

## Ultrasonik titreşimin tel çekme işlemine etkisi Effect of ultrasonic vibration on the process of wire drawing

Onur DUMAN<sup>1\*</sup>, Mustafa Kemal KÜLEKÇİ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Tarsus Üniversitesi, Mersin, Türkiye.  
dumanonur01@gmail.com, mkkulekci@mersin.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 26.04.2018, Kabul Tarihi/Accepted: 19.10.2018  
\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2018.25588  
Araştırma Makalesi/Research Article

### Öz

Bu çalışmada tel çekme işleminde ultrasonik titreşimlerin kalıp ile tel arasındaki yağlamaya ve tel çekme kuvvetine etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada geleneksel tel çekme yöntemi ile ultrasonik etki kullanılarak tel çekme işleminde yağlama etkisi ve çekme kuvveti karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çekme kuvveti dinamometre ile ölçülmüştür. Tel çekme işleminde ultrasonik titreşimin yağlamaya olan etkisini belirlemede tel yüzeyine ait makro görüntüler karşılaştırılarak değerlendirilmeler yapılmıştır. Deneysel çalışmalardan elde edilen verilerle zamana bağlı kuvvet değişim grafiği oluşturularak geleneksel tel çekme ile ultrasonik titreşimli tel çekme arasındaki kuvvet farklılıkları ortaya konmuştur. Deney sonunda çapı düşürülen telden numune alınarak telin yüzey kalitesi mikroskopta incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre ultrasonik titreşimli tel çekmede geleneksele göre çekme kuvvetinde %9 ile %15 arasında kuvvet azalması görülmüştür. Mikroskopta yapılan incelemelere göre tel yüzeyinin sabun alma kabiliyetinin ultrasonik etki ile arttığı görülmüştür. Bu nedenle ultrasonik titreşimle çekilen tel yüzeylerinin daha pürüzsüz olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tel çekme, Ultrasonik, Hadde, Tel

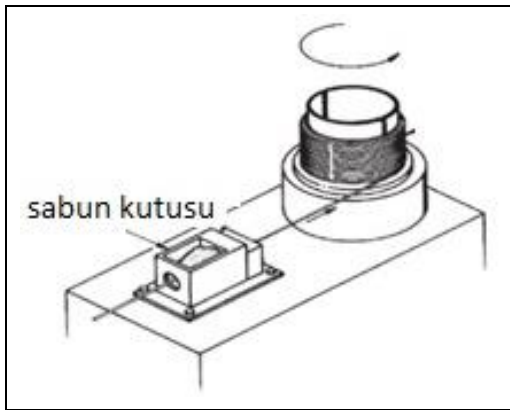
### Abstract

In this study, the effects of ultrasonic vibrations on the lubrication between die and wire and wire drawing force in wire drawing process were investigated. In the work done, the lubrication effect and the drawing force in the wire drawing process are compared comparatively by using the conventional wire drawing method and the ultrasonic effect. Drawing force is measured with a dynamometer. In wire drawing process, evaluations were made by comparing macro images of wire surface in determining the effect of ultrasonic vibration on lubrication. The time-dependent force change graph obtained from the experimental studies was used to reveal the force differences between conventional wire drawing and ultrasonic vibrating wire drawing. At the end of the experiment, a sample with reduced diameter was taken and the surface quality of the sample was examined under a microscope. According to the results of the tests ultrasonic vibratory wire drawing showed a reduction of force between 9% and 15% in drawing force according to tradition. According to the studies made on the microscope, the lubrication ability of the wire surface was increased by the ultrasonic effect. For this reason, it has been found that the wire surfaces drawn by ultrasonic vibration are smoother.

