



SU JETİ İLE KESME TEKNIĞİ

(Waterjet Cutting)

Haz.:Doç.Dr. Ahmet DEMİRER

Kaynaklar:

1-M.Kısa, Özel Üretim Teknikleri, Furkan Ofset, 2002, Bursa.

2-Modern İmalatın Esasları,Nobel yay.2020.

3-www.hamitarslan.com

4-F. Mendi, M. K. Külekçi,İmalatta Su Jeti Uygulamalarının Değerlendirilmesi, Pamukkale Üni.Müh.Bil Dergisi,1999.

5-Web görseller



SU JETİ İLE KESME (Waterjet Cutting)

Su Jeti Nedir?

Su jeti 1000 – 7000 bar basınca ulaştırılmış suyun doğrudan ya da aşındırıcılar yardımıyla 0,01-0,40 mm'lik bir lüleden geçirilerek yapılan kesme teknolojisidir.

Su Jeti yüksek hızlı (max 900m/s) su gücüne dayalı olarak işlev gören ve özel pompa sistemleri ile donatılmış ve granit dahil birçok malzemenin kontrollü olarak kesilmesinde kullanılan sistemdir.



Sesin hızı: 340 m/s

www.serkanaktashoca.com

SU JETİ İLE KESME (Waterjet Cutting)

İki çeşit Su jeti Kesim yöntemi vardır :

1- Aşındırıcılı su jeti (*Abrasive Jet*) ile Kesim : (ASJ)

En yaygın kullanılan kesme yöntemidir. Su jeti kesim suyuna "Garnet Abrasive" denilen aşındırıcı kum karıştırılarak yapılan kesme yöntemidir. Abrasive Jet ile doğada bulunan **bütün sert malzemelerin kesimi** yapılabilmektedir.

2- Su Jeti (*Pure Water Jet*) ile Kesim : (SJ)

Bu kesme yönteminde abraziv denilen aşındırıcı kullanılmaz. Bu kesme yöntemi ile **kağıt, plastik, conta, sünger, tekstil ürünleri gibi** yumuşak malzemelerin kesimi kolaylıkla yapılabilmektedir .

3

SU JETİ İLE KESME (Waterjet Cutting)

- ASJ sisteminin en önemli parçası aşındırıcı **su jeti lülesidir**.
- Basıncı su safir bir lüleden, yüksek hızlı jet olarak çıkar.
- Su jeti ve katı aşındırıcı parçacıklar akımı ayrı bir besleme kanalından özel şekillendirilmiş aşındırıcı jet lülesine girer.
- Burada su jeti momentumunun bir kısmı aşındırıcı parçacıklara geçer ve aşındırıcıların hızı artar.
- Aşındırıcı parçacıkların ivmelenmesi için harcanan enerjinin su jetine verilen toplam enerjinin sadece %0.3 kadarı olduğu bilinmektedir.

- Bor karbür (B_4C) iyi bir aşındırıcıdır ancak pahalıdır.
- Silisyum karbür (SiC) ve korund (Al_2O_3) diğer aşındırıcılardandır.
- Akışkan olarak **sudan** başka **benzen, gliserin ve mineral yağlar** da kullanılabilir.
- Döküm için yüksek gürültü seviyesi **80-100 dBA** ortaya çıkmaktadır.
- Zararlı gazlar, sıvılar veya yağlar gerekmediğinden çevreyi koruyucu özelliği bulunmaktadır.

4

SU JETİ İLE KESME

Aşındırıcılı Su Jeti, imalat endüstrilerinde delme ve kesme gibi işlemler için tasarlanmakta ve uygulanmaktadır. Tipik değerler olarak, 300-900 m/s hızla lüleden çıkan su ve aşındırıcı partiküller malzemeyi aşındırarak talaş kaldırır.

Normal su jeti makinalarına ilaveten yeni geliştirilen Dinamik kesici başlıklı (*Dynamic Cutting Head*) su Jeti makinaları ile kesici kafalar esneme ve dönme özelliklerine de sahiptir. Bu sayede normal su jetlerine oranla çok daha hassas kesim yapabilmektedir.



5

SU JETİ İLE KESME

Katı haldeki doğada bilinen bütün malzemeler, (*örneğin, paslanmaz, piring, bakır, dökme plastikler (derlin, kestamid)*), diğer plastik türleri: «*teflon, sünger, naylon (PA), PVC, epoksi, fiber, fiberglas, pleksiglas*», cam, mermer, granit, seramik, tungsten, çelikler (St37-St52 vb), bronz, ahşap, titanyum, alüminyum, tüm kompozit malzemeler, sertleştirilmiş çelik, takım çelikleri, paslanmaz veya alüminyum magnezyum parçalar, halı, sunta, kumaş, kağıt, karton, bazı gıdalar, zırhla kaplanmış metaller, karbon fiber vb. kesilebilir.



SU JETİ İLE KESME

Tablo 1. Su Jeti (SJ) ve Aşındırıcı su jeti (ASJ) ile kesilebilen bazı malzemeler

Su jeti nozulu ile kesilebilecekler	Aşındırıcı su jeti nozulu ile kesilebilecekler	
Yumuşak lastik / kauçuk	Sertleştirilmiş takım çeliği	Plastik
Sünger	Titanyum	Nylon
Folyo gibi çok ince malzemeler	Alüminyum	Grafit
Plastik tabanlı halı	Sert lastik	Seramiklerin hemen hepsi
Kağıt, mukavva kutu ve benzerleri	Pirinç	Karbon fiberi
Yumuşak sızdırmazlık contaları	İnconel Super alaşım	Kompozitler
Mum	Hastalloy	Granit
Çocuk alt bezleri	Bakır	mermer
Yumuşak veya ince ahşap	Egzotik malzemeler	Taş
Yumuşak veya ince ahşap	Yumuşak çelikler	Sert ve kalın ahşap
Tüm yumuşak malzemeler ve benzeri malzemeler	Paslanmaz çelikler	Cam ve kurşun geçirmez cam

Su jeti kesme sistemi, yüksek hızlardaki su jeti hüzmelerinin veya aşındırıcı-su jeti karışımının, çarpma etkisiyle malzemeden parçacıklar aşındırması ve bunun sonucu olarak parçanın işlenmesi esasına dayanır.

