

Ezerek Parlatma Yönteminin Inconel 718 Alaşımının Yüzeysel Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Mahmut ÇELİK^{1*}

¹ Uçak Gövde ve Motor Bakımı Bölümü, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
^{*}1 mahmutcelik@erciyes.edu.tr

(Geliş/Received: 03/01/2023;

Kabul/Accepted: 02/03/2023)

Öz: Ezerek parlatma yöntemi son yıllarda sıklıkla tercih edilen düşük maliyetli ve etkili bir yüzeysel iyileştirme yöntemidir. Yöntemde bir yuvarlanma elemanı iş parçası yüzeyine belirli bir kuvvetle bastırılarak yüzeysel düzensizlikler soğuk deformasyona uğratarak giderilir. Böylece yüzeysel pürüzlülükleri giderilerek yüzeysel kalitesi artırılır. Bu çalışmada Inconel 718 alaşımından tornalama yöntemiyle imal edilmiş numuneler ezerek parlatma işlemine tabi tutulmuşlardır. İşlemde baskı kuvveti, ilerleme miktarı ve paso sayısı parametreleri 4'er farklı seviyede değiştirilmiş ve bu parametrelerin yüzeysel kalitesi üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Taguchi L16 deneysel tasarım yaklaşımı benimsenen çalışmada yüzeysel pürüzlülüklerin ortalama % 94,29 oranında iyileştirildiği tespit edilmiştir. Öte yandan Sinyal/Gürültü oranı analizinden elde edilen veriler neticesinde yüzeysel pürüzlülüğü iyileştirme oranı (YPIÖ) üzerinde en etkili parametrenin paso sayısı olduğu ve bunu sırasıyla ilerleme miktarı ve baskı kuvveti parametrelerinin takip ettiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ezerek parlatma, Inconel 718, Yüzeysel kalitesi

Investigation of the Effects of Roller Burnishing on the Surface Quality of Inconel 718 Alloy

Abstract: The roller burnishing method is a low-cost and effective surface improvement method that has been frequently preferred in recent years. In the method, a rolling element is pressed against the workpiece surface with a certain force, and the irregularities on the surface are removed by cold deformation. Thus, surface roughness is removed and surface quality is increased. In this study, samples manufactured from Inconel 718 alloy by turning method were subjected to burnishing process. In the process, the compression force, feed rate and number of passes parameters were changed at 4 different levels and the effects of these parameters on the surface quality were investigated experimentally. In the study, in which Taguchi L16 experimental design approach was adopted, it was determined that the surface roughness was improved by an average of 94.29%. On the other hand, as a result of the data obtained from the Signal/Noise ratio analysis, it was determined that the most effective parameter on the surface roughness improvement ratio was the number of passes, followed by the feed rate and compression force parameters, respectively.

Key words: Inconel 718, Roller burnishing, Surface quality

1. Giriş

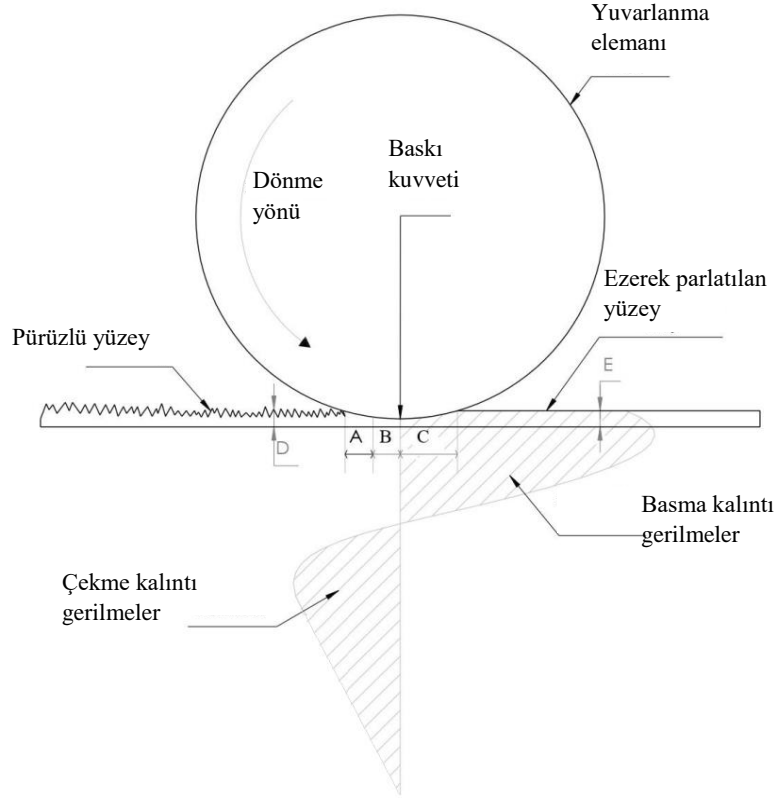
İmalat teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte makine elemanlarından mekanik ve kozmetik beklentiler artmaktadır. Bir makine elemanın seçiminde mukavemet, aşınma dayanımı gibi mekanik özelliklerinin yanı sıra yüzeysel kalitesi gibi kozmetik özellikler de tercih sebebi olmaktadır [1].

