

Elektro-Erozyon ile İşlemede Tel Demeti Elektrot Performansının Deneysel ve Teorik İncelenmesi

Kadir DURSUN*

Strateji Geliştirme Başkanlığı, Sağlık Bakanlığı, Kolej 06600, Ankara, kadir-dursun@hotmail.com

Prof. Dr. Can ÇOĞUN

Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Maltepe 06570, Ankara

ÖZET

Alışılmamış imalat işlemlerinden birisi olan elektro erozyon ile işlemede (EEİ) karmaşık geometriye sahip kalıp ve modellerin kaba, yarı-kaba ve ince işlemleri için ayrı ayrı elektrot yapılması, üretim maliyetlerini ve teslim sürelerini artırmaktadır. Bu çalışmada, kare kesite sahip bakır tellerin işlenecek yüzeye benzer bir tel demeti halinde tutulmasına dayanan Tel Demeti Elektrotunun (TDE) işleme performansı deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Çalışmada, vuruş süresi ve boşalım akımının işleme performansına, tel aşınmasına ve işparçası yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektro erozyon, tel demeti, elektrot aşınması

Theoretical and Experimental Investigation of Electrodes by Using Wire Bunches in EDM Process

ABSTRACT

One of the non traditional manufacturing methods is Electrical Discharge Machining (EDM), making separate electrodes for roughing, semi-finishing and finishing electrical discharge machining of many dies and moulds having complex surface, resulting in development in the cost and the lead-time in the production. In this study, working performance parameters of the electrodes by using wire bunches method depended on the discrete copper wires having square sectional area and positioned to the almost surface to be machined was experimentally and theoretically analyzed. During the study, the working performance parameters, the wearing of electrodes and the surfaces of the machined works were examined according to discharge current and impulse time.

Keywords: EDM, wire bunches, electrode wear

GİRİŞ

Elektro-erozyon ile işleme EEİ normal koşullarda işlenmesi oldukça zor, geometrisi karmaşık, yüksek mukavemetli, yüksek sıcaklığa dayanıklı, sert malzemelerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. EEİ imalat endüstrisinde pres, enjeksiyon, dövme, ekstrüzyon ve toz sıkıştırma kalıplarının imalatında ve model işlemlerinde kullanılmaktadır [16]. EEİ'de maliyetin ve işleme zamanının en az %50'sinin elektrot yapımına ait olduğu bilinmektedir [7]. Karmaşık geometriye sahip kalıp ve modellerde kaba, yarı-kaba ve ince işleme için farklı elektrotlar yapılması, kalıp ve model yapımında üretim maliyetlerini ve teslim sürelerini artırmaktadır. Bu durum elektrot yapımında farklı hızlı prototip üretim yöntemlerinin kullanılmasını gündeme getirmiştir.

Bu çalışma kapsamında EEİ'de kaba ve yarı-kaba işlemler için "Tel Demeti Elektrot" (TDE) performansı incelenmiştir. TDE Metodu (TDEM), benzer veya farklı kesitlere sahip bakır tellerin işparçasında işlenecek yüzeye benzer tel demeti halinde oluşturulmasına dayanan bir prototip hazırlama yöntemidir. Bu amaçla, tel demeti elektrotlar farklı vuruş süresi ve işleme akımlarında kullanılmış, elde edilen işparçası işleme hızı (İİH) elektrot aşınma hızı (EAH) ve yüzey pürüzlülüğü çıktıları incelenmiştir.

