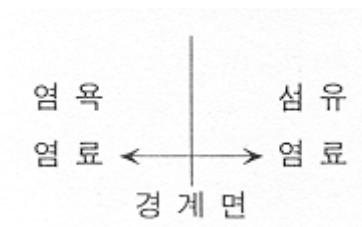


염색의 원리

1. 서 언

섬유의 염색에는 많은 변수들이 고려되어야 한다. 염색공정에서의 여러 변수들의 조절을 잘 이해하기 위해서 <그림 1>과 같은 염색시스템의 모델을 생각할 수 있다.

이 모델은 염색을 물질이동(mass transfer)과정으로 묘사한 것이 있다. 이것은 실제로 모든 염색시스템(연속 또는 배치, 면 또는 합섬, 사염, 포염 또는 가먼트 염색)에 적용 가능하다. 염색에서 가장 중요한 것은 염료가 염욕에서 피염물인 섬유로 이동함으로써 얻어지는 심색정도는 얼마나 많은 염료가 섬유에 부착되는가에 달려있다.



<그림 1>

2. 효율적인 염색

효율적인 염색은 경제적, 환경학적 이유 때문에 흡진(exhaustion)정도가 높은 것이 바람직하다. 염료는 값이 비싸고 염욕에 남아있는 흡진되지 않은 염료는 버리게 되며, 더욱이 염욕에 남아 있는 염료는 공장에서 폐수와 함께 처리해야 하는 공해물질이기 때문이다. 흡진을 향상시키기 위해 조제를 자주 염욕에 첨가하기도 한다.

대부분의 염색공정은 가역적이다. 즉 염료분자들이 염욕에서 섬유로 이동하고 섬유로 이동된 염료분자들은 섬유에서 나와 다시 염욕으로 들어간다. 섬유안의 염료량은 염료분자들이 섬유로 들어가고 나오는 속도가 같아질 때까지 염색시간이 증가함에 따라 함께 증가한다. 이들 속도가 같게 되면 섬유안의 염료량은 염색시간이 증가하더라도 더 이상 증가하지 않는다. 이러한 상태를 평형 또는 정상상태(steadystate)가 되었다고 한다.

보통 평형에 도달하는데 필요한 시간은 상업적으로 시장성을 만족시킬 수 있는 시간보다 길기 때문에 상업적 염색시스템에서는 종종 염색평형에 도달되지 않을 때도 있다. 염색이 평형상태가 될 때까지 실시되지 않으면, 염료의 흡진은 평형시의 양보다 적어지게 된다.

3. 고유의 인력

염료는 염욕과 섬유 모두에 대해 고유의 인력을 가지고 있기 때문에 염욕과 섬유사이에 분포하여 작용한다. 섬유에 대한 염료의 인력을 염료의 친화성이라 하는데, 실제로 염료는 섬유와 염욕 모두에 대해 친화성을 갖는다. 염료가 한 상태(phase)에서 다른 상태로 이동(염욕에서 섬유로의 이동 또는 섬유에서 염욕으로의 이동)하는 추진력(driving force)은 두 상태(섬유 및 염료)의 염료농도에 의해서다. 염료의 흡착은 농도에 의존하기 때문에 사용된 염욕과 섬유의 상대적인 양은 흡진에 영향을 미친다.

염욕과 섬유의 상대적인 양을 표현하기 위해 액비(liquor-to-fiber ratio 또는 liquor ratio)라는 용어가 사용된다. 액비는 피염물의 단위량당 사용되는 염욕의 양으로 피염물 0.1kg에 대해 1kg의 염욕이 사용되면 액비는 10 : 1이다. 액비는 염색공정과 사용하는 장에 따라 광범위하게 바뀐다. 그 값은 몇몇 배치공정의 50 : 1과 같이 높은 것에서부터 연속공정의 0.3 : 1과 같이 낮은 값도

있다.

낮은 액비 또는 염색되는 섬유의 양에 대해 상대적으로 적은 양의 염욕에서 염색하면 염료흡진이 높아진다(다른 인자들이 같을 때). 따라서, 염료의 활용 정도는 일반적으로 낮은 액비 염색조건하에서 더 우수하다. 최근 몇년간 염색기계제조업자들이 낮은 액비에서 기계를 작동시키는 시스템을 디자인하는 데 상당한 진전을 이루었다.

