

TEL EROZYON YÖNTEMİNDE İŞLEME PARAMETRELERİNİN ALÜMİNYUM ALAŞIMININ YÜZEY YAPISINA ETKİSİ

Ulaş ÇAYDAŞ , Ahmet HASÇALIK
Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü,
23119 ELAZIĞ

ÖZET

Bu çalışmada, tel erozyon yönteminde dielektrik sıvı sirkülasyon basıncı, puls süresi, gerilim ve tel ilerleme hızı parametrelerine bağlı olarak alüminyum alaşımının yüzey pürüzlülüğü ve mikroyapı değişimi incelenmiştir. Kesme işlemlerinden sonra, numunelerin mikroyapıları SEM ve optik mikroskopta incelenmiştir. Mikrosertlik ve yüzey pürüzlülük ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, numunelerin yüzey özellikleri işlem parametrelerine göre değişmekte ve malzemeden beklenen özelliklere göre uygun parametre seçilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler : Tel erozyon, alüminyum alaşımı, işlenebilirlik

EFFECTS OF MACHINING PARAMETERS ON THE SURFACE TEXTURE OF AN ALUMINIUM ALLOY IN WEDM PROCESS

ABSTRACT

In this study, the microstructure variation and the surface roughness in aluminium alloy according to puls on time, voltage, dielectric fluid circulation pressure and wire feed rate parameters were investigated in the WEDM. After cutting operations, the microstructure of specimens were examined by optic and SEM microscopy. The microhardness and surface roughness were measured. It was concluded that the surface properties were depended on process parameters and from this view it was attained to conclusion that suitable parameters must be selected according to expecting properties from material.

Keywords : WEDM, aluminium alloy, machineability

1. GİRİŞ

Tel Erozyon, dielektrik sıvı ortamında tel elektrot ve iş parçası arasında meydana gelen ardışık kıvılcımlarla malzemeden talaş kaldırılan elektro-termal bir yöntemdir (1). Günümüzde tel erozyon teknolojisi, üretim mühendisliği alanında önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Bu tezgahlar sanayide yapımı zor veya karmaşık olan birçok işparçasının oldukça düşük yüzey pürüzlülüğünde üretilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca klasik işleme yöntemlerine göre imalatı zor olan sert malzemelerin iletken olmak şartıyla işlenebilmesinden dolayı, özellikle kalıp elemanlarının ısıl işlem gördükten sonra işlenebilmesini mümkün kılmaktadır (2,3). Tel erozyonda kesme işlemi ısınma ve soğumayı içeren karmaşık bir süreç ile gerçekleşmekte ve boşalım enerjisi, boşalım süresi, tabla hızı, dielektrik sıvı basıncı, tel gerginliği, tel hızı, ve malzeme özellikleri gibi işlem faktörleri işparçasında oluşan kraterlerin büyüklüğünü, dolayısı ile yüzey yapısını ve işlem etkinliğini belirlemektedir (4,5,6). Yöntemde pek çok değişkenin etkili olması ve bu faktörlerin izafi etkileri uygun parametre seçimini zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı, WEDM işleminde uygun parametre seçimi genellikle imalatçı firma tarafından önerilen şartlarda ve kullanıcı tecrübelerine dayanılarak yapılmaktadır (7).

