

# 흡진염색에서의 색상차이 감소 기술

*The Technology for Reduction of Color Difference to Exhaustion Dyeing*



글 | 金 基 正

(Kim, Ki Jung)  
염색가공기술사,  
(주)다이텍스 엔지니어링 대표이사.  
E-mail: dyetex@unitel.co.kr

## 목 차

1. 서언
2. DyeMax-L system의 개요
3. DyeMax-L system의 구성
4. 혼합염액의 분석방법
5. 결론

## 1. 서언

염색가공 제품의 생산현장에서는 여러 가지 트러블과 사고가 빈번하게 발생하고 있지만 그 중에서도 “색상차이”는 가장 큰 문제점으로 지적할 수 있을 것이다. 바이어가 원하는 견본색상과의 차이, lot별, 기계별 및 리피트 오더 생산의 색상차이는 품질 저하는 물론 납기지연, 생산량 저하와 원가 상승 등에 막대한 영향을 주고 있기 때문이다.

본고에서는 이 “색상차이” 감소를 위해 (주)다이텍스 엔지니어링과 숭실대학교 섬유공학과 염색 실험실이 공동 연구 개발한 DyeMax-L system에 대해서 서술하고자 한다.

염료제조업자들은 이 색차를 줄이기 위해서 재현성과 상용성이 우수한 염료를 개발하는데 많은 진전이 있었고, 또한 염색기 메이커들도 자동화를

DyeMax-L system(a real-time dyeing measuring system) which can do on line monitoring of dyeing process and measurement of the exhaustion of individual dye in mixtured dyes were developed.

By using the instrument, the compatability of mixture dyes and changes of exhaustion behavior of each dye with the variation of dyeing auxiliaries and dyeing conditions to get factors for control of dyeing

통하여 여러 염색조건을 일정하게 조절, 제어하는데 큰 발전과 기여를 해 왔지만 아직도 근본적으로 색차를 해결하기에는 한계를 벗어나지 못하고 있고, 염색에 종사하고 있는 이들의 어려움과 고충은 계속되고 있는 것이다.

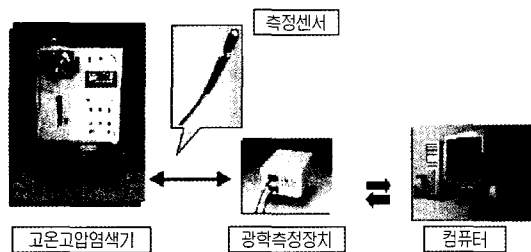
## 2. DyeMax-L system의 구성

흡진염색 방법은 염색공장에서 실제로 목표로 하는 색상을 염색하기 위해서 염색이 거의 완료되면 sampling하여 확인하고 색차가 확인되면 이것을 실험을 통하여 만든 처방 또는 경험치로 염료를 추가 투입하고 다시 염색을 하며 이의 공정을 반복하게 된다. 아무리 자동화된 염색기라 할지라도 이 부분만은 원시적으로 위와 같이 시행되고 있다. DyeMax-L system에서는 먼저 CCM(computer color matching)이 완료된 염색처방과 조건으로 실험실에서 염색상태를 실시

간으로 모니터링하면서 염색을 하고 이때 얻어진 조건과 염착곡선을 컴퓨터에 자동입력시킨 다음 현장 염색도 실시간 모니터링을 통하여 실험실에서 얻어진 염착곡선대로 염색이 진행될 수 있도록 초액관리는 물론, 온도, 시간 및 pH를 제어하게 되는 것이다. 염색이 완료 되어 가는 시점에서 만일 실험실 염착곡선과 차이가 있을 때는 그 차이에 대하여 즉시 computer가 추가 처방을 제시함으로써 번거로운 sampling 공정을 거치지 않고 목표하는 색상대로 염색할 수 있는 새로운 발상의 "색상차이" 감소 기술이라 할 수 있다.