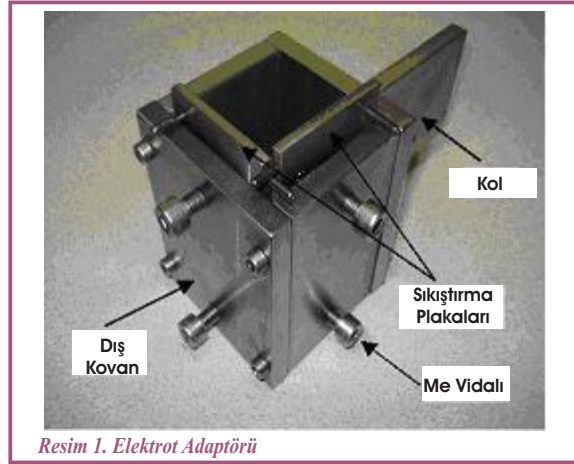
DENEYLER

Resim 1'de 20x21 adet bakır telin tel demeti halinde tutulması için tasarlanmış ve üretilmiş çelik elektrot adaptörü gösterilmiştir. Elektrot adaptörü, EEİ tezgâhının adaptörüne bağlamasını sağlayan kol, telleri içerisinde muhafaza eden dış kovan ile telleri iki farklı yönden sıkıştıran iki adet sıkıştırma plakasından oluşmaktadır.

* İletişim yazarı

Geliş/Received : 04.01.2008

Kabul/Accepted : 27.02.2008



Resim 1. Elektrot Adaptörü

EEİ'nin İİH ve EAH'nın modellemesi için deneylerde 70x69x24 mm boyutlarında 1040 çeliği işparçaları imal edilmiştir.

Elektrot olarak 2,5 mm kare kesitli bakır kaynak telleri (ASA 3100, % 94 C, % 6 P) demet haline getirilerek kullanılmıştır. Deneylerde dielektrik sıvı olarak gaz yağı (Mobil Oil Velocite 6) kullanılmıştır. Deney numunelerinin boyut ölçümleri 3-boyutlu ölçme cihazında (CMM) yapılmıştır.

DENEY SONUÇLARI

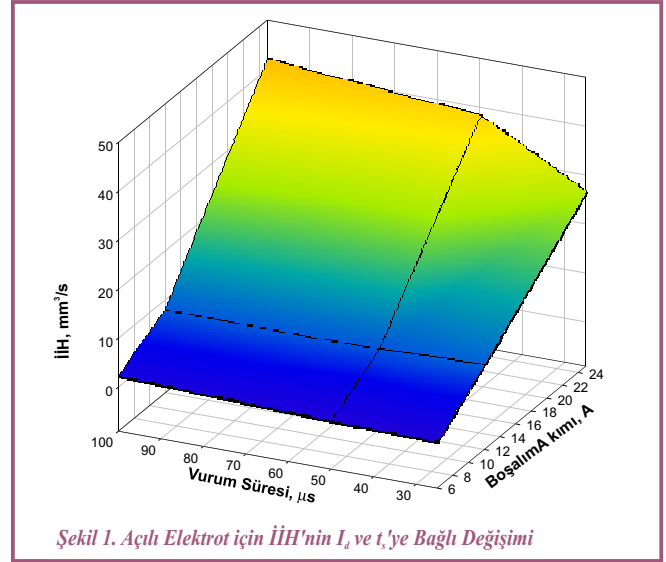
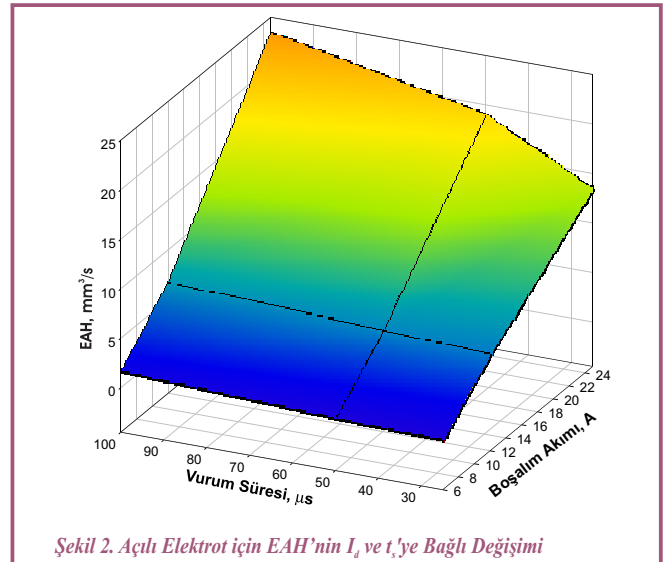
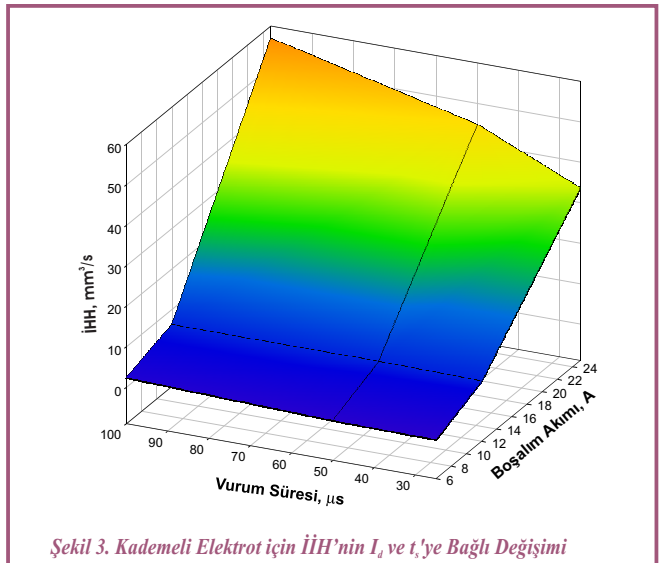
A) TDEM Performansının Belirlenmesi

