



Termal Sprey Yöntemi İle Paslanmaz Çeliklerin Yüzey Özelliklerinin Geliştirilmesi

¹Yıldız Yaralı Özbek, ²Adalet Bozkan

¹Sakarya Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Esentepe Kampüsü, 54187 Sakarya, Türkiye
yyarali@sakarya.edu.tr, 

², Tosyalı Holding, Osmaniye Organize Sanayi Bölgesi, 80950 Osmaniye, Türkiye,
adaletbozkan@gmail.com, 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 31.05.2019

Kabul Tarihi: 19.06.2020

Öz

Bu çalışmada AISI 316 paslanmaz çeliğinin yüzey özelliklerinin atmosferik plazma sprej kaplama yöntemi kullanılarak iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Yüzey özelliklerini gelişimini ve değişimini inceleyebilmek için iki farklı kimyasal içeriğe sahip toz kullanılmıştır. Birincil toz karışımı %100 woka (Ni 78-82% Cr 18-22) 7202 tozu ve ikinci olarak %50 woka 7202 (Ni 78-82% Cr 18-22) -%50 diamalloy 2002(Ni 66%-Cr 18%) toz karışımı hazırlanarak kaplama yapılmıştır. Kaplama numunelerine mikroyapı incelemesi yapıp ve sonrasında optik görüntüleri alınmıştır. Kaplanmış numunelerin yüzeyinden içeriye doğru sertlik ölçümleri, XRD analizi, SEM analizi, EDS analizi yapılmış, 2D ve 3D yüzey pürüzlülüğü görüntüleri alınmıştır. Aşınma deneyi alümina bilya kullanılarak farklı hız ve yük parametrelerinde gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneyi sonucunda EDS ve SEM analizleri ile aşınma yüzeyleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termal sprej kaplama, aşınma, 316 paslanmaz çeliği, sertlik, yüzey

Improvement of Surface Properties of Stainless Steels by Thermal Spray Process

¹Yıldız Yaralı Özbek, ²Adalet Bozkan

¹ Sakarya University, Metallurgy and Materials Engineering Faculty, Sakarya, yyarali@sakarya.edu.tr
²Tosyalı Company, Osmaniye, adaletbozkan@gmail.com

Abstract

In this study, the recovery of surface properties of AISI 316 stainless steel was aimed by atmospheric plasma spray coating method. Two powder metal alloys with different chemical composition were used in order to investigate the change and development of surface properties. First powder mixture is 100 % woka (Ni 78-82% Cr 18-22) 7202, and the second one is composed of 50 % woka 7202 (Ni 78-82% Cr 18-22) and 50 % diamalloy 2002(Ni 66%-Cr 18%). The coated samples were exposed to microstructure investigations, microhardness measurements from surface to center, XRD, SEM and EDS analyses and the 2D and 3D surface roughness measurements were performed. In addition, all samples were exposed to wear test with different load and velocities by using alumina ball. The worn surfaces were detected by EDS and SEM analyses at the end of the wear test.

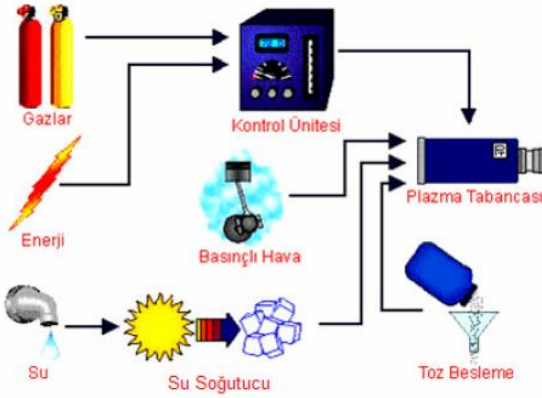
Keywords: Thermal spray coating, wear, 316 stainless steel, hardness, surface

1.GİRİŞ

Malzemelerin korozyon direnci, yüksek sıcaklık, oksidasyon, yorulma ve aşınma dayanımı gibi yüzey

özelliklerinin iyileştirilmesi ve ortam koşullarından korunması maksadı ile geliştirilen uygulamalara kaplama veya yüzey işlem teknikleri denilmektedir [1,2]. Korozyona uğramış parçaların tamiri, aşınmış yüzeylerin iyileştirilmesi

ve endüstriyel parçaların korunması amacıyla kaplama teknikleri endüstride yaygın kullanım alanları bulmaktadır. Atmosferik plazma sprej kaplama yöntemi; malzemelerin yüzey özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılan ekonomik ve uygulama olarak yüksek sıcaklıklara çıkılabilen bir yüzey kaplama işlemidir. Bu yöntemle gerçekleştirilen kaplama ana malzemenin üstün özellikleri korurken aynı zamanda istenilen özellikleri de bir arada bulundurabilmektedir. Çok ince kaplama kalınlıklarıyla istenilen özellikler parçaya eklenmiş olur. Yüksek basınç uygulanarak argon, helyum, azot, hidrojen gibi inert gazlar kullanılarak mekanik, manyetik, elektrik, ısı, ışın enerjisiyle plazma formuna dönüşür. En çok kullanılan ve kolay olan yöntem ise gaz kütlesine elektrik vererek enerji oluşturmaktır. Plazma ile tüm malzemelerin katı formundan sıvı formuna dönüştürmek mümkündür. Bu sistemde gaz kaynağı, kontrol ünitesi, tabanca, nozul, toz besleme ünitesi, güç kaynağı bulunmaktadır.



