

최적화개념을 통한 제직준비공정과 제직공정의 결합

1. 서 론

최근의 제직기술자들은 제조공정이 예전에 비해 훨씬 더 합리화되어 제조비가 급격히 감소되었다는 점과 다른 한편으로 시장의 수요변동이 단기간 내에 바뀌는 추세가 증가되고 있어 실질적으로 이에 즉시 적응할 수 있는 범용성을 충분히 갖춘 어떤 체제와의 사이에 절충안을 찾지 않을 수 없게 되었다. 이런 절충안을 찾는 데는 확실히 데이터처리(data processing)가 도움이 되지만 최적의 로트크기를 결정하는 것 또한 하나의 방법이 된다. 이는 특히 CAM(Computer Aided Manufacturing) 시스템과 결부시켜 사용될 때 서로 상승작용의 영향을 주게 되어 이익이 된다.

‘최적의 로트크기’는 앞서 설명한 절충안을 찾는 판단의 기준에 가장 부합되는 단위라고 정의할 수 있다. 따라서 이 단위는 생산의 어떤 단계에서나 또는 바로 공정의 각 부분에도 응용할 수 있다. 최적의 로트크기는 여러 가지 선택의 판단기준, 즉 제조비의 한계, 생산기간, 중간 저장단계의 최소화 및 이용 가능한 생산수단의 범용성 등에 우선 순위를 어떻게 배분하는가에 따라 달라질 수 있다.

최적의 로트크기를 구하는 목적은 최소의 경사를 가지고 최대의 직기에서 수많은 여러 가지 직물을 생산하는 데 있다. 가장 이상적인 경우는 제직준비 공정에서 단지 한 종류의 경사만을 사용하여 이용가능한 모든 직기에 공급하는 것이다.

그러나 불행하게도 제직기술자들은 다수의 고유한 제한요인 즉, 기존의 인자들로써 상업적이거나 기술적인 면에 의해 좌우되기 때문에 영향을 미칠 수 없는 것들을 해결해야 한다. 주요 상업적인 제한요인들로는 납품의 최종

기한, 직물폭에 관련된 어떤 허용공차의 한계, 원료의 구성성분, 단위면적당 직물중량, 색상, 직물조직 및 태(handle)가 있다. 기술적인 면에서의 제한요인은 원료로서 예컨대 원사와 원사패키지의 특성에 기인한 것도 일부 있지만 특히 이용가능한 생산수단에도 존재한다. 예를 들어 부분정경이나 빔 정경의 경우에는 이용가능한 기계의 형태나 대수, 크릴의 칫수와 정경빔이나 경사빔의 용량, 빔정경이나 부분정경에서의 평균속도와 생산속도, 작업 생산성과 목표로 한 작업시간 등과 같이 숙고해야 될 많은 인자가 있다.

가호공정에서 고려해야 될 인자 가운데는 공급 빔 스탠드(beam stand)의 칫수 경사 시트의 밀도, 경사빔의 특성, 평균속도와 생산속도가 있다.

직기는 위입방식, 바디폭, 경사 송출빔이나 직물 권취빔의 직경, 최대 허용가능한 종광의 수, 개구운동의 형태, 위입시킬 수 있는 위사의 색상수와 컴퓨터를 이용한 제어의 가능성 등에 따라 달라지게 된다. 폭넓은 유연성을 관련시켜 정의할 때 최적의 로트는 한가지 기본품종의 경사로서 엄밀하게 규정된 특성들로 구성되며 범용성이 매우 커서 여러 가지 다양한 제품을 생산할 수 있어야 한다<표 1>. 특히 제직 또는 최근의 통경공정에서 생산할 수 있는 직물의 다양성을 극대화하기 위해서는 이런 가변적인 특성을 가능한 최대로 이용하는 것이 중요하다.

<표 1> 범용성에 따른 직물의 특성 분류

汎用性	經 系	緯 系	共通事項
낮음	• 실의 種類와 번수 • 색상 • 經糸密度 • 經糸의 비열형태 • 經糸빔의 幅 • 通經 • 바디通入	• 실의 種類와 번수 • 색상 • 緯糸密度	
높음			• 프래들링(treading)

이러한 수많은 제한요인에 대응하여 제직기술자는 그 운동성을 보조할 수 있는 수단에도 접근해야 된다. 생산제품에 관련지어 정량적으로 신중히 정의한다면 다음의 인자들을 제조과정에서 변경할 수도 있다.

