

# 에너지 절감형 상/고압 스프레이 행크 염색기 및 면 행크 소재를 위한 염색공정 특성에 관한 연구

이기열<sup>1</sup>, 조항성<sup>2</sup>, 한진호<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국공학대학교 융합기술에너지대학원 기계시스템공학과, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 안전융합기술연구부

## The Research on Energy-saving Nomal/high pressure Spray hank dyeing machine and Dyeing process characteristics for Cotton hank material

Ki-Yeol Lee<sup>1</sup>, Hang-Sung Cho<sup>2</sup>, Jin-Ho Han<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Department of Mechanical System Engineering, Graduate School of Convergence  
Technology and Energy, Tech University of Korea

<sup>2</sup>Safety Convergence Technology R&D department, Korea Institute of Industrial Technology

**요약** 선염 단계에서는 섬유(fiber) 형태인, 원면(staple fiber), 톱(top), 토투(tow)가 염색되고 있으며, 실(yarn) 형태는 치즈(cheese) 및 행크/타래(hank)가 염색되고 있으며, 후염 단계에서는 직물(fabric), 니트(knit) 및 양말/티셔츠와 같은 완제품 형태로 염색이 되는 가먼트(garment) 염색이 진행되고 있지만, 국내 염색가공 산업은 타 산업에 비해, 에너지 소비량 및 폐수, 폐기물 발생량 해결을 위해 지속적인 노력이 필요한 분야로, 염색산업 경쟁력 향상을 위해, 에너지 절감, 친환경 기능 보유 염색기 연구와 염색공정 단축과 같은 방안이 필요한 시점으로, 따라서 다품종 섬유소재 적용이 가능하고, 에너지 절감 및 생산성 효율이 우수한 상/고압용 행크 염색기에 대한 연구개발이 필요하다고 판단되어, 본 연구에서는 행크염색을 중심으로 염색변수에 대한 모니터링화가 가능하고, 에너지 절감이 될 수 있는 상/고압용 스프레이 행크 염색기와 면 행크 소재의 염색공정에 대한 연구를 진행하였다.

**Abstract** Staple fiber, top, tow, and yarn dyeing occur in the yarn dyeing stage, such as cheese and hank/skein dyeing. Fabrics dyed in the piece-dyeing stage include knits, garments, and other finished products, such as socks and t-shirts. Compared to other industries, the domestic dyeing and processing industry is an area that requires continuous efforts to resolve energy consumption, wastewater, and waste generation. Research on dyeing machines with features such as energy-saving and eco-friendliness is needed to shorten the dyeing process and improve the competitiveness of the dyeing industry. Therefore, this study evaluated a normal/high-pressure hank dyeing machine that can be applied to various textile materials and has excellent energy saving and productivity efficiency, focusing on hank dyeing. The research was conducted on energy-saving spray hank dyeing machines for normal/high pressure and cotton hank material dyeing processes.

**Keywords** : Hank Dyeing Machine, Cotton Hank, Nomal/High Pressure, Energy Saving, Dyeing Process

본 논문은 2022년도부터 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 연구를 수행하고 있음.  
(과제번호: S3302999)

\*Corresponding Author : Jin-Ho Han(Tech University of Korea)

email: jinhohan@tukorea.ac.kr

Received January 30, 2024

Revised March 6, 2024

Accepted April 5, 2024

Published April 30, 2024

# 1. 서론

## 1.1 이론적 배경

### 1.1.1 섬유제품 구분

섬유제품(textile Product)의 구분은 형태에 따라서 크게 4가지로 구분할 수 있으며, 첫 번째는 섬유(fiber), 두 번째는 실(yarn), 세 번째는 원단(knit & fabric) 및 네 번째는 가먼트(garment) 형태이다[1].

### 1.1.2 염색가공 기술 특성

염색가공은 중간 공정 단계인 원단화 과정에서, 원단 전 단계에 염색이 진행되는 선염 기술(yarn dyed technology), 원단 후 단계에서 염색이 진행되는 후염 기술(piece dyed technology)로 구분되어 진행이 되고 있다[2].

선염 기술은 섬유제품 중 원단화 전 단계 형태인 섬유로 구성된, 원면(staple fiber), 톱(top), 토우(tow)와 실로 구성된 치즈실(cheese Yarn), 행크실(hank yarn)를 염색가공 하는 기술이고, 후염 기술은 원단화 이후 형태인 원단(knit & fabric)과 가먼트(garment : 의류제품, 양말 및 장갑 등)를 염색가공 하는 기술이다[3,4].



Fig. 1. Classification of textile products according to shape

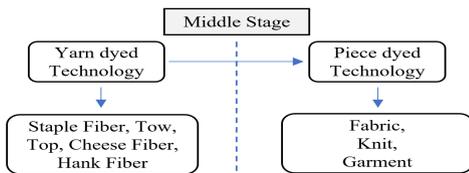


Fig. 2. Dyeing processing technology classification

## 1.2 행크 염색공정 및 행크 염색기

### 1.2.1 행크 염색

행크 염색은 과거로부터 사용한 방법으로 기본 원리는 염색기의 중앙에 행크실을 바(bar)에 매달아 타래 형태로 늘어뜨리고, 행크실을 염액에 침지시켜 염색을 진행한다[3]. 행크 염색은 현재 가정에서 스웨터를 제작하는 다양한 색상의 뜨개질 실을 염색하는 분야에서 주로 적용되고 있으나, 최근에는 고급 브랜드를 보유한 기업에

서 홀 가먼트(whole Garment) 제품에 적용이 되는 실을 염색하는 용도로 사용되고 있으며, 홀 가먼트 분야는 향후 무한 잠재력을 보유하고 있는 시장으로 평가를 받고 있는 상태로, 홀 가먼트 제품은 니트물에 대해 무봉재 형태로 특수 직기에 의해서 의류 완제품이 생산될 수 있는 맞춤형 다품종 소량시스템에 적합한 기술이다.

