시간 이상을 작업한다.

면 방적공장에서의 모니터링은 경제적인 생산조건을 이룩하는 한 수단이다. 경제적인 생산이란 기본적으로 제조원가를 줄이는 데 있다. 다음과 같은 방법에 의해 이를 성취할 수 있다.

- 생산성의 증가
- 소비에너지 절감
- 품질향상과 웨이스트 감소
- 재고와 관리비용 절감
- 작업자의 업무량을 최적으로 유지하기 위한 기계 고장의 감소
- 자동화 시스템과 로봇의 도입

1985년 런던에서 거행된 Jubilee Conference of the Textile Institute에서 Hans Locher는 4개국의 제조원가를 비교했다. <표 1>에 의하면 인도에서의 자본금은 비싸고 전력비와 웨이스트 비용이 서유럽(예를 들어 서독)보다 훨씬 높다.

Rieter사에 따르면 유럽의 경우 제조원가를 <표 2>와 같이 공정별로 나누어 볼 수 있다고 한다.

<표 1> 1983년도 방적공정에서의 제조원가(%)

항 목	브라질	서독	인도	미국
자본에대한이익	40.6	10.0	21.1	14.8
감가상각	21.1	24.2	21.3	22.5
부대비용	5.6	3.7	6.9	4.6
전력비	4.1	13.7	22.1	11.1
노임	15.3	33.6	8.9	29.6
웨이스트	13.3	14.8	19.7	17.4

<표 2> 공정별 제조원가가 차지하는 비율

링방적 (Nm50, 20tex)		로우터방적 (Nm34, 30tex)	
링정방기	60%	로우터정방기	62%
조방기	12%		
연조기	4%	연조기	6%
소면기	13%	소면기	17%
혼타면기	11%	혼타면기	15%
합계	100%	합계	100%

2. 샘플링에 의한 모니터링

결점이 랜덤하게 일어날 경우(방적사의 결점과 같이) 1,000yds 또는 100,000yds의 실과 같이 단위 생산량에 대한 결점수는 포아송 분포에 따를 것이며 샘플의 평균은 분산과 같을 것이다. 평균이 30보다 충분히 크다면 포아송 분포 대신에 정규분포를 사용할 수 있다. 그러면 관리한계를 다음과 같은 공식을 사용하여 산출할 수 있다.

$$\text{처리한계} = \bar{x} \pm 3.09$$

$$\text{경고한계} = \bar{x} \pm 1.96$$

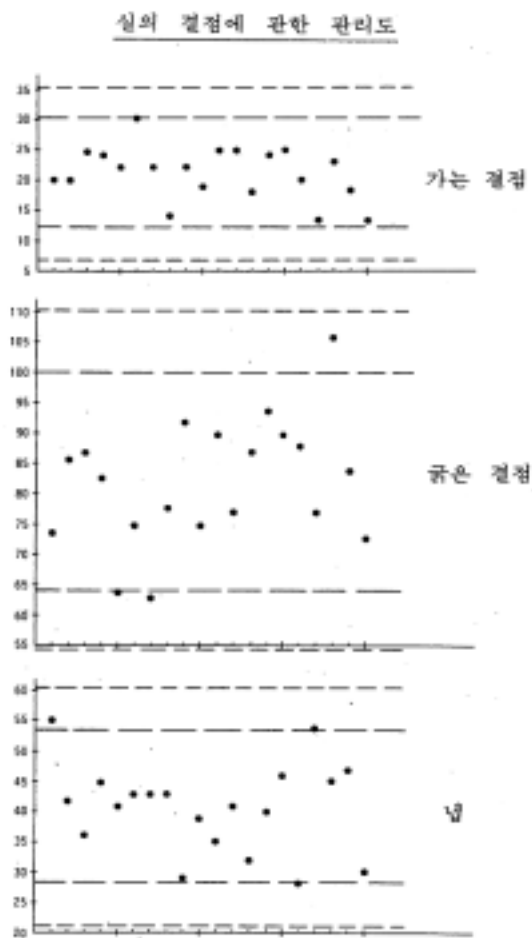
여기서, $\bar{x}$ = 샘플의 평균

<표 3>은 20개의 샘플을 선택해서 1,000yds의 실에 대한 결점수를 가는 부분, 굵은 부분, 넵을 조사한 결과를 나타낸다. 평균(모집단의 추정치), 처리한계, 경고한계는 위의 공식을 이용하여 계산한다.

<표 3> 결점 결과표

샘플 번호	실 1,000yds당 수치		
	가는결점 (-50%)	굵은결점 (3)	넵 (3)
1	20	74	55
2	20	86	42
3	25	87	36
4	24	83	45
5	22	64	41
6	30	75	43
7	22	63	43
8	14	78	43
9	22	92	29
10	19	75	39
11	25	90	35
12	25	77	41
13	18	87	32
14	24	94	40
15	25	90	46
16	20	88	28
17	13	77	54
18	23	106	45
19	18	84	47
20	13	73	30
합 계	422	1,643	814
평균 ($\bar{x}$ 의 추정치)	21.1	82.2	40.70
처리한계	6.9, 35.5	54.2, 110.2	21.0, 60.4
경고한계	12.1, 30.1	64.4, 100.0	28.2, 53.2

이런 값들을 그림으로 나타낸 3개의 관리도<그림 1>을 보면 한계를 정하는데 필요한 처음 시험 기간 중에는 관리상 결함이 없었음을 가리킨다. 그러므로 공장 실험실에서 시험한 샘플을 참고로 하여 일상적인 검사 결과를 기록하는데 관리도를 사용할 수 있다.



<그림 1> <표 3>의 결과를 그린 실의 결점에 관한 관리도

한계값은 측정된 값에 따라 수시로 수정될 수 있다. 이런 방식은 지난 수십년 동안 일반적인 실험실에서 실시되어 왔다. 샘플링에 의한 모니터링과 시험결과에 따라 관리도를 계속 새로 만들어야 하는 일은 양이 많고 고된 작업이지만 품질관리를 위해서는 대단히 중요한 일이다.

