

CNC Plazma ile Kesmede İşleme Parametrelerinin Kesme Kalitesine Etkisinin Araştırılması

Y. H. Çelik¹, C. Özek²

¹University of Batman, Batman/Turkey, yahyahisman.celik@batman.edu.tr

²University of Fırat, Elazığ/Turkey, cozek@firat.edu.tr

Research for the Effects of Operation Parameters on Cutting Quality in CNC Plasma Cutting

Abstract- Nowadays, It is important to use new machines in manufacturing technologies. One of the most important of these machines is CNC plasma cutting machines. The measuring sensitivity is not so important in these machines. However, the materials working under high pressure and strength can be cut by means of these machines. In this study, S235JR sheet materials of 4, 6 and 8 mm thickness which are used in pressurized containers were cut in the CNC plasma machine at various speeds, amperes and arc voltages. For Cutting processes which were carried out at various parameters, surface roughnesses and temperature distributions were measured on the samples cut. Comments on the hardness and material strength of the material exposed to the cutting process were made depending on surface roughnesses and temperature distributions.

Keywords- CNC Plasma, Cutting, Roughness, Hardness.

I. GİRİŞ

Klasik olarak ısı ile kesme işlemi yapan plazma makinalarında genellikle düzgün yüzeyler elde edilememesi, işçilik maliyetinin fazla olması ve en önemlisi günümüzde her alanda bilgisayarların yaygın olarak kullanılması nedeniyle yerini CNC plazma makinalarına bırakmıştır.

CNC plazma makinalarında kesme yöntemi, elektrik enerjisini güç kaynağından alarak torcun yönlendiriciliğinde ve yardımcı gazların koruyuculuğunda işlenecek malzemeye ileten ve bu işlem sırasında plazma adı verilen iyonize ve elektrik iletici bir gazı transfer medyası olarak kullanan termal işleme yöntemidir. Bu yöntem, 1957 yılında Tungsten ark kaynağının (GTAW) bir dalı olarak geliştirilmiştir. Zaman içerisinde, kesme kalitesinde, sistem güvenliğinde ve sarf malzeme tüketiminde yapılan iyileştirmelerle günümüze kadar

gelmiştir [1]. Bu yöntemle farklı kalınlıklardaki malzemeler değişik hız, amper ve ark voltajında kesilebilmektedir. Kesim kalitesi ve donanım verimliliği plazma torcuna bağlıdır. Torcun görevi sürekli ve geometrik olarak sabit bir plazma ışını oluşturmak ve bunu parçaya iletmektir. Torç bir hortum paketinin ucunda yer alır ve akım üreticiden kontrol edilir[2]. Bir torcun ekseninde elektrod, shield, nozzle, gasring, swirl ring, shield cup sarf malzemeleri bulunmaktadır. Torç hortum paketinin içinden su ve CO₂ gibi koruyucu bileşkerlerin yanı sıra hava, oksijen ve argon gibi temel plazma gazları da bulunmaktadır [3]. Durgun bir gazı dışarıdan enerji verildiğinde, gaz moleküllerinin hızı artar, çarpışmalar daha şiddetli olur ve bunun neticesinde sıcaklık yükselir. 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 odaklanır[4]. Böylelikle kesme anında kesilen malzeme yüksek sıcaklığa ulaşır ve eriyen malzeme üflenerek kesme bölgesinden uzaklaştırılır[5]. CNC plazma makinalarında ark voltajı, kesme hızı, plazma gaz debisi, plazma gaz hızı gibi parametreler değiştirildiğinde kesim yüzeyinde farklı çentikler oluşmaktadır[6]. Ayrıca, kesme esnasında malzeme yüzeyinde oluşan sıcaklık dağılımları malzemenin cinsine ve kesme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir[7].

Bu çalışmada, basınçlı kaplarda kullanılan 4, 6 ve 8 kalınlığındaki S235JR sac malzemeler değişik hız, amper ve ark voltajında CNC plazma makinasında standartlara uygun boyutlarda çekme numunesi şeklinde kesilmiştir. Kesilen sac malzeme yüzeylerinde belirli aralıklarla sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Ayrıca, kesilen malzemelerin yüzey pürüzlülükleri incelenmiştir. Sıcaklık dağılımına ve yüzey pürüzlülüklerine bağlı olarak sertlik ve malzeme dayanımı üzerine yorumlar yapılmıştır.

