

## 면포의 염색가공(3)

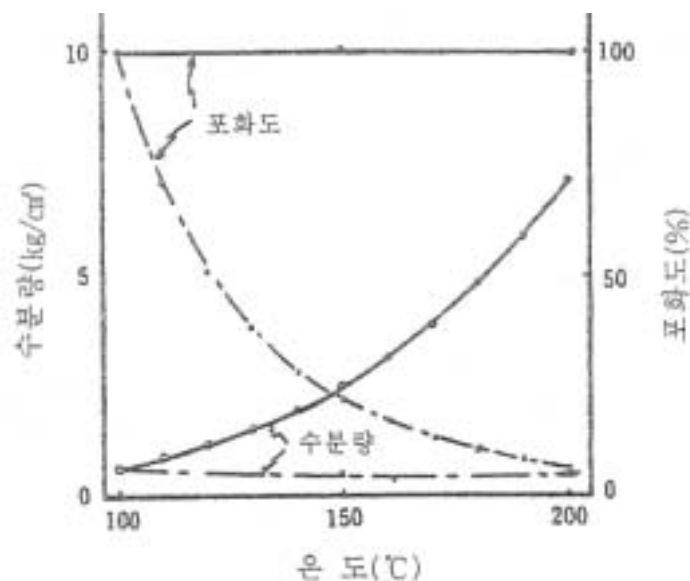
### - 면포의 염색(7) -

#### 3.4.3 과열증기

##### (1) 과열증기(superheated steam)

과열증기는 건조, 열처리, 염색 등에 주로 사용되는데, 이용면의 여하에 관계없이 처리 시간의 단축, 황변(yellowing)방지, 태(handle)의 향상 등에 대한 이점을 지적할 수 있다.

과열증기 처리에 의한 포의 온도와 흡습도의 변화는 <그림 3.44>에 나타낸 것처럼 100°C까지의 승온속도는 포화증기와 거의 대등하다. 이런 원인은 증열기 내에서 응축수에 의한 포의 가열이 과열증기도 포화증기와 같거나 또는 같은 수준으로 행해진다는 것을 의미한다.



<그림 3.49> 증기의 수분량 및 포화도와 온도의 관계

<표 3.16> 각종 고착법의 적합 및 부적합

| 섬유 종류            | 염료 종류        | 포화증기법    |              | 과열증기법    | 베이킹법     |
|------------------|--------------|----------|--------------|----------|----------|
|                  |              | 100~105℃ | 120~130℃     | 130~220℃ | 120~220℃ |
| 면                | Procion M    | ●        | ○            | ●        | ●        |
|                  | Procion H    | ○        | ○            | ●        | ●        |
| 비스코스 레이온         | Procion M    | ●        | ○            | ●        | ●        |
|                  | Procion H    | ○        | ○            | ●        | ○        |
| 면                | 배트염료         | ●        | ○            | ○ 공기 제거  | ×        |
|                  | 직접염료         | ○ 2~4분   | ●            | ○ 견뢰도 불량 | ×        |
| 폴리에스테르           | 분산염료         | ×        | ○ 130℃, 2~5분 | ●        | ●        |
| 나일론              | Procionyl 염료 | ×        | ○ 2분         | ●        | ●        |
|                  | 분산염료         | ×        | ○ 2분         | ●        | ●        |
|                  | 산성염료         | ×        | ○ 2분         | ○ 개발중    | ×        |
| 아세테이트<br>트리아세테이트 | 분산염료         | ●        | ●            | ●        | ○        |

(주) : (●) : 적합, (○) : 다른 방법이 보다 더 적합, (○) : 별로 좋지 않음, (×) : 부적합

과열증기 속의 수분량은 고압포화증기에 비하면 매우 적기 때문에 그 포화도는 180℃에서 약 10%에 지나지 않는다. 그러나 <그림 3.49>에 나타난 것처럼 증기속에 존재하는 수분의 절대량은 100℃의 포화증기에 비해 그다지 적지않기 때문에 잠열(latent heat) 가열시의 응축수량은 100℃의 포화증기와 과열증기가 거의 같다. 다만 과열증기에서는 일단 응축된 물도 불포화 상태의 고온증기에 의해 비교적 단시간내에 건조되는데, 응축수에 의한 섬유의 팽윤 및 유리전이점의 저하 등 물에 의한 섬유분자의 운동성 향상을 생각할 수 있다.

