



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**TEL EROZYON İLE İŞLENEN GEOMETRİLERİN İŞLEME
PARAMETRELERİNDE OLUŞAN YÜZEYLERİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

OĞUZHAN CAN

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Doç. Dr. M. Taylan DAŞ**

KIRIKKALE-2023



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**TEL EROZYON İLE İŞLENEN GEOMETRİLERİN İŞLEME
PARAMETRELERİNDE OLUŞAN YÜZEYLERİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

OĞUZHAN CAN

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Doç. Dr. M. Taylan DAŞ**

KIRIKKALE-2023

Oğuzhan CAN tarafından hazırlanan “TEL EROZYON İLE İŞLENEN GEOMETRİLERİN İŞLEME PARAMETRELERİNDE OLUŞAN YÜZEYLERİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. M. Taylan DAŞ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

İmza....

Başkan: Prof. Dr. Osman BİCAN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

İmza....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Masoud LATIFINAVID

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, THK Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

İmza....

Tez Savunma Tarihi: 06/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim

ÖZET

TEL EROZYON İLE İŞLENEN GEOMETRİLERİN İŞLEME PARAMETRELERİNDE OLUŞAN YÜZEYLERİN DENEYSSEL OLARAK İNCELENMESİ

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. M. Taylan DAŞ,

Ocak 2023, 55 sayfa

Bu çalışma, Ti-6Al-4V malzemelerine tel erozyon ile kare ve silindirik geometrili delik formu işlemleri yapılarak, WEDM parametrelerinin yüzey kalitesine etkileri ve en iyi yüzey kalitesine ulaşmak amaçlanmıştır. Havacılık endüstrisinde kullanım alanları artmakta olan Ti-6Al-4V malzemeleri tok ve sert özelliklerinden dolayı talaşlı imalat ile üretim sürecinde takım sarfiyatının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca talaşlı imalat sonrası elde edilen yüzey kalitesi, tel elektro erozyon ile elde edilen yüzeyden daha kötü olduğu için dalma erozyon ve tel erozyon gibi alışılmamış imalat yöntemleri bu çalışmada tercih edilmiştir. Değişken tel erozyon parametreleri olarak SF (kesim hızı), sabit parametreler olarak MAO (Mikroarkoksidasyon), WP (su basıncı), tel çapı alınmıştır. Deneylerde tel erozyon için tel olarak 0.25mm çapında pirinç tel kullanılmıştır. Deneyler sonucunda numunelerin yüzeyleri SEM mikroskobunda incelenmiştir. Sonuç olarak, farklı özelliklere sahip malzemelerde tel erozyon işlemleri sonucunda oluşan yüzeylerdeki değişimler işlem parametrelerine bağlı olarak değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Tel Elektro Erozyon, Ti-6Al-4V,

ABSTRACT

HOLES DRILLED BY WIRE EROSION EXPERIMENT AN INVESTIGATION OF SURFACES FORMED BY CHANGING CUTTING PARAMETERS

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering,

Graduate Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. M. Taylan DAŞ

January 2023, 55 pages

In this thesis, it is aimed to reach the best surface quality and the effects of machining parameters on the surface quality by performing the wire erosion and square and cylindrical hole form processes of Ti-6Al-4V material. Due to the tough and hard properties of the material, Ti-6Al-4V, whose usage areas are increasing in the aviation industry, causes an increase in tool consumption in the production process with machining. In addition, since the surface quality obtained after machining is worse than the surface obtained by wire electro-erosion, unconventional manufacturing methods such as wire erosion were preferred in this study. SF (cutting speed) was taken as variable wire erosion parameters. MAO (Microarcoxidation), WP (water pressure) and wire diameter were taken as fixed parameters. 0.25mm diameter brass wire was used as wire for wire erosion in the experiments. As a result of the experiments, the surfaces of the samples were examined under the SEM microscope. As a result, the changes in the surfaces that occur as a result of wire erosion processes in materials with different properties are evaluated and discussed depending on the process parameters

Keywords: Wire Electro Erosion, Ti-6Al-4V

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum çalışmanın konu tespitinden deney çalışmalarına kadar her safhasında yanımda olan, Danışman hocam Sayın Doç. Dr. M. Taylan DAŞ'a, saha çalışmasında zorlukların üstesinden birlikte geldiğimiz ve her durumda birbirimize destek olduğumuz Yusuf IŐIK'a, yaptığımız çalışmada bize destek olan ve bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Osman BİCAN'a ve hayatımın her döneminde yanımda olan aileme teőekkürü borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Ti-6Al-4V Özellikleri	2
1.2. Elektro Erozyon	2
1.2.1. Tel Erozyon.....	3
1.3. SEM Görüntüleme (Taramalı Elektron Mikroskobu).....	4
1.4. Yüzey Pürüzlülüğü	5
1.5. Yapay Zekâ Nedir?	5
1.5.1. Yapay Zekâ Türleri	6
1.6. Bulanık Mantık	6
1.7. Literatür Taraması	7
1.8. Çalışmanın Amacı	11
2. MATERYAL ve YÖNTEM	12
2.1. Malzeme.....	12
2.2. Numunelerin Hazırlanması.....	13
2.3. Deneyin Yapılışı	13
3. BULGULARVE TARTIŞMA	15
3.1. SEM Görüntüleme Sonuçları.....	15
3.1.1. Kare Form	25
4. YAPAY ZEKÂ	36
4.1. Bulanık Mantık Modeli.....	36
4.1.1. Bulanık Kümelerin Oluşturulması	38
4.1.2. Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması	38
4.1.3. Kuralların Oluşturulması	40
4.1.4. Durulaştırma.....	41

5. GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE KRATER ve ÇATLAK TAYİNİ	44
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	51
6.1. Sonuçlar	51
6.2. Öneriler	52
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	55



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Ti-6Al-4V malzemenin kimyasal bileşimi	2
1.2. Ti-6Al-4V malzemenin fiziksel özellikleri.....	2
1.3. Tel erozyon literatür taraması	7
3.1. 8mm çapında delinen numunelerin SEM görüntüleri.....	15
3.3. Tel erozyon işleme parametreleri	33
3.4. Tel erozyon işleme parametreleri ve yüzey pürüzlülüğü değeri.....	34
4.1. Tel erozyon işleme parametreleri için üyelik dereceleri.....	37
4.2. Yüzey pürüzlülüğü üyelik dereceleri.....	37

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Tel erozyon şeması.....	3
1.2. SEM görüntü alma cihazı.....	4
1.3. Ti-6Al-4V malzemesinin yüzey pürüzlülüğü ölçümü.....	5
1.4. Profilmetre ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü.....	5
2.1. 10 mm çapında delinen Ti-6Al-4V numunesinin şematik gösterimi	12
2.2. 10 mm çapında delinen Ti-6Al-4V numunesinin kesitinin şematik gösterimi.....	12
2.3. Kare kesitli Numunelerin şematik görünümü	13
2.4. Kare kesitli Numunelerin kesitinin şematik görünümü.....	13
2.7. Tel erozyon tezgahının kontrol paneli.....	14
3.1. MAO ve WP sabitken SF ve Ra'nın değişim grafiği	34
4.1. Matlab programında bulanık mantık modeli	36
4.2. MAO ve WP sabitken SF ve Ra'nın değişim grafiği	38
4.3. SF için belirlenmiş üçgen üyelik fonksiyonu	39
4.4. MAO için belirlenmiş üçgen üyelik fonksiyonu	39
4.5. WP için belirlenmiş üçgen üyelik fonksiyonu	40
4.6. Ra tahmini ve girilen kurallar	40
4.7. Ra için belirlenmiş üçgen üyelik fonksiyonu	41
4.8. SF=0.22 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri.....	41
4.9. SF=0.24 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri.....	42
4.10. SF=0.28 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri.....	42
4.11. SF=0.31 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri.....	43
4.12. SF=0.2 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri.....	43
5.1. Matlab programında görüntü işleme yapılan resmin örnek çıktıları	45
5.2. SF=0.22 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli	45
5.3. SF=0.22 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli	46
5.4. SF=0.23 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli	46
5.5. SF=0.23 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli	47
5.6. SF=0.24 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli	47
5.7. SF=0.24 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli	48
5.8. SF=0.25 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli	48

5.9. SF=0.25 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli	49
5.10. SF=0.26 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli	49
5.11. SF=0.26 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli	50



KISALTMALAR DİZİNİ

Ti-6Al-4V	Titanyum Alaşımlı Malzeme
SF	Kesim Hızı
MAO	Mikroark Oksidasyon
WP	Su Basıncı
Ti	Titanyum
A	Akım
I	Deşarj Akımı
WEDM	Wire Electro Discharge Machining
SEM	Scanning Electron Microscope



1. GİRİŞ

Savunma ve havacılık sektöründe artan çalışmalarla birlikte ortaya çıkan ve kullanımı artan yeni malzemeleri işlemede geleneksel imalat yöntemlerinden olan talaşlı imalat yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Bu malzemelerden olan titanyum alaşımlı Ti-6Al-4V malzemesi aynı şekilde talaşlı imalatta üretimi zor malzemelerdendir. Bu çalışma, özellikleri farklı talaşlı imalat ile işlenmesi zor titanyum alaşımlı Ti-6Al-4V malzemesi kullanılarak, değişik kesme parametrelerinde tel erozyon tezgâhında işleme yapılarak malzeme yüzeyinde meydana gelen değişimi incelenerek en iyi yüzey elde edilmesi amacıyla yapılmıştır. Tel erozyon yönteminde; dielektrik sıvı basıncı, tel ilerleme hızı, SF (kesim hızı), MAO (Mikroarkoksidasyon), WP (su basıncı), tel çapı giriş parametreleri yüzey pürüzlülüğünü ve mikro yapısını değiştirmektedir. Böylece, işlem parametrelerinin seçimi yüzey kalitesinin belirlenmesinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Tel erozyon yüksek sertlikte, keskin köşeli (tel çapı kadar yarıçapa sahip köşeler), iş parçası kalınlığı fazla olan, çapı küçük olan delikler (0-1mm), iyi yüzey kalitesi hedeflenen parçalar için uygun bir imalat yöntemidir. Çalışmada da aynı şekilde sertliği oldukça yüksek olan bu açıdan işlenmesi zor olup iyi bir yüzey kalitesi elde edilmesi her koşulda sağlanamayan titanyum alaşımlı Ti-6Al-4V malzemesi işlenmiş olup optimal parametreler seçilerek zaman, hız ve yüzey kalitesi açısından en iyiye ulaşmak amaçlanmış olup istenilen amaca ulaşılmaya çalışılmıştır. Tel erozyon yönteminde istenen yüzey kalitesine ulaşmadaki bir diğer önemli husus ise paso sayısını artırma yöntemidir. Bu yöntemde parçaya ilk olarak kaba işleme yapılır ve bu kısım da parametre seçimi çok önemli olmayıp kaba boşaltılır en sona bir finiş operasyon bırakılır ve bu operasyon parçanın yüzey kalitesi, yüzey pürüzlülüğü açısından en iyiye ulaşmadaki en önemli faktördür. Çoğu imalat yönteminde iyi yüzey kalitesi elde etmek için kaba boşaltıldıktan sonra son bir paso bırakılarak burada parametreler daha uygun seçilip biraz daha işleme hızı kısılarak istenilen yüzeye ulaşılmaya çalışılır. Ancak bu durum işlem zamanını uzatabilmektedir bu yüzden yüzey kalitesi isteri olmayan işlerde son paso çok tercih edilmez.

1.1. Ti-6Al-4V Özellikleri

Yüzeyi parlak, sert ve paslanmaya karşı dayanımlı olan Titanyum alaşımlarından Ti-6Al-4V malzeme bu deneysel çalışmada kullanılmıştır. Titanyum genel olarak atom numarası 22 ve sembolü Ti olan kimyasal bir elementtir. Dayanımı yüksek, hafif, korozyona karşı oldukça dayanıklı ve parlak grimsi bir geçiş metalidir. Alüminyum, Molibden, Vanadyum gibi elementlerle alaşım yapabilir. Bu mukavemeti yüksek, hafif alaşımlar, jet motorları, uzay araçları, askeri, kimyasal ve gıda gibi birçok alanda yaygın kullanılmaktadır. Toksik özelliği olmayan Titanyum hiçbir mikro organizma ile reaksiyona girmez. Bu nedenle vücut içi ve dışı sağlık alanında geniş bir kullanım alanına sahiptir [1].

Tablo 1.1. Ti-6Al-4V malzemenin kimyasal bileşimi [2]

Kalite	Al	V	C	Fe	O	N	H	Ti
<i>Ti-6Al-4V</i>	%5.5 ile 6.5 arası	%3.5 ile 4.5 arası	%0.08 max	%0.25 max	%0.13 max	%0.05 max	%0.012 max	Kalan tüm miktar

Tablo 1.2. Ti-6Al-4V malzemenin fiziksel özellikleri [2]

FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Öz Kütlesi(Özgül ağırlığı)	4430 kg/m ³
Erime Sıcaklığı	~1660 °C
Akma(Mpa)	Min 795 MPA
Kopma(Mpa)	Min 860 MPA

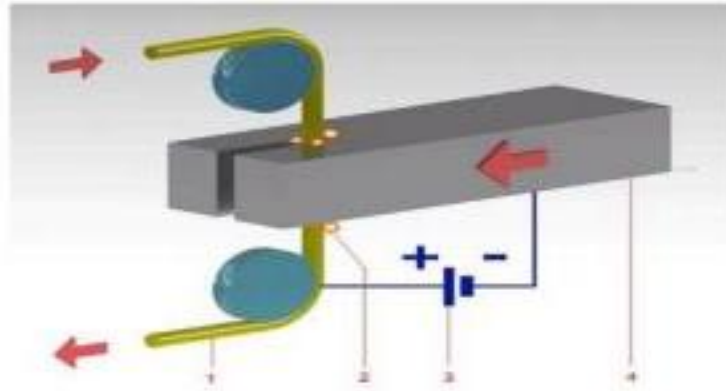
Tablo 1 ve tablo 2'te Ti-6Al-4V malzemesine ait kimyasal ve fiziksel özelliklerinden bahsedilmiştir.

1.2. Elektro Erozyon

Elektro erozyon parçayı istenilen şekil ve ölçüde üretmek için elektrik boşalması ile oluşan ark oluşumunun kullanıldığı yöntemdir. Elektriği ileten malzemeler bu yöntem ile işlenebilir. Bu yöntemde talaş kaldırma takım (elektrot) ile işlenecek parça arasında oluşan ark kıvılcıklarının etkisi ile gerçekleşir. İş parçası ve takımın

temas etmediği sadece kıvılcımlar ve ergime yoluyla talaş kaldırıp parça erozyona tabi tutularak parça üzerinde çukurlar oluşturulur. Takım ile işlenen parça arasında minimum mesafe 0.0125 mm ile 0.05 mm arasında olmalıdır. Bu mesafe ile elektrik arki oluşması mümkündür. 8000oC - 12000 oC aralığında değişen sıcaklığın sebep olduğu bu yöntemde ark tıkanmasını engellemek için talaşlar dielektrik sıvı ile uzaklaştırılır. Dolaşım hızına bağlı olan dielektrik sıvının performansı, dolaşım pompası kullanımı veya benzeri yöntemlerle arttırılabilir. Takım olarak bakır ve piriç elektrot katot (-), iş parçası ise anot(+) olarak tanımlanır. Ancak alüminyum elektrotlar, çelik elektrotlar, çelik işlemede kullanılan bakır - tungsten elektrotlar ile kaba işlem için kullanılan grafit elektrotlar bu genellemenin dışındadır. Bu elektrotlar (+) yüklü, ters kutuplu takımlar olarak kullanılabilir [2].

1.2.1. Tel Erozyon



Şekil 1.1. Tel erozyon şeması [3]

Tel erozyonda takım olarak farklı çaplarda bakır, grafit, piriç, sert metal tel elektrot kullanılır. Bobin tarafından sarılı olan bu tel parça işleme boyunca, aşındıkça ileri doğru itilir. Tel kopması durumunda üretim durdurularak tel bağlanır ve işleme kaldığı yerden devam edilir. Telin avantajı takım değişimi gereksinimi olmadan farklı iş parçalarının da işlenebilmesidir. Sertliği yüksek olan titanyum karbür, tungsten, kalıp çeliği gibi malzemelerin kesiminde kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak küçük çaplı dairesel delik işlemlerinde ve özellikle köşe yarıçapı istenmeyen keskin köşelerin kesiminde tercih edilir [2].

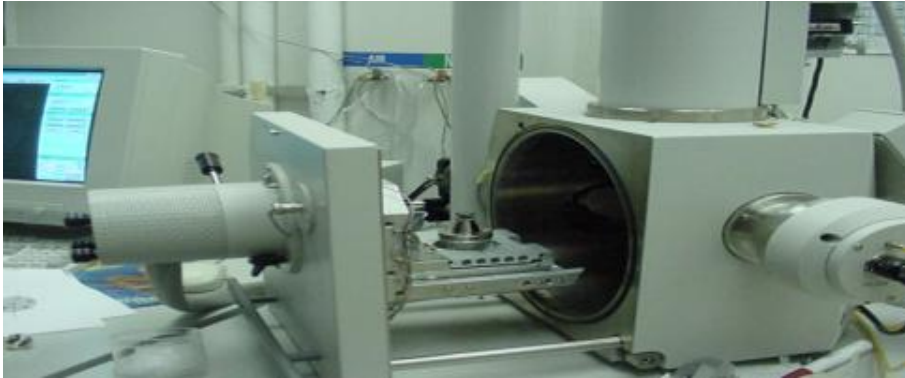
1.3. SEM Görüntüleme (Taramalı Elektron Mikroskobu)

Taramalı Elektron Mikroskobu, odaklanmış bir elektron demeti ile numune yüzeyini tarayarak görüntü oluşturan bir elektron mikroskobu türüdür. Numunedeki atomlar ve elektronlar etkileşme sağlayarak numune yüzeyindeki kompozisyon ile topografi hakkında bilgiler içeren farklı sinyaller üretir. Bu sinyaller alakalı dedektörler tarafından toplanarak bilgisayar ekranına iletilir ve görüntü bu sayede oluşturulur.

ARUM Merkezi laboratuvarının SEM bölümünde JEOL JSM 5600 marka SEM cihazı bulunmaktadır. Cihazla birlikte EDS sistemi ile belirlenmiş bir nokta, çizgi ve alan taraması ve seçilmiş alan X-ışını haritalanması yapılmakta ve bu bölgelerde kalitatif ve kantitatif olarak element analizleri yapılabilmektedir. Yalıtkan numunelerin analizi için numune hazırlamada kullanılmak üzere yüksek vakum altında çalışan altın paladyum kaplama cihazı mevcuttur. Ayrıca biyolojik örnekler için kritik nokta kurutucusu mevcuttur. Böylelikle, dokularda fizyolojik veya patolojik olarak, ya da deneysel yöntemlerle ortaya çıkan morfolojik değişikliklerin analizi yapılmaktadır [4].

SEM ile yapılabilecek analizler;

- Topografi
- Morfoloji
- Şekil



Şekil 1.2. SEM görüntü alma cihazı [5]

Her bir deney numunesi kesilerek SEM görüntü alma cihazında görüntüleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney aşamasında kullanılan SEM görüntüleme cihazı Şekil 1.2’de verilmiştir.