Herhangi bir malzeme işlenirken dikkat edilmesi gereken ilk husus, boyutsal hassasiyetin yanısıra yüzey yapısının ihtiyaçlara uygun olmasıdır. Yüzey yapısı iki açıdan ele alınabilir. Birincisi; yüzey pürüzlülüğünü de kapsayan yüzey geometrisi, ikincisi ise talaş kaldırma esnasında malzemenin yüzey tabakalarında meydana gelen gerilme şartları ve metalurjik değişikliklerdir. Elektroerozyon yönteminin elektro-termal bir süreç olmasından dolayı yüzey ve yüzey altında ısıdan etkilenen bir bölgenin olması kaçınılmazdır. Genellikle uygulanan işlem şartları ve malzeme özelliklerine bağlı olarak yüzeyde sert bir tabaka ve kılcal çatlaklar meydana gelmektedir (8,9). Bu bakımdan ilgili literatürün, talaş kaldırma etkinliği ve malzemenin yüzey yapısı üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Optimum bir yüzey kalitesi ve kesme oranı sağlayabilmek için Guo vd., kesme performansını etkileyen önemli bir faktör olan enerji kullanımını, tel elektrotta ultrasonik titreşim ekleyerek daha da homojenleştirmeye çalışmışlardır (10). Gökler ve Ozanözgü çeşitli kesme ve offset parametrelerini deneyerek, kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir (11). Tarn vd. ise işlem parametrelerini değiştirerek, kesme hızı ve yüzey pürüzlülüğünde optimum kesme şartları için araştırmalar yapmışlardır (12). Prohaszka ve Mamalis işleme parametrelerinin yanı sıra takım elektrot malzemesinin seçimi ile

performansı arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır (13). Tosun ve Coğun, tel elektrotta meydana gelen aşınmaları yine işlem parametrelerinin seçimine göre deneysel olarak incelemiştir (14). Rozenek vd., (2001) metal matrisli kompozit malzeme üzerinde işlem parametrelerinin kesme hızı ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır (15). Rebelo ve vd., EDM parametrelerine göre bakır-berilyum alaşımının işlenebilirliğini deneysel olarak incelemiştir (16). İlgili literatür doğrultusunda, tel erozyon yönteminin verimliliği, sonuçları ve maliyetinin büyük oranda uygun parametre seçimine göre değiştiği görülmektedir. Bu çalışmada, birçok kullanım alanının yanı sıra son yıllarda plastik enjeksiyon kalıplarında da kullanılan alüminyum alaşımının, işlem parametrelerine bağlı olarak yüzey özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Deneylerde kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilmiştir. Numuneler 4, 8 ve 16 mm kesme kalınlığı olacak şekilde 20 mm², 40 mm² ve 80 mm² kesme alanına sahip, dikdörtgen kesitli çubuklar halinde işlenerek kesme işlemine hazır hale getirilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi.

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
93.22	5.6	0.8	0.27	0.06	0.05

Deneyler Fine Sodick A320 EX –21 tip Tel Erozyon tezgahında gerçekleştirilmiş ve puls süresi, dielektrik sıvı sirkülasyon basıncı, tel ilerleme hızı ve gerilim değişken olarak alınmış ve kombinasyonları uygulanmıştır (Tablo 2). Dielektrik sıvı olarak su ve 0.25 mm çapında CuZn37 Master Brass olarak adlandırılan pirinç tel kullanılmıştır.

Tablo 2. Deney parametreleri

Puls Süresi (ns)	300	500	700
Gerilim (V)	100	270	-
Tel İlerleme Hızı (m/dakika)	5	10	-
Dielektrik Sıvı Sirkülasyon Basıncı (kg/cm ²)	6	12	-

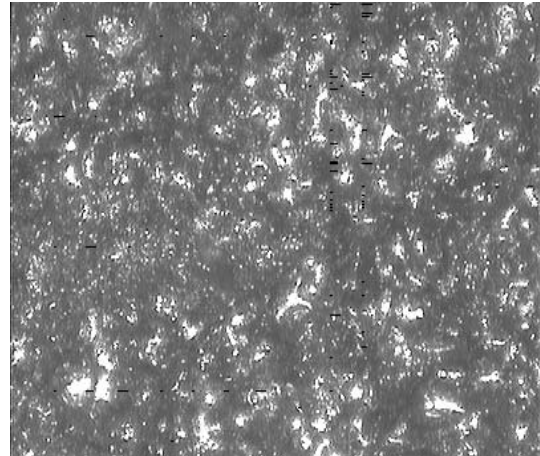
Numunelerde ısıdan etkilenen bölgeyi belirlemek için, kesme yüzeyine komşu bir yüzey ba-

