

## GALETAJ PROSESİNİN OPTİMİZASYONU İÇİN DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

Funda KAHRAMAN\*, Aysun SAĞBAŞ

Mersin Üniversitesi, Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Mersin

### Özet

Galetaj prosesi, taşlama, lepleme ve honlama gibi talaş kaldırma prosesleri ile karşılaştırıldığında birçok avantaja sahiptir. Galetaj prosesi ile, yüzey sertliği, korozyon ve aşınma direnci artırmakta, iş parçasının yüzeyinde basma tarzı kalıntı gerilmelerin oluşması nedeniyle yorulma dayanımı iyileşmektedir. Bu çalışmada, AISI 4140 çelik malzemenin galetaj prosesinde, Taguchi deneysel tasarım metodu uygulanmış ve yüzey pürüzlülüğü için optimum proses parametrelerini belirlenmiştir. Proses karakteristiklerini incelemek için ortogonal dizi, sinyal gürültü oranı (S/N) ve varyans analizi kullanılmıştır. Optimum galetaj parametreleri kullanılarak, malzemenin yüzey pürüzlülüğü % 74 oranında azaltılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Optimizasyon, taguchi tekniği, yüzey pürüzlülüğü, galetaj prosesi

## AN EXPERIMENTAL STUDY FOR OPTIMIZATION OF BURNISHING PROCESS

### Abstract

The burnishing process gives many advantages in comparison with chip removal processes such as grinding, lapping and honing. The burnishing process increases the surface hardness, corrosion and wear resistance, and improves the fatigue strength by inducing residual compressive stresses in the surface of the workpiece. In this study, Taguchi design of experiment method was applied to determine the optimal process parameters for ball burnishing process of AISI 4140 steel. An orthogonal array, the signal-to-noise ratio and the analysis of variance were used to investigate the process characteristics. The surface roughness of the specimen could be improved from 74% by using optimum burnishing parameters.

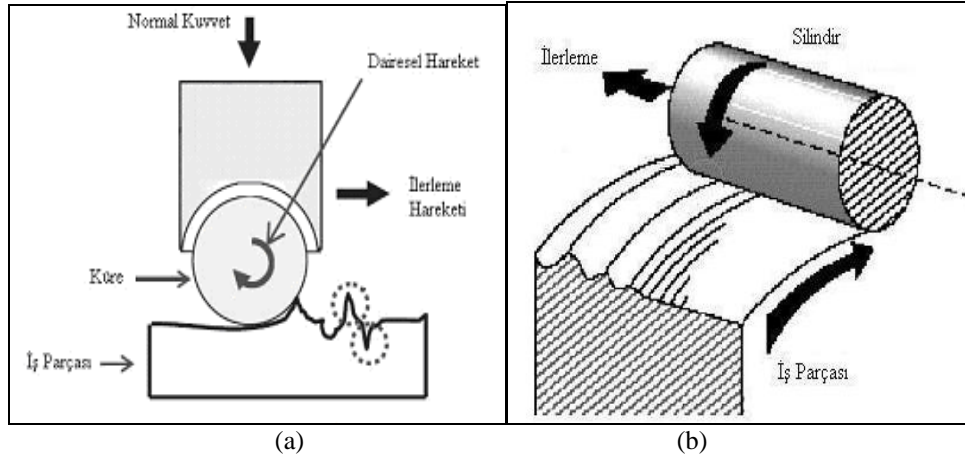
**Key Words:** Optimization, taguchi technique, surface roughness, burnishing process

