

연속염색에서의 문제와 해결

1. 서 론

연속염색을 훌륭히 해내려면 공정간의 협동이 잘 이루어져야 한다. 직물의 전처리와 패딩액의 조제도 매우 중요한 부분이나 여기서는 두 공정이 꾸준히 잘 되고 있다는 가정하에 검토하여 보겠다. 또한 염료는 품질이 높고, 표준방법에 의해 염액이 준비 된다고 가정한다. 공장내에서의 절차는 염료 각 로트마다 색상, 농담등을 구분해 놓아야 한다. 이것들은 염색에 들어가기 전에 해야하는 표준체크 사항이다. 염액조제실에 근무하는 사람은 사용하는 염료나 약제의 무게를 정확히 달고 권장된 방법에 따라 섞고, 녹이고, 저어서 염색중에 어떤 문제가 일어나지 않도록 최선을 다해야 한다. 염색로트에 따라서 색상차이가 나는 경우를 조사해보면 염료의 무게를 정확히 달지 않았거나 염료제조에 있어 표준방법을 사용하지 않은데 그 원인이 있는 걸로 종종 나타난다.

북미에서는 연속염색을 어느 정도 하고있는지 살펴보자. 현재 연속염색기는 약120대이고, 그 중 90대는 더머솔(thermosol) 염색을 할 수 있도록 장치되어 있다. 90대의 더머솔 염색기는 1년에 폴리에스터/면 혼방직물 약 25억 야드(22억8천6백만미터)를 염색하고 있으며 나머지 30대는 순면직물 11억 야드(10억584만미터)를 염색하고 있다. 36억 야드(32억9천184만미터)는 직물 18억 파운드(8억1천647만kg)에 해당하고, 미국섬유소비량의 15%를 차지하는 양이다.

2. 연속염색기

65/35 폴리에스터/면혼방직물을 더머솔염색할 수 있는 연속염색기를 그림1

에 보였다. 이 특수 모델은 길이가 약 75야드(68.6m)이며 전체설비를 한번 통과하는 데는 약 500yd(457m)의 직물이 필요하다.

이와 같은 형태의 염색기를 가동함에 있어 일어날 수 있는 문제점들을 검토하는 주된 목표는 염색기술자가 매일 매일 직면해야 하는 장애요소들을 분류 정리하는데 있다. 염색기를 그 기능별로 분리하여 각 부분을 개개로 보자. 이렇게 함으로써 어떤 일정한 문제점을 작업자가 빠른 시간내에 해결하는데 도움이 된다.

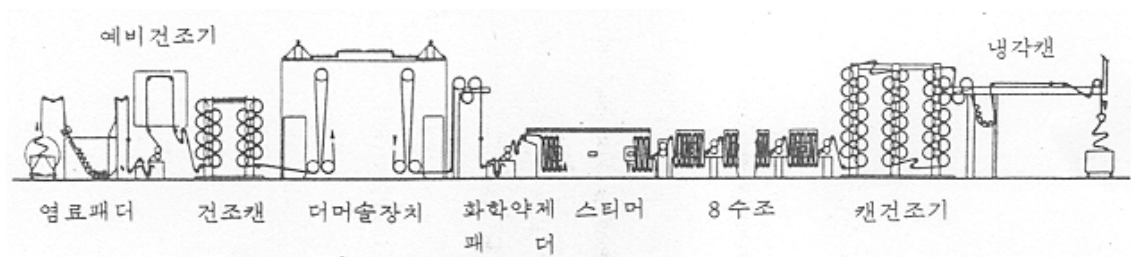
연속염색기의 처음부분은 염료패드, 예비건조기 및 건조캔으로 되어있다. 염료 패드에서 염료(분산염료/배트 또는 반응성 염료)는 직물에 균일하게 패딩된다. 패드로부터 직물은 이 예비건조기로 이동된다. 이 첫번째 예비건조기는 비접촉(noncontact)식 건조기이다. 여기서 염액중의 수분이 적외선 가열에 의해 많이 증발하여 직물 중량의 대략 65% 점하던 수분이 30% 가량으로 줄어든다. 이는 이염(migration)의 관점에서 가장 중요한 범위의 수분율이다. 30% 아래에서는 거의 이염이 일어나지 않으며 건조는 건조캔에서 완료된다. 2번째 부분은 더머솔장치와 냉각캔으로 구성되어 있다. 여기에서 폴리에스터 섬유는 보통 199°C~210°C의 높은 온도에서 염색된다. 더머솔 온도는 직물이 나 염료에 따라서 더 낮을 수도 있고, 더 높을 수도 있다.