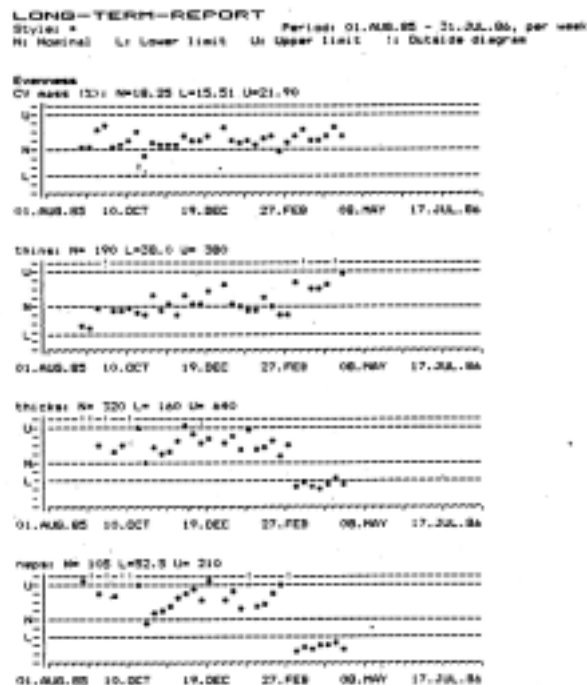
그렇지만 이런 형태의 모니터링에 대한 단점으로는 품목(품질, 변수)마다 그리고 시험 항목(균제도, 변수 변동, 넵수, 절단강도 등)마다 관리도가 요구된다는 점이다. 수많은 관리도를 새로 작성하고 조건의 변경에 따라 관리한계를 수정한다는 것은 시험실 담당직원들에게 너무 많은 일이 되어왔기 때문에 섬유공정에서 품질관리를 할 수 있는 대단히 중요한 수단임에도 불구하고 점차 소홀히 되는 경향이 있었다.

ITMA 83에서 Uster Labdata가 소개됨으로써 공장 실험실에서는, 처음으로 데이터를 모아서 결합하는 평상 업무를 대신할 수 있는 컴퓨터를 보유하게 되었다.

Uster Labdata가 하는 샘플링에 의한 모니터링의 한 예는 관리도를 작성하는 일이다<그림 2>. 이 예에서는 각 점들이 1주간의 평균 측정값을 나타내고 그 기간이 대략 5개월 또는 33 주간에 걸친 장기간 보고서(long-term report) 형식으로 된 관리도를 보여 주며 균제도(CV%), 가는 결점(가는 부분/1,000yds의 실), 굵은 결점(굵은 부분/1,000yds의 실), 넵(넵/1,000yds의 실)에 관한 보고서이다. 한계치는 현재 조건의 통계적 평가에 따라 또는 경험을 토대로 한 임의의 값을 선택하여 키보드를 통해 입력시킬수 있다. 이 예에서는 균제도의 한계를 평균값(N)의 +20%(U)와 -15%(L)로 설정했고 가는 결점(-50%), 굵은 결점(3), 넵(3)의 한계를 평균값의 +100%(U)와 -50%(L)로 설정했다.

이런 시스템으로 샘플 모니터링을 하는데 대한 장점은 각 경우마다 적절한 접속기(interface)가 부착되어 있는 실험장치로부터 시험한 결과가 직접 컴퓨터로 전달된다는 점이다. 또한 그 차트를 언제라도 비디오 화면이나 프린트를 하여 불러 낼 수 있다. 이 시스템의 도입 결과, 작업자의 오차가 줄어들고 품목과 시험항목마다 데이터를 컴퓨터 기억장치에 저장하고 언제라도

다시 불러내거나 새로 계산해 낼 수 있다.



<그림 2> 매주일 균제도와 결점수를 1년동안 걸쳐 기록한 장기간 리포트

인장시험을 하는 데 가장 표준방법은 절단될 때까지 걸리는 시간을 20초로 하는 것인데 이때 20 ± 3 초가 허용된다. 그렇지만 실의 인장시험기의 속도에 한계가 있어서 그 정도 속도로 시험할 수 없을 때는 제한된다는 사실을 고려해야 한다. Uster Tensorapid는 클램프의 속도를 5,000mm/min까지 증가시키는 것이 가능하다. 그렇지만 고속시험을 하려고 하는 실험자는 실의 인장강도와 신도가 시험속도에 의존한다는 사실을 명심해야 한다.

면사의 인장시험을 하는데 여러 보빈을 선택해서 보빈당 시험을 20회씩 하는 규정된 시험방법으로 시험할 경우 400회를 시험하는데 걸리는 시간만으로도 3시간 15분에 달한다. 그러므로 고속시험방법은 시험시간을 단축시킬 뿐만 아니라 실이 공정 중에 힘을 받게 될 때와 비슷한 조건으로 힘을 받도

록 한다. 또한 고속시험은 품질관리를 목적으로 개선된 실의 강도 모니터링 기술에 일익을 담당한다.

1950년에 Meredith는 단섬유 방적사를 시험하여 절단강도가 측정속도(정속 인장)의 증가에 따라 직선으로(속도의 경우 로그눈금으로) 증가한다는 사실을 발표하였다(Journal of the Textile Institute; Transactions T199-224, June 1950). 그 반면에 절단신도는 측정속도의 증가와 관계없이 대략 동일하게 나타났는데, 물론 보빈 내와 보빈 간의 변동을 고찰한 결과이다.

Meredith는 또한 절단강도와 측정속도간의 직선관계는 다음과 같은 공식에 의해 나타낼 수 있다고 제시하였다 :

$$\Delta F = 0.09 \log\left(\frac{t_2}{t_1}\right) \times 100\%$$

여기서 , ΔF = 퍼센트로 나타낸 절단강도의 차

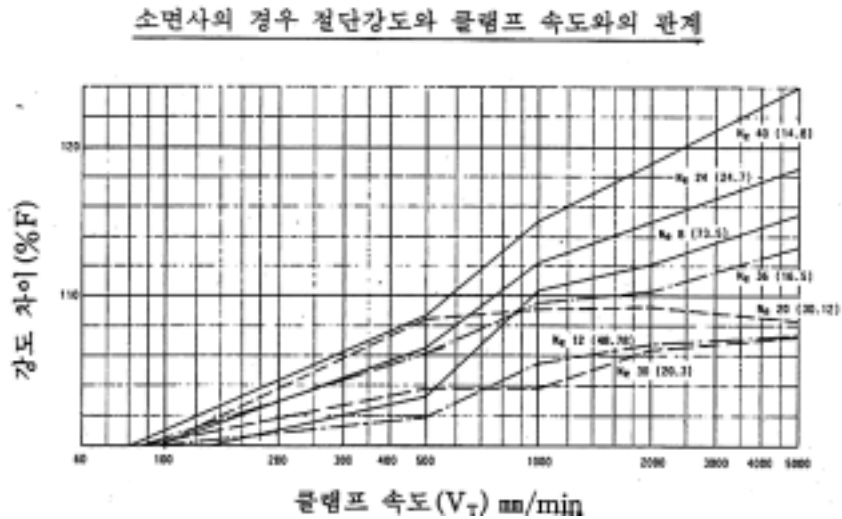
t_2 와 t_1 = 절단될 때까지 걸린 시간

그러므로 측정속도를 두 가지로 했을 때 이에 해당되는 인장강도의 차이를 결정할 수 있다.

