

소규모 연속염색장치의 효율성

1. 서 론

염색배치의 크기는 그동안 계속해서 작아져 왔다. 이 같은 경향은 특히 저금수준이 높은 나라에서 두드러졌던 현상이었고 앞으로도 계속될 전망이다.

연속염색과 배치염색의 경제성 비교는 보통 평균이상의 배치크기에 대해서 행해져 왔다.

본 고는 연속염색 및 배치염색의 효율 및 경제성에 영향을 주는 인자들을 살펴보고자 한다.

2. 광폭직물의 염색

원칙적으로 광폭직물의 염색은 연속식 또는 배치식 모두 가능하다. 배치식 염색이란 통상 지거나 빔염색 등을 뜻하고 연속식 염색은 패드스팀 또는 웨트스팀염색을 의미하는데, 연속식도 전공정 완전연속식인 경우와 그렇지 않은 경우가 있다. 연속염색은 보통 다음과 같은 공정으로 이루어 진다.

공 정	처 방
피그먼트패딩	· · · g/l : 배트 또는 배트/분산 혼합염료 8~10g/l : 이염방지제 1~3g/l : 습윤제
건 조	
더머줄(P/C)	· · · ml/l : 가성소다용액 (38 ° Bé)
케미칼 패딩	· · · g/l : 하이드로술파이트 1~2g/l : 분산제 1~2g/l : 정수제
스 티 밍	

공 정		처 방
수	세	1~2g/l : 소우핑제 0.5~1g/l : 정수제
산	화	
소	우	
수	세	

연속식 및 배치식 염색의 중요한 특성은 다음과 같다.

가. 연속식 염색법

- ① 배치크기에 제한이 없으나 배치크기가 작은 경우에는 비경제적이다.
- ② 색상이 균일하고 재현성이 있다.
- ③ 처리속도가 빠르다.
- ④ 색상을 달리하고자 할 때 시간이 많이 걸린다.
- ⑤ 색상을 수정해야 할 경우가 적다.
- ⑥ 염색시간이 짧다.

나. 배치식 염색법

- ① 배치크기에 제한이 있으며 그 크기가 큰 경우에는 분할염색해야 한다.
- ② 배치간 색상차가 발생할 소지가 많다.
- ③ 색상을 달리하고자 할 때 시간이 적게 걸린다.
- ④ 염색 중에 약제 또는 피염물의 공급이 없다.
- ⑤ 색상을 수정해야 할 경우가 많다.
- ⑥ 염색시간이 길다.

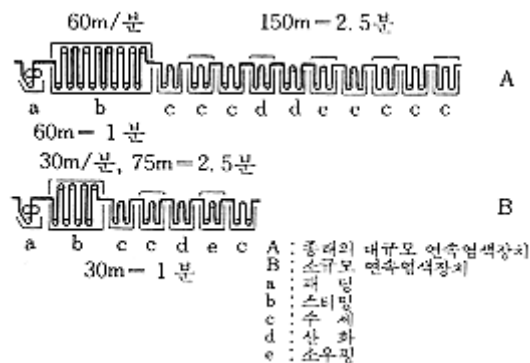
3. 소규모 연속염색장치/그에 다른 배치크기의 감소

소규모 연속염색장치는 패드지그와 종래의 대규모 패드스팀장치의 중간규

모로 생각될 수 있다. 약간 미비한 감이 있지만 소규모 연속염색장치는 배치식 염색의 단점도 없고 종래의 패드스팀염색의 단점도 최소화하였다고 말할 수 있다. 이 장치가 처음 업계에 선보였을 때는 주로 웨트 스팀공정의 장치들이었기 때문에 그것으로 처리할 수 있는 공정의 범위가 매우 제한적이었지만 요즘은 대부분 중간건조장치가 포함되며 가끔은 더머줄장치도 포함 판매되기 때문에 융통성이 있고 업계요구도 충족시킨다.

