

The Use of Ultrasonic Washing Technology in Denim Fabrics

Abdullah Arikan (Corresponding author)
Department of Electrical Engineer, Inonu University
Main Campus, 44210, Malatya, Turkey
E-mail: arikan.abdullah1453@gmail.com

Teoman Karadag
Department of Electrical Engineer, Inonu University
Main Campus, 44210, Malatya, Turkey
E-mail: teoman.karadag@inonu.edu.tr

Munevver Ertek Avci
1. Organized Industrial Zone 2. Street, 44900, Malatya, Turkey
E-mail: munevver.ertekavci@calikdenim.com

Onur Karlik
1. Organized Industrial Zone 2. Street, 44900, Malatya, Turkey
E-mail: onur.karlik@calikdenim.com

Abstract

With the discovery of ultrasonic wave, ultrasonic systems have been used in many areas of life. One of these areas has been cleaning which started to develop with human history. To date, new methods have been developed. With these developing methods, ultrasonic washing technology was developed simultaneously. In this study, the use of developing ultrasonic washing technology in the fields such as industry, health, and jewelry sector is investigated. In this study, denim fabrics were tested as a textile product. The classical washing method and the ultrasonic washing method were compared experimentally. From the experimental data obtained, it was determined that the ultrasonic washing method yielded more effective results than the classical washing method and it was found to be economical and environmentalist and it was presented by the study.

Keywords: Ultrasonic wave, textile, washing, denim textile

Denim Kumaşlarda Ultrasonik Yıkama Teknolojisinin Kullanımı

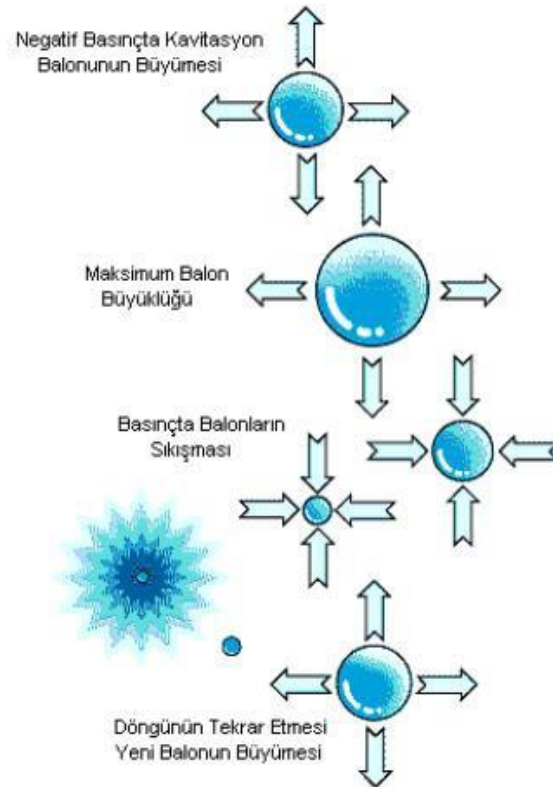
Özet

Ultrasonik dalganın keşfiyle birlikte hayatın birçok alanında ultrasonik sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanlardan bir tanesi de insanlık tarihiyle gelişmeye başlayan temizlik olmuştur. Günümüze kadar bu konuda yeni yöntemler geliştirilmiştir. Gelişen bu yöntemlerle birlikte ultrasonik yıkama teknolojisi de eş zamanlı olarak gelişmiştir. Bu çalışmada ise endüstri, sağlık, kuyumculuk sektörü gibi alanlarda gelişmekte olan ultrasonik yıkama teknolojisinin tekstilde kullanımı araştırılmıştır. Bu çalışmada tekstil ürünü olarak denim kumaşlar üzerinde deneyler yapılmıştır. Klasik yıkama yöntemi ile ultrasonik yıkama yöntemi deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen deneysel verilerden ultrasonik yıkama yönteminin klasik yıkama yöntemine oranla daha etkin sonuçlar verdiği belirlenmiş, ekonomik ve çevreci olduğu saptanmış ve çalışmayla sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik dalga, tekstil, yıkama, denim kumaş