<그림 3>은 Uster Tensorapid 인장시험기로 측정속도를 변화시켜 가며 7종류의 소면사를 인장시험한 결과를 나타낸다. 실의 변수는 태사인 Ne 8(74 tex) 부터 세사인 Ne 40(15 tex)까지 선택하였고 측정속도는 500, 1,000, 2,000, 5,000 mm/min으로 변경시켰다. 그리고 5 번째 시험으로는 표준시험법에 따라 절단까지의 소요시간이 20 ± 3 초가 되도록 측정속도를 선택해 실시하였다.

이런 사실을 기초로 하여 예컨대 공장에서는 단사의 인장성질을 측정하기 위해서 고속 시험방식을 어떻게 도입할 수 있으며 고속시험에서 얻은 인장강도와 규격시험 조건이 20 ± 3 초로 얻은 값과 어떻게 비교할 수 있는가를

고찰해 보자.



<그림 3> 여러 번수의 소면사에 있어서 클램프 속도의 증가에 따른
절단강도 증가 사이의 관계

Ne 13.8(42.7 tex) 소면사를 Tensorapid를 사용하여 5,000mm/min(최고속도)의 고속으로 시험하였다. 보빈 10개에 대한 결과(보빈 당 20 번 시험의 평균값)는 <표 4>와 같다.

<표 4>

(클램프속도 : 500mm/min)

보 빈	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{x}$	Q95%
강도(cN)	647.9	655.9	625.2	642.7	634.7	647.4	654.3	626.1	674.3	707.5	651.6	8.4
신도(%)	6.96	6.57	6.19	6.47	6.21	6.65	6.59	6.09	6.77	6.59	6.51	0.06

여기서 5,000mm/min의 측정속도로 시험한 평균 절단강도와 20 ± 3 초에 절단 되도록 했을 경우 측정된 평균 절단강도를 비교한다면 다음과 같은 과정을 거치게 된다. 먼저 5,000mm/min의 속도로 시험했을 경우 절단될 때까지 걸린

시간을 공식으로부터 산출해야 한다.

$$t_p = \frac{E \cdot l_E \cdot 60}{100V_T}$$

E= 신도

l_E = 시험편 길이(mm)

t_p = 시험시간(초)

V_T = 클램프 속도(mm/MIN) (규격 시험편 길이 500mm 고려)

그러면 절단될 때까지 걸리는 시간을 초로 나타내면

$$t_p = \frac{6.5 \times 500 \times 60}{100 \times 5,000}$$

$$= 0.39\text{초}$$

여기서 Meredith의 공식을 사용하면 다음과 같다.

$$\Delta F = 0.09 \log\left(\frac{20}{0.39}\right) \times 100\%$$

$$= 15.4\%$$

그러므로 시험속도를 5,000mm/min로 했을 경우의 절단강도(cN)가 651.6cN 일 때 절단시간을 20초를 했을 경우의 절단강도는 다음과 같이 될 것이다.

$$F_{20\text{초}} = \frac{F_{0.39\text{초}}}{\Delta F} \times 100\% = \frac{651.6}{115.4} \times 100 = 546.6\text{cN}$$

이 계산에서는 정규분포(Gaussian)를 한다는 조건과 모든 측정속도에서 평균 절단신도는 대략 일정하게 유지된다는 조건을 전제로 하였다.

이렇게 계산값과 실제 측정값(즉 측정시간이 20 ± 3 초 일 경우)이 얼마나 근접한가를 평가하기 위해서 Tensorrapid를 다시 사용하여 시험을 반복하였다 (10개의 보빈과 보빈당 20번의 시험).

우선 절단시간이 20초일 경우의 측정속도를 계산할 필요가 있으므로 위와 같은 공식을 사용하였다. 즉,

$$V_T = 15 \times E$$

$$\text{시험편 길이 } l_E = 500\text{mm}$$

$$\text{측정시간 } t_p = 20 \text{ 초}$$

$$E = \text{신도}(\%)$$

$$V_T = \text{클램프 속도}(\text{mm/min})$$

위 식으로부터 속도는 $15 \times 6.51 = 97.65 \text{mm/min}$ 됨을 알았다.

절단까지의 시간을 일정하게 하여 시험한 결과와 이에 해당되는 측정속도 97.65mm/min 으로 시험한 결과를 <표 5>에 나타냈다.

<표 5>

(평균측정시간 : 19.01초)

보 빈	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{x}$	Q95%
강도(cN)	618.6	564.8	556.6	602.5	572.4	558.0	606.7	549.5	594.6	621.4	584.5	7.9
신도(%)	7.54	6.58	6.41	6.69	6.62	6.98	7.10	6.59	7.00	6.86	6.84	0.06

두 번째 시험결과로부터 다음 사실을 알 수 있다.

① 표준 측정속도일 경우와 클램프 속도가 $5,000 \text{mm/min}$ 일 경우에 평균 신도 $E(\%)$ 는 대략 5% 증가되었다 (퍼센트로 $E = 6.51 \pm Q95\%$ 와 $6.84 \pm Q95\%$ 를

비교해서).

② 95% 신뢰구간 내에서 측정시간이 20 ± 3 초로서 시험한 절단강도의 값은 5,000mm/min의 속도로 시험한 것을 기준으로 해서 계산한 값과 대략적으로 같았다($F=584.5 + Q95\% cN$ 과 $564.6 + Q95\% cN$ 을 비교해서).

지금까지 측정속도가 증가함에 따라 왜 면사의 절단강도가 증가하는가에 대한 이유를 밝힌 연구결과는 없었다. 이런 현상에 관한 이유로서 다음과 같은 사실을 고려해 볼 수 있겠다.

○ 측정시간이 20 ± 3 초(표준 시험방법)일 경우 시험편의 길이방향(주로 500mm)으로 꼬임의 차이가 고르게 될 시간이 있는데 비해 고속측정 시는 동일한 정도까지 될 수 없다.

○ 섬유와 섬유 간의 마찰이 측정속도가 증가함에 따라 증가한다. 즉 고속측정 시에는 섬유가 서로 미끄러지기보다 섬유가 절단될 것이 확실하다.

위에서 유추된 결론은 고속측정이 가져 올 모든 장점을 생각해서 실험실에서의 측정방식을 고속측정방식으로 할 수 있다는 것이다. 만일 표준 규격 시험방법(ASTM D76)에 따른 시험결과가 필요하다면 그때 Meredith 공식을 사용하여 절단강도를 환산해 주면 될 것이다. 그러나 법으로 제한되어 있는 경우는 선택할 여지 없이 표준 시험방법 특히 측정시간을 20 ± 3 초로 하는 방법을 선택할 수 밖에 없다.

측정속도와 인장특성 간의 관계를 결정하기 위한 연구가 최근 Lin Heng Qi에 의해서 진행되고 있다. Lin은 면사의 경우 Meredith에 의해 수행된 결과를 확인하였고, 100% 면사 이외의 다른 섬유성분을 가진 실에 대하여 측정속도와 절단강도와의 관계식을 유도하였다.

