

Farklı Elektrotlar ile Delik Delme İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi

Examination of Surface Roughness in the Hole Drilling Process with Different Electrodes

Volkan Yılmaz^{1*}, Ceren Y. Yılmaz², Mustafa Özdemir³, Murat Sarıkaya⁴,

¹Gazi Üniversitesi, Kazan MYO., Ankara, Türkiye, E-posta: volkan@gazi.edu.tr

²Gazi Üniversitesi, Kazan MYO., Ankara, Türkiye, E-posta: cerenyaman@gazi.edu.tr

³Bozok Üniversitesi, Makine ve Metal Tekn., Yozgat, Türkiye, E-posta: mustafa.ozdemir@bozok.edu.tr

⁴Sinop Üniversitesi, MYO., Sinop, Türkiye, E-posta: msarikaya@sinop.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, elektro erozyon ile işleme (EEİ) yöntemiyle 16Mo3 malzemesinermikro derin delikler delinmiştir. Deneylerde üçfarklı boşalım akımı, üç farklı elektrot devir sayısı veiki farklı elektrot (pirinç ve bakır) kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonrasında elde edilen deliklerin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüş ve işleme parametreleri ile elektrot cinsinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca varyans analizi (ANOVA) ile deney giriş parametrelerinin deney sonuçları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Mikro delik delme, elektro erozyon ile işleme, işlenebilirlik, yüzey pürüzlülüğü

Abstract

In the study, method of electro discharge machining was drilled micro deep holes to 16Mo3 material. In the experiments, three different discharge currents, three different electrode rotational speed and two different electrode (brass and copper) were used. Following the experiments, were measured values of obtained surface roughness and type of electrode with processing parameters were investigated the effects on the surface roughness. Moreover, experiment input parameters with analysis of variance (ANOVA) were statistically analyzed the effect on test results.

Keywords: Micro hole drilling, electro discharge machining, machinability, surface roughness