행크실의 기본적인 염색방법은 열레감기, 예비처리, 충전, 전처리, 수세, 염색, 수세, 탈수, 건조 및 보빈 감기와 같은 복잡한 공정을 거치면서, 진행되는 공정이다[3-5].

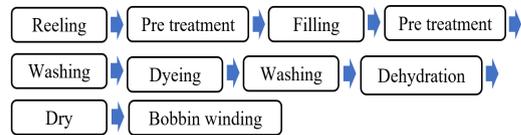
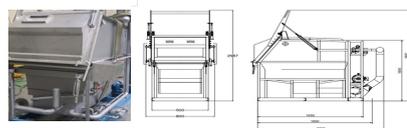


Fig. 3. Conventional hank dyeing process

### 1.2.2 행크 염색기

기존 상압용 행크 염색기(hank dyeing machine)는 염색방법에 따라서 염액 정지형, 염액 순환형 및 행크실 회전형 염액 순환(분사식) 3가지로 구분되고 있다[6-9]. 염액 정지형은 염욕 중에 행크실을 바에 걸고 간헐적으로 행크실을 이동시키면서 염색하는 가장 단순한 방법으로, 소량 다품종 생산에 적용이 되고 있다. 염액 순환형 방법은 행크실을 바에 걸어 염액 중에 침지하고, 관을 통하여 염액을 교차하면서 순환시키는 방법으로, 바에 접촉된 행크 부분의 염반을 방지하는 면사와 양모 소재를 대상으로 적용이 되고 있다. 행크실 회전형 염액 순환 방법은 분사구멍이 있는 분사관에 행크실을 균일하게 걸고 행크실을 대상으로 염액이 분사되고, 염액이 행크실을 따라서 흘러내려 순환시키면서, 간헐적으로 분사관을 회전시켜, 행크실을 회전시키는 방식으로 다양한 섬유소재에 적용이 가능하며, 본연구에서 개발하고자 하는 행크 염색기에 적용하고자 하는 방식이다.



(dye solution & hank yarn circulation type)  
Fig. 4. Hank dyeing machine(normal pressure) type

### 1.2.3 스프레이 행크 염색기

행크 염색기의 변천사는 행크실을 수작업으로 하는 방

법에서 설비를 적용하여, 상압용 행크 염색기로 진행하였으며, 이후에는 다양한 섬유소재를 한가지의 동일한 염색기에서 염색을 하기 위해 고압용 행크 염색기로 진행되었다. 현재는 상압용 행크 염색기가 주로 사용되고 있으며, 고압용 행크 염색기는 해외에서 일부 사용이 되고 있다. 그러나 합성섬유 행크 실의 경우에는 염색시, 설비와 공정 측면에서 다양한 문제를 발생시키고 있다. 상/고압용 스프레이 염색기의 경우이태리와 중국에서 주로 제조가 되고 있지만, 이태리 설비의 경우는 고가준의 가격 부담, 중국 설비는 양산제품 생산시 설비 측면에서 문제점이 있어, 가격적인 측면과 설비의 구조적 문제점을 해결하기 위해 국내에서 상/고압용 겸용 염색기에 대한 연구개발이 필요한 상태이다.

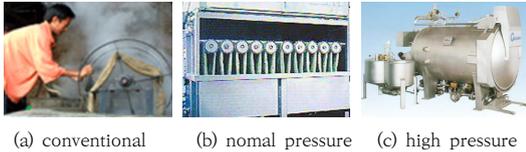


Fig. 5. Hank dyeing machine history

현재 스포츠/레저웨어는 폴리에스터 소재가 혼입된 상태로 폴리에스터 행크실의 품질 안정성을 고려하기 위해서는 130℃ 이상에서 염색이 되고, 액비는1:8, 탱크 구조 원통형, 좌/우 경판 부분에 액비 절감형 튜브가 부착되어, 유틸리티(용수/스팀/전기) 비용을 20% 이상 절감될 수 있는 상/고압용 스프레이 타입의 염색기를 연구 개발하여, 다양한 소재(면, 울, 폴리에스터, 아크릴 행크 실 등)의, 염색가공 표준화 생산공정을 구축하여, 행크실 염색 분야에서 에너지 절감형이 가능한 표준화 생산공정 시스템을 국내에 구축할 수 있는 연구개발을 진행하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 스프레이 행크 염색기 H/W Units

#### 2.1.1 H/W Units 연구 성능 목표

스프레이 행크 염색기의 H/W Units는 5가지로 구성을 하고, 각각 Units별 성능 목표는 Table 1에 나타내었으며, 1차로 Units를 개발하기 위해, 디자인과 설계를 진행하였고, 각각 Units를 실측 크기로 제작 후 에너지관리공단에 의뢰하여 필요 부분에 대한 성능검사를

진행한 상태이고, 향후 2차에개발된 5가지 Units가 통합된 완제품 염색기를 대상으로 외부 입회평가를 진행하고자 한다.