Bu üretim türünde
-toplam maliyetin düşük,
-üretim hızının yüksek,
-düzgün yüzey kalitesi ve
-ölçü tamlığı sağlanması
kullanım alanını genişletmektedir.

7

SU JETİ İLE KESME

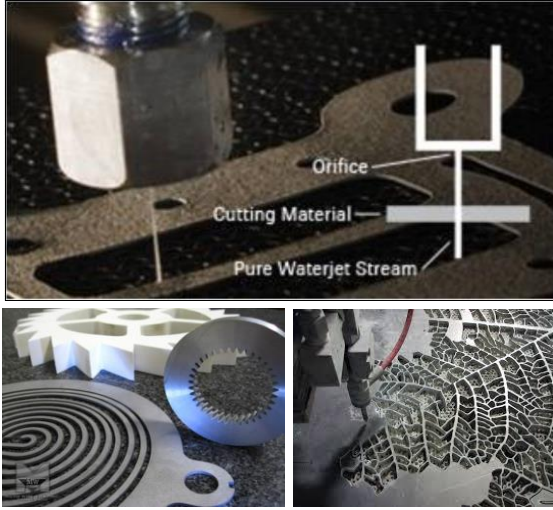
Tablo 2. SJ ve ASJ kesim hızları (0,35 / 1,1 mm nozul kombinasyonu ile)



Malzeme	Kalınlık (mm)	Kesme Hızları (mm/dk)
Yalın su ile kesim		
Kauçuk	2	25.000
	10	10.000
	20	2.000
Plastik PU	2	20.000
	5	8.000
	10	3.000
Plastik PTFE, PVC	2	6.000
	5	2.000
	10	800
Kontraplak	2	25.000
	5	4.000
	10	500
Kontraplak	10	25.000
	100	5.000
Abrasivli Kesim		
Paslanmaz Çelik	10	230
	40	50
	100 (max.)	5
Titanyum	10	270
	40	55
	100 (max.)	20
Alüminyum	10	700
	40	140
	120 (max.)	35
Mermer	10	800
	40	150
	120 (max.)	40
Cam	10	600
	40	120
	102 (max.)	33

8

SU JETİ İLE KESME



Su Jeti Parçaları

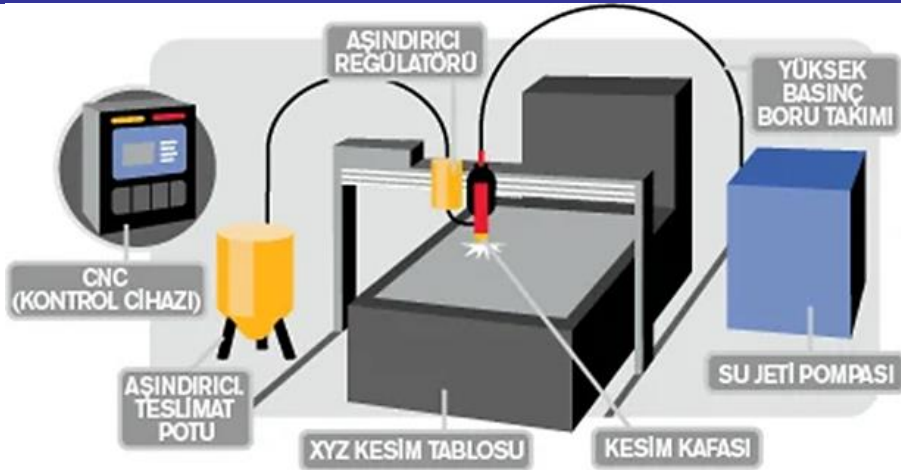
Bir su jeti:

- 1-Hidr. Pompa,
- 2-Hortum ve borular,
- 3-Tij (dişli yada dişsiz ince çubuk eleman)
- 4-Meme (lüle, Nozzle),
- 5-Kontrol ünitesi,
- 6-Su devir daim ünitesi (basıncı su)
- 7-Temizleme sistemi (filtreler vd.)
- 8-Yardımcı ünitelerden meydana gelmektedir.

9

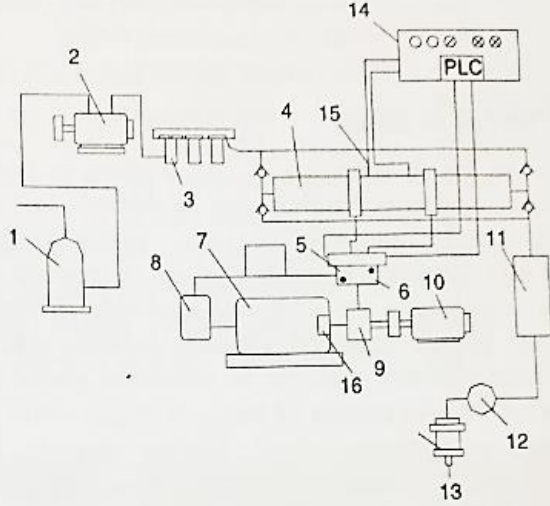
SU JETİ TEZGAHININ ÜNİTELERİ

10



SU JETİ TEZGAHININ ÜNİTELERİ

1. Arıtma Ünitesi
2. Su Pompası+Motor
3. Üç Kademeli Filtre
4. Basınç Yükseltici
5. Yön Kontrol Valfi
6. Basınç Ayar Valfi
7. Yağ Deposu
8. Dönüş Filtresi
9. Hidrolik Pompa
10. Elektrik Motoru
11. Akümülatör
12. Manometre
13. Lüle
14. Kontrol Panosu (PLC)
15. Yaklaşım Algılayıcısı
16. Giriş Filtresi



Hidrolik pompa ünitesi:

30 kW gücünde bir elektrik motorundan güç almakta ve hidrolik sistemde dolaşan yağın basıncını artırmaktadır. Hidrolik basınç yaklaşık 20 MPa olarak uygulanabilmektedir. Fakat son yükselticide ise suyun basıncı 380 MPa'a kadar artırılmaktadır.

