

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**304 PASLANMAZ ÇELİĞİN İNCONEL 718’LE LASER
KAPLAMA YÖNTEMİYLE KAPLANIP KOROZYON
DİRENCİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Engin COŞKUN

İstanbul, 2021

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**304 PASLANMAZ ÇELİĞİN İNCONEL 718’LE LASER
KAPLAMA YÖNTEMİYLE KAPLANIP KOROZYON
DİRENCİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Engin COŞKUN

17080930004

0000-0003-2039-0539

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Ergin KOSA

İstanbul, 2021

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**304 Paslanmaz Çeliğin İnconel 718’le Laser Kaplama Yöntemiyle Kaplanıp Korozyon Direncinin İncelenmesi**” başlıklı çalışmamın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını, patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 19/04/2021

Engin COŞKUN

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAĞI

19.04.2021

Enstitümüz *Makine Mühendisliği* Anabilim Dalı *Makine Mühendisliği* Programı Yüksek Lisans öğrencilerinden **17080930004** numaralı **Engin COŞKUN**'un "Beykent Üniversitesi Eğitim-Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddesine göre hazırlayarak Enstitümüze teslim ettiği "**304 Paslanmaz Çeliğin İnconel 718'le Laser Kaplama Yöntemiyle Kaplanıp Korozyon Direncinin İncelenmesi**" konulu tezini, Yönetim Kurulumuzun 30/03/2021 tarih ve 2021/10 sayılı toplantısında seçilen ve On-line toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 29. maddesinin 3. fıkrası gereğince 45 dakika süre ile Microsoft Teams programı aracılığıyla on-line olarak aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında "**OYBİRLİĞİ**" ile "**KABUL**" kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 2 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü'ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Er*** KO**
(Beykent Üniversitesi)

ÜYE
Prof. Dr. Ah** Cİ***
(Beykent Üniversitesi)

ÜYE
Dr. Öğr. Üyesi Şe*** DU***
(Piri Reis Üniversitesi)

Adı ve Soyadı : Engin COŞKUN
Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ergin KOSA
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans, 2021
Alanı : Makine Mühendisliği
Anahtar Kelimeler : Lazer kaplama / Lazer giydirme / Korozyon direnci /
ALLOY 718 / AISI 304

ÖZ

304 PASLANMAZ ÇELİĞİN İNCONEL 718'LE LASER KAPLAMA YÖNTEMİYLE KAPLANIP KOROZYON DİRENCİNİN İNCELENMESİ

Son zamanlarda teknolojinin gelişmesi ve ihtiyaçların artması imalat yöntemlerini etkilemiştir. Gelişen teknoloji ile malzemelerin kalitesini arttırmak ve amacına en uygun malzemeyi en kısa sürede kusursuza yakın bir şekilde üretmek ve onarmak gerekmektedir. Lazer giydirme metodu da bu doğrultuda farklı çeliklerin kaplanması ve ihtiyaçlara göre daha doğru malzemeye ulaşılması konusunda hizmet etmektedir.

Bu çalışmada ALLOY 718 çeliğin, substrat yüzeyine kaplanabilirliği araştırılmıştır. Bunun için; plaka halindeki AISI 304 çeliği substrat olarak seçilmiş, bir robot kolu kullanılarak endüstriyel lazer kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaplama işlemine, toz halindeki ALLOY 718 çeliği kullanılmıştır. Endüstriyel Lazer giydirme metodu ile AISI 304 plakaya kaplanan ALLOY 718'in korozyon deneyi ile polarizasyon eğri çıkartılmıştır. Ayrıca XRD analizi yapılarak ALLOY 718 çeliğinin kristalografik analizi yapılmıştır. Bu işlem ile yaygın olarak kullanılan AISI 304 çeliğin korozyon direncinin yükseltilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın sonucunda AISI 304 çeliğin toz halindeki ALLOY 718 çelik ile lazer kaplama metoduyla kaplanabilir olduğu ve korozyon direncinin arttırıldığı ortaya konulmuştur.

Name and Surname : Engin COŞKUN
Supervisor : Dr. Lecturer Ergin KOSA
Degree and Date : Master, 2021
Major : Mechanical Engineering
Key Words : Industrial Coating / Laser cladding / Corrosion
resistance / ALLOY 718 / AISI 304

ABSTRACT

SURFACE OF AISI 304 STEEL BY LASER COATING METHOD CLADDING WITH ALLOY 718 AND RESEARCH OF CORROSION RESISTANCE

Recently, the development of technology and the increase in needs have affected the manufacturing methods. With the developing technology, it is necessary to increase the quality of the materials and to produce and repair the most suitable material in the shortest time. Laser cladding method also serves for coating different steels and reaching more accurate material according to the needs.

In this study, the coating ability of ALLOY 718 steel on the substrate surface was investigated. For this; AISI 304 steel in plate form was chosen as substrate, industrial laser coating process was carried out using a robot arm. ALLOY 718 steel in powder form was used in the coating process. Polarization curve was determined by corrosion test of ALLOY 718 coated on AISI 304 plate with industrial laser cladding method. In addition, crystallographic analysis of ALLOY 718 steel was performed by performing XRD analysis. With this process, it is aimed to increase the corrosion resistance of AISI 304 steel, which is widely used.

As a result of the study, it has been revealed that AISI 304 steel can be coated with powdered ALLOY 718 steel by laser coating method and its corrosion resistance is increased.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖZ

ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ iii

ŞEKİLLER LİSTESİ iv

GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

KOROZYON

1.1. Korozyon Nedir.....	2
1.2. Korozyon Oluşum Şekilleri.....	3
1.3. Korozyondan Korunma Yöntemleri.....	3
1.3.1. Katodik Koruma	4
1.3.2. Anodik Koruma	4
1.3.3. İnhibitör Kullanılması	4
1.3.4. Yüzey Kaplama	5

İKİNCİ BÖLÜM

METAL KAPLAMA

2.1. Isıl Püskürtme Yöntemleri	6
2.1.1. Alevle Püskürtme	6
2.1.2. Detonasyon Tabancayla Püskürtme	8
2.1.3. Elektrik Ark Püskürtme	9
2.1.4. Plazma Püskürtme	10
2.1.5. Yüksek Hızlı Oksi-Yakıt Püskürtme	11

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LAZER KAPLAMA

3.1. Lazer Kaplama	13
3.2. Lazer Kaplamanın Avantajları	14
3.3. Lazer Kaplamanın Uygulama Alanları	15
3.4. Lazer Kaplama Cihazı ve Değişkenleri.....	18

DÖRDÜNCÜ

MATARYEL VE YÖNTEMLER

4.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	20
4.2. Numunenin Hazırlanması.....	20
4.3. Mikro Yapı Analizi	24
4.4. Korozyon Testi.....	26

BEŞİNCİ BÖLÜM

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Optik Mikroskop İncelemesi.....	30
5.2. XRD İnceleme Sonuçları	31
5.3. Korozyon Testi Sonuçları	33
SONUÇ	38
KAYNAKÇA	39

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 1. AISI 304 Çelik ve Alloy 718 Çelik Kimyasal Bileşenleri.....	20
Tablo 2. 1 Numaralı Numunenin Hazırlanma Parametreleri	21
Tablo 3. 2 Numaralı Numunenin Hazırlanma Parametreleri	22



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1. Alevle Tel Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (SULZER)	7
Şekil 2. Alevle Toz Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (TUCKER, 1994, s. 499-509).....	7
Şekil 3. Detonasyon Tabancasıyla Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (Davis, 2004).....	9
Şekil 4. Elektrik Ark Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (Clare M.J.H., 1982, s. 361-375)	10
Şekil 5 Plazma Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (SULZER)	11
Şekil 6 Yüksek Hızlı Oksi Yakıt Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (Sakarya Üniversitesi, 2021)	12
Şekil 7. Lazer Işın Cihazı Şematik Gösterimi (Leblebicioğlu, 2020)	14
Şekil 8 Robot Kollu Lazer Kaplama Örneği (Uniquetech, 2021)	16
Şekil 9 Lazer Kaplama İşleminin Sonraki Görünümü (Uniquetech, 2021).....	16
Şekil 10 Lazer Kaplama İşleminin Sonraki Görünümü (Uniquetech, 2021).....	17
Şekil 11 Lazer Kaplama İşleminin Sonraki Görünümü (Uniquetech, 2021).....	17
Şekil 12 Lazer Kaplama Yapım Sırasından Bir Örnek (Uniquetech, 2021)	17
Şekil 13 Lazer Kaplama İşlemi Şematik Görünümü (fst, 2021)	18
Şekil 14 1 Numaralı Numune	21
Şekil 15 2 Numaralı Numune	22
Şekil 16 Numunelerin Hazırlanışı	23
Şekil 17 Numunelerin Hazırlanışı	23
Şekil 18 Parlatma İşlemi ve Kullanılan Cihazlar.....	24
Şekil 19 Dağlama İşleminin Yapımı ve Düzenliği	25
Şekil 20 Korozyon Testi Öncesi Numunelerin Hazırlanması	27
Şekil 21 Korozyon Testi Öncesi Reçineleme İşlemi	27
Şekil 22 Korozyon Testi Düzenliği.....	28
Şekil 23 Korozyon Testi Şematik Gösterimi (Hiromoto, 2010).....	29
Şekil 24 Numunenin Dik Kesiti Optik Mikroskop Görüntüsü (A) İnconel 718 Kaplama Bölgesi (B) Kompozit Bölge (C) Kaplama Yapılan Yüzey	30

Şekil 25 Kaplama Yüzeyi Alloy 718 Görüntüsü	31
Şekil 26 Alloy 718 ile Kaplanmış AISI 304 Çeliğin XRD Sonucu.....	32
Şekil 27 AISI 304 Çeliğin %3,5 NaCl Çözeltisindeki Potansiyo Dinamik Polarizasyon Grafiği.....	33
Şekil 28 AISI 304 Çeliğin Üzerine Lazer Kaplama Yapılmış Alloy 718 in %3,5 NaCl çözeltisindeki Potansiyodinamik Polarizasyon Grafiği.....	34
Şekil 29 Korozyon Testi Sonrası Oluşan Yüzeyde Oluşan Pitler	35
Şekil 30 Kaplamanın SEM görüntüsü	36
Şekil 31 Kaplama Geçiş Bölgesi SEM görüntüsü	37



GİRİŞ

Lazer ışın kaynağı çalışılan iş parçasının üzerine yüksek enerjili ışın demetleri gönderir. Gönderilen ışın demetlerinin enerjisiyle birlikte gönderilen materyaller birleştirilir. Lazer kaynağı geleneksel kaynak yöntemlerinden daha otomasyona uygun ve daha hatasız bir şekilde kaynak yapımına imkân vermektedir. Lazer kaynağı şu an günümüz teknolojisinde çok fazla kullanılmakta ve daha seri üretime olanak sağlamaktadır.

Lazer ışın kaynağı iş parçasının şeklini ve yüzey sertliğini değiştirmemektedir. İş parçasında deformasyon çok düşük seviyededir ve uygulanan alanın boyutu önemsizdir. Lazer kaplama metodu özerlikle parçaların tamirinde mükemmel sonuçlar vermektedir. Hem tamirat süresinin kısılması hem de minimum düzeyde bir bozunuma olmasına imkân sağlamaktadır. Tamir yapılan bölgeye kuvvetlendirici materyaller eklenebilmesi en güçlü özelliklerindendir. Şekil 1’de lazer ışın cihazı şematik bir şekilde gösterilmiştir.

Avantajları;

- Bilgisayar ile girdi kontrolleri
- Dar kaynak dikişi
- Düşük çarpılma
- Düşük hata payı
- Kaynak yapılan alanlarda düşük deformasyon
- İstenilen parça boyutunda çalışılabilme
- Hassas iş parçalarında çalışma imkânı
- Temassız kaynak
- Daha ideal iş parçası hazırlama

BİRİNCİ BÖLÜM

KOROZYON

1.1. Korozyon Nedir

Genel anlamıyla korozyon çevre etkeniyle metallerin belirli bir zaman zarfında kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlarla bozunmaya uğramasıdır. Kimyasal korozyonlarda ortam kurudur. Çıkan gaz metalde oksitlenmeye sebep olur ve iletkenlik kaybolur. Elektrokimyasal korozyonda pas oluşur ortam ıslaktır. Elektrokimyasal korozyonda katot ve anot elektrot, sıvı ortam, iletken ve elektrik akımı olması gereklidir. Bu hücreye galvanik hücre denmektedir. Bu yüzden malzemenin seçilmesi, tasarım, yapılacak kaplamanın doğru seçilmesi ve çevresel faktörler korozyon için çok önemlidir. (metalurjimalzeme, 2018)

Metal ve alaşımlarının korozyon yoluyla zamanla dıştan içe doğru aşınması çevredeki agresif ortamların etkisiyle meydana gelmektedir. Ortam şartlarının bozunmaya etkisi kimyasal veya elektrokimyasal ya da her ikisi birlikte olmaktadır. Metal ve alaşımlarının oksitlenmesi kimyasal korozyon iken, sulu ortamlar içinde bozulmaları ise elektrokimyasal korozyon olarak tanımlanmaktadır. (Doruk, 1982)

Korozyon nedeniyle metal yapı malzemelerinin işlevlerini kaybetmesi üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Bazı araştırmalara göre, her yıl pas nedeniyle harap olan çelik miktarı, yılda üretilen çelik miktarının yüzde 0,5'ini bulmaktadır. (Eriç, 1994)

Metalik yapıya sahip olan materyallerin çevreleri ile olan etkileşimleri sonucu elektrokimyasal olarak yükseltgenmeleri korozyon olarak adlandırılmaktadır. Maddeler maksimum düzeyde entropi ve minimum düzeyde enerjili olmak isterler yani kararlı olmak isterler. (SOLMAZ, 2010, s. 3321–3330)

1.2. Korozyon Oluşum Şekilleri

Korozyon sonucunda hasara uğramış bir metalin yüzeyinin ve kesitinin görünüşüne bakılarak korozyon oluşum şekilleri çeşitli sınıflara ayrılmıştır. Bunları şöyle sıralamak mümkündür:

- Homojen dağılımlı korozyon,
- Galvanik korozyon,
- Oyuk korozyonu,
- Çatlak korozyonu,
- Taneler arası korozyon,
- Gerilmeli korozyon.