Şekil 1. Plazma sprej kaplama sistemi ünitesi

Yapılan kaplamada porozite miktarının fazla olması, aşınma dayanımı, sertlik ve mukavemet özelliklerini negatif yönde etkilemekte fakat bazı durumlarda porozite yapıda istenmektedir. Termal izolasyon uygulamalarının yapıldığı uçak ve uzay sanayisinde porozite ısı yalıtımını sağladığı için istenen bir özelliktir. Toz partikül boyutunu büyük seçmek ve tabanca mesafesini uzun tutmak poroziteyi arttırmaya sebep olacaktır. Kaplamalarda diğer önemli faktör ise mukavemettir mukavemet özelliği kaplama kalınlığı gibi birçok özelliğe bağlıdır. Kaplama kalınlığı arttıkça mukavemet azalacaktır [3,4]. Gerilmenin artmasına bağlı olarak yapışma mukavemeti azalmaktadır. Elastisite modülü arttığında kaplamanın porozitesi artar, sertlik ve mukavemet düşer. Plazma sprej kaplama tabakaları heterojendir ve farklı kimyasal ve fiziksel özellik gösterirler [5].

Çok yüksek ergime noktasına sahip tozlar bu yöntemle kaplama malzemesi olarak kullanımına olanak sağlar. Malzemenin oksitlenmesi kullanılan inert gazlar sayesinde en aza indirilir.

Büyük boyutlu, karmaşık şekillerdeki ve farklı formlardaki

parçaların kaplamasına ve seri üretimine imkan tanır [5, 6]. Plazma sprej kaplama yöntemi kolaylıkla bütün sistemlere entegre edilebilir. Kaplamanın yapılacağı sistem çevreyle izole olduğu için çevre dostu bir yöntemdir. Kararsız karbür fazlarının oluşumuna neden olduğu için karbür esaslı malzemelerin mukavemet özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Kullanımında bir takım kısıtlar olmasına rağmen plazma sprej kaplama yöntemi birçok malzemeye uygulanabilir oluşu, hızlı ve ekonomik olması gibi sebeplerden dolayı endüstride çok yaygın kullanım alanı bulmaktadır.

Zor çalışma şartları altında malzemelerin ömrünün uzatmak için, borür, nitrür, karbür, intermetalik, oksit, esaslı kaplamalar tercih edilir. Vücut implantları için veya zarara uğramış parçaların kullanımını sağlamak için başvurulan yöntemlerdir. Endüstriyel olarak kullanım alanları: otomotiv, tıp, kimya, hidrolik makineler, cam endüstrisi, uçak ve uzay endüstrisi, nükleer teknoloji olarak belirtmemiz mümkündür.

AISI 316 paslanmaz çeliği iyi şekil verilebilir, iyi kaynak yapılabilir ve yüksek korozyon direncine sahip bir malzemedir. Paslanmaz çelikler yüksek korozyon direnci ve yüksek mekanik özelliklere sahip olmaları nedeniyle geniş kullanım alanına sahiptir. Yüksek oranlarda Cr ve Ni yapıda korozyon direncini arttırmaya karşın malzemenin işlenebilirliğini düşürmekte fakat ilave edilen bazı elementler sayesinde malzemenin korozyon direncinden herhangi bir şey kaybetmeden işlenebilirlik kabiliyeti artırılmaktadır. Kimya ve petrokimya endüstrisinde, gıda tesislerinde, buhar kazanlarında, aşındırıcı etkinin çok fazla olduğu tanklarda ve kazanlarda yaygın kullanıma sahiptir. Bu çalışmada iki farklı toz ile termal sprej yöntemi kullanılarak kaplama yapılmış ve akabinde yüzey özellikleri ve aşınma özellikleri incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Deneyisel çalışmalarda; altlık olarak paslanmaz çelik seçilmiştir ve içeriği Tablo 1'de verilmektedir. Yapılan deney çalışmasında kaplama tozu olarak 2 farklı bileşiğe sahip toz karışımları kullanılmıştır. Kullanılan toz karışımının kütlece oranları Tablo 2.'de verilmiştir Toz 1; %100 Woka 7202 ve Toz 2; %50 Woka 7202 ile %50 Diamalloy 2002 toz karışımı kullanılarak atmosferik plazma sprej ile paslanmaz çelik yüzeylere kaplama işlemi yapılmıştır. Kaplanan yüzeye XRD analizi yapılarak meydana gelen fazlar incelenmiştir. Kaplanan yüzey özelliklerinin detaylı bir şekilde incelenmesi için SEM görüntüleri alınmıştır. Aşınma testleri 2N ve 3N yük ve mesafe olarak 100m için yapılmıştır. Aşınma Deneyleri esnasında hava sıcaklığı ortalama 25°C ve nem oranı %30 civarındadır. Yüzey pürüzlülüğünün malzeme aşınma direncine etkisinin incelenmesi için yüzey pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Aşınma deneyi ile numunelerin sürtünme katsayıları ve aşınma hacimleri hesaplanmıştır. Aşınan yüzeylerden SEM ve EDS analizi yapılmıştır.

Tablo 1. AISI 316 Paslanmaz çeliğinin kimyasal özellikleri

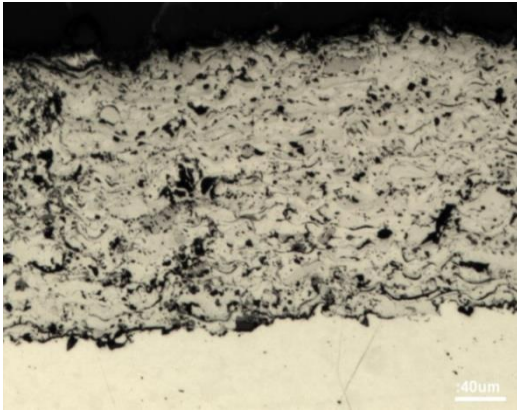
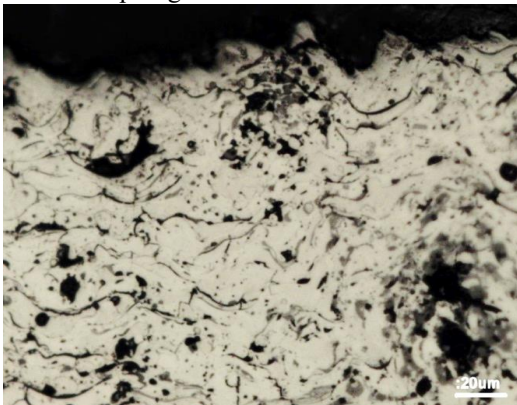
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
0,039	1,8116	0,6704	0,0323	0,0056	16,5397	10,2502	1,8877	0,2313

