

P/C 혼방직물 염색에서 관리전략과 그 효과

1. 서론

염색공장에서 불량품이 발생하는 나날의 일상문제들은 그들의 발생원인을 찾아 근절시킬 수도 있겠으나 경우에 따라서는 불량이 발생할 때마다 그때 그때 수정하므로써 해결할 수도 있다. 이러한 견지에서 ICI (Imperial Chemical Industries Ltd.)에서는 수년전부터 "관리전략(Control Strategy)" 개념을 발전시켜 왔다 먼저 제품 품질을 크게 좌우하는 공정을 파악하여 이들 공정의 작업 목표 수준을 정한다. 공정중의 과실이 제품의 품질에 미치는 영향을 파악하여 합격, 불합격율을 예측한다. 처음엔 관리를 안한 상태에서, 다음엔 관리를 한 상태에서 예측한다.

지금부터 연속 및 반연속공정의 P/C 혼방직물 염색시 생산효율을 높이기 위하여 이 기법을 활용하는 예를 들어 본다.

P/C 혼방직물은 광폭상태의 염색을 포함한 연속공정작업에 이상적인 직물이며, 그렇게 생산된 직물은 그동안 셔츠, 시이트, 작업복, 드레스 및 우의(雨衣)제조에 사용되어 왔다. 경제적으로 연속염색을 하려면 한가지 색상으로 많은 작업물량(최소한 5,000m)이 필요하다. 이런 많은 물량관계로 불량이 한번 발생하면 값비싼 대가를 치루어야 하고, 또한 작업이 고속으로 진행되기 때문에 불량을 발견하였을 때에는 이미 수백미터의 직물이 처리되었을 수도 있다. 실제로 많은 불량들이 피니싱에 앞서 직물을 건조시켜 체크하기 전에는 잘 눈에 띄지 않을 수도 있으며 그때까지 처음에 있던 불량과는 비교도 안될 많은 수정을 요하는 불량들이 누적되어 있을 수도 있다. 그러므로 연속염색기에 대한 일상적인 예방보전작업 및 운전 작업에 관리체제를 도입한다는 것은 매우 중요한 일이다.

원래 배치(Batch) 염색의 경우보다는 연속염색기를 사용할 때 재가공비가 더 많

이 소요된다. 연속염색에서는 무게나 용적의 계량을 잘못하여 발생하는 일반적인 문제는 물론이고 사용염료를 대부분 기계적으로 처리하기 때문에 더 많은 문제들이 발생하게 된다. 그러므로 채택한 염색방법상의 여러 가지 문제점과 이들이 피염물의 합격, 불합격에 미치는 영향에 대한 충분한 지식은 재가공비와 기계정대 시간을 줄일 수 있고 결과적으로 생산능률의 향상을 가져오게 할 수 있는 훌륭한 기초자료가 된다.

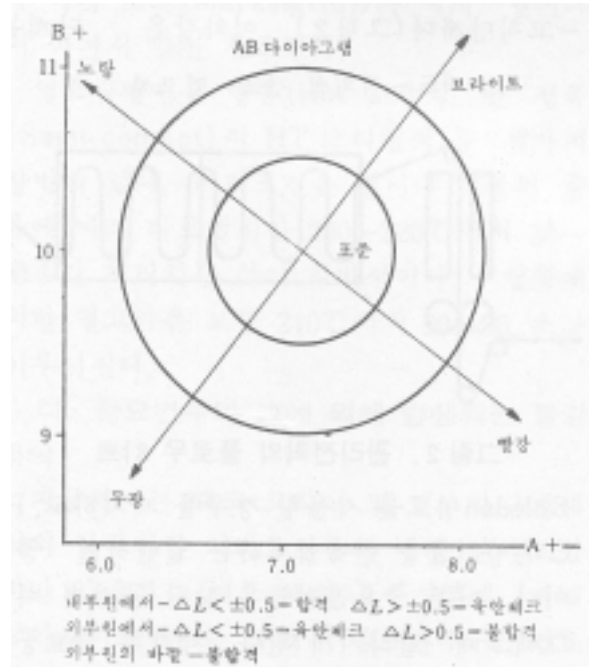
수정을 해야 되는 결점이 포함된 염색물을 생산한다는 것은 어느 곳인지 정상공정의 이탈을 의미한다. 이와 같은 이탈의 종류나 크기는 공장에 따라 다를 것이며, 그로 인해 발생하는 결점의 수정 역시 구매자의 제시 규격에 따라 크게 달라질 것이다.

일반적으로 수정을 요하는 결점은 기술적인 측면에서 다음과 같은 네가지로 구분할 수 있다.

- ① 제직업자로부터 인계받은 직물의 결점-염색시 제직결점에 대해서는 보통 꼬리표를 붙여 표시한다.
- ② 염색가공공정에서 발생된 결점- 즉, 표리 이색, 리스팅(직물의 중앙부분과 양변 부분의 이색), 스폿트, 구김, 로올러 마아크 등
- ③ 색상과 농도- 이들의 허용범위는 정해진다.
- ④ 염색건뢰도 - 피염물은 보통 건뢰도규격에 맞도록 염색된다.

전형적인 농도합격기준을 AB 다이어그램을 사용하여 나타낼 수 있다. 허용범위를 내부원과 외부원으로 나타낸 그림 1은 사실은 ΔL 과 함께 3차원에서의 세 번째 축을 나타낸 것이다. 색상의 차이가 적을 경우 허용범위는 원형으로 표시된다. 앞으로 색상의 차이는 목표치에 대한 %로 나타낼 것이다. 전반적인 색상의 차이가 10% 일 경우 $\Delta E = 1.0$ 이다. 색상에서 평균 10% 의 차이가 나면 그것은 아주 좋지 않은 상태를 나타낸다. $\pm 10\%$ 의 허용범위는 AB 다이어그램의 외부원으로 표

시되어 있다.



<그림 1> 실험실 데이터에 기초를 둔 전형적 농도합격 기준도

결점을 체크하는 사람은 보통 때는 잘 하다가도 가끔 실수할 수도 있다. 결점을 체크하기에 가장 좋은 시점은 공정 중 결점이 발생한 바로 그 순간이겠으나 그 부분은 순간적으로 통과해 버리므로 기계를 역회전 시켜 체크할 수는 없는 일이다. 기술적인 면과 경제적인 면에서 볼 때 염색물은 갓 나온 마지막 제품을 중심으로 결점을 체크하는 게 좋다. 작업현장에서의 랜덤한 체크도 유익할 수 있겠으나 체계적인 시험의 일부로 행하지 않으면 별로 큰 도움이 되지 않는다.

