

가공공정에서의 에너지 절약

에너지 소비액은 섬유제품의 생산원가에 중요한 부분을 차지하고 있으며, 특히 가호공정에서 많은 에너지를 소비하고 있다. 본고에서는 가호공정에 있어서 에너지 절감의 가능성에 대해 분석해 보기로 하겠다.

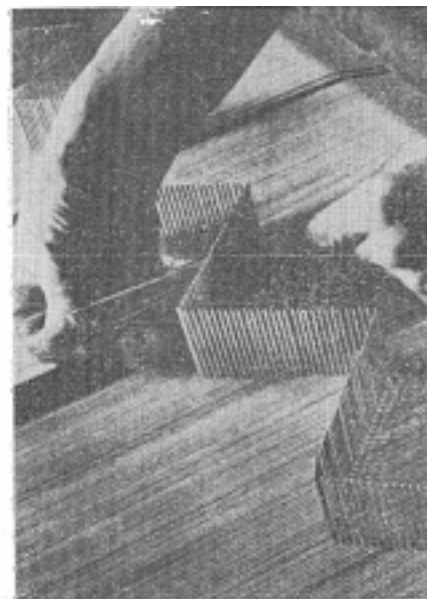
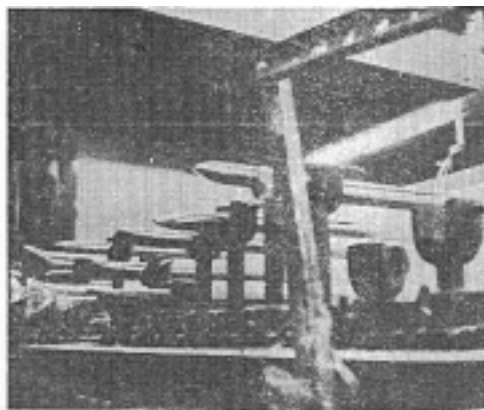
1. 건조방식

풀을 먹인 후에 경사를 건조시키는 데에는 보편적인 세 가지 방법이 있다. 첫번째 방법은 가장 보편적으로 사용되는 방법으로서 풀을 먹인 경사를 회전하는 뜨거운 건조 실린더에 직접 통과시키는 방법이다. 이 강철제 실린더는 그 내부의 표면에서 스팀의 응축에 의해 가열되어 외부 표면은 약 280°F (137.8°C)까지 올라간다. 건조실린더의 설비수는 원하는 생산속도에 의해 결정된다. 브로드클로쓰(broadcloth)형 가호기에서는 10~11개의 건조 실린더를 사용하여 90~110yd/min의 생산속도를 얻을 수 있다. 시이팅(sheeting)형 가호기에서 이 정도 생산속도를 가지려면 약 16~24개의 건조 실린더를 필요로 한다.

두 번째 방법은 뜨거운 공기를 사용하여 건조시키는 방법으로 과거 몇 년 전에 유행되었던 방법이나 근본적으로 생산성이 낮기 때문에 현재는 대부분이 다른 방법으로 교체되었다. 이 방법에서 공기는 증기로 가열된 코일상을 통과하며 뜨겁게 가열된 공기는 밀폐된 공기 속에서 경사를 가열시켜 경사에 포함된 수분을 증발시킨다. 경사를 통한 공기의 순환은 실을 엉키게 하는 경향이 있으므로 열풍실 안에는 일예의 가이드 롤러를 필요로 한다. 이러한 간접적인 가열방식은 건조 실린더 위에 직접 접촉시키는 가열방식보다 열효율이 좋지 못하다. 열풍 강호기에서 물 1Lb를 증발시키는데 소요되는 증기의

양은 건조 실린더를 사용하는 가호기보다 약 40~50%가 더 많이 든다.

세 번째는 복사열을 이용하는 방법으로 필라멘트사의 건조에 많이 사용하는 방법이다. 가호기가 정지할 때는 실에 손상을 주지 않도록 열판은 자동적으로 즉시 제거된다. 열판은 전기 또는 가스로 가열된다. 그러나 이는 매우 높은 에너지를 필요로 하기 때문에 복사건조는 통상 예비건조로 사용될 뿐이며 필라멘트사를 완전히 건조시키는데에는 건조 실린더를 사용한다. 실을 갈라주는 동안 예비건조 시키는 것이 유효하며 때때로 고급품질의 필라멘트 경사를 준비하는데 필요한 공정이다.



2. 소요 열량

가호에 필요한 에너지는 다음과 같이 4가지로 구분할 수 있다.

- i) 풀의 제조
- ii) 열손실의 보충
- iii) 경사의 가열
- iv) 경사에 함유된 수분의 증발

풀을 준비하는데 있어서 물과 호제에 증기를 직접 주입하여 가열시킨다. 물의 비열은 1.0이며 호제의 비열은 표 1에서 보는 바와 같이 0.4Btu/lb/°F이다. 온도의 상승을 150°F(65.6°C)라 가정하면 풀을 제조하는데 필요한 열량은 180,000Btu이다. 만들어진 풀 172G/A에는 185Lb의 응축된 증기가 함유되어 있다. 1G/A의 풀을 만드는데 1,045Btu가 필요하며 가호공정에서 풀의 픽업(pickup)을 130%로 본다면 경사 100Lb당 16,000Btu로 표시될 수 있다.