1. Giriş

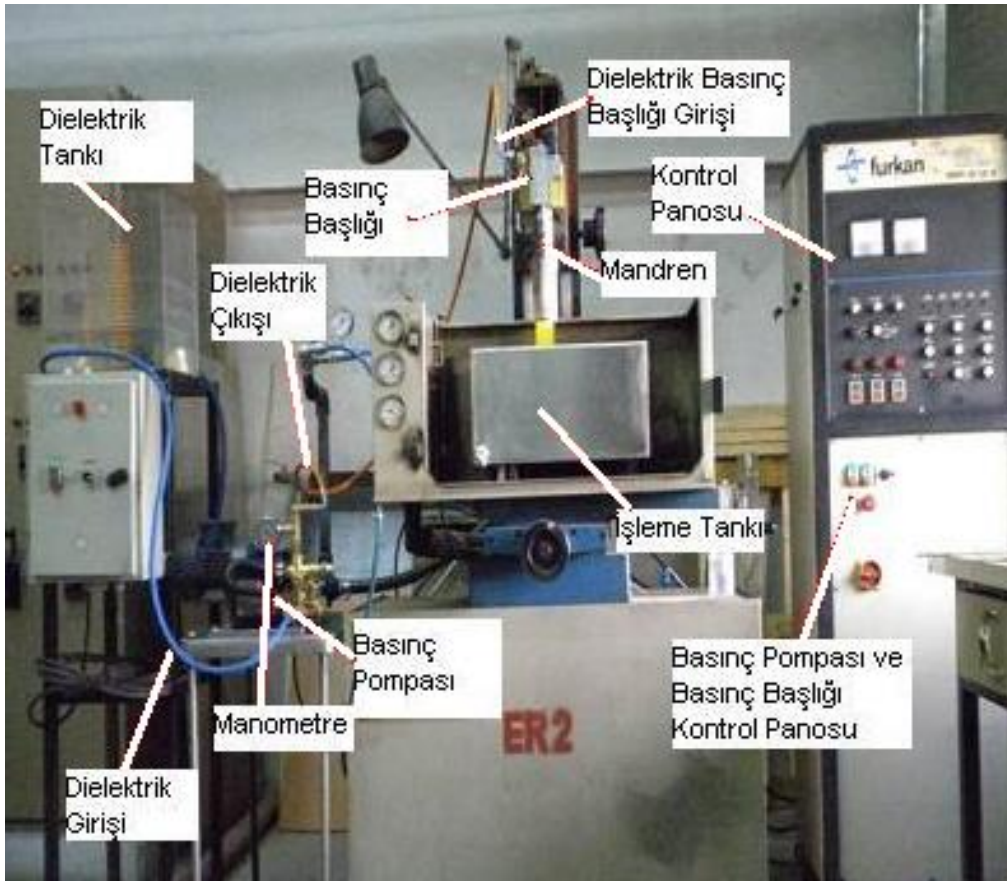
Talaşlı imalatın önemli bir kısmını oluşturan delik delme işlemi özellikle çok sert parçaların delinmesinde mekanik yüklerden dolayı çeşitli sorunlar barındırmaktadır. Bu sorunların yanında küçük çap ile yüksek boy oranının beklendiği yapılarda alışılmış imal usulleri yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla araştırmacılar son zamanlarda alışılmış imalat yöntemleri ile delinmesi zor olan yüksek mekanik özelliklere sahip iş parçalarını delmek için çeşitli yöntemlere yoğunlaşmışlardır. Bu yöntemlerden bir tanesi de EEİ yöntemidir. Bu yöntem sayesinde 0.1 ile 3 mm arasındaki çaplardaki delikler rahatlıkla delinebilmektedir. Yöntem istenilen devir sayılarında kendi eksenini etrafında dönen ve içerisinden istenilen basınç değerlerinde dielektrik sıvı püskürtülen bir elektrot sayesinde iş parçasına temas etmeksizin çalışmaktadır. Yöntemde mekanik yük ve bu yüklerin etkileri olmadığı için özellikle çok sert parçaların işlenmesi ve küçük delik çapları ile yüksek delik boylarının elde edilmesi diğer yöntemlere nazaran daha kolay olmaktadır [1-2]. EEİ ile delik delme işlemlerinde araştırmacılar yöntemde kullanılan işleme parametrelerinin delik delme performansı üzerindeki etkilerine yoğunlaşmışlardır ve en uygun işleme parametreleri ile en iyi çıktılar (iş parçası işleme hızı, elektrot aşınma hızı, yüzey pürüzlülüğü, delik konikliği vb.) üzerinde

durmaktadırlar[3-5]. Delik delme işlemlerinde en önemli çıktı parametrelerinden bir tanesi olan delik duvarlarının yüzey pürüzlülük değerleri (R_a) EEİ ile delik delme işlemlerinde de yöntemin kullanılabilirliğinin önemli bir göstergesidir ve yüzey pürüzlülük değerlerinin düşürülmesi için çalışmalar hızla devam etmektedir [6].

Bu çalışmada farklı işleme parametreleri (boşalım akımı ve elektrot devir sayısı) ve farklı elektrot takımlar (pirinç ve bakır) ile 16Mo3 malzemesine 0.5 mm çapında ve 20 mm boyunda delikler delinmiş ve işleme parametreleri ile elektrot cinsinin yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Deneyisel çalışmalarda FURKAN marka “EEİ M50A” tip EEİ tezgâhı kullanılmıştır. Elektro erozyon tezgâhının hareketli kafa kısmına değişik devirlerde elektrot takımı döndürecek ve içinden istenilen basınç değerinde işleme sıvısını (dielektrik sıvı) işleme bölgesine püskürtecek bir basınç başlığı monte edilmiştir. Deney düzeneği Resim 1’de görülmektedir.