kalite alınarak parlatılmış ve Keller dağlayıcısı ile dağlanarak mikroskopta incelenmeye hazır hale getirilmiştir. Dağlama işlemi sonrası numunelerin mikroyapıları hem optik hem de SEM mikroskoplarında incelenmiştir. Kesme işlemi sonrasında, numunelerde meydana gelen ısıdan etkilenen bölge derinliğinde sertlik değişimini belirlemek amacıyla, yüzeyden ve enine kesit boyunca mikrosertlik değerleri 10 (gf) yük kullanmak suretiyle ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük ölçümleri, Mitutoyo SurfTest–211 yüzey pürüzlülük cihazında yapılmıştır. Ölçümler, hem kesme yönünde hem de kesme yönüne dik yönlerde alınarak bu değerlerin ortalaması, ortalama yüzey pürüzlülüğü olarak kabul edilmiştir.

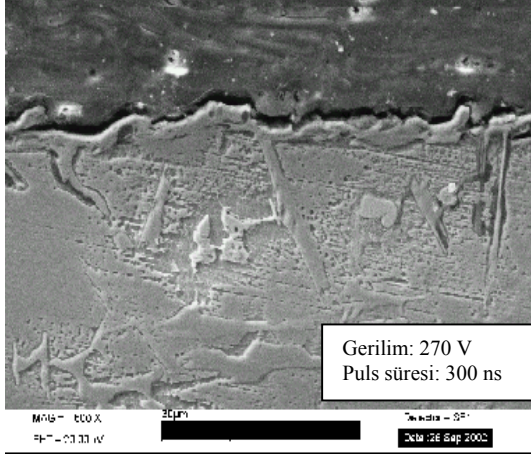
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Metalografik İnceleme Sonuçları

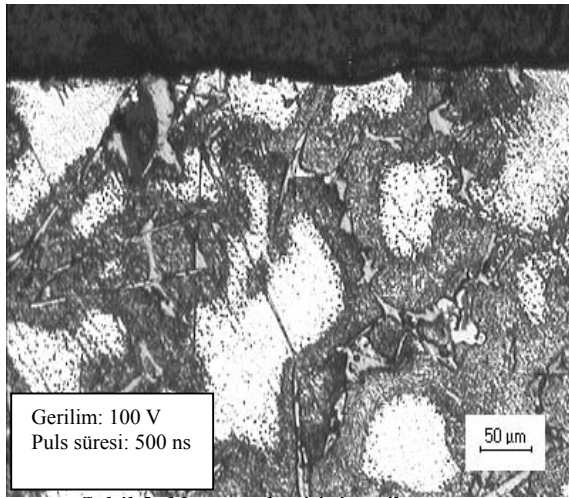
Kesme işlemi sonrasında yüzey, kalıntı ve hemen hemen aynı boyutlara sahip kraterlerden oluşmaktadır (Şekil 1). En dış yüzey, kaldırılan ergiyik metalin sıvı sirkülasyonu ile ara bölgeden uzaklaştırılmadan katılaşması neticesinde oluşan tabakadır. Bu tabakanın altında çok yüksek sıcaklıklara maruz kalan ve ergiyik durumdan hızlı şekilde soğuyup katılaşan tabaka bulunmaktadır (Şekil 2). Kesme işlemi sonrasında, alüminyum numuneler üzerinde yapılan metalografik incelemelerde, en dış tabaka, ısı işlem neticesinde sertleşmiş bölge ve bu bölgeden itibaren tedrici olarak sertlik azalmasının görüldüğü, nispeten daha az ısı etkisinde kalan bölge gelmektedir.