### 3. DyeMax-L system의 구성

시스템의 구성은 <그림 1>과 같은 고온고압 제트 염색기와 광학 측정장치 및 염액 측정 및 분석 제어 프로그램으로 구성되어 있다.



<그림 1> DyeMax-L system 구성

#### 1) 고온고압 제트 염색기

기존 실험실용 염색기 중에서도 염액의 외부 유도가 가능한機種들이 있으나 염색기내 액의 순환이 불충분하고, 사용 가능한 액비가 큰 교육비, 액 순환 방식으로 현장염색과는 동떨어진 조건에서 시험이 이루어지고 있다. 그러므로 현장염색기와 유사한 저유비, 고온고압 제트 염색기로

염색을 하면 현장의 염색상태를 분석하는데 최적의 조건을 제시할 수 있다.

#### 2) 염액 측정장치

염액의 흡광도를 염색과 동시에 일정 시간간격으로 측정하는 장치이다. 광섬유를 이용한 딥 프로버(dip prober: 염액측정센서)에 빛을 투과하여 측정하는 방식으로 염액의 온도편차 없이 실시간으로 측정이 가능하도록 염색기 내부에 측정 센서가 설치되어 있다.

광학측정 장치는 기본적으로 염색기 2대를 동시에 측정 할 수 있고 추가적으로 최대 8대까지 측정이 가능하므로 경제성이 우수하다. 또한 측정 센서는 투과거리가 가변적으로 센서 1대로 다양한 농도의 흡광도 측정이 가능하다.

#### 3) 염액 측정 및 분석제어 프로그램

측정된 데이터는 여러 종류의 혼합염료에 대한 염액분석과 개별염료의 거동을 동시에 분석하여 각 염료에 대한 흡진을 곡선과 총 흡진을 곡선을 화면에 보여주고 염료의 상용성 및 조제의 영향을 염색과 동시에 판단하여 온도, 염색시간, pH 등의 제어를 통하여 현장의 염착곡선을 최대한 시험실의 염착곡선에 접근토록 함으로서 불균염은 물론 색상차이를 최소화 한다.

### 4. 혼합염액의 분석방법

혼합염료의 염색상태를 실시간에 측정함은 물론 이를 개별염료의 흡진율과 총흡진율을 염색과 동시에 실시간에 보여 주는 것이 중요한 특징으로 기존의 Dye-O-meter와 구별되는 신개념의 획기적인 분석방법이라고 할 수 있다.

단독염료 용액의 농도는 염액의 흡광도  $A$ 를 측정함으로써 알 수 있는데 흡광도( $A$ )와 염료농도( $C$ ) 간에는 식 (1)과 같은 비어(Beer)의 법칙이 일반적으로 성립한다.

$$A = \epsilon \cdot l \cdot C \quad (1)$$

여기서  $A$ 는 흡광도,  $C$ 는 염료농도,  $\epsilon$ 은 염료의 분자흡광계수,  $l$ 은 측정염액의 투과길이이다. 식 (1)에 의해서는 염료별로  $\epsilon$  또는  $\epsilon \cdot l$ 이 미리 측정되어져 있으면 스펙트로포토미터(spectrophotometer)에 의한 흡광도의 측정으로 바로 염료 농도가 산출 가능하다. 혼합염료에 대해서는 염료 흡광도의 가성성을 고려하면 다음 (2)식과 같이 되고 (2)식은 혼합염료의 흡광도가 여러 농도  $C_1, C_2, C_3, \dots$ 에 대해 선형이므로 여러 파장( $\lambda$ )에 대한 혼합염료의 흡광도를 측정함으로써 각 염료의 농도를 3가지 염료의 경우 (3)식과 같이 계산할 수 있다.

$$A_m = k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot C_2 + k_3 \cdot C_3 + \dots + k_n \cdot C_n \quad (2)$$

