

ISSN:1306 3111

www.newwsa.com



Engineering Sciences

Series:1A

ISSN:1308-7231

NWSA

E-Journal of New World Science Academy



ISSN:1306 3111
New World Sciences Academy
E-Journal of New World Sciences Academy
Uluslararası Hakemli E-Dergi/E-Journal with International Referee
Üç ayda bir yayınlanır (Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim).
Published three-monthly (January, April, July, and October).

Yıl/Year : 2010
Cilt/Volume : 5
Sayı/Number : 1
Seri/Series : 1A
Seri Adı/Series's Name: Engineering Sciences (ISSN:1308-7231)



EBSCO PUBLISHING veri tabanında taranmaktadır.
Indexed in EBSCO PUBLISHING index.

Yazışma Adresi/Address of Correspondence

E-Journal of New World Sciences Academy
P.K. 29 Elazığ-Türkiye
www.newwsa.com

Genel Yayın Yönetmeni ve İmtiyaz Sahibi/Chief Editor and Owner

Dr. Cevdet Emin Ekinci University of Firat

Mühendislik Bilimleri Yayın Yönetmeni/Engineering Sciences Editor

Dr. Aydın Durmuş University of Ondokuz Mayıs

Editörler/Editors

Dr. Adil Baykasoğlu	University of Gaziantep
Dr. Aydın Durmuş	University of Ondokuz Mayıs
Dr. Cevdet Emin Ekinci	University of Firat
Dr. Eyüp Sabah	University of Afyon Kocatepe
Dr. Fehiman Çiner	University of Pamukkale
Dr. Hüseyin Canpolat	University of Mersin
Dr. Koray Tunçalp	University of Marmara
Dr. Manaf Manafov	University of Adiyaman
Dr. Mehmet Bayburt	University of Ege
Dr. Murat Elibol	University of Ege
Dr. Mustafa Erdem Üreyen	University of Eskisehir Anadolu
Dr. O.Ayhan Erdem	University of Gazi
Dr. Okşan Kansoy	University of Ege
Dr. Ömer Keleşoğlu	University of Firat
Dr. Özlem Pelin Can	University of Cumhuriyet
Dr. Sevil Bayburt	University of Ege
Dr. Sezgin Kaçar	University of Sakarya
Dr. Ufuk Teoman Aksoy	University of Firat

Editör Yardımcıları/Subeditors

Dr. Ahmet Gürkan Yüksel	University of Cumhuriyet
Dr. Ayhan Orhan	University of Firat
Dr. Ayşe Çelik Bedeloğlu	University of Dokuz Eylül
Dr. İsmail Sarıtaş	University of Selcuk
Dr. Mürsel Erdal	University of Gazi
Dr. Müslim Murat Saç	University of Ege

Yazı İşleri Müdürü/Desk Editor

Sadık Sezgin Ozan NWSA

Yayın Sekreterleri/Editorial Secretaries

Elif Müge ORAKOĞLU University of Firat
Melek Dikmen NWSA

İstatistik ve WEB Sorumlusu/Statistics and WEB Master

Özgür Aydın NWSA

Yayın Kurulu/Editorial Board

Dr. Asaf Varol	University of Firat
Dr. Boris T. Rachev	Technical University of Varna
Dr. H.Soner Altundoğan	University of Firat
Dr. İlker Bekir Topçu	University of Osmangazi
Dr. İsmail Sarıtaş	University of Selcuk
Dr. Mehmet Demirci	University of Trakya
Dr. Mehmet Ülker	University of Firat
Dr. Murat Doğruel	International Uni.of Sarajevo
Dr. Nuri Orhan	University of Firat

Dr. Sabit Oymael	University of Trakya
Dr. Serap Kahraman	University of Dokuz Eylul
Dr. Teoman Ayhan	University of Bahrain
Dr. Vaclav Mentl	University of West Bohemia

Hakemler-Danışmanlar/Academic Referee-Advisers

Dr. Abdülkadir Şengür	University of Firat
Dr. Abdülmacit Güldeş	University of Gazi
Dr. Ahmet Korhan Binark	University of Marmara
Dr. Ali Kemal Yakut	University of Süleyman Demirel
Dr. Aynur Kazaz	University of Akdeniz
Dr. Ayşe Nil Türkeri	University of İstanbul Technical
Dr. Banu Hatice Gürcü	University of Gazi
Dr. Cengiz Yıldız	University of Firat
Dr. Coşkun Harmanşah	University of Ege
Dr. Ebru Akpınar	University of Firat
Dr. Erhan Akın	University of Firat
Dr. Erol Kılıçkap	University of Dicle
Dr. Fehim Fındık	University of Sakarya
Dr. Hacı Mehmet Şahin	University of Gazi
Dr. Hakan Arslan	University of Mersin
Dr. Hüseyin Yapıcı	University of Erciyes
Dr. İsmail Sarıtış	University of Selcuk
Dr. M.Yaşar Sepetcioğlu	University of Harran
Dr. Mehmet Ali Akçayol	University of Gazi
Dr. Mehmet Emin Öncü	University of Dicle
Dr. Mehtap Muratoğlu	University of Firat
Dr. Muhsin Tunay Gençoğlu	University of Firat
Dr. Mustafa Kaya	University of Firat
Dr. Nurşen Suçsuz	University of Trakya
Dr. Oktay Pamuk	University of Ege
Dr. Orhan Torkul	University of Sakarya
Dr. Ömer Keleşoğlu	University of Firat
Dr. Ragıp İnce	University of Firat
Dr. Salih Taner Yıldırım	University of Kocaeli

2010/1 Sayının Diğer Hakemleri-Danışmanları

Other Academic Referees-Advisers For 2010/1 Issue

Müzeyyen Bulut Özek	University of Firat
Dr. Hakan Işık	University of Selcuk
Dr. M.Mustafa Yıldırım	University of Dumlupınar
Dr. Niyazi Özdemir	University of Firat
Dr. Selahattin Gönen	University of Dicle
Dr. Sermin Ozan	University of Firat
Dr. Sezai Tokat	University of Pamukkale
Dr. Şevki Demirbaş	University of Gazi
Dr. Tülay Yıldız	University of Firat
Dr. Uçman Ergun	University of Afyon Kocatepe
Dr. Uğur Çalığılü	University of Firat
Dr. Abdulkerim İlgün	University of Selcuk
Dr. Atila Dorum	University of Gazi
Dr. Banu Hatice Gürcüm	University of Gazi
Dr. Bekir Yıldırım	University of Dokuz Eylül
Dr. Coşkun Harmanşah	University of Ege
Dr. Fahri Birinci	University of Ondokuz Mayıs
Dr. Fethi Dağdelen	University of Firat
Dr. Gökhan Durmuş	University of Gazi
Dr. H. Süha Aksoy	University of Firat
Dr. Haluk Kejanlı	University of Dicle
Dr. İlhami Çolak	University of Gazi
Dr. İlknur Bekem	University of Ahi Evran
Dr. Mehmet Karataş	University of Firat
Dr. Mutlu İçhedef	University of Ege
Dr. Mürsel Erdal	University of Gazi
Dr. O. Ayhan Erdem	University of Gazi
Dr. Ömer Keleşoğlu	University of Firat
Dr. Pinar Çelik	University of Ege
Dr. R. Berfu Turan	University of Dokuz Eylül
Dr. Ramazan Bayındır	University of Gazi
Dr. Serap Kahraman	University of Dokuz Eylül
Dr. Tülay Esin	Gebze High Technology Institute
Dr. Tülay Yıldız	University of Firat
Dr. Yaşar Yavuz	University of Dokuz Eylül
Dr. Zülfü Genç	University of Firat

