

〈研究論文(學術)〉

초음파 직물수세기의 구성 및 구동 특성

이춘길 · 이광수*

경일대학교 공과대학 섬유패션학과

* (주)삼일산업

(2000년 2월 29일 접수)

Assemblage and Driving Characteristics of a Ultrasonic Fabric Washing Machine

Choon Gil Lee and Kwang Soo Lee*

*Dept. of Textile and Fashion Technology, College of Eng.,
Kyungil University, Kyungsan, Korea*

**Samill Industrial Co. Ltd., Taegu, Korea*

(Received February 29, 2000)

Abstract—A new, high-efficiency ultrasonic fabric washing machine was developed to be an energy-efficient washing machine and to enhance fabric washing quality in washing processes of the dyeing and finishing process in the textile industry. This system is composed of ultrasonic wave generator, air blowing nozzle, torque motor for fabric tension control, and enclosed washing bath, multi-tube type exchanger, noiseless heater, air cylinder, expander roller, mangle upper and lower rollers, bend bar, dancer, shower spray nozzle, and solenoid valve, and so on. These elements are synergised for fabric washing. One of the very important principles is the low tension fabric running system. For an efficient washing effect, a counter flow system is also adopted. The new system also adopts the dancer and torque motor to control fabric tension and prevent fabric creasing. Shower spray nozzle, counter flow and overflow apparatus, and air-blowing apparatus are adopted to enhance the fabric washing effect.

In this study, peach yoryu, exter, and moss crepe fabrics were washed by the general and ultrasonic washing systems under different conditions respectively. The washing efficiency was affected by the fabric running speed and characteristics of fabrics. Size content after washing increased with increasing the fabric running speed. The values in the general washing system were higher than those of the ultrasonic washing system. The changes of conductivity in the ultrasonic and the cooling bath were affected by the running time under the ultrasonic generating. The values of conductivity decreased as the experimental time passed.

1. 서 론

제직에 앞서, 경사의 강도를 향상시키기 위하여 호제 등을 부여한 후 제직된 생지는, 부가가치를 높이고 원하는 기능을 부여하기 위하여 염색가공 공정을 거치게 된다. 이 과정에서 호료와 각종 염료 및 가공약제 등의 화학약제를 사용하게 된다. 이들 약제는 원하는 기능을 부여하며 부가가치를 높이는데 기여하지만, 그 잔류 약제로 인하여 다음 공정에서의 효율적인 공정작용에 방해하는 역할을 하게 된다. 이들 잔류분은 염색 또는 가공공정에서 평형상태에 이르기까지 약제들이 반응한 후 남은 것들로, 미반응 잔유물질은 염색 가공공정에서 불가피하게 생기는 것이라 할 수 있다. 그러므로 수세공정의 기본개념은, 잔류 약제 등으로 오염된 직물을 다음 공정에서 그 잔류 약제 등의 오염물질의 간섭으로부터 배제시키기 위하여, 잔류분 등의 오염물질을 상호 영향을 미치는 공정에서 제거시키는 것이다^{1-3,14)}.

수세의 대표적인 공정으로는 염색 가공공정에서 잔류된 약제를 직물로부터 씻어내고 다음 공정에 투입하는 것 등이라 할 수 있다. 이 수세 공정에서는 물을 이용하며, 또 세제를 첨가할 수도 있고 보다 더 효율적인 효과를 주기 위하여 물리적인 힘을 부가할 수도 있다. 물리적인 힘으로는 직물 자체를 진동시키기 위한 힘, 수세 용수를 진동시키기 위한 힘 그리고 샤워(shower)나 카운터 커런트(counter current)에서와 같이 용수가 직물에 작용하는 힘 등을 들 수 있다. 직물 수세공정은, 직물과 오염 물질이 어떤 물리적 특성과 화학적 특성을 가지고 있는냐고 하는 것과 여러 공정요인이 어떻게 이루어지는가 하는 것 등의 영향인자들에 의해 복합적으로 영향을 받으므로, 수세공정이 이루어지는 과정이 어떤 원리로 되어 있다고 간단히 말하기는 쉽지 않다. 그러나 크게 직물이 물에 대해 어떤 특성을 갖느냐와 세제의 역할 그리고 물리적인 힘이 어떻게 가해지는가가 중요한 결정요인이라고 말할 수 있다⁴⁻⁷⁾.

제직 또는 염색가공 공정을 거친 직물에 흡수(absorption) 또는 흡착(adsorption)되어 있는 잔류 약제 등의 오염물질을 제거시키는 것이 수세공정의 목적이며, 이를 위하여 섬유와 오염물질을 분

리한 후 물로 이들을 씻어내어야 한다. 이 경우 다량의 새로운 물을 계속 투입하면 제거는 용이하게 이루어 질 수 있다. 그러나 계속 새로운 물을 투입하는 데에는 여러 가지 문제점들이 수반된다. 첫째는 에너지의 다량소비이다. 수세액의 온도를 상승시키기 위해서는 많은 에너지가 소비된다. 둘째는 용수문제이다. 새로운 물을 계속 투입하기 위해서는 다량의 용수가 소비된다. 셋째는 폐수가 다량으로 발생한다는 것이다. 이러한 문제점들 때문에 다량의 물을 쓰기에는 어려움이 따른다. 그래서 소량의 물을 쓰며 새로운 물을 충분히 공급하지 않으면 직물과 분리된 오염물질들이 빠져나가지 못하고 수세액 속에 남아 그 농도가 점점 높아지게 되는 문제점이 또한 생기게 된다.

