

Mart 2003

# Makina & Metal Teknolojileri

Makina ve Metal Endüstrisinin Aylık Dergisi  
Monthly Magazine of Turkish Machinery and Metal Industries

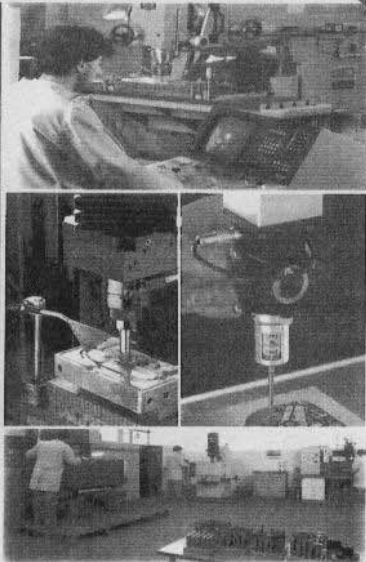


Uygun  
Malzeme

Profesyonel  
Tasarım



Keresteciler Sitesi Fatih Cad.  
Gedik İş Merkezi No:  
45/2 Merter / İSTANBUL  
Tel.: (0212) 637 32 76 - 77  
Fax: (0212) 637 23 76

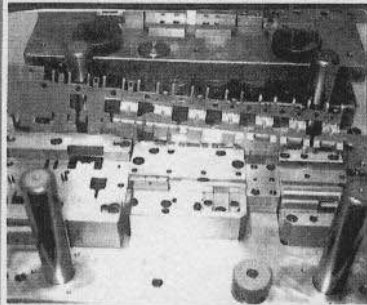


Modern  
İşleme  
Teknikleri

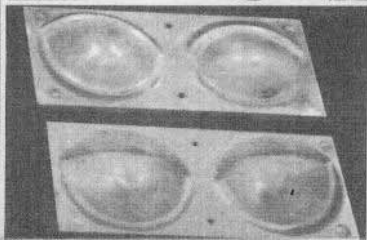
GTA YÖNEMİYLE AISI 1018  
MALZEMESİ YÜZEYİNE YÜKSEK  
KROMLU Fe-Cr Si-C  
ALASHIMLANARAK ELDE EDİLEN  
KAPLAMANIN AVRASİF AŞINMA  
DİRENCİ.

ULTRASONİK TEMİZLEMEDE  
ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER.

YÖNETİCİ ÖZETİ.



ve Yüksek  
Performanslı  
Kalıplar



Sonuç  
Müşteri  
Memnuyeti



## ULTRASONİK TEMİZLEMEDE ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

İrfan AY<sup>1</sup>, Nergizhan ANAÇ<sup>2</sup>

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampüsü, 10100,  
BALIKESİR

E-mail<sup>1</sup>: ay@balikesir.edu.tr

E-mail<sup>2</sup>: nergiz@balikesir.edu.tr

**Özet** – Ultrasonik yöntemle parça temizleme, teknolojinin en son ve en önemli temizleme yöntemlerinden biridir. Temel elemanları; jeneratör, transducer, sıvı tankları ve temizleme sıvılarıdır. Bu makalede; ses frekansının, basınç ve enerjinin, uygun kimyasal çözücünün ve partiküllerin ultrasonikle temizleme üzerine etkileri incelenmiştir. Anahtar sözcükler : ultrasonik yöntem, transducer, frekans

**Summary** : Cleaning of the parts by ultrasonic process is one of the most important and the latest cleaning processes in technology. Its basic elements are generators, transducers, liquid tanks and cleaning solutions. In this paper, it has been studied effects on ultrasonic cleaning of particles, appropriate chemical solvent, pressure and energy, and sound frequency. Key words : Ultrasonic method, transducer, frequency