1.4. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü, bir ürünün kalitesini gösteren ve iki parçanın birleşim yüzeyinde etkili olan hassas bir kalite kriteridir. Yüzey pürüzlülüğünün uygun değerler arasında sağlanması ile malzemenin yorulma kırılma dayanımı, korozyon dayanımı arttığı gibi estetik olarak da güzel görünmeyi sağlar.

Özellikle talaşlı imalat yöntemiyle işlenmiş parçalarda yüzey pürüzlülüğü önemli bir süreç çıktısıdır. Talaşlı imalattan çıkan parçanın yüzey kalitesi, kullanılacağı yerlerdeki fonksiyonel özelliklere bağlıdır.



Şekil 1.3. Ti-6Al-4V malzemesinin yüzey pürüzlülüğü ölçümü



Şekil 1.4. Profilmetre ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü

1.5. Yapay Zekâ Nedir?

En temel terimle açılımı yapay zekâ olan AI, verilen komutları uygulamak için insan zekâsını taklit eden ve aktarılan bilgilere göre tekrarlamalı olarak kendilerini iyileştirebilen sistemler veya makineler anlamına gelmektedir. Yapay zekâ birden fazla biçimde kendini ifade eder.

Sohbet robotları, müşterilerin sorunlarını daha seri bir şekilde anlamak ve daha etkili cevaplar vermek için yapay zekâ teknolojisinden faydalanır. Akıllı asistanlar,

zamanlamayı iyileştirmek için daha fazla kullanıcı tanımlı veri kümelerinden kritik bilgileri çekmek için yapay zekâdan yardım alır. Öneri motorları, kullanıcıların izleme alışkanlıklarına göre TV programları için otomatik öneriler gösterebilir.

Yapay zekâ, herhangi bir özel biçim veya işlevden farklı olarak süper güçlendirilmiş fikir ve veri analizi becerisi ve koşuluyla alakalıdır. Yapay zekâ denildiğinde akıllarda dünyayı ele alan çok fonksiyonel, insan benzeri robotlar göz önüne gelse de yapay zekâ insanların yerini almak için ortaya çıkarılmıştır. İnsan becerilerine ve katkılarına büyük ölçüde gelişim sağlamak amacıyla tasarlanmışlardır. Bu sebepten dolayı oldukça değerli bir ticari tasarımdır [6].

1.5.1. Yapay Zekâ Türleri

- Doğal Diller (Bilgisayar ile Doğrudan İletişim)
- Beşeri Algılama Yeteneklerinin Simülasyonu (Görme, Konuşma, İşitme, Koklama vs.)
- Robotikler (Rutin, Kirli ve Tehlikeli İşler İçin Kullanılan Robotlar)
- Yapay Sinir Ağları
- Bulanık Mantık
- Sanal Gerçeklik

1.6. Bulanık Mantık

Bulanık mantık ilk defa Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 tarihinde yayımlanan “The Theory of Fuzzy Logicand Fuzzy Sets” (Bulanık mantık ve bulanık kümeler kuramı) adlı makalede ortaya çıktı. Ancak 1970’li yıllarda yaygın olarak kullanılan bir terim haline geldi. 1980’li yıllarda ise Japonların üretiminde bulanık mantık ilkelerini kullanılması sonucunda daha yaygın olarak duyulmaya başladı.

Puslu mantık olarak tanımlanan bulanık mantık uygulamaları insan davranışlarını ve doğanın işleme hareketlerini örnek alacak şekilde öngörü de bulunan bilgisayar yardımcı yapay zekâ merkezli uygulamalardan meydana gelir. İnsanlar yardımıyla imal edilmiş, günlük dilde kullanılan kesin yargı oluşturmeyen cümlelerin değerlendirilmesine olanak sunar. Örneğin, “biraz sıcak”, “hemen hemen doğru”, “çok hızlı” gibi kesin yargı bildirmeyen cümleler, sorunların çözüme kavuşturulmasına destek olduğu halde matematiksel yöntemle tanımlanamazlar. Bulanık mantık algoritması buna benzer olaylarda insan zihnini taklit edip belirli

olmayan çözümler ve sayısal modeller meydana getirir.

Bulanık mantığın kullanım alanları çok yaygındır. Sağladığı en büyük fayda ise “insana özgü tecrübe ile öğrenme” olayının basitçe modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesi imkânı sunmasıdır. Bu sebeple lineer olmayan sistemlerde yaklaşım yapabilmek için tercih sebebidir.

Daha da yaygınlaşmasının ardından dünya da birden fazla ülkede kullanılan bulanık mantık uygulamalarıyla beraber entegre olmuş televizyon ve beyaz eşya gibi birçok cihaz üretiminde kullanılmıştır.

Bulanık mantık uygulamalarında oluşturulan akıllı sistemler ve yapay zekâ yardımıyla iyileştirilen algoritmalar ile günümüzde asansör ve trafik lambalarının kolaylıkla programlanabilmesi sağlanmıştır. Bu yöntemle Tokyo’da bir mühendisin ürettiği robottan olan çiçeği zayıf cidarlı bir çubuğun içine düşmeyecek şekilde koymayı başarmıştı. Bu bahsi geçen çalışmanın 1987 tarihinde yapıldığını göz önüne alınacak olursa, günümüzde bulanık mantık sistemleri çok daha iyi durumdadır [7].

1.7. Literatür Taraması

Tablo 1.3. Tel erozyon literatür taraması

	Yazarlar	Ham Malzeme Cinsi	Kesim ölçüleri	Parametreler				Tel çeşidi
1 [8]	Nihat T. ve Can Ç.	4140 Çelik	Delik çapı 0.25 mm	Deşarj akımı (I)	Vurum süresi (µs)	Gerilim (V)	Tel İlerleme Hızı (m/dak)	Pirinç
2 [9]	Ulaş Ç. ve Ahmet H.	Alüminyum Alaşımı	4, 8, 16 mm	Dielektrik Sıvı Sirkülasyon Basıncı (kg/cm ²)	Vurum süresi (µs)	Gerilim (V)	Tel İlerleme Hızı (m/dak)	Pirinç
3 [10]	GÜRBÜZ H. ve ark.	Takım çeliği ve EN 1.4301 paslanmaz çelik	10x10x25 mm	Akım (A)	Vurum süresi (Ton) (µs)	Vurum ara süresi (µs)	Gerilim	Bakır, Pirinç, Çinko kaplı pirinç
4 [11]	Cebeli Ö. ve Cihan Ö.	Ç8620 Çeliği	Tel Çapı 0.05-0.4 mm	Akım (A)	Gerilim	x	X	Pirinç, Molib, Tungsten
5 [12]	Abdil K. Ve A Rıza M.	Waspaloy süper alaşım	Ø 36,6 mm x 200 mm	Akım (A)	Vurum süresi (µs)	İki vurum arası geçen süre	Açık devre gerilimi	Farklı teller
6 [13]	Abdil KUŞ ve ark.	Karma kompozit Al-B4C/Gr	200 µm	İlerleme hızı(m/min)	Açık vurum süresi (µs)	Kapalı vurum süresi (µs)	X	Alumix 123
7 [14]	Mehmet Y. ve Ahmet Ö.	1040 Çelik, 1035 Çelik, 1045 Çelik	Genişlik 5 mm	Diş Sayısı (Z)	Elipsin değeri (mm)	Elipsin b değeri (mm)	a/b Oranı	X

Tablo 1.3. (Devamı) Tel erozyon literatür taraması

	Yazarlar	Ham Malzeme Cinsi	Kesim ölçüleri	Parametreler				Tel çeşidi
8 [15]	Ulaş Ç. Ve Ahmet H.	AISI D5 Takım çeliği	20 mm2, 40 mm2, 80 mm2	Gerilim (V)	Vurum akımı	Vurum ara süresi (µs)	Tel tansiyonu	Pirinç, Molibden, Tungsten
9 [16]	Celik, M. ve ark	Al-14.9Si-2.4Cu-0.55Mg	40 x 20 x 10 mm	Vurum süresi (µs)	Vurum ara süresi (µs)	Akım (I)	Gerilim (V)	Alüminyum
10 [17]	TOSUN N. ve ark.	SAE 4140 Çelik	Kalınlık 10 mm	Vurum süresi (µs)	Open Circuit Voltage	Wirespeed	Dielectric flushing pressure	Pirinç
11 [18]	COGUN C. ve ark.	SAE 1040 Çelik	Uzunluk 46 mm	Vurum süresi (µs)	Powder type	Powder concentration	X	Bakır
12 [19]	Jia TAO ve ark.	Al6061	Kalınlık 1.27 mm	Thetension	Wirespeed	Open circuit	Gap voltage	Pirinç
13 [20]	L. LI. Ve X.T.WEI	Inkonel 718	X	Peak current	Açık vurum süresi (µs)	Pulse current (A)	X	Cu-Si-C
14 [21]	ÇELİK M. ve ark.	Ti 6Al 4V	X	devir sayısı	manyetik alan	Wirespeed	X	bakır

Tablo 1.3’de mevcut tel erozyon cihazları kullanılarak çalışılan malzemeler ve işlem kalitesi için kullanılan parametreler gösterilmiştir. Ayrıca kullanılan cihazlarda işlem için seçilen tel elektrot çeşitlerine bakıldığında ağırlıklı olarak pirinç ve bakır tercih edildiği görülmektedir. Parçaların işleme parametresi olarak tel erozyon için deşarj akımı (I), tel ilerleme hızı (m/dak), akım (A) parametrelerinin kullanıldığı literatürde mevcuttur.

Nihat T. ve ark. bu çalışmada, tel erozyon ile kesmede işleme parametrelerinin ilerleme hızı üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, ilerleme hızının artmasıyla iş parçası yüzey pürüzlülüğünün değerinin arttığı ve bozulduğu tespit edilmiştir [8].

Ulaş Ç. ve ark. bu çalışmada, tel erozyon yönteminde, gerilim, puls süresi, tel ilerleme hızı ve dielektrik sıvı sirkülasyonu basınç parametrelerine bağlı olarak işlenen, farklı kesme parametrelerinde alüminyum alaşımının yüzeyini inceleyerek, elde edilen sonuçları özetlemiştir [9].

Gürbüz H. ve ark. yapılan bu deneysel çalışmada tel erozyon (WEDM) tezgâhında işleme performansını değerlendirme en önemli aşamalarından olan yüzey pürüzlülüğü (Rz, Ra) üzerine işleme şartlarının etkisini deneysel olarak araştırıp yüzey pürüzlülüğünü incelemiştir [10].

Cebeli Ö. ve ark. çalışmanın sonucu olarak şu bilgileri tespit etmiş malzemenin yüzey sertliği her iki kesme modu sonunda artmaktadır. Ancak kesme alanı arttıkça kıvılcım enerjisindeki değişmeye bağlı olarak yüzeydeki sertlik düşmektedir. Her iki kesme modunda kesme alanı arttıkça yüzey pürüzlülüğü ters orantılı olarak düşmektedir [11].

Waspaloy'un tel erozyon tezgâhında kesilmesinde, tel gerginliği, tel ilerleme hızı, ilerleme miktarı ve dielektrik sıvı basıncı kontrol faktörlerinin optimal seviyelerini belirlemek ve kesilmiş yüzeylerin Ra yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılan bu deneysel çalışmada; Kontrol faktörlerinin farklı seviyelerinde Ra yüzey pürüzlülüğü değerleri 2,683 - 4,052 µm aralığında ölçmüşlerdir [12].

Abdil K. ve ark. Al/B4C-Gr kompozitlerinin (WEDM) tel erozyon ile kesilmesinde kontrol faktörlerinin çentik ve Rz ve Rt yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonunda ANOVA sonuçlarına göre, çentik ve Rz ve Rt yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametre, sırasıyla % 75.63, % 43.29 ve % 36.76 katkı oranlarıyla nabız zamanında idi. Çentik için diğer etkili parametreler, ilgili katkı oranları % 9.15 ve % 9 olan, darbe kapatma süresi ve tel hızıydı. Rz yüzey pürüzlülüğü için etkili parametreler sırasıyla % 16.06 ve % 6 değerlerinde katkı faktörleriyle tel hızı ve darbe kapatma süresinin oranlarını tespit etmişlerdir [13].

Mehmet Y. ve Ahmet Ö. bu deneyde mekanik sistemlerin vazgeçilmez elamanları olan dişli çarkların, klasik dairesel modelleri yerine dairesel olmayan dişli çarklar ailesinin en önemli bireyi olan eliptik düz dişli çiftlerinin tasarımı, imalatı ve çalışabilirlik testleri üzerinde çalışma yapmışlardır [14].

Ulaş Ç. ve ark. bu çalışma sonucunda farklı özelliklere sahip malzemelerde kesme işlemi sonunda makine elemanlarının çalışma verimleriyle doğrudan ilgili olan yüzey pürüzlülük ve mikro yapı değişimleri, işlem parametrelerine bağlı olarak değiştiğini gözlemlemişlerdir. Bu bakımdan, üretilecek makine elemanından beklenen yüzey kalitesi isterine uygun işlem parametrelerinin tercih edilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır [15]

Yurtkuran E. ve ark. yapılan deneysel çalışmalar sonucunda wire elektro erozyon ile kesilen numunelerde işlem sonucunda, kesim parametrelerinin değişmesiyle birlikte yüzeyde oluşan sertliğin yükseldiği sonucuna varılmıştır. Ancak bu yükseliş ölçülen

numunelerin içindeki kesimleri ile numune yüzeyleri arasında dikkate değer bir farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Tel ilerleme hızlarının yükselmesiyle ters orantılı olarak kesimi yapılan numunelerinin genel pürüzlülük sonuçlarının düştüğünü gözlemlemişlerdir. Malzemelerin pürüzlülük sonuçları arasındaki farklılığın Al231 malzemesinde bulunup ve tam iletken olmayan Silisyum elementinden ve kısmen de kesme işlemi esnasında Al231 T/M malzemesinin parça kopmalarından kaynaklanan çukurların yüzey pürüzlülük değerlerini artırdığını gözlemlemişlerdir [16].

Tosun N. ve ark. Bu çalışmada, tel erozyon ile kesmede işleme parametrelerinin ilerleme hızı üzerindeki etkisi deneysel olarak incelemiştir. Açık devre gerilimi, puls süresi, tel ilerleme hızı ve dielektrik sıvı püskürtme basıncının artması ile ilerleme hızının arttığı tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda, ilerleme hızının artmasıyla iş parçası yüzey pürüzlülüğünün bozulduğunu tespit etmişlerdir [17].

Cogun C. ve ark. EWR sonuçlarında, girdi parametrelerinin Ra üzerindeki olumsuz etkilerini gözlemlemiştir. Örneğin, deşarj akımının artması ve üretilen kapasitans çaplar, malzemeler ve elektrotlar dışında pürüzsüz yüzeyler makro delikler için Ra yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisinin bulunmadığı görülmüştür. Ancak oldukça artış gösteren mikro çaplar için etki benzer şekilde, Tof'un yüzeyi üzerinde neredeyse hiçbir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir [18].

Jia T. ve ark. yaptıkları deneysel çalışmada tel erozyon tezgâhında kesimi yapılan malzemelerde yüzey sertliğinin yükseldiği sonucuna varılmıştır. Ancak bu yükseliş parçaların iç kesimlerine göre önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Tel ilerleme hızlarının yükselmesine istinaden deneyde kullanılan numunelerin ortalama yüzey pürüzlülük sonuçları yükselmenin aksine düşüş eğilimindedir. Numunelerin yüzey pürüzlülük sonuçları arasındaki farkın Al6061 malzemesi içinde bulunup ve yarı iletken özelliği gösteren silisyum elementinden kaynaklanmaktadır [19].

Li L. ve ark. Bu çalışma, Inconel 718 alaşımının tel erozyon ve dalma erozyon ile işlenebilirliği üzerine odaklanmıştır. Dalma erozyonda, yeni Cu-SiC kompozit elektrot, darbe açma süresi 7.5 ms olduğu tespit edilmiştir [20].

Çelik M. ve ark. bu yapılan çalışmayla tel erozyon üretim yöntemiyle önceden belirlenmiş imalat şartlarında kesilmiş Ti 6Al 4V alaşımlı malzemeden üretilmiş olan numunelerin yüzey kaliteleri manyetik aşındırıcılarla üretim yöntemiyle

yükseltilmiştir. Yapılan çalışmada, işlem vakti, aşındırıcı boyutu, devir sayısı ve manyetik alan miktarı parametrelerinin yapılan işlem performansındaki etkisi Taguchi ortogonal dizin deneysel tasarımıyla inceleme yapılmıştır. Manyetik aşındırıcılarla yapılan üretimden sonra yüzey pürüzlülüğündeki iyileşme miktarları (YPİM) ve talaş kaldırma miktarları (TKM) bulunmuştur. Numunelerde ölçüm için kullanılan taramalı elektron mikroskobu (SEM)'de elde edilen görüntüler alınmış ve yüzey kaliteleri ve artık tabakaları incelemeye alınmıştır. Çalışma sonucunda ise artık tabakanın yapılan bütün deneylerde hiç kalmadan ortadan kaldırıldığı sonucuna varılmıştır [21].

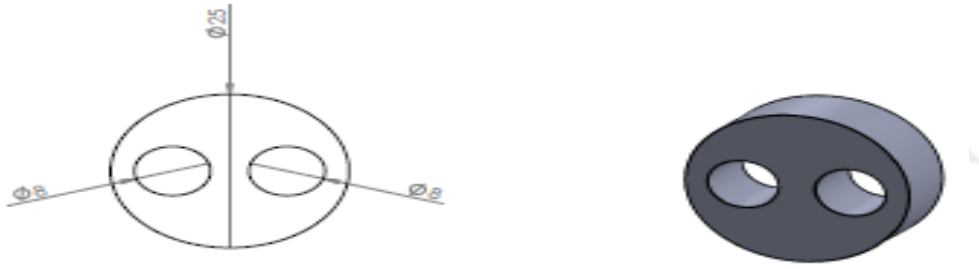
1.8. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, özellikleri farklı talaşlı imalat ile işlenmesi zor titanyum alaşımli Ti-6Al-4V malzemesi kullanılarak, değişik kesme parametrelerinde tel erozyon tezgâhında işleme yapılarak malzeme yüzeyinde meydana gelen değişimi inceleyip en iyi yüzey kalitesi elde edilmesi amacıyla yapılmıştır. Tel erozyon yönteminde; dielektrik sıvı basıncı, tel ilerleme hızı, SF (kesim hızı), MAO (Mikroarkoksidasyon), WP (su basıncı), tel çapı özellikleri gibi işlem parametreleri yüzey kalitesini ve mikro yapısını değiştirmektedir. Böylece, işlem parametrelerinin seçimi yüzey kalitesinin belirlenmesinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yanlış parametre seçiminde, tel kopmaları gibi işlem kararlılığını etkileyen olumsuz sonuçlarla karşılaşmaktadır. Tel erozyon yüksek sertlikte, keskin köşeli (tel çapı kadar yarıçapa sahip köşeler), iş parçası kalınlığı fazla olan, çapı küçük olan delikler (0-1mm), iyi yüzey kalitesi hedeflenen parçalar için uygun bir imalat yöntemidir. Çalışmada da aynı şekilde sertliği oldukça yüksek olan bu açıdan işlenmesi zor olup iyi bir yüzey kalitesi elde edilmesi her koşulda sağlanamayan titanyum alaşımli Ti-6Al-4V malzemesi işlenmiş olup optimal parametreler seçilerek zaman, hız ve yüzey kalitesi açısından en iyiye ulaşmak amaçlanmış olup istenilen amaca ulaşılmaya çalışılmıştır. Tel erozyon yönteminde istenen yüzey kalitesine ulaşmadaki bir diğer önemli husus ise paso sayısını artırma yöntemidir. Bu yöntemde parçaya ilk olarak kaba işleme yapılır ve bu kısım da parametre seçimi çok önemli olmayıp kaba boşaltılır en sona bir finiş operasyon bırakılır ve bu operasyon parçanın yüzey kalitesi, yüzey pürüzlülüğü açısından en iyiye ulaşmadaki en önemli faktördür.