- 직물의 폭 : 가공제품과 가공조건에 요구되는 정밀도와 때때로 실제 과도한 폭으로 제직하는 데 있어 요구되는 정밀도를 염두에 둔다.

- 생지상태의 직물과 가공직물에서의 m^2 당 중량의 허용공차

- 원사와 직물밀도 : 경위사변수를 구매자가 규정하였는지, 그렇다면 허용공차는 얼마인지를 파악한다. 위사밀도는 어느 정도의 정밀도를 유지할 필요가 있는지, 경사밀도의 변동은 어느 정도까지 위사밀도를 변경시켜 보정할 수 있는지를 조사한다.

제직준비공정에서는 한편으로 기준품종의 경사와 다른 한편으로 로트로서의 제직된 제품 사이에 세심한 구별이 있어야 한다. 부분정경과 빔정경 및 가호공정에서 다음의 두 가지 선택요소를 파악할 수 있는데, 즉

- 어떤 규정된 단위로써 생산된 정경빔은 요구조건에 따라 가호배치(sizing batch)로 집합시킨다. 이런 방식으로 생산된 스톡(stock)의 크기를 볼 때 이와 같은 선택사항은 다양한 형태로 있는 다수의 작은 경사단위에 대해서만 실행할 수 있다.

- 이와 반대로 빔정경과 가호공정을 결합시켜 기준되는 경사품종을 적용하는 방식이 있다. 따라서 이를 하나의 생산단위로 간주할 수 있다. 이 방식은 경사장이 긴 경우에 보다 적합하다.

어느 방식을 사용하든지 간에 기술자는 빔정경의 방법, 정경빔 또는 경사빔의 수, 정경빔 또는 경사빔에서 실의 분포, 정경빔에서의 길이와 각 빔에서 경사의 최종길이 등을 임의로 선택할 수 있다. 통경공정의 경우는 채택된 통일방법이 분명하게 직물의 표면특성에 영향을 주지 않는다면 단지 담당기

술자에 따라 결정된다. 여기에서 직기를 가동하는 데 미치는 영향을 신중하게 점검하고 시험하여 동일한 품종의 경사로 생산할 수 있는 직물의 최대 가능한 수를 산출하는 어떤 통입방법을 채택할 필요가 있다. 제직공장에서의 최대 기동력(manoeuvring-power)은 납기의 최종기한을 고려하여 직기와 다양한 여러 직물의 처리시퀀스 가운데 선택함으로써 얻을 수 있다.

2. 선택가능한 사항

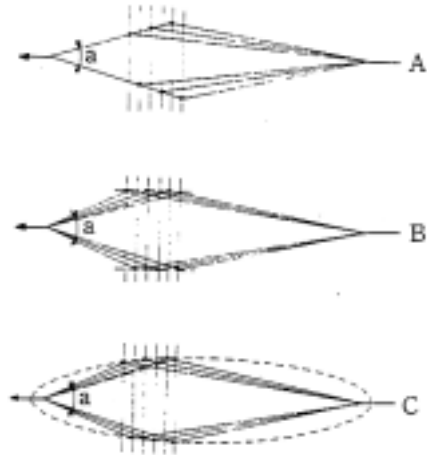
직물제품의 범위에 따른 허용가능한 공차를 고려해 볼 때 경사의 구성성분을 변경시켜 동일한 구성성분으로 변수가 유사한 경사들을 하나의 품질과 평균변수로 표준화시키는 것이 가능하다. 경사에 대해 수행된 변경작업의 보정은 위사에 대해 적절히 조절함으로써 m^2 당 직물중량을 바꾸지 않고도 이루어질 수 있다. 그러나 장기적인 안목에서는 기획부서와 판매부서간의 긴밀한 협조가 결국 이용가능한 기준품종의 경사를 갖고 최대 가능한 수의 새로운 제품을 만들 수 있는 능력을 배양시키게 된다.

정경 및 가호공정의 경우, 정경크릴에서 공급패키지의 교체로 인해 유발되는 생산손실을 고려한다면 최적으로 정경공정과 가호공정이 결합되어야 전체 최적화에 최대 유익한 영향을 주게 된다. 이에 관한 일부 해결책에 대해서는 이후 언급하기로 한다.

통경 및 연경의 경우, 기준품종의 경사로써 가장 다양하게 제품을 만들 수 있는 범용성을 최대로 가지며 실용적인 통입방법을 찾아야 된다.