1.3. Korozyondan Korunma Yöntemleri

Metallerde oluşan korozyona karşı koruma yöntemleri vardır. Bu koruma yöntemleri metallerde daha uzun dayanım sağlamaktadır. Hiçbir metot korozyona karşı sonsuza kadar korumamaktadır. Korozyona karşı koruma metotları metalin yapısı, çalışma ortamı, maruz kalacak korozyon türüne, maliyetine ve yapılabiliirliğine göre farklılık göstermektedir. Korozyondan korunma yöntemleri dört ana başlıkta incelenebilir:

- Katodik koruma
- Anodik Koruma
- İnhibitör Kullanılması
- Yüzey kaplamaları ile koruma

1.3.1. Katodik Koruma

Elektrokimyasal korozyonda katot ile anot arasında bir akım geçişi bulunmalıdır. Anot kendisini feda ederek korozyona uğrar ve katotun korozyona uğramasını önlemektedir. Kaplanan yüzeyler anot olmakta ve katotu korumaktadır. Bu durum, dışarıdan voltaj uygulanması şartıyla ya da kurban anotla mümkün olabilir.

Katodik korumalı korozyona maruz kalan metallerin katodik polarizasyonu gerektirir. Bu işlem korunması gereken metalden daha aktif başka bir metalle eşleştirilerek sağlanabileceğİ gibi dışardan akım uygulayarak da sağlanabilmektedir.

1.3.2. Anodik Koruma

Metallerin anodik korunması ise metalin anodik potansiyellere polarizasyonu ile sağlanmaktadır. Yani korunacak metalin potansiyeli korozyon potansiyeli değİrine göre daha anodik değİrlerde tutulması sağlanarak uğranan korozyon hızı düşürölmüş olur. Bu tip uygulamalar ancak pasifleşebilen metal ya da alaşımlara uygulanabilir. Sonuç olarak metalin pasif kaldığı bir potansiyele ulaşılması gerekir. Anodik koruma galvanik anodik koruma, elektrolitik anodik koruma ya da oksitleyici inhibitörler kullanılarak gerçekleştirilebilir.

1.3.3. İnhibitör Kullanılması

Korozyon önlenmesinde kullanılan bir diğİr yöntem inhibitör kullanılmasıdır. İnhibitörler konsantrasyonu düşük ortamlarda ilave edildiklerinde korozyon hızını düşürürler. İnhibitörler iki gruba ayrılırlar. Anodik bölgeyi etkilemeyen inhibitörler anodik inhibitörler, katodik bölgeyi etkilemeyen inhibitörler katodik inhibitörler olarak adlandırılmaktadır. Katodik inhibitörler negatif bir kaymaya sebep olurlarken anodik inhibitörler ise korozyon potansiyelinde pozitif bir kaymaya sebep olurlar. (Genies E., 1990, s. 139-182)

1.3.4. Yüzey Kaplama

Metal ve metal alaşımlarını korozyondan korumada en fazla kullanılan yöntemlerin başında metal veya metal alaşımlarını başka bir metal veya metal alaşımıyla kaplamadır. Elektrokimyasal olarak metal kaplamalar iki gruba ayrılmaktadır. Aktif ve soy kaplamalardır.

Soy kaplamaların korozyondan koruma gücü metal ile ortam arasında bir engel oluşturulmasına bağlıdır. Oluşturulan kaplamada boşluklar veya çatlaklar oluşursa kaplamanın altındaki metalin korunmasını engeller ve korozyonun o bölgeden başlayarak daha hızlı gerçekleşmesini sağlar. Aktif kaplamaların koruma kabiliyeti içerdikleri hatalardan etkilenmez. Çünkü kaplamanın sağladığı koruma temelde katodik korumadır. Böylece katodik koruma yönteminde harcanan galvanik anotların tutumuna paralel olarak aktif kaplamalar korozyona uğrarlar. Kaplama çözünemediği sürece korozyonun metale erişimi engellenmiş olur. (Kakani, 2004, s. 382-394)

İKİNCİ BÖLÜM

METAL KAPLAMA

Metal ve metal alaşımlarının korozyon direncini ve dayanım süresini arttırmak için kullanılan yöntemlerden biri de başka bir metal veya alaşımıyla kaplamaktır. Metal kaplamaları iki gruba ayırabiliriz soy kaplamalar ve aktif kaplamalar. Metal kaplamalar elektronla kaplama, difüzyon, sıcak daldırma, mekanik kaplama ve ısıl püskürtme gibi çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Metal ve metal alaşımlarında en yaygın olarak kullanılan kaplamalar alüminyum ve çinko kaplamalardır.

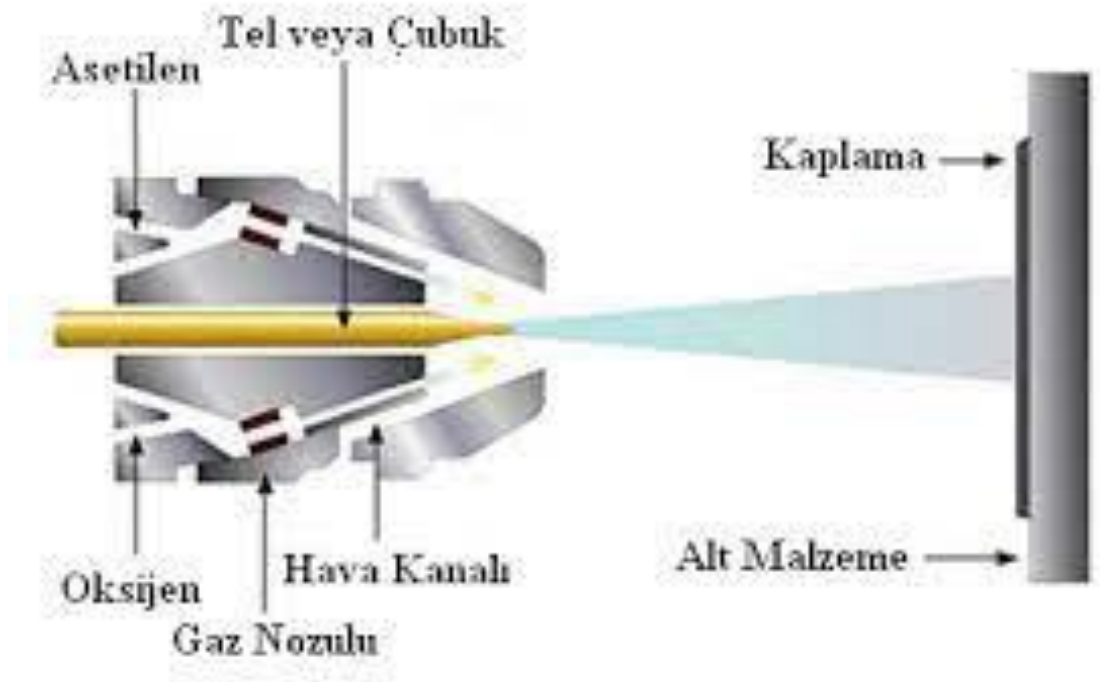
Metal kaplamalarda kaplama işlemleri sıcak daldırma, sıcak püskürtme, Sherardizing ve elektroliz yöntemleri olmak üzere 4 değişik yöntemle yapılmaktadır.

2.1. Isıl Püskürtme Yöntemleri

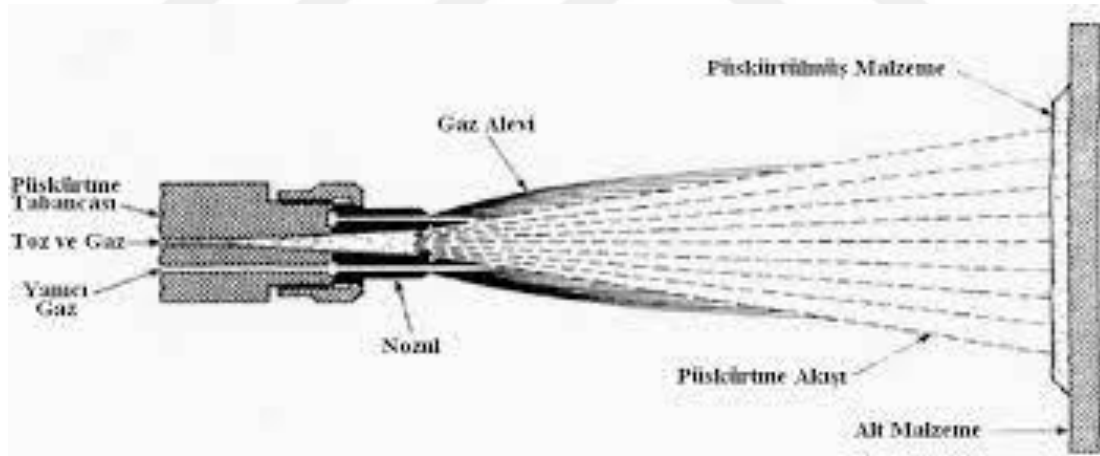
2.1.1. Alevle Püskürtme

Alevle püskürtme yöntemi, kaplamada kullanılacak malzemenin tel veya tozların püskürtme memesinin içine eritilmiş bir şekilde konulmasından sonra kaplanacak yüzeye püskürtülmesidir. Oksijenin yakılmasıyla beraber telin püskürtülmesi ve ergimesi için çok yüksek bir sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da sadece yanıcı gaz ve oksijen alevi ile mümkündür. (I.H., 1995, s. 266-269)

Alevle püskürtme yöntemiyle hazırlanan parçaların aşınma ve darbe direnci yüksektir. Özellikle darbe direncinin yüksek olması istenilen sektörlerde kullanımı yaygındır. Savunma sanayi, havacılık, makine tamir sistemleri gibi sektörlerde alevle püskürtme yöntemi fazlasıyla kullanılmaktadır. Alevle püskürtmede yapılan kaplamalarda gözeneklilik oranı fazla olduğundan kaplama kalınlıkları yüksek olmaktadır. Şekil 2’de alevle tel püskürtme yöntemi ve Şekil 3’te alevle toz püskürtme yöntemi şematik bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1. Alevle Tel Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (SULZER)

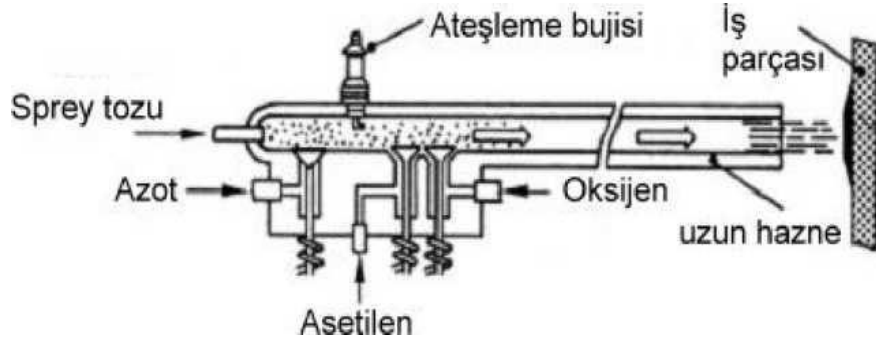


Şekil 2. Alevle Toz Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (TUCKER, 1994, s. 499-509)

