

## A COMPARISON OF THE EFFECTS OF PLASMA AND UNDERWATER PLASMA ARC METHODS ON SURFACE ROUGHNESS AND HARDNESS VARIATIONS OF AISI 304 AND AISI 1050 STEELS

Umut ATICI\*

Polatlı Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Polatlı/ANKARA

Abdulkadir GÜLLÜ

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA, e-mail: agullu@gazi.edu.tr

### ABSTRACT

In this study, 304 stainless steel and AISI 1050 carbon steel have been cut by plasma and under water plasma arc methods. Surface roughness values of the surface obtained after cutting and hardness values from the other surface to the core of the specimen were measured at specific intervals. Effects of these two systems to the material were investigated by evaluating the obtained results. The best results of surface roughness values were determined with the speeds proposed by the manufacturer. It was observed that the surface roughness values increased on cuttings carried out in the upper and lower limits. In addition, it was determined that the hardness decreased from the outer surface to the core while the hardness increased in the areas near to the outer surface affected by high temperature which was generated by cutting operations.

**Key Words:** Plasma Arc, Under Water Plasma Arc, Roughness, Hardness

## PLAZMA VE SU ALTI PLAZMAARKININ AISI 304 VE AISI 1050 ÇELİKLERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE SERTLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

### ÖZET

Bu çalışmada, plazma ve su altı plazma arkı ile AISI 304 paslanmaz çelik ve AISI 1050 karbon çeliği malzemeler kesilmiş ve kesme sonucunda malzemelerin kesme yüzeylerindeki pürüzlülük ve kesme kenarından çekirdek yapıya doğru belirli aralıklarla sertlik ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek bu iki sistemin malzemeye etkisi araştırılmıştır. Pürüzlülük değerinde en iyi sonucun önerilen hızlarda alındığı, alt ve üst limitlerde yapılan kesme işlemlerinde pürüzlülük değerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca yapılan sertlik ölçümlerinde kesme esnasında oluşan yüksek sıcaklıktan etkilenen malzemenin kesme kenarına yakın bölgesinde yüksek bir sertlik oluşurken kenardan çekirdeğe doğru bu sertliğin azaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Plazma Arkı, Su Altı Plazma Arkı, Pürüzlülük, Sertlik

### 1. GİRİŞ

Malzemelerin hızlı bir şekilde, en düşük yüzey deformasyonu ile ve tek işlemden kesilmesi ile üretimde zaman ve para kaybı önlenmiş olacaktır. Bu amaçla ısı kesme yöntemlerinden birisi olan plazma arkı ile kesme yöntemi, oksijen-gaz yöntemleri ile düzgün kesilemeyen malzemelerin kesilmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir (1).

Bugün geliştirilen hassas sistemlerle elde edilen kesme kalitesi, lazer ve elektron ışınıyla kesme yönteminde elde edilen kesme kaliteleri ile rekabet etmektedir (2). Durgun bir gazı dışarıdan enerji verildiğinde, gaz moleküllerinin hızı artar, çarpışmalar daha şiddetli olur ve bunun

### 1. INTRODUCTION

The loss of time and money in manufacturing can be prevented if the materials are cut faster in one operation with the lowest surface deformation. For this reason, the cutting method with plasma arc which is one of the heat cutting method was developed for cutting the materials than can not be cut smoothly by oxy-gas methods (1).

The cutting quality obtained by precision methods developed can compete with the cutting quality obtained by laser and electron beam cutting methods (2). When energy is given to a static gas, the speed of gas molecules increase, collisions become harder and thereby temperature will rise. At the same environment

neticesinde sıcaklık yükselir. Aynı ortam sıcaklığında her gaz için belli bir hız dağılımı vardır. Sıcaklık yükseldikçe gaz moleküllerinin çarpışmaları şiddetlenir ve bağlayıcı kuvvetlerin atomları bir arada tutmaya gücü yetmez. Gazlar bir güç kaynağından aldıkları enerji ile reaksiyona girip, üfleç yardımıyla elektrotun ucundaki küçük delikten parça üzerine odaklanırlar (3). Kesme anında kesilen malzeme yüksek sıcaklığa ulaşmakta ve eriyen malzeme üflenerek kesme bölgesinden uzaklaştırılmaktadır (4). Kesme derinliğini azaltmak, kesme kalitesini artırmak için hidro-manyetik plazma arkı kullanılmaktadır. Bu yeni metodun kullanılması ile kesim kalitesi ve yüksek iş verimi elde edilmiştir. Ancak başlığa gelen ısı yükünün azaltılmasının kullanım ömrü yönünden önemli olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın amacı, plazma arkı ve su altı plazma arkı ile kesilen AISI 304 paslanmaz çelik ve AISI 1050 karbon çeliklerde yüzey pürüzlülüğü ve kenardan çekirdeğe doğru sertlik değerindeki değişimi üzerine odaklanmıştır.

## 2. MALZEME VE METOT

### 2.1. Malzeme

Yapılan deneysel çalışmalarda, endüstride yaygın olarak kullanılan malzemelerden; AISI 304 (Östenitik paslanmaz çelik) ve AISI 1050 (karbon çeliği) malzemelerden hazırlanan 3, 6, 9 ve 12 mm kalınlığındaki numuneler kullanılmıştır. Malzemelerin spektral analiz sonuçları ile elde edilen kimyasal bileşimleri Çizelge 1'de verilmiştir.