### 1. GİRİŞ

16 Eylül 1987 tarihinde tüm dünya devletlerince imzaya sunulan ve maddeleri ancak 1 Ocak 1989 tarihinde zorunlu olarak yürürlüğe giren Montreal protokolü; özellikle atmosferdeki Ozon tabakasına zarar veren karbon tetraklorür, 1,1,1-Trikloroetan, hidrokloroflor karbonlar, hidrobromofloro karbonlar ve metil bromid gibi kimyasalların kullanımının yasaklanması hükümlerini içermektedir (6). Printer, monitör, kasa ve klavye gibi cihazların dış kısım temizlikleri için kullanılan sprey köpükler, içerdikleri bu tip kimyasal maddelerden dolayı, ülkemizde de 31 Aralık 2000 tarihinde ithalatı durdurulmuştur.

Fakat temizlik işlerinde bize yardımcı olan bu kimyasalların, çevre dostu olmamaları sebebiyle piyasadan kaldırılmasıyla birçok alanda sıkıntı yaşanacaktır. Örneğin; son yıllarda bilgisayarlı sistemlerin hayatımıza yoğun olarak girmesiyle, bu ekipmanların yedek parça, servis ve bakım hizmetleri de artmıştır. Elektronik ekipmanların iç kısımlarının temizliği;

kompresörle hava tutularak mevcut tozları çekme yolu ile yapılırken, dış kısımları ise sprey köpükler kullanarak temizlenmektedir. Bu tür bir temizlik, elektronik devre ekipmanları içine işleyen toz, yağ, nem gibi maddeleri gerçek anlamda temizleyememekte, yüzeysel bir iyileşme sağlamaktadır. Bununla beraber, mevcut spreylemlerin kullanılmasıyla oluşan çevresel problemler sonucu önümüzdeki senelerde bilgisayarların bakımı ve temizliğinde de uygun yöntemler aranmaya başlanacaktır.

Her endüstri dalı, biri diğerine benzeyemeyen farklı bir "temizlik seviyesi" belirlemekte, bu ihtiyacı yeni teknolojilere yansıtmaktadır. Mesela; uçucu olmayan artıklar (NVR) otomobil endüstrisi için önemli bir sorun olmazken, yarı-iletken endüstrisi için yıllardır süren bir sorundur (1). Gözlük ve optik sektöründe temizleme sonrası yapılacak kaplama işleminde; kir tortuları ve artıkları, kaplamanın başarısızlıkla sonuçlanmasının başlıca sebeplerinden biridir. Ayrıca tıbbi cihaz ve aletlerin yüzey temizliği de çok önemlidir. Görüldüğü gibi, tüm endüstri dalları için kir partikülleri ortak bir sorun durumundadır. Bu noktada daha kaliteli bir temizlik için çözüm 'ultrasonik temizleme' yöntemidir.

Ultrasonik temizleme uygulamaları potansiyeli sonsuzdur. Eğer temizlenecek malzeme metal, cam, seramik, ısıya dayanıklı cam veya fiberglas ise, ultrasonik temizleme yöntemi ile çok verimli sonuçlar alınabilir. Plastik veya polypropilen gibi daha hafif malzemeler ultrasonik enerjiyi absorbe eğilimi gösterdiklerinden, temizlik verimi daha düşük olacaktır. Ultrasonik temizleme zor kirleri temizlemede yeteri kadar güçlü, malzemeye zarar vermeyecek kadar hassastır. Temizleme tankı içerisinde en dar alanlara, hatta en ince yarıklara kadar nüfuz ederek mükemmel temizlik sağlar.

