

배트, 분산염료를 이용한 순면직물 및 P/C 혼방직물의 연속염색

1. 서 론

염색작업은 염색전문가조차도 매일 매일 다양한 문제점에 부딪칠 정도로 끝없는 배움의 과정이다. 예를 들면 배트 염료와 분산염료를 이용한 면/폴리에스터 혼방직물의 연속염색에서는 다음과 같은 문제점들을 흔히 경험할 수 있다.

- 변부 염색불량
- 염료 로트 내의 색조의 불균일
- 작업 로트 간의 염색의 재현성 불량
- 피염물의 불만족스러운 외관
- 컬러 스포트

이들 문제점들의 약 70~80%는 염료의 혼합이나 패더 또는 패드-스티머에 그 원인이 있다. 면/폴리에스터 혼방직물의 연속염색에서 가장 중요한 공정은 패딩과 스티밍 공정이다.

2. 피염물의 준비

염색작업에 있어서 제일 첫번째의 선행조건은 염색에 사용되는 염료의 타입에 적합하도록 피염물을 준비하는 것이다. 이와 같은 피염물의 준비상태가 대부분의 경우 염색결점의 가장 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 피염물의 품질을 보증하기 위한 효율적이면서도 적절한 프로그램을 사용함으로써 직물상태에서의 문제점 중 95% 정도는 염색공정에까지 도달하기 전에 방지될 수 있을 것이다.

3. 염료의 혼합

염료의 혼합은 염색공정 중 가장 중요한 작업중의 하나이다. 또한 염료를 평량하기 전에 염료 페이스트(paste)를 완전하게 교반하는 것 역시 염료를 정확하게 평량하는 것 만큼이나 중요한 작업이다. 염료혼합물의 안정성을 위해서는 염료의 혼합순서, 온도, pH 및 적절한 조제의 사용이 매우 중요하다. 염료혼합물이 불안정하면 위에서 언급한 여러 가지 문제점들이 발생된다. 연속 서머줄 염색법에서 사용되는 대부분의 분산염료들은 120°F 이상의 온도와 pH 6.0 이상의 조건에서는 가수분해가 되는 아조계이다.

4. 염료의 혼합순서

분산, 배트 염료의 경우에는 다음의 염료 혼합순서가 적합하다.

- ① 전체 탱크용량의 1/3을 140°F 온도의 물로 채운다.
- ② 교반기로 교반을 하면서 미리 평량하여 놓은 이염방지제를 추가한 다음, 이염방지제가 수화되어 물과 혼합될 수 있도록 15분 정도 방치한다.
- ③ 염료를 완전히 교반한 다음 배트 염료와 분산염료를 각각 평량한다.
- ④ 120°F 온도의 물을 추가하여 전체 탱크용량의 3/4까지 채운다.
- ⑤ 미리 용해시켜 놓은 인산 나트륨 용액을 0.32oz/gal(2lb/100gal)만큼 추가한다.
- ⑥ 배트 염료를 200 메쉬의 여과기를 통해 탱크에 추가한다.
- ⑦ 분산염료를 역시 여과기를 통해 탱크에 추가한다.
- ⑧ 120°F 온도의 물을 추가하여 탱크에 꽉 채운 다음 천천히 교반한다.

또한 염료 혼합시에는 다음과 같은 점에 특히 유의해야 한다.

· 염료의 이염성이 심하거나 면섬유의 성숙도가 낮을 경우 등의 특별한 경우를 제외하고는 나트륨 브라인(Salt brine)을 사용하지 않는다.

- 염색물의 흡습성이 나쁘거나 패딩 염액이나 케미컬-패드 염액에 거품방지제가 혼합되어 있을 때에만 습윤제를 사용한다.

- 염료혼합물에 분산염료를 혼합한 다음에는 생증기를 사용하지 않는다.

- 염료혼합물에 분산염료를 추가한 다음에는 온도가 120°F를 넘거나, 또는 pH가 6.0이상을 초과하지 않도록 한다.

- 배트 염료의 혼합물 역시 위와 같은 순서로 혼합하지만 ⑤번과 ⑥번 과정은 제외한다. 배트 염료 혼합물의 pH는 일반적으로 7.0~8.5 정도이다.

- 배트 염료 또는 황화염료로 염색하고자 하는 순면직물일 경우에는 전처리과정에서 산 수세를 하지 않아야 한다.