İÇİNDEKİLER/CONTENTS (2010/1)

- ❖ Analog sinyalin 12 bit çözünürlükte dijital sinyale dönüştürülmesi
(Converting analog signal to 12 bit resolution digital signal)
(Article Number: 1A0060)1-7
Yavuz Ege ve Mehmet Gökhan Şensoy
- ❖ İnşaat teknikerliği istihdamında inşaat firmalarının önem verdiği
kriterlerin belirlenmesi
(Construction companies' importance of the
determination criterias for construction technician employment)
(Article Number: 1A0061)8-23
Latif Onur Uğur ve Serdar Korkmaz
- ❖ Petek yapıllı sandviç yapılarda köpük dolgusunun kritik burkulma yüküne etkisi
(The effect on the critic buckling load of foam filling on the honeycomb sandwich
structures)
(Article Number: 1A0062)24-34
Murat Yavuz Solmaz ve Mete Onur Kaman
- ❖ Plazma transferli ark kaynak yüzey işlemiyle AISI 304 paslanmaz çelik yüzeyine
WC-Ni-B₄C kompozit kaplamasının mikroyapısal karakteristiği
(Microstructural characteristic of WC-Ni-B₄C reinforced composite coatings
on AISI 304 stainless steel by plasma transferred arc weld surfacing)
(Article Number: 1A0063)35-47
Soner Buytoz, Mustafa Ulutan, Bülent Kurt, Serkan Islak ve İlyas Somunkıran
- ❖ The effects of temperature on biological phosphorus removal in
anaerobic/anoxic sequencing batch reactor (Anaerobik/anoksik
ardışık kesikli reaktörde biyolojik fosfor giderimine sıcaklığın etkisi)
(Article Number: 1A0064)48-54
Engin Gürtekin
- ❖ Senkronoskop cihazının mikrodenetleyici tabanlı olarak gerçekleştirilmesi
(Microcontroller-based synchroscope implemented)
(Article Number: 1A0065)55-63
İlhan Garip, Sertaç Beyhan ve İlhami Çolak
- ❖ Türkiye'deki güç sisteminde tavlama benzetimi, genetik algoritma ve tabu araştırma
algoritmaları kullanılarak ekonomik dağıtım
(Economic dispatch by using simulated annealing, genetic algorithm and taboo search
algorithms power system in Turkey)
(Article Number: 1A0066)64-78
Serhat Duman, M.Kenan Döşoğlu, Ali Öztürk ve Pakize Erdoğmuş
- ❖ 112 acil servis için gprs tabanlı 12 derivasyon ekg görüntüleme sisteminin
gerçekleştirilmesi
(Application of gprs based 12 derivation ekg telemonitoring system for 112 emergency
service)
(Article Number: 1A0067)79-87
Uğur Fidan ve Tayfun Burak Aktürk
- ❖ İnsan-bilgisayar etkileşimi aracı olarak metin tabanlı diyalog sistemi için
Türkçe'nin morfolojik ve anlamsal analizi
(Morphological and semantic analyss of Turkish language for text based dialogue
system as a tool of human-computer interaction)
(Article Number: 1A0068)88-103
Özcan Özyurt ve Hatice Özyurt



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 1, Article Number: 1A0063

ENGINEERING SCIENCES

Received: September 2009

Accepted: January 2010

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Soner Buytoz¹ Mustafa Ulutan²

Bülent Kurt³ Serkan Islak⁴

İlyas Somunkıran²

Firat University¹; Osmangazi University²

Bartın University³; Kastamonu University⁴

sbuytoz@firat.edu.tr

Elazığ-Turkey

PLAZMA TRANSFERLİ ARK KAYNAK YÜZEY İŞLEMİYLE AISI 304 PASLANMAZ ÇELİK YÜZEYİNE WC-Ni-B₄C KOMPOZİT KAPLAMASININ MİKROYAPISAL KARAKTERİSTİĞİ

ÖZET

Bu çalışmada, AISI 304 paslanmaz çelik yüzeyine B₄C-Ni-WC karbür ve element tozlar plazma transferli ark kaynak kaplama yöntemiyle alaşımlandırılmıştır. Kaplama tabakası; optik mikroskop (OM), taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışın difraktogramı (XRD) ve X ışını enerji dağılım spektrometresinden (EDS) faydalanılarak incelenmiştir. Optik mikroskop ve mikroyapı incelemeleri neticesinde, kaplama tabakası ile alt tabakanın birbirlerine metalurjik olarak bağlandığı ve yapıda ostenit (γ), (Cr,W)₂B, Fe₂₃(C,B)₆, Cr₇C₃ ile Ni₄B₃ faz ve karbürleri belirlenmiştir. Kaplama tabakasının adhezyon aşınma direnci, yapıda mevcut karbür ve fazlardan dolayı, alt tabakaya göre oldukça yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plazma Transferli Ark Kaplama, Mikroyapı, Karbürler, Abrazif Aşınma, Bor Karbür

MICROSTRUCTURAL CHARACTERISTIC OF WC-Ni-B₄C REINFORCED COMPOSITE COATINGS ON AISI 304 STAINLESS STEEL BY PLAZMA TRANSFERRED ARC WELD SURFACING

ABSTRACT

In this study, B₄C-Ni-WC powder was been alloyed on the 304 stainless steel surface by using plasma transfered arc (PTA) weld surfacing process. Alloyed layer and interface were examined with optical microscope (OM), scanning electron microscope (SEM), and X-Ray diffraction (XRD) and energy dispersive spectograph. OM and SEM observations have been shown that the obtained coating had a smooth and uniform surface, as well as a metallurgical combination with the AISI 304 stainless steel substrate without cracks and pores at the interface. The austenite (γ), (Cr,W)₂B, Fe₂₃(C,B)₆, Cr₇C₃ and Ni₄B₃ phase and carbides have been determined in the microstructure. The adhesive wear resistance of the coating layer is higher than the AISI 304 stainless steel substrate material due to the forming of hard carbides.

Keywords: Plasma Transferred Arc Coating, Microstructure, Carbides, Abrasive Wear, Bor Carbide

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Plazma transferli ark kaynak yüzey işlemleri kaplama mühendisliğinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemde, kaplama tozları kaplanacak malzemenin yüzeyinde plazma transferli ark kaynak yöntemiyle oluşturulan ergiyik havuza ayrı bir toz besleme ünitesiyle yedirilir. [1]. Bununla birlikte, kaplama tozları malzemenin yüzeyine özel bağlayıcılarla yapıştırılarak da kaplama işlemi gerçekleştirilmektedir [2]. Tozlar, plazma transferli ark kaynak yöntemi tarafından verilen enerjiyle ergitilerek kaplama işlemi yapılmaktadır [3].

