DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

INVESTIGATION OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINABILITY OF ST 52 STEEL WITH DIFFERENT HARDNESSES

Emin Salih San[1*], Hacı Bekir Özerkan[2], Mehmet Subaşı[3]

[*1]Gazi University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Ankara, Turkey.

[2]Gazi University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Ankara, Turkey.

[3]Gazi University, Technical Sciences Vocational School, Machinery and Metal Technologies, Ankara, Turkey.

ORCID Code: 0000-0002-7648-430X

ABSTRACT

This study is aimed to determine the optimal machining parameters for electrical discharge machining of St 52 steel to achieve the best surface quality with the lowest machining time and electrode wear. Electrical discharge machining or EDM is the process of material removal form a workpiece by intermittent electrical discharges created in a controlled manner between the workpiece and the electrode. Since there is no physical contact between the electrode and the workpiece, EDM is suitable for materials that have high surface hardness, are fragile or generally difficult to machine. Adding to that, it is possible to achieve complex three-dimension shapes and contour surfaces using this method. St 52 is a structural steel which is widely used in industries ranging from automative to petrochemical industry thanks to its high strength and toughness properties. St 52 steel plates without heat treatment and heat-treated St 52 steel plates with 40 HRC and 60 HRC hardness have been selected as workpiece. Electrode material has been chosen as copper due to its good electrical conductivity. Experiments have been carried out to determine the effect of surface hardness of workpiece, discharge current (i_e) and pulse time (t_i) on material removal rate (MRR), electrode wear rate (EWR) and surface roughness (R_a). Results have shown that increasing i_e increases MRR and EWR while increasing t_i increases MRR but generally reduces EWR. It has been found out that the surface hardness of the material has little effect, if any on machinability by EDM.

Keywords: electrical discharge machining, St 52 steel, material removal rate, electrode wear rate, surface roughness

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

FARKLI SERTLİKLERDE ST 52 ÇELİĞİNİN ELEKTRO EROZYON İLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, St 52 çeliğinin elektro erozyon ile işlenmesinde en iyi yüzey kalitesini, en kısa işleme süresini ve en düşük elektrot aşınmasını sağlayan ideal işleme parametrelerini belirlemek amaçlanmıştır. St 52, yüksek mukavemet ve tokluğa sahip yapısal bir çelik olup, otomotivden petrokimya sanayisine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ısıl işlem uygulanmamış, 40 HRC ve 60 HRC sertliklerine sahip ısıl işlem uygulanmış St 52 çelik levhalar iş parçası olarak kullanılmıştır. Yüksek elektriksel iletkenliği nedeniyle elektrot malzemesi olarak bakır tercih edilmiştir. Gerçekleştirilen deneylerle, iş parçası yüzey sertliği, akım şiddeti (I) ve vurum süresi (T_{on}) parametrelerinin iş parçası işleme hızı (İİH), elektrot aşınma hızı (EAH) ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, akım şiddetinin (I) artmasının hem İİH hem de EAH değerlerini artırdığını, darbe süresinin (T_{on}) artmasının ise İİH değerini artırırken, genellikle EAH değerini azalttığını göstermiştir. Ayrıca, iş parçası yüzey sertliğinin EEİ'deki işlenebilirlik üzerinde az etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: elektro erozyonla işleme, St 52 çeliği, iş parçası ileme hızı, elektrot aşınma hızı, yüzey pürüzlülüğü

GİRİŞ

Endüstride yüksek kalitede kalıp ve takım imalatına duyulan ihtiyaç, farklı teknolojilerin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Günümüzde elektro erozyon ile işleme (EEİ), yaygın olarak kullanılan bir alışılmamış imalat yöntemidir. Bu yöntem, dielektrik sıvı içinde elektrot ve iş parçası arasında elektriksel boşalmalar ile iş parçasından talaş kaldırmayı esas alır [1]. EEİ yöntemi, özellikle sert malzemelerin ve karmaşık geometrilerin işlenmesinde sıklıkla tercih edilen bir tekniktir. Elektrik iletkenliği iyi olan her malzeme, bu yöntemle işlenebilir. İşlemde, iş parçası dielektrik sıvıya daldırılır ve elektrotla doğrudan temas etmeden konumlandırılır. Ardından, kontrollü elektrik boşalmaları uygulanır, bu sırada iş parçasından ergime ve buharlaşma yoluyla küçük parçacıklar kopartılır. Bu parçacıklar, işleme bölgesinden basınçlı dielektrik sıvı yardımıyla uzaklaştırılır [2]. Elektro erozyon işleminde elektrot ile iş parçası arasında fiziksel bir temas olmadığı için kesme kuvveti oluşmaz, bu da hassas malzemelerin işlenebilmesini sağlar [3]. İşleme hızı (İİH), elektrot aşınma hızı (EAH) ve yüzey pürüzlülüğü (R_a), EEİ işleminin önemli performans kriterleridir. Yapılan çalışmalar, işleme hızını artırmaya yönelik iyileştirmeler üzerine yoğunlaşmaktadır. Ancak, işleme hızı arttırılırken yüzey kalitesinin korunması konusunda zorluklar mevcuttur [4]. İşleme hızı, iş parçası malzemesi, elektrot özellikleri, EEİ parametreleri ve dielektrik sıvı özelliklerine bağlıdır. St 52 çeliği, otomotiv sektöründen boru üretimine kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu çelik, 52 kg/mm^2 çekme dayanımına sahip olup, sabit ve değişken gerilmelere maruz kalan kaynaklı çelik konstrüksiyonlarda yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, petrol ve yağ gibi maddelerin taşınmasında kullanılan borularda da tercih edilir. St52'nin işlevselliği, özellikle iş makineleri, trafik levhaları ve demir yolu malzemelerinde sıkça kullanılmasına olanak tanır.