- 안정화된 류코 에스터 형태로 소량씩 판매되는 배트 염료를 제외하고는 모든 배트염료와 분산염료는 비수용성 상태로 판매된다. 페이스트 상태에서 비록 모든 염료분자가 미세하게 분말화되어 입자의 크기가 1~3 μ 정도의 크기로 분산되어 있다고는 하지만, 아직까지는 염료분자의 집합체 상태이다. 따라서 이들 염료가 섬유내부로 확산되기 위해서는 단분자 상태로 그 입자 크기가 축소되어야만 한다.

패딩과 예비건조단계에서 이러한 염료집합체가 섬유표면상에 고착된 다음, 섬유표면의 조건이 염료집합체가 서로 분리되어 단분자 상태로 변화되기에 적합한 조건으로 되면 섬유 내부로 확산하게 되는 것이다.

5. 패 더

패더의 기능은 염색물에 적당량의 염료혼합물이 균일하게 침투되도록 하는 것이다. 일반적인 픽업률은 면직물의 경우에는 60%, 그리고 면/폴리에스터 혼방직물의 경우에는 50~60% 정도이다. 잘 조정되어 있는 패더야말로 염색기술자에게 있어서는 가장 좋은 수단이 되는 것이다. 그와는 반대로 용도

에 적합하지 않거나 잘 정비되어 있지 않은 패더를 사용하게 되면 많은 문제점이 발생하게 된다.

일반적으로 많이 사용되는 패더는 염액 팬의 폭이 좁고 깊으며, 65° 쇼어 A의 경도치를 갖는 직경 8in의 스위밍 롤(swimming roll) 2개가 수평으로 장착되어 있는 Kusters 타입이다. 피염물의 침지시간을 늘리고 염액 팬내에서 염료혼합물의 수압을 증가시킴으로서 피염물이 염료혼합물에 완전하고도 균일하게 충전될 수 있게 되는 것이다. 또한 스위밍 롤은 피염물의 중간부분과 양쪽 끝부분의 압력을 동일하게 조정하는 역할을 한다. 중간부분의 압력이 2개의 롤에 의해 분리되기 때문에 2개의 스위밍 롤을 갖는 패더가 하나의 롤을 갖는 패더에 비해 좀더 안정된 작업결과를 얻을 수 있다. 롤에는 중간 정도의 경도치를 갖는 부드러운 고무가 피복되어 있기 때문에 염료혼합물의 픽업률 조정이 용이하고 압착효과 역시 매우 균일하다. 롤의 넓이에 있는 직물의 길이가 길수록 제어성은 좋아진다.

Kusters 패드는 매우 정밀한 설비이므로 보전에 신경을 써야만 한다. 패드의 보전은 적절한 훈련을 받은 사람이 전담해야만 한다. 한편 패드 운전시에는 다음 사항을 준수해야만 한다.

- ① 직물이 항상 패드의 중앙부를 통과하도록 한다.
- ② 패드의 중앙부에 비해 양쪽 끝의 압력이 크도록 조정하는 것이 패드 중앙부의 압력이 양쪽 끝의 압력과 동일하거나 큰 것에 비해 안정성과 조정성이 좋다.
- ③ 염색물의 중앙부와 양쪽 끝의 색상차이가 나타났을 경우에는 패드 양쪽 끝의 압력을 조정함으로써 이를 해결해야만 한다. 만약 패드 중앙부의 압력을 조정하게 되면 중앙부는 물론 양쪽 끝의 압력 역시 변하게 된다.
- ④ 스위밍 롤이 오픈되었을 때 중앙부와 양쪽 끝 사이의 간격이 모두 일

정해야만 한다.

⑤ 중앙부의 압력이 저하되거나 중앙부와 압력을 제대로 조정할 수 없게 되는 것은 스위밍 롤의 실(seal)이나 유압 밸브의 막이 새거나, 리턴 라인의 밸브가 너무 많이 열려 있거나, 롤이 제대로 세팅되어 있지 않거나(양쪽의 화살표 표시가 반드시 서로 마주 보도록 세팅 해야만 한다), 오일 필터가 막혀 버렸거나 오염되었을 때, 그리고 오일이 과열되었기 때문이다.

