



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ FARKLI METALİK YÜZEYLERİN YEŞİL
YAKLAŞIMLA SENTEZLENEN ÇİNKO OKSİT NANOYAPILARLA
KAPLANMASI VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Tugçe DİLBER

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Nuray BEKÖZ ÜLLEN**

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

Şubat, 2025

TEŞEKKÜR

Yalnızca bir akademisyen olarak değil, bir insan olarak da bana çok şey katan, fikirleriyle ışık tutan değerli danışman hocam Doç. Dr. Nuray BEKÖZ ÜLLEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez sürecim boyunca desteğini esirgemeyen, tüm çalışmalarına bilgi birikimi ile katkı sağlayan bölümümüzde görevli Arş. Gör. Gizem KARABULUT ŞEVK'e ve Kimya Bölümü'nün değerli hocalarından Doç. Dr. Selcan KARAKUŞ'a bizlere laboratuvarını açtığı ve tecrübeleri ile çalışmalarımıza destek sağladığı için teşekkür ederim.

Bölümümüze yeni katılan ve MTT analizlerinde bizlere destek olan Dr. Öğr. Üyesi Ali Can ÖZARSLAN'a ve bölümümüzün tüm öğretim üyelerine teşekkürü borç bilirim. Test numunelerimizin temini ve hazırlanması konusunda yardım ve desteğini esirgemeyen BOR Kesici Takım ve Makine San. Tic. Ltd. Şti. sahibi Sayın Tarkan YAZICI'ya teşekkürlerimizi sunarız. Mikroyapısal analiz ve sertlik ölçümlerinde yardımcı olan Batı Isıl İşlem Mak. San. ve Tic. A.Ş. Üretim Müdürü Seda BAŞIBÜYÜK'e teşekkür ederiz.

Bana her zaman güvenerek, bana olan sevgileriyle yanımda olduklarını hissettirdikleri için biricik annem Ayşegül DİLBER ve babam Fikret DİLBER'e minnettarım. Beni her zaman destekleyen, her zorluğun üstesinden gelirken yanımda olan canım abilerim Fatih Mehmet DİLBER ve Semih Zekeriya DİLBER'e teşekkürlerimi sunarım. Ailem, iyi ki varsınız, iyi ki her anımda yanımda oldunuz.

Her şey için, her an için, sadece bu tezde değil hayatımda da yanımda olduğu için canım H. Yasin KOCAMAZ'a sonsuz teşekkür ederim. Her gün biraz daha ilerlerken seninle bu yolculuğu paylaşmak bana hem huzur hem de cesaret verdi.

Şubat 2025

Tugçe DİLBER

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI.....	ii
BEYAN	iii
BÜTÇE DESTEKLERİ	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	3
2.1. NANOTEKNOLOJİ	3
2.1.1. Nanomalzemeler ve Özellikleri.....	4
2.1.2. Nanomalzemelerin Sentezi.....	5
2.1.3. ZnO Nanopartiküllerin Özellikleri	7
2.2. METALİK BİYOMALZEMELER	8
2.2.1. Metalik Biyomalzemelerin Yüzey Bütünlüğü.....	11
2.2.2. Metalik Biyomalzeme Uygulanan Yüzey İşlemleri	12
2.2.3. Titanyum ve Alaşımları.....	15
2.2.4. Titanyum ve Alaşımlarının Biyomedikal Alanda Kullanımı	18
2.3. NANOTEKNOLOJİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE KARBON AYAK İZİ KAVRAMI	19
2.4. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI	21
3. YÖNTEM	28
3.1. SENTEZDE KULLANILAN KİMYASALLAR	28
3.2. ALTLIK MALZEMELER.....	28
3.3. ZnO NANOTANECİKLERİN SENTEZLENMESİ VE OPTİMİZASYONU	29