종래의 개구운동에서 통입방법은 직물에 나타나는 경단이나 그밖의 결점을 방지하기 위해 종광을 최소로 해야 되었다. 그러나 경사의 길이가 모두 동일할 때는 타원형 개구 <그림 1>의 경우가 보다 효과적이다. 따라서 통경에서 종광의 수를 보다 증가시킬 수 있고 아울러 범용성도 증가하게 된다.

비록 타원형 개구가 여러 가지 기술적인 면에서는 실용적이지만 유감스럽게도 대부분의 직기에는 부적합하다.



A: 재래식 개구, B: 직선형 개구, C: 타원형 개구

<그림 1> 개구의 여러 가지 형태

만일 투입방법에 범용성이 충분히 있다면 개구운동의 시퀀스, 위사의 특성, 피킹 시퀀스를 선택하여 다양한 품질의 직물을 제작하는 것이 가능해진다. 어떤 경우에는 연경을 통하여 간단히 수정을 가함으로써 경사의 품종을 변경시킬 수 있다. 그럼에도 불구하고 최적화는 이와 같은 목적으로 제품과 제작준비공정에서 수행되었을 때 달성될 수 있는데 이는 컴퓨터를 이용하여 생산설계 및 생산제어를 가장 효과적으로 하고 있을 때이다.

3. 경사준비공정에서 최적의 로트 크기

정경빔의 수는 경사율수와 로트길이(생산단위)에 상관없이 정경크릴의 용량과 비교하여 최소값과 가호기 빔 스탠드의 최대용량 사이에 있는 값으로 규정할 수 있다. 따라서 생산시간은 어떤 방법을 채택하느냐에 따라 결정된

다. 그러므로 정경빔의 최적값을 구할 수 있는 수학적 공식을 산출하는 것이 유리하게 된다. 응용하기가 매우 용이한 식을 구하기 위해서는 만관의 정경빔을 생산하는 데 소요되는 로트길이를 알아야 되는데, 이 때 정경빔 가운데 일부는 크릴에서 공급패키지를 교체해야 한다. 그밖에도 이용가능한 스펀들의 간격에 따라 실용적인 면에서 가능한 대형의 패키지들을 크릴에 공급해야 된다. 또한 이 공식은 당연히 경사길이보다 짧은 경우에서도 이용할 수 있어야 한다. 그러나 제품에 있어 다양한 색상을 가질 수도 있다는 예외적인 경우가 있으므로 각기 다른 여러 인자들로 정경빔의 수는 결정된다.

본고에서 채택하고 있는 최적의 로트에 대한 판단기준은 빔정경과 가호공정에서 한 단위의 경사를 처리하는 데 소요되는 시간이다. 그러나 실제에 있어서는 빔정경과 가호공정의 중간 저장단계에 드는 비용과 그밖의 기타 비용과 같이 다른 인자들도 고려할 필요가 있다. 그러므로 본고에서 언급하고자 하는 내용에는 한계가 있음을 염두에 두어야 할 것이다.

4. 길이 L(m)의 로트를 비밍하는데 소요되는 시간의 산출

하나의 로트를 비밍하는 데 소요되는 시간은 빔정경기의 크릴에 패키지를 재공급하는 시간, 실제 비밍시간, 정경빔의 교체시간, 사절의 수리와 기타시간으로 구성된다.

가. 크릴에 공급패키지를 재공급하는 데 소요되는 시간

패키지를 정경크릴에 재공급하는 데 소요되는 시간(T_{MO})는 다음과 같이 구한다.

$$T_{MO} = X \cdot \frac{N}{n_r} \cdot t_o$$

단, X: 정경빔 n본을 생산하기 위해 크릴에 소요되는 패키지의 교체횟수

N: 직물에서 총 경사올수

n_r : 정경빔의 총 본수

t_o : 실 1올당 기본 처리시간(시동시간을 포함한 실 1올에 대해 산출된 값)

나. 실제 비밍에 소요되는 시간

실제 비밍에 소요되는 시간 T_o 는 다음 식에 의해 산출된다.

$$T_o = n_r \cdot \frac{L}{V_o}$$

단, L: 로트의 길이

V_o : 비밍속도

다. 정경빔의 교체소요시간

정경빔을 교체하는 데 소요되는 시간 T_{co} 는 다음 식에 의해 구한다.

$$T_{co} = n_r \cdot t_{co}$$

단, t_{co} : 정경빔 1본을 교체하는데 소요되는 기준시간

라. 사절수리 및 기타 정대소요시간

사절을 보수하는 데 소요되는 시간과 그밖의 기타 정대시간 T_c 는 다음 식에 의하여 산출한다.

$$T_c = C \cdot \frac{L \cdot N}{10^6} \cdot t_c$$

단, C: 10^6 m당 정대수

t_c : 평균 정대시간

따라서 한 로트를 정경하는 데 소요되는 총시간은 다음과 같이 구한다.

$$T_{TO} = T_{MO} = T_O + T_{CO} + T_C$$

5. 길이 $L(m)$ 의 로트를 가호하는 데 소요되는 시간의 산출

길이 $L(m)$ 인 로트 하나를 가호하는 데 소요되는 시간을 구성하는 요인은 다음과 같다.