종래의 수세기술은 다량의 물과 에너지를 사용하여 오염물질 및 첨가제를 제거하는 것이었다. 따라서 에너지가 많이 소모되며, 다량의 물이 소요되는 문제점이 대두되었다. 이러한 문제점으로 말미암아 새로운 방식의 수세기술의 도입이 절실히 필요하게 되었고, 새로운 방식의 수세가 일본 등지에서 개발되어 왔다¹⁵⁾. 그러나 국내에서는 이에 대한 연구개발이 이루어지지 못하였으나, 초음파 직물수세의 개발로 에너지 절약형 수세기에 관심을 기울이게 되었다. 이 기술은, 직물과 용수 사이에 상호 마찰을 일으킬 수 있도록 초음파를 발진시키는 장치¹⁶⁾와 효율적인 수세효과를 나타낼 수 있는 기타 장치들을 연구하여 활용하는 기술로, 종래의 방식과는 큰 차이가 있다. 이는 직물투입구 및 약품조, 초음파 수세조 그리고 직물출구로 구성되어 있으며, 수세효과의 증대에 따른 용수 및 에너지 절감, 폐수 발생량 감소, 인건비 절감 및 품질향상을 도모한 신기술로, 다음의 효과가 있는 수세기이다¹⁻¹³⁾.

초음파 직물수세기는 초음파를 이용한 캐비테이션(cavitation)진동효과로 에너지 절약효과와 증기량 절감효과가 있으며, 샤워 등 새로운 방식을 이용함에 따라 초음파의 효과와 함께 상승작용을 일으켜 포속을 증대시킬 수 있는 효과가 있다. 그리고 초음파를 발생시켜 세정효과를 증대시키는 것이 목적이므로, 세정효과에 따른 제품의 품질 향상이 가능하고, 밀폐형으로 제작함에 따라 공장 내의 결로현상을 방지할 수 있다. 또 직물에 구김

이 가는 문제점을 없애기 위하여 토크 모터 등의 기술적인 노하우를 이용하여 장력의 문제점이 없으며, 용수의 양을 최소화함에 따라 폐수의 양도 그만큼 줄게 되어 환경문제에도 기여할 수 있다.

본 연구는 이러한 초음파 직물수세기의 구성과 이를 이용한 수세효율 등의 특성을 실험적으로 분석 검토한 것이다.

2. 실 험

2.1 시료

실험에 사용한 폴리에스테르 직물은 피치요루, 엑스터, 모스 크레이프 및 폴리에스테르 고회부울 직물로, Table 1은 이를 나타낸 것이다. 여기서 경위사의 변수는 KS K 0415로, 직물의 밀도는 JIS L 1096에 의해 측정하였다.

2.2 수세기 구성

초음파 직물수세기((주)삼일산업)의 개발은 에너지 절감, 용수의 절감, 저장력 주행, 우수한 수세효과 그리고 구김방지를 목적으로 하였다. 이러한 개발목적을 달성하기 위하여 Table 2와 같이 수세기를 구성하였다. 이와 같은 구성의 특징은, 수조 내의 다량의 물을 가열하여야 한다는 지금까지의 개념을 버리고 직물과 직물에 함유되어 있는 물과 최소한의 세정수만을 승온시켜 수세를 하도록 개발하였다는 것과, 초음파 파장을 이용한 물의 진동파로 섬유 내부 요철 부분이 있는 미세한 이물질에 진동을 줌으로써 오염물질을 쉽게 탈락시킬 수 있다는 것, 수조 내의 롤러마다 토크 모터를 장착하여 직물에 걸리는 장력을 수조 내에서 제어하도록 함으로 저장력 주행이 가능하도록 개

Table 1. Various fabrics used in experiments

Fabric	Fabric density	Weave	Yarn count	Size
Peach yoryu	134ends/in, 58picks/in	plain	warp; 175den, filling; 158den	acryl
Exter	173ends/in, 71picks/in	plain	warp; 76den, filling; 74den	acryl
Moss crepe	94ends/in, 52picks/in	plain	warp; 338den, filling; 401den	acryl
Heavy sized	129ends/in, 90picks/in	plain	warp; 159den, filling; 128den	acryl + starch

Table 2. Main objectives of the development of ultrasonic fabric washing machine

Objectives	Fittings	Function
Energy and water reduction	ultrasonic generator shower air blower closed bath multi-tube type exchanger	ultrasonic wave generating enhancement of fabric temperature formation of air bubbles improvement of heat efficiency betterment of heat change
Low tension	torque motor dancer	speed control by torque tension control by roller swing
High washing efficiency	counter flow ultrasonic generator squeezing roller shower air blower	increase of washing efficiency ultrasonic wave generating water exchange within the fabric enhancement of fabric temperature formation of air bubbles
Prevention of creases	band bar steam spray expansion roller	adjustment of fabric running raising of temperature of moisture in fabric fabric expanding

발하였다는 것 그리고 수조 내에는 밴드 바(band bar)를 통과한 후 직물 내의 수분을 고온화 하는 스팀 스프레이(steam spray) 장치를 설치하여 주름발생 문제를 해결하도록 개발한 것 등이다.

2.3 실험방법

2.3.1 수세기에 의한 수세효율 실험

피치요루, 엑스터, 모스 크레이프 직물의 경우, 직물의 주행속도를 40m/min, 50m/min 및 60m/min로 하였으며, 각 조건에서 초음파를 발진시키는 경우와 발진시키지 않는 경우를 구분하여 실험을 하였다. 실험은 약품처리조를 95℃, 초음파 수세조를 70℃ 그리고 냉각 수세조를 40℃로 하여 실시하였다. 1 ton의 용수가 들어가는 수세조에는 초기량 기준으로 47% NaOH 5kg, 산화호발제 1kg를 투입하였으며, 앞에서 언급한 폴리에스테르 직물을 원단으로 사용하여 각 조건별로 수세를 한 후 각각에 대한 시료를 채취하였다. 폴리에스테르 고풍부를 직물에 대한 실험은 직물의 주행속도를 31m/min로 하였으며, 다른 조건은 위의 피치요루, 엑스터, 모스크레이프 직물과 동일하게 하였다. 호부율은 JIS L 1095에 의해 측정하였다.