Şekil 1. Numunenin kesme yüzeyinin görünümü



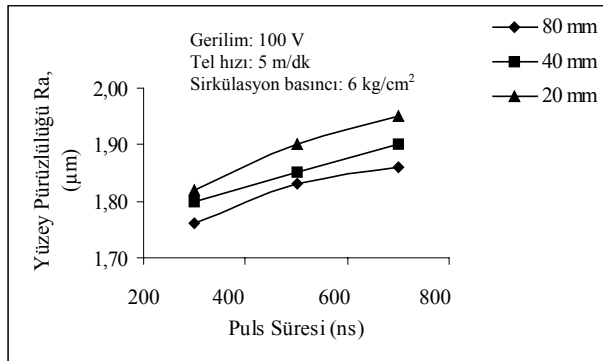
Şekil 2. Numune kesitinin mikroyapısı



Şekil 3. Numune kesitinin mikroyapısı

3.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları

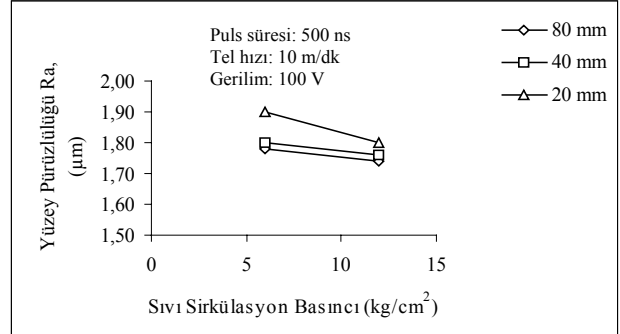
İşlemede puls süresinin artırılması, daha uzun süreli kıvılcıma ve buna bağlı olarak daha fazla talaş kaldırılmasına sebep olmaktadır. Sonuç olarak, yüzeyde meydana gelen kraterler daha geniş ve daha derin olmakta, yüzey daha fazla kaba çıkmaktadır. Yine aynı şartlarda voltajın artırılması, enerji şiddetini arttırdığından yüzey pürüzlülüğü daha fazla artmaktadır (Şekil 4).



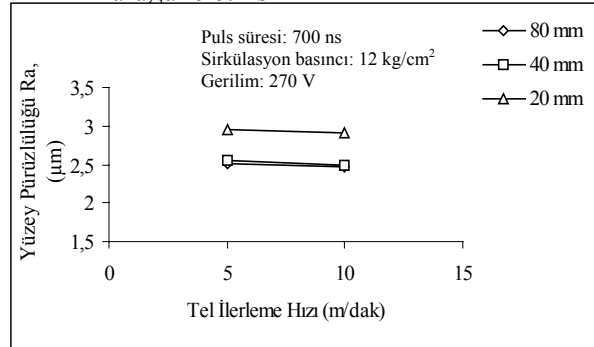
Şekil 4. Puls süresinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Sıvı sirkülasyon basıncının artırılmasıyla tüm numunelerdeki yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı görülmektedir. Yüksek gerilim, tel ilerleme hızı ve Puls sürelerinde ise yüzey pürüzlülüğündeki azalma oranı daha fazla olmaktadır. Bilindiği gibi, tel erozyon yönteminde dielektrik sıvı hem iş parçası ve tel elektrotun soğutulmasını hem de iş parçasından kopan parçacıkların ara bölgeden uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, artan sıvı basıncı ara bölgeden atıkların hızlı bir şekilde uzaklaştırılmasını ve kesme işleminin kararlılığını sağlamaktadır. Sonuç olarak, ergiyik metalin yüzeyde katılaşp yapışmasını önlemekte buna bağlı olarak da yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır (Şekil 5).

Artan tel ilerleme hızının tüm numunelerde yüzey pürüzlülük değişimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 6). Ancak, özellikle yüksek gerilim ve puls sürelerinde zaman zaman görülen tel kopmalarının yüksek tel hızlarında daha az görüldüğü tespit edilmiştir. Çünkü, birim zamanda tel yüzeyine düşen kıvılcım sayısı tel boyuna daha geniş aralıkta yayılmaktadır. Dolayısıyla tel yüzeyinde oluşan kraterler birbiri üzerinde oluşmamakta bu da telin mukavemetinin düşmesini önlemektedir.