1. Giriş

İnsanoğlunun var olmasıyla birlikte temizlik ihtiyacı vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Bu ihtiyacın karşılanması için sürekli yeni yöntemler geliştirilmiş ve halen bu konuda akademik çalışmalar devam etmektedir [1]. Gelişen bu yöntemlerle birlikte ultrasonik ses dalgaları ile temizleme yöntemi geçen zaman süresince gelişerek günümüze kadar gelmiştir [2]–[11]. Ultrasonik ses dalgalarının tarihine baktığımızda ultrasonik ses dalgalarının üretilmesine yönelik yapılan ilk çalışma Francis Galton'un kendi adıyla yaptığı Galton düdüğüdür [12]. 1880 yılında ise Pierre Curie ve kardeşi Jacques Curie yaptığı çalışmalarla belirli kristallerin (kuvars) piezoelektrik özellik gösterdiği ortaya konulmuştur [12]. Dönüştürücüdeki kristale alternatif bir gerilim uygulandığında kristalde titreşim oluşur [13]. Böylece titreşim frekansı ile elektriksel sinyalin frekansı eşit olduğunda ultrasonik ses dalgası meydana gelir. İnsan kulağı 20Hz-20kHz frekans aralığındaki sesleri duyabilmektedir. Ultrasonik ses insan kulağının duyabilme limiti üzerindeki seslere denir. Ultrasonik ses dalgası ile temizleme endüstride, kuyumculuk, sağlık gibi sektörlerde kullanılmaktadır [13]. Ultrasonik temizlemenin endüstride kullanılan frekans aralığı 20kHz-250kHz arasındadır [5], [14]. Yapılan bu çalışmada ise ultrasonik ses dalgasının frekansı 40kHz olarak seçilmiştir. Bu frekansın seçiminde daha önce literatürde yapılmış olan çalışmalar referans alınmıştır [13], [15]–[19]. Bu çalışmada ultrasonik temizleme sistemi; ultrasonik temizleme teknesi, ultrasonik dönüştürücüler, ultrasonik üreteçler (sinyal jeneratörü) ve temizleme çözeltisi olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. Ultrasonik temizleme işleminde temizlenmek istenen tekstil malzemesi temizleme teknesinin içerisine konur. Sonrasında ultrasonik dönüştürücüler, gelen elektrik sinyalinin genliğine ve frekansına bağlı olarak frekansı yüksek mekanik ses sinyali üretirler. Üretilen ses sinyallerinin tekne içerisindeki sıvıya iletilmesiyle tank içerisindeki sıvıda basınç arttırılmış ve azaltılmış bölgeler Şekil 1'deki gibi meydana gelir. Sıvı yüksek basınç evresinde sıkıştırılırken, alçak basınç (negatif basınç) evresinde ise aniden bırakılır. Sıvıdaki basınç azalırken mikroskobik çekirdekteki boşluklar genişler ve sıvı içinde ayrışmalar olur.



Şekil 1. Su İçerinde Ultrasonik Dalgalardan Dolayı Oluşan Kaviteyon Olayı

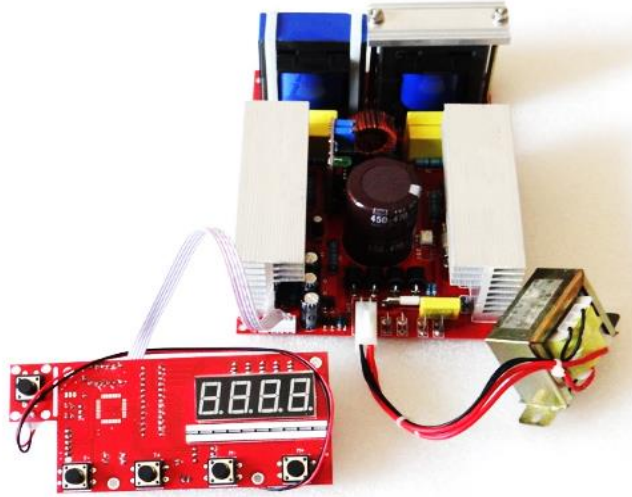
Sonrasında gelecek olan yüksek basınç ile bu boşluklar (kavitasyon) daraltılır, daha sonraki alçak basınçta ise boşluk büyümeye devam eder. Bu süreç devam ederken boşluk öyle bir kritik büyüklüğe ulaşır ki daha fazla büyüklüğünü koruyamaz ve basıncı artırılmış evre esnasında çok güçlü bir şekilde içe çöker. Bu güçlü patlama sırasında noktasal ve her yöne yayılan şok dalgaları meydana gelir. Şok dalgaların etkisi ile oluşan plazmalar sıvı içerisindeki nesnelere çarparlar [11]. Böylece kumaş üzerinde istenmeyen partiküller temizlenmiş olur. Yapılan bu çalışmada denim kumaşların yıkamasında kullanılan kimyasal maddeleri ve sıcaklık parametrelerinin iyileştirilmesi için ultrasonik yıkama teknolojisi kullanılmıştır. Bu çalışmayla birlikte klasik yıkama metodu ile ultrasonik yıkama sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Yapılan bu çalışmada ultrasonik yıkama teknolojisini kullanarak denim kumaşların yıkanması için laboratuvarımızda deney seti oluşturulmuştur. Bu deney seti üzerinde belirli parametrelere göre hazırlanan test senaryoları uygulanmıştır.