Mekanik açıdan beklentileri karşılayan Inconel 718 alaşımı yüksek ısı dayanımı, yüksek yorulma dayanımı ve aşınma dayanımı gibi özelliklere sahiptir. Sahip olduğu bu özellikler Inconel 718 alaşımının havacılık ve uzay endüstrisinde en çok kullanılan süper alaşımlar arasında yerini almasını sağlamıştır [2,3]. Inconel 718 alaşımı gaz türbinli motorlarda bulunan türbin kanatçıklarında, nükleer sanayisinde kullanılan ekipmanlarda ve sıvı yakıt kullanan roketlerde yoğunlukla kullanılmaktadır. Bu elemanların üretiminde de genellikle talaşlı imalat yöntemleri kullanılmaktadır [4,5]. Inconel 718 alaşımının sahip olduğu üstün özellikler bu alaşımların işlenebilirliği konusunda da bir takım sınırlamaları beraberinde getirmektedir [6]. Talaşlı imalat esnasında ortaya çıkan yüksek ısı iş parçasında sıcak sertlik oluşturmakta ve bu durum kesici takımında deformasyonlara ve yüksek oranda aşınmalara sebep vermektedir [7]. Öte yandan takım ve iş parçası arasında açığa çıkan yüksek ısı kesici takım kenarında talaş birikintisine neden olmakta ve sonuç olarak yüzeysel kalitesi bozulmaktadır [8-10]. Inconel 718 alaşımının kullanım alanları da göz önüne alındığında mekanik özelliklerin yanı sıra yüzeysel kalitesi de önem arz

* Sorumlu yazar: mahmutcelik@erciyes.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0000-0003-4272-1319

etmektedir. Bu sebeple talaşlı imalat ile işlenen Inconel 718 alaşımlarında ikincil bir yüzey iyileştirme işlemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Termal, termo – mekanik, kimyasal ve mekanik birçok yüzey iyileştirme yöntemi olmasına karşın, Ezerek Parlatma (EP) yöntemi sahip olduğu ekonomiklik ve uygulama kolaylığı gibi avantajlarından dolayı daha tercihli hale gelmiştir. EP yönteminde, sertleştirilmiş çelik veya seramik bir yuvarlanma elemanı yüzeye belirli bir kuvvetle bastırılarak yuvarlanma elemanı ve/veya iş parçasının hareketi neticesinde yüzeylerden talaş kaldırılmadan, yüzeydeki mikro pürüz tepeleri küçük plastik deformasyonlara uğratarak düzeltilir (Şekil 1).



Şekil 1. Ezerek parlatma işleminin şematik gösterimi [11]

Parlatma işlemi genellikle tornalanmış ve/veya taşlanmış metal parçaların prizmatik, silindirik ve konik iç ve dış yüzeylerine uygulanır [12]. İşlem neticesinde, malzemenin yüzey sertliği artarken, pürüzlülüğü ise önemli derecede azalmaktadır. EP yöntemi, geleneksel hassas tornalama, taşlama ve honlama gibi talaşlı imalat yöntemleriyle kıyaslandığında yaklaşık 15 kat daha ekonomiktir [13]. Ayrıca, yöntemin herhangi bir talaşlı imalat tezgahına çok kolay bir şekilde entegre edilebilecek bir ezme aparatı vasıtasıyla gerçekleştirilebilmesi ve ekstra bir donanıma ihtiyaç duymaması da yöntemin tercih edilmesinde diğer bir unsurdur.

Inconel 718 alaşımının yüzey kalitesini artırmaya yönelik çok sayıda çalışma olmakla birlikte bu çalışmalar genellikle ısıtma işlem ve kaplama teknikleri üzerine yoğunlaşmıştır [14]. Inconel 718 alaşımının EP işlemine tabi tutulduğu sınırlı sayıda çalışmaya ise aşağıda özetlenmiştir.

Shen vd. tarafından yapılan çalışmada Inconel 718 alaşımı ultrasonik destekli EP işlemi ve ısıtma işlemli ultrasonik destekli EP işlemine tabi tutulmuştur. Çalışmada yüzey özellikleri mekanik özelliklerle ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ısıtma işlemli EP işleminin daha iyi yüzey özellikleri gösterdiği ve numunelerde daha yüksek akma dayanımı ve daha etkin basma artık gerilme dağılımı olduğu görülmüştür [14].

Casarin ve ark., yaptıkları çalışmada Inconel 718 alaşımının geleneksel EP yöntemi ve iş parçasının ısıtıldığı EP yöntemi ile parlatmışlardır. Yapılan kıyaslama neticesinde oda sıcaklığında yapılan deneylerde daha düşük yüzey pürüzlülükleri elde edilirken ısıtılmış iş parçalarında yapılan deneylerde daha yüksek yüzey sertliği ve basma kalıntı gerilme değerleri olduğu görülmüştür [15].

Sequera ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada ise Inconel 718 alaşımı bilye şeklindeki ezme aparatı vasıtasıyla EP işlemine tabi tutulmuş ve bilye boyutu ve ezme basıncının yüzey özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda EP işlemine tabi tutulan numunelerin yüzey kalitesi ve sertliğinde belirli bir basınç değerine kadar artış meydana geldiği tespit edilmiştir [16].

De Lacalle ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada 6 mm çapa sahip bir bilye ile frezelenmiş Inconel 718 ve ısıtılmış işlem görmüş P20 çeliği farklı ezme basınçlarında EP işlemine tabi tutulmuş ve yüzey özellikleri incelenmiştir. Bütün deneylerde EP işlemi sonucu yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı ve Inconel 718 alaşımının çeliğe kıyasla daha kolay parlatılabildiği raporlanmıştır. Bu durum ise Inconel 718 alaşımının süneklik özelliğiyle ilişkilendirilmiştir [17].