모든 섬유류 염색의 연속공정의 다음의 기본적인 네단계를 거치게 된다.

제직 - 준비 - 염 색 - 가공

이들 각단계는 서로 분리된 것으로 간주되기도 하며 각단계에서 별도의 관리가 행해진다. 그러나 이들 각단계는 서로 밀접한 연관성이 있으므로 서로 영향을 끼칠 수 있다. 사실은 놀라운 일이지만, 염색공정에서 발생하는 불량률의 50%가 그 발

생원인이 준비공정에 있다. 또한 가공단계에서 발생하는 불량 중 80%가 사용한 염료 형태에 따라 적절한 조건으로 처리하지 않았기 때문일 수도 있다.

그러나 염색공정이 전체공정의 핵심이 되는 것만은 사실이며 염색공정에서 발생하는 결점이 가장 심하게 눈에 뜨인다.

현재 P/C 혼방직물의 연속염색에는 몇 가지 염색방법이 있다. 이 중에서의 선택은 주로 색상의 농도와 요구되는 견뢰도에 따라 결정한다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 P/C 혼방직물의 염색법은 다음과 같다.

- 가용성 배트 염료를 사용하는 방법
- 분산염료만을 사용하는 방법
- 분산염료와 프로시온 T 염료(ICI)를 같이 사용하는 방법
- 분산염료와 프로시온 MX 염료(ICI)를 사용하여 2단계로 염색하는 방법
- 분산염료와 배트 염료를 사용하여 패드 스티밍 방법으로 염색하는 방법

가용성 배트염료를 사용할 경우를 제외하고, P/C 혼방직물을 담색으로 염색하는 경우의 일반적인 방법은 패드-드라이-고착 단계를 거쳐 폴리에스테르 성분에 분산염료를 고착시킨다. 한편 이와 같은 처리는 면성분의 염색을 위해 사용한 염료에 대해서도 큰 영향을 미치게 된다. 예를 들면 분산 염료와 프로시온 T 염료를 사용 염색할 경우는 면섬유와 폴리에스테르 섬유가 둘 다 같이 염색이 될 것이고, 분산 염료와 배트 염료를 사용하여 패드-스티밍처리를 할 경우는 고착단계에서 배트 염료는 폴리에스테르에, 분산염료는 면에 각각 염색얼룩을 남기게 될 것이다.

반응성 염료와 배트염료를 사용하여 염색할 경우 잘못하면 피염물에 연속얼룩이 생길 수 있다. 그러나 분산염료를 사용할 경우는 이와 같은 연속얼룩이 생기지는 않으나 진한 색상으로 과염색(Overdye)되는 경우가 자주 있다. 그러므로 분산 염료를 성공적으로 잘 사용하려면 성능이 좋은 연속 염색기를 사용하는 것이 상책이다. 사실 P/C 혼방직물 연속염색의 성패는 패드-드라이-고착단계로 이루어지

는 연속공정의 관리능력에 달려 있다고 생각된다.

전 공정을 한공정 한공정 모두 조사 파악하고 여러 변수들이 미치게 되는 결과를 조사하여 공정을 관리하는 것만이 불량품 생산을 막는 지름길이다. 이와 같은 수법을 "관리전략(Control Strategy)" 이라 불러 보았고 공정의 전략적인 요소 요소에 관리전략을 구체화시켰으며 중요한 변화들을 감시하는 데 이용하였다.

2. 관리 전략

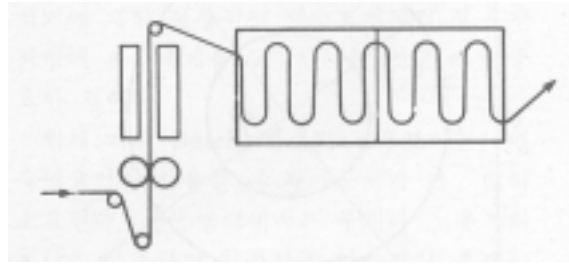
관리전략의 개념을 발전시키는 데는 플로우 차트(Flowchart)가 유용하다. 정보를 수집하고 결정을 짓는 순서는 다음과 같다.

<표1>관리전략의 플로우차트

1	중요공정의 파악
2	작업절정과 목표설정
3	중요변수와 그에 의해 발생하는 불량 파악
4	관리기법 도입
5	관리기법의 활용 및 감시

가. 중요공정의 파악

P/C 혼방직물의 염색에서 가장 중요한 분야는 분산염료를 사용할 때의 패드-드라이-고착단계다(그림 2). 이와같은 단계는 Soledon 염료를 사용할 경우를 제외하고, P/C 혼방직물을 연속염색하는 일반적인 공정이다. 다른 중요공정들은 앞뒤 공정에 따라 그때그때 달라지게 된다. 각각의 중요공정들이 파악되었으면 다음은 이들 중요공정에 대해 세부적으로 조사 파악해야 한다.



< 그림 2 > 관리전략의 플로우 차트

나. 작업결정과 목표선정

패드 망글은 보통 염액통에 대하여 수평으로 설비되어 있으며 망글의 전폭에 균일한 압력이 가해지도록 설치한다. 망글의 압착은 P/C 혼방직물의 혼방비율에 따라 달라진다. 혼방비율이 67:33인 P/C 혼방직물의 경우는 픽업이 50~60%사이가 되도록 압착한다. 보통은 55% 수준에 맞춘다.

경제적인 생산속도를 원한다면, 예비건조기(Pre-drier)의 사용은 필수적이다. 현재는 Artos, Wild Bearfield(Kidd & Zigrino) 및 Aztec 와 같은 단식 또는 복식의 적외선 예비건조기가 사용되고 있다. 이들 건조기는 보통 가스(Gas) 연료를 사용하여 직물의 조직과 무게에 따라 250~450°C의 온도를 낸다. 이것은 약 800°C의 직접열에 의해 처리되는 것과 같은 효과를 낸다. 피염물은 수분이 제거되어 건조되는데 일반적인 건조방법에서는 잔류수분량이 20~40%가 되도록 한다. 잔류수분량이 30% 되도록 예비건조된 직물은 그 다음 공정인 실린더나 열풍에 의한 마지막 건조중에 이염현상이나 마킹 오프(Marking-off)가 적게 일어나며 여기서 완전 건조된다.

열고착방법은 열풍(Hot air)식, 반접촉(Semi-contact) 식 HT 스티임식 등 세가지 방법이 있다. 처리조건은 설비나 직물의 종류에 따라 다르겠지만 200~220°C에서 30~90초간 처리하는 것이 일반적이다. 열풍에 의한 열고착은 보통 210°C에서

30~90초간 이루어진다.

