

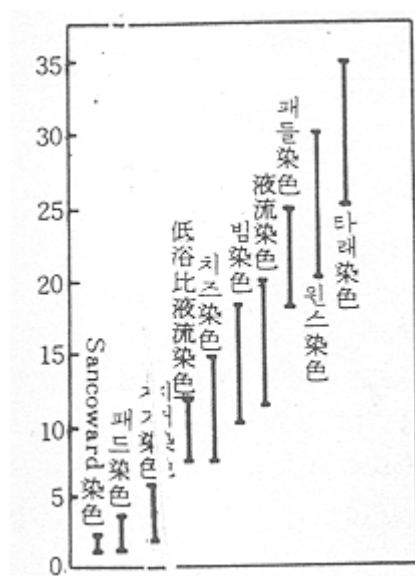
염색가공공장의 에너지 절약방안(Ⅱ)

12. 염색용수를 낭비하여 사용하지 않는가?

염색공업은 용수를 대단히 많이 사용하는 공업이며 게다가 그 물을 가열하여 사용하는 경우가 많기 때문에 용수의 절약은 곧 열에너지의 절약이 된다. 따라서 용수의 절약방법에 대해 알아보면,

첫째, 염색방법에서의 절수이다.

염색방법에는 각종의 방법이 있으며 각각의 염색방법에 따라 물의 사용량이 달라진다. 예를 들면 타래염색에서는 실 1kg을 염색하는데 물 25~35l가 필요하며(욕비1:25~35), 치즈염색에서는 7~15l, Sancoward법에서는 2~3l이면 된다. 염색방법은 원료 및 섬유의 형태에 따라 달라지므로 각 공장에서는 절수 염색법을 적용할 수 있는지 어떤지를 검토해야 한다. 그리고 각 염색방법마다 용수의 평균사용량을 조사하여 물을 낭비하여 사용하지 않았는지도 확인해야 한다.



<그림 8> 염색방법과 욕비

둘째, 염색후의 수세방법으로, 통상 오버플로우(over flow) 수세방법을 사용하고 있으나 이 방법을 간헐식 수세방법으로 바꾸면 물을 약 1/2정도 절약할 수 있다. 또한 세정에 의한 탈락물과 세정수의 오염도 관계를 볼 때 어느 정도 사용수량을 많이 하여도 세정효과는 높아지지 않으며 일반적으로 세정률은 다음식과 같이 나타낸다.

$$R = R_0 \times \frac{C_f - C_w}{C_f}$$

C_f : 섬유집단중의 오염농도

C_w : 세정수중의 오염농도

R : 맑은 물에 의한 오염제거율

R_0 : 농도 C_w 의 오염에 의한 오염제거율

여기서 R_0 는 비교적 작으면 세정온도를 높여 수량을 낮추어야 세정효과가 올라가는데 비해 R_0 가 크면 세정온도를 낮추어 사용수량을 많이 해야 한다. 또한 수세기를 2단계로 나누어 세정수를 향류식으로 한다면 세정효과를 크게 높일 수 있다.

절수형 수세기를 사용할 때에는 물사용의 합리화를 전제로 한 충분한 검토가 이루어져야 하며, 확포용 절수형수세기는 다음과 같이 5가지로 분류할 수 있다.

가. 체류시간의 증가방식

나. suction drum방식

다. 분류 · 분사의 충격이용방법

라. 진동부여방식

마. 기타

실제 장치는 필라멘트 직물, 가공사직물, 편성물, 날염포세정 등 직물소재에 따라 제거성분의 탈락난이, 촉감 등을 고려하여 릴렉스(relax) 겸용형과 앞에서 설명한 방식을 조합하여 활용하면 수세효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라 물 사용량도 종래보다 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 로 줄일 수 있다.

셋째, 배수의 재이용에 대해 생각해 볼 필요가 있다. 가장 간단한 방법은 캐스케이드(cascade)방식인데 이는 어떤 용도로 사용된 배수를 그다지 양질의 수질을 필요로 하지 않아도 되는 별도의 공정 또는 용도에 재사용하는 것이다. 즉 간접냉각수와 같이 거의 오염되지 않은 깨끗한 배수는 염색, 세용, 자용, 정련 등의 제품처리용수 및 세정용수로 이용할 수 있다.

