



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2007, Volume: 2, Number: 4
Article Number: A0043

NATURAL AND APPLIED SCIENCES
METALLURGY

Received: February 2007
Accepted: October 2007
© 2007 www.newwsa.com

Ayhan Orhan
Soner Buytoz
Ali Kaya Gür
University of Firat
ayorhan@firat.edu.tr
Elazig-Turkiye

**TUNGSTEN ASAL GAZ KAYNAK YÖNTEMİYLE AISI 304 PASLANMAZ ÇELİK YÜZEYİNDE
ÜRETİLEN Fe-Cr-C-Ti KAPLAMALARININ MİKROYAPISI VE AŞINMA DAVRANIŞI**

ÖZET

AISI 304 paslanmaz çelik yüzeyinde, gaz tungsten ark kaynak yöntemiyle Fe-Cr-C-Ti tozları ergitilerek kaplama tabakası oluşturuldu. Oluşan kaplama tabakalarının mikroyapı görüntüleri ve mikrosertlik değerleri incelendi. Kaplama derinlik parametrelerine bağlı olarak, dendritik yapıların oluştuğu izlendi. Ayrıca kaplama alt tabaka arayüzeyine yakın bölgelerde birincil M_xC_y karbürleri ve Ti ağırlıklı ikincil fazların oluştuğu tespit edildi. Kaplama tabakalarının mikrosertlik değerleri bakıldığında 660 Hv'ye kadar çıktığı gözlemlendi. Bu artış toz miktarının artışıyla paraleldir. Kaplama numunelerinin aşınma performansına bakıldığında ise; en çok toz miktarına sahip kaplama numunesinin en iyi aşınma direncini gösterdiği izlendi.

Anahtar Kelimeler: Kaplama, FeCrC, Ti, Mikrosertlik,
Abrasiv Aşınma

**MICROSTRUCTURE AND ABRASIVE WEAR BEHAVIOR OF GAS TUNGSTEN ARC
SYNTHESIZED FE-CR-C-TI COATING ON AISI 304 STAINLESS STEEL**

ABSTRACT

AISI 304 stainless steel was coated by using Fe-Cr-C-Ti alloy powders and gas tungsten arc processing method. The microstructure and microhardness values of the coating surfaces were investigated. Gas tungsten arc processing parameters to be committed dendritic structure was seen. In the coating ground plates primary M_xC_y carbides and secondary phases that is largely with Ti elements was determined. The result of rise 660 Hv. This increase is parallel powder amount. When the look at wear performance of coating samples, which has high powder amount.

Keywords: Coating, FeCrC, Ti, Microhardness, Abrasive Wear



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Modern teknolojide metal yüzeylerinin dış ortamlardan korunması, maruz kaldığı yorulma, sürünme ve aşınmaları ortadan kaldırmak veya minimuma indirmek amacıyla, çeşitli yüzey işlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır [1, 2 ve 3]. Çeliklerin mekanik ve kimyasal özelliklerini geliştirme yöntemleri araştırmacılar için yeni ve çok cazibeli bir metottur [4]. Östenitik paslanmaz çelikler kimya ve petrokimya endüstrisinde mükemmel korozyon dayanımları ve iyi düşük sıcaklık performanslarından dolayı çok sık olarak kullanılmaktadırlar. Fakat bu tip paslanmaz çelikler düşük yüzey sertlikleri ve bazı uygulamalar için yeterli olamayan aşınma direncine sahiptirler [5 ve 6]. Bu 304 Tipi paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımının çok iyi oldukları bilinirler [7]. 304 tipi östenitik paslanmaz çeliklerin bu özellikleri bu çeliği kimya ve nükleer endüstri gibi alanlarda çok cazibeli kılarak oldukça fazla kullanım alanına sahip olmasına neden olmaktadır [8 ve 9]. Malzeme yüzeyinin sert ve aşınmaya dayanıklı, alt tabakanın ise sünek ve yeterli mukavemette olması istenildiğinde karbürleme, nitrürleme, alev veya indüksiyonla yüzey sertleştirme, lazerle yüzey sertleştirme, plazma nitrürleme, plazma esaslı fiziksel buhar depolama (PVD) ve kimyasal buhar depolama (CVD) yöntemleri kullanılarak yüzey sertleştirme ve aşınmaya dayanıklı malzemelerin üretilmesi gerçekleştirilmektedir [10 ve 11].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Bu çalışmada, AISI 304 tipi paslanmaz çeliğine Gaz Tungsten Ark (GTA) yöntemiyle Fe-Cr-C-Ti tozları kaplanmıştır. Kaplama tozunun miktarına bağlı olarak; kaplama numunelerinin kaplama tabakasındaki mikroyapı ve mikrosertlik değerleri incelenip, aşınma performansları değerlendirilerek tartışılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Bu çalışmada, ortalama 60 µm tane boyutlu Fe-Cr-C-Ti tozu ve alt tabaka malzemesi ise 100×16×16 mm ebatlarındaki AISI 304 östenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Deneyde kaplama için kullanılan tozların ve paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimleri Tablo 1'de verilmiştir. Kaplama tozları olarak kullanılan FeCrC/Ti tozları 1/1 oranında karıştırılmıştır.