**Table 1.** Chemical Compound of the materials used in experiments  
**Çizelge 1.** Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimleri

AISI 304 Stainless Steel ( Austenite ( $\gamma$ ) Stabilizer / AISI 304 Paslanmaz çelik (Östenit ( $\gamma$ ) dengeleyici)							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
0.0476	0.488	0.978	0.0334	0.0070	17.30	0.217	8.06
Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Fe
0.0243	0.146	0.228	0.022	<0.001	0.115	<0.003	72.25

AISI 1050 Carbon Steel / AISI 1050 Karbonlu çelik							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
0.025	0.55	1.60	0.51	0.033	0.079	0.013	0.121
Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Fe
0.0069	0.0123	0.441	0.00321	0.00159	<0.001	0.0087	<94.76

### 2.2. Plazma ve Su Altı Plazma Arkı Parametreleri

Plazma ile kesme işlemi için güç kaynağı, üfleç, iletken kablolar ve kesme gazı gereklidir (5). Tezgah üretici firmaların önerdiği malzeme kalınlığına göre seçilecek kesme hızları, kullanılacak başlığın uç çapı, püskürtülecek kesme gazı ve gazın püskürtülme basıncı kesmeyi etkileyen faktörlerdir.

### 2.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri

Kesilen yüzeylerin yüzey pürüzlülüğü (Ra: ortalama pürüzlülük, Rz: On nokta yükseklik ortalaması ve Rmax:

temperature, certain speed distribution exists for each gas. As temperature raises the collisions of gas molecules become harder, the power of holding forces is not enough for holding atoms together. With the energy taken from a power source, gases react and focus on the part through the small hole of electrode end with the help of blower (3). During cutting the temperature of the part rises to a very high level and the melted material is removed from the cutting zone by blowing (4). In order to reduce cutting depth and to improve cutting quality, hydro-magnetic plasma arc is used. With the use of this new method, better cutting quality, and high efficiency have been obtained. However, it was determined that reducing the heat of the head is important in terms of using life. This work focused on the hardness variations from outer surface to the core and surface roughness of AISI 304 Stainless Steel and AISI 1050 Carbon steel cut by plasma arc and under water plasma arc.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Material

In the experimental work, the specimens of 3, 6, 9 and 12 mm thick prepared from AISI 304 austenitic stainless steel and AISI 1050 carbon steel that are widely used in industry have been used. The chemical compound of the materials obtained by spectral analysis results are given in Table 1.

### 2.2. The Parameters of Plasma and Under Water Plasma Spark

A power supply, blower, conducting cables and cutting gas are required for plasma cutting process (5). The cutting speeds chosen according to material thickness suggested by manufacturers, the diameter of the head to be used, cutting gas to be blown and the gas blowing pressure are the factors that affect cutting.

### 2.3. Measurements of Surface Roughness

Measurements of surface roughness values of materials

ölçme yapılan profildeki en yüksek pürüzlülük değeridir) ölçümleri Çizelge 2’de verilen ölçme aletiyle yapılmıştır.

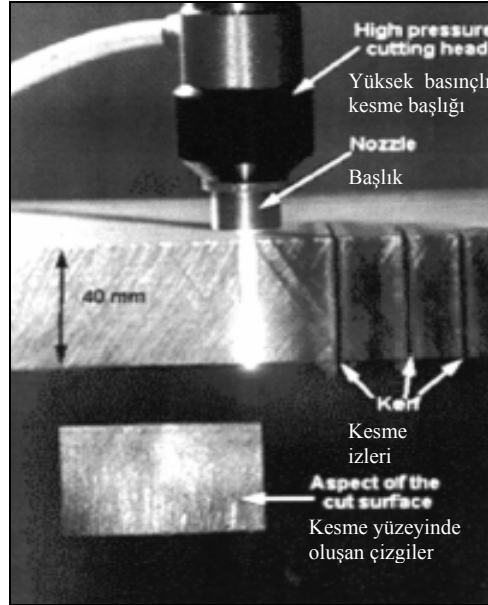
cut were performed by the profilometer whose specifications are given in Table 2. Ra is average roughness, Rz is ten point height averages and Rmax is the highest roughness value of the profile measured.

**Table 2.** Technical specifications of the profilometer  
**Çizelge 2.** Yüzey pürüzlülük ölçme cihazının teknik özellikleri

MODEL	Surf-test-211 (Mitutoyo)
Measuring principle / Ölçme prensibi	Stylus metodu
Stylus traverse speed / Tarama hızı	0,5 mm/sn (during measuring) (Ölçme yaparken) 1 mm/sn ( Geri dönüşte)
Measuring force / Ölçme kuvveti	4mN (0.4 gf)
Stylus material / Uç malzemesi	Elmas
Measuring temperature / Ölçme sıcaklığı	≈ 20 °C
Sampling length / Numune uzunluğu	0,25 mm ( $\lambda_c$ )
Evaluation length / Değerlendirme uzunluğu	1,25 mm (L)
Stylus radius / İzleyici uç yarıçapı	5 $\mu$ m

Plazmada kesme işleminin iyi anlaşılabilmesi için Şekil 1’de kesme başlığının kesme sırasındaki hareketi, oluşan yüzey görülmektedir.

