

# Magnetostrictive형 초음파장치를 접목한 액류염색

서말용 · 김삼수\* · 백지연\* · 허만우\*\* · 이승구\*\*\*

한국섬유개발연구원

\*영남대학교 공과대학 섬유패션학부

\*\*경일대학교 섬유공학과 섬유패션학과

\*\*\*(주)몰코

## 1. 서언

섬유의 습식공정 특히 염색가공공정에서는 막대한 양의 용수와 전기, 열 및 에너지가 소모되고 있으며, 시간단축과 에너지 절감 및 품질개선을 위하여 라디오파, 마이크로파, 적외선 등 전자파의 응용이 가시화되고 있으며, 음향학적으로 초음파의 접목도 연구되고 있다. 일반적으로 초음파(Ultrasonic)는 인간의 가청주파수(16~20KHz) 이상의 주파수를 가진 음파로 보통 20KHz~50MHz의 범위에 있는 음파를 초음파로 정의하며, 공기분자의 물리적인 소밀로 인한 캐비테이션(cavitation)으로 수중에서 격렬한 진동이 부가되고, 그 진동이 한계에 달할 때 기포가 발생한다. 이 기포가 부딪혀 합쳐지고 다시 파괴될 때 고압의 충격파가 생긴다. 바로 이러한 충격파를 이용하여 섬유산업의 습식염색가공에 초음파를 접목하려는 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 magnetostrictive형 초음파장치(15.6kHz)를 액류염색기에 6set 부착하여 P/NP 복합소재를 염색했을 때 초음파 접목·미접목시 염색성의 변화와 염색공정에 초음파의 접목가능성을 검토하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

시료로는 30<sup>IS</sup> N/C 교직물과 P/NP 복합소재를 CPB에서 전처리하여 사용하였으며, P/NP는 buffing과 brush를 하였다. 시약은 공업용 시판품으로서 NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 정련제(CSR), 침투제(BC), 균염제(RP2599) 등이며, 염료는, ERIONYE Yellow AR, ERIONYE Red A2BF, ERIONYE Blue AR, Dianix Yellow S-4G, NAVILON Rubine S-2GFL, BERACRON Blue 2G SFN 등이다.

### 2.2 실험방법

써클러 염색기에 15.6KHz 주파수 특성을 갖는 magnetostrictive형 트랜듀서(USP-S, (주)몰코)를 6set 부착하여 사용하였으며, N/C 교직물과 P/NP 복합소재에 대하여 승온속도와 leveling 시간을 달리하여 초음파 접목·미접목 염색하였으며, 50, 60, 70, 80, 90℃일 때 잔욕과 피염물이 채취해 염색성을 살펴보았다.

#### 2.2.1 흡광도(Abs.) 측정

초음파 접목/미접목 염색시 50, 60, 70, 80, 90℃에서 염욕을 채취하여 N/C 교직물은 5배(P/NP 교직물은 26배)로 묽힌 다음 UV-Visible Spectrophotometer(CARY-3E : VARIAN(미))을 사용하여 흡광도를 측정하였다.

### 2.2.2 염착성 측정

C.C.M. (Data Match Spectraflash 50, Data color International(미))을 이용하여 염색시료의 표면반사율을 각각 3회 측정한 다음 그 평균치로 Kubelka-Munk 식에 따라 K/S값을 산출하였다.

### 2.2.3 염색건뢰도 측정

세탁건뢰도는 미국 Atlas제 Launder-O-Meter를 사용하여 KS K 0430의 A-2법, 일광건뢰도는 미국 Atlas제 Fade-O-Meter를 사용하여 KS K 0700의 표준퇴색시간법, 승화건뢰도는 일본 Eyela사의 WFO-600ND Drying Oven을 사용하여 KS K 0651법, 마찰건뢰도는 영국 Jame H. Heal사제 마찰건뢰도 시험기를 사용하여 KS K 0650법으로 측정하였다.

### 2.2.4 Listing 측정

초음파 접목/미접목 염색시료에 대해서 경사방향 50yds 위치에 4곳에서 폭방향으로 4개의 시료(I, II, III, IV)를 채취하여 K/S치를 측정하여, 최대흡수파장에서 K/S치의 최고값과 최저값의 차이로 겉보기 listing 현상(폭 방향 염색일률)을 검증하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 초음파 접목/미접목 염색시 온도별 염욕의 흡광도

Fig.1은 초음파를 접목한 N/C교직물과 P/NP 복합소재의 염색시 염색잔욕에 대한 파장에별 흡광도(Abs)를 나타낸 것이다. Fig.1에서 알 수 있는 바와 같이 동일한 온도에서 초음파를 접목한 것이 상압 염색과정에서 뿐만 아니라 염색완료 즉 수세전 냉각 70℃에서도 미세하게 흡광도가 낮은 것으로 보아, 초음파 접목했을 때 염착성이 높아지는 것을 알 수 있으며, 이는 초음파의 캐비테이션 현상으로 말미암아 염료의 분산성의 증대와 염착속도가 가속화되었기 때문인 것으로 생각된다.