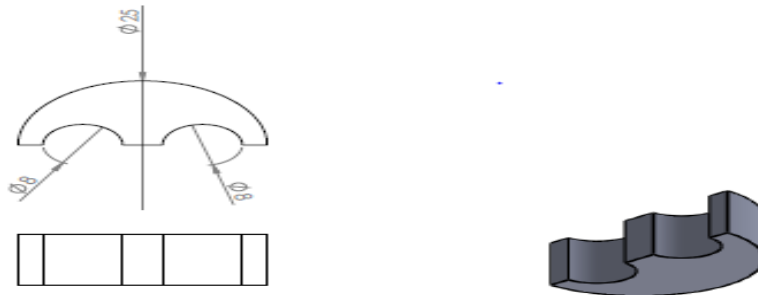
2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Malzeme

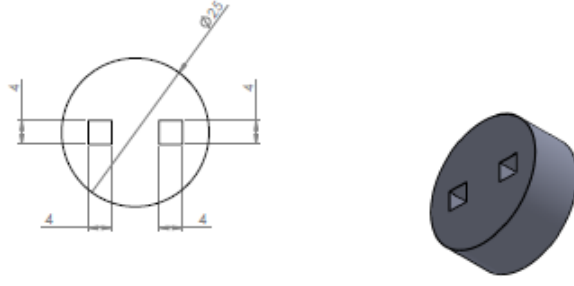
Deneyde kullanılmak üzere titanyum alaşımlı Ti-6Al-4V malzemesi temin edilmiştir. Deney numunesi olarak kullanılacak Ti-6Al-4V malzemesi $\phi 25 \times 10$ mm ölçülerinde olup malzeme üzerine $\phi 8$ mm çapında iki adet delik ve 4×4 mm boyutlarında iki adet kare açılıp ortadan ikiye bölünerek yüzey kalitesi ve pürüzlülüğü incelenmiştir. Parçalar tel erozyon tezgâhına alınmadan önce hızlı delik delme tezgâhında tel için $\phi 2$ mm ön delik açılmış olup daha sonra tel erozyon tezgâhı kullanılarak işlenmiştir. Numunelerin şematik resmi Şekil 2.1 ve 2.2’de verilmiştir.



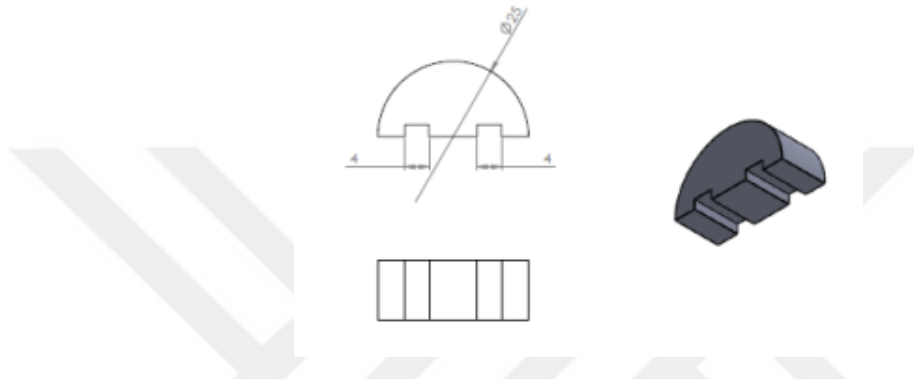
Şekil 2.1. 10 mm çapında delinen Ti-6Al-4V numunesinin şematik gösterimi



Şekil 2.2. 10 mm çapında delinen Ti-6Al-4V numunesinin kesitinin şematik gösterimi



Şekil 2.3. Kare kesitli Numunelerin şematik görünümü



Şekil 2.4. Kare kesitli Numunelerin kesitinin şematik görünümü

2.2. Numunelerin Hazırlanması

Titanyum alaşımlı Ti-6Al-4V malzemeler 25 mm çapında millerden 10 mm boyunda kesilerek iş parçaları hazırlanmıştır. Yüzeyler polisaj işlemi görerek temiz ve parlak bir yüzey elde edilmiştir.

2.3. Deneyin Yapılışı

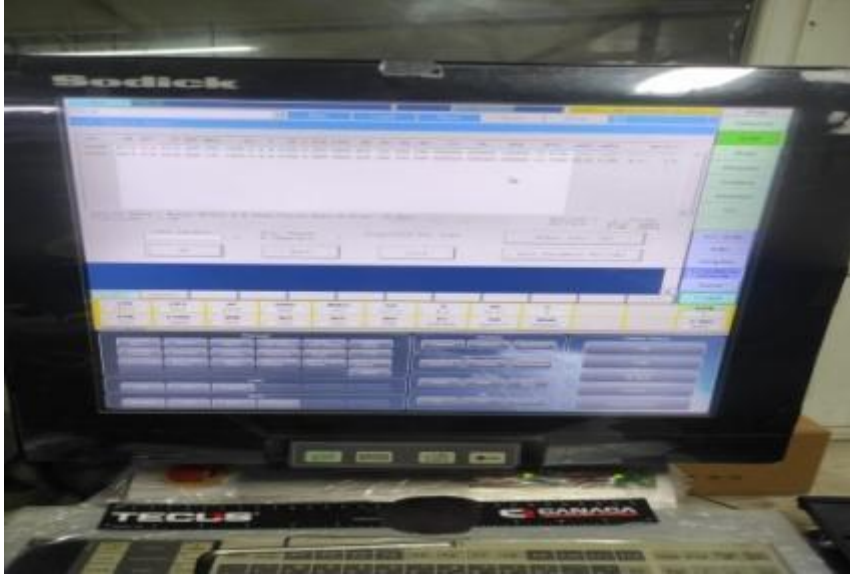
Numuneler ön delik delme sonrası tel erozyon tezgâhında her numuneye 2 adet 10 mm çapında delik ve 4x4 mm ebatlarında kare form işlenmiştir. Son olarak delinen delikler ortadan ikiye bölünerek yüzey inceleme numuneleri oluşturulmuştur. Şekil 2.6'da delme işlemi tamamlanmış numune gösterilmiştir. Şekil 2.5'de hızlı delik delme işlemi ile titanyum malzemeye ön delik delme işleminin görseli bulunmaktadır. Şekil 2.4'de Titanyum malzemeye tel erozyon ile delinmiş deliklerin görseli bulunmaktadır. Şekil 2.7'de ise tel erozyon tezgâhının işleme sırasında kontrol panelinin görseli bulunmaktadır.



Şekil 2.5. Ti-6Al-4V malzemeye ön delik delme



Şekil 2.6. Ti-6Al-4V malzemeye tel erozyonda delik delme



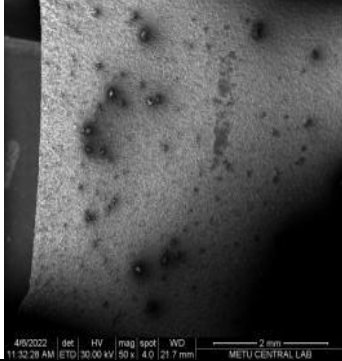
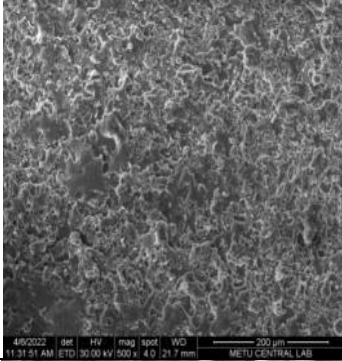
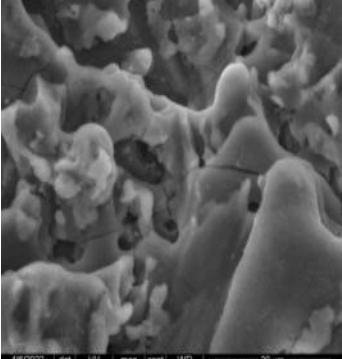
Şekil 2.7. Tel erozyon tezgahının kontrol paneli

3. BULGULAR VETARTIŞMA

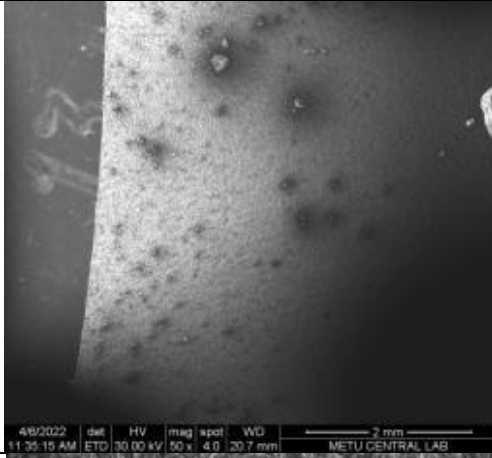
3.1. SEM Görüntüleme Sonuçları

Çalışmada kesit alınıp SEM'e gönderilen parçanın 50x, 500x, 5000x yakınlaştırma ile farklı parametrelerde yüzeyindeki değişimler incelenmiştir.

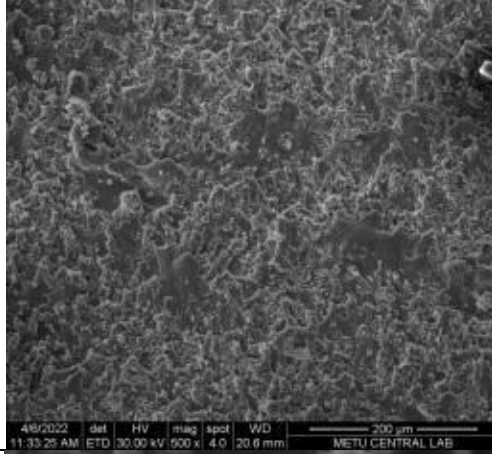
Tablo 3.1. 8mm çapında delinen numunelerin SEM görüntüleri

1	SF	MAO	WP
	0.25	261	45
	50x yakınlaştırılmış görüntü		
	500x yakınlaştırılmış görüntü		
	5000x yakınlaştırılmış görüntü		

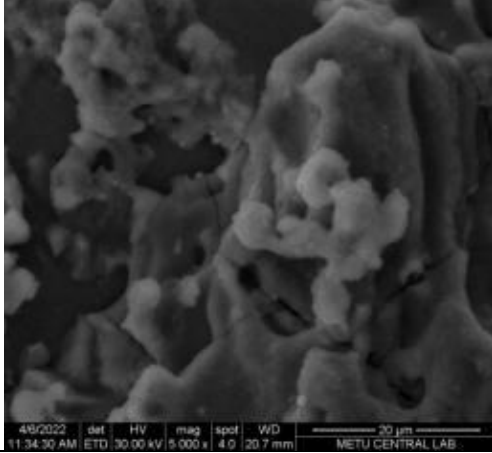
2	SF	MAO	WP
	0.29	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

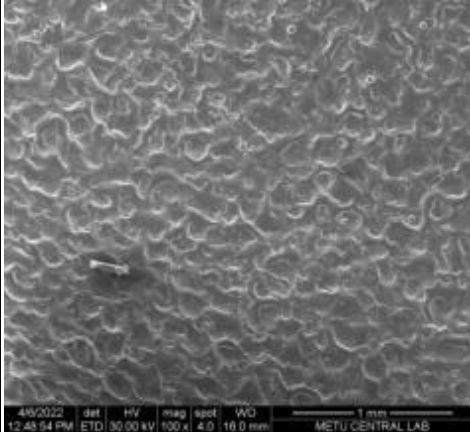


500x yakınlaştırılmış görüntü

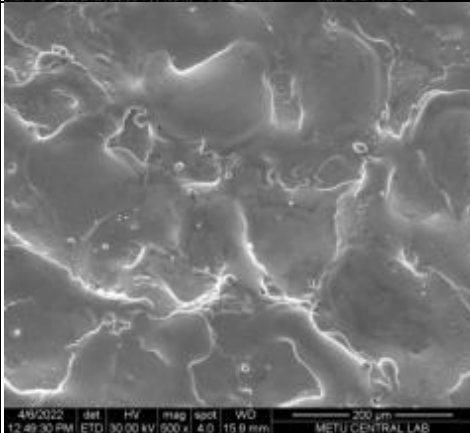


5000x yakınlaştırılmış görüntü

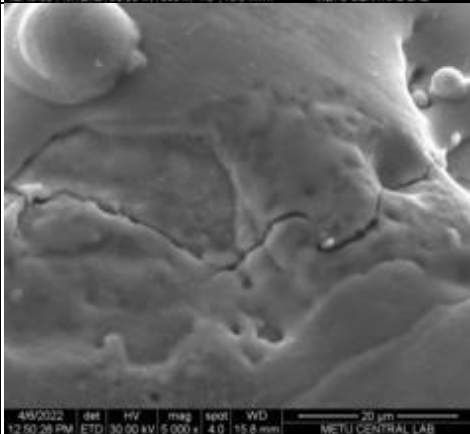
3	SF	MAO	WP
	0.23	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

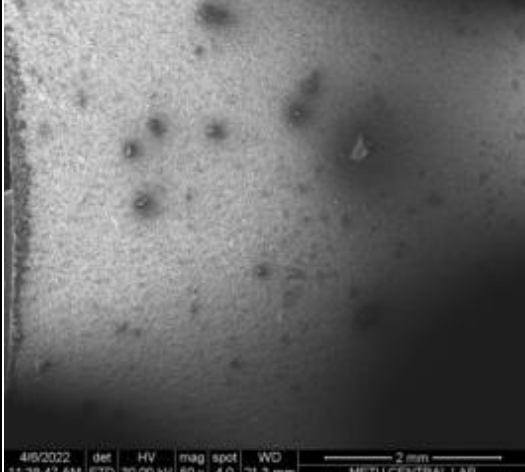
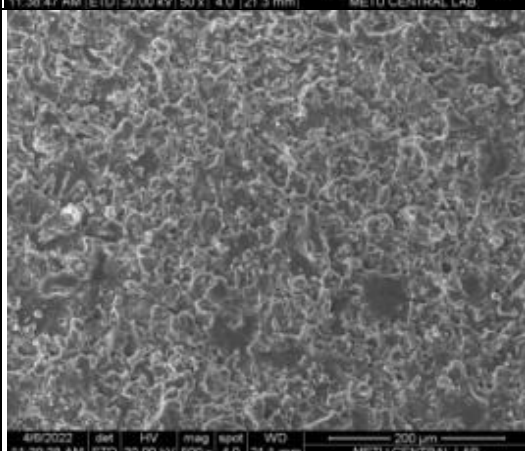
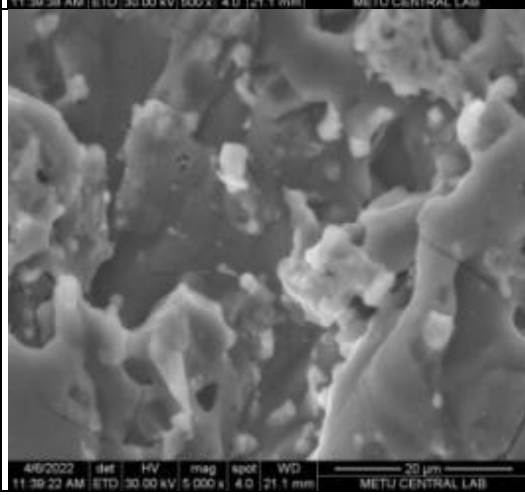


500x yakınlaştırılmış görüntü

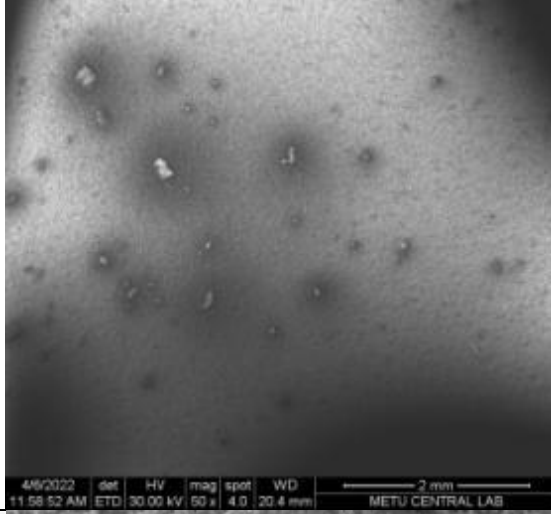


5000x yakınlaştırılmış görüntü

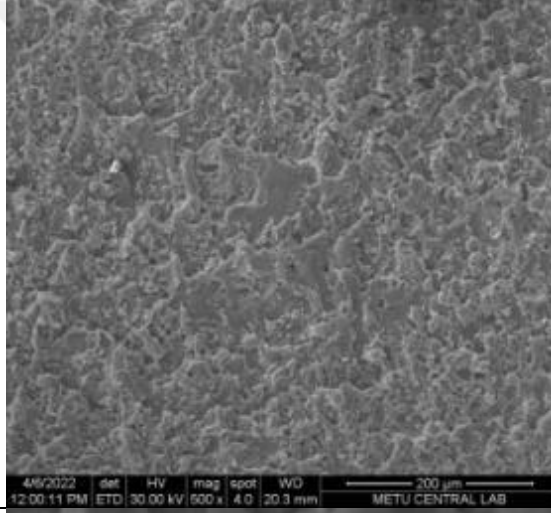
4	SF	MAO	WP
	0.24	261	45

 <p>4/6/2022 det HV mag spot WD 11:38:47 AM ETD 30.00 kV 50 x 4.0 21.3 mm METU CENTRAL LAB</p>	<p>50x yakınlaştırılmış görüntü</p>
 <p>4/6/2022 det HV mag spot WD 11:39:28 AM ETD 30.00 kV 500 x 4.0 21.1 mm METU CENTRAL LAB</p>	<p>500x yakınlaştırılmış görüntü</p>
 <p>4/6/2022 det HV mag spot WD 11:39:23 AM ETD 30.00 kV 5.000 x 4.0 21.1 mm METU CENTRAL LAB</p>	<p>5000x yakınlaştırılmış görüntü</p>

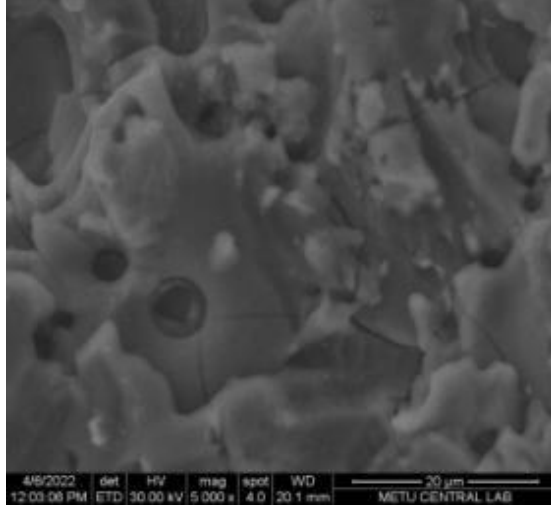
5	SF	MAO	WP
	0.26	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