Resim 1. Deney Düzeneği

Deneylerde elektrot olarak boyu 400 mm ve çapı 0.5 mm olan bakır ve pirinç elektrotlar, dielektrik sıvı olarak ise saf su kullanılmıştır. Deney numunesi olarak kalıp sanayinde kullanılan 16Mo3 malzeme kullanılmıştır. Deney numuneleri 5x20x80 mm ebatlarında hazırlanmıştır. 16Mo3 malzemesinin kimyasal bileşimi Çizelge 1’de elektrot ve işparçasının

sabitlenmesi ise Resim 2’de verilmiştir. Deneyler sonrasında elde edilen deliklerin yüzey pürüzlülük değerleri Mitutoyo SJ 210 yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile ölçülmüştür.

Çizelge 1. 16Mo3 malzemesi kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Co	Ni	Mo	Cu
0,149	0,230	0,737	0,011	0,007	0,042	0,014	0,039	0,286	0,006



Resim 2. Elektrot ve iş parçasının sabitlenmesi

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1.Deneysel Sonuçlar

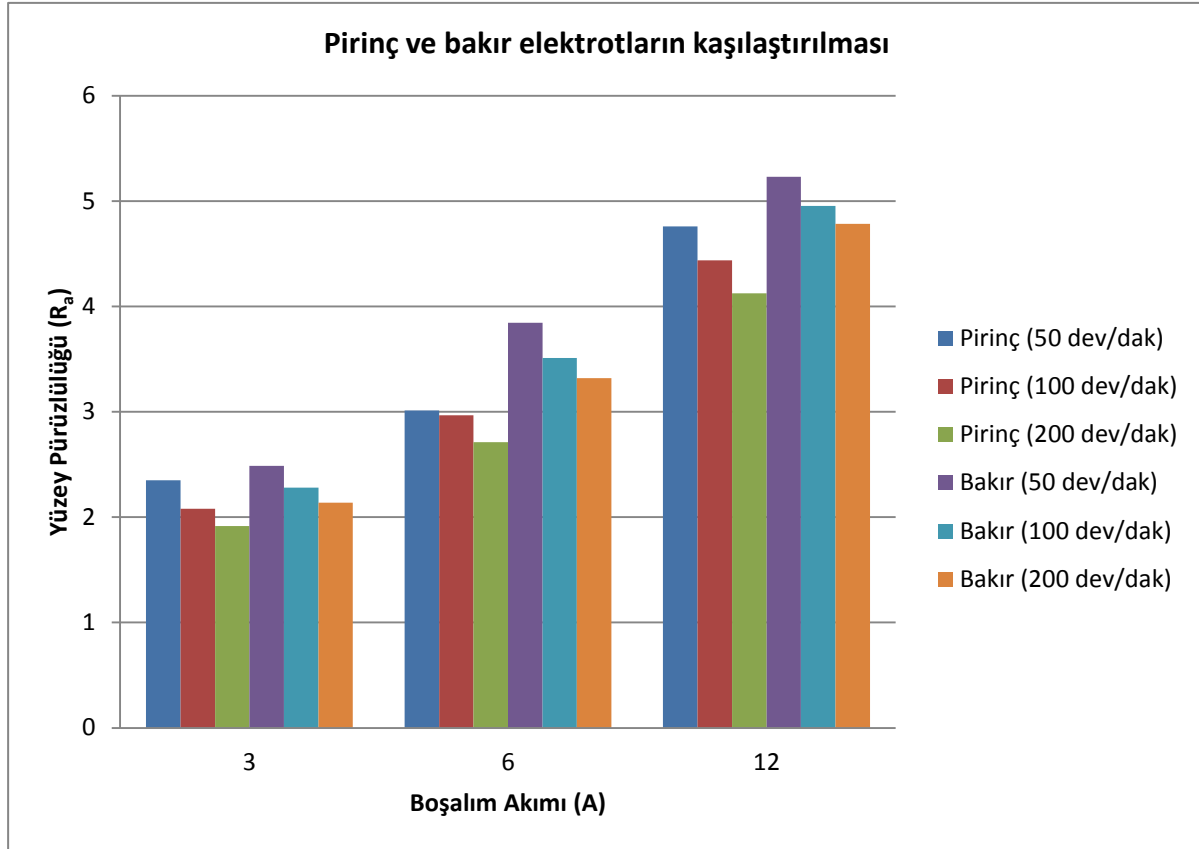
Bu çalışmada EEİ yöntemiyle üç farklı boşalım akımı (3, 6, 12 A), üç farklı elektrot takım devir sayısı (50, 100 ve 200 dev/dak) ve iki farklı elektrot (pirinç ve bakır) kullanılmıştır. Tüm deneylerde dielektrik püskürtme basıncı (40 bar), vurum süresi (50 μ s) ve vurum aralığı (50 μ s) değerleri sabit alınmıştır. Deneyler sonrasında elde edilen örnek delik görünümleri Resim 3’de deney sonuçları ise Çizelge 2’de sunulmuştur.



