

## TI-6Al-4V İMPLANT MALZEMESİNİN YORULMA VE FRETTEG YORULMA DAVRANIŞI ÜZERİNE MEKANİK YÜZEY İŞLEMİNİN (BALL BURNISHING) ETKİSİ

Emrah MELETLİOĞLU\*<sup>1</sup>, Recep SADELER<sup>1</sup>, Selçuk ATASOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Atatürk Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 25242, Erzurum, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Özet
Ortopedik İmplant Ti-6Al-4V Ball Burnishing İşlemi Düz Yorulma Fretting Yorulma Two-Stage Test	Biyomalzemeler insan vücudunda fonksiyonları yerine getirmek için kullanılan doğal ya da yapay malzemelerdir. Bu malzemelerden biri ortopedik implant olarak kullanılan Ti-6Al-4V alaşımıdır. Ortopedik implant malzemesinin performansı fretting yorulmasına maruz kalarak azalabilir. Bazı mekanik yüzey işlemleri fretting yorulma ömrünü arttırabilir. Ball Burnishing (BB) bu işlemlerden bir tanesidir. Ball Burnishing işlemi kolayca uygulanabilen basit bir mekanik yüzey işlemidir. Bu çalışmada, Ti-6Al-4V alaşımının, düz yorulma ve fretting yorulma davranışı üzerine yüzey işleminin etkisini araştırılmıştır. Two-Stage test işlemi eklenerek fretting yorulma numunelerinde çatlak başlangıcının olup olmadığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar, BB mekanik yüzey işleminin, düz ve fretting yorulma davranışlarını, önemli derecede arttırdığını göstermiştir

## THE IMPROVEMENT OF FATIGUE AND FRETTEG FATIGUE BEHAVIOUR ON TI-6AL-4A IMPLANT MATERIAL BY BALL BURNISHING

Keywords	Abstract
Orthopedic Implant Ti-6Al-4V Ball Burnishing Treatment Plain Fatigue Fretting Fatigue Two-Stage Test	Biomaterials used in the human body to implement lost function are natural or artificial materials. Ti-6Al-4V alloy which is used as orthopedic implant is one of these materials. The performance of orthopedic implant material may be compromised when exposed to fretting fatigue loading. Some surface treatment may be used to reduce fretting fatigue damage. Ball Burnishing (BB) is one of treatments. Ball Burnishing process is a simple mechanical surface treatment used commercially. This study investigates the effects of surface treatment on the plain and fretting fatigue properties of Ti-6Al-4V. Additionally, two-stage test is applied to investigate crack initiation of fretting fatigue specimens. The test results showed that Ball burnishing process has positive effect on plain and fretting fatigue behaviour of Ti-6Al-4V implant material.

### 1. Giriş

İnsan vücudunda ortopedik implant olarak kullanılan, Ti-6Al-4V alaşımının yorulma ömrünü arttırmak amacı ile günümüzde birçok mekanik yüzey işlemi kullanılmaktadır. Endüstride kullanımı giderek yaygınlaşan Ball Burnishing bu yüzey işlemlerinden bir tanesidir. Ball Burnishing (BB); ucundaki parlak ve sert bir bilye (Tungsten-Karbür) sayesinde, düz veya silindirik bir yüzeye basınç uygulanması sonucu elde edilen bir soğuk işlem prosesidir (Shirsat ve Ahuja, 2004). Bu yöntemin en önemli avantajı insan vücudunda herhangi bir kimyasal etki bırakmaması ve böylece bakteri ve virüslere karşı daha etkin bir sterilizasyon sağlamasıdır. Bu işlemin sonucunda implant malzemesinde yüksek bası artık gerilmesi meydana gelerek, implantın yüzeyinin sertliğinde artış ve iyi bir yüzey kalitesi elde edilir. (Loh vd., 1990)

Ayrıca BB metodu üretim hatlarında geleneksel torna tezgahlarının olduğu yerlerde kolayca uygulanabilir, kurulumu basit ve maliyeti son derece uygun bir yöntemdir.