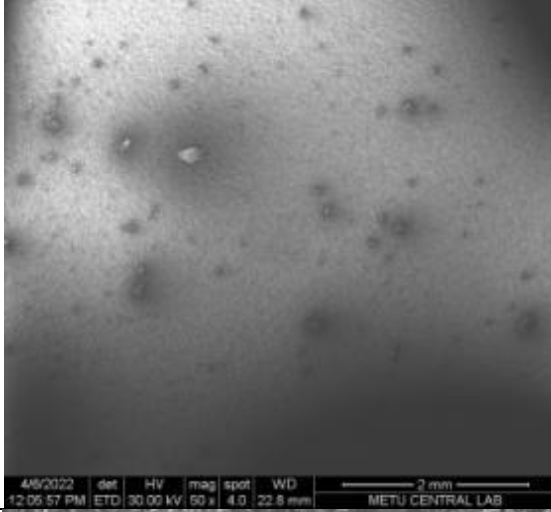


500x yakınlaştırılmış görüntü

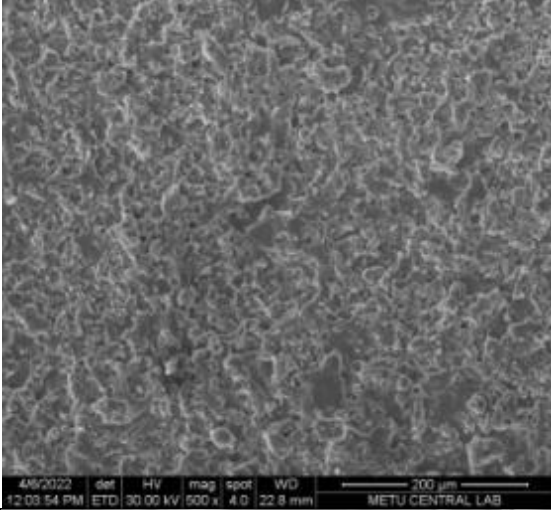


5000x yakınlaştırılmış görüntü

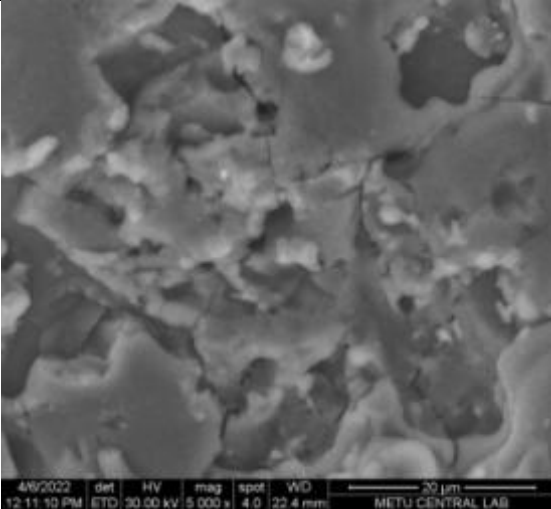
6	SF	MAO	WP
	0.27	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

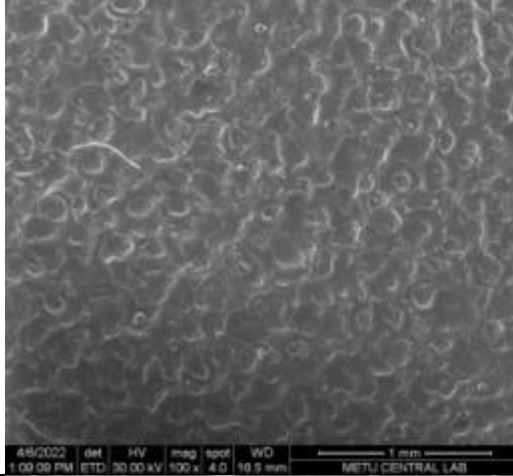


500x yakınlaştırılmış görüntü

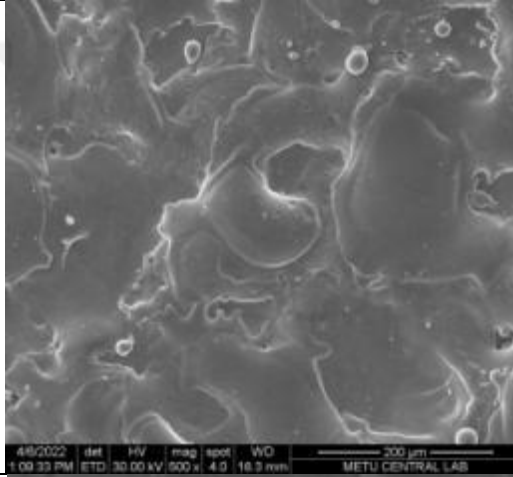


5000x yakınlaştırılmış görüntü

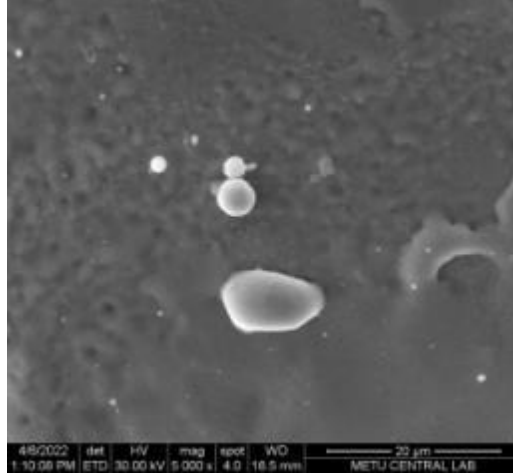
7	SF	MAO	WP
	0.28	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

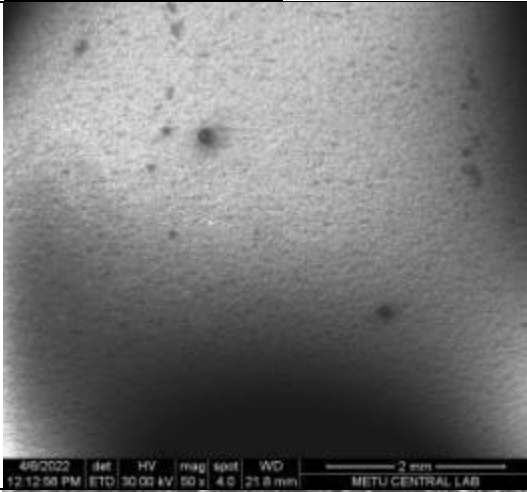


500x yakınlaştırılmış görüntü

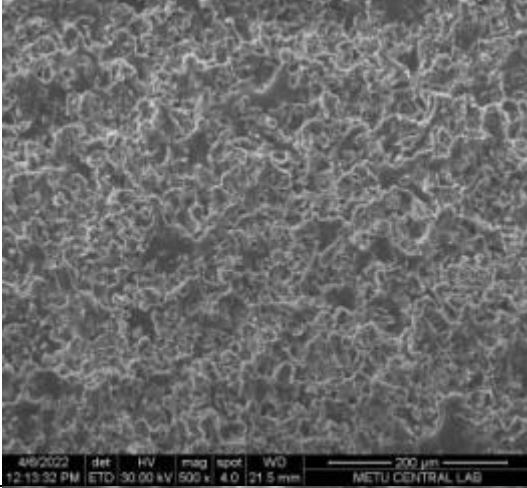


5000x yakınlaştırılmış görüntü

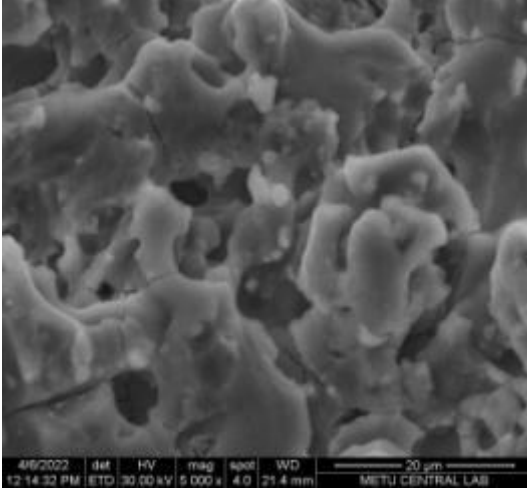
8	SF	MAO	WP
	0.22	261	45



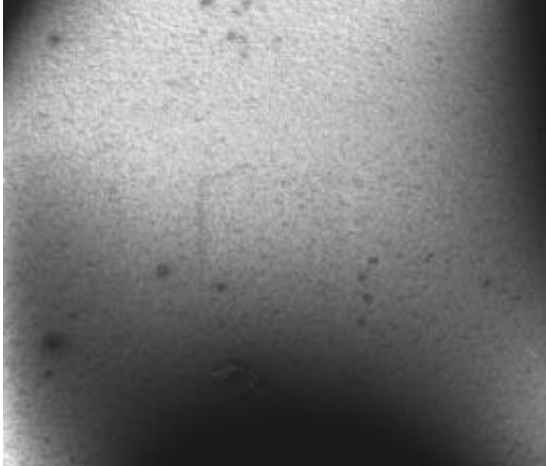
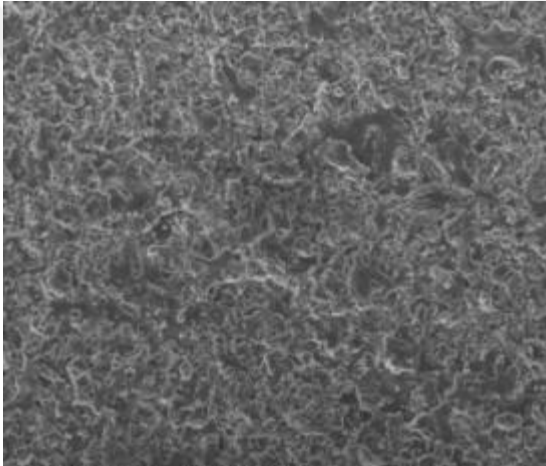
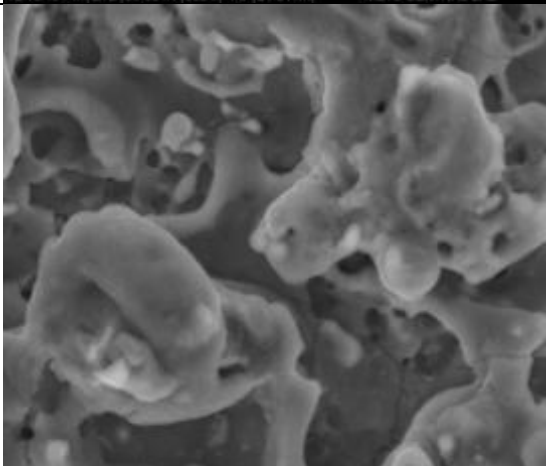
50x yakınlaştırılmış görüntü



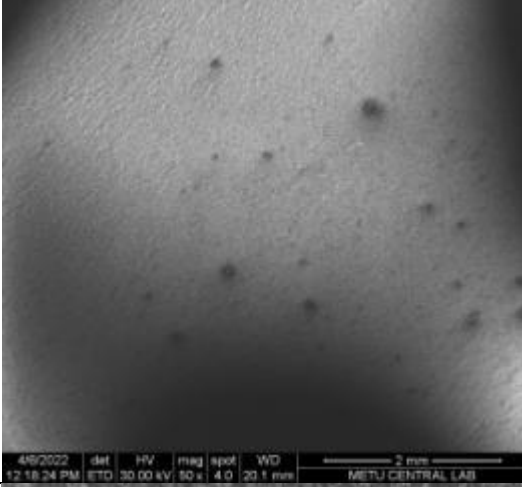
500x yakınlaştırılmış görüntü



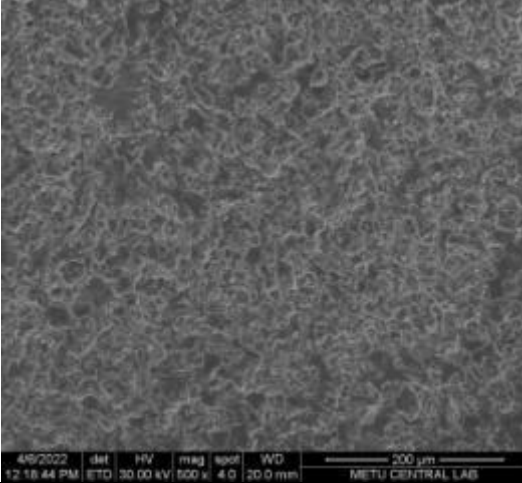
5000x yakınlaştırılmış görüntü

9	SF	MAO	WP	
	0.30	261	45	
				50x yakınlaştırılmış görüntü
				500x yakınlaştırılmış görüntü
				5000x yakınlaştırılmış görüntü

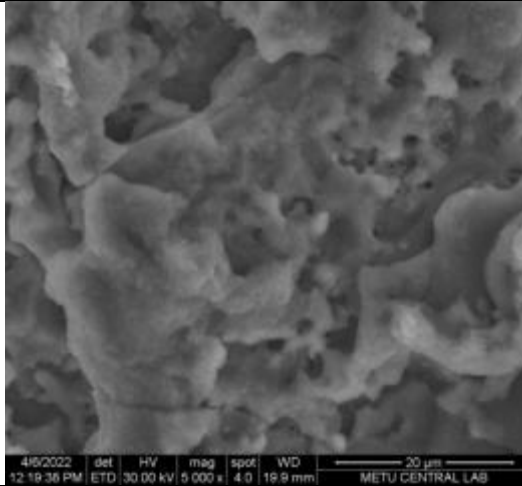
10	SF	MAO	WP
	0.31	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü



50x yakınlaştırılmış görüntü

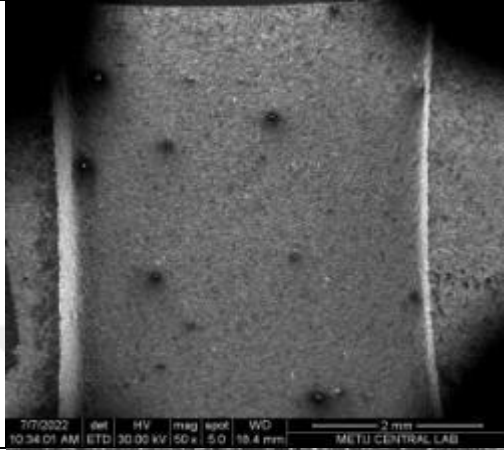
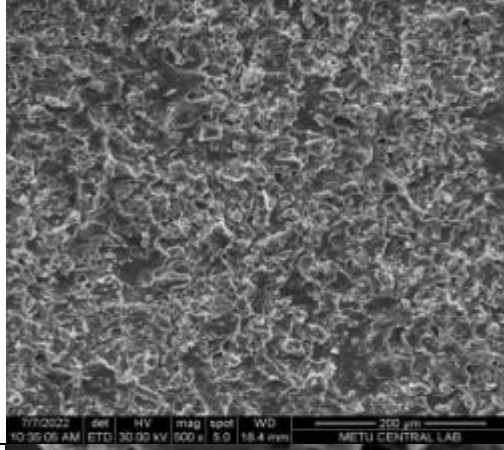
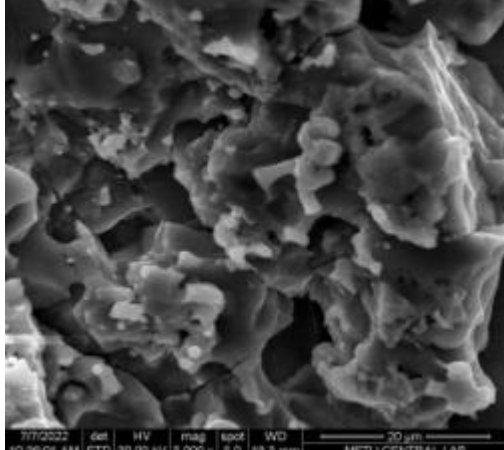


500x yakınlaştırılmış görüntü

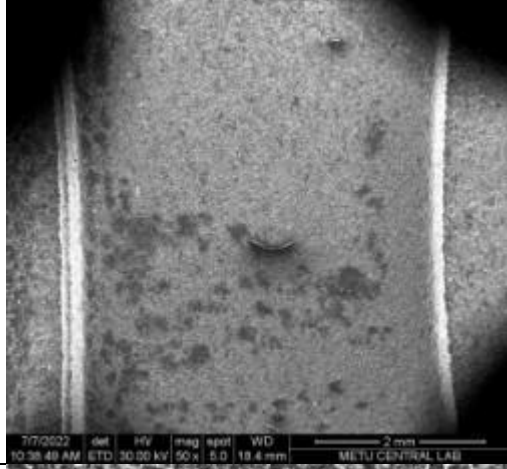
3.1.1. Kare Form

Tablo 3.2. 4*4mm ölçülerinde kare açılan numunelerin SEM görüntüleri

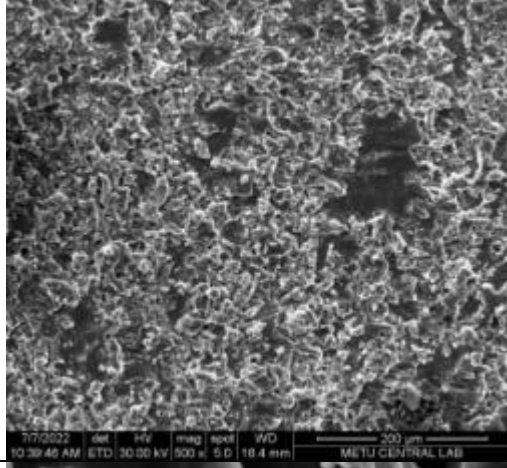
1	SF	MAO	WP
	0.25	261	45

	50x yakınlaştırılmış görüntü
	500x yakınlaştırılmış görüntü
	5000x yakınlaştırılmış görüntü

