

Flexnip Process에 의한 연속 염색

成均館大學校 工科學 纖維工學科

朴 然 欽

1. 기술의 개요

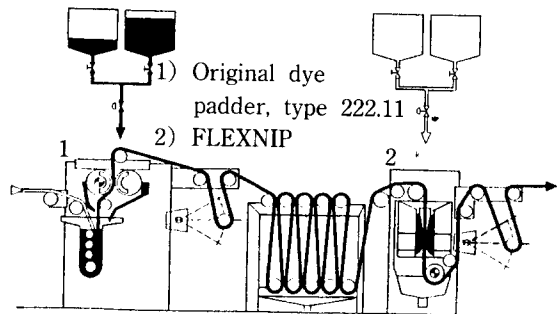
염색가공 공장의 총가공비 가운데 에너지비가 점하는 비율은 약 20~25%에 달하는 것이 일반적이다. 따라서 省에너지가 염색가공에 있어서 중요한 과제가 되고 있으며 소비되어지는 에너지로서는 전력에너지는 비교적 적고 熱에너지가 많으므로 熱에너지 절감 효율이 높은 Küsters社에서 제작한 연속 염색기에 대해 조사한 바를 아래에 보고하고자 한다.

직물을 연속식으로 염색하는 것이 불연속식인 batch식으로 염색하는 것보다 에너지, 인원, 염료 및 염색조제가 절감되며 생산성이 높다는 것은 널리 알려진 사실이다. 그래서 여러 종류의 연속 염색기가 독일, 일본 등에서 제작되어 세계 각국에서 사용되어지고 있지만 이들 염색기를 이용한 염색공정을 살펴보면 대부분이 Pad→Dry→Pad→Steaming의 공정을 거치고 있다.

따라서 일반적인 연속염색에서는 중간에 Dry 공정을 거침으로써 熱에너지를 많이 소비하게 된다. 그러나 보통의 연속 염색기에서는 중간의 Dry 공정을 생략할 수가 없다. 왜냐하면 첫번째 Pad 공정을 거치면 직물생지 무게에 대해 처리 약제용액(염액 혹은 기타 처리 용액)이 80% 정도 부착되어 Dry 공정을 거치지 않으면 두번째 Pad 공정에서 처리 약제액이 20% 정도 밖에 더 부착이 되지 않게 되어 두번째 Pad 공정의 효과를 얻을 수 없게 된다. 따라서 두번째 Pad 공정에서도 처리액을 70~80% 직물에 부착시키기 위해서는 반듯이 중간에 Dry 공정을 거쳐야 한다. 지금까지 많은 염색기 maker에서 이 Dry 공정을 생략하기 위해 기존의 Padder에서 Booster나 Kiss-roll을 부착해도 충분한 약제용액을 직물에 부착시킬 수 없었으며 Doctor blade나 직물천 위에 약제용액을 부어 주는 장치를

사용하면 부착약제의 액량을 조절할 수 없고, 또한 직물의 한쪽면에만 약제용액을 부여 할 수 밖에 없어서 결과적으로 중간의 Dry 공정을 생략할 수 없게 되었다. 한편으로 두번째 Pad 공정에서 Chemical Padder나 Booster를 사용하면 용액조 내에서 약제의 농도를 처음 시작할 때의 농도와 똑같이 유지할 수 없는 문제점도 있게 된다. 이는 약제용액이 용액조 안에서 짜지거나 mangle에서 짜여진 후 용액조 내로 다시 흘러들어 오기 때문이며 용액조의 용량이 커서 신선한 약제용액을 투입하여 용액농도를 평형상태로 만드는데 긴 시간이 소요되는 문제점이 있다.

그런데 금번에 조사한 Küsters社의 Flexnip Process를 적용한 연속 염색기는 두번째 Pad 공정에서 기존의 padder를 사용하지 않고 Flexnip이란 Küsters社가 개발한 특수한 장치를 사용함으로써 연속 염색공정을 Pad→Flexnip→Steaming의 공정(그림 1 참조)을 거치게 함으로써 중간의 Dry 공정을 생략할 수 있어 염색시에 많은 熱에너지를 절감할 수 있고 또 Booster를 사용했을 때 보다 약제(염료도 포함됨)도 15~35% 절감할 수 있다고 maker 측은 주장했다.



〈그림 1〉 Flexnip Process에 의한 연속염색 공정

다음의 그림 2는 Flexnip Process를 이용한 Küsters社의 연속염색기가 오른쪽에서 왼쪽 방향으로 Pad→Flexnip→Steaming 공정을 거치는 것을 사진으로 나타내어 주고 있다.