- 가호기의 빔 스탠드에서 정경빔을 교체하는 데 소요되는 시간
- 실제 가호시간
- 경사빔을 교체하는 데 소요되는 시간

가. 정경빔의 교체 및 시동에 소요되는 시간

가호기의 빔 스탠드에서 정경빔을 교체하는 데 소요되는 시간은 다음의 식으로 구한다.

$$T_{ME} = n_{\Gamma} \cdot t_e + t_f$$

단, t_e : 정경빔 1본당 기준 교체시간

t_f : n_{Γ} 과는 무관한 시동시간

나. 실제 가호시간

실제 가호시간 T_E 는 다음 식에 의해 산출한다.

$$T_E = \frac{L}{V_E \cdot R_E}$$

단, V_E : 가호속도

R_E : 여러 정대요인을 고려한 생산효율(정경빔의 교체 및 시동시간은 제외)

다. 경사빔의 교체에 소요되는 시간

가호기에서 경사빔을 교체하는 데 소요되는 시간은 다음식에 의해 구한다.

$$T_{CE} = \frac{L \cdot t_{ce}}{l_e}$$

단, t_{ce} : 하나의 경사빔을 교체하는 데에 따른 기준시간

l_e : 경사빔당 가능한 최대 경사길이

전체시간 T_{TE} 는 다음과 같다.

$$T_{TE} = T_{ME} + T_E + T_{CE}$$

따라서 경사 한 로트를 처리하는 데 소요되는 시간은 다음과 같다.

$$t_m = \frac{T_{TO} + T_{TE}}{L}$$

6. 로트길이 L 의 측정

대형 로트를 처리할 때는 주로 정경빔이 최적의 만권이 되는 길이 L_{max} 를 채택한다.

따라서,

$$L_{max} = \frac{k}{n_o}$$

단, n_o : 정경빔 1본당 경사 올수

k : 실의 종류와 변수에 따른 만관의 경사빔에서 실의 총 길이

윗 식은 또한 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{max} = k \cdot \frac{n_r}{N}$$

여기에서 경사 N 올은 정경빔 n_r 본에 균일하게 분포되었다고 가정한다. 그러나 길이 L_D 는 공급패키지에서 이용가능한 실의 길이 즉, L 에 대해서 산출한다.

$$l = \frac{p \cdot 10^3}{T_x}$$

단, p : 패키지에서 이용가능한 실의 중량 즉, 안전여유분을 제외한 정미중

량

T_x : 실의 변수(tex)

7. 정경크릴에서 공급패키지 교체횟수 X 의 측정

정경빔 n_r 본에 대해 크릴에서의 공급패키지 교체횟수 X 에는 여러 값들이 가능한데, 즉 최소 $X=1$ (이때 로트길이 L_D 는 L/n_r 의 계산값과 같다)과 최대 $X=n_r$ 사이에 존재하며 여기에서 길이 L 은 L_D 와 L_{max} 가운데 보다 적은 값을 선택한다.

8. 최적의 해결방안 산출

단지 생산성만을 고려한다면 최소의 t_m 값을 선택함으로써 최적의 해결책을 구할 수 있다. 이를 위한 수학적 계산에는 X 와 L 과 같은 일부 값들이 일정하지 않아 어려움이 따르기 때문에 간단한 식으로 최적의 n_r 값을 구하기는 불가능하다.

그러나 여러 n_r 값을 비교해 보면 최소한 정경크릴의 최대용량과 최대로 가호기 빔 스탠드의 최대용량 사이에 있다는 것을 알 수 있다.

9. 응 용

우선 자동조작되는 크릴과 수동으로 조작하는 크릴에서 각각 생산한 동일 로트에 대해서 여러 n_r 값에 따른 시간 t_m 을 비교해 보기로 한다. 이를 위한 데이터는 다음과 같다.