더머솔 장치를 통과한 직물은 냉각캔을 통과하는 동안 온도가 낮춰진 후 화학 약제가 든 패드를 지나게 된다. 이 지점이 연속 더머솔 염색기의 첫번째 염색공정이 끝나는 곳이다. 여기서 폴리에스터 염색은 끝나게 된다. 따라서 만일 폴리에스터의 염색에 문제가 있다면, 그 원인을 규명하기 위해서는 여기까지만 검토해보면 된다.

화학약제가 든 패드부터가 셀룰로스를 염색하는 공정이 되겠다. 앞서 직물에 패딩은 됐으나 고착되지 않은 배트 또는 반응성 염료는 가성소다와 하이

드로 또는 가성소다와 염에 의해서 배트염료는 류코상태로의 환원을, 반응성 염료는 반응을 개시하도록 해준다. 화학약제패더에서는 미리 환원시킨 황화 염료를 사용하여 셀룰로스 섬유를 염색할 수도 있다. 화학약제패더 이전에서는 셀룰로스는 거의 염색되지 않는데, 그 이유는 패딩된 염료가 환원이나 반응성이 되지 않으면 셀룰로스 섬유와 친화성이 거의 없기 때문이다. 스티머에서 셀룰로스 섬유는 염색이 된다. 스티머의 온도는 대략 104°C로서 스티머 체임버 내의 공기를 제거할 수 있도록 과포화 상태의 증기를 넣어줘야 한다. 스티머는 직물의 건조와 셀룰로스 염료의 불완전 고착을 피할 수 있도록 충분한 온도가 되어야 한다.

그 다음 부분에서 배트염료와 황화염료는 산화되고, 직물은 수세된 후 건조된다. 적절한 수세는 화학약제의 잔여분을 제거시켜 줌으로써 배트염료와 황화염료의 산화를 최적화시키는데 도움을 준다. 나머지 수조에서도 연속하여 수세하여 줌으로써 세탁견뢰도 및 일광견뢰도의 문제점들을 방지하여 준다. 끝으로 캔건조기를 통과하면서 건조가 되고, 냉각칸을 거쳐 롤로 감기든가 상자에 넣어진 후 가공공정으로 가게 된다.



<그림 1> 더머솔 염색기의 배열도

3. 문제의 유형

물리적인 문제(기계 에너지)와 화학적인 문제(직물, 염료, 화학약제처리)의

두 종류가 있다. 염색기의 전반적인 부분에서 일어날 수 있는 구김살 문제 이외의 문제에 대해서는 공정순서에 따라 언급해 보기로 한다. 여기서 제시한 해결방법(대책)은 필자가 가장 권하고 싶은 방법들이다. 물론 이 방법들의 적합성이나 응용에 대한 결정은 염색기술자가 알아서 할 문제이다.

가. 구김살(crease)

연속염색에 종사하는 많은 염색 기술자는 구김살이 대부분의 불량품을 야기시키는 문제점이라고 말한다. 구김살은 직물이 접혀지는 부분에서 생긴다. 이러한 구김살은 염색기의 어느 부분에서나 일어날 수 있으며, 흔히 기계에 관련되어 있기 때문에 이를 별도로 다루겠다. 구김살의 주원인과 그것들에 대한 대책을 표 1에 요약하였다.

