Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers
Vol. 11, No. 5, pp.1~6(1999. 10)

〈硏究論文(學術)〉

폴리에스테르 섬유의 호발과 정련에서 초음파진동 효과

박영태 · 최호상 · 이광수*

경일대학교 공과대학 화학공학과
*(주)삼일산업

(1999년 6월 29일 접수)

The Effect of Ultrasonic Vibration in Desizing and Scouring of Polyester Fabrics

Young Tae Park, Ho Sang Choi, and Kwang Soo Lee*

Dept. of Chemical Eng., College of Eng., Kyungil University, Kyungsan, Korea
**Samill Industrial Co. Ltd., Taegu, Korea*

(Received June 29, 1999)

Abstract—This study was carried out to investigate the effect of a scouring machine including an ultrasonic system on desizing and scouring polyester fabrics. The ultrasonic frequency of the improved machine showed up at 28.882 kHz. Frequency amplitude increased with the current and the bath temperature, and then showed a constant level. Scouring effect of the ultrasonic machine was better than that of the conventional scouring machine using the mechanical stirring. The ultrasonic machine showed the optimum scouring effect at 50℃ of bath temperature and 10 min. of operation time, as compared to the conventional machine that required operating conditions of high temperature at 90℃, stirring speed at 40 rpm, and stirring time for 15 min..

1. 서 론

섬유가공산업에서 전처리 공정은 섬유의 최종 품질을 좌우하기 때문에 매우 중요하다. 전처리공정의 불량이 곧바로 제품의 품질에 영향을 주기 때문에 많은 연구자 들에 의하여 연구되고 있는 실정이다[1,2]. 특히 섬유의 전처리 공정은 가열, 냉각, 건조 등의 조작을 포함하고 있으므로 에너지가 대량으로 소비가 되므로 에너지 절약형이고, 환경 오염물이 적게 배출되는 공정의 개발이 매우 시급한 실정이다. 최근에 섬유의 전처리 공정은 호발, 정련, 표백의 3단계를 단일공정화(일욕법)하여 10분 이내로 줄이고 있다. 호발, 정련, 표백을 일욕법으로 처리 할 때에는 각각의 대상 직물에 대하여 사용하는 화학약품의 선택, 체류실 내의 약품 농도와 온도, 약품액과 직물의 진동상태 등에 대한 자료가 필요하다[3,4].

체류조의 설계에는 체류실 내의 약품액과 직물의 접촉을 원활하게 하고, 탈리된 오염물의 재부착을 방지하며, 또한 액의 농도를 전체 체류실 내

에서 일정하게 유지하여 오염물 탈리의 기전력을 크게 하는 것이 매우 중요하다. 따라서 진동방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 진동 방법중의 하나로서 초음파기술을 응용하는 것은 잘 알려진 사실이나 아직 공정 중에 사용된 예는 극히 드물다. 섬유공업의 각 공정에 초음파 기술을 응용하고자 하는 시도는 오래 전부터 행해져 왔다[5,9]. 그러나 지금까지의 보고나 특허 등을 종합하여 보면 초음파 응용기술이 모두 실험적 규모이며, 일부 실용화되고 있는 부분도 있지만, 아직 대부분이 일반화되지 못하고 있다. 초음파에 의한 정련 수세 메카니즘은 캐비테이션으로 발생된 기포가 파괴될 때 일어나는 충격파에 의하여 섬유에 부착된 호제와 이물질들을 효과적으로 분리시키는 것이다. 본 연구에서는 섬유의 전처리를 연속식 일욕법으로 처리하는 장치를 개발하기 위한 기초 자료를 얻고자 한다. 각 직물들에 대하여 보통의 기계적인 교반방법과 기존 시판의 초음파장치 및 본 연구에서 실제로 제작한 초음파 정련기를 이용하여 일욕법 정련실험을 통하여 그 결과를 비교 분석하여 일욕법 전처리 공정에 초음파의 사용 가능성을 조사하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

실험에 사용한 기계식 교반정련장치는 항온조 내에 공기 냉각기를 부착한 정련조를 장치하고, 가변속도를 갖는 교반기로 교반하였다. 온도는 항온조를 사용하여 일정하게 유지하였으며, 기존의 시판 초음파장치는 Branson ultrasonic cleaners model 2210 (frequency 47kHz, input power 125W)를 사용하였다.

