

ASJ ile Kesilen AISI 1030 Çelik Malzemeden Elde Edilen Kesik Yüzey Özelliklerinin Diğer Kesme Yöntemleri ile Karşılaştırma

Comparison of Cut Surface Properties Obtained from AISI 1030 Steel by Abresive Water Jet and by Other Methodologies

Adnan AKKURT*

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü, 06830, Ankara

Geliş Tarihi/Received : 16.03.2009, Kabul Tarihi/Accepted : 02.04.2009

ÖZET

Kesme teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, imalata hazırlık ve özellikle son işlem uygulamalarında elde edilen yüzey özellikleri büyük öneme sahiptir. Kesme yöntemlerindeki işleme kalitesi genel olarak; malzeme özelliklerindeki değişim, kesme kenar deformasyonu, elde edilen yüzey özellikleri ve kesilen kanalın geometrisi ile karakterize edilmektedir. Bir kesme işleminde temelde hedeflenen; en hızlı ve en kaliteli kesik yüzeyin elde edilmesidir. Aşındırıcılı su jetinin dışında birçok yöntemin yaygın kullanımı beraberinde hangi malzemenin hangi yöntemle kesilmesi daha verimli olmaktadır? ve benzeri sorularına yanıt aranmaktadır. Bu çalışma makine imalat sanayinde yoğun kullanılmakta olan AISI 1030 malzemenin yaygın kullanılmakta olan kesme yöntemleri ile kesilmesi ve elde edilen sonuçların malzemenin mekaniksel ve metalürjik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırarak, değerlendirilmesini kapsamaktadır. Tüm veriler ışığında; ASJ ile kesmenin en verimli yöntem, oksijen ile kesme yönteminin ise en verimsiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler : Kesme yöntemleri, Kesme yöntemlerinin karşılaştırılması, AISI 1030 malzeme, Yüzey özellikleri, Yüzey kalitesi.

ABSTRACT

With the development in cutting operation, the surface properties which get from the the finishing operation and preparation to manufacture applications have a great importance. Generally the variation features of material, the edge cutting deformation, surface properties and the geometry of the canal characterize the processing quality in the cutting methods. In a cutting operation the aim is to get the cut surface in a very short time with high quality. The answer is searching for the question, which technique for which material must be use to get a good efficiency. In this study the aim was to cut the material AISI 1030, which is used very frequently in manufacture industry, with very common methods and to get and evaluate effects of results on mechanic and metallurgic properties of material. So the result of this study is the method in cutting with ASJ is the most efficient and with oxygen is least efficient.

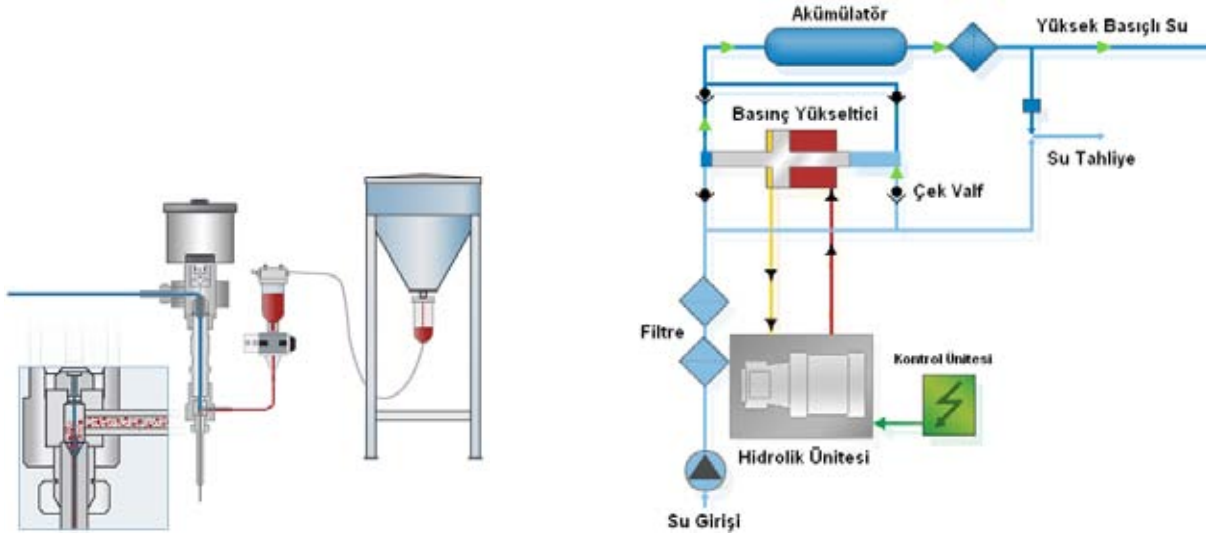
Keywords : Cutting Methods, Comparison of cutting methods, AISI 1030 material, Surface characteristic, Surface quality.

1. GİRİŞ

Kesme yöntemlerinin yüzyılı aşan gelişim süreçlerine karşın bilinen bazı uygulama sınırlamaları ve zayıflıkları yeni yöntem arayışlarını da birlikte getirmiştir. Geleneksel kesme sistemleri olarak bilinen (oksijen alevi, testere ve frezede kesme vb.) yöntemlerin dışında bulunmuş olan yeni kesme

yöntemlerinin (aşındırıcılı su jeti, lazer, plazma, su altı plazma, tel erozyon vb.) de birçok sınırlamaları ve uygulama içindeki zayıflıkları mevcuttur. Söz konusu olumsuzlukları tümüyle ortadan kaldırmak mümkün görülmemektedir. Bu yöntemler işleme ilkelerinin farklı olması ve tasarım mühendisliğine sağladıkları olanaklar ile günümüz eko-

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail adress: aakkurt@gazi.edu.tr (A. Akkurt)



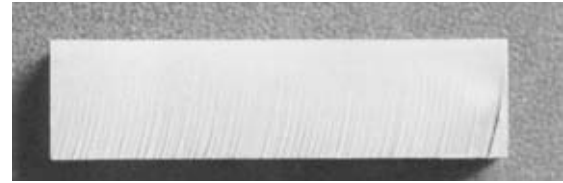
Şekil 1. Su jeti ile kesme sistemi şematik gösterimi (Akkurt, 2002).

nomisinde çok önemli etkisi olan minyatürleşme, olağanüstü malzemeleri kullanabilme, ve esnek üretim olanakları sağlamışlardır.

Su jeti; son dönemde kullanılan en verimli kesme yöntemlerinden biridir. Hiç aşınmayan, döndüğü hiç belli olmayan, köşelerde çapak bırakmayan, kesme sırasında malzemeyi deformasyona uğratan kuvvetler oluşturmayan, sıcaklık etkisi olmayan böylelikle; yapısal bozulma, kararma, çarpılma, erime, damlama oluşması ve yanma sorunları asla söz konusu olmayan bir kesici takım olan su jeti, en karmaşık biçimleri dahi yüksek hassasiyet ve çok temiz yüzey özellikleri ile kesebilmektedir (Öjmertz, 1994). Su jeti ile kesme; saf su jeti (SJ) ve aşındırıcılı su jeti (ASJ) ile kesme olarak iki değişik yöntemle yapılmaktadır. Her iki yöntemde de çok yüksek hız kazandırılmış su jeti kullanılmaktadır. Ancak aşındırıcılı su jeti ile işlemede, basınçlı suya küçük boyutlarda aşındırıcı parçacıklar ilave edilmektedir. Şekil 1'de Su jeti ile kesme sistemi şematik gösterimi verilmiştir (Ohlsson, 1995).