Yüzey özellikleri ve kalitesi, kaplama işlemini gerçekleştirecek kaplama yöntemine ve seçilen alaşımlara bağlıdır [4]. Bu yüzden, plazma transferli ark kaynak yöntemi ve lazer kaplama gibi yüksek enerji yoğunluklu kaynaklar kullanılarak yapılan yüzey kaplamaları, yüzeylerin mekanik, korozyon ve tribolojik özelliklerini geliştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [5, 6 ve 7].

Kaplama tabakasının aşınma direncini artırmak için, kaplanacak malzemenin özelliklerinden daha üstün özelliklere sahip malzemelerin üretimi üzerine çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Genellikle Co, Ni ve Fe esaslı malzemelerin aşınma performansını yükseltmek için karbürler ve borürler kullanılmaktadır [8]. Skarvelis ve Papadimitriou [9] plazma transferli ark kaynak yöntemiyle orta karbonlu bir çelik yüzeyinde Fe esaslı TiC ve MoS₂ kompozit kaplama tabakalarını üretip mikroyapı ve triboloji özelliklerini incelemişlerdir. Birincil faz olan TiC dendritli kaplama tabakasının aşınma oranları MoS₂ ve TiC/MoS₂ kompozit kaplı malzemelerin aşınma oranlarından daha düşük değerde olduğu tespit edilmiştir. Liu ve çalışma arkadaşları orta karbonlu çelik yüzeyinde Fe-Cr-C-Ni elementel tozlarını kullanarak plazma kaynak yöntemiyle (Cr,Fe)₇C₃ takviyeli kompozit kaplamalarını üretmişlerdir [10]. Düşük karbonlu çelik yüzeyinde Fe-Ti alaşımı ile B₄C karbür tozları ergitilerek kaplama tabakaları üretilmiştir [11]. Kaplama tabakalarının katılaşma sonrası mikroyapıları ve mekanik özellikleri ark enerji yoğunluğuna, kaplama tozunun miktarı, biçimi ve boyutundan önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir.

Yao ve diğ. [12] plazma transferli kaynak yöntemiyle ürettikleri Co esaslı Cr-W-C-Mo Stellite alaşımlarının kaplama malzemesinin abrazyon, adhezyon ve erozif aşınma gibi mekanik özellikleriyle beraber, korozyon-oksidasyon direncini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, kaplama tabakasının mikroyapısında ötektik üstü ve ötektik altı karbürlerin varlığı sayesinde aşınma ve korozyon direncinin ana malzemeye göre oldukça iyi olduğunu belirlemişlerdir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, plazma transferli ark kaynak yöntemiyle, AISI 304 paslanmaz çelik yüzeyinde Ni esaslı WC ve B₄C takviyeli kompozit tabakası üretilmiştir. Kaplama tabakası farklı akım değerlerinde değerlerinde argon (Ar) koruyucu gaz atmosferi altında yapılmıştır. Kaplama tabakasının ve AISI 304 paslanmaz çelik ile kaplanan tabaka arayüzeyi optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X ışın analizleriyle incelenerek mikrosertlikleri tespit edilmiştir.

3. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL PROCESS)

3.1. Malzemeler (Materials)

Yüzey kaplama işlemlerinde alt tabaka malzemesi olarak, 100 mm x 20 mm x 10 mm ölçülerindeki AISI 304 ostenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Plazma transferli ark kaplama yöntemi öncesinde, paslanmaz çelik malzemelerinin yüzeyleri aseton ile temizlenerek kurutulmuştur. 3,5 mm genişlik ve 1,5 mm derinliğine sahip kanallar açılarak, kaplama tozlarının kanallara yerleştirilmesi sonrasında,

tozlar alkol ile karıştırılarak sıvanmıştır. Kaplama tozları olarak Tablo 1 de kimyasal bileşimleri verilen WC ile B₄C karbür ve Ni element tozları kullanılmıştır. Her bir tozun SEM görünüşü Şekil 1'de verilmiştir. Toz karışımı, yoğunlukları dikkate alınarak %60 WC+%10Ni+%30 B₄C oranlarında toplam 2,5 gr olarak belirlenmiştir. Plazma kaynak yüzey kaplama yönteminde kullanılan argon koruyucu gaz debisinden dolayı sıvanan yüzeyden uzaklaşmaması için bir miktar bağlayıcıyla kaplama yüzeyinde tutulup 50 °C sıcaklıkta 1 saat kurutulmuştur.

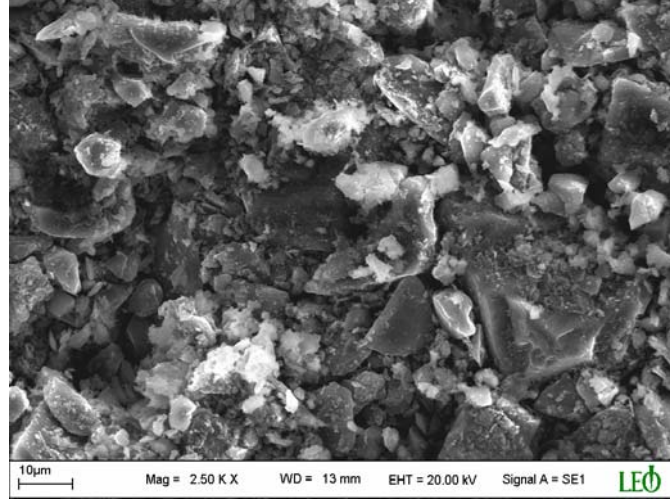
Tablo 1. AISI 304 paslanmaz çelik tabakası ve kaplama tozlarının kimyasal bileşimleri
(Table 1. Chemical compositions of AISI 304 Stainless Steel layer and coating powder)

	Kimyasal Bileşim (% ağırlık)							
	Cr	C	Fe	Ni	Si	Mn	W	B
AISI 304 paslanmaz çelik	18,57	0,035	Diğ.	8,73	0,40	1,24	-	-
B ₄ C tozu	-	60,52	-	-	-	-	-	39,48
Ni tozu	-	-	-	99,5	-	-	-	-
WC tozu	-	4,76	-	-	-	-	95,24	-

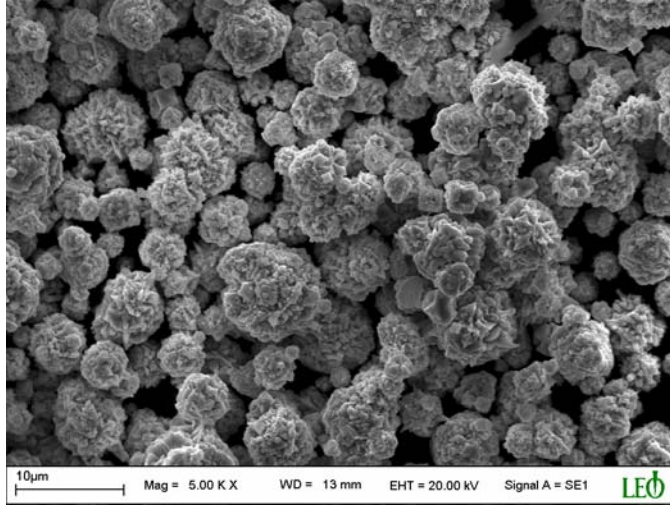
Tablo 2. PTA kaynak yöntemiyle kaplama işlem parametreleri
(Table 2. The process parameters of PTA weld-surfacing)

