

## 초저욕비 실험실용 상압염색기의 시스템 최적화

고준석, 이화영\*, 강병수, 김동빈, 엄민영

건국대학교 섬유공학과

\*대림스타릿(주)

## System Optimization of the Ultra Low Liquor Ratio Laboratory Dyeing Machine

Joonseok Koh, Hwayoung Lee\*, Byoungsoo Kang, Dongbin Kim, Minyoung Eom

Department of Textile Engineering, Konkuk University, Seoul, South Korea

\*Daelim Starlet Co. Ltd, Gyeonggi-Do, South Korea

### 1. 서론

국내 섬유 기계의 개발 및 발전은 외국 제품의 모방에서 시작되었다고 할 수 있다. 외국 제품의 모방은 빈약한 기술 개발의 저변과 개발업체들의 영세성 및 후발섬유산업국가들과 대비되는 상대적인 미약한 개발의지로 말미암아 그 한계성을 지닐 수밖에 없다. 이러한 한계를 극복하기 위해 고품질의 섬유 제품 및 차별화 섬유제품 생산이 가능하고 생산성을 극대화하고 공정 단가를 절감할 수 있는 섬유 생산 기계를 개발하고자 하는 노력들이 진행되고 있다. 특히, 공정중 에너지 절감 기술은 공정 단가를 낮출 수 있는 가장 파급효과가 큰 요소라고 할 수 있으며 부수적으로 환경 문제 개선의 효과를 기대할 수 있다는 측면에서 향후 관련 기술 개발의 중요성이 더욱 더 주목될 전망이다.

이러한 관점에서 섬유염색가공에 있어서 초저욕비 설비의 개발 기술은 에너지 절감과 더불어 용수 절감, 환경 문제를 개선할 수 있는 매우 중요한 기술이라고 할 수 있으며 이러한 현장 규모의 설비 개발은 현장-실험실간 재현성 차이를 최소화할 수 있는 실험실 규모의 설비 개발이 반드시 병행되어야만 비로소 그 기술이 완성될 수 있다고 할 수 있다. 섬유 염색 가공 분야의 국제적 경쟁력과 고부가가치화를 위해 실험실 설비 분야는 업계에서 오래전부터 연구하고 준비 되어 왔음에도 불구하고, 실제 파다한 설비 투자와 실험실 기계들의 비 표준화 등으로 실질적인 개발 투자가 망설여 왔었다. 그러나, 에너지 절감 기술의 필요성이 산업계 전반에서 그 중요성을 더 해가고 있는 이 시점에서 초저욕비 염색 설비의 개발과 발맞추어 실험실용 초저욕비 염색 설비의 개발 및 제품 표준화가 절실한 실정이다.

본 연구에서는 균염성이 염색물의 평가에 차지하는 비중이 큰 만큼 이 방법 이외에도 더 객관적인 균염성 측정 방법을 제시하고자 하였다. 분광광도계로 측정된 값을 이용한 균염성 파라미터 평가 방법과 화상분석을 통한 염색물의 균염성 평가 방법에 대해 연구하였다.

현재 현장용 염색기들은 에너지 절약을 위해 저욕비 염색기로 제작 운영되고 있는 실정이다. 이에 실험실 장비도 현장용 장비와의 동일한 칼라 데이터 작성을 위해 개발의 필요성이 대두 되고 있는 실정이며, 용수 절감과 고품질의 제품을 생산하기 위한 섬유 염색 공정의 자동화 및 표준화를 실현하여 염색현장 본 작업시의 불량률을 최소화하며 실험실의 인원을 최소화 시켜서 염색업체의 생산성 향상과 경비를 절감하고 수익성을 극대화 시킨다. 종래의 실험실용 염색기는 상온용 (Water Bath Shaker), 고온용(IR염색기)으로 나뉘어져 있어서 각 장비의 특성상 염반현상과 같은 불량을 수반하고 현장용 염색기와의 칼라 데이터를 맞추는데 어려움을 내포 하고 있었다. 따라서 고압 및 상압을 동시에 적용해

서 POT별 온도 컨트롤 및 염,조제 투입의 자동화 제품 Item별 칼라 데이터 동일성 및 에너지 절감으로 우선시 되는 저욕비를 구현하기 위해 본 기술을 개발 보급하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료

염색성 평가를 위해 먼 100% 직물(5g)과 60℃ 반응형 Vinylsulphone 형의 적색 반응성 염료(C.I. Reactive Red 21)를 사용하였다. 기타 조제로 망초( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )와 소다회( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 등을 시약급으로 사용하였다.