다. 중요변수와 그에 의해 발생하는 불량파악

지금까지는 패드 드라이 및 열고착단계에서의 일반적인 처리조건들에 대해 알아보았지만 앞으로는 패드 액의 조성성분에 대해 알아보기로 한다. 3개의 중요변수 즉, 염료의 농도, 조제, pH에 대해서는 확실히 파악해야 한다.

1) 염료의 농도

패딩공정으로 염색하고 있는 어느 두 개의 염색공장에서 일련의 실험을 통해 분석하여 밝혀진 바에 의하면 염료농도는 10.5%의 표준편차를 가지고 있었다. 그와 같은 편차가 일어나는 원인은 무게와 부피의 잘못된 계량한 데 있었다. 그렇다고 해서 이것이 연속염색업계의 일반적인 현상이라는 것은 아니다. 그와 같은 잘못을 범한 염색공장에서는 그 뒤 바로 시정조치를 취했다. 한편 Summer의 조사결과는 경영관리에 대한 지식이 없이도 무게와 부피 계량과 같은 기본적인 작업의 관리를 어떻게 잘 할 수 있느냐에 대해 설명해 주고 있다. 패드액에서의 염료농도가 기준농도의 $\pm 21\%$ 범위내에서 변할 수 있다는 사실을 안다면 패드액의 염료농도 오차에 대한 이해에 도움이 될 것이다.

2) 조제의 농도

만약 조제농도에 대해서도 염료농도에서와 같은 정확성을 기해 준다면 조제의 농도가 피염물의 색상, 농도 및 품질에 많은 영향을 미치지 않는 것이다. 알맞는 조제를 사용하는 것은 좋은 품질의 제품생산을 위해 매우 중요한 일이다. 경제적인 생산속도, 즉 빠른 생산속도로 작업하기 위해서는, 패드통 내의 직물의 침지시간을 짧게 해주기 위해 패드액 내에 습윤제를 첨가해야 한다. 그와 같은 목적으로

사용하는 습윤제로는 Matexil WA -PP(ICI) 액과 같은 것의 사용이 권장되고 있다.

이염현상을 줄이고 외관을 좋게 하기 위해서는 Matexil FA -MIV(ICI) 와 같은 이염방지제를 사용해야 한다. Matexil FA -MIV 는 분산염료가 사용되는 모든 염색에 효과가 있으며 그 중에서도 분산염료와 배트 염료를 같이 사용 염색할 때 특히 유효하다. 염색 중에 염료끼리 뭉치는 것을 막아주고 염료의 입자를 일정크기로 유지시켜 줌으로서 분산염료의 폴리에스테르의 침투를 용이하게 하고 외관을 좋게 해 준다.

3) pH

대부분의 염색공장에서는 패드액이나 피염물 모두 산성이어야 된다는 사실을 알고 있으면서 일상적으로 패드액과 피염물의 pH를 체크하고 있다. 이와 같은 사실로 미루어보아 pH는 이전부터 이미 관리되어 왔다는 사실을 알 수 있다.

지금부터는 패드 망글의 압착, 건조 조건, 고착 조건이 피염물의 색상 및 품질에 미치는 영향에 대해 알아보기로 한다.

4) 패드 망글의 압착

이것은 닙(Nip)의 압력과 직물의 프레퍼레이션에 의해 크게 좌우된다. 일정하게 조절된 닙의 압력이 변한다는 것은 보통 있을 수 없는 일이기 때문에 여기에서 중요변수로 크게 고려해야 할 점은 직물의 프레퍼레이션이다.

빠른 통과속도로 패드통내의 직물이 통과하는 길이는 가능한 한 길어야 좋은데 보통의 경우는 2~3m 이다. 패딩속도가 60m/분 일 때 직물이 닙에 도달하기 전 패드 액에 침지되어 있는 시간은 2~3초이다. 만약 짧은 시간내에 순간적으로 패드액이 직물에 흠뻑 젖을 수만 있다면 짧은 시간의 침지가 이상적이다. 만약 흡습상태에 변동이 있게 되면 이는 픽업에 직접적으로 영향을 미치게 되고 따라서 제품의

품질에 영향을 미친다. 픽업이 50~60%내에서 변동할 경우 직물의 염색농도는 $\pm 9\%$ 변화한다.

5) 건조조건

건조 조건은 염색물의 품질에 지대한 영향을 미친다. 적외선 예비건조기는 중간 부분의 적외선 파장을 이용한 것이다. 그 범위의 적외선이 젖은 직물에 의해 빨리 흡수되기 때문이다. 직물 처리 중 적외선 예지 건조기의 적외선 방사부에서 발생하는 습하고 뜨거운 공기는, 직물이 이들 대류공기에 의해 건조되는 것을 맞고 방사된 적외선에 의해 직접적으로 건조되게 하기 위해 효과적으로 제거시켜 주어야 한다. 대류열에 의한 직물의 빠른 건조는 이염의 근원이 될 수 있는 표면건조를 가져 올 뿐만 아니라 더욱 중요한 것은 염료의 침투를 저해하고 외관을 나쁘게 만든다는 것이다.

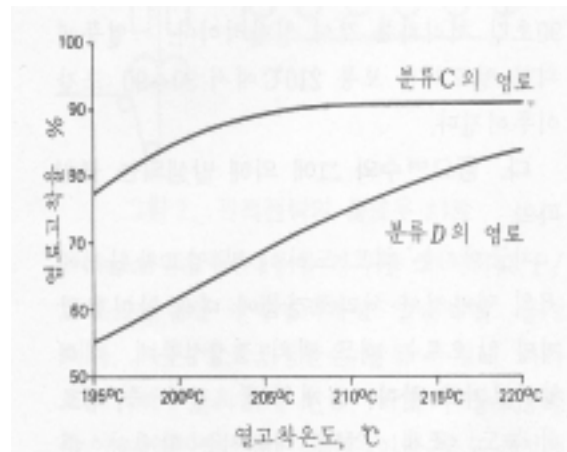
만약 적외선 방사부에서 직물이 불충분하게 건조되면 표면건조 현상이 일어나고 캔(Can) 또는 열풍건조기내에서 이염현상이 일어날 수 있다.

적외선건조부에서 온도차이로 인해 불균일한 건조가 이루어진다는지 또는 대류열이 형성되어 직물이 영향을 받게 되면 변과 변사이 또는 표면과 이면사이에 색차가 생기게 된다. 결과적으로 건조조건이 맞지 않으면 그 영향이 직물의 품질에 나타나게 된다.