2.1.2. Detonasyon Tabancayla Püskürtme

Detonasyon püskürtme yönteminde bir tabanca kullanılır. Tabanca içerisinde bir hücre bulunmaktadır. Bu hücrenin içerisinde azot, oksijen ve asetilenle birlikte kaplama için kullanılacak malzemenin kullanılan miktarını ölçen bir cihaz vardır. Oksiasetilen karışımı elektrik kıvılcımı sayesinde saniyede birkaç kere patlatılır. Bu detonasyon sıcak, yüksek hızlı bir gaz akısını doğurur. Bu işlem sırasında toz halindeki malzeme plastik durumuna kadar ısıtılır. Isıtılan bu partiküller tabancanın uç kısmından çıkarken yaklaşık 75000 cm/sn hıza ivmelendirilir. Isıtılıp ergitilmiş bu malzemeler kaplanacak yüzeye çarptırılır. Tabanca içindeki başarılı detonasyonlar, istenilen kalınlık için biriktirme işlemini sağlar. Detonasyon püskürtme yönteminde, kinetik enerji kontrollü bir patlama oluşur. Bu nedenden toz halindeki ilave metal, bir reaksiyon odasına gönderilir. Bu reaksiyon odası boru biçimindedir. Hassas olarak miktarları ayarlanmış olan oksijen ve asetilen ile kontrollü bir şekilde karıştırılır. Bu karışım daha sonra ateşlenir. Oluşan patlamayla nedeniyle ortaya çıkarılan enerji, çok yüksek hızlara ulaştırır ve toz kabarcıklarının erimesi sağlanır. Ortaya çıkan yüksek kinetik enerji, yüzeye çarpması sonucunda kısmen ısıya dönüşür ve ısıyla beraber çarpan damlacıklar ve yüzey arasında mikro kaynak oluşur. Bu metot kullanılarak yüzey sertliği 60 HRC'den daha fazla olan yüzeyler kaplanabilmektedir. Fakat metalik olmayan altlık malzemeler bu yöntem ile kaplanamazlar çünkü yüksek hızdaki gaz

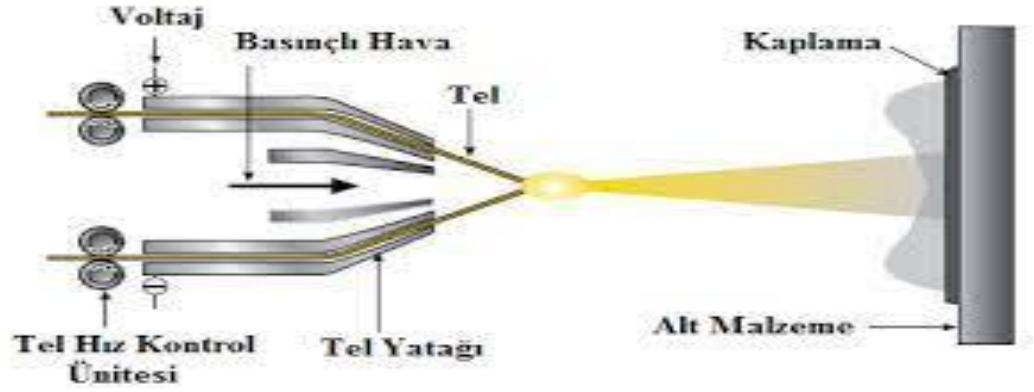
Akışı yüksek erozyona neden olmaktadır. (KAHRAMAN, 2001) Şekil 4'te detonasyon tabancasıyla püskürtme yöntemi şematik gösterilmiştir.



Şekil 3. Detonasyon Tabancasıyla Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (Davis, 2004)

2.1.3. Elektrik Ark Püskürtme

Bu yöntem 20. Yüzyılın başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde iki tel arasında devamlı olarak ark oluşturulan bir sistem kullanılmaktadır. Telleri ergitmek için elektrik arkında oluşan ısı kullanılmaktadır. Bu ark ile tel uçlarının ergitilmesi sağlanmaktadır. Bir püskürtme yöntemiyle ergitilmiş olan tel soğuk ve hızlı bir hava jetiyle atomize edilip kaplama yapılacak yüzeye püskürtülmesi sağlanmaktadır. Kullanılan bu teller alev püskürtme yöntemiyle kullanılan tellerle benzerlerdir. Elektrik ark püskürtülmüş kaplamalar alevle püskürtülmüş kaplamalar ile kıyaslandığında çeşitli üstün özelliklere sahiptir. (Bolelli G., 2006, s. 458-473) Şekil 5'te elektrikli ark püskürtme yöntemi şematik bir şekilde gösterilmiştir.

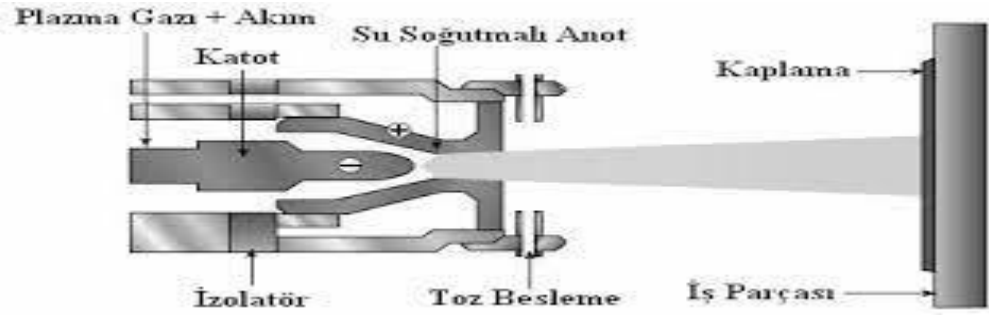


Şekil 4. Elektrik Ark Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (Clare M.J.H., 1982, s. 361-375)

2.1.4. Plazma Püskürtme

Bu sistem plazma ışını yardımıyla yapılmaktadır. Plazma ışını anot ve katot arasında oluşan ark ile başlamaktadır. Elektrik arkı plazma torcu içerisinde sağlanmaktadır. Üretcin pozitif kutbunun bağlandığı iletken anot, negatif kutbunun bağlandığı yere ise katot denilmektedir. Tungsten katot ve su kullanılarak soğuması sağlanan bakır anot arasında bir elektrik arkı oluşturulmuş olur. Plazma gazı olarak kullanılan iyonize gazın iyonize olması için gereken enerji bu ark sayesinde sağlanır. Plazma gazı bu yöntemle iyonize edilerek plazma hali elde edilmiş olur. (Bolelli G., 2006, s. 458-473)

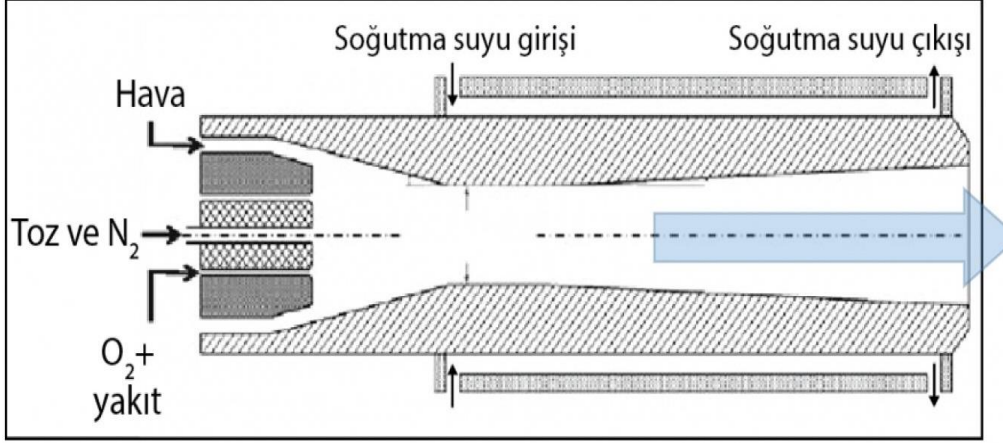
Plazma ışınının merkezi çok sıcaktır yaklaşık 15000 K e kadar çıkabilmektedir. Plazma ışınının hızı ise ses hızını geçmektedir. Kaplama sırasında toz besleme ünitesiyle tozlar taşınmaktadır. Plazma tabancasına farklı hız ve oranlarda toz taşınmasını sağlamaktadır. Plazma püskürtme sisteminde çeşitli gazlar kullanılabilir. Plazma oluşumunda Ar, He, H₂ ve N₂ ile birlikte az miktarda da hava kullanılabilir. Tek atomlu gazlar ve çift atomlu gazlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grup argon ve helyum gazından oluşmaktadır ikinci grup ise azot ve hidrojen gazından oluşmaktadır. Plazma ışınının hızını ve entalpisini artırabilmenin bir yolu da farklı gaz karışımlarının kullanılmasıdır. Şekil 6'da plazma püskürtme yöntemi şematik bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5 Plazma Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi (SULZER)

2.1.5. Yüksek Hızlı Oksi-Yakıt Püskürtme

Mükemmel mekanik özelliklere sahip olan kaplamalar elde etmek için kullanılan en yaygın yöntem yüksek hızlı oksiyakıt püskürtme (HVOF) yöntemidir. Yüksek kinetik enerji ve düşük sıcaklıklarda aynı püskürtme yönteminde olduğu gibi iki parçanın daha dayanımlı bir şekilde kullanılmasını sağlar. Özellikle aşınmanın ve korozyonun fazla olduğu ortamlarda ileri derecede korunma sağlanır. (Tan K.S., 2003, s. 95-205) Yüksek sıcaklık ve yüksek debide çok kaliteli ve mekanik özellikleri yüksek olan kaplamalar yapılmasını sağlar. HVOF yönteminde oksijen ve farklı gazların yüksek basınç odasında yanma reaksiyonu sonucu nozulda bir noktadan çıkması ve alt tabakaya yüksek hızlarda fırlatılması sonucu oluşmaktadır. Termal püskürtme parametreleri hız, sıcaklık, katılaşmanın derecesi, alt tabaka malzemesi ve alt tabakanın sıcaklığı gibi çok geniş parametrelere sahiptir. Şekil 7’de yüksek hızlı oksiyakıt püskürtme yöntemi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 6 Yüksek Hızlı Oksi Yakıt Püskürtme Yöntemi Şematik Gösterimi
(Sakarya Üniversitesi, 2021)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LAZER KAPLAMA

3.1. Lazer Kaplama

Gelişen günümüz teknolojisi yeni imalat metotlarının doğmasına sebep olmuştur. Bu metotlar ile imal edilmesi zor olan malzemeler daha ekonomik, daha az zamanda ve daha az malzeme sarfiyatıyla üretilebilmektedir. Kaynak ve kaplama teknolojisinde son zamanlarda önemli gelişmeler olmuş ve bilinen kaplama yöntemleri ile birleştirilmesi oldukça zor olan, ergime sıcaklıkları yüksek ve birbirinden farklı olan metaller bu gelişmelerle sorunsuz bir şekilde kaplanabilmektedir. Bu yöntemlerden biri lazer kaplama yöntemidir.

İş parçasına temas olmadan, tek bir noktaya odaklanabilirliği, bilgisayar kontrollü enerji girdisi, farklı malzemelere kaynak yapılmasına imkân vermesi en önemli avantajlarıdır. Lazer kaynağının, robot teknoloji ile uyumlu olması endüstri de yaygın kullanıma sebep olmuştur. Robot teknolojisi ile geleneksel kaynak yöntemlerine göre, kaynak kalitesinin hassasiyeti ve kalitesi artırılmıştır. Aynı zamanda yatırım maliyetini de arttırmıştır. Lazerin endüstriyel önemi her şeyden önce üstün performansta kaynak yapma imkânı vermektedir. Lazer ışını ile istenilen her noktaya müdahale edilerek kaynak yapma imkânı sunmaktadır. (metalurjimalzeme, 2018)

İki farklı çeliğin birbirine kaynaklanması ve kaplaması oldukça zordur. Gelişen teknoloji bu çeliklerin daha iyi bir malzeme haline gelmesi için farklı metotlar bulunmaktadır. Lazer kaplama metodu bu çeliklerin kaplanması daha olası hale getirmektedir.

işlemleri özellikle aşınma direncinin, yüksek yüzey kalitesi ve pürüzsüzlüğü istendiği ve yüksek hassasiyetteki modifikasyonlar için kullanılmaktadır. Lazer kaplama işleminde boyutsal hassasiyet diğer işlemlere göre çok yüksektir. İstenilen kalınlık kusursuza yakın bir şekilde elektronik ortamda ayarlandığı için hassas işlemlere kullanılmaktadır. Lazer kaplama esnasında lazer kaynağından ortaya çıkan ısıнын çok yüksek bir miktarı tozun ergitilmesi için kullanıldığından para yüzeyi ve parçaya çok fazla ısı aktarımı olmaz. Bu sebepten dolayı kaplama sonrası malzemede deformasyon düzeyi önemsenecek boyutlarda olmaktadır. Lazer kaplamanın türü kaplamada kullanılacak toza göre değişmektedir. Lazer kaplamada kullanılacak toz çeşidi genel anlamda 3 gruptan oluşmaktadır. Demir bazlı tozlar, nikel bazlı tozlar, kobalt bazlı tozlardır. Bu toz grupları üç grubu ayrılmasına rağmen kullanılabilecek toz grubu sınırsızdır. Kullanılabilecek toz türü ve miktarları değiştirilerek farklı özelliklerde ve istenilen özelliği en iyi yansıtan kaplamalar yapılabilmektedir. Toz türü ve karışımı belirlenirken malzemenin içeriği, istenilen özellikler, kullanılacak ortam, ortam sıcaklığı, maliyet gibi unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır. (Altuncu, 2018)