Yaman ve ark., yaptıkları çalışmada eklemeli imalat yöntemiyle ürettikleri Inconel 718 alaşımının, ham halini, kum püskürtme yöntemi uygulanmış halini ve ısıtılmış işlem görmüş halini EP yöntemine tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda numunelerin yüzey özellikleri ve aşınma dirençleri incelenmiş ve hem yüzey kalitesi hem de aşınma dirençlerinin EP yöntemiyle iyileştiği rapor edilmiştir [18].

Hua ve ark. tarafından yapılan çalışmada Inconel 718 alaşımından imal edilmiş yorulma test numunelerinin yüzeyleri EP işlemine tabi tutulmuş ve EP işleminin yorulma ömrü ve yüzey özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda yüzey kalitesinin arttığı, yüzey sertliğinin arttığı ve yorulma dayanımının da arttığı raporlanmıştır [19].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde ezme aparatı olarak bazı çalışmalarda silindirik bir makara, bazı çalışmalarda ise bilye kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise tornalama yöntemine tabi tutulmuş Inconel 718 alaşımı disk şeklinde ve sabit bir yarıçapa sahip bir aparat aracılığıyla ikincil bir işlem olarak EP yöntemine tabi tutulmuş ve EP yöntem parametrelerinin iş parçalarının yüzey kaliteleri üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Numunelerin hazırlanması

Deneylerde temini ticari olarak sağlanan Inconel 718 alaşımından imal edilmiş 12,6 mm çapında silindirik miller kullanılmıştır. Bu malzemeye ait kimyasal bileşim ve mekanik özellikler sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

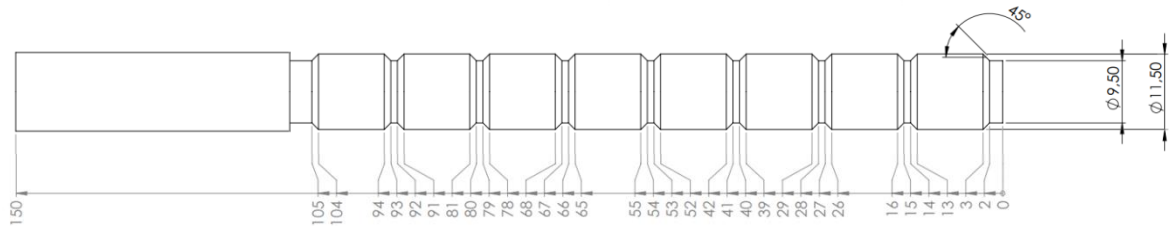
Tablo 1. İş parçası malzemesinin kimyasal bileşimi (Inconel 718) [4]

Element (%)	Ni	Cr	Fe	Mo	Nb	Ti	Diğer
	53,37	18,37	17,80	3,04	5,34	0,98	Balans

Tablo 2. İş parçası malzemesinin mekanik özellikleri (Inconel 718)

Özellik	
Yoğunluk (kg/m ³)	891
Akma Dayanımı (MPa)	1104
Çekme Dayanımı (MPa)	1345
Sertlik (HRC)	42

EP işlemi öncesinde numuneler, bilgisayarlı sayısal denetimli bir torna tezgahında 75 m/dk kesme hızında, 0,2 mm/dev ilerleme oranında ve 0,5 mm talaş derinliğinde sabit şartlarda Sumitomo electric firması tarafından süper alaşımların işlenmesi için özel üretilen 0,4 mm uç radyüsü bulunan TNMG160404N-EG kodlu kesici takımla tornalama işlemine tabi tutulmuş ve Şekil 2’de gösterilen ölçülere getirilerek nihai halini almıştır.



Şekil 2. Numunelere ait teknik detaylar

2.2. Deney parametrelerinin belirlenmesi

EP işleminde yüzey kalitesi üzerinde etkili olan çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin her birinin yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini aynı anda belirlemek oldukça güçtür. Literatürde yapılan çalışmalar ve yapılan ön deneyler neticesinde baskı kuvveti, ilerleme miktarı ve paso sayısı faktörlerinin yüzey kalitesi üzerinde etkin parametreler olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle deneysel tasarımda bu 3 temel faktör çeşitli seviyelerde değiştirilerek yüzey kalitesi üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada zamandan ve maliyetten tasarruf sağlamak amacıyla tam faktör yerine Taguchi L16 ortogonal dizin deneysel tasarım metodu benimsenmiştir. Tablo 3'te deneysel tasarım içerisinde yer alan faktörler ve seviyeleri görülmektedir. Tablo 4'te ise bu faktörler ve seviyeler neticesinde elde edilen deneysel tasarım görülmektedir.

