

Elektroerozyon Yöntemi ile Tornalama

İsmail COŞKUN, Mehmet Fatih IŞIK

ÖZET

Bu makalede elektroerozyon yöntemi kullanılarak tornalama işlemi yapan bir tezgahın tasarımı yapılmıştır. Öncelikle tezgahın mekanik aksamı ile tornalama işlemini yapabilmesi için iş parçasının işlenebileceği bir elektronik divizör sistemi tasarlanmıştır. Böylece sistem elektroerozyon yöntemi ile yüzey pürüzlülüğü yüksek olan tornalama işlemi için kullanılabilir hale getirilmiştir. Tasarlanan sistemdeki eksel hareketler ile divizör hareketi için PLC destekli servomotorlar kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Dalma elektroerozyon, Tornalama, Elektroerozyon ile tornalama

Turning by Electro Discharge

ABSTRACT

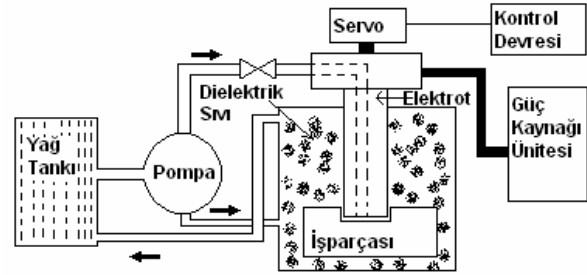
In this paper, the design of a machine tool which can do turning operations by using electrical discharge machining methods was designed. Machine tool have been designed then an electronic dividing system to hold the work piece to perform the turning process was designed. In this way, the system was enabled to be used for turning operations by Electrical Discharge Method. A PLC supported servomotors were used to dividing motion and axis motions in the designed system.

Key Words : Die sinker electroerosion, Turning, Turning by electro discharge

1.GİRİŞ

Endüstriyel imalat yöntemleri genel olarak malzeme işleme ve talaşsız şekillendirme olmak üzere iki grupta toplanabilir. Malzeme işleme yöntemleri de alışılmış (klasik) imalat yöntemleri ve alışılmamış (modern) imalat yöntemleri olarak iki gruba ayrılır (1).

Günümüzde elektroerozyon ile işleme (EDM - Electrical Discharge Machining) yaygın olarak kullanılan ve alışılmamış bir malzeme işleme yöntemidir. Özellikle CNC ve benzeri tezgahlarda yapılması zor olan parçaların, çok sert malzemelerin, ve karmaşık biçimlerin kolaylıkla işlenebilmesi bu yöntemin kullanım alanını genişletmiştir (2-5). Elektroerozyon tezgahında, kontrollü elektrik arklarıyla talaş kaldırılır. Her bir ark iş parçası üzerinde küçük bir krater meydana getirir. Arkın sürekli dolaşmasıyla şablonun şekli karşı tarafa geçirilir. Klasik tezgahların aksine bu teknikle sertleştirilmiş parçalar ve sert maden uçlar kolaylıkla işlenebilir (6). Bu özellik, tezgaha çok önemli bir uygulama sahası açmaktadır. Elektroerozyon tezgahının önemli bir avantajı da kesme kuvvetinin olmamasıdır (7). Şekil 1'de Dalma elektroerozyon tezgahının şematik olarak gösterimi verilmiştir.



Şekil 1. Dalma EDM elemanlarının şematik olarak gösterimi

Endüstriyel uygulamalarda genellikle iki ayrı elektroerozyon tezgahı tipi kullanılır. Bunlar;

1. Tel (Wire) Elektroerozyon
2. Dalma (Die Sinker) Elektroerozyon

Elektroerozyon işlemi, özellikle, uzay malzeme ve alaşımları, iletken malzemeler ve süper tok olan malzemelerin işlenmesinde başarılı olarak kullanılmaktadır. Özellikle işlenmesi çok zor olan karmaşık şekilli parçaların işlenmesi bu işlemlerle rahat bir şekilde yapılmaktadır. Bu kesme işlemi, imalat sanayinde sürekli artan bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metod, plastik sanayinde de çelik kalıplar, ekstrüzyon kalıplar içinde kullanılmaktadır (9).