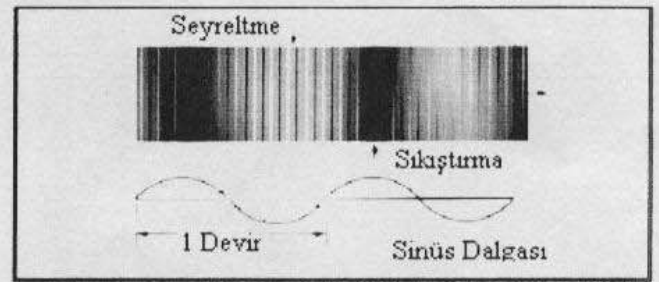
### 2. 'ULTRASONİK TEMİZLEME' SİSTEMİNİN ÇALIŞMASI

Dünyada uzun zamandır kullanılan ultrasonik teknoloji, metal veya metal olmayan yüzeylerdeki organik, inorganik veya partikül halinde bulunan bütün kirleri temizlemede çok yönlü bir metod olduğunu ispatlamıştır.

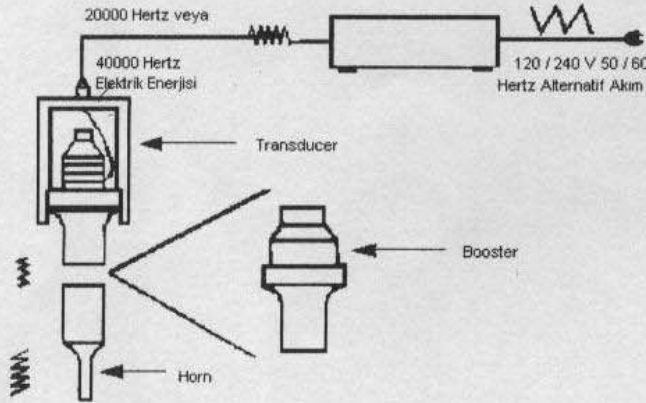
Ultrasonik temizleme, "kavitasyon" adını verdiğimiz fiziksel bir olayı kullanır. Duyulabilir seslerin frekansı 18.000 Hz (saniyedeki titreşimleri) civarındadır. Ultrasonik ses dalgaları ise 18.000 Hz'in üzerindedir. Şekil 1'de gösterilen güç jeneratörü; 120/240 V ve 50/60 Hz'lik şehir şebeke ceryanı olan alternatif akımı, çıkışta 20.000 Hz titreşimli yüksek

frekanslı doğru akıma çevirir ( 5 ). Endüstride kullanılan jeneratörler; çoğunlukla 20 kHz ila 120 kHz arasında ultrasonik frekans üretirler. Bu yüksek frekanslı akım bir transducer (algılayıcı) tarafından alınır, mekanik titreşime çevrilir. Böylece elektrik enerjisi mekanik enerjiye dönüşmüş olur. Transducer 'den yayılan titreşimler (basınç dalgaları) bir prob(horn) vasıtasıyla şiddetleri ayarlanır (Şekil 1). Şiddeti artırılır veya azaltılır. Bu basınç dalgaları, (Şekil 2) temizleme sıvısı içinde milyonlarca mikroskobik seviyede baloncuklar oluşturur. Bu baloncuklar negatif basınç esnasında genişleyerek büyürken, pozitif basınç esnasında şiddetli bir şekilde içeri çökme ile son bulurlar (Şekil 3). Bu olay esnasında, 5000 °C'lik ani bir sıcaklık yükselmesi olur. Bu baloncukların içeri çökmeyle yok olması esnasında, boşalan bu hacme temizleme sıvısı molekülleri büyük bir hızla hücum ederler. İşte biz bu olaya " Ultrasonik kavitasyon" adını veriyoruz (4). Kavitasyon olayı sonucunda çok hızlı bir şekilde hareket eden temizlik sıvısı molekülleri, parça yüzeyini yaklaşık 7000 atmosfer basınca varan bir basınçla bombardımana tutarlar. İşte bunun sonucu parça yüzeyi, istenmeyen kir ve pas'lerden temizlenmiş olunur. Ultrasonik yöntemle temizliğin temel prensibi bu şekildedir (5).

