

Dubleks Paslanmaz Çeliğin Tel Erozyon ile İşlenebilirliğinin Deneysel Araştırılması

*¹Metin Zeyveli, ²Mehmet Altuğ and ³Abdulmecit Gültaş

¹Faculty of Technology, Department of Mechatronics Engineering, Karabuk University, Turkey

²Vocational High School, Department of Machine Technology, Inonu University, Turkey

³Faculty of Technology, Department of Manufacturing Engineering, Gazi University, Turkey

Özet

Tel erozyon ile işleme (TEİ) yöntemi imalat sektöründe özellikle kalıpcılıkta yaygın olarak kullanılan geleneksel olmayan işleme yöntemidir. Bu yöntem ile klasik elektro erozyon yöntemi ile üretilmesi zor veya daha karmaşık parçaların imalatı yapılabilmektedir. Bu çalışmada, endüstride otomotiv ve havacılık sektöründe yaygın olarak kullanılan duplex paslanmaz çeliğin Tel erozyon tezgâhında işlenebilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla farklı işleme parametreleri (gerilim, akım, servo, dielektrik, tel hızı, tel gerginliği) seçilmiş ve bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne, işleme zamanına etkisi belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen parametrelerin servo, time off ve dielektrik olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: WEDM, Dupleks paslanmaz çelik, yüzey pürüzlülüğü, işlenebilirlik, Taguchi design

Experimental Investigation of The Machinability of Duplex Stainless Steels With WEDM

Abstract

Wire electro discharge machining (WEDM) method is non-conventional machining method using commonly in the manufacturing industry, particularly molding processing. Difficult to produce with conventional electrical discharge method or more complex parts can be manufactured by this method. In this study, an investigated machinability of the duplex stainless steel which is used widely in the automotive and aviation industry on the wire electro erosion machine For this purpose, different processing parameters (voltage, current, servo, dielectric, wire speed, wire tension) were selected and an effect of this parameters to the surface roughness, processing time was determined. Surface roughness parameters has been found most affected respectively servo, time off and the dielectric.

Key words: WEDM, Duplex stainless steel, surface roughness, machining, Taguchi design

1. Giriş

Elektro Erozyon ile İşleme (EEİ), dünya çapında, plastik kalıpcılığı, döküm kalıpcılığı ve şekillendirme kalıpcılığında kullanılan [1], üretim endüstrisinde sert ve işlenmesi zor takım çelikleri, kompozitler, seramikler, süper alaşımlar, paslanmaz çelikler ve ısıl dirençli çeliklerin kullanım alanlarını artıran, en önemli geleneksel olmayan işleme metodudur [2,3].

*Corresponding author: Address: Faculty of Technology, Department of Mechatronics Engineering, Karabuk University, 78050 Karabuk TURKEY. E-mail address: mzeyveli@karabuk.edu.tr, Phone: +903704338210.

Tel Erozyon ile İşleme (TEİ) metodu ise EEİ metodu temeline dayalı, üzerinden yüksek yoğunlukta akım geçirilen bir tel yardımıyla kesme yöntemidir. TEİ metodu ile uzay ve havacılık, kesici takımlar, kalıpcılık, otomotiv ve medikal endüstrisindeki sert ve karmaşık profilli iletken parçaların mikron hassasiyetinde işlenebilmesi mümkündür. TEİ’ de farklı elektriksel kutuplara bağlanan tel elektrot, iş parçasına yaklaştırıldığında elektriksel boşalımlarla yüksek bir sıcaklık meydana gelmekte ve metalin ergimesi yolu ile talaş kaldırılmaktadır. Talaş kaldırma hızı, her bir kıvılcımdaki enerji miktarı ve her kıvılcımın zaman aralığına göre değişmektedir.