N = 경사 3,600올, T_x = 경사 42tex

P = 패키지의 중량 2,400g(2,500g에서 안전여유분 100g을 제외)

V_o = 650m/min, V_E = 80m/min

$$R_E = 0.9$$

$$t_0 = 0.4\text{min}(\text{수동조작 크릴})$$

$$0.05\text{min}(\text{자동조작 크릴})$$

$$t_{co} = 4\text{min}, \quad t_e = 8\text{min}$$

$$t_f = 60\text{min}, \quad t_{ce} = 2\text{min}$$

$$t_c = \text{경사 길이 } 10^6\text{m에서 정지횟수 } 0.22\text{회 정경크릴의 스핀들 수} = 600\text{개}$$

$$\text{가호기 빔 스탠드의 용량} = \text{정경빔 } 14\text{본}$$

$$\text{정경빔의 용량} = \text{경사 } 22,200\text{m} \times 600\text{올}$$

$$\text{경사빔에서의 경사길이} = 2,100\text{m} \times 3,600\text{올}$$

이들 데이터에 대해 보다 명확히 하기 위해 14개의 n_r 값 중 한 경우의 자세한 계산결과를 <표 2>에 나타내었다. 여기에서는 $n_r=6$ 인 경우, 정경크릴에서 공급패키지의 교체횟수 X 에 대한 계산 결과이다. $L_{\max}$ 는 정경빔 1본에 권취할 수 있는 경사시트의 최대길이이며 L_D 는 공급패키지의 주행길이와 패키지의 교체당 정경빔 수를 고려한 권취가능한 경사의 길이로서 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$L_D = L \left(\frac{n_r}{X} \right)$$

이때 n_r/X 값은 올림하여 정수로 한다. 이와 같이 계산된 결과로써 최종적으로 채택되는 길이 L 은 $L_{\max}$ 와 L_D 에 의해 제한을 받게 되는 비밍가능한 최대길이가 된다. ‘자동식’과 ‘수동식’이라는 말은 각각 자동식 크릴과 수동으로 조작되는 크릴을 의미한다. <표 2>에 있는 예와 같이 $n_r=1\sim14$ 사이의 모든 값에 대해 완전 분석해 보면 각각의 n_r 값에 대한 최소시간 t_m 을 알 수 있다. 이 경우에 대해 최적의 값들만 <표 3>에 요약해 보았다. 이 최적값들은 <그림 2>와 <그림 3>의) 그래프에서 가장 낮은 값들이다. <그림 2>는 자동식 크릴의 경우에서 한 로트를 비밍할 때 공급패키지의 교체횟수(X)와 정

경빔 수(n_r)에 따른 총 시간 t_m 을 보여주고 있다. 이 그래프로부터 다음의 결론을 내릴 수 있다.

<표 2> 크릴에서 패키지의 교체회수에 따른 최적의 로트크기 산출예($n_r=6$)

(aut=自動式 크릴, man=手動式 크릴)

X	1	2	3	4	5	6
L_{max}	22,200	22,200	22,200	22,200	22,200	22,200
L_D	9,510	19,030	28,550	28,550	28,550	57,100
L	9,510	19,030	22,200	22,200	22,200	22,200
T_{MO}/L aut	0.00315	0.00315	0.00405	0.00541	0.00676	0.00811
T_{MO}/L man	0.02524	0.02522	0.03243	0.04321	0.05405	0.06486
T_o/L	0.00923	0.00923	0.00923	0.00923	0.00923	0.00923
T_c/L	0.00317	0.00317	0.00317	0.00317	0.00317	0.00317
T_{ca}/L	0.00252	0.00126	0.00108	0.00108	0.00108	0.00108
T_{NE}/L	0.01136	0.00568	0.00486	0.00486	0.00486	0.00486
T_z/L	0.01389	0.01389	0.01389	0.01389	0.01389	0.01389
T_{ch}/L	0.00095	0.00095	0.00095	0.00095	0.00095	0.00095
t_m aut	0.04427	0.03733	0.03723	0.03859	0.03994	0.04129
t_m man	0.06636	0.05940	0.06561	0.07636	0.08723	0.09804
Z	0.57	0.14	0.22	0.22	0.22	0.61

<표 3> 정경빔의 수와 크릴에서 패키지의 교체회수에 따른

최적의 시간 t_m 의 산출 예

n_r	X_{opt}	L_{max} (m)	L_c (m)	L (m)	t_m	
					A (min)	B (min)
6	3	22200	28550	22200	0.03723	
	2	22200	28550	22200		0.05940
7	4	25900	28550	25900	0.03831	0.06611
8	4	29600	28550	28550	0.03996	0.06103
9	5	33300	28550	28550	0.04124	0.06576
10	5	37000	28550	28550	0.04284	0.06481
11	5	40700	28550	28550		0.06458
	11	40700	57100	40700	0.04407	
12	6	44400	28550	28550		0.06883
		44400	57100	44400	0.04511	
13	13	48100	57100	48100	0.04279	0.07042
14	14	51800	57100	51800	0.04742	0.07175