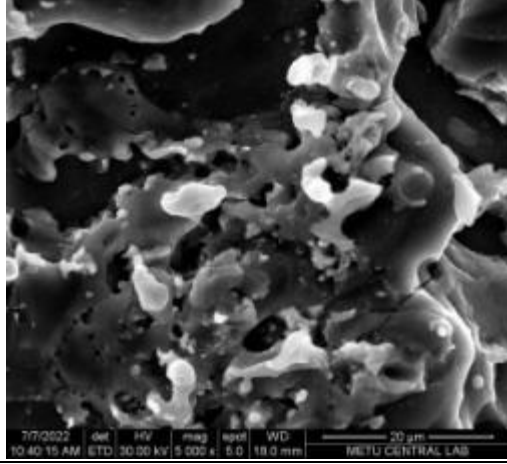
2	SF	MAO	WP	
	0.25	261	45	



50x yakınlaştırılmış görüntü

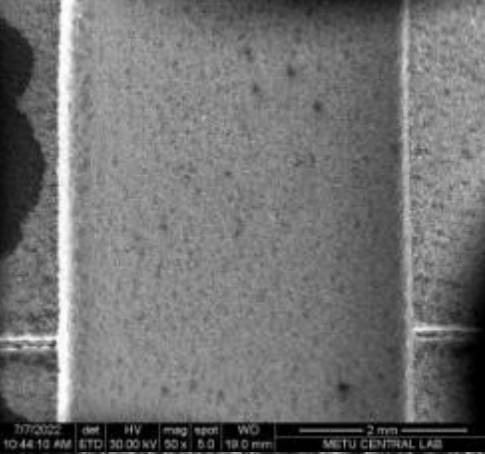


500x yakınlaştırılmış görüntü

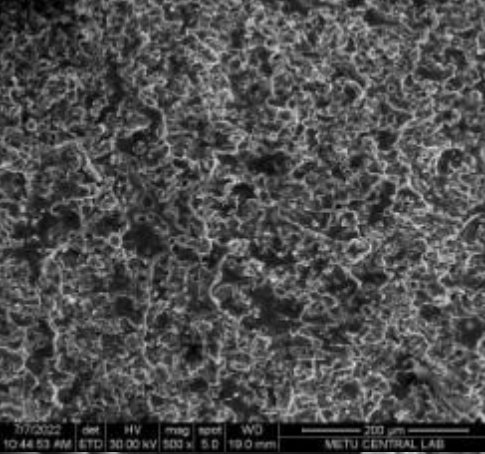


5000x yakınlaştırılmış görüntü

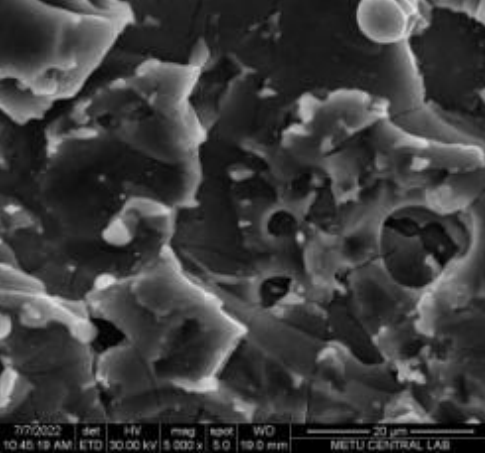
3	SF	MAO	WP
	0.29	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

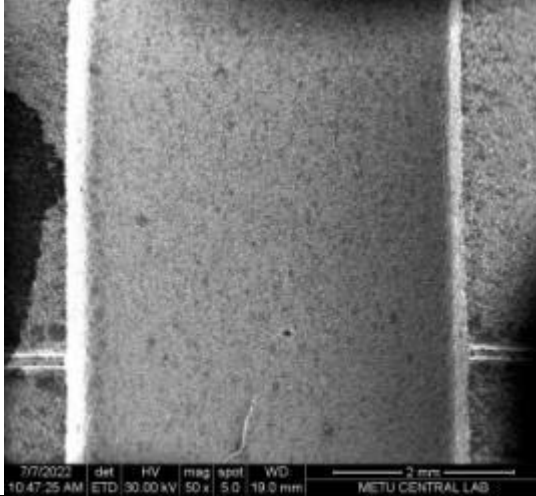


500x yakınlaştırılmış görüntü

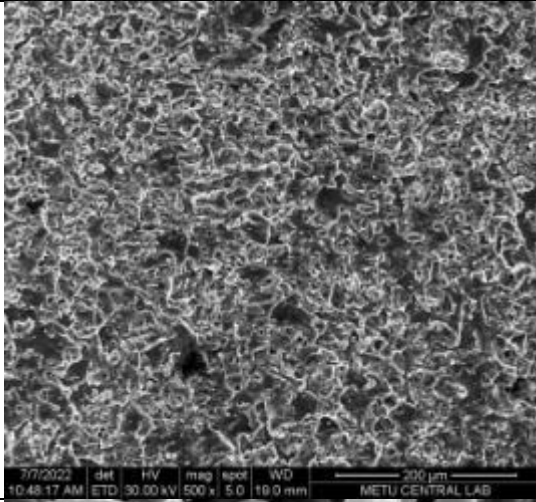


5000x yakınlaştırılmış görüntü

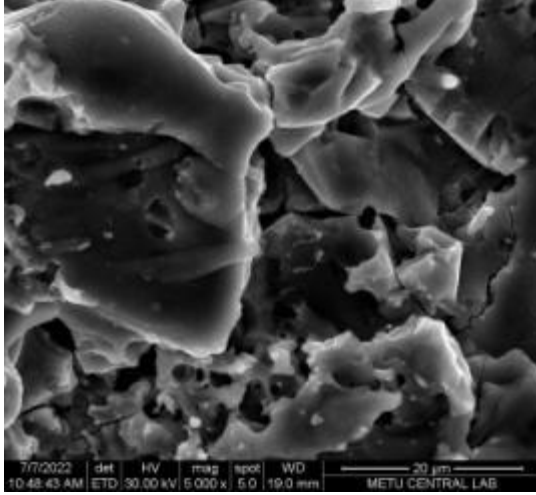
4	SF	MAO	WP
	0.23	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

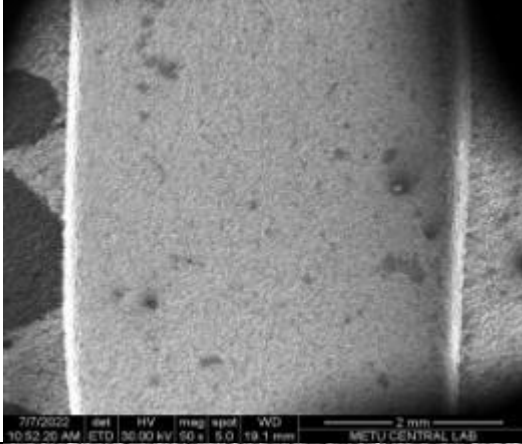


500x yakınlaştırılmış görüntü

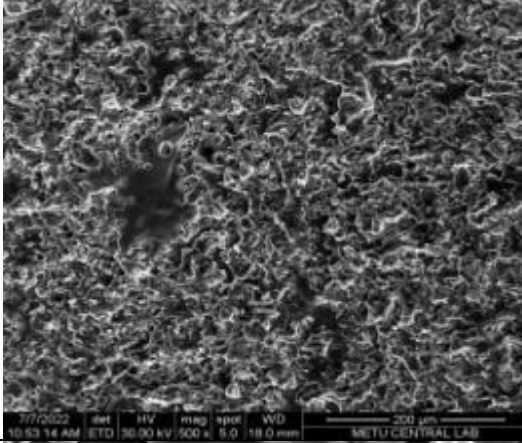


5000x yakınlaştırılmış görüntü

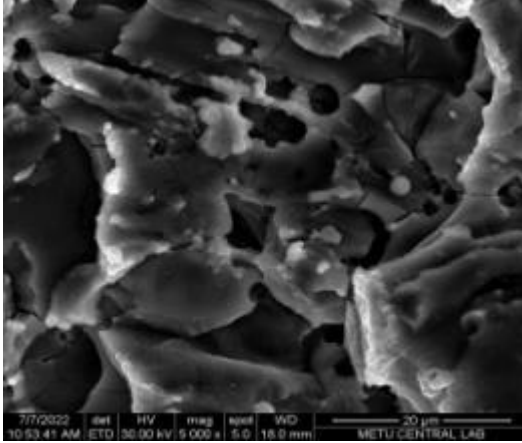
5	SF	MAO	WP
	0.24	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

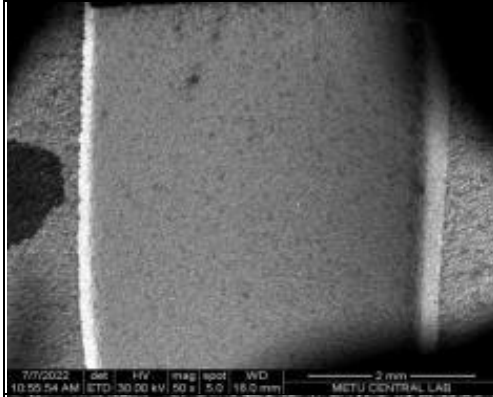


500x yakınlaştırılmış görüntü

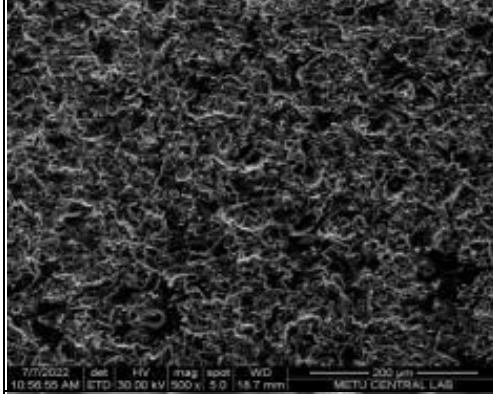


5000x yakınlaştırılmış görüntü

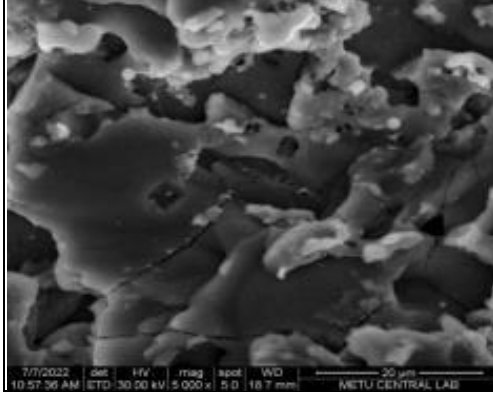
6	SF	MAO	WP
	0.26	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

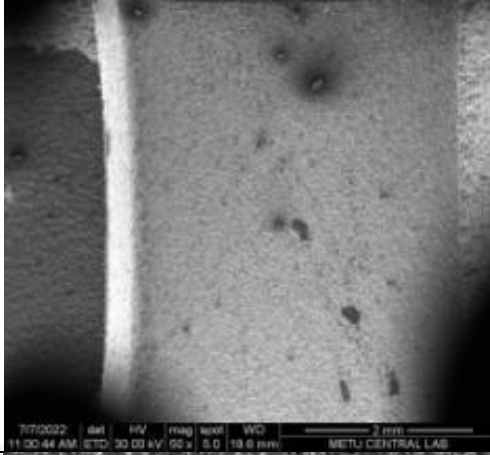


500x yakınlaştırılmış görüntü

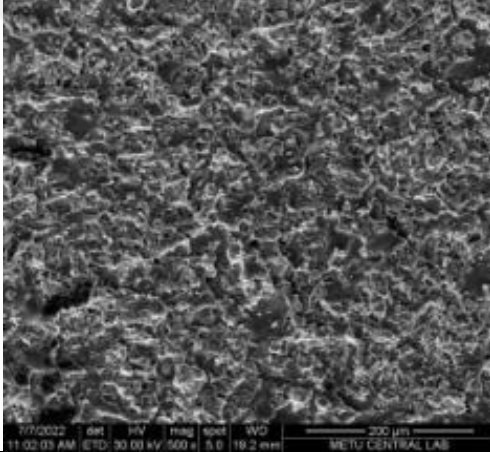


5000x yakınlaştırılmış görüntü

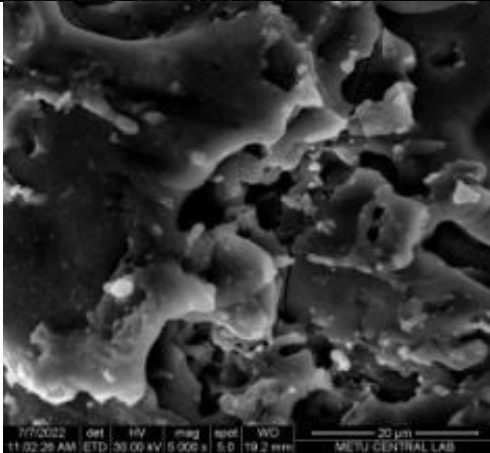
7	SF	MAO	WP
	0.27	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü

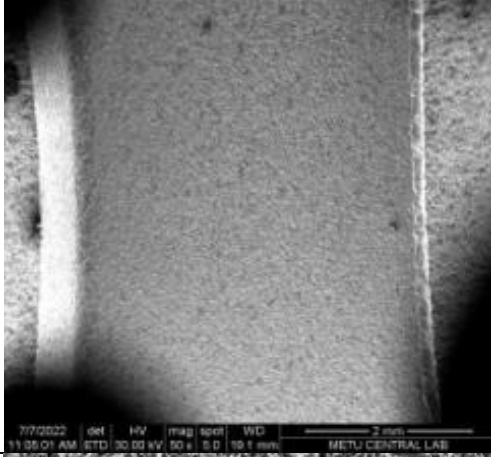


500x yakınlaştırılmış görüntü

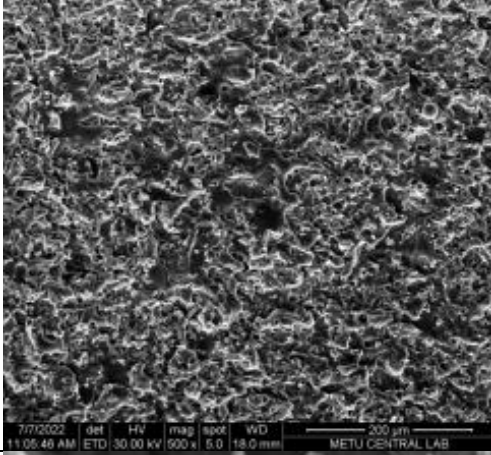


5000x yakınlaştırılmış görüntü

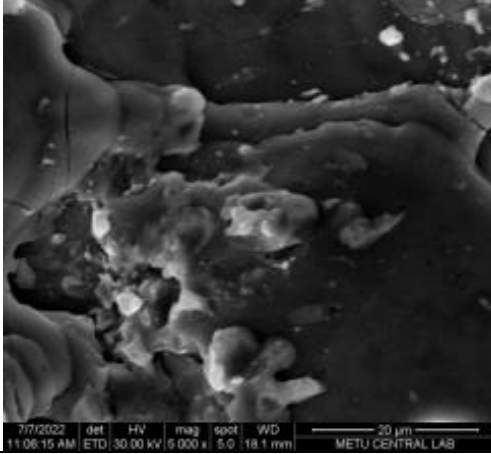
8	SF	MAO	WP
	0.28	261	45



50x yakınlaştırılmış görüntü



500x yakınlaştırılmış görüntü



5000x yakınlaştırılmış görüntü

10 mm çapında delinen Ti-6Al-4V malzemelerin SEM görüntüleri tel erozyon tezgâhı ile işlenen ve SEM görüntüleri (Tablo 3.1, Tablo 3.2) alınan Ti-6Al-4V malzeme için dairesel ve kare kesitli işlemlerde yüzey kalitesi bakımından bir farklılık görülmemektedir. Burada tel erozyon prosesinin geometriden bağımsız proses parametreleri ve iş parçası malzeme parametrelerinin etkin olduğu anlaşılmaktadır. Tel erozyon işlem parametreleri SF, MAO ve WP'nin farklı değerleri ile yapılan deneysel çalışmada tel erozyon yüzeylerinde SF değerinin artışıyla mikro çatlak oluşumunun arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca artan SF değeri ile iş parçası yüzeyinde oluşan beyaz katmanın daha küresel formlar aldığı görülmektedir.

Tablo 3.1, tablo 3.2'de tel erozyonda işlenen titanyum malzemelerin SEM'de 50x, 500x ve 5000x büyütülerek elde edilmiş görselleri yer almaktadır. Tel erozyon işlemlerinde Ti-6Al-4V malzemelerinin 8 mm çapında işlenen delik (Tablo 3.1) ve 5x5 mm kare form (Tablo 3.2) için SEM görüntüleri incelenmiş ve yüzey kalitesinin işleme geometrisiyle ilişkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. SF değerinin artmasıyla yüzeyde az da olsa mikro çatlak oluşumunun arttığı gözlemlenmiştir. Yine SF değerinin artmasıyla yüzey daha yayvan hale gelmiş ve beyaz katmanda oluşan baloncukların büyüdüğü ve yüzeye yayıldığı gözlemlenmiştir.

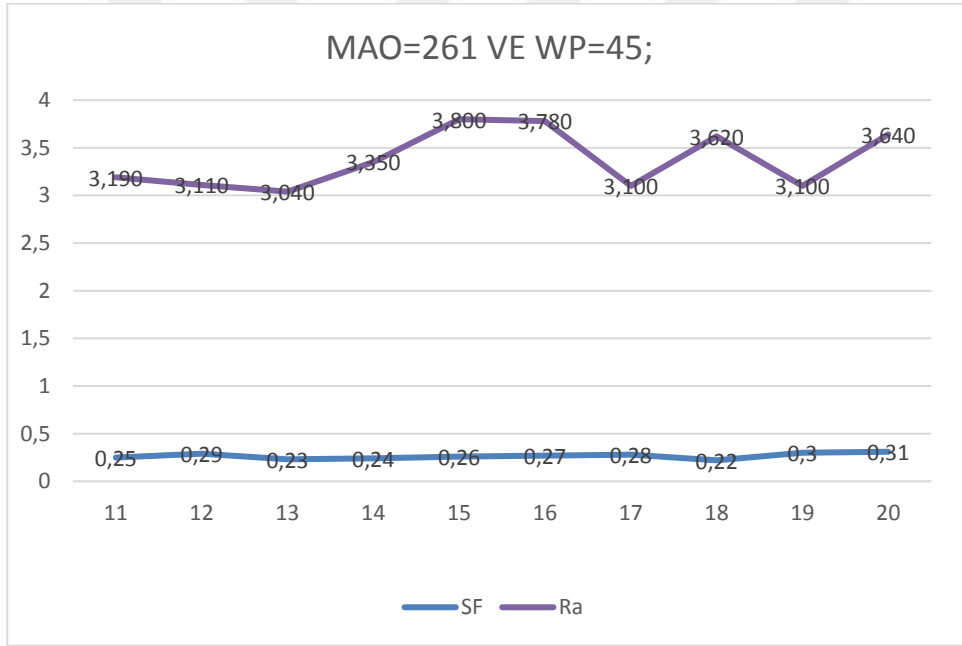
Ayrıca tüm malzemelerin yüzeylerinde krater, çatlak, eriyik, küresel parçacıklar görülüp karakterize edilmiştir. SF (kesim hızı) değeri arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerinin de arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 3.3. Tel erozyon işleme parametreleri

	SF	MAO	WP
1	0,25	261	45
2	0,29	261	45
3	0,23	261	45
4	0,24	261	45
5	0,26	261	45
6	0,27	261	45
7	0,28	261	45
8	0,22	261	45
9	0,3	261	45
10	0,31	261	45

Tablo 3.4. Tel erozyon işleme parametreleri ve yüzey pürüzlülüğü değeri

	SF	MAO	WP	Ra
1	0,22	261	45	3.1
2	0,23	261	45	3.15
3	0,24	261	45	3.18
4	0,25	261	45	3.2
5	0,26	261	45	3.26
6	0,27	261	45	3.21
7	0,28	261	45	3.42
8	0,29	261	45	3.61
9	0,3	261	45	3.59
10	0,31	261	45	3.82



Şekil 3.1. MAO ve WP sabitken SF ve Ra'nın değişim grafiği

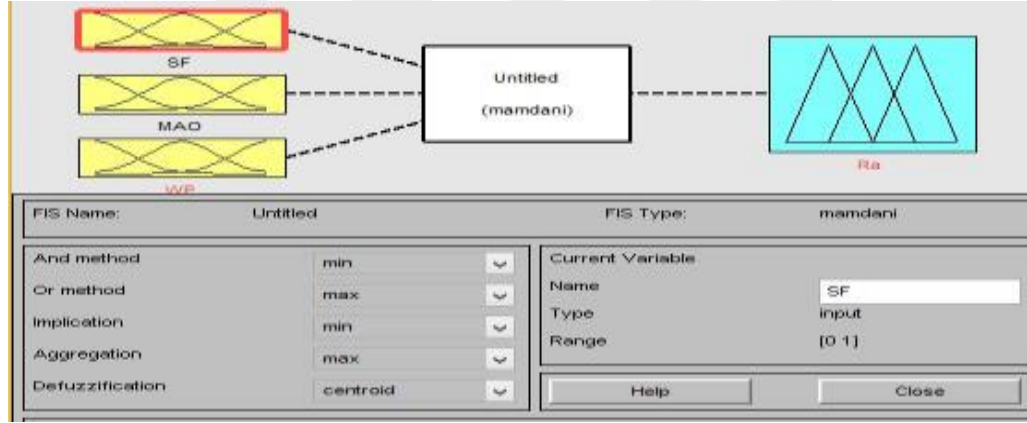
Tablo 3.4'de bulunan işleme parametreleri ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin Şekil 3.1'de verilen değerlerle değişim grafiği mevcuttur. Bu değerlerin sonucunda; MAO ve WP sabit tutularak SF ve Ra'nın değişimi incelenmiş olup en iyi yüzey kalitesi SF=0.28 iken ölçülmüştür ve optimal değer olarak kabul edilmiştir.