6) 열고착

P/C 혼방직물을 분산염료로 처리, 열고착 시키면 열고착시 셀룰로오스에 남아 있던 염료가 수증기와 함께 폴리에스테르 쪽으로 옮겨가며, 분산염료는 그들의 열 견뢰도(Heat fastness) 및 염색의 용이성에 따라 A,B, C, D 의 네그룹으로 분류하여 사용하는 것이 편리하다. 분류 C와 D 의 염료는 그들의 우수한 승화견뢰도 때

문에 P/C 혼방직물염색에 일반적으로 사용되나 이들의 열고착거동은 서로 다르다. (그림 3)

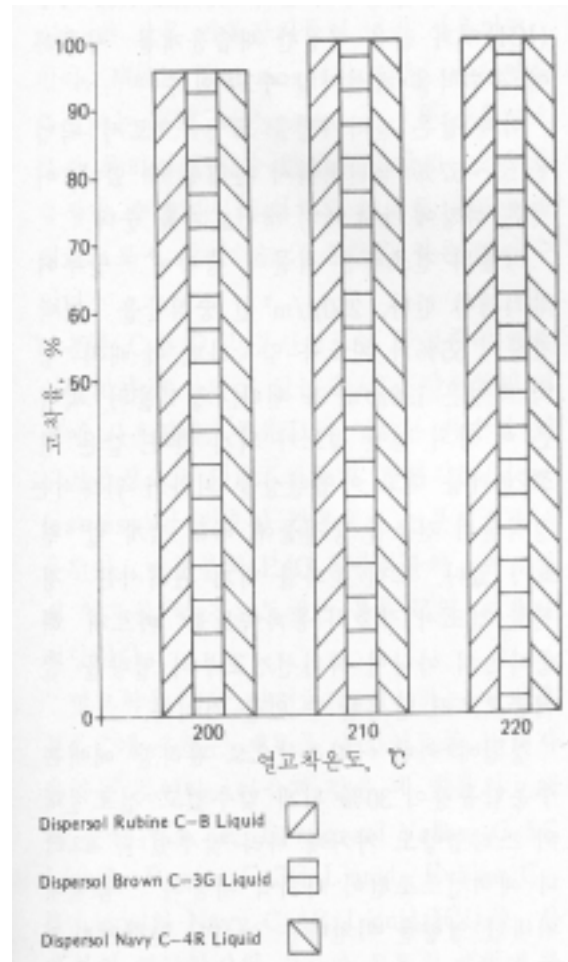


< 그림 3 > 195~220°C의 온도에서 60초간 고착처리하였을 때
전형적인 분류 C와 D 염료의 고착거동.

대부분의 열고착기는 에너지 비용과 최적의 염착율을 고려하여 열고착을 210°C로 하여 가동하고 있다. 분류 D의 분산염료를 사용하여 210°C에서 열처리하는 경우 직물의 온도가 높아졌다 낮아졌다 변동하면 폴리에스테르에 고착되는 염료의 양도 거기에 따라서 변동한다. 직물의 온도가 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 변하게 되면 분류 D 염료의 염착율은 $\pm 15\%$ 변하게 된다. 이것은 흡사, 분류 D염료만 사용했을 경우는 농도에 대한 처방이 바뀐 것처럼 보이고, 분류 C와 D염료를 혼합하여 사용했을 때에는 색상에 대한 처방이 바뀐 것처럼 보인다. (그림 4)

온도가 10°C 변한다면 이것은 큰 변동이라고 볼 수 있다. 그러나 현장에서 대규모 직물이 처리될 경우는 기계에 부착된 온도 측정장치(Temperature sensor)가 온도를 잘못 측정할 수도 있고 온도의 등락을 뒤늦게 나타내는 경우도 있을 것이다. 직물이 210°C에서 균일하게 처리받을 수 있도록 온도 측정장치를 직물의 인도포

(Thermal paper를 사용)에 설치할 수도 있으나 현장의 대량생산공정에서는 다음과 같은 두 가지 측면에서 직물의 온도가 변할 수 있다.



<그림 4> 열고작온도에 따른 분산염료의 고작율 변화(60초간 처리)

① 작업도중 섬유찌끼가 온도측정 장치를 가리게 되면 기계내의 실제온도보다 낮은 온도를 나타내게 되며, 그 결과 직물은 온도가 더욱 높아지게 되는 원인이 된다.

② 온도측정장치가 공기의 온도를 측정하게 되면 실제 직물의 온도는 그보다는 낮을 것이고 그 차이는 열고작기에 따라 다를 것이다.

표 2는 패드-드라이-열고착 공정에서 설정된 목표치로부터 처리조건이 변경됨에 따라 불량에 미치는 불량률의 증가율과 간단한 통계기법을 활용하면 전체적인 색의 농도에 관한 불량률을 계산할 수 있다.

< 표 2 > 패드-드라이-열고착 공정(분산염료만 사용)

			전체적인 효과	
가장 중요한 변수	목 표	공정범위	색상불량의 발생	품 질
패드액의 농도	100	79-121	$\pm 21\%$	중요한 영향을 미침
픽업	55%	50-60%	$\pm 9\%$	
예비건조	30%	20-40%		
열고착	210°C	200-220°C	$\pm 15\%$	
합격율($\pm 10\%$ 허용범위)	53%			

전체적인 색의 농도불량을 가지고 합격, 불합격율을 쉽게 계산할 수 있다. 일부 몇몇 공장에서 실시하고 있는 바와 같이 농도의 허용범위를 $\pm 10\%$ 로 정하고 앞서와 같은 계산을 해보았을 때 겨우 53%만이 합격권에 들어왔다.(그림 1에서 외부원의 안쪽) 물론 이들 불합격품 중의 일부는 건조 조건에 대한 관리가 불충분했기 때문에 발생된 것도 있을 것이다.

라. 관리기법의 도입

지금까지 언급한 공정조건분석은 관리가 거의 이루어지지 않고 있는 극단적인 상태에서 알아 본 것이다. 그와 같은 조건하에서 연속공정작업이 이루어지고 있는 공장은 거의 없을 것이다. 현장에서 대량으로 사용되는 패드액은 현장에서 염색에 사용되기 전 일상적으로 실험실에서 체크된다. 실험실에서 제조한 패딩액을

현장에서 그대로 재현할 수 있고, 실험실에서 패드액으로 처리한 시험편이 현장 생산품의 표본이 될 수만 있다면 색상에 맞는 패드액의 추가적인 대량생산은 얼마든지 가능하다. 패드 액의 추가 제조는 평상시 염료담당자의 철저한 관리와 중량체크, 공급용수를 계량하므로서 대폭적으로 감소시킬 수 있다.