In Figure 1. the movement of cutting head during cutting and the surface obtained are shown.



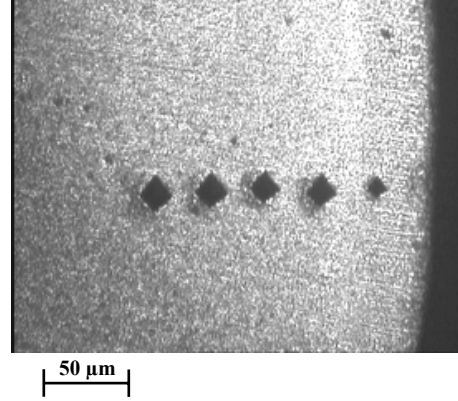
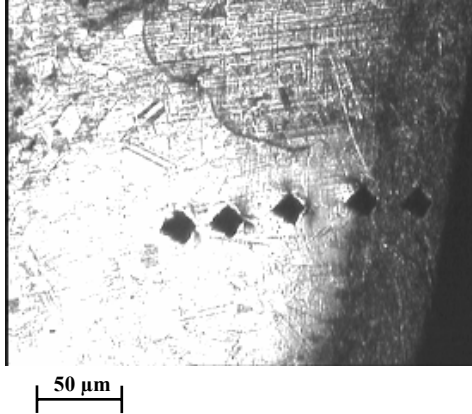
**Figure 1.** Plasma cutting process and the surface obtained (1)  
**Şekil 1.** Plazmada kesme işlemi ve oluşan yüzey pürüzlülüğü (1)

#### 2.4. Sertlik Ölçümleri

Kesilen numunelerde iki sistem arasında sertlik değişimindeki etkilenmeyi görebilmek için, kesilen kenarlardaki sertlik değişimlerinin ölçümleri kesme kenarından merkeze doğru 1mm aralıklarla Vickers sertlik ölçme cihazında 1 kg yük uygulanarak yapılmış (Şekil 2) ve elde edilen sonuçlar grafiklere aktarılmıştır. Benzeşim katsayısı ( $R^2$ ) bire en yakın değer polinom denkleminde bulunmuştur (1). Aynı numunelerde, kesme kenarından çekirdeğe doğru beş milimetrelilik bölgede birer milimetre aralıklarla sertlikler ölçülerek, kesme kenarından çekirdeğe doğru sertlik değişimleri belirlenmiş ve bu değişimlere bağlı olarak yöntemin etkileri değerlendirilmiştir.

#### 2.4. Hardness Measurements

In order to see the hardness variations of the specimens cut by two system, measurements of hardness variations at the edges cut were performed from outer edge to the center in 1mm distances on a Vickers hardness measuring device by applying 1kg weight ( Figure 2) and obtained were plotted in graphs. Similarity coefficient ( $R^2$ ) value nearest to one has been determined from the polynom equation (1). The hardness variations from the outer edge to the core were determined by measuring at 1 mm distances in the 5mm area from the outer edge to the center in the same specimens. The effects of the methods were evaluated according to these variations.



**Figure 2.** Hardness measurement distances (1)  
**Şekil 2.** Sertlik Ölçüm Aralıkları (1)

### 3. DENEY SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRME

#### 3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Değişimleri

İmalatçı verilerinin öngördüğü işleme parametreleri sabit tutularak yanıl (kesme) hızını etkisini karşılaştırmak için iki ayrı plazma sistemi ile, seçilen belirli hızlarda kesme işleminden elde edilen yüzeylerinde ölçülen ortalama pürüzlülük değerleri (Ra)'dan oluşturulan grafikler Şekil 3.a'da gösterilmiştir. Yine aynı boyutlarda hazırlanan aynı cins malzemelerin su altı plazma arki ile kesilmesi ile elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin grafiği Şekil 3.b'de verilmiştir.

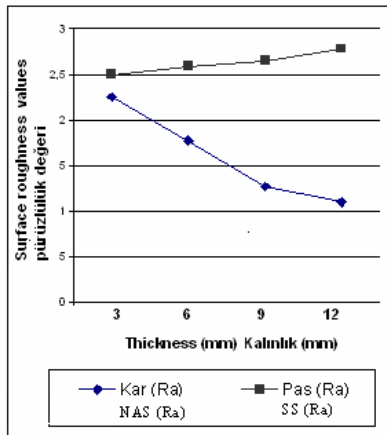
Plazma ile kesim işleminde alaşımız malzemelerde ince parçaların yüzey pürüzlülük değerlerinin kalın malzemelere göre daha fazla olduğu görülür. Yüksek krom nikel içermesinden dolayı paslanmaz çelikler diğer alaşımlı ve alaşımız çeliklerden daha yüksek süneklığe ve daha düşük ısıl iletkenliğe sahiptirler. Bu nedenle plazma ile eritilen malzeme için gerekli olan yüksek enerji ile kesme anında kesilen bölgeden uzaklaştırılan malzemenin uzaklaşmak yerine kesme bölgesine yapışması ile yüzey pürüzlülüğü değerlerini yükseltmektedir (1).