---

\* E-posta: fkahraman@mersin.edu.tr

## 1. Giriş

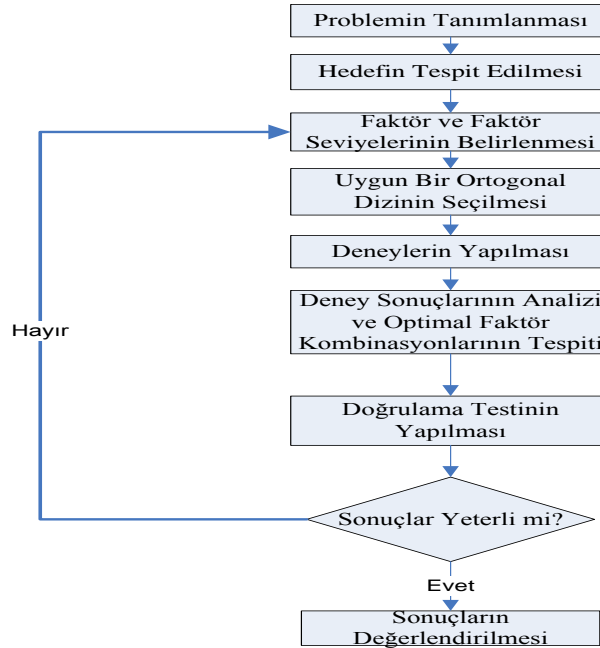
Galetaj, ön işlem görmüş parçaların yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için uygulanan bir soğuk yüzey işleme prosesidir. Galetaj işlemi ile metalik malzemelerin yüzey kalitesi, yüzey sertliği, yorulma ve korozyon direnci gibi özelliklerini iyileştirilmek mümkündür [1-8]. Galetaj işlemi, küresel veya silindirik bir parçanın metalik yüzeye uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Bu yöntem, talaş ve talaş tozu gibi artıklar bırakmaz, silindirik açık-kör-kademeli-konik-küre deliklerde, silindirik düz-kademeli-konik-küre millerde, düz yüzeylerde, iç-dış radiuslarda, iç-dış kanallarda, uzun boru yüzeylerinde uygulanabilir [9-11]. Küresel ve silindirik galetaj mekanizması Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Galetaj Mekanizması (a): Küresel (b): Silindirik [2,3]

Bu çalışmada galetaj işleminde, Taguchi deneysel tasarım metodu uygulanmış ve elde edilen deneysel veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler varyans analizi (ANOVA) tekniği ile belirlenmiştir. Ayrıca, sinyal/gürültü (S/N) oranı hesaplanmış ve yüzey pürüzlülüğünü minimum yapan işlem koşulları belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metod



Şekil 2. Taguchi Metodunun Sistematığı

Bu çalışmada malzeme olarak AISI 4140 çelik seçilmiştir. Deney numuneleri, 30 mm çap ve 100 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Deneylerde, Goodway GS-280 endüstriyel CNC torna tezgahı kullanılmıştır. Galetaj işleminden önce

tormalama işlemi uygulanmıştır. Bilya çapı 10 mm seçilmiştir. Galetaj işleminden sonra numunelerin üç farklı bölgesinden yüzey pürüzlülüğü ( $R_a$ ) ölçümleri yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametreleri belirlemek için Taguchi deneysel tasarım metodu uygulanmış olup, Taguchi metodunun sistematığı Şekil 2’de verilmiştir.

Taguchi metodu, kalite geliştirme konusunda deneysel tasarıma dayalı olarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Taguchi metodunda kalite geliştirme çalışmaları üç aşamada gerçekleştirilir [12-14]. Bunlar; sistem tasarımı (malzeme, parametre, üretim ekipmanları seçimi), parametre tasarımı (en iyi faktör kombinasyonlarının seçimi ve kalite geliştirme), tolerans tasarımı (dar tolerans kullanma, çıktı kalitesini etkileyen faktörü belirleme) olarak sınıflandırılır. Taguchi deneysel tasarım yönteminde elde edilen sonuçlar, sinyal-gürültü (S/N) oranı kullanılarak değerlendirilir. S/N oranı, en küçük-en iyi, en büyük-en iyi ve nominal-en iyi olarak, kalite değerinin hedeflendiği değere göre farklı şekillerde hesaplanır ve analiz edilir. Bu çalışmada kullanılan en küçük-en iyi karakteristiğinin kayıp fonksiyonu, Eşitlik 1’de verilmiştir.

