

자동화, 품질 및 비용에 관한 고찰(II)

4. 자동화

자동화라는 것은 인간의 노동을 기계로 대체하려는 것을 포함한다. 이것의 논리성을 떠나서, 만일 그 대체로서 비용을 줄일 수 있다면 경제상의 결과는 긍정적일 수가 있다. 처리비는 자동화계획을 위한 첫번째 목표점이 되고 여기에서의 논의는 이 점으로 제한될 것이다.

자동화는 처리비를 줄일 수 있지만 고정비를 증가시킨다. 총 비용은

$C_t = C_f + C_h + C_s$ 가 되지만, 디자인 변경과 고정비의 변화 δC_f 가 처리비의 변화 δC_h 와 $C_s = (\frac{1}{X})C_f$ 를 유도하게 된다는 사실을 생각해 보면 비용에 관한 미분방적식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{\delta C_t}{\delta C_f} = 1 + \frac{\delta C_h}{\delta C_f} + \frac{1}{X}$$

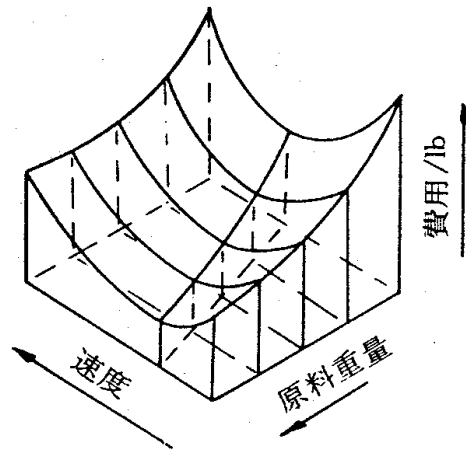
총비용이 바뀌지 않는다면,

$$\frac{\delta C_t}{\delta C_f} = 0$$

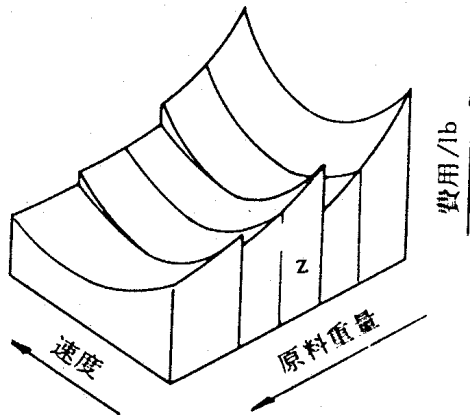
그러므로 자동화 전, 후의 비용 관계는

$$\frac{\delta C_f}{\delta C_h} = -\left(\frac{X}{X+1}\right)$$

바꾸어 말하면, 제품의 품질과 기계의 생산속도의 특성은 자동화의 비용효과를 결정하는데 결정적인 역할을 한다. 비용을 속도와 원료 무게의 함수로서 나타내 보면 그림 7(a)와 같이 된다.



<그림 7-(a)> 속도와 원료중량에 따른 비용/파운드의 변동



<그림 7-(b)> 자동화 정도에 따른 각 단계에서의 변화에 대한 효과

자동화는 불연속단계로 이루어지며 비용을 기계의 생산속도와 원료의 무게의 함수로서 나타내는 3차원 그래프의 표면 역시 그림7(b)에서 보는 바와 같이 많은 단계로 나타난다. 각 단계에서 처리비가 변화함으로써 수직상으로 나타난 값이 변경됨은 물론 최소치 역시 좌측으로 옮겨진다. 자동화에 있어서 각 단계에서의 효과는 기계속도에 따라 다르며, 표면 Z가 모든 범위에서

의 효과를 나타내지는 않는다. 어떤 속도에서 변화에 대한 실질적인 효과가 위에서 보인 것과는 반대로 나타나고, 자동화의 증가로 인해 실제로 총비용이 증가하는 경우도 지극히 가능하다. 위의 사실로서 알 수 있는 중요한 점은 만일 자동화를 그냥 단순하게만 본다면 나중에 커다란 오차를 나타낼지도 모른다는 점이다.

세번수 필라멘트사의 경우, 매듭 없이 실의 패키지를 크게하여 방사하는 것이 가능하고 생산공정의 단계가 적으며, 기계속도가 고속인데도 불구하고 생산성이 비교적 작은 것은 필라멘트사가 세번수이기 때문이다. 처리과정의 거의 없기 때문에 원료처리비는 주요 비용항목이 아니다. 그러므로 자동화를 이룩하기 위한 동기의 발생 기회가 극히 적다. 그 반면에 벌크 카펫사의 생산에는 비교적 굵은 실이 필요하게 되고 그 원료는 많은 손이 가게 된다. 그러므로 자동화의 필요성은 더욱 절실하게 된다.