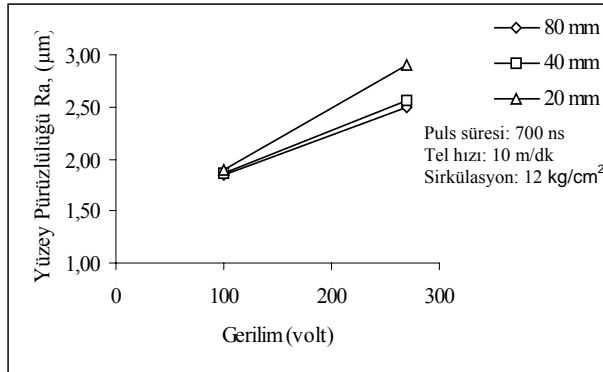
Şekil 5. Sıvı sirkülasyon basıncının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



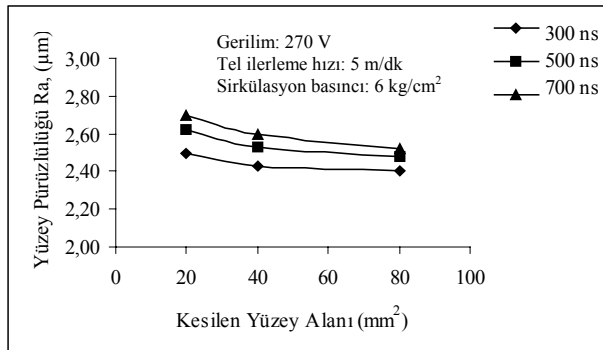
Şekil 6. Tel ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Artan gerilim değerlerine bağlı olarak tüm numunelerde yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Gerilimin, her kıvılcım boşalımı-nda tele uygulanan enerji yoğunluğu olduğu dikkate alındığında, bu enerji şiddetinin artırılması durumunda telden iş parçasına birim puls süresinde fırlatılan elektron sayısının daha fazla olacağı ve buna bağlı olarak da üretilen kıvılcım şiddetinin artacağı düşünüldüğünde, malzeme yüzeyinde oluşan kraterlerin boyutlarının artacağı söylenebilir. Ayrıca, gerilimin diğer parametrelerle mukayese edildiğinde, yüzey pürüzlülüğü üzerinde daha fazla etkili olduğu görülmektedir (Şekil 7).

Malzemelerin kesilen yüzey alanlarının artmasıyla, tüm numunelerdeki yüzey pürüzlülük değerlerinin nispeten azaldığı görülmektedir. Bilindiği gibi kesme işlemi esnasında, sürekli olarak tezgaha ait servo kontrol ünitesi tel ile iş parçası arasındaki kıvılcım aralığını sabit bir değerde tutmaktadır. Kesme alanı arttıkça, enerji dağılımı daha geniş bir yüzeye tekabül etmekte dolayısıyla, talaş kaldırma hızı düşmektedir. Daha kararlı bir kesme gerçekleşmekte ve yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır (Şekil 8).



Şekil 7. Gerilimin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

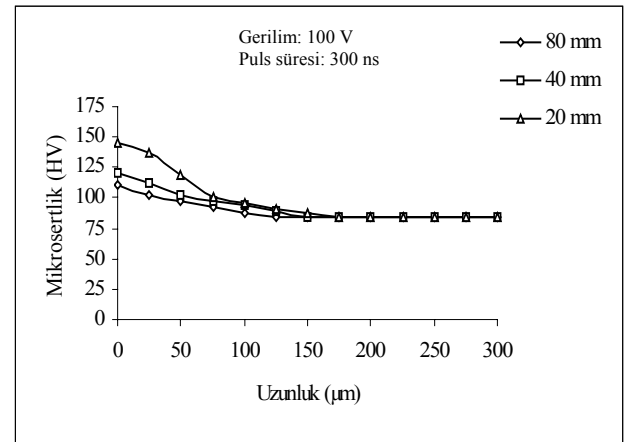


Şekil 8. Kesilen yüzey alanının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