**Keywords:** Wire drawing, Ultrasonic, Die, Wire

### 1 Giriş

Tel çekme işlemi, çelik halat, yay teli, çelik kord gibi yüksek dayanımlı tellerin üretilmesinde önemli yer tutan plastik şekil verme işlemidir. Tel çekme, belli çaplardaki tellerin sürekli veya kesikli tarzda matris olarak bilinen haddelerden geçirilme suretiyle yapılmaktadır [1]. Şekil 1’de tel çekme işlemi gösterilmiştir.



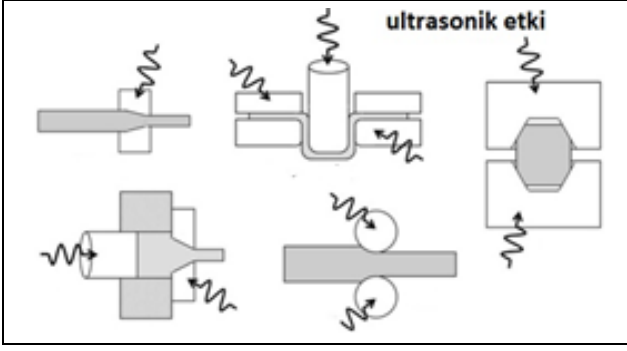
Şekil 1: Tel çekme işlemi [2].

Kuru tel çekmede, matrisin önünde, içine katı ve kuru bir yağlayıcı doldurulmuş bir kap bulunur. Tel bu yağlayıcı içinden geçerek matrise girer [1]. Tel çekmede kullanılan sabunun

görevi haddeyle tel arasında bir tabaka oluşturarak sürtünmeyi minimuma indirmektir. Tel, hadde kutusundaki toz halindeki yağlayıcılardan geçerken göreceli olarak ufak bir miktar sabun, yüzeye nüfuz etmekte ve matrise tel aracılığıyla taşınmaktadır. Tel çekme sırasında ısı ve basınç ortaya çıkması nedeniyle hadde kutusundaki sabun tel yüzeyine sıvanarak ince bir film tabakası oluşturur. Bu tabaka sayesinde haddenin tele temas etmesi engellenir. Ayrıca hadde ile tel arasındaki sürtünmeyi azaltarak telin çekilmesini de kolaylaştırır [3].

Geleneksel tel çekme işleminde yüksek tel kırılma oranı, zayıf yüzey kalitesi gibi birçok problem mevcuttur [4],[5]. Hadde üzerine ultrasonik titreşimin uygulanması yukarıda bahsedilen sorunların çözümünde alternatif bir yöntem olabilir [6]. Geleneksel tel çekme ile ilgili önemli bir problem de şekillendirme alanına yüksek kuvvetlerin girmesidir. Tel çekme sırasındaki çekme kuvveti, ultrasonik salınımlı kalıplar uygulanarak azaltılabilir [7].

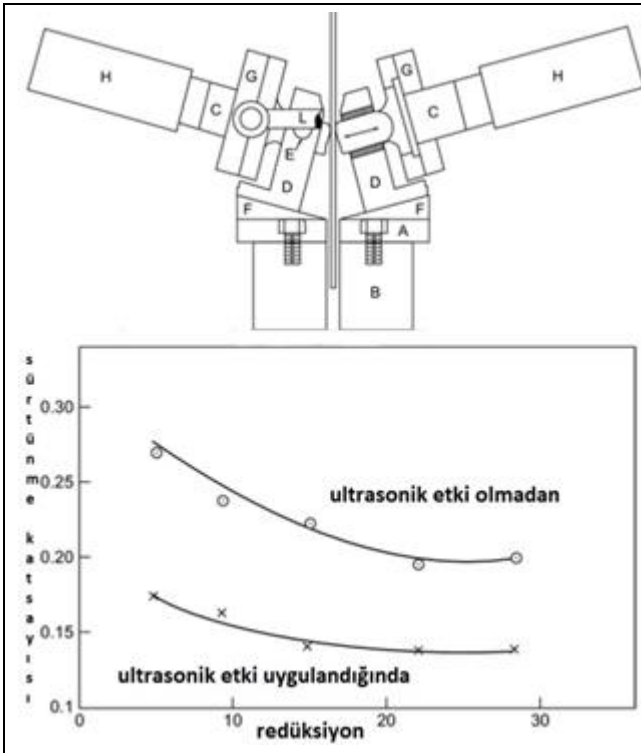
Ultrasonik, duyulmayan akustik dalgaların üretimi ve kullanımı ile uğraşan ve geniş bir alan olan akustiğin bir koludur. İnsanlarda duyulabilir üst frekans sınırı yaş, meslek ve diğer faktörlere göre değişmekle birlikte, genellikle yaklaşık 20 kHz olarak kabul edilir. Tel çekme, derin dövme ekstrüzyon ve haddeleme gibi çeşitli metal şekillendirme işlemleri üzerine ultrasonik titreşimin etkisi geçmişten beri araştırılmaktadır. Şekil 2’de ultrasonik etkinin uygulandığı tel çekme, derin çekme, dövme, ekstrüzyon ve haddeleme gibi çeşitli şekillendirme işlemleri gösterilmektedir [8].