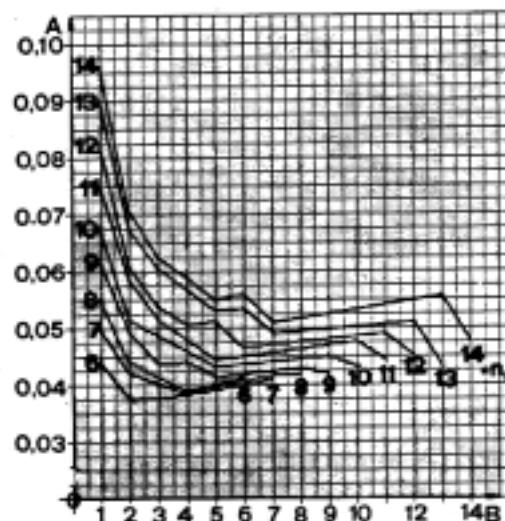
- 어떤 n_r 값을 채택하는지에 관계없이 한로트당 공급패키지를 1회 교체

하는 것은 항상 바람직하지 못하다. 이는 한 공급패키지에 권취되어 있는 실이 모든 정경빔에 분배된다는 사실에 기인한다. 이와 반대로 공급 패키지의 교체가 많아지면 보다 많은 정경빔에 분배시킬 수 있게 된다.

○ 모든 경우에 있어 가능한 적은 수의 정경빔을 사용할수록 보다 이익이 된다. 이 그래프에서 최소의 n_r 값을 제외한 나머지 값에서 이런 명확한 차이를 볼 수 있다.

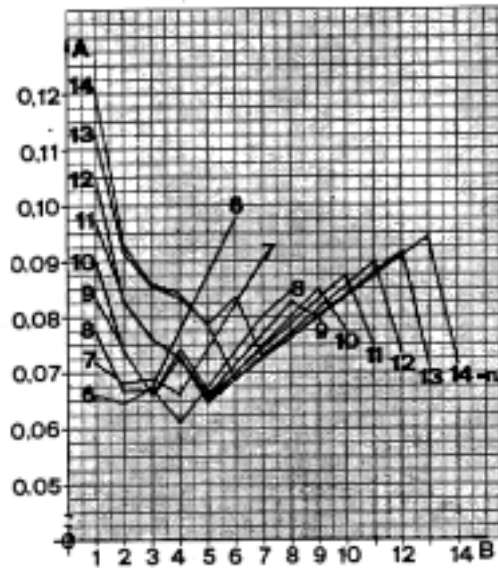
○ 이 그래프를 자세히 살펴보면 분명히 그래프의 형태가 불규칙하다는 것을 보게 된다. $n_r = 8$ 이상의 그래프에서 X값과 n_r 값이 같을 경우 $n_r = 6$ 일 때의 t_m 값 근처로 급격히 감소하고 있다. $n_r = 9$ 이하의 그래프들의 경우 최소의 t_m 값들은 $X=3$ 의 t_m 값에 가깝게 기울어져 있다. 이후에 이런 최적값들은 최적의 정경길이에 관련되게 된다.

<그림 3>은 <그림 2>와 비슷하지만 수동조작되는 크릴로부터 정경하는 경우에 대한 것이다. 예상할 수 있는 바와 같이 확실히 자동식 크릴의 경우보다 총 시간 t_m 이 훨씬 높은 것을 볼 수 있다.



<그림 2> 패키지의 교체횟수(X)와 정경빔의 수(n_r)에 따라

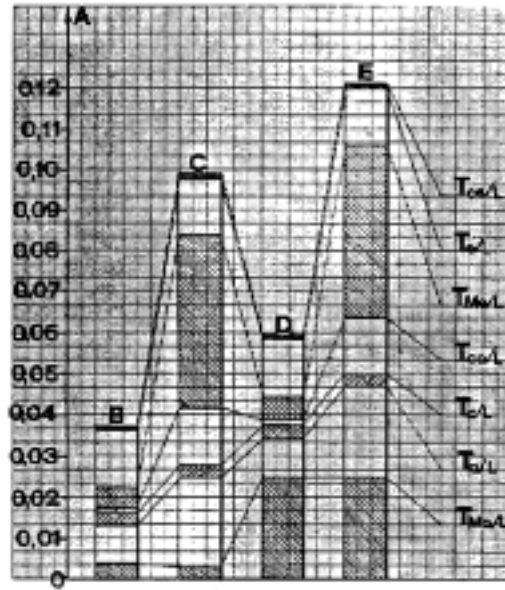
총 시간(t_m)의 산출 결과(자동식 크릴의 경우)