Tablo 1. Kaplama için kullanılan tozun ve AISI 304 paslanmaz çeliğinin kimyasal bileşimleri

(Table 1. Chemical structure of powders and AISI 304 for coating)

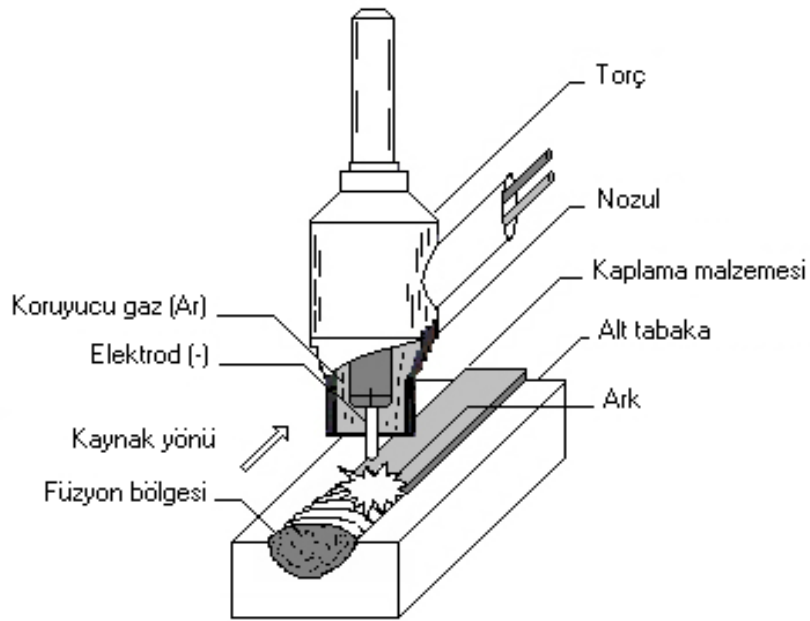
Kullanılan Malzeme	Alaşım Elementi						
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Ti	Fe
AISI 304	0,037	0,48	1,5	8,56	18,45	0,083	70,552
FeCrC	6,5	0,72	-	-	66,9	-	24,82
Ti	-	-	-	-	-	99,9	-

Hazırlanan tozların malzeme yüzeyinden kaplama sırasında argon koruyucu gazın debisinden dolayı uçmaması için AISI 304 paslanmaz çeliğine sırasıyla 1, 1.5, 2, ve 2.5 mm derinliğinde kanal açılmıştır. Bu kaplama numuneleri için her birine sırasıyla N1, N2, N3 ve N4 olarak adlandırılmıştır. Tablo 2'de belirtilen toz miktarları bağlayıcı yardımıyla kanala yapıştırılıp, yine aynı tablodaki üretim parametreleri doğrultusunda Şekil 1'de şematiği verilen Gaz Tungsten Ark kaynak yöntemiyle yüzeylerin kaplama işlemi tamamlanmıştır. Kaplama Numunelerinin makro görüntüleri Şekil 2 ve 3'te görülmektedir.