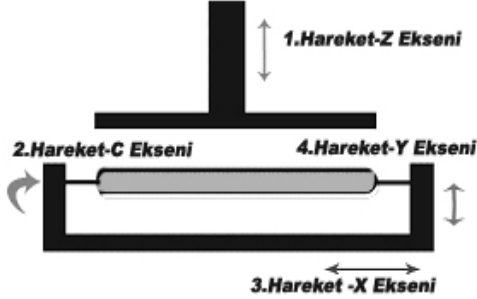
Bu çalışmada dalma elektroerozyon yöntemi ile tornalama işlemi yapacak olan tezgahın mekanik, elektrik güç kaynağı, eksel hareket kontrol sisteminin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu sistemin diğer dalma EDM tezgahlarından en önemli farkı, tezgaha elektronik divizör eklenerek malzemenin elektroerozyon ile tornalama işlemi gerçekleştirmesidir.

Makale 03.01.2008 tarihinde gelmiş,22.09.2008 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

İ. COŞKUN, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü 06500 Teknikokullar, ANKARA
e-posta : icoskun@gazi.edu.tr
M.F. IŞIK, Hitit Üniversitesi Meslek Yüksekokulu
19169 Merkez, ÇORUM
e-posta : ifatih@gazi.edu.tr
Digital Object Identifier 10.2339/2008.11.4. 285-291

2. MEKANİK AKSAMIN TASARIMI VE ADAPTASYONU

Elektroerozyon yöntemi ile tornalama yapılabilmesi için C eksenini olarak bilinen eksene, divizör tasarımı yapılarak monte edilmiştir. Eksenlerdeki hareketin kolayca yapılabilmesi için eksenlere kızaklar yerleştirilmiştir. Buna göre tasarlanan hareket sistemine ait mekanik aksam ön tasarımı Şekil 2’ de gösterilmiştir.

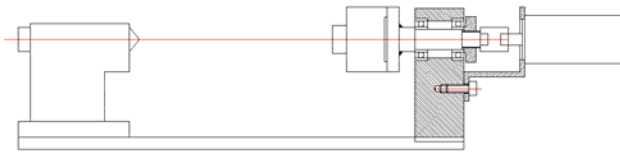


Şekil 2. Ön tasarımı yapılan eksenel hareket sistemi

Eksen hareketi için tasarlanan mekanik aksama ait tasarım şekilleri aşağıda verilmiştir. Buna göre X eksenini için mil ve bilya kullanılmıştır. Ayrıca taşıyıcı mili servomotor miline bağlamak için GS-14 Rotex marka kaplinler işlenerek motora uygun ölçülere getirilerek adaptasyonu sağlanmıştır. Mekanik aksam ve servo motorların montajı için gerekli olan ölçüler alındıktan sonra işleme için AutoCAD programı kullanılarak gerekli çizimler yapılmıştır (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. C Ekseninin tasarımı



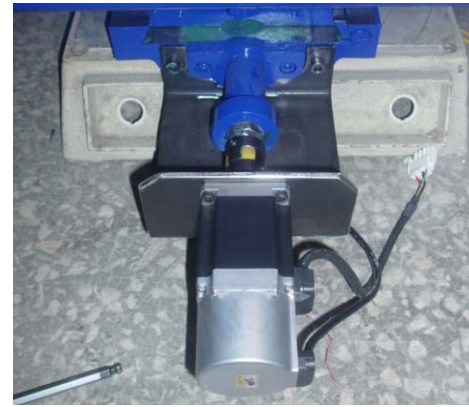
Şekil 4. C Eksenini için punta, divizör ve servo bağlantısı

C eksenini hareketi için kullanılan divizör sistemini taşıyacak olan tezgah aynası üzerinde monte edilen 15 mm’lik alt tabla plakası oluşturulmuştur. Dönme hareketini sağlayacak olan servomotor ile divizör mekanizmasının uyumunu sağlayacak olan kaplin bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Servomotorun mil çapı 14 mm olarak ölçülmüş ve buna göre sistem tasarlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Servomotor divizör bağlantısı (C Ekseni)

Ayrıca alt tablanın X ve Y eksenlerindeki hareketleri gerçekleştirmek için alt tabla ya iki adet AC servomotor takılmıştır. AC servomotorların mekanik aksam ile olan adaptasyonunu gerçekleştirmek için 14 mm’ lik boşluksuz mil kaplini kullanarak bağlantı tamamlanmıştır (Şekil 6-7).