Bu çalışmanın amacı, farklı sertliklerdeki (ısıl işlem uygulanmamış, 40 HRC ve 60 HRC) St52 çeliğinin EEİ ile işlenme performansına yüzey sertliğinin etkisini araştırmaktır. Çalışmada bakır elektrot kullanılarak, üç farklı akım (6, 13, 25A) ve üç farklı vurum süresi (24, 60, 99 µs) ile işleme yapılmıştır. Ayrıca işleme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğü (R_a), işleme hızı (İİH) ve elektrot aşınma hızı (EAH) ile ilişkileri incelenip optimum işleme parametreleri belirlenmiştir.

EEİ ile yapılan çalışmalarda, genellikle iş parçası işleme hızı (İİH), elektrot aşınma hızı (EAH), bağıl aşınma (BA) ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) gibi parametrelerin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Bu

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

parametrelerin iyileştirilmesi, hızlı teslimat ve düşük maliyet gibi sanayi taleplerine uygun çözümler sunar [5]. Gelişen teknoloji ile dalma ve tel erozyona ek olarak, hızlı delik delme erozyon tezgâhları da geliştirilmiştir. Elektro erozyon tekniği, özellikle havacılık, otomotiv, tıbbi cihazlar gibi sektörlerde, geleneksel yöntemlerle işlenmesi zor malzemelerde mikro boyutta delik delme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle delinen delikler, kullanılan elektrot çapından biraz daha büyük olur ve dielektrik sıvısı ile işleme artıkları uzaklaştırılır [6]. Dastagiri ve Kumar, EEİ işlem parametrelerinin (akım, gerilim, vurum süresi, iş faktörü) işleme hızı, elektrot aşınma hızı ve yüzey sertliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Deneysel sonuçlarla yapılan matematiksel modellemelerin oldukça uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Bu model, malzeme kaldırma oranı ve yüzey pürüzlülüğü gibi parametrelerin tahmin edilmesinde kullanılmıştır [7]. Çoğun ve arkadaşları, EEİ işleminde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiş ve boşalım akımı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün de arttığını bulmuşlardır. Düşük dielektrik basıncıyla yüzey pürüzlülüğü daha az etkilenmiş, yüksek dielektrik basıncında ise yüzey pürüzlülüğünün arttığı gözlemlenmiştir [8]. EEİ tekniği ile mikro delik delinmesi ile ilgili bir çalışmada, %79 Ni ve %4 Mo içeren yüksek manyetik geçirgenliğe ve ısı dayanımına sahip malzemeye mikro delikler açılmıştır. Geleneksel yöntemlerle işlenmesi zor olan malzemeye önce küçük çaplı tungsten karbür elektrot kullanılarak mikro delikler açılmış, sonrasındaysa tel elektro erozyonla taşlama (wire electro discharge grinding-WEDG) yöntemiyle yüzey pürüzlülüğü iyileştirilmiştir [9]. Bir çalışmada P20 çelik üzerinde tungsten karbür elektrot kullanılarak farklı işleme parametreleriyle delikler açılmıştır. Ters kutuplama (takım "+", iş parçası "-"), İİH'yi artırmış ve yüzey pürüzlülüğünü düşürmüş ancak elektrot aşınmasını arttırmıştır. Döner takımla daha derin ve hızlı işlemeler yapılabildiği tespit edilmiştir [10]. Elektrot aşınması üzerine yapılan bir çalışmada, silindirik bakır elektrotlarda meydana gelen aşınma hızının, dielektrik sıvı uygulama yöntemleri ve akım gibi parametrelerle değişimi incelenmiştir. Akım arttıkça elektrot aşınma hızının da arttığı, ancak dielektrik sıvının etkisinin de önemli olduğu bulunmuştur [11]. Yüzey kalitesi için yapılmış bir araştırmada tungsten karbür malzeme üzerinde mikro delik delme işlemi yapılmış, düşük enerjiyle yapılan delme işlemlerinde daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. RC tipi EDM makineleri, transistor tipi makinelerden daha kaliteli yüzeyler üretmiştir. Bu çalışmalar, RC tipi EDM makinelerinin daha hassas ve kaliteli sonuçlar verdiğini göstermektedir [12]. Joshi ve Pande, AISI W1 takım çeliği üzerinde yaptıkları EEİ deneylerinde, akım arttıkça iş parçası işleme hızı ve elektrot aşınma hızının arttığını, ancak ark süresi arttıkça bu hızların azaldığını gözlemlemişlerdir [13]. Jose ve arkadaşları, Cu20W80 alaşımı elektrot malzemesi kullanarak yapılan çalışmada, akım ve vurum süresi arttıkça iş parçası işleme hızının arttığını ve yüzey pürüzlülüğünün de bu parametrelerle doğru orantılı olarak arttığını belirlemişlerdir [14]. Keskin ve arkadaşları, EEİ deneylerinde takım aşınması, iş parçası işleme hızı ve yüzey pürüzlülüğü ile ilgili doğru verilere ulaşılabilmesi için deney süresinin sabit tutulması gerektiğini savunmuşlardır [15]. Özerkan, dielektrik sıvıya metal tozu eklenerek yapılan EEİ deneylerinde, yüzey pürüzlülüğü, işleme hızı ve elektrot aşınma hızı gibi parametrelerin, vurum süresi ve toz konsantrasyonlarına bağlı olarak değiştiğini tespit etmiştir [16]. Annamalai ve arkadaşları, AISI 4340 çeliğinin EEİ ile işlenmesinde, akım ve vurum süresinin İİH ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkileri olduğunu, ancak vurum aralığının İİH'yi etkilemediğini belirtmişlerdir [17]. Kocabaş ve arkadaşları, DIN 1.2379 çeliği üzerinde yaptıkları EEİ deneylerinde, boşalım akımı arttığında iş parçası işleme hızı, elektrot aşınma hızı ve yüzey pürüzlülüğünün arttığını, ark süresinin ise yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu vurgulamışlardır [18].