3.4. ALTLIK MALZEMELERİN YÜZEYİNİN İŞLENMESİ.....	31
3.5. ALTLIK YÜZEYLERİN KAPLAMA PROSESİ.....	33
3.6. ZnO NP'LERİN KARAKTERİZASYONU.....	34
3.6.1. Ultraviyole Görünür Spektroskopi.....	34
3.6.2. Geçirimli Elektron Mikroskobu İncelemeleri.....	34
3.6.3. Taramalı Elektron Mikroskobu İncelemeleri.....	35
3.6.4. X-Işını Difraksiyon Spektrometre İncelemeleri.....	35
3.6.5. Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrofotometre İncelemeleri.....	35
3.6.6. DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini.....	35
3.7. ZnO KAPLAMA SONRASI YÜZEYLERİN KARAKTERİZASYONU.....	36
3.7.1. Taramalı Elektron Mikroskobu İncelemeleri.....	36
3.7.2. Kaplama Öncesi ve Sonrası Yüzey Pürüzlülük İncelemeleri.....	37
3.7.3. Stereo Mikroskop ve Mikro Sertlik Ölçümleri.....	37
3.7.4. Temas Açısı Ölçümleri.....	37
3.7.5. MTT Testleri.....	38
4. BULGULAR	39
4.1. ZnO NP'lerin KARAKTERİZASYON SONUÇLARI	39
4.1.1. ZnO NP'lerin UV-Vis Sonuçları ve Optimizasyonu.....	39
4.1.2. ZnO NP'lerin TEM Görüntüleri.....	40
4.1.3. ZnO NP'lerin SEM Görüntüleri.....	41
4.1.4. ZnO NP'lerin XRD Sonuçları.....	42
4.1.5. ZnO NP'lerin FTIR Sonuçları.....	43
4.1.6. ZnO NP'lerin DPPH Yöntemi ile Ölçülen Antioksidan Aktivite Sonuçları.....	44
4.2. ZnO NP KAPLANAN YÜZEYLERİN KARAKTERİZASYON SONUÇLARI	45
4.2.1. ZnO NP Kaplanan Farklı Pürüzlülükteki Yüzeylerin SEM Görüntüleri	45
4.2.2. Kaplama Öncesi ve Sonrası Yüzeylerin Pürüzlülük Sonuçları.....	47
4.2.3. Stereo Mikroskop Görüntüleri ve Mikro Sertlik Ölçümleri.....	48
4.2.4. Temas Açısı Ölçüm Sonuçları.....	50
4.2.5. MTT Test Sonuçları	52
5. TARTIŞMA.....	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
6.1. GENEL SONUÇLAR.....	66
6.2. ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	70

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI	88
ETİK KURUL İZİN YAZISI	89
KURUM İZNİ YAZILARI.....	90
ÖZGEÇMİŞ.....	91

ÖZET

[YÜKSEK LİSANS TEZİ]

[YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ FARKLI METALİK YÜZEYLERİN YEŞİL YAKLAŞIMLA SENTEZLENEN ÇİNKO OKSİT NANOYAPILARLA KAPLANMASI VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ]

[Tugçe DİLBER]

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

[Danışman: Doç. Dr. Nuray BEKÖZ ÜLLEN]

[Ti6Al4V alaşımı, güçlü korozyon direnci, mükemmel mekanik özellikleri, kemik benzeri elastikiyet modülü, düşük yoğunluğu ve alerjenik potansiyeli nedeniyle tıbbi alanlarda metalik implant ve protez malzemesi olarak kullanılmaktadır. Vücut sıvıları ve organlar arasındaki etkileşimlerle, implantların yüzeyinde korozyon, yorulma ve aşınma olabilir. İmplant uygulamalarında yüzey modifikasyon işlemleri, implantların biyoyumluluğunu ve işlevselliğini geliştirmek için etkili yöntemlerdir. Metal esaslı implantların yüzey bütünlüğü, kalitesini, performansını, güvenilirliğini ve kullanım ömrünü etkilemektedir. İmplant malzemesinin mekanik özellikleri, tasarımı, yük iletimi ve biyoyumluluğu yüzey pürüzlülüğünden etkilenmektedir. Metal ve metaloksit esaslı nanopartiküller (NP'ler) ile implant yüzeyinin kaplanması; yüzey özelliğini iyileştirmek, korozyon dayanımını ve biyoyumluluk özelliklerini geliştirmek için kullanılmaktadır. Bu NP'ler arasında çinko oksit (ZnO), mükemmel yarı iletken, piezoelektrik ve fotokatalitik özellikleri nedeniyle öne çıkmaktadır. NP'lerin metal esaslı yüzeylere kaplanabilirliği ve uyumu implant yüzeyinin pürüzlülüğünden de etkilenmektedir.]