1.1 Ultrasonik Sinyal Jeneratörü

Ultrasonik sinyal jeneratörleri şebekeden aldığı elektrik sinyalini ultrasonik dönüştürücünün çalışma frekansında bir sinyale dönüştürür. Böylece temizleme için gerekli olan ultrasonik ses dalgası oluşturulmuş olur. Bu çalışmada Şekil 2'deki 40kHz frekansında 300W'lık ultrasonik sinyal jeneratöründen 2 adet kullanılmıştır. Bu ultrasonik sinyal jeneratörü üzerinde bulunan kontrol kartı sayesinde hem istenilen güç değerinde çıkış, hem de verilecek olan ultrasonik dalganın süresi ayarlanabilmektedir.



Şekil 2. Ultrasonik Jeneratör ve Kontrol Kartı

1.2 Ultrasonik Dönüştürücü

Yapılan bu çalışmada Şekil 3'de verilmiş olan piezoelektrik dönüştürücüler kullanılmıştır. Bu dönüştürücüler bir çift kalay şerit arasında bulunan seramik kristalden oluşurlar. Şeritler arasında gerilim uygulandığında kristalde yer değiştirme meydana gelir. Bu durum piezoelektrik etki olarak adlandırılır [20]–[24]. Bu çalışmada 40kHz frekansında 40W gücünde dönüştürücüler kullanılmıştır. Bu dönüştürücüler Şekil 4'de görülen örnekteki gibi yıkama teknesine monte edilmiştir. Kristaldeki yer değiştirme, dönüştürücülerden tekneye geçer. Bu olay dönüştürücü ile tekne arasında basınç dalgası oluşturur. Oluşan bu dalgalar tekne içinde su çözeltisine taşınırlar. Böylece su içerisinde gerekli olan ultrasonik ses dalgaları elde edilir.



Şekil 3. Piezoelektrik Dönüştürücü



Şekil 4. Dönüştürücülerin Teknedeki Konumu

1.3 Yıkama Ünitesi

Şekil 5’de laboratuvarımızda bu çalışma için hazırlanmış olan yıkama ünitesi görülmektedir. Kullanılan yıkama ünitesi içerisinde 22x38x45 cm boyutlarında 4 teknenen oluşmaktadır. Her bir teknenin su kapasitesi 25 litredir. Üniteye bulunan teknelerdeki su sıcaklıkları, ünitenin bağlı olduğu kontrol paneli üzerinden kontrol edilmiştir. Ayrıca yıkanacak olan kumaşın teknelerin içerisinde geçme hızı, sıcaklık parametresi gibi değerler panel üzerinden kontrol edilebilmektedir.



Şekil 5. Yıkama Ünitesi

1.4 Yıkama Sıvısı

Klasik yıkama yönteminde sabun olarak bir poliakrilik asitin sodyum tuzu ve kumaşın pH dengesini ayarlamak için asetik asit " $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ " kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise yıkama sıvısı olarak yumuşak su kullanılmıştır.

1.5 Kumaş

Bu çalışmada, atkı ve çözgü ipliği %100 pamuk olan gabardin özellikli ve 100-120g/lt reaktif Black 5 boyasıyla boyanmış denim kumaş kullanılmıştır.

3. Uygulama

Bu çalışmada klasik yıkama yöntemi ile ultrasonik yıkama teknolojisinin deneysel bir kıyaslaması yapılmıştır. Klasik yıkama yönteminde kullanılan Tablo 1'deki kimyasalların kullanımını ortadan kaldırmak ve teknelerde yıkanan denim kumaşların daha düşük sıcaklıklarda, ultrasonik yıkama teknolojisi kullanılarak benzer sonuçları elde etmek için Tablo 2'deki bir dizi deneyler yapılmıştır. Böylece kimyasal (sabun ve asetik asit) kullanımdan ve teknelerdeki suların ısıtılmasında sarf edilen enerji maliyetlerinde düşüş ve daha çevreci yıkama yöntemlerin geliştirilmesi için ultrasonik yıkama yöntemi kullanılmıştır.