Literatürde TEİ metodu ile ilgili birçok araştırma vardır. Ancak bu çalışmalara bakıldığında, değişkenlerinin optimizasyonu, sürecin kontrol ve optimizasyonu, TEİ metodunun geliştirilmesi şeklinde sınıflandırıldığı görülmektedir [4]. TEİ metodu, akım süresi, boşaltım frekansı ve akımı gibi çok sayıda parametreye bağlı olduğundan bu parametrelerdeki çok küçük değişikliklerin bile yüzey pürüzlülüğünü ve kesme oranını etkilediği belirtilmektedir [5]. Bu amaçla yapılan çalışmalarda yüzey pürüzlülüğü, kesme hızı, boyutsal doğruluk ve malzeme kaldırılma oranı gibi performans karakteristiklerinin geliştirilmesine çalışılmıştır [6-9]. Genetik algoritma (GA) ile çok amaçlı optimizasyon uygulamasında Uzay ve Havacılık endüstrisinde çok kullanılan titanyum alaşımının işlenebilirliği ve GA ile girdi çıktı parametrelerinin optimizasyonu araştırılmıştır [10].

Bu çalışmada son yıllarda kullanımı büyük bir artış gösteren paslanmaz çelik türü olan dubleks paslanmaz çeliğin TEİ ile işlenebilirliği araştırılmıştır. Dubleks paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği diğer paslanmaz çelikler gibi karmaşık ve detaylı bir konudur. Literatür araştırmalarında genellikle geleneksel işleme yöntemleri ile işlenebilirliğinin yapıldığı görülmektedir. İşlenmesindeki zorluktan dolayı bu malzeme TEİ metodu ile farklı deney parametreleri ile işlenmiş ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Tel erozyon üzerinden yüksek yoğunlukta akım geçirilen tel yardımıyla kesme işlemidir. Tel erozyon ile işleme elektro erozyonla islemenin (EDM) özel bir seklidir. Burada elektrot, sürekli olarak ilerletilen ve uçları farklı kutuplara bağlı olan iletken bir teldir. Tel erozyonda talaş, doğru akım vurumlu bir güç kaynağı vasıtasıyla oluşan elektrik kıvılcımlarının erozyonu ile kaldırılır. Kıvılcımlar dielektrik sıvı içerisinde birbirine yakın yerleştirilen tel elektrot ve iş parçası arasında oluşur. Tel erozyon ile işleme tekniğinin üstünlüğü, elektrik iletkenliği özelliğe sahip her türlü malzeme sertlik değeri ne olursa olsun işlenebilmekte, ayrıca kalın malzemelerin ve karmaşık profillerin işlenebilmesine imkân sağlamaktadır.

2.1. Malzeme

Dubleks paslanmaz çelik Türkiye’de ve dünyada son zamanlarda kullanımı büyük bir artış gösteren bir paslanmaz çelik kalitesidir. Yüksek miktarda krom ve az miktarda nikel alaşım elementi esaslı olup östenitik ve ferritik yapıyı bünyesinde bulunduran bir malzemedir. Dubleks paslanmaz çelik diğer paslanmaz çeliklere oranla daha yüksek dayanım ve korozyon direnci göstermektedir. Bu özelliklerinden dolayı, pompa millerinde, tekne şaftlarında, pervane

yapımında, özel hidroelektrik santrallerinde, gıda sektöründe, kimya sektöründe, medikal sektörde ve makine üretiminde kullanılmaktadır [11]. Malzemenin kimyasal yapısı ve mekanik özellikleri Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Dupleks paslanmaz çeliğin kimyasal yapısı

Element	C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Ni
%	0,03	2,0	0,035	0,015	1,0	22,5	3,1	5,6

Tablo 2. Dupleks paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri

Tensile Strength	650 MPa (min)
Yield Strength	450 MPa (min)