본 연구에서 제작한 초음파 정련기는 자왜형 ferrite 진동자를 6개 조합한 초음파 발진기를 사용하였으며, 초음파정련기의 크기는 65×50×50cm로 하였다. 수면조절 센서를 부착하여 초음파 발진시 수면의 높이를 일정하게 유지하게 하였다. 또한 섬유의 정련효과를 향상시키기 위하여 섬유의 종류에 따라 정련조의 온도를 조절할 수 있도록 열전대가 부착된 6㎾ 히터를 부착하였다. 한편, 정련기에 초음파 발진기의 장착은 정련기 바닥에 직접 고정시키지 않고 서포터를 이용하여 고정시키는 투입법을 사용하였으며, 이는 진동에 의한 발진기의 움직임을 방지하여 내구성을 높이고, 물의 파동효과를 일정하게 하여 정련효과를 균일하도록 하였다. Fig. 1에 초음파 발생장치의 회로도를 나타내었다. 주파수와 진폭의 측정은 digital oscilloscope(Lecroy 9314AM, USA)을 이용하였다.

실험에 사용한 시료직물의 특성치는 Table 1에 수록하였으며, 주로 폴리에스테르 직물을 사용하였다. 가성소다, 과산화수소, 탄산소다, 라우릴벤젠설포네이트, 트리폴리인산소다 등은 모두 1급시약을 처리없이 사용하였다.

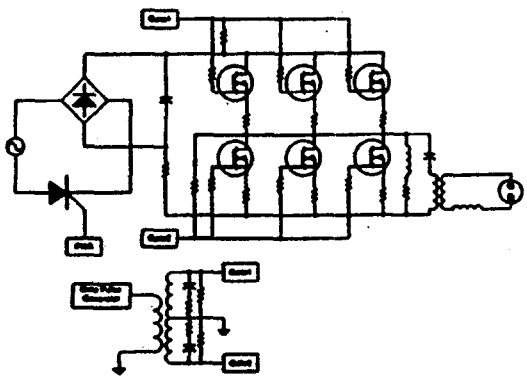

Fig. 1 Circuit of the ultrasonic system.

실험의 순서는 50℃의 물에서 10분간 침적 후 정련조에서 온도를 30~95℃로, 교반속도는 10~50rpm, 시간은 5~90분으로 변화하면서 정련 후 60℃에서 5분간 수세하였다. 정련과 수세 전후에 105℃에서 2시간 동안 건조 후 무게를 측정하고 연감률(練減率)을 다음 식에 의하여 계산하였다[6]. 일반 정련과 초음파를 이용한 정련은 같은 조건으로 하여 비교 하였다.

$$\text{연감률}(\%) = \frac{W_o - W}{W_o} \times 100$$

여기서, W_o는 정련 전의 시료 무게, W는 정련 후의 시료 무게이다. 제거율(X)은 원래의 가호율(加糊率)에 대한 연감율의 비로서 다음 식으로 계산하였다.

Table 1. The properties of sample fabrics

	sample 1	sample 2	sample 3	test method
density (ea/inch)	warp 127 weft 70	warp 226 weft 85	warp 123 weft 81	KS K 0511
yarn(D)	warp 168.1 weft 222	warp 80 weft 75	warp 80 weft 155	KS K 0415
raw fabrics	warp PET weft PET	warp PET weft PET	warp PET weft PET/nylon	KS K 0210
sizing ratio(%)	8	7	9	JIS L 1095

$$X(\%) = \frac{\text{연감률}}{\text{가호율}} \times 100$$

정련욕의 조성은 가성소다 2~5g/l, 라우릴벤젠 설포네이트 1~3g/l, 트리폴리인산소다 1~3g/l, 소다회 2~4g/l, 과산화수소수 0.3~1g/l의 범위 내에서 사용하였다. 실험에 사용한 직물과 정련액의 비율은 1 : 50 으로 하였다[7,8].

