

<研究論文(技術)>

섬유산업에 초음파 응용기술

서말용 · 이석영

한국섬유개발연구원(KTDI)
(1996년 8월 5일 접수)

Application of Super Sonic Wave Technic to Textile Industry

Mal Yong Seo, Suk Young Lee

Korea Textile Development Institute
(Received August, 1996)

1. 서 론

섬유류의 습식공정에서는 막대한 양의 용수와 전기, 열 energy가 소모되고 있다. 이들 대부분의 공정에서는 반응속도를 촉진·지연시키기 위하여 적당한 chemical들을 사용하고 있으며, 주어진 시간내에 chemical을 섬유표면에 흡착, 섬유내부로 침투시키기 위해서 일반적으로 높은 온도가 필요하다. 이러한 물질전달과 같은 모든 화학적 처리는 시간과 온도에 의존하며, 이는 제품의 품질에 영향을 미친다. radio wave, micro wave, 적외선건조와 같은 많은 신기술들은 시간단축, energy절감, 품질개선을 위하여 많이 채택되고 있다. 이러한 견해에서 볼 때 초음파도 섬유산업에서 상당한 장점을 지니고 있다. 섬유산업에 초음파의 이용은 극히 새로운 것이 아니며, 초음파를 이용하여 시간단축과 공정개선 등에 관한 많은 문헌들도 있다. 게다가 세정과 기계분야, 안정된 분산용액의 제조에 두드러지게 활용되고 있는 기술이며, 다른 새로운 분야로도 연구확대되고 있다. 주로 세정조에 구성되어 있는 초음파발생장치는 세정효율을 높이기 때문에 응용확대가 기대된다. 특별한 장치가 필요없기 때문에 음화학반응에서 관심이 모아지고 있다. 초음파는 이제 광범위한 습식공정에 영향을 미치는 기술로 이해되고 있다. 이 자료는 이미 연구된 결과를 재조명하고 초음파를 이용하므로써

얻을 수 있는 이점에 대해서 어떤 것이 있는지에 대해 살펴보고자 한다.

2. 초음파란¹⁾

2.1 음과 파

초음파란 무엇인가? 라고 물으면「인간의 귀로 들을 수 없을 정도로 높은 음」이라고 답하는 것이 보통이다. 여기서 음이란 「공기의 진동이 인간의 귀에 전달되어 고막을 진동시키므로써, 감각이 느껴지는 것」라고 생각되고 있다. 그러나 이것은 애매한 표현이기 때문에 정성·정량적 장치로 「음」을 물리적으로 분석하면, 공기의 소밀파(공기분자가 밀집하여 압력이 높은 부분과 희박하여 압력이 낮은 부분이 교호로 발생되어 진동이 전달되어 가는 파)라고 말한다. (Fig. 1)

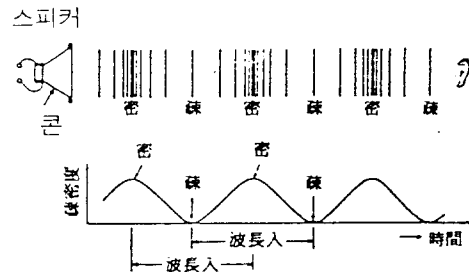


Fig. 1 Compressions and rarefactions of air

인간이 들을 수 있는 음의 범위는, Fig. 2와 같이 1초에 약 16~20,000회 진동하는 파(주파수 16~20,000Hz)이다. 물론 이 범위에 개인적인 차이가 있고 20,000Hz의 음을 들을 수 있는 인간은 그리 많지 않으며, 귀가 먼 사람은 대체로 높은 주파수를 듣기 어렵다. 일반적으로 주파수가 낮은 음은 저음으로 느껴지고, 주파수가 높은 음은 고음으로 느껴진다.

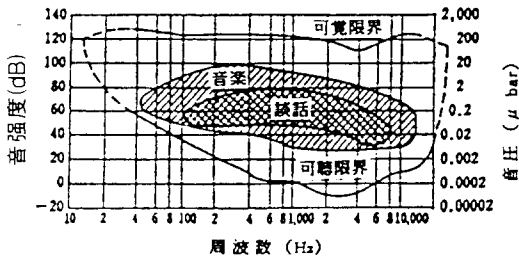


Fig. 2 Frequency range of auditory sense

2.2 초음파 정의

초음파란 무엇인가? 앞에서 설명한 「초음파란 귀로 들을 수 없을 정도로 높은 음」이라는 정의를 바꿔 말하면, 「초음파란 20,000Hz 이상의 주파수를 가진 음」이라고도 할 수 있다. 이 20,000Hz(20kHz)라는 수치는, 인간이 감지할 수 있는 주파수 영역이기 때문에 별 의미가 없다는 것이다. 예를 들면, 20kHz의 주파수로 가공기를 작동하면 초음파가공기이고, 19kHz에서 작동하면 단지 음파가공기이라고 하면 우스꽝스러운 말이 될 것이다. 실제 8kHz 전후의 주파수가 많이 쓰이는 집진기도 초음파 집진기라고 부르고 있다.