Table 1. The goals for each unit

H/W units	Spec.
Dyeing machine body	Internal volume : 14.0m <sup>3</sup> Body inner diameter : 1,900mm Body length : 4,050mm Number of cover : 3
Base frame	6 tons support
Door opening & closing automatic in-out	Automatically opens/closes
Heat supply/cooling exchange	Separate heat sully & cooler
Dye/auxiliary feed/ dosing mixing tank	Separate thanks for dye/auxiliary feed/dosing

#### 2.1.2 염색기 본체 Unit

Table 1에 표현된 스펙을 기준으로 최대 용량 (14.0 m<sup>3</sup>)이 가능하도록 설계 및 디자인을 진행 한 후 Fig. 6에 표현된 것처럼 동체 두께 6mm, 경판 두께 7mm, 도어는 3개, 도어부 동체 두께는 6mm로, 수압시험은 10kg/cm<sup>2</sup>을 견딜 수 있도록 실측 사이즈로 상/고압용으로 제작을 진행하였다.

#### 2.1.3 베이스 프레임 Unit

베이스 프레임 Unit는 염색기 본체 하중 6ton을 지지할 수 있는 고정체로 설계 및 디자인을 진행하였으며, 앵글은 당초목표의 하중을 지지할 수 있도록 75mm × 75mm × 6T, 65mm × 65mm × 6T를 적용하여, Fig. 6에 표현된 것처럼 실측 사이즈로 제작을 진행하였다. 또한 에너지관리공단의 구조검사를 적용하여 안전검사에 대한 절차를 진행하여 검사를 완료한 상태이다.

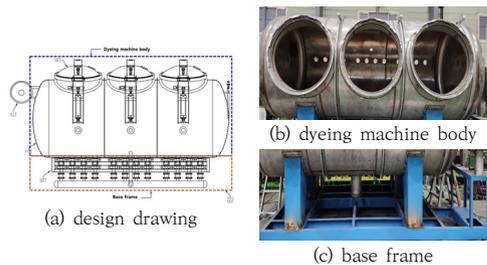


Fig. 6. Hank dyeing machine body & base frame

### 2.1.4 도어 개폐 자동(in-out) Unit

도어 개폐 Unit는 염색시작과 종료시점에서 도어를 열어주는 장치로, 현재 적용되고 있는 고압용 염색기의 대부분은 기어 또는 볼트 타입을 적용하고 있지만, 본 연구에서 적용한 도어 개폐 Unit는 에어 실린더(air cylinder)를 도어 좌우 측에 설치하여 한쪽을 밀고/당기는 방식으로, 도어가 개폐되는 원리를 적용하였으며, 이는 가정집에서 사용하는 압력 밥솥과 같은 동일한 원리를 적용하여 실측치로 제작을 진행하였다. 설계도면과 실측 제품에 대한 사진을 Fig. 7에 나타내었다.

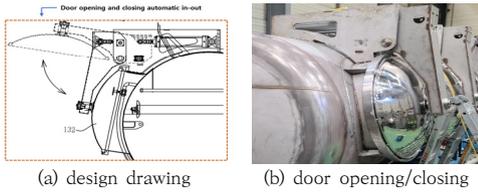


Fig. 7. Hank dyeing machine body & base frame

### 2.1.5 열 공급 및 냉각 열교환 Unit

열교환기의 경우 기존에는 수평형(-) 타입이 주로 적용이 되었으나, 본 연구에서는 열교환기의 내구성과 효율을 높이기 위해서 유자형(U) 타입을 적용하였으며, 수평형 타입의 경우는 스팀이 공급되어 저항 없이 바로 통과하는 원리이고, 유자형 타입의 경우는 스팀이 공급되어 부딪치고, 꺾기면서 돌아나가는 원리, 따라서 유자형(U) 타입이, 수평형(-) 타입보다 열 공급 부분에서 스팀의 체류시간을 길게 하여, 열효율을 상승시킬 수 있는 구조(예 : 유자형(10→8 = 80%( $\eta$ ), 수평형(10→6 = 60%( $\eta$ ))로 설계를 진행하여, 실측치를 제작하였다.

기존의 염색기의 열교환기는 열 공급과 냉각을 동일한 Unit를 동시에 같이 사용하는 방식이 적용되어, 열 공급 시에는 140℃ 스팀 사용과 냉각시에는 20~30℃의 용수를 사용하여 온도 차이에 의해 팽창된 관이 냉각시에 수축하여, 팽창과 수축이 반복되어 관의 물리적인 특성과 워터햄머(water hammer) 현상 발생으로, 열교환기의 수명과 같은 내구성의 문제가 발생되어, 본 연구에서는 열교환 Unit 중 열공급과 냉각 부분을 따로 제작하여, 내구성 향상과 효율성을 고려하여 설계를 진행하여 실측 사이즈로 제작을 하였다. Fig. 7에 열교환기의 설계도면 및 실측 사진을 나타내었다.