3.3. Lazer Kaplamanın Uygulama Alanları

Lazer kaplama metodu havacılık, enerji, otomotiv, ağır sanayi, savunma sanayi, uzay gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

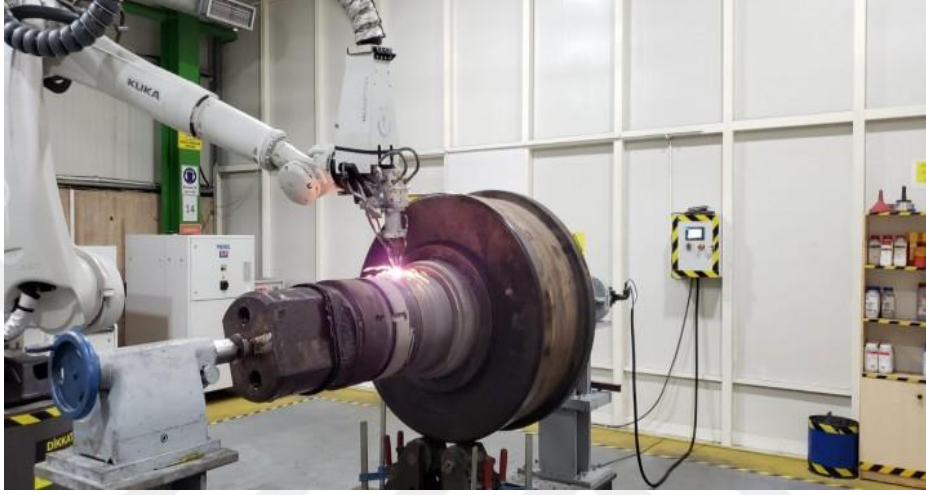
Lazer kaplamanın uygulama alanları;

- Kalıplarda mukavemetin yüksek olduğu yerlerde ve hata payının en düşük olduğu kısımlarda.
- Aşınma ve korozyon direncinin artırılması istenilen yerlerde kısmi veya tamamen
- Mil yataklarının tamiratında ve aşınma gerçekleşmiş bölgelerde
- Sürekli yüksek sıcaklığa maruz kalan veya sıcaklık farkları sebebiyle şoklanan parçalarda
- Yüzeylerde oluşan bozulmaların giderilmesi

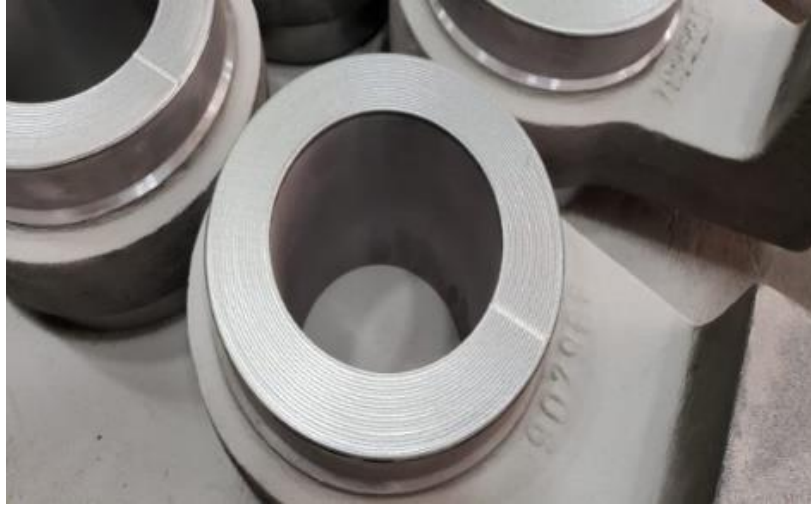
- Talaşlı imalat sırasında oluşan hataların giderilmesi, parça kurtarma işlemleri

Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11, Şekil 12’de lazer kaplama örnekleri gösterilmiştir.

Şekil 13’te lazer kaplama işlemi şematik bir şekilde gösterilmiştir.



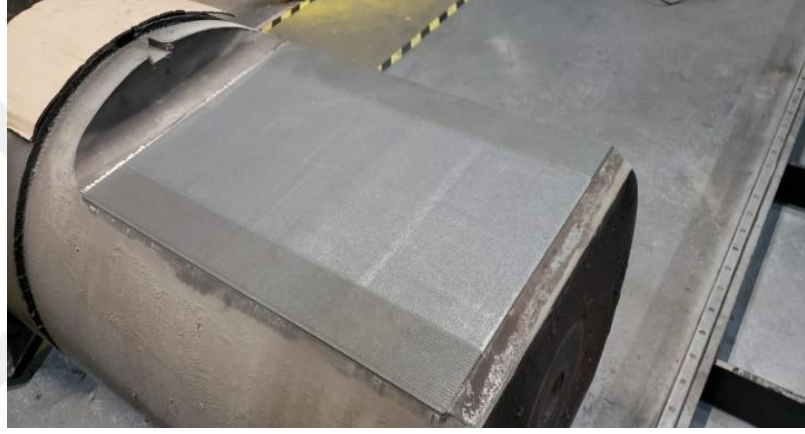
Şekil 8 Robot Kollu Lazer Kaplama Örneği (Uniquetech, 2021)



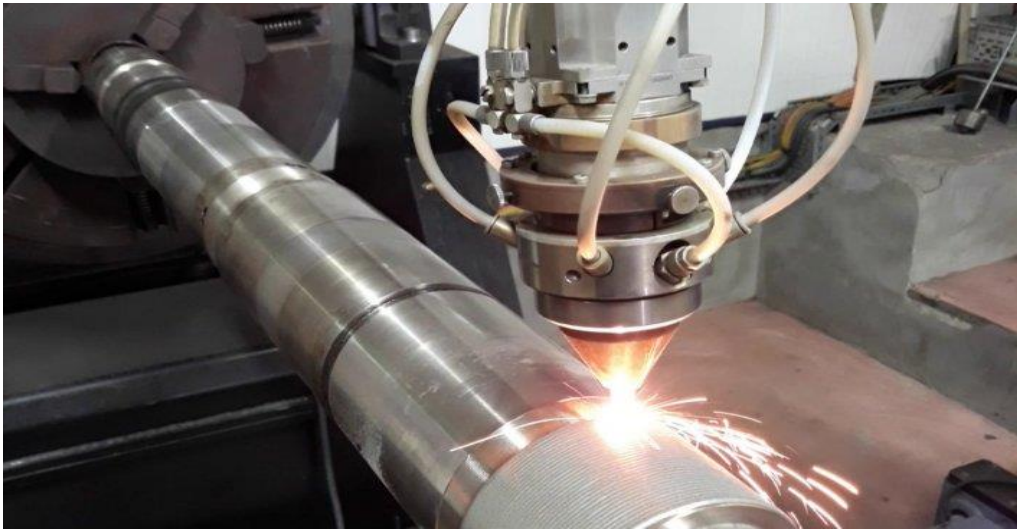
Şekil 9 Lazer Kaplama İşleminin Sonraki Görünüm (Uniquetech, 2021)



Şekil 10 Lazer Kaplama İşleminin Sonraki Görünüm (Uniquetech, 2021)

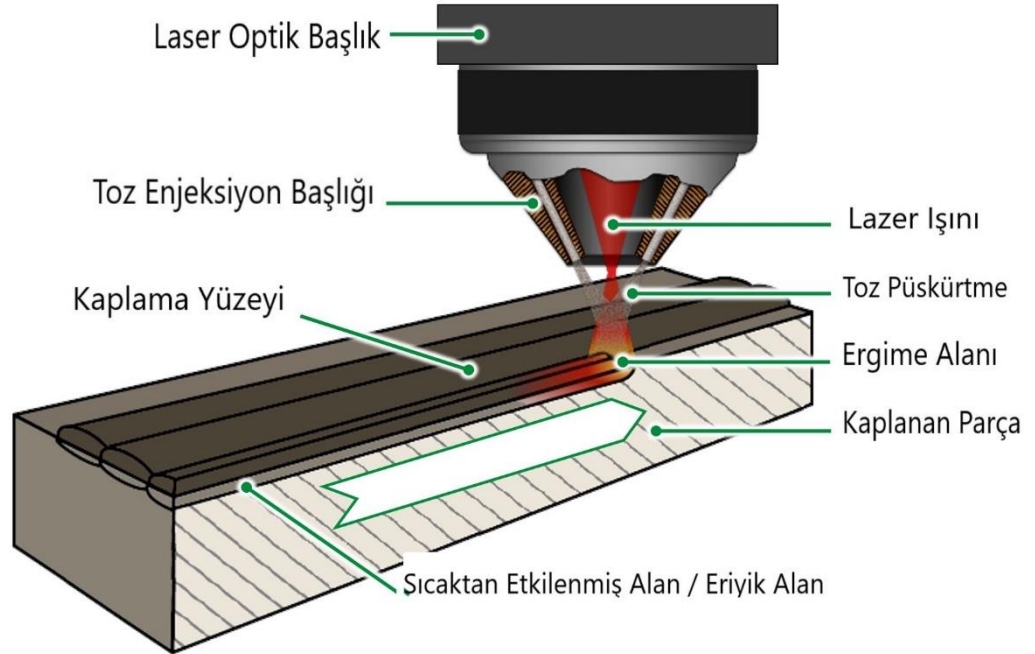


Şekil 11 Lazer Kaplama İşleminin Sonraki Görünüm (Uniquetech, 2021)



Şekil 12 Lazer Kaplama Yapım Sırasında Bir Örnek (Uniquetech, 2021)

3.4. Lazer Kaplama Cihazı ve Değişkenleri



Şekil 13 Lazer Kaplama İşlemi Şematik Görünümü (fst, 2021)

Lazer Kaplama Değişkenleri:

Ana Malzeme Türleri: Karbon-manganez, alaşım, paslanmaz ve takım çeliği, bakır

Kaplama Malzemesi Alaşımları: Kobalt, demir, nikel alaşımları, martensitik paslanmaz çelik ve tungsten karbür, bronz

Kaplama işlemi türü: Gaz beslemeli toz kaplama, Yerçekimi toz kaplama, Sıcak tel kaplama

Kaplama Malzemesinin Boyutu: Toz, tipik PTA kesimi -70 ila +250 mesh (44 ila 210 mikron).

1,2-1,6 mm'lik sıcak tel tipik kaynak çapı (dolu veya zlü)

Toz Besleme Hızı: 2,7- 12 kg / h

Lazer Gücü: 1 ila 10 kW tipik

Işın Şekli Boyutu (güç yoğunluğu): 1 x 12 mm veya 6 x 24 mm (izgi kaynaklı lazer)

İşlem Hızı: 0,35- 2 m / dak

Kaplama Kalınlığı (tek geçişte): 0.30- 2.0 mm

Teslimat ve Kapak Gazı: Argon, helyum veya argon / helyum karışımı

Yüzey Sıcaklığı: Alt tabaka ön ısıtması bazen uygulanır.

DÖRDÜNCÜ

MATARYEL VE YÖNTEMLER

4.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Deneyde kaplanan yüzey olarak AISI 304 çelik plaka olarak kullanılmıştır. Ölçüleri (100mm*180*6mm) olarak kullanılmıştır. Kaplama öncesi yüzey temizliğine dikkat edilmiştir.

Kaplama olarak toz halde ALLOY 718 kullanılmıştır. Toz metalürjisinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Tablo 1’de AISI ve ALLOY 718 çeliklerin kimyasal bileşenleri gösterilmiştir.

Tablo 1. AISI 304 Çelik ve Alloy 718 Çelik Kimyasal Bileşenleri

	Ni	Cr	Si	Ti	P	Mn	C	Fe	Mo
304	9	19	0,75		0,045	2	0,08	60	
718	55	19	0,2	1		0,08	0,05	18	3

4.2. Numunenin Hazırlanması

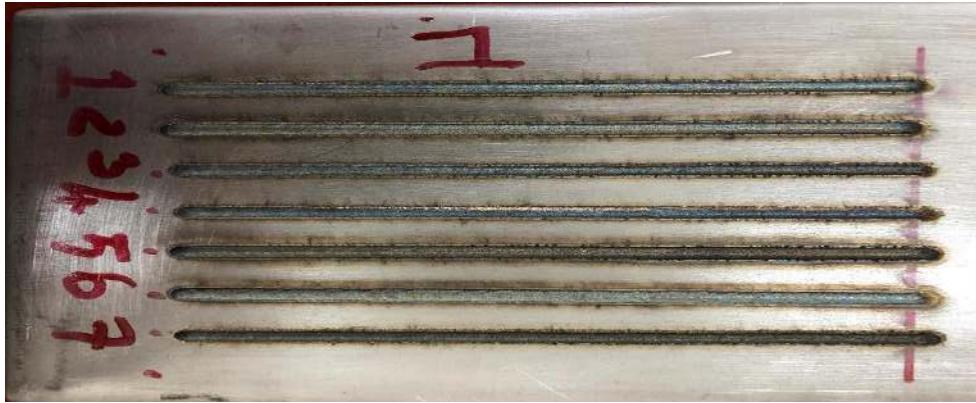
Numuneler 4.4 kW fiber lazer; 6 eksenli KR120 Kuka robot ve son teknolojik cladding kafası ile hazırlanmıştır. İki tip numune hazırlanmıştır.