생산량이 소량인 경우는 본 염색에 앞서 색배합할 때 작업중에 다시 정확히 수정하여 맞출 수 있도록 해야 된다. 그러나 생산량이 100,000m 와 같이 대량일 경우에는 보통 조업 중에 농담을 맞추게 되며 따라서 실험실에서 체크하는 농담의 허용범위도 그만큼 커지게 된다. 실험실에서 여유를 두어 색배합을 하였을 경우 패드액에 의한 불량은 $\pm 5\%$ 이내로 관리될 것이다. 이와 같은 관리는 연속 염색기를 사용하는 보통의 염색공장에서 하고 있는 방식이며 그 결과 목표수준인 $\pm 10\%$ 이내에 생산량의 73%가 합격할 수 있을 것이다.

색상의 재가공율이 거의 30%에 가깝다는 것은 이상적인 것이 못된다. 색상의 허용범위가 $\pm 10\%$ 보다 적고 계속해서 앞에서 언급한 여분을 남기는 색배합을 할 경우 즉, 색상의 허용범위가 그림1의 내부원일 경우에는 재가공율이 더욱 커지게 될 것이다. 그러므로 패딩, 예비건조 및 열고착과 같은 전략적인 요소에 적절한 관리기법과 설비를 도입하는 것은 필수적인 일이다.

규칙적으로 맹글을 체크하여 보울의 압력을 측정하고, 직물의 패드액 함유량을 측정함으로서 패드 맹글의 압착을 관리할 수 있다. 직물의 패드액 흡수가 좋지 않을 경우는 직물에 잔류하는 호제 때문일 경우가 있으며 호제의 일부가 이미 굳어 있을 경우도 있으니 이런 경우의 직물은 다시 프레퍼레이션 단계로 보내는게 좋을 수도 있다. 포플린 및 개버딘과 같이 흡수가 잘 되지 않는 직물은 그들의 흡수력을 높여주기 위하여 프레퍼레이션단계의 후반에 Matexil WA-PP(ICI) 액과 같은 적절한 재습윤제를 사용하여 흡수력을 개선시킬 수도 있다.

이와 같은 관리기법을 도입함으로서 픽업을 53~57% 범위내에서 관리할 수 있

다. 이것은 색상에 $\pm 4\%$ 의 개선효과를 준다.

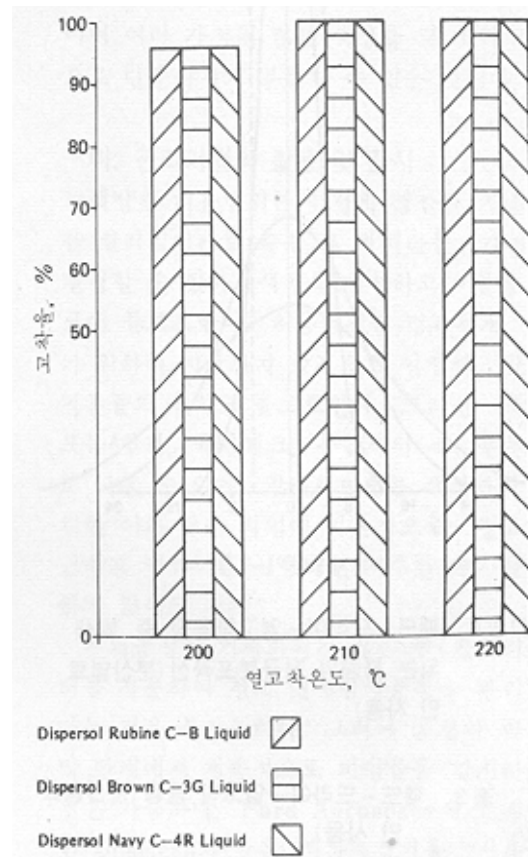
직물의 건조율은 직물의 중량에 맞추어 관리해야 한다. 250g/m^2 인 중직물을 염액잔량이 55%가 되도록 암착하면 이 때의 염액 픽업은 138g/m^2 가 된다. 경직물의 픽업은 이 양의 절반 정도가 되게 한다. 같은 건조 효과를 내고 이염현상을 피하기 위해서는 경직물의 건조를 중직물에 비해 적게 할 필요가 있다. 그런 효과를 내기 위해서는 경직물 건조시 직물의 통과속도를 빠르게 해준다든지 아니면 적외선 건조부의 열량을 줄여줌으로서 달성할 수 있을 것이다.

경험에 의한 어림짐작으로 관리할 때에는 수분함유량이 30% 되게 맞추었고 건조실내의 스티임양도 거기에 따라 맞추었다. 그러나 예비건조조건이 마지막 제품의 품질에 지대한 영향을 미친다는 사실이 밝혀지자 건조기와 수분함량관리가 필요하게 되었다. Mahlo GmbH에서 제작한 Aqualot 측정기를 사용하면 직물에 직접 접촉하지 않고도 수분 함유량을 측정할 수 있다. 설비관리를 한다면 잔류수분량의 범위가 25~35%가 되도록 작업이 가능할 것이다. 적외선 건조부에서의 이염현상을 현저히 감소시켜 줄 것이고 그 결과 염색물의 품질이 향상 될 것이다.

열고착기를 사용 $\pm 5^\circ\text{C}$ 범위에서 열고착 온도를 관리한다는 것은 그리 어려운 일이 아니다. 만약 열고착기의 성능이 그에 맞지 않을 때는 개조를 해야 될 것이며 열고착기를 정기적으로 청소해주고 린트 및 풍면을 제거시켜줌으로서 고착기의 성능을 크게 향상시킬 수 있을 것이다. 일정한 시간간격을 두고 자동으로 온도를 기록하는 장치를 열고착기에 부착하면 편리할 것이다. Foxborough, Freeman Taylor 및 Negretti Zambra 와 같은 기록장치들이 널리 사용되고 있다. Mahlo Thermoset 와 같은 방사열을 측정하는 고온계(Pyrometer)를 사용함으로써 물리적인 접촉 없이도 직물의 온도를 측정할 수 있다. 그러므로 공기의 온도를 측정함으로써 발생하는 결점같은 것은 없앨 수 있다.