정련상태의 확인은 본 실험에 사용된 직물에 부착한 호제가 모두 아크릴계이므로 cation red dyestuffs으로 염색하여 행하였다. 염액의 pH는 4~5로 하고, 0.5% o.w.f.기준으로하여 60℃에서 10분간 염색하여 그 발색 정도를 비교하였다. 장치는 항온조 내에서 염액의 양이 일정하게 유지되도록 환류냉각기가 부착된 삼각플라스크를 이용하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 초음파 발진시험

제작한 초음파 정련기의 성능과 특성을 알아보기 위하여 먼저 제작된 초음파 발진기의 주파수와 파장을 검토하였다. 물이나 수성세제를 이용할 때 동공의 물리력으로 정련하는 경우에는 확실히 저주파가 유리하며 20~30kHz가 널리 사용된다[11]. Fig. 2는 제작한 초음파 발진기에 전압을 가하였을 때 발생되는 초음파의 개형이다. 그림으로부터 산출된 주파수는 26.882kHz이었다[10]. 한편, 물 속에서 초음파의 전달속도가 1.5×105cm/s의 값을 나타내므로, 이로부터 산출된 초음파의 파장은 5.58cm의 값을 나타냈다. 이것은 세척효과가 강한 수중 초음파 영역에 위치함을 알 수 있다[5,9].

초음파 발진기의 특성이 정련에 주된 영향을 미치지만 섬유의 종류, 형태, 양 그리고 정련온도 및 시간 등의 여러 가지 정련 조건에 따라서 정련 효과는 상당히 달라진다. 일반적으로 파장이 짧은 고주파가 음파의 활성이 강하여 정련효과가 높다. 초음파의 특성인 주파수와 파장은 진동자의 소재와 초음파의 방사 매질에 의해 결정되므로 이는 초음파 정련기 설계시 초기 고정조건이 된다. 초음파 정련기의 정련효과를 향상시키기 위해서는 정련기 운전조건을 변화시키며, 이를 위하여 초음파 발진기에서 발생되는 초음파의 진폭을 증가시키는 것도 한 방법이다. Fig. 3은 전류의 증가에 따른 최대진폭의 크기를 나타내었다. 전류가 증가할수록 즉, 발진기에서 진동자로 공급되는 전력이 증가할수록 진폭은 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 진동자에 공급되는 전력이 증가함에 따라 초음파의 발생빈도는 증가되고, 발생된 초음파가 매질로 전달되어 갈 때 초음파의 중첩현상이 발생하기 때문이라 생각된다. 수면의 깊이에 대한 진폭의 크기는 수면의 깊이가 낮을수록 진폭은 커져야 할 것으로 사료되나 실험결과는 일관성을 보이지 않고 있다. 이는 전달 매질인 물속에 녹아 있는 미세한 기포들에 의해 초음파의 전달이 완화되는 등의 복잡한 요인들에 의한 것이라 생각되며, 최저 진폭도 같은 경향을 나타냈다. 그러나 전달매체인 물의 유동성 관점에서 살펴보면 최대, 최소 진폭 값의 차이가 클수록 물의 유동성이 커지므로 물의 움직임에 의한 정련효과는 커질 것으로 판단된다.

Fig. 4는 온도 변화에 따른 진폭의 크기를 나타내었다. 정련조의 온도가 증가할수록 최대, 최소 진폭은 증가하다가 일정해지는 경향을 나타낸다.

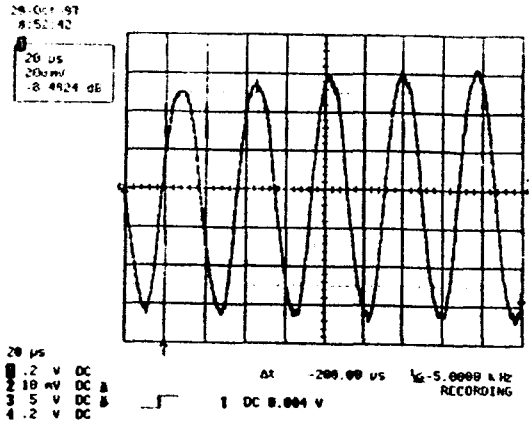

Fig. 2 The wave configuration of ultrasonic oscillator[10].