⑥ 양쪽 끝부분의 압력을 조정할 수 없게 되는 것은 모빌 롤이 피봇 위치에서 바인딩되었거나 3방향 에어밸브가 제대로 작동하지 않거나 셸 때, 벨로우가 새거나 벨로우상의 체크 밸브가 셸 때, 레귤레이터나 에어라인이 셸 때, 그리고 콘솔에 가해지는 압력이 부족하기 때문이다.

6. 예비건조

예비건조 단계에서의 염료분자는 섬유와 아무런 친화력도 갖지 못하는 상태에 있다. 이들 염료분자는 물과 함께 자유롭게 유동하는 상태에 있다. 한편 물의 움직임은 직물표면으로부터의 증발률에 의해 영향을 받게 된다. 예비건조는 이러한 염료분자의 이동을 멈추게 하려는 것이 아니고 직물 전체에 걸쳐 균일하게 분산되도록 조절하기 위한 작업이다.

따라서 예비건조기의 이상적인 배열은 적정용량의 적외선 장치, 열풍건조기 및 24개의 건조 캔 순서이다. 이때 건조 캔은 3개의 온도구역으로 구분되어져 있어야만 한다. 열풍건조기가 장착되어 있지 않을 경우에는 5개의 온도 구역으로 구분되어지는 36개의 건조 캔이 필요하다.

7. 적외선 예비건조기

건조하고자 하는 직물의 중량과 조직에 따라 적외선건조기는 6×72in 크기

의 밀폐형 세라믹 타일버너가 16~24개 정도 필요하다. 배기열은 버너의 상부로부터 열풍건조기쪽으로 배기된다.

캐리어 롤은 직경이 6in이고 수냉식이며 테프론으로 코팅되어 있는 저널이 짧은 완전밀착형으로 되어 있다. 이들 캐리어 롤은 본체의 상부 8in되는 곳과 하부에 각각 설치되어 있다. 이와 같이 가열구역의 외부에 캐리어 롤이 장착되어 있기 때문에 롤과 베어링에 대한 보전비용을 감소시킬 수 있다. 본체의 상부와 하부에는 직물과 캐리어 롤을 연결시켜 주는 틈이 있다. 냉각수의 온도는 140~150°F로 조절되어야만 한다. 예비건조기는 정상적인 속도로 처리되었을 때 직물내의 잔존수분율을 30% owf 수준으로 유지할 수 있는 건조용량을 갖는 것이라야만 한다.

8. 열풍건조기

직물 50야드 용량의 열풍건조기 1대는 12~15개의 예비건조 캔을 대체시킬 수가 있다. 열풍건조기를 사용하게 되면 할로우(halo)와 기타의 이염문제들을 근본적으로 해결할 수 있다. 열풍건조기내의 캐리어 롤은 테프론이나 테프론 함유 세라믹으로 코팅된 직경 6in의 완전밀착형 롤 타입이어야만 한다.

또한 열풍건조기내에 장착되어 있는 2개의 가스버너는 최초의 가열시와 건조기의 최초 가동시에만 최대로 작동하고, 그 후에는 적외선 장치로부터의 배기열이 열풍 건조기내의 온도를 250~260°F로 유지시켜 주게 된다. 직물 앞뒤면의 색상차이를 방지하기 위해서는 공기순환용 팬에 속도가변조절장치가 부착되어 있어야만 한다.

열풍건조기를 사용함으로써 염색물의 외관을 크게 개선시킬 수 있으며, 또한 직물의 잔존수분율을 15% owf까지 감소시킬 수가 있다. 또한 염색기의 효율 역시 20~25% 정도 증가시켜준다.

9. 서머줄 공정

서머줄 공정을 건열의 존재하에서 이루어 진다. 폴리에스터 섬유 내부로의 분산염료의 확산은 열고착에 의한 것이다. 열고착에는 폴리에스터 섬유와 분산염료의 물리적 변화를 수반한다. 즉, 직물의 온도가 350°F에 도달하게 되면 폴리에스터 섬유의 견고한 표면이 부드럽게 되고, 섬유의 분자가 섬유축 방향으로 이동하기 시작한다. 그리고 직물의 온도가 390~420°F에 도달하게 되면 분산염료가 단분자의 기체상태로 급속히 승화하기 시작한다. 이러한 온도에 도달하게 되면 섬유분자간의 활발한 진동이 일어나게 되어 가스상태의 분산염료는 섬유내부로 급속히 확산되기 시작한다.