<표 1> 연속염색에서 구김살의 원인

장 치	원 인	대 측
패더	패더에 장력이 균일치 못하거나 닙(rip)의 입력에 심한 차이가 있을 때	적정장력으로 항상조정한다. 로울을 주기적으로 정비하여 잘못도록 조정한다.
캐리어 로울 (예비전조기, 더머롤 장치, 스티머, 수세조)	로울이 휘거나 굴곡이 있을 때 베어링이 손상되었을 때 직물의 장력이 변동될 때 로울상에 이물질이 형성될 때	적정한 기계검사와 정비
건조 롤 (예비전조기 및 최종 건조기)	베어링이 불량할 때 베어링이 손상되었을 때 롤 위에 이물질이 형성될 때 롤의 온도가 적정치 못할 때	적정한 검사와 정비 염료배합에서 첨가제를 조정한다. 직물의 퍼커링을 막을 수 있도록 온도를 조정한다.

나. 공정상의 문제점들

1) 염료패더

염료패더에서 생기는 두 가지 중요한 문제들은 변과 변사이(side to side) 또는 변과 중앙사이(side to center)의 색상차이가 나는 경우나 또는 염반이 생기

는 경우이다. 원인과 대책은 표 2에 요약하였다.

<표 2> 염료패더에서 발생하는 문제점

문 제	원 인	대 측
고과 고 또는 고과 中點사이의 색상차이	넵 (nip)의 압력이 균일치 못할 때 직물에 잔류물질이 있을 때 넵롤러가 불균일하게 마모되었을때 직물의 전처리처가 적정치 못했을 때 가루형액의 염료에서 페이스랑이 불량할 때 장력이 부족했을 때 염액조제 온도가 적정치 못했을 때 염액의 저장이나 컷기 기 타	넵 압력을 조정한다. 넵콘트롤에 공기압력이 일정하도록 한 다. 필요할 경우 벨트의 에어컴프레서를 사용, 주기적으로 롤러표면을 고르게 갈아 준 다. 직물의 전처리를 세크한다. 표준방법을 따른다. 염료를 잘 섞고, 컷는다. 잘 당겨줄 것 원장된 온도수준을 초과하지 말것 표준방법을 사용한다. 시스템의 적합성을 확인한다. 염료와 약제가 표준물질인지 확인한다. 적정의 규격시험을 행한다.

2) 비접촉 및 접촉 예비건조기

비접촉 적외선 예비건조기의 목적은 염료입자의 이염을 감소시키기 위하여 패딩된 직물로부터 수분을 충분히 제거하는데 있다. 이것은 적외선의 복사에 의해서 직물을 가열함으로써 이룰 수 있다. 복사는 접촉가열에 비해서 훨씬 더 균일하게 직물 및 염액을 가열해줌으로써 이염을 줄여준다. 이염이란 수분이 직물표면으로부터 증발하기 위해서 모세관작용에 의해서 이동할 때 염료 입자가 따라 이동하려는 현상을 말한다.

만일 이것이 불균일하게 일어나면 결과는 색상의 차이가 생기거나 이면과 표면이 다른 염색을 가져온다. 만일 색상이 균일하다 하더라도 표면만 염색되기 쉬우므로 마모건뢰도가 불량하게 된다. 요자염료(분산, 배트)의 이염은 또한 이염 방지제(thickening agent)에 의해 어느 정도 조절이 가능하다.

할로잉(halo)은 섬유의 넵과 같이 크고 딱딱한 입자가 직물상에 있을 때 발생한다. 염액은 이러한 돌출부분에서 우선적으로 증발하고, 따라서 주위로부터

터 염액을 빨아들여 주위에 밝은 할로잉을 생기게 한다. 비접촉 예비건조기로부터 직물은 보통 캔으로 되어 있는 접촉건조기로 가서 건조가 완료된다.