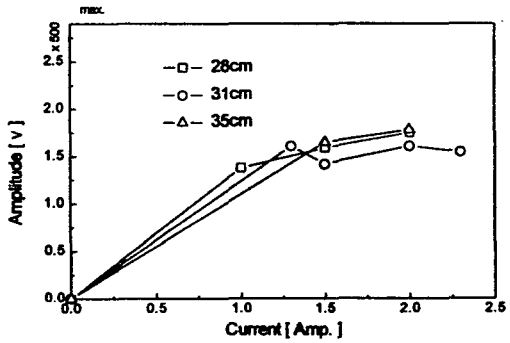

Fig. 3 The effect of amplitude with current variation(at 30℃).

정련조의 온도가 증가함에 따라 물의 밀도가 감소됨으로서 초음파 중첩효과가 약화되어 진폭은 크게 변화가 없는 것으로 생각된다. 일반적으로 정련력에 대한 온도의 영향은 온도가 증가할수록 증가한다. 세제의 화학 정련력을 이용한 경우에는 일반적으로 온도가 높을수록 물 속에서의 세제의 운동성과 섬유로의 침투성이 증가 및 활성이 증가되어 정련효과는 증가된다. 그러나 물리적 정련력을 바탕으로 한 초음파 동공효과는 온도가 상승함에 따라 동공이 발생하기는 쉽지만 공동 내의 가스압의 증가로 인하여 충격 음압이 저하되기 때문에 어느 온도 이상에서는 저하한다.

3.2 제거율에 대한 교반효과와 온도의 영향

제거율을 기계식 교반과 시판의 초음파장치를

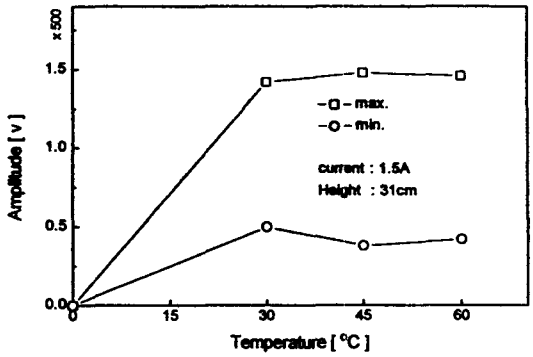

Fig. 4 The effect of amplitude with temperature variation.

이용한 정련에서 시간과 교반속도에 대한 영향을 Fig. 5에 나타내었다. 본 실험에서 정련액의 농도는 가성소다 1.5g/l, 라우릴벤젠설포네이트 1g/l, 트리폴리인산소다 1g/l, 소다회 1.5g/l, 과산화수소수 1g/l로 하였고, 실험온도는 50℃로 하였다. 이 그림에서, 기계식 교반의 경우 교반속도가 저속일 경우는 제거율이 교반속도 증가에 따라 증가함을 나타내고 있으나, 40rpm 이상에서는 거의 일정함을 보여 주고 있다. 이와 같은 실험결과를 토대로 이후 실험에서는 교반속도를 40rpm으로 설정하여 실험하였다. 정련에 있어서 시간의 영향은 20분 정도까지는 증가하는 경향을 나타내고 있으나 20분 이상의 범위에서는 거의 일정한 경향을 나타냄을 알 수 있었다. 한편 진동효과를 증대시키는 초음파를 사용하는 경우는 일반 정련시에 비하여 월등히 우수한 제거율을 나타내고 있다. 이와 같은 제거율의 향상은 초음파에 따른 정련효과가 증대되는 것으로 사료된다. 또한 이들 그림으로부터 교반속도를 높이는 것보다 초음파 사용에 의한 효과가 우수함을 알 수 있다.

시료 1번 직물의 제거율에 대한 온도의 영향을 Fig. 6에 도시하였다. 교반속도를 40rpm으로 일정하게 유지하고 온도와 시간 변화에 대한 제거율을 측정하였다. 이 그림에서 보여 주듯이 온도가 상승함에 따라 제거율이 증가함을 알 수 있다. 위 두 그림에서 직물 시료는 온도 증가에 따라서 증가함을 알 수 있고, 같은 정련 시간에 대하여 초음파 부착의 경우 50℃에서의 제거율이 일반 정련의 95℃에서의 제거율과 거의 비슷함을 알 수 있다.