세번수 방적사의 경우, 생산성이 필라멘트사 보다 낮고 패키지가 작은데도 불구하고 자동화는 전혀 정립되어 있지 않다. 태번수 방적사의 경우, 생산성은 보다 높는데 패키지 처리비를 줄이기 위하여 오토도퍼를 채택하는 방식이 보편화되고 있다. 많은 경우에 처리비용을 더욱 절감하기 위해서 권취공정과 정방공정을 연결시킨다. 소면공정에서 슬라이버 패키지는 슬라이버 캔의 형태인데, 처리비를 절감하기 위해서 매우 대형의 캔을 사용하는 경향으로 옮겨간다. 자동 캔 교환 역시 보편화되고 있다.

제직공정에서 장시간 운전을 위해서 대형의 정경빔과 경사빔을 사용하려고 한다. 대개 이러한 것은 그 크기로 인해 무게가 무겁기 때문에 처리하는데 기계적인 수단을 필요로 하게 된다. 연경과 같이 매우 손이 많이 가는 작업은 자동화되어 가고 있다. 이러한 종류의 개발은 수작업에 대한 기술이 부족해짐에 따라 중요하게 된다.

환편공정의 경우, 생산성은 대부분의 제직공정보다 높고 멀티 피드기계가 보편과 되어 있다. 그렇지만 크릴링과 도핑의 빈도수는 아직도 그렇게 높은 편은 아니다.

가공공정의 경우, 많은 자동장치와 제어장치가 기계에 부착되어 있는 관계로 운전속도가 매우 높다. 단일배치에서 원료의 무게는 항상 크게 한다.

지금까지의 간단한 고찰로부터, 패키지크기는 가능하면 크게 하려하고 패키지가 사대적으로 빈번히 교환될 때에만 자동처리장치를 사용하려는 시도가 보인다. 교환시 걸리는 시간이 패키지상의 섬유제품의 무게를 생산성으로 나눈 값이기 때문에 패키지를 크게 하려는 정책은 자동화라는 경제상 이점을 줄이게 됨을 볼 수 있다. 그렇지만 여러 경우 패키지 크기를 크게 하려는 것이 불가능해서 자동화가 보다 더 중요하게 된다. OE정방시 사용되는 캔의 한정된 크기가 그 예가 된다.

5. 생산성을 증가시키는 방안

실제로 디자인을 새롭게 함으로써 동적요소의 무게를 줄이거나, 그 요소의 움직임의 제어를 개선시킴으로써 기계의 생산성은 항상 증가되어 왔다. 편성기는 동적요소(즉, 니들)가 매우 작기 때문에 직기에 비해 높은 생산성을 가지게 된다는 사실은 오래전부터 알려져 왔다. 또한 레피어직기는 동적요소의 무게가 북보다 작기때문이라기 보다는 오히려 그 무게의 제어상태가 좋기 때문에 북직기보다 고속으로 운전할 수 있다는 사실도 보아왔다. OE정방에서 로우터의 무게는 링 보빈의 경우보다 작지 않지만, 로우터내에서 형성된 실은 제어가 잘 되어 있고 링정방에서와 동일한 속도인 경우 장력이 적게 걸린다.

연사기를 사용하는 실의 생산에 있어 소비되는 가장 큰 에너지는 꼬임기

구에 있다. 더욱이 실에 걸리는 가장 큰 응력은 그의 구조가 형성되는 영역에서 발생한다. 이러한 사실은 제직 분야에서도 마찬가지이다. 특정한 기계에 있어 속도가 높을수록(그럼으로써 생산성이 높을수록) 에너지소비량은 커지게 되며 섬유제품에 걸리는 응력도 커지게 된다. 디자인에 있어서 혁신적인 변화가 있을 때 생산성과 에너지소비와 높은 응력에 기인하는 절단율 등을 관련시키는 계수는 변한다. 혁신의 척도는 그 계수이다.