분류 C와 D의 분산염료는 공정중에 열고착단계가 포함되어 있는 P/C 혼방직물

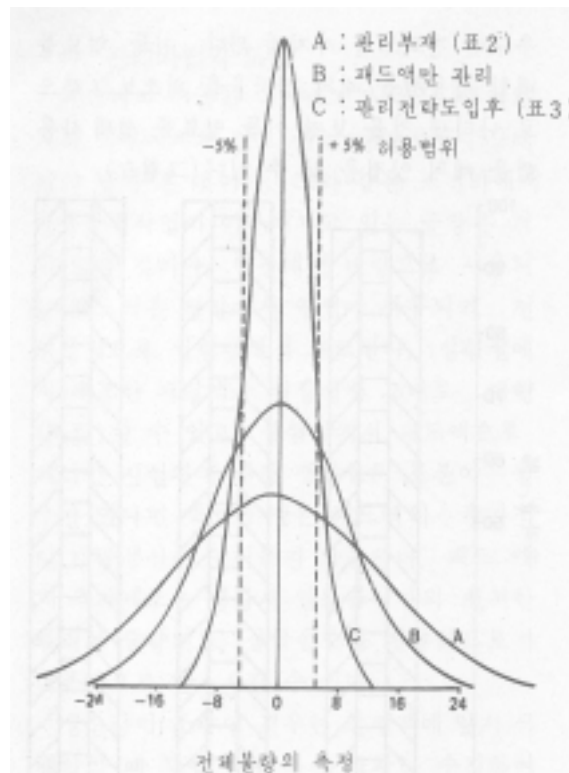
의 염색에 사용된다. 분류D의 염료는 특수한 피니싱공정으로 인해 고도의 열견뢰도(Heat fastness)가 필요한 경우에만 전문적으로 사용된다. 대부분의 P/C 혼방직물의 염색에서 열고착 및 견뢰도에는 분류 C의 염료가 적당하다.



<그림 5> 열고착온도에 따른 분류 C 분산염료의 고착율 (60초간 처리)

열고착을 가장 안전하게 실시하는 방법은 분류 C에 속하는 새로운 분산염료를 선택사용하는 것이다. 다음과 같은 네 종류의 액체 분산 염료 즉, Dispersol Yellow C-5G Liquid, Brown C-3G Liquid, Rubine C-B Liquid 와 Navy C-4R Liquid(ICI)를 사용하면 열고착시의 시간과 온도의 변화에 큰 영향을 받지 않으면서 모든 색상의 염색이 가능하다. 이들 염료를 배합 산성 패드액에서 사용하면 모든 P/C 혼방직물의 연속염색 공정에 사용할 수 있다. 이들 염료들은 열고착처리 중 면섬유로부

터 폴리에스테르 섬유로 잘 옮겨가고, 다음의 수세공정에서 제거가 잘 되기 때문에 수지가공처리를 하면 우수한 견뢰도를 가지게 된다. 이들 염료를 배합 사용했을 때의 염착율을 히스토그램으로 나타낸 것을 보면 이들 염료를 선택 사용했을 때의 이점을 알 수 있다.(그림 5)



< 그림 6 > 패드 - 드라이 - 열고착공정 중 발생하는 불량률의 정규분포곡선
(분산염료만 사용)

패드액에서의 변수들을 관리함으로써 재가고율을 줄일 수 있다는 사실은 이미 설명한 바와 같다. 픽업, 건조 및 열고착 상태를 관리하였을 때의 효과가 표 3에 나와 있다. 관리기법을 도입함으로써 색상에 대한 결점을 감소시켰고 품질의 변동을 없앴다. 색상의 허용범위가 $\pm 5\%$ 일 때 즉, 그림1의 내부원일 때 염색물의 약 80%가 합격하였다.

< 표 3 > 패드 – 드라이 – 열고착공정 중 발생하는 불량률의 정규분포곡선

(분산염료만 사용)

			전체적인 효과	
가장 중요한 변수	목 표	공정관리	색상불량	품 질
패드액 농도	100	95-105	±5%	
픽 업	55%	53-57%	±4%	
예비건조	30%	25-35%		불량이 최소가 되도록 관리
열고착	210℃	205-215℃	±5%	
합격율(±5% 허용범위)	77%			

지금까지는 관리전략을 폴리에스테르 섬유 염색에만 국한시켜 응용해 보았으나 지금부터는 P/C 혼방직물의 면성분 염색에도 확대 적용시켜 보기로 한다.

분산염료와 프로시온 MX 염료(ICI)를 사용 반연속공정인 열고착-패드-배치공정으로 P/C 혼방직물을 염색할 경우, 폴리에스테르 성분은 분산염료에 의해 패드-드라이-열고착단계에서 염색이 되고, 여기서 미고착된 염료와 부가물을 제거시킨 후, 패드-배치공정에서 프로시온 MX 염료에 의해 면성분이 염색된다. 이와 같은 염색 방법의 첫 번째 단계 즉, 폴리에스테르성분을 염색할 때 관리전략의 도입으로 전체 색상결점을 $\pm 8\%$ 이내로 감소시켰다. 면성분의 염색에 습식고정(Wet fixation) 법을 이용하면 품질변동을 가져오지 않게 된다. 염색공정중의 몇 가지 중요변수가 염색물의 품질에 미치는 영향이 표 4에 나와 있다. 표 4의 전체적인 모형은 표 2와 거의 비슷하며, 여기서 보면 색상의 허용범위를 $\pm 10\%$ 로 하였을 때 거의 50% 에 해당하는 염색물이 불합격품이었음을 알 수 있다. 관리기법을 도입함으로써 픽업의 변동을 줄일 수 있었고 패드액의 농도오차를 줄일 수 있었다.

< 표 4 > 패드 - 배치공정(2단계공정)

가장 중요한 변수	목 표	공정의 허용범위	농담불량에 미치는 효과
폴리에스테르 성분의 색상	100	92-108	$\pm 8\%$
패드액의 농도	100	79-121	$\pm 21\%$
픽 업	55%	50-60%	$\pm 9\%$
고착시간	6h	4-12h	$\pm 10\%$
합격율($\pm 10\%$ 허용범위)	55%		

실험실에서 하는 패드-배치액의 체크는 핫 배칭(Hot-batching) 기법을 활용하여 단시간 내에 할 수 있다. 폴리에스테르 염색에서 색상 변동이 $\pm 10\%$ 이내이어야 했던 것은 프로시온 MX 염료(ICI)를 사용 패드-배치방법에 의해 염색할 때도 마찬가지이다. 따라서 실험실에서 패드-배치에 의한 고착 시간을 체크하는 경우는 폴리에스테르의 색상변동율이 $\pm 10\%$ 보다 클 경우에만 해당하며, 클 경우에는 패드-배치방법을 수정할 필요가 있다. 배칭시간의 변동은 보통 사람의 실수나 기계 고장에 기인한다. 부단한 노력에 의해 현재는 배칭시간을 ± 1 시간까지 관리가능하게 되었다.

열고착-패드-배치공정에 관리전략을 도입했을 때의 효과가 표 5에 나와있다.