Su jeti kesim sistemlerinde kullanılan jet, suyun 400 MPa veya daha yüksek basınçlarda sıkıştırılması ve 0,1-0,6 mm arasında bir çapa sahip orifisten geçirilmesiyle elde edilmektedir. Basınçlı sıvı

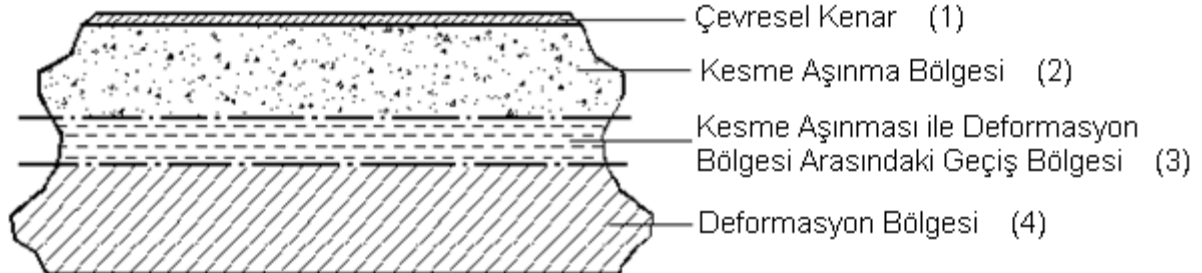
içerisinde hapsedilen enerji, suyun saniyede 1000 metre hızının sahip olduğu potansiyel enerji, sistem tarafından kinetik enerjiye dönüştürülür. Bu yüksek enerji kesme başlığından geçerek parça üzerinde küçük bir noktaya odaklanır. Bu etkileyici enerjiye sahip jetin, malzemeler üzerinden parçacık koparması ile kesilmesini sağlar. Şekil 2'de aşındırıcılı su jeti ile kesilmiş olan AISI 1030 malzemenin kesik yüzey görüntüsü verilmiştir (Akkurt, 2002; Momber ve Kovacevic, 1988).



Şekil 2. Aşındırıcılı su jeti ile kesilmiş olan AISI 1030 malzemenin kesik yüzey görüntüsü (Akkurt, 2002).

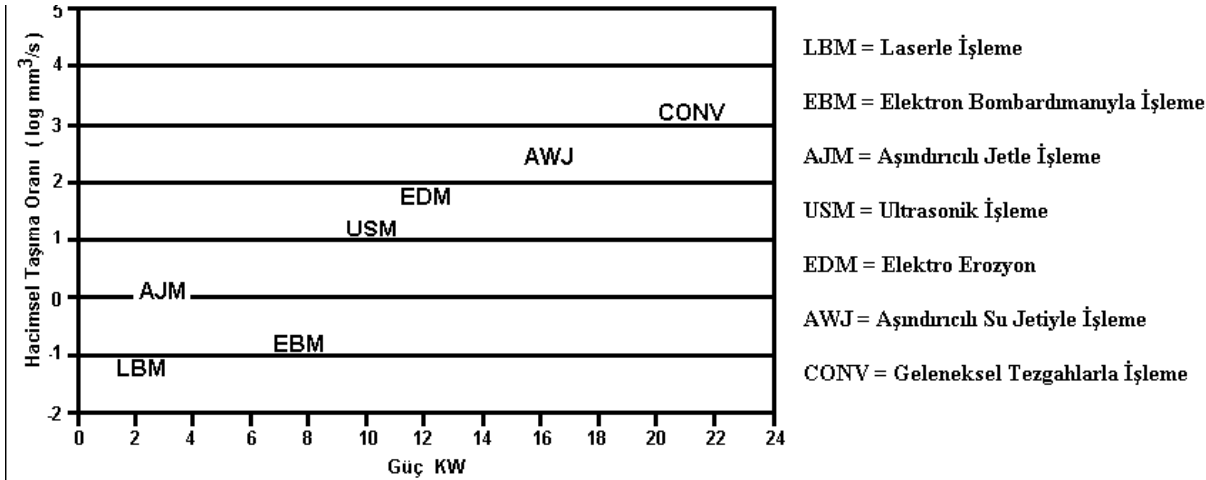
1. 1. Kesme Kalitesi ve Su Jeti ile Kesme

Kesik yüzey kalitesi; yüzey pürüzlülüğü, tolerans kontrolü, düzlemsellik, diklik vb. özelliklerin ölçülmesiyle belirlenebilir. Yüzey kalitesini belirleyebilmek için kesilen yüzeyler incelendiğinde, akışa dayalı farklı yöntemlerle (aşındırıcılı su jeti ile kesme, oksijen alevi ile kesme, lazer kesme, plazma ark ile



Şekil 3. Aşındırıcılı su jetiyle kesilen yüzey bölgeleri (Öjmertz, 1997).

kesme ve su altı plazma ile kesme) elde edilen yüzeylerin benzedikleri görülür. Yüzey pürüzlülüğü, yüzeydeki dalgalanma ile tanımlanır ve dalganın büyüklüğü ise jet çapı ile orantılıdır (Fukunishi v.d., 1995; Momber v.d., 1995). Aşındırıcılı su jetinde; dalga boyutları jet çapı ve nüfuziyete bağlı iken, yüzey pürüzlülüğü her bir aşındırıcı parça arasındaki mikro işleme sonucu ortaya çıkacaktır. Kesme kalitesi, jete bağlı olan fiziksel iç etkiler ile "düzensiz kesme parametreleri, nozzul titreşimi ve iş parçası" gibi dış etkilere bağlı olarak ortaya çıkar. Jet içerisindeki aşındırıcı kütlelerinin artırılması veya jet ilerleme hızının düşürülmesi, kesilen birim yüzeye çarpacak parçacık sayısını artırarak daha kaliteli yüzeyin elde edilmesini sağlar. Büyük kesme hızlarının kullanıldığı kaba (ayırma) kesme işlemlerinde yüzey üzerinde jetin sapması ve birbirine paralel hatların oluşması; yanal hızını değişmesi, aşındırıcı besleme debisi, sıvı basıncı ve seçilen nozzul geometrisi gibi parametrelerin bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Ancak yüzey mikro düzeyde incelendiğinde, her bir yöntemde etkin olan kesme mekanizması farklı olduğundan, yüzeyin mikro özellikleri birbirinden farklılık gösterir (Hashish, 1993a; Ohman, 1993).



Şekil 4. İşleme metodlarının güç seviyelerine bağlı hacimsel talaş kaldırma oranları (Hashish, 1988).

Elde edilen kesik yüzey kalitesi, kesme derinliğinin her bir birimi için harcanan gücün artırılmasıyla geliştirilebilir. Sıvı basıncının artırılması, jet ilerleme hızının düşürülmesi, jet içerisindeki aşındırıcı oranının artırılması ve daha büyük bir nozul seçilmesiyle daha kaliteli yüzey elde edilir. Aşındırıcı parçacık şekli ve büyüklüğü gibi aşındırıcı özellikleri de önemli faktörlerdir. Kesme kanalının genişliği ise karıştırma tüpü nozulu ve jet ilerleme hızı ile kontrol edilir (Momber, 1995; Hashish, 1991).

Öjmertz su jeti ile kesilen bir yüzeyi dört bölgeye ayırmış (Şekil 3) ve bunları kesme parametrelerine

göre isimlendirmiştir. Şekil 2'de bulunan kesik yüzey fotoğrafı Şekil 3'e göre değerlendirildiğinde;

1. 1. 1. Çevresel Kenar

Kesilen yüzeyin üst köşesinde, jetten ayrılan partiküllerin çarpmasıyla küçük bir kavis söz konusudur. Bu bölge, çoğunlukla göz ardı edilebilecek bir kenar etkisi olarak kabul edilebilir.

1. 1. 2. Kesme Aşınması Bölgesi

Birinci bölge altında ve daha düzgün bir yüzey alanıdır. Bu bölge; yüzeye düşük çarpma açısı ile çarpan aşındırıcı partiküllerin neden olduğu, partikül erozyonu sonucu oluşur. Son dönemde yapılan deneysel çalışmalar, bu bölgede yaklaşık 1,3 μm kalitesinde yüzey pürüzlülüğü elde edilebileceğini ortaya çıkarmıştır.