2.3.2 수세조의 전기전도도(conductivity) 측정

초음파 수세조는 두 개의 칸막이로 분리된 세 개의 작은 수세조로 이루어져 있으며, 직물출구 쪽에서 급수되는 물이 오버 플로우 됨으로 수세효율을 향상시키고, 액의 온도를 높이기 위한 multi-tube형 열교환기가 설치되어 있다. 또 이는 액중에 초음파 진동부를 설치하여 수세효율을 높인 것으로, 수세조에서의 전기전도도 측정은 다음과 같이 이루어졌다.

① 측정용수의 위치 : 냉각 수세조의 직물입구 부분에서 오버 플로우 되는 용수 및 초음파발진 수세조의 입구부 용수에 대하여 측정을 하였다.

② 측정기기 : 전기전도도 측정기를 사용하였다.

③ 직물주행속도 : 31m/min로 직물을 주행시키면서 전기전도도의 변화를 측정하였다.

2.3.3 수세직물의 SEM사진 촬영

폴리에스테르 고풍 직물에 대한 수세효율을 SEM으로 확인하기 위하여, 원단과 초음파 발진상태에서의 수세직물 그리고 초음파 발진을 하지 않

는 경우의 수세직물에 대하여 각각 200배와 1,000배의 배율로 하여 SEM 사진을 촬영하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 초음파 직물수세기의 구성 결과

초음파 직물수세기의 구성을 사진으로 보인 것이 Fig. 1이다. 이 그림에서와 같이 초음파 직물수세기는 직물투입구 및 약품조, 초음파 수세조인 온탕 그리고 냉탕 및 직물출구로 구성되어 있다. Fig. 2는 각 부분의 도면을 나타낸 것이다. 이 그림에서 (a)는 직물 입구부를 나타낸 것으로, 스위블 장력장치(swivel tensioning device), 가이드 바, 상부 가이드 롤러(upper guide roller), 하부 가이드 롤러(lower guide roller), 확포 롤러(expanding roller), 센터링 롤러(centering roller) 그리고 센서봉(sensor rod)으로 이루어져 있다. 그리고 (b)는 초음파 수세조를 보인 것으로, 물의 흐름은 카운터 플로우에 의해 이루어지고 수세조 뒤에 설치된 스윙징 맵글은 에어 실린더에 의해 압착되는 두 개의 롤러로 구성되어 있다. 입구와 출구는 워터 씸(water seal)화가 되어 있으며, 수세조 바닥에는 두 개의 칸막이를 설치하여 세 부분으로 분리되도록 하였다. 첫번째 칸막이 내에는 저소음형 증기분사식 히터와 다관식 열교환기가 설치되어 자동온도 조절이 가능하며, 세번째 칸에는 에어 주입 노즐을 부착하여 분사하므로 발생된 기포가 파괴될 때 일어나는 충격파에 의하여 이물질이 분리되어 용수에 희석되도록 하였다. 한편 (c)는 실린더 건조 및 출구를 보인 것이다. 실린더 건조기는 지름이 570mm인 테플론 코팅(teflon coating)이 된 8개의 롤러로 이루어져 있다.

한편, Fig. 2(b)에서는 수세조 내부에 설치된 세 개의 압착 롤에 걸리는 장력을 최소화하기 위하여 토크 모터를 세 그룹으로 구동하였고, 내부의 장력을 최소화 할 수 있도록 가이드 롤에 특수 베어링 및 씸 장치를 사용하여 마찰 계수를 줄였다. 상부에는 고온의 증기를 직물에 분사하여 직물의 온도를 급속하게 승온할 수 있어 직물에 부착된 오염물을 빠르게 분해할 수 있도록 하였다. 또한 초음파 파장을 이용하여 섬유 내부 요철부분에 자

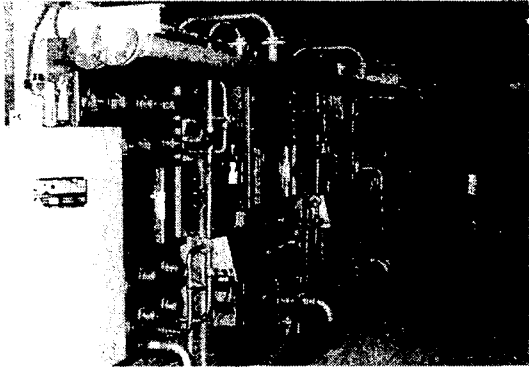
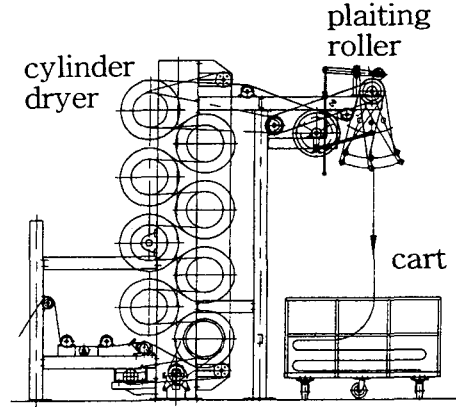
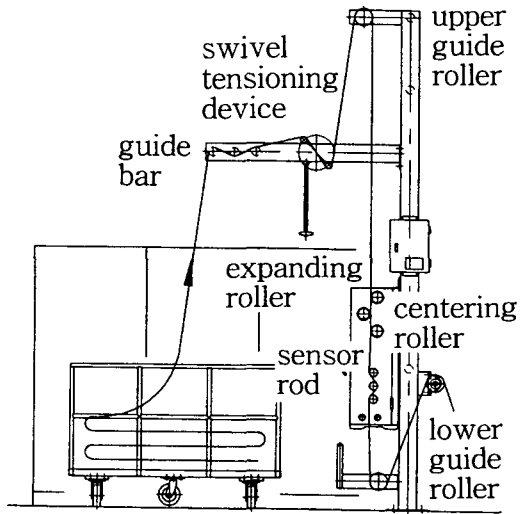


Fig. 1. Photograph of the ultrasonic fabric washing machine(Samill Co., Ltd.).