SU JETİ TEZGAHLARI



2500 BAR KAPASİTELİ
Su jeti tezgahı

Kesme makinesi, ilk olarak 1970 yılında piyasaya sürülmüştür. 1982 yılında endüstride uygulanmıştır.

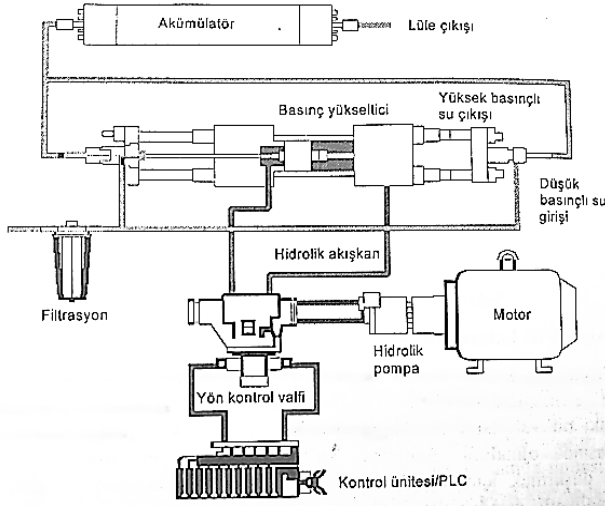
Esas olarak endüstride otomotiv, havacılık ve cam endüstrilerinde kullanılmaktadır ve bu kesimlerden hassasiyet sürekli geliştirilmektedir.

Aşındırıcı kesici, küçük bir nozuldaki ortalama 760 m/s hızda enjekte edilen ve ses hızının 2,5 katıdır.

Su jeti kesim kanal aralığı 0.8-1.2 mm'dir. Zımparalama tüpünün çapı büyüdükçe aralık büyür.

SU JETİ TEZGAHI HİDROLİK ÜNİTESİ

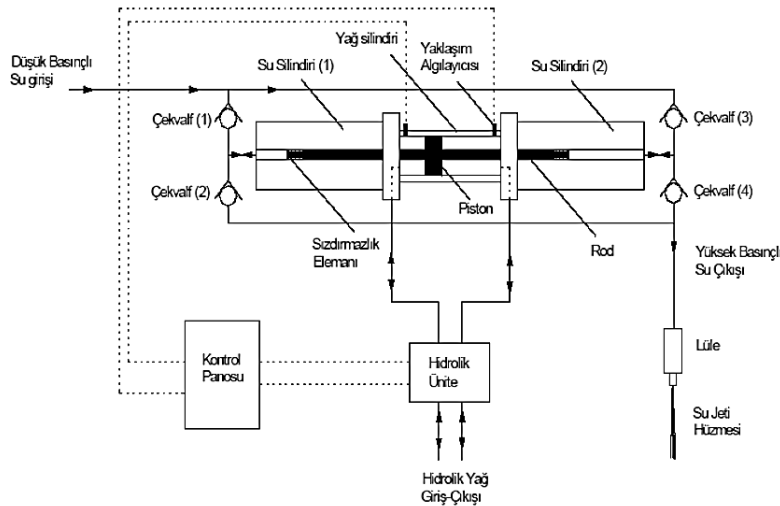
13



Su jeti ile kesme yaklaşık 30 KW gücündeki bir elektrik motorundan hareket alan bir hidrolik pompa ile sıvı basıncı yaklaşık 4000 bar'a çıkarılmakta sıkıştırılan suyun basıncı akümülatöre gönderilmektedir. Akümülatör ise basıncını ve hızını sabit tutma görevi yapar. Bu yüksek basınçtaki su 4-6 mm çapındaki borularla kesme başlığına taşınmakta ve 0.1-0.12 mm çaplı lüleyle gönderilmekte ve bu lüleden de atmosfere atılmaktadır.

Bu işlem ile lüleden çıkan suyun hızı yaklaşık 800 m/s'yi bulmaktadır. Yüksek hızlı su jeti parçaya 2.5-6.0 mm uzaklıktan gönderilecek kesme işlemi gerçekleştirilmektedir.

SU JETİ İLE KESME



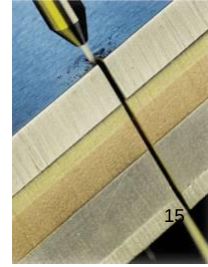
Şekil 1. Su jeti Sisteminin şematik görünümü

<https://www.metaluzmani.com/>

SU JETİ İLE KESME

Su jeti nozulunun daha iyi idare edilebilmesi için endüstriyel robotların sisteme adapte edilmesi ve basınçlı suya aşındırıcıların ilave edilmesi sistemin uygulama alanlarını önemli ölçüde arttırmıştır.

Aşındırıcılı sistem kesme kabiliyetinin yüksek oluşu nedeniyle katmanlarına ayrılmayan malzemeler hariç hemen hemen tüm malzemelerin işlenmesinde kullanılabilir. Aşındırıcısız sistemler ise daha düşük mukavemetli (tekstil ürünleri, sentetik elyaf, gıda ürünleri, plastik, tahta, kağıt vb.) malzemelerin işlenmesinde kullanılırlar.



SU JETİNİN AVANTAJLARI:

- Kesme çapı oldukça küçüktür (0.01 - 0.25 mm arası).
- Oldukça detaylı geometrileri kesebilir.
- Kesme esnasında malzeme kayıpları çok azdır.
- Kesme esnasında ısınma olmaz.
- Çok ince ve kalın malzemeleri kesebilir.
- Kesme hızı oldukça hızlıdır.
- Yumuşak ve hafif malzemeleri kesebilir (*Fiberglas izolasyon malzemelerini 600 mm'ye kadar kesebilir*).
- Kesme gücü oldukça düşüktür.
- 24 saat çalışma performansına sahiptir.