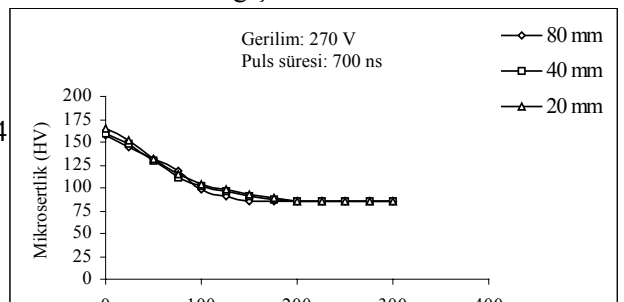
3.3. Mikrosertlik Ölçüm Sonuçları

Kesme işlemi sonrasında numunelerin artan puls sürelerine ve gerilim parametrelerine paralel olarak yüzey sertliklerinde nispeten belirli bir artışın olduğu görülmektedir. Puls süresinin artmasıyla, numunelerde ısıdan etkilenmiş bölge genişliğinin, malzemenin ısı iletim katsayısının yüksek olması nedeniyle düşük olduğu görülmektedir. Isıdan etkilenen bölge genişliği takriben 80- 120 µm arasında değişmektedir. Bu sonuçlarda, puls süresinin kıvılcım boşalım süresini artırmasının ve malzemelerin ısınma ve soğuma sürecindeki fiziksel özellikleriyle ilgili olduğu söylenebilir. Artan sıvı sirkülasyon basıncı ile numunelerin yüzey sertliklerinde belirgin olmamakla beraber nispeten bir sertlik artışının olduğu görülmektedir. Yine, uygulanan deney şartları içerisinde ısıdan etkilenen bölge aralığında önemli ölçüde bir değişimin olmadığı görülmektedir. Tel ilerleme hızlarının sertlik değişimi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 9 ve Şekil 10'da görüldüğü gibi, gerilim ve puls sürelerinin artırılmasına bağlı olarak yüzey sertliği ve ısıdan etkilenen bölge artmaktadır. Artan gerilim değeri, yüzeyde ve dolayısıyla yüzey altındaki sıcaklık dağılımını artırmaktadır. Yüksek sıcaklıktan dolayı, yüzeyde ani soğuma neticesinde yüzey sertliği artmaktadır. Deneylerde kesme alanı arttıkça, yüzey sertliği belirli ölçüde azalmaktadır. Isıdan etkilenen bölge genişliği ise ihmal edilebilecek düzeyde azalmaktadır. Dolayısıyla, uygulanan deney şartlarında kesme enerjisinin tekabül ettiği birim alanın artmasının etkili olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 9. Düşük gerilim ve puls sürelerinde mikrosertlik değişimi



Şekil 10. Yüksek gerilim ve puls sürelerinde mikrosertlik değişimi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, tel erozyon yönteminde, gerilim, puls süresi, tel ilerleme hızı ve dielektrik sıvı sirkülasyonu basınç parametrelerine bağlı olarak işlenen, farklı kesme alanlarındaki alüminyum alaşımının yüzeyi incelenmiş, elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Tel erozyonla kesme işlemi sonucunda, yüzeyde ergime ve soğuma neticesinde yüzey sertliği işlem parametrelerine bağlı olarak artmaktadır. Bu sertlik değişimi yüzeyden ana matrise doğru tedrici olarak azalmaktadır.

2. Artan puls süresi ve gerilim parametrelerine bağlı olarak yüzey sertliği ve ısıdan etkilenen bölge genişliği artmaktadır. Dielektrik sıvı basıncı ve tel ilerleme hızlarının, sertlik artışında ve ısıdan etkilenen bölge genişliğinde etkisi ihmal edilebilecek düzeydedir.

3. Puls süresi ve gerilim artışına bağlı olarak enerji şiddeti ve süresinin artışı, yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde değiştirmektedir. Tel ilerleme hızı ve sıvı sirkülasyon basıncının yüzey pürüzlülüğü üzerinde nispeten daha az tesiri olmaktadır.