### 3.2 초음파 처리에 따른 분산 염료의 분산성

분산염료는 물에 난용성의 염료로서, 폴리에스테르 섬유 염색에서 염욕내 분산성은 균염성과 염색속도 등에 영향을 미치는 매우 중요한 요소로 평가되고 있다.

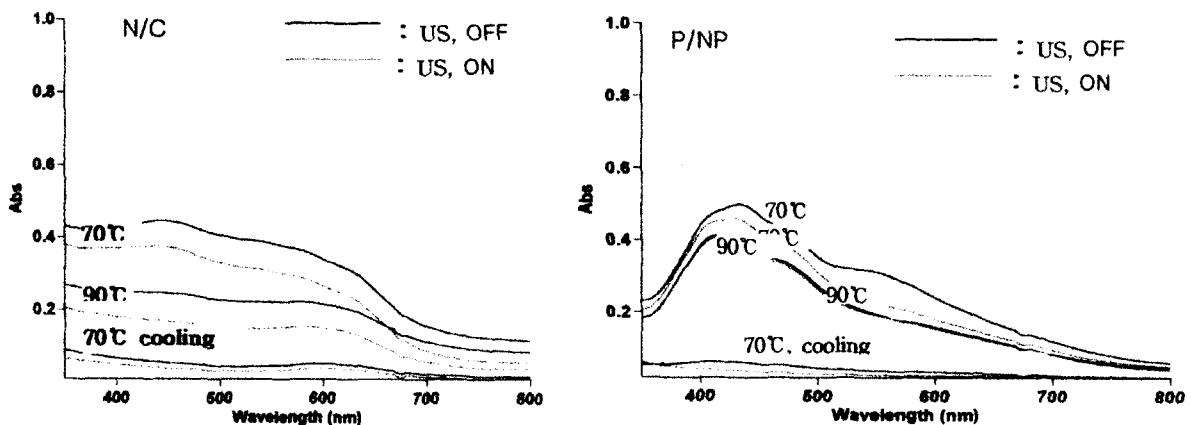


Fig.1 Abs with respect to wavelength

분산안정성은 염료의 입자크기가 작고 일정할수록 우수하며, 염색 과정 중에 직물에 발생하는 얼룩 또는 반점을 방지하고 염욕에 대한 염료의 용해도를 증가시키기 위해 입자크기가 작은 0.5~2 $\mu\text{m}$  까지 분쇄한다. 이 연구에서는 초음파가 분산염료의 분산성과 분산거동에 미치는 영향을 평가하기 위해 입도 분포 측정기로 입자의 크기를 측정하였다.

분산제를 사용하지 않을 경우에는 염욕의 온도와 염욕 내에서의 분산 시간이 증가할수록 회합된 염료의 segregation이 증가하여 입도 분포가 감소함을 볼 수 있는데 이는 가용화된 염료입자 수가 점차 증가하는 것에 기인한다고 생각한다. 특히 초음파 처리 시 염료의 입자 크기가 작은 것을 볼 수 있는데, 초음파 에 의해 염료의 aggregation 및 agglomeration 이 파괴되어 분산성이 증가한 것으로 일어나는 것으로 추정할 수 있다.

0.1g/l농도의 분산제를 첨가한 염욕에서는 분산제의 가용화 효과로 인해 분산제를 첨가하지 않은 경우와는 달리 초음파처리 유무가 염료의 입도에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 염욕의 온도와 처리 시간이 증가하여도 입자의 크기가 감소하지 않지만 초음파 처리 시에는 입자 분포가 현저히 감소함을 볼 수 있다. 특히 같은 온도에서 0.1g/l의 분산제를 사용한 경우보다 분산제의 첨가 없이 초음파를 처리한 경우가 염료의 segregation이 더욱 증가한 것을 알 수 있다.

**Table 1.** Particle size of C.I. Disperse Blue 14 with or without ultrasonic treatment. (unit: $\mu\text{m}$ )

Temp.( $^{\circ}\text{C}$ )	ultrasonic untreated		ultrasonic treatment	
	1hr	2hr	1hr	2hr
without dispersing agent	60	66	38	28
	80	41	32	15
with dispersing agent	60	28	21	9
	80	20	18	8

### 3.3 염욕의 탁도변화

Table 2는 초음파 접목/미접목 염색시 냉각 70 $^{\circ}\text{C}$ 에서 염욕의 탁도를 나타낸 것이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 N/C 교직물에서 초음파 접목시 79, 미접목시 80으로 거의 동일한 수준이나, P/NP 복합소재에서는 초음파 접목시 29, 초음파 미접목시 54로서 초음파를 접목했을 때가 탁도가 2배 정도 감소함을 알 수 있다. 이는 빛의 통과를 방해하거나 가시심도(visual depth)를 제한하는 염료 등 부유물질들의 크기가 초음파의 캐비테이션(cavitation)에 의해 파괴(미립자화)되기 때문인 것으로 고찰된다.