더욱이 응축수는 일종의 촉진제(carrier) 역할을 하는 외에 염료/조제계의 용제나 공용해제로서도 작용하므로 염색효과를 높인다. 그러나 응축수량은 가용성 염료의 용해나 염색을 유지할 만큼 충분하지 않고, 또한 응축수가 섬유상에 있는 시간도 짧아 물을 매개로 해야만 염색할 수 있는 염료종속에서

는 부적당하다. 한편, 염료의 고착을 건열(dry heat)법으로 충분히 할 수 있는 염료종속은 초기과정에서 응축수에 의해 용해되어 침투가 촉진되고, 후기과정에서 건열에 의해 섬유에 고착된다. 이런 의미에서 염료 종속에 따라 매우 뚜렷하게 적합 여부를 알 수 있는데, 예를 들면 <표 3.16>과 같다.

합성섬유 및 그 혼방품, 면도 건열처리할 때 황변이 일어나기 쉬운데, 과열증기나 포화증기를 사용함으로써 증기속의 공기량이 감소되고, 또한 처리시간이 단축되기 때문에 황변의 위험을 크게 감소시킬 수 있다.

## (2) 염색에서의 여러 요소

염색에서 고착(fixing) 매체로 과열증기를 사용할 때의 이점은,

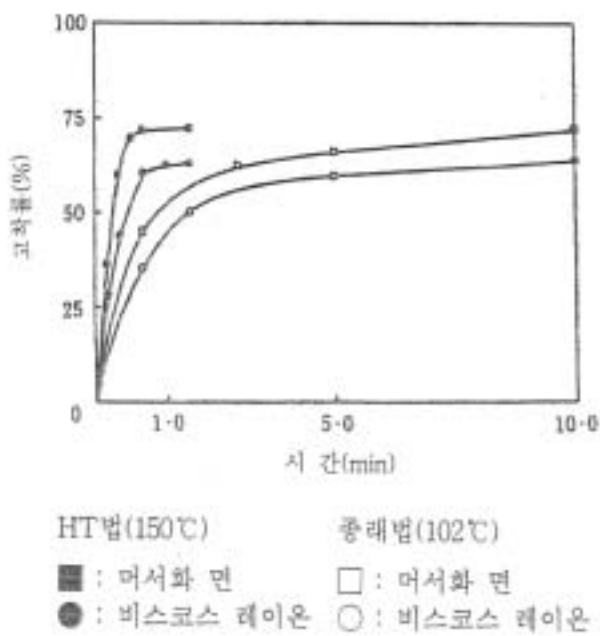
- ① 생산속도의 신속화
- ② 증기량의 절약과 조작 코스트의 경감

등이다. 예를 들면 고착시간에 대해 종래의 고착법과 과열증기법을 비교하면 <표 3.17>, <그림 3.50> 및 <그림 3.51>과 같으며, 종래법에 비해 과열증기법(HT법)의 고착시간이 확실히 단축된다. 그런데 위의 이점이 왜 생기고, 또 고착성을 지배하는 요소는 무엇인지에 대해서는 아직도 명확하지 않다.

섬유소(cellulose) 섬유를 반응성 염료로 염색하는 경우 중간건조 없이 바로 적외선으로 건열고착할 때의 함수량과 고착량의 시간적인 변화는 <그림 3.52>와 같다. 이 결과를 보면 면은 함수량이 10~20%에 이르면 약 10초 이내에 최고 고착량이 되고, 비스코스 레이온은 함수량이 14~25%가 되면 약 20초 이내에 최고 고착량이 된다.

한편 면의 흡습량은 <그림 3.45>를 보면 온도 100~200°C, RH 90~100%에서 그림 3.52의 결과와 거의 일치한다는 점에서 면이 항률건조하기 때문에 함수량과 염착을 촉진하기 위한 최소 함수량이 이 정도의 수분량이라고 이해할

수 있다.

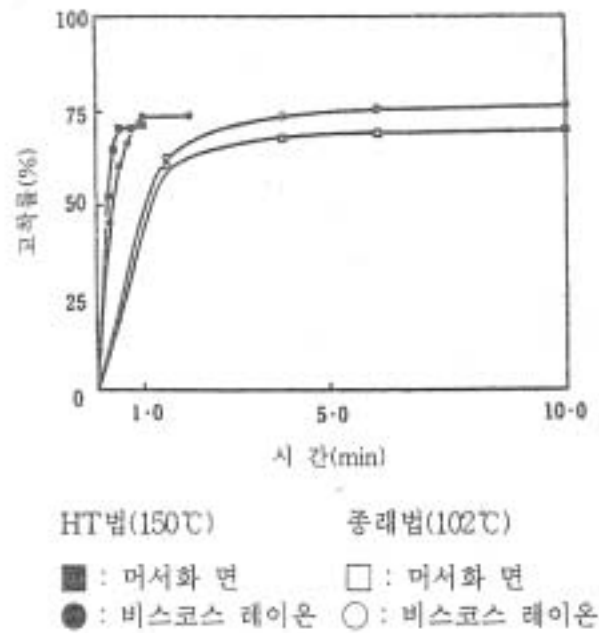


<그림 3.50> 과열증기법(HT)법과 포화증기법의 비교(Procion Golden Yellow H-RS)