Tablo 2. Numunelerin üretim parametreleri
(Table 2. Parameters of sample)

Numunenin	N1	N2	N3	N4
Toz Miktarı	1,613	2,157	2,916	4,089
Üretim Hızı	56,742	51,136	62,986	55,103
Kaplama Boyu	85	81	89	88
Akım	135	135	135	135
*Isı Girdisi	23,55	26,13	21,21	24,25
Elektrod	%2 toryumlu tungsten elektrod			
Koruyucu	% 99,9 saf Argon			
Elektrod	2,4 mm			
Gaz akış	12 lt/min			

* $Q=I.u.\eta.60/V.1000$ (U:Gerilim, I:Akım, η :Verimlilik Katsayısı, V:Üretim Hızı)



Şekil 1. Gaz tungsten ark kaynak yöntemiyle yapılan kaplama işleminin şematiği
(Figure 1. GTA method of coating systematic figure)

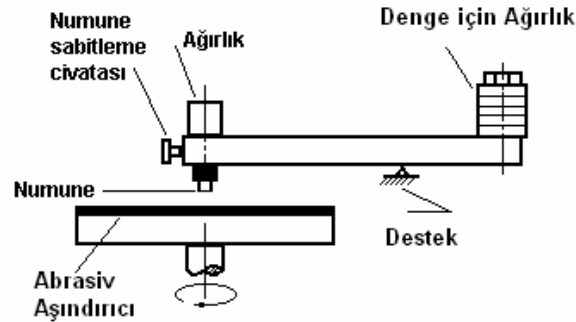


Şekil 2. Kaplama öncesi alt tabaka malzemesinin hazırlanmış durumdaki numune resmi
(Figure 2. The Photographs of before coating sample)



Şekil 3. Farklı üretim parametrelerinde elde edilen kaplama numunelerinin makro üst görünüşü
(Figure 3. In the different manufactured parameters coating sample or macro figure)

GTA yöntemiyle yapılan Fe-Cr-C-Ti tozlu kaplamaların abrasiv aşınma deneyleri, oda sıcaklığında ve normal atmosfer şartları altında yapılmıştır. Ayrıca abrasiv aşınma deneyleri Şekil 4'teki kuru sürtünmeli pim-disk (pin-on-disk) deney aparatıyla yapılmıştır. Abrasiv aşınma testleri öncesi, numunelerin her birinin aşınma yüzeyleri abrasiv aşındırıcı yüzeyine tamamen temas ettirildi. Abrasiv aşındırıcı olarak 120 mesh'lik SiC partiküllü zımpara kullanıldı. Deneyler; 20 ve 30 N'luk yük, 30 ve 60 m'lik kayma mesafelerinde 120 sn'lik (2 dk) süre ile aşındırıcıya tatbik edildi. Her deney sonrası 120 mesh'lik abrasiv aşındırıcı zımpara değiştirilerek yenisi takıldı. Abrasiv aşınma testleri öncesi ve sonrası numunelerin kütle kayıpları 10^{-4} hassasiyetindeki SCALTEC marka elektronik tartıda tespit edildi. Sonuçta abrasiv aşınma oranları elde edilmiştir.



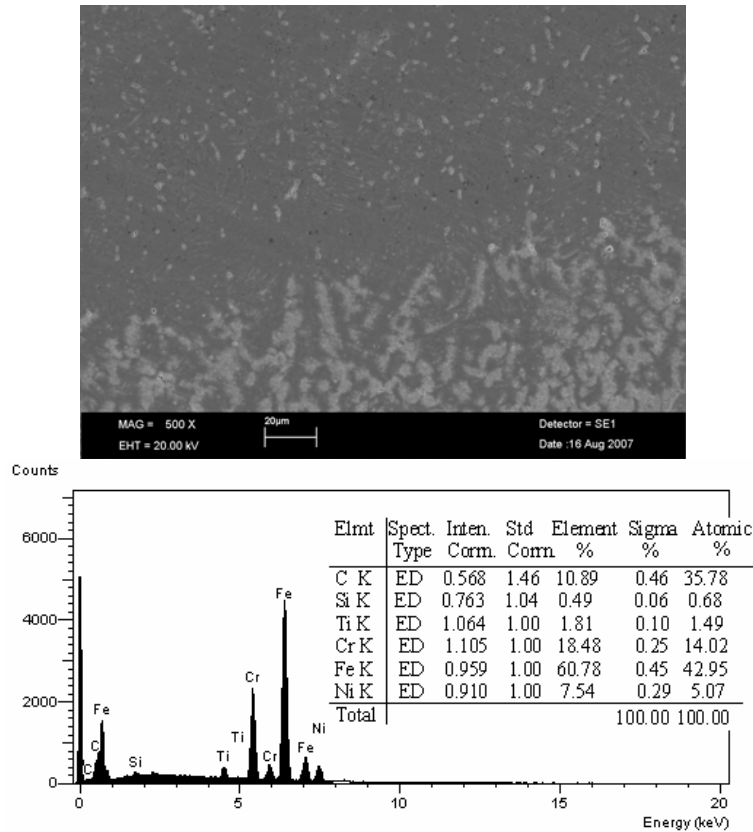
Şekil 4. Abrasiv aşınma deney düzeneği
(Figure 4. Abrasive wear experiment system)