Akım (A)	160
Voltaj (V)	20
Koruyucu gaz debisi (Ar, l/dak.)	15
Plazma gaz debisi (Ar, l/dak.)	0,2
Elektrod çapı (mm)	4,6
Üretim hızı (mm/s)	2,2

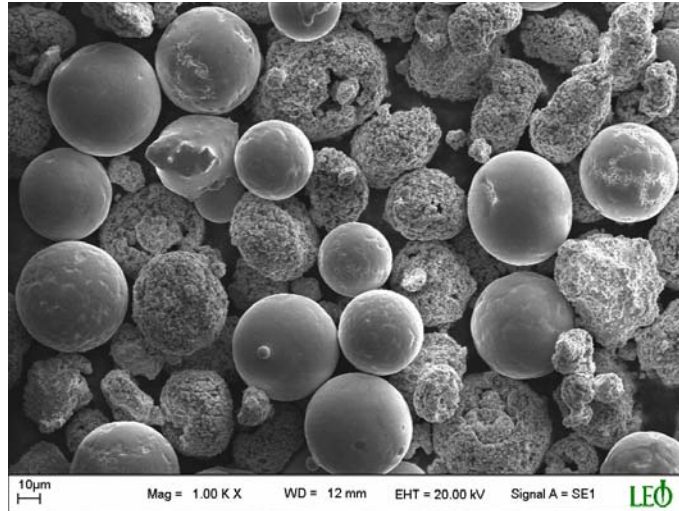
Plazma kaynak kaplama işleminin şematik resmi Şekil 2'de görülmektedir. Kaplama üretim parametreleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Plazma transferli ark kaynak yöntemiyle yüzey kaplama işlemleri 160 A de gerçekleştirilmiştir. Argon koruyucu gazının debisi 15 l/dak. ve plazma gaz debisi 0,2 l/dak olarak seçilmiştir. Plazma transferli ark kaynak yöntemiyle yapılan kaplama malzemesinin makro görünüşü Şekil 3'de verilmiştir. Kaplama sonrası katılaşma işlemi neticesinde yüzeyde herhangi bir makroçatlağa rastlanılmamıştır. Mikroyapı incelemeleri ve aşınma deneyleri için kaplama malzemesinin orta bölgesinden 10x10x10 mm ebatlarında numuneler çıkarılmıştır. Metalografik işlemlerden geçirilen kaplama malzemeleri, mikroyapı incelemeleri için 5 ml HNO₃+ 200 ml HCl +65 g FeCl₃ çözeltisinde elektrolitik olarak dağlanmıştır.



(a)



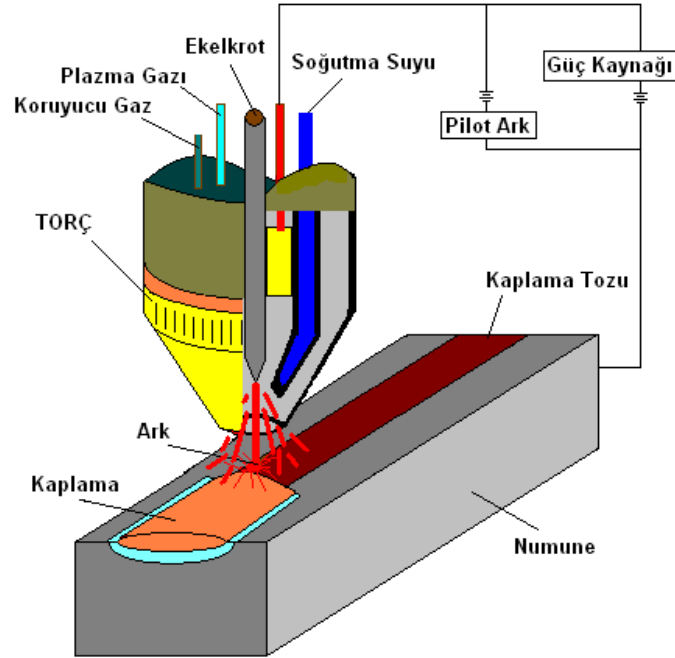
(b)



(c)

Şekil 1. Plazma transferli ark kaynak yöntemiyle kaplanan metal toz ve karbürlerin SEM görüntüsü (a) B_4C tozu, (b) Ni tozu ve (c) WC tozu (Figure 1. The SEM imaging of metal powders and carbides coated with Plasma Transferred Arc Welding Process (a) B_4C powder, (b) Ni powder and (c) WC powder)

Mikroyapı incelemeleri için optik mikroskop(OM) taramalı electron mikroskobu (SEM), faz analizleri için X-ışını difraksiyonu (XRD) ve X ışını enerji dağılım spektrometresinden (EDS) faydalanılmıştır. Kaplama tabakasının mikrosertlikleri kaplama yüzeyinden alt tabakaya doğru 200 μm mesafelerde 50 g yük altında Leica marka mikrosertlik cihazıyla alınmıştır.



Şekil 2. PTA kaynağı ile kaplama yönteminin şematik resmi
(Figure 2. Schematic figure of PTA welding coating method)

3.2. Ball-On-Disk Testi (Ball-On-Disc Test)

Kaplama tabakası ve AISI 304 paslanmaz çeliğin adhezyon aşınma deneyleri için CSM Tribometer-Ball-on-Disk cihaz ve düzeneği kullanılmıştır. Tüm deneyler 3 N normal yük, 5 cm/s aşınma hızı, 300 m. aşınma yolu ve 2.1 mm çapında bir aşınma izi oluşacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deney ortamı 20°C ve ortam nemi %35 civarındadır. Deney sırasında veri alma hızı 1 Hz olarak seçilmiştir. Karşı malzeme olarak 3 mm WC malzemeden küreler kullanılmıştır. Deneyler kuru şartlarda gerçekleştirilmiş ve ortam havadır. Aşınma debrisleri optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskobuyla incelenerek adhezyon aşınma öncesi ve sonrası yüzeylerden EDS verileri alınıp, kaplama malzemesinin sürtünmeye karşı gösterdiği direnç oluşan faz-karbürlerle ilişkilendirilmiştir.