1. 1. 3. Kesme Aşınma Bölgesi Ve Deformasyon Aşınma Bölgesi Arasındaki Geçiş Bölgesi

Aşındırıcıların kinetik enerjilerinin azalmasıyla kesme kabiliyetleri azalır, jet sürekliliğini kaybeder. İkinci bir kesme mekanizmasının baskın olduğu bir geçiş bölgesi ve birbirine paralel jet sapmasına bağlı olarak şekillenmiş hatlardan oluşan yeni

bir yüzey bölgesidir. Bu ikinci kesme mekanizmasında yüzeye çarpan parçacıkların çarpma açısı daha büyüktür ve deformasyon aşınması olarak isimlendirilmektedir. Deformasyon aşınma mekanizması daha büyük açıyla yüzeye çarpan parçacıklar tarafından gerçekleştirilir. Jetin ilerleme hızı düşürüldüğünde, 2. ve 3. bölge arasında yer alan geçiş bölgesi küçülecektir.

1. 1. 4. Deformasyon Aşınması Bölgesi

Aşındırıcıların kinetik enerjilerini kısmen kaybetmeleriyle kesme kabiliyetleri azalır ve jet sürekli-

liğini kaybeder. Bunun sonucunda yoğun bir şekilde birbirine paralel jet sapmasına bağlı olarak şekillenmiş hatlardan oluşan yeni bir yüzey ortaya çıkmaktadır. Bu kesme mekanizmasında yüzeye çarpan parçacıkların keskinliklerini kısmen kaybetmelerinin dışında çarpma açısı kesme aşınması bölgesinden daha büyüktür. Bu bölge deformasyon aşınması olarak isimlendirilmektedir. Jetin ilerleme hızı düşürüldüğünde deformasyon aşınması bölgesi küçülecektir (Öjmertz, 1997). Deformasyon aşınması bölgesinde aşındırıcı partiküllerin keskinliklerini kısmen kaybettiği ve kesilen malzemeden kopan parçacıkların da yüzeye temasları ile oyuk derinliklerini artırdıkları yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Öjmertz, 1997; Hashish, 1984; Blickwedel v.d., 1990).

1. 2. Aşındırıcılı Su Jeti ve Diğer Metotları Kap-sayan Değerlendirmeler

Levha şeklindeki malzemelerin kesilmesinde çeşitli teknikler mevcuttur. Bu teknikler Hashish ta-

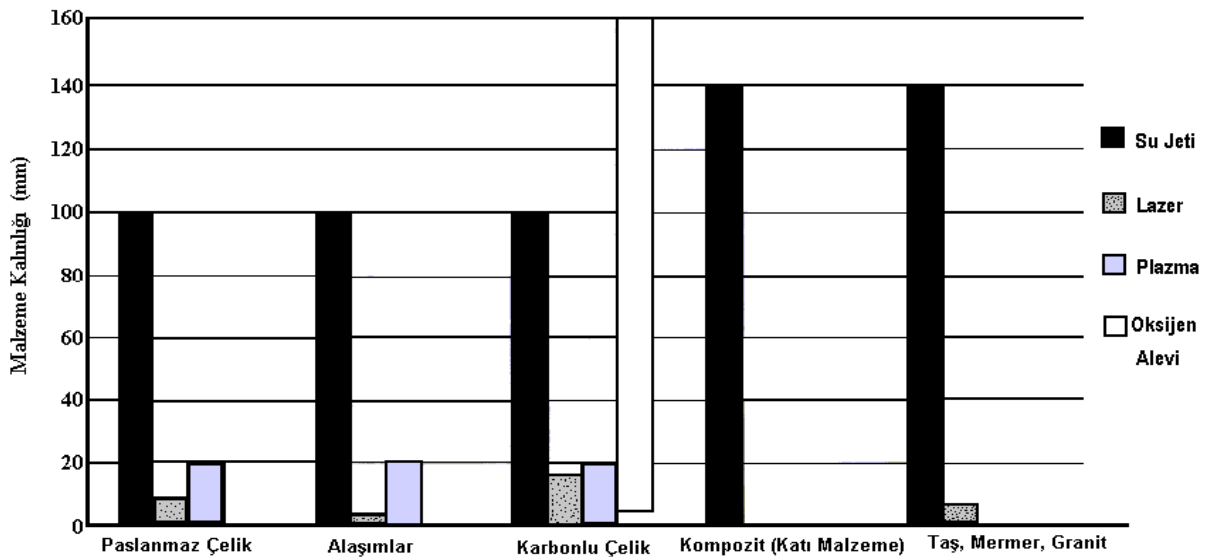
rafından Şekil 4'deki grafikte görüldüğü gibi ASJ ve diğer teknikler karşılaştırılmıştır. Bu farklı işleme metotlarının, güç seviyeleri ve tipik talaş kaldırma oranları dikkate alınarak yapılmış bir karşılaştırmadır.

Hashish'e göre geleneksel metotlarla karşılaştırıldığında, oldukça düşük enerji ile kesme yapabilecek yeteneğe sahip su jetinin bünyesinde oluşan enerji çok yoğundur. Bu enerjinin önemli bir bölümü sürtünme ile kaybedilmektedir, diğer tek uçlu, huzme ile kesme süreçlerinde (lazer, plazma, su altı plazma vb) olduğu gibi. Parça üzerine uygulanan çok küçük çaptaki jet mükemmel bir şekilde yönlendirilmekte, her yönde kesme yapabilmekte ve oldukça dar kesikler oluşturabilmektedir. Özellikle de kesilen malzeme üzerinde termal etkileri olmaması sebebiyle de, rekabet ettiği diğer metotlara göre çok daha etkili hale gelmektedir (Hashish, 1988; Matsumoto v.d., 1992; Engel ve Labus, 1993). Diğer yaygın kullanıma sahip kesme yöntemleri ile

Tablo 1. Aşındırıcılı su jeti ile diğer kesme yöntemlerinin genel karşılaştırılması (Akkurt, 2002).

Su Jeti Kesme ile Diğer Kesme Yöntemlerinin Karşılaştırılması								
Karşılaştırma Faktörü	Aşındırıcılı Su Jeti	Lazer Kesim	Plazma Kesim	Su Altı Plazma Kesim	Tel Erozyon	Frezede Kesme	Hidrolik Testere	Oksijenle Kesme
Malzeme Kalınlığı	A	C	B	B	A	B	B	A
Kesme Kalitesi	A	A	C	B	A	B	B	C
Yanal İlerleme Hızı	B	A	B	B	B	B	A	B
Çok Amaçlı Kullanım	A	D	B	B	B	B	B	C
Hassas Kesme	A	A	B	B	A	A	C	D
İkinci İşlem Gereksinimi	A	B	B	B	B	B	C	C
Çapak (Cüruf) Oluşumu	B	C	C	C	A	B	D	B
Üretim Esnekliği	A	B	C	C	B	A	C	D
Toplam İşleme Zamanı	B	B	D	D	B	B	A	C

A : Mükemmel B : İyi C: Kabul Edilebilir D: Kabul Edilemez



Şekil 5. Tek uçlu jet huzmesi ile kesme yöntemlerinin kesme kabiliyetlerinin karşılaştırılması.

karşılaştırıldığında ise malzeme kalınlığı ve özelliğine bakılmaksızın en verimli kesme yönteminin aşındırıcılı su jeti ile kesme olduğu Tablo 1'de görülmektedir. Ancak SJ ve ASJ ile işleme teknolojisi pek çok avantajının yanı sıra dezavantajları da mevcuttur. Bunların en önemlisi sistem ve kesme parametrelerinin birçok değişkene bağlı olmasından ve bu parametrelerin tam olarak anlaşılmasından dolayı kesme derinliğinde sürekli bir yüzey kalitesi söz konusu değildir. Kesme derinliğine bağlı olarak artan bir yüzey pürüzlülük lazer, plazma, su altı plazma ve oksijen alevi ile kesmede olduğu gibi kaçınılmazdır (Hashish, 1993b; Guo v.d., 1992)

ASJ'nin rekabet ettiği diğer metotlara mukayesesi yapan pek çok çalışma mevcuttur. Bunlar incelendiğinde malzemeye göre farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Powell ve arkadaşları, Lazer ve ASJ nin ekonomik boyutunu karşılaştıran bir araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında, her iki metodun teknik ve ticari avantajları ile dezavantajlarını tartışarak iki işleme sürecinin bağıl verimliliği üzerinde yoğunlaşmışlardır (Powell v.d., 1995).