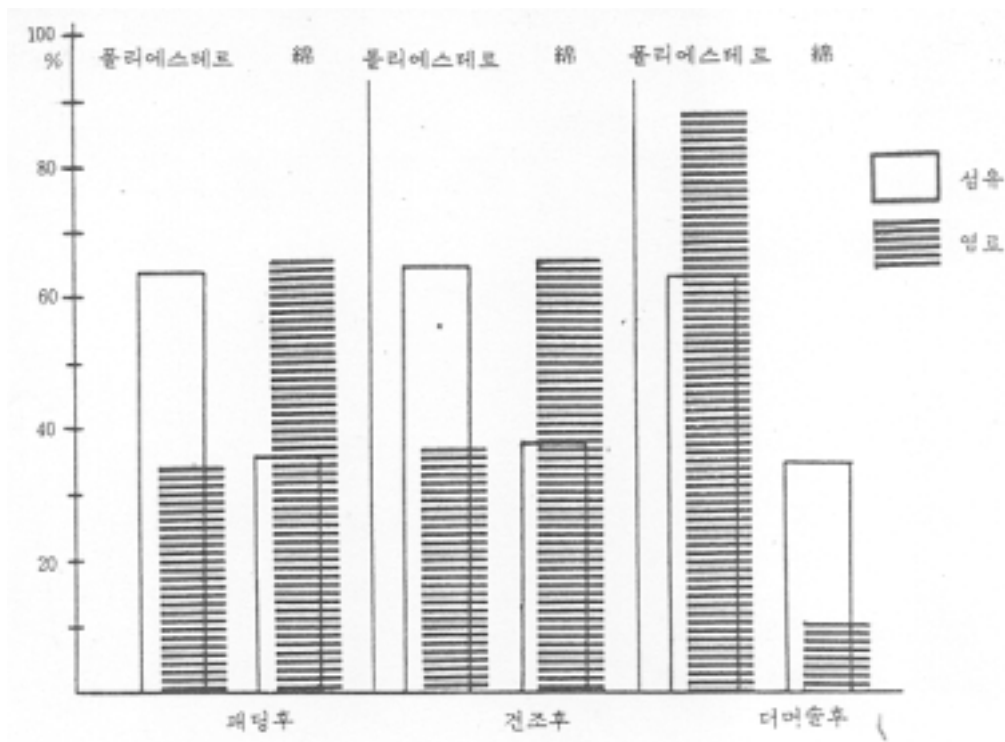
예비건조에서 일어날 수 있는 문제들을 표3에 요약하였다.

<표 3> 예비건조에서 발생하는 문제

문 제	원 인	대 책
表面과 이면사이의 異色 표면 염색	移染조절이 불량했을 때	예비건조기의 버너 앞면과 뒷면의 온도 가같은지 확인한다.
할로잉		예비건조 캔의 온도가 낮은 66℃에서마 지막 건조온도인 121℃까지 순차적으로 상승됐는지 확인한다. 효과적인 移染방지제를 사용한다.
픽오프 (pick-off)	로울에 이물질의 형성이 과도했을 때 린 드	염액의 화학첨가제를 조절한다. 천을 진공식이나 부러쉬로 떨어낸다. 移染을 조절하기 위해 점진적으로 건조 시킨다.