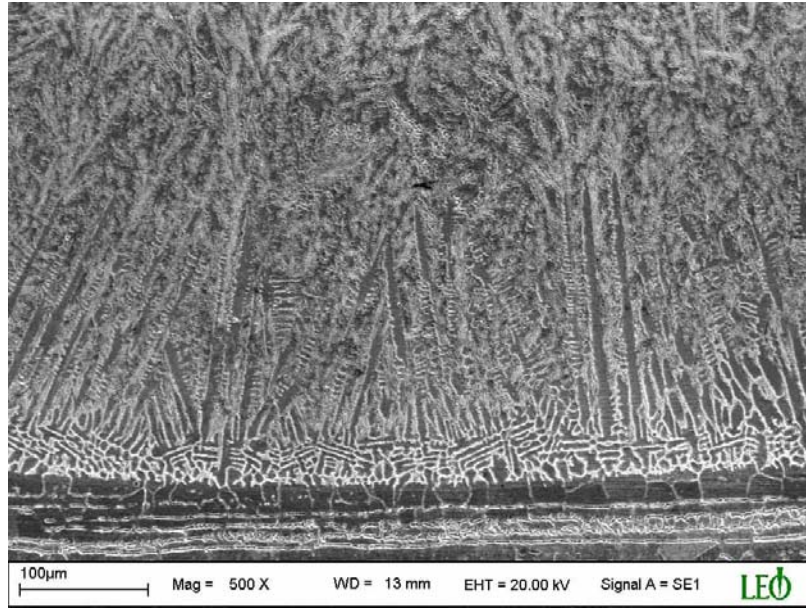
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Plazma transferli ark yöntemiyle AISI 304 paslanmaz çelik yüzeyinde oluşturulan ve Şekil 4 de SEM görünüşü verilen kaplama tabakasının kalınlığı $1.6 \pm 0.2 \text{ mm}$ 'dir. Kaplama tabakası ile alt tabaka arayüzey bölgesinde dendritik katılma gerçekleşmiştir. Katılma yönü kaplama alt tabaka arayüzeyine dik yöndedir. Dendritik bölge, kaplama tabakasında ortalama 450 μm 'lik bir kısımda meydana gelmiştir. Plazma transferli ark kaynak yönteminde, hem yüzeye hem de kaplanan toz ve karbürlere verilen enerji oldukça yüksektir. Lokal olarak ergitilen alt tabaka malzemesiyle kaplama malzemesinin soğuma ve katılma hızı da yüksek olur. Yüksek sıcaklıkta karbür ve alaşım elementleri çözünerek eğiyik havuz içerisinde katılma sırasında yeni

bir faz ve karbürler oluşturarak katılaştır. Toz tanelerinin çözünmesi için yeterli sıcaklık ve zaman bulunmadığında, taneler ergiyik havuz içerisinde çözünmeden yapı içerisinde blok halinde katılaştır [13]. Şekil 4' den de görüldüğü üzere, WC-Ni-B₄C karbür ve element tozlarıyla yapılan kompozit kaplamasında, tüm toz taneleri tamamiyle çözünerek, yapı içerisinde homojen bir şekilde katılma göstermiştir.

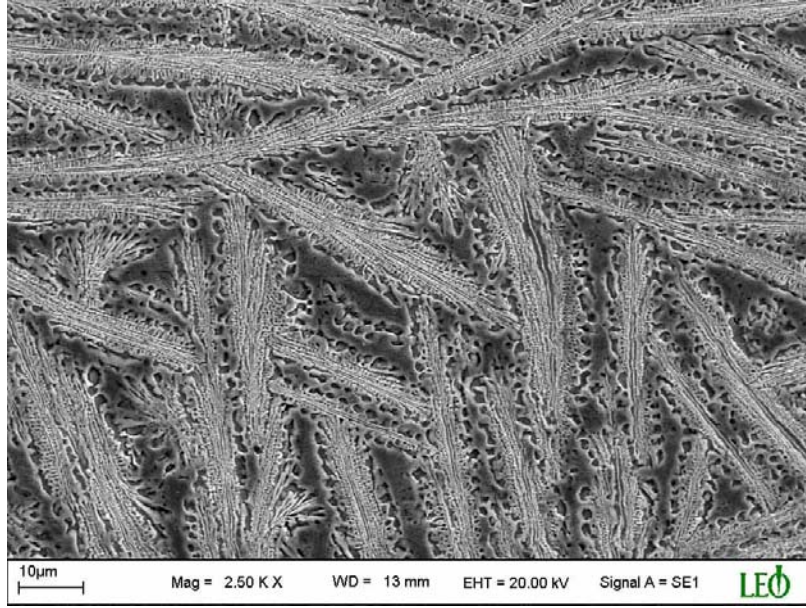


Şekil 3. WC-Ni-B₄C karbür ve element tozlarıyla kaplanan AISI 304 paslanmaz çelik malzemesinin makroskopik resmi
(Figure 3. The macroscopy appearance of AISI 304 stainless steel material coated with WC-Ni-B₄C carbide and elemental powders)

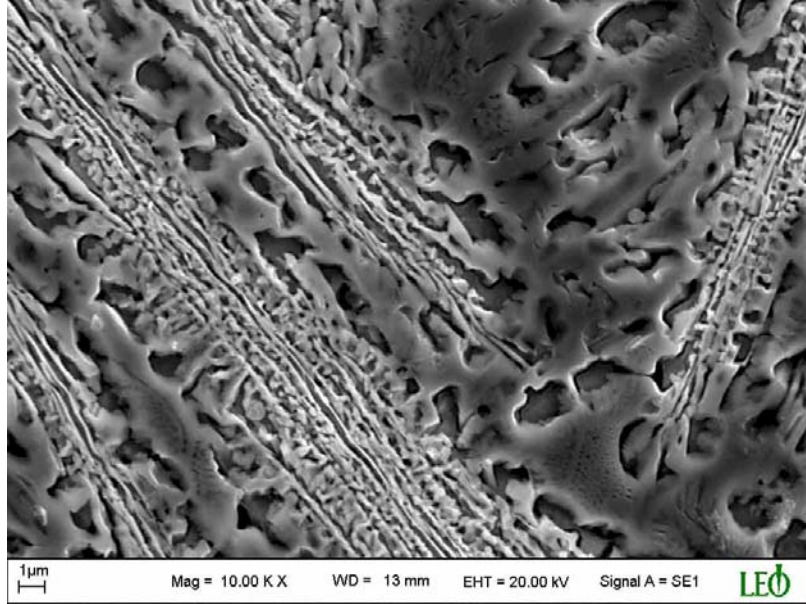


Şekil 4. WC-Ni-B₄C karbür-element toz karışımıyla elde edilen kompozit kaplama/alt tabaka arayüzünün SEM görünüşü
(Figure 4. The SEM imaging of composite coating/substrate interface produced by mixture of WC-Ni-B₄C carbide-elemental powders)

Kaplama tabakasının üst yüzey bölgesine doğru gidildikçe dendritik yapı yerini yaprak görünümüne sahip faz ve karbürlere bırakmıştır. Bu durum Şekil 5 (a)'da SEM görüntüsü ile verilmiştir. Fazlar ötektik matrisi ile çepeçevre sarılmıştır. Ötektik matristen alınan EDS verilerine göre, 21.63 Cr-62.59 Fe-8.36 Ni-3.77 W-1.53 C ve 1.93 B bileşimine sahip yapıyla katılma göstermiştir. Eğer ostenit yüksek sıcaklıklarda katılaşmaya bırakılırsa, yüksek konsantrasyonlu Cr elementine sahip yapıyla yapı oluşacak ve bu yapı malzemeyi korozyona karşı daha dayanıklı yapacaktır [14]. Dendritler arası ötektik matrisinde katılan fazlar yapı içerisinde kaplama tabakasının üst bölgelerinde Şekil 5 (a)'da görüldüğü gibi daha yoğundur. Şekil 5 (b)' de oluşan yaprak görünümüne sahip karbürün daha yüksek büyütmede SEM görünüşü verilmiştir. Oluşan fazlar, dendritler arası ötektik matrisine göre nispeten daha fazla W ve B elementlerini yapısına alarak katılmıştır. Şekil 5' de görünen fazın EDS analizine göre % ağırlık olarak, 21.52 Cr-61.64 Fe-7.61 Ni-5.64 W-1.66 C ve 2.12 B bileşimleri içermektedir. Yaprak görümlü fazlar ötektik matrisinde blok halinde yapı içerisinde homojen bir şekilde dağılmıştır.