AŞINDIRICILI SU JETİ (ABRASIVE WATERJET)

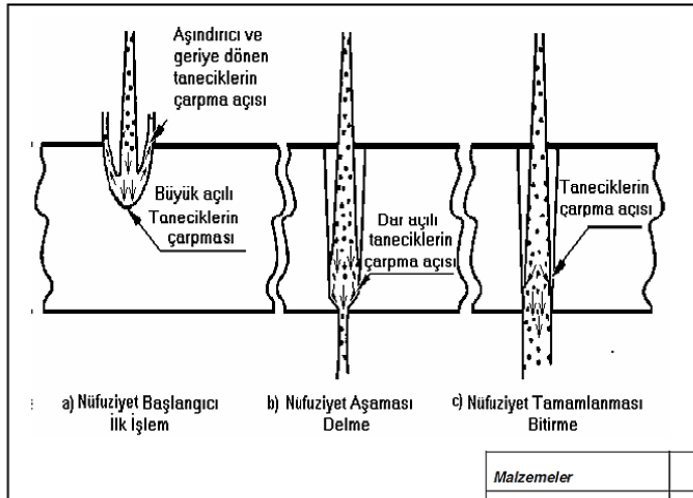
Su jeti ile kesmede kesici malzeme olarak su ve aşındırıcı taneler olarak özel kum taneleri kullanılır. Bu şekilde yapılan kesmeye zımpara taneli su jeti ile kesme (*Abrasive Waterjet*) denir. Su jeti işleminde süpersonik hızda püskürtülen suyun içindeki kum taneleri malzeme üzerinde aşındırmalar yaparak kesme işlemini gerçekleştirir.



İşleme esnasında parçaya temas olmadığından takım aşınması söz konusu değildir. Fakat nozulun belli bir süre sonra bir miktar aşındığını dikkate almak gerekir.

17

AŞINDIRICILI SU JETİ İLE KESME İŞLEMİNİN İŞLEM SAFHASI



Malzemeler	ASJ Kesim Kalınlıkları (mm)
Paslanmaz Çelik	100
Alüminyum	120
Titanyum	100
Taş, Mermer	140
Cam	100
GFK, CFK	120
Bakır, Bronz	100

18

AŞINDIRICILI SU JETİ İLE KESME

Zımpara (aşındırıcı) partiküllü su jeti ile kesme, su ile kesmeye göre yüzlerce kat daha güçlü kesme yeteneğine sahiptir. Ancak endüstriyel uygulamalarda her birinin de kullanım alanları vardır. ***Su jeti ile kesme yumuşak malzemelerde kullanılırken, aşındırıcı partiküllü su jeti ile kesme ise metal, taş, seramik, kompozit malzemeler gibi sert malzemelerin kesilmesinde kullanılır.***



19

Aşındırıcılı Su Jeti İle Kesmenin Özellikleri

1. Oldukça geniş kullanım alanı vardır.
2. Kesme bölgesinde ısı etkisindeki bölge (ITAB) (HAZ - Heat Affected Zone) oluşmaz.
3. Mekanik gerilim söz konusu değildir.
4. Programlanması kolaydır.
5. Su püskürtme çapı oldukça küçüktür
6. Oldukça detaylı geometrileri kesebilir.
Kalın malzemeleri kesebilir (250 mm kadar).
7. İstifli kesme yapabilir. (*üstüste konularak kesim*)
8. Kesme esnasında malzeme kayıpları çok azdır.

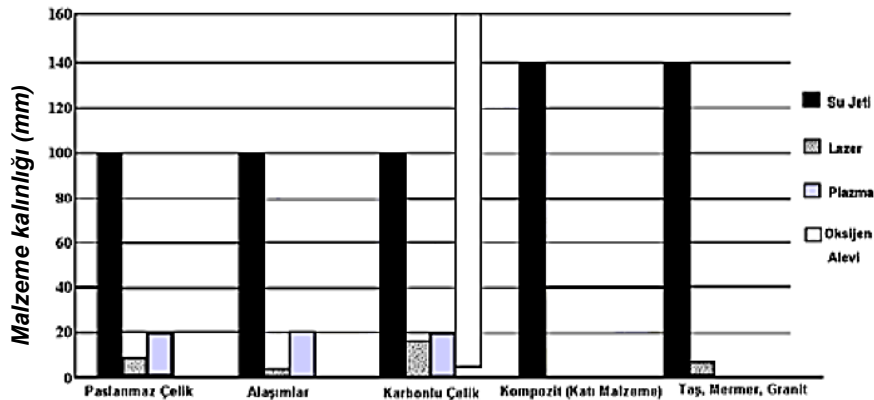


SU JETİ İLE KESME

21

KESİM TEZGÂHLARI VE KULLANILDIKLARI YERLER	İşlenmek Üzere Çok Kaba Kesim	Mükemmel Kesim 8 mm e kadar	Mükemmel Kesim 12 mm e kadar	Mükemmel Kesim 20 mm e kadar	Mükemmel Kesim 30 mm e kadar	Mükemmel Kesim 30 mm den daha kalın
Karbon Çeliği	Plazma	Lazer	Lazer	Lazer	Lazer	Su Jeti
Paslanmaz Çelik	Plazma	Lazer	Lazer	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Ekstra Sert Çelik	Plazma	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Karbon Fiber	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Titanyum	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Denizaltı İmalat Çeliği (Manyetik Olmayan) (1)	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Alüminyum 5005-5052-5154-5754-5058-5085 Grade	Plazma	Lazer	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Diğer Alüminyumlar ve Alüminyum Alaşımlar	Plazma	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Bakır	Mekanik	Fiber Lazer	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Ağaç (2)	Mekanik	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Kompozit (Sandviç) Malzemeler	Mekanik	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Taş Yünü (3)	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Plastik Çeşitleri (Genel)	Mekanik	Lazer	Lazer	Lazer	Lazer	Lazer
Plastik (Eriyebilen veya Gaz Çıkartan Türler)	Mekanik	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Plexiglass (4)	Mekanik	Lazer	Lazer	Lazer	Lazer	Su Jeti
Seramik (5)	Mekanik	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Cam, Kurşun Geçirmez Cam	Mekanik	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Lamine Cam	Mekanik	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Temperli Cam (6)	Mekanik	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK
Lastik	Mekanik	Bıçak	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Contalar (Sandviç veya diğer malzemelerden) (7)	Mekanik	Bıçak	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti	Su Jeti
Yumuşak Köpük, Strafor, Sünger (8)	Mekanik	Bıçak+Sui Jeti	Bıçak+Sui Jeti	Bıçak+Sui Jeti	Bıçak+Sui Jeti	Bıçak+Sui Jeti
Kâğıt, Karton	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik
Tekstil, Deri	Mekanik+Lazer	Mekanik+Lazer	Mekanik+Lazer	Mekanik+Lazer	Mekanik+Lazer	Mekanik+Lazer