<그림 3> 패키지의 교체회수(X)와 정경빔의 수(n_r)에 따른
총 시간 t_m 의 산출결과(수동식 크릴의 경우)

그밖에도 이 그래프는 자동식 크릴의 경우보다 훨씬 덜 완만하지만 전반적인 경향은 동일하다. 이는 수동식 크릴의 경우 각 로트에 대해 정확한 패키지 교체방법을 채택하는 것이 자동식 크릴에서보다 더욱 중요하며 단지 패키지 1회 교체는 항상 불리하다는 것을 의미한다. 또한 정확히 정경빔의 수를 결정하는 작업에도 어려운 점이 따른다.

<그림 4>는 여러 인자들이 시간 t_m 의 산출결과에 미치는 영향을 보여 주고 있다. B와 C는 자동식 크릴의 경우에는 t_m 의 극단적인 값들로서, 즉 6분의 정경빔에 대해 공급패키지 2회 교체했을 때와 14분의 정경빔에 대해 공급패키지를 1회 교체했을 때의 t_m 값이다. D와 E는 수동조작되는 크릴에서 6분의 정경빔에 대해 패키지를 2회 교체했을 때와 14분의 정경빔에 대해 1회 교체한 경우에 관하여 산출한 t_m 값이다. 여기에서 특히 강조하고자 하는 점은 크릴의 형태의 따라 가호기 빔 스탠드에서 경사빔을 교체하는 데 큰 영향을 받으며, 정경크릴에서도 패키지의 교체시간에 큰 차이가 있다는 것이다.



<그림 4> 여러 인자들의 중요성

A: 총 시간(min)

10. 최적의 해결책

<그림 2>와 <그림 3>에 있는 그래프의 최소값을 비교했을 때 이들 그래프로부터 가장 최소의 t_m 을 유도해 낼 수 있다고 가정하면 항상최저의 n_r 값을 채택하는 것이 유리하다. 시간 t_m 은 로트길이 L 에 따라 심한 영향을 받는다. 어떤 고정시간, 특히 정경크릴에서의 공급패키지 교체시간, 가호기 빔 스탠드에서의 교체시간은 L 에 의해 좌우된다. 따라서 로트길이 L 을 가능한 정경빔의 최대용량과 상응하는 로트길이 L_{max} 에 근접시키는 것이 당연히 유리하게 된다.

한편으로 정경크릴에서의 교체시간을 최적화하기 위해서는 길이 L 을 공급패키지에서 이용한 경사길이에 상응하는 길이 L_D 에 근접하는 것이 유리하다. 결론적으로 여러 가지 X 값들은 비록 L_{max} , L 및 L_D 라는 동일한 값에 기초를 두고 있지만 각기 다른 시간 t_m (표 2)을 산출하게 된다. 그 결과로서 공급패키지의 최소교체, 즉 가능한 최소의 X 값을 선택해야 한다.

이러한 요구조건들은 다음과 같이 요약해 볼 수 있으며, 이를 만족시키는 판단기준을 다음 식으로부터 산출된 값 가운데 최소값이라고 가정하면,

$$Z = \frac{L_{\max} - L}{L_{\max}} + \frac{L_D - L}{L_D}$$

여기에서 동일한 Z값인 경우는 가장 낮은 X값을 선택한다. <표 2>를 보면 확실히 이런 판단의 기준이 수동조작되는 크릴의 경우(X=2)에는 정확히 맞지만 자동식 크릴에서는 다르게 나타난다. 자동식 크릴에서 최적의 시간은 X=3일 때로서 계산되며 그 시간의 차이가 극히 적지만, 어느 경우에서도 이들 2개의 Z값은 $L_{\max}$ 나 L_D 에 영향을 받는 기준시간으로 보정되어야 한다. $L_{\max}$ 는 확실히 정경기와 가호기에서의 빔 교체시간에 좌우되는 반면에 L_D 는 정경크릴에서 공급패키지의 교체횟수에 따라 영향을 받는다. 만일 이 판단기준을 보정한다면 다음과 같다.

$$\left(\frac{T_{co} + T_{ME}}{t_m} \right) + \left(\frac{L_{\max} - L}{L_{\max}} \right) + \frac{T_{MO}}{t_m} \left(\frac{L_D - L}{L_D} \right)$$

이때 자동식 크릴에서 산출되는 값은 X=2일 때 Z=0.026이고 X=3일 때 Z=0.024이다.

