

Su Jeti Kesme Sistemi Kullanım Alanları ve Diğer Kesme Yöntemleriyle Karşılaştırılması

Güngör ÇAKIR

gungor.cakir@seranit.com

Birol AKYÜZ

birol.akyuz@bilecik.edu.tr

Bilecik Üniversitesi, Makine ve İmalat Mühendisliği, BİLECİK

Suyun aşındırma etkisiyle oluşturduğu akarsuları, vadileri gören araştırmacılar bu gücü kontrol altına alarak endüstride kullanma yollarını araştırmışlardır. 70'li yıllarda kullanılmaya başlanan bu sistem başlangıçta pahalı, gürültülü çalışan, ortamı kirleten, karmaşık kesme sistemi iken teknolojinin gelişmesiyle her alanda tercih edilen bir sistem haline gelmiştir. Sistemin en belirgin özelliği kesim işlemi esnasında işlem gören yüzeyin ısıdan etkilenmemesidir. Su jeti sistemleri; kesilen yüzeylerin kalitesi, kesme hızı, kesme tozu çıkarmaması, aşındırıcısız olanların gıda endüstrisi gibi sıhhi uygulamalarda kullanılabilir olması, kesme kuvvetlerinin çok küçük olması, farklı fiziksel özelliklerdeki malzemelerin aynı nozulla kesilebilmesi gibi çok sayıda üstünlük sağlar. Geleneksel olmayan imalat yöntemlerinden biri olan su jetiyle kesim diğer kesme yöntemlerine göre üstünlüklerinin olmasından dolayı tercih edildiği alanlar sürekli artmaktadır. Bu çalışmada su jeti kesme sistemi kullanım alanları ve diğer kesme sistemlerine göre sağladığı avantajlar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Su Jeti, Kesme sistemleri, İleri Üretim Yöntemleri*

1. Giriş

Su jeti kesme teknolojisinde kesici eleman yüksek basınç ve hıza sahip su demetidir. Yöntem, su demetini bir kesme aracı olarak kullanarak çeşitli malzemelerde aşındırma etkisiyle kesme ve işlemeyi kapsamaktadır (Engin, 2006). Geleneksel olmayan ya da iler üretim teknolojileri olarak da isimlendirilen su jeti kesme teknolojileri son yıllarda farklı endüstrilerde kullanılmaktadır (Akkurt ve diğ., 2004).

Su jeti, çok farklı endüstriyel ihtiyaçlar için kullanılabilen, esnek olduğu kadar da verimli bir kesme ve temizleme yöntemidir. Su jeti ile kesme işleminde, geleneksel işleme süreçlerinde kullanılan kesme işlemiyle oluşan ısı ile etkilenen kısımlar, zehirli gazlar, bozulmuş katmanlar, sertleşme ve termal gerilmeler önlenir. Ayrıca daha doğru ve düzgün kesmeyi mümkün kılan bir yöntemdir. Tortu ve kalıntılar ile zehirli kimyasalları temizleyerek pahalı temizleme ve atık giderme problemlerini ortadan kaldırır. Su jeti çok çeşitli atölye içi ve dış ortamlarda uygulamalar için tercih edilebilir, emniyetli ve ekonomik bir kesme sistemidir (Kalpakjian ve Schmid, 2006; Karakurt, 2006,).

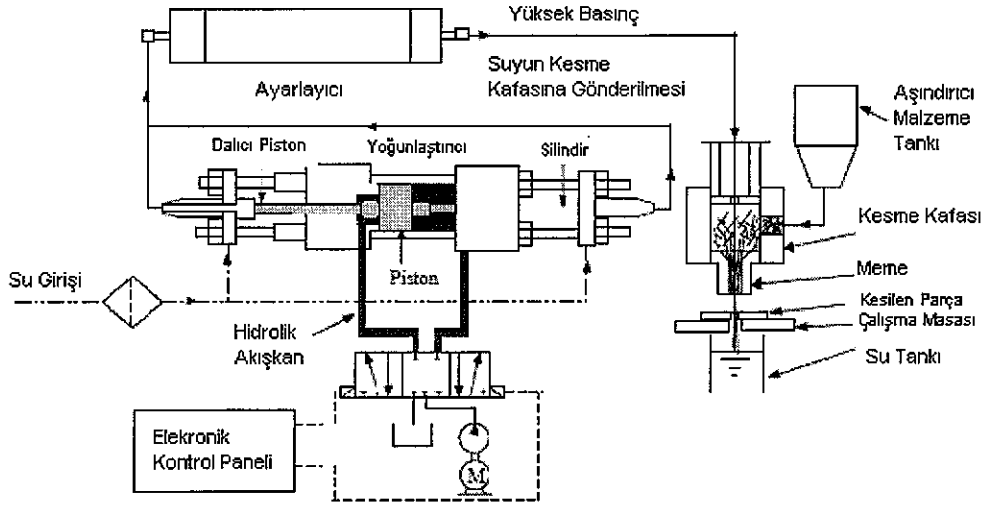
2. Su Demetli Kesme Makineleri ve Donanımları

Su demetli kesme makinelerinde (Water Jet Cutting Machine) kullanım yeri ve amacı, makine boyutları ne olursa olsun iki temel bileşen mevcuttur. Bunlar; basınç üreten pompa ve suyun yüksek hızla sistemi terk ettiği dar bir aralık içeren püskürtme memesidir. Yapılan işin amacına göre pompa basıncı, püskürtme memesi çapı ve yapısı ve bunlarla birlikte diğer yardımcı ünitelerin yapısı da değişmektedir (Hofy, 2005).