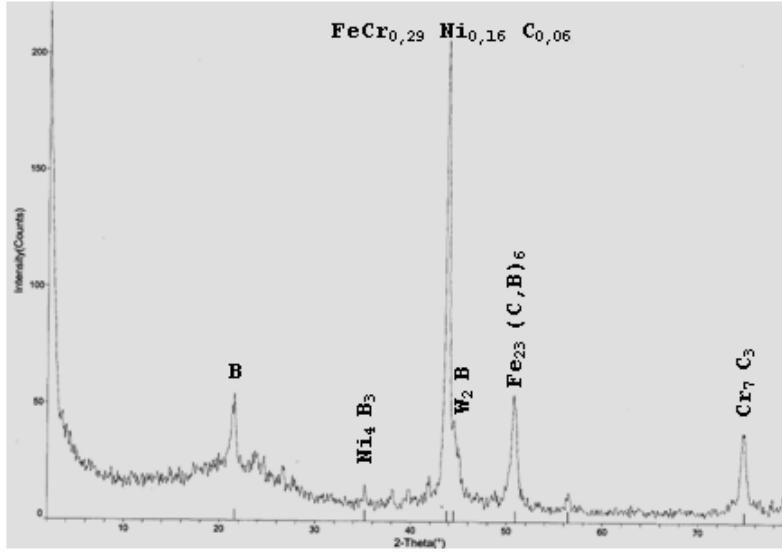
(a)



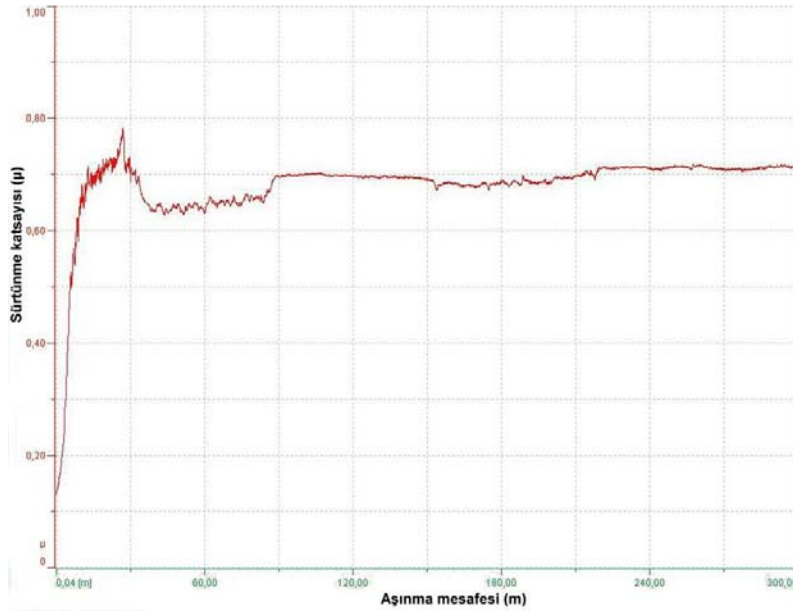
(b)

Şekil 5. Kaplama tabakasının SEM mikroyapıları (a) Genel görünümü ve (b) Yaprğa benzer fazın büyük büyütmede görünümü (Figure 5. SEM microstructures of coating layer (a)General appearance and (b)The appearance large of the phase similar leaf)

Şekil 6'da, WC-Ni-B₄C karbür-element tozlarıyla üretilen kaplama tabakasının X-ışını difraktogramı verilmiştir. X-ışını sonucuna göre, plazma transferli ark torcu kullanılarak WC-Ni-B₄C karbür-element tozlarıyla elde edilen kaplama tabakasında; kimyasal bileşimi FeCr_{0,29}Ni_{0,16}Co_{0,06} olan ostenit fazı, (Cr,W)₂B, Fe₂₃(C,B)₆, Cr₇C₃ ve Ni₄B₃ faz ve karbürlerinin varlığını göstermektedir. Kaplama bölgesinde, dendritik bölgenin sertliği 450 HV, dendritler arası ötektik matrisi 400 HV ve yaprak görünümlü yapının sertliği ise 750 HV olarak ölçülmüştür. Sertlik değerinin yükselmesi yapı içinde yaprak görünümlü fazların (Cr,W)₂B, Fe₂₃(C,B)₆ ve Cr₇C₃ olduğunu göstermektedir.



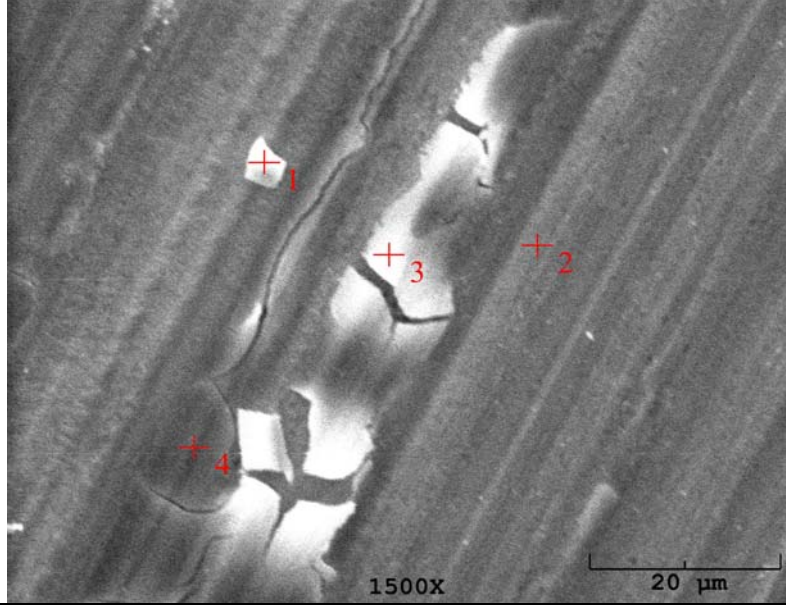
Şekil 6. Kaplama tabakasının XRD analizi
(Figure 6. XRD analysis of coating layer)



Şekil 7. Kaplama tabakasının sürtünme katsayısı-aşınma mesafesinin
değişimi
(Figure 7. The change of friction coefficient-distance wear of coating
layer)

Şekil 7'de kaplama tabakasının aşınma mesafesine bağlı olarak sürtünme katsayısı değişimi görülmektedir. Sürtünme katsayısı deney başlangıcında hızla ~0.8 değerine ulaşmış ve daha sonra az bir düşüş göstererek tüm deney boyunca ~0.7 değerinde sabit kalmıştır. Sürtünme katsayısındaki bu kararlı davranış oluşturulan tabakanın sert ve kararlı bir yapıda olduğunu göstermektedir. Şekil 8'de kaplama tabakasının aşınma yüzeyinin görüntüsü incelendiğinde aşınma izi bölgesinin düzgün olduğu görülmektedir. Yüzeyde yapılan EDS analizleri oksit tabakasının varlığını göstermektedir. Homojen dağılımlı metal oksitler ve sert yapılar bu numunenin ilerleyen aşınma mesafesinde sürtünme katsayısının sabit kalmasını sağlamıştır. Bu durum

oksidasyon-yırtılma-yeniden oksidasyon şeklinde açıklanabilir. Bu sürekli yapıdaki oksitlerin ana malzeme ile teması azaltarak sürtünme katsayısını azalttığı bilinmektedir [15 ve 16]. Yüzeyde oluşan bu oksitlerin zamanla parçalanması abrasiv bir etki yaratmasına rağmen sert yapılar bu etkileri azaltmıştır.

