



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

İnce Yapı Çeliğinin CNC Plazma İle Kesim İşlem Parametrelerinin Yüzey Kalitesine Etkisi

Serkan APAY ^{a,*}, Ömer EGELİOĞLU ^b

^a Makine ve İmalat Müh. Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^b İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: serkanapay@duzce.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda oldukça hızlı gelişme gösteren bilgisayar kontrollü yönetim (CNC) teknoloji ile malzemelerde mekanik işlem yapmak oldukça kolaylaşmıştır. CNC teknolojisi özellikle, freze, torna ve çok eksenli işleme tezgâhlarında kullanılmaktadır. Bu teknoloji birde CNC plazma kesim tezgâhlarında kullanılmaktadır. CNC plazma kesim makineleri ile farklı kalınlıkta ve geometrideki, farklı malzemeler kolaylıkla kesilebilmektedir. Kesim sırasında ince malzemelerde kullanılan, yanlış amper değeri, yanlış ilerleme ve kesme hızları sonucunda, kesilen malzeme yüzeylerinde, pürüzlülük, yüzeyin açılı olması ve çapak oluşumu gibi durumlar ortaya çıkmaktadır. Kesim işlemi sonrasında, pürüzlü olan yüzeylerde temizleme ve düzgünleştirme işlemi yapılması ek işlem ve maliyet gerektirmektedir. Bu nedenle kesim işlem parametrelerinin en iyi yüzey kalitesi elde edilecek şekilde seçilmesi gerekmektedir. Kesim parametreleri imalat hızını da doğrudan etkileyeceği için optimum parametreler seçilmeli ve en iyi yüzey kalitesini veren parametreler kullanılmalıdır.

Bu çalışmada 6 mm kalınlığında S355J2G3 çelik sac plakanın, farklı kesim hızlarında ve farklı amperlerde kesim işlemleri sonucunda yüzey kaliteleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 80A'de 50 mm/dk. hızda yapılan kesim işleminde en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri ve en iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CNC Plazma kesim, Yapısal çelik, Yüzey pürüzlülüğü ve kalitesi.

The Effect of CNC Plasma Cutting Process Parameters on Surface Quality of Thin Structural Steel

ABSTRACT

In recent years, mechanical processing of materials has become much easier with Computer Numerical Control (CNC) technology, which is growing rapidly. CNC technology is especially used in milling, turning and multi-axis machining. This technology is used in CNC plasma cutting machines. With CNC plasma cutting machines, different materials in different thicknesses and geometries can be cut easily. As a result of improper amperage, improper feed and cutting speeds used in thin materials during cutting, roughness, surface inclination and burr

formation occur on the cut material surfaces. After the cutting process, cleaning and smoothing processes on rough surfaces require additional processing and cost. For this reason, the cutting process parameters should be selected so as to obtain the best surface quality. Since the cutting parameters will directly affect the manufacturing speed, optimum parameters should be selected and parameters giving the best surface quality should be used.

In this study, surface qualities of 6 mm thick S355J2G3 steel sheet were investigated at different cutting speeds and cutting operations at different amperes. As a result of the study done, the minimum surface roughness value and the best surface quality were obtained in cutting at 80 A and 50 mm/min.

Keywords: CNC Plasma cutting, Structural steel, Surface roughness and quality.

I. GİRİŞ

Günümüz teknolojisinin gelişmesine paralel olarak makine imalat sektöründe de önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Üretimi gerçekleştirilecek makinelerin veya çelik yapıların daha hızlı üretilmesi ve kullanıma sunulması ülke ekonomisine de önemli katkılarda bulunacaktır. Daha hızlı üretimin temelinde ise makine imalatında yada çelik yapıların imalatında hammaddenin daha hızlı işlenmesi yatmaktadır. İmalatta kullanılacak malzemeler üretime ne kadar hızlı dahil olursa o kadar hızlı imalatların gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Sac plakaların ısıtılıp keski ile kesildiği dönemlerden oksijen-gaz kesimine geçiş bu hızlanmaya önemli katkılar sunmuştur. Bilgisayar temelli imalat yönteminin gelişimi de bu hızlanmayı olumlu yönde etkilemiştir. Maddenin dördüncü hali olarak kabul edilen plazmanın gelişimi ile de çoğu imalat sektörü sac plakaları kesmek için plazma kesim teknolojilerini tercih etmektedir. 1950 yıllarından itibaren plazma kesim yöntemi çeşitli metallerin kesiminde kullanılmıştır [1].

