

면 섬유의 염색 가공에서 발생하는 문제점들과 해결책 (6)

- 차 례 -

1. 서 언	12.1 반응성 염료의 염색에서 염료에 의한 변동
2. 섬유 원료에 기인하는 문제	12.2 반응성 염료의 염색에서 시스템에 의한 변동
3. 방적에 기인하는 문제	12.3 반응성 염료의 염색에서 중요한 특성들
4. 패키징 염색용 권사 공정에 기인하는 문제점	13. 직접 염료를 사용한 염색에서 발생하는 문제점들
5. 제직과 편성 공정에 기인하는 문제들	14. 황화 염료를 사용한 염색에서 발생하는 문제점들
6. 용수의 불량으로 발생하는 문제점들	15. 배트 염료를 사용한 염색에서 발생하는 문제점들
7. 모소 공정에서 발생하는 문제점들	16. 아조익 염료를 사용한 염색에서 발생하는 문제점들
8. 발호 공정에서 발생하는 문제점들	17. 면 염색에서 재현성 불량 문제
9. 정련 공정에서 발생하는 문제점들	18. 면 염색 공정
10. 표백 공정에서 발생하는 문제점들	19. 결 언
11. 머서화 공정에서 발생하는 문제점들	
12. 반응성 염료를 사용한 염색에서 발생하는 문제점들	

15. 배트 염료를 사용한 염색에서 발생하는 문제점들

세탁 건뢰도, 내후 건뢰도 그리고 일광 건뢰도에 대한 기준이 높은 곳에서는 배트 염료가 최선책이 되고 있다. 배트 염료의 염색에 관한 몇 가지 입문서나 관련 책들이 출판되어 나왔는데 배트 염료의 발전 동향과 배치식 염색 이외에도 연속 염색법에 대하여 설명하고 있다. 여기에서는 배트 염료의 염색에 관하여 일부 기본적인 사항들은 간단히 설명하고, 앞서 이루어진 연구들을 종합해 보는 의미에서 면 섬유를 배트 염료로 염색할 때 발생하는 제반 문제점들에 대하여 살펴보기로 한다.

배트 염료는 물에 불용성인 안료로서 여러 종류가 있다. 염색 온도와 염색에 투입하는 가성소다, 하이드로설파이트와 염의 사용량에 따라서, 배트 염

료는 다음과 같이 네 종류로 분류해 볼 수 있다.

- IN계 염료는 높은 염색 온도와 많은 양의 가성소다 및 소듐 하이드로설파이트가 요구된다.

- IW계 염료는 중간 정도의 온도와 역시 중간 정도 양의 가성소다 및 소듐 하이드로설파이트가 요구되며 여기에 염을 추가해야 한다.

- IK계 염료는 낮은 염색 온도와 적은 양의 가성소다 및 소듐 하이드로설파이트가 요구되며 여기에 염을 추가해야 한다.

- IN계 특수 염료는 IN계 염료보다 가성소다가 더 많이 소요되고 더 높은 온도에서 처리해야 한다.

일반적으로 배트 염료는 섬유의 초기 수착(strike)이 매우 빠르게 이루어지며 흡진도가 매우 좋지만 섬유 내부에서의 확산 속도는 매우 떨어진다. 배트 염료에서 화학적 구조가 다르면 나트륨 류코-배트의 용해성, 과환원에 대한 안정성, 과산화에 대한 안정성, 직접성 그리고 확산 속도는 달라지게 된다. 상용화되어 있는 염료들은 입자의 크기가 상당히 동일한 편이다. 입자의 크기가 커질수록 분산력의 안정성은 떨어진다. 일부 배트 염료의 경우에는 입자의 크기가 커질수록 염색 수율이 저하된다. 이러한 영향은 일반적으로 염료마다 특정하다.

배트 염료로 면을 염색할 때 주요 작업 단계는 다음과 같다.

- 불용성의 배트 안료를 수용성의 나트륨 류코-배트 아니온으로 바꾸어준다(환원).

- 나트륨 류코-배트 아니온이 셀룰로스 섬유 속으로 확산된다.

- 세정 작업을 통하여 과잉의 알칼리와 환원제를 제거한다.

- 셀룰로스 섬유 내에서 수용성 염료를 불용성의 안료 형태로 산화시킨다.

- 소핑을 하는데, 이 과정에서 배트 안료의 분리된 분자들이 재배향되면서

각기 다른 더욱 결정화된 형태로 결합된다.