Kaplama numunelerinin metalografik incelemeler için kaplama-kaynak boncuklarına dikey konumlarda kesilerek alınan numuneler, sırasıyla 240, 320, 500, 800, 1000 ve 1200 meshlik zımparalardan geçirilerek yüzey pürüzlülüğü minimum seviyeye indirildi 3µm'luk elmas

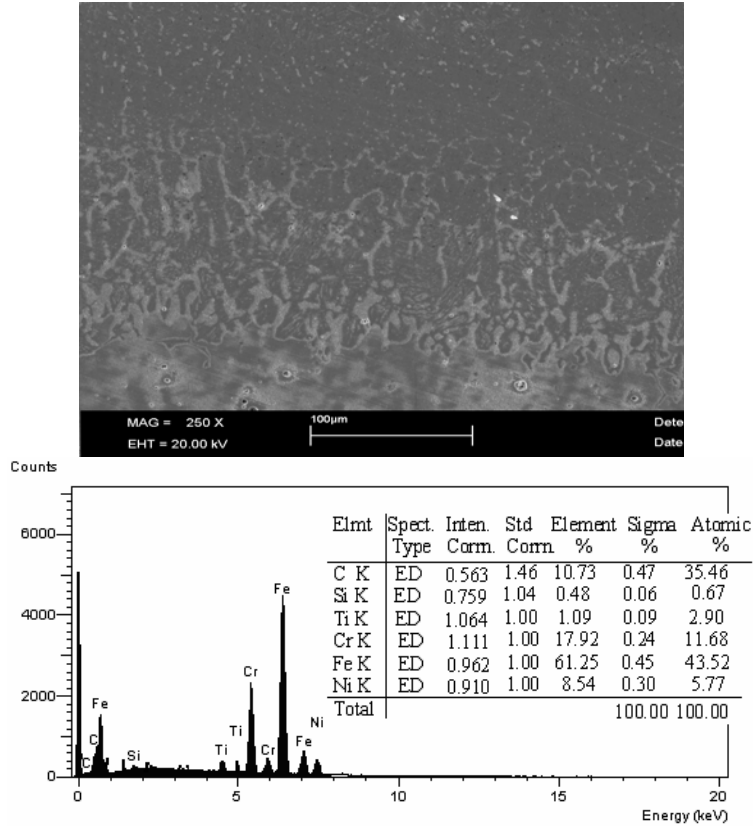
pasta yardımıyla çuhaya tutuldu. Parlatma işlemi tamamlanan N1, N2, N3 ve N4 kaplama numuneleri; ferrik klorid asit çözeltisinde (25 gr $FeCl_3$, 15 ml HCl ve 100 ml saf su) 30 saniye bekletilerek dağlandı. Numunelerin mikroyapı fotoğrafları için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve mikroyapının çeşidinin tespiti için ise enerji dağılımlı spektrograf (EDS) cihazlarından faydalanıldı. Mikrosertlik değerleri ise Anton-Paar marka Hv (Vickers) mikrosertlik test cihazıyla belirlendi.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