Şekil 6. Y eksenini servomotor bağlantısı



Şekil 7. X eksenini servomotor bağlantısı

Z eksenini için hassas hareket sağlaması amacıyla doğrusal raylı kızaklar kullanılmıştır. Doğrusal raylı kızaklar çift taraflı olacak şekilde tasarlanmış ve monte edilmiştir. Çünkü elektrotun bağlı olduğu kafanın sağa veya sola kaçması durumunda iş parçası üzerinde istenmeyen hasarlar oluşabilmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için elektrodun bağlanacağı kafanın merkez noktası bulunarak, merkez noktasına eşit uzaklıktaki yönlere (sağ-sol) doğrusal raylı kızaklar eklenerek hassas bir işleme yeteneği sağlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Z eksenli mekanik imalat şekli

Eksen hareketleri için, gerçekleştirilen mekanik aksama ait tasarlanan sistem Şekil 9' de gösterilmiştir.



Şekil 9. Mekanik aksam genel görünüm (X-Y-Z-C eksenli)

3. GÜÇ KAYNAĞI (JENERATÖR) TASARIMI

Elektroerozyon tezgahı için talaş kaldırma sisteminin önemli bir bölümünü teşkil eden güç kaynağı (jeneratör) ünitesi temel olarak şu bileşenlerden oluşur;

1. DC güç kaynağı (Çok hızlı açma-kapatma işlemi yapabilen)
2. Dielektrik sıvı
3. İş parçası ve elektrod
4. Servo sistem

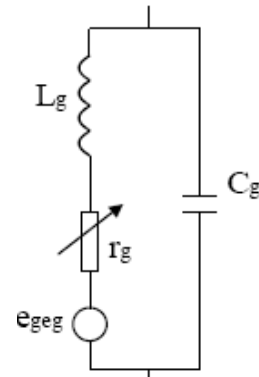
Elektroerozyon tezgahlarında önemli olan faktör talaş kaldırma oranının iyi bir şekilde ayarlanabilmesidir. Talaş kaldırma oranı ve yüzey pürüzlülüğü elektrik akımının boşalma süresi ve akımın büyüklüğüne bağlıdır. Akım artarsa talaş kaldırma miktarı da artar aynı zamanda yüzey pürüzlülüğü de azalır. Erozyon frekansı arttırılırsa, yüzey pürüzlülüğü daha iyi olur ama buna bağlı olarak elektrot da daha fazla aşınır. Bu parametrelerin ayarlandığı güç kaynağı ünitesi genel olarak iki gruba ayrılabilir (10).

1. Aşınmalı Çalışma, Sürekli enerjili; bu tip güç kaynaklarında sürekli olarak akım vardır. Bunun sebebi iyi bir yüzey oluşturmaktır. Eğer aşınma süresi sonunda çalışma devam ederse elektrod aşınır, frekans düşer ve talaş kaldırma oranı azalır.

2. Aşınmaz Çalışma; frekanslı ve boşalma akımı süreklidir. Burada talaş kaldırma oranı belirlenebilir.

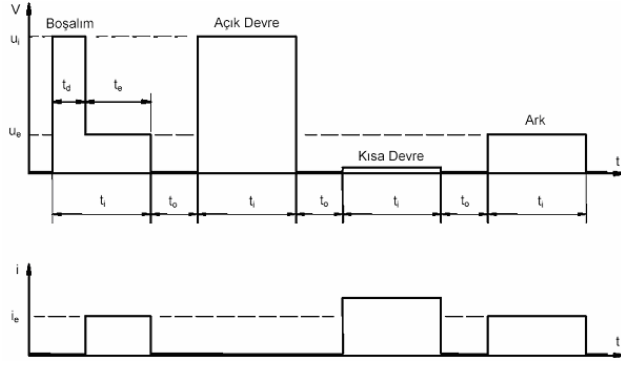
Yukarıda gruplara ayrılan güç kaynakları genellikle sayısal olarak bilinen operatör panel üzerinden kontrol edilerek gerekli değerler girilerek yapılmaktadır.