### 3. TEST RESULTS AND EVALUATION

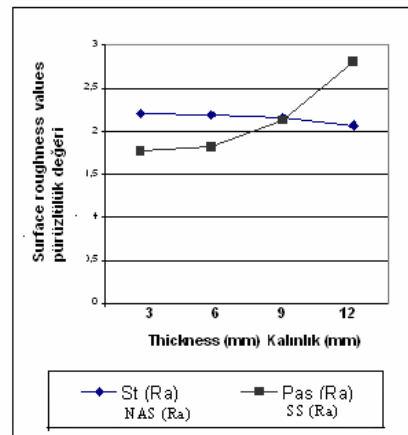
#### 3.1. Variations of Surface Roughness

In order to compare the effects of side cutting speed, the average surface roughness values (Ra) measured on the surfaces obtained from cutting at chosen speeds with two plasma systems by using the cutting parameters suggested by the manufacturer are given Figure 3.a. The graph of surface roughness values obtained by cutting the same type of materials having same size using under water plasma arc is introduced in Figure 3.b.

In plasma cutting process, it can be seen that when cutting non-alloy materials the surface roughness values of thin parts are bigger than the values of thick parts. Stainless steel (SS) has higher hardness value and lower heat conductivity than other alloy and non-alloy steels (NAS) because they contain higher. Cr and Ni elements. For this reason during cutting the material which is melted by plasma with high energy surface roughness values increase by sticking of the material cut to the cutting area instead of leaving the cutting area (1)



a.



b.

**Figure 3.** Surface roughness graphs a) Plasma cutting b) Under water plasma cutting  
**Şekil 3.** Pürüzlülük grafikleri a) Plazmada b) Su Altı Plazmada

Grafik incelendiğinde paslanmaz çeliklerde kalınlık artıka pürüzlülük değeri de yükselmektedir. Karbon

When examining the graph, it can be seen that increasing the thickness causes surface roughness rise in

çeliği malzemelerde ise, plazmadaki durum tekrarlanmış olup ince malzemelerde pürüzlülük değerleri yüksek, kalın malzemelerde pürüzlülük değeri düşüktür. Her iki sistemin grafiklerine birlikte bakılırsa plazma ve su altı plazma ile kesme işlemlerinde kesilen yüzeylerin kaliteleri aynı grup malzemeler için aralarında benzer eğilimler göstermektedir. Numunelerin kesme başlığına yakın kısımlarında daha düzgün yüzey ve daha az çizgi oluşmuş ancak başlıktan çıkan gazın kesme performansı alt kısımlarda azalmış ve buna bağlı olarak da birbirine paralel çizgiler oluşmuştur. Karbon çeliği malzemelerde kalınlık arttıkça yüzey pürüzlülüğü değeri azalmaktadır, yani kalınlığın artması kesme performansını iyileştirmektedir. Paslanmaz çeliklerde ise ince malzemelerin plazma ile kesilmesinde daha iyi sonuçlar alınırken kalınlık arttıkça plazmada kesme işlemi ile elde edilen yüzey kalitesi verimi azalmaktadır.

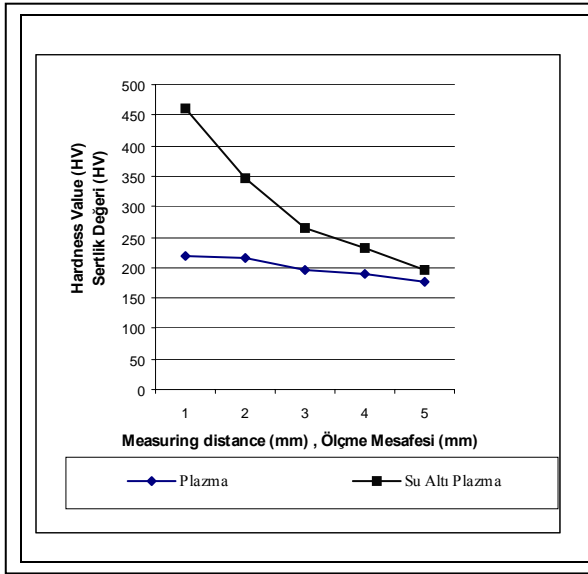
### 3.2. Sertlik Değişimleri

Farklı kesme hızlarında kesilen yüzeylerde kesilen kenardan malzeme çekirdeğine doğru 1 mm aralıklarla ve aynı noktanın alt ve üst kısımlarından VSD (Vickers Sertlik Değeri) cinsinden sertlik değerleri ölçülmüştür. Amacı kesme sisteminin ve hızın hangi derinliğe kadar malzeme yapısını etkilediğini görmektir. Karşılaştırma yapılabilmesi için numunelerin kesilmeden önceki sertlik değerleri tespit edilmiştir. Kesilen yüzeydeki sertlik değerlerinden oluşturulan grafikler, AISI 304 Paslanmaz çelik malzemelerin sertlik değişim grafikleri Şekil 4'de, AISI 1050 Karbon çeliği malzemeler için Şekil 5'de verilmiştir.