Ohlsson ve arkadaşlarının, ASJ ile kesmede; basınç, aşındırıcı debisi ve yanıl hızın, çelik ve gri dökme demir için, kesme derinliği ve yüzey özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır (Ohlsson v.d., 1994). Zeng ve arkadaşları, Kalite ve işletme maliyeti temeline dayanan karşılaştırmalar yaparak, hangi tip uygulamalar için hangi yöntemin daha uygun olduğu konusunda, kullanıcıların bir yargıya varabilmelerini hedeflemişlerdir. Farklı kalınlıklarda paslanmaz çelik, yumuşak çelik ve alüminyumun kesilmesiyle bir karşılaştırma yapılmasını hedeflemişlerdir (Zeng v.d., 1991).

Hashish'in ve Schreiber'in, lazer ve aşındırıcılı su jeti ile kesmenin mekanik özelliklerini tartıştıkları çalışmalarda, her iki yöntemin de eşsiz kesme kabiliyetlerini ve karakteristiklerini tartışmışlardır. Her iki yöntemden birini seçmeden önce, kullanıcıların her iki tekniğin performansına olduğu kadar bitmiş ürünü nasıl etkilediğine de dikkat etmesi gerektiğine dikkat çeken araştırmacılar, titanyum alaşımı (Ti-6Al-4U) ile çelik (A286) malzeme üzerinde her iki metodun mekanik etkilerini değerlendirmişlerdir (Hashish, 1989; Schreiber, 1991). **Bunlar gibi birçok araştırma yapılmış, halende yapılmaktadır.** Çünkü bu yöntemlerin bir çoğunda optimum parametreler halen tam olarak tespit edilememiştir. Aşındırıcılı su jetinin üstünlüğünü ortaya koyacak en iyi veri Tablo 1 olsa gerek. Ayrıca malzeme kalınlıklarına göre yöntem kabiliyetlerini gösteren grafik ile genel bir karşılaştırma Şekil 5'de verilmiştir.

Gelişen teknoloji ile birlikte imalat teknolojisi de gelişmekte ve temel hedef; en hızlı, en kaliteli ve en düşük yüzey deformasyonunu en az maliyetle elde edebilmek için birçok yöntem geliştirilmektedir. Elde edilen yüzeyin kesme kalitesi ve yüzey özellikleri ölçü alınarak, kesme yöntemi olarak; geleneksel yöntemlerin dışında ASJ ile kesme, lazer, plazma, su altı plazma ve tel erozyon gibi ileri imalat yöntemleri de yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu noktada hangi yöntemin gelişen teknolojinin hedeflediği sonuçları gerçekleştireceği konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir imalatta yoğun kullanıma sahip olan AISI 1030 malzeme, talaşlı üretimde yaygın olarak kullanılmakta olan kesme yöntemleri ile kesilmiş ve sonuçlar ortaya

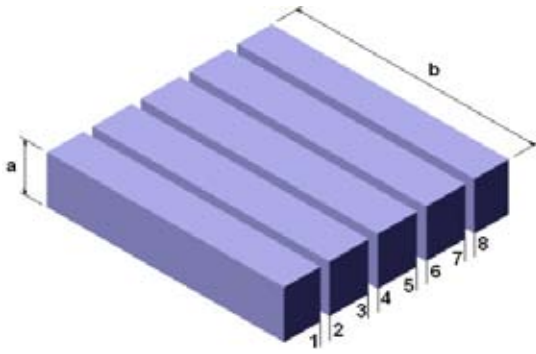
Tablo 2. aşındırıcılı su jeti ile kesme sistemi ve kesme parametreleri.

Sistem ve Kesme Parametreleri			
Elektrik Motoru kapasitesi	22 kw	Enerji Tüketimi	58 kwh
Pompa Kapasitesi	3 l/dak	Yükseltici çalışma basıncı	Min 35 – Max 200
Su tüketimi	≈ 3.5 l/dak	Pompa piston çapı	20 mm
Suyun sistem sıcaklığı	48 °C	Suyun yükselticiye giriş basıncı	6 bar
Yükseltici çalışma basıncı	200 bar	Suyun nozula giriş çapı	0.25 mm
Suyun yükselticiden çıkış basıncı	20 bar	Aşındırıcı nozul giriş çapı	0.75 mm
Suyun debisi	3 l/dak	Nozulun parçaya uzaklığı	4 mm
Suyun nozuldan çıkış hızı	800 m/s	Suyun çıkış anındaki basıncı	400 MPa
Kesme anında oluşan ısı	≈ 55 °C	Nozulun duruş açısı	90°
Çalışma anında çektiği akım	380 V	Tüketilen enerji,	58 kwh
Tüketilen aşındırıcı miktarı	250 g/dak	Nozul uç malzemesi	Sapphire
Kullanılan aşındırıcı	GMA Garnet	Kimyasal kompozisyon	Fe ₂ O ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃
Aşındırıcı sertliği	7.5 - 8 Mohs	Aşındırıcı parça büyüklüğü	300 µm
Suyun nozuldan çıkış çapı	0.75 mm	Nozul boyu	76.2 mm
Slurry concent	% 18	Karıştırma tüpü boyu	88,9 mm
Karıştırma tüpü çapı	1,27 mm	Nozul uç ömrü	40-50 saat

konmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda söz konusu malzeme için ideal kesme yönteminin aşındırıcı su jeti olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, aynı malzemelerden 20 mm kalınlığındaki numuneler, yaygın kullanıma sahip sekiz farklı yöntemle (freze, şerit testere, oksijen alevi, lazer, plazma, su altı plazma, tel erozyon ve ASJ) kesilerek elde edilen yüzeylerin mikro yapı fotoğrafları üzerinden malzemelerin metalürjik özelliklerindeki değişim ve kesilen yüzeyden itibaren kesme derinliğine bağlı olarak sertlik değişimleri (HV) incelenerek değerlendirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada 20 mm kalınlığında AISI 1030 karbonlu çelik levhadan hazırlanmış olan numuneler, geleneksel (oksijen alevi, hidrolik testere ve freze) ve geleneksel olmayan toplam 8 kesme metodu (aşındırıcı su jeti, lazer, plazma, su altı plazma (fokuslama), tel erozyon) ile kesilmiştir. Çalışmada Şekil 6'da görülen numuneler elde edilmeye çalışılmıştır. Kesme yöntemlerine göre ortaya çıkan kesme kenarları incelenerek sertlik ve mikro yapı özellikleri araştırılmıştır. Her bir yöntem için kesme parametreleri tezgahlar için üretici firmanın tavsiye ettiği parametreler seçilmiştir. (Su jeti kesme parametreleri Tablo 2).