Oksijen-gaz ısı kesme işlemi yapan tezgâhlarda genellikle düzgün yüzeyler elde edilememesi ve en önemlisi günümüzde her alanda bilgisayarların yaygın olarak kullanılması nedeniyle bu kesim tezgâhları yerini CNC (Computer Numerical Control/Bilgisayarlı Nümerik Kontrol) plazma makinelerine bırakmıştır [2]. CNC Plazma kesme teknolojisinde, dar bir ağızdan çıkan plazma ışını yani “yüksek hızlı iyonize gaz jeti” kullanılır. Plazma olarak da adlandırılan “yüksek hızlı iyonize gaz” elektrik akımını kesme torcundan iş parçasına iletir. Oluşan plazma iş parçasını ısıtarak ergimesini sağlar. İyonize gazın sahip olduğu yüksek akış hızı sıvı malzemeyi üfleyerek uzaklaştırır ve kesim gerçekleşir [3].

CNC Plazma kesim, önceleri sadece yüksek alaşımlı çelik, alüminyum ve bakır gibi alevle yakarak kesmeye uygun olmayan malzemeler için kullanılıyordu ancak günümüzde artan bir şekilde, ince kalınlıkta alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklere de uygulanmaktadır. Elektriksel iletkenliğe sahip malzemelerin kesilmesinde, iş parçası elektriksel devre içerisine alınır ve taşınabilir bir arkın varyasyonları kullanılır. Bu yöntemle farklı kalınlıklardaki malzemeler değişik hız, amper ve ark voltajında kesilebilmektedir. Kesilebilir malzeme kalınlığı, malzemenin türüne bağlı olmakla birlikte 160 mm’ye kadar çıkabilmektedir [4]. Kesim kalitesi ve donanım verimliliği plazma torcuna bağlıdır. Torcun görevi sürekli ve geometrik olarak sabit bir plazma ışını oluşturmak ve bunu parçaya iletme. Torcun bir hortum paketinin ucunda yer alır ve akım üreticiden kontrol edilir. Bir torcun

ekseninde elektrod, koruyucu kapak, nozul, nozul dış kapağı, lüle ve torç gövdesi sarf malzemeleri bulunmaktadır [5].

Plazma kesim yönteminde kullanılan temel plazma gazları; hava, nitrojen, oksijen, argon ve hidrojenidir. Koruyucu ortam olarak ise genellikle hava, su ve CO₂ gazından yararlanılmaktadır. 6 mm'den düşük kalınlıklardaki kesimlerde hem plazma gazı hem de koruyucu gaz olarak saf hava kullanımı, 2 mm ile 19 mm arası kalınlıklarda nitrojen plazma gazı ve nitrojen-propan karışımı koruyucu gaz kullanımı önerilmektedir [6].