Tablo 3. Parlatma parametreleri ve faktör seviyeleri

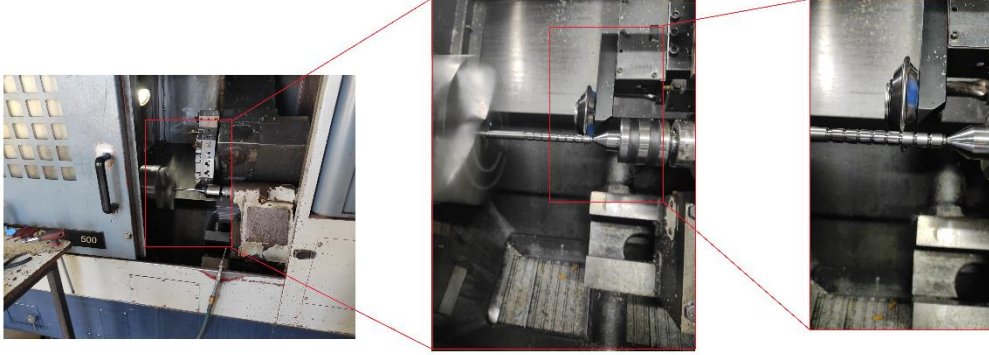
Parlatma Parametresi	Seviyeler			
	1	2	3	4
Baskı Kuvveti (N)	160	240	320	400
İlerleme Miktarı, (mm/dev)	0,02	0,04	0,06	0,08
Paso Sayısı	1	2	3	5
Devir Sayısı (dev/dk)	1800			

Tablo 4. Deney koşulları

Deney No	Baskı Kuvveti	İlerleme Miktarı	Paso Sayısı
1	160	0,02	1
2	240	0,02	2
3	320	0,02	3
4	400	0,02	5
5	240	0,04	1
6	160	0,04	2
7	400	0,04	3
8	320	0,04	5
9	320	0,06	1
10	400	0,06	2
11	160	0,06	3
12	240	0,06	5
13	400	0,08	1
14	300	0,08	2
15	240	0,08	3
16	160	0,08	5

2.3. Deneylerin yapılması

Deneyler ECOCA marka 9 kW güce sahip ve maksimum 4800 dev/dk fener mili devrine sahip bilgisayarlı sayısal denetimli torna tezgahında gerçekleştirilmiştir. Ezme aparatı olarak YAMATO firması tarafından üretilmiş SKUV20 2.5R model numaralı takım kullanılmıştır. Takım içerisinde baskı kuvvetini sağlamak amacıyla 80 N/mm² lik bir yay sabitine sahip yay kullanılmış ve parlatma için gerekli baskı kuvveti bu yayı sıkıştırmak suretiyle ayarlanmıştır. Deneysel düzenek Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Deneysel düzeneğin görüntüsü

2.4. Yüzey pürüzlülük ölçümleri

Tornalama işlemine tabi tutulmuş numunelerin EP işlemi öncesinde ve sonrasında yüzey pürüzlülük değerleri Accretch Handysurf +45 marka portatif yüzey pürüzlülük cihazı yardımıyla 5mm örneklem uzunluğunda ve 1 mm/s ölçüm hızında numune eksenine paralel olarak 3 farklı yerden ölçülmüş ve ortalamaları ortalama Ra değeri olarak kaydedilmiştir. Öte yandan EP işleminin her bir numune için meydana getirdiği yüzey pürüzlülük iyileşme oranları (YPIÖ) Eş. 1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\frac{Ra_i - Ra_s}{Ra_i} \times 100 = \% \text{ iyileşme} \quad (1)$$

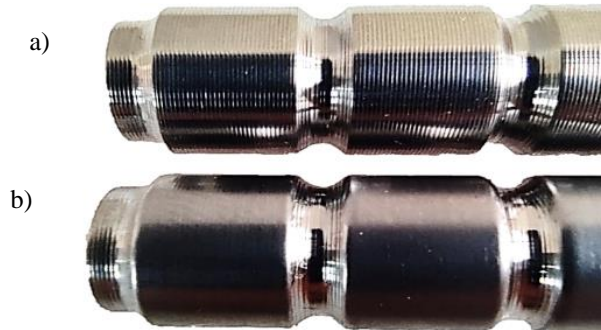
Burada;

Ra_i: Tornalanmış numunenin ortalama yüzey pürüzlülük değerini

Ra_s: EP işlemine tabi tutulmuş numunenin ortalama yüzey pürüzlülük değerini ifade etmektedir.

3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışmalar

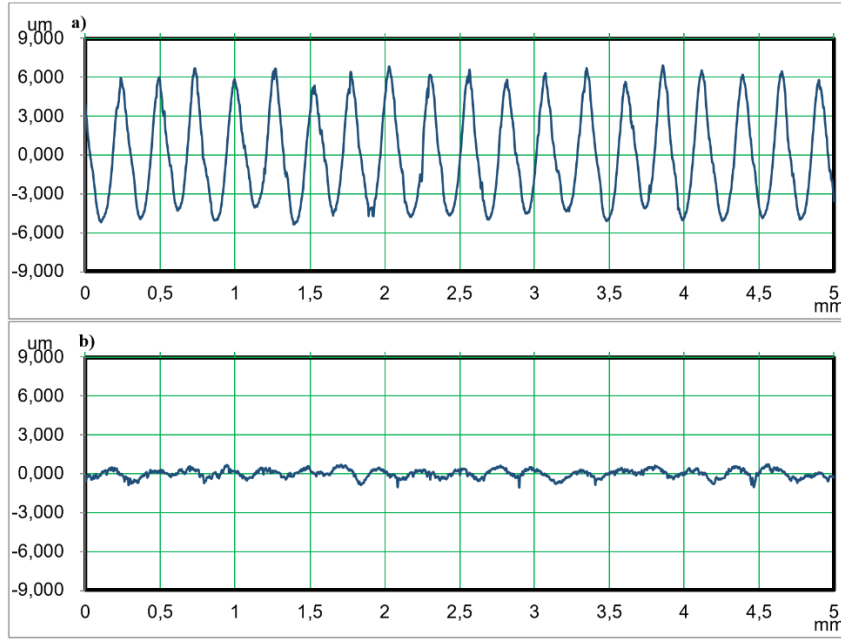
EP işlemi neticesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ve hesaplanan yüzey pürüzlülüğü iyileşme oranları Tablo 5'te görülmektedir. Tornalanmış yüzeylerin ortalama Ra değeri 3,324 µm olarak ölçülmüş olup EP işlemine tabi tutulan numunelerin ortalama Ra değeri ise 0,189 µm olarak ölçülmüştür. Bu değerler neticesinde YPIÖ değerleri ortalama % 94,29 olup bu değer uygun koşullarda % 96,09 oranına kadar yükselmektedir. Şekil 4'te tornalanmış ve EP işlemine tabi tutulmuş numunelerin görüntüleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 5 ise tornalanmış ve EP işlemine tabi tutulmuş numunelere ait yüzey pürüzlülük profillerini göstermektedir. Tablo ve şekiller incelendiğinde EP işleminin Inconel 718 alaşımının yüzey kalitesi üzerinde gözle görülür bir iyileştirme yaptığı görülmektedir.