단,  $k = \epsilon \cdot l$

$$A_{m,1} = k_{1,1} \cdot C_1 + k_{2,1} \cdot C_2 + k_{3,1} \cdot C_3$$

$$A_{m,2} = k_{1,2} \cdot C_1 + k_{2,2} \cdot C_2 + k_{3,2} \cdot C_3 \quad (3)$$

$$A_{m,3} = k_{1,3} \cdot C_1 + k_{2,3} \cdot C_2 + k_{3,3} \cdot C_3$$

단,  $k_{ij}$ 는  $i$ 염료의  $j$ 파장에서의  $k$ 값

그러나, (3)식에 의해 혼합염료의 각 염료별 농도를 계산하는 방법은 대부분의 실용염료 농도 범위가 비어(Beer)의 법칙을 벗어나는 고농도의 범위이고, 계산을 위해 선택해야 하는 파장에 따라 계산의 결과가 크게 달라질 수 있으므로 본 연구의 목적에 적합한 방법이 되지 않는 것이다.

염료의 농도가 진한 경우에는 이에 대한 보정의

로 여러 방법이 제시되고 있으나, 가장 실용적인 보정은 흡광도와 농도와의 관계를 다음 (4)식과 같이 가정을 하였다.

$$A = k \cdot C^n \quad (4)$$

(4)식은 양변에 대수를 취하면  $\ln A$ 와  $\ln C$ 가 비례하는 것으로 고 농도의 염액에 있어서는 비교적 잘 적용이 되나, 저 농도의 경우에는 흡진율( $A$ )와 농도( $C$ )가 직선관계에 있으므로 다소 오차가 발생된다. (4)식의 이용에서 가장 어려운 점은 혼합염료의 경우 (3)식과 같이  $A$ 와  $C_1, C_2, C_3, \dots$ 와의 관계가 선형이 아니므로 이 관계를 이용하는 혼합염료에서 각 염료농도의 분석에는 어려움이 많을 뿐 아니라, 흡수대가 유사한 염료의 혼합일 경우에는 정확한 농도의 산출이 불가능할 경우가 많다.

혼합염료의 스펙트럼은 염료간에 상호작용이 없는 경우에는 염료별로 각 농도에 해당하는 스펙트럼의 합으로 주어진다. 따라서 측정되는 혼합염료의 스펙트럼을 각 성분염료의 스펙트럼으로 분리한 후 개별 스펙트럼의 농도를 산출하면 위에서 언급한 문제를 해결할 수 있어서 혼합염료의 종류나 개수에 관계없이 정확한 농도의 산출이 가능하다.

혼합염료의 스펙트럼을  $[A_{m,\lambda}]$ 로 나타내면  $n$ 개 염료의 개별 스펙트럼은 식 (5)와 같이 쓸 수 있다.

$$[A_{m,\lambda}] = [k_{1,\lambda}, k_{2,\lambda}, k_{3,\lambda}, \dots, k_{n,\lambda}] \cdot [C_n] \quad (5)$$

식 (5)에서  $[k_{1,\lambda}, k_{2,\lambda}, k_{3,\lambda}, \dots, k_{n,\lambda}]$ 를  $[k_n, \lambda]$ 로 두면 각 성분염료의 농도  $[C_n]$ 는 다음 (6)식으로 계산된다.

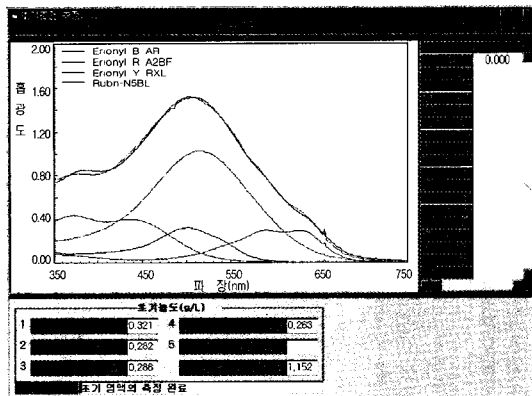
$$[C_n] = [A_{m,\lambda}] \cdot [k_n, \lambda]^{-1} \quad (6)$$