Numune 1:

Para metreler değiştirilerek 7 farklı tek çizgi zikzaksız numuneler hazırlanmıştır. Değiştirilen para metreler Tablo da belirtilmiştir. Bu sayede değişen parametrelerin lazer kaplamanın kalitesini etkileyip etkilemediği gözlemlenecektir. Numuneler 8 er cm olarak hazırlanmıştır. Tablo 2’de 1 numaralı numunenin hazırlanma parametreleri gösterilmiştir. Şekil 14’de 1 numaralı numunenin hazırlandıktan sonraki hali gösterilmiştir.

Tablo 2. 1 Numaralı Numunenin Hazırlanma Parametreleri

	P (W)	İlerleme Hızı (mm/s)	Besleme Hızı (1/dk)
1	1500	12	3
2	1800	12	3
3	1200	12	3
4	1500	16	3
5	1500	8	3
6	1500	12	1
7	1500	12	5



Şekil 14 1 Numaralı Numune

Numune 2:

Referans olarak alınan parametrelerden hazırlanmış 6 aynı numune hazırlanmıştır. Deney ve testlerde bu numuneler kullanılmıştır.

Numunelerin 3 tanesi 2,5 cm uzunluğunda 3 zikzak ile yapılmıştır.

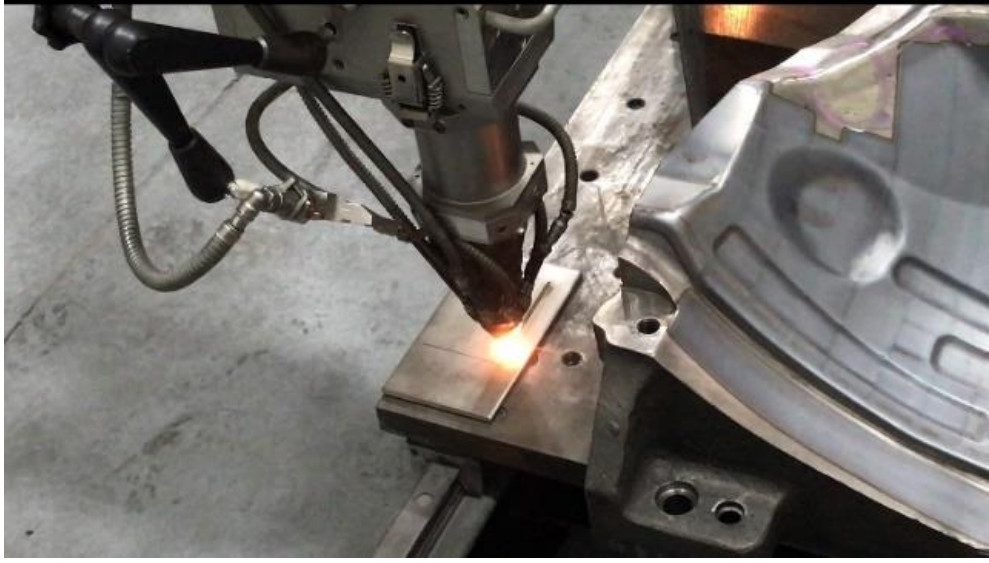
Numunelerin 3 tanesi 4 cm uzunluğunda 3 zikzak ile yapılmıştır. Tablo 3'te 2 numaralı numunenin hazırlanma parametreleri verilmiştir. Şekil 15'te 2 numaralı numunenin hazırlandıktan sonraki fotoğrafı gösterilmiştir. Şekil 16, Şekil 17'de numunenin hazırlanma aşamaları gösterilmiştir.

Tablo 3. 2 Numaralı Numunenin Hazırlanma Parametreleri

P (W)	İlerleme Hızı (mm/s)	Besleme Hızı (1/dk)
1500	12	3



Şekil 15 2 Numaralı Numune



Şekil 16 Numunelerin Hazırlanışı



Şekil 17 Numunelerin Hazırlanışı

4.3. Mikro Yapı Analizi

Mikro yapı analizi yapılması için numuneler hazırlandı. Numuneler incelenmesi için bakalite alındı. Numune 1 dikey olarak kesilip ikişerli olarak bakalite alınmıştır. Toplamda 4 adet bakalit oluşturulmuştur. Oluşturulan bakalitler önce zımparalandı ardından elektrokimyasal cilalama yapıldı. Yüzeyi ayna parlaklığına ulaşılan kadar parlatılmıştır. Numuneler ışık mikroskopunda karanlık görüntü vermiştir ve iç yapısı görüntülenememiştir. Şekil 18’de parlatma işlemi ve kullanılan cihazlar gösterilmiştir.



Şekil 18 Parlatma İşlemi ve Kullanılan Cihazlar

Çelikler kararlı yapıda oldukları için iç yapısını ve yüzeyini incelemek için dağlayıcı kullanılması gerekir. Dağlama incelenen metalin mikro yapısını, kimyasal enerji verilmek suretiyle, mikroskopta görünür kılma işlemidir. İşlemin amacı, malzeme iç yapısını meydana getiren tane sınırlarının ve fazların farklı oranlarda aşınmasını sağlayarak numunenin mikro yapısını ortaya çıkarmaktır.

Kullanmış olduğumuz Alloy 718 çeliği Ni bazlı olduğu için CrO_3 bazlı bir dağlayıcı denememiz gerekti. Dağlama işlemin de iletken kullanmamız gerektiği için bakalitteki numuneler kullanılmadı. Yeniden numune 1'den dikey kesitten parçalar hazırlandı.

Dağlayıcı olarak:

5 ml H_2SO_4

8 gr CrO_3

85 ML H_3PO_4

Dağlanma işlemi bu karışımla 10 V da 0,2 A/cm² için 30 sn olarak yapıldı. Dağlama işlemi sonucu numune alkolle yıkandı. Kurutulma işlemi yapıldı. Kurutulduktan sonra numune mikroskopta görüntü vermiştir.

Numune iç yapısını daha iyi anlamak için farklı bir numuneden XRD analizi yapılmıştır. XRD uygulaması öncesi yüzey zımparalanıp parlatılmıştır. Şekil 19'da dağlama işlemi düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 19 Dağlama İşleminin Yapımı ve Düzeneği

4.4. Korozyon Testi

AISI 304 ve ALLOY 718 paslanmaz çeliklerin korozyon davranışlarının incelenmesi ve karşılaştırılması için potansiyodinamik polarizasyon kullanıldı.

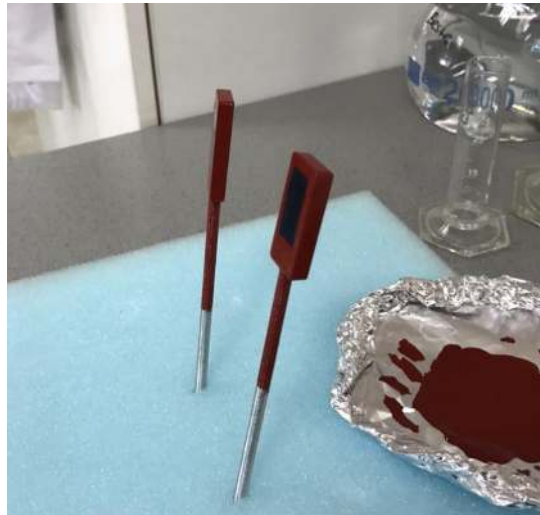
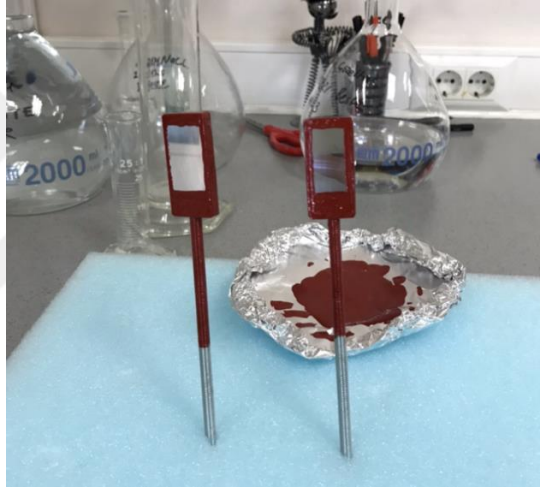
Potansiyodinamik polarizasyon testinde korozyona maruz bırakılan numunenin üzerinden geçen akımın zamanla değışimi hesaplanmaktadır. Bu da bize parçanın korozyona olan direncini vermektedir.

Potansiyodinamik polarizasyon testi çalışan bir elektrot olarak bir numuneden, karşı elektrot olarak bir Pt plaka ve bir referans elektrotundan oluşan üç elektrotlu bir hücrede gerçekleştirildi. Teste kullanılacak parçalar alkol ile ve ardından potansiyodinamik testlerden önce saf su ile yıkandı. Testler, farklı potansiyodinamik polarizasyon çalışmaları yürütmek için yaygın olarak kullanılan ASTM G5 ve G61'e göre gerçekleştirildi. Test oda sıcaklığında ve %3,5wt NaCl özeltide gerçekleştirildi. Karşı elektrot olarak Platin kullanılmıştır. Elektrolit, deneyin oksijensiz bir ortamda yürütüldüğünden emin olmak için numuneye daldırılmadan önce en az 30 dakika süreyle nitrojen gazı temizliği ile suyla havalandırıldı. Karşı elektrot olarak platin plaka kullanıldı.

Korozyon testine tabi tutulacak numuneler uygun boyutlarda kesildi ve daldırma esnasında konumlandırabilmek için M5 kılavuz delikler açıldı. Numunelerin korozyon testinde kullanılacak yüzeyleri temizlendi, zımparalandı ve parlatıldı. Sadece korozyon testine sokmak istediğimiz bölgenin korozyon direncini doğru bir şekilde bulmak için bu bölgeler dışında kalan bölgeler reçine ile kaplanmıştır. 2 gün kurumaya bırakılmıştır. Şekil 20'de korozyon testi öncesi hazırlanan numune gösterilmiştir. Şekil 21'de korozyon testi öncesi reçinelenmiş numuneler gösterilmiştir.