Şekil 4. Numunelere ait görüntüler a) Tornalanmış, b) EP işlemine tabi tutulmuş

Tablo 5. Yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları

Deney No	Baskı Kuvveti	İlerleme Miktarı	Paso Sayısı	Ra _s	YPIÖ
1	160	0,02	1	0,191	% 94,25
2	240	0,02	2	0,154	% 95,37
3	320	0,02	3	0,168	% 94,95
4	400	0,02	5	0,299	% 91,00
5	240	0,04	1	0,257	% 92,27
6	160	0,04	2	0,138	% 95,85
7	400	0,04	3	0,130	% 96,09
8	320	0,04	5	0,167	% 94,98
9	320	0,06	1	0,267	% 91,97
10	400	0,06	2	0,170	% 94,89
11	160	0,06	3	0,258	% 92,24
12	240	0,06	5	0,142	% 95,73
13	400	0,08	1	0,197	% 94,07
14	300	0,08	2	0,164	% 95,07
15	240	0,08	3	0,192	% 94,22
16	160	0,08	5	0,142	% 95,73

**Şekil 5.** Numunelere ait pürüzlülük profilleri a) tormalanmış, b) EP işlemine tabi tutulmuş

3.1. EP parametrelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkileri

Bu bölümde Taguchi yaklaşımını gereği her bir parametrenin Sinyal/Gürültü (S/N) oranları tespit edilerek bu oranlar neticesinde her bir parametrenin YPIÖ üzerindeki etkileri incelenecektir. Sinyal/gürültü oranı, ortalama ile standart sapma arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır. S/N değerlerinde 3 temel değerlendirme yöntemi bulunmaktadır [20]. Bu yöntemler;

a) En düşük olan değer en iyidir:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i:1}^n y_i^2 \right)$$

b) En yüksek olan değer en iyidir:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i:1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

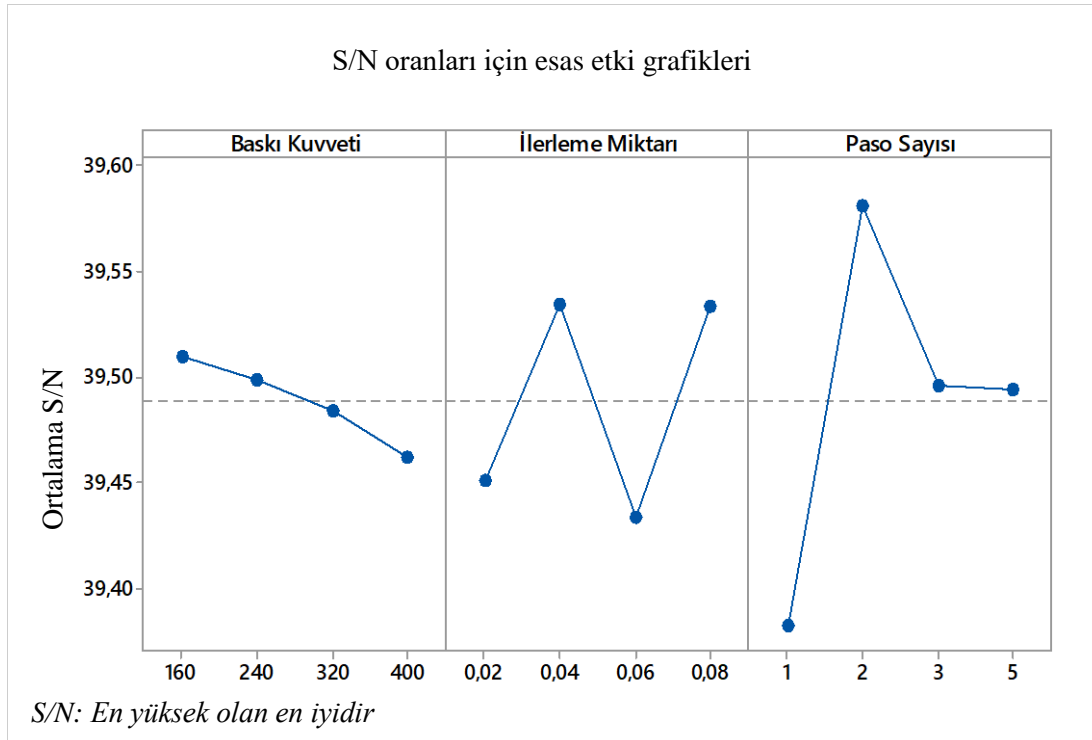
c) Ortalama olan değer en iyidir:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{\bar{y}}{s^2 y} \right)$$

şeklindedir.