4. YAPAY ZEKÂ

4.1. Bulanık Mantık Modeli

Bulanık mantık uygulamasını tek çıkış ve üç giriş ile Fuzzy kütüphanesinde oluşturduk. Mamdani yaklaşımı ile çıkarım yapılmıştır. Giriş değerleri olarak SF, MAO, WP parametreleri seçilmiş olup üç değer ile üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Çıkış değişkeni olarak Ra yüzey pürüzlülüğü alınmıştır. Ra değerine 6 adet üyelik derecesi üçgen üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Oluşturulan bulanık modelin yapısı aşağıdaki şekilde verilmiştir [22].



Şekil 4.1. Matlab programında bulanık mantık modeli

Aşağıdaki tabloda SF, MAO ve WP giriş değerleri için üyelik dereceleri 1'den 10' a kadar 10 farklı değerde gösterilmiştir. Girdi değerleri seçiminde MAO ve WP tek değer olduğu için sabit olarak seçildi SF değeri ise 0.1 aralıklarla artırılmıştır. Bu artırımın aralığının kısa tutulmasının sebebi ise Fuzzy deney sonucunda girilen değerlerle elde edilen sonuçların ölçülen değerlerle yakın çıkması amacıyla yapılmıştır. Bu değerler sonucunda elde ettiğimiz ve ölçtüğümüz değerler birbirine yakın ve aynı çıkmıştır.

Tablo 4.1. Tel erozyon işleme parametreleri için üyelik dereceleri

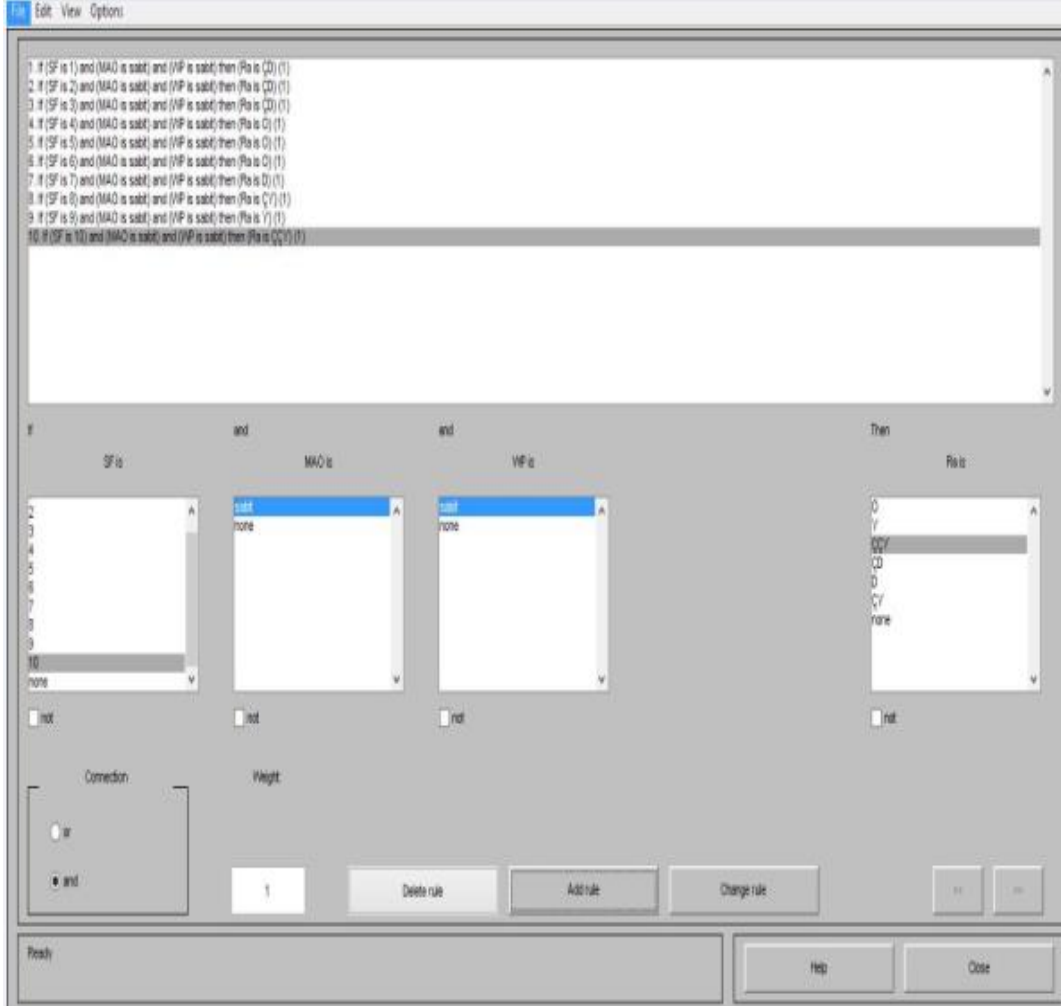
SF	MAO	WP	Üyelik dereceleri
0,21-0,23	261	45	1
0,22-0,24	261	45	2
0,23-0,25	261	45	3
0,24-0,26	261	45	4
0,25-0,27	261	45	5
0,26-0,28	261	45	6
0,27-0,29	261	45	7
0,28-0,3	261	45	8
0,29-0,31	261	45	9
0,30-0,32	261	45	10

Aşağıda Tablo 4.2’de ise Ra’nın üyelik derecelerine karşılık gelen değerleri gösterilmiştir. Ra değerinin aşağıdaki kısımda 6 ayrı bölüme ayrılmış olup çok düşük, orta, düşük, yüksek, çok yüksek ve çok çok yüksek ifadeleri kullanılmıştır. En iyi yüzey kalitesi en düşük Ra değerinde tespit edilmiştir. Buna göre ölçülen değerlere göre aralıklar belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Yüzey pürüzlülüğü üyelik dereceleri

Ra	Üyelik Dereceleri
3,1-3,3	Çok Düşük(ÇD)
3,2-3,4	Orta(O)
3,3-3,5	Düşük(D)
3,4-3,6	Yüksek(Y)
3,5-3,7	Çok Yüksek(ÇY)
3,6-3,82	Çok Çok Yüksek(ÇÇY)

Fuzzy programındaki kurallar aşağıdaki görselde gösterilmektedir. Görselde görülen kuralları kullandığımız değer girdileri ile karşılığındaki üyelik fonksiyonlarına göre 1-10 numaraya göre kendimiz oluşturduk.



Şekil 4.2. MAO ve WP sabitken SF ve Ra'nın değişim grafiği

4.1.1. Bulanık Kümelerin Oluşturulması

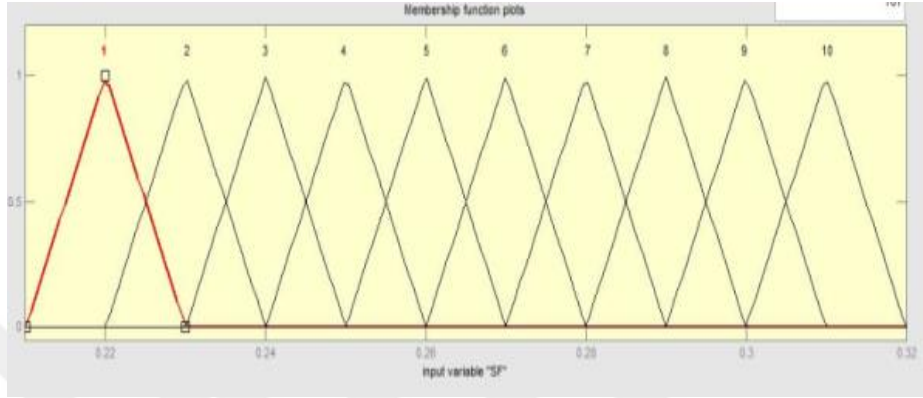
Belirlediğimiz giriş değerleri için, dilsel değerleri belirten bulanık kümeleri aşağıdaki gibi oluşturduk. Tablo 4.1'de SF, MAO ve WP giriş değerleri için üyelik dereceleri 1'den 10' a kadar 10 farklı değerde gösterilmiştir.

- SF: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
- MAO: Sabit
- WP: Sabit

4.1.2. Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması

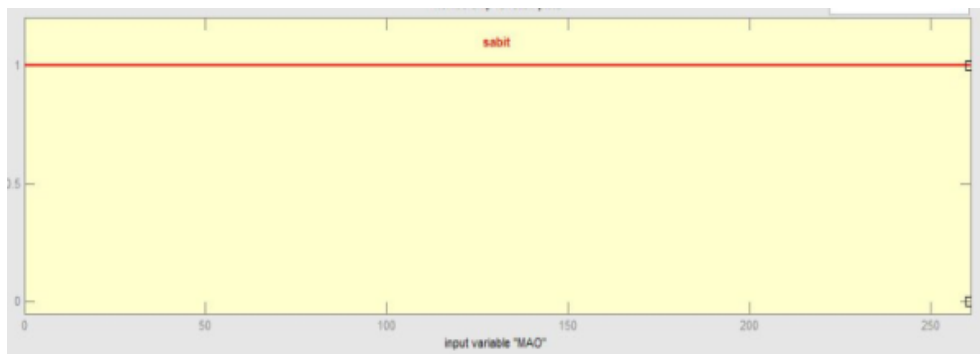
Belirtilen bulanık kümeler için üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanarak, aşağıdaki grafikleri oluşturulmuştur.

Grup kararı vermede yararlanılan ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Fuzzy Topsis'ın yapısı belirsizliğin egemen olduğu bulanık ortamlarda karar vermeye oldukça uygundur. Dilsel ifadeler bulanık sayılar kullanılarak üyelik fonksiyonları verilir ve böylece belirsizlik ortadan kaldırılır. En sık kullanılan bulanık sayılar üçgen ve yamuk bulanık sayılardır [23].



Şekil 4.3. SF için belirlenmiş üçgen üyelik fonksiyonu

Gerek işlem kolaylığı sağlaması gerekse de sezgisel olarak oluşturulabilmesi nedeniyle en çok kullanılan bulanık sayı türünün üçgen bulanık sayılar olduğu ifade edilmektedir (Sanchez ve Gomez, 2003: 667). Bu bilgiye istinaden bizim elimizde birden fazla olması gerekçesiyle üçgen yöntemi tercih edilmiştir [33].

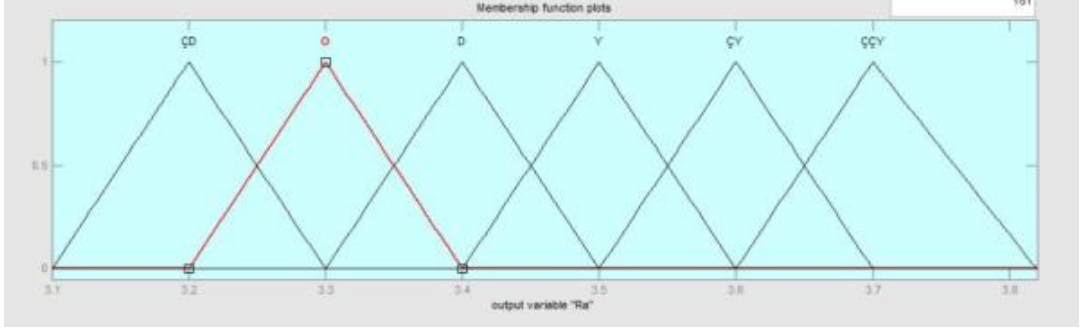


Şekil 4.4. MAO için belirlenmiş üçgen üyelik fonksiyonu

Şekil 4.4'de tek değer olduğu için üçgen bulanık sayılar kullanılmamıştır. Sabit değer vardır bütün deneylerde bu değer sabit olduğu için sonucu değişimine etkisi yoktur.

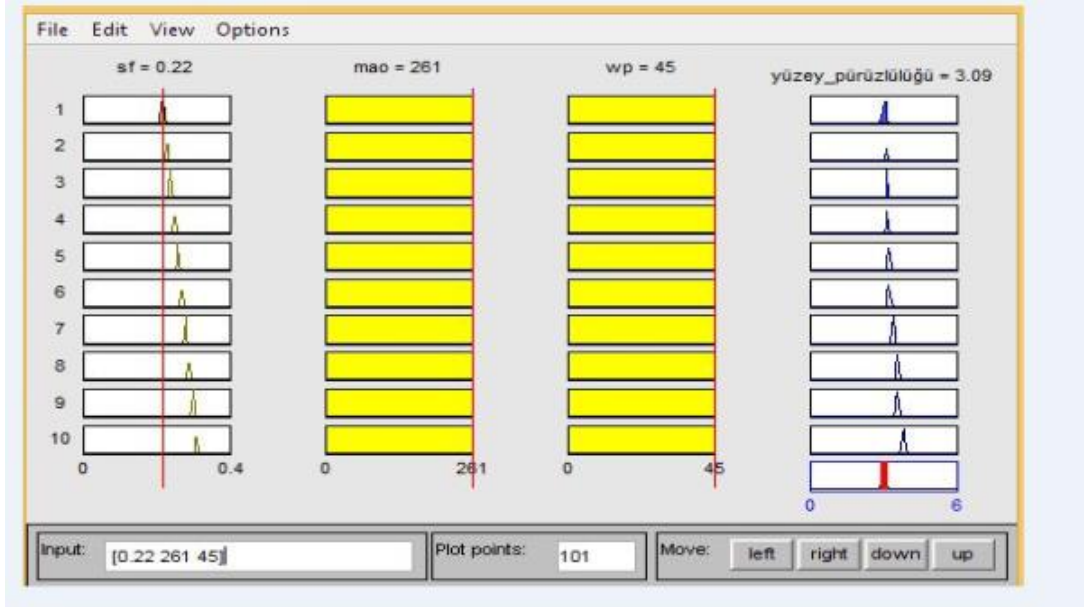
4.1.4. Durulaştırma

Durulaştırma için alan merkezi yöntemi kullanıldı. Öncelikle her bir kuraldan gelen çıkış değeri için; Şekil 4.7’de gösterilen, üyelik fonksiyonlarını kestiği minimum ve maksimum çıkış değerlerini, ardından bu değerlerin ortalamasını hesaplandı.

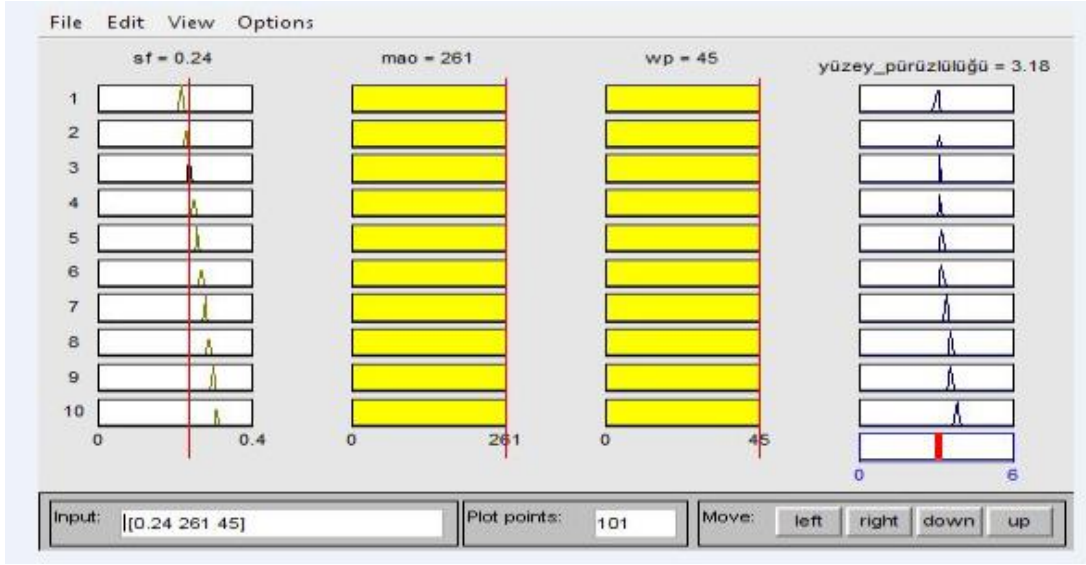


Şekil 4.7. Ra için belirlenmiş üçgen üyelik fonksiyonu

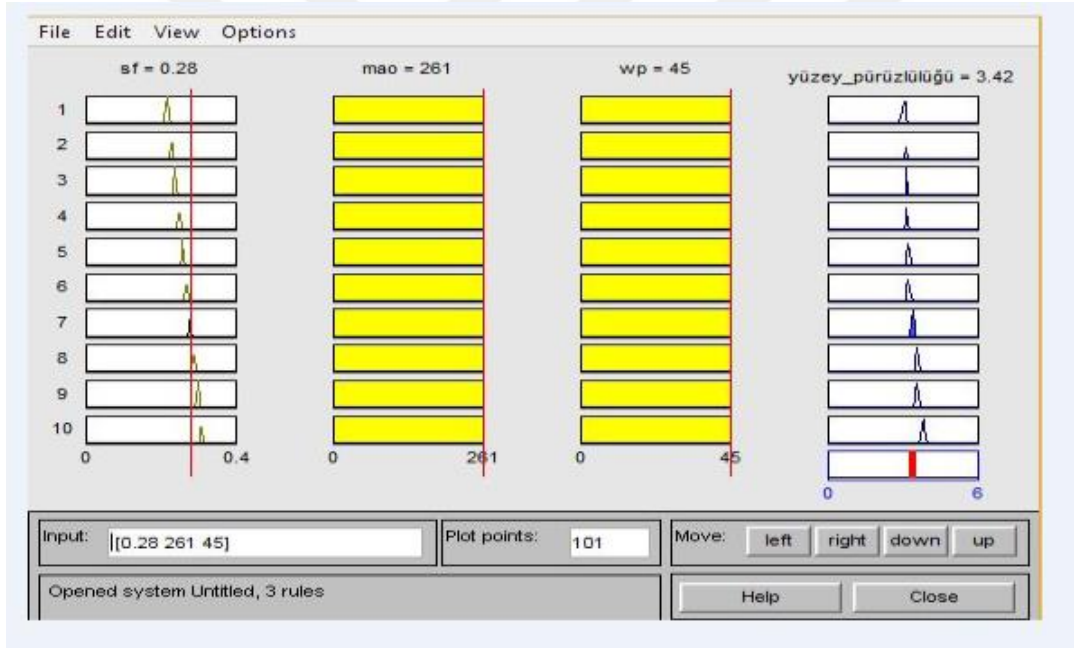
Durulaştırma işleminde 6 bölüme ayrılan çok düşük ile çok çok yüksek arasındaki Ra değerleri elde ettiğimiz değerle birebir ve aynı çıkmıştır. Bu değerlerin daha önce yapılan deneme yanılma yöntemlerinde kullandığımız değerlerden deneme yapısı aralığı daraltarak bu değerlere daha yakınlaşmış olduk. Durulama işleminde girdiğimiz değerlerin programsal karşılığını veren sonuçlar aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10) mevcuttur.