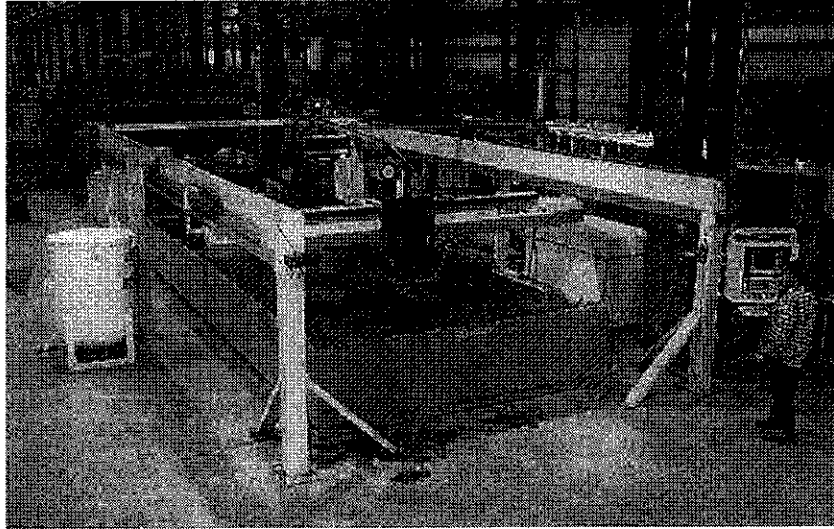
Genel olarak su demetli kesme makineleri; düzlemsel parçalar kesebilen 2 veya 3 eksenli makineler, özellikle havacılık ve uzay sanayinde kullanılan 3 boyutlu hacimsel parçalar kesebilen 5 eksenli makineler veya su demeti ile 6 eksenli robotların birleştirilmesiyle oluşturulan kesme hücreleri olarak gruplandırılabilir (Geren ve Tunç, 2001; Black, 1996).

Düzlemsel parçaların kesilmesinde kullanılan makineler dört temel eleman ve buna bağlı diğer yardımcı bileşenlerden oluşmaktadır. Temel bileşenler; yüksek basınç pompası, aşındırıcı besleme ünitesi, kesme kafası (aşındırıcılı su demeti püskürtme memesi) ve bilgisayarlı kontrol ünitesidir. Makineyi oluşturan diğer

bileşenler ise yüksek basınçlı su iletim boruları, tezgâh ve sönümleyicilerdir. **Şekil-1**'de su jeti ile kesme sisteminin şematik görünümü, **Şekil-2**'de su jeti kesme makinesi genel görünümü verilmiştir.



Şekil-1: Su Jeti İle Kesme Sistemi Şematik Görünümü (www.jetedge.com, 2009).



Şekil-2: Su Jeti Kesme Makinesi Genel Görünümü (www.jetedge.com, 2009).

2.1. Yüksek Basınç Pompaları

Su jeti ile kesme makinalarının hem teknolojik hem de parasal anlamda en önemli kısmını su jeti pompaları oluşturur. Yüksek basınç pompaları genellikle 4000 bar nominal çalışma basıncı öngörülerek imal edilirler. Dünyada üretilen tüm pompalar bu yönleriyle birbiri ile benzer katalog değerleri verirler. Ancak pompanın 24 saat 365 gün mü yoksa çok da hafif şartlarda mı çalıştırılacağı, pompa kalitesinden söz ederken karşımıza çıkan ilk soru olmalıdır.

Pompalar dünya piyasalarında genellikle 15HP, 30 HP, 50 HP, 60 HP, 75 HP, 100 HP gibi güçleri ile tanımlanırlar. Ancak burada basınç sabit olduğuna göre, güç; pompa debisinin bir fonksiyonudur. Pompa debisi arttıkça pompanın besleyebildiği meme çapı ve meme sayısı artar. Meme çapı büyüdükçe kesme hızı artar (www.haberortak.com, 2010). Pompa türlerine göre etkili oldukları faktörler **Tablo-1**'deki başlıklar altında toplanabilir.

Tablo-1: Su Demeti Oluşturmada Kullanılan Pompaların Karşılaştırması (Geren, N. ve diğ., 2002).