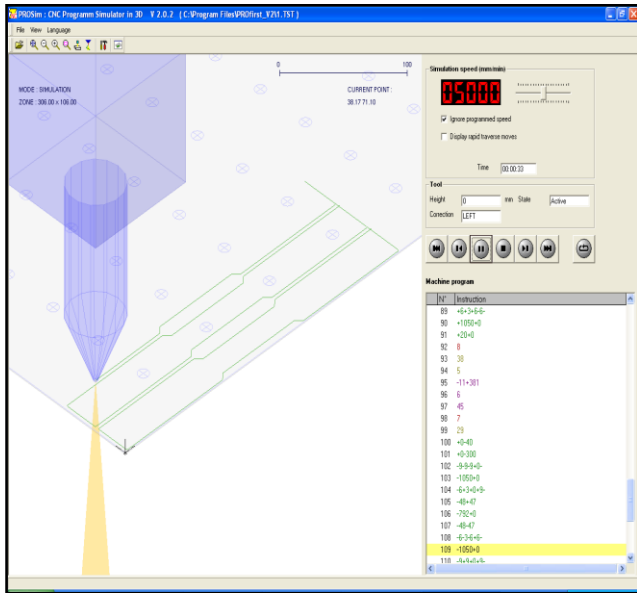
II. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışma için endüstride basınçlı kaplar üreten firmalarda yaygın olarak kullanılan S235JR sac malzemelerden 4, 6 ve 8mm kalınlığındaki numuneler seçilmiştir. Numunesi seçilen sac malzemelere ait kimyasal spektral analiz sonucu ile elde edilen kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: S235JR malzemenin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri

S235JR Malzemenin Kimyasal Bileşimi					
C	Mn	P	S	Si	N
0,17	1,40	0,040	0,040	-	0,012
S235JR Malzemenin Mekanik Özellikleri					
Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı (N/mm ²) (min)	% Uzama			
360–510	235	26/24			

Seçilen sac malzemelerden standartlara uygun boyutta çekme numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler Profirst CNC plazma programında 3 adet çekme numunesinin aynı anda kesilebilmesi için programlanmıştır. Profirst’de programlanan numunenin simülasyonu Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Kesilen çekme numunesinin simülasyonu

Simülasyonu yapılan numunenin kesimi için program, Elazığ Organize Sanayi Bölgesi, 7. Yol, No:33 adresinde bulunan Altıntaş Isı San. İth. İhr. Ltd. Şti. Firmasındaki Ajan HP 260 A CNC Plazma Makinesine yüklenmiştir. Kesime hazır hale getirilen numuneler için CNC plazma makinalarında farklı parametrelerde kesim işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Daha önceden belirlenen 4, 6 ve

8mm kalınlığındaki S235JR sac malzemenin kesimi için CNC plazma makinesine sırasıyla 80 ve 130 amper elektrod takılmıştır. Her iki amperde de kesme hızları 1000, 1250 ve 1500mm/dak, ark voltajları ise 115, 120 ve 125 olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir parametre için 3 adet olmak üzere toplam 162 adet kesim gerçekleştirilmiştir. Kesilen çekme numuneleri üzerinden belirli zaman aralıklarıyla Raynger ST80 XB cihazı kullanılarak sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Ayrıca, yüzey pürüzlülük değerleri Mitutoyo surfest SJ-201 (0,01-0.4µm) cihazı ile ölçülmüştür.