배트 염료용 환원제에서 가장 중요한 요소는 환원력의 세기(환원 가능성)로서 상용되는 배트 염료들 모두 수용성 형태로 신속히 그리고 경제적인 방법으로 환원시킬 수 있어야 하며, 불용성인 원래의 안료로 복귀할 수 있는 있도록 배트 염료가 변환되어야 한다. 배트 염료용으로 여러 가지 환원법이 제시되어 사용되고 있다. 배트 염료의 염색에 사용하는 환원제 가운데 가장 보편적인 형태가 소듐 하이드로설파이트로서 흔히 하이드로라고 알려져 있지만 정확하게는 아티오산나트륨(sodium dithionite)이며 화학식으로는 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 이다. 하이드로 가운데 일부분만이 배트 염료의 환원 작용에 관계하며, 대부분은 공기 중에 있는 산소와의 반응으로 파괴될 수 있는데, 특히 높은 온도에서 더욱 심하다. 배트 염료의 환원 속도는 여러 가지 인자에 따라 달라지는데, 이러한 인자로 염료의 입자 크기, 환원 작업에서의 온도, 시간 및 pH, 환원제의 접근성(access)이 있다. 알칼리 용액에서 환원제의 안정성은 온도가 올라갈수록 공기에 노출되는 정도가 커질수록 환원제의 교반량이 커질수록 그리고 농도가 낮을수록 떨어지게 된다. 인단스렌 타입의 배트 염료는 60°C보다 높은 온도에서 염색했을 때 과환원 때문에 색상이 탁해지거나 녹미의 색상을 보인다. 과환원은 질산소다로 방지할 수 있는데, 이때 환원제로는 하이드로설파이트를 사용했을 경우이다. 티오우레아 산화물을 사용했을 경우에는 질산물로 과환원 작용을 방지할 수 있다.

배트 염료의 염색에서 염색 속도에 영향을 미치는 인자로는 피염물의 종류, 온도, 액비 그리고 염료와 전해질의 농도가 있다. 면에 머서화 처리를 하면 처리하지 않은 경우보다 염색 속도가 훨씬 더 빨라지는데, 바꾸어 말하면 생지 원단보다 염색 속도가 더 빨라진다. 저온에서는 흡진 속도가 떨어지는데, 이로 인해 균염성은 좋아지지만 한편으로 확산 속도는 느려지게 된다.

고온에서는 흡진 속도가 높아지는데, 이로 인해 균염성이 떨어지지만, 확산 속도는 빨라지게 된다. 최대한으로 흡진, 침투 그리고 균염을 얻기 위해서는 염색을 시작할 때 류코 단계에서 저온으로부터 출발하여 온도를 천천히 올려나간다. 일부 염료의 경우에는 매우 높은 온도에서 안정하지 못하기 때문에 염료의 온도 안정성을 반드시 고려해야 한다. 높은 온도에서 가성소다 용액 속에 있는 소듐 하이드로설파이트의 환원 효율은 공기에 노출될 때 급격히 떨어진다. 액비가 높을수록 염색 속도는 떨어진다. 염료들 가운데 대부분은 농도가 낮을수록 흡진 작용이 급속히 이루어지며 담색에서 불균염의 위험이 커지게 된다. 일부 염료의 경우에는 농도와 관계 없이 염색 속도가 일정하다. 전해질의 농도가 증가할수록 염색 속도도 빨라진다.

산화 작용에 앞서 세정하는 목적은 염착이 안된 염료, pH를 낮추는 과잉의 환원제와 알칼리를 제거하고 산화 작용이 용이하게 이루어지도록 만들어주기 위해서이다. 세정욕의 온도나 pH가 올라갈수록 색 농도는 떨어지게 된다. 한편, 세정 과정에서 pH와 온도가 높으면 색상은 탁하게 된다. 이상적인 조건은 저온에서 세정욕의 pH는 7로 하여 철저히 수세하는 것이다.

산화 작용의 목적은 배트 염료의 수용성 류코 염을 불용성의 안료 형태로 되돌리는 것이다. 산화 단계에서 중요한 변수들로는 산화제의 종류와 농도, pH 조절제의 종류와 산화 과정에서의 pH 및 산화 온도가 있다. 산화제는 일정 수준의 산화력을 갖고 있어야 환원된 배트 염료를 불용성의 안료로 산화시킬 수 있다. 이때 과산화 작용이 없어야 하는데, 즉 염료가 갖고 있던 원래의 안료 형태의 산화 단계를 초과하지 말아야 한다. 산화제를 선정하는 데 있어 기준과 여러 산화제들을 비교한 내용은 Tigler의 연구 자료에 제시된 바 있다. 산화 과정에서 pH의 제어가 불충분해지면 불균일한 산화가 되고, 온도가 낮으면 산화 작용은 느리게 진행된다. pH가 7.5 이하로 떨어지는 것은 피

해야 하는데, 이는 배트 염료의 류코 염이 산성으로 되는 것을 방지하기 위해서이다. 산화 작용에 맞는 최적의 pH는 7.5~8.5이다. 배트 염료의 류코 염이 산성이면 산화되기 어려우며 섬유와의 친화성이 떨어지고 세정에서 쉽게 탈락한다. 온도가 올라갈수록 산화 작용은 빨라지는데, 최적의 온도는 120~140℃ 정도이다.