또한 세용배수도 응집부상-사여과과처리를 하면 염색건뢰도 및 색차에 영향이 적어 재사용할 수 있으며, 자용배수는 오탁이 적기 때문에 사여과처리만으로도 재이용 가능한 수질이 된다.

염색배수의 처리는 염색, 냉각, 수세 3개 단위공정으로 하여 용수를 순환 이용하는 방법이 연구되고 있는데 염색용수는 염색기마다 부착된 흡착장치 개별처리하고, 수세공정은 공용하는 처리장치로 집중처리하도록 한다. 그러므로 염색용수속에 함유된 염색조제 및 열에너지는 그대로 순환이용하고 염료는 활성탄으로 흡착하여 거의 완전하게 제거할 수 있다.

13. 염색가공의 저욕비화를 진척시키고 있는가?

염색은 거의 물을 매체로 하기 때문에 아주 많은 물을 사용한다. 그러므로 염색시 욕비를 적게 하는 것은 물과 함께 조제의 사용량을 줄이는 것이며 더욱이 염액의 승온에 필요한 에너지 및 시간을 절약할 수 있다. 따라서 염색기 제조업체는 자원 및 에너지를 절약할 수 있는 저욕비화된 염색기를 앞

다투어 발표하고 있는데 이들 동향에 대한 몇 가지 예를 들어 보면 다음과 같다.

가. 치즈염색기(cheese dyeing m/c)

1) 다미(dummy)형 치즈 캐리어

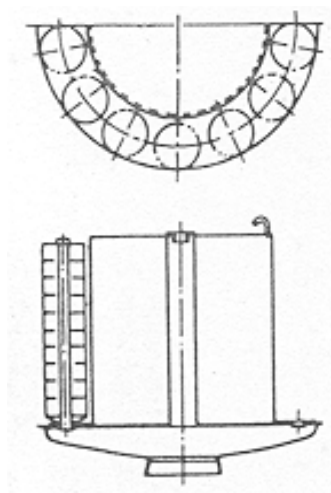
치즈캐리어의 맨드렐(mandrel) 원반상에 일정한 모양으로 분산되어 있는 치즈스핀들의 배열을 정돈하고, 여유간극을 한곳으로 모아 중공용량 다미를 장치하면 욕비를 종래보다 24%정도 줄일 수 있다.

2) 단스핀들형 치즈캐리어

치즈의 권취밀도를 많게 하여 권취직경을 작게하고 치즈스핀들간의 간격을 좁혀 스핀들수를 증가시키면 욕비를 15% 줄일 수 있다.

3) 방적사 치즈의 스펀서레스방식

밀도 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ 정도로 감겨져 있는 치즈를 치즈보빈 외경보다 5% 이하되는 작은 직경의 치즈캐리어-다공튜브에 바꾸어 꽂아 치즈의 축방향으로 10~35% 압축시키면 욕비를 줄일 수 있다.



<그림 9> 다미형 치즈

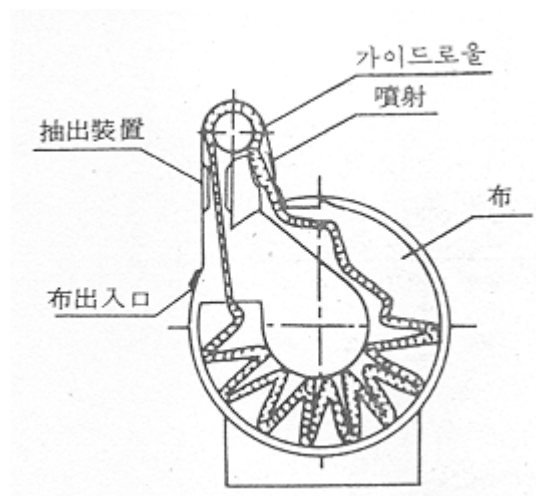
나. 액류염색기(liquid dyeing m/c)

초저욕비 액류염색기는 종래의 액류염색기와 같이 체류부의 직물을 움직일 때 액의 흐름만으로 하지 않고 컨베이어 등 다른 물리적인 직물이송방법을 병용하든가, 감아올릴 때 직물에 부착되어 있는 액을 가능한 한 탈수하여 장력의 경감을 도모하여 직물의 속도를 빠르게 하므로써 염액과의 접촉횟수를 많게 하여 균염성을 증가시키고 있다. 또한 욕비의 감소는 승온 및 냉각에 필요한 에너지를 감소시키며 열교환기의 필요전열면적도 적어 염료, 조제 등을 절약할 수 있다.