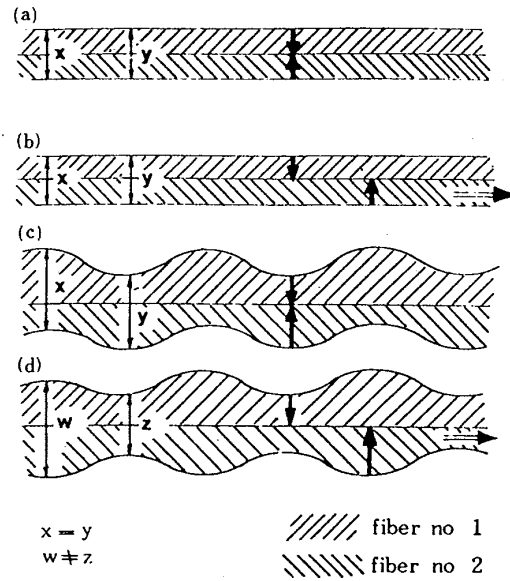
그러므로 OE정방에서의 사절발생율은 대개 실의 강력이 작고 실제로 운전하는 속도는 높은데도 불구하고 링정방에서 생기는 사절의 절반 수준이다. 텍스처링공정에서 거의 믿지 못할 만큼의 회전속도를 마찰-꼬임방식에 의해 얻을 수 있다. 그 이유는 실이 회전축을 따라 거의 직선궤도상에 유지되어 있기 때문이다. 필라멘트 내의 응력은 원심력에 의한 것보다 디스크의 미끄러짐에 의한 마모에 의해 생긴다. 제직공정에서 실에 걸리는 응력은 간헐적으로 생기는데 주로 간헐적인 송출기구, 바디침 등으로부터 생기는 불연속적임에 의한 것이다. 편성이나 제직공정에서 피더의 사용은 공급패키지의 송출 동안에 실에 걸리는 응력과 관련되어 도움이 된다. 제직이나 편성공정에서 편성물로 만들기 위해 실을 처리하는데 공기를 사용하게 되면 기계에 걸리는 힘은 줄일 수 있지만 실의 표면을 헝클어지는 경향이 있다.

이 간략한 고찰로부터 이미 논의된 속도/품질과 관련된 비용에 영향을 미치는 많은 요인이 있음이 명백해졌다. 주요한 디자인 개선은 각각의 고유한 속도/품질-요구특성을 만든다. 아울러 연구, 개발, 제작 등에 대한 기계제작자의 투자는 작업중에 있는 공장과 관련된 고정비의 중요한 요소와 밀접한 관계가 있다. 또한 디자인은 가공비에 영향을 미친다. 결론적으로 여러 가지 디자인간의 비용산출 및 비용의 비교에 주의를 기울여야만 한다.

6. 제품의 품질

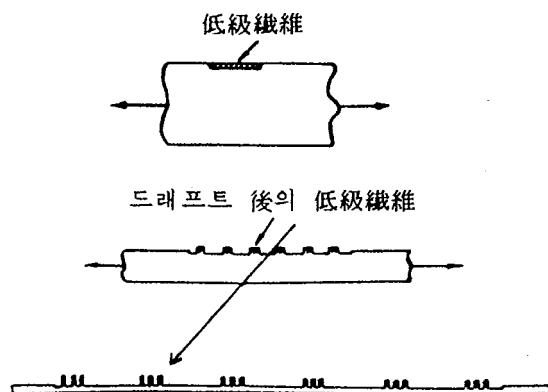
제품의 품질문제에 대해서는 두 가지로 분류할 수 있다. 첫번째는 시각적이고 아마도 감각적이며 충동적이지만 제품을 용이하게 생산할 수 있게 하는데는 별로 영향을 주지 못한다. 두번째 범주에는 결점이 생산하는데 소요되는 비용에 영향을 미친다는 특성이 있다. 그래서 필라멘트사는 바람직하지 못한 염색 줄무늬를 가지게 되지만 별 어려움 없이 생산할 수 있다. 방적사는 시각적이고 감각적인 품질은 바람직하지만 공정중에 끊임없는 말뽕을 주게 된다. 확실히 두 가지 종류의 결점은 모두 중요하지만 공정중에 말뽕을 주는 후자의 경우만을 이 기회에 논의하고자 한다.

모든 공정에서 자본집약적인 고도의 자동화된 장치를 운전하기로 한다면, 간으한 한 가장 이른 공정에서 품질관리의 문제를 해결하는 것이 필요하다. 이러한 많은 문제들은 섬유자체에서 생기기 때문에 드래프트파가 생기는 기구와 드래프트파로 인한 결과를 고려하는 것이 유용하다. 롤러 드래프트 방식에서 드래프트파를 생기게 하기 위하여 유효섬유장의 상이도와 섬유장의 차이를 갖도록 하는 것이 필요하며 톱니 롤러의 조건도 똑같아야 한다. 드래프트 영역에서의 부유섬유들이 불균제를 일으키므로 이 거동은 제어되어야만 한다. 균일한 실을 생산하기 위해서는 정확한 기계조건과 정확하게 디자인된 시스템을 갖는 것이 필요하다. 나아가서 실의 길이방향으로 균일하게 혼합되게 하는 것 역시 필요하다. 실의 불균제는 직물의 생산에 문제를 일으키게 되고 바람직하지 못한 품질문제를 야기시킬 수 있다. 유효섬유장의 상이성은 전단응력간의 차이를 일으키지만, 만일 섬유장의 혼합이 실의 길이방향으로 일정하다면 선밀도상의 불균제는 일어나지 않는다 [그림 8(a)와 (b)]. 그렇지만 만일 혼합수준에 변동이 있다면 선밀도의 불균제가 일어난다 [그림 8(c)와 (d)].