Resim 3. Deneyler sonrasında elde edilen delik görüntüleri

Çizelge 2. Deney sonuçları

Deney No	Boşalım akımı (A)	Elektrot Devir Sayısı (dev/dak)	Yüzey pürüzlülüğü (R_a) (Pirinç elektrot)	Yüzey pürüzlülüğü (R_a) (Bakır elektrot)
1	3	50	2.35	2.487
2		100	2.08	2.28
3		200	1.915	2.136
4	6	50	3.012	3.845
5		100	2.966	3.51
6		200	2.713	3.32
7	12	50	4.76	5.23
8		100	4.436	4.955
9		200	4.125	4.784



Şekil 1. Pirinç ve bakır elektrotların yüzey pürüzlülük değerleri

Şekil 1 incelendiğinde pirinç ve bakır elektrotların boşalım akımı ve elektrot takım devir sayısı ile yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki ilişki görülmektedir. Boşalım akımının artışı ile yüzey pürüzlülük değerleri arasında doğrudan bir bağlantı vardır ve boşalım akımı değerlerinin artışı yüzey pürüzlülük değerlerini artırmaktadır. Boşalım akımının artışı ile kıvılcımların şiddeti artmaktadır ve böylelikle kıvılcımlar her bir defada iş parçasında daha derin krater oluşturmaktadır. Bu derin kraterlerde yüzey pürüzlülük değerlerinin artmasına neden olmaktadır [1, 3]. Bu çalışmada pirinç elektrotlarda ve 50 dev/dak sabit deneylerde boşalım akımının 3 A'den 6 A'ye yükselmesi ile yüzey pürüzlülük değerleri %28 artmıştır. Bu artış boşalım akımının 6 A'den 12 A'ye yükselmesi ile %58 olarak tespit edilmiştir. 100 dev/dak sabit deneylerde %43 ve %50 olarak tespit edilen artışlar 200 dev/dak deneylerinde ise %13 ve %52 olmuştur. Bu duruma benzer artışlar bakır elektrot için de geçerli olmuştur ve bahsi geçen parametrelere göre bakır elektrottaki artışlar sırasıyla %55 ve %36, %54 ve %41 ile %55 ve %44 olarak tespit edilmiştir. Bu durum EEİ delik delme işlemlerinde düşük yüzey pürüzlülük değerleri için düşük boşalım akımı değerlerinin seçilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Yapılan deneylerde düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde etmek için değerlendirilen parametrelerden birisi de elektrot devir sayısıdır. Pirinç elektrotlarla ve 3 A boşalım akımı ile yapılan deneylerde elektrot devir sayısının 50 dev/dak'dan 100 dev/dak'a yükseltilmesi ile yüzey pürüzlülük değerleri %11, elektrot devir sayısının 100 dev/dak'dan 200 dev/dak'a yükseltilmesi ile de yüzey pürüzlülük değerleri %8 azalmıştır. Benzer azalma 6 A boşalım akımı deneylerinde %2 ve %9, 12 A boşalım akımı deneylerinde ise %7 ve %7 olarak tespit