패드-배치공정의 중요변수로는 3가지만 고려하였다. 대량생산을 하는 현장의 생산공정에서는 패딩 및 배칭온도, 염료공급, 염료-알칼리의 비율, 수세조건 등의 기본적인 관리사항은 표준화되어 있어야 하며, 그렇지 않은 경우는 합격률이 표5에 나온 바와 같이 77%로 다소 떨어진다. 색상 허용범위 $\pm 5\%$ 에 불합격된 나머지 23%의 염색물에 대한 처리는 피염물에 따라 다르다. 그 예가 < 표 6 >에 나와 있다.

< 표 5 > 패드-배치공정 (2단계 공정)

가장 중요한 변수	목 표	공정관리범위	농담불량에 미치는 효과
폴리에스테르 성분의 색상	100	95-105	$\pm 5\%$
패드액 농도			
픽 업	55%	53-57%	$\pm 4\%$
고착시간	6h	5-7h	$\pm 5\%$
합격율($\pm 5\%$ 허용범위)	77%		

< 표 6 > 분산염료와 프로시온 MX염료, 관리전략 도입 후의 2단계공정

허용범위에 들어온 비율	$\Delta E(\text{Anlab units})$	조치
$\pm 5\%$ 내에 77%	≤ 1.0	
$\pm 5\%$ 와 $\pm 10\%$ 사이에 21%	1.0-2.0	텐터링을 거친 후 시이트류로 사용 셔츠, 작업복, 드레스 등급별로 색상선별
$\pm 10\%$ 를 넘는 것이 2%	> 2.0	스트라이핑이나 토핑이 필요

색상분류는 염색물을 색상별, 등급별로 세분하는 것을 의미한다. 그와 같이 많은 양의 염색물을 육안으로 일일이 분류한다는 것은 사실 어려운 일이며 여러 가지의 많은 색상을 몇 개의 그룹으로 단순화시켜 분류할 수 있을 것이다.

마. 관리기법의 활용 및 감시

색상의 허용범위는 이전에 생산한 샘플들을 칼리리미터로 측정 그 데이터를 가지고 결정할 수 있다. 색차를 계산하고 이들을 도표에 플로트한다. 허용범위를 명확하게 하기 위하여 지금까지 합격으로 인정해 왔던 견본들의 색차도 플로트한다.

그려진 그래프는 합격, 육안체크, 불합격의 세 부분으로 나눌 수 있다. 칼러리미터는 색상관리를 위한 이와 같은 작업에 기본적으로 필요한 것이고 컴퓨터를 사용하면 지루한 계산들은 하지 않아도 된다.

전체공정이 기계화되지 않는 한 칼러리미터를 사용하여 전체 연속염색공정을 관리한다는 것은 불가능하다. 그러나 고정의 마지막 단계에서 계속적으로 피염물을 감시하는 것은 가능하다. Ford Aerospace에서 제작한 Qualscan 과 같은 색차측정기를 사용하면 농담상에 불량이 발생하기 전에 농담의 흐름을 파악 예방할 수 있으며 염색담당자로 하여금 허용범위내에서 염색이 이루어지고 있는가를 확인할 수 있게 하고 필요한 조치를 취할 수 있도록 한다.

3. 연속염색공정에서의 관리전략

가. 분산염료와 프로시온 T염료(ICI)를 사용하는 경우

P/C 혼방직물은 분산염료와 프로시온 T염료를 사용하므로써 패드-드라이-열고착의 단일공정으로 필요한 모든 농도의 염색이 가능하다. 프로시온 T염료는 열고착 공정에 사용한 조건과 같은 조건에서 축매의 존재하에 섬유소섬유와 반응하는 새로운 형태의 반응성 염료이다. 이 염료는 직접 염착성이 낮은 액체염료이기 때문에 분산염료를 사용할 때와 같이 예비건조조건을 철저히 관리해야 한다.

분산염료를 사용하여 폴리에스테르 섬유만을 염색하는 경우는 색상 및 품질에 불량이 적게 발생하기 때문에 관리전략을 도입 활용할 경우 염색물의 77%가 일정 범위($\pm 5\%$)내에 들어옴은 표3에서 밝힌 바와 같다. 지금부터는 분산염료와 프로시온 T염료를 사용하여 폴리에스테르와 면을 모두 염색할 때 관리해야 할 변수들에 대하여 알아보기로 한다. 픽업, 예비건조 및 패드액 조성에서의 변동에 대한 관리

와 그 효과는 혼방직물에서 폴리에스테르와 면을 같이 염색하는 경우나 폴리에스테르성분 한쪽만을 염색하는 경우나 똑같은 것이다. 열고착조건에 따른 변동은 분류C의 분산염료와 좋은 설비를 사용하여 크게 개선시켰다.

열고착온도가 프로시온 T 염료의 염착률에 미치는 영향은 매우 적으나 그 다음의 미고착 분산염료와 미반응 프로시온 T염료를 제거시켜주기 위한 알칼리수세공정은 중요한 변수이므로 관리해야 한다. 알칼리수세처리는 가성소다를 4g/l 넣고 90°C 이상에서 최소 30초간 처리하며 그 후 소우핑 및 중화처리 한다. 다른 반응성 염료를 사용하는 경우와 마찬가지로 프로시온 T염료를 사용할 때 가장 중요한 점은 알칼리수세공정의 온도이다. 알칼리 수세공정중에는 공급알칼리의 계량 및 수세욕조의 온도를 관리해야 하고 수세후에는 호트 프레스(Hot-press) 시험관리를 하여야 한다.

< 표 7 > 패드-드라이-열고착-수세(분산염료와 프로시온 T염료사용)

			전체적인 효과	
가장 중요한 변수	목표	공정관리 범위	농도의 변동	품 질
패드액 농도	100	95-105	±5%	불량이 최소로 나타나도록 관리
픽 업	55%	53-57%	±4%	
예비건조 조건	30%	25-35%		
열고착 조건	210°C	205-215°C	±5%	
수세온도	95°C	90-100°C	±5%	
합격율(±5% 허용범위)	70%			

분산염료와 프로시온 T염료를 사용 염색할 경우 관리전략의 도입효과가 < 표 7>에 나와있다. 염색물의 70%가 ±5%의 허용범위에 합격하였다. 26%가 넘는 염색물이 ±10%의 범위에 들어왔고 이들 물량에 대한 사후조치는 이들의 마지막 사용 용도에 따라 달라지게 된다. P/C 혼방직물의 면성분 염색에 수용성염료를 사용하

는 경우의 어떤 연속염색공정에서와 마찬가지로 염색 조건의 관리가 불충분하면 피염물의 품질은 크게 저하된다. 따라서 분산염료와 프로시온 T염료를 사용하르로서 공정비용과 조제비용을 크게 절감시킬 수는 있지만 한편으로 다른 염색공정에서와 마찬가지로 관리의 성패에 따라 염색물의 품질이 크게 좌우된다.