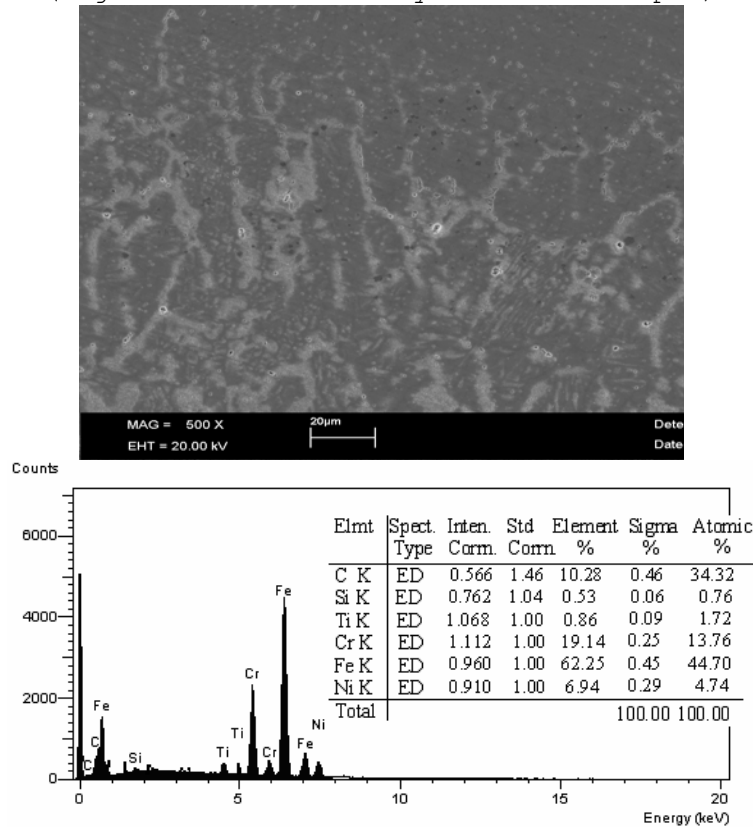
Farklı toz miktarlarına sahip kaplama numunelerinin (N1, N2, N3 ve N4) SEM-EDS analizleri Şekil 5, 6, 7 ve 8'de görülmektedir. Her bir numune üzerine farklı kalınlıkta toz eklendiği için kaplama tabakasındaki dentritik yapının oluşumunun sebebi anlaşılmaktadır. Bu dentritik ağları kaplama kalınlığına göre farklılıklar göstererek yapılanmışlardır. Dentritik yapılar genellikle erime noktasına yakın bölgelerde daha düzenli oluşmuşlardır. Kaplama tabakasıyla erime noktası arasında büyük yapı farklılıkları vardır. EDS analizleri kaplama tabakasının tamamının genel analizi olarak alınmıştır. Tüm EDS analizlerine bakıldığında Cr ve Ti'nin yapıdaki varlığı nedeniyle bu iki elementin karbürlerinin (M_xC_y) [9] oluşturduğu tahmin edilmektedir. EDS analizlerinde ayrıca Fe'nin varlığı da bunun bir ispatıdır. M_xC_y eşitliğinde M=Fe veya Cr'dur. Ayrıca dentritik kollarının uzunluğu ve düzenliliği toz miktarının fazlalığı nedeniyle yeteri sürede yeteri ergimenin oluşmayışıdır.



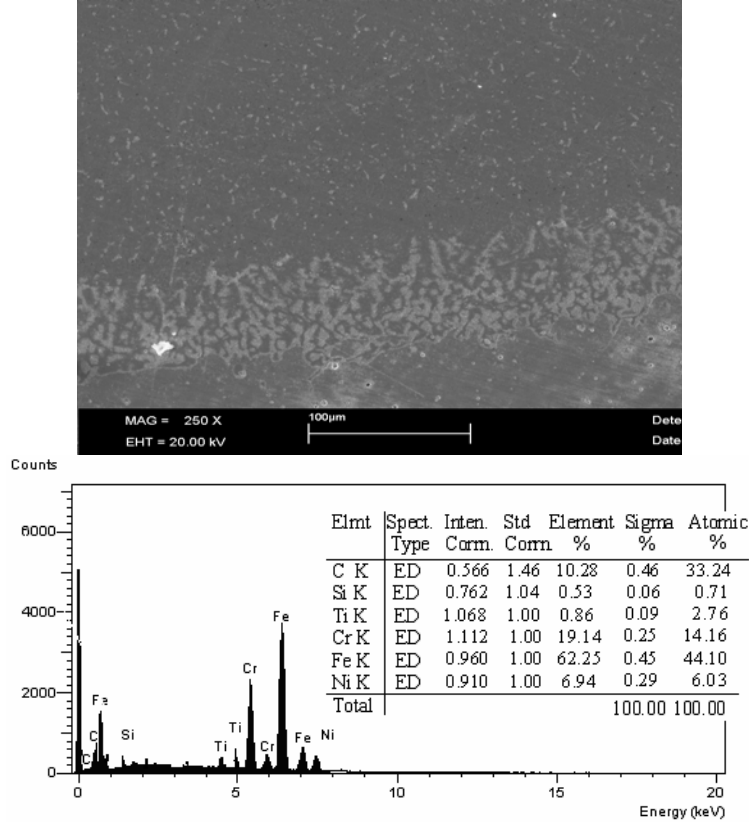
Şekil 5. N1 Kaplama tabakasının SEM-EDS analizi
(Figure 5. SEM-EDS analysis for N1 sample)