SU JETİ İLE KESME KARŞILAŞTIRMA

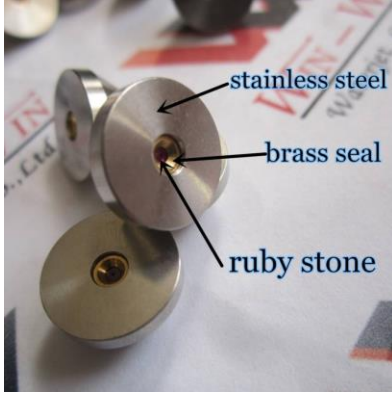


Su jeti ile kesme sisteminin diğer kesme yöntemleri ile karşılaştırılması

22

SU JETİ LÜLESİ (MEMESİ)

23



Paslanmaz çelik

pirinç conta

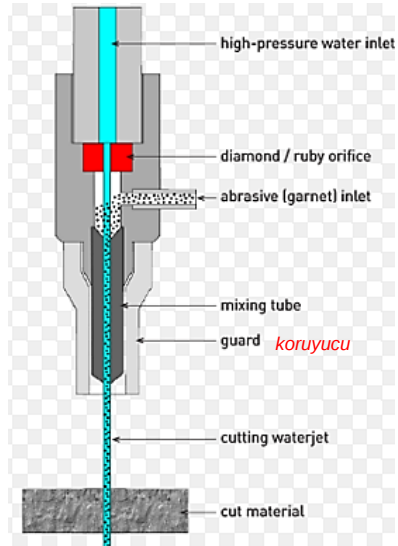
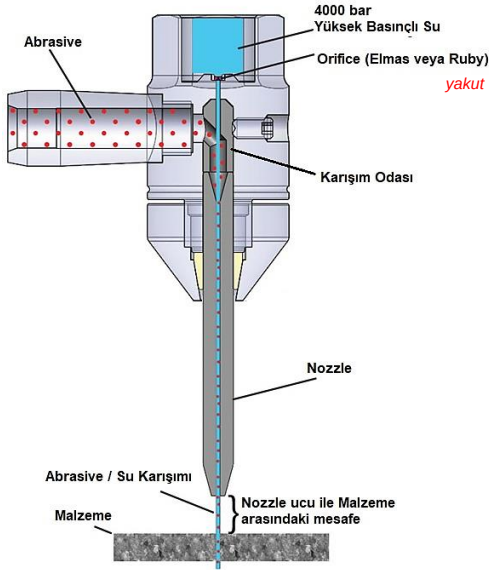
Yakut (safir) taşı

Sentetik safir kir pislik ve atık madde tutmama özelliğine sahiptir. **Lülenin ömrü; aşındırıcının cinsine, su jetinin basıncına, suyun filtreli olup olmamasına bağlıdır.** Sodyumbikarbonat veya cam aşındırıcı kullanıldığında lülenin ömrü artmaktadır.

Su jeti lülesi, yüksek basınçlı gelen suyun dar bir kesitten geçerek iş parçasına yönlendiren bir elemandır. Bunlar, sentetik safir (yakut), elmas ve tungsten karbür gibi farklı malzemelerden imal edilir.

Şebeke suyu doğrudan kullanıldığında 30 saat kullanılan safir lüle, filtre edilmiş su ile 200 saat kullanılabilir. Elmas lüle safir lüleden 10 kat daha uzun ömürlüdür. Fakat 8-10 kat kadar da pahalıdır.

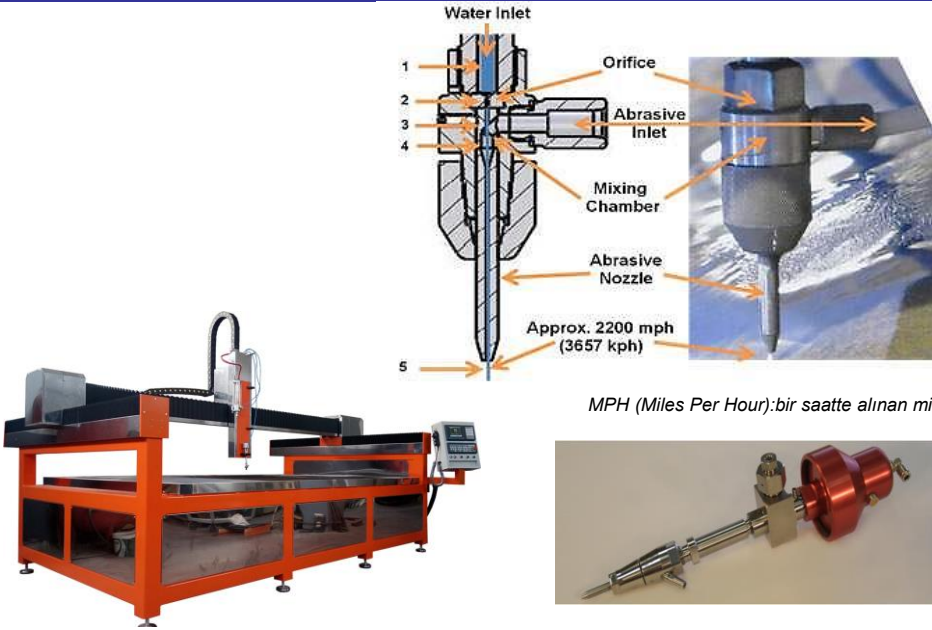
SU JETİ LÜLESİ (MEMESİ)



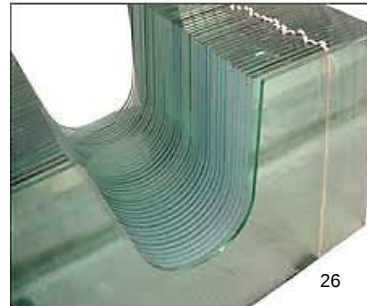
24

SU JETİ LÜLESİ (MEMESİ)