욕비는 표준형 액류염색기가 1:20인데 비해 초저욕비형 액류염색기는 1:3.5까지 가능하다.

다. 기포염색기(foaming dyeing m/c)

Sandoz사에서 개발한 극히 소량의 물을 사용하는 Sancoward법은 욕비가 1:1~2이다. 이 방법은 피염물내부에 많은 미세기포를 만들어 염료 용액을 균일하게 분포한 후 섬유에의 부여를 촉진시킨 후 열풍과 증기로 고착한다. 이 장치로는 Aqualuft 장치가 있다.



<그림 10> Aqualuft 장치

라. 분무염색기(spray dyeing m/c)

Ciba-Geigy사가 발표한 옥비 1:1.5~2.5의 염액을 분무하는 드럼염색기로서 염료를 안개모양으로 균일하게 분포한 후 증기로 고착한다.

14. 염색가공의 저온화를 생각하고 있는가?

염색가공의 저온화는 이미 셀룰로스에 섬유를 대상으로 한 콜드-패드-배치(cold-pad-batch)법이 많은 공장에서 설치 활용되고 있다.

이 방법은 자원 및 에너지 절약대책과 함께 다품종소량생산 지향에 적합한 방법으로 앞으로 더욱 설치 활용하는 공장이 증가할 것으로 본다.

표 7은 반응성염료/셀룰로스에 섬유의 대표적인 염색 예로서 각 연속염색과 비교한 결과이며 이 표에서 경제성 특히 에너지비용에서 패드배치법이 가장 우수한 것을 알 수 있다.

이 염색법은 기계설비가 간단하여 설치비가 적고, 염색공정도 단순해 상온의 알칼리 함유 염색액에 패드하고 배치업(batch-up)하여 상온에서 4~16시간 고착 후 세정하면 된다.

<표 7> 반응성염료에 의한 연속염법의 비용비교

(단위: US \$ / 1,000m)

項目 \ 染色法	pad-batch 法 30m / 分	pad-dry- bake 法 33m / 分	pad-dry- steam 法 30m / 分
人 件 費	9.20	8.53	12.12
賃金運用費	3.49	7.89	7.39
維 持 費	1.96	4.36	4.09
電 力 費	0.60	2.89	1.75
蒸 氣 費	1.40	11.35	7.88
用 水 費	5.82	5.82	5.82
合 計	22.47	40.84	39.05

(주) 세정공정은 각 염색법 모두 동일

양모섬유는 농후요소용액에서 반응성염료, 2:1형 금속착염염료, 산성밀링염료(milling dyes) 등을 사용하여 상온에서 18~48시간 고착하여야 한다.

면의 표백공정에서도 저온표백(cold bleach)법을 채용하는 공장이 증가추세에 있는데 이는 과산화수소, 알칼리 및 침투제 등이 포함된 50°C이하의 표백액을 패드 후 10~20시간 방치하여 세정한다.

그밖에도 양모섬유를 중심으로 한 많은 저온염색법이 개발되고 있는데 소개하면 다음과 같다.

계면활성제법은 주로 밀링염료나 2:1형 금속착염염료에 대하여 행한다. 노닐페놀(nonyl phenol)의 에틸렌옥사이드(ethylene oxide) 부가물을 사용하여 pH 4 정도에서 80~90°C 온도로 염색한다. 시험결과는 습윤건뢰도가 좋고 양모의 손상도 최소로 줄일 수 있다. 또한 양모의 반응성염료 조제로서 개발된 양성 계면활성제를 사용하여 80°C에서 염색하는 연구도 있다. 보통 수계염욕에 적당한 유기용제를 소량(5g/l) 첨가하여 60~80°C에서 염색하는 방법도 있다. 이때 벤질알콜(benzyl alcohol)이나 n-부틸알콜(n-butyl alcohol)은 밀링염료나 2:1형 금속착염염료에 대해 좋은 결과가 얻어진다.

특수한 전처리로서는 디메틸아민(dimethyl amine)을 사용하는 50°C의 전처리가 가장 효과가 있고 양모를 모노과황산으로 처리 후 알칼리 촉매를 사용하여 고반응성염료로 실온에서 염색하는 방법도 있다.