CNC plazma makinalarında ulaşılabilen en büyük kesme hızı her şeyden önce, kesme işleminin ayırma amaçlı mı, yoksa kaliteli bir kesim mi olduğuna bağlıdır. Bunun dışında kesme hızı kesilecek malzemenin türüne ve kalınlığına, kullanılan kesme gazına, gaz debisine ve kesme yönteminin her bir değişkenine bağlıdır [7]. Plazma ark voltajı, kesme hızı, plazma gaz debisi, plazma gaz hızı gibi parametreler değiştirildiğinde kesim yüzeyinde farklı çentikler oluşmaktadır. Ayrıca, kesme esnasında malzeme yüzeyinde oluşan sıcaklık dağılımları malzemenin cinsine ve kesme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir [8]. Benzer çalışmalar, Kechaginas ve diğ.[9] ile Choudhury ve Shirley [10] tarafından da yapılmıştır. Yaptıkları çalışmalarda farklı parametreler ve kesim hızları kullanarak yapay zekâ yöntemi ile kesme modellemesi çalışmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda kesim kalitesine etki eden parametrelerin amper, malzeme kalınlığı, kesme hızı ve ark voltajı olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada yapı çeliği olarak kullanılan 6 mm kalınlığında S355J2G3 çeliği numune olarak kesilerek incelemeleri yapılmıştır. Farklı amper, hız ve voltajlarda kesilen numunelerin yüzey pürüzlülükleri ve mikroskobik görüntüleri incelenmiştir. Amper ve hız artışına bağlı olarak yüzeyde oluşan değişimler analiz edilmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

Deneyisel çalışma için yapı çeliği olarak kullanılan 6 mm kalınlığındaki S355J2G3 çeliği sac malzemesi kullanılmıştır. Numune olarak kullanılan S355J2G3 sac malzemesinin kimyasal spektral analiz sonucu elde edilen kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. S355J2G3 malzemenin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri

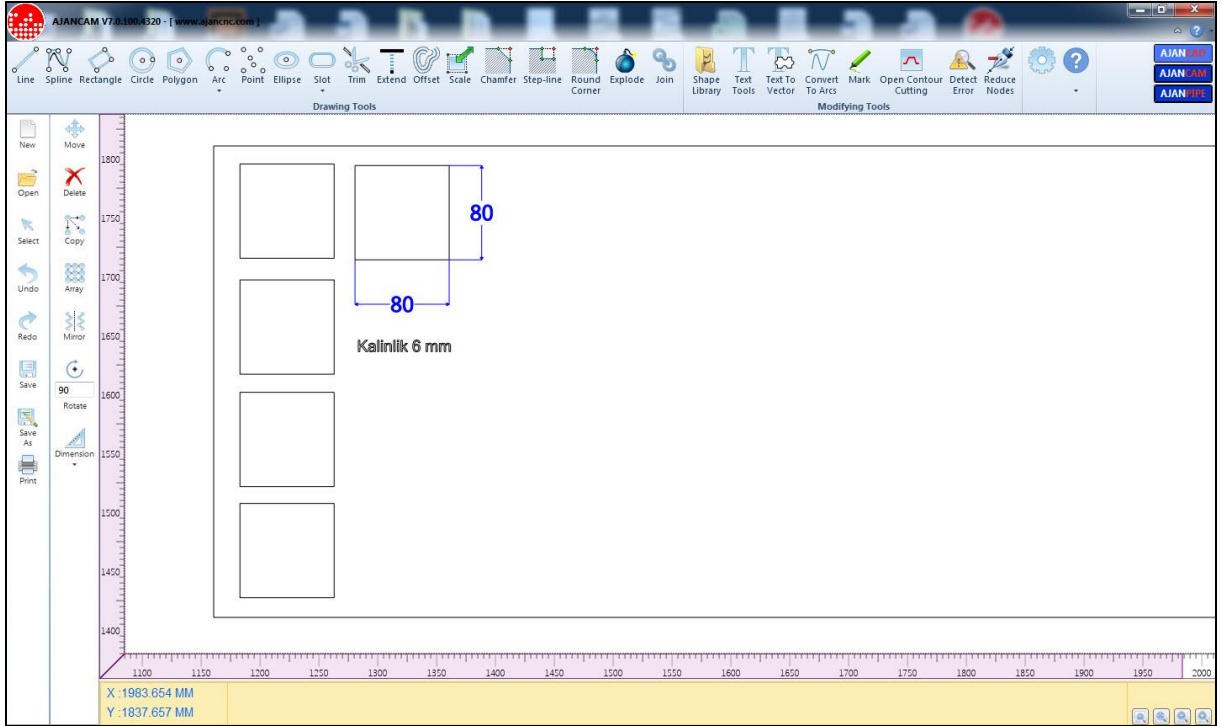
S355J2G3 Malzemenin Kimyasal Bileşimi					
C	MN	P	S	Si	N
0,2	1,6	0,035	0,035	0,55	-
S355J2G3 Malzemesinin Mekanik Özellikleri					
Çekme Dayanımı (N/mm ²)		Akma Dayanımı (N/mm ²)		% Uzama	
510-680		355		26/20	