Etkili Faktörler	Pistonlu Pompalar	Basınç Yükseltici Pompalar	Kademeli Basınç Yükseltici Pompalar
Pompa gücü	22 kW (30 HP)	37 kW (50 HP)	37 kW (50 HP)
Maksimum ulaşılabilir basınç	300 MPa	300-700 MPa	300-700 MPa
Basınç ayar imkânı	Zor	Kolay	Kolay
Basınç dalgalanması	Yok	15-30 MPa	Yok
Basınç düzenleyici gereksinimi	Yok	Var	Yok
Çelik için yanıl hız*	120 mm/dk	108 mm/dk	108 mm/dk
Maksimum yanıl hız	120 mm/dk	Artan basınçla artıyor	Artan basınçla artıyor
Verim	Yüksek (%95)	Düşük (%70)	Düşük (%70)
Güç sarfiyatı	Düşük	Yüksek	Yüksek
Yüzey kesme kalitesi	Normal	Artan basınçla artıyor	Basınç yükselticiliye göre daha iyi
Su debisi	Yüksek	Düşük	Düşük
Makine parçalarının ömrü	Yüksek	Artan basınçla azalıyor	Artan basınçla azalıyor
Sızdırmazlık elemanı ömrü	Normal	Artan basınçla azalıyor	Artan basınçla azalıyor
Bakım gereksinimi	Düşük	Artan basınçla artıyor	Artan basınçla artıyor
Gürültü	Düşük	Yüksek	Yüksek
Yatırım maliyeti	Normal	Pistonlu pompadan yüksek	Pistonlu pompadan yüksek

* 450g/l aşındırıcı beslemesi, 0,35 mm'lik su püskürtme memesi kullanımı ve 300 MPa basınç koşullarında çalışılmıştır.

2.2. Su Demeti Püskürtme Memeleri

Su demetiyle kesme sisteminin, yüksek basınç pompalarından sonra en önemli parçası olan püskürtme memeleri (nozül), pompadan özel hortumlarla getirilen yüksek basınçlı suyun fişkırtıldığı elemanlardır. Kullanım alanlarına göre kesme çalışmalarında kullanılan çok küçük boyutlu hassas yapılu püskürtme memeleri ve temizleme, kazı-parçalama çalışmalarında kullanılan nispeten büyük boyutlu püskürtme memeleri olarak iki grupta incelenebilir. Yine püskürtme memeleri, saf su demeti ve aşındırıcı su demeti püskürtme memeleri olarak sınıflandırılabilir. Aslında bu iki sistemin temel farkını oluşturan unsur püskürtme memesi malzeme yapılarının farkından meydana gelmektedir (Engin, 2006).

2.2.1. Saf Su Demeti Püskürtme Memeleri

Saf su demeti püskürtme memelerinin yapısı püskürtme memesinin kullanım alanına ve amacına göre değişmektedir. Saf su demeti püskürtme memeleri; düşük basınç-yüksek debi püskürtme memeleri, yüksek basınç-düşük debi püskürtme memeleri ve temizleme işlemlerinde kullanılan püskürtme memeleri olmak üzere üçe ayrılabilir (Engin, 2006).

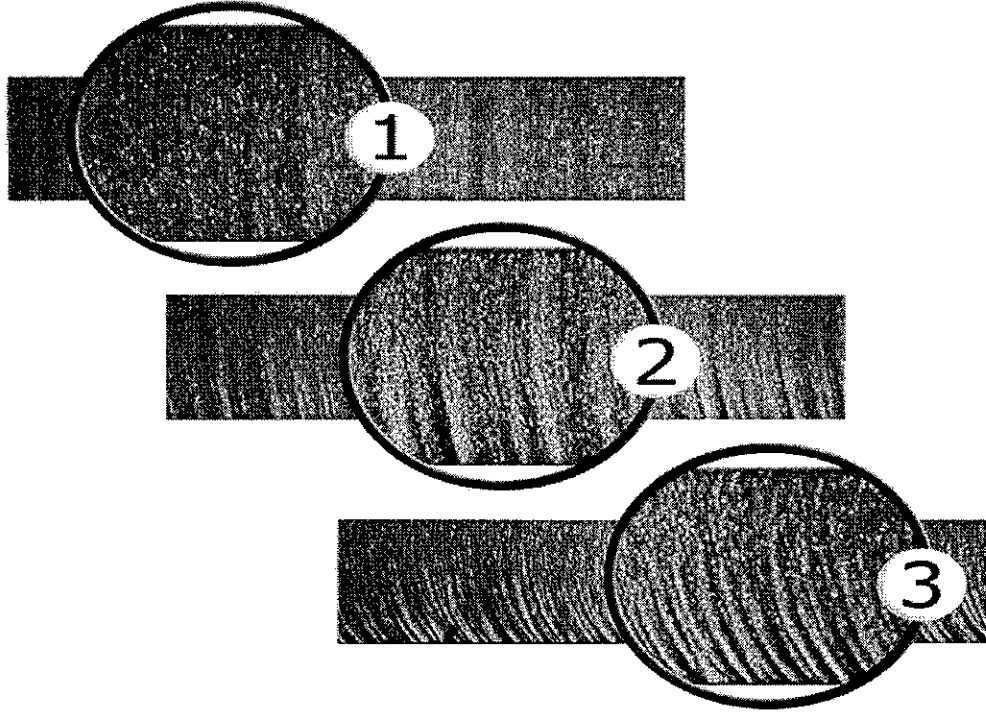
2.2.2. Aşındırıcı Su Demeti Püskürtme Memeleri

Aşındırıcı su demeti püskürtme memeleri temel olarak su demeti püskürtme memesi çıkışında oluşan saf su demetine aşındırıcı eklenmesi ve böylece su demetinin kesme gücünün artırılması amacıyla geliştirilmiştir (Engin, 2006).