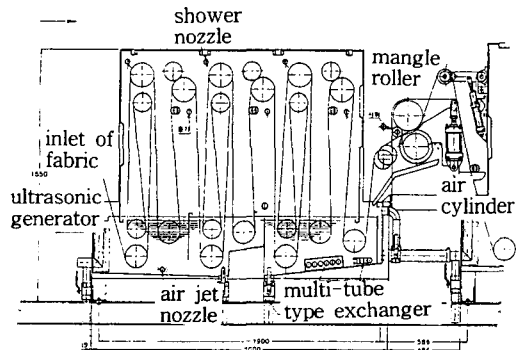


(c) cylinder dryer

Fig. 2. Ultrasonic washer of the ultrasonic fabric washing machine(Samill Co., Ltd.).



(a) fabric inlet



(b) ultrasonic washer

리잡고 있는 미세한 이물질을 진동시켜 줌으로써 오염물질을 쉽게 탈락시킬 수 있도록 하고 있다. 샤워 스프레이 노즐에서 급수된 용수는 수동 조작할 수 있는 저소음 증기 히터에 의하여 급속한 승온이 가능하며, 용수의 온도유지는 온도 센서에 의해 온도를 감지하여 다관식 열교환기와 솔레노이드 밸브의 작동에 의해 자동조절로 이루어진다. 하부 안내 롤러의 안내를 받은 직물은, 에어 분사 노즐에서 분사되는 에어로 인하여 발생하는 충격력으로 더욱 효율적인 수세효과를 얻는다. 그리고 밴드 바를 설치하여 직물의 구김을 방지하고 직물 표면의 물을 탈락시키며, 두 개의 맵글 사이에서 직물의 수축과 늘어나는 정도를 보상하기 위하여 일정한 장력을 가감할 수 있도록 댄서 롤러를 설치하였으며, 댄서 롤의 축에 변위 검출기를 설치하여 댄서 롤의 움직이는 양을 전기적인 신호로 바꾸어 다음 맵글 롤의 속도를 제어함으로 일정한 토크와 라인 스피드(line speed)가 되도록 하였다. 이와 같이 다양한 기술을 응용하여 초음파 직물수세기를 효율적인 구조로 개발하였다.

3.2 초음파 발진 결과

3.2.1 초음파 발진 및 발진제어반

Fig. 3은 초음파 제너레이터(ultrasonic gen-

erator)를 보인 것으로, 이는 초음파 진동자(ultrasonic transducer)와 연결이 된다. Fig. 4는 초음파 제너레이터의 블록선도(block diagram)¹⁶⁾를 보여주고 있다.

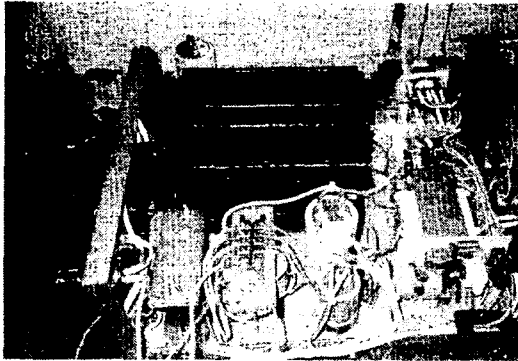


Fig. 3. Ultrasonic generator used in experiments.

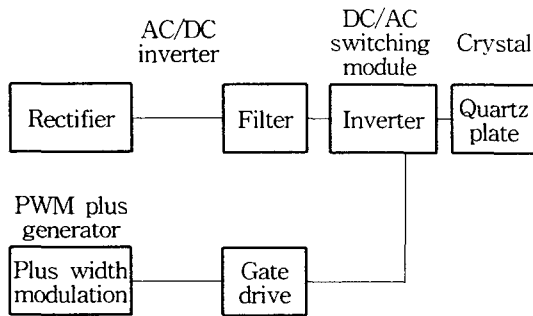


Fig. 4. Block diagram of ultrasonic generator¹⁶⁾.

3.2.2 초음파 발진 파장 측정

초음파 발진에 대한 파장을 디지털 오실로스코프 시험하여 그 결과를 그래프로 보여준 것이 Fig. 5이다. 이 그림에서 5개 파장의 진동시간이 9.3 눈금이므로 파장 1개의 진동시간(λ)은 9.3눈금/5개 = 1.86 눈금이 되고 1눈금이 20 μ s이므로 파장은 다음의 식 (1)과 같이 주어진다.

$$\lambda = \frac{1}{(1.86 \text{ grid} \times 20 \mu\text{s})} = 26.882 \text{ kHz} \quad (1)$$

따라서 페라이트 진동자를 이용한 초음파 발진 실험결과, (1)식에서와 같이, 그 파장은 26.882kHz이었으며, 이는 초음파의 영역에 해당되는 것임을 알 수 있다.

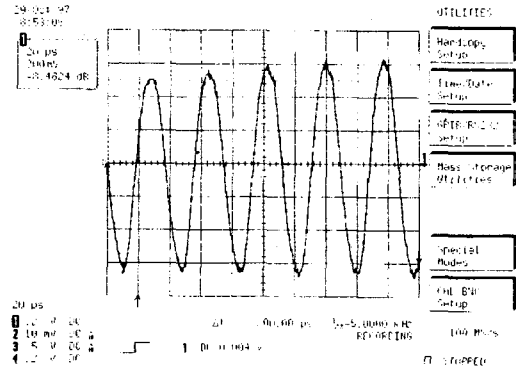


Fig. 5. Ultrasonic wave generated by the ferrite transducer.