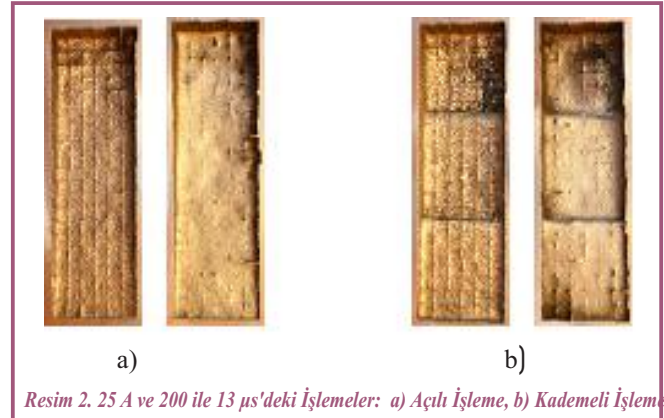
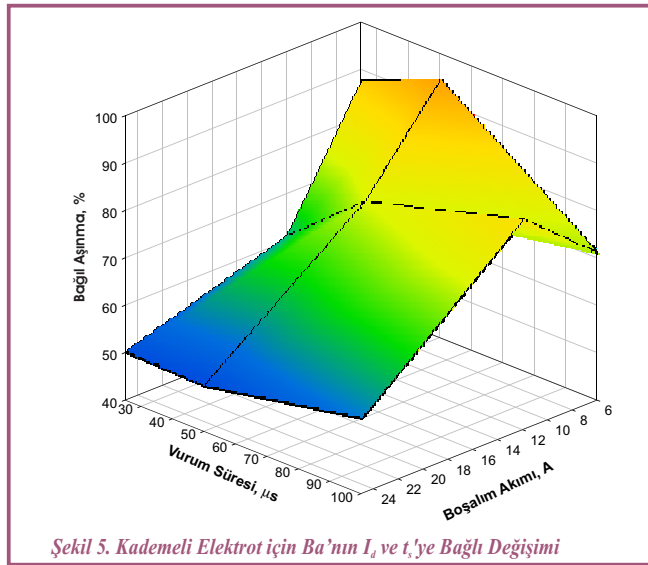
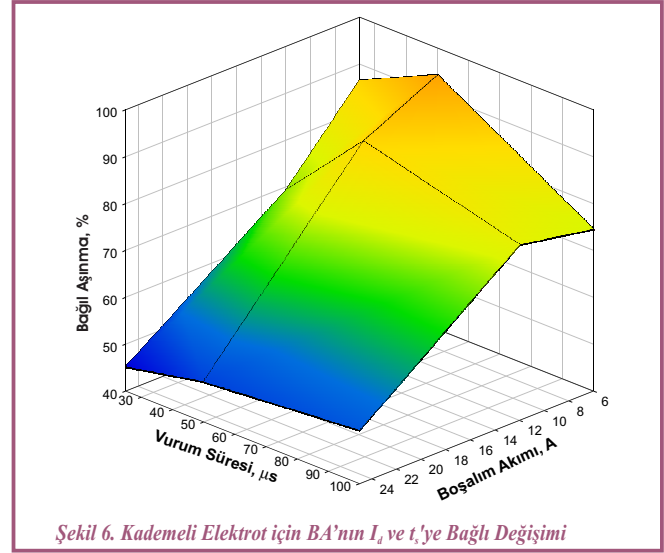
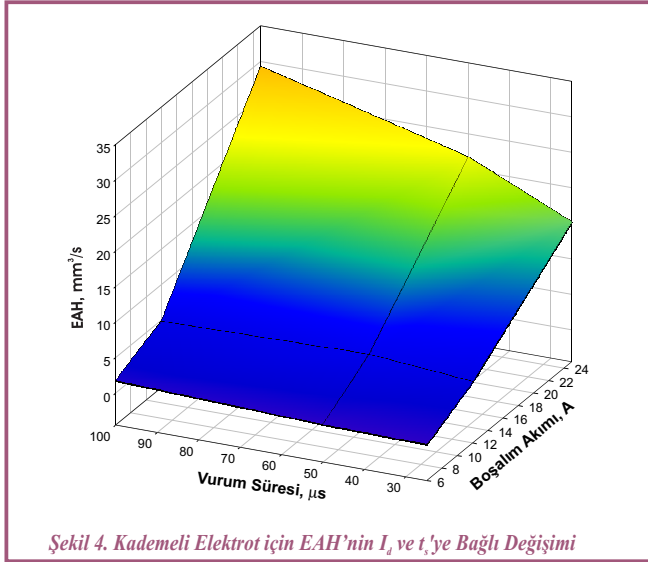
TDE metodunun I_d ve t_s değerlerine bağlı olarak işleme performans karakteristiklerinin (İİH, EAH ve BA) deneysel incelenmesi ve matematiksel modellenmesi amacıyla 18 adet deney yapılmıştır. 11° açılı elektrot ve 4'er mm'lik üç derinlik kademeli elektrot için t_s ve işleme performansı değerleri bulunmuştur.