2.2. Su Jeti Kesme Kalitesi

Su jeti ile kesme sistemlerinde, kesme yüzeylerinin kalitesi, suyun basıncı, aşındırıcı miktarı ve akışı, ilerleme hızı, malzeme kalınlığı ve meme titreşiminin bir fonksiyonu olarak değişim gösterir. Şekil-3'de 1, 2

ve 3 seviyeleri olarak tarif edilen üç değişik kalitede kesilmiş yüzeyler gösterilmiştir. Yüzeyin kalitesi (pürüzlülüğü) ilerleme hızının artması ile azalmaktadır (www.sharplestdie.com, 2009).



*Şekil-3: Su Jeti İle Kesme Yönteminde Kesme Yüzey Kalitesi
(1-Yüksek Kaliteli, 2-Orta Kaliteli, 3-Düşük Kaliteli Yüzey Kalitesi)*

1 ile gösterilen kesme kalitesi, düzgün ve minimum pürüzlülük ya da dalgalı yüzey istendiği durumlarda elde edilen kesme yüzeyidir. Bu şekilde kesilmiş parçalar başka bir yüzey düzeltme işlemi uygulanmadan bu halde birçok uygulamada kullanılabilir. 2 ile gösterilen kesme kalitesi, bazı kabartılar ve çıkıntıların önemli olmadığı yerlerde kullanılmak üzere elde edilen bir kesme yüzeyidir. 3 ile gösterilen kesim kalitesi, en kaba ve ucuz kesme yüzeyidir. Daha sonra işlem görecekt parçaların kesilmesinde bu kesme kalitesi tercih edilir.

3. Su Jetinin Kullanım Alanları

3.1. Gıda Sektörü

Su jeti kesme sistemleri, değişik kesme problemlerini yok etmek üzere gıda sektöründe geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Bu sistemle, kesilecek ürünün kesici metale yapışarak deforme olması ve bu nedenle meydana gelecek ürün kaybı önlenir. Ayrıca, taze, kuru, paketlenmiş ya da dondurulmuş gıdalar kolaylıkla işlenebilir. Su jeti ile kesme sisteminin çok başarılı uygulamalarının yapıldığı gıda sektöründe, karşılaşılabilecek problem, kesilen üründe herhangi bir nem artışının söz konusu olup olmayacağıdır. Ancak, yapılan deneyler göstermiştir ki, üründe gözlemlenebilir hiçbir nem artışı söz konusu olmamaktadır (Bu sonuçlar, gıda prosesi ekipmanları tasarımı yapan Design Systems Inc. tarafından açıklanmıştır).

Yapılan uygulamalardan biri donmuş balıkların paketlenmesi için yapılan kesme işlemidir. Bu uygulamada Su jeti kesme sistemi kullanımı sayesinde ürün kaybı %20 daha az olmuştur. (www.ttconsultant.com, 2010).

3.2. Kâğıt ve Mukavva Sanayi

Buruşma, kenarlarda yırtılma ve imalatta katların açılmasını önleyen Su jeti sistemleri, kâğıt ve mukavva sanayinde tercih edilirler. En büyük özellik, mekanik sistemlerin kesim sırasında malzemede yaratacağı

hasarı yok edebilmesidir. Diğer metotlarda katlanma ve yırtılma miktarı yaklaşık 0,5 mm olurken, Su jetinde yırtılma yaklaşık 0,1 mm' ye iner. Ayrıca, Su jeti ile kesme sırasında nem artışı ve toz oluşması söz konusu değildir (www.waterjettingdirectory.com, 2010).

3.3. Tekstil ve Giyim Sektörü

Kumaş, çok esnek ve yumuşak olduğu için sistemde beslenmesi ve kesimi geleneksel yöntemlerle oldukça zordur. Çünkü kumaşla temas halindeki kesici bıçak kesimi güçleştirir. Bu işlemi basitleştirmesi ve hızlandırması nedeniyle su jeti kesme sistemleri daha uygundur.

Normal kesicilerle daha doğrusal kesimler yapılabilirken, Su jeti kesme sistemiyle daha kompleks ve detaylı parçalar daha hassas şekilde işlenebilmektedir. Farklı modeller arasında geçiş bilgisayar kontrollü su jeti sistemleriyle daha da kolay olmakta, işlem hızı, kesici uç değiştirme gibi bir problem söz konusu olmadığı için oldukça artmaktadır (www.ttconsultant.com, 2010).

3.4. Plastik Sanayi

Su Jeti kesme sistemleriyle gözenekli, taneli ve yumuşak malzemeleri üç boyutta işlemek mümkündür. Özellikle kapı ve pencere imalatında kullanılan PVC turu malzemeler, cam takviyeli plastik, kauçuk, pleksiglas, neopren, sünger ve makralon gibi plastik ve türevleri olan malzemelerin yüksek hızlarda kesilmelerine olanak sağlarlar (www.waterjettingdirectory.com, 2010).

3.5. Temizlik Sanayi

Su Jeti sistemleri; büyük eşanjörlerin kireçlenmiş iç yüzeylerinin temizlenmesi, zamanla paslanan ya da kararan anıt ya da büstlerin temizlenip parlatılması, taş kırma tesislerinde, kömürün kömür tozlarından ayrılması gibi birçok endüstriyel temizleme işlemlerinde başarıyla kullanılırlar. Temizlik işlerinde kullanılan Su Jeti sisteminde, nozul çapının büyütülmesi ve sistem debisinin artırılması gerekir (www.waterjettingdirectory.com, 2010).