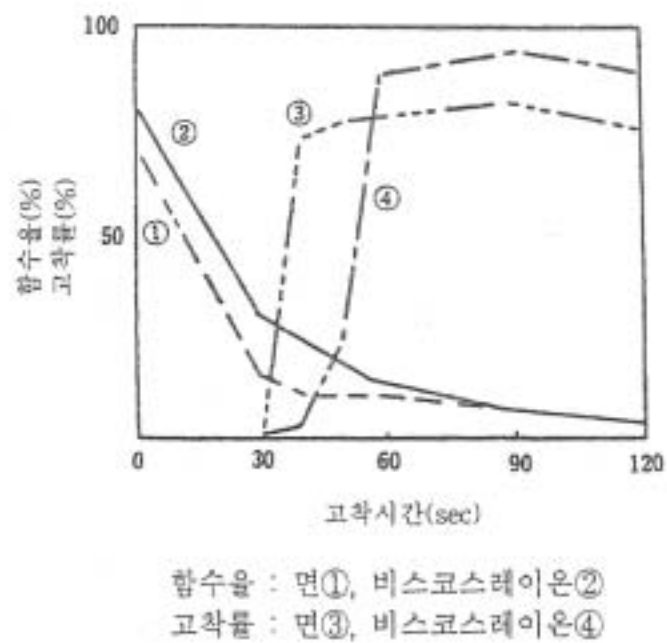
<표 3.17> 각종 고착법의 고착시간 비교

| 염료종속  | 섬유의 종류      | 고 착 시 간(분) |    |    |    |   |   |   |   |     |
|-------|-------------|------------|----|----|----|---|---|---|---|-----|
|       |             | 120        | 60 | 30 | 15 | 8 | 4 | 2 | 1 | 0.5 |
| 아 조 익 | 면           |            |    |    |    | ■ |   |   |   | ●   |
| 반 용 성 | 면, 비스코스 레이온 |            |    |    | ■  |   | ● |   | □ | ●   |
| 배 트   | 면, 비스코스 레이온 |            |    |    | ■  |   |   |   | □ | ●   |
| 분 산   | 나일론, 아세테이트  |            |    | ■  |    |   |   |   | ● |     |
|       | 트리아세테이트     |            |    | ■  |    |   |   |   | ● |     |
|       | 폴리에스테르섬유    | ■          |    | ■  |    |   |   |   | ● | ▼   |
| 케 티 온 | 폴리아크릴섬유     |            | ■  | ■  |    |   |   |   | ● |     |

(주) : ●과열증기법, ■증류의 스티머법, ●베이킹법, □flash ager법, ▼서머줄법, ▲가압증열법

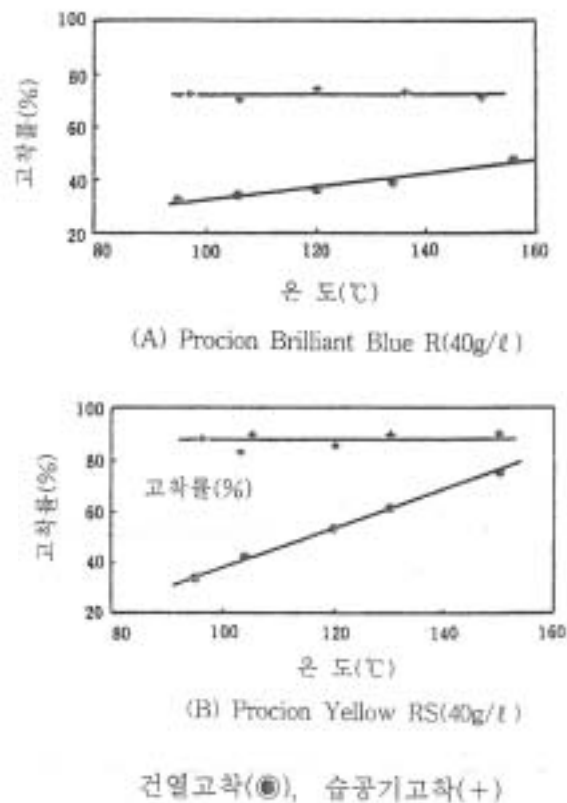


<그림 3.51> 과열증기법과 포화증기법의 비교(Procion Brilliant Red H-3BNS)



<그림 3.52> 섬유소섬유에 대한 반응성염료의 적외선 고착에서 함수율 및 고착률 변화(Cibacron Brilliant Red 2GP)

반응성 염료에 의한 면(cotton)의 염색에서 건조공기와 습공기(170L의 가열 오븐에 증기를 6g/min의 속도로 통과시킴)를 사용한 경우의 결과를 <그림 3.53>에 나타냈다. 그림에서 고착매체 중 수분을 함유한 습공기쪽이 건조공기보다도 고착률이 높음을 알 수 있다.