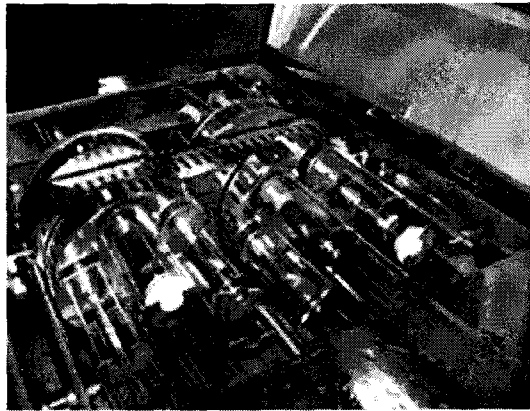


Figure 1. Ultra low liquor ratio laboratory dyeing machine

### 2.2 염색기 구성

상압용 초저욕비 실험실 염색기 시제품은 저욕비 액량에 기인한 불균염 가능성을 고려하여 기존의 상압염색기의 Shaking 운동과 동시에 회전(자전 및 공전) 운동을 할 수 있도록 고안함으로써 염액과 피염물의 순환을 극대화함으로써 균염성 및 염색 품질을 확보하고자 하였다. 또한, 염색 포트의 경우에는 적은 양의 염액을 감안하여 포트 내부의 공간을 줄이기 위한 내부 돌출구조를 채용하였으며 포트의 파지 형태도 직각 및 기울임 파지 방식에 따른 염색성을 비교할 수 있도록 함께 장착하였다.

### 2.3 염색

vinylsulfone형의 적색 반응성 염료를 사용하여 60도까지 승온하고 20분간 염색한 후 알칼리를 투입하고 다시 40분동안 염색을 진행하였다.

염색성 평가를 위한 비교 인자로는 다음의 네가지 사항을 고려하였다.

- 구동방식: ①Shaking+공전+자전 ②Shaking+공전 ③Shaking+공전(기울임)
- 욕비 : ① (초저욕비) 1:5 ② (일반욕비) 1:10
- Pot 형태 (용기 내부 모양) : ① \*돌출형 ② 일반형  
\*돌출형: 캐리어가 헛도는 것을 방지하기 위해 사각기둥모양으로 개선함
- 염료 농도 : ① 중색 : 1.0%owf ② 농색 : 2.0%owf

또한, 각각의 인자에 대해 다음의 평가항목에 대해 비교하였다.

- 흡진율 : 잔욕법에 의한 흡진율 (%) 비교
- fk : 염색된 피염물의 염색성 평가
- 균염성 : Levelness parameter (L)

## 2.4 균염성 평가방법

### 2.2.1 균염성 파라미터를 이용한 균염성 평가

측색을 통해 균염성을 측정하기 위해 분광광도계(X-rite 8200)를 사용하여 측색(SPIN, UV included)하였으며 다음의 식을 이용하여 균염성 파라미터(Levelness Parameter)를 계산하였다.

$$U > e^{-(7/6)} \quad L = 1.20 \times [2.00 - \ln \sum_{\lambda=400}^{700} Sr(\lambda) V(\lambda)]$$

$$U \leq e^{-(7/6)} \quad L = 5 - 1.2U \times \exp(7/6)$$

상기 균염성 파라미터는 Yiqi Yang과 Shiqi Li가 제안하였던 계산식을 보완하여 피염물의 균염성을 건뢰도의 등급과 유사하게 0~5까지의 수치로 표현할 수 있도록 하였다.

### 2.2.2 화상분석을 이용한 균염성 평가

스캐너(Epson Perfection 1270, 500dpi)를 사용하여 피염물의 표면 이미지를 획득하였으며 이후 Photoshop (ver. 7.0)과 Image J(ver 1.36)를 활용하여 화상 분석을 시행하였다.