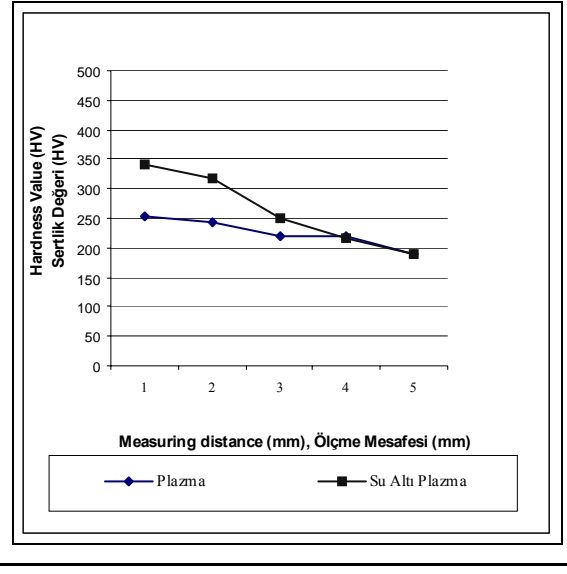
stainless steels. On the other hand in carbon steels, the surface roughness of thin materials is high and the surface roughness values of thick materials are low. In plasma and under water plasma cutting processes, the quality of surface have similar features for the same materials as can be seen from the graphs of two systems. Better surface and less scratches occurred in the areas near to the cutting head. However, the performance of the gas coming out of the head decreased, thereby parallel scratches occurred. In carbon steel materials, increasing the thickness reduces surface roughness value. In other words increasing the thickness improves surface roughness. In stainless steels, better results can be obtained when thin materials are cut by plasma. Increasing the thickness causes poor surface roughness of the surface cut plasma methods.

### 3.2. Hardness Variations

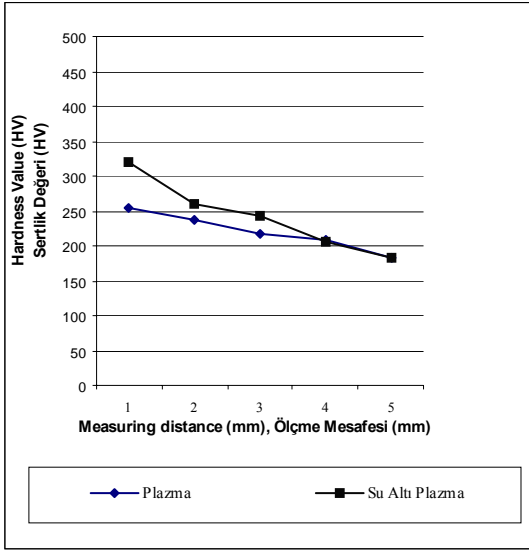
Hardness values were measured from the outer edge of surface cut at various cutting speeds to the center of the material in 1mm distances and in the upper and lower sections of the same point in terms of Vickers Hardness Value (HV). The purpose was to see how cutting system and speed affected the material with different depths. In order to be compared, the values of hardness values of the test pieces before cutting had been determined. The graphs of hardness values of surface cut and hardness variations of AISI 304 Stainless Steel materials are in Figure 4. and graphs for AISI 1050 Carbon Steel is given in Figure 5.



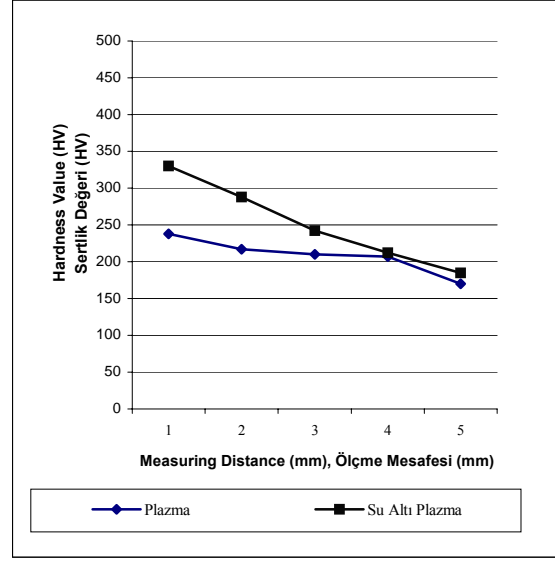
a) Thickness = 6 mm / Kalınlık = 6 mm  
Plazma ( V = 2000 mm/ min) Under Water Plasma ( V = 3600 mm/Min)/  
Plazma ( V = 2000 mm/dak) Su Altı Plazma ( V = 3600 mm/dak)