항목 B~1은 풀의 저장과 공급 간에 생기는 열손실로 12°F를 기준으로 계산한 것이다. 풀통에서의 열손실은 뚜껑이 없는 용기에 있어서 대류에 의한 열손실만을 취급하였다. 건조 실린더에서의 열손실은 정지된 상태에서 10대의 건조 실린더에 대해 측정했다. 이상의 사항은 경사가 13Lb/min의 속도로 가호되며 130%의 픽업을 갖는 운전 조건을 가정한 것이다.

경사를 실온으로부터 가열시키는데 드는 열량은 놀라울 정도로 적었다. 그 이유는 스테이플 섬유의 비열은 폴리에스테르 65%/면 35%의 경우 약 0.25Btu로써 매우 작기 때문이다. 이러한 경사 100Lb가 건조 실린더를 통과하여 실온으로부터 250°F(112.8°C)까지 가열되는데는 단지 4,000Btu밖에 소요되지 않는다.

풀통에는 생증기가 직접 주입되어 경사를 가열시키고 열손실을 대치시키므로 8%의 풀 용액의 경우 약 0.25%가 묽어지게 된다. 가호에서 열량을 가

장 많이 소비하는 것은 경사에 포함된 폴의 수분을 증발시키는데 필요한 열
 량이다.

<표 1> 가호에 소요되는 에너지

A. 폴의 건조				
1. 폴의 總合 PVA		100lb		
왁스		5lb		
물		1160lb		
2. 所要 Btu				
$(1160 \times 1.0 + 105 \times 0.4) \times (212^\circ - 62^\circ) = 180,000 \text{ Btu}$				
3. 蒸氣 所要量	: 185lb			
4. 製造된 폴의 무게		1450lb		
부피		172G/A		
농도		7.1%		
5. 所要 熱量:				
1,045Btu/G/A 폴				
16,000Btu/100lb 經糸 (130% WPU)				
B. 熱損失				
			Btu/100lb 經糸	
1. 配管 및 貯藏所			1,500	
(12°F 損失, 130%WPU)				
2. 風通(對流에 의한 熱損失)			2,000	
3. 乾燥 실린더 (10個의 실린더)			16,500	
全體 熱損失			20,000	
C. 經糸의 加熱				
			Btu/100lb 經糸	
$100 \times 0.25 \times (235^\circ - 75^\circ) = 4,000$				
D. 水分蒸發에 所要되는 熱量				
폴의 濃度	加糖率	WPU	Btu/100lb 經糸	
%	%	%		
a 7.1	9.2	130	160,000	
b 3.7	4.6	125	160,000	
c 10.3	13.9	135	160,000	
d 3.7	4.8	130	166,500	
e 10.3	13.4	130	154,000	
계산:				
$130 \times 0.929 \times 1,000 \times \frac{1}{0.75} = 160,000$				
WPU: wet pick up				

<표 2> 가호에 소요되는 전열량

	Btu/100lb 經糸	세프/100lb 經糸	比率(%)
물 의 製 造	15,000	3.6	8.0
熱 損 失	20,000	4.5	10.0
經糸의 加熱	4,000	0.9	2.0
水分의 蒸發	160,000	36.0	80.0
合 計	200,000	45.0	100.0
年間 1,000萬lb의 經糸를 使用時 費用 : \$45,000			
\$ 500萬 : \$22,500			

<표 3> 가능한 에너지 절감

年間 1,000萬lb의 經糸 使用을 基準		
1. WPU의 減少		WPU:wet pickup
通常의인 方法	改善한 方法	年間節減費用
%	%	\$
140	100	12,000
130	100	9,000
120	100	6,000
110	100	3,000
2. 낮은 溫度에서 물의 製造		
2,500Btu/100lb 經糸 또는 年間 \$700을 節減		
3. 2回 沈澱法을 1回 沈澱法으로 바꾸면		
年間 \$25,000를 節減		
4. 熱風式을 乾燥 실린더式으로 바꾸면		
年間 \$18,000를 節減		

표 1의 D~a에서 130% 픽업의 경우, 즉 100Lb의 경사에 130Lb의 풀이 가해진 경우, 수분의 증발에 소요되는 열량은 160,000Btu이며 130×0.929 를 계산하면 121Lb의 수분이 증발되어야 한다는 것을 알 수 있다. 증기로 가열되는 건조실린더의 열효율은 약 75% 정도이다. 그러므로 100Lb의 경사에 포함된 수분을 증발시키는데 필요한 열량은 130%WPU*, 풀의 농도 7.1%인 경우 160,000Btu가 소요된다.