그래서 최근에는 주파수와 관계없이 「초음파란 인간의 귀로 듣는 것을 목적으로 하지 않는 음」

라고 정의되고 있다.

2.3 초음파 발생

초음파를 발생시키기 위해서는 어떤 매질을 높은 주파수로 진동시키면 좋지만, 그 매질이 기체·액체·고체인가에 따라 발생법에 다소 차이가 있으며, 주파수에 따라서도 발생법에 차이가 있다. 이 가운데 가장 널리 이용되고 있는 것이 진동자를 사용한 초음파발생법이다. 진동자의 종류는 다양하지만, 압전 효과(진압을 가하면 물질이 신축하여 반복 피스톤 운동함)를 이용한 압전진동자가 가장 많이 사용되고 있다.

그 가운데 대표적인 것이 예로부터 자연에서 얻어 온 수정(crystal)이다. 란슈방이 처음으로 진동자를 만들었을 때도 수정이었다. 이후 개발이 계속되어 세질도 안정하고 효율도 좋으며, 저렴한 가격에 취급하기 편리한 barium titanate와 PZT 등의 압전 ceramics와 최근에는 PVDF 등의 고분자 압전막이 개발되어 진동자로 사용되어 왔다.

2.4 초음파 특징

초음파를 가청음에 비하면 주파수가 높다는 물리적인 차이 뿐만 아니라, 다음과 같은 특징을 띠고 있다.

(1) 지향성이 좋은 점

“음의 파장이란 한개의 파의 길이이다”에서 파장=음속/주파수로 정의 된다. Fig. 3과 같이 주파수가 높을수록 파장이 짧아지며, 빗처럼 같이 직진한다.(지향성이 높다.)

따라서, 주파수가 높은 초음파는 지향성이 양호하여 분해능도 좋다. 그러나, 주파가 높으면 감쇄

Table 1. Example of transducer.

종류	단 결 정		자 기			고 분 자 재 료			
물질	수정	황산리튬	니오브산 리튬	티탄산 바륨계	지르코늄산 티탄산 鉛계	티탄산 鉛	폴리플루오루 비닐리덴필름	피에조 필름	압전 플라스틱
성분	SiO ₂	Li ₂ SiO ₄ H ₂ O	LiNbO ₃	BaTiO ₃	Pb(ZrTi) (PZT)	PbTiO ₃	PVDF		
용도	탐촉자	탐촉자 (hydrohorn)	탐촉자	수중음향 기기용 탐촉자	수중음향 기기용 탐촉자	탐촉자 (저유전율)	탐촉자 (hydrohorn)		

가 격렬하기 때문에 강력한 energy가 나오지 않는 반면에 주파수가 낮을수록 energy는 크다. 이러한 이유에서, 초음파를 이용할 때는 용도에 따라 주파수를 선정할 필요가 있다.

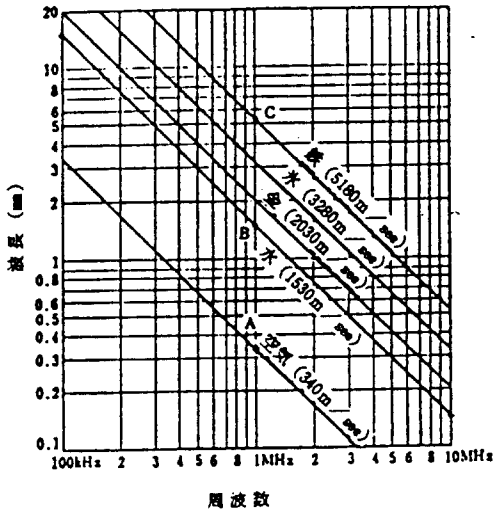


Fig. 3 Connection frequency with wave length in various materials((A) air, (B) water, (C) solid)

(2) 매질에 따른 전달속도 차이

음파는 전파와 빛에 비해 전달속도가 느리며, 매질에 따라 전달속도에 차이가 있다. 일반적으로 물질속에서 전달되는 음파속도(음속)는 매질의 탄성과 밀도에 따라 결정된다. 따라서 Fig. 3에서 알 수 있는 바와 같이, 초음파의 전달속도는 액체와 고체속에서 빠르지만, 공기속에서는 그다지 전달되지 않고 감쇄하며, 진공속에서는 전달매질이 존재하지 않기 때문에 전달되지 않는다.