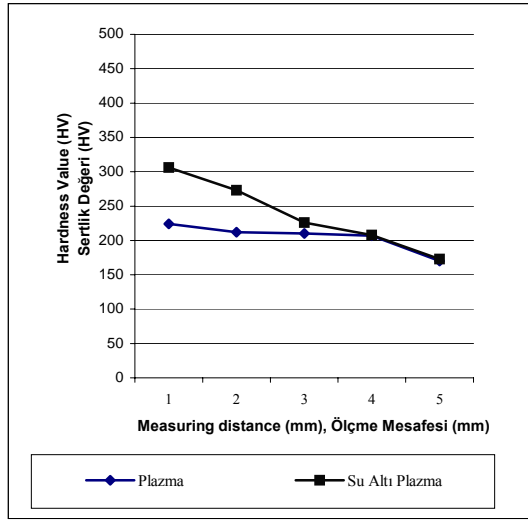
b) Thickness = 6mm./ Kalınlık = 6mm  
Plazma ( V = 2100 mm/ min) Under Water Plasma ( V = 3700 mm/Min)/  
Plazma ( V = 2100 mm/dak) Su Altı Plazma ( V = 3700 mm/dak)



c) Thickness = 6 mm Kalınlık = 6 mm  
Plasma ( V = 2200 mm/ min) Under Water Plasma ( V = 3800 mm/Min)  
Plazma ( V = 2200 mm/dak) Su Altı Plazma ( V = 3800 mm/dak)

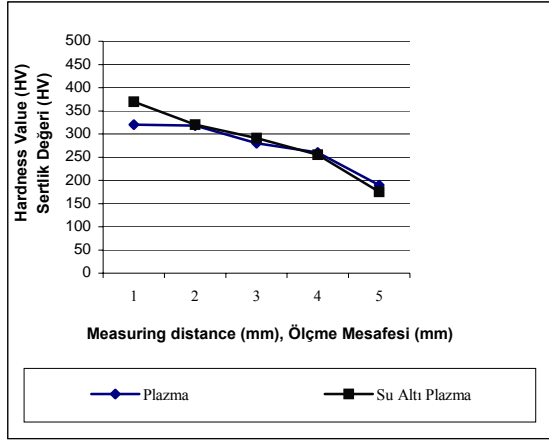


b) Thickness = 6mm, Kalınlık = 6mm  
Plasma ( V = 2300 mm/ min) Under Water Plasma ( V = 3900 mm/Min)  
Plazma ( V = 2300 mm/dak) Su Altı Plazma ( V = 3900 mm/dak)

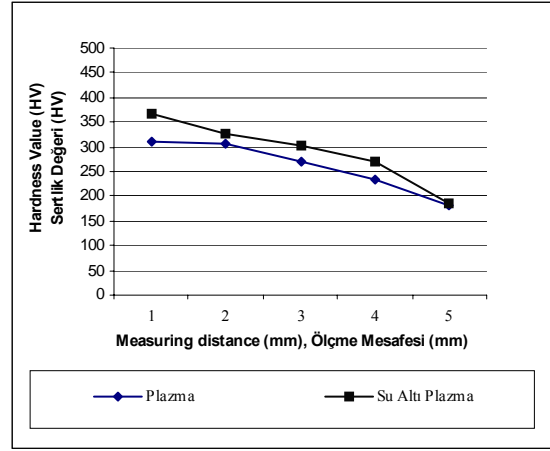


e) Thickness = 6 mm Kalınlık = 6 mm  
Plasma ( V = 2400 mm/ min) Under Water Plasma ( V = 4000 mm/Min)  
Plazma ( V = 2400 mm/dak) Su Altı Plazma ( V = 4000 mm/dak)

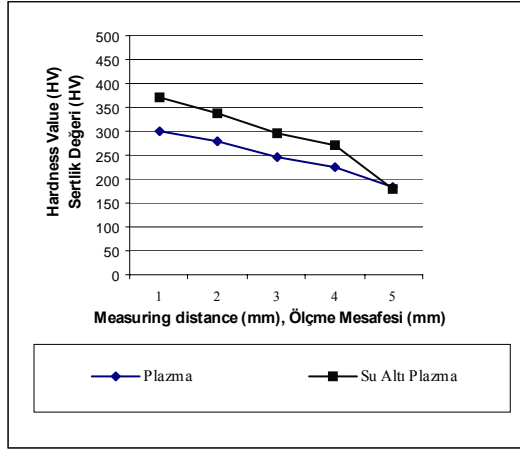
Figure 4. AISI 304 Stainless Steel's hardness value graphs  
Şekil 4. AISI 304 Paslanmaz çelik malzemelerin sertlik değişim grafikleri



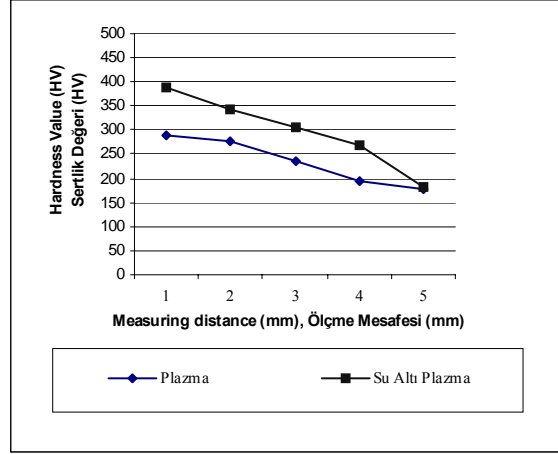
a) Thickness = 6mm , Kalınlık = 6 mm

Plazma ( V = 2000 mm/min ) Under Water Plazma ( V = 3600 mm/min )  
Plazma ( V = 2000 mm/dak ) Su Altı Plazma ( V = 3600 mm/dak )