폴리에스터 섬유는 수분 함유력이 한정되어 있는 소수성 섬유이며, 그런 반면에 면섬유는 친수성 섬유이다. 따라서 P/C 혼방직물의 경우에서 면섬유는 분산염료가 폴리에스터 섬유에 도달할 수 있도록 도와 주는 운반체 또는 캐리어의 역할을 한다. 즉, 분산염료가 가스상태로 승화하면서 면섬유에서 폴리에스터 섬유쪽으로 이동하는 것이다.

10. 오븐 건조기

세미 접촉식 오븐은 롤러 타입의 오븐에 비해 다음과 같은 몇 가지의 장점을 갖고 있다.

- 직물온도의 승온율이 높다.
- 서머줄 시간을 단축시킬 수 있다.
- 기계효율이 좋다.
- 분산염료의 효율이 좋다.
- 열효과가 균일하다.
- 직물온도와 공기온도와의 상관성이 밀접하다.

- 염색물의 주름 발생율이 적다.
- 보전비용과 정대시간이 적다.

직물과 철이 직접 접촉하기 때문에 직물과의 열교환율이 좋고, 따라서 폴리에스터 직물의 온도를 필요한 수준까지 신속하게 올려 주므로 서머줄 시간을 단축시킬 수 있다. 또한 분산염료의 승화속도와 폴리에스터 섬유 내부로의 확산속도를 증가시킬 수 있다. 이러한 분산염료의 확산속도를 증가시킴으로서 염료의 고착율을 높이고 공기 중으로 승화되는 양을 줄일 수가 있다.

고열로 가열된 금속표면에서 대부분의 열교환이 이루어지므로 롤러 타입 오븐에서와 같이 공기와 직물간의 열교환방식에 비해 열이 좀더 균일하게 분산된다. 또한 세미 접촉식 오븐에서는 공기의 온도와 직물온도와의 상관성이 더욱 밀접하게 된다.

만약 오븐 캔이 잘 정렬되어 있고 균형이 잡혀 있으며, 또한 깨끗하게 청소되어 있다면 염색물에 거의 주름이 발생하지 않게 된다. 세미접촉식 오븐의 보전비용과 정대시간은 롤러 타입 오븐의 20% 이하로 줄일 수가 있다.

11. 가변요소

서머줄 연속염색공정에 영향을 미칠 수 있는 요소들은 여러 가지가 있겠지만, 그 중에서도 가장 근본적인 것은 다음과 같다.

- 시간과 온도
- 오븐의 행태
- 피염물의 조직
- 폴리에스터의 유리전이온도
- 피염물의 최종용도
- 필요 에너지양에 따른 분산염료의 타입

· 면 염색용 염료의 타입과 색상의 밝기

12. 시간과 온도

시간과 온도 요소는 <표1>과 같다.

<표1> 필요한 시간과 온도 요소

염료의 종류	세미 접촉식 오븐	로울러 오븐
① 높은 에너지를 필요로 하는 타입의 분산염료	45초, 420°F	90초, 420°F
② 섬유와의 반응성이 좋은 중간 정도의 에너지를 필요로 하는 분산염료 또는 색조가 밝은 배트 염료	40초, 400°F	0~90초, 400°F

오븐을 빠져 나오는 즉시, 직물의 온도는 350°F이하로 떨어져서, 분산염료는 비수용성 상태로 변화되고 폴리에스터 섬유 분자의 진동이 정지된다. 이에 따라 염료는 섬유내부에 영구적으로 고착됨으로서 폴리에스터의 염색이 완료된다.

서머졸 염색이 완료된 후, 피염물은 4~6개의 냉각 캔 위를 냉각수는 직물의 이동방향과는 반대방향으로 흐르게 된다.

케미컬 패드의 역할은 피염물이 스티머의 내부에 있는 동안에 패딩, 건조 냉각된 피염물에 대해 염료를 섬유내부로 확산시키는 데에 필요한 적당량의 가성소다와 하이드로를 침윤시키는 것이다.

피염물이 케미컬 패드로 들어갈 때, 피염물상의 염료입자는 면섬유의 표면과 모세관내에 자리잡고 있는 비수용성 염료분자의 집합체 상태로 있게 된다.