Şekil 4.8. SF=0.22 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri



Şekil 4.9. SF=0.24 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri



Şekil 4.10. SF=0.28 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri

Yukarıdaki ve aşağıdaki tablolarda bizim üretimde kullandığımız SF, MAO, WP değerlerinin aynısını programda girip karşılığındaki yüzey pürüzlülüğü değerini gördük. Tablolarda görülen değerler bizim ölçtüğümüz değerler ile örtüşmektedir. Bu sayede yapmış olduğumuz Fuzzy uygulamasının doğruluğunu ispat etmiş olduk. Örneğin; SF=0.28, MAO=261 WP=45 iken bizim ölçtüğümüz değer Fuzzy uygulamasının verdiği değer ile aynı çıkmış ve 3.42 bulunmuştur. Yukarıdaki şekillerde Alan merkezi olarak hesapladığımız değer, aynı zamanda durulaştırılmış değerdir.

Yani, (belirttiğimiz giriş değerleri olan) 0,28 SF ve 261 MAO 45 WP sahip değerleri için, tasarladığımız bulanık sistemin bize önerdiği yüzey kalitesi 3.42 $\mu\text{m}'\text{dir}$. Kullanılan durulaştırma yöntemine göre, farklı sonuçlar ortaya çıkabileceğini belirtelim.



Şekil 4.11. SF=0.31 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri



Şekil 4.12. SF=0.2 MAO=261 ve WP=45 iken çıkan Ra değeri

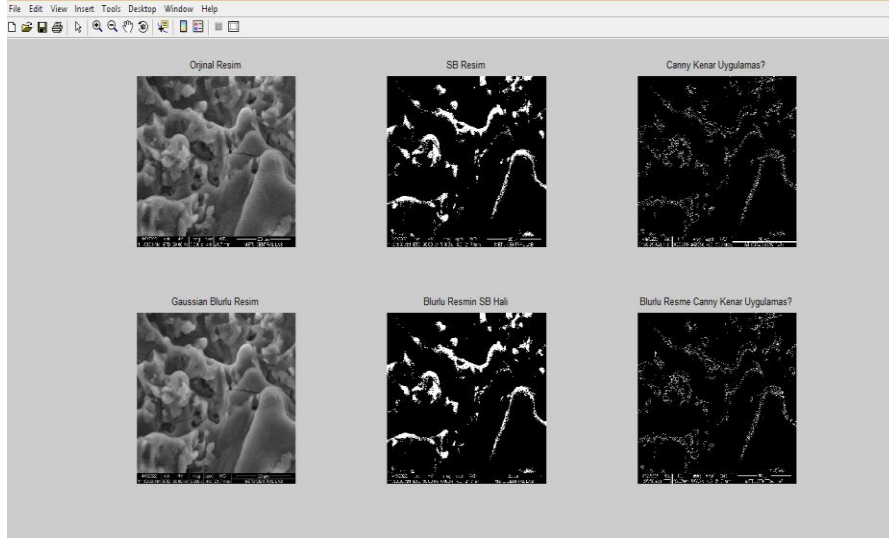
5. GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE KRATER ve ÇATLAK TAYİNİ

Canny kenar uygulaması ile istenilen resimdeki nesnelereki çatlaklar tespit edilebilir, belirginleştirilebilir ve özellikleri belirlenebilir. Kenar belirleme algoritmaları temel olarak, görsel üzerindeki piksellerin renk değerlerinin birbirlerinden farklılaşması ile belirlenir.

Aşağıdaki şekillerde Matlab uygulaması yardımıyla yazılan kodlar yardımı ile orijinal resimlerin siyah beyaza çevrilmiş, Canny kenar uygulaması bulunmaktadır. Ardından, aynı orijinal resme Gaussian filtre kullanılarak blur işlemi gerçekleştirilmiş ve blurlu resmin siyah beyaza çevrilmesi ve ardından Canny kenar uygulaması bulunmaktadır. Orijinal resme Canny kenar yaklaşımında, tüm kenarları bulmayı amaçlanmıştır, ama bunun yanı sıra desenleri de kullanılmıştır. Resim bulanıklaştıktan sonra kalıcılığındaysa, desenler biraz daha azalmış ve ilk uygulama ile aralarında oluşanlar bazı yerlerdeki desenleri değiştirmiş, kopmalar ya da tamamlamalar vermiştir. Canny diğer kenar öğeleri aralarındaki en detay veren öğelerdir. Desenleri en çok belli eden de bu uygulamadır.

Şekil 5.1'de Matlab programında görüntü işleme yapılan resmin örnek çıktıları verilmiştir. Görseller incelendiğinde orijinal resmin dışında 5 farklı görüntü elde edilmiştir.

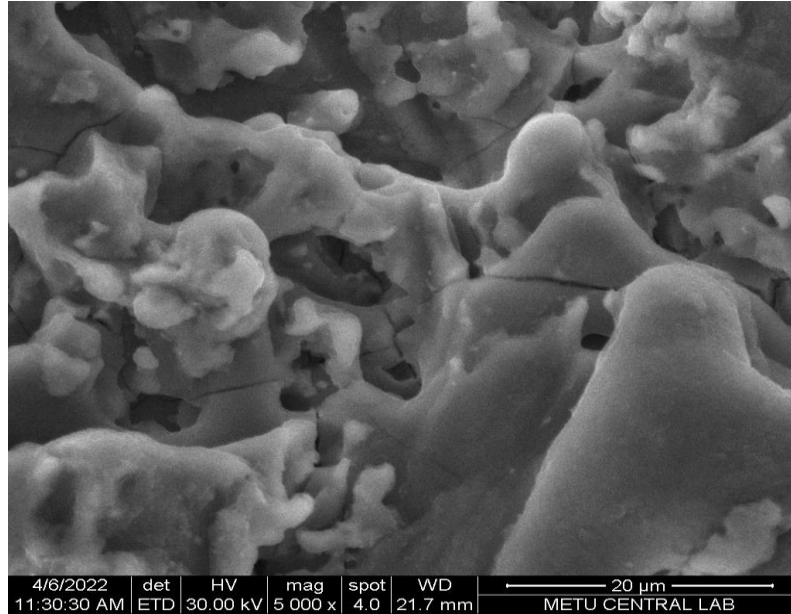
Aşağıdaki şekillerin tamamında siyah beyaza döndürme değerinde değişiklikler yapılarak çatlaklar ve kraterler daha belirgin hale getirilmiştir.



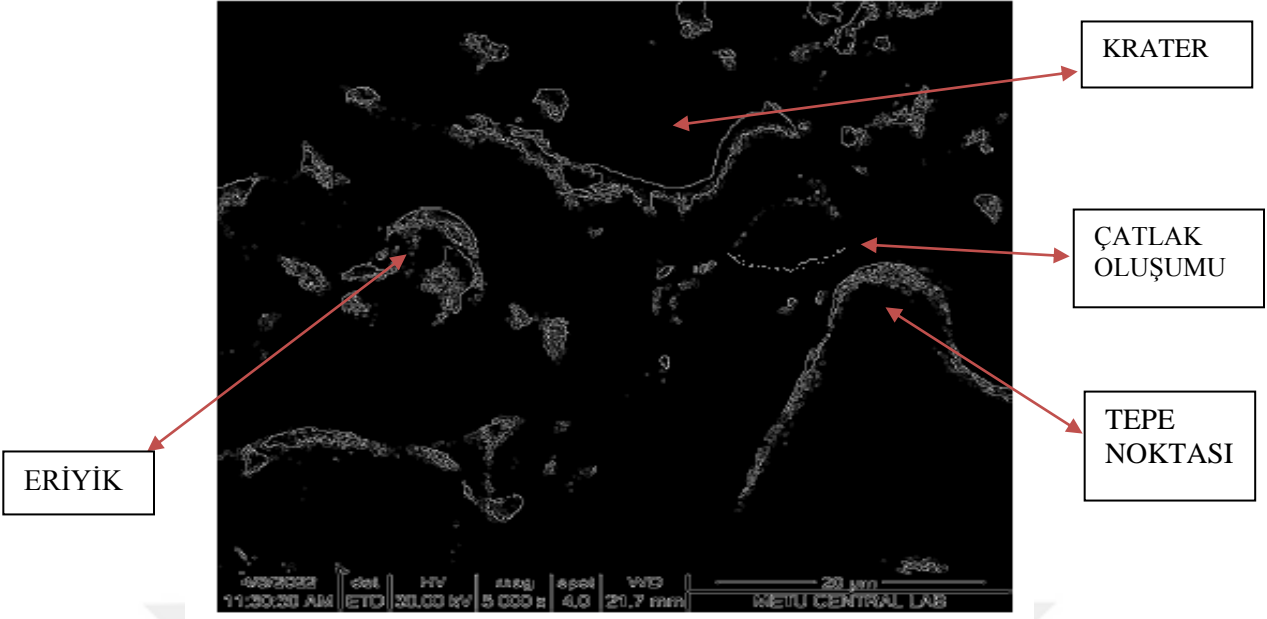
Şekil 5.1. Matlab programında görüntü işleme yapılan resmin örnek çıktıları

Şekil 5.2, Şekil 5.4, Şekil 5.6, Şekil 5.8, Şekil 5.10'da 5000x yakınlaştırmış SEM görüntüleri verilmiştir.

Şekil 5.3, Şekil 5.5, Şekil 5.7, Şekil 5.9, Şekil 5.11'de 5000x yakınlaştırmış olan şekillerin Canny kenar yöntemi ile elde edilen görselleri yer almaktadır. Bu görsellerde çatlak, eriyik ve kraterler gösterilmiştir.

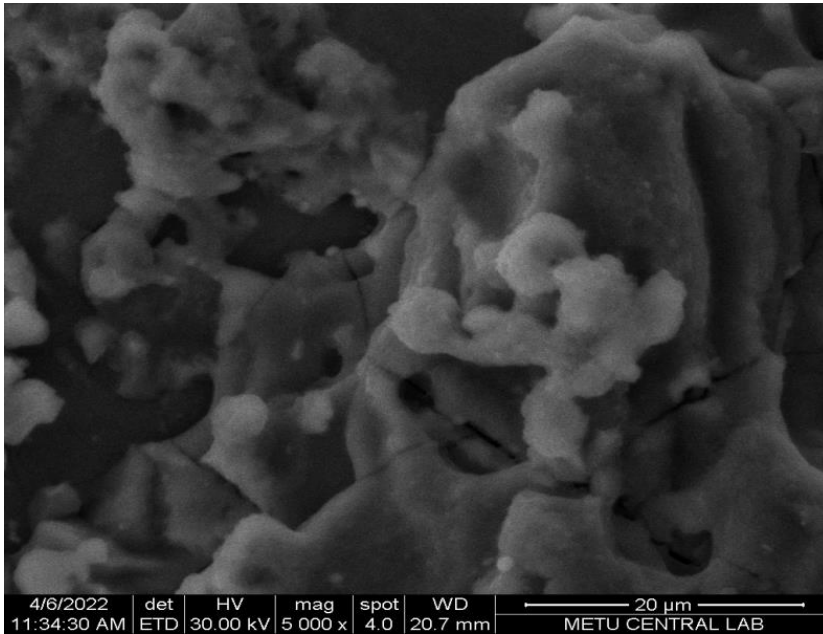


Şekil 5.2. SF=0.22 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırmış görseli

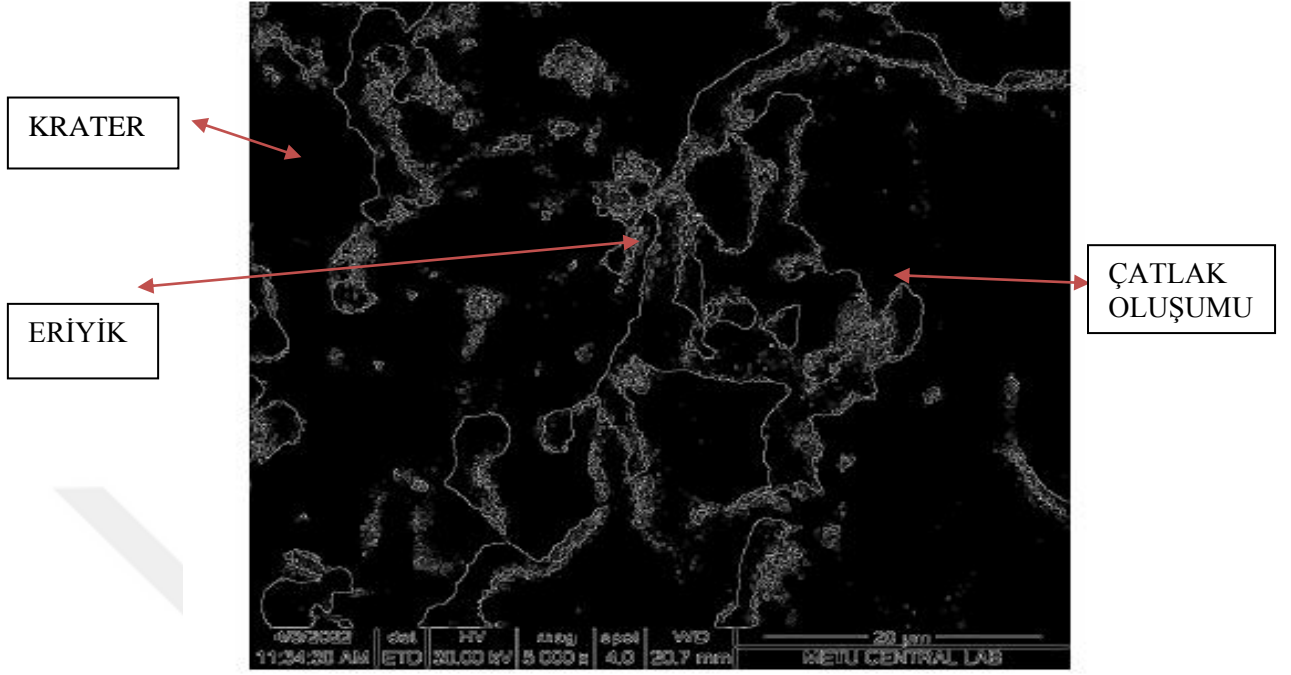


Şekil 5.3. SF=0.22 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli

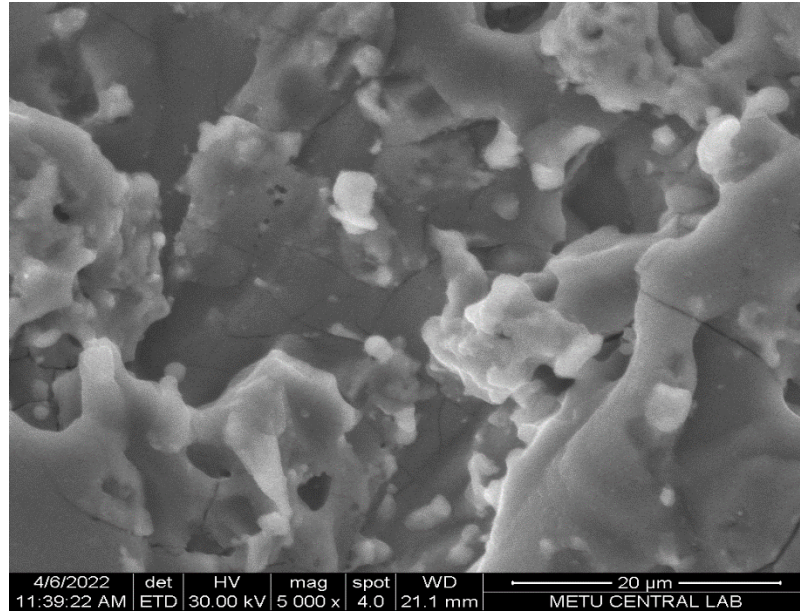
Orijinal resim ile Şekil 5.2 ve 5.3 karşılaştırıldığında resimde krater veya çatlak oluşumu olmayan bölgelerde renk değerlerinden kaynaklı adacıklar ortaya çıkmıştır. Deneme yanılma yöntemi kullanılarak yapılan renk ayarıyla bu adacıklar kenar görüntüsünde filtrelenmiştir.