Küsters社의 연속염색기에서 가장 핵심이 되는 장치는 Flexnip로써 이의 작동원리는 그림 3에 나타낸 diagram과 같으며 장치의 실제 사진은 그림 4에 나타낸 바와 같다.

그림 3의 Flexnip의 작동 diagram을 상세히 설명하자면 nip은 특수한 stainless steel foil liner로써 섬유를 염색할 때 사용되는 여러 가지 약제를 주, 산, 염기, 산화제 및 환원제와 같은 약제에 충분히 견딜 수 있는 재질로 되어 있으며, 매우 균일한 표면이어서 마찰계수가 대단히 낮다. nip에 표시한 두 개의 화살표는 수상스키의 원리를 이용한 pneuma-

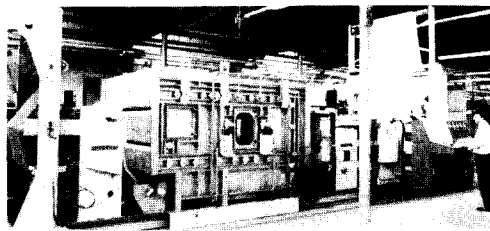
tic sealing system을 나타내며 이것에 의해 약제용액의 pick-up이 결정된다. 아래쪽에 있는 구동 roller는 직물을 끌이 움직이게 하는 역할을 한다. 수리 및 보수를 요하지 않는 분배 pipe에 의해 약제의 액량 수위가 조절되며 직물 양면의 진폭을 통해 균일한 액량이 공급되어 진다. 그림에서처럼 직물은 위에서 아래로 움직이며 직물에 의해 연속적으로 소모되는 액량은 분배 pipe에 의해 연속적으로 일정하게 양쪽에서 새로이 공급되어 진다. Flexnip의 모든 공정 즉, 액제용액 공급, 압력, 청소, 약제용액 교체 등은 SPC(Stored Program Control)에 입력된 시기에 따라 이루어진다. 이 SPC는 또한 2개의 조제 탱크, 2개의 펌프와 선택밸브를 컨트롤한다. 용액의 방류, 청소 및 새로운 약제용액으로 채우는 것을 포함한 용액교체에 약 1분 정도의 시간만이 소요된다.

Flexnip Process에 의한 연속 염색기로 염색 가능한 섬유와 염료는 면, Viscose rayon 및 마섬유와 같은 cellulose 섬유를 직접염료, Vat염료, 반응성 염료 및 황화염료로 염색하는 경우이며 최근에는 nylon 직물을 산성 염료로 염색할 경우에도 이 염색기를 사용할 수 있다고 한다.

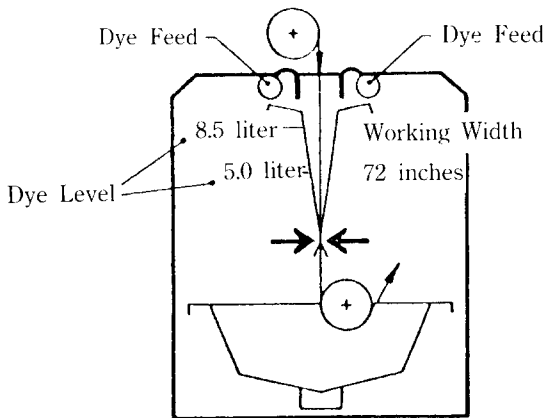
다음에 이들 염료로 면직물을 염색할 경우의 사례를 차례로 들어 보고서 한다.

먼저 Vat 염료로 Flexnip Process를 이용하여 면직물을 염색하는 경우 사례를 Table 1에 나타내었다.

한편 직접염료로 면직물을 염색할 경우에 Table

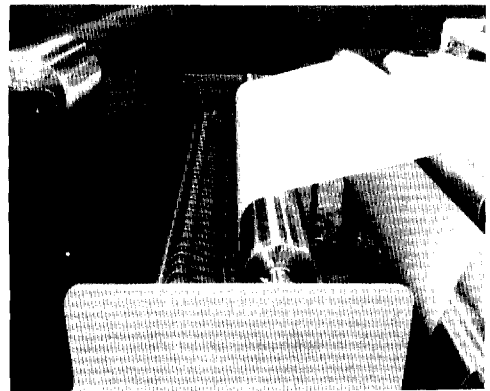


〈그림 2〉 Flexnip Process를 이용한 Küsters社의 연속염색기



FLEXNIP 272.11
Available in working widths
from 20 inches to 180 inches

〈그림 3〉 Flexnip의 작동 Diagram



〈그림 4〉 Flexnip 장치의 작동 중인 사진

Table 1. Flexnip Process에 의한 Vat 염료로 면직물의 염색

사용원단 :	100% 면 평직물(직물중량 ; 225 g/m ² , 직물 폭 ; 180 cm)
직물처리 속도 :	45 m/min
padder에서 pick-up :	80%
padder에서 액의 조성 :	x g/l vat 염료
	3 g/l 습윤제
	10 g/l padding 조제
Flexnip에서 pick-up :	80%
padder에서 액의 조성 :	70 g/l soda
	70 ml/l 29%의 가성소다
	85 g/l hydrosulphite
steaming 시간 :	1분