그러나 보정하지 않은 원래의 Z값을 사용하는 것이 보다 실용적인데, 여기에는 시간이라는 인자가 아무런 영향도 미치지 않기 때문이다.

11. 산출과정

본고에서는 아래에 설명하고자 하는 과정을 권장하는데, 다른 경우를 예로 들어보기로 한다.

실 20tex, 4,000올인 로트의 준비공정으로서 나머지 데이터는 앞에 언급했던 예와 동일하다.

① 정경빔의 수를 결정

4,800 : 600 = 8~14에서 $n_r=8$ 을 채택

② $L_{\max}$ 의 계산

$$K = 13.22 \cdot 10^6 \cdot \frac{42}{20} = 27.97 \cdot 10^6 \text{m}$$

$$L_{\max} = \frac{K}{n_o} = \frac{27.97 \times 10^6}{600} = 46,600 \text{m}$$

③ X 값(1~8)에 대한 L_D 의 계산 : 공급패키지 1개당 실의 길이

$$L = \frac{2,400 \times 10^3}{20} = 120,000 \text{m}$$

$$L_D = 1 / \left(\frac{n_r}{X} \right)$$

④ $L_{\max}$ 와 L_D 에 따른 L 의 선택

⑤ Z 값의 계산

이에 대한 결과는 <표 4>에 나와 있다.

따라서 8분의 정경빔에 대해 최적의 해결책이 산출되었는데, 여기에는 공급패키지 3회 교체가 전체적으로 분배된다(각각 3분의 정경빔에 대해서는 패키지 2회 교체, 2분의 정경빔에 대해서는 패키지 1회 교체가 이루어져야 하지만 효과적으로 패키지를 교체하기 위해서 24분 정경빔에 대해 8회 교체할 수 있다.

<표 4>

X	$L_{\max}$	L_D	L	Z
1	46600	15000	15000	0.68
2	46600	30000	30000	0.36
3	46600	40000	40000	0.14
4	46600	60000	46600	0.29
5	46600	60000	46600	0.29
6	46600	60000	46600	0.29
7	46600	60000	46600	0.29
8	46600	120000	46600	0.61

12. 결 론

자동식 크릴이 수동식 크릴에 비해 이점이 있다는 것은 분명하다. <그림 2>와 <그림 3>을 보면 자동식 크릴을 사용함으로써 시간은 약 30% 감소하였다. 대형의 로트에 있어서 초적의 로트크기는 주로 적절히 확신을 가지고 제조공정에 앞서 측정될 수 있다. 이 때 필수적인 요구조건은 가호기 빔 스탠드를 완전히 채우지 않으며 또한 정경크릴에 공급패키지를 완전히 채워서 완벽한 정경빔을 비밍하는 것이다.

이런 최적의 해결책은 최적의 로트길이에 기초하고 있는데, 이는 처음부터 정경빔의 용량과 공급패키지에서의 실의 길이를 고려하여 산출했기 때문에 비밍 과정과 정경크릴의 특성을 서로 관련시키는 것이 매우 중요하게 된다. 아마 이런 최적화는 종전에 응용하던 방법과는 다른 판단기준에 기초해야 될 것이다.

아직도 일반적으로 한 로트당 패키지의 교체를 1회 시행하는 방식은 확실히 단념해야 된다. 그것은 최악의 결과를 가져오기 때문이다. 로트길이가 다른 인자 예컨대 색상, 특수사 등에 좌우될 경우에는 특히 그 제품에 적합한 다른 최적화방법을 사용해야 한다.

본고에서 비교하고자 한 유일한 기본 인자는 로트의 총 제조시간이었다. 생산비 또한 최소한 동일한 정도로 매우 중요한 인자이기 때문에 가호공정과 빔 정경공정의 소요비용을 분석하기 위해서는 이들 두 공정에 소요되는 시간을 별도 처리할 필요가 있다. 앞서 인용된 예들은 아주 특수한 경우에 해당된다. 그러므로 이 결과를 일반적으로 적용하는 데는 다소 주의를 기울여야 하며 모든 경우에 있어 보다 밀접한 연구를 수행해야 할 것이다.