<그림 3.53> 반응성염료의 고착도에 미치는 수분의 영향(Viscose rayon)

그러나 염착을 촉진하기 위한 수분량은 염료의 염착기구, 염료의 용해도에 따라 뚜렷하게 변화한다. 예를 들면 섬유소 섬유의 염색에서는 반응성 염료와 같이 건열고착이 가능한 염료는 과열증기가 효과적으로 작용하지만 배트, 직접, 산성염료와 같이 건열고착이 불가능한 염료종속은 과열증기법의 초기 과정, 즉 응축수에 의한 염착과정만이 염착을 지배하기 때문에 수분부족에

의한 염착성 저하가 일어난다. 그러나 반응성 염료도 <그림 3.53>과 같이 건열만으로는 고착성이 상당히 저하한다.

과열증기법의 조제(auxiliary)로서 요소가 자주 사용되는데, 아직 그 작용기구는 명확하지 않은 점이 매우 많다. Baumgarte는 반응성 염료에 의한 섬유소 섬유 염색에서 요소의 작용을 연구하고, 요소에 의한 pH의 변동, 섬유소의 아미노화, 염료의 단분자화 등이 일어나지만 고착률을 바꾸는 주된 요소는 아니라고 언급하였다.

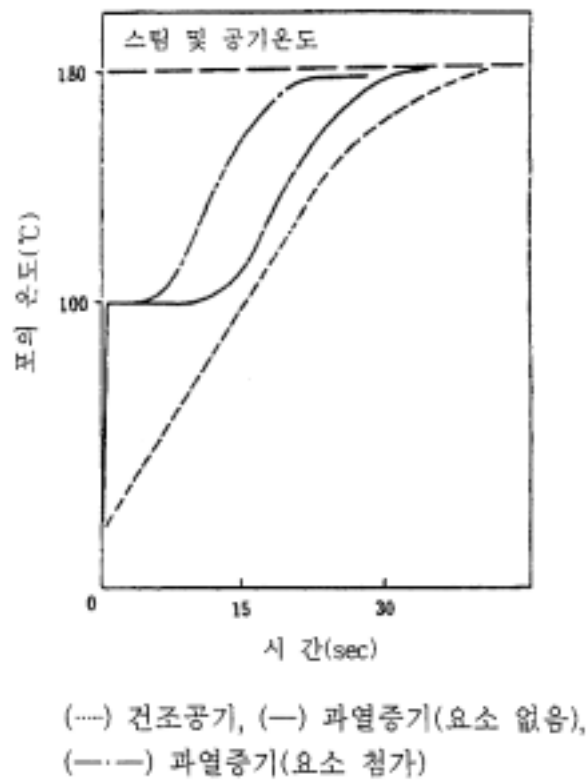
그러나 요소를 가하면 염료의 융점(melting point)이 현저히 저하한다. 또한 요소를 결정수(water of crystallization)가 있는 화합물과 함께 갈아으깨면 끈기(찰기)가 생기는데, 이것은 결정수 속에 요소가 녹아있기 때문이다. 염료/요소/섬유소 계에서는 염료와 섬유소가 지닌 결정수나 분자수에 요소가 용해되어 염료의 용해도를 높인다. 따라서 응축수의 일부가 증발하지 않는 것도 이러한 이유 때문이다.

이와 같은 염료의 융점 저하와 염료의 용해도 증가는 건열보다도 과열증기법에서 잘 일어나기 때문에 요소작용 외에 일부의 물도 효과를 높이는 원인이 된다. 염료의 융점 저하와 용해도 증가는 섬유기질로의 염료의 확산을 용이하게 하고, 동시에 요소 공융물(eutectic)은 포의 승온속도를 빠르게 하여 고착속도를 증가시키는 데에 기여한다. 이와 같은 요소의 작용은 분산염료(disperse dye)에 의한 함성섬유의 염색에서도 활용되고 있다.