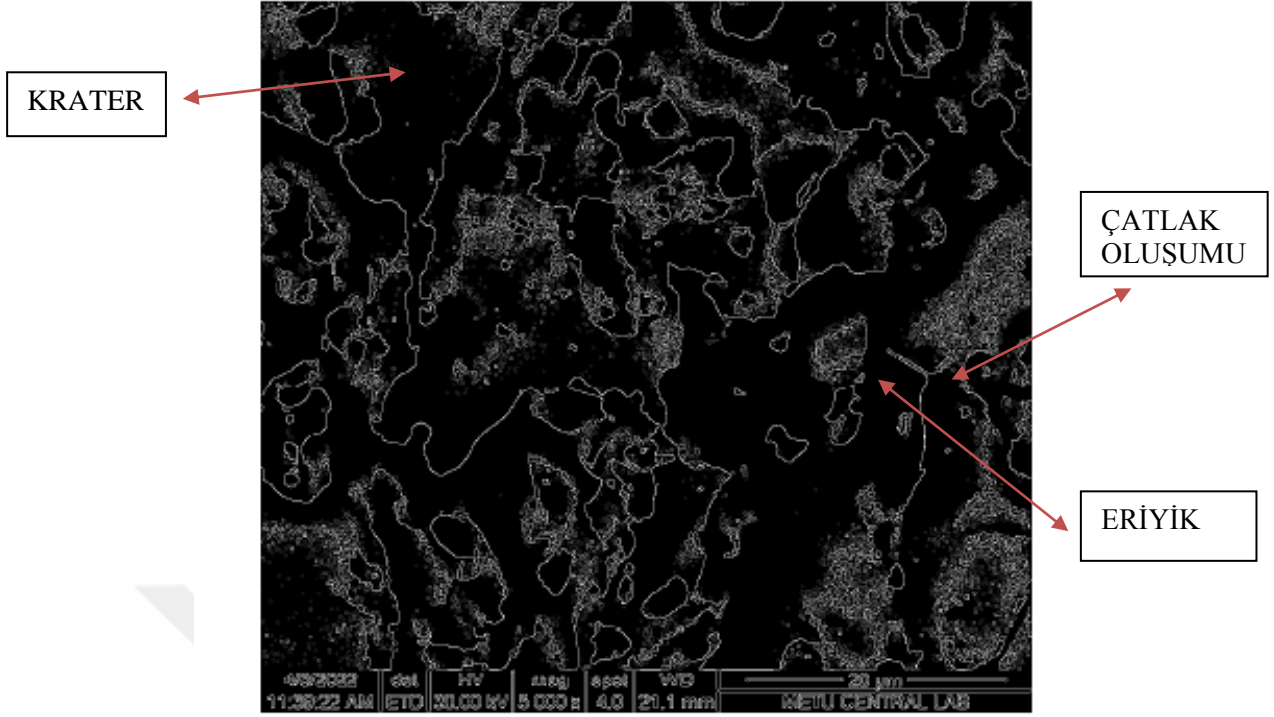
Şekil 5.4. SF=0.23 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli



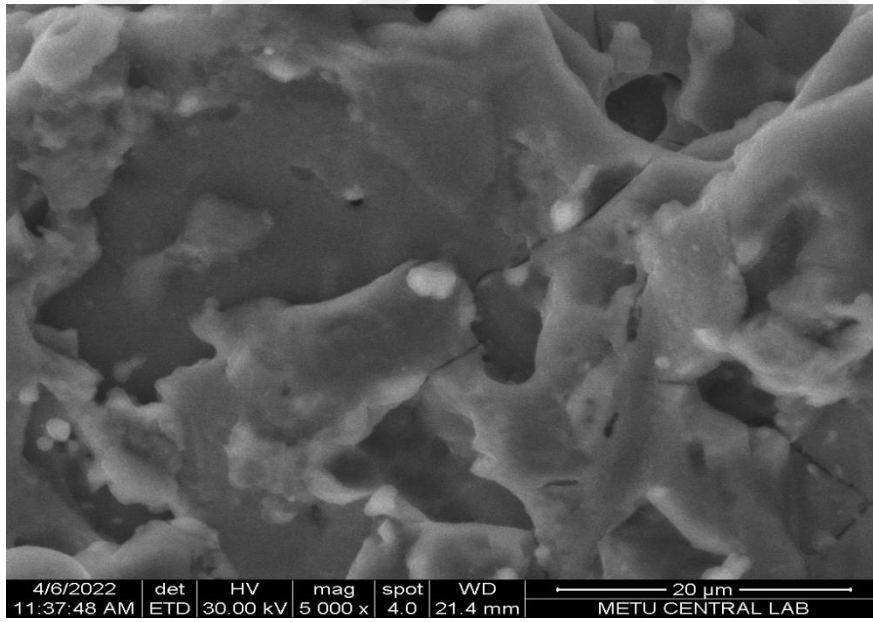
Şekil 5.5. SF=0.23 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli



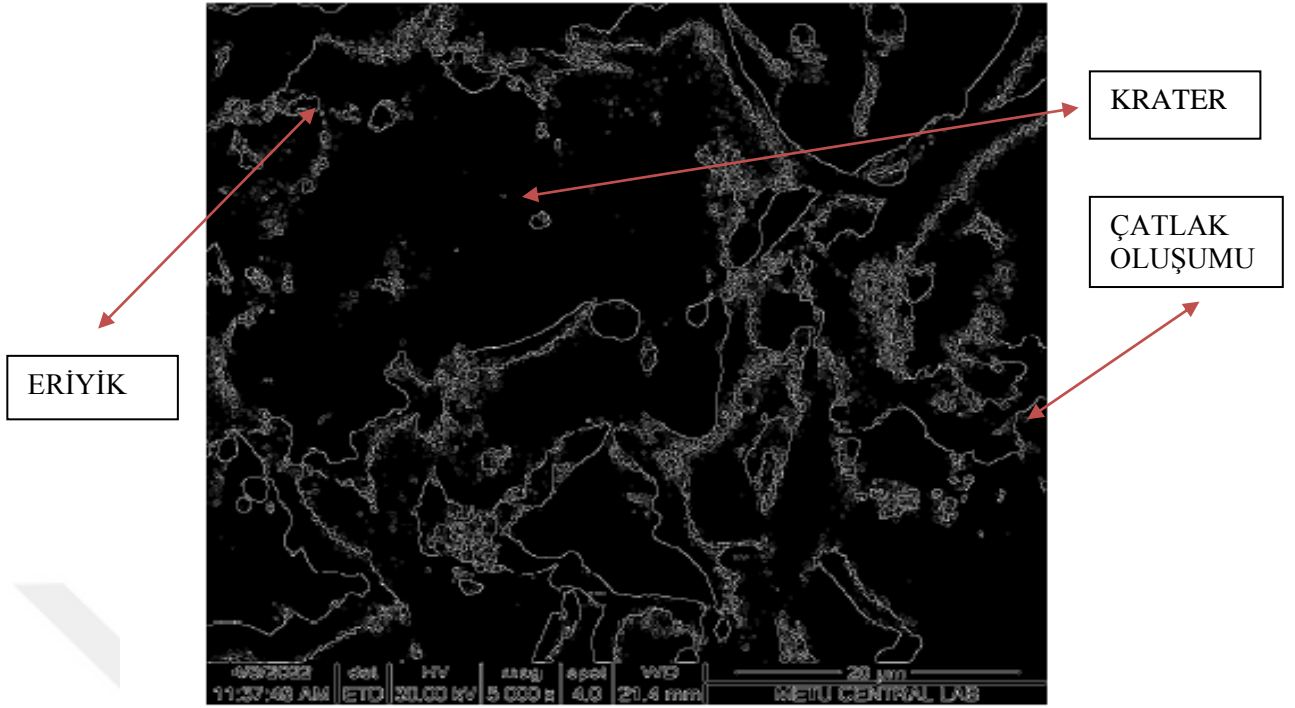
Şekil 5.6. SF=0.24 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli



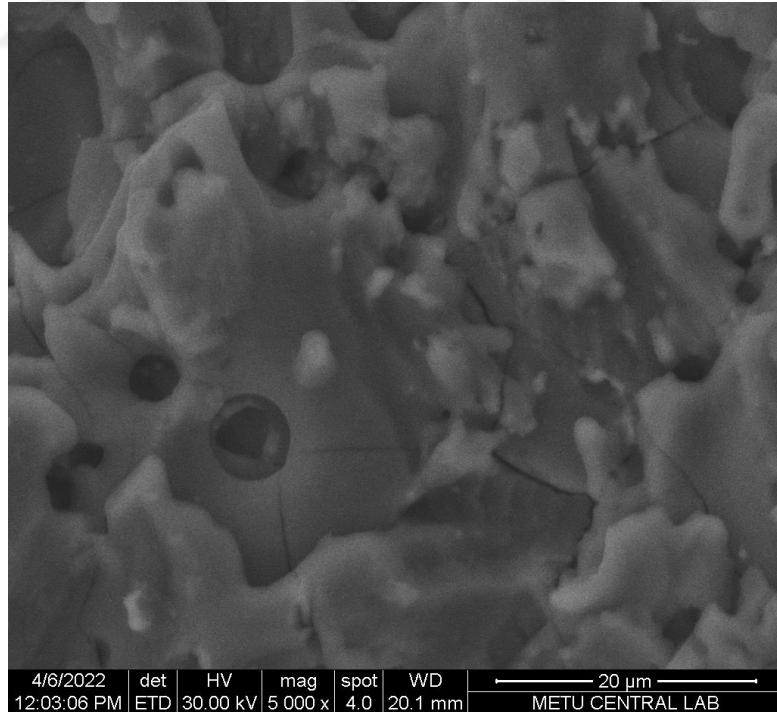
Şekil 5.7. SF=0.24 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli



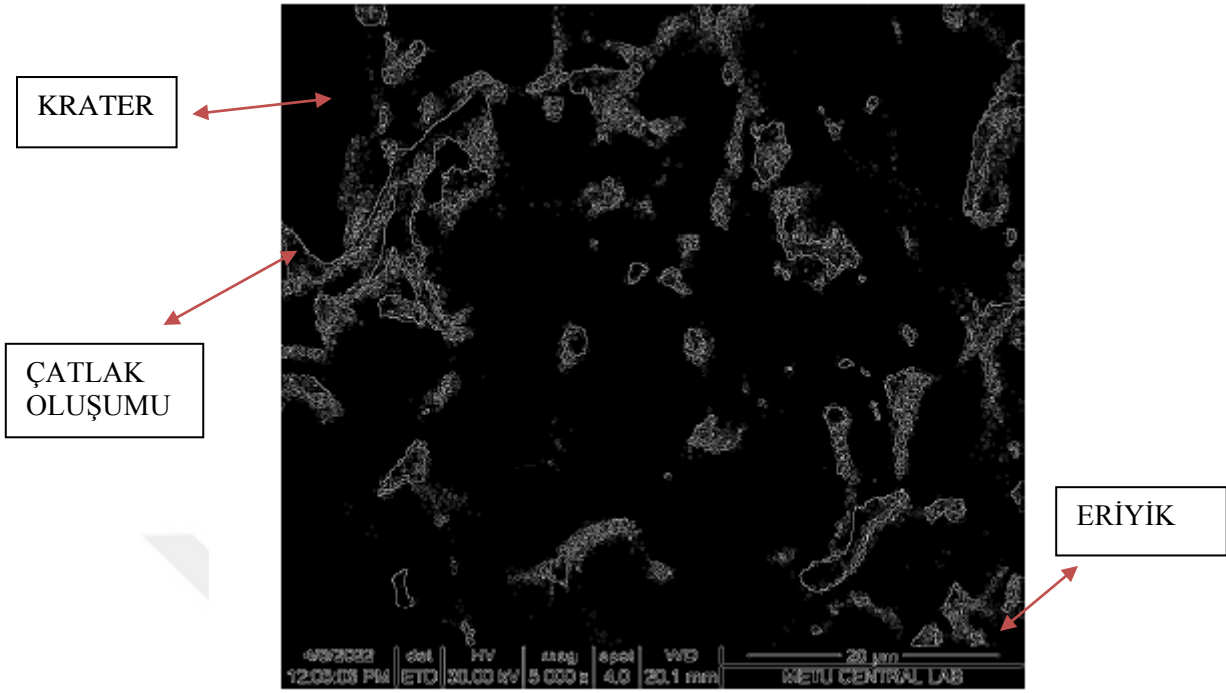
Şekil 5.8. SF=0.25 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli



Şekil 5.9. SF=0.25 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli



Şekil 5.10. SF=0.26 MAO=261 WP=45 iken daire formun 5000x yakınlaştırılmış görseli



Şekil 5.11. SF=0.26 MAO=261 WP=45 iken Canny kenar uygulaması yapılmış çatlak ve krater görseli

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada farklı değerlerde ve farklı kesitlerde Titanyum alaşımlı malzeme olan Ti-6Al-4V'nin tel erozyon kesim sonucunda yüzey pürüzlülüğü ve kalitesini inceleme işlemleri yapılmıştır. Kesim parametreleri olarak SF (kesim hızı), MAO (mikroarkoksidasyon), WP (su basıncı) değerleri kullanılmıştır. Tel çeşidi olarak pirinç tel tercih edilmiştir. İşlemler neticesinde; sertlik, aşınma, mikro yapı ve bazı mekanik özellikler incelenmiştir. Buna ait sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- 1- Ti-6Al-4V malzemesinde SF (kesim hızı) değeri arttıkça Ra yüzey pürüzlülüğü değerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Bu durumda ise yüzey kalitesinin düştüğü gözlemlenmiştir.
- 2- Ti-6Al-4V malzemesinde MAO (Mikroark Oksidasyon) bütün kesimlerde tezgâhın optimal değeri olarak sabit değer seçilmektedir. Yüzey kalitesinin değişiminde bu değer etkisi yoktur.
- 3- Ti-6Al-4V malzemesinde WP (Su Basıncı) bütün kesimlerde tezgâhın optimal değeri olarak sabit değer seçilmektedir. Yüzey kalitesinin değişiminde bu değer etkisi yoktur.
- 4- 10 mm çapında delinen Ti-6Al-4V malzemelerin SEM görüntüleri tel erozyon tezgâhı ile işlenen ve SEM görüntüleri (Tablo 3.1, Tablo 3.2) alınan Ti-6Al-4V malzeme için dairesel ve kare kesitli işlemlerde yüzey kalitesi bakımından bir farklılık görülmemektedir. Burada tel erozyon prosesinin geometriden bağımsız proses parametreleri ve iş parçası malzeme parametrelerinin etkin olduğu anlaşılmaktadır.
- 5- Tel erozyon işlem parametreleri SF, MAO ve WP'nin farklı değerleri ile yapılan deneysel çalışmada tel erozyon yüzeylerinde SF değerinin artışıyla mikro çatlak oluşumunun arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca artan SF değeri ile iş parçası yüzeyinde oluşan beyaz katmanın daha küresel formlar aldığı görülmektedir.

- 6- SEM görüntüleri incelenmiş ve yüzey kalitesinin işleme geometrisiyle ilişkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. SF değerinin artmasıyla yüzeyde az da olsa mikro çatlak oluşumunun arttığı gözlemlenmiştir. Yine SF değerinin artmasıyla yüzey daha yayvan hale gelmiş ve beyaz katmanda oluşan baloncukların büyüdüğü ve yüzeye yayıldığı gözlemlenmiştir.
- 7- Literatürde nadir geçen yüzey kalitesi inceleme yöntemi üzerinden; basit bir bulanık sistem oluşturmayı ve bu bağlamda, bir optimizasyon problemini çözümlenmeyi tecrübe ettik. Fuzzy yöntemiyle oluşturduğumuz algoritma ile elde ettiğimiz yüzey değerlerini doğrulamış olduk.
- 8- Yüzey pürüzlülüğü cihazı ve aynı zamanda tasarladığımız bulanık sistemin bize önerdiği yüzey kalitesi belirttiğimiz giriş değerleri olan SF=0.28 ve MAO 261 WP=45 değerleri için 3.42 μm en iyi değer olarak kaydedilmiştir.

6.2. Öneriler

1. Ti-6Al-4V malzemesinde yüzey davranışları farklı değer ve parametrelerde belli bir süre boyunca incelenebilir.
2. Farklı çeşit ve çaplarda tel kullanılarak yüzey kalitesi özelliklerin değişimi incelenebilir.
3. Bu malzemedeki oluşan yüzey tabakalarının aynı malzemedeki farklı çap ve kare değerlerinde ölçüler ile işlem koşulları denenebilir.
4. Bulanık mantık yönteminde test ve eğitme sayılarının artırılarak yeniden kullanılması önerilmektedir

KAYNAKLAR

- [1] Koç, F. (2022). Titanyum Nedir.
<https://firatkocortodonti.com/titanyum-nedir/> Erişim Tarihi: 15.08.2022.
- [2] Birçelik (2015). Titanyum Grade 5.
<https://bircelik.com/tr/kategori/titanyum-grade-5/> Erişim Tarihi:15.08.2022.
- [3] Vikipedi (2012). Elektroerozyon.
<https://tr.wikipedia.org/wiki/Elektroerozyon/> Erişim Tarihi: 16.08.2022.
- [4] Merkezi Araştırma Laboratuvarı (2018). Taramalı Elektron Mikroskobu.
<https://arum.ogu.edu.tr/Sayfa/Index/65/taramali-elektron-mikroskobu-sem/>
Erişim Tarihi: 15.08.2022.
- [5] Li, L. ve Guo, Y. B. (2013). Surface integrity characteristics in wire - EDM of Inkonel 718 at different discharge energy. Sciverse Science Direct, 6, 220-225.
- [6] OCI (2022). Yapay Zeka Açıklaması.
<https://www.oracle.com/tr/> Erişim Tarihi:12.12.2022.
- [7] IENSTITU (2020). Bulanık Mantık Nedir? Nasıl Uygulanır?
<https://www.iienstitu.com/blog/bulanik-mantik-nedir-nasil-uygulanir/> Erişim Tarihi: 12.12.2022.
- [8] Tosun, N. ve Coğun, C. (2002). Tel erozyonda işleme parametrelerinin teldeki aşınma krater boyutlarına etkisinin istatistiksel incelenmesi. Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 4(3), 127-133.
- [9] Çaydaş, Ulaş. (2008). Ti6Al4V alaşımının elektro erozyon ve elektro kimyasal işleme yöntemleriyle işlenebilirliğinin araştırılması. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [10] Gürbüz, H. ve Baday, Ş. (2019). Cnc tel elektro erozyon tezgâhında işleme hızı üzerine elektrot malzemesinin, soğutma tipinin ve iş parçası malzemesinin etkisinin araştırılması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24(1), 343-350.
- [11] Özek, C. ve Özel, C. (2003). Tel erezyon tezgâhında Ç8620 dişli çeliğinin kesilme davranışlarının araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2), 47-52.
- [12] Kuş, A. ve Motorcu, A. R. (2017). Nikel esaslı waspaloy alaşımının tel erozyon yöntemiyle işlenmesinde taguchi metodu ile yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme parametrelerinin tahmini. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(1), 195-204.
- [13] Kuş, A. ve Motorcu, A. (2016). Wire electrical discharge machining of a hybrid composite: evaluation of kerf widthand surface roughness. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 21(1), 243-258.

- [14] Yazar, M. ve Özdemir, A. (2010). Eliptik düz dişlilerin bilgisayar destekli tasarımı ve CNC tel erozyon ile imalatı. *Politeknik Dergisi*, 13(4), 245-253
- [15] Çaydaş, U. ve Hasçalık, A. (2004). Tel erozyon yönteminde işlem parametrelerinin malzemenin mikroyapı ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 31-36.
- [16] Celik, M. ve Gürün, H. (2021). Tel erozyon yöntemiyle işlenmiş Ti-6Al-4V alaşımının yüzey kalitesinin manyetik aşındırıcılarla işleme yöntemiyle iyileştirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 33(1), 347-357.
- [17] Tosun, N. ve Çoğun, C. (2002). Tel erozyonda kesme parametrelerinin ilerleme hızına etkisi. *Dizin Dergisi*, 43(515), 16-20.
- [18] Özerkan, H. B. (2019). Experimental fatigue life determination of thermo diffusion surface boronized of AISI 1040 steel. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 33(10), 4957-4962.
- [19] Won Lee, S. ve Seok Kim, H. (2010). Experimental study on characteristics of dry wire electrical discharge machining (EDM) process. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 27(1), 0.
- [20] Li, L. ve Guo, Y. B. (2013). Surface integrity characteristics in wire - EDM of Inkonel 718 at different discharge energy. *Sciverse Science Direct*, 6, 221-226.
- [21] Singh, S. ve Bhardwaj, A. (2011). Reviewto EDM by using waterand powder mixed dielectric fluid. *Journal of Mineral sand Materials Characterization and Engineering*, 10(2), 199-230.
- [22] Vikipedi (2022). Bulanık Mantık. <https://www.iienstitu.com/blog/bulanik-mantik-nedir-nasil-uygulanir/> Erişim Tarihi: 12.12.2022.
- [23] Ataşoğlu, A. (2022). Bulanık Mantık Üyelik Fonksiyonları. <https://ahmetatasoglu98.medium.com/> Erişim Tarihi: 12.12.2022.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Oğuzhan CAN
Doğum Tarihi :
Yabancı Dil :
Eğitim Durumu :
(Kurum ve Yıl)Lisans :
Yüksek Lisans :
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar :
Yayımları (SCI) :
Yayımları (Diğer) : Dalma ve Tel Erozyon İle İşlenen
Geometrilerin İşleme Parametrelerinde
Oluşan Yüzeylerin Deneysel Olarak
İncelenmesi
Araştırma Alanları : İmalat