25

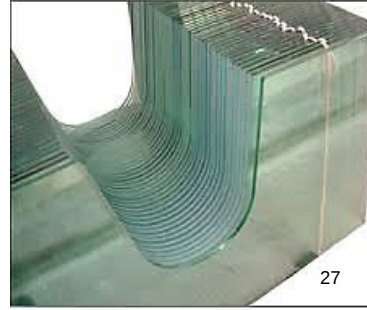


SU JETİ İLE KESME



26

SU JETİ İLE KESME



Aşındırıcı Su Jetinin Kullanım Alanları :

Gıda Sanayi :

SJ kesme sistemiyle taze ,kuru,paketlenmiş ya da doldurulmuş olarak hemen her türlü gıda işlenebilir.Bıçak temizleme,bıçak eğeleme ve bıçak değiştirme sorunu yoktur.

Kağıt ve Mukavva Sanayi :

Buruşma,kenarlardayırılma ve imalatla katlının açılmasını önleyen SJ sistemleri,kağıt ve mukavva sanayinde tercih edilirler.En büyük özellik,mekanik sistemlerin kesin sırasında malzemede yaratacağı hasarı yok edilmesidir.

Elektronik Endüstrisi

Baskı devresş olarakta bilinen PCB (Printed Circuit Board) üretiminde kullanılan epoxyglass,kağıt içerikli polyamide,kompozit,teflon ve levha içerikli malzemelerden birleşik olarak üretilen,elektronik kart malzemeleri su jeti ile kesilmektedir.

Maden İşletmeleri

Yüksek basınçlı su jeti,kaya kesme makinelerinde geniş ölçüde kullanılır.Maden işletmelerinde tünel kazma işlerinde veya petrol kuyusu açarken matkabın çalışma süresini uzatmada,su jeti kullanılır..

Otomotiv Sektörü

Otomotiv yan sanayinde araba ön paneli,halı gösterge panosu,fiberglas yaylar,yakıt tankı korumaları,koltuk arkalıkları ve asbest fren balatalarının kesilmesinde kullanılır.

Uzay ve Havacılık Sektörü

Kompozit malzemelerde uzay ve havacılık sektöründe üstün mekanik özellikleri nedeni ile genellikle tercih edilmektedir.Bu malzemelerin işlenmesinde su jetinin gösterdiği üstün verimlilik,kullanılma alanını artırmaktadır.Uzay mekiğini kaplama malzemeleri su jeti ile kesilmektedir.

Ayakkabı Sektörü

Ayakkabı malzemelerinin kesiminde kullanılan su jeti,kalıp hazırlama sorununu ve zaman kaybını azaltırken,malzemedan %5-15 oranında avantaj sağlamaktadır.



AŞINDIRICILAR

30

Aşındırıcıli sistemlerde özel olarak şekillendirilmiş ve sınıflandırılmış, **silis (kuvars) kumu, silisyum karbid (karbür), cam, çelik, titanyum ve garnet taşı (grena) tanecikleri kullanılır.**

Silisin akciğer kanserine neden olduğu bilindiğinden silis içerikli aşındırıcıların özellikle tercih edilmemesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca, aşındırıcıli sistemlerde yeniden kazanım üniteleri kullanılarak aşındırıcı maliyetleri düşürülebilmektedir.

Aşındırıcının suya katılma oranı **%20-30** civarındadır.

Bunların yanında Bor karbür (B_4C) iyi bir aşındırıcıdır ancak pahalıdır. Silisyum karbür (**SiC :paslanmaz çelik ve seramikler için**) ve Korund (Alüminum oksit **Al_2O_3 : Alüminyum ve pirinçler için**) ve **cam bilyeler (parlatma için)** diğer aşındırıcılardandır. Tane büyüklükleri genelde **15 ile 40 mikrometre** çapındadır.

Akışkan olarak ise sudan başka **benzen, gliserin ve mineral yağlarda** kullanılabilmektedir. Piyasada Garnet kumu diye isimlendirilen ve su jeti uygulamalarında en çok kullanılan aşındırıcı tipi genelde Avustralyadaki alüvyon yataklarından elde edilmektedir. Madenden elde edilen mineral, modern tesislerde yüksek saflıkta ve hassas ölçülerde organik kalıntılardan ve metalik demirlerden arındırılmış son ürüne dönüştürülür.



Aşındırıcıların geometrik şekilleri

Su Jeti İle Kesme İşleminin Geliştirilmesi ³¹

Besleme suyuna % 0,1-0,3 oranında uzun zincirli polimer ilave edilmesiyle, kesme işleminde kullanılan jetteki akış kayıpları düşürülür ve jet kalitesi geliştirilir. Bununla birlikte, bu ilave malzemenin sağlayacağı etkiler, maliyet de göz önünde tutularak değerlendirilmelidir. Geliştirilen jet donanımlarının çoğunda, etkileri henüz garanti edilmediğinden polimer eklentisine izin verilmez. Ancak polimer vb malzemelerin eklenmesi ile jet kalitesinin geliştirilmesine çalışılmaktadır.

Polimer eklentisinin sağladığı yağlama etkisi, sıvının yoğunluğunu arttıran yoğunlaştırıcıların ve nozulun daha az aşınmasını temin ederek, bakım ve çalıştırma masraflarının düşmesini sağlar. Bu şekilde bir yağlamanın sağlanmasıyla, elmas nozullarında çalışma ömrünün üç kat arttığı tespit edilmiştir. Polimer ilavesi jetin stabilitesini sağlayarak ideal akış şartlarını temin eder (Singh, 1991).

Polimer eklentisi ile elde edilen jetlerdeki polimerler, nozul içerisinden geçerlerken kırılmaktadırlar bu nedenle tekrar kullanılması tavsiye edilmez.