<표 3.18>은 요소의 융점에 미치는 각종 첨가물의 영향을 나타낸 것이고, 또한 면포의 온도에 미치는 요소의 영향은 <그림 3.54>와 같다. 이들 결과를 보면 요소의 융점은 물이나 염료에 의해 현저하게 저하하고, 또한 포의 승온속도는 요소 첨가에 의해 증가한다.

<표 3.18> 요소 용점에 미치는 각종 첨가물의 영향

| 첨가물                         | 첨가량 | 용점  |
|-----------------------------|-----|-----|
| 없음                          | -   | 131 |
| 물                           | 5   | 105 |
| 물                           | 10  | 50  |
| Duranol Blue TR             | 50  | 106 |
| Duranol Brilliant Violet BR | 50  | 110 |

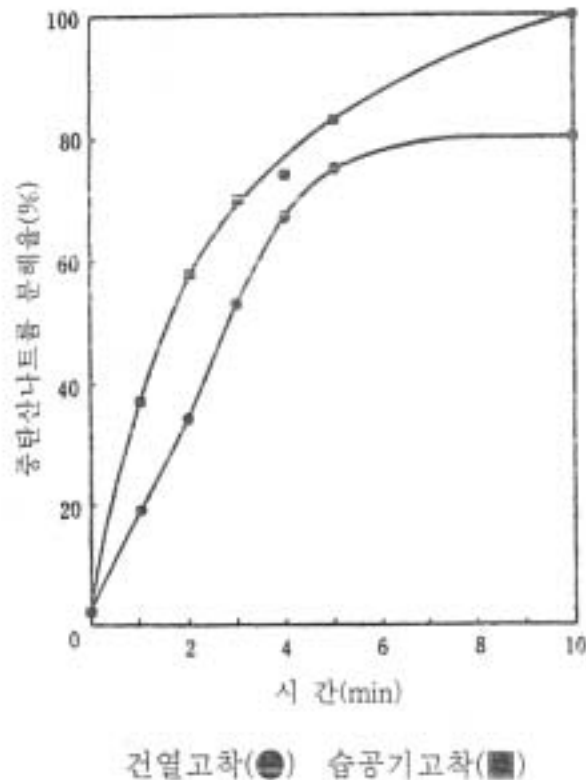


<그림 3.54> 가열매체의 종류 및 요소의 유무에 의한 포의 승온속도 변화  
(가열매체온도 : 180℃)

반응성 염료의 고착제로서 냉염형으로는 중탄산나트륨( $\text{NaHCO}_3$ )을 사용하는데, 이것이 고착시에 분해하여 탄산염으로 되는 속도가 수분으로 급속히



가속되어 고착속도를 빠르게 한다. 예를 들면 건조공기와 습공기에서 중탄산나트륨의 분해속도를 <그림 3.55>에 나타냈는데, 전자에 비해 후자에서 분해속도와 분해율이 높아 반응성 염료의 고착을 키게 촉진시킨다.



<그림 3.55> 중탄산나트륨의 분해속도에 미치는 고착매체의 영향  
(면포, 105°C가열, 중탄산 나트륨 부여량 1% owf)

이상의 결과에서 알 수 있듯이 과열증기법은 건조공기법에 비해 수분과 열을 동반한 각종 효과로 인해 고착속도, 더 나아가 생산속도의 향상을 기할 수 있다. 예를 들면 각종 고착기의 생산속도와 관계가 있는 지표를 나타내면 <표 3.19>와 같으며, 증열시간, 생산량 및 기계용량 등에서 과열증기법이 종래법 보다도 우수하다.

<그림 3.19> 섬유소 섬유를 Procion 염료로 날염하는 경우의 고착법 비교

| 고 착 법                        | 포의 용량<br>(yd) | 증열시간<br>(min) | 약제코스트<br>증가율(%) | 생산량<br>(yd/hr)                           | 12시간 교대시의<br>생산량(yd) |
|------------------------------|---------------|---------------|-----------------|------------------------------------------|----------------------|
| 로울러형 베이킹기                    | 80            | 5             | 10%<br>(尿素)     | 960                                      | 11,500               |
| festoon steamer<br>(懸垂式 증열기) | 600           | 15            | -               | 2,400* (1捲)<br>4,800 (2捲)<br>7,200* (3捲) | 27,600~82,800        |
| 과열증열기                        | 60            | 0.5~1.0       | 10%<br>(요소)     | 3,600*<br>7,200*                         | 41,400~82,800        |
| flash ager<br>(수평형 증열기)      | 10~30         | 0.5           | -               | 1,200<br>3,600                           | 13,800~41,400        |

(주) : \* : 비스코스 레이온, + : 머서화 면