Tablo 2. Kullanılan tozların kütlece oranları

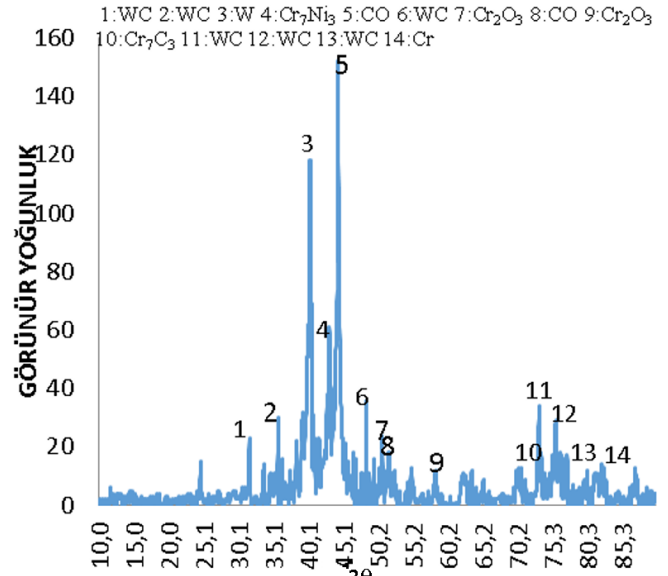
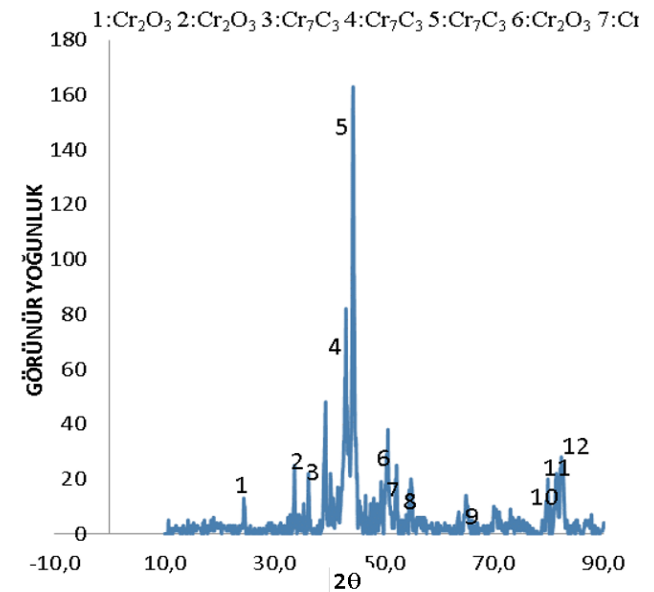
Toz-1	Toz-2
%100 Woka 7202 Cr ₃ C ₂ -25NiCr	%50 Woka 7202 Cr ₃ C ₂ -25NiCr
	%50 Diamalloy 2002 (WC12Co)

3. BULGULAR

Şekil 2 ve 3' de Toz 1 ve Toz 2 kullanılarak termal spray kaplama yapılan numunelerin kesit yapılarının optik mikroyapıları verilmektedir. Optik görüntülerden de anlaşılacağı üzere kaplama tabaka kalınlıkları tozların içerik durumuna göre değişiklik göstermektedir. %100 7202 Woka tozu kullanılarak yapılan kaplama işlemi kalınlığı 200 µm iken, %50 7202 Woka ve %50 2002 Diamalloy tozu kullanılarak yapılan kaplama işlemi kalınlığı 180 µm'dir. Yer yer ergimeyen tozlardan dolayı oluşan poroziteler göze çarpmaktadır. Genel olarak homojen denilebilecek bir kaplama tabakası görülmektedir.

**Şekil 2.** %50 7202 Woka tozu -%50 Diamalloy tozu 200x büyütmedeki optik görüntü**Şekil 3.** %100 7202 Woka tozu 200x büyütmedeki optik görüntüsü

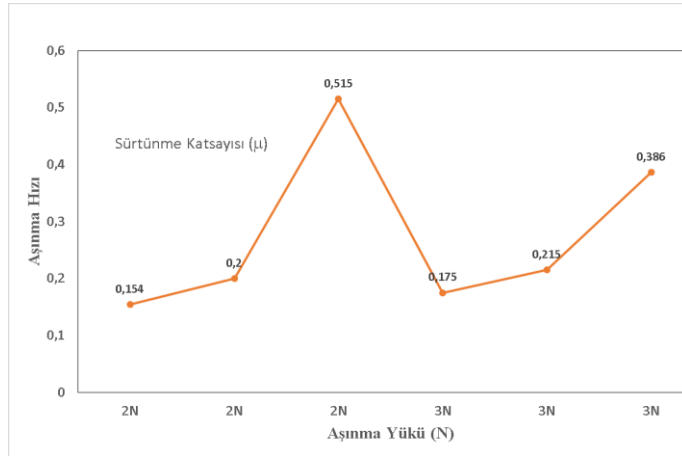
%100 7202 Woka tozu ve %50 Woka tozu ile %50 2002 Diamalloy tozu kullanılarak uygulanan atmosferik plazma sprey kaplı AISI 306 paslanmaz çeliklerinin XRD analizleri yapılmıştır (Şekil4-5). Kaplama ile numunelerin yüzeylerinde toz içeriklerinde bulunan elementler ve oksit yapılarına ait fazlar gözlemlenmiştir. Bu fazlar sert fazlardır. Bu fazların varlığı mekanik özelliklerinin gelişimi açısından son derece önemlidir. Tungsten faz içeriklerin varlığı yüzey mekanik özelliklerinin gelişimine katkı verecektir. Özellikle %50 7202-%50-2002 olarak karışım hazırlanmış toz yapısındaki sert fazlar yoğunudur.