<그림 8> 롤러 드래프트에서 여러 섬유전단력의 영향
 (a)와 (c)는 전단력을 받기 전이며 (b)와 (d)는 받은 후이다.
 (d)의 경우는 불균제를 나타낸다.)

그래서 만일 롤러 드래프트시스템으로 공급되는 원료내에 한뭇치의 저급 섬유(유효섬유장이 짧은)가 있다면 돌발적인 드래프트와의 활동과 길이방향에 따라 산발적으로 저급섬유의 부분 집중화가 일어난다(그림 9). 이렇게 집중된 각 부분은 이어지는 드래프트시스템에서 또한 돌발적인 현상을 일으킨다.



<그림 9> 드래프트에서 집중화된 저급섬유의 분해
 (드래프트가 일어남에 따라 부분적인 저급섬유의 비율은 증가한다.)

그래서 저급섬유는 선밀도의 불균제는 물론 섬유성분상의 불균제 역시 일으키게 된다. 이러한 불균제는 방적, 제직, 편성공정에서 문제점을 야기시킨다. 그러므로 자동화를 보다 효율적으로 하기 위해서는 이러한 모든 공정에서 섬유장 및 섬유혼합물을 일정한 한계내로 관리하는 것이 필요하다. 더욱이 공정라인으로부터 저급섬유를 감지하며 제거하는 것이 자동화의 이점을 최대한 살리도록 하는데 필요하게 된다. 예를 들면 초기의 드래프트파를 감별하고 결점이 있는 슬라이버를 공정에서 제거하기 위한 일종의 클리어러로서 연조기를 사용하는 것도 가능할 것이다. 이렇게 함으로서 드래프트비가 높기 때문에 그 영향이 막중한 다른 드래프트시스템에서 저급의 섬유가 문제를 일으키는 것을 막을 수 있을 것이다. 혼합변동률을 감지하고, 그 제어를 하는데 새로운 형태의 측정방식이 필요해 질 것으로 보인다. 이것이 품질관리에서 필요로 해질 기회가 됐다.

생산하는 데는 별로 크게 영향을 미치지 않을지라고 바람직스럽지 못한 직물을 생산하게 되는 결점의 범주에 대해서도 주의를 기울여야만 한다.

필라멘트사로 제직한 표준 이하의 직물은 종종 줄무늬와 바레를 가지고 있다. 이러한 결점은 색조, 실의 텍스처의 차이 혹은 직물 구조상의 결점 때문에 생기게 된다. 색조나 텍스처에서의 차이는 종종 텍스처링, 연신, 혹은 압출 등의 공정이나 이러한 공정의 조합에서 결함의 결과로서 일어난다. 섬유원료는 그것이 한 단계에서 다른 단계로 진행됨에 따라 결점(혹은 잠재적인 결점)을 동반한다. 한 흥미있는 예로서 이것에 대해 설명하고자 한다. 줄무늬가 있는 염색된 직물을 분석했는 바, 줄무늬의 길이로서 텍스처링 공정이 그것의 원인인 것 같지 않다는 사실을 밝혀냈다. 결국 방사구 주위의 공기 흐름이 방사구 면으로부터 나오는 고분자의 냉각속도에 변동을 일으킨다는 사실이 밝혀졌다. 이것은 고분자의 형태상의 변동을 일으키며, 염색친화

도에 영향을 미치고, 따라서 염색 줄무늬와 실의 텍스처에서의 차이를 일으킨다. 문제는 직물이 염색되기 까지 발견되지 않는다는데 있는데 결과적으로 제어루프는 루프를 완성시키는 여러 작업자와 함께 압출, 텍스처링, 제직, 염색 등의 공정으로 구성된다. 이러한 경우 지연은 몇 주간이나 걸린다. 불확실한 텍스처링에 의해 더욱 빈번히 문제가 일어나며 실에서의 대부분의 결점은 실을 통계적으로 샘플링하고 소매를 짜서 그것을 염색시험(혹은 사염색 시험기를 사용해서)함으로써 찾아진다. 그러한 경우, 지연시간은 크게 감소되지만 아직도 보통의 자동제어시스템에 필적하기에 충분히 짧은 방법은 찾지 못하고 있다.