소규모 연속염색장치와 대규모 연속염색장치간의 경제성 차이의 원인은 주로 기계의 세팅시간 또는 기계정지시간에 대한 생산가동시간의 비에 있다. 대규모 장치의 경우에, 앞서 설명한 정지시간대가동시간의 비는 배치크기가 작아짐에 따라 상대적으로 전자쪽이 커지게 되므로 효율이 감소하는 데 반해 소규모 장치는 기본 처리물량이 적고, 처리속도도 대규모인 때보다 느리고, 다른 색상으로 염색하고자 할 때 그 변화가 빠르기 때문에 결과적으로 효율이 좋다. 이 같은 특징 이외에도 소규모 연속염색장치는 컴팩트한 디자인 조작의 용이성 및 광범위한 적용성 등의 특징이 있다.

소규모 연속염색장치와 대규모 장치를 간단히 표시한 것이 그림1이며 이들간의 효율을 비교한 것이 표1이다.



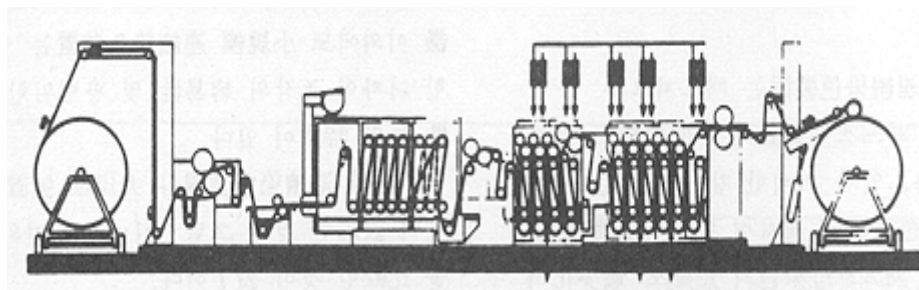
<그림 1> 종래의 대규모 연속염색장치/소규모연속염색장치의 비교

<표 1> 효율비교, 배치크기 2000m

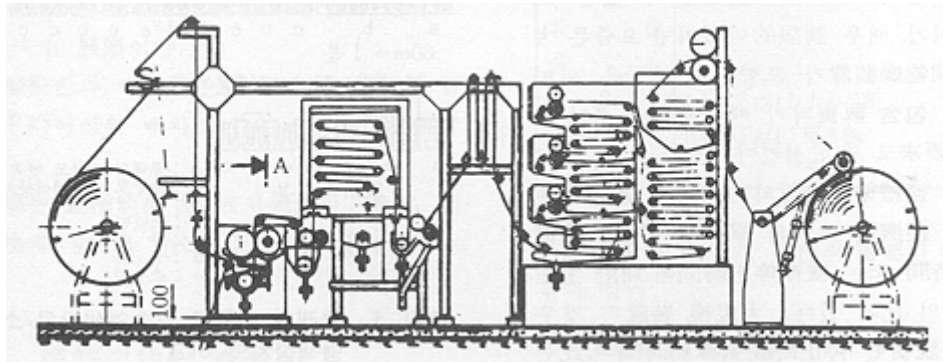
대규모 연속염색장치	2000m : 60m/분	= 33분	
	기계세팅 시간	= +30분	
	총 소요시간	63분	= 52.4% 효율
			= 생산속도 : 31.7m/분
소규모 연속염색장치	2000m : 30m/분	= 66분	
	기계세팅 시간	= +15분	
	총 소요시간	81분	= 81.5% 효율
			= 생산속도 : 24.7m/분
	기계세팅시간을 똑같은 30分으로 할때 :		
	2000m : 30m/분	= 66분	
	기계세팅 시간	= +30분	
	총 소요시간	96분	= 68.8% 효율
			= 생산속도 : 20.8m/분

대규모 장치가 소규모 장치에 비해 처리속도가 이론적으로는 2배이지만 실제 처리속도는 소규모 장치에서의 기계세팅시간을 15분으로 할 경우에는 1.3배, 세팅시간을 30분으로 할 경우는 1.5배 밖에는 안된다는 것을 알 수 있다.