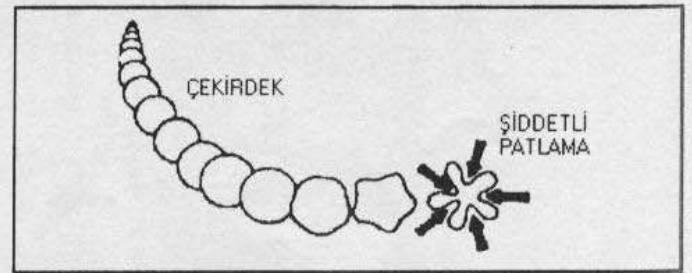
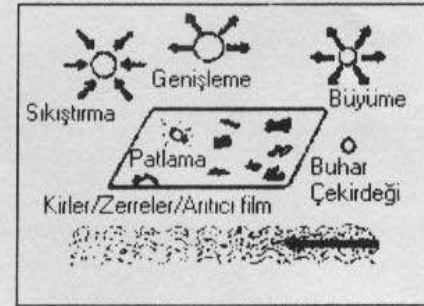
<p>20 - 30 kHz</p>	<p>20kHz'de özellikler Çap: 5-200 mikron Darbe: 35-70 Kp Akıntı hızı: 400 km/h</p>
<p>40 kHz</p>	<p>65 - 70 kHz</p>



Şekil 2. Pozitif ve negatif ses dalgaları



Şekil 1. Ultrasonik ses dalgası oluşumu



Şekil 3. Ultrasonik kavitasyon oluşumu



### 3. ULTRASONİK KAVİTASYON VE YÜZEY TEMİZLİĞİNDE ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

Düşük ve yüksek frekanslı ses dalgaları Güç jeneratörlerince üretilen yüksek frekans, transducer'ler vasıtasıyla ultrasonik ses dalgalarına dönüştürülür. Endüstriyel bir güç jeneratörü 20 kHz ila 120 kHz arasında frekans üretir.

Transducer'ler tankın alt tabanına yerleştirildiği gibi kimyasal çözelti içine de daldırılırlar (Şekil 4).

Ultrasonik dalgalar tank yüzeyine dik olarak çarpar ve duyulabilir yankılanma sesi ortaya çıkar.

Kimyasal çözelti ile etkileşen bu dalgalar, milyonlarca mikro boyutta kavitasyon baloncukları oluşturur ve patlamasına yol açar.

Patlayan baloncuktan enerji açığa çıkar. Eğer frekans ne kadar küçük olursa baloncuk çapı da o nispette büyük olur. Fakat o zamanda baloncuk sayısı azdır. 20 kHz'lık bir frekanstaki baloncuk çapı kabaca 170 mm'dir.

Bunların patlamasıyla ortaya çıkan enerji daha büyüktür. Buna rağmen, kavitasyon işlemi yoğun değildir.

Daha yüksek frekanslarda kavitasyon işlemi (baloncuk çapı küçük, sayısı daha fazla olduğu için) daha yoğun cereyan ederken, ortaya çıkan enerji daha küçüktür.

Düşük frekanslar ağır ve büyük parçaların temizliğinde kullanılırken, daha yüksek frekanslar daha hassas ve narin yüzeylerin temizlenmesinde kullanılır (7).

Yoğun bir fırçalama etkisi ile parçanın iç kısımlarında kalan bölgelerine, küçük kör çukurlara kadar etkili bir kavitasyon uygulanarak mükemmel temizlik sağlanır.

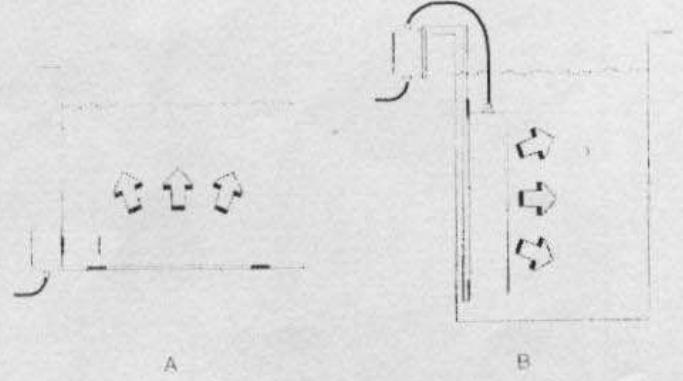
Yapılan araştırmalar yüksek frekansların derinlemesine temizlik yaptığını doğrulamaktadır.