DENEYSEL YÖNTEM

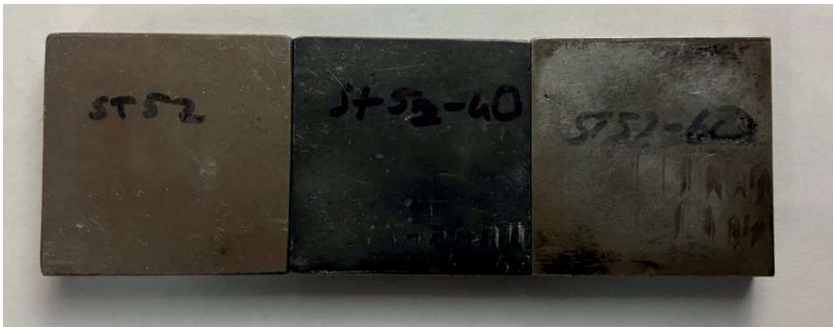
St 52 çeliği %2 karbon içeren genel yapısal karbon çeliği olup 52 kg/mm^2 çekme mukavemetine sahiptir. İşleme öncesinde numunelerin biri 40 HRC, biri 60 HRC yüzey sertliğine sahip olacak şekilde ısıl işleme tabi tutulmuştur. Sonuçlar ısıl işlemsiz numunenin sonucu ile karşılaştırılmıştır. Isıl işlem uygulama adımları Tablo 1'de verilmiştir. Isıl işlem sonrasında numuneler Şekil 1'deki gibi görünmektedir. Uygulamalarda 5x20x100 mm ölçülerinde bakır elektrot kullanılmıştır. Elektrik iletkenliği diğer elektrot

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

malzemelerine göre daha iyi olduğu için bakır elektrot tercih edilmiştir. Deneyler Furkan DD 320 EEİ tezgahında gerçekleştirilmiştir. Dielektrik sıvı olarak gazyağı kullanılmıştır.

Tablo 1 Isıl İşlem Uygulaması

Gerçekleştirilen İşlem		Süresi
450°C sıcaklıkta ön ısıtma		2 saat
930°C sıcaklıkta difüzyon (1,20 karbon)		6 saat
880°C sıcaklıkta difüzyon (0,80 karbon)		2 saat
830°C sıcaklıkta yağda sulama		1 saat
Oda sıcaklığında yağda kalma		20 dakika
40 HRC yüzey sertliği için	60 HRC yüzey sertliği için	
490°C sıcaklıkta temperleme	230°C sıcaklıkta temperleme	2 saat



Şekil 1 Isıl işlem görmemiş (solda), 40 HRC yüzey sertliği için ısıl işlem görmüş (ortada), 60 HRC yüzey sertliği için ısıl işlem görmüş (sağda) numuneler.

Deney Tasarımı

Deneyde akım (I) ve vurum süresi (T_{on}) değişken parametreler olarak seçilmiştir. İşleme derinliği 0,5 mm, vurum aralığı (T_{off}) 18 µs ve yıkama basıncı 0,3 bar olarak seçilmiş, bu değerler tüm deneylerde sabit tutulmuştur. Akım değerleri 6A, 13A ve 25A, vurum süreleri 24 µs, 60 µs ve 99 µs seçilmiştir. Bu parametrelerle ısıl işlem görmemiş, 40 HRC yüzey sertliğine sahip ve 60 HRC yüzey sertliğine sahip numunelerle dokuzar deney, toplamda yirmi yedi deney yapılmıştır. Deney parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 Deney Parametreleri

Dielektrik	Gazyağı
Elektrot	Bakır elektrot (5 x 20 x 100 mm ölçülerde, dikdörtgen prizma şeklinde)
Yıkama basıncı (bar)	0,3
Vurum aralığı, T_{off} (µs)	18
Akım, I (A)	6, 13, 25
Vurum süresi, T_{on} (µs)	24, 60, 99

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

Her deneyden önce iş parçası ve elektrot 0,005 gr hassasiyetli hassas teraziyle tartılmıştır. Deneyden sonra iş parçası ve elektrot temizlenip kurutulmuş, ardından tartma işlemi tekrarlanmıştır. İşleme öncesi ve sonrasındaki kütle farkı malzeme yoğunluğuna bölünerek hacimce eksilme değeri elde edilmiştir. Sonrasında bu değer toplam işleme süresine bölünerek iş parçası işleme hızı (İİH) ve elektrot aşınma hızı (EAH) hesaplanmıştır. İİH değerinin ve EAH değerinin matematiksel formülleri sırasıyla Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de gösterilmiştir.

$$İİH = \frac{\text{iş parçasının ilk hacmi} - \text{iş parçasının son hacmi}}{\text{işleme süresi}} \ (mm^3/dk) İİH = \frac{\text{iş parçasının ilk hacmi} - \text{iş parçasının son hacmi}}{\text{işleme süresi}} \ (mm^3/dk) \quad (1)$$

$$EAH = \frac{\text{elektrotun ilk hacmi} - \text{elektrotun son hacmi}}{\text{işleme süresi}} \ (mm^3/dk) EAH = \frac{\text{elektrotun ilk hacmi} - \text{elektrotun son hacmi}}{\text{işleme süresi}} \ (mm^3/dk) \quad (2)$$

Yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerinin tespiti için her deney sonrasında iş parçasının yüzey pürüzlülüğü Mitutoyo Surftest SJ-310 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm cihazında hareket uzunluğu (L_t) 4 mm, dalga boyu (λ) 0,8 mm, tarama hızı 0,5 mm/s olarak ayarlanmıştır. R_a değerleri sinyal gürültü (S/G) oranlarıyla ölmüştür, ölçümlerin doğruluğunu arttırmak amacıyla her ölçüm üçer kez tekrarlanıp ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

DENEYSEL SONUÇLAR

Farklı I ve T_{on} parametreleri kullanılarak üç farklı yüzey sertliğine sahip numuneler üzerinde gerçekleştirilen yirmi yedi deney sonucunda her deney için iş parçası işleme hızı (İİH), elektrot aşınma hızı (EAH), ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ve değişken olarak belirlenen parametrelerin bu sonuçlara etkisi incelenip yorumlanmıştır. Deney sonuçları Tablo 3'te detaylı şekilde verilmiştir.