Şekil 6. N2 Kaplama tabakasının SEM-EDS analizi
 (Figure 6. SEM-EDS analysis for N2 sample)



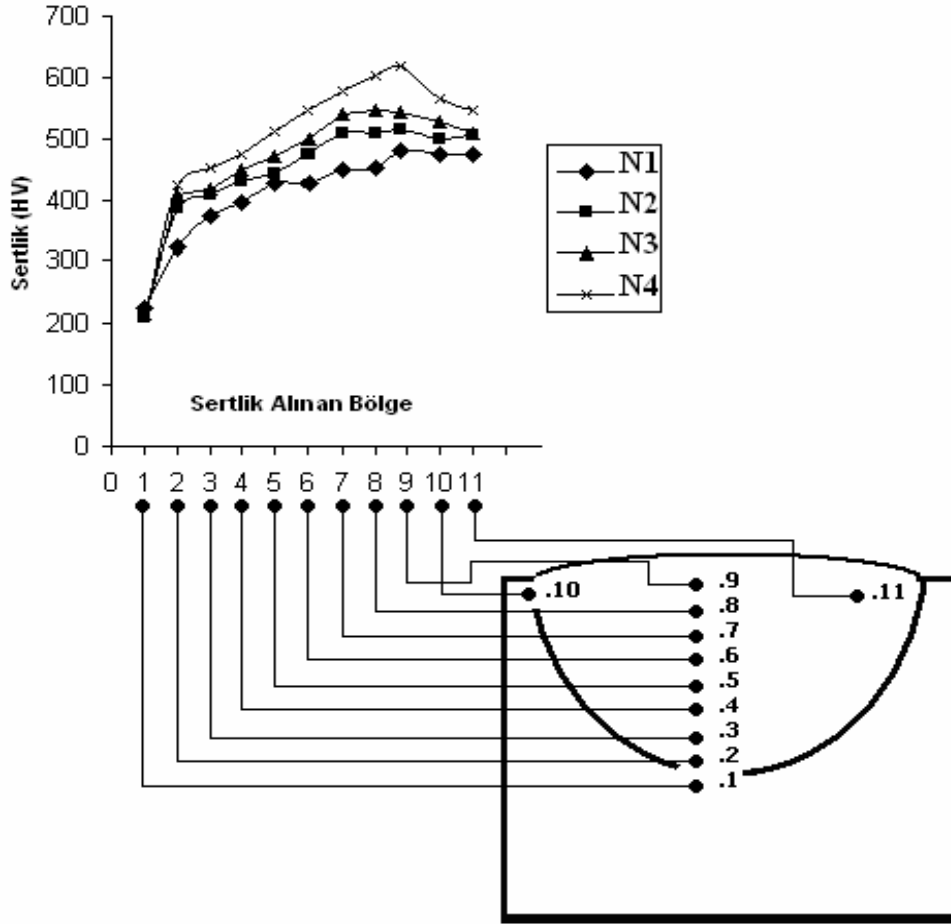
Şekil 7. N3 kaplama Tabakasının SEM-EDS analizi
 (Figure 7. SEM-EDS analysis for N3 sample)