(3) 액체속에서 cavitation 발생

액체속에 강력한 초음파를 방사하면 cavitation (空洞現象)을 일으킨다. cavitation이란 초음파 진동에 의해 수중에서 격렬한 진동이 부가되고, 그 진동이 한계에 달했을 때 발생하는 기포이다. 이 기포가 부딪히 합쳐지고 다시 파괴될 때 고압이 생긴다. 이 현상에 의해 교반작용, 입자파괴작용, 발열작용이 생겨 유화와 분산 등에 이용되는 것이다.

cavitation의 발생은 주파수, 파의 강도, 온도, 액체의 증기압과 같은 인자에 의존한다. 주파수가 너무 높으면 cavitation 발생효율이 좋지 못하며, cavitation을 유지시키기 위해서는 많은 energy를 필요로 한다. 이때 분자가속은 높으나 파의 진폭이 작기 때문에 파의 에너지가 열 energy로 변환되어 매질의 온도가 올라가게 된다. 낮은 주파수에서는 보통의 강도에서도 cavitation이 쉽게 일어나고 전력소모도 적으나 진폭은 커진다. 또한 낮은 주파수에서는 열 energy의 변환도 적어진다.

3. 섬유산업에서 초음파

섬유공업에서도 각 공정에 초음파 기술을 응용하고자 하는 시도가 예로부터 행해져 왔다. 그러나 지금까지 보고나 특허 등으로 보아 초음파 응용기술은 모두 실험실적 규모이며, 일부 실용화되고 있는 부분도 있지만, 그 대부분이 일반화되지는 못했다. 그래도 대학이나 연구소 등에서 초음파의 섬유분야에 응용연구가 시도되고 있고, 그 효과가 보고되고 있기 때문에 여기에 이들 연구성과 및 실용화된 것을 설명하고자 한다.

3.1 보조수단으로 이용

초음파 분산의 특징은 종래 도달할 수 없었던 미세한 분산을 얻을 수 있어, 이용분야가 화학공업에 많이 있다. 섬유공업에서 수지가공을 행할 때 수지와 물의 유화가 문제가 되며, 그 유화액의 안정성이 강하게 요망되어 왔다. 그래서 초음파로 분산시키므로서 안정한 유화액을 연속처리로 얻을 수 있으며, 노동절감과 작업효율향상에 크게 기여하고 있다. 안정도가 종래에 비해 600배로 향상되었다고 하며, 염료의 분산도가 염색을 지배하는 중요한 인자이기 때문에, 초음파로서 분산시키므로서 90% 이상의 분산도를 얻을 수 있다고 한다.¹⁾

Ramaszeder는 초음파장치를 사용하여 W/O(water/oil) 유화액, 재래 기계식 교반을 통해 조제한 것을 비교실험한 결과, 재래식방법에서는 단지 12시간 방치만에 상분리가 일어나는 반면 초음파 장치를 사용하여 조제한 W/O 유화액은 212시간 이상 안정한 상태로 남아 있었다고 보고하고 있으며, Lif-

Table 2. Application of ultrasonic wave in dispersed solutions³⁾

계면	분야	응용예
액체/액체	폐수처리	Ballast 수의 유화 ○ Tanker 폐수농도의 측정용 유화액 제조 ○ 각종 광물유의 유화 ○ 산업폐수농도측정용 시료제조
		○ TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , carbon 등과 물 또는 용제의 분산(일반 paint) ○ Brown관 도포용 형광재료의 분산 ○ Film용 감광재료의 분산 ○ Nikel분의 분산 ○ 응용 paraffine의 염료분산 ○ 인쇄 ink의 머릿자화
고체/액체	도료	유지의 정제(비누제조) ○ 유지의 NaOH에 의한 비누화반응 촉진 유화중합원료혼합 -수지의 반응 촉진 섬유의 정련, 염색 염료의 정제 ○ 염료입자와 분산도는 염색시 중요, 입도 1 μ m 균질염료 도료-포장용방수도료 유화 ○ 수중에 polyethylene(25%)을 유화 방수제의 유화 ○ 어망용 수지가공액의 유화 바닥표면처리용 wax의 유화
		epoxy 수지유화 고부제품가공액 유화

shit 등은 paraffine/stearin emulsion을 준비하는데 압전(piezoelectric)과 磁電式(magnetostrictive) 초음파 발생장치를 사용한 예도 있으며, 재래방법의 경우 3 μ 인 것에 비해 초음파를 사용하면 입자의 크기가 1 μ 로서 균질한 에멀전을 얻을 수 있다고 보고하고 있다.²⁾ 또한 그 응용분야를 Table 2에 나타낸다.

1949년 Pohlman는 liquid whistle의 유용성을 기술하였으며, 1951년 Cattel과 Goodman은 Rapisonic(Ultrasonics LTD.)에 대한 특허를 출원한 바 있다. 이러한 원리를 이용하여 제작한 기계들이 산업현장에서 많이 사용되고 있다. 유화제와 emulsion에 초음파가 미치는 영향에 대한 연구가 계속적으로 발

표되었으며, 1960년에 Singiser와 Beal의 평가는 재래식 장치에 비하여 Minisonic으로 부터 얻어지는 결과로부터 유화·emulsion의 우수성을 입증하였으며, 여러 나라와 산업체에 이러한 타입의 초음파장치가 2,000 set 이상 설치되었다. Fig. 4와 Fig. 5는, 유화분산에 많이 사용되고 있는 초음파 유화·분산장치를 나타낸 것이다.