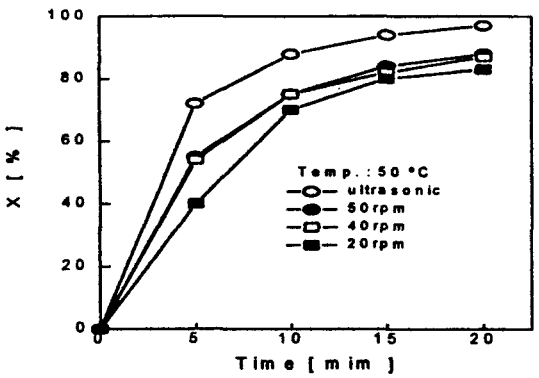

Fig. 5 The effect of time and stirring speed on removal ratio(sample 1).

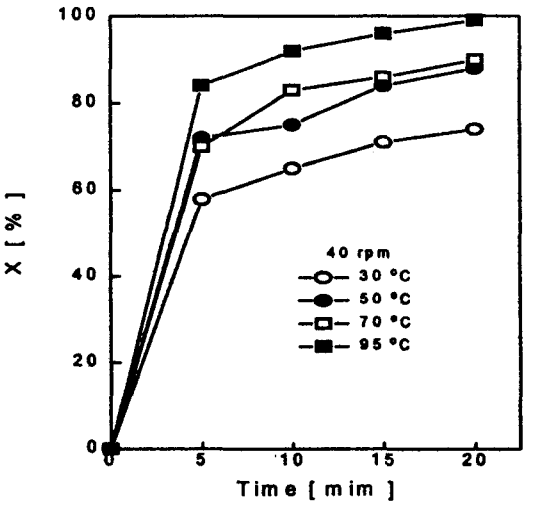

Fig. 6 The effect of temperature on removal ratio(sample 1).

3.3 제작한 초음파 정련 장치의 성능

본 연구에서 제작한 초음파 정련장치를 이용한 실험의 결과를 호제의 제거율과 교반효과를 Fig. 7에 나타내었다. 그림에서 시판의 Branson회사의 초음파 장치보다는 다소 제거율이 떨어지나 기계식 교반기보다는 효과적임을 알 수 있다. 초음파 장치에 따른 제거율의 차이는 주파수가 Branson 회사의 초음파 장치는 47kHz이고, 본 연구에서 제작한 초음파 정련장치는 26.8kHz로서 주파수의 차이에서 기인한 것으로 사료된다.

온도 50℃, 1.5Amp.인 경우의 정련 시간에 대한 호제 제거율과의 관계를 Fig. 8에 표시하였다. 시료 3개 모두 20분 정도에서 80%이상의 제거율을 보여 주고 있다. 호제 제거율에 대한 초음파 발진기 전류 세기의 영향을 Fig. 9에 나타내었다. 전류의 세기가 증가할수록 제거율이 증가함을 알 수 있었다. 전류의 세기가 증가할수록 진동폭이 커져서 강한 진동을 일으킨 것으로 생각된다.

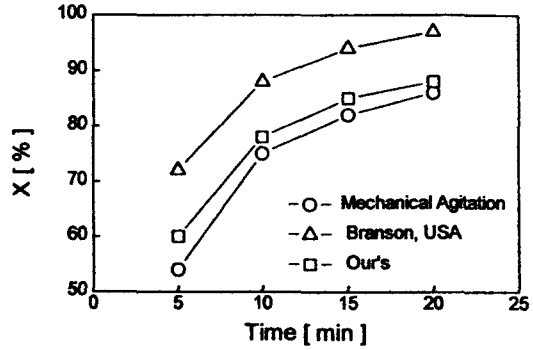

Fig. 7 The effect of time and agitating methods on removal ratio(sample 1).