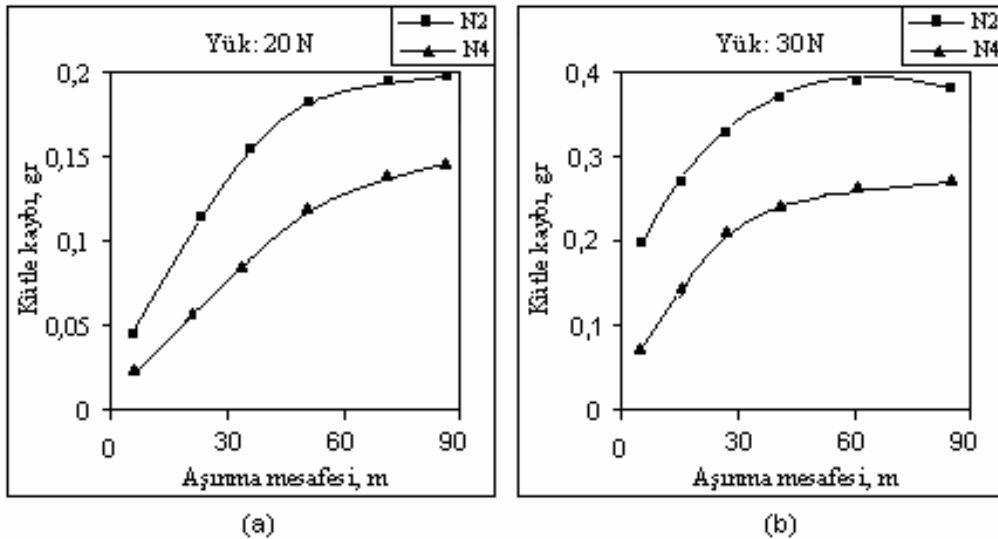
Şekil 8. N4 kaplama tabakasının SEM-EDS analizi
(Figure 8. SEM-EDS analysis for N4 sample)

Farklı tozların sabit kaplama kalınlıklarında ve sabit üretim parametrelerinde elde edilen kaplama tabakalarının ortalama mikrosertlik değerleri ve kaplama tabakası yan kesit yüzeyi boyunca sabit mesafelerden alınarak verilmiştir. Aynı işlem parametrelerinde üretilen kaplama tabakalarının ortalama mikrosertlik değerlerin değiştiği görülmektedir. Kaplamada kullanılan toz miktarının üretilen N1, N2, N3 ve N4 numunelerinin mikrosertlik değerleri arasında $N4 > N3 > N2 > N1$ sıralamasının olduğu tespit edildi. Kaplamada kullanılan tozların metal karbürler oluşturarak ve yüzeyi sertleştirdiği düşünülmektedir. Şekil 9'da HV sertlik grafiği ve sertliklerin numunenin hangi bölgesinden alındığını gösteren şematik resim görülmektedir. Grafik incelendiğinde artan alaşım oranlarıyla kaplamanın mikrosertliğinin de arttığı görülmüştür.

Toz miktarları farklı olan Fe-Cr-C-Ti tozlarının Gaz Tungsten Ark (GTA) yöntemiyle yüzey sertleştirme işlemi yapılan N2 ve N4 numunelerinin farklı yük değerlerinde abrasiv aşındırma sonrası mesafeye bağlı olarak kütle kaybı ilişkisi Şekil 10'da verilmiştir. N2 ve N4 numaralı numunelerin 20 ve 30 N'luk yük uygulanarak aşındırılmasının, mesafeye-kütle kayıp miktarları grafiğindeki eğri parabol şeklinde bir eğim gösterip arttığı gözlemlendi. N2 numunesinin, N4 numunesine göre daha az kütle kaybına uğradığı grafikte izlendi. 30 ve 60 metrelik mesafe miktarları birbiriyle kıyaslandığında ise; mesafenin artmasına bağlı olarak, kütle kayıpları arasındaki farkı önemli oranda arttığı da izlendi. En uzun mesafe olan 60 metrede N2 ve N4 numunelerinin kütle kayıp değerlerinde bir düşüş görülmektedir. Bu düşüşün en önemli nedeninin ise aşınan N2 ve N4 numunelerinin, aşındırıcıya karşı direnç göstermesidir.