III. DENEYSEL SONUÇLAR VE İRDELENMESİ

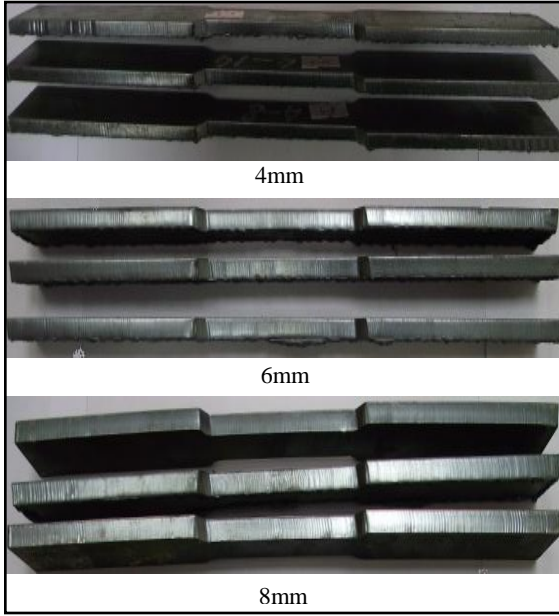
CNC Plazma makinalarında kesim esnasındaki sıcaklık 550 °C ile 28000 °C arasında değişmektedir[1]. Bu yüzden kesim esnasında kesim yüzeyindeki sıcaklık ölçümünü yapılmamıştır. Sıcaklık ölçümü kesim yapılan yüzeye yakın bir bölgeden belirli zaman aralıklarıyla gerçekleştirilmiştir. Sac kalınlığına(Sk), elektrod amperine(A), ark voltajına(AvR) ve kesme hızına(V) bağlı olarak 0, 10, 20 ve 30. sn deki sıcaklıklar ile kesim sonrası numunelerden ölçülen ortalama yüzey pürüzlülük(Ra) değerleri için elde edilen bazı parametreler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Kesme esnasındaki parametreler için sıcaklık dağılımı

Sk (mm)	Kesme Parametreleri			Sıcaklık (°C)				Ra (µm)
	AvR	A	V(mm/dak)	T ₀	T ₁₀	T ₂₀	T ₃₀	
4	115	80	1000	14,9	273	407	424	4,36
4	120	80	1000	22,6	282	415	435	4,24
4	115	130	1000	15,9	401	556	534	5,18
4	120	130	1000	31,7	409	561	536	5,36
4	115	80	1500	16,7	396	342	231	3,68
4	120	130	1500	35,8	531	513	356	4,22
6	125	80	1250	27,6	327	441	374	3,63
6	125	130	1250	32,2	428	564	508	4,74
8	115	130	1000	15,6	355	501	522	3,55
8	120	130	1250	32,3	394	522	494	3,58
8	125	130	1500	34,6	511	491	401	3,25
8	125	80	1250	25,5	299	429	388	1,98

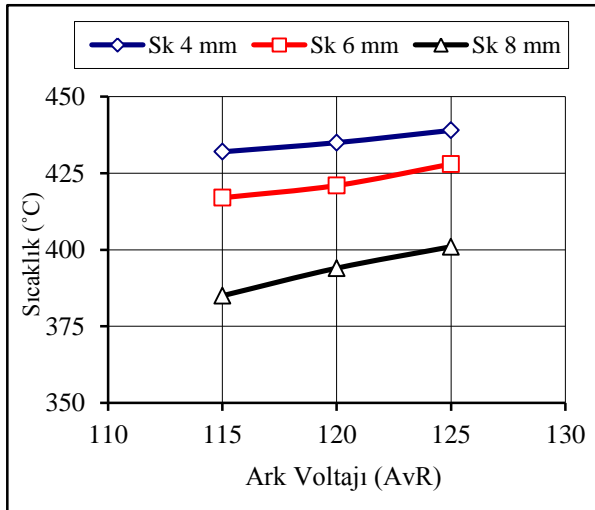
Tablo 2’deki değerler, aynı parametrelerde kesilen 3 adet numunenin ortalaması alınarak girilmiştir.