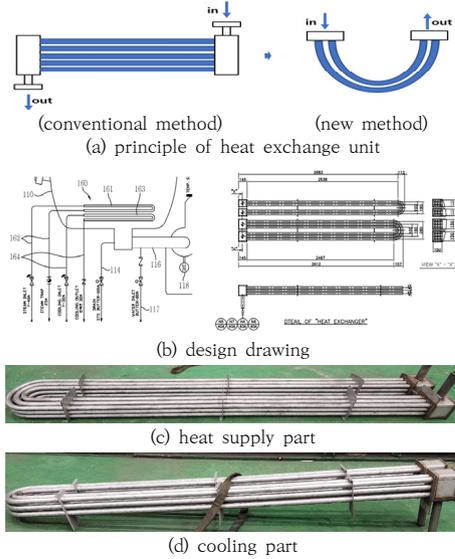


Fig. 7. Heat supply & cooling exchange

### 2.1.6 열교환기 Unit의 메카니즘 분석

염색기에서 염색액의 가열/냉각 열교환과 관련된 열 전달을 해석하기 위해서는 염색액 가열 열교환기 측면의 해석과 염색액 냉각 열교환기 측면의 해석이 동시에 진행되어야 한다고 판단된다. 염색기의 가열 열전달의 경우는 원통 관에서의 열전달, 관 외부에서 자연대류 열전달을 적용한 열전달률을 계산하였다. 염색액 가열 열교환 측면에서의 열전달률 계산은 아래 Table 2의 식을 활용하여 진행하였으며, 조건은 염색기 내부에 열교환기 설치, 가열을 위해서 7kg/cm<sup>2</sup>의 스팀이 공급되고, 염색액의 용량은 1,440 l 이고, 초기 온도는 20℃이며, 130℃ 까지 가열이 되는 조건이다. 또한 전달된 열은 염색액에 균일하게 전달되고, 염색액의 물리적인 특성치는 물과 동일하고, 온도에 따른 변화는 고려하지 않는다는 조건이다. 따라서 염색액 온도가 1℃ 상승시 소요되는 시간을 고려하여 140℃에 도달하는 시간을 구하여 해석을 진행하였다.

Table 2. The calculation of heat transfer by heating

$$R_{total} = R_{cyl} + R_{natural\ convection} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk} + \frac{1}{(2\pi r_2 L)h_2}$$

$$Q = \frac{T_{w,i} - T_{w,2}}{R_{total}}$$

열 공급 교환기는 9개의 U자관, 내경은 30mm, 외경은 34mm, 관의 두께는 2mm이고, 파이프의 길이는 내부 관부터 각각 5.0638, 5.2051, 5.3464m로 열 전달 메카니즘은 Fig. 8에 나타내었고, 주어진 설계 조건에서 초기온도 20℃의 염색액이 130℃에 도달하는데 소요 되는 시간은 89분으로 해석되었다.

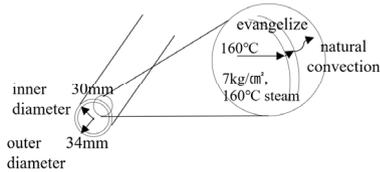


Fig. 8. The mechanism of heat transfer by heating

염색기의 냉각 열전달의 경우는 원통 관에서의 열전달, 관에서의 난류 유동, 관 외부에서 자연대류 열전달을 적용한 열전달률을 계산하였다. 염색액 냉각 열교환 측면에서의 열전달률 계산은 아래 Table 3의 식을 활용하여 진행하였으며, 조건은 염색기 내부에 고온고압의 염색액을 냉각하기 위해서 열교환기 설치, 냉각을 위해 20℃ 저온수가 공급, 저온수의 유량은 5.087m³/h, 유속은 2m/s, 염색액의 용량은 1,440 l 이고, 초기온도는 130℃이며, 20℃로 냉각되는 조건이다. 또한 염색액에 균일하게 전달되고, 염색액의 물리적인 특성치는 물과 동일하고, 온도에 따른 변화는 고려하지 않는다는 조건이다. 따라서 염색액 온도가 1℃ 강하할때 소요 되는 시간을 고려하여 염색액이 20℃에 도달하는 시간을 구하여 해석을 진행하였다.

Table 3. The calculation of heat transfer by cooling

$$R_{total} = R_{cyl} + R_{natural\ convection} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk} + \frac{1}{(2\pi r_2)h_2}$$

$$Q = \frac{T_{w,1} - T_{\infty 2}}{R_{total}}$$

냉각 교환기는 6개의 U자관, 내경은 30mm, 외경은 34mm, 관의 두께는 2mm이고, 파이프의 길이는 내부 관부터 각각 5.1540, 5.2951,m로 열전달 메카니즘은 Fig. 9에 나타내었고, 주어진 설계 조건에서 초기온도 130℃의 염색액이 60℃로 냉각되기 위해 소요 되는 시간은 68분으로 해석되었다.

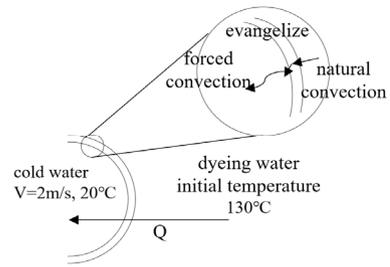
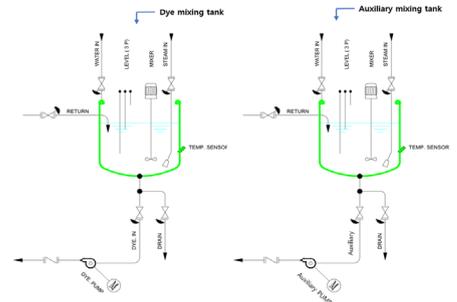
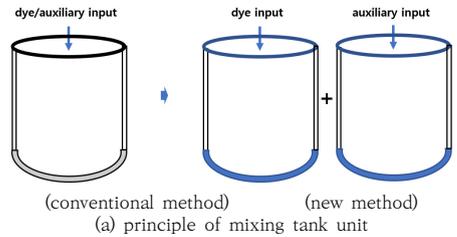


Fig. 9. The mechanism of heat transfer by cooling

### 2.1.7 염료/조제 공급/투입 혼합 탱크 Unit

염료와 조제/약품을 혼합하여 염색기에 투입 시키는 혼합 탱크는 기존에는 1개의 혼합 탱크를 사용하는 방식으로, 자연 낙하방식에 의해 염료와 조제/약품이 염색기에 투입이 되어, 오염 발생, 과다 용수 사용량에 따른 염색기 내부 욱비의 변화 등 다양한 문제점이 발생 되었다. 본 연구에서는 염료와 조제/약품 투입 혼합 탱크를 각각 2개로 설계하여, 오염방지, 용수 사용량 절감과 자연 낙



(c) mixing tank

Fig. 10. Dye & auxiliary feed/dosing mixing tank

하가 아닌, 투입 펌프를 장착하여 염료와 조제/약품이 승 온 커브에 의해 천천히 공급될 수 있는 구조로 급격한 염 착에 의한 불량방지 효과도 고려된 혼합 탱크 Unit를 설계하여 실측치로 제작을 진행하였으며, Fig. 10에 나타 내었다.