1. durum yüzey aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve sürtünme gibi sonucun düşük olmasının amaçlandığı durumlarda; 2. durum verim, takım ömrü, gibi sonucun yüksek olmasının istendiği durumlarda; 3. durum ise ürün boyutu, ortam sıcaklığı gibi sonuçların ortalama değerlerde olmasının istendiği durumlarda kullanılır. Her üç durum için de S/N oranının en yüksek olduğu değer en iyi sonucu vermektedir.

Bu çalışmada YPİO oranının yüksek olması istendiği için en yüksek olan değer en iyidir yaklaşımı benimsenmiştir ve S/N değerleri bu doğrultuda hesaplanmıştır. Hesaplamalar Minitab 17 paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Parametrelerin her bir seviyesi için S/N değerleri ise Şekil 6'da görülmektedir. En yüksek S/N değeri YPİO anlamında en iyi sonucu veren seviyeyi belirtmektedir. Yani baskı kuvveti için en iyi seviye 160 N, ilerleme miktarı için 0,04 mm/dev ve paso sayısı için 2 değerleridir. YPİO için elde edilen S/N değerleri toplu halde Tablo 6'da görülmektedir.



Şekil 6. YPİO değerleri için Sinyal/Gürültü oranları

Tablo 6. Yüzey pürüzlülüğü iyileşme oranları açısından S/N değerleri

Seviye	Baskı Kuvveti	İlerleme Miktarı	Paso Sayısı
1	39,51	39,45	39,38
2	39,50	39,53	39,58
3	39,48	39,43	39,50
4	39,46	39,53	39,49
Δ^*	0,05	0,1	0,2
Etki sırası	3	2	1

* S/N değerlerinin en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki fark

Tablo ve şekil incelendiğinde yüzey pürüzlülüğü iyileşme oranları açısından en etkili faktörün paso sayısı olduğu ve bunu sırasıyla ilerleme miktarı ve baskı kuvveti parametrelerinin takip ettiği görülmektedir.

3.1.1. Baskı kuvvetinin YPİO üzerindeki etkileri

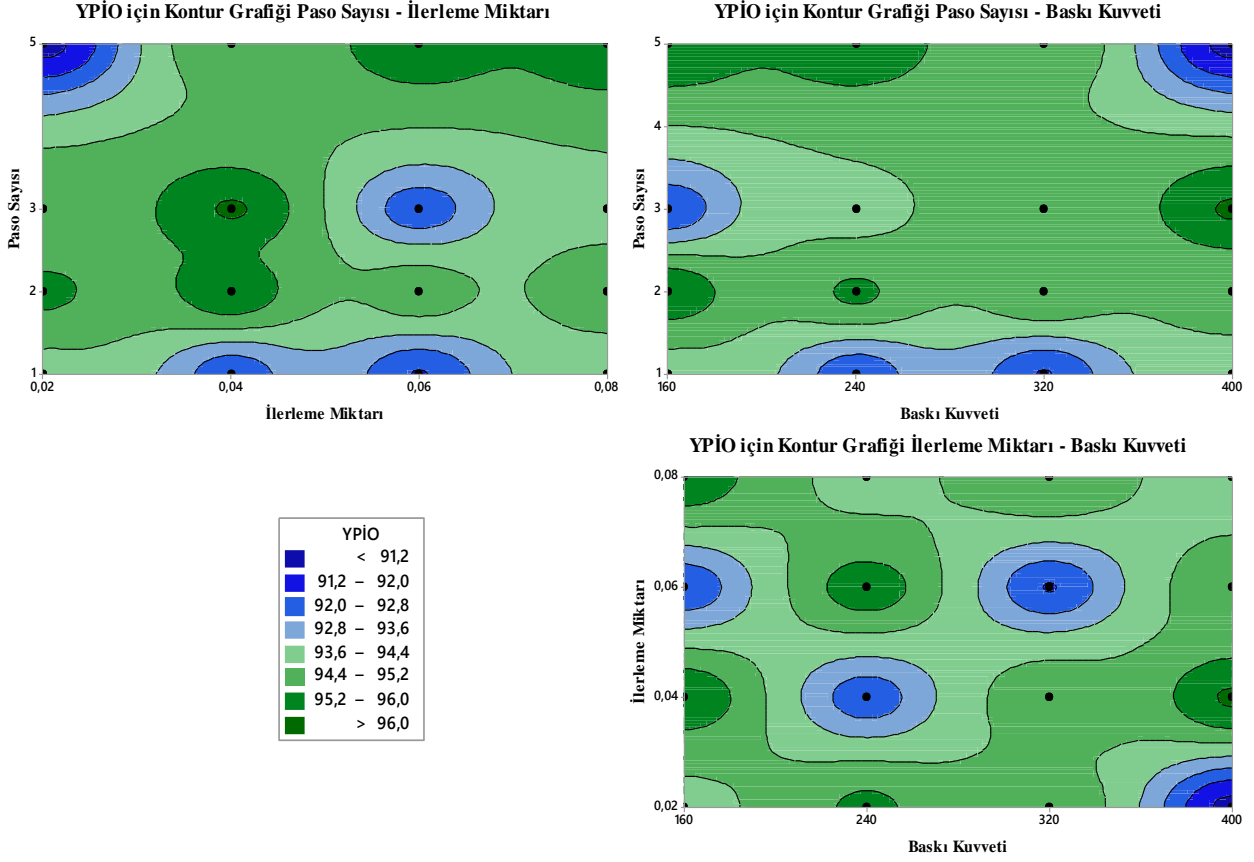
Baskı kuvvetinin YPİO üzerindeki etkisi ilerleme miktarı ve paso sayısına bağlı olarak Şekil 7’de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere baskı kuvvetlerindeki artış özellikle düşük ilerleme miktarında YPİO değerleri üzerinde bir azalmaya yol açmaktadır. Artan kuvvetle birlikte yuvarlanma elemanının iş parçası yüzeyine nüfuz etme derinliği artmakta ve yüksek kuvvetlerde bu durum yüzey üzerinde bir miktar bozulmaya yol açmaktadır [21,22]. Öte yandan artan kuvvet iş parçası yüzeyinde deformasyon sertleşmesine sebep olmakta ve bu da yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir [21,23].