3.3 탈호에 의한 초음파 수세 실험

3.3.1 피치요루 직물에 대한 수세효율

Fig. 6은 4.7%의 호부율을 가진 피치요루 직물을 일반수세와 초음파 수세로 수세한 후의 잔류호부율을 나타낸 것으로, 직물의 주행속도와 수세방식의 영향을 잘 설명해주고 있다. 직물의 주행속도가 40m/min인 경우, 초음파의 발진이 없는 일반수세에서는 수세후 잔류호부율이 0.7%였으나 초음파를 가동시킨 경우에는 0.5%이었다. 이는 일반수세보다 초음파수세의 경우 잔류호부량이 28% 더 적음을 말해주고 있다. 직물의 주행속도가 50m/min인 경우, 초음파의 발진이 없는 일반수세에서는 수세후 잔류호부율이 1.2%이었으나 초음파를 가동시킨 경우에는 0.7%이었다. 이는 일반수세보다 초음파 수세의 경우 잔류호부량이 41% 더 적음을 말해주고 있다. 그리고 직물의 주행속도가 60m/min인 경우, 초음파의 발진이 없는 일반수세에서는 수세후 잔류호부율이 1.3%이었으나 초음파를 가동시킨 경우에는 0.7%이었다. 이는 일반수세보다 초음파수세의 경우 잔류호부량이 46% 더 적음을 말해주는 것으로, 초음파 수세의 효율성을 잘 설명해주는 것이다. 또한 직물의 주행속도가 빨라질수록 수세가 효율적으로 이루어질 수 없음에 따라 수세효과가 점점 나빠짐을 잘 설명해주는 것이다.

잔류호부율(%)을 SC라하고 직물의 주행속도(m/min)를 v라 하면, Fig. 6으로부터 피치요루 직물의 주행속도에 대한 잔류호부율은 다음의 (2)식과 (3)식으로 주어진다(B.C ; v=0, SC=0).

$$SC = 1.447 \times 10^{-4} v^2 + 0.014 v - 0.0059$$

for conventional washing (2)

$$SC = -6.929 \times 10^{-5} v^2 + 0.0163 v - 0.0026$$

for ultrasonic washing (3)

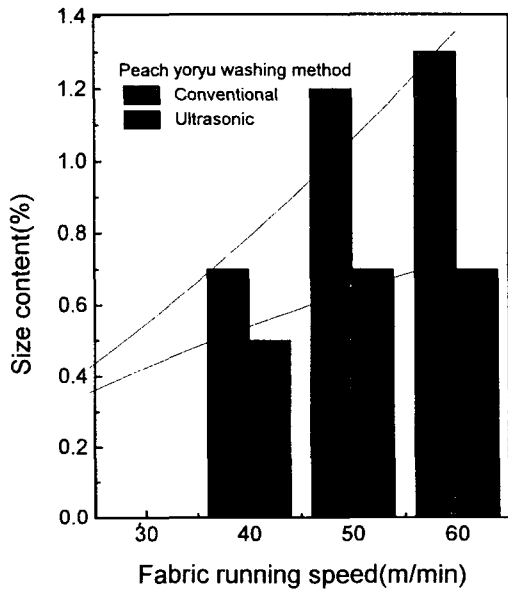


Fig. 6. Comparison of ultrasonic washing with conventional washing for the Peach yoryu fabric.

3.3.2 엑스터 직물에 대한 수세효율

Fig. 7은 5.0%의 호부율을 가지고 있는 엑스터 직물을 일반수세와 초음파 수세로 수세한 경우를 비교하여 보여준 것으로, 잔류호부율에 대한 직물의 주행속도와 수세방식의 영향을 잘 설명해주고 있다. 이 그림에서 수세속도가 빠를수록 잔류호부율이 높게 나타나고 있으며, 수세속도가 60m/min에 이르면 잔류 호부율이 초음파 수세인 경우 일반수세에 비해 거의 절반밖에 되지 않음을 알 수 있다. 따라서 이 그림은 직물의 주행속도에 따른 효율성의 감소와 초음파 수세의 효율성의 증대를 잘 설명해주고 있다고 할 수 있다. 다음의 (4)식과 (5)식은 잔류호부율(%)을 SC라하고 직물의 주행속도(m/min)를 v라 할 때 Fig. 7로부터 엑스터 직물의 주행속도에 대한 잔류호부율을 보인 것이다 (B.C. ; v=0, SC=0).

$$SC = 7.718 \times 10^{-6} v^2 + 0.0039 v + 0.0035$$

for conventional washing (4)

$$SC = 3.087 \times 10^{-6} v^2 + 0.0024 v - 5.913 \times 10^{-4}$$

for ultrasonic washing (5)

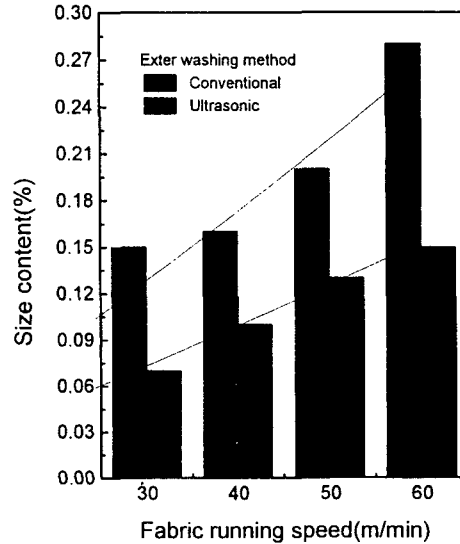


Fig. 7. Comparison of ultrasonic washing with conventional washing for the Exter fabric.