## 2.2 면(cotton) 행크실 염색가공 공정

본 연구에서 개발하는 에너지 절감형 상/고압 스프레이 행크 염색기의 면(cotton) 행크실에 대한 염색성 확인과 액비에 따른 에너지 절감률을 확인하고, 염색시 균 염성을 확보하기 위해 면 행크실을 파일럿(pilot) 규모로 전처리(pretreatment)를 진행하여 실험실(lab.) 규모로 염색성 연구를 위해 사용하였다.

### 2.2.1 면 행크실 전처리 공정

면 행크실은 면 니트 또는 면 직물과는 달리 원단화가 되기전의 실 상태로, 호료(size)에 의한 사이징(sizing)과 오일(oil)에 의한 오일링(oiling) 공정을 거치지 않기 때문에, 전처리 공정인 정련/표백공정 중 표백공정만 처리 하여 염색실험에 사용하였으며, 파일럿 규모의 전처리 공정 조건은 Table 4에 나타내었고, 표백공정 처리조건 은 Fig. 11에 나타내었으며, 표백공정에 사용한 장비는 Fig. 12에 나타내었다. 그리고 파일럿 규모로 전처리된 면 행크실의 결과는 Fig. 13에 나타내었다.

Table 4. The pilot-scale bleaching process conditions for cotton hank yarn

Items	Conditions
Sample	Cotton hank yarn (Cotton(100%) Hank(2/30 : 2 sum 30's ))
Auxiliary & chemical agent	Hydrozen peroxide & hydrozen peroxide stabilizer
Liquid ratio	1 : 12
Process	Bleaching(100℃×20min) → washing (40℃×10min) → dry(100℃×60min)

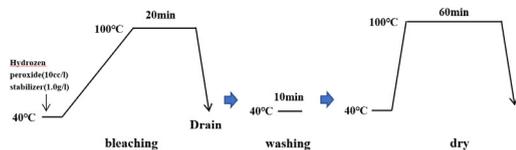


Fig. 11. Bleaching process



Fig. 12. Cotton hank yarn bleaching process pilot machine



Fig. 13. Cotton hank yarn treated with pilot scale bleaching process

### 2.2.2 면 행크실 염색공정

#### 2.2.2.1 면 행크실 염색 실험방법

염색실험에 사용한 샘플은 Table 4에서 전처리된 면 행크실을 사용하였다. 그리고 염색 포트(250ml)에서 영 킴 현상 방지를 위해, 면 행크실을 Fig. 14에서 처럼 리 와인딩(re-winding) 하여, 10g 무게로 각각 샘플링 하여 사용하였다. 염색실험을 위해 Fig. 15에 있는 실험실 규모의 장비를 사용하여 염색을 진행하였고, 또한 색상에 대한 제품성 평가를 위해 색상 측정 장비인 CCM(computer color matching)를 적용하여 색상 변화에 대한 측정을 진행하였다. 실험에 사용된 염료는 국내 염료제조 회사인 O사에서 SPD 타입의 반응성 염료 (yellow, red, navy/blue) Combi-용 3가지 색상의 염료(yellow, red, navy/blue)에 대해 실험을 진행하였다. 사용된 조제 및 약품은 망초(salt :  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )와 탄산나트륨(sodium carbonate :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )을 균염성과 pH 조절을 위해 사용하였으며, Fig. 16의 염색공정 처리조건으로 실험을 진행하였다.

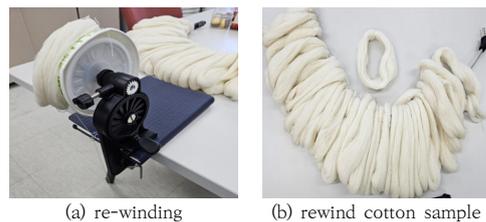


Fig. 14. Re-winding process



Fig. 15. Equipment used in the experiment

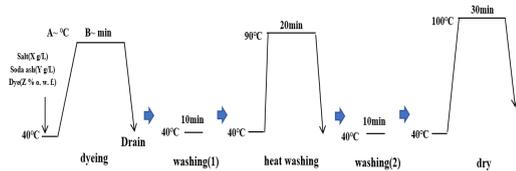


Fig. 16. Dyeing process

2.2.2.2 면 행크실 염색실험 결과

본 연구에서 개발하고 있는 스프레이 행크 염색기의 염색변수에 대한 결과를 고찰하기 위해, 반응성 염료 (red)를 중심으로, 염료농도와 액비에 대한 영향, 염색온도와 액비에 대한 영향 및 염색시간과 액비에 대한 영향을 고찰하였고, 제품성 평가를 위해서 염색견뢰도인 세탁견뢰도(KS K ISO 105 C10), 일광견뢰도(KS K ISO 105 B02) 및 마찰견뢰도(KS K ISO X12)와 색상 평가를 확인하였다.