Table 2. Flexnip Process에 의한 직접염료 면직물의 염색

사용원단 :	100% 면 평직물(직물중량 ; 225 g/m ² , 직물 폭 ; 180 cm)
직물처리 속도 :	35 m/min
padder에서 pick-up :	80%
padder에서 액의 조성 :	3 g/l 습윤제
	3 g/l padding 조제
	1 g/l 산화제
	10~30 g/l 전해질
	0.5 g/l 거품제거제
Flexnip에서 pack-up :	80%
padder에서 액의 조성 :	x g/l 직접염료
	3 g/l 습윤제
	0.5 g/l 거품제거제
steaming 시간 :	2.6분

1에서 제시한 처방과는 반대의 순서인 Padder에서 전해질 혼합약제를 처리하고 Flexnip에서 염액을 padding시키는 순서로 염색한 실례를 Table 2에 나타내었다.

직접염료는 고착시간이 길기 때문에 직물의 처리 속도를 35 m/min로 했고 steaming 시간도 2.6분으로 길게 잡았다.

Table 2의 처방대로 염색을 한 결과 직접염료의 염색 yield가 증가했으며 Flexnip의 용량이 작아(액량 수위가 22 cm인 경우 액량은 9.5l이고 액량 수위가 15 cm인 경우 5.0l) 색상을 교체할 때에 청소하는데 걸리는 시간이 짧아 색상 교체를 매우

빠른시간 내에(액량 9.5l인 경우 액 교체시간 35초 및 액량 5.0l인 경우 액 교체시간 20초)할 수 있으며 또한 염색완료 후에 Flexnip의 bath 내에 잔류하게 되는 염료액량이 padder를 사용하는 일반 연속 염색기에서 보다 매우 적어 염료의 절감효율도 35%에 달한다고 한다. 이와 같이 Flexnip process에 의해 면직물을 연속 염색하고 있는 생산현장을 벨기에에 소재하는 Le Compte社에서 직접 볼 수 있었다.

반응성 염료로 면제품을 염색할 경우(아래 Table 3 참조) Flexnip process에 의한 Kusters社의 연속 염색기는 다른 연속염색기와 Cold Pad-batch 염색기에 비해 다음에 기술하고자 하는 바와 같은 특성을

Table 3. Flexnip Process에 의한 반응성염료로 면직물의 염색

사용원단 : 100% 면	평직물(직물중량 : 225 g/m ² , 직물 폭 : 180 cm)
직물처리 속도 : 45 m/min	
padder에서 pick-up : 80%	
padder에서 액의 조성 : 5 g/l 습윤제	
	x g/l alkali
	y g/l 진해질
Flexnip에서 pick-up : 80%	
padder에서 액의 조성 : Z g/l 반응성 염료	
	5 g/l 습윤제

가지고 있다. 기존의 다른 연속 염색기는 반응성 염료의 염색 yield가 낮아 Terry 직물 등의 경우에 경제성이 있는 실정이고, 또 熱에너지 소비가 많은 중간 Dry공정을 거치면서도 Clod Pad-Batch 염색 기계에서와 같은 진한색을 얻기가 어려웠다. 한편 Cold Pad-Batch 염색기는 반응성 염색할 경우에만 거의 사용되는 염색기로서 에너지 소비량이 적고 공정이 간단하기 때문에 주목을 받게 되었다. 그러나 Cold Pad-Batch 염색기를 사용하면 연속염색이 불가능하고 중간에 dry 공정이 없으며 염료와 약제 용액을 분리해서 padding시킬 수 없기 때문에 염료와 약제용액을 일정 비율로 혼합해서 동시에 padding을 시킨다. 따라서 약제용액의 한 성분인 alkali에 의해 반응성 염료의 가수분해가 문제점으로 야기되고 있으며, 또한 직물의 변사부분(가장자리)이 중앙부분보다 淡色으로 염색되는 문제점이 발생되고 있다. 그러나 Flexnip Process에 의한 연속염색기는 Cold Pad-Batch 염색기에서만 가능했던 정도의 염료고착율을 얻을 수 있으며 alkali와 진해질 등의 약제는 padder에서 염료는 Flexnip에서 분리하여 padding시킴으로써 alkali에 의한 염료의 가수분해 문제도 없으며 생산원가의 절감은 물론 주위 환경의 오염도 줄일 수 있게 된다. 왜냐하면