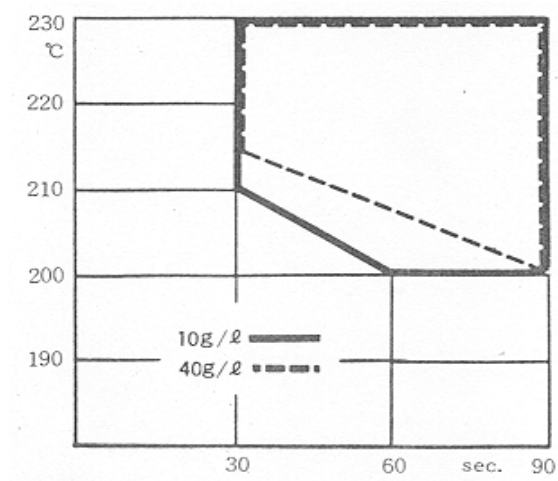
3) 더머솔 장치

분산염료의 65% 가량이 직물중량의 35%를 점하는 면에 부착되어 더머솔 장치로 들어가게 된다(그림2). 높은 온도의 고착 과정에서 대부분의 이들 염료는 접촉이나 증발을 통하여 폴리에스터 쪽으로 이동하게 된다. 분산염료의 고착은 더머솔 장치 내부에서 온도와 시간의 함수이며, 어느 정도는 염료의 농도에도 관계가 있다. 분산염료는 이점에서 특이하게 거동한다.



<그림 2> 65/35 폴리에스터/셀룰로스 직물에서 분산염료의 분포

이것은 종래의 고착거동으로 나타낼 수 있다(그림3). 이는 최소한 95%이상의 고착을 가능케 하는 온도와 시간의 조합을 나타낸다.



<그림 3> C. I. Disperse Blue165의 95% 이상 고착을 위한 조건

염료를 배합할 때에는 고착영역이 서로 크게 겹치는 염료를 선정하는 것이 안전하다(그림 4). 이렇게 하면 고착온도가 균일치 못할 경우라도 색조의 차이가 나지 않는다. 상용성이 불량한 경우라도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있다(그림 5). 경제성 때문에 이와 같은 배합이 요구될 때가 자주 있다.

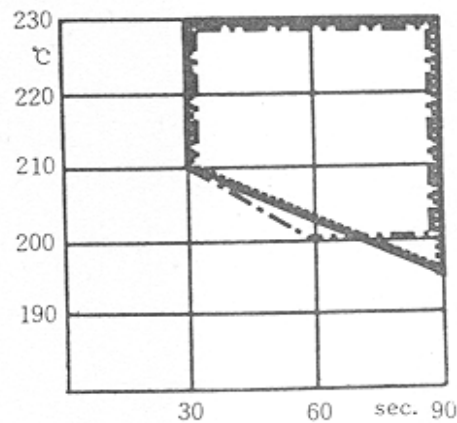


그림 4. 상용성 분산염료조합의 고착거동

—— C. I. Disperse Orange 29
 ---- C. I. Disperse Red 82
 - · - C. I. Disperse Blue 165

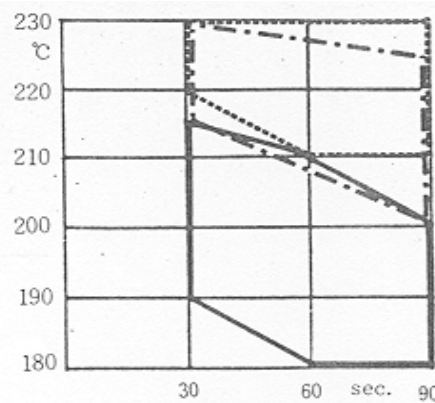


그림 5. 상용성이 불량한 분산염료조합의 고착 거동

—— C. I. Disperse Orange 25
 ---- C. I. Disperse Red 177
 - · - Resolin Blue 3RLS

그러나 장치나 게이지는 올바르게 작동해야 하고 염색기술자는 염색에 들어가기 전에 상용성이 나쁘다는 것을 알고 있어야 한다.

몇번의 시험을 통하여 염색기술자는 변과 변사이 또는 변과 중앙사이의 색상차이가 더머솔 때문인지 다른 장치때문인지를 알아내야 한다. 면을 녹여냄으로써 간단히 폴리에스터 섬유에 변과 변사이 또는 변과 중앙사이의 색상차이가 발생하는지를 알 수 있다. 폴리에스터에서 변과 변사이의 색상차이가 일어나는 것은 더머솔 장치에서 온도의 기울기(temperature gradient) 때문이다(표 4). 만일 폴리에스터와 면 모두에서 변과 변사이나 변과 중앙사이의 색상차가 발생했다면 염료패더에 문제점이 있는 경우가 대부분이다.