3. 연속 모니터링

실의 품질은 주로 정방 이전의 공정에 의해 결정된다. 최초의 꼬임이 조방 공정에서 부여되기 이전에 발견하지 못한 결점은 더 이상 수정될 수 없으며 이로 인해 비용이 증가된다. 그러므로 가능한 이전 공정에서 결점을 찾아내어 수정해야 하는 것이 중요하다.

Uster Sliverdata는 다음과 같은 이익을 가져다 준다.

- ① 소면, 정소면, 연조 슬라이버에서 품질 특성이 연속적인 온라인 감시
 - 평균 변수, 변수 편차, 변수 변동
 - 불균제도 U% 또는 CV%
 - 스펙트로그램
 - 섬도(소면 슬라이버)
- ② 생산에 관한 중요한 데이터의 연속적인 온라인 감시
 - 효율
 - 생산량
 - 생산성
 - 원인별 코드 입력과 함께 정대수
 - 캔 교환과 도핑 수
- ③ 괄목할 비용 절감
 - 실험실의 일상적 시험을 최소로 줄임
 - 원료 낭비를 줄임
 - 카운터를 읽을 필요가 없음
 - 시간 소비에 대한 불만의 해소
- ④ 새로운 응용 가능성
 - 여러 주기별 그림 및 리포트 형태로 서류관리를 목적으로 저장된 품질 및 생산에 대한 측정데이터

- 임금평가와 배치를 위한 신뢰성 있는 데이터
- 실험실 인원은 이상이 발생한 생산공정에 집중적으로 전력할 수 있음
- 스펙트로그램 파장의 범위가 200m까지 이므로 (일반 실험실에서의 실험은 3m까지에 불과함) 준비공정의 최적조건을 결정하는 것이 가능함
- 미리 입력된 한계값(균제도, 변수편차, 주기적 결함)을 넘을 경우 기계의 자동정지

예외에 의한 관리란 오직 예외조건을 판별해 그것을 관리하는 관리시스템을 말한다. 온라인 품질 모니터링 시스템은 이런 관리방식의 하나로 미리 설정한 표준조건 이하로 운전되는 기계나 공정에 전력하도록 하는 것을 가능하게 한다.

경험을 통하여 단섬유방적에서 직면하게 되는 결점은 기본적으로 단지 두 가지 범주가 있다는 것을 알았다.

○ 범주 A : 시간이 지남에 따라 더욱 심각 하게 되므로 가능한 빠르게 수정해 주어야 하는 결점

○ 범주 B: 가끔 생겼다가 없어지는 결점

이런 경우 결점이 범주 A에 속하는 것이 아닌 가와 수정방법을 평가하기 위해서 계속적인 공정의 감시가 필요하다.

이런 두 가지 범주의 결점에 다음과 같이 설명된다.

① 범주 A: 시간이 지남에 따라 더욱 심각해질 수 있는 결점

○ 마찰된 압력 롤러(드래프트 롤러)

○ 편심의 기어 피니온

○ 결함있는 V 벨트

○ 테이크인 롤러상의 불순물 퇴적

○ 롤러 래핑

- 마모되거나 결함이 있는 소면침포
- ② 범주 B: 가끔씩 생겼다가 없어지는 결점
- 부분적인 웹의 끊어짐
- 저질의 원료공급
- 정소면기의 주기성
- 슈트급면의 간헐적인 공급 중단과 공급
- 섬유집합체의 부분적인 뭉침
- 결함이 있는 오토레블러(autoleveller)
- 완전히 밀폐된 최신 기계에서 부분적인 흡인

이것은 물론 완벽한 분석이 아니라 단지 전세계에 걸쳐 있는 공장에서 다년간 Uster Spectrograph를 사용하여 얻은 경험과 최근에 Uster Sliverdata의 경험을 기초로 한 것이다.

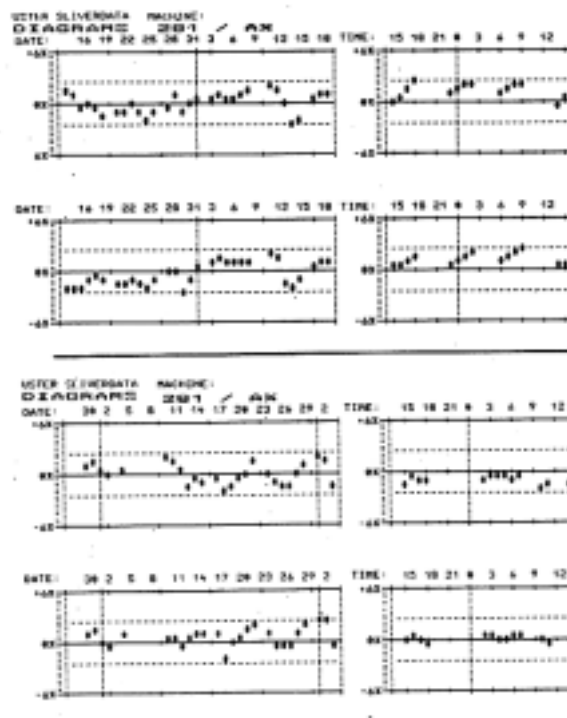
Sliverdata의 경험을 참고로 하여 실제 공장조건에서 다음 4가지 예와 같은 Uster Sliverdata의 응용을 생각할 수 있다.

피니셔 연조기(2번기)에서의 차등캔 공급 : 브레이커 연조기(1번기)에서 캔에 들어 있는 슬라이버 변수(영국식 면 변수 방식)는 캔이 찰수록 증가한다. 즉 캔의 바닥에서 위로 올라 올수록 슬라이버의 단위길이당 무게가 가벼워진다. 이런 이유는 코일링 시스템에 의해 슬라이버의 코일을 누르는 압력때문에 생기며 캔을 과다하게 채울 경우 캔이 가득차게 되면서 슬라이버와 코일러 플레이트 사이에 마찰력이 증가함에 따른 결과이다.

이 캔들이 피니셔 연조기에 공급될 때 캔으로부터 나오는 슬라이버는 정점 무거워진다. <그림 4>위에 나타낸 것은 2개의 딜리버리를 갖는 피니셔 연조기 No.281에서 두 가지 변수의 슬라이버를 측정하는 것이다.

원편의 것은 지난 37일 간에 걸쳐 변수 편차를 나타낸 것인데 각 점들은

하루 동안의 평균값을 나타낸 것이고 오른쪽은 최종 일 24시간에 걸쳐 변수 편차를 나타낸 것으로 각 점들은 매시간 동안 측정된 변수를 평균한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 24시간 동안 공급된 4개 그룹에서 측정된 변수가 설정한 평균값보다 높은 것으로 나타났는데 이는 두 가지 변수에서 모두 같은 경향이였다.