Klasik yıkama yönteminde kullanılan tekne suyu sıcaklıkları Tablo 1'de verildiği gibidir. Bu yıkama yönteminde 2. tekne yukarıda kimyasal özelliği verilen sabun ve 4. tekne ise Asetik Asit kullanılmaktadır.

Tablo 1. Klasik Yıkamada Kullanılan Sıcaklık Değerleri ve Kimyasallar

	1. Tekne	2. Tekne	3. Tekne	4. Tekne
Sıcaklık (°C)	70	90	90	70
Kimyasal	-	Sabun	-	Asetik Asit

Tablo 2. Ultrasonik Yıkama Teknolojisinde Kullanılan Deney Parametreleri

Deney no	Güç (W)	1. Tekne	2. Tekne	3. Tekne	4. Tekne
1	80	70	90	90	70
2	120	50	90	90	70
3	160	50	90	90	70
4	280	50	90	90	70
5	360	40	40	90	70

Yapılan 5 farklı deney senaryosunda da 3. ve 4. Yıkama teknelerindeki su sıcaklıkları değiştirilmemiştir. 5. deney senaryosunda 1. ve 2. yıkama teknelerinin sıcaklıkları 40 °C'ye düşürülmüştür. İlk dört yıkama senaryosunda ise 1. teknenin sıcaklığında değişikliğe gidilmiştir.

Yapılan ilk deney, toplam 80 W gücünde olan 2 adet ultrasonik dönüştürücü kullanılmıştır. Bu deneyde klasik yıkama yönteminde kullanılan kimyasallarda (sabun ve asetik asit) ve sıcaklık değerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Bu deney sonucunda temizlenen denim kumaşın yapılan değerlendirme neticesinde klasik yıkama metotunda elde edilen sonuçlara göre herhangi bir değişikliğin olmadığı görülmüştür. 2. deneyde ise toplam 120W gücünde olan 3 adet ultrasonik dönüştürücü kullanılarak 1. teknedeki su sıcaklığı 70 °C'den 50 °C'ye düşürülmüş ve klasik yıkamada kullanılan sabun ve asetik asit kullanılmamıştır. Yapılan 3. deneyde ise toplam 160 W gücünde olan 4 adet dönüştürücü kullanılmıştır. 1. teknedeki su sıcaklığı 70 °C'den 50 °C'ye düşürülmüştür. 4. deneyde ise toplam 280W gücünde olan 7 adet dönüştürücü kullanılmış ve yine 1. teknedeki su sıcaklığı 70 °C'den 50 °C'ye düşürülmüştür. 2,3,4 nolu deneylerin sonucunda yapılan haslık değerlendirmesinde ise sabun ve asetik asit kullanılmadan,

klasik yöntemle temizlenmiş denim kumaş ile aynı aralıktaki kuru ve yaş haslık sonuçlarına ulaşılmıştır. Son olarak yapılan 5. deneyde ise toplam 360 W gücünde olan 9 adet dönüştürücü kullanılmıştır. 1. teknedeki su sıcaklığı 70 °C den 50 °C ye ve 2. teknedeki su sıcaklığı 90 °C den 40 °C ye düşürülmüştür. Bu deney sonucundan alınan temizlenmiş denim kumaş değerlendirildiğinde ise ilk dört deneyden daha iyi bir sonuç elde edilerek istenilen haslık değerlerine ulaşılmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışma ile klasik yıkama yöntemi ile ultrasonik yıkama yöntemi deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Bu deneysel karşılaştırma için laboratuvarımızda Tablo 2’de görüldüğü üzere 5 ayrı deney senaryosu uygulanmıştır. 1. deney senaryosunda kimyasal temizleyicilerle ultrasonik sistem hibrit olarak kullanılmıştır, ultrasonik gücün bu senaryo için temizlemede yeterli olmadığı görülmüştür. Diğer 4 deney senaryosunda ise sadece ultrasonik temizleyici sistemin gücü tedricen artırılmıştır. 2,3 ve 4 nolu deney senaryoları neticesinde klasik temizleme ile eş aralıktaki yaş ve kuru haslık değerlerine ulaşılmıştır. 5. ve son deneyde ise en optimum haslık değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar neticesinde denim kumaş temizliğinde; klasik yıkama tekniği ve temizleyicileri kullanılarak elde edilen haslık sonuçlarına daha düşük sıcaklıklarda ve kimyasal ve asit kullanmadan sadece ultrasonik ses sinyalleri kullanılarak daha etkin sonuçların elde edilebileceği ortaya konulmuştur.