미국에서는 U.S.F Aspinook Arnold사가 초음파를 도입하여 emulsion하였는데 원가절감이 20% 되었다고 보고한 바 있으며, 소련으로부터 기술을 도입한 것이다. Weimann도 이와 유사한 장치를 만들었으며, Oriekhov와 Egoriefsky 섬유공장에 설치하여 좋은 효과를 얻었다고 한다.⁴⁾

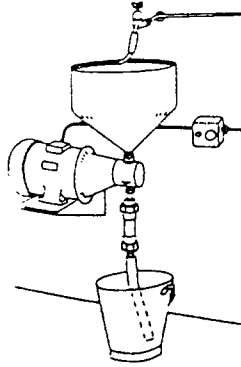


Fig. 4 "Rapisonic Mark IV" installed for preparation of small batches of dye dispersions

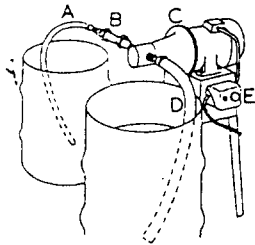


Fig. 5 Drum to drum homogenisation
(A : showing discharge hose, B : vibrating element, C : motor pump unit, D : suction hose, E : push button)

3.2 습식공정에 이용

섬유류의 습식공정 개선에 대한 응용으로는 불균 질계, 즉 섬유류를 침지시키고 있는 처리조의 chemical이 초음파에 의해 영향을 받는 경우가 대표적인 예이다. 각종 전처리공정, 예를 들면 발호, 정련, 표백, 수세 그리고 염색가공 등에 동일한 초음파 장치를 사용하여 연구한 결과도 많이 보고되고 있으나, 각 공정마다 초음파의 사용목적은 다르다.

3.2.1 발호공정에 응용

Value 등은²⁾ 초음파를 사용한 면직물의 발호연구에서 chemical과 energy 절감이 얻어지고 섬유취화도 감소하며, 피처리물의 최종 백색도와 습윤성은 초음파를 사용하지 않을 때와 유사하다고 보

고하고 있다.

초음파를 발호공정에 응용한 또 다른 연구결과도 보고된 바 있다.⁵⁾ 여러 가지 호제에 대한 호발율을 정량적으로 알아보기 위한 연구에서, 먼저 호액을 증발접시에 충분히 가한 다음, 물을 증발시키고, 건조잔류호제의 양을 측정한 결과 0.2~1.0g 이었다고 한다.

효소에 의해 분해되어 접착성이 거의 없는 전분을 mesh filter에 담아 증발접시 위에 붓고 그 접시를 beaker에 넣은 다음 물을 채워 초음파 transducer를 증발접시 약 1cm 높이 위에 위치시킨 다음 연구한 결과, 물질전달율은 Table 3에서와 같이 40°C에서 효소에 의한 분해시 초음파를 응용했을 때 11.2g/hr으로 나타났다고 보고하고 있다. 이 연구에 사용된 초음파 장치의 전력은 75W이다.

Table 3. Rate of size removal

Method	Condition of starch removal	Mass transfer rate (g/hr)
1	starch, fermented, 21°C	0.026
2	starch, ultrasonic, 40°C	1.3
3	starch, fermented, 80°C	3.8
4	starch, fermented, ultrasonic, 40°C	6.7
5	starch, enzyme, ultrasonic, 40°C	11.2

실험실적 초음파 발호장치를 transducer와 발생장치를 확대이용하여 현장에서 실험한 결과, 두 연구결과치가 비슷하였다고 보고하고 있으며, 실험실에서 transducer에 전력12kW/m²이 공급되어 호제를 모두 제거하는데 0.5sec.의 체류시간이 요구되었고, 현장 transducer에는 전력밀도 6kW/m²가 공급되어 호제를 모두 제거하는데 약 1sec.의 체류시간이 요구되었다고 한다.(Fig. 6)

3.2.2 정련·표백에 응용

섬유손상을 줄이기 위하여 재래식 양모정련보다 중성 혹은 약alkali성 상태에서 양모를 정련한 연구 보고가 있으며, 양모정련에 관한 또 다른 연구에서는 초음파를 사용했을 경우, 섬유물성이 향상되었고 처리속도도 빨라졌다고 보고하고 있다. Safonov는⁶⁾