İyi bir jeneratörü tasarlayabilmek için EDM sistemi içinde olan aralık (gap) gerilimini iyi tespit etmek gerekir. EDM sistemi, iş parçası ile elektrot arasında meydana gelen aralık voltajının kontrolüne göre çalışmaktadır. Bunun yanı sıra güç kaynağı tasarımı sırasında, elektrot ile iş parçası arasında ne kadarlık bir süre bekleneneceği gibi hususlar önemli olduğu için göz önüne alınmalıdır. GAP voltajının çalışma modeli Şekil 10' da gösterilmiştir (11).



Şekil 10. Aralık gerilimini oluşturan elektrik devresi

Elektroerozyon ile talaş kaldırma esnasındaki boşalım işlemi genel olarak akım ve gerilim değerleri tarafından oluşur. Akım ve gerilimin zamanla değişimlerine ait sinyal şekilleri Şekil 11' de verilmiştir(12).

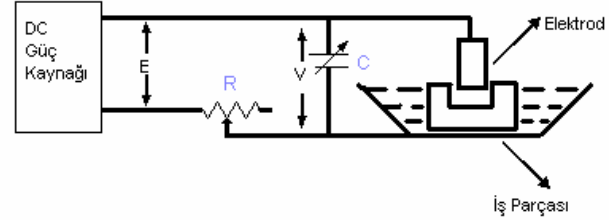


Şekil 11. Gerilim kontrollü bir vurum jeneratöründe vurumların gerilim ve akım sinyal şekilleri.

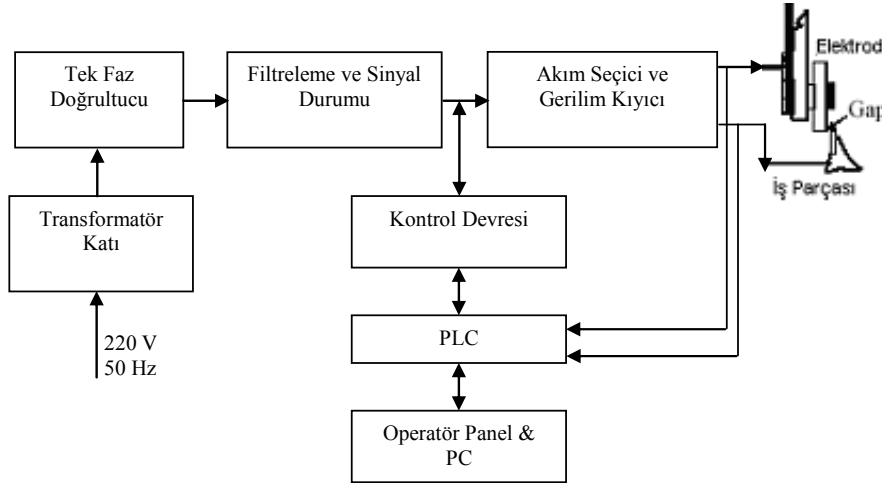
Şekilde yer alan sinyallere ait parametreler ise şunlardır;

- a) Gecikme süresi (t_d) : Talaş kaldırma işlemi öncesi dielektrik sıvının iyonlaşması.

- k) Vurum enerjisi (W_e) : Boşalım süresince işleme aralığındaki enerji.
 l) Ortalama çalışma gerilimi (U) : İşlem süresince işleme aralığında ölçülen gerilimlerin aritmetik ortalaması
 m) Ortalama çalışma akımı (I) : İşlem süresince işleme aralığında geçen akımın aritmetik ortalaması