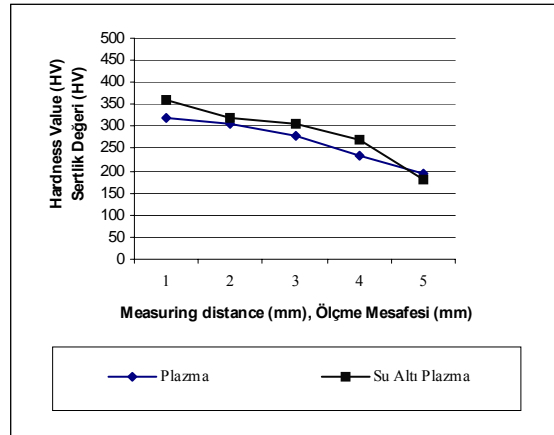
b) Thickness = 6mm , Kalınlık = 6 mm

Plazma ( V = 2100 mm/min ) Under Water Plazma ( V = 3700 mm/min )  
Plazma ( V = 2100 mm/dak ) Su Altı Plazma ( V = 3700 mm/dak )

c) Thickness = 6mm , Kalınlık = 6 mm

Plazma ( V = 2200 mm/min ) Under Water Plazma ( V = 3800 mm/min )  
Plazma ( V = 2200 mm/dak ) Su Altı Plazma ( V = 3800 mm/dak )

d) Thickness = 6mm , Kalınlık = 6 mm

Plazma ( V = 2300 mm/min ) Under Water Plazma ( V = 3900 mm/min )  
Plazma ( V = 2300 mm/dak ) Su Altı Plazma ( V = 3900 mm/dak )

e) Thickness = 6mm , Kalınlık = 6 mm

Plazma ( V = 2400 mm/min ) Under Water Plazma ( V = 4000 mm/min )  
Plazma ( V = 2400 mm/dak ) Su Altı Plazma ( V = 4000 mm/dak )

Figure 5. AISI 1050 Carbon Steel's hardness value graphs

Şekil 5. AISI 1050 Karbon çeliklerin sertlik değişim grafikleri

Plazma ile kesme yönteminin temeli, malzemelerin ergime sıcaklığına kadar varan sıcaklıklarda kesilmesi esasına dayanmaktadır. Uygulanan enerjinin ve soğuma şartlarının farklı olması, bu yöntemlerde elde edilen farklı metalürjik özellikleri ve sertlik değerlerini oluşturmaktadır. Bu nedenle; eğilimlerden de anlaşılacağı üzere, malzemenin metalürjik özelliklerindeki etkilerine bağlı olarak sertliklerinde de bir değişime neden olduğu görülmektedir. Şekil 4 ve 5'teki grafiklere bakıldığında oluşan eğrilerde benzer bir durum göze çarpmaktadır. Malzemelerin kesilme anında plazma gazının etkili olduğu bölgede yüksek sıcaklık oluşmaktadır. Bu yüksek sıcaklık malzemede yapı değişikliğine sebep olmaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada plazma ile kesme işleminde kesilen malzemenin cinsi, kullanılan kesme gazı, kesme hızı vb. parametreler etkili olmaktadır. Yapılan deneyler sonucunda çıkarılan bulgulara dayanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Kesme işleminden sonra kesme kenarına yakın bölgelerde malzeme sertliğinin aşırı yükseldiği ve çekirdek malzemeye yaklaştıkça azalma olduğu belirlenmiştir. Yapılan sertlik ölçümlerinde su altı plazmada kesilen numunelerin kesme kenarlarına yakın bölgelerde plazmaya göre daha sert bir yapının oluştuğu görülmüştür. Bu değerler su altı plazmada 300 – 450 VSD iken, plazmada ise 220 – 350 VSD arasındadır ve iki sistemin sertlik oranı % 73'dir .
- Yapılan ölçümlere göre plazma ve su altı plazma ile kesilen malzemelerde ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değeri; Karbon çeliği malzemenin plazma ile kesiminde 1,10 - 2,25 µm, su altı kesiminde 2,5 - 2,78 µm arasında olup değişim % 61, paslanmaz çelik malzemelerde ise; plazma ile kesimde 2,07 - 2,21 µm, su altı kesimde 1,77 - 2,81 µm olup değişimin % 87 olduğu görülmüştür.
- Plazma üflecinin ilk temas ettiği üst bölgelerde daha düzgün yüzeyler oluşmaktadır, ancak plazma etkisi ile yerinden koparılan malzeme parçacıklarının yüzeye yapışması ve gaz basıncının aşağılara doğru azalmasından dolayı kesme zorlaşmış ve oluşan derin çizgiler yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır.
- Yüzey pürüzlülüğündeki bozulma, alaşımız çeliklerde malzeme kalınlığı arttıkça azalmış buna göre kalın malzemelerde plazmanın kullanım avantajları olduğu görülmüştür.
- Plazma gazı basıncının yüksek olması; ergitilen metal parçalarının kesme bölgesinden daha iyi uzaklaşmasına, basıncın düşük olması ise üfleç içerisinde parazit ark olarak adlandırılan arkın elektrot ve kesme memesine zarar vermesine neden olmuş, bu durum arkın kararlılığını bozmuş ve kesme kalitesini düşürmüştür.