5. Kaynaklar

- [1] https://www.cleaninginstitute.org/clean_living/soaps__detergent_history.aspx,
- [2] F. J. Fuchs, “19 - Ultrasonic cleaning and washing of surfaces”, J. A. Gallego-Juárez ve K. F. B. T.-P. U. Graff, Ed. Oxford: Woodhead Publishing, 2015, ss. 577–609.
- [3] A. E. Crawford, “A practical introduction to ultrasonic cleaning”, *Ultrasonics*, c. 1, sayı 2, ss. 65–69, 1963.
- [4] A. H. Crawford, “Large scale ultrasonic cleaning”, *Ultrasonics*, c. 6, sayı 4, ss. 211–216, 1968.
- [5] C. Zhu vd., “Dual-frequency ultrasonic washing machine for fruits and vegetables”, *2015 IEEE Int. Conf. Consum. Electron. - Taiwan, ICCE-TW 2015*, ss. 152–153, 2015.
- [6] T. J. Mason, “Ultrasonic cleaning: An historical perspective”, *Ultrason. Sonochem.*, c. 29, ss. 519–523, 2016.
- [7] S. Canoğlu, B. C. Gültekin, ve S. M. Yükseloğlu, “Effect of ultrasonic energy in washing of medical surgery gowns”, *Ultrasonics*, c. 42, sayı 1–9, ss. 113–119, 2004.
- [8] D. S. Sun, L. Fang, ve T. Liu, “Investigation of Ultrasonic Effects in Cotton Dyeing Processing”, *Adv. Mater. Res.*, c. 787, ss. 138–142, 2013.
- [9] F. John, “N95- 31783”, ss. 369–378, 2018.
- [10] T. Utilizing, O. Incidence, H. Hatano, ve S. Kanai, “igh-I ’ reQUENCY Ultrasonic Cleaning”, c. 43, sayı 4, ss. 531–535, 1996.
- [11] R. M. E. Projes, “Ultrasonik temizleyici”, 2014.
- [12] <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html>,
- [13] P. K. Duran vd., “OLANAKLARI USAGE OPPORTUNITIES OF ULTRASOUND TECHNOLOGY IN”, sayı 1, ss. 162–166, 2007.

- [14] D. H. McQueen, "Frequency dependence of ultrasonic cleaning", *Ultrasonics*, c. 24, sayı 5, ss. 273–280, 1986.
- [15] V. S. Moholkar, V. A. Nierstrasz, ve M. M. C. G. Warmoeskerken, "Intensification of mass transfer in wet textile processes by power ultrasound", *Autex Res. J.*, c. 3, sayı 3, ss. 129–138, 2003.
- [16] K. Duran, İ. BAHTİYARİ, ve A. EKMEKÇİ KÖRLÜ, "UltrasoTehnolojisi Ultrasound Technology", c. 3, sayı 4, ss. 155–158, 2006.
- [17] S. M. Yükseloğlu ve N. Bolat, "The use of conventional and ultrasonic energy in dyeing of 100% wool woven fabrics", *Tekst. ve Konfeksiyon*, c. 20, sayı 2, ss. 162–167, 2010.
- [18] E. Erez ve P. Çelik, "A research on the parameters of the affecting yarn properties of cotton-polyester rigid core-spun yarns", *Tekst. ve Konfeksiyon*, c. 24, sayı 2, ss. 195–201, 2014.
- [19] D. Kuma, A. Investigation, T. W. Methods, T. C. Properties, ve W. Fabrics, "TRADITIONAL WASHING METHODS ON THERMAL", c. 2012, sayı June, ss. 1–6, 2012.
- [20] C. March, "Piezoelectric Transducers and Applications 12 Fundamentals of Piezoelectric Immunosensors", sayı January 2008, 2015.
- [21] Y. Chen, L. Xie, ve R. Kang, "Performance Measurement of Ultrasonic Transducer for Surgery Application", ss. 506–509, 2012.
- [22] J. Kim, B. L. Grisso, J. K. Kim, D. S. Ha, D. J. Inman, ve A. U. P. Ceramics, "Electrical Modeling of Piezoelectric Ceramics for Analysis and Evaluation of Sensory Systems", ss. 122–127, 2008.
- [23] F. G. Baptista, S. Member, ve J. V. Filho, "Optimal Frequency Range Selection for PZT Transducers in Impedance-Based SHM Systems", c. 10, sayı 8, ss. 1297–1303, 2010.
- [24] A. T. Ozdemir, "A Remote Tone Burst Pulser Design For Automated Ultrasonic Scanning System", *Eng. Electron. Technol. Aviat.*, c. 11, sayı 1, ss. 87–93, 2018.