Tablo 3 Deney Sonuçları

Yüzey Sertliği	I (A)	T_{on} (µs)	İİH (mm^3/dk)	EAH (mm^3/dk)	R_a (µm)
Isıl İşlem Görmemiş	6	24	51,54	9,95	3,980
	6	60	62,50	1,10	5,206
	6	99	62,10	0,80	4,569
	13	24	95,83	50,00	3,277
	13	60	149,21	26,18	4,981
	13	99	156,21	20,51	8,598
	25	24	103,31	86,35	4,017
	25	60	265,63	135,42	5,306
	25	99	296,51	110,47	4,648

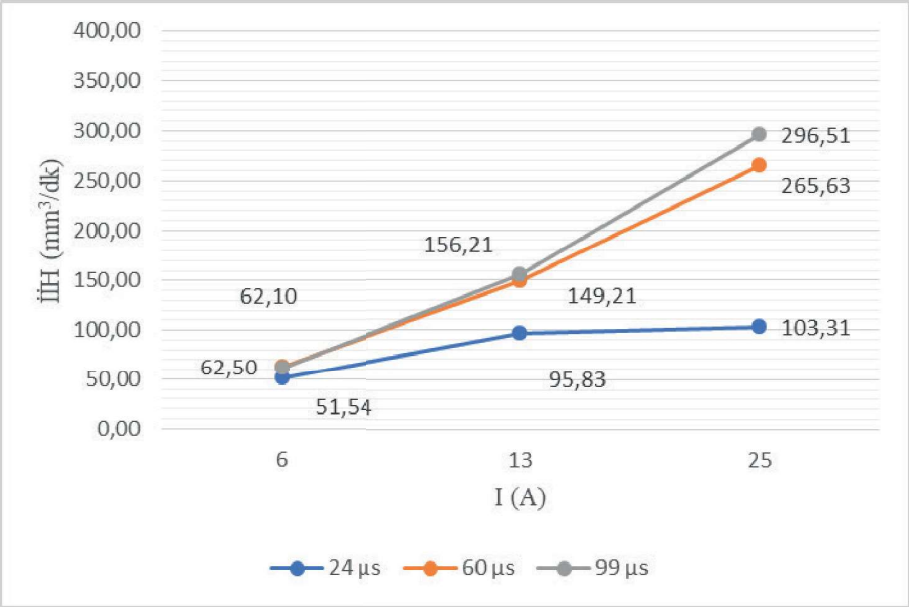
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

	6	24	54,69	6,08	3,856
	6	60	73,94	4,69	5,590
	6	99	66,85	2,82	5,586
	13	24	97,73	52,27	3,945
40 HRC	13	60	173,30	34,09	5,086
	13	99	193,45	8,93	7,363
	25	24	213,59	116,50	4,675
	25	60	277,78	117,28	5,030
	25	99	343,75	98,96	5,504
	6	24	49,62	6,77	4,213
	6	60	59,86	1,76	6,454
	6	99	64,15	4,22	5,655
	13	24	104,44	55,56	3,525
60 HRC	13	60	156,91	26,60	5,840
	13	99	178,95	13,16	8,604
	25	24	194,69	119,47	4,380
	25	60	281,25	109,38	5,762
	25	99	338,89	88,89	6,921

İş Parçası İşleme Hızı (İİH) Değerlendirmesi

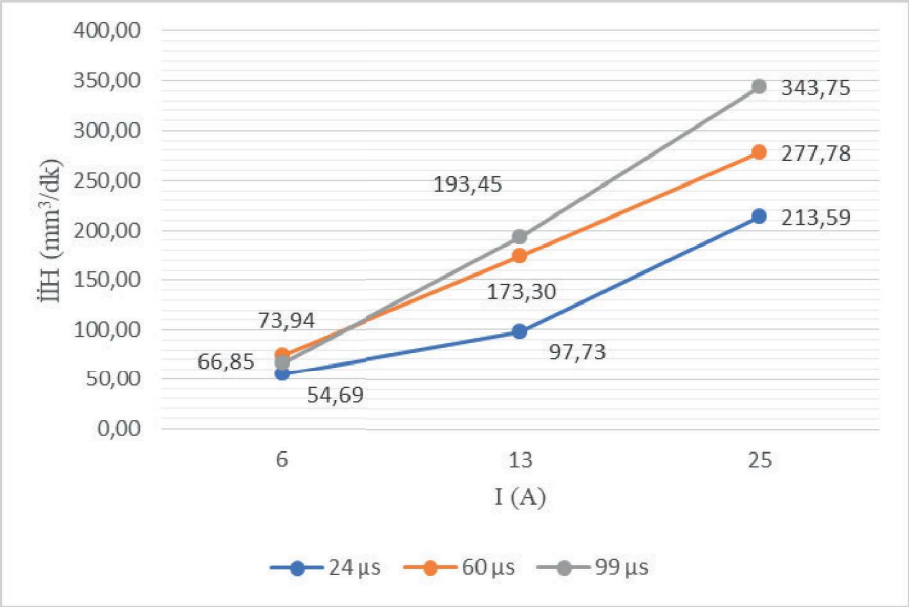
EEİ işleminin performansının değerlendirilmesinde önemli parametrelerden biri İİH olup bu parametre birim zamanda kaldırılan talaş miktarını göstermektedir. Şekil 2, 3 ve 4'te I ve T_{on} parametrelerinin İİH üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Grafikler değerlendirildiğinde I arttıkça işleme hızının da arttığı görülmektedir. Benzer şekilde vurum süresindeki artışın da İİH'ı arttırdığı görülmüştür. İİH değerinin artmasında akım şiddetindeki artışın vurum süresindeki artışa göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. En yüksek İİH değeri 40 HRC sertlikteki numunede 25A akım ve 99 µs vurum süresiyle 343,75 mm^3/dk, en düşük İİH değeri 60 HRC sertlikteki numunede 6A akım ve 24 µs vurum süresiyle 49,62 mm^3/dk olarak hesaplanmıştır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4