**Şekil 4.** %50 7202 Woka tozu ve %50 2002 Diamalloy tozu kullanılarak hazırlanan karışımın kaplama numunesine ait XRD analiz sonuçları.**Şekil 5.** %100 7202 Woka tozu kullanılarak hazırlanan kaplama numunesine ait XRD analiz sonuçları.

Kaplama işlemi ile oluşan sert fazlar sebebiyle yüzeyde sertlik değerlerinde artış görülmüştür. Altlık olarak seçilen paslanmaz çeliğin sertliği 200 HV iken yapılan kaplama işlemi ile yüzeyde ki sertlik değerlerinde neredeyse 5 katlık bir artış meydana gelmiştir. %100-7202 woka tozunun sertlik değerleri 1022 HV iken karışım tozunun 1200 HV'dir. Bu sertlik artışı kaplama işlemi ile meydana gelen sert faz oluşumlarına atfedilmektedir.

3.1 Aşınma Testleri

Hız, yüzey pürüzlülüğü, malzeme sertliği, karşı yüzey malzeme cinsi, oluşan film tabakası, ortam şartları, uygulanan yük gibi parametrelere bağlı olarak sürtünme katsayısı değişiklik göstermektedir. Uygulanan yük artmasıyla sürtünme katsayısı ve aşınma oranında artış görülür. Yapı içerisinde oluşan karbür gibi sonradan oluşan fazlar da sürtünme katsayısını etkilemektedir. [7, 8, 10].



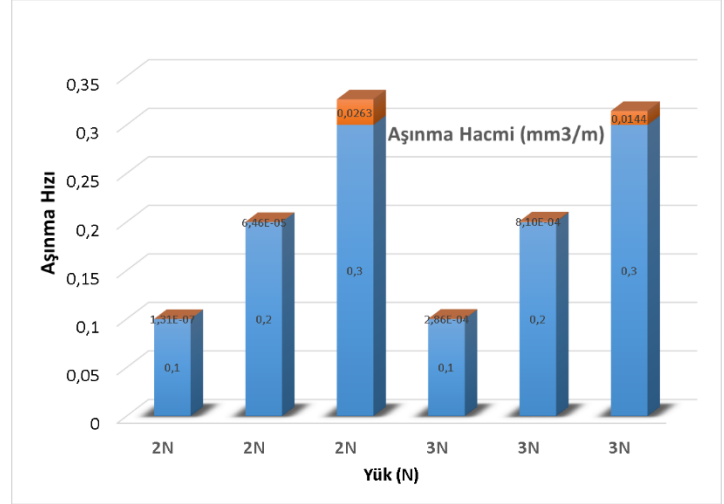
Şekil 6. 2N yük altında, 100m mesafede 0,1, 0,2 ve 0,3m/sn hızda aşınma sonucu numunelere ait sürtünme katsayısı-yük grafiği.

Şekil 6'da farklı yükler altında, 100 metre mesafede 0,1 m/sn 0,2m/sn ve 0,3m/sn hızda aşınma testlerinde sürtünme katsayılarının yük ve hız ile ilişkisi verilmiştir. %100 7202 woka tozu kullanılarak yapılan kaplamadaki sürtünme katsayısının karışıminkine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. XRD analizlerinden de görüldüğü üzere karışım tozu ile yapıda daha fazla sert faz tespit edilmiştir. Yapıdaki bu sert fazlar sürtünme katsayı değerlerinde pozitif bir etki yaparak düşüşe neden olmuştur[9]. 2N yük altında en yüksek sürtünme katsayısı görülmüştür. 0,3 m/sn hız ve 3N yük etkisi altında görülen sürtünme katsayısının düşüşünün sebebi yük artışıyla aşınma ürünleri numune yüzeyine sıvanmış ve sürtünme katsayısının düşüşüne neden olmuştur.

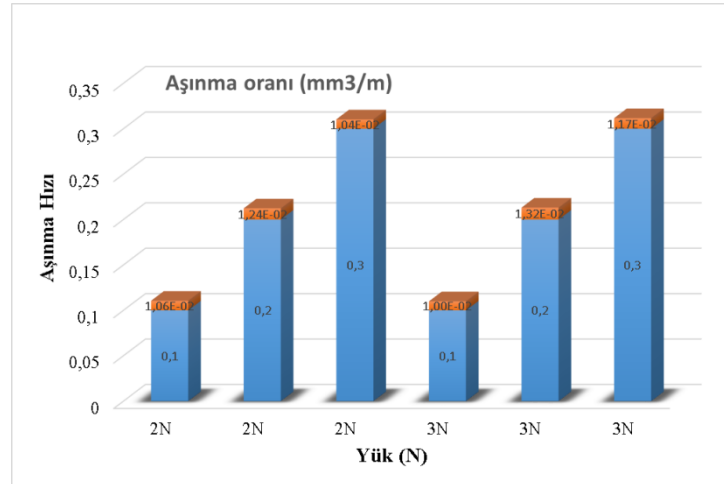
Ünal ve arkadaşları sürtünme katsayısındaki azalmaya yükün artış göstermesini neden olarak görmüşlerdir [12]. Kaplama tozlarının içerisinde Cr, Mo, W gibi karbür yapıcı elementler bulunuyorsa krom karbür, volfram karbür gibi çökeltiler oluşabilir ve bu durumda aşınma direnci arttırır. Yapıda ki karbür fazları abrasif aşınmaya direnci arttırmakta

fakat sertlik ve aşınma direnci arasında doğrudan bir ilişki bulunmamaktadır [13].

Uygulanan hız arttıkça kaplama yüzeyinde meydana gelen iz derinliği ve sürtünme katsayısı da artış göstermiştir. Bununla birlikte aşınma oranlarında da benzer durum söz konusudur.