Şekil 6. Deney numunelerinin hazırlanması

2. 1. Malzemenin Kimyasal Bileşimleri

Fe % 98.19, C % 0.2852, Si % 0.190, Mn % 0.722, P % 0.0162, Cr % 0.0851, Ni % 0.124, Cu % 0.447 Yüzeylerin sertlikleri, her bir yüzeyin belirlenen derinliklerdeki 5 değişik noktasında yapılan ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak ortalama sertlik değerleri bulunmuştur. Ölçümler "INSTRON WOLPERT TESTOR" sertlik ölçme cihazında "HV 30" değeri ile ölçülmüştür. Ayrıca kesme kenarından malzeme içine doğru birer milimetre ara ile doğru bir hat üzerinde sertlik ölçümleri yapılarak malzeme üzerindeki ısı dağılımına bağlı olarak

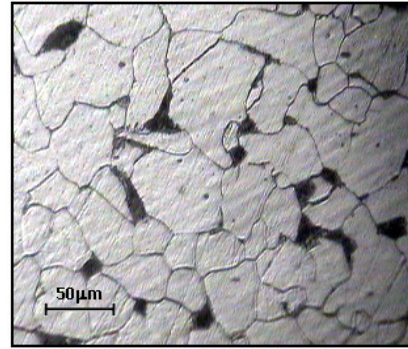
sertlik değişimleri gözlenmiştir.

Kesilen yüzeylerin "PANASONIC WV-CP410 Model Type N334" mikroskobu ve PC yardımıyla ana malzeme ve kesme kenar mikro yapıları 280 kat büyütülerek görüntülenmiştir. Malzemenin mikro yapısının incelenebilmesi için parlatma işleminde aşındırıcı olarak alümina tozu ve elmas pasta kullanılmış, parlatılmış numuneler 2ml HNO₃ 98 ml metil alkol içerisinde 60 sn süreyle tutularak dağıtma işlemi gerçekleştirilmiştir.

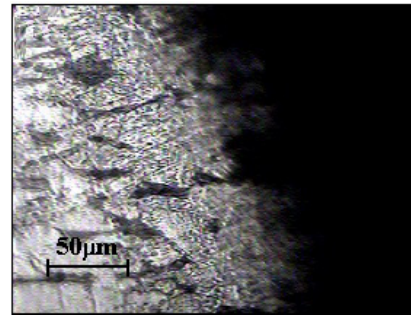
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3. 1. Farklı Kesme Yöntemlerinin Malzeme Yapısında Oluşturduğu Yapısal Değişikliklerin İncelenmesi

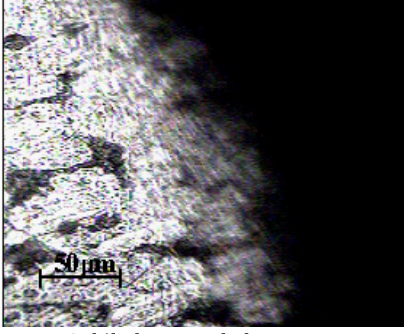
Kesik yüzeyinde metalografik incelemeler yapabilmek ve yapısal bozulma ile değişimleri ortaya koyabilmek için kesme işleminden etkilenmeyen bir bölgeden alınmış mikro yapı fotoğrafı Şekil 7'de kesik kenar mikro yapı fotoğrafları da Şekil 8 a. b. c. d. e. f. g. h'de görülmektedir. Doğru bir değerlendirme yapabilmek için; her kesik kenar yüzeyinden çok sayıda fotoğraf alınmış ve kesme yönteminin malzeme yapısında oluşturduğu bozulmalar ve değişimler bu fotoğrafların tamamının incelenmesi sonucunda değerlendirilmiştir.



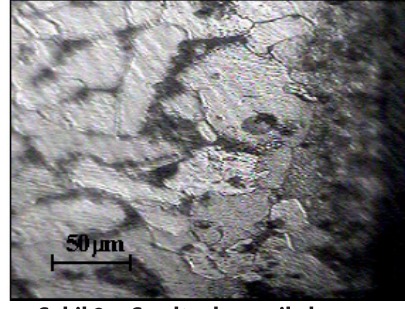
Şekil 7. AISI 1030 karbonlu çelik malzemenin mikro yapı görünümü.



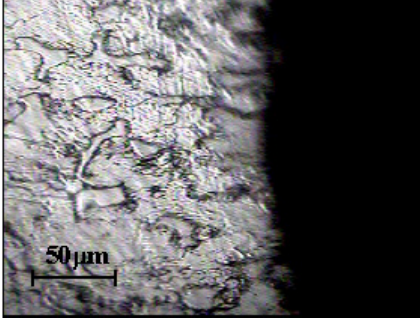
Şekil 8a. Şerit (Hidrolik) testerede kesme.



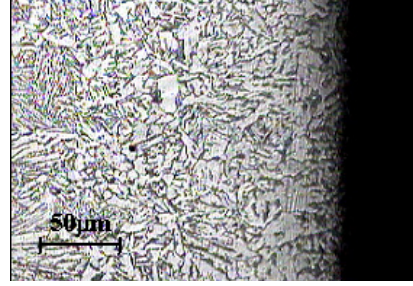
Şekil 8b. Frezede kesme.



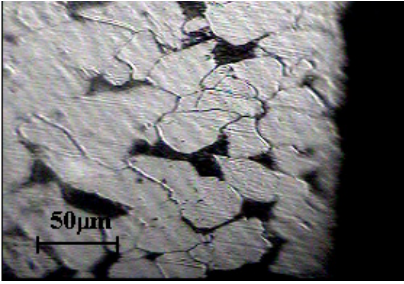
Şekil 8c. Su altı plazma ile kesme.



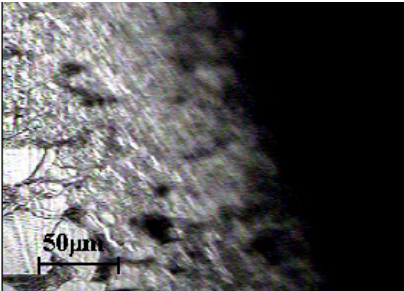
Şekil 8d. Lazer ile kesme.



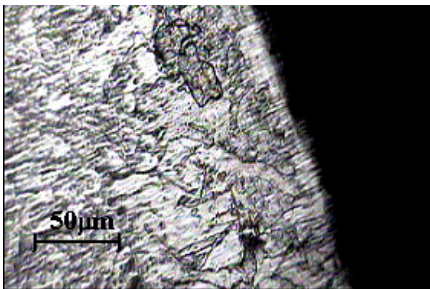
Şekil 8e. Plazma ile kesme



Şekil 8f. Aşındırıcılı su jeti ile kesme



Şekil 8g. Tel erozyon ile kesme.



Şekil 8h. Oksijen alevi ile kesme.

Kesme bölgesinde yapı aşırı mekanik deformasyona uğramış, ferrit tane sınırlarında aşırı kırılma ve derin çatlaklar var. Yapıdaki bu olumsuzlukların belli bir bölge ile sınırlanmış olduğu görülmektedir. Kesme bölgesinde yapı mekanik deformasyona uğramış, ferrit tane sınırlarında aşırı kırılma ve derin yarıklar var. Kesme bölgesine yakın bölgelerde oluşan bu olumsuzluklar sınırlı kalmıştır.

Kesme bölgesi ve çevresinde aşırı ısınma ve ani soğumadan dolayı yapıda belirgin bozulmalar var. Fakat mikro yapıda çok büyük bir değişimin olmadığı gözlenmiş olup bu, su içerisinde kesme nedeniyle ısının hızla uzaklaştırıldığına atfedilmektedir.

Kesme bölgesi ve çevresinde aşırı ısınma ve hızlı soğumadan dolayı ferrit fazı oluşmuş. İğnemsî yakın yeni bir yapı ortaya çıkmış. İçe doğru gittikçe iğnemsî yapının ısının etkisinin azalmasıyla kalınlaştığı gözlenmektedir. Burada ferrit tanelerinin O₂ ile kesme sonrasındaki kadar kabalaşmadığı ancak hızlı ısı girdisi sonucu tanelerde bir bozunma olduğu görülmektedir.