반응성 염료(Red) 색상으로 염색온도(60°C), 염색시간(40min)으로 고정하고, 염색 농도별(0.2, 1.0, 3.0% o.w.f.)에 따른 액비별(1:5, 1:8, 1:10, 1:12, 1:15) 변화에 의한 염색성을 고찰하기 위해 염색견뢰도와 색상값의 변화를 확인하였다. 면 행크실의 염색된 결과를 Table 5에 나타내었고, 염색된 샘플의 염색견뢰도와 색상값의 변화를 Table 6, 7, 8, 9에 나타내었다.

Table 5. Results of change in cotton hank yarn concentration & liquid ratio

liquid ratio concentration (%o.w.f.)	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
0.2					
1.0					
3.0					

Table 6. Sunlight fastness of cotton hank yarn

liquid ratio concentration (%o.w.f.)	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
0.2	4	4	4	4	4
1.0	4	4	4	4	4
3.0	4	4	4	4	4

Table 7. Friction fastness of cotton hank yarn

liquid ratio concentration (%o.w.f.)	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
0.2	dryness	4-5	4-5	4-5	4-5
	moisture	4-5	4-5	4-5	4-5
1.0	dryness	4-5	4-5	4-5	4-5
	moisture	4	4	4	4
3.0	dryness	4-5	4-5	4-5	4-5
	moisture	3-4	3-4	3-4	3-4

Table 8. Washing fastness of cotton hank yarn

concentration (%o.w.f.)	liquid ratio	Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool	Color Change
0.2	1:5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:8	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:10	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:12	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
1.0	1:5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:8	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:10	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:12	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
3.0	1:5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:8	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:10	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:12	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Table 9. Changes in color value of cotton hank yarn

concentration (%o.w.f.)	liquid ratio	L	a	b	K/S
0.2	1:5	63.43	39.87	-6.89	1.68
	1:8	63.27	39.90	-6.61	1.69
	1:10	63.99	39.70	-6.71	1.60
	1:12	64.46	39.32	-7.15	1.55
	1:15	64.97	38.99	-6.76	1.48
1.0	1:5	46.90	55.99	-3.45	8.40
	1:8	47.06	55.96	-4.04	8.29
	1:10	46.89	56.86	-3.28	8.63
	1:12	47.32	56.55	-3.65	8.22
3.0	1:5	46.89	55.27	-4.17	8.19
	1:8	37.91	59.67	4.81	22.83
	1:10	37.54	58.94	4.53	22.86
	1:12	38.33	59.92	4.36	22.12
	1:15	38.34	59.81	4.54	22.08

액비에 따라서 색상 측면에서 1:8 이하의 경우는 다소 불균염 현상이 발생 되었고, 1:8 이상의 경우에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며, 에너지 절감 측면에서 균염이 되면서 용수 사용량을 줄일 수 있는 액비는 1:8 정도로 판단되었으며, 색상값이 K/S 경우 1:8을 기준으로 농도 값이 높게 나타났으며, 견뢰도 부분에서 세탁견뢰도 경우 액비에 따른 변화 없이 모두 4-5급으로 우수한 특성을 나타내었으며, 일광견뢰는 4급으로, 나타났으며, 마찰견뢰도의 경우도 건 마찰견뢰도 경우 염색 농도에는 큰 영향 없이 4-5급으로, 그러나 습 마찰견뢰도의 경우 담색에서는 4-5급으로, 중색에서는 4급, 농색의 경우에는 3-4급으로 다소 떨어지는 경향을 나타내었다. 반응성 염료(Red) 색상으로 염색농도(1.0%o.w.f.), 염색시간(40min)으로 고정을 하고, 염색 온도별(40, 60, 80℃)에 따른 액비별(1:5, 1:8, 1:10, 1:12, 1:15) 변화에 의한 염색성을 고찰하기 위해 염색견뢰도와 색상값의 변화를 확인하였다. 면 헝크실의 염색된 결과를 Table 10에 나타내었고, 염색샘플 염색견뢰도와 색상 값의 변화를 Table 11, 12, 13, 14에 나타내었다.

Table 10. Results of change in cotton hank yarn temperature & liquid ratio

temperature(℃)	liquid ratio				
	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
40					
60					
80					

Table 11. Sunlight fastness of cotton hank yarn

temperature(℃)	liquid ratio				
	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
40	4	4	4	4	4
60	4	4	4	4	4
80	4	4	4	4	4

Table 12. Washing fastness of cotton hank yarn

temperature(℃)	liquid ratio	Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool	Color Change
40	1:5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:8	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:10	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:12	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:15	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
60	1:5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:8	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:10	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:12	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:15	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
80	1:5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:8	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:10	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:12	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:15	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Table 13. Friction fastness of cotton hank yarn

temperature(℃)	liquid ratio	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
		dryness	4-5	4-5	4-5	4-5
40	moisture	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	dryness	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
60	moisture	4	4	4	4	4
	dryness	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
80	moisture	4	4	4	4	4

Table 14. Changes in color value of cotton hank yarn

temperature(℃)	liquid ratio	L	a	b	K/S
40	1:5	57.59	40.80	-9.15	2.60
	1:8	55.26	44.74	-8.36	3.25
	1:10	55.90	42.64	-9.80	2.88
	1:12	56.13	44.62	-8.37	3.06
	1:15	55.71	46.48	-7.99	3.31
60	1:5	48.22	54.65	-5.04	7.24
	1:8	48.53	56.14	-3.50	7.43
	1:10	47.74	55.30	-4.20	7.70
	1:12	48.06	55.11	-4.30	7.45
	1:15	49.25	55.11	-4.68	6.79
80	1:5	47.82	53.99	-4.87	7.28
	1:8	47.84	53.97	-4.67	7.25
	1:10	47.41	54.21	-4.67	7.56
	1:12	47.42	53.28	-5.41	7.35
	1:15	47.45	54.05	-4.87	7.53