Sac malzemeden 80x80x6 mm ölçülerinde olacak şekilde numuneler kesilmiştir. Kesme işlemi şekil 1'de görüldüğü gibi Ajan Cam CNC makinası ile yapılmıştır. Her amper değeri ve hızların değişiminde üçer adet numuneler alınmıştır. Kesilecek numuneler sac üzerine Ajan CNC plazma

kesim makinesine ait AJANCAM v7.0 programı ile Şekil 2’de verildiği gibi yerleştirilmiştir ve bu ölçülerde kesimler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Numunelerin CNC plazma ile kesimi



Şekil 2. Ajan Cam programlama şematik gösterimi

Numunelerin kesme işlemi Ölmez Çelik Ltd. Şti fabrikasında yapılmıştır. Kesim tezgâhında torç soğutucusu olarak azot gazı kullanılmıştır. Ayrıca numunelerin kesim işlemi CO₂ koruyucu gaz ortamında ve plazma gazı ışıını ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin kesimi için CNC plazma kesme başlığına 80A, 130A ve 260A için uygun elektrot ucu ve torç takımı takılmıştır. Her üç amperde de kesme hızları 50, 75, 100 mm/dk. olacak şekilde ayarlanmıştır. Plazma kesim ark voltajları ise 115, 126 ve 150 olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir parametreden 3 adet olacak şekilde 27 adet numune kesilmiştir. Daha sonra bu numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri ve yüzey görüntüleri mikroskop ile incelenmiştir. Numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri Mitech MR200 portatif yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümler kesim yapılan yüzeyden 5 farklı noktadan alınmıştır. Yapılan 5 ölçüm sonucunda ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri bulunmuştur.

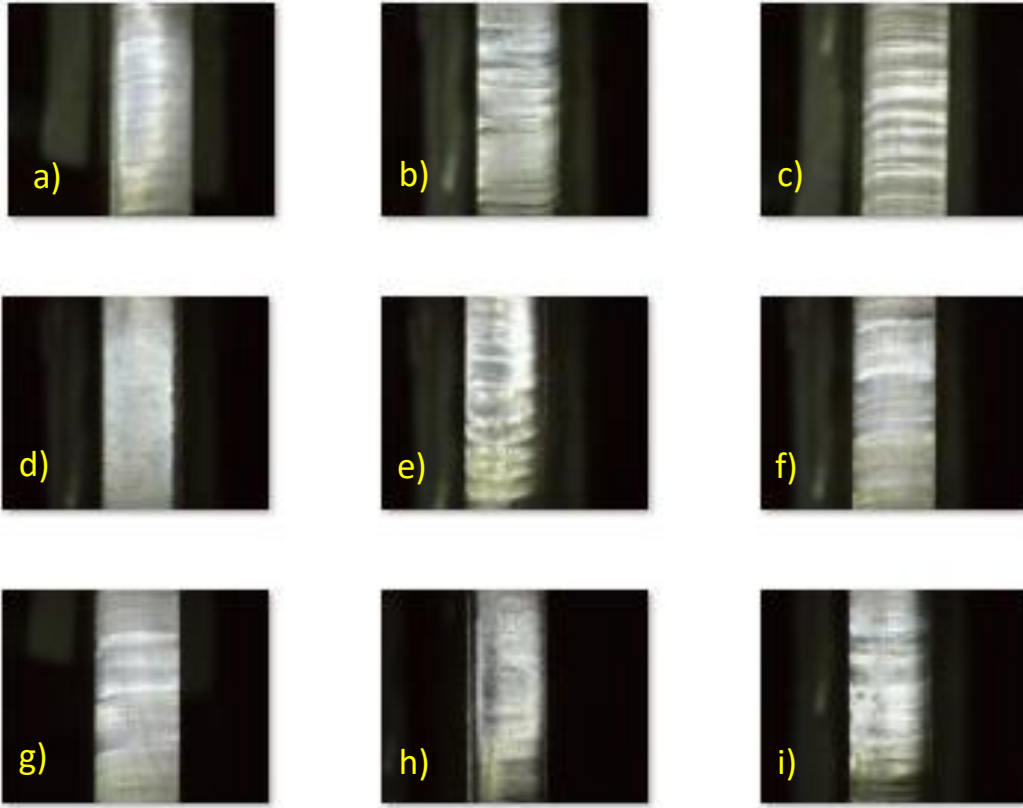
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan kesimler sonucunda yüzeyden yapılan 5 ölçüm neticesinde alınan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri tablo 2’ verilmiştir. Tablo 2’deki değerler 3 farklı numunelerin ortalama pürüzlülük değerleri alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 2. Yüzey pürüzlülük değerleri