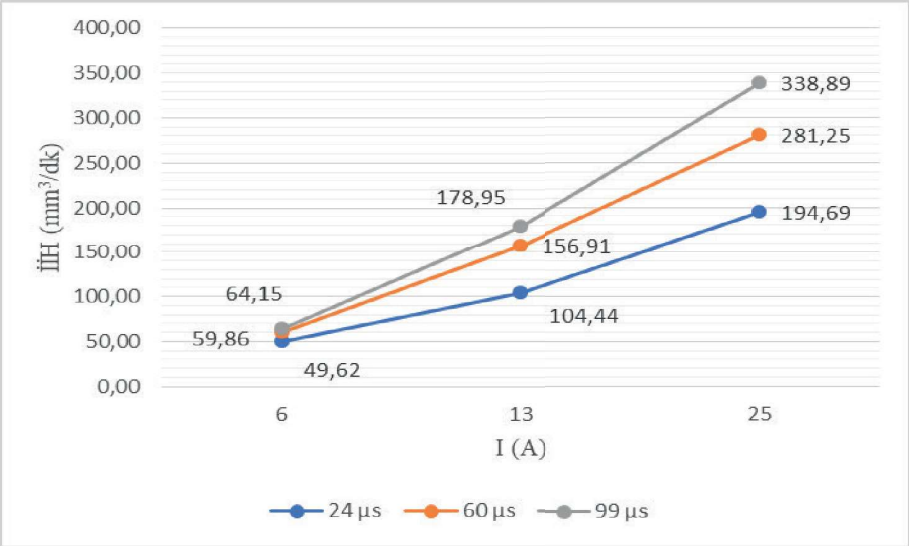
Şekil 2 Isıl işlem görmemiş numunenin İİH değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi

I arttıkça yük boşalımlarının enerjisi de artmakta, oluşan her kıvılcım iş parçası üzerinden daha büyük hacimde talaş kaldırmaktadır. Bu nedenle İİH değerinde artış görülmektedir. Vurum süresi arttıkça kıvılcımların oluşmasından sönmelerine kadar geçen süre artmış olup bu durum da İİH değerini yükseltmiştir. Farklı sertliklerde numuneler aynı parametrelerle işlendiğinde elde edilen İİH değerlerinde küçük farklılıklar oluşmuş ancak yüzey sertliği ve işleme hızı arasında net bir bağlantı tespit edilmemiştir.



Şekil 3 40 HRC sertlikte numunenin İİH değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi

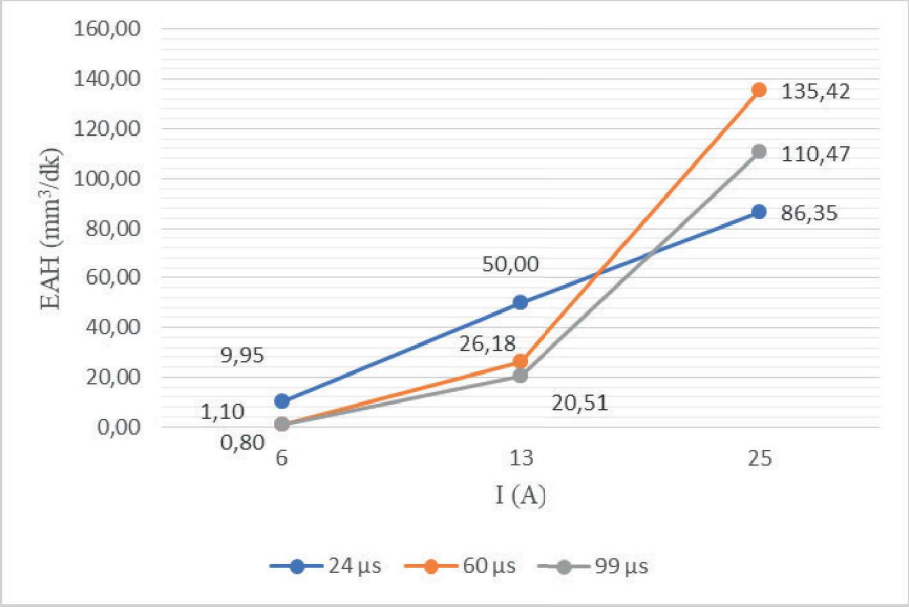
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4



Şekil 4. 60 HRC sertlikte numunenin İİH değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi

Elektrot Aşınma Hızı (EAH) Değerlendirmesi

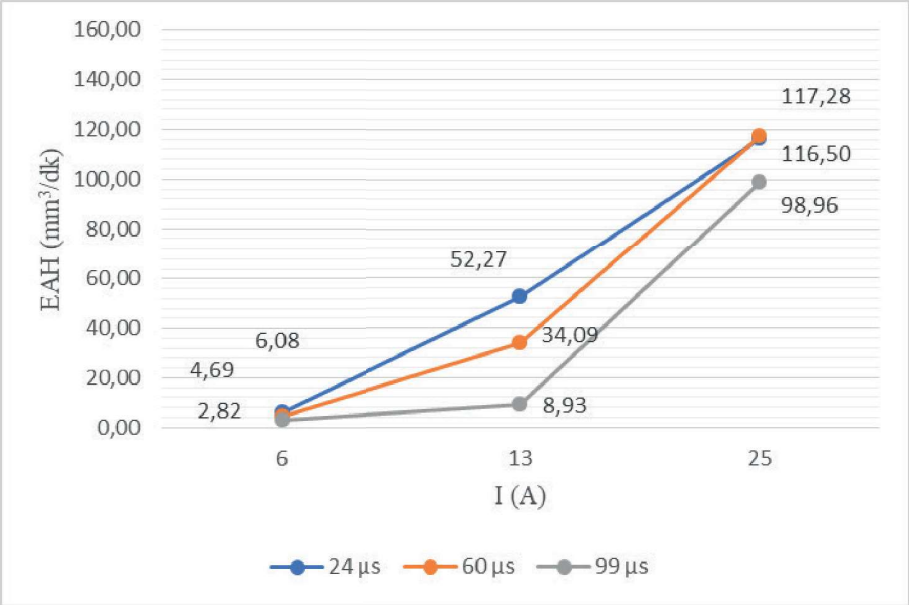
EEİ yöntemi ile işleme gerçekleştirilirken yalnızca iş parçasından değil elektrottan da malzeme erozyonu gerçekleşmektedir. Birim zamanda elektrottan kaldırılan talaş miktarı EAH parametresiyle gösterilir. Elektrotun sonraki işlemelerde kullanılabilmesi ve uzun süren işlemelerde elektrotun geometrik şekli ile yüzey kalitesini korunarak işlemenin bozulmaması için EAH değerinin düşük olması önemlidir. Şekil 5, 6 ve 7'de I ve T_{on} parametrelerinin EAH değeri üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Gerçekleştirilen deneylerde I artmasının elektrot aşınmasını arttırdığı ve T_{on} azalmasının elektrot aşınmasını azalttığı gözlemlenmiştir. En yüksek EAH değeri ısıl işlem görmemiş numunede 25A akım ve 60 µs vurum süresiyle 135,42 mm³/dk ve en düşük EAH değeri ısıl işlem görmemiş numunede 6A akım ve 99 µs vurum süresiyle 0,80 mm³/dk olarak elde edilmiştir. Özellikle elektrotun keskin köşe ve kenarlarında daha fazla aşınma gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 5. Isıl işlem görmemiş numunenin EAH değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi

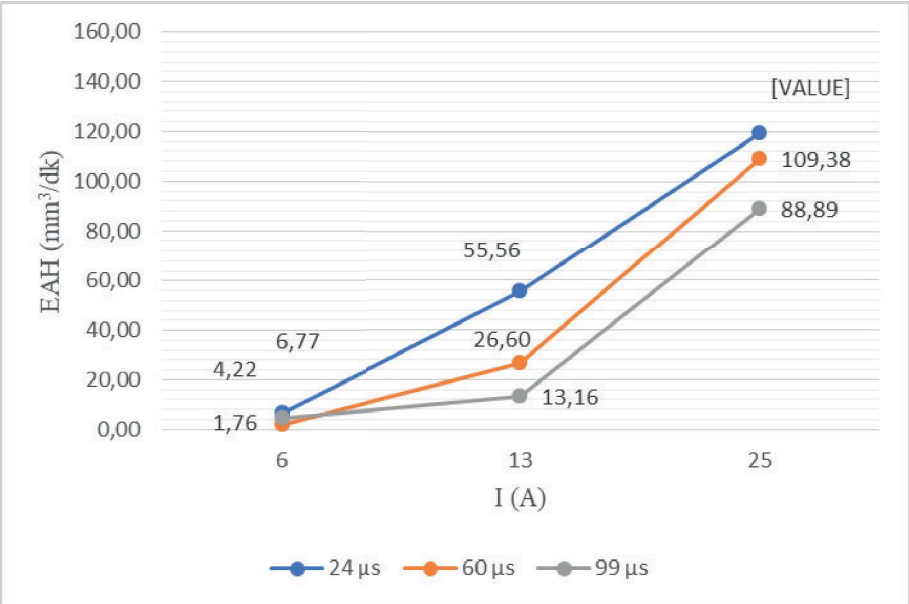
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

I artıkça oluşan boşalımların güçlenmesi iş parçasından olduğu gibi elektrottan da daha fazla malzeme erozyonu gerçekleşmesine neden olmaktadır. T_{on} kısa tutulduğunda ısı, elektrotun tamamına yayılmayıp yalnızca kıvılcım bölgesinde kalırken vurum süresi uzun tutulduğunda bakırın iyi ısıl iletkenliği sayesinde ısı elektrot gövdesinin tamamına yayılır, bu sayede iş parçasına temas eden yüzeyde biriken ısı azalır. Ayrıca daha uzun vurum sürelerinde bir yük boşalımıyla daha fazla malzeme erozyonu gerçekleştiği için işleme sırasında gerçekleşen toplam yük boşalımı sayısı daha azdır. Bu iki durum birlikte T_{on} değeri arttıkça EAH değerinin azalmasına neden olurlar.



Şekil 6. 40 HRC sertlikte numunenin EAH değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi

Farklı sertlikte numunelerle gerçekleştirilen deneylerde EAH değerlerinde küçük farklılıklar tespit edilmiştir ancak bu farklar yüzey sertliğinin EAH üzerinde etkili olduğunu söyleyebilmek için yeterli değildir.

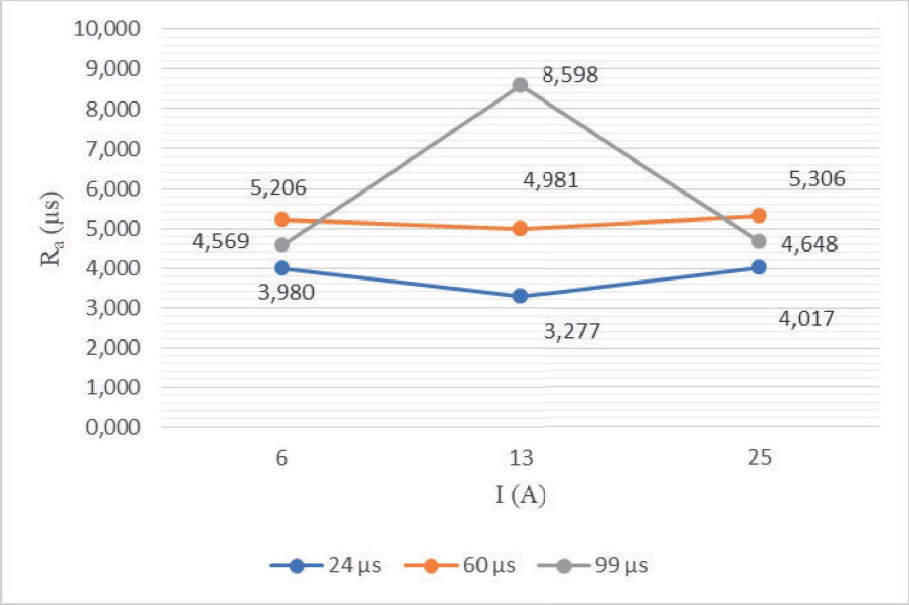


Şekil 7 60 HRC sertlikte numunenin EAH değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