피염물을 500dpi의 해상도로 scanning하여 표면이미지를 획득한후 Photo shop 7.0을 이용해서 이미지를 일정한 크기(2cm×2cm)로 잘라내고 이를 Image J에서 불러내어 8 bit 그레이 스케일 변환 및 thresholding(범위 80~120) 과정 등을 거쳐 균염 및 불균염과 관련된 표면 이미지로 나타내었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 흡진율 및 색상 강도

Table 1. Exhaustion(%) of reactive dyes on cotton using the ultra low liquor ratio laboratory dyeing machine

구분	W1	W2	W3	W4	W5	W6
염료농도	1%owf			2%owf		
운동방식	공전+자전	공전	공전 (기울임)	공전+자전	공전	공전 (기울임)
Pot 형태	돌출형	돌출형	일반형	돌출형	돌출형	일반형
액비	1:5	92.28	91.84	92.31	90.67	90.60
	1:10	71.14	71.25	71.01	66.23	65.66

분광광도계를 이용해서 잔욕법으로 흡진율을 측정된 결과 다음의 Table 1의 결과를 얻을 수 있었다. 초저욕비의 경우(1:5)가 일반 욕비(1:10)의 경우보다 흡진율이 높게 나타났으며 저농도인 경우가 고농도인 경우보다 흡진율이 높게 나타났다. 한편 운동방식(공전/자전)이나 포트형태에 따른 큰 유의차는 없었다.

색상 강도의 경우에도 앞의 흡진을 결과와 연관되어 초저욕비의 경우가 더 높게 나타났으며 운동 방식이나 포트형태에 의한 유의차는 크지 않았다.

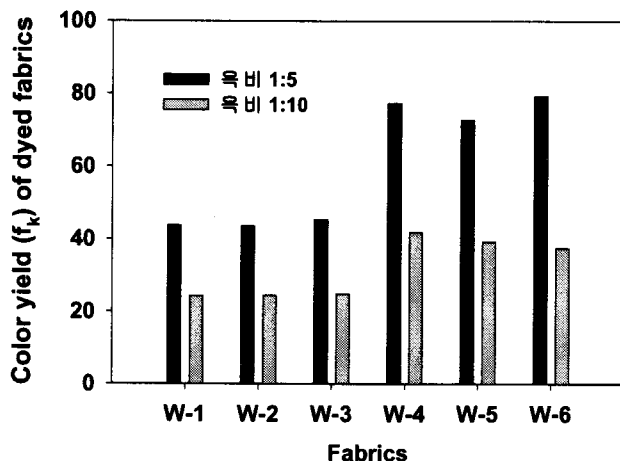


Figure 2. Color yield of dyed fabrics using the ultra low liquor ratio laboratory dyeing machine

### 3.2 균염성

염색물이 균염성 평가 결과, 초저욕비의 경우가 일반 욱비의 경우보다, 고농도인 경우가 저농도인 경우보다 균염성이 다소 저하되는 경향을 나타내었다.

한편, 운동방식에 있어서 자전 운동 여부에 대해서는 유의차가 없었으나 들출형 포트의 경우 캐리어의 고정 효과로 인해 일반형 포트보다 우수한 균염성을 얻을 수 있었다.

## 4. 결론

이번 연구에서는 초저욕비 상압용 실험실 염색기 시제품 구성과 관련된 다양한 인자들에 대해 염색성 결과를 비교 고찰함으로써 염색기 시스템의 최적화를 위한 기초 자료를 마련하고자 하였다. 염액 및 피염물의 효과적인 순환을 통한 운동량 극대화를 위해 shaking과 공전의 복합 운동 방식을 도입하는 것이 염색품질과 작업성을 고려한 측면에서 가장 적합할 것으로 예측할 수 있었으며 POT 형태는 사각 기둥 모양의 들출 부분을 채용함에 따라 캐리어 고정에 의한 균염 효과가 어느 정도 있는 것으로 판단되었고 파지 방식에 따른 염색성의 차이는 거의 없었으므로 작업의 편의성을 고려하여 기울임 방식이 가장 적합할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. Gunter wyszecki, W. S. Stiles, Color Science, Concepts and Methods, Quantiative Data and Formulae, 2nd Edition.
2. Yiqi Yang, Shiqi Li, Instrumental Measurement of the Levelness of Textile Coloration
3. Ciba, Reactive Dyes Basic Principles
4. 심구환, 서울대학교 공과대학 석사 논문, "산성염료를 이용한 나일론 염색시 가수분해성 유기에스터 화합물을 이용한 염욕 재사용에 관한 연구.