Şekil 2: Metal şekillendirme teknikleri üzerine uygulanan ultrasonik [8].

Hadde üzerinde çeşitli ultrasonik titreşim uygulayan ultrasonik tel çekmenin, iş parçası-hadde ara yüzünde yağlama koşullarının ve ısı transferinin iyileştirilmesinde, iş parçasının şekil verilebilirliğinin artırılmasında, ısı iletiminin teşvik edilmesinde ve çekme kuvvetinin azaltılmasında yardımcı olduğu görülmüştür [9],[10].

Ultrasonik titreşimin sürtünme etkisine olan etkilerini incelemek için birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan biri de Rozner'in yaptığı deneydir. Şekil 3'te gösterilen düzenek kullanılarak, ultrasonik etkinin, şerit çekmede sürtünme azaltma üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sistem bileşenleri, test makinesi tabanı (B), kalıp (C) ve kalıp tutucu (D), ultrasonik dönüştürücü (H) ve gerilim bağlantısından (L) oluşmaktadır. Şekil 3'te bakır şerit için sürtünme katsayısı sonuçları verilmiştir [11].



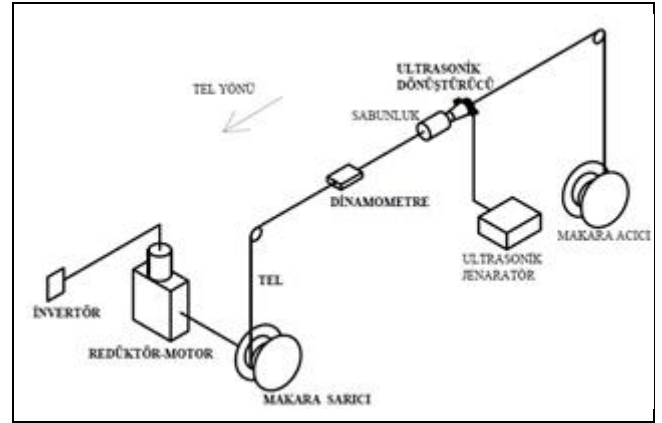
Şekil 3: Sürtünme azaltma üzerine çalışma [11].

Ultrasonik etkinin, metal şekillendirme işlemlerindeki etkisi her zaman ilgi odağı olmuştur. Şekil 3'teki veriler incelendiğinde ultrasonik etki ile sürtünme katsayısının %35 civarlarında düştüğü görülmüştür. Böylelikle işlemleri gerçekleştirmek için gereken kuvvet miktarı da azalmıştır.

olmaktadır. Tel çekme işleminde ultrasonik etkinin incelenmesi adına çalışmalar yapılmış ve ultrasonik etkinin sürtünme katsayısının düşmesinde önemli bir etken olduğu görülmüştür. Bu çalışmada tel çekme işlemlerinde en çok kullanılan 1006 kalite telde, ultrasonik etkinin çekme kuvvetine olan etkisiyle birlikte ultrasonik etkinin tel yüzeyinin sabun alma kabiliyetine olan etkisi araştırılmıştır [12].