1) alkali 및 기타 약제용액은 다른 색상을 염색할 때 그대로 사용할 수 있어 쓰고 남은 약제용액은 보관해 둘 수 있어 한꺼번에 용액을 다량으로 조제해 둘 수 있다(Cold Pad-Batch 염색기에서는 염료와 약제용액이 한개의 padder에 혼합되어 있어 다른 색상의 염색으로 교체시에는 모두 버려야 함)

2) Flexnip은 용량이 적어 빨리 쉽게 cleaning이

가능하다.

3) 한 색상의 염색 완료 후에 다른 색상의 염색으로 전환이 매우 빨리 일어날 수 있고 Flexnip의 용량이 적어 잔류염액이 적게 됨으로 염료를 절약할 수 있다.

4) 염색 종료 후 최고 염색을 9/(180 cm 직물폭인 경우)만 하수구에 버리게 되지만 기존의 연속염색기에 사용되는 padder인 경우는 trough에 따라 40~60l를 버리게 되어 오염폐수량을 많이 줄일 수 있다.

Flexnip Process에 의한 연속염색의 또 다른 이점은 염액과 약제용액을 따로 Flexnip과 padder에 공급하기 때문에 Cold Pad-Batch 염색기에서 처럼 아주 정확한 염액과 약제액의 혼합비율을 맞추기 위해 가격이 비싸고 장비가 어려운 아주 정밀한 계량 pump가 필요하지 않은 점이다. 앞에서 설명한 바와 같이 염액 농도가 평형상태를 잘 이루므로 한 염색 lot에서 염색조기와 말기에 발생하는 중간의 제품과 색상차가 나는 tailing 현상은 3~8 야드에 불과하며 이는 100~150 야드에 걸쳐 tailing 현상이 일어나는 기존의 연속염색기에 비하면 높은 등급의 제품을 많이 생산할 수 있게 된다.

마지막으로 Table 4에 나타난 황화염료를 사용해서 면직물을 염색하는 실험을 보면

이 경우에 약제를 padder에서 황화염료를 Flexnip에서 면직물에 padding시켜 black과 navy와 같은 아주 진한 색상까지도 얻을 수 있으며 더구나 greige 직물과 같이 수용성 호제가 직물에 부착되어 있는 경우에는 호발과 동시에 염색이 가능하여 제품의 가공원가를 감소시킬 수 있게 된다. 최근에는

Table 4. Flexnip Process에 의한 황화염료로 면직물의 염색

사용원단 : 100% 면 평직물(직물중량 : 225 g/m², 직물 폭 : 180 cm)
 직물처리 속도 : 45 m/min
 padder에서 pick-up : 80%
 padder에서 액의 조성 : 습윤제, 환원제, 안정제(필요시), 전해질
 Flexnip에서 pick-up : 80%
 padder에서 액의 조성 : 황화염료, 환원제, 안정제(필요시), 습윤제

Flexnip process에 의해 Naphthol 염료도 사용이 가능하다고 Kuster社 측은 주장하고 있다.

2. Flexnip Process에 의한 연속 염색시 에너지 절약 사례

1) 에너지 절약량을 계산하기 위한 basic data

원단의 폭	: 180 cm
원단 중량	: 150 g/m ²
중량/running meter	: 270 g/rm
speed	: 80 m/min
색상수	: 15 /day
색상당평균처리 길이	: 7000 m/colour
염료 소비량(평균)	: 5 g/l
직업시간	: 22 hr/day
년간 작업시간	: 6600 hr/year

2) 계산에 필요한 에너지 단가

steam	₩10,000 /ton
fresh water	: ₩250 /m ³
waste water	: ₩45 /kmh
전기	: 45 /kwh
반응성 염료	: ₩20,000 /kg

3) 생산 data

필요 염료량	: 1,296 kg/hr
년간 필요 염료량	: 8,554 ton/year

※Pad→Dry→Pad→Steaming 공정을 거치는 기존 연속염색기 경우

1) Padder

액량	: 49 l
색상변경시 폐수량	: 49 l
총폐수량(년간 4500회 색상교체)	: 220.5 m ³
pick-up	: 80%

약제 pick-up : 1,037 l/hr

년간 약제 pick-kup : 6,844 m³

2) Dryer

건조전 수분함량	: 80%
건조후 수분함량	: 8%
수분 증발량	: 4,928 m ³ /year
필요 steam량	: 7,392 ton/year
steam 비용	: ₩73,920,000 /year
전력소모	: 6 kw/hr
전력소모 비용	: ₩1,782,000 /year