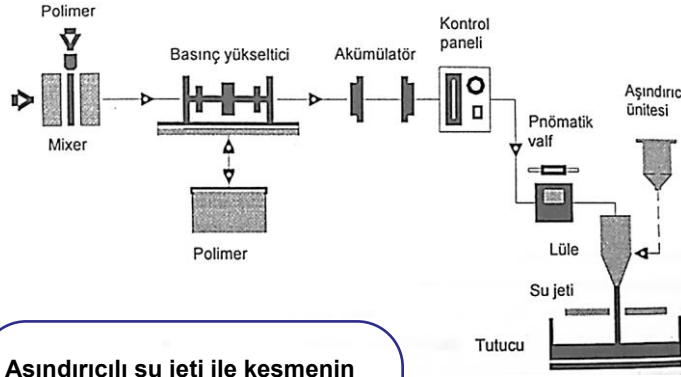
Singh, P. J. 1991. Some Recent Advances in Water Jet Cutting Technology, Water Jet Cutting Systems, SME Conference, Mrch 19-20, Schaumburg, IL USA.

Kesme Hızını Etkileyen Faktörler

- **Kesme gücü;** suyun hızına, basıncına ve lülenin çapına bağlıdır.
- Lülenin çapı artınca, kesme hızı da artar.
- Malzemenin kalınlığı artınca, kesme hızı düşer.
- Suyun basıncı artınca, kesme hızı ve gerekli güç artar.
- Suyun basıncı artınca, kesme hızı ve gerekli güç artar.
- Karışım tüpünün çapı büyük olursa, kesme hızı da düşer



Su Jeti İle Kesme İşleminin Geliştirilmesi 33



Aşındırıcılı su jeti ile kesmenin başarısı için şunlara dikkat edilmelidir:

1. İşlenen malzemenin cinsi,
2. Aşındırıcının cinsi ve büyüklüğü,
3. Su jetinin basıncı ve hızı,
4. Malzeme ile lüle arasındaki uzaklık.

SUYA KATILAN KATKILAR

Aşındırıcı kullanımı dışında, sistemin kesim karakteristiğini geliştirmekte tercih edilen diğer bir işlem ise, suyun hidrojen molekülleri arasında kuvvetli hidrojen bağları oluşturarak jetin lüle çıkışında hemen dağılmasını önlemek için [suya polietilen türü polimerler \(yapıştırıcılar\) ekleme işlemidir](#).

Çünkü, bu tür yapıştırıcılar kullanılmadığı takdirde, 1000 - 1200 bar basınç altında çalışan bir sistemde, lüleden dış ortama çıkan bir su jeti hüzmesi yaklaşık 50-60 cm mesafede buharlaşarak dağılmaktadır. Bu çabuk dağılma, kesim sırasında jetin, kesilecek malzemeye odaklanma mesafesinin kısa tutulması gerektiğini gösterir. Kesilecek malzemenin lüleye çok yaklaştırılması geri basınca neden olacağı için makul bir çözüm olarak kabul edilmemektedir. Bu nedenlerden dolayı, [1000 barın üzerinde çalışan, gıda sektörü dışında kullanılan aşındırıcısız veya az aşındırıcı katkılı sistemlerde, süper-su \(super-water\) adı verilen özel katkılı su kullanılması veya suya polietilen türü polimer ilave edilmesi önerilmektedir](#).

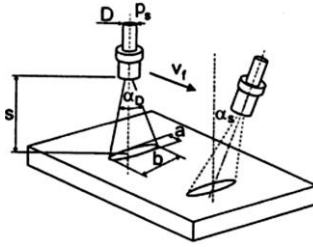
Pleks: renkli ve renksiz çeşidi bulunan plastik cam. Saydam ve yarı saydam olabilir. Kolay işlenebilen, kesilebilen delinebilen, hafif bir plastiktir. Piyasada genellikle 1,5-2 5mm kalınlığında düz levhalar halinde bulunur.

SU JETİ İLE DÖVEREK YÜZEY DAYANIMININ MEKANİK OLARAK ARTTIRILMASI

35

Parça yüzeylerine özellik kazandırmak amacıyla yapılan diğer işlemler (örneğin yüzeyin kumlanması tekniği) ile kıyaslandığında, su jeti ile dövme işleminde kontrol edilecek parametre sayısı azdır. Bununla birlikte, dövmede kullanılan su jetinin kalitesinde süreklilik vardır. Bu özellikler su jeti ile döverek yüzey özelliklerini geliştirmede, işlem güvenilirliği ve işlemin kontrolünde kolaylık sağlar. İşlemin kalite kontrolde kolaylık sağlaması, otomasyon için düşük gider gerektirmesi, söz konusu işlemi endüstriyel uygulamalar için önemli kılmaktadır.

Yüksek basınçlı su jeti yardımı ile yüzeyin dövülmesi işleminin prensibi, şekilde gösterilmektedir.



Dövme süresi t , su jeti genişliği a ve nozul hızı V_f den hesaplanabilir.

$$t = \frac{a}{V_f}$$

Nozul, V_f gibi bir hızla doğrusal olarak yüzeyin bir kenarından diğer kenarına doğru hareket eder. İşlemin parametreleri su basıncı P_s , nozul-yüzey arası mesafesi S , nozul hareket hızı V_f , dövme açısı α , nozul çapı D , nozul (veya jet) açısı α D dir.

SU JETİ HESAPLAMALARI

36

Kesme Kinetiği:

$$V_{jet} = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$$

V_{jet} : Suyun lüle çıkış hızı (m/s)

Q : Suyun debisi (m³/s)

d : Lüle çapı (m)

$$Q = V_{jet} \times A_{jet}$$

A_{jet} : Suyun çıkışında lüle alanı (m²)

$$E_k = 1/2 \cdot m \cdot V^2$$

$$K_e = \frac{M \times V_{jet}^2}{2}$$

K_e : Suyun kinetik enerjisi (Joule) (kg m²/s²)

M : Akan suyun kütlesi (kg)

Lüleden çıkan su jetinin hızı:

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

ΔP : Toplam basınç (MPa)

P_1 : Hidrolik silindir çıkışında suyun basıncı (MPa)