**Table 2.** Turbidity of dyeing bath before washing (at 70 $^{\circ}\text{C}$ )

Condition	N/C		P/NP	
	ON	OFF	ON	OFF
Turbidity	79	80	29	54

### 3.4 Listing 현상 (폭방향 균염성) 비교

Table 3은 N/C 교직물을 초음파 접목/미접목으로 【Method-1】 조건으로 염색했을 때 폭방향의  $\Delta K/S (=K/S_{max} - K/S_{min})$ 와 K/S 평균, 표준편차를 나타낸 것이다.

Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 초음파를 접목했을 때  $\Delta K/S$ 의 최대치는 0.24, 초음파를 미접목했을 때  $\Delta K/S$ 의 최대치는 0.21로서 N/C 교직물 염색시 초음파를 접목하면 폭방향의 균염성에 심한 것으로 나타났으며, 이는 산성염료 자체가 수용성으로서 이온결합할 뿐만 아니라, 나일론 섬유자체도 염착좌석을 갖고 있기 때문에, 염착속도가 빨라지므로

**Table 3.** Listing phenomenon of N/C fabrics dyed by 【Method-1】

Location	K/S value 【Method-1】											
	ON						OFF					
III	2.72	2.72	2.64	2.66	2.73	2.61	2.61	2.76	2.63	2.65	2.60	2.60
I	2.66	2.67	2.65	2.70	2.84	2.64	2.70	2.70	2.70	2.65	2.72	2.40
IV	2.67	2.77	2.69	2.67	2.60	2.66	2.70	2.70	2.60	2.74	2.71	2.60
II	2.65	2.72	2.62	2.62	2.66	2.63	2.68	2.70	2.65	2.64	2.56	2.61
$K/S_{max} - K/S_{min}$	0.07	0.10	0.07	0.08	0.24	0.05	0.09	0.06	0.10	0.10	0.16	0.21
Mean	2.6750						2.6504					
Std. Dev.	0.0547						0.0749					
95% Conf.	0.0231						0.0316					

**Table 4.** Listing phenomenon of P/NP fabrics dyed by 【Method-6】

Location	K/S value 【Method-6】											
	ON						OFF					
III	10.06	10.35	10.31	9.96	10.16	9.84	9.99	9.77	9.78	9.49	9.34	9.50
I	10.00	10.04	10.28	10.46	10.26	9.80	9.91	9.71	9.93	9.38	9.35	9.73
IV	10.23	10.51	10.01	10.22	9.93	10.04	9.72	9.40	9.43	9.88	9.25	9.37
II	9.99	10.22	10.23	10.32	10.40	9.95	10.29	9.55	9.68	9.65	9.32	9.56
$K/S_{max} - K/S_{min}$	0.24	0.47	0.30	0.50	0.47	0.24	0.57	0.37	0.50	0.50	0.10	0.36
Mean	10.1487						9.6242					
Std. Dev	0.1953						0.2586					
95% Conf.	0.0825						0.1092					

불균염이 발생하는 것으로 보인다. 한편 Table 4는 P/NP 교직물을 초음파 접목/미접목으로 【Method-6】 조건으로 염색했을 때 폭방향의 균염성을 나타낸 것이다. Table 4에서 알 수 있는 바와 같이 초음파를 접목했을 때  $\Delta K/S$ 의 최대치는 0.50, 초음파를 미접목했을 때  $\Delta K/S$ 의 최대치는 0.57로서 P/NP 교직물 염색시 초음파를 접목하면 폭방향의 균염성은 향상되는 것으로 나타났다.

### 4. 결론

Diferal 자기왜곡소자형 트랜듀서를 부착한 Pilot염색과 현장 액류염색기에서 N/C 교직물과 P/NP 복합소재를 여러 염색조건으로 염색한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 염료 Disperse Blue 14의 분산제 첨가, 초음파 미접목시 입자 사이즈는  $20\mu\text{m}$ , 동일 조건에서 초음파 접목시  $8\mu\text{m}$ 로서 분산염료 입자가 약 2.5~3배 작았으며, P/NP 복합소재의 염색시 탁도는 초음파 접목시 29, 초음파 미접목시 54로서 초음파를 접목했을 때가 탁도가 2배 정도 낮았다.

2. N/C 교직물 염색에서 초음파 접목시 승온속도를 2배로 증가시켜 20min. 시간단축 염색이 가능하였으나, 폭방향  $\Delta K/S$ 가 초음파 미접목 염색때보다 커서 listing(폭방향 불균염) 현상이 발생하였다.

3. 초음파를 접목하여 P/NP 복합소재 염색시 승온속도를  $2.0^\circ\text{C}/\text{min}$ .로 하면 염색시간을 29.5%(51min.) 단축할 수 있었으며, 승온속도  $3.0^\circ\text{C}/\text{min}$ .일 때는 38.7%(67min.) 염색시간을 단축할 수 있었다. 초음파 접목시 폭방향 균염성도 초음파 미접목시보다 우수하였다.