Yüzey Pürüzlülüğü (R_a) Değerlendirmesi

Şekil 8, 9 ve 10'da I ve T_{on} parametrelerinin EAH değeri üzerindeki etkisi gösterilmektedir. Buna göre düşük yüzey pürüzlülüğü ısıl işlem görmemiş numunede 13A akım ve 24 µs vurum süresiyle 3,277 µm, en yüksek yüzey pürüzlülüğü 60 HRC sertlikteki numunede yine 13A akım ve 99 µs vurum süresiyle 8,604 µm olarak ölçülmüştür.

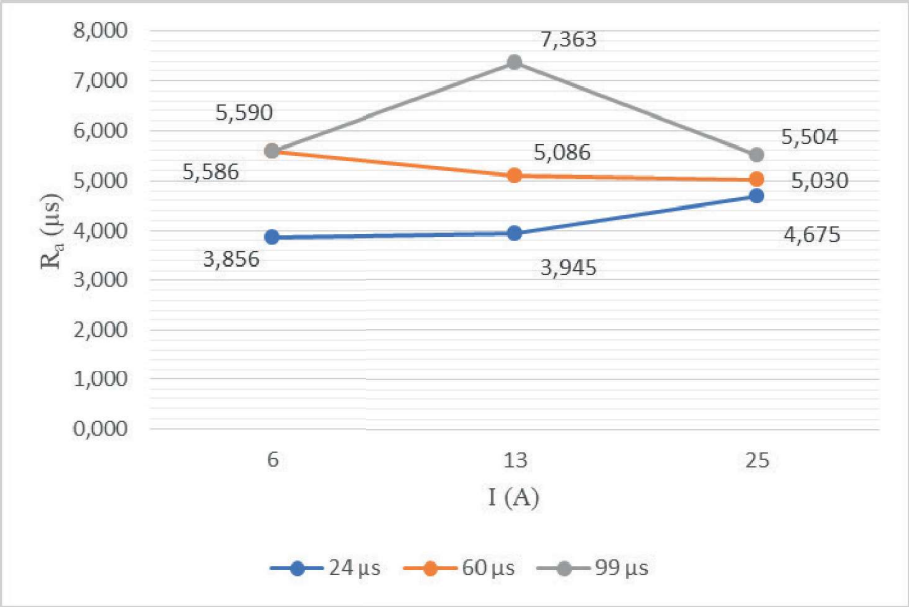


Şekil 8 Isıl işlem görmemiş numunenin R_a değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi

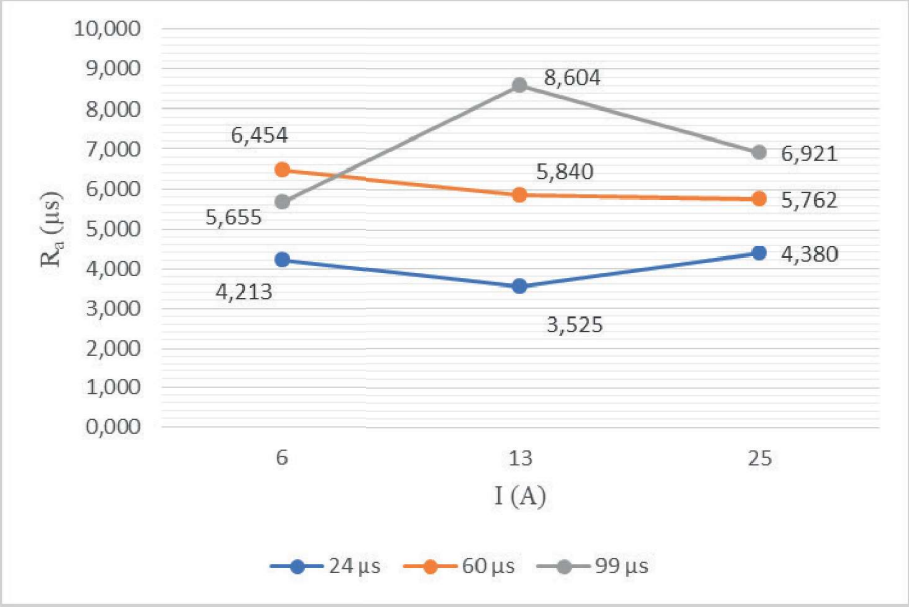
Sonuçlar incelendiğinde yüzey kalitesi üzerinde vurum süresinin akım şiddetine göre daha etkili olduğu görülmüştür. Vurum süresi arttıkça genelde yüzey kalitesi azalmıştır. Bunula birlikte R_a değerinin düşük vurum sürelerinde akım arttıkça önce azalıp sonra arttığı, yüksek vurum sürelerinde tam aksine önce artıp sonra azaldığı tespit edilmiştir. Özellikle 13A akım ve 99 µs vurum süresi tüm numunelerde en düşük yüzey kalitesini vermiştir. R_a değeri üzerinde yük boşalması sonucu oluşan kraterlerin boyutlarının küçük olması kadar oluşan kraterlerin birbirlerine yakın boyutlarda olması da önemlidir.