3.6. Ayakkabı Sektörü

Su Jeti kesme sistemleri ayakkabı imalatı yapılan iki fabrikada malzemeler üzerinde denemiş ve %5 ile %15 arasında malzeme sarfiyatının azaldığını tespit etmiştir. Böylece, ayakkabı kalıbı hazırlama masrafları, zaman kaybı ve kalıplar çıkarılırken meydana gelecek malzeme israfı da bu şekilde en aza indirilmiştir (www.ttconsultant.com, 2010).

3.7. İzolasyon Sanayi

Su Jeti sistemi özellikle, tavan ve taban döşemelerinde kullanılan cam yünü malzemelerinin kesilmesinde kullanılır. İzolasyon malzemesi imalatında SU JETİ sistemi kullanıldığında, geleneksel kesme yöntemlerine oranla, malzemenin % 12'lik bir kazanç elde edilmiştir (Ergür, 2007).

3.8. Metal İşleme Sanayi

Yüksek sıcaklık, malzemelerin mekanik özelliklerini değiştiren önemli bir etkendir. Bundan dolayı ısı artış, tüm malzeme işleme yöntemlerinde ayrılmaz bir parça kabul edilir. Bu artış, malzemenin soğuması sırasında iç gerilmelere neden olacağından, tasarımları olumsuz yönde etkiler. Su Jeti sistemleri, bu tür bir ısı artışına neden olmadığı için metal işleme sektöründe özellikle tercih edilmektedir (www.waterjettingdirectory.com, 2010).

3.9. Elektrik-Elektronik Sanayi

Su Jeti sistemleri elektronik sektöründe, elektronik kart ve bilgisayar üreticileri tarafından kullanılır. Tüm elektronik kart malzemeleri üzerinde denenen Su Jeti sisteminin, üretim hızını önemli ölçüde artırdığı, kesme yüzey kalitesini iyileştirdiği ve toz oluşumunu ortadan kaldırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, kesme işlemi için malzemelerde bir başlangıç deliği açmaya da gerek yoktur (www.waterjettingdirectory.com, 2010).

3.10. Cam–Mermer–Granit–Seramik Sanayi

Cam, mermer, granit ve seramik turu malzemelerin en büyük özelliği kırılğan olmalarıdır. Geleneksel yöntemlerle yapılan işlemlerde malzemeler çok kolay deforme olduklarından, hurda yüzdesi yüksek olmaktadır. Bu nedenle, bu sektör su jeti ile kesme sistemlerinin yaygın kullanım alanlarından birini oluşturur. Su Jeti kesme sisteminin, işlem sırasında malzeme üzerine gelen kesme kuvvetlerini azaltarak, malzeme deformasyonunu ve malzeme kaybını önlediği bilinmektedir (www.waterjets.org, 2010).

3.11. Otomotiv Sanayi

Su Jeti ile kesme sistemleri otomotiv sektöründe oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Sistem halı, araba on paneli, gösterge panosu, fiberglas ve yaylar, yakıt tankı korumaları, koltuk arkalıkları ve asbest fren balataları gibi metal, kompozit ve metal dışı malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır (www.waterjets.org, 2010).

3.12. Uzay ve Havacılık Sektörü

SKORSKY Havacılık, Su Jeti kesme sistemini, başlangıçta sadece askeri ve ticari helikopterlerde kullanılan aramid (kevlar) destekli kompozit parçaları işlemekte kullanırken, üretkenliklerinin % 80 oranında artması nedeniyle sistemi şimdi tüm kompozit parçaları işlemek için kullanmaktadır. Su Jeti kesme sistemleri, AIRBUS Havacılık tarafından da kullanılmaktadır. Sistem, çok hassas işleme yapabildiği için üretilen parçaların ağırlıklarında ortalama % 23 oranında düşme olmuş ve üretim süresi % 15 - % 20 oranında azalmıştır (www.ttconsultant.com, 2010).

4. Su Jeti ile Diğer Kesme Sistemlerinin Karşılaştırılması

Su jeti ile yapılan kesme ya da yüzey işleme de en önemli özellik ısı gerilmelerin ortaya çıkmamasıdır. Bundan dolayı, diğer kesme sistemlerinde kesme anında oluşan ısının malzemeye zarar vermesi söz konusu olduğundan su jeti teknolojisi bu tür malzemelerin kesilmesinde tercih edilmektedir (Lemma ve diğ., 2005). Ayrıca kesilen yüzeylerde aşırı cüruf oluşmasına neden olmadığı için ikinci bir yüzey işleme sürecine ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Bu da maliyet üzerinde önemli avantajlar sağlar. Su jeti kesme sisteminin diğer sistemlerle karşılaştırılması sonucu üstünlükleri rahatlıkla görülebilmektedir. (Ergür, 2007)

4.1. Lazerle Kesme

- Lazere göre, birçok malzemenin kesimi mümkündür (parlak malzemeler, alüminyum ve bakır gibi).
- Malzeme yüzeyindeki pürüzlülük, su jetinde sorun yaratmaz.
- Su jeti parçayı ısıtmadığı için, malzemede ısı çarpılma veya sertleşme söz konusu değildir.
- Kalınlık arttıkça, lazere göre aynı veya daha yüksek toleranslara çıkılabilir.
- İlk yatırım maliyeti, aşındırıcı su jetinde daha düşüktür.
- ASJ ile daha kalın malzeme kesilebilir.
- ASJ ile kesme daha emniyetlidir; yanma, zehirli gaz söz konusu değildir.
- Çevreyle uyumludur.
- ASJ sistemindeki nozulun bakımı daha kolaydır.
- Düzgün yüzey olmaması halinde, aşındırıcı su jetinde jet odak ayarı gerekmez.