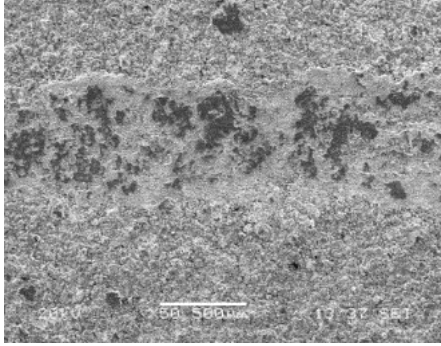
Şekil 7. %100 Woka 7202 tozu kullanılarak hazırlanan numunelerde 100 metre mesafede 0,1 m/sn, 0,2m/sn ve 0,3 m/sn hızlarda 2N, ve 3N yükler altında aşınma oranı grafiği



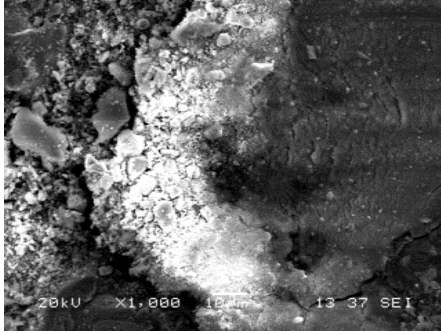
Şekil 8. %50 Woka 7202 -%50 Diamalloy 2002 tozları kullanılarak hazırlanan numunelerde 100 metre mesafede 0,1 m/sn, 0,2m/sn ve 0,3 m/sn hızlarda 2N ve 3N yük altında aşınma oranı grafiği.

Uygulanan yük arttıkça genel olarak aşınma oranında artış görülmüştür. Aynı şartlar altında hızın artmasıyla aşınma oranı benzer şekilde artış göstermiştir. Aşınma oranı %50 7202 woka tozu - %50 2002 diamalloy tozu kullanılarak yapılan kaplamalarda daha düşüktür. Karışım tozunun içerisinde var olan poroziteler kaplamanın aşınma dayanımını arttırmıştır. % 100 -7202 tozu kullanıldığında kaplama içeriğindeki porozite miktarı biraz daha düşük olduğu için bu tozla yapılan kaplamanın aşınma oranı daha yüksektir (Şekil 8).

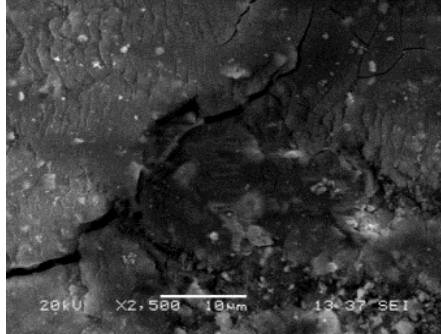
Şekil 9'da %50 Diamalloy 2002 ve %50 Woka 7202 tozları kullanılarak 2N yük altında 0,3 m/sn hızla 200 metre mesafede kaplanan numunenin SEM görüntüleri gösterilmiştir. Yüzeyde ki izlerden görüleceği üzere plastik deformasyon meydana gelmiştir. İnce kılcal çatlak oluşumları gözlemlenmiştir. Aşınma ürünleri yüzeyde görülmektedir. Kaplamada aşınma hızı yüksek olması sebebiyle ayrılmalarda meydana gelmiştir [14]. Hız artışı yüzeyde deformasyonu hızlandırmıştır.



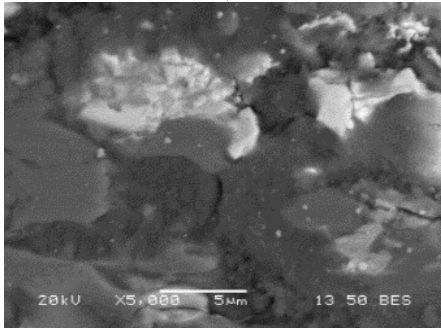
a)



b)



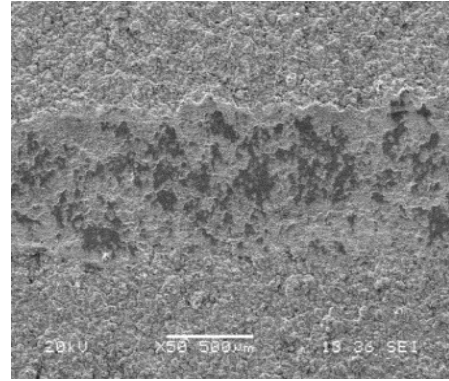
c)



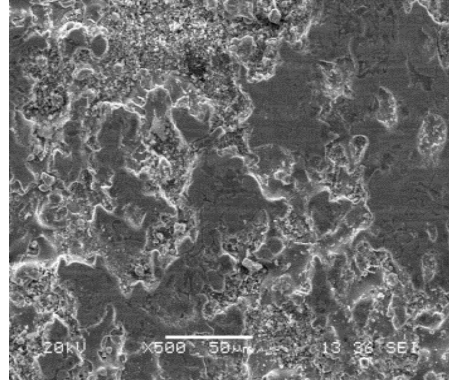
d)

Şekil 9. %50 Diamalloy 2002 ve %50 Woka 7202 tozları kullanılarak 2N yük altında 0,3 m/sn hızla 200 metre mesafede aşındırılm numunenin SEM görüntüleri.

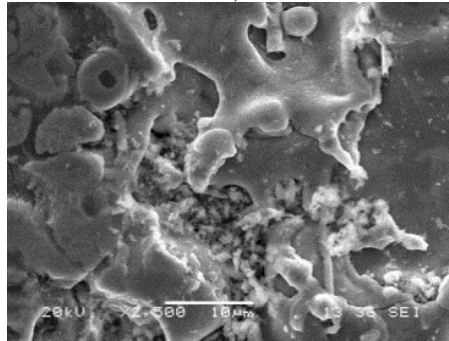
Şekil 10. %100 Woka 7202 tozu kullanılarak 2N yük altında 0,3 m/sn hızla 200 metre mesafede kaplanan numunenin SEM görüntüleri verilmiştir. Yüzeyde abrazyif aşınma oluşumları görülmektedir [14].