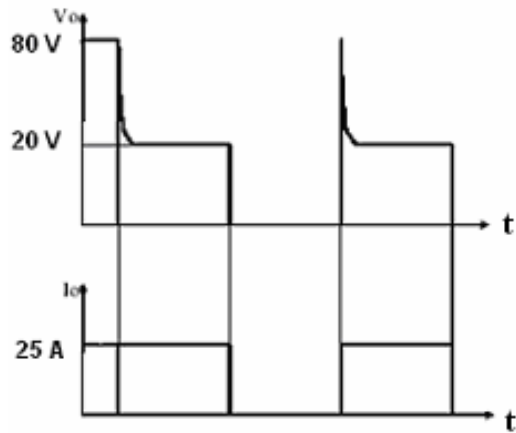


Şekil 12. Aralık gerilimini oluşturan devre şeması



Şekil 13. Tasarlanan güç kaynağının blok şeması

- b) Boşalım süresi (t_e) : Kıvılcım oluşma süresi.
 c) Vurum süresi (t_i) : İlk işlem ile son işleme ait toplam süre ($t_i = t_d + t_e$).
 d) Bekleme süresi (t_0) : İki işlem arasındaki süre.
 e) Vurum çevrim süresi (t_p) : Jeneratör tarafından uygulanan vurum ve bekleme sürelerinin toplamı ($t_p = t_i + t_0$).
 f) Vurum frekansı (f_p) : Jeneratör tarafından elektrotlar arasına birim zamanda uygulanan gerilim vurumlarının sayısı.
 g) Açık devre gerilimi (u_i) : Akım boşalımı olmadığı anda işleme aralığında olan gerilim.
 h) Boşalım gerilimi (u_e) : Boşalımın devam ettiği sürece ölçülen gerilim.
 i) Boşalım akımı (i_e) : Boşalım süresince işleme aralığından geçen akım.
 j) Boşalım gücü (P_e) : Bir boşalım süresince uygulanan güç ($P_e = u_e(t) \cdot i_e(t)$).



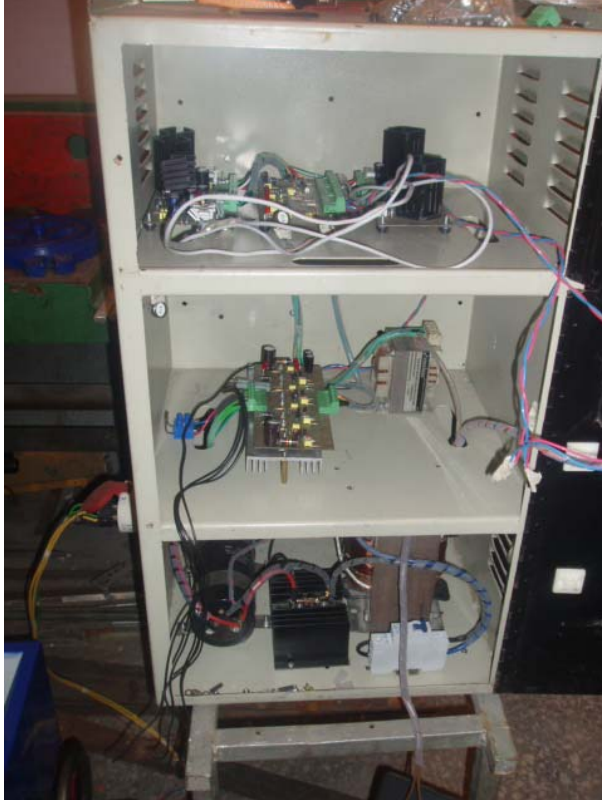
Şekil 14. Güç kaynağı akım ve gerilim çıkış dalga formları

Geliştirilen güç kaynağı isopulse tipi güç kaynağı olup aralık gerilimi maksimum 80 V'ta kırılmaktadır.

Bu sırada elektrod üzerinden kademeye bağlı 25A' lik bir akım geçişi olmaktadır.

Güç kaynağının frekansı 10KHz dir. Bu nedenle ton-toff süreleri sınırlandırılmıştır.

Yapılan açıklamalar ışığında ve verilen bağlantı şekillerine göre tasarımı yapılan güç kaynağı fotoğrafı Şekil 15' de verilmiştir. Panel içinde AC-DC dönüşümü yapan ve filtreleme işlemi 1.katta, gap voltajı, ton, toff, bekleme süresi ve geri çekme sürelerini ayarlama işlemi 2.katta ve DC servomotoru sürme işlemi ve devre kartları da 3.kata yerleştirilmiştir.



Şekil 15. Tasarlanan güç kaynağı ünitesinin fotoğrafı

Tasarlanan tezgahın mekanik olarak elektroerozyon yöntemi ile tornalama işlemi için uygun yapıya getirme işlemi ve talaş kaldırma işlemini gerçekleştirecek olan güç kaynağı ünitesi imalatının tamamlanmasından sonra deneysel çalışmalar ile yüzey pürüzlülüğü açısından klasik tornalama işlemi ile kıyaslaması yapılmıştır.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde elektroerozyon ile tornalama için test işlemleri yapılmıştır. İşleme parametreleri göre test sonuçları elde edilmiş, grafiksel olarak incelenmiş ve klasik tornalama ile kıyaslanarak yorumlanmıştır.