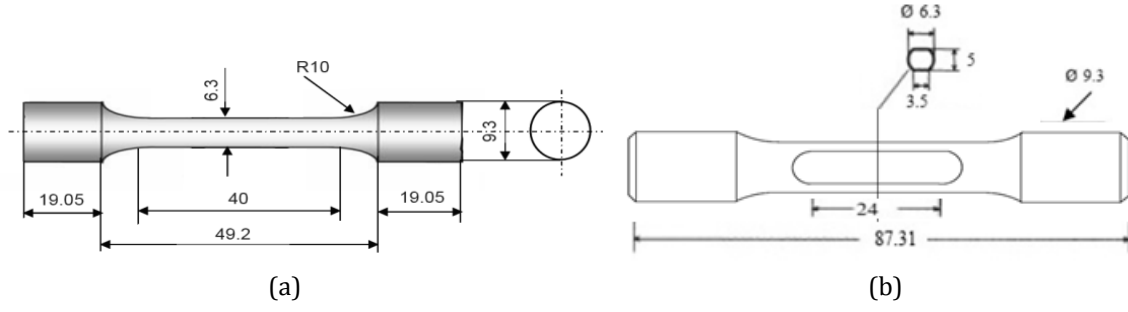
### 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan düz ve fretting yorulma numuneleri, 12 mm çapa soğuk çekilmiş, silindirik Ti-6Al-4V titanyum alaşımı malzemeden elde edilmiş olup numuneye ait resimler Şekil 1'de verilmiştir. Fretting yorulma çalışmalarında farklı kontak pabuçları kullanılır. Bu çalışmada en yaygın olarak kullanılan, uygulamadaki kontak geometrilerini en iyi yansıtan köprü tipi kontak pabucu seçilmiştir. Bu da, fretting numunesinin paralel iki yüzeye sahip olması anlamına gelir. Ayrıca pabuç malzemesi olarak, düz ve fretting numunelerinde olduğu gibi Ti-6Al-4V seçilmiştir. Fretting yorulma davranışı üzerinde temas

\* İlgili yazar: emrah\_16700@hotmail.com

yüzeylerinin durumunun önemli bir etken olduğu bilinmektedir. Bu yüzden, fretting yorulma numuneleri ve köprü tipi kontak pabuçlarının temas yüzeyleri mekanik olarak parlatılmıştır. Bu işlem 200-

1500 arasındaki kumlu su zımparası ile gerçekleştirildikten sonra, söz konusu yüzeyler aseton ile temizlenmiştir.



Şekil 1. Numune şekil ve boyutları. a) düz yorulma numunesi, b) fretting yorulma numunesi

Ball Burnishing işlemi Ecoroll Company şirketi tarafından geliştirilen hidrostatik destekli bir makinenin geleneksel torna tezgahına bağlanmasıyla, Şekil 1'de gösterilen boyut ve toleranslarda hazırlanmıştır. Bu çalışmada, 6 mm çapında sert metal bir bilye (HG6, Tungsten-Karbür) parlatma elemanı olarak kullanılmış olup parlatma basıncı 300 bar olarak ayarlanmıştır. Parlatma işlemi esnasında oluşan kuvvet etkisi altında numunenin ısınıp zarar görmemesi için üzerine sürekli olarak soğutma yağı püskürtülmüştür. Düz ve Fretting Yorulma deneyleri için Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde bulunan SATEC firmasına ait R.R. Moore döner eğmeli yorulma cihazı kullanılmıştır. Deneysel

çalışmaların tümü atmosfere açık ortamda ve oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada her bir durum için (düz ve fretting) S-N eğrisini oluşturmak amacıyla lineer kısım için 8, yatay kısım için 6 olmak üzere toplam 14 deney yapılmış, ve bu eğrileri oluşturmak için JSME S 002-1981 Staircase metodu kullanılmıştır. Two-Stage test işlemi sadece fretting yorulma numunelerine (530 MPa) uygulanmış olup, padler ile numune belirli bir çevrim sayısına kadar döndürülüp, daha sonra padler numunelerden kaldırılarak deney düz yorulma şeklinde numune kırılana kadar devam ettirilmiştir (Nishida vd., 2000).