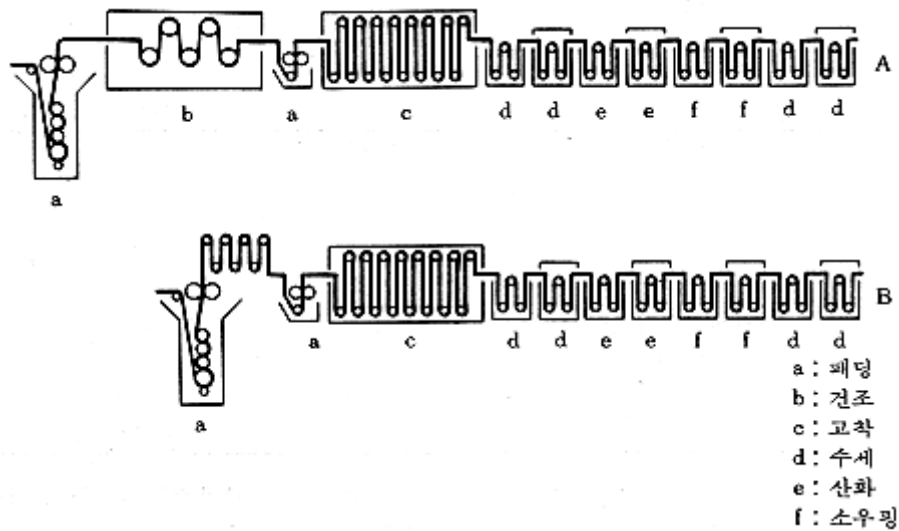
그림2와 3은 2가지의 소규모 연속염색장치이고 그림4는 웨트스팀공정과 패드스팀공정을 비교하는 것으로, 대부분의 소규모 연속염색장치는 주로 웨트스팀법을 적용시키기 위한 것이 많다.



<그림 2> Benninger의 Becoflex장치



<그림 3> Kleinewefers의 장치



<그림 4> 패드스팀공정과 웨트스팀공정의 비교

웨트스팀공정은 상대적으로 많은 액을 함유할 수 있는 직물의 염색에 적합하다. 즉 패드스팀공정과 비교해 중간건조공정이 생략되었기 때문에 비용이 절감될 수 있다. 반면에 직물의 종류에 따라서 약 10~20%의 염료가 더 소요되는 경우도 있다(염료의 침투가 더 용이하므로). 패드스팀공정과 비교한 웨트스팀공정의 경제적, 기술적인 장점은 다음과 같다.

- ① 융통성이 크다 : 패더와 건조기를 다른공정에 이용할 수 있다.
- ② 기계세팅시간이 단축된다 : 청소하는데 시간이 덜 걸리고, 기본처리량

도 적다.

③ 품질이 향상된다 : 표면의 외관이 좋아지고 색농도가 향상된다. 중간건조가 없기 때문에 염료의 이동이 없다.

* 특히 수분을 많이 함유하는 직물의 염색 적합하다.

4. 효율에 영향을 주는 인자

가. 기계정지시간 및 세팅시간

다음과 같은 조치를 취하면 불필요한 기계의 정지시간을 줄일 수 있다.

1) 패더

- ① 액의 공급 및 배출을 신속하게 하기 위한 큰 관의 설치
- ② 액조를 낮추거나, 한쪽으로 선회시킬 수 있게 하는 장치
- ③ 신속한 세정을 위한 분사관의 설치

2) 건조기

- ① 청소를 쉽게 하기 위한 적절한 방법의 강구
- ② 피복된 롤러 또는 전기식으로 청소되는 롤러의 사용

3) 수세기

- ① 액의 공급 및 배출을 신속하게 하기 위한 큰 관의 설치
- ② 신속한 가열장치 또는 가열예비탱크의 설치. 세팅시간이 기계의 효율에

미치는 영향을 다음 비교를 통해 알아보자.