4.1. Elektrot

Deneylerde kullanılan elektrotlar saf bakır elektrot, kompozit elektrotların performanslarının değerlendirilmesinde referans oluşturması açısından 20 mm çapta ve 150 mm ve 160 mm boyda elektrolitik bakırdan, hassas işleme yapabilmeleri için dolu bakır elektrotlar kullanılmıştır.

Çizelge 1. Dolu bakır elektrot kimyasal özellikleri

Element	Cu	O	Sn
%	99,94	0,0035	0,018

Deneylerde kullanılan bakır elektrotlar amaca uygun olarak istenilen şekillerde işlenmiştir. (Şekil 16)



Şekil 16. Üretilen elektrotlar

4.2. İş Parçası

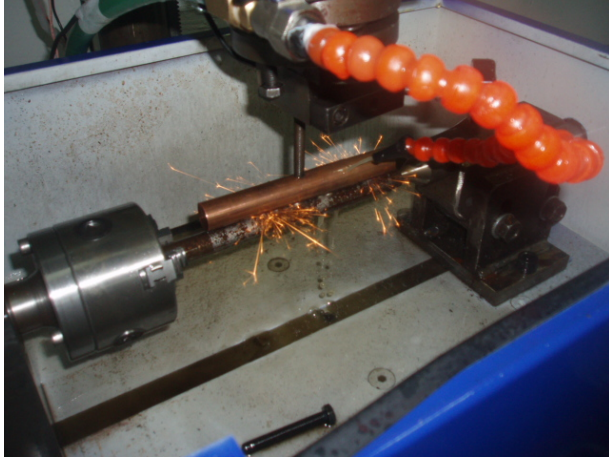
Deneylerde iş parçası olarak 20 mm çapında Ç 2080 takım çeliği malzemeden üretilmiş dairesel şekilli parçalar kullanılmış ve tornalama işlemi için C eksenine bağlanmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. İşlenecek malzemenin C eksenine takılması

4.3. Dielektrik Sıvı

Sistemde dielektrik sıvı olarak motorin (mazot) kullanılmıştır. Tüm işlemlerde yandan püskürtmeli yöntem kullanılmıştır (Şekil 18).

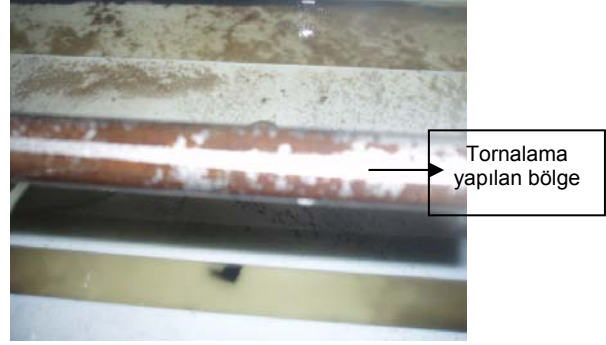


Şekil 18. Dielektrik sıvı püskürtme sistemi

4.4. İşleme Parametreleri ve İşlenen Parça

İş başlığının aşağı ilerleme hareketi, otomatik derinlik kontrol sistemi yardımıyla (Z eksenine olarak adlandırılan eksende kullanılan DC servo motora eklenen encoder yardımıyla) önceden belirlenen değere göre (1mm) yapılmıştır. Boşalım akımı (ie) olarak 5, 10, 15, 20, 25 A olarak, vuruş süresi (ti) olarak 6, 12, 25, 50, 100 μ s, açık devre gerilimi (Vo) 80V ve + polarite elektrot da olmak üzere deneyler yapılmıştır.

İşleme esnasında C eksenine olarak adlandırılan divizör (dönme) eksenine bağlı olan iş parçası düşük devirde döndürülmüş ve elektrotun dalması başlatılmıştır. Böylece tornalama işlemine benzer şekilde işlem yapılmış fakat talaş kaldırma işlemi için elektroerozyon yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen yüzeye ait görüntü Şekil 19'da gösterilmiştir.