Kesme Parametreleri				Yüzey Pürüzlülüğü Değeri
Sac kalınlığı (mm)	Ark Voltajı (V)	Amper (I)	Kesim Hızı V (mm/dk.)	Ra (μm)
6	115	80	50	0,75
6	115	80	75	0,84
6	115	80	100	1,13
6	126	130	50	0,83
6	126	130	75	1,20
6	126	130	100	1,27
6	150	260	50	1,16
6	150	260	75	1,28
6	150	260	100	1,38

S355J2G3 çeliği sac malzemenin, farklı amper ve hızlarda kesimi sonucunda, tablo 2’de görüldüğü gibi kesim hızı arttıkça pürüzlülük değerleri artmıştır. Deneysel çalışması yapılan malzemenin farklı amper ve farklı hızlarda kesilen 3 farklı numunesinden birer örnek alınarak mikroskop ile alınmış yüzey görünüşleri şekil 3’de verilmektedir. Kesim sonrasında malzemelerin kesim hızı arttıkça yüzeyindeki pürüzlülük değerine artış olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Kesim yapıldıktan sonra oluşan malzeme yüzeylerinin makro görüntüsü. a) 80A 50 mm/dk., b) 80A 75 mm/dk., c) 80A 100 mm/dk., d) 130A 50 mm/dk., e) 130A 75 mm/dk., f) 130A 100 mm/dk., g) 230A 50 mm/dk., h) 230A 75 mm/dk., i) 230A 100 mm/dk.

Şekil 4, 5 ve 6’da görüldüğü gibi soldan sağa doğru 50, 75 ve 100 mm/dk. kesme hızları ile kesim sonucunda S355J2G3 çeliğinin kesilen yüzeylerinde pürüzlülük değeri artmakta ve malzemenin yüzeyinde bozulmalar meydana gelmektedir.



Şekil 4. 6 mm, 80A’de 50, 75 ve 100 mm/dk. kesim sonucunda yüzeylerin makro görünümü (x20)



Şekil 5. 6 mm, 130A'de 50, 75 ve 100 mm/dk. kesim sonucunda yüzeylerin makro görünümü (x20)