직물의 속도 : 30m/분

배치의 크기 : 2000m

기계세팅시간이 15분인 경우

$2000\text{m} \div 30\text{m/분} = 67\text{분} + \text{세팅시간} ; 15\text{분}$

총시간 ; 82분

효율 ; 82%

기계세팅시간이 25분인 경우

2000m ; 30m/분 = 67분 + 세팅시간 ; 25분

총시간 ; 92분

효율 ; 73%

심지어 어떤 공장에서는 플라잉 칼라체인지(flying color change)를 함으로써 세팅시간을 몇분대로 감소시키고 있다.

나. 직물의 속도, 기계의 속도

1) 건조

직물 또는 건조공기의 수분측정 및 조절장치를 건조공정에 사용할 것을 권장한다. 잔여수분율이 어떤 규정치가 될 때까지만 건조시킴으로써 대부분의 경우 경제성이 향상된다. 그 같은 장치를 사용할 경우에 얻는 이점은 다음과 같다.

① 에너지 절약

② 처리속도의 증가

③ 균일한 잔여수분율, 즉 과건조가 일어나지 않기 때문에 직물의 상태가 균일하게 된다.

④ 그 후의 현색공정에서의 패딩시 액픽업의 균일성

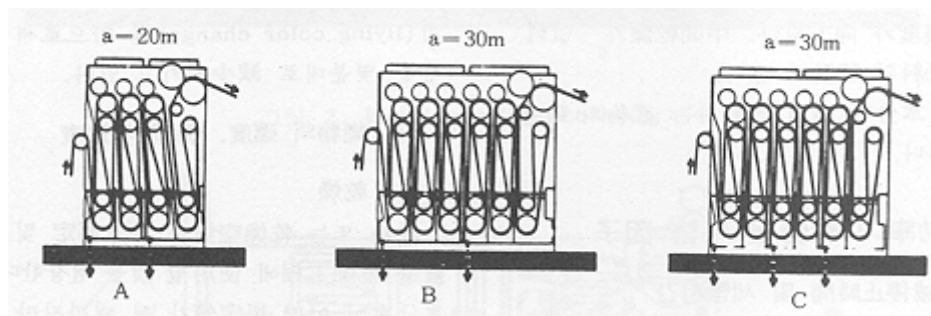
이 중에서 균일한 액의 픽업이 매우 중요한 데, 그 이유는 케미칼패딩에서 균일한 픽업이 되지 않으면 염료의 침투 또는 확산속도가 불균일해지기 때문에 테일링이 발생하기 때문이다.

2) 스티밍, 수세, 산화 및 소우핑

보통 이 공정들은 연속해서 행해지기 때문에 한꺼번에 다루고자 한다.

대부분의 공장에서 위와 같은 공정들에서 처리되는 직물의 속도는 염색 처방이 바뀔때마다 다른 데, 그렇다고 처방이 바뀔 때마다 위의 공정장치를 적당히 변경해서 사용하기 때문이 아니고, 수세조는 항상 수세조로 사용하고 산화조는 항상 산화조로 사용한다. 그럼에도 불구하고 처리속도가 다른 이유는 사용한 염료, 농도, 현색액의 조건에 따라 수세산화 및 소우핑에 필요한 시간이 다르기 때문이다. 만약 염색처방마다 장치들을 별도로 이용할 수 있다면 처리속도가 증가할 것이다. 그렇게 되면 공정에 소요되는 시간이 각 염색처방에서 필요한 최소의 시간만큼 감소할 것이다.

그림5는 Extracta 콤팩트먼트로 구성되는 Becoflex 수세기로 이 수세기는 콤팩트먼트를 덧붙이거나 줄일 수 있기 때문에 수세, 산화 및 소우핑시간을 변화시킬 수 있다. 만약 스티밍시간을 줄이려고 한다면, 스티밍시간은 고착 효율(가해진 염료량에 대한 고착 염료량)뿐 아니라, 염료의 확산, 즉 염료의 침투 및 그에 따른 색농도에 영향을 준다는 사실을 명심해야 한다.