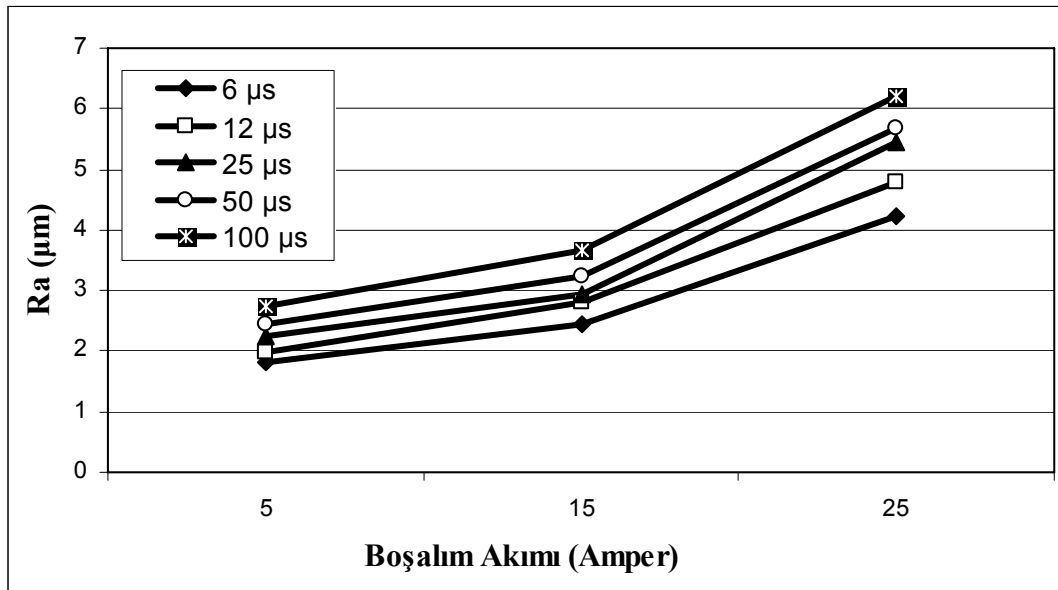


Şekil 19. İşleme sonrası iş parçasının durumu

Çalışmada geliştirilen önemli bir işlemde, işleme yapılmaya başlandığında kaba işleme ile aşındırma yaptırılmış ve dalma derinliğine yaklaştığında ise yüzey pürüzlülüğünü azaltmak amacıyla ince işleme yapılmıştır. Elektroerozyon işlemleri sonucu iş parçası yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülüklerini ölçmek için SADT markalı LCD ekranlı 0,01 μ m hassasiyetli yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 20'de gösterilmiştir.

Şekil 20 değerlendirildiğinde iş parçası yüzey pürüzlülük değerleri (Ra), boşalım (işleme) akımının ve vuruş süresinin artmasıyla artmaktadır. Akımın artmasıyla vuruş süresi boşalım enerjisi artmakta, bu da iş parçasından daha fazla talaş kalkmasına neden olmaktadır. Böylece iş parçası yüzeyinde daha büyük kraterler oluşmaktadır. Daha büyük kraterler ise yüzey pürüzlülüğü değerinin artmasına neden olmaktadır.

Kıyaslama yapma amacıyla benzeri bir parça torna tezgahında işlenmiş ve elde edilen yüzey



Şekil 20. Farklı akım yoğunluklarında vuruş süresine bağlı iş parçası yüzey pürüzlülük değerleri

pürüzlülük değerleri elektroerozyon ile işlemede elde edilen değerlerle kıyaslanmıştır. Elde edilen değerler incelendiğinde elektroerozyon ile işlemede elde edilen yüzey pürüzlülüğünün daha iyi olduğunu göstermiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Klasik elektroerozyon sistemleri daha çok kalıp imalat işlerinde kullanılan ve genellikle bir yönlü hareket kabiliyeti olan sistemlerdir. Bu sistemler yağ dolu bir kap içerisinde bulunan işlenecek bir parça ile aynı ortamda bulunan kalıp parçasının (master kalıp) bir yönlü hareket ile teması sırasında geçen akımın meydana getirdiği elektrik arkı sonucu, master parçanın işlenecek parçadan talaş kaldırması (aşındırması) işlemidir. Bu sistemin olumsuz bir özelliği işlenecek parçalarda yüzey işlemleri yapabilmek özelliğinin bulunmamasıdır.