2.2. Tel Erozyon Tezgahı, İş parçası ve Elektrot Malzemesi

Deneyisel çalışmalar ONA AF 25 yüksek hassasiyetli 3 eksen CNC tel erozyon tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde elektrot malzemesi olarak Zincoryum kaplamalı 0.25 mm çapında pirinç tel kullanılmıştır. İş parçası malzemesi 15x160x200 mm boyutlarında olup, her bir deney parametresi için 15x10 mm’lik alanda farklı işleme parametreleri ile kesme yapılmıştır

Dupleks paslanmaz çeliğin TEİ metodu ile farklı işleme parametrelerinde işlenebilirlik deneylerinde kullanılan parametreler ve seviyeleri Tablo 3’de görülmektedir. Deneylerde 7 tane parametre ve her bir parametre üç seviyede dikkate alınmıştır. Taguchi metodu ile L27’ye göre deney parametreleri tasarımı yapılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlarına varyans analizi uygulanmış ve parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

Tablo 3. Deney parametreleri ve seviyeleri

Parameters	Levels		
	I	II	III
Gerilim (Voltage) V	60	80	100
Akım (Current) Amp	6	10	14
Servo (voltage)	40	55	70
Dielectric Sıvı Basıncı (kg/m ²)	12	15	18
Tel Hızı (Wire Feed) m/dak	4	7	10
Tel Gerginliği (Wire Tension) (N)	5	7	9
Vurum Ara Zamanı (Time off) (µs)	120	150	180

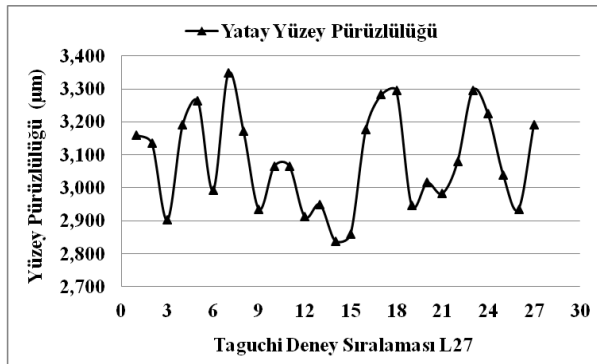
3. Deneyisel Çalışma ve Tartışma

Dupleks paslanmaz çelik, Tablo 3’de verilen işleme parametrelerine göre Taguchi deney tasarımı yöntemi ile L27’ye göre deney parametreleri belirlenmiş ve deneyler yapılmıştır. İşlenen yüzeylerin pürüzlülük değerleri üç yönlü üç ölçüm ile (yatay yönde, düşey yönde, çaprazlama yönde) yapılmış ve her bir yönün ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) elde edilmiştir. Sonrasında bu

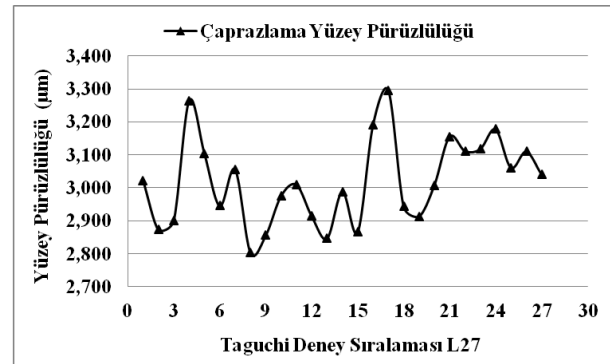
üç yön ölçümlerinin ortalaması alınarak genel yüzey pürüzlülüğü belirlenmiştir (Şekil 1.d).

Yüzey pürüzlülüğü değişimi grafikleri incelendiğinde (Şekil 1. a ve c) en düşük ve en yüksek pürüzlülük değerlerinin 2,800 ile 3,400 μm arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlere göre yatay ve çaprazlama pürüzlülük değerlerinin değişkenliği aynı genlikte çıkmaktadır. Ancak düşey pürüzlülük değerlerinde ise (Şekil 1.b) minimum ve maksimum değerleri 2,750 ile 3,240 μm arasında çıkmıştır. Bu üç grafikte elde edilen pürüzlülük değerlerine göre genel ortalama pürüzlülük değeri ise 2,850 ile 3,270 μm arasında düşük genlikte elde edilmiştir.