개미산법은 농후한 개미산으로 전처리 후 약 40°C의 저온에서 염색하는 방법이며 산성염료나 1:1형 금속착염염료가 효과적이다.

새로 개발된 에리오크롬(erio chrome) 염료의 개량염색법은 중크롬산칼리의 사용을 최소로 줄여 3가크롬이 양모에 완전하게 흡착되도록 하는 것으로 다음과 같은 조건이 필요하다.

가. 황산이온(망초, 황산, 황산암모늄) 및 유기착체형성물(금속이온 봉쇄제 등)이 존재하지 않을 것.

나. 개미산을 사용하여 크롬처리(chroming)욕의 pH를 3.5, 염색온도를 90~92°C로 할 것.

다. 중크롬산칼리의 양은 0.2%+염료 농도의 15%(최고 1.0%)로 할 것.

15. 염색공정의 단축화에 노력하고 있는가?

염색공정의 단축화는 염색시간을 단축하는 방법, 종래 2공정, 3공정 거치던 것을 1공정 또는 2공정으로 단축하는 방법, 연속화하는 방법 등을 생각할 수 있다.

첫째, 시간단축으로는 급속염색(rapid dyeing)법을 들 수 있다. 이 방법은 주로 폴리에스터를 염색할 때 사용하는데 균염성을 잃지 않고 염색시간을 크게 단축할 수 있어 작업원 1인당의 생산성을 상당히 증가시키고, 소비전력 및 열손실을 줄여 에너지의 절약 효과를 얻을 수 있다.

급속염색법에서 고려해야 할 것은 염착에 관여하지 않는 온도영역은 아주 빨리 승온시키고 염착이 일어나는 영역도 불균염이 일어나지 않는 한도의 염색속도(임계염색속도)로 승온시켜 염색얼룩이 일어나지 않게 염색하는 것인데, 종래 130°C에서 균염을 얻기 위하여 끓이던(migration에 의한 균염) 시간이 불필요하게 된다.

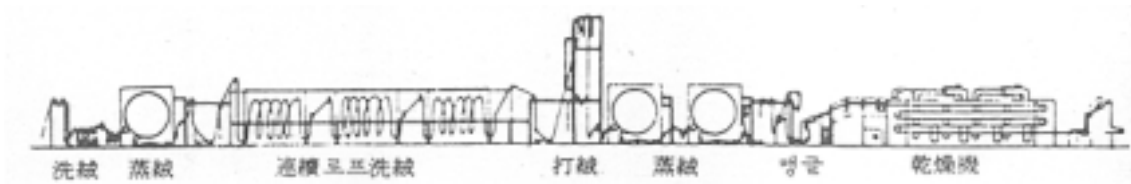
이러한 이론을 배경으로 하여 급속염색을 실용화하는데는 염색장치, 사용 염료, 조제 등의 개발이 불가결하며 이에 대한 전체 기술의 연구가 이루어지고 있다. 가장 관심이 되는 급속염색기는 액류염색기와 패키지염색기로 대별되는데 이들 급속화의 수단으로서는 펌프능력 및 열교환기능력의 향상, 저욕비화, 고온배액이나 온염액의 준비 등의 연구도 이루어지고 있다. 이중 액류

염색기는 염액과 함께 원단을 유동시키는 새로운 방법에 기인한 것으로 종래의 고온 원스기에서 문제가 되었던 주름발생을 없앴과 동시에 우수한 촉감을 얻을 수 있다.

둘째, 공정단축은 혼방품의 1욕염법을 들 수 있다. 예를 들면 양모/셀룰로스 혼방의 염색은 양모를 산성 또는 2:1형 금속착염염료, 셀룰로스를 직접염료로 염색한다. 이때 주의해야 할 점은 각각의 섬유에 오염이 적은 염료, 산성하에서 안정한 염료, 방염제의 선택 등을 들 수 있다. 또한 아크릴/양모, 폴리에스터/양모의 혼방도 1욕염색이 가능하므로 여기에 맞는 각 염료가 개발되고 있다.