이들 염료분자의 집합체가 섬유의 비결정영역으로 확산, 흡수되기 위해서는 수용성 단분자 상태로 되어야만 한다. 만약 케미컬 패드의 온도가 90~100 °F에서 유지된다면, 피염물이 스티머로 들어가기 전에 염료의 상태변화가 거의 일어나지 않게 된다.

피염물이 스티머 내부로 들어가면서, 피염물의 온도가 증가하기 시작한다. 이와 같이 피염물의 온도가 증가함에 따라서, 염료분자의 화학반응과 이동속도가 증가하게 된다. 이때 섬유표면에서 가장 가까이 위치하는 염료분자부터 섬유의 비결정영역으로 확산, 유입되기 시작한다. 염료분자가 섬유의 표면으로부터 섬유내부로 이동하면서 이들은 그 다음의 최근 접하는 염료분자로 대체된다. 이와 같은 작업은 모든 염료분자가 섬유내부로 흡수될 때까지 계속된다.

그 다음 단계를 염료분자를 원래의 비수용성 안료상태로 바꾸어 주는 것이다. 이것은 잔류하고 있는 가성소다와 하이드로를 수세하여 씻어낸 다음의 산화작업에 의해 이루어진다.

13. 케미컬 패드

서머줄 염색물의 흡수성은 맨 처음 상태의 흡수성을 유지할 수가 없게 된다. 따라서 슬로프 패드방법을 사용한다고 하더라도 섬유는 필요로 하는 만큼의 환원제와 물로 포화되지 않을 수도 있다. 따라서 폭이 좁고 깊은 패드 팬 또는 멀티 딥 케미컬 패드를 사용하는 것이 좋다.

텐션바 압착(슬로프 패딩)에 의한 완전 포화의 장점은 다음과 같다.

- 스팀 조건의 변동이나 부적합성의 여지가 줄어든다.
- 한 염료 로트내에서의 색상의 일관성이 향상된다.
- 피염물의 양쪽끝의 농도차이가 줄어든다.

- 염색의 재현성이 향상된다.
- 케미컬 패드 용액내에서의 염료의 응고, 침전 및 스티머 롤상에서 염료와 약제의 침적에 의한 컬러 스폿 현상이 발생하지 않는다.
- 스티머 내부에서의 워터 스폿 현상이 감소된다.
- 색상이 밝아진다.
- 염료의 발색성이 좋아진다.
- 약제 농도의 조절과 일관성 유지가 용이하다.

14. 스티머

배트 염료에 의한 면섬유의 염색은 스티머내에서 이루어진다. 따라서 100% 면직물과 면 혼방직물의 염색에서는 스티밍 공정이 가장 중요하고 염색결과에 결정적인 영향을 미치는 공정이다. 피염물이 스티머내에 있는 동안에는 피염물은 가성소다와 하이드로에 의해 반드시 포화상태를 유지하고 있어야만 한다. 또한 스티머의 내부는 220°F의 포화증기로 충전된, 공기가 존재하지 않는 환경이어야만 하고 이러한 조건하에서 45~60초 정도 처리되어야만 한다. 스티머 내부의 스팀 압력, 온도 및 스팀 고급량 뿐만 아니라 스티머의 온도와 압력 역시 일정하게 유지되어야만 한다.

가성소다와 하이드로 그리고 물이 공급되는 도중에는 섬유내부로 염료의 확산운동이 정지되며, 이러한 경우 염료는 부분적으로 직물내부로 침투하게 되지만 환원력은 불충분한 상태로 남아 있게 된다. 이와 같이 직물표면에 고정되어 있는 염료에 의해 피염물은 어두운 색조를 띠게 된다. 배트 염색에서 발생하는 모든 문제점 중 최소한 40%는 스팀 조건의 부적합성에 그 원인이 있다.

15. 결 론

염색에 있어서 발생하게 되는 모든 문제점들을 모두 피할 수 있다고 말하거나 또는 그렇게 믿는 것은 비합리적인 일이 될 것이다. 그러나 염색작업의 사전계획을 충분히 검토하고 피염물과 염료 및 조제의 품질을 관리하고, 잘 보전된 적절한 설비를 사용하고 표준작업 방법들을 준수한다면 이들 문제점들을 크게 감소시킬 수 있을 것이다.