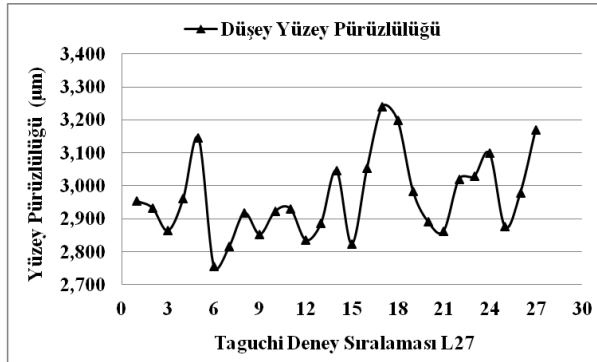
Elde edilen sonuçlara varyans analizi uygulanarak, seçilen deney parametrelerinden yüzey pürüzlülüğü üzerinde en fazla etkili olan parametrelerin belirlenmesine çalışılmıştır (Tablo 4). Varyans analizi sonucuna yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametrelerin servo, vurum ara zamanı, dielectric sıvı basıncı, akım, tel ilerleme hızı, tel gerginliği şeklinde değiştiği görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre pürüzlülüğü en fazla servo'nun etkilediği görülmektedir.



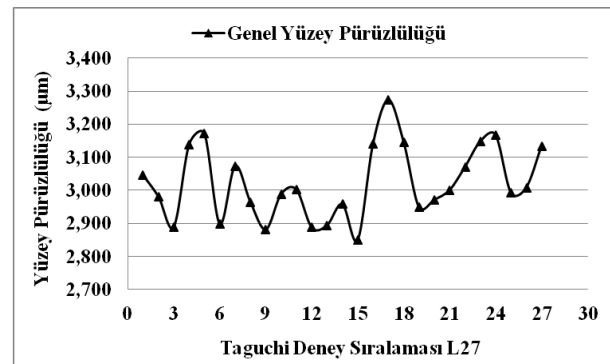
(a)



(c)



(b)



(d)

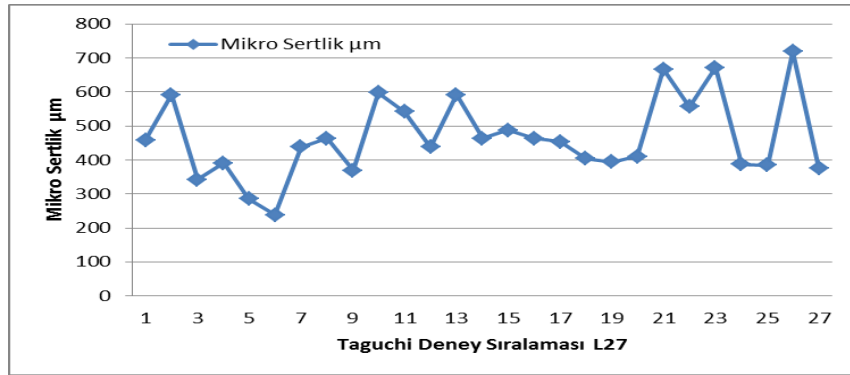
Şekil 1. Dubleks paslanmaz çelik yüzey pürüzlülüğü değerleri, a) Yatay yönde ölçüm, b) Düşey yönde ölçüm, c) Çaprazlama ölçüm, d) Genel ortalama yüzey pürüzlülüğü

Taguchi L27 deney tasarımına göre işlenen numunelerin yüzeylerinin sertlik analizleri de yapılmış olup Şekil 2'de verilmiştir. Numunelerin sertlikleri işleme parametrelerine bağlı olarak

farklılık göstermektedir. Buna sebep ise seçilen işleme parametreleri neticesinde malzemeden talaş kaldırılırken oluşan yüksek sıcaklıkla ergime gösteren metalin tekrar ani soğuma ile sertleşmesi neticesinde işleme yüzeyinde sert bir tabaka oluşmasına yol açtığı düşünülmektedir. Daha çok beyaz katman şeklinde oluşan bu tabaka sert ve kırılğan bir yapı içerir.