Açılı elektrot ile yapılan deneyler neticesinde hesaplanan İİH ve EAH'nın I_d ve t_s 'ye bağlı değişimleri Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Kademeli elektrot ile gerçekleştirilen deneyler neticesinde ölçülen İİH ve EAH'nın I_d ve t_s 'ye bağlı değişimleri Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 1 Şekil 4 incelendiğinde, İİH ve EAH'nın I_d ve t_s 'ye bağlı olarak arttığı gözlenmiştir.

Şekil 5 ve Şekil 6 incelendiğinde, açılı ve kademeli elektrotlar için BA değişiminin aynı karakteristikte olduğu gözlenmiştir. BA değerlerinin tel sayısının artışına rağmen klasik EEİ değerlerine göre büyük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak elektrot oluşturulmasında kullanılan kaynak tellerinin işleme sırasında bağımsız gibi davrandığı sonucuna varılmıştır. Tellerin kesit alanlarının küçük olması EAH ve BA'nın artmasına neden olmuştur.

Deneylerde kullanılan her iki tip elektrot için BA değerlerinin yüksek I_d değerlerinde düşük, düşük I_d değerlerinde ise yüksek olduğu gözlenmiştir. Özellikle I_d 'nin sabit olduğu, fakat t_s 'nin değiştiği durumlarda 25 ve 100 μ s'ye göre 50 μ s'ye ait deneylerde BA değeri yüksek çıkmaktadır.