Yüzey pürüzlülüğüne etkileri bakımından plazma ile kesilen parçalarda istikrarlı değerler elde edebilmek için üflecin çalışma yüksekliği, malzeme cinsine göre kullanılacak plazma gazı, plazma arkı yoğunluğu ve kullanılan başlığın malzeme kalitesi ve kullanım sayısı

The main process of plasma cutting is to cut materials by heating material until its melting point. Since the energy applied and cooling conditions very different metallurgic features and hardness values are obtained. For this reason, it can be understood from the graphs that metallurgic features affect hardness of materials. This situation can be seen from the graphs in Figure 4 and Figure 5. High temperature occurs in the region where cutting gas is effective during cutting the material. This high temperature causes structure variation in the material.

#### 4. RESULT AND SUGESTIONS

Parameters such as type of material cut, cutting gas used, cutting speed, etc. are effective in plasma cutting. At the end of the experiments, the following results have been obtained:

- After cutting operation, in the areas near to the outer surface cut hardness of material increased significantly and it decreased in the regions near to the center of material. It was seen that harder structures occurred in the areas near to the outer surface of specimens cut by under water plasma cutting. The hardness values of these areas are between 300 and 400 HV in under water plasma and 220 and 350 HV in plasma. The rate of hardness of two systems is 73 %.
- The average surface roughness values (Ra) of the materials cut by plasma and under water plasma are 1.10-2.25 µm in plasma cutting of carbon steel, 2.5-2.78 µm in under water plasma cutting and variation is 61 %. In cutting stainless steel materials, 2.07-2.21 µm in plasma cutting, 1.77-2.81 µm in under water plasma cutting and the variation is 87 %.
- Better surfaces occur in the areas near to outer surfaces where the plasma head contacts first. However, cutting becomes difficult and deep scratches occurred increases surface roughness since material particles removed from the part sticks to the surface and gas pressure decreases towards the end of the thickness of the part.
- Increasing the material thickness improves surface roughness quality in non-alloy steels. Therefore, cutting thick materials by plasma is advantageous.
- High plasma gas pressure causes to remove material parts melted from the cutting zone, low gas pressure causes so called parasite arc which harms electrode and cutting nozzle. This reduces cutting quality and deteriorates the arc stability.

In order to obtain stable surface roughness values in the parts cut by plasma the working height of blower, plasma gas used according to material type, plasma arc density, material quality of the head used, number of use of the head should be controlled. Material types used in the experiments were limited since the machine tools used for tests belong to a firm and they were very busy during experiments. Different materials can choose and new tests



kontrol edilmelidir. Çalışmada kullanılan tezgahların iş yoğunluğunun fazlalığı ve endüstriyel tezgahlar olması nedeniyle malzeme çeşidi sınırlı tutulmuştur. Bu alanda farklı endüstriyel malzemeler seçilerek yeni çalışmalar yapılabilir.

#### KAYNAKLAR/ REFERENCES

1. Atıcı, U., “ Plazma ve Su Altı Plazma Tezgahlarında Kesilen AISI 304 ve St 52 Malzemelerin Yapı Özelliklerindeki Değişimin İncelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2003).
2. Çankaya, M.M., “Plazma ile Kesilen Parçalarda Yüze Kalitesine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması”. Yüksek Lisans Tezi, *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, 3-23 (1989).
3. Özipekçiler, Ö., “Plazma Arkı Eldesi ve Yüze Bölgesi Modifikasyonunda Kullanılabilirliği”. Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, 23-35 (1981).
4. Fericola, R.C., “New Oxgen Plasma Process Rivals Laser Cutting Methods”, *Welding Journal*, 73: 65-69 (1994).
5. Anonymous, “Plasma Arc Cutting and Welding”, *Welding Desing and Fabrication*, 68: 23-56 (1995).
6. Pellechia, M., “Select the Best Process: Laser or Precision Plasma”, *Welding Desing and Fabrication*, 2: 19-26 (1995).
7. Yun, K.M. and Na, S.J., “Real time Control of the Plasma Arc Cutting Process By Using Intensity Measurements of Ejected Plasma”, *Welding Journal*, 70: 43-48 (1991).
8. Akçam, İ.Ö., “Termik Kesme Yöntemleri- Otojen Tekniği, Plazma, Lazer Karşılaştırılması”, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası*, 5: 22-28 (1996).
9. Manohar, M. and Snyder II, J.P., “Dross Formation During Plasma Arc Cutting of Steels”, *Welding Journal*, 73: 45-51 (1994).
10. Hoult, A.P., Pashby, I.R. and Chan, K. “ Fine Plasma Cutting of Advanced Aerospace Materials”, *Journal of Materials Processing Technology*, 48: 825-831 (1995).

Received/ Geliş Tarihi: 16.02.2004 Accepted/Kabul Tarihi: 30.11.2004