CNC plazma makinasında aynı parametrelerde kesilen 4, 6 ve 8mm kalınlığındaki sac malzemelerden elde edilen yüzeyler Şekil 2’de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2: Kesilen malzeme yüzeyindeki görüntüler

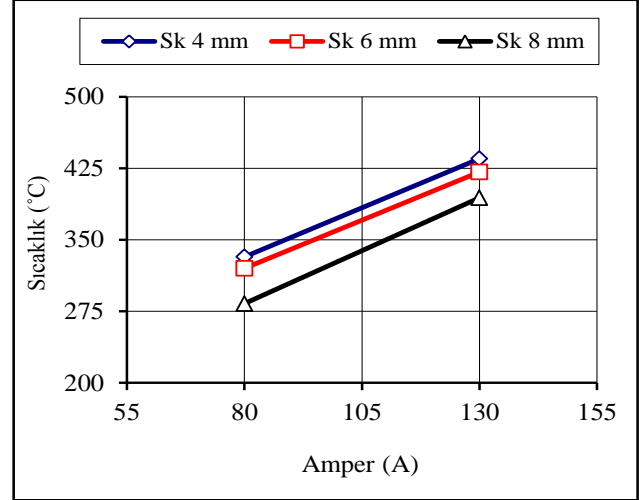
DeneySEL çalışması yapılan malzemelerin kesme parametreleri için zamana bağlı sıcaklık dağılımı ve kesim yüzeyindeki pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Bu doğrultuda farklı parametrelerden elde edilen ortalama sıcaklık dağılımları Şekil 3-6'da ve yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7-10'da gösterilmiştir. Oluşturulan grafikler için Tablo 2'de verilen parametre değerlerinden yararlanılmıştır.



Şekil 3: Ark voltajının sıcaklığa etkisi

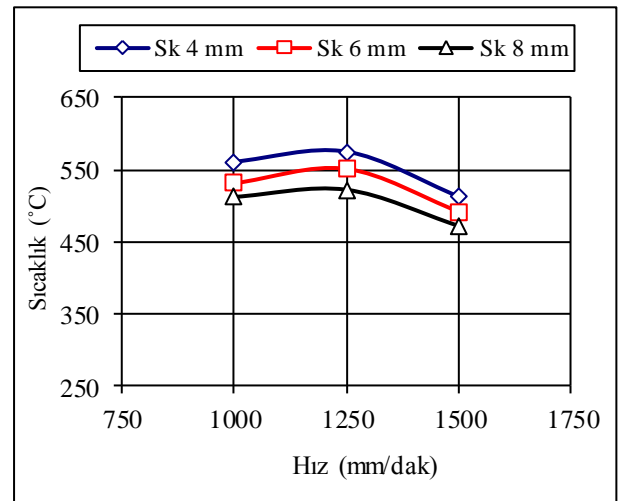
Malzemeler CNC plazma makinesinde kesilirken plazma gazının ve kesme parametrelerinin etkili olduğu bölgede yüksek sıcaklıkların oluşması kaçınılmazdır.

Plazma gazının etkili olmadığı bölgelerde ise ısı iletimi neticesinde belirli sıcaklık dağılımları meydana gelmektedir. Şekil 3 ve Şekil 4'de sıcaklık dağılım grafiklerinden görüldüğü gibi ark voltajının ve amperin artması malzeme yüzeyindeki sıcaklığın daha çok artmasına neden olmuştur.