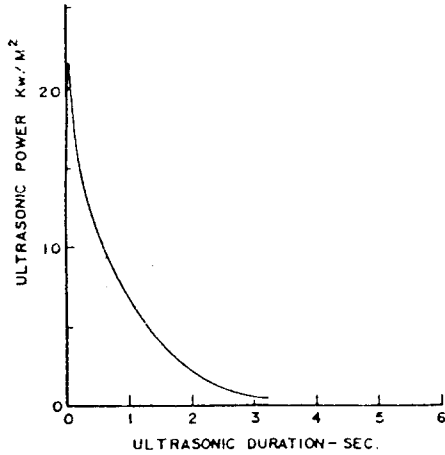


Fig. 6 Desizing ultrasonic power vs. ultrasonic duration time. (print-cloth 1cm distance)

면직물의 과산화수소 표백시 20kHz용 초음파를 사용해 본 결과, 표백속도증가와 처리시간단축효과를 얻었으며, 지금까지 방법에 비해 백도도 향상되었다고 보고하고 있다. 한편, 아마의 정련·표백에 초음파를 적용한 결과 재래식 정련·표백한 아마보다 백도가 증가했다는 보고도 있다.

Poulakis는⁷⁾ 면직물의 과산화수소 표백시 주파수 20 kHz, 출력 2/cm²의 초음파를 적용하면서, 욕비 1 : 40, 50°C, 1hr 동안 표백연구를 한 결과, Fig. 7에서와 같이, 표백은 초음파를 적용했을 때 현저히 촉진되었으며, 표백의 초기속도도 높았고, 약 20min.이전 표백효과가 최고에 가까워진다고 보고하고 있다.

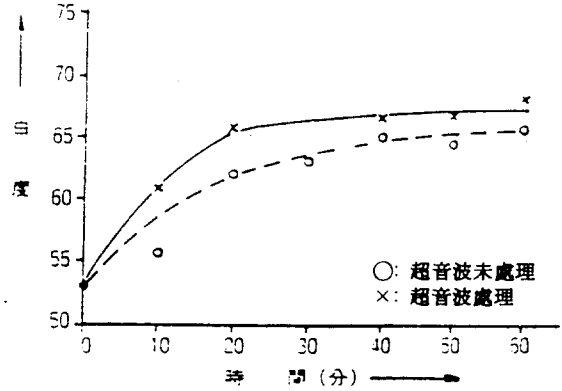


Fig. 7 Effect of time on whiteness (conc. : 2% o.w.f., temperature : 50°C, pH : 1.5)

또한 과산화수소와 과초산으로 표백한 면직물의 백도, DP(중합도)를 비교한 결과, Table 4와과 같이 과산화수소에 비해 과초산을 사용했을 때 면섬유의 손상이 적었으며, 이때 충분한 탈색과 표피제거가 관찰되었다. 가장 강렬한 섬유손상은 약산성 pH영역 (pH 4~6)에서 생기며, 종래 과산화수소 표백에 비해 약 10% 적다. 또한, 초음파는 섬유손상에 크게 영향을 미치지 않았다고 보고하고 있다.

3.2.3 염색에서 활용

섬유염색시 초음파를 응용한 많은 연구들이 발표되어 있다. 저주파와 고주파 영역 모두 염료 분산성, 수용성염료의 용해성, 섬유에 대한 염착성 등에 미치는 연구에 사용한 바 있었다.

Table 4. Whiteness and degree of polymerization of pH (ultrasonic treated) (conc. : 25 o.w.f., temperature : 50°C, treated time : 1hr)

pH	Whiteness		DP		DPdecrease(%)	
	Ultrasonic treated	Ultrasonic untreated	Ultrasonic treated	Ultrasonic untreated	Ultrasonic treated	Ultrasonic untreated
1	66.6	65.4	2361	2468	10.1	6.0
2	67.3	64.4	2529	2613	3.5	0.5
3	70.9	67.8	2429	2385	7.5	9.1
4	71.9	71.8	2415	2335	8.0	11.0
5	74.6	76.8	2229	2213	15.1	15.5
6	75.3	76.2	2247	2297	12.5	12.5
7	73.6	75.3	2505	2559	2.5	2.5
12*	—	77.9	—	1990	24.1	24.1

* Hydrogen peroxide

Brauer는⁸⁾ cellulose계 섬유를 vat염료로 염색하는데 있어서, 초음파 적용시 염색시간을 25min.가량 절감시키는데 성공하였고, 175kHz 사용시에 22kHz 사용할 때보다 더욱 염착량이 증가했다고 보고하고 있다.

Rath와 Merk는⁹⁾ 직접염료와 산성염료를 사용하여 면섬유, viscose rayon, 양모를 염색하는데 있어 가청주파수대와 초음파 영향을 폭넓게 연구하였다. 염색시 음파가 미치는 영향을 평가하기 위해서 그들은 염욕내에 직물을 주행시키면서 1,000Hz와 8,000Hz의 가청주파수 영역과 22, 30, 80과 175kHz 초음파를 사용하였다. 그들은 주파수가 낮은 영역에서는 면섬유, viscose rayon에 대한 직접 염료의 염착속도 향상에 한계가 있었지만 acetate 섬유에 대한 분산염료의 흡착효과는 상당히 컸다고 한다. 고주파, 이른바 22~175kHz를 사용한 경우에는 염착량이 증가하였다. 그러나 이러한 효과는 초음파의 세기에 따라 크게 차이가 있었다. 세기가 1에서 3 W/cm²로 증가할 때 염착량의 분명한 차이가 관찰되었다.