3.3.3 모스 크레이프 직물에 대한 수세효율

실험에 사용한 모스 크레이프 직물 원단은 0.34%의 호부율을 가지고 있었다. Fig. 8은 이 모스 크레이프 직물을 일반수세와 초음파 수세로 수세한 경우의 잔류호부율을 보여준 것이다. 이 그림은 직물의 주행속도와 수세방식이 잔류호부율에 미치는 영향을 잘 설명해주고 있다. 즉, 일반수세의 경우, 수세속도가 빠를수록 수세의 효과가 감소하여 잔류호부율이 높게 나타나고 있으며, 초음파 수세에서도 마찬가지로 수세속도가 빠를수록 초음파 발진이 효과를 충분히 받을 수 없음에 따라 잔류호부율이 증가하고 있다. 한편 일반수세와 초음파 수세를 비교하면, 초음파 수세의 경우가 잔류호부율이 낮음에 따라 초음파 수세의 효율성을 잘 말해주고 있다. Fig. 8로부터 잔류호부율(%)을 SC라하고 직물의 주행속도(m/min)를 v라 하면, 모스 크레이프 직물의 주행속도에 대한 잔

류호부율은 다음의 (6)식과 (7)식으로 주어진다 (B.C.; $v=0$, $SC=0$).

$$SC = 3.412 \times 10^{-5} v^2 + 8.2261 \times 10^{-4} v - 0.0023$$

for conventional washing (6)

$$SC = 1.978 \times 10^{-5} v^2 + 3.2967 \times 10^{-4} v + 1.0989 \times 10^{-4}$$

for ultrasonic washing (7)

3.4 SEM에 의한 고탄부율 직물의 초음파 수세실험 분석

3.4.1 고탄부율 직물에 대한 수세효율 실험

폴리에스테르 고탄부율 직물(평직, 직물밀도: 129ends/in, 90picks/in, 경위사 번수: 경사 159den,

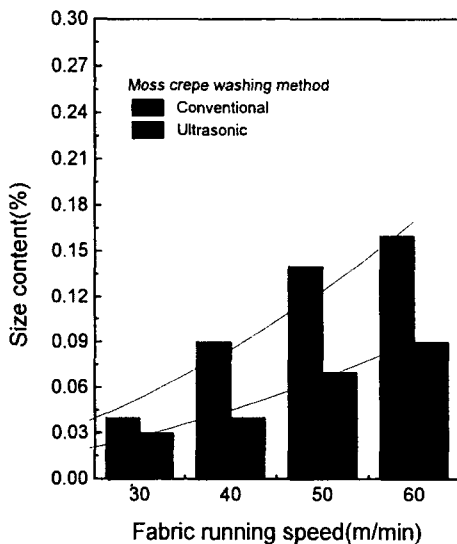


Fig. 8. Comparison of ultrasonic washing with conventional washing for the Moss crepe fabric.

위사 128den)을 사용하여 수세실험을 하였다. 원단에 사용된 호제는 acryl과 starch이었으며, Table 3에서와 같이 미수세한 원단의 호부율은 10.6%이었다. 이를 초음파를 발진할 때와 발진하지 않을 때에 각각 수세한 결과를 보인 것이 Table 3으로, 이 표는 초음파 발진의 영향을 잘 설명해주고 있다. 직물의 주행속도가 31m/min인 경우 초음파의 발진이 없는 일반수세에서는 수세후 잔류호부율이 2.1%이었으나 초음파를 가동시킨 경우에는 1.5%였다. 이는 일반수세보다 초음파수세의 경우 잔류호부량이 28% 더 적음을 말해주는 것으로, 초음파 수세의 효율성을 잘 설명해주는 것이다.

3.4.2. 고탄부율 직물에 대한 SEM 사진

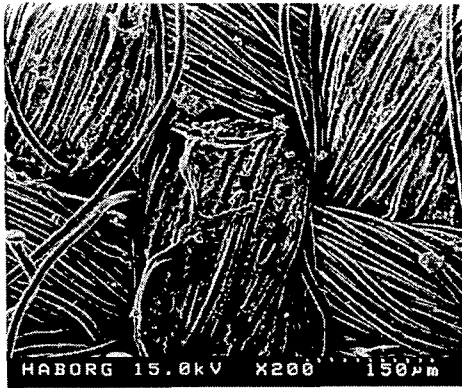
Fig. 9(a)는 실험에 사용한 폴리에스테르 고탄부율 직물 원단의 200배 SEM사진이며, (b)는 1,000배의 SEM사진이다. 이 시료를 이용하여 31m/min로 직물을 주행시키며 초음파의 작동 없이 일반수세를 한 것이 Fig. 10(a)와 (b)로, 이는 각각 200배와 1,000배의 SEM사진을 보인 것이다. 그리고 직물 주행속도를 31m/min로 하여 초음파를 발진시키며 초음파 수세를 한 것이 Fig. 11(a)와 (b)로, 이는 각각 200배와 1,000배의 SEM사진이다. 이들 사진을 통하여 초음파 수세의 효과를 파악할 수 있다. Fig. 10(a)와 (b)에서는 원단의 호제들이 일반수세에 의해서도 많이 제거되고 있음을 보여주고 있다. 그러나 잔류호제가 아직도 남아 있음을 보여주고 있다. 그러나 초음파 수세를 거친 Fig. 11(a)와 (b)에서는 현저히 잔류 호제가 감소되어 있음을 말해주고 있다.

이는 직물이 장력을 받고 있는 상태에서 초음파를 발진시키면 직물이 받는 진동 효과와 수세액이 받는 진동 효과가 다르기 때문에 직물과 수세액

Table 3. Washing efficiency for the heavy sized fabric

Washing	Fabric running speed (m/min)	Fabric density and yarn count	Size content (%)
Unwashed	-	128.6ends/in, 89.6picks/in warp;158.7den, filling;127.6den	10.6
conventional washed	31	128.6ends/in, 89.6picks/in warp;158.7den, filling;127.6den	2.1
Ultrasonic washed	31	128.6ends/in, 89.6picks/in warp;158.7den, filling;127.6den	1.5

사이에 상호 마찰을 일으키게 되고 또 직물표면의 수막의 형성이 어려워져 오염물질의 제거가 용이하게 되었기 때문이다.