4. 구성성분의 상호작용

염색시스템은 섬유, 물, 염료, 염색첨가제로 이루어진다. 이들 4개 또는 그 이상의 구성성분의 개개인자는 이 시스템의 다른 성분에 영향을 줄 수 있고, 이를 <그림 2>에 도시하였다.

염색시스템의 여러 구성성분들의 상호작용은 상세히 연구되어, 잘 이해되고 있으나 때때로 구성성분간의 상호작용이 잘 이해되지 않은 것도 있고, 염욕안의 몇몇 물질들은 예상하지 못한 결과를 야기하기도 한다.



<그림 2>

5. 염료/물 상호작용

물에서의 거동을 보면 염료는 일반적으로 이온성염료와 비이온성염료의 두가지로 나뉜다. 이온성염료는 음이온성일 수도 있고, 양이온성일 수도

있다. 음이온성 염료에서 색에 가장 영향을 주는 분자부분은 음전하를 띠고 (Dye^-Na^+), 양이온성 염료에서는 염료분자의 색을 나타내는 부분은 양전하를 띤다(Dye^+Cl^-).

형성된 염액이 깨끗하고 투명하더라도 염료분자들은 물에서 회합 (aggregation)될 수 있다. 염료의 회합정도는 측정이 가능하고 몇몇 염료의 회합수는 이미 알려져 있다. 일반적으로 염욕의 온도가 높을수록 염료의 회합수는 감소한다. 회합체들이 작을수록 섬유로 더 쉽게 확산할 수 있기 때문에, 이러한 낮은 회합정도는 고온염색시 관찰되는 대단히 빠른 염색속도를 일으키는 이유중의 하나이다.

비이온성 염료는 물과 강하게 반응하지 않고, 일반적으로 물에서 분산상태로 사용된다. 비이온성 염료는 보통 물에 불용성인 것으로 생각되지만, 때때로 물에 약간 녹으며, 작은 양이지만 이 용해도는 섬유에서의 염료의 흡착과 확산에 필수적일 수 있다. 비이온성 염료는 입자크기를 아주 작도록 만들었고, 물에서 쉽게 분산되도록 계면활성제와 혼합해서 만든다.

6. 섬유/물 상호작용

물은 일반적인 염색매체로, 물과 섬유사이의 상호작용이 많은 종류의 염료 적용에 있어서 중요한 역할을 한다. 면, 레이온, 양모와 같은 친수성섬유는 물에 대한 인력이 있다. 물분자는 섬유의 비결정영역에 확산되어 내부 수소결합을 절단하고, 섬유를 팽윤시킨다. 물에 의한 섬유의 팽윤은 나일론과 같이 친수적인 합성섬유의 염색에 있어서도 중요할 수 있다.

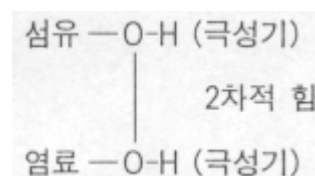
팽윤은 개구(openings)의 크기를 증가시키고 섬유의 비결정영역안에서의 고분자의 유동성을 증가시켜 염료가 섬유로 확산될 수 있게 한다. 물에서 섬유의 팽윤은 온도가 높아짐에 따라 증가되는데, 이것은 염색온도가 높아질수록

염색속도가 빨라지는 또다른 주요 이유이다.

폴리에스터와 일부 폴리아미드와 같은 소수성섬유는 물에서 팽윤을 별로 하지 않기 때문에 물은 이런 종류의 섬유염색에서는 그다지 중요한 역할을 하지 못한다. 물은 염료를 녹여 염료입자나 분자들이 피브로스 고분자로 확산할 수 있을 만큼 작게 하기 위한 매체로 사용될 수 있다. 물은 또한 약 130°C에서 염색되는 폴리에스터의 염색시 열전달 매체로도 사용될 수 있다. 물은 염료가 섬유표면에 쌓이도록 하는 매체이지만 염료가 섬유속으로 이동 (transport)되도록 하는 데는 큰 역할을 하지 못한다.

7. 염료/섬유 상호작용

염료와 그것이 적용되는 섬유는 각각 고유의 상호작용을 갖는다. 이러한 자연스러운 인력은 염료가 염욕에서 섬유로 이동되는 것을 촉진시키고, 때때로 섬유내에서 염료가 머물도록 하는데 중요한 역할을 한다. 염료는 염료분자와 섬유사이의 화학적 상호작용때문에 섬유에 끌린다. 염료와 섬유사이의 결합은 수소결합 또는 반 데르 바알스 힘(van der Waals force)과 같은 약한 2차 상호작용으로부터 야기될 수 있다.(그림 3참조)



<그림 3>

각각의 2차 결합은 상대적으로 약하기 때문에 안정한 결합이 일어나도록 하기 위해서는 1개의 염료분자와 섬유사이에 다중 상호작용이 필요하다. 따

라서 거의 2차적 힘에 의해 섬유와 결합하고 있는 염료는 대부분 섬유분자와 넓은 영역의 상호작용이 가능한, 상대적으로 크고, 분자량이 큰 구조를 갖는다.