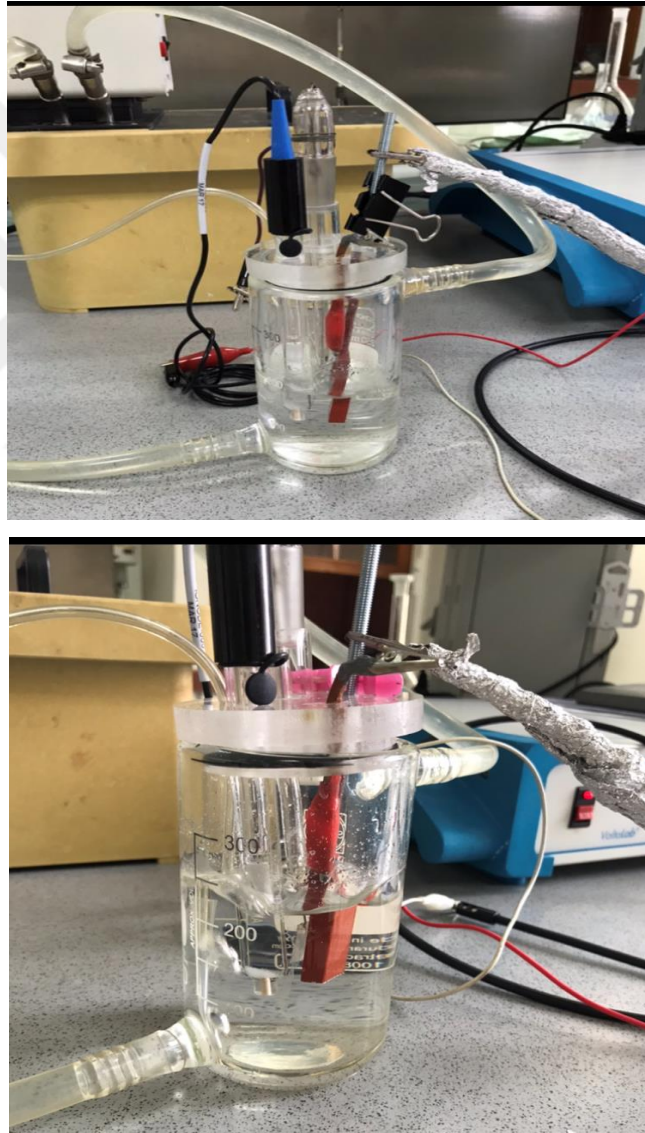


Şekil 20 Korozyon Testi Öncesi Numunelerin Hazırlanması

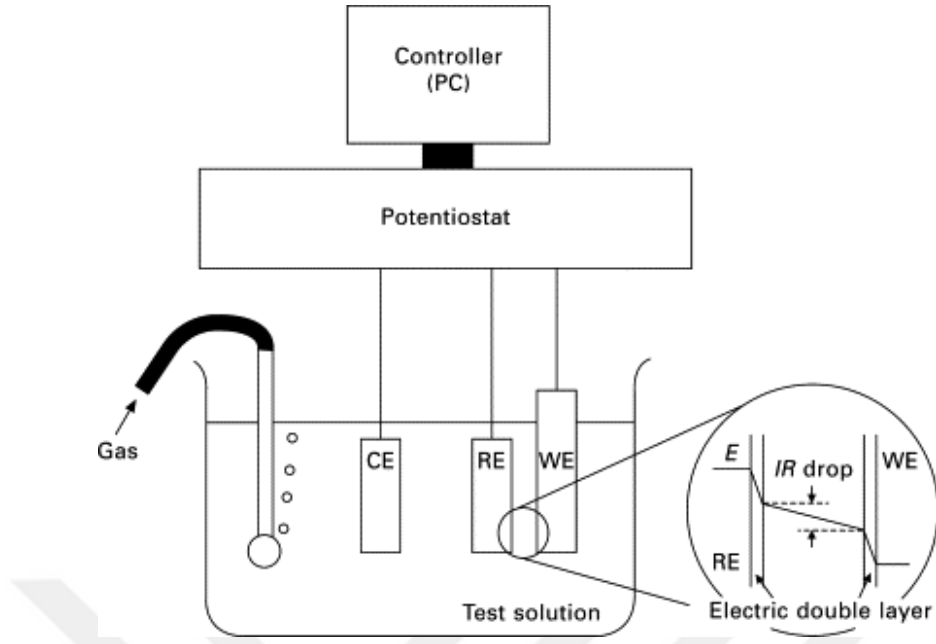


Şekil 21 Korozyon Testi Öncesi Reçineleme İşlemi

Kuruma gerçekleştikten sonra taramalı elektron mikroskopuyla korozyona maruz kalacak alanlar hesaplanmıştır. Potansiyodinamik korozyon testine başlamadan önce açık devre potansiyeli (OCP) hesaplanmıştır. Açık devre potansiyeli hesaplanırken grafiğin stabil hale gelmesi beklenmiştir. Potansiyodinamik polarizasyon -200 ve 1500 mV aralığında taranmıştır. Tarama gerçekleştikten sonra elektron mikroskopu ile görüntüler çekilmiş ve oluşan korozyon çukurları görüntülenmiştir. şekil 22’de korozyon test düzeneği gösterilmiştir. şekil 23’de korozyon test düzeneği şeması gösterilmiştir.



şekil 22 Korozyon Testi Düzeneği



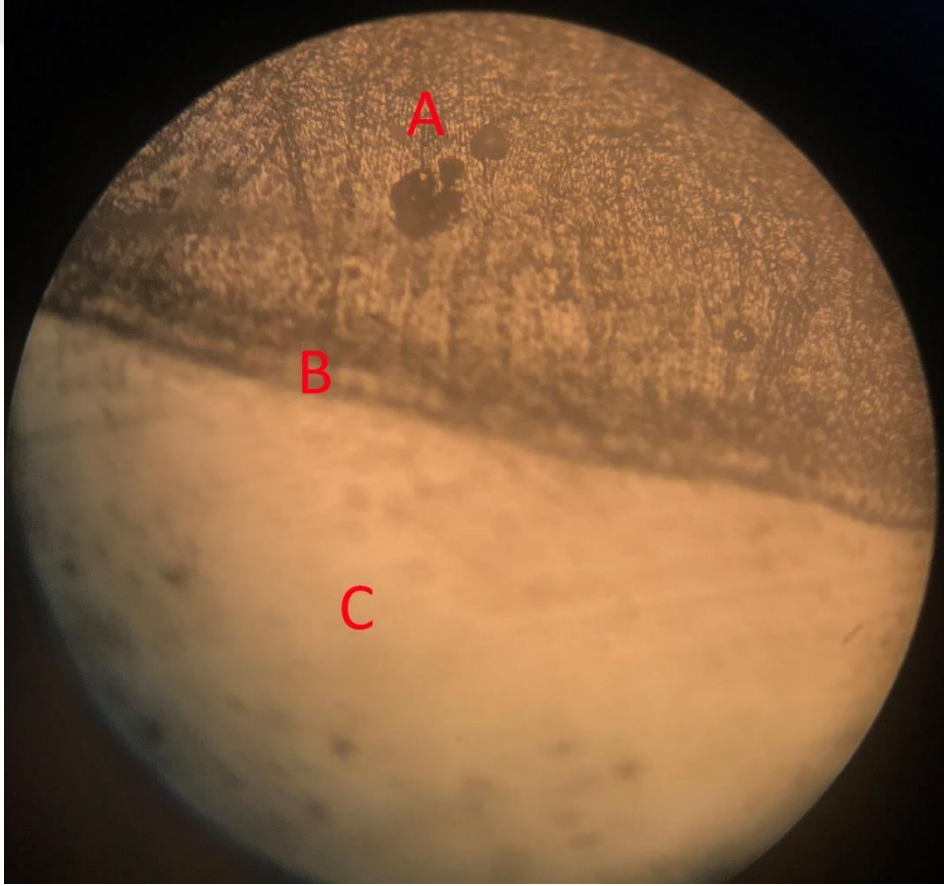
Şekil 23 Korozyon Testi Şematik Gösterimi (Hiromoto, 2010)

BEŞİNCİ BÖLÜM

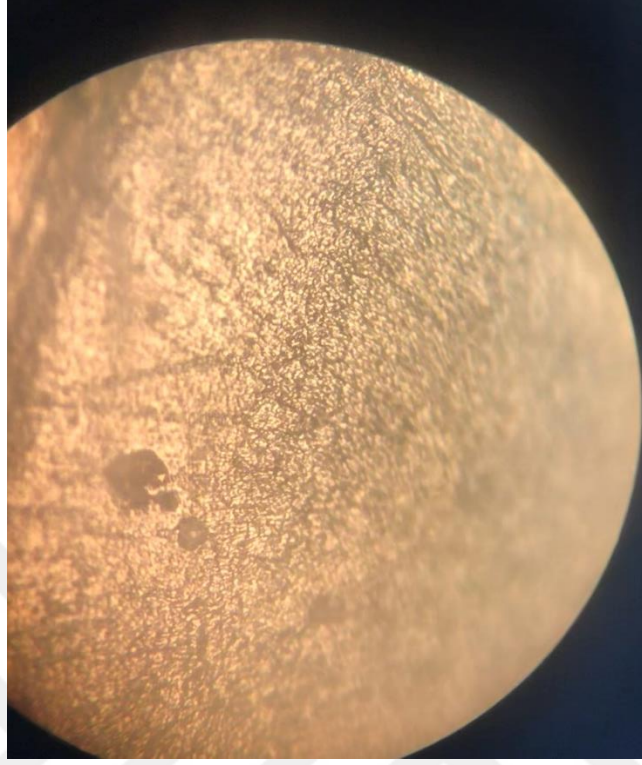
DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Optik Mikroskop İncelemesi

Dağlama işlemi sonrasında optik ışık mikroskopuyla iç yapı incelemesi yapılmıştır. Mikroskop olarak BURSAM NDT 4XB modeli mikroskop kullanılmıştır. İnceleme sonrası fotoğraflar konulmuştur. Şekil 24’te numunenin dik kesit görüntüsü gösterilmiştir. Şekil 25’te kaplama yüzeyi görüntüsü gösterilmiştir.



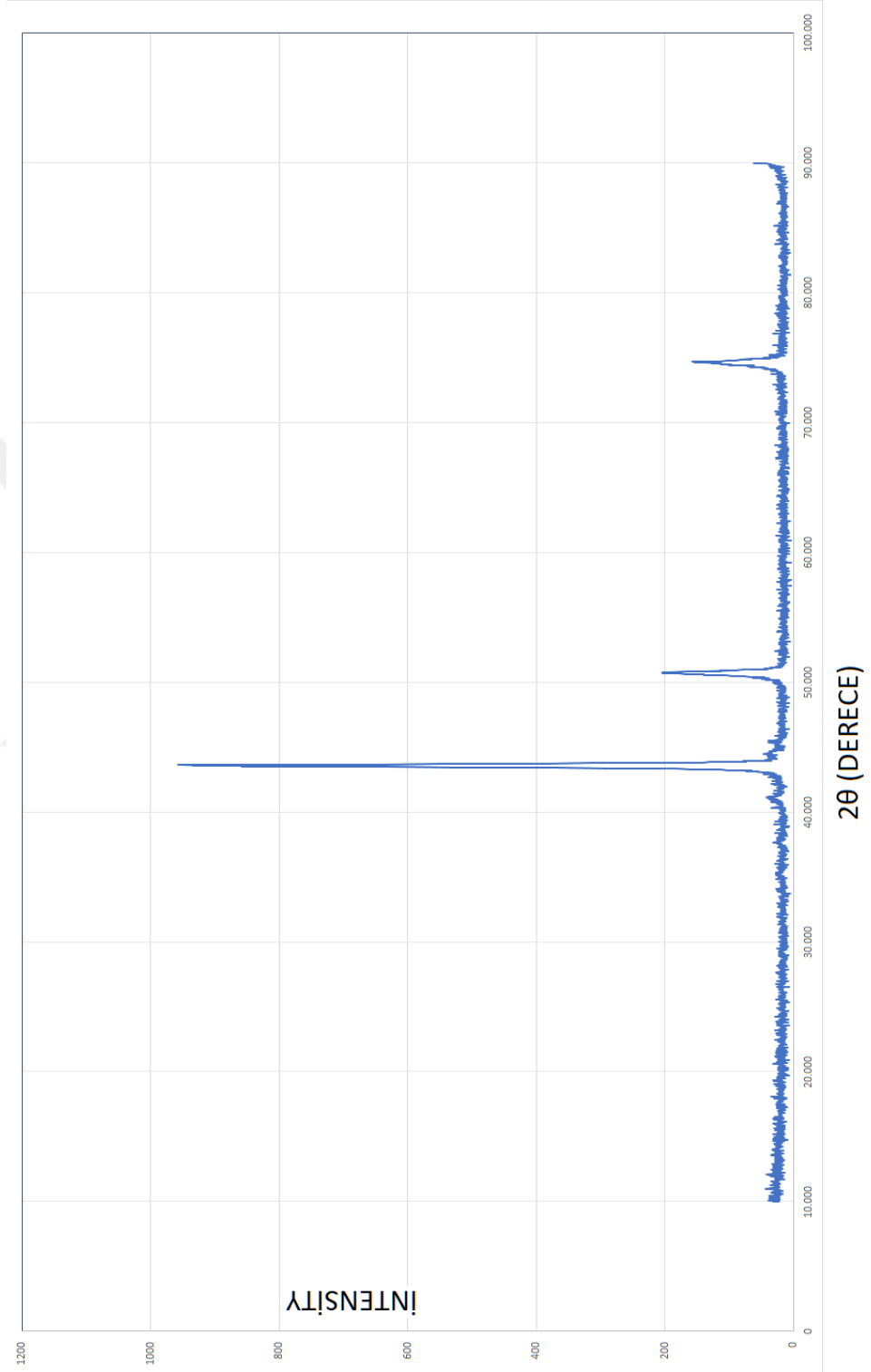
Şekil 24 Numunenin Dik Kesiti Optik Mikroskop Görüntüsü (A) İnconel 718
Kaplama Bölgesi (B) Kompozit Bölge (C) Kaplama Yapılan Yüzey