3) Padder

액량	: 49 l
색상변경시 폐수량	: 49 l
총폐수량(년간 4500회 색상교체)	: 220.3 m ³
pick-up	: 80%
약제 pick-up	: 1,037 l/hr
년간 약제 pick-kup	: 6,844 m ³

※Pad→Flexnip→→Steaming 공정을 거치는 Kusters社의 연속염색기 경우

1) Padder

액량	: 49 l
색상변경시 폐수량	: 49 l
총폐수량(년간 4500회 색상교체)	: 220.3 m ³
pick-up	: 80%
약제 pick-up	: 1,037 l/hr
년간 약제 pick-kup	: 6,844 m ³

2) Dryer

중간 dry 공정이 불필요하므로 기존 연속염색기의 경우에 소요되는 steam 비용+ 전력소모비용이 절약됨.

따라서 총에너지 절감액 : ₩75,702,000 /year

3) Flexnip

액량 : 9.5 l
 색상변경시 폐수량 : 9.5 l
 총폐수량(년간 4500회 색상교체) : 42.75 m³
 padder에서와 flexnip에서의 총폐수량 차 : 177.75 m³
 용수절약에 의한 절감비용 : ₩44,440 /year
 폐수내에 포함된 염료함량 : 5 g/l
 폐수절약에 의한 염료절감 비용 : ₩17,775,000 /year

※기타 절감 효과

1) tailing length 절감 :

기존 연속염색기에서 색상당 평균 tailing length : 100~40m

Flexnip process 채택경우 색상당 평균 tailing length : 8~15 m

두 염색기 사이의 평균 tailing length 차 : 105 m

년간 tailing length 절감 총량 : 472,500 m

2) 기타 : 사용하는 염료의 종류, 천의 종류에 따라 염료 절감 효과는 30% 정도로 추정

따라서 Flexnip process에 의한 연속염색기 1대당 연간 절감효과

Steam 절감액 : ₩73,920,000 /year

전력 절감액 : ₩ 1,782,000 /year

용수 절감액 : ₩ 44,440 /year

염료 절감액 : ₩17,775,000 /year

총 절감액 : ₩93,521,440 /year

3. 결 론

염색가공 분야의 에너지 절감 기술로서 Flexnip process에 의한 연속염색기를 조사 검토한 결과 다

음과 같은 장점을 가지고 있는 염색기로 결론을 내리게 되었다.

(1) 기존의 일반 연속염색기에는 pad→dry→pad → steaming 공정에 따라 염색을 하나 Flexnip Process에 의한 Küsters社의 연속염색기에서는 pad →Flexnip→ steaming 공정에 따라 염색을 하게 되어 중간의 Dry 공정이 생략됨으로서 이 연속염색기를 1대 사용할 경우 기존의 연속염색기에 비해 연간 steam 절감액 73,920,000원, 전력 절감액 1,782,000원, 용수절감액 44,440원, 염료 절감액 17,775,000원으로 총 절감액이 93,521,440원에 달한다.

(2) 약제용액과 염액을 각각 padder와 Flexnip에 분리하여 직물에 부여하기 때문에 반응성염료를 사용한 경우에는 가성소다에 의한 염료의 가수분해가 야기되지 않으며 Flexnip의 용량이 적어 염액농도의 평형상태가 빨리 이루어짐으로서 tailing length가 1개 색상당 기존의 연속염색기에서는 100~140 m에 달하는데 비해 Küsters社의 연속염색기에서는 8~15 m 밖에 되지 않아 연간 tailing length(불량 염색포 길이) 절감 총량이 472,500 m에 달한다.

(3) Flexnip의 용량이 최대 9.5 l에 불과하여(기존 연속염색기에서 Padder의 용량은 49 l) 색상 교체시 청소를 포함한 전색상교체 시간이 최대로 35초에 불과하여 생산성이 높고 Flexnip 속에 잔류하는 염액량이 적어 염색 후 폐수량이 절감되어 염료의 절감은 물론 환경오염을 줄일 수 있다.

(4) 황화염료를 사용할 경우에는 black 및 navy와 같은 진한 색상까지도 얻을 수 있으며 padder에서 pick-up 80%와 Flexnip에서 pick-up 80% 합계 160%의 pick-up을 얻을 수 있어 직물 내에 수분의 함량이 많아(기존 연속염색기에서는 pick-up 합계가 100% 정도임) 균염이 되고 염색 yield가 높다.