<그림 5> Becoflex 수세기

A : 10m짜리 2개로 구성 C : 10m짜리 3개로 구성
B : 15m짜리 2개로 구성 a : 직물파지 길이

스티밍시간을 줄이면 이론적으로는 효율이 증가할지 모르나, 재현성 또는 반복성이 나빠지기 때문에 결국은 별 이점이 없다.

다. 실험실처방의 재현성

경험이 없었던 새로운 염색을 하고자 할 때는 먼저 실험실에서 해보아야 한다. 실험실처방이 실제 공장조건과 맞지 않아 발생하는 기계의 정지를 최소로 줄이기 위해서는 재현성에 상당한 주의를 해야 한다. 재현성에 영향을 주는 공정인자들을 나열하면 다음과 같다.

- ① 시료직물의 상태
- ② 패딩조건
- ③ 건조조건
- ④ 더머줄조건
- ⑤ 현색조건

1) 시료직물의 상태

실험에 사용할 직물과 실제 염색할 직물은 전처리 및 기타 조건면에서 반드시 같아야 한다. 전처리한 직물의 앞부분과 끝부분을 시료로 사용할 경우에는 백색도, 픽업, 염료의 침투 및 기타면에서 차이가 발생할 수도 있다.

2) 패딩조건

실험실에서 사용한 직물과 실제 염색할 직물이 같다고 하면, 먼저 액의 픽업을 조사해야 한다. 액의 픽업은 닢의 압력, 침지시간, 패딩보조제(이염방지제 등) 및 처리속도에 영향을 받는 데 액의 픽업 그 자체만을 검토하는 것은 불충분하다. 왜냐하면 침지시간 및 스퀴징작용도 염료의 침투 및 그에 따른 색농도에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이러한 사실은 실험실에서나 실제 염색시 액의 픽업이 같다고 해도 염료의 침투면에서 여전히 차이가 있을 수 있음을 의미한다. 염료는 또한 그 후의 건조공정에서 이동하기 때문에 건조 후의 염료의 분포가 같은지의 여부도 매우 중요하다. 이러한 이유 때문에 패딩과 건조는 같이 생각해야 한다.

3) 건조조건

실험실에서의 건조와 실제 공장에서의 건조상태를 같게 하기는 불가능하다. 그렇기 때문에 실험실과 공장에서 염색시 염료의 침투정도를 같게 하기 위해서는 각각의 요인[건조전의 드웰타임(dwell time) 온도, 순환공기, 패딩보조제, 상대습도] 들을 어떻게 정해야 하는가에 대한 실험이 행해져야 한다. 이염방지제(Primasol AMK 또는 Primasol D)를 사용하면 염료의 이동이 감소되기 때문에 실험실과 공장염색시의 차이가 최소가 된다. 표2는 염료분포에 따른 색농도를 조사한 것이다.

<표 2> 염료분포에 건조조건 및 이염방지제가 미치는 영향

Indanthrene 염 료	이염방지제 (g/l)	건조온도 (°C)	색농도 (%)
Olive T	-	22	100*
	-	120	130
	8	120	123
Blue BC	-	22	100*
	-	120	121
	8	120	110
Brillant green FFB	-	22	100*
	-	120	112
	8	120	104
Red FFB	-	22	100*
	-	120	107
	8	120	106

4) 더머줄조건

더머줄공정 중의 열전달의 형태가 실험실에서나 공장에서도나 같다면 별로

중요한 문제는 발생하지 않는다. 그런데 공장에서는 접촉식이었는데 반해서
실험실에서는 열풍에 의한 것이었다면 고착시간을 조절해 주어야만 한다.

5) 현색조건

재현성을 좋게 하기 위해서는 다음 사항을 주의해야 한다.

- ① 현색액의 픽업
- ② 스티밍온도 및 시간
- ③ 수세
- ④ 산화시의 pH
- ⑤ 소우핑온도 및 시간

이 같은 요인들에 대해서 실험실에서나 공장에서도 같아야 한다. 이를 위해 실험실에서는 위의 요인들에 대해 재현성이 있도록 해야 한다. 공장에서의 결과를 실험실에 적용해가면서 재현성을 얻는 방법도 있지만 별로 좋은 방법은 아닌듯하다. 재현성을 얻기 위해서는 실험실과 공장기술자간의 정보 교환이 원활해야만 한다.