$$\eta_j = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (1)$$

$n$ : test sayısı,  $y_i$ : kalite karakteristiği,  $n_j$ : sinyal/gürültü oranı

Bu çalışmada deney koşulları, L18 ortogonal dizine göre planlanmış olup 18 adet deney yapılarak optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Galetaj işleminde paso sayısı, hız, kuvvet ve ilerleme miktarı girdi değişkeni, yüzey pürüzlülüğü ise çıktı değişkeni olarak seçilmiş ve yüzey pürüzlülüğü minimize edilmeye çalışılmıştır. Uygulanan Taguchi deneysel tasarımı için faktör seviyeleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Taguchi Tasarımı İçin Faktörler ve Seviyeleri

Proses Parametreleri	Faktör seviyeleri		
Paso sayısı	2	3	4
Hız (mm/dak)	200	800	1000
Kuvvet (N)	200	500	800
İlerleme miktarı (mm/dev)	0.05	0.15	0.25

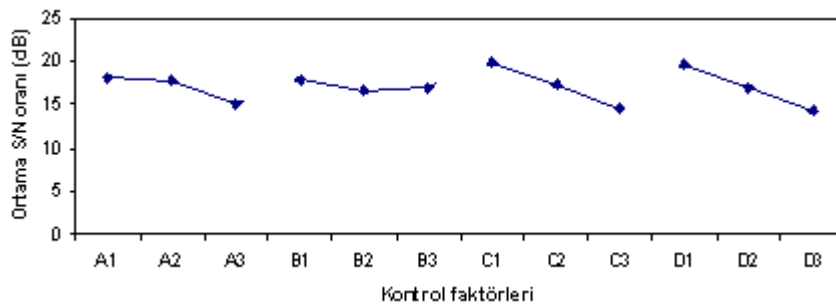
### 3. Araştırma Bulguları

Galetaj prosesinde, Taguchi deneysel tasarımında L18 ortogonal dizisi için faktörler ve seviyeleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** L18 Ortogonal Dizisi İçin Faktörler ve Seviyeleri

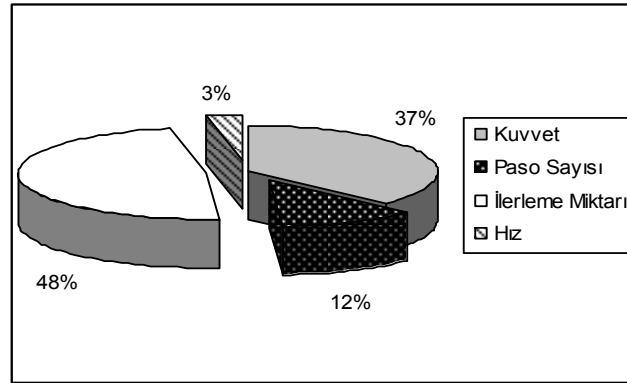
Faktörler/Seviyeler	1	2	3
A: Paso sayısı	18.10	17,8	15,01
B: Hız (mm/dak)	17.9	16.65	16.92
C: Kuvvet (N)	19.92	17.33	14.46
D: İlerleme (mm/dev)	19.61	17.06	14.39

Galetaj parametrelerinin her seviyesi için ortalama S/N oranı hesaplanmış ve Şekil 3’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Yüzey pürüzlülüğü için ortalama S/N grafiği

Bu çalışmada, Taguchi deneysel tasarım yaklaşımı kullanılarak AISI 4140 çelik malzemenin yüzey pürüzlülüğü için optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreleri belirlemek için varyans analizi uygulanmış olup, parametrelerin etki dereceleri Şekil 4’de gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametreler, ilerleme miktarı (%48) ve kuvvet (%37) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Proses Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Taguchi tekniği ile optimizasyonda son aşama optimum proses parametre seviyelerini kullanarak kalite karakteristiğinin gelişimini tahmin etme ve sonuçların karşılaştırılmasıdır. Galetaj işlemi öncesi yüzey pürüzlülüğü ortalama olarak  $1.01 \mu m$  olarak ölçülmüştür. Galetaj işlemi ile yüzey pürüzlülüğünde %74 oranında iyileşme gerçekleşmiştir.