액비에 따라서 색상 측면에서 1:8 이하의 경우 불균염 현상이 발생 되었고, 1:8 이상의 경우에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며, 색상값의 온도변화에 따라서 a값이 1:8의 경우 크게 나타나 순수 적색 색상에 가깝게 고찰되었으며, 농도의 경우도 1:8의 경우 문제가 없는 것으로 고찰되었으며, 견뢰도 부분에서 세탁견뢰도의 경우는 액비에 따른 변화 없이 모두 4-5급으로 우수한 특성을 나타내었으며, 일광견뢰도 부분에서는 4급으로, 나타났으며, 마찰 견뢰도 경우 건 마찰견뢰도는 염색 온도에는 큰 영향 없이 4-5급, 그러나 습 마찰견뢰도는 60℃ 이상에서 4급 다소 떨어지는 경향을 나타내었다.

반응성 염료(Red) 색상으로 염색농도(1.0%o.w.f.), 염색온도(60℃)으로 고정을 하고, 염색 시간별(40, 60min)에 따른 액비별(1:5, 1:8, 1:10, 1:12, 1:15) 변화에 의한 염색성을 고찰하였다. 면 행크실의 염색된 결과를 Table 15에 나타내었고, 염색된 샘플의 염색견뢰도와 색상값의 변화를 Table 16, 17, 18, 19에 나타내었다.

색상값 중 농도값인 K/S 값의 경우 1:8 이상에서 잔욕 없이 비슷한 수치를 얻었으며, 1:8 이하 농도값은 높았지만, 염색 후 잔욕이 발생되어 미고착된 염료가 있는 결과를 얻었으며, 세탁, 일광, 마찰견뢰도의 경우 시간에 따른 큰 변화가 없는 것으로 판단되었다.

Table 15. Results of change in cotton hank yarn time & liquid ratio

time(min)	liquid ratio				
	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
40					
60					

Table 16. Sunlight fastness of cotton hank yarn

time(min)	liquid ratio				
	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
40	4	4	4	4	4
60	4	4	4	4	4

Table 17. Washing fastness of cotton hank yarn

time(min)	liquid ratio	Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool	Color Change
40	1:5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:8	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:10	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:12	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:15	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
60	1:5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:8	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:10	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:12	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	1:15	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Table 18. Friction fastness of cotton hank yarn

time(min)	liquid ratio	1:5	1:8	1:10	1:12	1:15
	40	dryness	4-5	4-5	4-5	4-5
60	moisture	4	4	4	4	4
	dryness	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
60	moisture	4	4	4	4	4

Table 19. Changes in color value of cotton hank yarn

time(min)	liquid ratio	L	a	b	K/S
40	1:5	48.22	54.65	-5.04	7.24
	1:8	48.53	56.14	-3.50	7.43
	1:10	47.74	55.30	-4.20	7.70
	1:12	48.06	55.11	-4.30	7.45
	1:15	49.25	55.11	-4.68	6.78
60	1:5	46.62	55.55	-3.97	8.50
	1:8	47.72	54.75	-4.73	7.56
	1:10	46.90	54.71	-4.39	8.06
	1:12	48.10	54.99	-4.83	7.41
	1:15	48.54	54.27	-5.18	7.00

### 3. 결론

본 연구에서는 다양한 섬유의 행크실인 면, 울, 아크릴 및 폴리에스터 소재를 동일한 설비에서 염색가공이 가능한 상/고압용 스프레이 행크 염색기를 연구하여, 행크실을 염색하고 있는 기업의 설비 투자, 에너지 사용량과 같은 경제적인 부담을 감소시켜 주고, 기존 설비 대비 차별화하여 제품의 생산시 염색가공의 안정성을 부여할 수 있는 균일한 염색제품을 생산할 수 있는 면 행크실의 염색 농도와 액비 변화에 따른 염색성, 염색 온도와 액비 변화에 따른 염색성, 염색 시간과 액비 변화에 따른 염색

성을 살펴보았다.

설비 측면에서 에너지 절감을 위한 시스템을 개발하기 위해 다음과 같은 결과를 고찰할 수 있었고, 또한 향후에 통합형 현장용 설비 개발이 가능할 것으로 판단되었다. 첫째, 기존 설비와 차별하여 열 공급 및 냉각 열 교환 시스템이 개별적으로 부착되어, 기존의 문제점인 열에너지를 절감하고, 또한 생산시 발생하는 워터햄머 현상을 줄일 수 있었으며, 현재 열 공급 및 냉각 열교환에 대한 이론적 메카니즘 분석이 전무한 상태에서 열 가열시 1℃ 상승에 걸리는 시간과 1℃ 냉각시 걸리는 시간을 이론적 메카니즘 측면에서 해석을 진행하여, 향후 염색산업에서 염색기 개발에 도움이 될 수 있다고 판단되었다.

둘째, 도어 개폐 자동(인-아웃) Unit 측면에서 기존에는 볼트를 풀거나 잠그면서 수동적인 작동방식을 압력 밥솥의 원리를 적용하여 에어 실린더를 도어 좌우 측에 설치하여 도어가 자동으로 개폐 및 잠금이 되는 기술을 적용하여 작업자의 안전성을 확보할 수 있는 기반을 제공하였다.