Ayrıca klasik elektroerozyon ile işlemede eksen hareketleri el ile kontrol edilmektedir. Bu çalışmada iş parçasına divizör (C eksen-dönme) hareketi de servo motor ile kontrol edilerek malzemenin dönerek işlenebilmesine imkan sağlamasıdır. Divizör hareketi ile işlenecek malzeme aynı zamanda tornalama sistemi içinde uygun bir yapıya sahip olmuştur.

Gelişen imalat sektörlerinde, tornalama işlemleri sırasında karşılaşılan sorunlardan bir tanesi, kesici ile işlenen yüzey arasında ısınma meydana gelmekte ve bu durum da işlenen parçanın yüzey sertleşmesine sebep olmaktadır. Diğer ise eğer işlenen parçanın çapı küçük, boyu uzun ise böyle bir parçanın tornalanması zordur. Ayrıca ifade edilen olumsuzlukların ötesinde bu tip tornalama işlemlerinde işlenen parçalarda yüzey pürüzlülüğü yüksek olmak ve bu durum da imalat kalitesini düşürmektedir.

Bu çalışma ile geliştirilen elektroerozyon yöntemiyle tornalama sistemi, işlenecek parçayı üç eksenle işleme yeteneğine sahip, tornalama elektrik akımı geçişiyle meydana gelecek elektrik arkıyla talaş kaldırma yöntemine göre çalışacağı için işlenen parçada yüzey sertleşmesi, küçük çaplı ve uzun boylu ve yumuşak malzemelerin işlenememesi gibi bir sorun meydana gelmeyecektir. Bu özellikleri ile geliştirilen elektroerozyon yöntemiyle tornalama sistemi, gelişen imalat sanayinin karşılaştığı bu tip problemlerin giderilmesine katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Erden A., "Alışılmamış İmalat Yöntemleri", Atılım Üniversitesi Mekatronik/Üretim Mühendisliği Bölümü Ders Notları, 2000.
2. Uzun İ., Erişkin Y., "Saç Metal Kalıpcılığı" Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1983.
3. Halkacı S.H., "Elektroerozyon (EDM) İle İşlemede Yarı Küresel Uçlu Genel Amaçlı Elektrodların Kullanılabilirliğinin Araştırılması" S.Ü.Bilimsel Araştırma Projesi, Konya, Proje No : 98/081,2002.
4. Ekmekçi B., Elkoca O., Tekkaya A. E., Erden A., "Residual Stress State and Hardness Depth in Electric Discharge Machining: De-ionized Water as Dielectric Liquid", Machine Science and Technology, Vol. 9, pp. 39-61, 2005.
5. Ekmekçi B., Elkoca O., Erden A., A "Comparative Study on the Surface Integrity of Plastic Mold Steel due to Electric Discharge Machining", Metallurgical and Materials Transactions B, Vol. 36B, pp. 117-117, February 2005.
6. Doval-Gandoy, J., Pasandin, R., Fernandez, B., "Sharpened of saw blades by electrical discharge Machining", Industrial Electronics Society, 2005. IECON 2005. 32nd Annual Conference Of IEEE, 6-10 Nov. 2005 Page(s):5 pp.
7. Furkan Makine Sanayi "Elektroerozyon Tezgahları Temel Bilgiler Kılavuzu", 2000.
8. N. L. Kachharv and K. S. Shah, "The Electric Discharge Machining Process", Jounsl of the InslnNtion of Engineen (India). Mechanical Engineering Division, Vo1.51, Issue.5, pp.67 -73. 1971
9. Şahin Y., "Talaş Kaldırma Prensipleri 2" , Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2001.
10. Sen B., Kiyawat,N., Singh P.K., Mitra S., Yrmd J.H., Purkait P., "Developments in Electric Power Supply Configurations for Electrical Discharge-Machining (EDM)", Proceedings of the IEEE, vol.12, pp. 659-664, 2003.
11. Wollnberg G., Shulze H.P., Timm M., Pape Th., "Simulation of EDM Installations", Proceedings of ISEM XI", Lausanne Switzerland, April 17-21, pp.153-162, 1995.
12. Çoğun, C., Erden, A., "Computer Aided Control of Electric Discharge Machining", Proc. 2nd National Machine Design and Production Conference, METU, Ankara, pp.105-112, 1986.