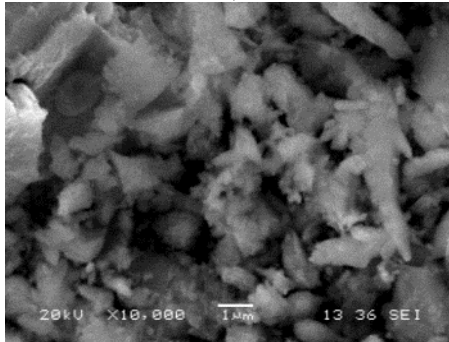
a)



b)



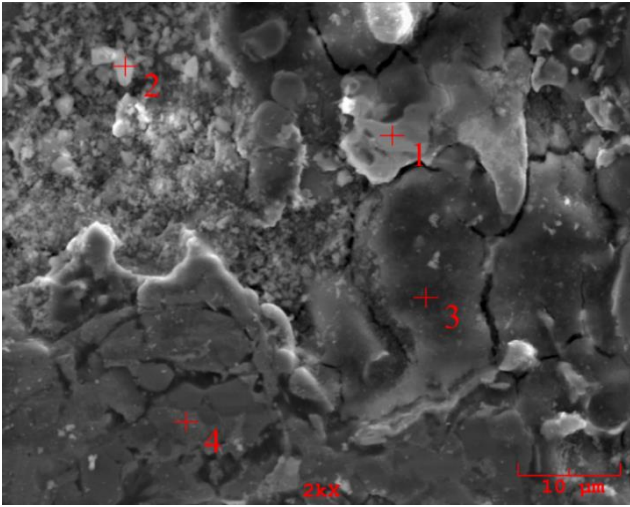
c)



d)

Şekil 10. %100 Woka 7202 tozu kullanılarak 2N yük altında 0,3 m/sn hızla 200 metre mesafede kaplanan numunenin SEM görüntüleri.

Şekil 11’de 2N yük altında 0,1 m/sn hızla 100 metre mesafede %50 Diamalloy 2002 ve %50 Woka 7202 tozları kullanılarak hazırlanan kaplama numunesinin EDS görüntüsü gösterilmiştir. Elementel analiz sonuçları Tablo 7’de verilmektedir. 1.bölgede çok yüksek miktarda W görülmesine rağmen yüzeyden içerilere doğru gidildikçe azalma eğilimi göstermiştir. 1. bölgede ağırlıkça çok az miktarda bulunan Ni elementi diğer bölgelerde artış göstermiştir. Oksijen elementi analiz sonucunda açık atmosferde yapıldığı için oksijenin var olması beklenen bir sonuçtur. Oksitlenme arttıkça daha fazla aşınma meydana gelecektir.



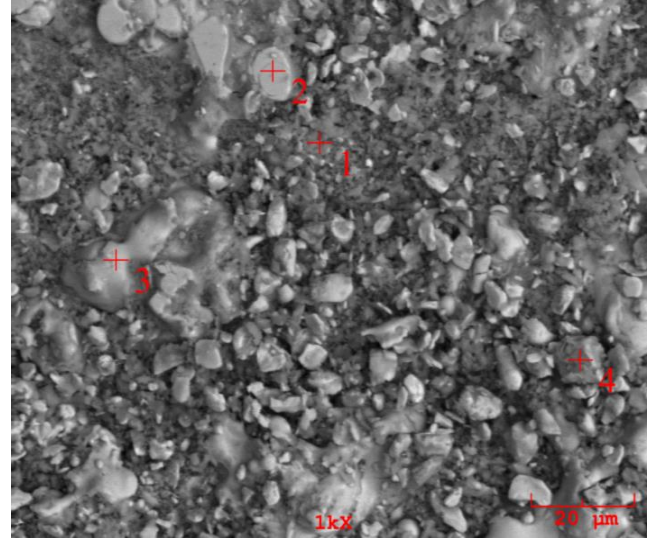
Şekil 11. 2N yük altında 0,1 m/sn hızla 100 metre mesafede %50 Diamalloy 2002 ve %50 Woka 7202 tozları kullanılarak hazırlanan kaplama numunesinin EDS görüntüsü.

Tablo 6. 2N yük altında 0,1 m/sn hızla 100 metre mesafede %50 Diamalloy 2002 ve %50 Woka 7202 tozları kullanılarak hazırlanan kaplama numunesinin 1, 2, 3 ve 4 no’lu noktalardan alınmış EDS analizleri.

No	%C	%O	%Al	%Cr	%Ni
1	0.327	22.926	0.395	64.385	11.966
2	2.860	8.550	0.154	66.674	21.762
3	1.512	21.848	0.178	61.400	15.063
4	0.209	5.890	0.060	75.591	18.251

Şekil 12. 2N yük altında 0,2 m/sn hızla 100 metre mesafede %100 Woka 7202 tozları kullanılarak hazırlanan kaplama numunesinin EDS görüntüsü gösterilmiştir. Analiz sonucu incelendiğinde (Tablo.7) yapı içerisinde Al elementi azalma eğilimi göstermiştir. Cr ve Ni elementleri ağırlıkça kullanılan tozun içeriğine bağlı olarak beklenen miktarlardadır. Açık atmosferde yapıldığı için yüzeyde oksijen birikmesi beklenen bir sonuçtur. Yapı içerisinde var olan WC aşınmaya karşı direnci arttırmaktadır. Aşındırıcı bilye olarak alümina kullanılmıştır bilyeden aşınmaya maruz kalıp bilyeden ayrılan ve sistemden uzaklaştırılmaması

parçacığın malzeme yüzeyinde olduğu gözlenirken oksit yapıların varlığı da belirlenmiştir. Yüksek miktarlardaki oksitlenme daha fazla aşınma kaybı anlamına gelmektedir.