Şekil 25 Kaplama Yüzeyi Alloy 718 Görüntüsü

5.2. XRD İnceleme Sonuçları

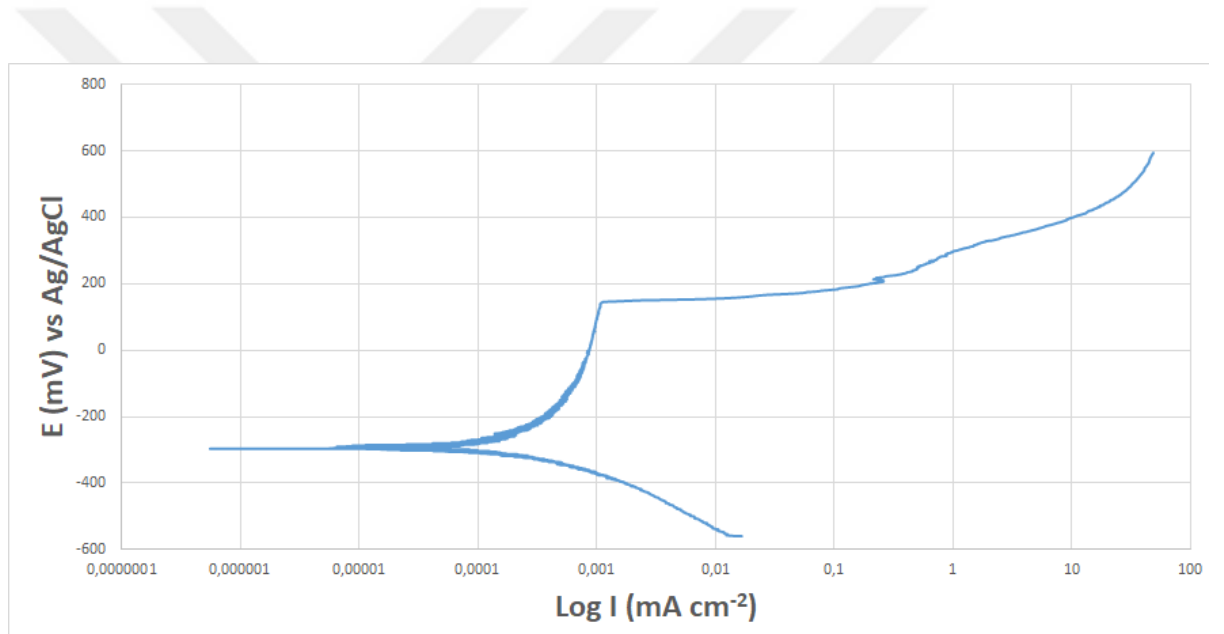
Hazırlanan numunenin iç yapı analizini yapmak için XRD analizi yapılmıştır. Giriş açısı olarak 1° belirlenmiştir. Analiz sonuçları Şekil 26 da verilmiştir. XRD sonuçları kıyaslaması için veriler ICDD-database kılavuzuna bakılmıştır. Kılavuzda Ni pikleri $2\theta = 44.5^\circ, 51.9^\circ, 76.4^\circ, 92.9^\circ$ ve 98.5° dir. Eşleştirme sonucu XRD sonuçlarında Ni (nikel) pikleri görünmüştür. Şekil 26'da XRD test sonucu gösterilmiştir.



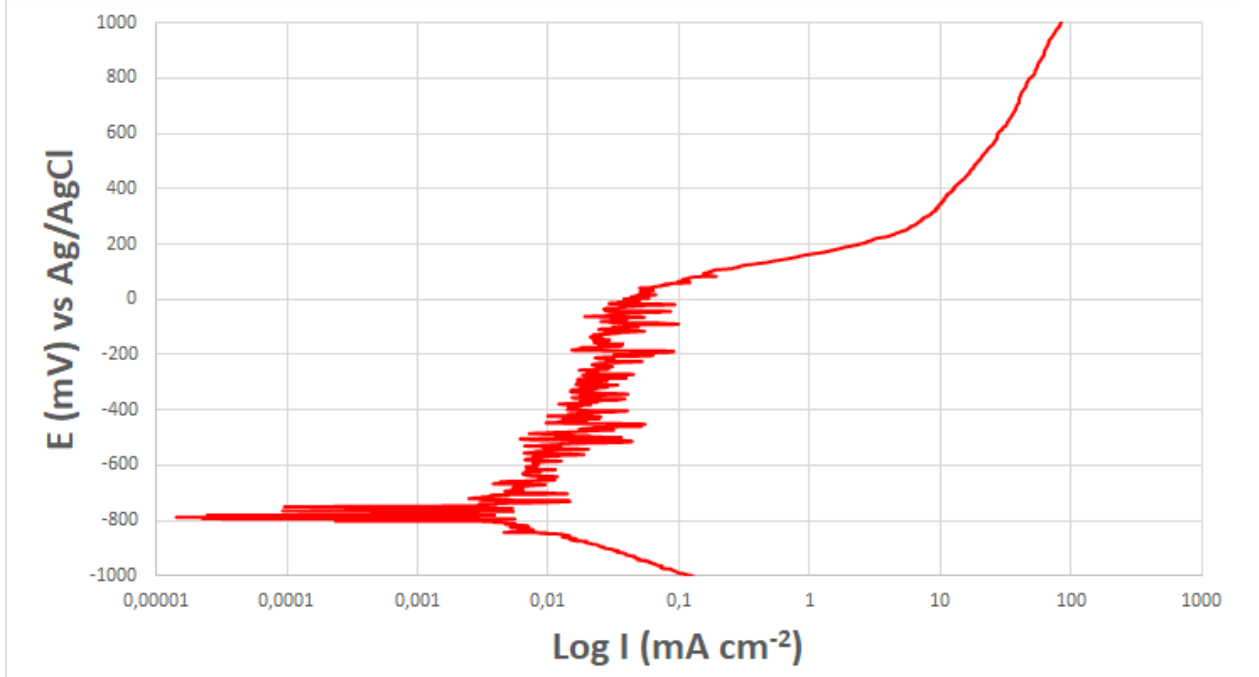
Şekil 26 Alloy 718 ile Kaplanmış AISI 304 Çeliğin XRD Sonucu

5.3. Korozyon Testi Sonuçları

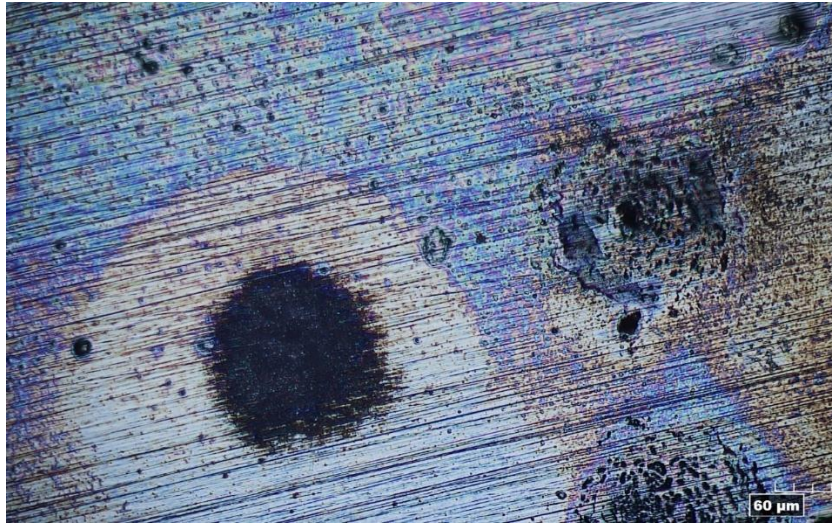
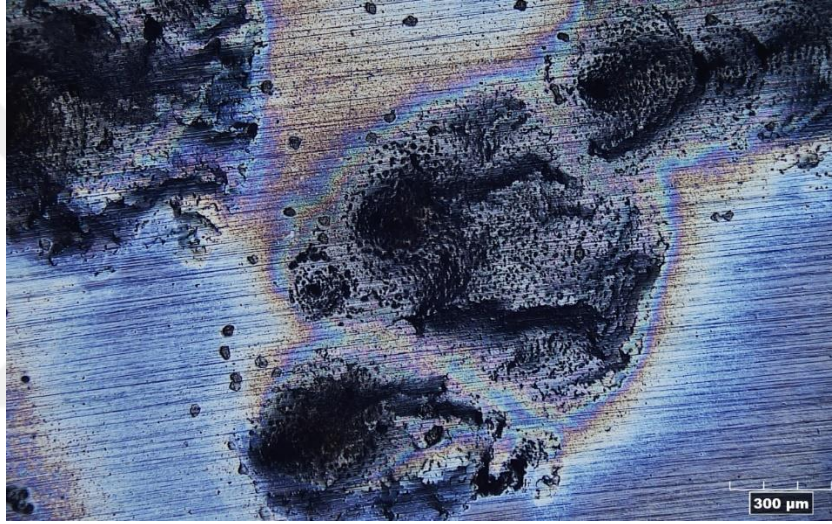
Korozyon testi kaplama yapılmış Alloy 718 ve AISI 304 çelik için polarizasyon eğrileri elde edilmiştir. Oluşan veriler karşılaştırılmış, Alloy 718 korozyon hızının daha düşük olduğu bulunmuştur. Korozyon deneyi sonucunda yüzeylerde pitting (çukurcuklar) oluştuğu gözlenmiştir. AISI 304 çeliğin grafiği Şekil 27'de verilmiştir. Kaplama Yapılmış Alloy 718'in grafiği Şekil 28'de verilmiştir. Şekil 29'da korozyon testi sonrası oluşan pitler gösterilmiştir. Şekil 30'da kaplama bölgesi SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 31'de kaplama geçiş bölgesi SEM görüntüleri verilmiştir.



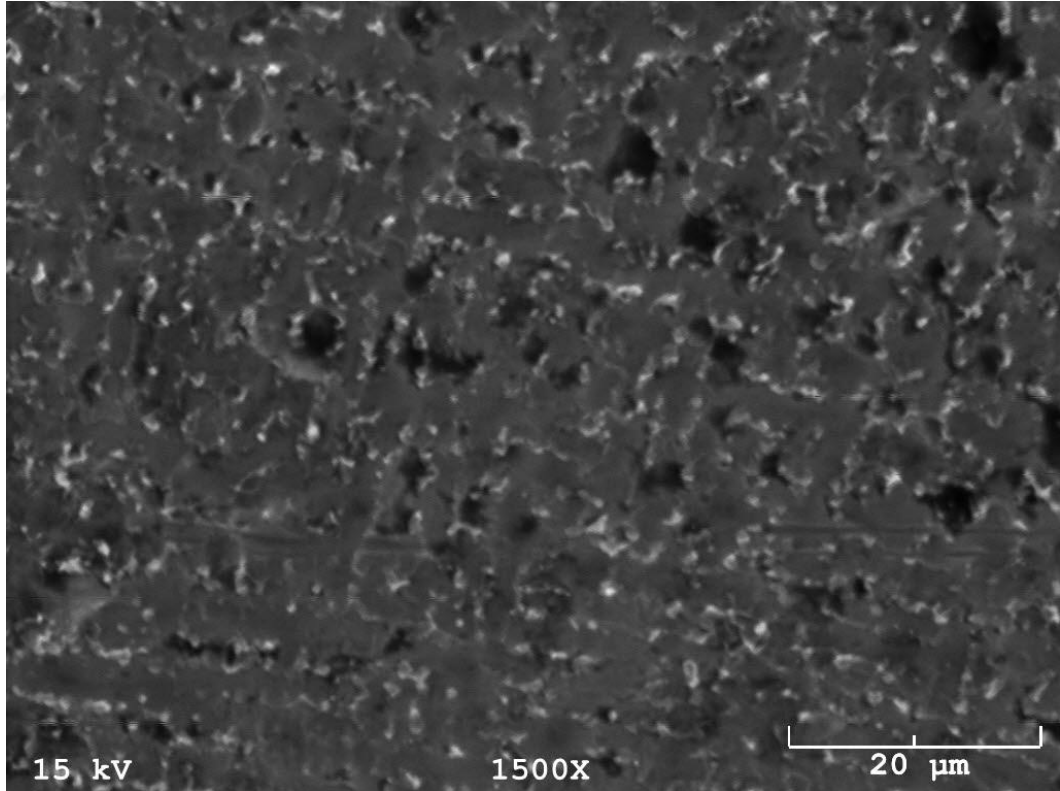
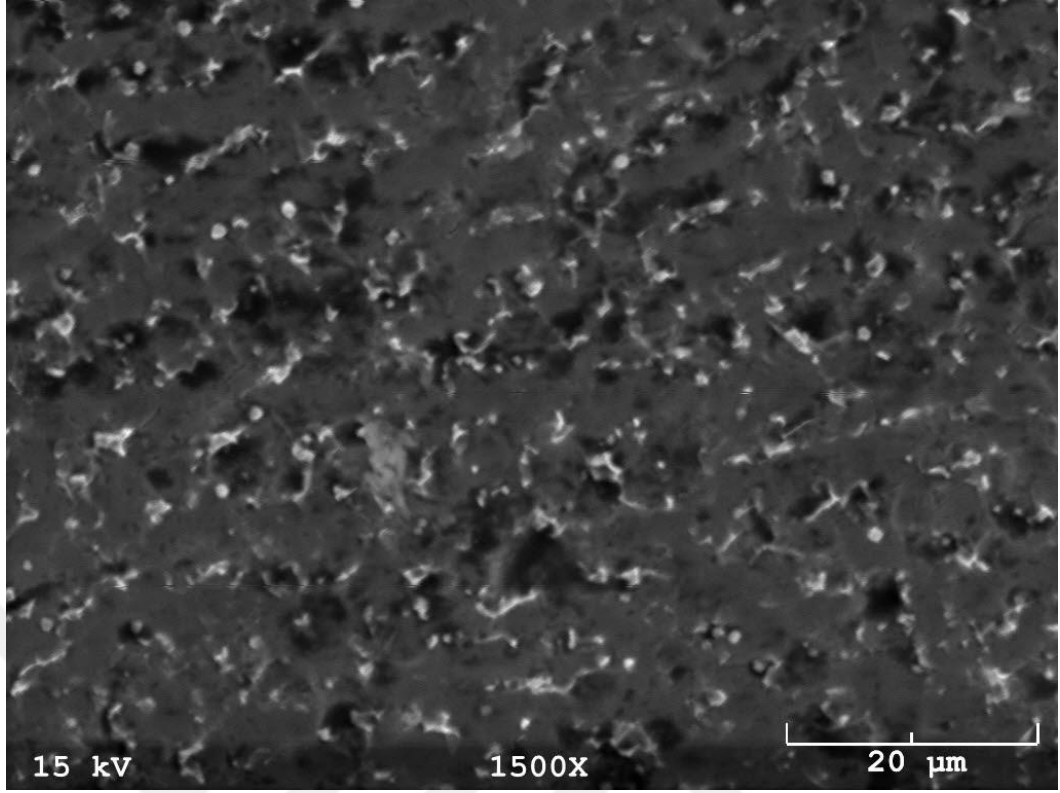
Şekil 27 AISI 304 Çeliğin %3,5 NaCl Çözeltisindeki Potansiyol Dinamik Polarizasyon Grafiği