Şekil 1. Açılı Elektrot için İİH'nin I_d ve t_s 'ye Bağlı DeğişimiŞekil 2. Açılı Elektrot için EAH'nın I_d ve t_s 'ye Bağlı DeğişimiŞekil 3. Kademeli Elektrot için İİH'nin I_d ve t_s 'ye Bağlı Değişimi



Resim 2'nin incelenmesi sonucu, gerek işparçası yüzey kalitesi ve gerekse işleme performansı açısından TDEM'de en uygun işleme parametrelerinin yüksek boşalım akımı ve düşük vurum sürelerinin olduğu bulgusu teyit edilmiştir.

B) Matematiksel Modelleme

Deneylerde kullanılan I_d ve t_s değerlerinde elde edilen İİH ve EAH değerleri arasındaki ilişkilerin ifade edilebilmesi için iki dereceli regresyon analizi kullanılmıştır [8]. Açılı elektrot için İİH ve EAH'na ait ilişki,

$$EAH_A = 0,0043 \cdot I_d^{2,129} \cdot t_s^{0,417}$$

TDEM'na en uygun işleme parametrelerinin yüksek boşalım akımı ve düşük vurum süreleri olduğu bulgusunun teyidi için 25 A boşalım akımında deney vurum sürelerinin bir üst seviyesi olan 200 µs ve bir alt seviyesi olan 13 µs'de açılı ve kademeli elektrot için dört deney daha yapılmıştır. Deneyler sonucunda bulunan deney süreleri ve işleme performansı karakteristikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Resim 2'de bu deneyler sonucu elde edilen işparçası yüzey fotoğrafları verilmektedir. Çizelge 1 ve

Çizelge 1.. 25 A, 13 ve 200 µs'deki Deney Sonuçları

Deney No	İşleme Modeli	Boşalım Akımı	Vurum Süresi	Deney Süresi	İşparçası İşleme Hızı (İİH)	Elektrot Aşınma Hızı (EAH)	Bağlı Aşınma
-	-	[I_d , Amper]	[t_s , µs]	[t , s, dak.]	[mm ³ /dak.]	[mm ³ /dak.]	[BA, %]
1	Açılı	25	200	1s. 13, 21 dak.	20,642	11,584	56,12
2	Açılı	25	13	3s. 26,38 dak.	22,016	10,660	48,42
3	Kademeli	25	100	2s. 14,62 dak.	30,581	16,762	54,81
4	Kademeli	25	13	3s. 20,77 dak.	27,503	13,592	49,42

formunda kademeli elektrot için İİH ve EAH'na ait ilişki ise,

$$\dot{I}H_K = 0,0014.I_d^{2,635}.t_s^{0,467}$$

$$EAH_K = 0,0022.I_d^{2,239}.t_s^{0,515}$$

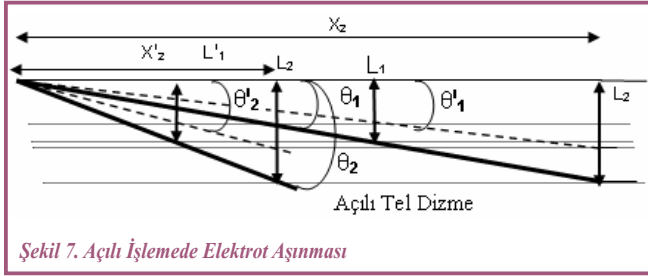
formunda güç fonksiyonları ifade edilmiştir.

C) Tel Boylarının Hesaplanması

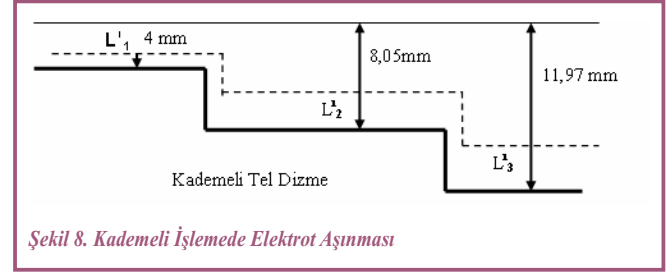
TDEM'de işleme öncesinde tellerin olası aşınma miktarına göre ilk tel boylarının hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan boy uzunluklarına göre tellerin elektrot adaptöründe ayarlanması gerekmektedir. Tel boylarının tespitinde daha önce gerçekleştirilen kademeli ve açılı işleme deneylerinden yararlanılmıştır (Şekil 7 ve 8). Açılı elektrot için tasarlanan işleme derinliği L_a , ayarlanacak tel boyu (aşınma dâhil) L_t ile gösterilirse, deney sonuçları açılı işleme için

$$\frac{L_a}{L_t} = \frac{\tan 11,06}{\tan \theta}$$

şeklinde yazılabilir.