염색과정에서 음파에서 일어나는 물리화학적인 변화에 대한 이해가 되어감에 따라, 연구에는 가청범위를 넘어선 고주파수를 사용하게 되었고, 또한 초음파의 세기가 미치는 영향에 대해서도 조사되었다. 연구자들은 cavitation에 의해 염착속도가 증가한다고 하지만, 그 작용기구는 아직도 불분명하다. 이들 물리적 교반 가운데 cavitation의 효과가 어느 정도인지는 아직도 연구중이다.

Alexander 등은¹⁰⁻¹²⁾ magnetostrictive 장치로 17.3 kHz의 초음파를 발생시켜 면섬유에 직접염료, 양모에 산성염료, nylon·acetate에 분산염료로 염색하였다. 면섬유와 양모에 있어서 염착속도가 2.7배나 증가하였으나, 기계적인 교반을 통해서도 이와 유사한 염착속도를 얻을 수 있었다. 그러나 nylon·acetate를 분산염료로 염색할 경우, 예상되는 기계적 교반효과보다 훨씬 더 큰 염착속도가 얻어졌다. 이러한 결과로 보아 초음파는 물에 불용성인 염료를 사용하여 소수성 섬유를 염색할 때 더욱 유리하다는 결론을 내릴 수 있었다.

최근 Yoshio 등¹³⁾은 nylon 6 필름 염색시 초음파의 영향을 연구하였는데, 그는 비결정과 미배향 nylon

6 필름을 20°C, 40°C, 60°C에서 27kHz의 초음파장치로 염색하였다. C.I. Disperse Red 17 염료로서 염색한 nylon 6 film의 염착량은 초음파 적용시 흡착량이 Fig. 8과 같이 증가하였고, 활성화 energy는 모든 염료에서 Table 5와 같이 감소하였다고 보고하고 있다. 활성화 energy의 감소량은 분산염료가 가장 컸으며, 반응성염료의 경우 가장 적었다.

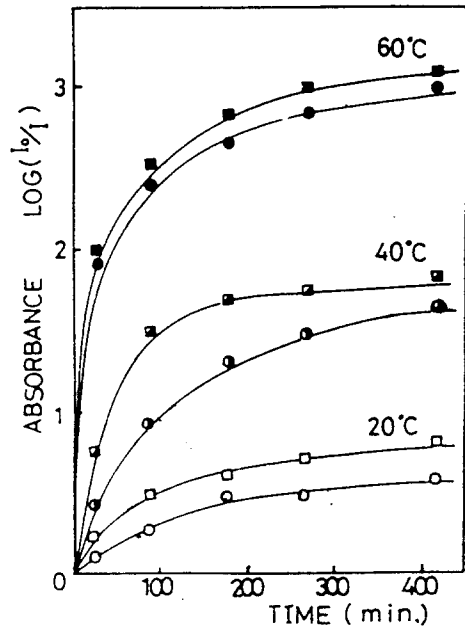


Fig. 8 Time dependence of absorbance of C.I. Disperse Red 17 for nylon 6 films at 20, 40 and 60°C (○,●,● : ultrasonic untreated, □,□,■ : ultrasonic treated)

Table 5. Activation energies dyes for nylon 6 with and without ultrasonic treatment(kcal/mol.)

Ultrasonic	C.I. Disperse Red 17	C.I. Acid Orange 7	C.I. Acid Red 211	C.I. Reactive Red 183
Untreated	3.03	1.72	2.82	3.39
Treated	2.13	1.20	2.26	3.00

Thakore는¹⁴⁻¹⁵⁾ 직접염료로 면직물 염색시 초음파 cavitation 효과를 동적변수의 영향하에서 연구하였다.

주파수 40kHz의 초음파를 발생시키는데 6개의 barium titanate transducer를 사용하였으며, Fig. 9와 같이 90min.에서 초음파를 처리한 직물이 초음파 미처리보다 염착량이 약 20% 높았으며, Table 6에서 알 수 있는 바와 같이, NaCl을 넣지 않고 염색했을 때는 초음파를 처리한 직물이 초음파 미처리 직물보다 염색성이 25% 정도 향상되었다.