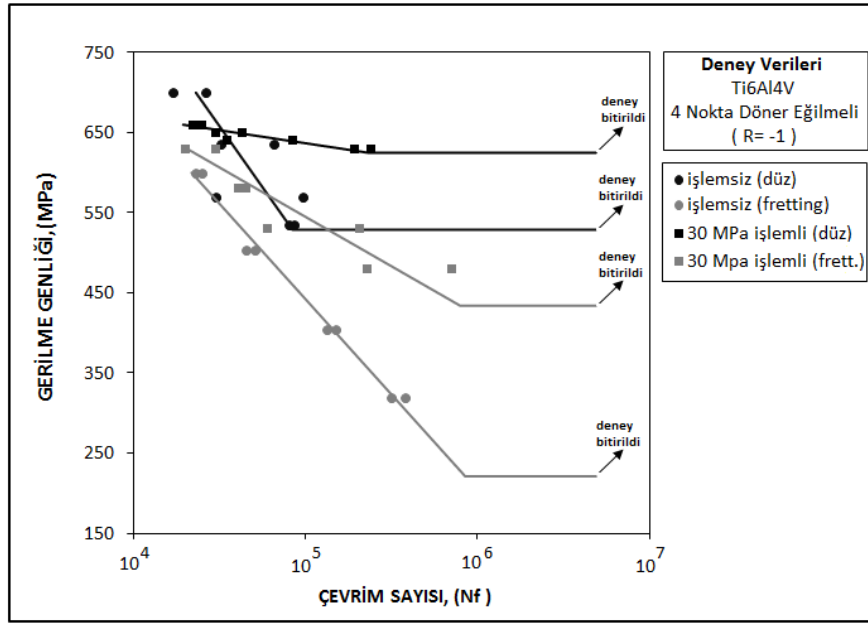
Tablo 1. Numunelerin ortalama yüzey pürüzlülük ve sertlik değerleri

Numune Adı	Top Basıncı (MPa)	İlerleme Hızı (mm/min)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra/ $\mu$ m)	Sertlik (HV)
İşlemsiz Düz Yorulma	-	-	0,123	320 ( $\pm$ 10)
30 MPa BB İşlemlili Düz Yorulma	30	2,13	0,026	408 ( $\pm$ 10)
İşlemsiz Fretting Yorulma	-	-	0,018	312 ( $\pm$ 10)
30 MPa İşlemlili Fretting Yorulma	30	2,13	0,047	380 ( $\pm$ 10)