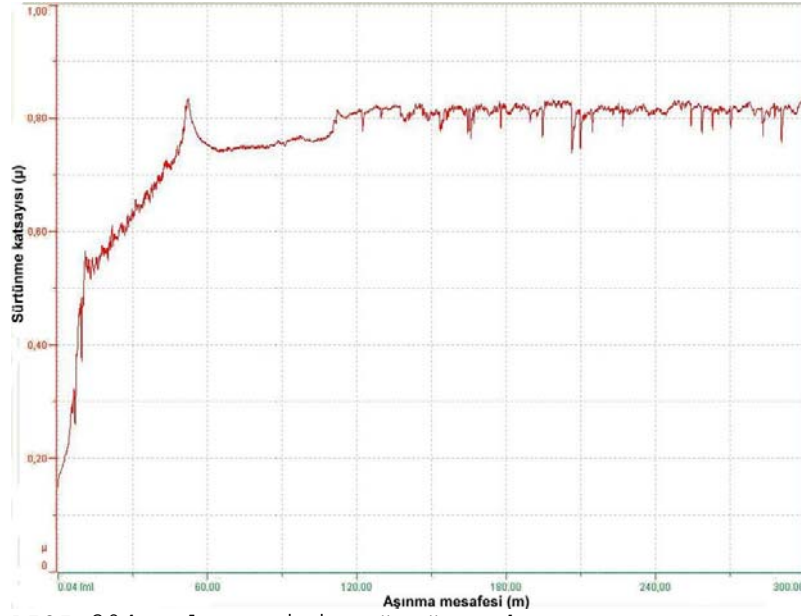


1		2		3		4	
Element	% Ağ.	Element	% Ağ.	Element	% Ağ.	Element	% Ağ.
	0.000	B	0.000	B	0.000	B	0.000
C	1.003	C	1.609	C	2.011	C	1,783
O	29.684	Cr	15.149	O	13.902	O	21.013
Cr	16.730	Fe	54.454	Cr	16.773	Cr	15.410
Fe	43.927	Ni	9.155	Fe	59.465	Fe	39.188
Ni	8.656	W	19.633	Ni	7.849	Ni	7.843
	100.000		100.000		100.000	W	16.544
							100.000

Şekil 8. Kaplama tabakasının aşınma sonrası yüzey görüntüsü ve EDS analizi

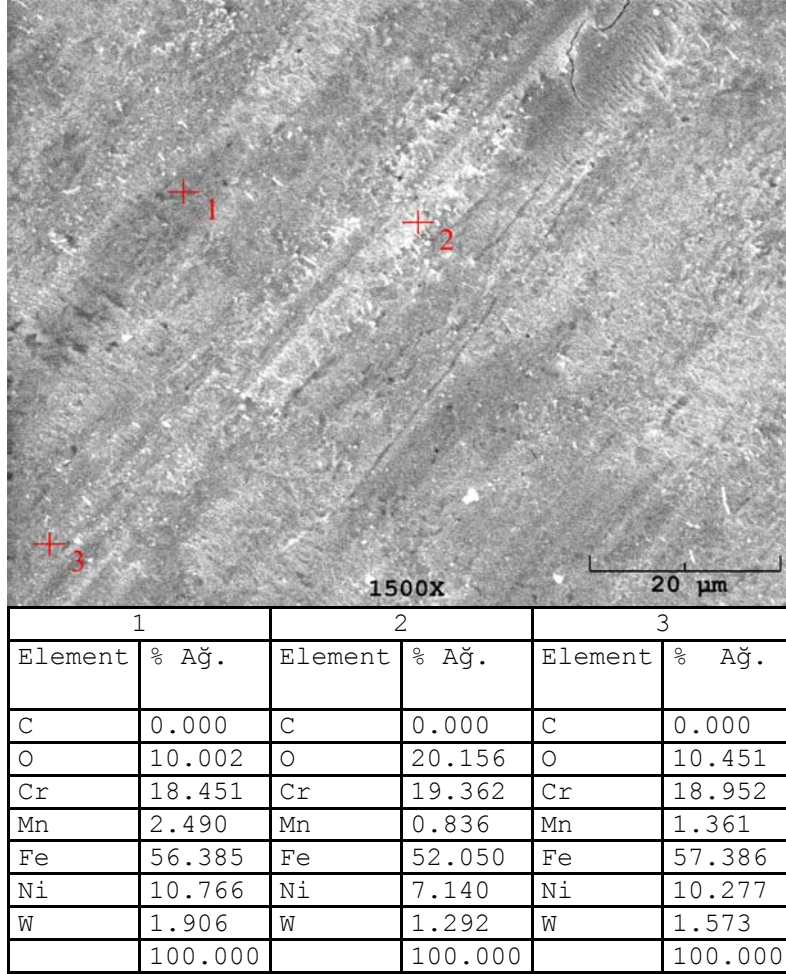
(Figure 8. The surface imaging and EDS analysis after wear of coating layer)

AISI 304 malzemede (Şekil 9) ise aynı şartlarda sürtünme katsayısı ilk 60 m'lik mesafede ~0.8 değerine ulaşmış ve bu noktadan sonra hafif dalgalanmalarla bu değerinde sabit kalmıştır. Bu hızlı yükselme deneyin başlarındaki yüksek basıncın etkisiyle yüzeyden ayrılan ince bir kesitin etkisiyle olmuştur. Deney esnasında yüzeyde oluşan metal oksitlerin deney süresince parçalanıp yeniden oluşması sürtünme katsayısında anlık küçük azalmalara sebep olmuştur. Aşınma yüzeyinin incelenmesinde (Şekil 10) plastik deformasyona uğramış bölgeler ve abrasiv etki derin çizikler şeklinde görülmektedir. Ayrıca EDS analizinde elde edilen düşük miktarlardaki W karşı cisimden bir miktar malzemenin yüzeye transfer olduğunu göstermektedir.