<그림 4> 피니셔 연조기의 변수 다이어그램

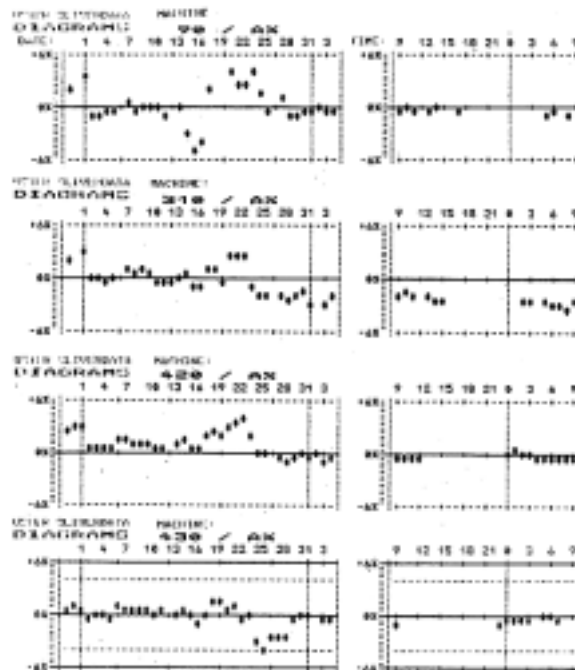
위 : 정상적인 슬라이버 공급, 아래 : 차등 슬라이버 공급

<그림 4>의 아래에 있는 것은 차등공급 방식을 도입하였을 때 동일한 연조기에서 2가지 변수에 대한 그림이다. 이것은 다음과 같은 방식으로 한 것이다. 전체 캔들의 절반은 단지 절반의 슬라이버만을 공급한 후 새로운 만관 캔으로 대체한 후 이를 반복하였다. 이러한 방식으로 하면 캔들의 절반은 무거운 슬라이버를 공급하고 나머지 절반은 가벼운 슬라이버를 공급하게 될

것이다.

Uster Sliverdata가 이런 문제점을 제시한 결과로 그 수정방향을 설정할 수 있었으며 이로써 문제점이 제거되었다.

다음 공정으로 이행되는 예비연조공정에서의 결점 : 예비연조공정에서의 결점 즉, 장주기 무게 변동이 2단계의 연조공정을 거친 후 피니셔 연조기에 서 어떻게 확실히 나타날 것인가에 대해 알아보는 것은 흥미로운 일이다. 이 결점은 정방에서 보빈과 보빈 사이의 변수 변동으로 나타날 수 있다. <그림 5>의 4개 그림 중 맨 처음 것이 예비연조에서의 결점을 나타낸다. 16일째에 어떤 수정배치가 있었고 변수가 낮아지는 경향이 정지되었을 것이라는 사실을 알 수 있다. 이런 결과로 높아지는 방향으로 옮겨 갔고 약 8일간에 걸쳐 높은 변수가 생산되었다. 28일째에 가서 시스템이 정상적인 값으로 돌아왔다.

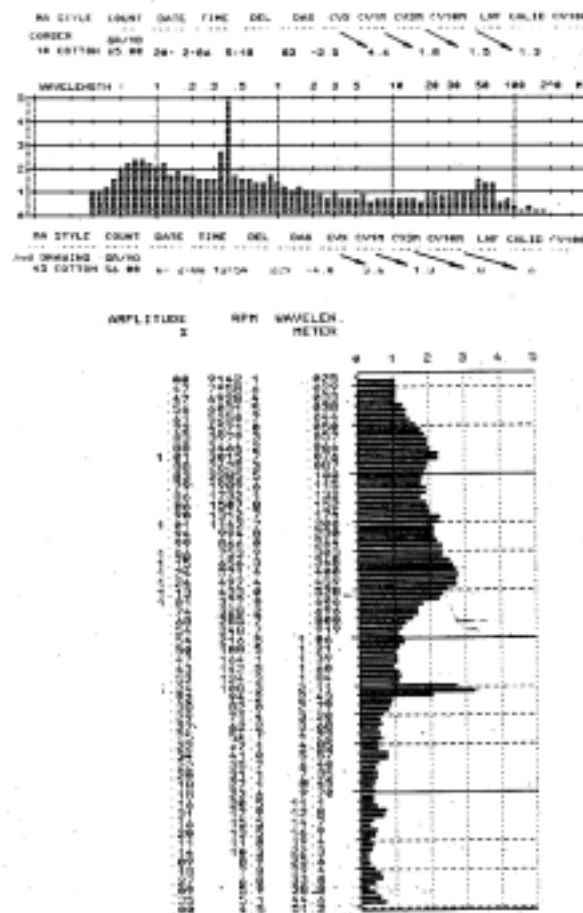


<그림 5> 4단계 연조공정에서의 변수 다이어그램

위 : 예비연조, 두번째 : 블렌더 연조, 세번째 : 피니셔 연조의 첫번째 통과, 아래 : 피니셔 연조의 두번째 통과

310호대(첫번째 통과 연조기)에 대한 세번째 그림과 430호대(두번째 통과 연조기)에 대한 네번째 그림에서 보면 이러한 예비연조에서의 결점때문에 20~28일 동안 낮은 번수의 슬라이버가 생산되고 있었다는 사실을 알 수 있다.

이런 상황에서 수정되어야 할 변수가 얼마이며 그 이후 공정에서 어떻게 영향을 미칠 것인가를 알게 되고 또 공정과 공정사이에 지연되는 시간상의 요인을 고려할 때 언제 효력을 발휘하게 될 것인가를 알 때 공장에서는 수정 배치를 취할 수 있다.



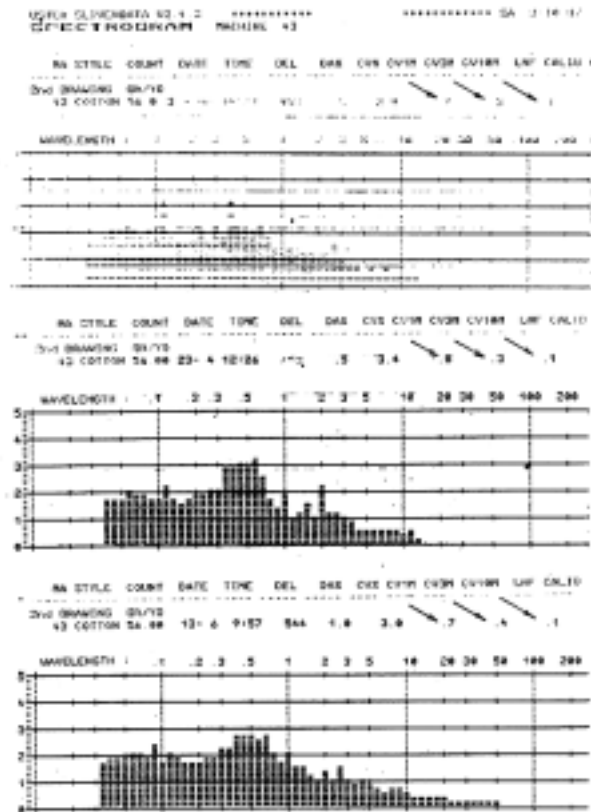
<그림 6> 온라인으로 측정한 정소면 슬라이버(위)와 브레이커 연조 슬라이버(아래)의 스펙트로그램