셋째, 기존 설비는 염료와 조제/약품이 한 개의 보조 혼합 탱크가 적용되어 용수의 과다 사용에 따른 에너지 손실과 염료와 조제/약품의 오염에 따른 염색시 불량발생 등 재염을 해야 되는 문제점 발생, 되었지만, 보조 혼합 탱크를 염료 부분과 조제/약품 부분으로 2개로 분리하는 방식을 활용하여, 에너지 절감 및 불량과 같은 문제점을 해결할 수 있는 기반을 제공하였다.

염색가공 공정 측면에서 생산공정 표준화를 위해 염색 농도, 염색 온도, 염색 시간과 액비 변화에 따른 염색 변수를 연구하여 다음과 같은 결과를 고찰할 수 있었다. 첫째 현장에서 진행되는 담색, 증색, 농색 범위의 염색 농도에서 기존에 가장 많이 적용 되고 있는 1:12의 액비를 1:8로 감소시켰을 경우에 색상과 염색건뢰도에 대한 영향을 고찰한 결과 에너지를 절감하면서 제품의 안정성이 확보되는 공정 표준화에 대한 가능성을 확인하였다.

둘째, 염색 온도와 액비 변화에 대해 면 헝크실의 경우 현재는 60, 80℃로 염색이 진행되고 있으며, 본 연구에서는 에너지 절감형 생산공정 연구를 위해 40℃의 염색의 경우도 살펴본 결과 40℃ 염색의 경우는 염색 후 잔욕이 많이 남아, 미고착 염료가 잔존하는 것으로 확인되었으며, 80℃ 염색시 가장 잔욕이 적게 잔존하지만, 60℃의 경우도 큰 차이가 없는 결과로부터 염색온도를 60℃로 진행해도 제품 생산에는 문제가 없을 것으로 고찰되었다.

셋째, 염색 시간과 액비 변화에 대해 염색공정은 담색,

증색, 농색의 범위가 있으며, 이중 담색과 증색의 경우는 염색 시간을 짧게 진행해도 가능한 결과를 얻었으며, 농색의 경우는 염료가 충분히 면 헝크실에 고착할 수 있는 염색 시간이 필요한 것으로 결과를 고찰하였다.

본 연구에서는 아직 개발된 현장용 설비에 대한 다양한 섬유 헝크실에 대한 현장 생산공정 표준화를 논의 할 수 있는 단계는 아니지만, 면 헝크실에 대한 염색 변수에 대한 영향을 고찰하였고, 이후에 울, 아크릴 및 폴리에스터 헝크실에 대한 염색 변수에 대한 영향을 고찰하고, 현장용 설비 제작이 완료된 후 현장 염색공정 테스트를 진행하면, 홀가먼트 고부가가치 의류제품 시장에 적용이 가능한 면, 울, 아크릴 및 폴리에스터 헝크실의 표준 생산공정 확보가 가능할 것으로 기대된다.

## References

- [1] T. Kurtoglu, I. Y. Tumer, D. C. Jensen, "A functional failure reasoning methodology for evaluation of conceptual system architecture", *Research in Engineering Design*, Vol.21, No.4, pp.209-234, Oct. 2010.
- [2] H. J. Yoo, H. J. Lee, Y. S. Han, K. H. Song, J. H. Kim, C. S. Ahn, *Textile dyeing and fishing*, pp 178, Mar. 2007.  
<http://www.hyungseul.co.kr>
- [3] G. S. Kim, Y. H. Kim, *Korean Society of Textile Engineering, Textile dictionary*, pp 1067~1068, 1263, Jan. 2003.  
<http://www.fiber.or.kr>
- [4] D. S. Han, J. Y. Lee, I. Y. Lee, *Dye additive standard evaluation manual*, Korea Textile Materials Processing Research Institute, Korea, pp 24~26
- [5] S. R. Kim, *Quality improvement and cost rationalization through use of preparations and establishment of evaluation technology at dyeing processing sites*, Korea Textile Materials Processing Research Institute, Korea Textile Materials Processing Research Institute, Korea, pp 7~9  
<http://www.koteri.re.kr>
- [6] <http://blog.naver.com/sorie-/222345552917>, Hank yarn dyeing, Jun. 2023.
- [7] <https://blog.naver.com/bauwau74/223239801069>, Dyeing processing, fabric and yarn dyeing, Jun. 2023.
- [8] <https://www.testextile.com/ko>, Textile dyeing method, Jun. 2023.
- [9] <https://cloths-product.tistory.com/108> Fabric dyeing and piece dyeing, Jun. 2023.

이 기 열(Ki-Yeul Lee)

[정회원]



- 2013년 2월 : 한국산업대학교 기계제조공학과 (학사학위)
- 2015년 2월 : 한국산업대학교 산업경영공학과 (석사학위)
- 2024년 2월 : 한국공학대학교 기계시스템공학과 (박사수료)

<관심분야>

디지털 섬유 염색가공 설비 제조

---

조 항 성(Hang-Sung Cho)

[정회원]



- 2004년 8월 : 인하대학교 대학원 섬유공학과 (석사)
- 2016년 8월 : 인하대학교 대학원 섬유공학과 (박사)
- 2004년 6월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 선임연구원

<관심분야>

기능성 섬유소재, 염색가공 디지털 설비

---

한 진 호(Jin-Ho Han)

[정회원]



- 1987년 2월 : 서울대학교 기계공학과 (공학사)
- 1989년 2월 : 서울대학교 대학원 기계공학과 (석사)
- 1990년 2월 : 한국과학 기술연구원 (위촉)
- 2001년 ~ 현재 : 한국공학대학교 교수

<관심분야>

열역학, 유체역학