Şekil 9. AISI 304 malzemesinin sürtünme katsayısı-aşınma mesafesinin değişimi.
(Figure 9. The change of friction coefficient-distance wear of AISI 304 material)

Yapılan deneyler sonucunda ortalama sürtünme katsayısı değerleri dikkate alındığında yüzey modifikasyonu yapılan kaplama tabakasının ana malzemeye oranla daha düşük sürtünme katsayısı değeri verdiği söylenebilir (Tablo 3). Bu numunenin maksimum sürtünme katsayısı değeri 0.782 olarak gerçekleşmesine rağmen AISI 304 malzemede bu değer 0.834 değerine kadar çıkmıştır. Deney öncesinde yüzey pürüzlülük değerleri birbirine yakın olan numunelerden AISI 304 malzemedeki pürüzlülük değeri artışı bu numune yüzeyinde oluşan çiziklerin büyük olduğunu göstermektedir (Tablo 4).



Şekil 10. AISI 304 malzemenin aşınma sonrası yüzey görüntüsü ve EDS analizi
(Figure 10. The surface imaging and EDS analysis after wear of AISI 304 material)

Tablo 3. Kaplama tabakası ve AISI 304 malzemelerin sürtünme katsayısı değerleri.
(Table 3. The friction coefficient values of AISI 304 material and coating layer)

Malzeme	Sürtünme katsayısı değerleri (μ)			
	Ortalama	Maksimum	Minimum	Standart sapma
Kaplama tabakası	0.681	0.782	0.131	0.067
AISI 304 paslanmaz çelik	0.760	0.834	0.151	0.113

Tablo 4. Kaplama tabakası ve AISI 304 malzemelerin yüzey pürüzlük değerleri
(Table 4. The surface roughness values of AISI 304 material and coating layer)

Numune	Deney öncesi		Deney sonrası	
	Ra	Rz	Ra	Rz
Kaplama tabakası	0.23	1.6	0.53	4.6
AISI304 paslanmaz çelik	0.26	1.4	0.82	5.4

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Plazma transferli ark kaynak yöntemi kullanılarak AISI 304 paslanmaz çelik yüzeyinde B₄C-Ni-WC karbür ve element tozları başarılı

bir şekilde ergitilmiştir. Kaplama tabakasının makroyapısına göre herhangi bir makro ve mikro çatlak meydana gelmemiştir. Yüzey kaplama için kullanılan karbür ve element tozlarının tamamı plazma transferli ark enerjisi sayesinde ergitilerek, katılaşma sonrası mikroyapıda ostenit (γ), $(Cr,W)_2B$, $Fe_{23}(C,B)_6$, Cr_7C_3 ve Ni_4B_3 faz ve karbürleri meydana gelmiştir. Ötektik matrisin sertliği 400 HV iken oluşan karbürlerin sertliği 750 HV değerlerinde saptanmıştır. Kaplama tabakasının adhezyon aşınması ball-on-disk sistemiyle yapılmıştır. Sonuçta; AISI 304 paslanmaz çelik alt tabakaya nazaran kaplama tabakasının aşınma direnci oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR (THANKS)

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) Proje No:1846 tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Xibao, W. and Hua, L., (1998). Metal powder thermal behaviour during the plasma transferred-arc surfacing process, *Surface and Coatings Technology*, Volume 106, Issues 2-3, 4 August 1998, Pages 156-161.
2. Bourithis, L. and Papadimitriou, G.D., (2009). The effect of microstructure and wear conditions on the wear resistance of steel metal matrix composites fabricated with PTA alloying technique, *Wear*, Volume 266, Issues 11-12, 30 May 2009, Pages 1155-1164.
3. Xibao, W., Chunguo, L., Xiaomin, Peng., Libo, S., Hong, Z., (2006). The powder's thermal behavior on the surface of the melting pool during PTA powder surfacing, *Surface and Coatings Technology*, Volume 201, Issue 6, 4 December 2006, Pages 2648-2654.
4. Vamsi Krishna, B., Misra, V.N., Mukherjee, P.S., and Sharma, P., (2002). Microstructure and properties of flame sprayed tungsten carbide coatings, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, Volume 20, Issues 5-6, December 2002, Pages 355-374.
5. Liu, X-B. and Gu, Y-J., (2006). Plasma jet clad γ/Cr_7C_3 composite coating on steel, *Materials Letters*, Volume 60, Issue 5, March 2006, Pages 577-580.
6. Bourithis, E., Tazedakis, A., and Papadimitriou, G., (2002). A study on the surface treatment of "Calmax" tool steel by a plasma transferred arc (PTA) process, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 128, Issues 1-3, 6 October 2002, Pages 169-177.
7. Katsich C., Badisch E., Manish, R., Heath G.R., and Franek F., (2009). Erosive wear of hardfaced Fe-Cr-C alloys at elevated temperature, *Wear*, In Press, Corrected Proof, 18 March 2009.
8. Huang, Z., Hou, Q., and Wang, P., (2008). Microstructure and properties of Cr_3C_2 -modified nickel-based alloy coating deposited by plasma transferred arc process, *Surface and Coatings Technology*, Volume 202, Issue 13, 25 March 2008, Pages 2993-2999.
9. Skarvelis, P. and Papadimitriou, G.D., (2009). Plasma transferred arc composite coatings with self lubricating properties, based on Fe and Ti sulfides: Microstructure and tribological behavior, *Surface and Coatings Technology*, Volume 203, Issues 10-11, 25 February 2009, Pages 1384-1394.
10. Liu Y-F., Xia Z-Y., Han, J-M., Zhang, G-L., and Yang, S-Z., (2006). Microstructure and wear behavior of $(Cr,Fe)_7C_3$ reinforced composite coating produced by plasma transferred arc weld-

- surfacing process, *Surface and Coatings Technology*, Volume 201, Issues 3-4, 5 October 2006, Pages 863-867.
11. Xibao, W., Xiaofeng, W., and Zhongquan, S., (2005). The composite Fe-Ti-B-C Coatings by PTA powder surfacing process, *Surface and Coatings Technology*, Volume 192, Issues 2-3, 21 March 2005, Pages 257-262.
 12. Yao, M.X., Wu, J.B.C., Xu, W., and Liu, R., (2005). Metallographic study and wear resistance of a high-C wrought Co-based alloy Stellite 706K, *Materials Science and Engineering: A*, Volume 407, Issues 1-2, 25 October 2005, Pages 291-298.
 13. Zhao, M., Liu, A., Guo, M., Liu, D., Wang, Z., and Wang, C., (2006). WC reinforced surface metal matrix composite produced by plasma melt injection, *Surface and Coatings Technology*, Volume 201, Issues 3-4, 5 October 2006, Pages 1655-1659.
 14. Flores, J.F., Neville, A., Kapur, N., and Gnanavelu, A., (2009). Erosion-corrosion degradation mechanisms of Fe-Cr-C and WC-Fe-Cr-C PTA overlays in concentrated slurries, *Wear*, In Press, Corrected Proof, 24 February 2009.
 15. Cho, C-W. and Lee, Y-Z., (2004). Friction transition diagram considering the effects of oxide layer formed on wear track of AISI 1045 steel disk against TiN coated AISI 52100 steel ball in sliding. *Surface and Coatings Technology* 2004;179: 1-9.
 16. Morris, S., Wood, R.J.K., Harvey, T.J., and Powrie, H.E.G., (2003). Electrostatic charge monitoring of unlubricated sliding wear of a bearing steel. *Wear* 255 (2003) 430-443.