산화 작용 이후에 소핑하는 목적은 섬유 내부로 확산되지 않은 염료들을 제거하고 최종 색상을 안정화시키는 데 있다. 소핑을 통하여 견뢰도 특성이 개선되고, 수지나 그 밖의 다른 가공으로 인해 유발되거나 또는 소비자의 사용 과정에서 발생하는 변색에 대한 저항성을 향상시키게 된다. 중요한 소핑 인자들로써는 시간, 온도 그리고 소핑 조제들의 종류와 농도가 있다. 세제를 전혀 사용하지 않을 때조차, 염색물은 색 농도가 양호하며 견뢰도 특성도 좋다. 용수만으로 세정하면, 염색 수율은 약간 높아진다. 가장 좋은 방법은 세제 없이 끓는 온도에서 소핑하는 것이다. 소핑 후에는 원단을 세정하고 건조한다.

흡진식과 연속식 모두 배트 염료의 염색에 사용되고 있다. 흡진식 염색 공정이 사용되는 분야는 주로 스톡 염색, 사염 그리고 편성물의 염색이다. 한편, 직물도 흡진식으로 염색이 가능하지만, 대형 배치인 경우에는 연속식이 주로 사용된다.

패드 염색법은 일반적으로 직물의 경우에만 선호되고 있는데, 특히 배치가 큰 경우에 사용된다. 통상적으로 사용되는 패드 염색법으로는 패드-지그, 패드-스팀 및 패드-서모줄법이 있다. 연속식에서 직물용으로 가장 널리 사용되는 염색법은 패드-드라이-패드-스팀법인데, 주요 작업 과정은 다음과 같은 단계별로 구성된다.

- 배트 염료, 분산제, 이염 방지제 및 습윤제(비기포성)가 들어 있는 염욕

에 원단을 침지시킨다.

- 침지된 원단을 소정의 픽업률까지 짜낸다.
- 원단을 건조하여 배트 안료가 원단 전체에 걸쳐 균일하게 분포되도록 한다.
- 원단을 가성소다와 소듐 하이드로설파이트의 용액에 침지시키는데, 이때 염은 선택적으로 투입한다.
- 침지된 원단을 소정의 픽업률까지 짜낸다.
- 원단에 스팀 처리하여 염료를 수용성의 류코 염으로 환원시키고 셀룰로스 섬유 속으로 염료의 확산 작용을 촉진시킨다.
- 원단을 세정, 산화, 소핑, 세정하고 건조시킨다.

중간 단계의 건조는 패드-드라이-패드-스팀 공정에서 가장 중요한 작업 가운데 하나인데, 이 건조 과정에서 가장 흔한 문제점인 이염(migration)이 발생할 수 있기 때문이다. 이염을 좌우하는 중요 인자들로는 염료의 구조, 염액의 조성, 픽업, 원단의 구조 그리고 건조 조건이 있다. 건조 후에 원단을 알칼리 용액으로 패딩하며, 그 이후 원단에 스팀 처리를 해준다. 배트 염색에서 발생하는 문제점들 가운데 거의 40%는 스팀 조건이 부적절한 것과 관련 있다. 이상적인 스팀 조건은 온도와 습도를 제어하면서 공기를 차단하고 체류 시간을 충분히 확보하는 것이다. 스팀 후에는 원단을 세정, 산화 및 소핑 처리한다.

배트 염색에서 가장 중요한 제어 단계들은 환원, 흡착 그리고 산화이다. 환원과 산화 작용을 최상으로 제어하기 위해서는 약제들을 계량하여 투입할 수 있다. 하이드로설파이트를 계량하여 투입함으로써 얻게 되는 장점은 다음과 같다.

- 배팅 과정의 속도가 저하됨으로써 균염성이 더 좋아진다.

- 균염제가 전혀 필요 없다.
- 과환원을 방지한다.
- 초기 염색 속도(염료의 초기 수착 작용)를 제어할 수 있다.
- 예비 안료화의 준비 작용을 통하여 원단/염액의 운동을 최적화시킨다.
- 재현성이 좋다.
- 아황산염/황산염의 폐수 오염을 줄인다.
- 계측·조절 기술을 통하여 배트 상태와 산화·환원 반응의 잠재성을 감시한다.