Tablo 4. Varyans analizi

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
V	2	0,009660	0,004830	2,74	0,104
C	2	0,046220	0,023110	13,13	0,001
S	2	0,096389	0,048194	27,37	0,000
De	2	0,048672	0,024336	13,82	0,001
WF	2	0,022711	0,011355	6,45	0,013
WT	2	0,016088	0,008044	4,57	0,033
TO	2	0,059238	0,029619	16,82	0,000
Error	12	0,021129	0,001761		
Total	26	0,320107			



Şekil 2. Dupleks malzeme mikro sertlik değişimi

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada, endüstrinin birçok alanında uygulama alanı bulan dupleks paslanmaz çelik plaka malzemenin TEİ metodu ile kesme işlemi yapılmıştır. Parametre sayısının fazla olması nedeni ile deney sayısının kısıtlanması için Taguchi yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara anova analizi uygulanarak, çalışmanın temelini oluşturan pürüzlülük üzerinde etkili en önemli işleme parametresi belirlenmiştir. Deneysel sonuçlara göre yüzey pürüzlülüğünün değişimine en fazla etki eden üç parametre servo voltajı, vurum ara zamanı ve dielektrik sıvı basıncı olarak sıralanmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün üç yönlü ölçümlerine göre düşey pürüzlülük değerlerine oranla yatay ve çaprazlama pürüzlülük ölçüm değerlerinin tel ilerleme hızı ve tel gerginliğinin artması ile arttığı söylenebilir.

Kaynaklar

- [1] Shankar S., Maheshwari .S and Pandey .P.C. Some investigations into the electric discharge machining of hardened tool steel using different electrode materials. *Journal of Materials Processing Technology* 2004; 149: 272–277.
- [2] Stovicek D.R., *The State-of-the-art EDM Science: Tooling and Production*, Nelson Publishing Inc., Ohio, USA, May 1993; 59(2): 42.
- [3] Ho K.H., Newman S.T., State of the art electrical discharge machining (EDM), *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 2003; 43: 1287–1300.
- [4] Ho K.H., Newman S.T., Rahimifard S, Allen R.D., *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2004; 44(12-13): 1247-1259.
- [5] Alekseyev G.A., Korenblum M.V., Analysis of the Conditions for the High Efficiency Wire Cut EDM, *Proceedings of the Ninth International Symposium for Electro-Machining (ISEM-9)*, Nagoya, Japan, 1989.
- [6] Spedding, T.A., Wang, Z.G.,. Parametric optimization and surface characteristic of wire electrical discharge machining process. *Precision Engineering* 1997; 20: 5–15.
- [7] Scott, D., Bovina, S., Rajurkar, K.P.,. Analysis and optimization of parameter combinations in wire electrical discharge machining. *International Journal of Production Research* 1991; 29: 2189–2207.
- [8] Lin, C.-T., Chung, I.-F., Huang, S.-Y.,. Improvement of machining accuracy by fuzzy logic at corner parts for wire-EDM. *Fuzzy Sets and Systems* 2001; 122: 499–511.
- [9] Huang, J.T., Liao, Y.S.,. Application of Grey relational analysis to machining parameter determination of wire electrical discharge machining. *International Journal of Production Research* 2003; 41: 1244–1256.
- [10] Kuriakose S., Shunmugam, M.S. Multi-objective optimization of wire-electro discharge machining process by non-dominated sorting genetic algorithm. *Journal of Materials Processing Technology* 2005; 170(1-2): 133-141.
- [11] *Practical_Guidelines_for_the_Fabrication_of_Duplex_Stainless_Steels*, 2009