<표 4> 더머솔 장치에서의 문제점

문 제	원 인	대 책
변과 변사이 또는 변과 中央사이 색상차	더머솔장치에서 온도가 불균일할때	배열 팬 (fan)과 공기덕트를 주기적으로 정비하고 검사한다. 염색하는 동안 고온계 (pyrometer)나 온 도측정지 (thermopaper)로 주기적으로 직물의 표면온도를 체크한다.
불충분한 염료고착	고착거동이 걸치지 않는 영역에서 의 염료선택	고착거동 영역이 유사한 염료를 배합한 다.

4) 냉각 캔

냉각 캔에서의 문제는 매우 드물다. 이들 캔은 화학약제 패딩액을 과도하게 가열시키는 것을 방지하기 위하여 직물을 냉각시키는 장치이다. 간혹 냉각 캔의 마지막 부분에서 결로현상 때문에 반점을 야기시키는 경우가 있다.

5) 화학약제 패더

화학약제 패더에서 가성소다와 하이드로, 가성소다와 염 또는 미리 환원된 황화 염료를 직물에 처리한다. 가성소다와 하이드로는 배트염료를 환원시켜

셀룰로스 섬유에 친화성이 있는 류코상태로 만드는데 사용된다. 반응성염료는 가성소다에 의한 높은 pH에서 셀룰로스 섬유와 반응한다. 화학약제 패딩액에서 염의 목적은 반응성 염료가 화학약제 패딩액에서 염의 목적은 반응성 염료가 화학약제 패딩액으로부터 우리나라오는 것을 막는데 있다. 화학약제 패더에서 처리된 미리 환원된 황화염료는 이미 셀룰로스 섬유에 친화성을 갖는다. 실제로 친화성은 매우 높을 수 있으므로 선택흡수(tailing)가 일어난다. 즉 직물에 실제로 포함되어야 할 양보다도 약간 더 많은 염료를 패딩액으로부터 흡수한다. 어떤 일정 길이의 직물이 패딩욕을 통과한 후이나 평형이 이루어진다(염료의 친화성이나 패딩욕의 액량에 따라) 색상의 변동은 친화성이 낮은 염료를 사용할 때, 액량이 적은 패더를 사용할 때 또는 주입탱크(feed tank)에서 황화염료의 농도를 증가시킬 때 일어난다.

<표 5> 화학약제 패더에서 발생하는 문제

문 제	원 인	대 체
외곽 외사이 및 외곽 中央사이의 색상차 기포 또는 염료반	넵로롤러가 부적합 할때 화학약제 패딩액의 기포(기포에는 침전된 염료, 산화 또는 환원된 염료가 있어 직물과 접촉할 때에는 염반을 형성할 수 있다.)	분산염료/황화염료 조합으로 처리할 때는 염료패더로서는 중독처리해주는 deflector padder를 사용한다. 화학약제 패딩욕에 들어가기 전에 직물을 냉각시켜 약제 패딩액의 온도를 줄인다 (27℃~42℃). 기포블레이드(foam blade)를 사용한다. 약제가 분해되는 것을 방지하기 위하여
농담이 약하거나 색상 변화(배트염료)	환원이 불충분하게 일어날 때	패딩액을 자주 갈아줄 수 있는 소형의 패딩욕을 사용한다. 스티머를 통과할 때 환원이 충분히 일어날 수 있도록 환원약제를 조절한다. (2~6 oz/gal의 100% 가성소다와 동량의 하이드로를 사용함이 좋다.)