셋째, 연속화인데 연속화가 가장 어려운 모직물에 대해 생각해 보면 모직물은 소재가 고가이고 본래 다품종소로트생산이므로 연속화가 어렵지만, 그런 중에도 생력화의 노력은 계속되어 왔다. 부분적으로는 우선 배치방식이 있고 증용, 자율공정을 연속화하는 기계가 개발되었다. 그러나 현재 이 방법을 모든 종류의 모직물에 완전하게 적용할 수 없지만 얇은 모직물에는 적용할 수 있다. 이때 가장 중요한 점은 직물의 수분율을 25% 이상으로 해야 된다는 보고도 있다. 또한 화학적 세팅처리로는 2ml/l의 벤질알콜(benzyl alcohol)과 2g/l의 산성아황산소다 용액으로 처리하면 좋은 세팅효과를 얻을 수 있다는 보고도 있다. 더욱이 세용을 연속로프식으로 할 수 있는 세용기도 개발되었다. 이것은 왕복 구동을 이용하여 전진후진을 반복하면서 직물을 전진시키는 방법으로 직물이 서로 부딪치게 하여 세용효과를 얻고 있다. 그러므로써 생산성향상, 절수 및 에너지절약을 동시에 이룰 수 있다.

앞으로 이들 부분적인 연속화를 총합한다면 모직물 정리가공에 있어 습공정을 연속식공정으로 할 수 있다.



<그림 11> Rope system 습 가공의 연속 자동화

16. 가공공정의 저부착화(low add on)를 진척시키고 있는가?

염색가공시에는 몇번이고 직물을 물에 적시고 건조시키게 되는데 건조공정에서 상당한 양의 에너지가 소비된다는 것은 잘 알려져 있다. 따라서 에너지를 절약하고 또한 가공비용을 절감하려면 가능한 한 건조공정을 생략해야 하는데 그러기 위해서는 다음과 같은 방법을 생각할 수 있다.

가. 물을 사용하지 않는 방법을 채용한다(기체처리, 유기용제처리, 전사날염 등).

나. 건조를 생략한다(wet on wet 처리).

다. 건조전의 수분을 적게 한다(강력탈수, 저부착화).

건조전의 수분을 적게 하는 것은 비교적 대응하기 쉬운 방법으로 이 저부착법은 젖은 상태에서 기계적으로 압착하여 부착수분을 적게하는 방법과 처음부터 수분의 부여를 적게하는 방법 두 가지가 있다.

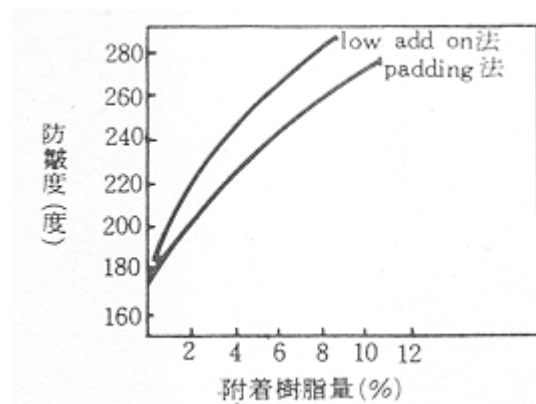
전자는 부직포롤, 흡인롤, 롤러젯(roller jet)탈수기 등이 있으며 주로 수세공정후에 압착율을 높이기 위하여 사용한다. 후자는 키스롤(kiss roll)법, 그라비아롤(gravure roll)법, 스프레이(spray)법, 기포법, 모세관법 등을 생각할 수 있는데 이중 몇 가지 법은 실용화되고 있으나 균일하게 수분을 부착시킬 수 있는지가 문제로서 가공공정에는 사용되고 있으나 아직 염색에서의 응용은 연구단계에 있다.

탈수-건조시 소요되는 비용에 대해 두 가지 예를 나타내면 표 8과 같다.