나. 분산염료와 캘리돈(Caledon) 염료를 사용하는 경우

초기의 P/C 혼방직물염색공정의 하나인 분산염료와 캘리돈염료를 사용한 패드-스팀공정은 오늘날에도 중요시 되고 있다. 패드-드라이-열고착-케미칼조제-패드-스티임-산화-소우핑-수세와 같은 연속공정을 통하여 분산염료와 배트염료를 동시에 같이 사용할 수 있다. 확실히 이 공정은 장황하게 긴 편이고 사용되는 염료 관계로 불량이 발생할 가능성이 있는 단계를 많이 포함하고 있다. 연속염색기의 기계적인 무리에 의해 발생하는 불량말고도 환원제의 스티밍, 산화처리, 소우핑 등에 의한 불량과, 폴리에스테르 성분에 발생하는 배트염료의 얼룩 등이 있다. 전체적인 견지에서의 불량을 최소로 하기 위하여 이와 같은 공정의 모든 단계들을 조심스럽게 감시하고 관리해야 한다.

스티머를 통풍이 잘 되는 곳에 설치한다든지 배트염료의 충분한 현색을 위하여 소우핑처리시간을 충분히 준다든지 하는 간단한 관리방법들은 이미 자세히 알려진 바 있다. 그보다 더욱 정교한 관리방법의 활용도 가능하다. 케미칼을 자동으로 적정 및 적량할 수 있는 Polymetron 과 같은 자동 감시장치를 사용하르로서 산화처리의 pH를 관리할 수도 있다.

작업공정의 관리는 다음 범위 내에서 해야 한다.

- 102~105°C 에서 30초간 스티이밍
- pH 9.5~10.0 의 과산화수소를 사용하여 45~55°C에서 30초간 산화처리

○ 95~100°C에서 60초간 소우핑 처리

케미칼 조제-패드-스티임공정 중에 발생하는 변동이 결과적으로 미치게 되는 효과를 파악하는 것은 까다롭다. 공정의 조건들이 잘 관리되기만 한다면 패드-스티임공정 중의 미세한 변동이 색상에 미치는 효과는 $\pm 5\%$ 정도 밖에 되지 않을 것이다. 앞서와 같은 관리가 잘 이루어지게 되면 분산염료와 캘리돈 염료를 사용하는 열고착-패드-스티임 공정은 분산염료와 프로시온 T염료를 사용하는 염색공정과 똑같은 이론적인 합격률을 가지게 된다. 염색물의 70%가 $\pm 5\%$ 의 색상허용범위 내에 들어오게 되고 단지 4%만이 $\pm 10\%$ 의 허용범위를 넘을 것이다. 그러나 분산염료와 프로시온 T염료를 사용한 염색은 단일염색공정으로 이루어지기 때문에 5단계의 공정만 관리하면 된다. 분산 염료와 배트염료를 사용한 염색공정은 그보다 더 많은 변수를 가지고 있으며 적어도 9단계의 공정을 관리해야만 된다.

4. 생산성 향상

열고착기는 한차례 생산할 때마다 적어도 60%의 생산성을 갖는다는 이론적인 가정하에 설비한다. 이보다 적은 생산성으로 설비를 가동한다면 기껏해야 본전밖에 되지 않을 것이다. 생산성을 저해하는 요소로는 다른 염료 처리 준비를 위한 정지 시간, 기계의 고장, 공정 중 발생하는 불량품의 절단 제거, 수정을 위한 재염색 등이 있다.

생산성을 높이기 위한 가장 확실한 방법중의 하나는 기계정대시간을 감소시키는 일이다. 분당 60m 작업이 가능한 연속염색기로 10,000m를 작업하려면 약 3시간이 소요된다. 한 색상의 작업이 끝나고 다음 색상의 작업에 들어가기 전에 설비를 일단 점검해주므로써 작업중의 정지시간을 감소시킬 수 있다. 규칙적으로 기계를 소제해 주고 다음 작업을 위해 준비하는 일은 필수적인 사항이고 이를 위해

서는 한시간이 소요될 수도 있다. 그와 같은 시간을 할애해 주므로써 10,000m 작업을 할 때 기계의 효율을 75%로 유지할 수 있다.

기계의 고장은 예방보전계획에 의해 관리를 철저히 해줌으로서 없앨 수 있다. 연속염색기에는 유사시 작동되는 자동 정지 장치가 부착되어 있다. 그러나 열고 착기내에 결함이 생겼을 때 기술자가 이를 점검할 수 있도록 기계가 충분히 냉각될 때까지는 적어도 2시간이 소요된다는 사실을 염두에 두어야 한다. 기계를 냉각시키는 데 필요한 그와 같이 긴 시간은 기계가 작업중 갑자기 고장나면 얼마나 심각한 손해를 끼치는가 하는 것을 설명해 주기도 한다.

공정중에는 연속된 주름 및 얼룩 등과 같은 결점들이 발생 될 수 있다. 이런 결점들이 발생하면 염색담당자는 결과적으로 생산량이 감소된다는 사실을 염두에 두면서 베어낼 것인지 아니면 그냥 둘 것인지를 결정해야 한다. 만약 직물이 기계 속에 걸려 있는 상태로 기계가 정지된다면 고객이 의뢰한 수백미터의 작물을 망칠 수도 있다. 재가공율은 10%의 기각율과 5%의 채택율을 적용시키는 관리전략을 도입하므로서 감소시킬 수 있다. 생산효율을 나타내는 방법의 하나는 연속염색기를 사용, 합격수준의 색상과 품질의 염색물을 한 차례 생산하는 데 소요되는 시간으로 표시할 수 있다.

즉, $\text{생산효율} = \text{기계작업시간} - \text{재가공작업시간}$.

기계가동율은 예방보전작업과 정기 점검을 실시해 주면 75%까지 올릴 수 있다. 그리고 관리전략에 의해 재가공율은 5%로 감소시킬 수 있다. 따라서 이들을 연관시켜 계산해보면 연속염색기의 생산효율은 70% (75%-5%) 정도가 된다.

5. 결 론

P/C 혼방직물의 연속염색에 관리 전략을 도입시킴으로서 연속염색기의 생산효

율을 60%에서 70%로 올릴 수 있다. 이것은 상당한 성과로서 그냥 지나치지 않고 한번쯤 시도해 볼 만한 일인 것이다. 이와 같은 관리전략의 개념은 다른 염색공정이나 염색물에도 똑같이 적용시킬 수 있는 것이다.