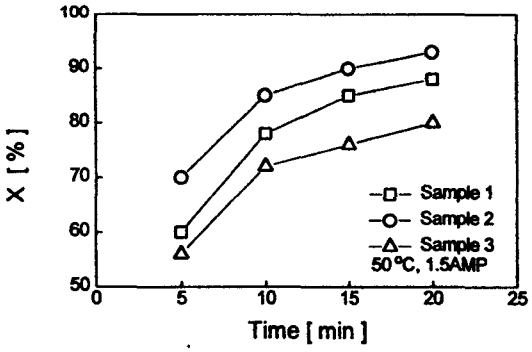

Fig. 8 The effect on removal ratio with various samples.

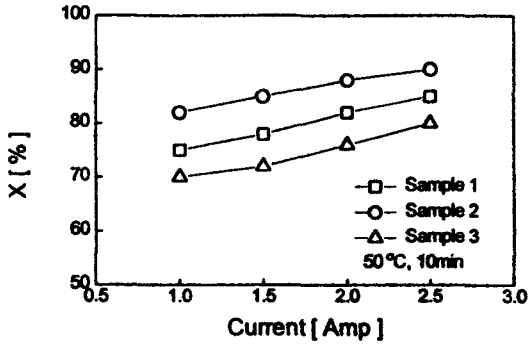

Fig. 9 The effect of current on removal ratio with various samples.

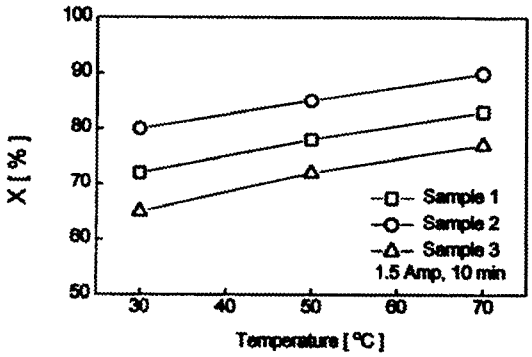

Fig. 10 The effect of temperature on removal ratio with various samples.

온도의 영향은 Fig. 10에 나타내었으며, 그림에서와 같이 온도 증가에 따라서 제거율이 증가함을 알 수 있었다.

4. 결 론

폴리에스터 섬유의 전처리를 기계식 교반기와 기존의 시판 초음파 장치 및 자체 제작한 초음파 정련기를 이용하여 비교 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 자체 제작한 초음파 정련기의 발진 시험을 통하여 주파수는 26.882kHz이었고, 진폭은 전류와 온도 증가에 따라서 증가한 후 일정한 경향을 보여 주었다.
2. 기계식 교반보다 초음파 교반의 경우가 정련효과가 좋았으며, 주파수가 짧을수록 정련효과가 큰 것을 알 수 있었다.
3. 기계식 교반 정련의 경우에는 온도 95℃, 교반속도 40rpm, 처리시간 15분이 최적조건이었다.
4. 시판 초음파 장치와 자체 제작한 초음파 정련기에서는 온도 50℃, 처리시간 10분이 최적조건이었다.

감사의 글

본 연구의 일부는 산업자원부의 에너지기술개발사업과 경일대학교의 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. T. Y. Vigo and A. T. Turbuk, "*High-Tech Fibrous Materials*", American Chemcal Society, Washington, DC, P.135(1991).
2. 韓國纖維工學會, "*저공해 염색/ 가공기술*", 産學協同講座, P.87(1993).
3. 日本纖維機械學會, "*纖維新素材 新製品 data集*", 纖維data集纂委員會編, P.235(1985).
4. 塩澤和男, "*染色臨床加工技術*", 地人書館, 일본, P.144(1991).
5. 高橋勘次郎, *高周波の基礎と應用*, 東京電氣大學 出版局, P.283(1990).
6. 李 相洛, 張 炳浩, "絹纖維의 精練漂白", *염색가공기술*, **3**(2), 125(1991).
7. 圓田 昇, 龜岡 弘, "*有機工業化學*", (株)化學同人, P.229(1993).
8. 堀川 明, *纖維工學*, **20**, 267(1967).
9. 藤森捻雄, *やさしい 超音波の 用-電子科學シリズ*, 産報(株), P.155(1964).
10. 이 광수, 이 춘길 외, '*초음파 직물 수세 기술의 실용화 시범적용에 관한 최종보고서*', 산업자원부 실용화 적용사업, P.294(1997).