Kirlerin çıkarılması konusunda yapılan araştırma raporları, iyonize olmamış su içinde 1mm ve daha küçük boyuttaki kirlerin temizliğinin frekansın arttırılmasıyla daha etkin hale geldiğini göstermektedir.

40 kHz'lık bir frekansla, 1mm çapındaki bir partikülün temizlenebilme olasılığı %90'dır. Fakat frekans daha da yükseldikçe temizleme etkinliğindeki artış çok daha küçük olmaktadır.

Örneğin; 1mm'lik bir kir partikülü, 68 kHz'lık bir frekans ile temizlendiğinde, verimlilik %95 iken; aynı partikül 862 kHz megasonik bir frekansla temizlendiğinde de verimliliği %95'tir. 35 kHz ile 40kHz aralığındaki frekanslar endüstriyel malzeme ve aletlerin temizlenmesinde daha uygun

bulunmaktadır (1).



Şekil 4. Transducer'lerin tanka yerleştirilmesi

#### Doğan basınç ve enerji

Ultrasonik dalgalar çözelti içindeki kimyasalların doğal moleküler birleşme kuvvetinin üstesinden gelebilecek, onu parçalayabilecek seviyede bir basınç genliğine sahip olmalıdır. 20 kHz'lık bir frekansta basınç ~35-70 kPascal olarak hesaplanır. 40 kHz'lık bir frekansta kimyasal bileşim içindeki kavitasyon eşiğini geçebilmek için gerekli olan min. enerji miktarı transducer başına 0,5 Watt/cm<sup>2</sup> dir. Kavitasyon baloncuklarının patlaması sonucu ortaya çıkan enerji ve dinamik basınç dalgaları malzeme yüzeyine çarpar ve kirleri parçalayarak yeniden kopartır. Geçici anlık sıcaklık da ~5000°C, o esnadaki baloncukun patlaması anındaki mikro akış saldırı hızı da ~400 km/h (~100 m/s) civarındadır (4).

Kavitasyon işleminin verimliliğini etkileyen önemli faktörler arasında ultrasonik dalganın şekli, frekansı ve güç amplitüdü vardır. İlave olarak da sıvı ortamın birleştirici özelliğini, viskozitesini, yüzey gerilimini, yoğunluğunu, buhar basıncını, ortam sıcaklığını, akış hızını (statik, dinamik, laminar şeklinde olup olmadığı, içinde gazların çözünmüş olup olmadığı) sayabiliriz

Temizleme sıvısında kullanılan kimyasalların seçimi

Temizleme kimyasalı, istenilen temizlik düzeyine ulaşmada çok önemli bir faktördür. Öncelikle kimyasal çözücü ultrasonik ses dalgaları ile uyumlu ve kavitasyona müsait olmalıdır.

Kimyasalı seçerken;

Yüzeyleri temizlemedeki etkinliğine,

Temizlenen maddeye zarar vermemesine,  
Durulanabilir olmasına

Güvenilir olmasına (zehirlenme, patlayıcı olmama, alev almama ve çevre dostu olma)

dikkat etmemiz gerekmektedir. Kimyasal içindeki özel katkı maddeleri, kirlerdeki kimyasal bileşiklerin parçalanmasına, oksitlerin sökülmesine, korozyonun önlenmesine ve yüzeyin fiziksel özelliklerinin artırılmasına yardım edebilir. Ultrasonik temizleme yöntemi ile yapılan temizlik, klasik yöntemle yapılandan 16 kat daha etkilidir (7).