Isıl işlem görmemiş numunenin yüzey kalitesinin genel olarak ısıl işlem görmüş numunelere göre daha iyi olduğu gözlenmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4



Şekil 9 40 HRC sertlikte numunenin R_a değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi



Şekil 10 60 HRC sertlikte numunenin R_a değerinin I ve T_{on} parametrelerine göre değişimi

SONUÇ

Bu çalışmada ısıl işlem görmemiş, 40 HRC sertlikte ve 60 HRC sertlikte olmak üzere üç farklı yüzey sertliğine sahip St 52 numunelere EEİ yöntemiyle 0,5 mm işlemeler yapılmıştır. Değişken parametreler olarak akım ve vurum süresi belirlenmiş olup 6A, 13A ve 25A boşalım akımlarıyla ve 24 µs, 60 µs ve 99 µs vurum süreleriyle deneyler gerçekleştirilmiştir. Diğer parametreler olan dielektrik püskürtme basıncı, takım geri çekme süresi, vurum aralığı, işleme derinliği sabit tutulmuştur.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8541-1-4.2024.1003 ISBN: 978-9952-8541-1-4

Çalışmada en yüksek İİH, en düşük EAH ve en düşük R_a değerlerini veren işleme parametrelerini bulmak ve iş parçasında uygulanan ısıl işlemin EEİ ile işlenebilirliğe olan etkisini tespit etmek hedeflenmiştir. Buna göre:

1- En yüksek İİH yüksek akım ve yüksek vurum süresiyle elde edilmektedir.

2- En düşük EAH düşük akım ve yüksek vurum süresiyle elde edilmektedir.

3- En düşük R_a düşük vurum süresiyle elde edilmiştir ancak akım değerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi değişkendir. İdeal boşalım akımı diğer parametreler de göz önünde bulundurularak seçilmelidir.

4- Tüm sertliklerdeki numunelerin İİH ve EAH değerleri birbirine oldukça yakındır, yüzey sertliğini bu parametreler üzerindeki etkisi oldukça azdır. Isıl işlem görmemiş numunenin R_a değeri daha düşük olmakla beraber yüzey sertliğinin etkisi hakkında yorum yapmak zordur. Genel olarak yüzey sertliğinin EEİ ile işleme performansını belirgin şekilde etkilemediği ya da çok az etkilediği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Ho, K. H., & Newman, S. T. (2003). State of the art electrical discharge machining (EDM). *International Journal of Machine Tools & Manufacture, 43*(12), 1287–1300.
2. Özerkan, H. B. (2003). *Elektro erozyon ile işlemede toz karışımlı dielektrik sıvının işleme performansına etkisinin deneysel incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-58.
3. Özgedik, A. (2009). *Elektro erozyon ile işlemede iş parçasına uygulanan titreşimlerin işleme performansına etkilerininin incelenmesi* (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 52-55.
4. Puertas, I., & Luis, C. J. (2004). A study on the machining parameters optimisation of electrical discharge machining. *Journal of Materials Processing Technology, 143-144*, 521–526.
5. Ergün, Z. E., & Çoğun, C. (2006). Elektro erozyon ile işleme (EEİ) iş parçası yüzey karakteristiklerinin deneysel incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21*(3), 427–441.
6. Leao, F. N., Ian, R., Pashby, C., & Cuttell, M. (2005). Optimisation of EDM fast hole drilling through evaluation of dielectric and electrode materials. In *Proceedings of COBEM 2005, 18th International Congress of Mechanical Engineering* (pp. 1-8). Ouro Preto, MG.
7. Dastagiri, M., & Hemantha Kumar, A. (2014). Experimental investigation of EDM parameters on stainless steel & En41b. *Procedia Engineering, 97*, 1551–1564.
8. Çoğun, C., Kocabaş, B., & Özgedik, A. (2004). Elektro erozyon ile işleme (EDM) iş parçası yüzey pürüzlülük profilinin deneysel ve teorik olarak incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19*(1), 97–106.
9. Liu, H. S., Yan, B. H., Huang, F. Y., & Qiu, K. H. (2005). A study on the characterization of high-nickel alloy micro-holes using micro-EDM and their applications. *Journal of Materials Processing Technology, 169*(3), 418–426.
10. Bigot, S., Valentin, J., Blatnik, O., & Junkar, M. (2006). Micro EDM parameters optimisation. In *Multi-Material Micro Manufacture* (pp. 1-4).
11. Özgedik, A., & Çoğun, C. (2003). Elektro erozyon ile işlemede elektrot ön yüzey aşınmasının deneysel incelenmesi. *Mühendis ve Makine, 521*, 21–28.
12. Jahan, M. P., Wong, Y. S., & Rahman, M. (2009). A study on the quality micro-hole machining of tungsten carbide by micro-EDM process using transistor and RC-type pulse generator. *Journal of Materials Processing Technology, 209*, 1706–1716.

13. Joshi, S. N., & Pande, S. S. (2009). Development of an intelligent process model for EDM. *International Journal of Manufacturing Technology, 45*, 300–317.

14. Jose, M., Marafona, J., & Wykes, C. (2000). A new method of optimizing material removal rate using EDM with copper-tungsten electrodes. *International Journal of Machine Tools and Manufacture, 40*(2), 153–164.

15. Keskin, Y., Halkacı, H. S., & Kizil, M. (2006). An experimental study for determination of the effects of machining parameters on surface roughness in electrical discharge machining (EDM). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 28*(11-12), 1118–1121.

16. Özerkan, H. B. (2000). *Elektro erozyon ile işlemede toz karışımlı dielektrik sıvının performansına etkisinin deneysel incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5-60.

17. Annamalai, N. (2013). Investigation and modeling of electrical discharge machining process parameters for AISI 430 steel. *International Journal of Engineering and Technology, 0975-4024*.

18. Kocabaş, Ş. (2013). *Elektroerozyon ile işlemede işlem parametrelerini malzeme giderilmesi ve yüzey kalitesine etkilerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 90-100, 174.