#### 4. Sonuçlar

- Galetaj işlemi görmüş AISI 4140 çelik malzemenin yüzey pürüzlülüğü için optimum faktör seviyeleri, en küçük-en iyi karakteristiğine göre hesaplanmış ve optimum parametre kombinasyonu; hız: 200 m/dak, kuvvet: 200 N, ilerleme miktarı: 0.05 mm/dev, paso sayısı: 2 olarak belirlenmiştir.
- Yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli faktörlerin kuvvet ve ilerleme miktarı olduğu görülmüştür.
- Optimum galetaj parametreleri kullanılarak, malzemenin yüzey pürüzlülüğü % 74 oranında azaltılmıştır.
- Galetaj işleminde yüzey pürüzlülüğünün parametrelerin değişimi ile etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

#### Kaynaklar

- [1].Esme, U, Sagbas, A, Kahraman, F, Kulekci, M,K, “Use of artificial neural Networks in ball burnishing process for the prediction of surface roughness of AA 7075 aluminum alloy”, Materiali in Tehnologije, 42, 215-219, 2008.
- [2].El-Tayeb, N,S,M, Low, K,O, Brevem, P,V, “On the surface and tribological characteristics of burnished cylindrical Al-6061”, Tribology International, 42, 320-326, 2009.
- [3].Yeldose, B,C, Ramamoorthy, B, “An investigation into the high performance of TiN-coated rollers in burnishing process”. Journal of Materials Processing Technology, 207, 350-355, 2008.
- [4].Basak, H, Goktas, H,H, “Burnishing process on the al-alloy and optimization of surface roughness and surface hardness by fuzzy logic”, Materials and Design, 30, 1275-1281, 2009.
- [5].Shiou, F,J, Hsu, C,C, “Surface finishing of hardened and tempered stainless tool steel using sequential ball grinding, ball burnishing and ball polishing process on a machining centre”, Journal of Materials Processing Technology, 205, 249-258, 2008.
- [6].Luo, H, Wang L, Zhang C, “Study on the aluminum alloy burnishing processing and the existence of the outstripping phenomenon”, Journal of Materials Processing Technology, 116, 88-90, 2001.
- [7].Luca, L, Ventzel-Marinescu, I, “Effects of working parameters on surface finish in ball-burnishing of hardened steels”, Precision Eng., 29, 253-256, 2005.
- [8].Seemikery, C,Y, Brahmankar, P,K, Mahagaonkar, S,B, “Investigation on surface integrity of AISI 1045 using LPB tool”, Tribology Int., 41, 724-734, 2008.
- [9].Hassan, A,M, Al-Jalil, H,F, Ebied, A,A, “Burnishing force and number of passes for the optimum surface finish of brass components”, Journal of Materials Processing Technology, 83, 176-179, 1998.

- [10]. El-Axir, M,H, Othman, O,M, Abodiena, A,M, “Study on the inner surface finishing of aluminum alloy 2014 by ball burnishing process”, *Journal of Materials Processing Technology*, 202, 435-442, 2008.
- [11]. El-Axir, M,H, “An investigation into roller burnishing”, *Machine Tools & Manufacture*, 40, 1603-1617, 2000.
- [12]. Shiou F,J, Chen, C,H, “Determination of optimal ball burnishing parameters for plastic injection moulding steel”, *Int. J. Adv. Manufacturing Technology*, 3, 177-185, 2003.
- [13]. Nemat, M, Lyons, A,C, “An investigation of the surface topography of ball burnished mild steel and aluminium”, *Int. J. Adv. Manufacturing Technology*, 16, 469-473, 2000.