산화 탱크에서 과산화수소의 투입량을 제어할 때 동시에 pH도 함께 측정하여 조절하면, 염료를 산화시키는 데 충분한 양의 과산화물을 얻을 뿐만 아니라 산화 속도를 제어하기 때문에 염색 절차도 최적화할 수 있게 된다.

16. 아조익 염료의 염색에서 발생하는 문제점들

아조익 염료는 면 섬유 염색용으로는 가장 늦게 사용되기 시작한 염료인데, 단점으로서 염색 방법이 복잡하면서 시간이 많이 소요되고 색상의 선택에 제한이 따르며 염색 처방을 산출하는 데 어려움이 있기 때문이다. 아조익 염료는 다른 염료들과 달리 디아조 성분과 커플링 성분들이 섬유 내부에서 적절히 반응함으로써 섬유 내에서 직접 형성된다. 아조익 염료로 면 섬유를 염색하는 데 있어 가장 널리 사용되는 방식은 나프톨류의 처리, 중간 단계의 처리, 현색 그리고 후처리로 구성되어 있다.

나프톨류는 물에 불용성이지만 이들의 나트륨 염(나프톨레이트)은 수용성이고 또한 안정한 분산제로 준비할 수 있다. 면을 나프톨레이트 용액에 침지시키면, 나프톨레이트 이온의 직접성에 따라 흡진 작용이 이루어진다. 직접성이 낮은 나프톨류는 주로 연속식 염색법에 사용된다. 직접성이 중간 정도

인 나프톨류는 연속식이나 배치식 어느 방식으로든 처리할 수 있다. 직접성이 높은 나프톨류는 특히 배치식 염색에 적용할 수 있다.

나프톨레이트 용액의 주 성분으로는 계면 활성제, 가성소다, 포름알데히드 그리고 일반 염이나 망초(Glauber's salt)가 있다. 가성소다는 불용성의 나프톨을 수용성의 나프톨레이트로 바꾸어준다. 포름알데히드가 과잉량의 가성소다와 함께 있으면, 유리 나프톨이 생성되는 것을 훌륭히 막아주게 되는데, 유리 나프톨은 대기 중의 이산화탄소나 산성 스팀에 노출되면 현색을 유발할 수 있다. 전해질을 첨가하면 나프톨의 흡진을 증대시키고 고욕비 염색에 권장되지만, 직접성이 높은 것이 바람직하지 않는 연속식에는 권장되지 않는다. 온도가 올라갈수록 나프톨의 흡진은 떨어지므로, 배치식의 경우에는 통상 20~30°C의 온도에서 작업이 이루어지며, 습윤 및 침투 작용의 개선이 필요할 때에는 가끔 50°C에서 수행하기도 한다.

처리된 피염물에는 흡착된 나프톨레이트뿐만 아니라 원단의 표면 위에 느슨하게 붙어있는 나프톨레이트도 있다. 이와 같이 느슨하게 부착된 나프톨레이트는 반드시 제거해야만 최상의 견뢰도를 얻을 수 있게 된다. 느슨하게 부착된 나프톨레이트는 원심 탈수, 석션, 스퀴징, 링거 탈수 그리고 세정 등으로 그 양을 줄일 수 있는데, 그 정도는 원단 소재의 형태에 따라 다르다. 연속식 염색의 경우에는 패드 망글에서 수분을 짜낸 후, 열풍 건조기에 통과시킨다. 나프톨화된 피염물은 빛에 민감하므로, 만일 처리된 피염물이 현색되기 전에 빛에 너무 많이 노출되면 이후 현색되는 과정에서 불균염과 변색을 초래할 수 있다.

나프톨화와 중간 단계의 작업 이후에, 피염물을 디아조늄염의 희석 용액이 들어 있는 현색욕 속으로 통과시킨다. 디아조늄염은 견뢰한 색소 베이스를 디아조화시키거나 혹은 견뢰한 색소염을 용해시킴으로써 만들어낸다. 견뢰한

색소염 대부분들은 정확한 pH를 갖는 현색욕에서 만들어지지만, 필요한 경우에는 아세트산을 사용하여 현색욕의 pH를 조절하기도 한다. 건뢰한 색소 베이스나 염의 투입 농도는 나프톨의 첨가량 그리고 액비와 관계 있다. 후처리 작업에서는 세정, 현색 후의 산화 그리고 알칼리 소핑에 뒤이어 세정을 해준다. 후처리를 통하여 느슨하게 결합된 염료와 잔존해 있는 현색제 성분들을 제거하게 된다. 이러한 작업에 의하여 최종 색상과 최적화된 건뢰도 특성을 얻게 되는 것이다.