3.1.2. İlerleme miktarının YPİO üzerindeki etkisi

İlerleme miktarının YPİO üzerindeki etkisi paso sayısı ve baskı kuvvetine bağlı olarak Şekil 7’de görülmektedir. Şekil incelendiğinde düşük baskı kuvvetlerinde ve yüksek paso sayılarında ilerleme miktarı parametresinin 4. seviyesi olan 0,08 mm/dev değerinde en iyi YPİO değerinin elde edildiği görülmektedir. Çok düşük ilerleme miktarlarında iş parçası yüzeyinde fazla gerilmiş bir tabaka oluşmaktadır ve bu tabaka neticesinde yüzey kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar da göstermektedir ki ilerleme miktarındaki artış diğer parametrelere bağlı olarak belirli bir seviyeye kadar YPİO üzerinde olumlu etki yaparken bir noktadan sonra olumsuz etkiye dönüşmektedir [24].

3.1.3. Paso sayısının YPİO üzerindeki etkisi

Paso sayısının YPİO üzerindeki etkisi ilerleme miktarı ve baskı kuvvetine bağlı olarak Şekil 7’de görülmektedir. Şekil incelendiğinde paso sayısının 1 olduğu deneylerde YPİO değerlerinin genel olarak ortalamanın altında kaldığı, özellikle düşük baskı kuvvetlerinde artan paso sayısının YPİO üzerinde olumlu etki yaptığı görülmüştür. Ancak yüksek baskı kuvvetlerinde paso sayısının 5 olduğu deneylerde bu durum tersine dönerek YPİO üzerinde olumsuz etki yaptığı görülmüştür. Bu durum artan baskı kuvvetlerinin daha derine nüfuz eden yuvarlanma elemanının aynı yüzey üzerinden çok sayıda geçerek yüzey üzerinde çok fazla deformasyon sertleşmesi meydana getirmesiyle ilişkilendirilebilir. Bu yüzden yüksek baskı kuvvetinin olduğu durumlarda paso sayısının 2-3 olarak belirlenmesi YPİO açısından olumlu etki yapacaktır. Benzer sonuçlar literatürdeki farklı çalışmalarda da edinilmiştir [24,25].



Şekil 7. İşlem parametrelerinin YPIÖ üzerindeki etkisi

4. Sonuçlar

Bu çalışmada özellikle havacılık ve uzay sanayiinde sıklıkla kullanılan Inconel 718 süper alaşımı tornalama işlemine tabi tutulduktan sonra ezerek parlatma işlemine tabi tutulmuştur. Deneyler sonrasında tornalanmış ve EP işlemine tabi tutulmuş yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüş ve yüzey pürüzlülük değerlerinde iyileşme oranları hesaplanmış ve işlem parametrelerinin YPIÖ üzerindeki etkileri incelenmiştir. Taguchi kesirli faktöriyel deneysel tasarım yönteminin benimsendiği çalışmadaki 16 deney neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Sinyal/Gürültü oranı analizinden elde edilen veriler neticesinde YPIÖ üzerinde en etkili parametrenin paso sayısı olduğu ve bunu sırasıyla ilerleme miktarı ve baskı kuvveti parametrelerinin takip ettiği tespit edilmiştir.
- Baskı kuvvetindeki artışın özellikle yüksek paso sayısı ve düşük ilerleme miktarlarında YPIÖ üzerinde olumsuz etki yaptığı, ilerleme miktarındaki artışın YPIÖ üzerinde olumlu etki yaparken paso sayısındaki artışın özellikle yüksek baskı kuvvetlerinde olumsuz etki yaptığı tespit edilmiştir.
- YPIÖ değerleri incelendiğinde yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalama % 94,29'luk bir iyileşme gösterdiği ve EP yönteminin Inconel 718 süper alaşımının yüzey kalitesini artırmaya yönelik başarılı ve uygulanabilir bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. (Proje No: FKB:2021-11178)