Aşırı ısınma ve hızlı soğumadan dolayı ferrit fazı oluşmuş. İğnemsî yeni bir yapı ortaya çıkmış ve içe gittikçe iğnemsî yapının devam ettiği gözlenmektedir. Ani ısı girdisinden ve malzemenin havada soğumasından dolayı asiküler ferritik yapının olduğu görülmektedir.

Kesme bölgesinde mekanik deformasyon yada ısı etkisiyle belirgin bir değişimin olmadığı görülmekte. Yapının neredeyse hiç değişmediği görül-

meğtedir.

Kesme bölgesinde ısıdan kaynaklı yapısal değışimler mevcut, hızlı soğumadan dolayı yapının sertleşip kırılğanlaştığı görülmekte olup, kesme yüzeyine yakın bir bölge ile sınırlı kaldığı görülmektedir.

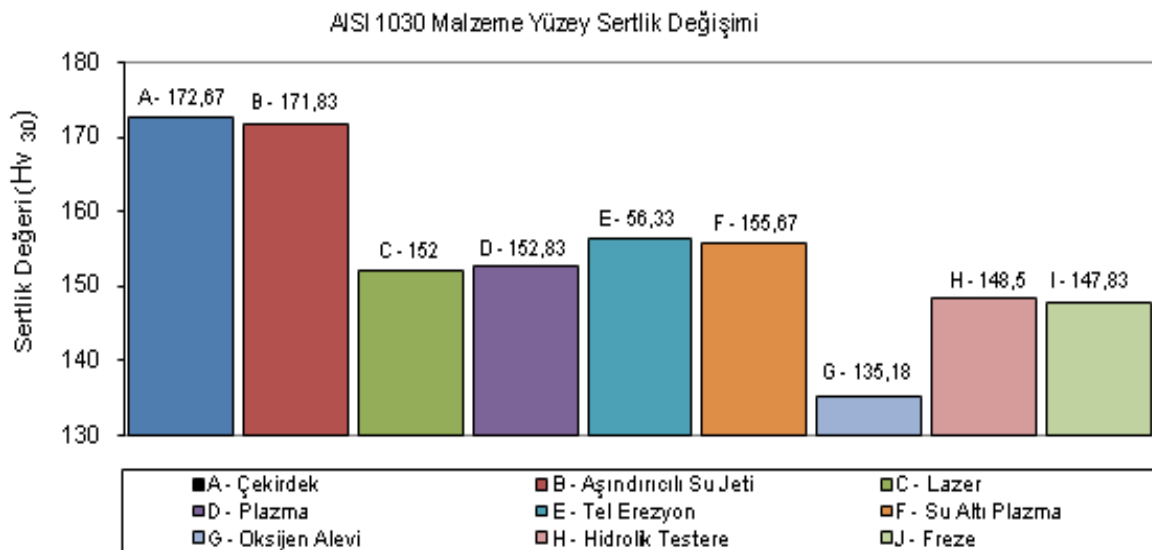
Malzemede aşırı ısınma ve ani soğumadan dolayı Widmannstatten (iğnemesi) yapı oluşmuş. Ferrit fazı bu yapı içe doğru gittikçe oldukça büyük bir bölgeye yayılmış olduğu, kabalaştığı gözlenmektedir. Malzeme yapısındaki en büyük bozulma ve değışimin burada ortaya çıktığı görülmektedir.

Şekil 8. a.b.c.d.e.f.g.h. Farklı kesme yöntemleri ile kesilmiş AISI 1030 malzemenin kesik kenar mikro yapı fotoğrafları Şekil 7'de bulunan malzemenin mikro yapı fotoğrafı ile Şekil 8' de bulunan farklı yöntemlerle kesilmiş yüzey mikro yapı fotoğrafları karşılaştırıldığında ortaya çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde; klasik kesme yöntemlerinde (bu çalışmadaki freze ve şerit testere ile kesme), talaş kaldırma için harcanan enerjinin tamamına yakın kısmının "ısı" olarak açığa çıktığı sadece çok az bir kısmının elâstik kayıp olarak, kayıp enerjiye dönüştüğü bilinmektedir. Isıya dönüşen bu enerji ile ortaya çıkan sıcaklık, kontrol edilemediği takdirde iş parçası malzemesinin metalürjik özelliklerinde değışime sebep olacaktır. Bu sıcaklığın, malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerine çıkması, metalürjik özelliklerinin önemli ölçüde değışmesinin temel sebebidir. Talaş kaldırma sırasında uygulanan soğutma şartları da, malzemenin metalürjik özelliklerini etkileyecektir. Harcanan

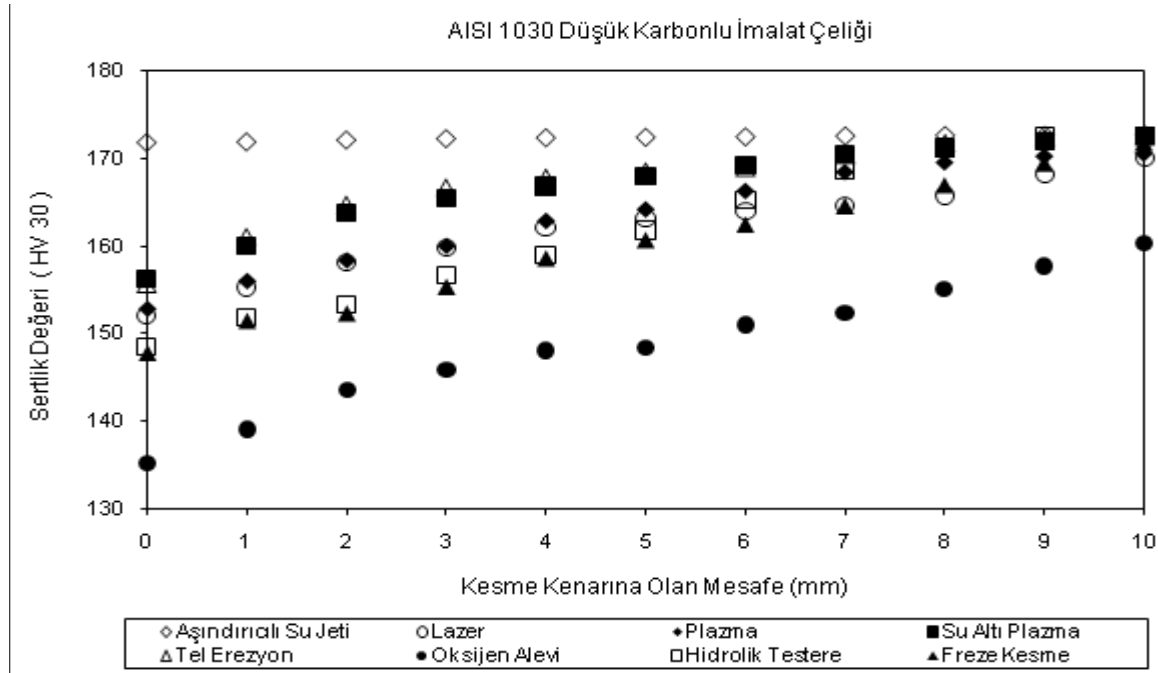
enerjinin ısıya dönüşmesi ve soğutma şartları malzemedeki metalürjik değışim ve dolayısıyla da sertlik gibi mekanik özelliklerdeki değışimin temel sebebi olarak yorumlanabilir. Oksijen alevi ile kesme işleminin temeli doğrudan malzemenin erime sıcaklığına kadar çıkılması suretiyle malzemenin kesilmesi esasına dayanmaktadır. Malzemenin bu sıcaklıklara kadar çıkması ve sonrasındaki soğutma şartları malzemenin metalürjik ve mekanik özelliklerinde ciddi değışmelere sebep olacaktır. Bu çalışmada da, hem metalürjik özellikler hem de sertlik açısından en büyük değışmelerin bu yöntemde görülmesi, beklenen bir sonuçtur ki böylede olmuştur.