## 2 Deneysel çalışma

Endüstriyel uygulamalarda metallerin şekillendirme problemlerinin çözümünde ultrasonik etki kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada ultrasonik titreşimin tel çekme işlemine etkisini görmek için tel çekme düzeneği kurulmuştur. Bu deney düzeneği bir adet açıcı makara, bir adet redüktöre bağlı sarıcı makara, invertör, ultrasonik dönüştürücü, hadde, sabunluk, ultrasonik jeneratörden oluşmaktadır. Şekil 4'te deney düzeneğinin şematik diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4: Deney düzeneğinin şematik diyagramı.

Tasarımın en önemli kısmı, haddeye titreşim etkisini ileten ultrasonik dönüştürücüdür. Ultrasonik dönüştürücü arka kapak, dönüştürücü ve titreşimi ileten kovandan (horn) olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Arka kapak, vibratörün tel çekme makinesine takılması için kullanılır. Piezoelektrik seramikler ve titreşim ileten kovan, daha fazla titreşim elde edilecek tarzda düzenlenmiştir. Piezoelektrik seramikler arka kapak ve kovan arasında sıkıştırmak suretiyle elektrik enerjisi mekanik titreşim enerjisine dönüştürülmüştür.

Ultrasonik dönüştürücünün mekanik titreşim enerjisini elde edebilmesi için gereken elektrik enerjisi ve frekans değeri ultrasonik jeneratörden sağlanmıştır. Ultrasonik titreşimlerin tel çekme üzerine etkisini incelemek için deney düzeneğinde 1006 kalite çapı 1 mm olan tel kullanılmıştır. Tablo 1'de 1006 kalite telin kimyasal kompozisyonu gösterilmiştir.

Tablo 1: 1006 kalite telin kimyasal kompozisyonu.

Kimyasal Kompozisyon				
C	Mn	Si	P	S
0.08	0.4-0.55	0.15-0.3	0.03	0.015

Deneyisel çalışmada çapı 1 mm olan 1006 kalite tel, hadde vasıtasıyla %22.5 redüksiyon oranı uygulanarak çapı 0.88 mm düşürülmüştür. Tel çekme işleminde haddeye zarar vermemek ve telin çekilmesini kolaylaştırmak için ultrasonik dönüştürücünün uç kısmına sabunluk yerleştirilmiştir. Hazırlanmış olan deney düzeneğinde invertör ile redüktörün devri artırılıp azaltılabilir tarzda düzenlenmiştir. Böylece deney düzeneğinde tel çekme hızı ayarlanabilir hale

getirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada tel çekme hızı 0.15 m/dk. olarak alınmıştır. Telde çekme kuvvetini belirleyebilmek için dinamometre kullanılmıştır. Böylece ultrasonik titreşimin kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda kuvvetlerdeki değişimler kayıt altına alınmıştır. Deney düzeneği Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5: Deney düzeneği.

Ultrasonik titreşimlerin tel yüzeyinin sabun alma kabiliyetine etkisini incelemek için Nikon eclipse lv150 endüstriyel mikroskop kullanılmıştır.