배트염료를 고착시키기 위해 가성소다/하이드로를 처리할 때, 또는 정도는

적으나 황화염료를 처리할 때에는 식물상에 미고착된 분산염료의 제거를 위해 환원세정을 한다. 이렇게 세정함으로써 세탁견뢰도, 마찰견뢰도 및 일광견뢰도의 불량을 막고, 직물의 셀룰로스 부분에 적당한 색상을 낼 수 있게 해준다. 셀룰로스 부분을 염색함에 있어 염료로부터 적정한 수율(yield)과 색상을 얻으려면 화학약제 패딩액의 적합한 조합이 요구된다. 화학약제 패더로부터 발생하는 문제점들을 표5에 요약하였다.

6) 스티머

충분하고 만족스러운 스팀의 공급은 필수적이다. 스팀이 너무 뜨겁거나 건조하면 직물이 건조하게 되고, 환원을 방해한다. 이상적인 스팀온도는 과포화수증기로서 약 102°C~104°C이다. 스티머에서 발생하는 문제로는 물에 의한 반점과 농담 또는 색상의 변화이다(표 6).

<표 6> 스티머에서 일어나는 문제

문 제	원 인	대 처
물에 의한 염반 농담이 악화거나 색상 의 변화	스티머 천장의 온도가 낮을 때 스티머 입구에서 결로현상이 나타 날 때 스티머의 토출이 정지할 때 스티밍 조건이 불충분할때	천장의 온도를 110℃ 이상으로 유지한다. 스티밍의 출을 증가시킨다. 적절한 정비를 한다. 필요한 스티밍압력으로 모든 기계에 공 급할 수 있는 충분한 용량의 스티밍 발생장치를 설비한다. 일년에 두번 모든 발포와 게이지를 체크 한다.

7) 수조

수조는 화학약제 패더에서 처리된 약제를 제거하고, 배트염료와 황화염료를 산화시키며(불용성 물질로 뒤바뀌 놓음), 미고착된 염료를 제거시킴으로써 최종 염색견뢰도를 증진시키기 위해서 수세하는 역할을 한다. 물을 가장 적

게 쓰면서 이러한 결과들을 얻기 위한 수조의 효율은 최근에 상당히 중요하게 되었다. 수조에서 발생하는 문제점들은 수조의 부위(section)별로 다르다 (표 7).

<표 7> 수조에서 발생하는 문제

水槽	問 題	原 因	對 策
第1水槽 (49℃~ 60℃)	직물로부터 잔류약제의 제거가부적 당 할 때	수세가 충분치 못함	직물에 따라 물의 교환을 균일하게하여 수세를 적절히 한다.
第2水槽 (49℃~ 71℃)	농담이 약 하고, 염 색견뢰도가	제1수조에서 불충분한 수세로인 하여 직물에 잔류 알카리가 있고, 산화약제가 부족할 경우	적정량의 산화제를 사용하고 계속해서 다시 채워준다.
제3水槽 (82℃~ 93℃)	세탁, 마찰, 일광, 전희 도가 불량	직물에 미고착한 염료가 남아있 을 경우	제1수조에서 철저히 수세하여 준다. 洗滌劑를 사용하여 수세를 충분히 한다. 수세의 온도를 적절히 한다.

8) 건조

직물을 완전히 건조시키기 위해서는 염색기의 끝부분에 충분히 높은 압력의 건조 캔이 있어야 한다. 직물의 무게와 바람직한 기계속도등을 고려하여야 한다.

4. 결 론

연속염색기와 그와 관련된 문제점, 원인, 대책등에 대한 검토는 그러한 염색기의 복잡성을 보여주었다 하겠다. 상당히 많은 양의 직물이 연속식 염색으로 행하여지고 있음은 이 분야의 기술이 상당히 발전되어 있음을 뜻한다. 자동화와 제어장치의 발달로 염색기술자는 많은 도움을 받고 있으나 아직도 중추적인 역할을 하는 것은 염색기술자이다. 일어날 수 있는 문제점과 그 원인 및 대책을 이해함으로써 염색기술자는 이들 문제를 교정하기 위한 조치

를 빨리 취할 수 있을 것이다.