Kaynaklar

- [1] F.Karaca, B. Aksakal. Effect of the TiBN Coating on a HSS Drill When Drilling the MA8M Mg Alloy. *Materials and Technology* 2016; 50; 75-79.
- [2] Taşlıyan A, Acarer M, Şeker U, Gökkaya H, Demir B. The Effect Of Cutting Parameters On Cutting Force During the Processing Of Inconel 718 Super Alloy. *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ* 2007; 22: 1-5.
- [3] Mahesh K, Philip J.T, Joshi S.N, Kuriachen B, Machinability of Inconel 718: A critical review on the impact of cutting temperatures. *Mater. Manuf. Process* 2021; 36; 753-791.
- [4] Aytaç A, Aztekin K, Inconel 718 Alaşımının Seramik Takımla Tornada İşlenebilirliğine Etki Eden Faktörlerin Taguchi Metodu İle Araştırılması. *Sci. J. Turkish Mil. Acad* 2019; 29; 229-246.
- [5] Reddy T.K, Kosaraju S, Nuka R, Experimental study and optimization of turning Inconel 718 using coated and uncoated inserts. *Mater. Today Proc* 2019; 19; 512-516.
- [6] Ezugwu E.O, Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys. *Int. J. Mach. Tools Manuf* 2005; 45; 1353-1367.
- [7] Özek C, Haşçalık A, Çaydaş U, Karaca F, Ünal E, Turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steel, *Sigma J. Eng. Nat. Sci* 2006; 2; 117-121.
- [8] Zhou J, Bushlya V, Avdovic P, Stáhl J.E, Study of surface quality in high speed turning of Inconel 718 with uncoated and coated CBN tools. *Int. J. Adv. Manuf. Technol* 2011; 581; 141-151.
- [9] Motorcu A.R, Nikel Esaslı Süperalaşımın ve Titanyum Alaşımının İşlenebilirliği 1. Bölüm: Sinterlenmiş Karbür Takımların Performanslarının Değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg* 2009; 25; 302-330.
- [10] Zeilmann R.P, Fontanive F, Soares R.M, Wear mechanisms during dry and wet turning of Inconel 718 with ceramic tools. *Int. J. Adv. Manuf. Technol* 2017; 92;2705:2714.
- [11] Akkurt A, Ovalı İ, Ezme ve Geleneksel Bitirme İşlemlerinin Al 6061 Alüminyum Alaşımı Parçaların Yüzey Pürüzlülüğü ve Daireselliği Üzerine Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim. Derg* 2009; 15; 371-382.
- [12] Özkan S, Sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilen parçalarda haddeleme (burnishing) ile yüzeylerin işlenmesi, haddelemenin yüzey pürüzlülüğü ve sertleşmeye etkisinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2006.*
- [13] Luca L, Investigations into the Use of Ball-Burnishing of Hardened Steel Components as a Finishing Process. PhD Thesis, University of Toledo, Toledo, USA, 2002.
- [14] Shen X, Gong X, Wang B, He J, Xu C, Su G, Surface properties enhancement of Inconel 718 alloy by ultrasonic roller burnishing coupled with heat treatment. *Arch. Civ. Mech. Eng* 2021; (21); 1-17.
- [15] Casarin S.J, De Angelo Sanchez L.E, Bianchi E.C, Scalon V.L, Fragelli R.L, De Godoi E.L, Cindra Fonseca M.D.P, Effect of burnishing on Inconel 718 workpiece surface heated by infrared radiation. *Mater. Manuf. Process*2021; 36; 1853-1864.
- [16] Sequera A, Fu C.H, Guo Y.B, Wei X.T, Surface integrity of Inconel 718 by ball burnishing. *J. Mater. Eng. Perform.* 2014; 23; 3347-3353.
- [17] López De Lacalle L.N, Lamikiz A, Sánchez J.A, Arana J.L, The effect of ball burnishing on heat-treated steel and Inconel 718 milled surfaces. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2006; 329; 958-968.
- [18] Yaman N, Sunay N, Kaya M, Kaynak Y, Enhancing Surface Integrity of Additively Manufactured Inconel 718 by Roller Burnishing Process, *Procedia CIRP.* 2022; 108; 681-686.
- [19] Hua Y, Liu Z, Wang B, Hou X, Surface modification through combination of finish turning with low plasticity burnishing and its effect on fatigue performance for Inconel 718, *Surf. Coatings Technol* 2019; 375; 508-517.
- [20] Özek C, Ünal E, Optimization and Modeling of Angular Deep Drawing Processfor Square Cups, *Mater. Manuf. Processes* 2011; 26; 1117-1125.
- [21] Hassan A.M, The effects of ball- and roller-burnishing on the surface roughness and hardness of some non-ferrous metals, *J. Mater. Process. Technol* 1997; 72; 385-391.
- [22] Yen Y.C, Sartkulvanich P, Altan T, Finite element modeling of roller burnishing process, *CIRP Ann. - Manuf. Technol* 2005; 54; 237-240.
- [23] El-Axir M.H, An investigation into roller burnishing, *Int. J. Mach. Tools Manuf* 2000; 40; 1603-1617.
- [24] Loh N.H, Tam S.C, Effects of ball burnishing parameters on surface finish—A literature survey and discussion, *Precis. Eng* 1988; 10; 215-220.
- [25] Neema M, Pandey P.C, Investigation of the Performance Characteristics of Cold-Worked Machined Surfaces, *Wear* 1980; 60; 157-166.