4. Kesme alanı arttıkça, yüzey pürüzlülüğü, ısıdan etkilenen bölge aralığı ve yüzey sertliği düşmektedir.

5. Yüzey pürüzlülüğünü, tel kırılmalarını ve sertlik değişimini en az değerlerde tutabilmek amacıyla, düşük işlem parametrelerinde çalışılması gerekmektedir. Ancak, bu şartlarda da talaş kaldırma hızı düştüğünden, işlem süresi uzamaktadır.

6. Farklı özelliklere sahip malzemelerde kesme işlemi sonunda makine elemanlarının çalışma verimleriyle doğrudan ilgili olan yüzey pürüzlülük ve mikro yapı değişimleri, işlem parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu bakımdan, üretilecek makine elemanından beklenen özellik-

lere göre uygun parametrelerin seçilmesi gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Takeuchi, L., Jianxin, D., Mechanical Surface Treatments of the EDMed Ceramic Composite for Improved Strength and Reliability, Journal of the European Ceramic Society 22 (2002)545-550
2. Speeding, T. A., Wang, Z. O., Parametric Optimization and Surface Characterization of Wire Electrical Discharge Machining Process, Precision Engineering 20: (1997), 5-15
3. Nowwicki, B., Pierzynowski, R., Spadlo, S., New Possibilities of Machining Electrodischarge Alloying of Free-form Surface, Journal of Materials Processing Technology 109 (2001) 371-376
4. Liao, Y.S. and Woo, J.C., The effects of machining settings on the behavior of pulse trains in the WEDM process, Journal of Materials Processing Technology, 71, 433 – 439, 1996
5. Spedding T.A., Wang Z.Q., Parametric Optimization and Surface Characterization of Wire Electrical Discharge Machining Process. Precision Engineering 20:5-15, 1997
6. Liao, Y.S., Woo, J. C., The Effect of Machining Settings on the behaviour of Pulse Trains in the WEDM Process, Journal of Materials Processing Technology 71, 433-439, 1997
7. Liao, Y.S., Huang, J.T. and Su, H.C., A study on the machining parameters optimization of wire electrical discharge machining, Journal of Materials Processing Technology, 71, 487 – 493 , 1996
8. Simao, J., Lee, H. G., Aspinwall, R. C., Dewes, R. C., Aspinwall, E. M., Workpiece surface Modification Using Electrical Discharge Machining, International Journal of Machine Tools and Manufacture 43 (2003) 121-128
9. Chou, K. Y., Evans, C. J., White Layers and Thermal Modeling of Hard Turned Surfaces, International Journal of Machine Tools and Manufacture 39 (1999) 1863-1881
10. Guo, Z.N., Lee, T.C., Yue, T.M., and Lau, W.S., Study on the machining mechanism of WEDM with ultrasonic vibration of the wire,

- Journal of Materials Processing Technology, 69, (1997) 212- 221.
11. Gökler, İ., Ozanözü, M, Experimental investigation of effects cutting parameters on surface roughness in the WEDM process, International Journal of Machine Tools and Manufacture 40 (2000)1831-1848
 12. Nowicki, B., Pierzynowski, R. and Spadlo, S., New possibilities of machining and electrodischarge alloying of free-form surfaces, Journal of Materials Processing Technology, 109, 371- 376, 2001
 13. Prohaszka, J., Mamalis, A.G., and Vaxevanidis, N.M., The effects of electrode material on machinability in wire electro – discharge machining, Journal of Materials Processing Technology, 69, 233 – 237, 1996
 14. Tosun, N., and Coğun, C., An investigation on Wire Wear in WEDM, Journal of Materials Processing Technology, 134 (2003) 273 – 278
 15. Rozenek, M., Kozak, J., Dobrovski, L., Lubkovski, K., Electrical Discharge Machining Characteristic of Metal Matrix Composites, Journal of Materials Processing Technology 109, 367-370, 2001
 16. Rebelo, J.C., Dias, A.M., Mesquita, R., Vassalo, P., Santos, M., An Experimental Study on Electro- discharge Machining and Polishing of High Strength Copper-Beryllium Alloys, Journal of Materials Processing Technology, 103 (2000) 389-397