### 3 Deneysel sonuçlar

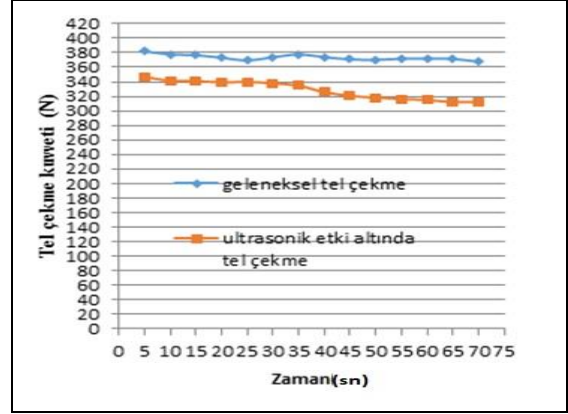
Yapılan deney çalışmasında tele bağlanan dinamometre sayesinde tele uygulanan tel çekme kuvvetleri tespit edilmiştir. Deney düzeneği ultrasonik titreşimli ve titreşimsiz deneyler için 70 sn. boyunca çalıştırılmıştır. Başta ultrasonik etki verilmeden kuvvet ölçümü yapılmıştır daha sonra ultrasonik etki altında tel çekme kuvveti ölçülmüştür. Tablo 2'de 70 sn. boyunca ultrasonik etki olmadan ve ultrasonik etki altında oluşan tel çekme kuvvetleri gösterilmiştir. Şekil 6'da tel çekme kuvvetlerinin karşılaştırılmalı sonuçları verilmiştir.

Tablo 2: Ultrasonik etki olmadan ve ultrasonik etki altında oluşan tel çekme kuvvetleri.

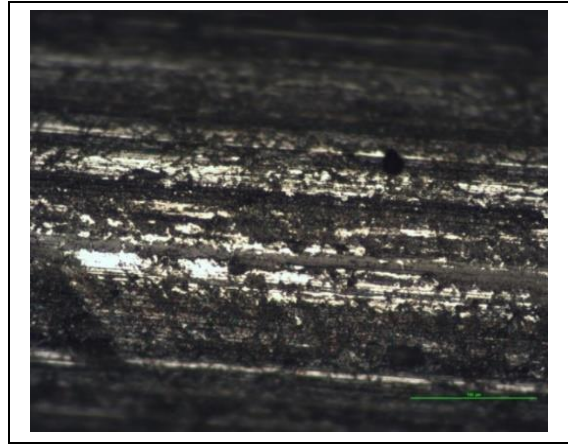
Zaman (sn.)	Ultrasonik etki olmadan tel çekme kuvveti (N)	Ultrasonik etki altında tel çekme kuvveti (N)
5	381	346
10	377	341
15	376	341
20	373	339
25	369	339
30	373	337
35	377	334
40	374	325
45	370	320
50	370	318
55	371	316
60	372	315
65	371	312
70	367	312

Tablo 2 ve Şekil 6'da veriler incelendiğinde ultrasonik etki sayesinde tel çekme kuvvetinin düştüğü görülmektedir. 70 sn. boyunca alınan ölçümlere göre tel çekme kuvvetinin %9 ile %15 arasında düştüğü görülmektedir.

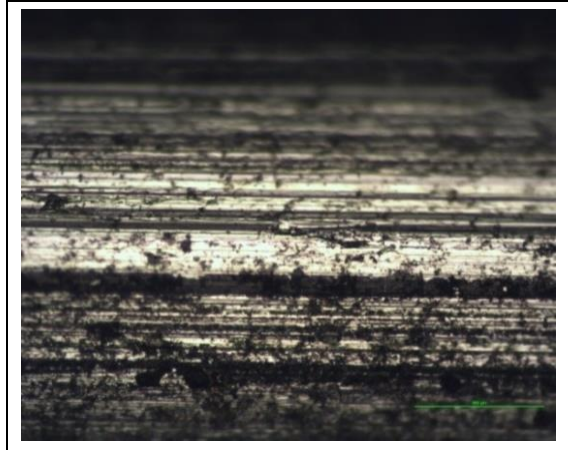
Ultrasonik salınımların, tel yüzeyinin sabun alma kabiliyetine etkisini incelemek için ilk önce ultrasonik etki olmadan çekilen telden numune alınarak tel yüzeyi mikroskopta incelenmiştir. Daha sonra ultrasonik etki altında çekilen telden numune alınarak mikroskopta incelenmiştir. Ultrasonik etki olmadan çekilen telin mikroskop altındaki yüzey görüntüsü Şekil 7'de, ultrasonik etki altında çekilen telin mikroskop altında yüzey görüntüsü Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 6: Tel çekme kuvvetlerinin kıyaslanması.