(6)식으로부터  $[C_n]$ 을 계산하기 위해서는 성분 염료의 계수 값을 미리 측정해 두어야 한다.  $[k_n]$  시는 염료가 저 농도일 경우에는 흡진율(A)와 농도(C)의 직선 관계식으로부터 쉽게 구할 수 있으나, 고 농도일 경우에는 비어(Beer)의 법칙으로부터 벗어나므로 (4)식을 (5)에 대입하여 수치해석법으로 농도(C)를 구할 수 있고 흡진율  $E_n$ 은 (7)식으로 나타낸다.

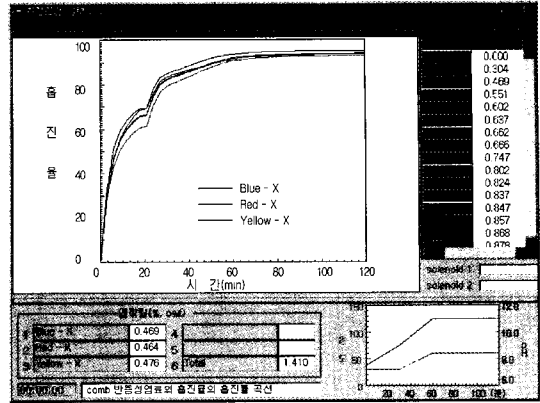
$$[E_n] = 1 - \frac{[C_n]}{[C_{n,0}]} \quad (7)$$

여기서  $[C_{n,0}]$ 는 염료의 초기 농도

<그림 2>는 혼합염색 분석 프로그램을 이용하여 초기 농도 0.3g/l인 4가지 혼합염료(Blue + Red + Yellow + Rubine)의 스펙트럼을 분리한 후 각 성분 염료의 농도를 측정하는 예이다. 실선은 실제 4가지 성분 염료의 스펙트럼 합을 나타내고, 진한 점선은 프로그램을 통해 계산된 성분 염료의 스펙트럼 합을 나타낸다. 실제 측정된 염료 농도와 프로그램을 통해서 계산된 염료 농도 차이가 2%내에서 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.



<그림 2> 4가지 혼합염료의 스펙트럼을 분리한 후 각 성분 염료의 농도를 측정하는 예



<그림 3> 3가지 혼합염료를 실시간 염색하면서 측정된 흡진율 곡선

<그림 3>은 3가지 혼합염료로 면직물을 염색하면서 실시간으로 측정된 흡진율 곡선이다. 화면에서는 3가지 염료의 개별 흡진곡선과 총 흡진곡선이 동시에 보여진다. 오른쪽의 컬럼(column)에서는 일정 간격으로 측정된 개별염료의 흡진율과 총 흡진율이 나타난다. 이를 통해 개별 염료의 흡진 거동과 염료의 상용성 및 조제의 영향을 바로 측정화면을 통해서 알 수 있다.

### 5. 결론

세계 최초로 국내에서 개발된 DyeMax-L system은 먼저 실험실에서 염료의 상용성, 조제의 작용성 등을 판별할 수 있음으로써 최적의 염료, 약품을 선택하여 안정된 염색처방을 작성할 수 있고, 현장에서는 실험실에서 입력된 염색조건과 염착곡선의 비교가 가능함으로써 초액확인 관리는 물론 염착상태를 모니터링을 통하여 확인 조절을 통하여 색상차이를 줄일 수 있으며, 만일 색차가 불가피할 경우엔 번거로운 Sampling작업 없이 컴퓨터가 즉시 추가 처방을 제시하기 때문에 염색현장은 물론 염료메이커, 염색관련 연구소 및 대학 등에서 매우 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

(원고접수일 2000. 9. 14)