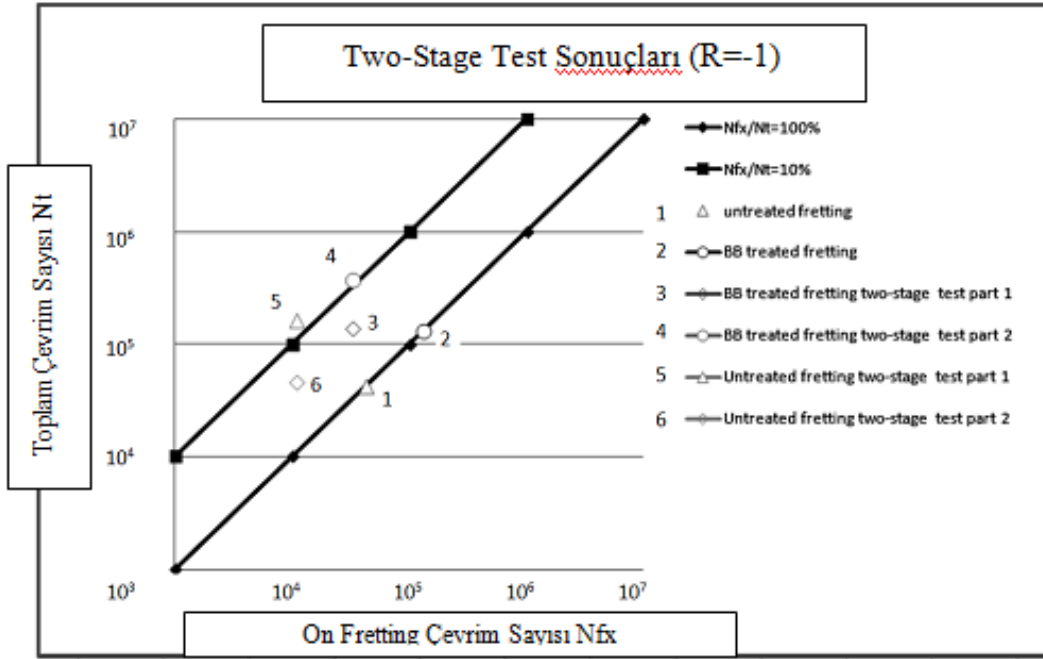
### 3. Araştırma Bulguları

BB işlemi uygulanmış ve BB işlemi uygulanmamış numunelerin ortalama yüzey pürüzlülük ve yüzey

sertlik değerleri Tablo 1'de, düz yorulma ve fretting yorulma deneylerinde elde edilen S-N diyagramı Şekil 2'de, Two-Stage test işlemi sonucu ise Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. İşlemsiz ve işlemlili (30MPa) aynı basınçta uygulanmış BB için elde edilen S-N grafiği



Şekil 3. Two - Stage test işlemlisi sonucu

#### 4. Tartışma ve Sonuç

BB mekanik yüzey işlemlisi sonucunda düz ve fretting yorulma numunelerinde yüzey pürüzlülüğü azalır, yüzey sertliği artarak malzemenin mekanik yüzey özellikleri iyileştirilmiştir. İşlemsiz numunelerin yorulma alt limitleri kıyaslandığında (işlemsiz düz, işlemsiz fretting) yorulma ömrü yaklaşık olarak %60 azaldığı görülmektedir. Bu sonuç implant olarak kullanılmak istenen Ti-6Al-4V malzemesinin fretting yorulma hasarından etkilendiğini gösterir. Ancak BB işlemlisi uygulanmış numunelerde (BB işlemlili düz, BB işlemlili fretting) ise bu azalma oranı yaklaşık olarak %30 'a kadar düşmüştür. Bu sonuç BB yüzey işlemlisinin bu malzeme üzerinde yorulma dayanımını 2 kat

arttırdığını göstermiştir. Two-Stage Test işlemlisi sonucunda, işlemsiz fretting numunelerinin BB işlemlisi görmüş numunelere göre, daha erken kırıldığı görülmüştür. Bunun nedeni BB işlemlisinin çatlak ilerlemesini geciktirici etkiye sahip olması ile açıklanabilir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) tarafından finanse edilmiş olup proje numarası 2012/121 dir.

### **Conflict of Interest**

No conflict of interest was declared by the authors.

### **Kaynaklar**

Loh, N. H., Tam, S. C., Miyazawa, S., 1990. Surface hardening by ball burnishing. *Tribology International*, 23, 413-417

Nishida, T., Mutoh, Y., Yoshii, K., Ebihara, O., 2000. Fretting Fatigue Strengths of Forged and Cast Al-Si Aluminum Alloys, *Fretting Fatigue: Current*

*Technology and Practices*, ASTM STP D. W. Hoepfner, V. Chandrasekaran, and C. B. Elliott, Eds, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1367

Shirsat, U.M., Ahuja, B.B., 2004. Parametric analysis of combined turning and ball burnishing process. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences* Vol.11,391-396.