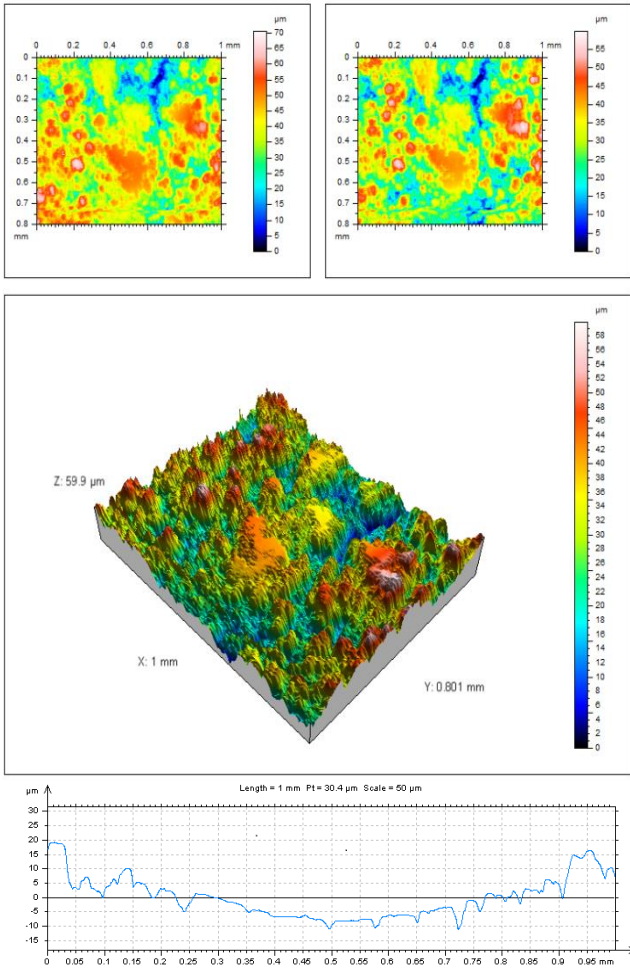
Şekil 12. 2N yük altında 0,2 m/sn hızla 100 metre mesafede %100 Woka 7202 tozları kullanılarak hazırlanan kaplama numunesinin EDS görüntüsü

Tablo 7. 2N yük altında 0,2 m/sn hızla 100 metre mesafede %100 Woka 7202 tozları kullanılarak hazırlanan kaplama

No	%C	%O	%Al	%Cr	%Fe	%Co	%Ni	%W
1	1.9 71	0.90 0	0.23 4	1.86 6	0.40 5	5.26 5	2.72 8	86.6 31
2	4.8 69	22.9 13	0.42 1	52.0 60	0.21 8	0.03 1	17.5 29	1.96 0
3	0.9 55	30.7 81	1.55 7	35.0 97	0.83 1	0.86 0	22.4 44	7.47 5
4	2.5 59	4.60 2	0.30 9	31.2 33	0.41 7	0.17 6	59.1 98	1.26 3

numunesinin 1, 2, 3 ve 4 no’lu noktalardan alınmış EDS analizleri.

Şekil 13’te %100 Woka tozu kullanılarak hazırlanan numunenin aşınma yüzeyinin küçük bir alanına ait 3 boyutlu pürüzlülük görüntüsü verilmektedir. Yapılan test sonucunda 3D optik yüzey profilometresi kullanılarak aşınma sonrası yüzey yapısı incelendiğinde homojen bir dağılımın söz konusu olmadığı görülmüştür. Uygulanan kaplama işlemi sonucu numune yüzeyinde 59,9 µm derinliğine sahip olan numunede yer yer yüzey derinlik farklılıkları mevcuttur. Aşınmanın kaplamada meydana getirdiği deformasyon iz derinliklerinin farklılığına sebep olmuştur. Kaplama üst yüzeyinden alınan görüntülerde yüzey topografyasında farklılıklar görülmektedir. Kırmızı renk en derin bölgeyi ifade etmektedir.



Şekil 13. %100 Woka tozu kullanılarak hazırlanan numunenin aşınma sonrası yüzeyden alınan 3 boyutlu pürüzlülük görüntüsü.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yapılan bu deneysel çalışmada, AISI 316 paslanmaz çelik yüzeyleri atmosferik plazma tekniği ile farklı tozlar ve toz karışımları kullanılarak yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. İlk kaplama numunesi tozu olarak %100 7202 woka tozu, ikincisinde ise %50 7202 Woka ve %50 2002 Diamalloy toz karışımı kullanılmıştır. Atmosferik plazma sprey kaplama yöntemi tercih edilmiştir yapılan deneysel çalışmalar sonucunda;

1-Metalografik incelemeler sonucunda, tabaka kalınlığının kullanılan toz içeriklerine bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Kaplama tabaka kalınlıkları %100 7202 Woka tozu kullanılarak yapılan kaplama işleminde 200 µm iken, %50 7202 Woka ve %50 2002 Diamalloy tozu kullanılarak yapılan kaplama işleminde 180 µm'dir.

2-Yüzeyde ergime ve birtakım bozulmalar gözlemlenmiştir. Özellikle %100 7202 Woka tozu kullanılarak yapılan kaplamalarda diğer karışım toz tabakasına göre daha poroziteli olduğu görülmektedir. Yer yer ergime problemleri oluşmuştur. Az oranda da olsa yer yer bu problem

görülmüştür. Tamamen düz ve homojen bir yüzey oluşmamasına neden olarak yüzeye püskürtülen tozların ergime noktalarının farklı olmasına bağlayabiliriz. Ergimelerde bazen cihaz kaynaklı sıkıntılar oluşabilmektedir.

3-SEM analizleri neticesinde yapıda gözenekli poroz yapıların mevcudiyeti söz konusudur. Buna oksijenin neden olduğu düşünülmektedir. Yapılan kaplama işlemi açık atmosfer şartları altında uygulandığı için EDS analizleri sonucunda oksijen elementine rastlanması beklenen bir sonuçtur. Poroz bir yapı olağandır.