Şekil 7: Ultrasonik etki olmadan tel yüzey görüntüsü.



Şekil 8: Ultrasonik etki altında tel yüzey görüntüsü.

Şekil 8'de görüldüğü üzere tel yüzeyindeki gri alanlar Şekil 7'de görülen gri alanlardan daha fazladır. Gri gözüken yerler sabun alan kısımlardır.

Ultrasonik etki telin hadde içerisinden geçerken sabun alma kabiliyetini artırdığını ortaya koymaktadır.

### 4 Sonuçlar

Bu çalışmada ultrasonik titreşimin tel çekme üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen verilerden aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tel ile hadde arasında yeterli şekilde yağlamanın olmaması hadde ile tel arasında sürtünme katsayısını arttırmaktadır.

Ultrasonik titreşimlerin uygulanması tel yüzeyinin sabun alma kabiliyetini arttırarak hadde ile tel yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısını düşürmektedir.

Ultrasonik etki kullanılarak yapılan tel çekme işlemi tel çekme kuvvetini %9 ile %15 arasında azaltmaktadır.

Ultrasonik etki yüzeyin yağ alma kabiliyetini arttırmaktadır.

Tel çekme endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta olan 1006 kalite tel düşük karbonlu olup, yüksek karbonlu tellere kıyasla sabun alma kabiliyeti daha yüksektir. Kullanılan bu teknik sabun alma kabiliyeti düşük olan yüksek karbonlu tellerde uygulanırsa sabun alma kabiliyetleri artacağı gibi tel çekme kuvvetleri de düşecektir.

## 5 Kaynaklar

- [1] Şenyürek Ü, Cömert H. "Tel çekme prosesi ve inklüzyon hasarları". *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 179-181, 2002.
- [2] Wright RN. *Wire Technology*. 4<sup>th</sup> ed., Oxford, UK, Elsevier, 2011.
- [3] Ünseren M. Tel Çekme Matrisleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 2006.
- [4] Pramanik A. "Problems and solutions in machining of titanium alloys". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(5), 919-928, 2014.
- [5] Zhou ZM, Li XY, Qu YX. "Tool wear of diamond tools in ultrasonic vibration turning titanium alloys". *Applied Mechanics & Materials*, 229-231, 517-520, 2012.
- [6] Liu S, Shan X, Guo K. "Research on a composite power-superimposed ultrasonic vibrator for wire drawing". *Applied Sciences*, 6(2), 32-44, 2016.
- [7] Siegert K, Möck A. "Wire drawing with ultrasonically oscillating dies". *Journal of Materials Processing Technology*, 60(1-4), 657-660, 1996.
- [8] Gallego J, Graff J. *Power Ultrasonics*. 1<sup>st</sup> ed., Cambridge, UK, Woodhead Publishing, 2014.
- [9] Shen L, Xiaobiao S, Kai G, Tao X. "Design and fabrication of a skew-typed longitudinal-torsional composite ultrasonic vibrator for titanium wire drawing". *IEEE Access*, 4, 6749-6756, 2016.
- [10] Yao Z, Kim GY, Faidley L, Zou Q, Mei D, Chen Z. "Effects of superimposed high-frequency vibration on deformation of aluminum in micro/meso-scale upsetting". *Journal of Materials Processing Technology*, 212, 640-646, 2012.
- [11] Rozner AG. "Effect of ultrasonic vibration on coefficient of friction during strip drawing". *Journal of Acoustical Society of America*, 49, 1368-1371, 1971.
- [12] Liu S, Shan X, Guo K, Yang Y, Xie T. "Experimental study on titanium wire drawing with ultrasonic vibration". *Ultrasonics*, 83, 60-67, 2018.