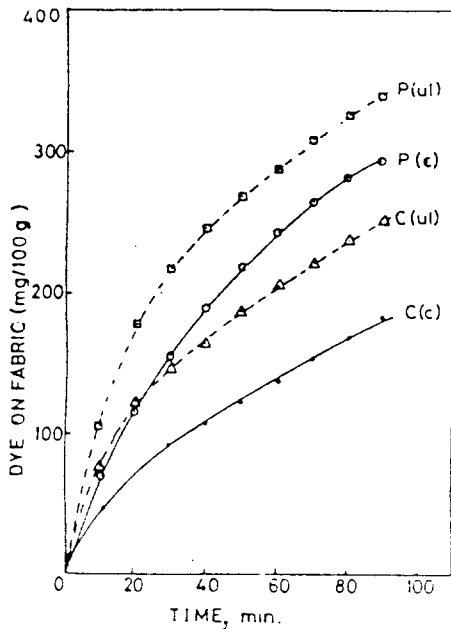


Fig. 9 Effect of ultrasonic on rate of dyeing of C.I. Direct Blue 1 0.1g/l on two cotton fabrics of different constructions. (NaCl : 15g/l, Temp. : 60°C)

Table 6. Adsorption of C.I. Direct Blue 1 in absence of NaCl

Dyeing method	K/S	Relative percent difference
Control	0.714	100
With ultrasonic	0.891	125

그는 최대 염착성과 염색시간단축은 염료분자의 유동성이 낮아 격렬한 염색을 일으키지 못하는 가장 낮은 온도에서 초음파를 응용했을 때 얻을 수 있다고

하였으며, Table 7에서 NaCl은 약 40%까지 절약할 수 있으며, 일반염법에 비해 초음파를 사용했을 때 염색시간은 1/3로 단축시킬 수 있다고 보고하고 있다.

Smith 등은¹⁶⁾ polyester와 acetate 섬유의 초음파 염색에서 염착성이 약간 증가되나 염색속도는 크게 증가되었고, 초음파를 사용하지 않고 면직물을 직접염료와 반응성염료로 염색한 뒤 초음파를 적용하여 탈색을 해 본 결과, Fig. 10과 같이 초음파가 탈색속도를 향상시킨다고 보고하고 있다.

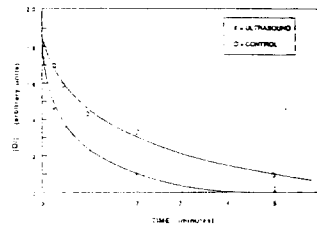


Fig. 10 Desorption of C.I. Direct Green 26 (liquor ratio : 1 : 150, temperature : 82°C)

3.2.4 가공에서 활용

초음파를 응용한 섬유가공도 몇몇 연구자들에 의해 연구되었다. 미국에서 발표된 한 특허에는¹⁷⁾ 고주파수의 초음파를 사용하여 균용직물을 불소(F)계 발수제로 발수가공기술과 장치를 보고하고 있으며, 이 방법에 의하면 가공제의 add-on율이 증가하였고, 초음파 응용의 효과를 평가하기 위하여 초음파 발수처리포의 내세탁성과 내마모성 검토하였다고 한다.

Carpenter는¹⁸⁾ 섬유에 가공제를 처리하는 또 다른 방법을 보고하였다. 시료직물을 초음파로 분산시킨 가공제로 채워진 chamber에 통과시키면, add-on율이 padding/dry에 비교될만큼 우수하다고 보고하고 있으며, 고농도의 고형분을 함유하는 매질을 효과적으로 처리할 수 있기 때문에 대량생산이 가능하다고 한다.

R.F. Schwenker 등은¹⁹⁾ cellulose 용액의 점성에 대한 초음파의 영향에서 면섬유와 viscose rayon을 0.5M cupriethylenediamine에 용해시켜 전력 250 W의 주파수 400kHz인 초음파를 5min.을 초과하지 않는 범위내에서 적용시켜 점성으로 분해효과를 알

Table 7. Increase in dye adsorption and reduction in dyeing time in ultrasonic field

Dyeing condition			Increase in dyeing adsorption						Reduction in dyeing time			
Dye conc. (g/l)	NaCl conc. (g/l)	Temp (°C)	C.I. Direct Blue 1			C.I. Direct Yellow 12			C.I. Direct Blue 1		C.I. Direct Yellow 12	
			Sc.	Sul.	Sul./Sc.×100(%)	Sc.	Sul.	Sul./Sc.×100(%)	Tul.	Tul./Tc.×100(%)	Tul.	Tul./Tc.×100(%)
0.1	5	45	148	180	22	102	133	28	52	42	47	47
		60	154	188	21	121	150	23	70	22	50	44
		80	164	200	21	—	—	—	50	45	—	—
0.1	10	45	152	220	44	137	162	22	43	52	60	33
		60	176	226	29	150	177	18	65	28	62	31
		80	188	234	25	—	—	—	54	40	—	—
0.1	20	45	168	234	39	155	180	17	44	51	63	30
		60	192	248	29	165	195	19	60	33	62	33
		80	212	262	23	—	—	—	63	30	—	—
0.2	5	45	228	266	17	176	226	30	63	30	52	42
		60	250	298	20	208	236	14	60	33	65	28
0.2	10	45	270	302	11	216	270	24	68	24	58	36
		60	300	345	15	260	296	15	73	19	65	28
		80	338	375	11	—	—	—	68	24	—	—
0.2	20	45	280	375	34	247	292	18	56	38	61	32
		60	330	402	21	290	352	22	65	28	58	36
		80	357	428	20	—	—	—	56	38	—	—