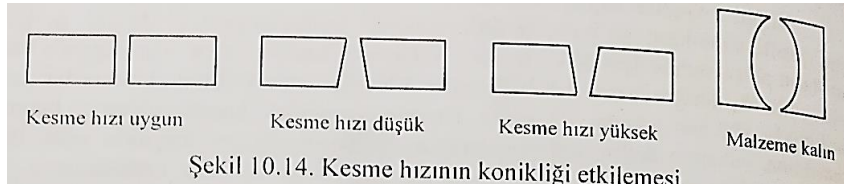
P_2 : Lüle çıkışında suyun basıncı (MPa)

$$V_{jet} = \left[\frac{2 \times \Delta P}{\rho} \right]^{1/2}$$

V_{jet} : Suyun lüle çıkış hızı (m/s)

ΔP : Toplam basınç (MPa)

ρ : Kesme hızının yoğunluğu (kg/cm³)



10.12. Su Jeti ile Kesmenin Olumsuzlukları

1. Su jetinin yayılması, karışım borusunun çapındaki aşınmayı artırmaktadır.
2. Su jetinin yayılması, karışım borusunun çap ölçüsünü etkilemektedir.
3. Su jetinin yayılması aşırı olduğu zaman, lümenin yeri ile karışım yerinin girişi arasındaki mesafe önemli olmaktadır.
4. Aşırı yayılma, su jetinin enerjisini dağıtmakta ve bunun sonucunda derin kesme için uygun olmayan, bir durum ortaya çıkmaktadır.

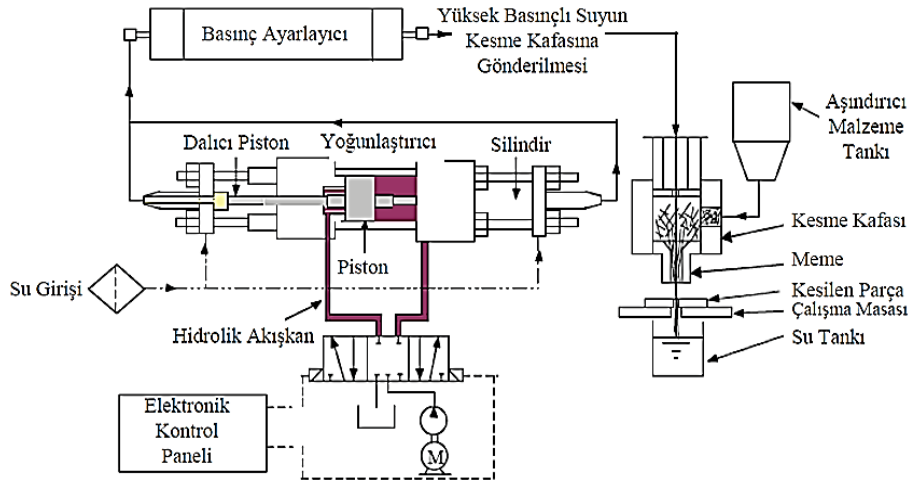


37

38

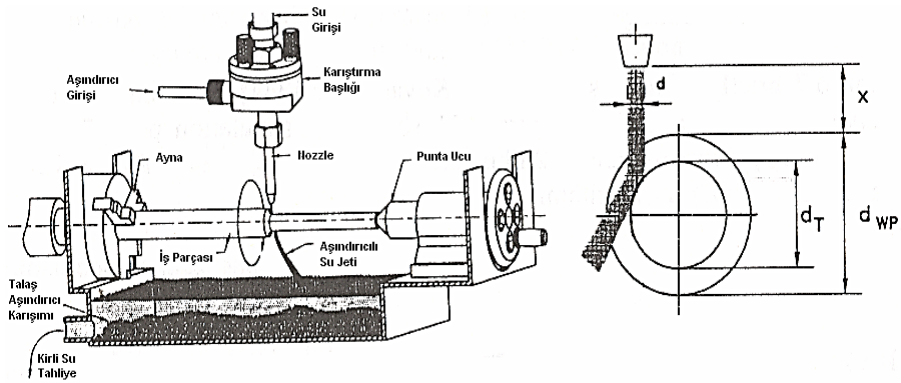
Su Jeti ile Kesme Yöntemi	Lazer ile Kesme Yöntemi	Geleneksel Kesme Yöntemi
Mekanik kesici takım yoktur	Mekanik kesici takım yoktur	Kesici takım, iş parçası ile temas halinindedir
Kesme ucundaki yapıda değişiklik ya da ısı üretimi yoktur	Kesme ucundaki yapıda değişiklik ya da ısı etkisi vardır	Yapıda az ya da çok derecede ısı oluşur ya da değişiklik meydana gelir
Çapak oluşmaz	Çapak ve damla oluşur	Normal olarak çapak oluşur
Kesme bölgesinde malzeme deformasyonu ve yapısal değişiklik yoktur	Kesme bölgesinde malzeme deformasyonu ve yapısal değişiklik vardır	Normal olarak malzeme deformasyonu ve yapısal değişiklik vardır
Duman ya da toz üretilmez	Plastiklerde toksik gazlı duman üretilir	Toz vb. üretilir
Kesme performansı oldukça yüksektir	Belli kalınlıklarda kesme performansı yüksektir	Kesme performansı gereksinimi karşılar
Yüzeylerin kaba işlenmesi ve erozyon için eş zamanlı olarak kullanılabilir		Karşılık gelen süreç yardımı ile kullanımı daha az esnek
Kesme ucunda oksitli tabaka yoktur	Oksijenle keserken azotlu bir oksit tabakası vardır ya da oksit tabakası görülmez	Mekanik kesmede oksit tabakası görülmez
Bilinen her tür malzeme kesilebilir	İşği fazla yansıtan malzemelerin kesilmesi zordur	Sınırlı sayıda çok sert malzemeler kesilemez

	Lazer Kesme Yöntemi	Plazma Kesme Yöntemi	Oksijen Kesme Yöntemi	SJ Kesme Yöntemi
Paslanmaz Çelik	20	20	-	100
Alaşım Malzemeler	8	20	-	100
Karbonlu Çelikler	20	20	160	100
Kompozit Malzemeler	-	-	-	140
Taş, Mermer, Granit	-	-	-	140



39

AŞINDIRICILI SU JETİ İLE TORNALAMA İŞLEMİ



40