정소면슬라이버의 스펙트로그램 분석 : <그림 6> 은 Sliverdata 시스템으로 측정한 정소면 슬라이버(윗그림)와 브레이커 연조슬라이버(아랫그림)의 스펙트로그램 기록이다. 윗 그림의 스펙트로그램은 정소면기의 이음 동작에서 생기는 결점으로 대략 40cm 간격임을 보여준다. 또한 이 그림에는 10번 정소면기의 특성, 생산되고 있는 변수(65g rains/yd), 스펙트로그램을 작성할 때의 날짜와 시간, m/min 으로 나타낸 전달속도(DEL), %로 나타낸 변수 편차(DA%) (평균 65grains/yd로부터 -2.5% 벗어남), Uster 균제도(CV%), 1m, 3m, 10m, 100 m 길이 별 변수 변동 등도 나타나 있다.

아래에 있는 스펙트로그램은 어떻게 수직 방향으로도 그릴 수 있는가를 보여주며 이로써 기타 유용한 정보를 기록할 수 있는데, 예를 들면 $2.7\times$ 유효섬유장의 파장에서 스펙트로그램의 최고높이에 대한 퍼센트로 Amplitude, 해당되는 파장을 생산하는 기계 부분의 회전속도(RPM), 스펙트로그램의 여러 채널의 파장 등이다 .

이 경우 정소면에서의 이음 부분 결점이 브레이커 연조기에서도 나타나는데 단지 파장이 약 2.4m(6배의 연신)로 늘어나 있을 뿐이다. 아래에 있는 스펙트로그램을 보면 평균 파장 약 42cm에서 역시 드래프트파가 있음을 알 수 있다. 이것은 정소면기의 연신 박스에서 연신할 때 문제가 있기 때문이다.

품질을 일정하게 유지시키며 생산을 높인다 : 4번째 예 <그림 7> 은 20일간 속도를 3가지로 달리하여 생산한 autoleveller 연조기 슬라이버의 Uster Sliverdata 스펙트로그램이다. 맨 위의 스펙트로그램은 생산속도(DEL)가 453m/min으로 CV% 균제도가 2.9로 나타났다. 스펙트로그램을 보면 약 20cm의 파장에서 드래프트가 나타남을 알 수 있다. 동일한 드래프트 파가 다른 두 스펙트로그램에서도 나타났다. 즉 생산속도를 증가시킴에 따라 품질상에는 어떤 변화도 생기지 않았다.



<그림 7> 3가지 속도로 생산한 autoleveller 연조 슬라이버의
온라인 스펙트로그램

두 번째 스펙트로그램은 동일한 연조기로 단지 생산속도만 652 m/min으로 변경하여 생산한 슬라이버에 대한 것이다. 이 경우 CV 균제도가 3.4%로 약간 높았다.

이 원료에 대한 적정 생산조건으로서 약간 낮은 544m/min의 생산속도를 선택하기로 하였다. 맨 아래의 스펙트로그램을 보면 알 수 있듯이 50cm의 파장에서 드래프트 파가 약간 감소될 수 있었으며 CV% 균제도는 3.0%로 줄일 수 있었다.

이 예의 목적은 온라인 품질 데이터를 참고하면 autoleveller 연조기의 최적 생산조건을 비교적 단기간 내에 결정할 수 있으며 또한 실제로 동일한 품질

의 슬라이버를 생산하는데 약 25%의 생산량 증가를 나타냈다.

로터 정방에서 실의 결점에 대한 분석은 받아 들일 수 없는(그리고 받아들이 수 있는)실의 결점의 빈도수는 물론 단면의 굵기, 길이 등의 품질을 평가하는 데 필요하다. 분석하는데는 주기적 결점(moire)과 그 밖의 결점(실의 결점 경고) 역시 고려된다.

정방공정 중에 로터 정방사를 온라인 모니터링하기 위해 크기가 작은 용량식 측정장치를 실이 지나가는 경로에 설치한다. 이 장치는 이전의 공정에서 생긴 결점은 물론 로터 정방기에서 생기는 결점의 굵기, 길이, 빈도수를 기록한다. 만일 그 굵기, 길이, 빈도수가 미리 설정한 한계치를 넘어서게 되면 해당되는 부분의 공급을 중단시킨다. 결점이 있는 실의 일정 길이를 자동으로 끊어내고 자동 이음 장치로 이어준 후 운전이 다시 시작된다. 이러한 감시기능은 Uster Polyguard 설비로 가능하다.

Polyguard는 생산되는 실과 일정 기간 동안 생기는 사고 등을 분석한 후 3가지 타입의 리포트 즉 일별, 반별, 임의에 따라 결과를 프린트해 준다.

반별 리포트는 각 반의 작업이 끝날 때 자동적으로 프린트하고 결점의 원인을 분석하기 위한 다음 교대반의 감시기능으로 사용된다. 임의 리포트는 임의 시간에 수동으로 출력명령을 주어 결과를 프린트하는 것으로 새로운 번수의 실을 방출하거나, 기계조건을 새로 설정할 때 또는 정대 후 가동할 때 운전 조건이 적합한가를 확인할 필요가 있을 경우 주로 요구된다.

일별 리포트는 매일 작업종료 시에 프린트되며 3종류의 리포트 중 가장 긴 시간동안의 작업 결과를 나타낸다. 그 결과 얻어진 수치는 통계적으로 가장 믿을 수 있고 예를 들어 감도의 한계를 재설정하는 등 작업 스타일을 수정하는 데 사용된다.

<그림 8>에서 보여주는 두 종류의 일별 리포트는 Polyguard 시설을 장치한

2대의 정방기 No. 2와 No. 3에 관한 것이다. 이 자동 로터 정방기는 스타일 45로 운전되며 Ne 18(33tex) 100% 면사를 방출한다.