Sc. : Dye adsorbed in control dyeings, mg/100g fabric Sul. : Dye adsorbed in ultrasonic-assisted dyeings, mg/100g fabric

Tc. : Dyeing time for control dyeings, (90min.) Tul. : Time required in ultrasonic field for equivalent dye on fabric as in control dyeings

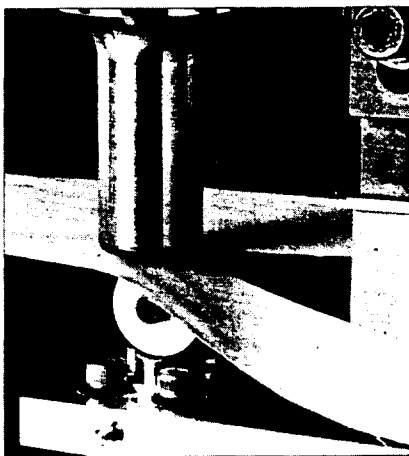


Fig. 11 Photo of ultrasonic sewing machine

아본 결과, viscose rayon 시료에는 그다지 변화가 보이지 않은 반면에 면섬유는 점성이 확연히 감소하였다고 보고하고 있다.

초음파기술은 각종 봉제품을 생산하기 위하여 합섬원단을 집합, 절단, 무늬누비는 작업을 해주므로서, 놀랄만큼의 다양한 제품을 생산할 수 있다.(Fig. 11)

초음파 재봉기는 고주파의 진동을 이용하여 원단 내부에 신속하게 열을 생성하여, 원단을 용해하고 용융하여 강력한 접착을 형성시키므로서 봉제사 없이 꿰매는 차세대 재봉기로서 인기를 끌고 있다. 일반 재봉기처럼 생겼으나 바늘이나 재봉사없이 작업이 가능하며, 일반재봉기의 4배 속도로 작업이 가능하고, 접착적인 방식보다도 10배의 속도를 갖는다고 보고하고 있다.²⁰⁾

4. 결 론

대부분의 연구보고에 의하면 초음파의 응용이 섬유류의 습식처리에 유리하다고 주장하고 있으나, 초음파시설비가 고가이기 때문에 실제로 현장규모로 사용되는 사례는 적다. 그러나, 기술적인 진보와 몇몇 타산업에서의 폭넓은 응용으로 인해 초음파설비비용이 내려가고 있는 실정이다. 따라서 초음파는 섬유산업과 같은 습식공정에 상업적으로 응용할 수 있는 큰 잠재력을 지니고 있어 이를 체계적으로 연구하므로써 energy 절감, 처리시간단축 뿐만 아니라 생산성 향상, 용이한 공정관리 등을 기할 수 있으리라 생각된다.

5. 참 고 문 헌

1. 橋本貴史, *Textile & Fashion(日本)*, 11, 532 (1991)
2. K.A. Thakore, C.B. Smith, T.G. Clapp, *American Dyestuff Reporter*, 79, 30 (1990)
3. 정운식, *染色經濟*, 103 (1991.6)
4. *Skinner's Record*, 31 (1964.1)
5. G.M Elgal, G.F Ruppenicker and N.B Knoepfler, *ACS symposium series* 107, 127 (1979)
6. *纖維技術振興*, 5, 78 (1991)
7. K. Poulakis et al, *Textile Praxis International*, 46, 334 (1991)
8. M. Brauer, *Melliand Textilber*, 32, 707 (1951)
9. *纖維技術振興*, 5, 75 (1991)
10. P. Alexander, G.A. Meek, *Melliand Textilber*, 34, 75 (1953)
11. P. Alexander, G.A. Meek, *Melliand Textilber*, 34, 133 (1953)
12. P. Alexander, G.A. Meek, *Melliand Textilber*, 34, 214 (1953)
13. S. Yoshio, Y. Ryoko, S. Hiroko, *Textile Research Journal*, 59, 684 (1989)
14. K.A. Thakore, *Indian Journal of Textile Research*, 13, 133 (1988)
15. K.A. Thakore, *Indian Journal of Textile Research*, 13, 208 (1988)
16. B. Smith, G. McIntosh, S. Shanping, *American Dyestuff Reporter*, 77, 15 (1988)
17. A.J. Last, J.M. McAndless, *U.S. Patent 4,302,485* (1981)
18. W.T. Carpenter, *U.S. Patent 3,503,702* (1970)
19. R.F. Schwenker, J.C. Whitwell, *Textile Research Journal*, 23, 436 (1953)
20. “月刊縫製界” 216 (1994)