Bu tez çalışmasında, zencefil bitki özünden hazırlanan bitkisel ve PEG'den oluşan polimer organik matris içerisinde ZnO inorganik katkılı hibrid NP'lerin (Zencefil/PEG-ZnO NP) yeşil sentezi yapılmıştır. Talaşlı imalat yöntemiyle farklı pürüzlülük değerlerinde hazırlanan Ti6Al4V alaşımı metalik parçaların yüzeyi, sentezlenen Zencefil/PEG-ZnO NP ile daldırma yöntemiyle kaplanmıştır. Zencefil/PEG-ZnO NP'lerin yapısını ve özelliklerini belirlemek için UV-Vis, TEM, SEM-EDX, XRD, FTIR ve antioksidan kapasitesini ölçmede DPPH yöntemleri kullanılmıştır. Yüzeyi Zencefil/PEG-ZnO NP'ler ile kaplanmış farklı yüzey pürüzlülüğüne sahip Ti6Al4V alaşımlı parçaların özelliklerini belirlemek için; SEM, yüzey pürüzlülük analizi, Stereo Mikroskop, mikro sertlik ölçümleri, temas açısı ölçümleri ve numunelerin hücre canlılığı analizini belirleyen MTT testleri yapılmıştır. ZnO NP'lerinin Zencefil/PEG biyopolimer karışım matris içinde homojen dağılım sergilemiştir. ZnO NP'ler çoğunlukla küresel olan nano boyutlu parçacıklardan oluştuğu ve ortalama parçacık boyutlarının yaklaşık 50 nm'den küçük olduğu belirlenmiştir. DPPH tekniği ile yapılan antioksidan aktivite ölçümlerine göre ZnO NP'lerin kabul edilebilir antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Farklı yüzey pürüzlülük değerlerinde Ti6Al4V alaşım yüzeylerinin elde edilmesinde kullanılan torna işleminde ilerleme hızının artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde belirgin artışlar gerçekleşmiştir. Artan yüzey pürüzlülük değeriyle mikrosertlik değerlerinde de artış gözlenmiştir. Kaplama sonrası mikro sertlik değerlerinde belirgin artışlar tespit edilmiştir. Kaplama sonrası temas açısı ölçüm sonuçlarına göre tüm numunelerin yüzeyinde ölçülen temas açıları 90°'den küçüktür. Ti6Al4V alaşımının kaplama öncesi artan yüzey pürüzlülük değeri ile yüzey temas açısı azalmıştır ve yayılım artmıştır. MTT testlerinden elde edilen sonuçlara göre, kaplamalı ve kaplamasız Ti6Al4V alaşımlarının hepsinde %70 üzerinde hücre canlılığı tespit edilmiştir. |

Şubat 2025 , [107.] sayfa.

Anahtar kelimeler: [ZnO NP, yeşil sentez, Ti6Al4V alaşımı, nanokaplama, yüzey pürüzlülük |

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

**COATING OF METALLIC SURFACES WITH DIFFERENT SURFACE
ROUGHNESS WITH ZINC OXIDE NANO-STRUCTURES SYNTHESIZED WITH A
GREEN APPROACH AND INVESTIGATION OF THEIR PROPERTIES**

Tugçe DİLBER

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Metallurgy and Materials Engineering

Programme of Metallurgy and Materials Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nuray BEKÖZ ÜLLEN

Ti6Al4V alloy is used as a metallic implant and prosthetic material in medical fields due to its strong corrosion resistance, excellent mechanical properties, bone-like modulus of elasticity, low density and allergenic potential. With interactions between body fluids and organs, corrosion, fatigue and wear can occur on the surface of implants. Surface modification processes in implant applications are effective methods to improve the biocompatibility and functionality of implants. The surface integrity of metal-based implants affects their quality, performance, reliability and lifetime. The mechanical properties, design, load transmission and biocompatibility of the implant material are affected by surface roughness. Coating the implant surface with metal and metal oxide-based nanoparticles (NPs) has been used to improve surface properties, corrosion resistance and biocompatibility. Among these NPs, zinc oxide (ZnO) stands out due to its excellent semiconductor, piezoelectric and photocatalytic properties. Coatingability and compatibility of NPs on metal-based surfaces are also affected by the roughness of the implant surface.

In this thesis, green synthesis of ZnO inorganic doped hybrid NPs (Ginger/PEG-ZnO NP) in a polymer organic matrix consisting of vegetable and PEG prepared from ginger plant extract was carried out. The surface of Ti6Al4V alloy metallic parts prepared with different roughness values by machining method was dip coated with synthesized Ginger/PEG-ZnO NPs. UV-Vis, TEM, SEM-EDX, XRD, FTIR and DPPH methods were used to determine the structure and properties of Ginger/PEG-ZnO NPs and to measure the antioxidant capacity. SEM, surface roughness analysis, Stereo Microscope, microhardness measurements, contact angle measurements and MTT tests were performed to determine the properties of Ti6Al4V alloy parts with different surface roughness coated with Ginger/PEG-ZnO NPs. ZnO NPs exhibited homogeneous distribution in the ginger/PEG biopolymer blend matrix. ZnO NPs were mostly spherical nano-sized particles with an average particle size of less than 50 nm. According to the antioxidant activity measurements by DPPH technique, ZnO NPs were found to have acceptable antioxidant activity. Significant increases in the average surface roughness values were realized by increasing the feed rate in the lathe process used to obtain Ti6Al4V alloy surfaces with different surface roughness values. An increase in microhardness values was also observed with increasing surface roughness values. Significant increases in microhardness values were detected after coating. According to the contact angle measurement results after coating, the contact angles measured on the surface of all samples are less than 90°. With increasing surface roughness value of Ti6Al4V alloy before coating, surface contact angle decreased and diffusivity increased. According to the results obtained from MTT tests, cell viability above 70% was detected in all coated and uncoated Ti6Al4V alloys. |

February 2025, [107] pages.

Keywords: [ZnO NP, green synthesis, Ti6Al4V alloy, nanocoating, surface roughnesses|