실험실과 공장간에 재현성이 이루어지지 않았을 경우, 액처방의 수정 또는 색상수정이 효율에 미치는 영향을 다음 예를 통해서 알아보기로 하자.

가정

- 배치의 크기 : 2000m
- 첫번째 : 실험실처방으로 염색
- 두번째 : 수정에 따른 새 처방으로 염색
- 기계세팅시간 : 15분
- 처리속도 : 30m/분

$$2 \times 2000\text{m} = 4000\text{m} : 30\text{m/분}$$

$$=133\text{분}$$

$$2 \times \text{기계세팅시간} + 30\text{분} \\ = 163\text{분}$$

A) 색상수정을 1회 할 경우

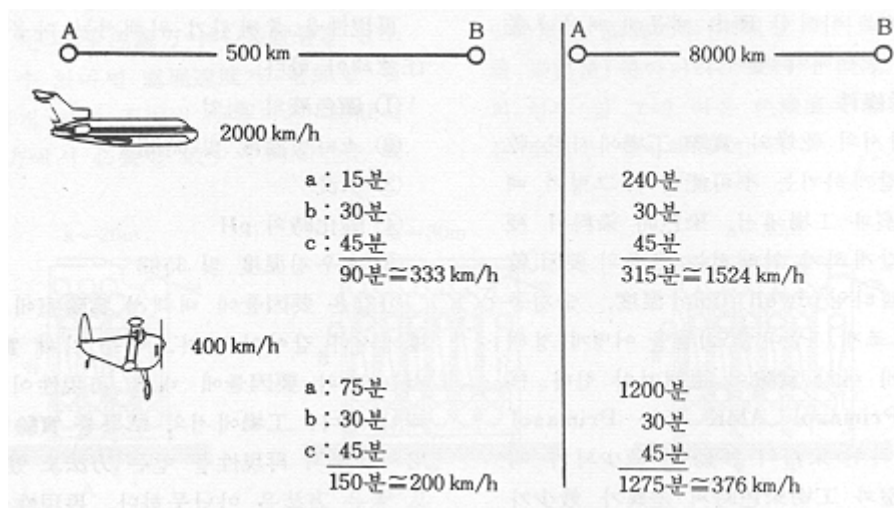
$$40\text{분} + 163\text{분} = 203\text{분} = 65.5\% \text{의 효율}$$

B) 색상수정을 2회 할 경우

$$80\text{분} + 163\text{분} = 243\text{분} = 54.7\% \text{의 효율.}$$

이 같은 예는 결코 극단적인 경우가 아니며 재현성을 보장하기 위한 어떤 투자나 방법도 그만한 가치가 있으며, 그로 인해 효율이 증가한다는 것을 일깨워준다. 또 한가지 중요한 사실은 실험실처방의 재현성이란 제목하에 언급했던 인자들의 대부분은 재현성뿐만 아니라 반복성에도 영향을 미친다는 것이다. 이 두 가지는 동시에 이루어져야 할 성질의 것들이다.

배치길이와 실제속도간의 상관관계를 비교하는 예가 그림6이다.



<그림 6> 제트기와 프로펠러기, 단거리와 장거리의 비교

5. 결 론

지금까지 다루었던 공정의 기술적인 측면이외에도 연속염색의 경제성에

영향을 주는 중요한 인자들이 있는 데 다음과 같다.

- ① 염료의 물리, 화학적 성질
- ② 조제의 성질
- ③ 공정관리(예를 들어 다양한 패드 드라이 배치들을 하나의 현색배치로 처리)
- ④ 기계를 정지하지 않고서도 플라잉칼라체인지를 할 수 있는 능력

대량의 염색물을 처리했던 기존의 연속염색공장들이 염색물량의 소량화에 따른 비용손실을 가능한 한 최소화시키기 위해서는 각 공정들을 면밀히 연구, 검토해야만 할 것이다.