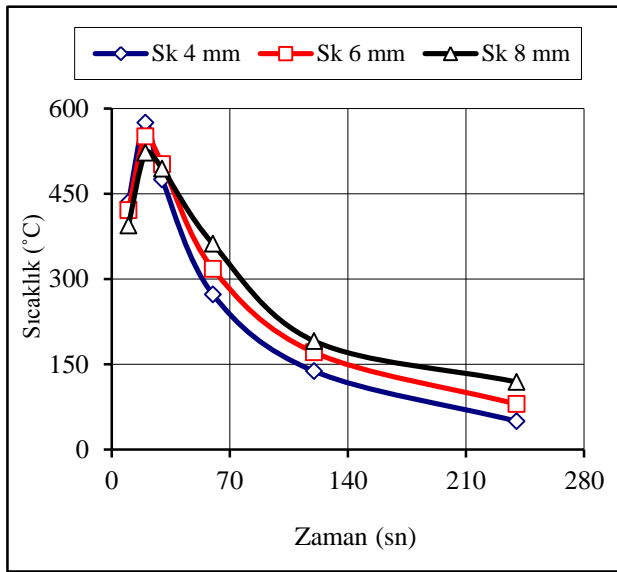


Şekil 4: Elektrod amperinin sıcaklığa etkisi

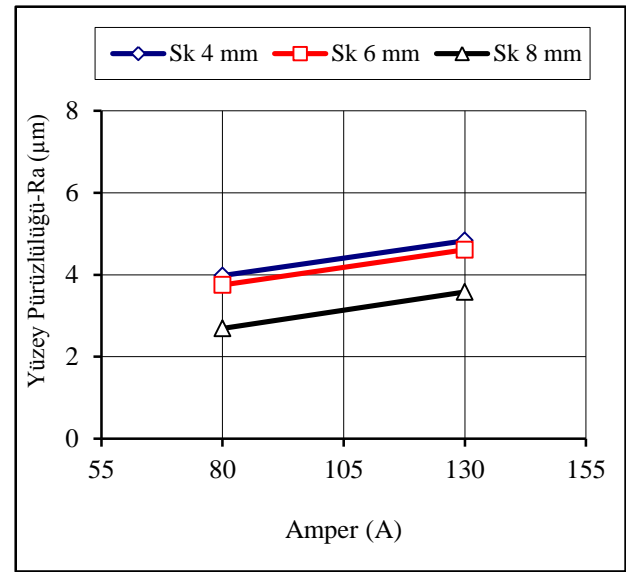
Şekil 5'de 80 amper, 120 ark voltajı ve 20. saniyedeki sıcaklık ölçümleri gösterilmiştir. 1000(mm/dak) kesme hızı için ölçülen sıcaklık 1250(mm/dak) kesme hızından düşük iken 1500(mm/dak) kesme hızından yüksek ölçülmüştür. Bunun nedeni kesilen numunenin şeklinden ve ölçüm zamanından kaynaklanmaktadır. Ancak, şekildeki parabolik eğimden de anlaşıldığı gibi kesme hızının artmasıyla malzeme yüzeyinden ölçülen sıcaklığın gittikçe azaldığı söylenebilir.



Şekil 5: Hızın sıcaklığa etkisi



Şekil 6: Zamana bağlı sıcaklık değerinin değişimi



Şekil 7: Amperin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

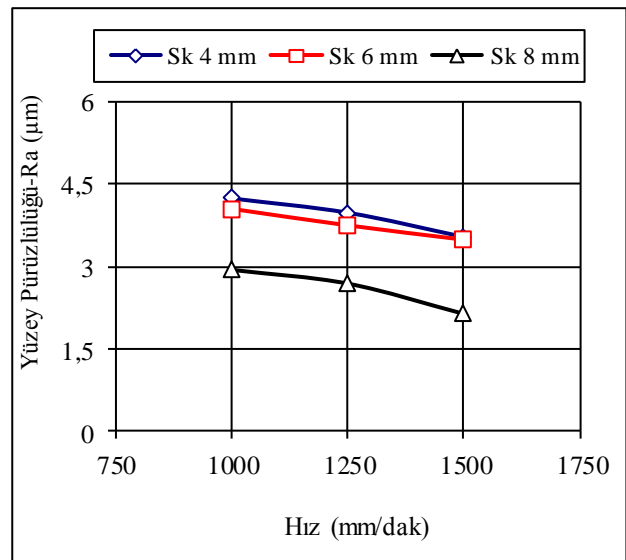
Şekil 5'de verilen parabolik eğimdeki sıcaklığın önce artması daha sonra azalması Şekil 6'da zamana bağlı olarak ölçülen sıcaklık dağılımında daha açık olarak görülmektedir. Ayrıca, şekillerde sac kalınlığına bağlı sıcaklık değişimleri verilmiştir. İnce malzemelerin yüzeyinde daha erken sıcaklık dağılırken kalın malzemelerde daha geç sıcaklığın dağıldığı görülmüştür. Malzemeler çekme deneyi numunesi şeklinde kesildiği için kesilen numunenin her iki tarafında plazma gazı etkili olmaktadır. Bu nedenle de ince malzemede sıcaklık azda olsa kalın malzemeye göre daha yüksek ölçülmüştür. Ancak zamanın ilerlemesiyle ince malzemenin kalın malzemeye göre daha erken soğuduğu görülmüştür (Şekil 6).