Şekil 7. Açılı İşlemede Elektrot Aşınması



Şekil 8. Kademeli İşlemede Elektrot Aşınması

Benzer şekilde, kademeli işlemenin 4 mm, 8 mm ve 12 mm kademe derinlikleri için sırasıyla

$$\frac{L_a}{L_t} = \frac{4}{L_1}, \frac{L_a}{L_t} = \frac{8,05}{L_2}, \frac{L_a}{L_t} = \frac{11,97}{L_3}$$

yazılabilir.

TDEM'de en uygun işleme parametrelerinin yüksek I_d ve düşük t_s olduğu için, 25 A, 25 μ s işleme koşullarına ait L_a/L_t değerleri tel boyu ayar kriteri olarak örnek işlemede kullanılmıştır. L_a/L_t oranı açılı işleme için 1.58, 4 mm kademeli işleme için 1.48, 8 mm için 1.48 ve 12 mm için 1.53'dir.

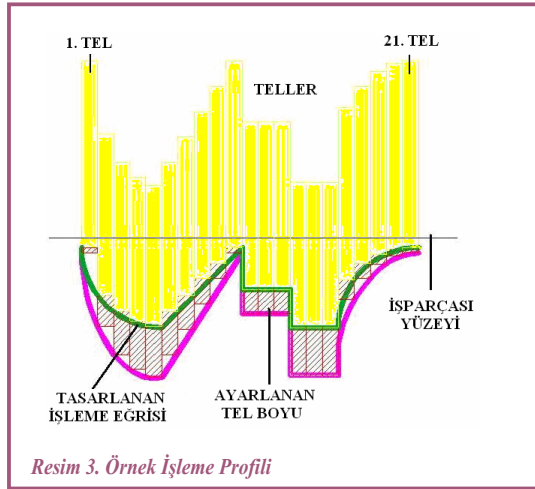
D) Örnek Uygulama

6x21 matris formunda dizilmiş tellerden oluşan örnek bir işleme geometrisi Resim 3'te verilmiştir. Tasarlanan yüzey profiline göre L_a değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'de her bir telin bir önceki tel derinliğine göre ait olduğu işleme tipi (işleme şekli) belirtilmiştir. Birbirini takip

Çizelge 2. L_a Değerleri

Tel Sıra No	İşleme Şekli	İşlenmesi Gereken Derinlik (mm)	L_a/L_t Oranı	L_a (mm)
1	Kademeli (0-4)	1,50	1,48	2,37
2	Kademeli (8-12)	9,00	1,53	13,73
3	Açılı	11,50	1,58	18,18
4	Açılı	12,96	1,58	20,49
5	Açılı	13,75	1,58	21,74
6	Açılı	11,50	1,58	18,18
7	Açılı	9,00	1,58	14,23
8	Açılı	6,50	1,58	10,28
9	Açılı	4,00	1,58	6,32
10	Kademeli (0-4)	1,50	1,48	2,37
11	Kademeli (4-8)	8,00	1,48	11,84
12	Kademeli (4-8)	8,00	1,48	11,84
13	Kademeli (4-8)	8,00	1,48	11,84
14	Kademeli (8-12)	14,00	1,53	21,36
15	Kademeli (8-12)	14,00	1,53	21,36
16	Kademeli (8-12)	14,00	1,53	21,36
17	Kademeli (4-8)	6,50	1,48	9,62
18	Açılı	4,00	1,58	6,32
19	Açılı	2,54	1,58	4,02
20	Açılı	1,75	1,58	2,77
21	Kademeli (0-4)	1,50	1,48	2,37



Resim 3. Örnek İşleme Profili

eden tel uçları arasındaki derinlik (boy) farkının 4 mm olması durumunda işleme şekli kademeli işleme olarak kabul edilmiştir. Çizelge 2'deki L_a değerlerine uygun bir tel dizme mastarı 4-eksen tel-erozyon tezgâhında üretilmiş ve takiben teller mastara uygun dizilmiştir.