a) Partiküller

Partiküller, genellikle düzgün olmayan şekillere sahiptirler. Samanın aksine küçük partikülleri ayırmak daha zordur. Partikülün ağırlığı, temizleme işinde önemli bir faktördür. Kaiser' in hazırladığı raporlara göre partikül ve partikülün yapıştığı yüzey arasındaki kuvvet, partikül çapı küçüldükçe azalır. Bu noktada;

$Fa/W = \text{Partikül ile yüzey arasındaki çekme kuvveti} / \text{Partikül ağırlığı}$

oranının değeri sebebiyle katı kirlerin temizlenmesi zorlaşmaktadır. Partikül ağırlığı azalınca  $Fa/W$  oranı hızla yükselir (7). Dolayısıyla kiri çıkartmakta zorlanılır. Ultrasonik baloncuklar; kirlerin temizlenme işleminin başlangıcında ve bitişinde önemli rol oynamaktadır. Patlamalar sonucu ortaya çıkan şok dalgalar, müthiş bir hızla yüzeye yapışmış kirleri arındırarak tekrar oluşmamaları için malzeme üzerinde mikron boyutta bir film tabakası oluştururlar.

#### 4.SONUÇ

Ozon tabakasına zarar veren kimyasal temizlik maddelerinin yasaklandırılması sonucu son yıllarda gelişen pek çok endüstri dalında, hassas temizlik konusunun bir zorunluluk olarak ortaya çıkması, ultrasonik yöntemle temizleme yöntemini cazip hale getirmiştir.

Ultrasonik yöntemle temizleme pek çok faktörlerden etkilenir. Düşük frekanslı ultra dalgalarda baloncuk çapı büyük olup, ortaya çıkan enerji de büyüktür.

Fakat yoğun bir kavitasyon cereyan etmez. Yüksek frekanslı ultra dalgalarda baloncuk çapı küçüktür. Ortaya çıkan enerji daha düşüktür fakat yoğun bir kavitasyon en ince noktalara kadar ulaşarak tüm kirleri çıkartır.

Ultrasonik dalgaların basınç ve enerjileri yeterli seviyede olmak zorundadır.

Ayrıca kavitasyon, ultrasonik dalganın şeklinden,

frekansından ve güç amplitüdünden etkilenir. Temizlemede kullanılacak kimyasal çözücü, ses dalgaları ile uyumlu ve kavitasyona müsait olmalıdır. Metal veya diğer maddelerin yüzeyine yapışan partiküller temizleme işinde önemli bir faktördür; partikül ile yüzey arasındaki çekme kuvvetinin, partikül ağırlığına oranı katı kirlerin temizlenmesini zorlaştırmaktadır.

#### KAYNAKÇA

1. Sami Awad, "Ultrasonic Cavitations and Precision Cleaning", <http://www.crest-ultrasonics.com/awad.html>
2. Ultrasonic Cleaning, Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Vol. 3, Materials, Finishing, and Coating, C. Wick and R.F. Veilleux, Ed., Society of Manufacturing Engineers, 1985, p 18-20 to 18-24
3. F.J. Fuchs, "Ultrasonic Cleaning", Metal Finishing Guidebook and Directory, Elsevier Science, 1992, p 134-139
4. Jeff Hancock, <http://www.bluewaveinc.com/reprint.htm>
5. İrfan AY, Nergizhan ANAÇ, "Ultrasonik Yöntemle Parça Temizleme", BAU IV. Müh-Mim. Sempozyumu, 2002
6. Bogdan NIEMCZEWSKI, "Estimation of the suitability of selected organic solvents for ultrasonic cleaning", Ultrasonic Sonochemistry 6 (1999), 149-156

Ags Group Pazarlama, 2001, <http://www.ags-tr.com>

<sup>1, 2</sup> Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampüsü, 10100, BALIKESİR

E-mail<sup>1</sup>: ay@balikesir.edu.tr

E-mail<sup>2</sup>: nergiz@balikesir.edu.tr