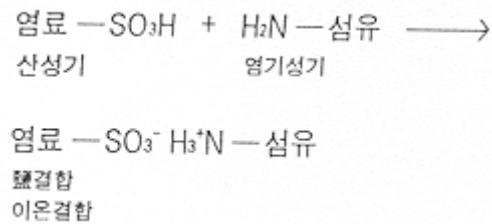
이러한 큰 분자는 섬유내에서의 확산이 어렵지만, 작은 분자에 비해 우수한 견뢰성을 가질 수 있는 잠재성이 있다(다른 인자가 같을 때). 염료와 주로 2차적 힘에 의해 결합하는 섬유는 특별히 지정된 ‘염착좌석’이 없다. 따라서 대개는 섬유가 흡수할 수 있는 염료의 양에 한계는 없다. 즉, 섬유에 적용되는 염료의 양에 상관없이 섬유가 염료로 인해 포화되지는 않는다.

8. 이온결합

이온결합은 강산성 또는 염기성을 갖는 섬유염색에서 중요하다. 이들 결합은 산성기를 갖는 섬유와 염기성기를 갖는 염료, 예를 들면 아크릴섬유와 염기성(양이온성) 염료사이에 형성된다. 또한 섬유상에 염기성기를 갖는 섬유와 산성기를 갖는 염료, 예를 들어 나일론섬유와 산성염료 사이에서도 형성될 수 있다. 위의 경우 염료와 섬유사이에 형성된 결합은 염결합(salt linkage)이고 위에서 언급된 수소결합과 반 데르 바알스 힘의 2차적 상호작용보다 강하다.

염결합 형성에 의해 염료와 결합한 섬유는 염료가 섬유의 특정 화학기와 결합하기 때문에 대부분 한정된 양의 염료밖에 흡착하지 못한다. 이러한 기(염착좌석)들을 염료분자가 차지하게 되면 다른 염료분자들은 더이상 결합할 수 없다.(그림 4참조)

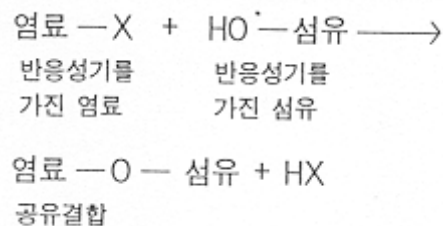
개개의 염료에 따라 큰 차이가 있기는 하지만 염결합에 의해 섬유와 결합하는 염료는 대부분 우수한 세탁견뢰도를 갖는다.



<그림 4>

9. 공유결합

염료와 섬유사이의 또다른 상호작용으로 공유결합이 있다. 섬유와 공유결합을 형성하는 염료는 초기의 섬유로의 접근은 2차적 힘에 의한다. 염료가 섬유상 또는 내부에 흡착된 후 화학적 반응이 일어나 염료와 섬유 사이에 공유결합이 형성된다. 공유결합은 매우 강하고 잘 절단되지 않기 때문에 섬유와 공유결합을 형성하는 염료는 매우 우수한 세탁견뢰도를 갖는다.(그림 5 참조)



<그림 5>

몇몇 종류의 염료는 적용되는 단계에서는 수용성인데, 염색의 마지막 단계에서 안료로 전환된다. 안료의 색소물질은 섬유에 대한 고유의 친화성이 없으며 단순히 기계적으로 섬유안에 갇혀있게 된다. 이러한 염료의 섬유에 대한 고착기구가 때때로 섬유 내부의 염료의 물리적 포착(entrapment)으로 묘사

되기도 하고, 염료의 물에 대한 극단적인 불용성이 염료의 견뢰도에 기여한다. 심지어 이들 염료가 주로 섬유의 표면상 또는 주위에 존재할 때에도 우수한 세탁견뢰도를 갖는 것이 가능하다. 그러나 세탁견뢰도가 우수하더라도 섬유표면에 축적된 안료때문에 마찰견뢰도가 나쁠 수 있다.