4.2. EDM ile Kesme

- ASJ daha hızlı işlem yapabilir.
- ASJ ile çok daha çeşitli malzeme kesilebilir.
- ASJ ile malzeme yapısı çok sorun yaratmaz.
- ASJ ile işleme başlangıç deliğini kendisi açar.
- ASJ sistemleriyle işlenen yüzeylerde, ısı problem yoktur.
- ASJ sistemine benzer çamur jetleriyle daha büyük hacimli parça işlenebilir.
- ASJ daha az ayar gerektirir.

4.3. Plazma ile Kesme

- ASJ sisteminde isleme hızı plazmaya göre çok daha düşük olduğundan, daha iyi yüzey elde edilebilir.
- ASJ ile parçada ısınma olmadığı için çok daha hassas kesme yapılabilir.
- ASJ ile her türlü malzeme kesiminin mümkündür.

4.4. Alevle Kesme

- ASJ ile çok daha iyi bir yüzey elde edilebilir.
- ASJ ile kesmede parçanın ısınması söz konusu değildir.
- ASJ ile her türlü malzeme kesimin mümkündür.
- Alevle kesmede daha hızlı işlem yapılabilir.
- Alevle kesme daha ucuz, fakat düşük kalitededir.

4.5. Konvansiyonel Tornalama

- ASJ ile kesmede ayarlama ve kalıp düzenleme çok daha hızlı yapılabilir.
- Tornalamada çok daha yüksek hızlara çıkılabilir.
- Birçok ASJ sisteminde programlama çok daha kolay ve hızlı olmaktadır.
- Takım değiştirme sorunu yoktur.

Yapılan bu karşılaştırma sonucu **Tablo-2** oluşturulabilir (www.majet.com.tr, 2010).

Tablo-2: Su jeti kesme sisteminin diğer sistemlerle karşılaştırılması

Proses	Parça Maliyeti *	Parça Hassasiyeti *	Kesme Hızı *	Kesilen Malzeme Tipleri	Malzeme Deformasyonu	Kesme Kalitesi
Su Jeti	-	0.1 mm	-	Her türlü malzeme	Yok	İyi
Laser	Daha yüksek	12 mm altındaki parçalar için daha yüksek	Sadece ince malzemelerde daha hızlı	Sınırlı	Var	Kaba
Wire EDM (Tel erezyon)	Daha yüksek	Daha yüksek	75 daha yavaş	Sınırlı	Var	İyi
Plazma Kesme	Daha düşük	Daha düşük	Daha hızlı	Sınırlı	Var	Kaba
Oksijen Kesme	Daha düşük	Daha düşük	Daha hızlı	Sınırlı	Var	Kaba
Punch Pres	Daha yüksek	Aynı	Daha yavaş	Sınırlı	Var	Kaba

5. Sonuç

Günümüzde su jetinin birçok alanda kullanılmasının özellikle Eco-design ve sürdürülebilirlik açısından önemi çok büyüktür. Su jeti ile kesme sistemleri, birçok kesme yöntemi arasından en fazla çevre dostu olan kesme yöntemidir. Sürecin temiz olması, toz, kırıntı ya da kimyasal hava kirliliği meydana getirmemesi yöntemin kullanılabilirliğini arttırmaktadır. İşlenen parçanın metalürjik yapısının bozulması, mikro yapısının değişmesi, parçada mekanik ya da ısıl gerilmelerin oluşması mümkün değildir. Kesim sırasında, kesilen malzemede direkt basınç etkisi oluşturmaz, malzemede deformasyona neden olmaz ve çapak bırakmayan bir kesme işlemi gerçekleşir. Bu nedenle son işlem(ler)e (Finishing Operations) operasyonuna gerek duyulmaz. Otomasyona uygunluğu ile de Su jeti kesme sistemleri farklı üretim sistemlerinin kullanılmasında; örneğin Esnek İmalat Sistemlerinin (FMS) kullanımında önemlidir. Başlangıçta ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olduğu düşünülse de, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte yatırım maliyetleri düşecek ve sahip olduğu üstün özellikler sayesinde kullanım alanları artarak devam edecek ve yapılan yatırımların geri dönüş oranı (Return on Investment-ROI) hızla artacaktır.