edilmiştir. Bakır elektrotlarla yapılan deneylerde de bu duruma benzer azalmalar sırasıyla %8 ve %6, %9 ve %5 ile %5 ve %3 olarak tespit edilmiştir. Bu azalma EEİ delik delme operasyonlarında son derece önemlidir ve delik delme işlemlerinde düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri için yüksek elektrot devir sayılarının seçilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Bu azalmanın nedeni ise elektrotun yüksek hızlarda dönmesi esnasında kıvılcımların delik duvarına çarpma şiddetinin azalması ve birim zamanda şiddeti düşük çok sayıda kıvılcımın delik duvarlarındaki krater yüksekliklerini azaltması olarak açıklanmıştır [6].

Bu çalışmada elektrot cinsinin delik yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini tespit etmek amacı ile kullanılan pirinç ve bakır elektrotlar aynı işleme parametreleri ve şartlarına göre farklılık göstermiştir. Tüm deneylerde pirinç elektrot ile bakır elektrotta göre daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. Bu durum elektrotların ısı ve elektriksel özelliklerinden kaynaklanmıştır. Çünkü pirinç elektrot bakır elektrotta göre daha düşük ısı iletkenliğine sahiptir ve pirinç elektrotlarla yapılan işlemlerde işleme bölgesinde oluşan ısının büyük bölümü işparçasına geçmiştir ve böylelikle pirinç elektrotlarla yapılan işlemlerde iş parçası yüzeyi daha fazla ergimiş ve krater yükseklikleri bakır elektrotlarla yapılan işlemlere göre daha az olmuştur. Dolayısıyla pirinç elektrotlarla yapılan işlemlerde daha düşük yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada 3 A boşalım akımı ve 50, 100 ve 200 dev/dak elektrot devir sayısı deneylerinde bakır elektrot yüzey pürüzlülüğü değerleri pirinç elektrotta göre sırasıyla %6, %10 ve %12 yüksek olmuştur. Bu artış 6 A boşalım akımı deneylerinde sırasıyla %28, %18 ve %22, 12 A boşalım akımı deneylerinde ise yine sırasıyla %10, %12 ve %16 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar 16Mo3 malzemesinin EEİ ile delinmesinde pirinç elektrot ile bakır elektrotta göre daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerinin elde edileceğini göstermiştir.

3.2 İstatistiksel Analiz

Çalışmanın bu bölümünde varyans analizi (Analysis of Variance: ANOVA) ile hangi işlem üzerinde hangi faktörlerin ne derecede etkili oldukları istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Yapılan deneylerde elektrot aşınma hızı ve iş parçası işleme hızı sonuçlarının, farklı elektrotlar için girdi parametresi olarak kullanılan boşalım akımı ve elektrot devir sayısı gibi kontrol faktörlerine göre değiştiği kabul edilmiş ve bu kabule dayalı olarak varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi yöntemi; aslında deney sonuçlarında ortaya çıkan toplam değişimin, değişime sebep olduğu varsayılan faktörlere göre ayrıştırılarak toplam varyansın içindeki paylarının belirlenmesini esas alan bir yöntemdir. F-testi olarak da bilinen varyans analizi faktörler veya seviyelerinin birbirinden farksız olduğunu kabul eden belirli bir hipotezin kontrolünde kullanılır. Burada hesaplanan test istatistiği değerinin tablo değerinden küçük olması durumunda faktör veya seviyelerinin etkilerinin önemsiz olduğuna, büyük olması durumunda ise, faktör veya seviyelerinin etkilerinin önemli olduğuna karar verilir. Bu hüküm analiz için belirlenen önem düzeyine göre verilir. Yüzde katkı oranı her bir faktör ve/veya etkileşimin deney sonuçlarının toplam varyasyonuna ne oranda katkı sağladığını temsil etmektedir [7-8]. Bu bilgiler çerçevesinde Minitab16.0 paket programı kullanılarak yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 3 ve Çizelge 4' de verilmiştir.