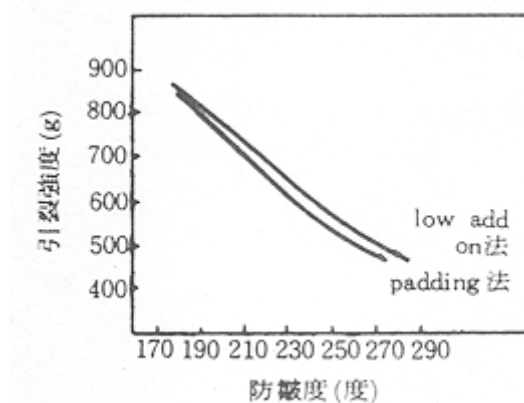
<표 8> 저부착에 의한 비용 계산 예

區 分	평常脫水-乾燥	眞空脫水-乾燥
所要電力	mangle motor 7.5kw (常用 6 kw)	眞空脫水機 컴프 11 kw 引取로울 1.1 kw 計: 12.1 kw (常用 9.68kw)
피 업	90%	60%
1kg의織物長	5 m / kg	5 m / kg
加工速度	60m / 分	60m / 分
電力費	40원 / KWH	40원 / KWH
所要電力費	$40 \times 6 \times \frac{5}{60 \times 60}$ = 0.33 원 / kg	$40 \times 9.68 \times \frac{5}{60 \times 60}$ = 0.53 원 / kg
水分乾燥 (乾燥後水分 8%)	$1 \text{ kg} \times \frac{90-8}{100}$ = 0.82kg 10,015원 / 톤 (10.01원/kg)	$1 \text{ kg} \times \frac{60-8}{100}$ = 0.52kg 10,015원 / 톤 (10.01원/kg)
乾燥用 蒸氣費 1)	$\frac{0.82 \times 900}{540} \times 10.01$ = 13.69 원 / kg	$\frac{0.52 \times 900}{540} \times 10.01$ = 8.68 원 / kg
脫水乾燥費 合計 2)	0.33 원 + 13.69 원 = 14.02 원 / kg	0.53 원 + 8.68 원 = 9.21 원 / kg

- (주) 1) 1kg의 물을 건조하는데 900kcal이 필요하며,
수증기 1kg이 갖고있는 열량 중 540kcal가 이용된다.
2) 건조에서 동력비는 무시한다.
3) “원”은 환산금액임(환율:333.83원/100엔)



<그림 12> 부착수지량과 방추도의 관계



<그림 13> 방추도와 인열강도의 관계

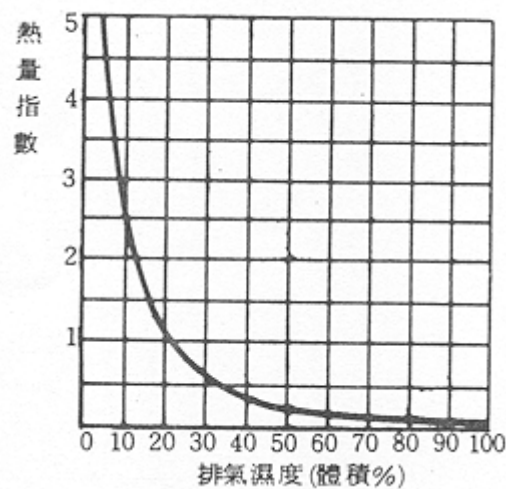
또한 수지가공에서도 저부착화를 하면 에너지의 절약과 제품의 품질을 향상시킬 수 있다. 즉 종래의 패딩법과 비교할 때 방추성이 좋아지고 인열강도도 증가하는데 그림 12,13은 면직물에 대한 예이다.

17. 사, 직물의 건조시 에너지낭비는 없는가?

염색가공공정은 습윤-건조의 반복이 많으며 특히 사나 직물을 건조하는 데에 소비되는 에너지가 염색가공 전체 소비에너지의 상당한 비율을 차지하고 있는 것은 알려져 있다. 다시 말해서 에너지는 사나 직물에 포함되어 있는 수분의 제거에 소비되는 것으로 염색이나 수지가공에 소비되는 에너지가 화학변화에 사용되는 것과는 의미가 다르다. 따라서 건조공정을 재검토하고 사나 직물의 수분율관리 및 열풍건조기의 배기에 대한 습도관리에 대해 생각해 보기로 한다.

직물의 건조정도를 아는 방법으로는 손촉감의 감각과 경험에 의하는 경우가 많으며 이 때문에 건조가 불충분하게 되는 것을 우려하여 건조를 필요이상으로 하는 경향이 많다. 그러므로 잔류습도계를 사용하여 직물의 수분율을 관리한다면 에너지절약과 품질관리 면에서 좋은 결과를 기대할 수 있다.