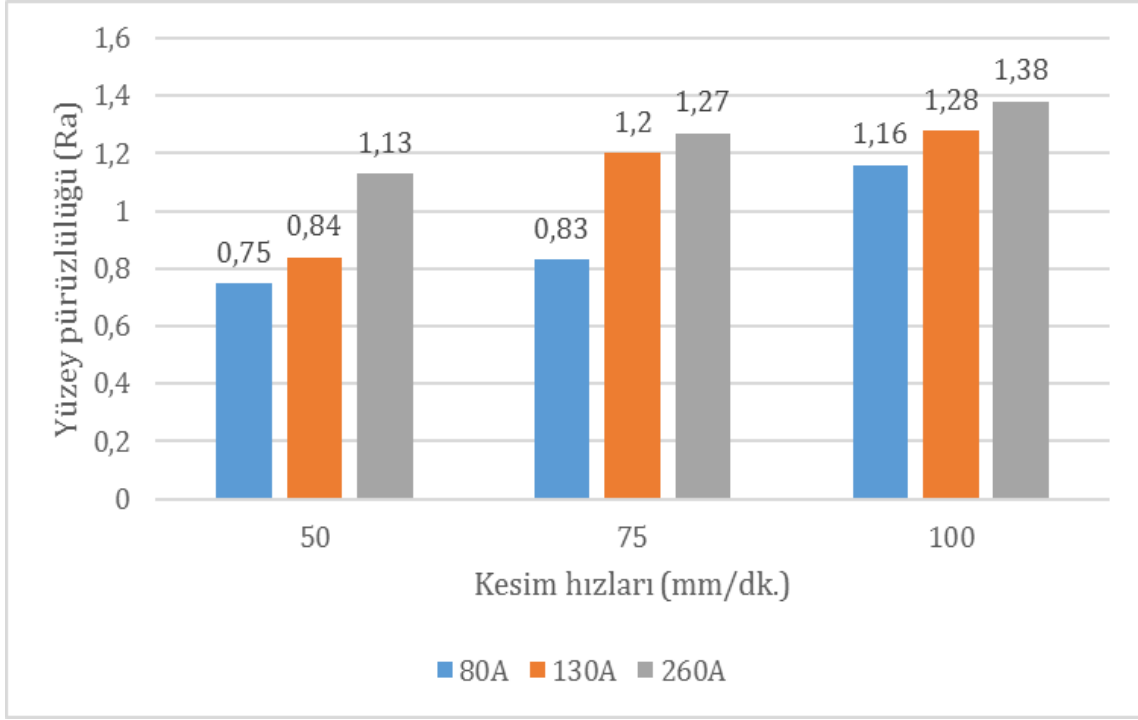


Şekil 6. 6 mm, 260A'de 50, 75 ve 100 mm/dk. kesim sonucunda yüzeylerin makro görünümü (x20)

Kesilen yüzeylere ait makro görüntüler incelendiğinde 80A ve 130A değerlerinde yapılan kesimlerin yüzey görüntüsü açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. 260A ile kesimde yüksek voltaj ve yüksek amper değeri nedeniyle malzeme yüzeyinde renk değişimi, yanmalar, kararmalar görülmüştür. Yapılan incelemeler sonucunda ise 6 mm gibi ince yapılı malzemelerin düşük amperlerde daha iyi kesim yapıldığı görülmektedir.

Şekil 7'de görüldüğü üzere aynı amperde yapılan kesimlerde, kesim hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğü artış göstermektedir. 80 A'de 50 mm/dk. hızla kesim yapılan malzeme yüzey pürüzlülüğü değeri en düşük çıkarken, 260 A 100 mm/dk. hızda yapılan kesim en yüksek pürüzlülük değerini vermiştir. 75mm/dk. kesimde ise 260A en pürüzlü yüzeyi oluştururken yine 80A de kesimde daha düşük

pürüzlülük değeri ve daha düzgün yüzey elde edilmiştir. Farklı amper değerlerinin kıyaslandığı 100 mm/dk. kesim hızıyla yapılan kesimde pürüzlülük değerleri tüm amperlerin için en yüksek seviyededir.



Şekil 7. Farklı amperlerde ve farklı hızlarda oluşan yüzey pürüzlülükleri

İmalat sanayi sektöründe hızın önemli olduğu bugünlerde, sac malzemelerin kesimi ve imalata yetiştirilmesi önemli bir konudur. Bu nedenle tercih sebeplerinden biri olan plazma kesim ile yapılan bu çalışmada görülmüştür ki kesim amperleri ve kesim hızı ile yüzey kalitesinde ters orantılı bir ilişki varken yüzey pürüzlülük değerleri ile doğru bir orantı vardır. Kesim hızı ve amperi arttıkça, kesilen yüzeylerin kalitesi düşmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri artmaktadır. Kesilen yüzeylerin pürüzlü olması sonucunda bu yüzeylerin düzeltilmesi ek bir işlem ve maliyet gerektirecektir. Amper değerinin artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinin artması ve yüzey kalitesinin bozulmasının sebebi olarak, kesilen malzeme, artan amper değeri ile birlikte yüksek ısılarla maruz kalmaktadır. Isıdaki bu artışın ise malzemede, kesim sırasında eriyerek uzaklaşan kısmının daha pürüzlü bir yapının ortaya çıkarmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