Resim 4'te işleme sonucu elde edilen işparçası geometrisi görülmektedir. Ölçümler sonucu içbükey çeyrek dairenin yarı çapı 11.9 mm, düzlemin eğimi 46.5 derece, 8 mm'lik kademenin ortalama derinliği 7.1 mm, 14 mm'lik kademenin ortalama derinliği 12.5 mm ve dışbükey çeyrek dairenin yarı çapı 12.2 mm bulunmuştur.



Resim 4. Örnek İşlenmiş İşparçası

SONUÇ

Bu çalışmada, elektro erozyon ile işlemede en büyük zaman ve maliyet unsuru olan elektrotların kolay ve hızlı bir şekilde üretilmesi için tel demeti (TDE) önerilmiştir. Çeşitli geometrilere oluşturulan tel demeti elektrotlar, değişik boşalım akımı ve vuruş süresi değerlerinde denemiş ve pratik uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Boşalım akımı ve vuruş süresinin artışıyla İİH ve EAH'ları artmakta, işleme süresi azalmaktadır. Yüksek boşalım akımı

ve düşük vuruş sürelerinde işparçası yüzeylerinde teller arası boşluk sonucu karşılaşılan çıkıntılar oluşmadığından daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir.

Deney sonuçlarından elde edilen matematiksel modeller yardımıyla, 6-25 A boşalım akımı, 25-100 μ s vuruş süresi aralıklarında ve 12 mm derinliğe kadar olan işlemlerde İİH, EAH, BA değerleri ve ilk tel boyları hesaplanabilmektedir. EAH yüksek olduğundan tellerin uç, kenar ve köşe aşınmaları tel boylarının hesaplanmasında ihmal edilmiştir.

Sonuç olarak TDEM, kalıp ve model imalatı yapan atölyelerde özellikle kaba işlemlerde uygulanabilecek ekonomik, basit ve esnek bir prototip elektrot hazırlama yöntemidir. Bu yöntemin kullanımı elektro erozyon ile işlemede ihtiyaç duyulan elektrot sayısını ve elektrot hazırlanması sırasında geçen bekleme süresini azaltacaktır.

KAYNAKÇA

1. Pandey, P.C., Shan, H.S., "Modern Machining Processes", Tata McGrawHill Publishing Company Limited, New Delhi, 84-114 (1980).
2. Uhlman, E., Piltz, S., Doll, U., "Machining of Micro/miniature Dies and Models by Electrical Discharge Machining-Recent Development", Journal of Materials Processing Technology, 167: 488-493 (2005).
3. Masuzawa, T., "State of the art of Machining", Annals of the CIRP, 49 (2): 473-488 (1993).
4. Ho, K.H., Newman S.T., "State of Art Electrical Discharge Machining (EDM)", International Journal of Machine Tools & Manufacture, 43: 1287-1300 (2003).
5. Valantincic, J., Brissaud, D., Junkar, M., EDM Process Adaptation System In Toolmaking Industry, Journal of Materials Processing Technology, 172: 291-298 (2006).
6. Altan, T., Lilly, B., Kruth, J.P., König, W., Tönshoff, H.K., Van Lutterverlt, C.A., Khairy, A.B., "Advanced Techniques For Die and Mold Manufacturing", Annals of the CIRP, 42(2): 707-716 (1993).
7. Arthur, A., Dickens, P. M., Cobb, R. C., "Using Rapid Prototyping to Produce Electrical Discharge Machining Electrode", Rapid Prototyping Journal, Vol. 2: 1, 4-15 (1996).
8. Box, G.E.P., Hunter, W.G., Hunter J.S., "Static's for Experiments, An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building", John Willey & Sons Book Co., Canada, 453-509 (1978).