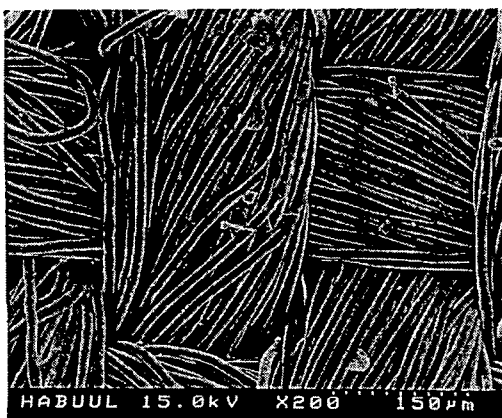


(a) (×200)

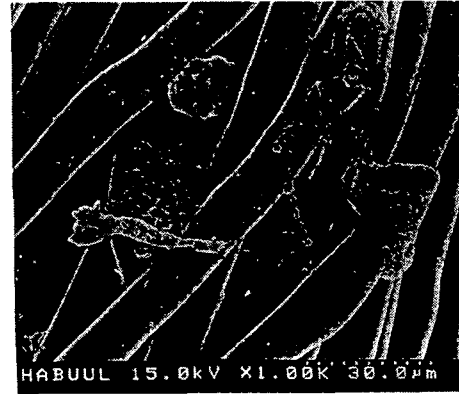


(b) (×1,000)

Fig. 9. SEM photograph of the unwashed fabric.

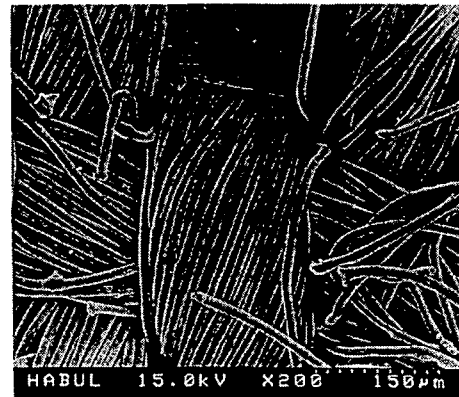


(a) (×200)

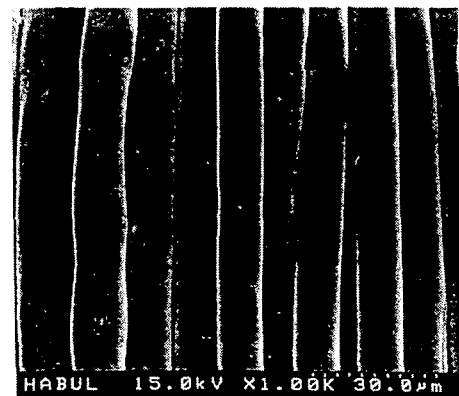


(b) (×1,000)

Fig. 10. SEM photograph of the conventional washed fabric.



(a) (×200)



(b) (×1,000)

Fig. 11. SEM photograph of the ultrasonic washed fabric.

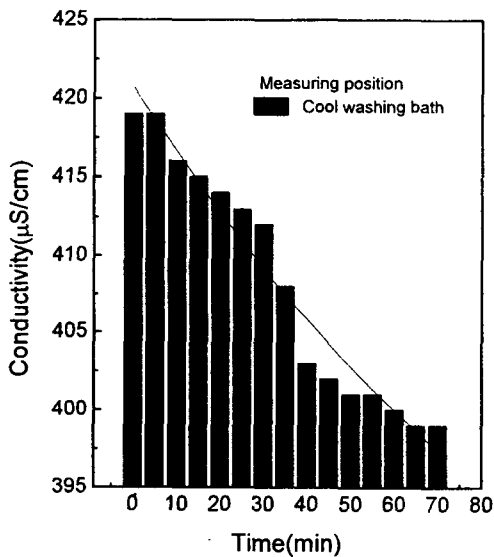
3.5 수세조의 전기전도도 실험

냉각 수세조와 초음파 수세조에서 측정된 전기 전도도 실험 결과는 Fig. 12(a) 및 (b)와 같다. 이 결과에서 보듯이, 초음파를 발진시켜 평형상태에 도달하여 수세가 이루어지고 있는 상태에서 초음파 발진을 중지하면 냉각 수세조와 초음파 수세조의 전기전도도가 계속 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 용수 중의 이물질이 점차 적어짐을 뜻하는 것으로 직물의 이물질 탈락률이 낮아짐을 말하는 것이다. 따라서 초음파 발진이 수세효율의 증진에 있어서 중요한 역할을 하고 있음을 전기전도도의 측정으로 알 수 있다. 이 때 C_c 를 전기전도도라 하고 t 를 시간(min)이라 하면 냉각 수세조에서의 전기전도도의 감소는 Fig. 12(a)로부터 다음의 (8)식과 같이 주어진다.

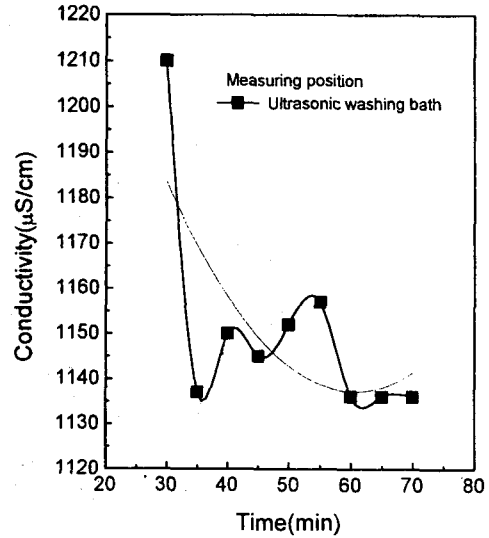
$$C_c = 0.0492t^2 - 5.972t + 1318 \quad (8)$$

그리고 Fig. 12(b)로부터 초음파 수세조의 전기 전도도가 또한 계속 감소하고 있음을 보여주고 있다. 이는 초음파 발진의 효과가 없어짐에 따라 수세로 빠져나온 이물질이 점차 적어짐을 뜻하는 것이다. 이 때의 전기전도도 C_u 는 시간 t (min)에 대해 다음의 (9)식과 같이 감소한다.

$$C_u = 0.00133t^2 - 0.426t + 420 \quad (9)$$



(a) in the cooling bath



(b) in the ultrasonic bath

Fig. 12. Conductivity changes after ceasing the ultrasonic wave generating.