또한 일반적으로 염색공장의 열풍건조기는 5%(체적%) 전후의 수증기를 함유한 혼합기를 배출하므로 그림 14와 같이 상당한 열에너지가 낭비되고 있는 실정이다. 따라서 건조기내의 습도를 연속 측정하여 이것을 자동제어하는 방법이 개발되고 있는데 이 방법을 설치활용한다면 배열회수와는 달리 보다 직접적인 열에너지의 손실을 방지할 수 있다.



<그림 14> 배기습도와 열손실

18. 계측기에 의한 관리를 정확히 하고 있는가?

염색가공공정에서 사용되는 계측기는 작업상 필요한 정보를 제공하여 주고 있다. 염색기나 건조기의 온도를 예로 볼 때 그 분포에는 상당한 변동이 있기 때문에 측정할 때는 대표되는 평균값을 찾아내어 이용해야지만 에너지의 낭비를 없앨 수 있다. 또한 계기가 정확하게 작동하는 것도 중요하다. 여러분의 공장에서는 계기를 잘 보존하고 있는가? 기록계나 조절계의 눈금교정 및 잉크의 보충 등 보수점검은 완전한가? 지침계의 끝이 열화 등에 의해 온도지시를 잘못하고 있지 않은가?

계기를 항상 양호한 상태로 잘 작동하려면 계기류의 설치장소를 될 수 있

는 한 기계적진동, 부식성가스, 먼지, 습기가 적은 곳으로서 주위온도가 안정한 장소를 선택하여 설치해야 하며 또한 열전대(thermocouple: 열기전력을 이용하는 온도계)에서도 정전유도나 전자유도(특히 IC 열전대의 경우)가 적은 곳을 선택하여 설치하여야 한다. 그리고 압력계나 유량계의 이음부분이 이완되었거나 부러져 흰곳이 없는지도 점검해야 한다.

계측기에 의해 공정을 제어하는 것도 에너지절약 목표를 달성하는데 중요하다. 공정제어에서 가장 기초되는 기술은 자동제어인데 여기에는 연속제어를 주도하는 피드백(feed back)제어와 불연속제어를 주도하는 시퀀스(sequence)제어가 있다. 염색공업은 연속화를 해야만 자동화나 생력화를 추진할 수 있기 때문에 가능한 한 연속화하여야 한다. 자동화하는데에 시퀀스제어는 빼놓을 수 없는 것이다. 따라서 최근에는 필요한 시퀀스제어회로를 그때그때 설계, 제작하는 것이 비능률적이기 때문에 광범위한 제어회로를 임의로 정의할 수 있는 시퀀서(sequencer)가 개발되고 있다. 이 장치를 활용하면 제어회로를 설계 제작하는 수고를 덜 수 있고 보수, 점검 및 수리 등을 용이하게 할 수 있다.

19. 불량 및 재가공 방지에 노력하고 있는가?

염색가공에서의 불량품은 준비공정에 원인이 있는 것, 염색얼룩의 대표가 되는 침염공정에서 생기는 것, 날염 및 가공공정에서 생기는 것, 또는 오염 부착에 의하는 것 등 여러 종류가 있다.

그 발생동기도 기계, 기술면에서의 불비, 사람의 부주의, 공정상의 무리 등 여러 경우로 생각할 수 있는데 일단 문제가 발생하여 재가공을 하게 되면 에너지의 손실뿐만 아니라 원재료, 시간을 낭비하고 작업진행, 계획을 혼란시켜 다른 공정의 효율을 저하시키는 원인이 된다. 또한 불량품이 발생하여

이를 수정하려면 탈색공정 등 여분의 공정을 거쳐야 하고 특히 재가공, 보충가공 및 납기면에서도 무리를 가하여 에너지효율을 점점 악화시키기 때문에 불량품이 발생하지 않도록 최대한의 노력을 기울여야 한다.

이미 각 항목에서 에너지절약 가공에 대해 설명하였지만 에너지절약에 역점을 둔 나머지 제품품질을 저하시켜 상품의 가치를 손상시키거나, 재가공의 필요성이 발생하지 않도록 각별한 주의를 해야 한다.

이상에서 설명한 내용을 기초로 하여 각 공장에서는 에너지절약과 품질 및 생산성 등을 종합적으로 검토하여 에너지를 절약할 수 있는 방안을 모색해야 한다.