Çizelge 3. Varyans analizi sonuçları (Pirinç elektrot için)

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F oranı	P değeri	% Katkı
Akımı	2	8.4006	4.2003	452.47	0.000	96
Devir sayısı	2	0.3128	0.1564	16.85	0.011	3.6
Hata	4	0.0371	0.0093			0.4
Toplam	8	8.7505				100

Çizelge 4. Varyans analizi sonuçları (Bakır elektrot için)

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F oranı	P değeri	% Katkı
Akımı	2	10.8585	5.4293	2664.45	0.000	97.3
Devir sayısı	2	0.2967	0.1483	72.80	0.001	2.4
Hata	4	0.0082	0.0020			0.3
Toplam	8	11.1634				100

Çizelge 3 ve Çizelge 4’de verilen varyans analizi sonuçlarına göre pirinç elektrot kullanılarak yapılan deneylerde yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrelerin %96 ile boşalım akımı ve %3.4 ile elektrot devir sayısı olduğu bulunmuştur. Aynı şekilde bakır elektrot kullanılarak yapılan deneylerde ise en etkili faktörlerin %97.3 ile boşalım akımı ve %2.4 ile elektrot devir sayısı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre farklı elektrotlar kullanılmasına rağmen boşalım akımı deney sonuçlarını etkileyen en önemli parametre olarak karşımıza çıkmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmada üç farklı boşalım akımı (3, 6, 12 A), üç farklı elektrot takım devir sayısı (50, 100 ve 200 dev/dak) ve iki farklı elektrot (pirinç ve bakır) kullanılarak 16Mo3 malzemesine mikro derin delikler delinmiştir ve deneyler sonrasında işleme parametreleri ile elektrot cinsinin yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları aşağıda sunulmuştur:

Boşalım akımı değerlerinin artışı ile yüzey pürüzlülüğü değerleri her iki elektrot için de artmıştır. Elektrot devir sayısının artışı ile her iki elektrotta da yüzey pürüzlülüğü değerleri azalmıştır. 16Mo3 malzemesine mikro derin delik delme işlemlerinde pirinç elektrot ile bakır elektrotta göre daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yılmaz, V., “Experimental Investigation of Drillability of Micro Holes Using Electro Discharge Machining”, Ph. D. Thesis, **Gazi University Graduate School Of Naturel and Applied Sciences**, Ankara (2013).
2. Yılmaz, V., Dilipak, H., “Elektro Erozyon İle İşleme (EEİ) Yöntemi İle Mikro Delik Delme Sistemi Tasarımı”, **4. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu**, 7-9 Kasım, Aydın (2013).

3. D.T. Pham, S.S. Dimov, S. Bigot, A. Ivanov, K. Popov., “Micro-EDM recent developments and research issues”, ***Journal of Materials Processing Technology*** 149: 50–57 (2004).
4. Bamberg, E., Heamawatanachai, S., “Orbital electrode actuation to improve efficiency of drilling micro-holes by micro-EDM”, ***Journal of Materials Processing Technology***, 209, 1826–1834 (2009).
5. S. Bigot, J. Valentin, O. Blatnik, M. Junkar, “Micro EDM parameters optimisation”, ***Multi-Material Micro Manufacture***, 195-198, (2006).
6. Yılmaz, V., Dilipak, H., Özdemir, M., Uzun G., “Examining The Surface Roughness While Drilling Micro-Size Deep Holes With Electro Discharge Technique On Hadfield Steel”, ***2. International Symposium on Innovative Technologies in Engineering***, 18-20 June, Karabük (2014).
7. Isık, A. (2006). Uygulamalı istatistik II. Beta Basım Yayın, İstanbul, 5-100.
8. Sarıkaya, M. Investigation of the Machinability of Cobalt-Based Haynes 25 Super Alloy, Ph. D. Thesis, ***Gazi University Graduate School of Naturel and Applied Sciences***, Ankara (2014).