6. Kaynakça

- Akkurt, A., Kulekci, K. M., Seker, U. ve Ercan F., "Effect of Feed Rate on Surface Roughness in Abrasive Waterjet Cutting Applications", Journal of Materials Processing Technology, 147, 2004.
- Black, S. C., Chiles, V. Lissaman, A. J., Martin, S. J. , Principles of Engineering Manufacture, Third edition, Butterworth-Heinemann, UK, 1996.
- Engin, İ. C.:" Bazı Türk Mermerlerinin Aşındırıcı Su Demeti İle Kesilebilirlik Özelliklerinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2006
- Ergür, H.S.:"Aşındırıcı su jetinin teorik analizi ve yapay sinir ağı yöntemiyle modellenmesi", Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2007
- Geren, N. ve Sahin, B., "Su Jeti ile Kesme Teknolojisi ve Endüstriyel Uygulamaları", Mühendis Makine Dergisi, 1995
- Geren, N. ve Tunç, T., "Yapısal farklılıklar içeren su jeti kesme sistemlerinin en uygununun belirlenmesi", Mühendis ve Makine, Sayı 500, cilt 42, Eylül 2001.
- Hofy, H.A.G., Advanced Machining Process, Mc.Graw-Hill., USA, 2005
- Kalpakjian, S. Ve Schmid, R.S., Manufacturing Technology, Fifth Edi.Pearson Prentice Hall, USA, 2006.
- Karakurt, İ.:" Aşındırıcı su jeti kesme sistemlerinin kayaç kesme performanslarının araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2007
- Lemma, E., Deam, R. ve Chen, L., "Maximum Depth of Cut and Mechanics of Erosion in AWJ Oscillation Cutting of Ductile Materials", Journal of Materials Processing Technology, 2005
- www.haberortak.com/Haber/Teknik-Makale/11122009/Sujeti-waterjet-ile-kesme-teknolojileri.php
10/01/2010
- www.jetedge.com/includes/show_gallery.cfm?ID=73 ,30/12/2009
- www.majet.com.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=17 10/01/2010
- www.sharpleddie.com/sharples/website3/pages/edge_quality.html ,30/12/2009
- www.ttconsultant.com/sujeti%20kesme%206.pdf
- www.waterjets.org/
- www.waterjettingdirectory.com/

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK - MİMARLIK FAKÜLTESİ

BİLDİRİLER KİTABI

3. MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ SEMPOZYUMU

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, 29-30 NİSAN 2010

Yayına Hazırlayanlar

Yrd. Doç. Dr. Abdül Kadir GÖRÜR

Öğr. Gör. Roya CHOUPANI

ANKARA 2010

ISBN: 978-975-6734-04-9

Çankaya Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 1

Copyright © Çankaya Üniversitesi Nisan 2010

ISBN: 978-975-6734-04-9

Her Hakkı Saklıdır. Bildirilerdeki fikir ve görüşler yazar(lar)a aittir. Kaynak gösterilmeden kullanılamaz. Çankaya Üniversitesi'nin izni olmadan çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.

Çankaya Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi

Öğretmenler Cd. No:14 100. Yıl 06530 Balgat / Ankara / Türkiye

Telefon: +90-312-2844500 / 188 - 189 Faks: +90-312-2848043

E-Posta: mmf@cankaya.edu.tr

Baskı:

Turuncu Digital Baskı Pano Tanıtım Sist. Reklamcılık Matbaacılık Tic. Ltd. Şti.
Konya Yolu Üzeri (Akman Condominium) No:84 / 217 Balgat-Çankaya/ANKARA

Tel : 0312 285 70 20

Faks : 0312285 90 92

Web : www.turuncudigital.com

e-mail : info@turuncudigital.com

Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu (3. : 2010 : Ankara, Turkey)
3. Mühendislik ve teknoloji sempozyumu, 29-30 Nisan 2010 : bildiriler kitabı / yayına hazırlayanlar Abdül Kadir Görür, Roya Choupani.--
Ankara : Çankaya Üniversitesi, 2010.
p. ; cm. – (Çankaya Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi yayınları no ; 1)
ISBN 978-975-6734-04-9

1. Engineering—Congresses. 2. Technology—Congresses. 3. Industrial project management. I. Görür, Abdül Kadir,ed. II.Choupani, Roya,ed.
T65 M44 2010

Çankaya Üniversitesi Kütüphanesi

KURULLAR ve KOMİTELER

ONUR KOMİTESİ

Sıtkı ALP, Çankaya Üniversitesi Mütevelli Heyet Başkanı
Prof. Dr. Ziya Burhanettin GÜVENÇ, Çankaya Üniversitesi Rektörü

ORGANİZASYON KOMİTESİ

Prof. Dr. Ziya Burhanettin GÜVENÇ, Çankaya Üniversitesi Rektörü
Prof. Dr. Yahya Kemal BAYKAL, Çankaya Üniversitesi Rektör Yardımcısı
Prof. Dr. Taner ALTUNOK, Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Levent KANDİLLER, Çankaya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı
Doç. Dr. Yusuf Z. UMUL, Çankaya Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Müh. Öğretim Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Abdül Kadir GÖRÜR, Çankaya Üniversitesi Bilgisayar Müh. Bölümü Öğretim Üyesi
Öğr. Gör. Roya Choupani, Çankaya Üniversitesi Bilgisayar Müh. Bölümü Öğretim Görevlisi
Uzm. Adnan AKBOYRAZ, Çankaya Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü

KOORDİNATÖRLER

Yrd. Doç. Dr. Abdül Kadir GÖRÜR ve Öğr. Gör. Roya CHOUPANI

DEĞERLENDİRME KOMİTESİ

Prof. Dr. Taner ALTUNOK, Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Levent KANDİLLER, Çankaya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı
Prof. Dr. Mehmet R. TOLUN, Çankaya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Yahya Kemal BAYKAL, Çankaya Üniversitesi Rektör Yardımcısı
Doç. Dr. Yusuf Z. UMUL, Çankaya Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Müh. Öğretim Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Abdül Kadir GÖRÜR, Çankaya Üniversitesi Bilgisayar Müh. Bölümü Öğretim Üyesi
Öğr. Gör. Roya Choupani, Çankaya Üniversitesi Bilgisayar Müh. Bölümü Öğretim Görevlisi

DANIŞMA KURULU

- Prof. Dr. İbrahim Akduman, *ITU*
Prof. Dr. Ramazan Aktaş, *TOBB ETÜ*
Prof. Dr. Ayhan Altıntaş, *Bilkent Üniversitesi*
Prof. Dr. Taner Altunok, *Çankaya Üniversitesi*
Prof. Dr. Hamid R. Arabnia, *University of Georgia*
Prof. Dr. Erdal Arıkan, *Bilkent Üniversitesi*
Prof. Dr. Abdullah Atalar, *Bilkent Üniversitesi*
Prof. Dr. Volkan Atalay, *ODTÜ*
Prof. Dr. Şenol Başkaya, *Gazi Üniversitesi*
Prof. Dr. Yahya K. Baykal, *Çankaya Üniversitesi*
Prof. Dr. Alinur Büyükaksoy, *Gebze Yüksek Teknoloji Enst.*
Prof. Dr. Halim Doğrusöz, *ODTÜ*
Prof. Dr. Serpil Erol, *Gazi Üniversitesi*
Prof. Dr. Müfit Gülgeç, *Gazi Üniversitesi*
Prof. Dr. Ziya B. Güvenç, *Çankaya Üniversitesi*
Prof. Dr. Levent Kandiller, *Çankaya Üniversitesi*
Prof. Dr. A. Bülent Özgüler, *Bilkent Üniversitesi*
Prof. Dr. Mehmet Şafak, *Hacettepe Üniversitesi*
Prof. Dr. Yalçın Tanık, *ODTÜ*
Prof. Dr. Mehmet Tolun, *Çankaya Üniversitesi*
Prof. Dr. Yıldırım Üçtuğ, *Bahçeşehir Üniversitesi*
Prof. Dr. Mustafa Yavuz, *Çankaya Üniversitesi*
Prof. Dr. Erdem Yazgan, *Hacettepe Üniversitesi*
Prof. Dr. Fetih Yıldırım, *Çankaya Üniversitesi*
Prof. Dr. Ümit Yüceer, *Çankaya Üniversitesi*
Doç. Dr. Serhat Çakır, *TÜBİTAK*
Doç. Dr. Celal Z. Çil, *Çankaya Üniversitesi*
Doç. Dr. Halil T. Eyyüboğlu, *Çankaya Üniversitesi*
Doç. Dr. Veysi İşler, *ODTÜ*
Doç. Dr. Ertuğrul Karaçuha, *Bilgi Tekn. ve İletişim Kurumu*
Doç. Dr. Sibel Tari, *ODTÜ*
Doç. Dr. Yusuf Z. Umul, *Çankaya Üniversitesi*
Yrd. Doç. Dr. İbrahim Atılgan, *Gazi Üniversitesi*
Yrd. Doç. Dr. Ferda C. Çetinkaya, *Çankaya Üniversitesi*
Yrd. Doç. Dr. Reza Hassanpour, *Çankaya Üniversitesi*
Yrd. Doç. Dr. Yiğit Kazançoğlu, *İzmir Ekonomi Üniversitesi*
Yrd. Doç. Dr. Cem Nakiboğlu, *Gazi Üniversitesi*
Yrd. Doç. Dr. Altan Özkil, *Atılım Üniversitesi*
Yrd. Doç. Dr. Özgür Özpeynirci, *İzmir Ekonomi Üniversitesi*
Yrd. Doç. Dr. Stephan Wong, *TuDelft University*
Dr. Cengiz Erbaş, *ASELSAN*
Mehmet Atalay, *Türk Telekom*
Orhan Örucü, *TMMOB*
Melih Şahin, *Makina Mühendisleri Odası*
Kemal Ulusaler, *Elektrik Mühendisleri Odası*

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ



Mühendislik ve Teknoloji
Sempozyumu
29 - 30 Nisan 2010
Bildiriler Kitabı



ISBN:978-975-6734-04-9



ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik ve Teknoloji
Sempozyumu
29 - 30 Nisan 2010

Katılım Belgesi

Sayın *Birol AKYÜZ*

29 - 30 Nisan 2010 Tarihlerinde gerçekleştirilen Üçüncü Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumuna
Su Jeti Kesme Sistemi Kullanım Alanları ve Diğer Kesme Yöntemleriyle Karşılaştırılması
isimli bildiri ile katılımınız için teşekkür eder, başarılarınızın devamını dilerim.

Yrd. Doç. Dr. Abdül Kadir GÖRÜR
Sempozyum Koordinatörü