D~b는 풀농도 3.7%, 125% WPU로써 소요열량은 D~a와 같으며 D~c 역시

풀농도 10.3%, 135%WPU로 D~a와 같다. D~d,e는 픽업이 일정할 때 소요되는 열량은 풀농도가 낮은 경우 4% 정도 증가를 보이며 풀농도가 짙을 경우 4% 정도 감소됨을 보여주고 있다.

표2는 표1을 요약한 것으로 100만Btu당 \$2.25로 계산한 에너지 원가를 나타내고 있다.

경사 100Lb당 풀의 제조에 드는 열량은 16,000Btu로 3.6센트가 들며 전체 열량의 8%를 차지 한다. 원가에 가장 큰 영향을 주는 요소는 경사로부터 수분을 증발시키는데 소요되는 열량으로 전체 열량의 80%를 차지하며 경사 100Lb당 36센트가 든다.

년간 500만Lb의 경사를 사용하는 제직공장을 예로 들면 연간 가호공정의 열원을 충당하기 위해 드는 비용은 \$22,500이다. 이러한 규모의 공장은 직기 800대로 얇은 직물을 생산하는 공장에 해당된다. 두꺼운 직물을 생산하는 공장으로서의 연간 1,000만Lb의 경사를 사용하는 경우 가호에 드는 비용은 \$45,000에 달한다.

방적사를 건조 실린더로 건조시키든 열풍실에서 건조시키든 간에 가호는 1회 침지법 또는 2회 침지법의 형태로 이루어진다. 2회 침지법에서는 한 개의 풀통을 통과한 다음에 건조 실린더에서 완전 건조된다. 열풍 가호기와 건조 실린더를 사용하는 가호기를 비교하면 열풍을 이용하는 방법이 약 40% 정도 더 많은 Btu를 사용하므로 열효율이 낮은 방법이다. 1회 침지법에서는 건조실린더를 사용할 경우 경사 100Lb당 200,000Btu가 소요되며, 열풍을 이용할 경우는 280,000Btu가 소요된다. 열풍 가호기로 1,000만Lb의 경사를 가호하는 데는 건조 실린더를 사용하는 것보다 연간 \$18,000가 더 든다.

2회 침지법에서 소요되는 열에너지는 1회 침지법보다 55% 정도 더 많다. 또한 경사를 침지한 후 건조를 두 번 하므로 배치(batch)가 더 많이 소요되며

더 많은 양의 물을 증발시켜야 한다.

3. 에너지 절감의 가능성

이제 까지는 가호공정의 몇 단계에서 요구되는 에너지에 대해 알아 보았으나 지금부터는 소요에너지를 절감시키기 위한 문제에 대해 알아보기로 한다.

사용되는 에너지의 대부분이 경사의 수분을 증발시키는데 소모되므로 우선 가호공정에 대해 생각해 보기로 한다. 경사에 풀이 적게 먹여진다면 이에 비례하여 소요되는 열량도 감소될 것이다. 그러면 과연 이러한 금전적인 절감에 대한 문제가 해결될 것인가? 표3으로부터 픽업을 100%로 감소시킬 수 있다면 많은 비용을 절약할 수 있다는 것을 명백히 알 수 있다.

경사에 풀을 고르게 먹이기 위해서는 100%WPU보다 130%~140%WPU로 하는 것이 좋다. 그러나 보고에서는 제직효율을 종전과 같이 유지하며 어떻게 이 문제를 해결해 나갈 것인가에 대해서는 다루지 않았다. 이러한 문제를 해결하기 위한 최선의 방법을 찾는데 있어서 고려되어야 할 여러 가지 변수들은 다음과 같은 것이다.

- i) 스퀴즈 롤러(Squeeze roll)의 압력과 경도를 높인다.
- ii) 포화 파지점(Saturating nip) 수를 줄인다.
- iii) 가호하기 전에 경사를 물에 미리 침지시킨다.
- iv) 경사의 꼬임수를 증가시킨다.

표 3~2에 의하면 풀을 제조하는데 있어서 온도를 210°F(98.9°C)에서 180°F(82.2°C)로 내림으로써 절감되는 비용은 연간 \$700이란 계산이 나오므로 더 이상 고려해 볼 가치가 없다.

연간 1,000Lb의 경사를 사용하는 공장이 2회 침지법을 1회 침지법으로 바

꿀 경우 연간 \$25,000을 절약할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 가호속도도 150% 정도 증속될 수 있으므로 생산성을 높을 수 있다.

점도가 높은 호제를 사용하는 것보다 점도가 낮은 폴리비닐 알코올과 같은 호제를 사용하는 것이 유리하다.

표 3~4를 보면 열풍식을 건조 실린더식으로 대체시킴으로써 에너지를 절약할 수 있다는 것을 알 수 있다. 여기서 시설을 바꾸는데 드는 투자는 건조 실린더를 사용함으로써 생산성을 증대 시킬 수 있다는 전제에 확실한 기반을 두어야 할 것이다.