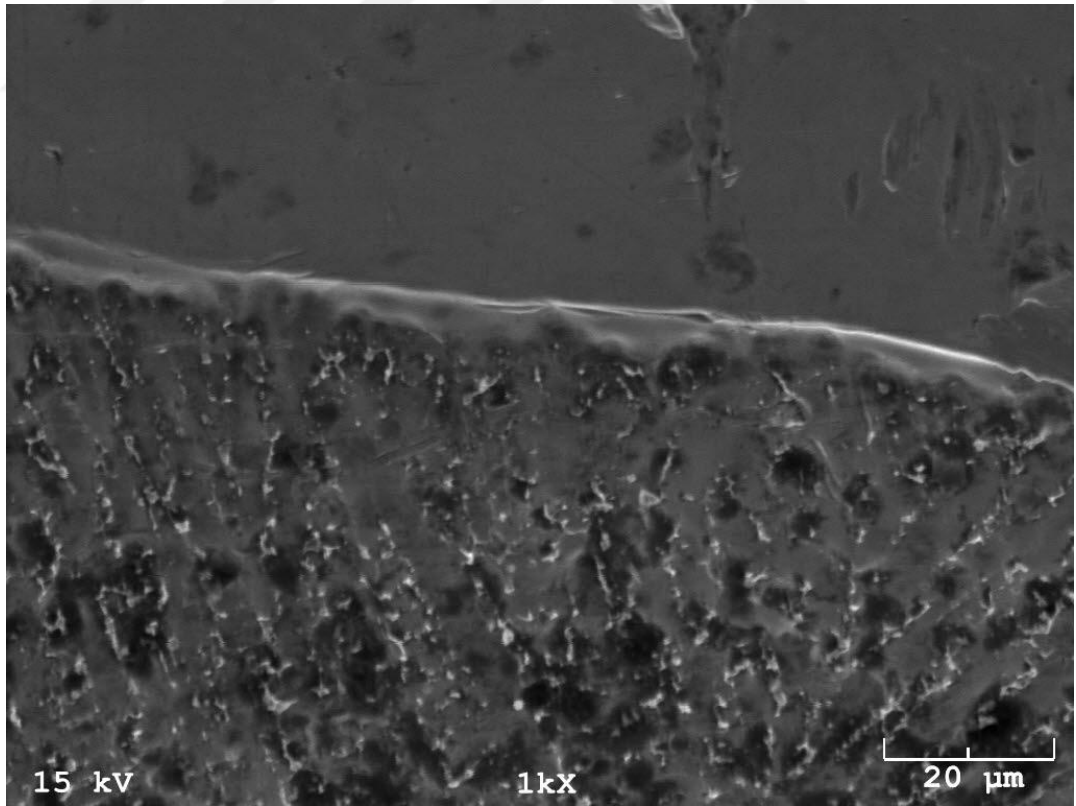
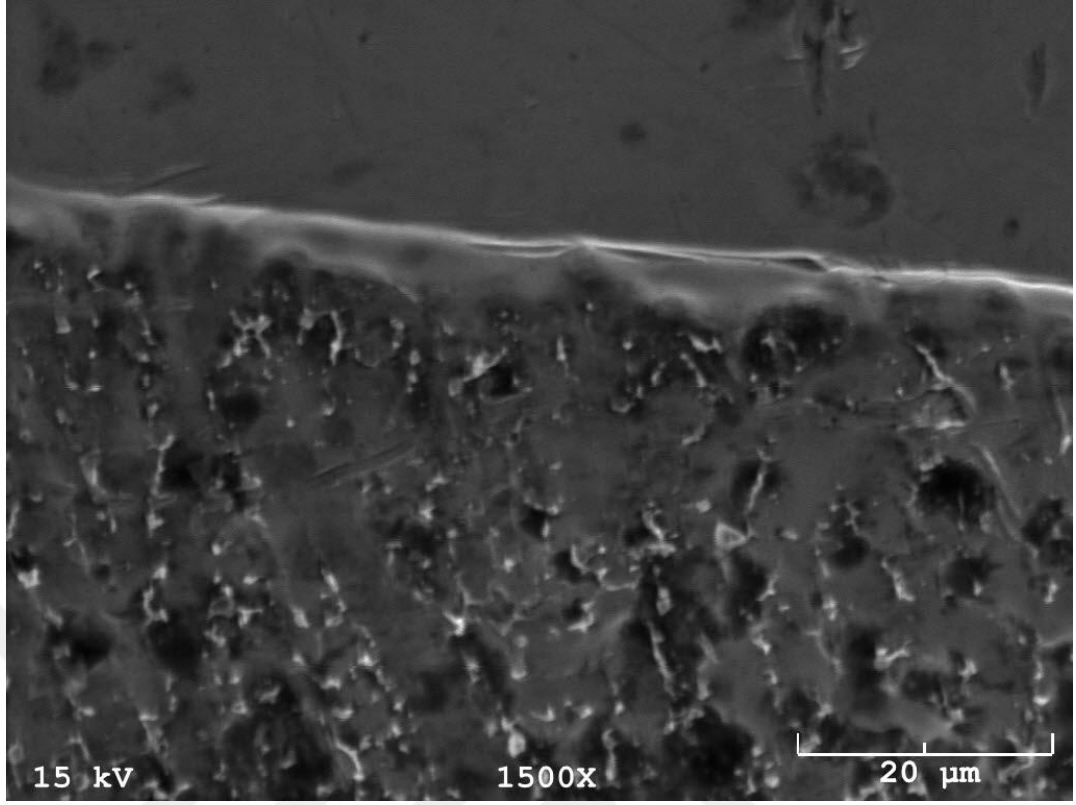
Şekil 28 AISI 304 Çeliğin Üzerine Lazer Kaplama Yapılmış Alloy 718 in %3,5 NaCl çözeltisindeki Potansiyodinamik Polarizasyon Grafiği



Şekil 29 Korozyon Testi Sonrası Oluşan Yüzeyde Oluşan Pitler



Şekil 30 Kaplamanın SEM görüntüsü



Şekil 31 Kaplama Geçiş Bölgesi SEM görüntüsü

SONUÇ

Yapılan bu tez çalışmasında lazer kaplama (giydirme) metodu kullanılarak yaygın olarak kullanılan AISI 304 çeliğin Alloy 718 ile kaplanması başarılı bir şekilde yapılabildiği ve kaplamanın korozyon direncine etkisi gözlenmiştir. Sonuçları özetlenmiştir.

- Lazer kaplama metoduyla AISI 304 çeliğin yüzeyi ALLOY 718 tozu ile başarılı bir şekilde kaplandığı bu metotla bir çeliğin başka bir çelikle başarılı bir şekilde kaplanabileceği kanıtlanmıştır.

- Lazer giydirme metodunda yüzey modifikasyonları önemsenmeyecek derecede kusursuza yakın gerçekleştiği gözlenmiştir.

- İş parçalarının tamirata veya revizesi gerektiğinde lazer kaplama metoduyla hızlı ve kusursuza yakın bir şekilde aynı metalle veya farklı bir metalle kaplanabileceği ortaya çıkmıştır.

- AISI 304 çeliğin lazer kaplama metoduyla ALLOY 718 ile kaplanması sonucunda %3,5 NaCl çözeltisinde korozyon direncinin artırıldığı ve deformasyon süresinin artırıldığı gözlenmiştir.

- XRD analizi sonucunda kaplama yapılan malzemenin iç yapısının lazer kaplama metodunda değiştirilmeden kaplamada kullanılabildiği ve deformasyona uğramadığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Altuncu, E. (2018, 2 13). *Lazer ile Kladlama*. Turkchem: <https://www.turkchem.net/lazer-ile-kladlama.html> adresinden alındı
- Bolelli G., C. V. (2006). Microstructural and mechanical characterization, Surface & Coatings Technology. *Glass-alumina Composite Coatings by Plasma Spraying* (s. 458-473). içinde
- Clare M.J.H., C. D. (1982). Thermal Spray Coatings. C. D. Clare M.J.H. içinde, *Metals Handbook* (s. 361-375). America: American Society for Metal.
- Davis, J. R. (2004). Introduction to Thermal Spray Processing, Handbook of Thermal Spray Technology. *Introduction to Thermal Spray Processing, Handbook of Thermal Spray Technology*. içinde
- Doruk, M. (1982). Korozyon ve Önlenmesi. ankara.
- Eriç, M. (1994). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. istanbul: Literatür Yayıncılık.
- fst. (2021). *Flame Spray Technologies. Laser Cladding*. . <https://www.fst.nl:https://www.fst.nl/thermal-spray-equipment/modular-thermal-spray-systems/laser-cladding-systems/laser-cladding.html> adresinden alındı
- Genies E., B. A. (1990). Synthetic Metals. *Synthetic Metals* (s. 139-182). içinde USA, Philadelphia: Drexel University.
- Hiromoto, S. (2010). in Metals for Biomedical Devices. *in Metals for Biomedical Devices*.
- I.H., H. (1995). *Thermal Spraying and Its Application* (s. 266-269). içinde
- KAHRAMAN, N. (2001). Toz Alev Spreyleme Yöntemi ile Kaplanan Numunelerde Kaplama Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi. *Toz Alev Spreyleme Yöntemi ile Kaplanan Numunelerde Kaplama Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi*. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kakani, S. K. (2004). *Material Science* (s. 382-394). içinde Daryaganj, Delhi.: New Age International.

- Leblebicioğlu, E. (2020). *muhendistan*. <https://muhendistan.com:https://muhendistan.com/lazer-kaynak-nedir-nerelerde-kullanilir/> adresinden alındı
- metalurjimalzeme. (2018, 11 19). <https://www.metalurjimalzeme.net>.
<https://www.metalurjimalzeme.net/lazer-kaynak> adresinden alındı
- metalurjimalzeme. (2018, 11 19). *metalurjimalzeme*.
<https://www.metalurjimalzeme.net>: <https://www.metalurjimalzeme.net/lazer-kaynak/> adresinden alındı
- Sakarya Üniversitesi. (2021). *Sakarya Üniversitesi*.
<https://bioteslab.sakarya.edu.tr/tr/icerik/17618/92235/plazma-sprey-ha-ve-ti-kaplama>: <https://bioteslab.sakarya.edu.tr/tr/icerik/17618/92235/plazma-sprey-ha-ve-ti-kaplama> adresinden alındı
- SOLMAZ, R. (2010). Investigation of the inhibition effect of 5-((E)-4-phenylbuta-1, 3-dienylideneamino)-1, 3, 4-thiadiazole-2-thiol Schiff base on mild steel corrosion in hydrochloric acid. *Corrosion Science*, 3321-3330.
- SULZER. (tarih yok). *SULZER*. <http://www.sulzer.com>:
<http://www.sulzer.com/en/Products-and-Services/CoatingEquipment/Thermal-Spray/Processes> adresinden alındı
- Tan K.S., W. R. (2003). The Slurry Erosion Behaviour of High Velocity Oxy-Fuel (HVOF) Sprayed Aluminium Bronze Coatings, *Wear. The Slurry Erosion Behaviour of High Velocity Oxy-Fuel (HVOF) Sprayed Aluminium Bronze Coatings* (s. 95–205). içinde
- TUCKER, C. (1994). Tucker R. C. T. R. C. içinde, *Thermal Spray Coatings, Surface Engineering, ASM Handbook* (s. 499-509). Ohio.
- Uniquetech. (2021). *Lazer Dolgu*. Uniquetech: <http://uniquetech.com.tr/lazer-dolgu/> adresinden alındı