Geleneksel olamayan yöntemler ele alındığında metalürjik değışimlerin ve sertlik değışiminin sebebi, yöntemlerin esasına dayanmaktadır. Lazer, Plazma ve Tel erozyon yöntemlerinin temeli de, malzemenin ergime sıcaklığına kadar varan sıcaklıklarda malzemenin kesilmesi esasına dayanmaktadır. Uygulanan enerjinin ve soğuma şartlarının farklı olması, bu yöntemlerde elde edilen farklı metalürjik özelliklerin ve sertliklerin temel sebebidir. Geleneksel metotlardan, su altı plazma (fokuslama) ve tel erozyon metotlarında elde edilen sertlik değerlerinin lazer ve plazma yöntemlerine göre biraz daha iyi olması, bu yöntemlerin koruyucu sıvı içerisinde gerçekleştirilmesi ve böylece sıcaklığın nispeten kontrol edilmesine bağlı olarak açıklanabilir.

Uygulanan kesme yöntemleri içerisinde; metalürjik özellikler ve sertlikteki değışim açısından orijinal malzeme yapısı ve sertliği ile bir kıyaslama ya



Şekil 9. Farklı yöntemlerle kesilmiş AISI 1030 karbonlu çelik malzeme numunelerde, kesilen yüzeylerde elde edilen sertlik değışlerinin malzemenin orijinal sertliği ile karşılaştırılması.



Şekil 10. AISI 1030 düşük karbonlu çelik malzemenin farklı kesme yöntemlerine bağlı olarak kesme kenarından merkeze doğru sertlik değişimleri.

pıldığında, en iyi sonuçların ASJ ile kesme yönteminde elde edildiği görülmektedir. ASJ ile kesilen yüzeylerin sertliği, hemen-hemen orijinal malzeme sertliğine çok yakın değerlerde seyretmektedir. Bu durum, bu yöntemde etkili olan aşınma mekanizmalarına bağlı olarak açıklanabilir. ASJ ile kesmede sıcaklık değişiminin çok sınırlı düzeyde ($\Delta t=75$ °C civarında) kaldığını göstermektedir (Ohadi ve Cheng,1993). Bu durum, ASJ ile kesme yönteminde ısıdan etkilenmiş bir bölge (HAZ) olmamasını açıklamaktadır. Bu özellik göz önüne alındığında, ASJ ile kesme yöntemi, malzemenin orijinal yapısında mekanik ve metalürjik özelliklerinde değişime sebep olmayan etkili bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada kullanılan AISI 1030 malzeme üzerinde, farklı yöntemlerin kesilen yüzeylerdeki sertlik değişimleri Şekil 9'da ve bu sertlik değerlerinin hangi yöntem için ne oranda etkilediği (% olarak) Tablo 3'de, bir arada gösterilmiştir. ASJ ile kesme yönteminden sonra sertlikte en az değişimin klasik yöntemlerden freze ile kesme ve şerit testere ile kesme yöntemlerinde elde edildiği görülmektedir. Bu durum, klasik yöntemlerde kesme parametrelerinin, yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerine çıkmayacak şekilde seçilmiş olmasına atfedilebilir. Kesme yönteminin özelliklerine bağlı olarak ısıdan etkilenen bölgenin, kesilen yüzeyden itibaren derinliği de değişmektedir. Yöntemin sebep olduğu metalürjik yapıdaki değişime bağlı olarak, kesme yüzeyinden itibaren numunelerin merkezine doğru 1

mm aralıklarla yapılan sertlik ölçümleri, ısıdan etkilenen bölgenin genişliği hakkında bilgi verecektir. Bu ölçümlerin sonuçları, Şekil 10'da ki grafik de gösterilmiştir.

Tablo 3. AISI 1030 malzemenin farklı yöntemlerle kesilmesi ile elde edilen yüzey sertlik değişim oranları.

Kesme Yöntemi	AISI 1030 Malzeme	
	Sertlik (HV ₃₀)	Değişim (%)
Çekirdek	172.67	-
Aşındırıcılı su jeti	171.83	0.49
Freze	147.83	14.39
Şerit Testere	148.50	14.00
Oksijen	135.18	21.71
Lazer	152.00	11.97
Plazma	152.83	11.49
Su altı plazma	156.33	9.46
Tel erozyon	155.67	9.85

Bu grafik de görülen en çarpıcı sonuç; ASJ ile kesme yöntemi için doğrusal bir eğilimin olması ve dolayısıyla bu yöntemle kesilen AISI 1030 malzeme ısıdan etkilenmiş bir bölgenin olmamasıdır. ASJ ile kesme yöntemi, malzemenin metalürjik ve sertlik özelliklerinde yok denecek kadar küçük bir değişiklik ile kesme yapabilen bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır.

Metalürjik özelliklerde ve sertlikte değişimin en fazla olduğu yöntemin ise "Oksijen alevi ile kesme" yöntemi olduğu görülmektedir. Bu yöntemde

sertliğin yüzeyden çekirdeğe önemli ölçüde değiştiği, malzemenin büyük bir kısmının ısıdan etkilendiği söylenebilir. ASJ ile kesme yönteminin en büyük rakibi olarak gösterilen lazer ve plazma ile kesme yöntemlerinde de yüzeyden merkeze sertlikteki sürekli değiştiği ve ısıdan etkilenen bölgenin çok geniş olduğu görülmektedir. Bu yüzden malzemenin metalürjik özellikleri göz önüne alındığında, bu yöntemler Aşındırıcılı su jeti ile kesme yöntemine rakip olamayacakları söylenebilir.

Isıya dayalı kesme yöntemlerinin tamamında AISI 1030 malzemenin sertliğinde sürekli bir değişime sebebiyet verdikleri gözlenmektedir. AISI 1030 malzemelerde belli bir bölgeye kadar daha yüksek olan bu eğilim belli bir noktadan sonra azalmaktadır. Bu durum, malzemelerin ısı iletkenliğine bağlı olarak açıklanabilir. AISI 1030 için ısı iletkenliğinin, paslanmaz çelik malzemelere göre çok yüksek olduğu bilinmekte olup ve buna bağlı olarak da paslanmaz çelik malzemelere göre ısıdan etkilenmiş bölge daha geniş olmaktadır (Totemeier ve [William](#), 2004).

4. SONUÇ

Kesme yöntemlerinin, kesilen yüzeyin metalürjik özellikleri üzerindeki etkisi dikkate alındığında, en olumlu sonuçların elde edildiği yöntem olarak ASJ ile kesme yönteminin ön plana çıktığı görülmektedir.

Genel bir sonuç olarak elde edilen yüzey özellikleri ve farklı yöntemlerle kıyaslandığında malzemenin yapısı üzerindeki etkileri dikkate alındığında, yeni ve güncel, alışılmamış bir imalat yöntemi olan ASJ ile işlem yönteminin etkili ve alternatif bir işleme yöntemi olduğu söylenebilir.

Farklı kesme yöntemlerinin uygulanması sırasında oluşan farklı ısı ve soğuma etkileri, incelenen malzemenin metalürjik özellikleri üzerinde önemli etkilere sahipken ASJ ile kesmede, ısının çok yüksek olmaması sebebi ile, kesilen yüzeylerde ısıdan etkilenmiş bir bölge (HAZ) meydana gelmemekte ve malzemenin orijinal yapısında bir bozulma görülmemektedir. Bu durum metalürjik özelliklere bağlı olarak mekanik özelliklerinde de bir değişim olmayacağı anlamı taşımaktadır.