***** USTER-POLYGUARD 3A ***** MACHINE NO. 2 WED 29. 5. 87 11:54 STYLE 45 COUNT HEC 18.8 MATERIAL NO 7.5 SENSITIVITY S 140 % T 25 % L 25 % MO 100 % YARN FAULT-ALARM S YF PER 1 KM DELIVERY 116 M/MIN ----- DAILY REPORT ----- FROM TUE29.09.05:00 TO WED01.09.05:00 MONITORED TIME 23:48 LENGTH 33414 KM ----- TOTAL 1988 1988 RM KM ----- YF 244 97.8 14.8 S 198 23.2 3.3 L 155 36.8 4.8 T 84 19.4 2.6 MO 29 21.7 3.1 TM 82 12.8 1.9 ISLE ROTORS ----- ROTOR YF YA LENGTH NO 1 2 3 (KM) (S L T MO) ----- 117 2 0 161.8 (0 1 0 1) 172 2 0 142.4 (1 1 0 8) 174 98 27 116.8 (4 12 72 2) 175 1 0 157.9 (0 0 0 1) 188 2 4 143.9 (1 1 0 0) 215 3 0 134.3 (3 2 0 9) *****	***** USTER-POLYGUARD 3A ***** MACHINE NO. 3 WED 29. 5. 87 11:56 STYLE 45 COUNT HEC 18.8 MATERIAL NO 7.5 SENSITIVITY S 140 % T 25 % L 25 % MO 100 % YARN FAULT-ALARM S YF PER 1 KM DELIVERY 116 M/MIN ----- DAILY REPORT ----- FROM TUE29.09.05:00 TO WED01.09.05:00 MONITORED TIME 23:48 LENGTH 33414 KM ----- TOTAL 1988 1988 RM KM ----- YF 423 148.8 21.2 S 168 38.4 5.5 L 343 81.5 11.7 T 67 15.9 2.2 MO 58 12.1 1.7 TM 45 18.6 1.5 ISLE ROTORS ----- ROTOR YF YA LENGTH NO 1 2 3 (KM) (S L T MO) ----- 2 2 0 132.6 (1 0 0 1) 3 1 0 117.2 (1 0 0 0) 4 1 1 100.1 (0 5 0 9) 195 44 5 42.3 (1 12 0 3) 215 3 0 124.7 (0 3 0 0) *****
---	--

<그림 8> Uster Polyguard로부터 얻은 로터 정방기

No.2와 No.3의 일별 리포트

감도 설정은 짧고 굵은 결점(S) +140%, 길고 굵은 결점(L)+25%, 가는 결점 (T)-25%, 므와레 결점 (Mo)+100% 였다. 실의 결점경고는 실 1km에 결점이 3 개보다 많을 경우 경고를 발동하도록 설정되었다. 방출속도(delivery)는

116m/min 이다.

23시간 48분 동안 즉, 측정한 실의 총 길이가 33.414km가 될 동안 모니터링한 결과 No.2기의 경우 결점빈도수가 $YF = \text{총 실의 결점} / 97.5 / 1,000$ 로터 시간(RH)와 $14.0 / 1,000$ km의 실로 나타났다. 실의 경고는 물론 S, L, T, Mo 결점의 빈도수도 비슷하게 해석 할 수 있다. No.2 와 No.3 두 기계에는 모두 이 기간동안 아이들 로터(idle rotor) 즉, 오랫동안 정지되어있는 로터가 없었다.

이 예를 선택한 이유는 두 리포트의 하단에 나와 있다. No.2 기의 경우 방출 포지션 No.174에서 11 km의 실을 생산하는데 실의 결점(YF)이 90개가 있었고, 23시간 47분간 모니터링하는 동안 결점경고(YA)가 27번 있었다. 이러한 실의 총 결점수를 원인별로 나누어 보면 S-결점 4개, L- 결점 127R, T-결점 72 개, Mo-결점 2개로서 분석될 수 있었다.

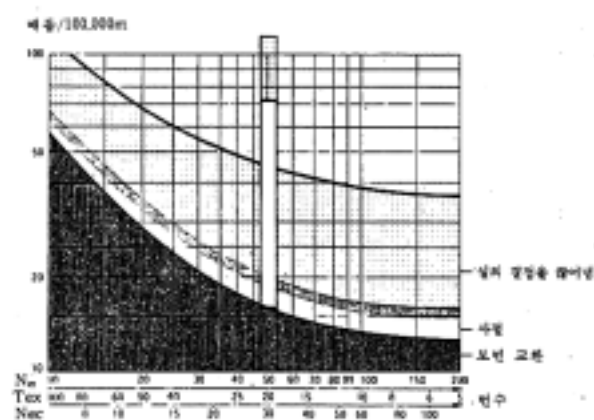
No.3기에 대해서도 동일한 분석을 할 수 있는데 방출포지션 No.195에서는 단지 42.3km 의 실 밖에 생산을 못했고 44개의 결점이 나타났으며 이중 31개는 Mo-결점이고 12개는 길고 굵은 결점 (L)이었다.

여기서 이런 결과를 다른 방출포지션과 비교해 본다면 No.2 기의 No.174와 No.195 등 2개의 방출포지션은 이상이 있는 것으로 생각할 수 있으며 전체 결과에 커다란 영향을 미치고 있다. 두 경우 모두 이상이 있는 방출포지션을 선별하여 수정을 하기 위해 필요한 감시기능으로서의 일을 하였다. 이 방출포지션에서 방출된 저급 실이 그렇게 긴 시간 동안 생산되도록 하여서는 안되었고 앞으로의 공정 동안은 그 나머지 생산을 중단시켜야 한다.

오늘날 로터 방적사는 직물이나 편성물에 사용되고 있는데 과거 몇 년 전보다 소비자의 요구가 많아졌다. 그 결과 자동 로터 정방기의 모든 로터에 품질과 생산성을 온라인 모니터링하는 것이 필요부가결 해졌다. 예를 들면 이상의 속도로 생산하고 있는 실을 1m 마다 체계적으로 방출하게 되면 급격

히 변하는 소비자의 구미에 맞춰야 하는 시장에서의 성공을 확신할 수 있을 것이다.

링 정방기에서 링의 크기를 크게 하는 것은 매우 바람직한데, 이유는 크기가 크고 또한 지름도 큰 패키지(콥)로 감을 수 있기 때문이다. 패키지의 무게는 대체로 지름의 제곱에 비례하기 때문에 지름이 큰 링 패키지는 도핑의 수를 줄일 수 있다. 지름이 큰 패키지로 감을 경우 한 패키지를 다른 패키지와 연결할 때 생기는 매듭의 수가 현저하게 줄어들므로써 결과적으로 권사 패키지 내의 매듭 수를 감소시킨다는 사실은 중요하다<그림 9>. 결과적으로 권사효율은 증가되었다. 또한 패키지는 처리회수를 줄임으로써 혼합된 품질의 실이 생산되는 회수 역시 줄일 수 있는 것으로 나타났다.



<그림 9> 면사 변수에 따라 콘에 발생한 매듭 또는

이음부분에 대한 경험적인 수치

(Ne30의 경우 권사기의 장력조절 이상으로 끊어진 실 때문에 매듭/이음의 빈도수가 증가한 것을 알 수 있음)

그렇지만 링 지름의 크기를 크게 하는 데는 제약이 있다.

○ 실의 장력이 크다. 즉 사절이 많아진다.

- 스펀들 속도가 낮아진다. 즉 생산량이 적다.
- 에너지의 비용과 필요공간에 대한 비용이 증가한다.
- 자본투자비용이 높아진다.