IV. SONUÇ

Deneyisel çalışması yapılan 6 mm kalınlığındaki S355J2G3 malzemeden kesilen numunelerin farklı parametrelerdeki yüzey pürüzlülük değerleri ve yüzey görünüşleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan, CNC plazma makinalarında kesim kalitesine ve yüzey pürüzlülüğüne kesme hızı ile amper değerinin önemli etkilerinin olduğu görülmüştür. CNC plazma ile kesim esnasında bu malzeme için ayarlanan 80 Amper değeri ve 50 mm/dk. kesim hızı parametreleri en düşük pürüzlülük değerini vermiş ve en iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir. Artan amper ve kesme hızı ile numunelerde pürüzlü bir yüzey oluşurken bu pürüzlülük değerleri numune yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir.

Bu çalışma, farklı tür ve kalınlıklardaki malzemeler için kesim sonrasında en iyi kaliteyi ve en düşük pürüzlülük değerini belirlemek adına uygulanabilir. Ayrıca deneysel çalışmalar esnasında farklı amper değerleri ile ortaya çıkan ısı değerinin ölçülebilmesi de kesim kalitesine etkileri hakkında bilgi verecektir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışmada yazarlar, deneysel numune hazırlanmasında katkıları olan Ölmez Çelik Ltd. Şti. firmasına teşekkürlerini sunmaktadır.

V. KAYNAKLAR

- [1] A. E. Kutlu, M. Monno, R. Bini, ” Plazma ile Kesmede İşleme Parametrelerinin Kesme Kalitesine Etkisinin Araştırılması,” *Mühendis ve Makine*, vol. 46, no. 541, pp. 21-29, 2005.
- [2] Y. H. ÇELİK, C. ÖZEK, “CNC Plazma ile Kesmede İşleme Parametrelerinin Kesme Kalitesine Etkisinin Araştırılması,” 6th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ-TÜRKİYE, 2011, pp. 65.
- [3] C. Odabaş, F. Albayrak. (2017, 08 Mayıs). *Plazma Kesme Yönteminin Temelleri*. [Online]. Erişim: http://www.askaynak.com.tr/contents/34/20120413031826_plazma-kesme-yonteminin-temelleri.pdf.
- [4] L. ÖNCEL, “316L Çelik Esaslı İmplantların Çeşitli Kesilme Yöntemleri ile Kesilmesinin ve Kesim Sonrası Tavlama İşlemlerinin Mikroyapısal Karakterizasyonu,” Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [5] Göktürk CNC ve Otomasyon, (2017, 5 Mayıs). [Online]. Erişim: <https://www.gokturkcnc.com/katalog>,
- [6] M. Kafalı, “Gemi İnşa Sanayinde Bulanık Karar Verme Uygulamaları,” Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2009.
- [7] S. Anık, A. Öğür, Ve M. Vural, “Termik kesme teknolojisi,” *Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü*, no 2, pp. 184, 1996.
- [8] A. Narimanyan,” Unilateral conditions modelling the cut front during plasma cutting: FEM solution ,” *Applied Mathematical Modelling*, vol. 33, no. 1, pp. 176, 2009.
- [9] 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,” *10th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis*, İstanbul, TÜRKİYE, 2010, pp. 12.
- [10] A. Choudhury, and S. Shirley, “Laser cutting of polymeric materials: an experimental investigation,” *Optics & Laser Technology*, vol. 42, no. 3, pp. 503, 2010.