7. 결 론

섬유산업에 있어서 시장 점유율을 최대로 하기 위해서는 적합한 품질수준을 유지하고서 생산비를 최소로 하는 것이 필요하다. 생산비는 여러 성분으로 구성되어 있다. 즉 원료, 가공, 판매비 등이다. 값 싼 원료를 사용하면 가공비는 언제나 증가하며 판매비의 경우도 마찬가지이다. 주어진 원료에서 그것이 섬유이건 실이건 혹은 그레이그직물이건 간에 단위무게당 생산속도와 관련된 비용이 단위무게당 고정비와 같을 때, 가공비가 최소로 된다. 이것은 주어진 경제여건과 원료에 대해 최적의 생산속도가 있다는 것을 시사해 준다. 만일 새로운 기계가 설치된다면 고정비가 오르게 되고, 총비용을 최소로 하기 위해서는 생산속도를 증가시켜야 될 것이라고 기대할 수 있다. 속도의 증가는 투자비용을 더 많은 생산량으로 분배시킨다. 만일 새로운 기계가 대체되는 기계와 동일한 타입이라면 원료조건과 관련해서는 아무런 변화도 없을 것이다. 얻어진 이익은 인건비를 자본으로 대체한데에 있을 것이고, 이것은 높은 임금의 선진국에 있어서는 더욱 중요한 일이다. 만일 새로운 기계가

전혀 다른 타입이라고 한다면 원료조건과 비용간의 중요한 상호작용이 있을 수 있다. 예를 들어 복직기에서 고속 에어젯직기로 바꾼다면 더욱 고급인 실을 필요로 하고, 공급 원료비의 증가를 초래한다. 반면에 링 정방을 OE정방으로 대체한다면, 장섬유에 대한 원료 조건이 완화되며 경우에 따라 원료비의 절감이 있게 된다. 가격이 다소 시장에 의해 결정되는 필수품 판매인 경우에는 이익이 회수되는 속도를 고려하는 것이 더 유익할 수 있다. 단위시간당 이익을 최대로 하기 위해서는 원료와 생산속도를 최적조건으로 맞춘다고 한다면 생산하려는 제품의 무게를 최적으로 할 필요가 있다. 최적조건을 산출하기 위해서는 원료처리비에 대한 속도/품질 비용을 균형있게 하는 것이 필요하다. 기계의 생산성이 증가함에 따라 그 비용에 대한 이익은 점차적으로 기여도가 떨어진다. 이와 비례하여 원료처리비는 더욱 중요한 위치를 차지하게 된다. 그래서 인건비가 노고 기계의 생산성이 높은 경우에는 원료처리비를 절감시키는 방안을 고려하는 것이 현명하다.

이것은 빔, 콘, 캔 등의 대형 패키지를 이용하거나 자동화를 통해 달성될 수 있다. 이러한 해결책은 두 경우 모두 투자비 때문에 고정비를 증가시키게 되며 또 한편으로 최적생산속도와 제품의 무게에 영향을 미친다.

만일 기계가 높은 속도에서 받는 응력을 줄일 수 있도록 디자인되어 있지 않다면 속도가 증가함에 따라 높은 응력을 받게 된다. 디자인의 개발에도 불구하고 실제로는 언제나 높은 응력을 받게 되는 수준에서 운전하게 되므로 품질상의 개선이 요구되는 것이 보통이다. 많은 새로운 방적시스템에서는 대개 강력이 보다 적은 실을 생산하게 되지만 균제도의 향상과 상호 보완으로 그 결과는 언제나 만족할 만하다. 더 이상의 개선을 위해서는 슬라이버 전처리 단계에서 더욱 제어가 잘 되어야 하며, 이 분야에서의 혁신이 이루어져야 될 것이다. 텍스처링 분야의 경우 남아있는 문제는 초고속에서의 공정의 안

정성, 원료처리시스템 그리고 생산제품의 미적인 향상 등이다. 최적화에 대한 여러 가지 상호연관된 관점에서 볼 때 한 지역에서의 최적조건이 다른 지역에서도 최적조건이 되지는 않는다는 것을 확실히 알 수 있다. 또한 오늘날의 최적조건이 과거나 미래에서도 최적조건이 되지는 않을 것이다. 주변의 경제 여건이 최적조건을 결정하는데 중요한 역할을 한다.