Yüzey pürüzlülük değeri kesilen malzeme cinsine, malzeme kalınlığına, kesme hızına, ampere ve ark voltajına bağlı olarak değişmektedir.

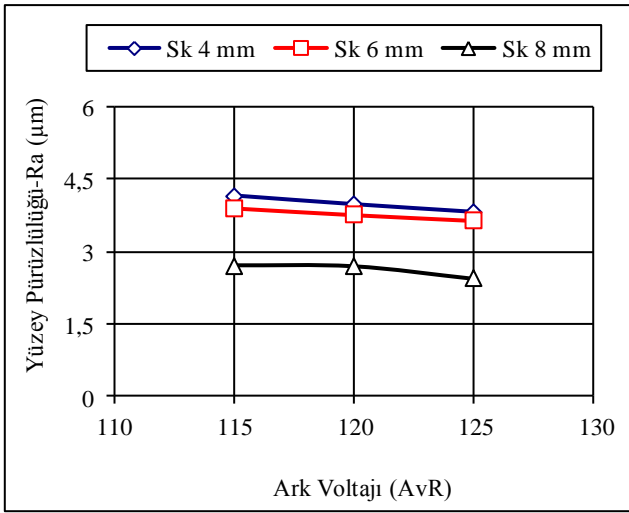
Şekil 7'de görüldüğü gibi S235JR malzeme için sac kalınlığının artması yüzey pürüzlülüğünü azaltırken, amperin artması yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olmuştur. Şekil 8'de ise kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı görülmektedir.

80 elektrod amperi için ark voltajının artması yüzey pürüzlülüğü azalırken (Şekil 9), 130 elektrod amperi için ark voltajının artması yüzey pürüzlülüğünü arttırmıştır (Şekil 10).

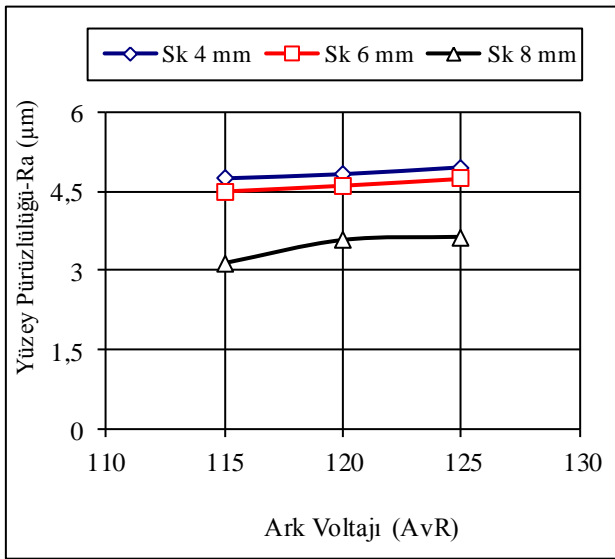
Benzer çalışmalar Kechaginas ve diğ.[8] ile Choudhury ve Shirley [9] tarafından da yapılmıştır. Yaptıkları çalışmalarda kesim kalitesine etki eden parametrelerin amper, torç-malzeme arasındaki mesafe, malzeme kalınlığı, kesme hızı, hava basıncı ve ark voltajı olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 8: Hızın yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9: 80 Amper için ark voltajının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 10: 130 Amper için ark voltajının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Ayrıca, Choudhury ve Shirley kesimini gerçekleştirdikleri polimer malzemeler için kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerini incelemişlerdir. Kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığını belirtmişlerdir. Deneysel çalışmada göz önünde bulundurulmuş parametreler ve elde edilen sonuçlar yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırıldığı zaman bulunan sonuçların aynı doğrultuda olduğu görülmektedir.

IV. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deneysel çalışması yapılan 4, 6 ve 8 mm kalınlığındaki S235JR malzemeden kesilen çekme deneyi numunesinin farklı parametrelerdeki sıcaklık dağılımları ve yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir.