자동 콘 권사시 스플라이싱(splicing) 장치의 출현으로 작은 링 패키지 사이의 문제점 특히 품질상에서의 문제점이 해결되었는데, 그 이유는 권사된 콘 내에 있는 많은 수의 스플라이스는 매듭의 경우와는 달리 허용 될 수 있기 때문이다. 결과적으로 링의 지름은 작아지는 경향으로 되었으며 그로 인해 속도가 증가하였고 제조원가가 감소되었다.

이러한 관점에서 링의 표면처리 기술과 링 및 트래블러 모양의 디자인(열발산을 증가시키고 실의 장력을 감소시키기 위한) 기술이 향상됨으로써 스펀들 속도를 증가시킬 수 있었고 트래블러 수명을 향상시켰으며 새로운 링으로 교체했을 경우 시운전하는 시간을 주었다. 그러므로 작은 지름의 링이 지배적인 위치를 차지하게 되었다.

그러나 링이라고 모두 고속에서 같은 정도의 만족도를 나타내는 것은 아니다. 공장 실무자는 어떤 링이 자사공장의 기계와 작업조건에 가장 적합한 것인가 그리고 속도를 높임에 따라 생기는 사절수의 증가가 적당한가를 결정해야 한다.

Machine 리포트<그림 10>는 면방적 공장에 있는 36대 전체 링 정방기에 대한 반별 리포트를 나타낸다. Material 160TR 은 1, 5, 15, 17, 24, 25, 26, 27, 34 호 기계(MAS)에서 생산 중인 Ne 60(9.8tex) 정소면사이다. 25, 26호 기계를 제외한 모든 기계에서 45mm 직경의 표준 링이 사용된다. 25 호 기계에서 새로운 타입의 소구경 링 (42mm) 즉 Type A를 사용하였고 26호 기계에서는 새로운 타입의 소구경 링 (42mm) 즉 Type B를 사용하였다.

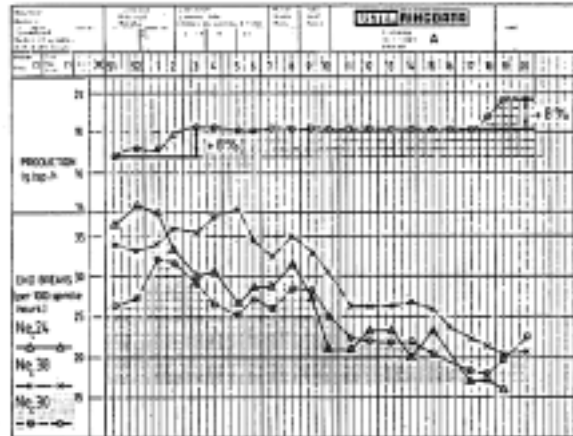
USTER RING/PRODUCTION M. E. R.													14-06-07 05:49				
PLANT: HANSAHALL, GERMANY																	
NO. TIME SHYF 2 FROM NO. 15-04-07 21:45 NO. 14-06-07 05:49																	
*** AREA 4 RINGSPIN																	
NO	PRODUCTION	NO	SPIN	NO	GR/SH	NO	GR	SH	NO	GR/SH	NO	GR	SH	NO	GR	SH	
1	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
2	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
3	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
4	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
5	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
6	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
7	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
8	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
9	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
10	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
11	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
12	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
13	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
14	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
15	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
16	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
17	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
18	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
19	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
20	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
21	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
22	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
23	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
24	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
25	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
26	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
27	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
28	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
29	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
30	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
31	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
32	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
33	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
34	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
35	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
36	14022	34	7	1	100	1	00	5	1	100	1	00	5	1	100	1	00
T 36 RINGSPIN 34.6 22000 15.8 99.9 25 219 48 24.2 14																	

<그림 10> 36대의 정방기에 대한 Machine 리포트[이중 9대는 동일한 스타일 (Material 160TR)을 방출하지만 링의 타입이 다르다.]

리포트로부터 알 수 있듯이 160TR사를 방출하는 기계의 방출속도는 대략 12,500rpm이다. 소구경 링을 사용한 25, 26호 기에서 속도는 14,500rpm까지 증가되었고 생산량도 이에 따라 증가하였다(GR/SH=스핀들 시간 당 그램). 또한 25, 26 호기에서의 사절빈도수(EB/H=1.0 스핀들시간당 사절수)는 평균 28~43까지 증가하였다. 그렇지만 한 반에서 작업한 7시간 59분 동안의 결과를 토대로 두 타입의 링 사이에 유의차가 있다고 말할 수 없으며 더 오랜 시간 동안의 측정을 생각해야 할 것이다.

그렇지만 이 예에서는 연속적인 모니터 링 시스템 때문에 현재 조건보다 나은 조건을 찾을 수 있다는 사실을 설명해 주고 있다. 그런 다음 장기적인 실험데이터를 토대로 얻어진 생산량의 증가가 품질의 저하를 보상할 수 있는지를 결정할 수 있다. 그렇지만 <그림 11>에서 보면 Uster Ringdata 결과를 토 대로 생산량은 점차 증가되며 사절빈도수는 감소됨을 알 수 있다. 이것은

사절의 원인 즉, 링 크기와 타입을 조사하고 수정된 것으로 고친 후에 이루어진 것이다.



<그림 11> 사절수를 줄임에 의해 생산속도를 증가시키는 것이 가능하다.

4. 결 론

미래에는 면방직 공장의 여러 공정 단계에 데이터 모니터링을 도입시킨 것을 볼 수 있게 될 것임에는 의심할 여지가 없다. 이것은 경제적 생산이 요구됨에 따라 자연스럽게 이루어질 것이다. 선진국과 개발도상국 어디에서나 에너지, 인건비, 공장에서의 작업조건, 자본비용, 원료의 유용성, 국제시장은 물론 국내시장에서의 과세, 수입장벽과 관세 등의 관점에서 소홀히 지나치게 되지 않는다. 이런 모든 관점에서 보면 공장에서의 생산 모니터링은 이런 상황에 적합하게 대처하거나 어느 정도까지 예측할 수 있는 총체적인 정보 시스템의 단순한 한 요소가 될 것이다.

셔틀리스 직기가 북 직기를 대체하는 데는 35년 이상이 소요됐는데 셔틀리스 직기가 시작된 것은 1960 년도로 지금까지도 단지 개체되는 중에 있다. 오픈엔드와 그 밖의 혁신적 정방시스템이 링 정방을 대신할 수 있을 정도

까지에는 아마 20년이 걸릴 것이다. 이것은 ITMA 67동안에 전시된 Czech 로터 정방기로부터 시작되었다. 그러나 섬유산업에서 생산시스템을 컴퓨터화 시키는 데는 단지 19년 정도 걸릴 것으로 생각된다. 아마 1990년 까지는 완성될 수 있을 것이다.