4-XRD analizleri sonucunda kaplama tabakasında %50 7202 Woka tozu ve %50 2002 Diamalloy tozu kullanılarak hazırlanan karışımın WC, W, Cr₇Ni₃, CO, Cr₂O₃, Cr₇C₃, Cr bileşiklerinin oluştuğunu göstermiştir. Oluşan bu fazların varlığı aşınma dayanımını ve sertlik değerlerini artırmaktadır. Ayrıca numune pik şiddetleri değerlerinde değişikliğe yol açmış olduğu görülmüştür. En yüksek pike sahip olan fazlar W ve CO'dur. %100 7202 Woka tozu kullanılarak hazırlanan kaplama numunesinde oluşan fazlar ise Cr₂O₃, Cr₇C₃, Cr₂C₃, Cr'dur. En yüksek pike sahip olan faz miktarca da yüksek oranda bulunuyor demektir. Cr₂C₃ yapı içerisinde en fazla bulunan bileşiktir. Sertlik değerlerindeki artışa bu sert fazlar neden olabilir.

5-Kaplama yapılan numunelerden alınan mikrosertlik değerleri kaplama öncesine kıyasla arttığı görülmüştür. Kaplama yapılmadan alınan çelik sertlik değeri 200HV'dir. Kaplama tabakasının farklı bölgelerinden alınan ortalama mikrosertlik değerlerinde elde edilen en yüksek değer 1200 HV (%50 7202 Woka Tozu-%50 2002 Diamalloy Tozu), en düşük değer 1022 HV (%100 7202 Woka Tozu). Sertlik değerlerinin farklılığına sebep olarak toz içeriğinin farklı olması görülmüştür. Farklı toz karışımı ile yeni ve farklı sert fazlar oluşmuştur. Bu sert fazlar mikro sertlik değerlerinde pozitif bir eğilim sağlayarak artışa neden olmuştur.

6-Aşınma testi 2N, ve 3N yükler uygulanarak 0,1, 0,2 ve 0,3 m/sn hızlarda 100metre mesafelerde yapılmıştır. Yük arttıkça sürtünme katsayısında da artış gözlemlenmiştir. Bu deney sonucunda en düşük sürtünme katsayısı 2N yük uygulanarak 0,1 m/sn hızla 100 metre mesafedeki numunede 0,154 (µm) olarak ölçülmüştür. Yükteki azalma sürtünme katsayısında azalmaya neden olmuştur. Buna bağlı olarak aşınma oranlarını da etkilemiş olduğu düşünülmektedir. Hızın artmasıyla sürtünme katsayısının artması yüzeyde oluşan aşınma ürünlerinin varlığından dolayı olabilir. Oluşan sert fazlar sürtünme katsayısı değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Aşınma esnasında elde edilen aşınma ürünlerinde alümina bilyadan kopan parçaların miktarı fazladır. Açık atmosfer koşullarında yapıldığı için oksitlenen yüzeyler metallerin temasını engellediği için adhezyon aşınmasını azaltmaktadır.

7-Yapılan yüzey pürüzlülük test sonucunda 3D olarak yüzey yapısı incelendiğinde kaplama tabakasında homojen bir dağılımın söz konusu olmadığı görülmüştür. 3D

görüntülerde görüldüğü üzere aşınma yüzeylerinde plastik deformasyon oluşumları ve malzeme kopmaları gözlemlenmiştir. Derinlik farklılıkları vardır. Bu da bölgesel olarak aşınma oluşumuna verilen tepkisel farklılıktan kaynaklanmaktadır. Bölgesel olarak kaplamalarda kopmalar bu sebeptendir. Farklı renklerle ifade edilen kaplamada ki derinlik ve yükseklik ifadelerinden yüzeydeki aşınma oluşumları net bir şekilde görülebilmektedir.

5.KAYNAKÇA

- [1] A. Z. Bir, H.T. Kuloglu, Y. Baykal and Y. Cai, "Beam wander characteristics of cos and cosh-Gaussian beams," Appl. Phys. B, vol. 95, 763-771pp, May 2009.
- [2] U ÖZDEMİR, M ERTEN, "Plazma (İyon) Nitrürleme Yöntemi ve Malzeme Özellikleri Üzerindeki Etkisi", Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 41-48pp, 2003
- [3] E.Çelik, "Yüzeylerin Kaplanması", Erdemir Bilim ve Teknoloji Serisi", 1-8pp, 2006
- [4] E ÇELİK, "Plazma sprey tekniğiyle üretilen seramik kaplamaların korozyon davranışlarının incelenmesi", Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 1995.
- [5] H HERMANN, S SAMPATH, "Thermal spray coating", lesson note, State University of New York, 2008.
- [6] A. Ş DEMİRKIRAN, MgZrO₃ Esaslı Fonksiyonel Değişken Kaplamaların İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 1997.
- [7] B. Bhushan, "Principles and applications of tribology", John Wiley and Sons USA, 1020-1024pp, 1999
- [8] M.B Karamış, "Tribological behaviour of plasma nitrided 722M24 material under dry sliding conditions", Wear, 147, 385-399 pp, 1991
- [9] S.Jahanmir, "Wear Transitions and Tribochemical Reactions in Ceramics". Engineering Tribology, 216 (6), 371-385pp, 2002
- [10] Y.Q.Wang,, J. Li, "Sliding wear behavior and mechanism of ultra-high molecular weight polyethylene" Materials Science and Engineering, A266, 155-160pp, 1999
- [11] H.Ünal, U. Sen, A. Mimaroglu, Dry sliding wear characteristics of some industrial polymers against steel counterface, Tribology International 37, 727-732pp, 2004
- [13] J.J Coronado, H.F Caicedo, A.L Gómez, "The Effects of Welding Processes on Abrasive Wear Resistance for Hardfacing Deposits", Tribol. Int., 42, 745-749pp, 2009
- [14] Y. Hao,B.Gao,G.F. TuS.W. LiS.Z. HaoC. Dong, "Surface modification of Al-20Si alloy by high current pulsed electron beam," Applied Surface Science Volume 257, 3913-3919pp, 2011