Yüksek sıcaklığa maruz kalan malzemelerde yapısal olarak değişiklik gözlemlendiği açıktır. CNC plazma gazının etkili olduğu bölgelerde de yüksek sıcaklık oluşumunun mevcut olması malzemenin kesim yüzeyindeki yapının değişmesine neden olmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklık, malzemenin sertliği ile ilişkilendirilebilir. Kesim parametreleri ve malzemenin soğuma süresi farklı olduğundan, bu yöntemlerde elde edilen sertlik değerlerinin ve sertleşen alanın farklı olacağı düşünülmektedir.

CNC plazma makinalarında yüzey pürüzlülüğü için elde edilen verilerin daima Şekil 7-10'da görüldüğü gibi olması imkânsızdır. Çünkü CNC plazma makinalarında malzeme cinsi, malzeme kalınlığı, kesme kızı, amper ve ark voltajı arasında belirli bir ilişki vardır. Bu ilişki kesime başlanmadan önce saptanabilir. Bu ilişki saptanmazsa hızın artması yüzey pürüzlülüğünün azalmasına neden olmayabilir. Yani plazma ile eritilen malzeme için gerekli olan yüksek enerji ile kesme anında kesilen bölgeden uzaklaştırılan malzemenin uzaklaşmak yerine kesme bölgesine yapışması ile yüzey pürüzlülük değerleri artabilir. Belki de belirlenen hızda malzeme kesilemeyecektir. Bu nedenlerden dolayı deneysel çalışmada yapılan kesimler için seçilen tüm parametreler istenilen sınırlar içinde tutulmuştur. Dolayısıyla yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7-10'da görüldüğü gibi elde edilmiştir. Elde edilen grafiklerden, CNC plazma makinalarında kesim kalitesine ve oluşan sıcaklığa etki eden parametrelerin kesme hızı, elektrod amperi, ark voltajı ve malzeme kalınlığı olduğu görülmüştür.

CNC plazma makinaları endüstrinin her alanında yaygın olarak kullanıldığından özellikle basınçlı kapların kesimi bu makinalarda gerçekleştirildiğinden dolayı malzemenin kimyasal yapısı, sertliği ve dayanımı arasında optimum bir değer elde edilmeye çalışılmalıdır. Bu yüzden yapılan çalışmanın ileri aşamalar için bir ön hazırlık olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Plazma, laser ve sujeti esaslı kesme yöntemleri, ttconsultant.com/lazer_plazma_sujeti_kesme_yontemleri.pdf, 2010.
- [2] S. Anık, A. Öğür, ve M. Vural, "Termik kesme teknolojisi," (GEV) Gedik Eğitim Vakfı, Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü, Yayın No:2, p. 184, 1996.
- [3] Ajan Cnc - Plazma Ve Oxy Fuel Kesme Tezgahları - High Speed Machining, www.ajannc.com/turkce/plazmacnc.php, 2010.
- [4] G. Sökün, "CNC Plazma kesme makinaları," Erciyes Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Makine Programı, Kayseri 2006.
- [5] K. V. Vasil'ev, "Plasma-arc-cutting- a promising method of thermal cutting," Welding international, vol 17(2), pp. 147-151, 2003.
- [6] R. Bini, B. M. Colosimo, A. E. Kutlu, and M. Monno, "Experimental study of the features of the kerf generated by a 200 A high tolerance plasma arc cutting system," Journal of materials processing technology, vol 196, pp. 345-355, 2008.

- [7] A. Narimanyan, "Unilateral conditions modelling the cut front during plasma cutting: FEM solution," *Applied mathematical modelling*, vol 33, pp. 176-197, 2009.
- [8] J. Kechagias, M. Pappas, S. Karagiannis, G. Petropoulos, and S. Maropoulos, "An ANN approach on the optimization of the cutting parameters during CNC plasma-arc cutting," *Proceedings of the ASME 2010 10th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis ESDA2010, İstanbul, Turkey, July 12-14, 2010.*
- [9] I. A. Choudhury, and S. Shirley, "Laser cutting of polymeric materials: An experimental investigation," *Optics&Laser Technology*, vol 42, pp. 503–508, 2010.