Malzemenin mikro yapısındaki değişmelere bağlı olarak, ısıdan etkilenmiş bölge ve bu bölgenin genişliği dikkate alınacak olursa, bazı metotlarda yüksek ısı ve ani soğumalar, meydana gelen yapısal değişim önemli olmaktadır. Kesme metodunun

özelliklerine bağlı olarak, bazı yöntemlerde kaba taneli yapı, bazı yöntemlerde ise ani soğumaya bağlı ince taneli yapı göze çarpmaktadır. Yine yöntemin özelliklerine bağlı olarak yapıda gaz boşlukları ve mikro çatlak oluşma eğilimi görülmektedir. ASJ ile kesmede, yüksek ısı oluşması ve ani soğumaların meydana gelmesi kesilen bölgede mikro yapının bozulmamasındaki temel sebeptir.

İncelenen sekiz farklı yöntem arasında, ısıdan etkilenmiş bölgedeki mikro yapıdaki değişimler baz alınarak bir değerlendirme yapılacak olursa, en olumsuz yöntemin "oksijen alevi ile kesme" en olumlu yöntemin ise "ASJ ile kesme" olduğu görülmektedir. Uygulanan yöntemler arasında, oksijen alevi ile kesme yöntemi, malzemenin sertliği üzerinde en fazla değişime sebep olan en olumsuz metod olarak görülmektedir. Farklı yöntemlerin, kesme sonrası malzemenin metalürjik özellikleri üzerindeki etkisine bağlı olarak malzemenin mekanik özellikleri de değişmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucu, farklı yöntemlerle kesilen yüzeylerde ölçülen sertlik değerlerinin, malzemelerin orijinal değerlerinden farklı olması, bu durumu doğrulamaktadır.

Uygulanan bütün kesme yöntemleri, malzemenin sertliğinde bir değişime sebep olmaktadır. Yöntemlerinin özelliklerine bağlı olarak sertlik değişimleri de farklı olmaktadır. Bu değişim, kesme sırasında oluşan ısı ve sıcaklık ile soğutma şartlarına bağlı olarak değişmektedir.

Kesme yöntemine bağlı olarak, yüzeyden merkeze sertlik değişimleri dikkate alınarak ısıdan etkilenmiş bölgenin genişliği değerlendirildiğinde, hemen-hemen yok sayılabilecek bir değişimle, en etkili yöntemin ASJ ile kesme yöntemi olduğu görülmektedir. Bu durum, ASJ ile kesme yönteminde HAZ oluşmadığını ve bu yöntemle malzemelerin metalürjik mekanik özelliklerinde hiçbir değişime sebep olmadan kesme yapılabileceğini açık bir şekilde bir kez daha göstermektedir. ASJ ile kesmenin en büyük rakibi olarak gösterilen Lazer ve plazma yöntemlerinde, yüzeyden merkeze sertlikteki sürekli değişim, ısıdan etkilenen bölgenin, ASJ yöntemine göre daha geniş olduğunu göstermektedir. Bu durum, ASJ' nin bu yöntemlere göre önemli bir üstünlüğü olarak ön plana çıkmaktadır.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma ASSAB-KORKMAZ CELİK Ticaret ve Sanayi A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akkurt, A. 2002. "Çeşitli malzemelerin aşındırıcı su jeti ile kesilmesinde yüzey özellikleri, Sertlik ve mikro yapı değişimlerinin farklı kesme yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmesi", Doktora Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Blickwedel, H., Guo, N. S., Haferkamp, H., Louis, H. 1990. "Prediction of abrasive jet cutting performance and quality", Proceedings of 9th International Symposium on Jet Cutting Technology, pp. 163-179, BHRA, Fluid Engineering Centre, Cranfield, UK.
- Engel, S.L., Labus, T.J. 1993. "Industrial applications and comparison of lazer and abrasive waterjet technologies", Fluid Jet Technology-Fundamentals and Applications. 2nd Ed., ISBN 1-880342-01-4, Publ. by the WJTA, St. Louis, MO, USA.
- Fukunishi, Y., Kobayashi, R., Uchida, K. 1995. "Numerical simulation of striation on water jet cutting surface", Proc. of 8th American Water Jet Conference, pp. 157-169, Houston, USA.
- Guo, N. S., Louis, H., Meier, G. 1992. Recycling capability of abrasive water jet cutting" In:Lichtarowicz A (1992) jet Cutting Technol., Kluwer Acad, Publ., Dordrecht, pp 503-523.
- Hashish, M. 1984. "A Modeling study of metal cutting with abrasive waterjets", ASME Journal of Engineering Materials and Technology, Vol, 106, No. 1, pp. 88-100.
- Hashish, M. 1988. "Applications of metal cutting with abrasive-waterjets", Proceedings: Conference of Nontraditional Machining. pp. 1-11.
- Hashish, M. 1989. "Characteristics of surfaces machined with abrasive waterjets machining characteristics of advanced materials", Winter Annual Meeting of ASME, pp. 23-32, San Francisco, USA.
- Hashish, M. 1991. "Characteristics of surfaces machined with abrasive waterjet", J.of Eng. Mat. And Tech., Vol. 113, pp. 354-362.
- Hashish, M. 1993a. "The effect of beam angle in abrasive waterjet machining", Journal of Engineering for Industry, Vol. 115, pp. 51-56.
- Hashish, M. 1993b. "Prediction models for ASJ machining operations", 7th American Water Jet Conference, pp. 205-216, Seattle, USA.
- Matsumoto, O., Sugihara, M., Miya, K. 1992. "Under water cutting of reactor core internals by co lazer using local-dry-zone creating nozzle", Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 29, No:11, pp. 1074- 1079, November.
- Momber, A. 1995. "A simplified mathematical energy dissipation model for water jet and abrasive water jet cutting processes", 8th Amer. Water Jet Conference. pp. 829- 843, August 26-29, Houston.
- Momber, A.W., Kovacevic, R. 1988. "Principles of ASJ machining", Springer-Verlag London Limited, pp. 284 -324. UK.
- Momber. A. W., Kovacevic, R., Kwak, R., Mohan. R. 1995. "Experimental estimation of energy dissipative processes in workpieces during abrasive water jet cutting", 8th American Water Jet Conference, August 26-29, Houston, Texas.
- Ohadi, M.M., Cheng, K. L. 1993. "Modeling of temperature distributions in the workpiece during abrasive water jet machining". ASME J. of heat trans. 115: pp. 446-452.
- Ohlsson, L. 1995. "The theory and practice of abrasive water jet cutting", PhD Thesis, Lulea University of Technology. pp. 81-93, Sweden.
- Ohlsson, L., Powell, J., Magnusson, C. 1994. "Mechanisms of striation formation in abrasive waterjet cutting", Proceedings of the 12th. Int. Conf. Or Jet Cutting Technology. pp. 151-164, France.
- Ohman, J.L. 1993. "Abrasives: their characteristics and effect on waterjet cutting", Proceedings of the 7th American Waterjet Conference, August 28-31, Seattle, WA, USA.
- Öjmertz, C. 1994. "Abrasive waterjet machining" Chalmers Tekniska Högskola, Chalmers University of Technology, pp. 91-96, Göteborg, Sweden.
- Öjmertz, C. 1997. "A Study on abrasive waterjet milling", Department of Production Engineering, Thessis for Degree of Doctor of Philosophy, March- Sweden.
- Powell, J., Ohlsson L., Olofsson E. M. 1995. "An economic comparison of lazer and abrasive water jet cutting ", Lulea University of Technology Division of Materials Processing, Sweden.
- Schreiber. R. P. 1991. "Focus on lasers: lasers can help you cut up the competition", Manufacturing Engineering. (Feb. 1991). pp. 39-43.
- Totemeier. T. C., William F. G. 2004 "Smithells Metals Reference Book", Eighth Edition, Elsevier, Oxford, pp. 13-25, UK.
- Zeng, J., Hines, R., Kim. T. J. 1991. "Characterization of energy dissipation Pphenomena in abrasive water jet cutting", Proceeding of the 6th American Water Jet Conference, pp. 163-177, Water Jet Technology Association, St. Louis.