4. 결 론

본 연구는 초음파 직물수세기의 구성과 이를 이용한 수세효율 등의 특성을 실험적으로 분석 검토한 것으로, 이를 통하여 다음과 결론을 얻었다.

1. 초음파 직물수세기는 직물투입구 및 약품조, 초음파 수세조인 온탕 그리고 냉탕 및 직물 출구로 구성되었으며, 카운터 플로우, 에어 실린더에 의해 압착되는 스퀴징 망글, 다관식 열교환기, 에어주입 노즐, 초음파 발진장치, 샤워 스프레이 노즐, 저소음 증기 히터, 토크 모터, 댄서 볼러 그리고 밴드 바 등을 이용하여 효율적인 구조로 구성된 것이다.
2. 페라이트 진동자를 이용한 초음파 발진을 디지털 오실로스코프로 시험한 결과 초음파 발진 파장은 26.882kHz이었다.
3. 피치요루, 엑스터 및 모스 크레이프 직물에 대한 초음파 수세 실험결과, 수세속도가 빠를수록 수세의 효과가 감소하여 잔류효부율이 높게 나타나고 있으며, 일반수세와 초음파 수세를 비교하면 초음파 수세의 경우가 잔류효부율이 낮음에 따라 초음파 수세의 효율성을 잘 말해주었다.

4. 폴리에스테르 고희부울 직물 원단과 주행속도를 31m/min로 하여 일반수세를 한 직물 그리고 주행속도를 31m/min로 하여 초음파 수세를 한 직물을 각각 200배와 1,000배의 SEM사진을 촬영한 결과, 일반수세 직물에서는 호제의 일부분이 잔류하고 있었으나, 초음파 수세를 거친 직물에서는 잔류 호제가 현저히 감소하였다.
5. 초음파를 발진시켜 평형상태에 도달하여 수세가 이루어지고 있는 상태에서 초음파 발진을 멈추었을 때, 냉각 수세조에서와 초음파 수세조에서의 전기전도도 C 는 시간 $t(\text{min})$ 에 대해 다음 식과 같이 감소하였다 : 냉각수세조 : $C_c = 0.0492t^2 - 5.972t + 1318$, 초음파 수세조 : $C_u = 0.00133t^2 - 0.426t + 420$.
5. (주)삼일산업, “연속호발정련기에서 초음파를 이용한 가공법”, 특허출원(1996. 11. 28., 번호 ; 61164).
6. (주)삼일산업, “초음파를 이용한 연속호발정련기용 체류조”, 실용신안 출원(1996. 11. 28., 번호 ; 45190).
7. (주)삼일산업, “탈수용 맹글”, 의장등록 등록(1997. 1. 21., 등록번호 ; 207738).
8. 이춘길, 박인만, “직물가공기용 열교환장치”, 실용신안 등록(1999. 4. 16., 등록번호 ; 0151388).
9. 이춘길, 이광수, “초음파 수세기 개발에 관한 연구”, 한국염색가공학회 추계학술발표 초록집(1996).
10. 이광수, 이춘길, “초음파 수세기술 개발”, 에너지절약 및 청정 염색가공기술 세미나, 고효율 염색가공설비연구회(1998. 4. 23.).

참고문헌

1. 이광수, 이춘길 외, “‘초음파 수세기술’ 개발에 관한 최종보고서”, 통상산업부(1996. 9).
2. 이광수, 이춘길 외, “‘초음파 수세기술’ 개발에 관한 중간보고서”, 통상산업부(1995. 9).
3. 이춘길, 박성득, 오봉효, 한국염색가공학회지, **9**(4) 240(1997).
4. (주)삼일산업, “초음파를 이용한 직물 수세장치 개발”, 특허등록(1997. 12. 9., 등록번호 ; 132255).
5. (주)삼일산업, “연속호발정련기에서 초음파를 이용한 가공법”, 특허출원(1996. 11. 28., 번호 ; 61164).
6. (주)삼일산업, “초음파를 이용한 연속호발정련기용 체류조”, 실용신안 출원(1996. 11. 28., 번호 ; 45190).
7. (주)삼일산업, “탈수용 맹글”, 의장등록 등록(1997. 1. 21., 등록번호 ; 207738).
8. 이춘길, 박인만, “직물가공기용 열교환장치”, 실용신안 등록(1999. 4. 16., 등록번호 ; 0151388).
9. 이춘길, 이광수, “초음파 수세기 개발에 관한 연구”, 한국염색가공학회 추계학술발표 초록집(1996).
10. 이광수, 이춘길, “초음파 수세기술 개발”, 에너지절약 및 청정 염색가공기술 세미나, 고효율 염색가공설비연구회(1998. 4. 23.).
11. 이춘길, 성진기, 에너지자원기술정보, **13**, 21(1997).
12. 이춘길, 에너지관리, **264**, 104(1998).
13. 성진기, 에너지관리, **252**, 137(1997).
14. 김성련, “세탁의 과학”, 교문사(1990).
15. Naigai Special Engineering사 카탈로그.
16. Ultrasonic Cleaner Manual, J. U. Co. 카탈로그.