Şekil 9. Kaplama tabakasının sertlik profili
(Figure 9. Microhardness profile of coating)



Şekil 10. N2 ve N4 (a) 20 N yüke göre, (b) 30 N yüke göre, mesafeye bağlı kitle kaybı değişimi
(Figure 10. N2 and N4 (a) According 20 N, (b) According 30 N, mass lost)



5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Araştırma sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- GTA yöntemiyle AISI 304 paslanmaz çeliğin sabit enerji girdisi, sabit ilerleme hızı ve farklı miktarlarda (FeCrC-Ti) tozları ile kaplandığı görüldü.
- GTA yöntemiyle AISI 304 paslanmaz çeliğinde 4-7 mm kalınlığında kaplama tabakaları elde edildi.
- FeCrC ve Ti tozlarının kaplama boyunca tamamen çözündüğü gözlemlendi.
- GTA yöntemiyle üretilen kaplamaların optik incelemeleri sonucunda herhangi bir makro ve mikro çatlaka rastlanmamıştır.
- Alaşım elementlerinin oranına bağlı olarak kaplanan tabakalarda, martenzitler, dendritler, (MxCy) [9] metal karbür fazlarını içeren mikroyapılar elde edilmiştir.
- Kaplama tabakasında oluşan dendritler, ara yüzeyden yüzeye doğru yönlendirilerek katılaşmıştır.
- Kaplama tabakalarının sertlikleri kaplama yapılan toz miktarının artışıyla doğru orantılı olarak artmıştır. Maksimum mikrosertlik değeri, N4 numunesinin kaplama tabakasında kaydedilmiştir. Sertliğin yüksek çıkması, yapı içinde oluştuğu tahmin edilen (MxCy) [9] fazların varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- FeCrC ve Ti tozlarıyla yapılan yüzey kaplama modifikasyonunda, toz miktarının fazla, üretim hızının düşük ve enerji girdisinin yüksek olmasıyla elde edilen düzenli bir katılaşma gerçekleştirilen N4 numunesinde minimum kütle kaybı elde edilmiştir.
- Bu nedenle, düzenli ve homojen bir dağılım gösteren karbürlerin aşınma dirençlerinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Mikrosertlik değerleriyle ilişkilendirildiğinde ise; yüksek üretim hızına bağlı olarak kaplama tabakasının düzenli katılaşma göstermemesi nedeniyle yapıda katı halde FeCrC ve Ti tozlarına rastlanılmaktadır.
- Bu sonuçlara bağlı olarak, mikrosertlik değerleri N3 ve N4 numunelerinde, Abrasiv aşınma esnasında tanelerin kopup yapıdan uzaklaşmasıyla kütle kayıp miktarları, düzenli bir dağılım göstermiştir.
- Dolayısıyla, katılaşma hızına; enerji girdisi ve üretim hızının doğrudan etkileyen parametreler oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Khedkar, J., Khanna, A.S., and Gupt, K.M., (1997). Tribological Behaviour of Plasma and Laser Coated Steels, *Wear*, 205, pp:220-227.
2. Holmberg, K., Ronkainen, H., and Matthewst, A., (2000). Tribology of Thin Coating, *Ceramics International*, 26, pp:787-795.
3. Korkut, M.H., Yılmaz, O., and Buytoz, S., (2002). Effect of aging on the microstructure and toughness of the interface zone of a gas tungsten arc (GTA) synthesized Fe-Cr-Si-Mo-C coated low carbon steel", *Surface and Coating Technology*, 157, pp:5-13.
4. Woldan, A., Kusinski, J., and Tasak, E., (2003). The microstructure of plain carbon steel laser-alloyed with silicon carbide. *Mater. Chem. Phys.* 81, pp:507-509.
5. Hwan, S., Park, C., Sato, Y.S., Kokawa, H., Okamoto, K., Hirano, S., and Inagaki, M., (2004). Corrosion resistance of friction stir welded 304 stainless steel. *Scr. Mater.* 51-2, pp:101-105.



6. Tsay, L.W., Liu, Y.C., Young, M.C., and Lin, D.Y., (2004). Fatigue crack growth of AISI 304 stainless steel welds in air and hydrogen. *Mater. Sci. Eng., A* 374(1-2), pp:204-210.
7. Nagae, Y., (2004). A study on detection of creep damage before crack initiation in austenitic stainless steel. *Mater. Sci. Eng., A* 387-389, pp:665-669.
8. Lee, W.S., Cheng, J.I., and Lin, C.F., (2004). Deformation and failure response of 304L stainless steel SMAW joint under dynamic shear loading. *Mater. Sci. Eng., A* 381(1-2), pp:206-215.
9. Buytoz, S. and Ulutan, M., (2006). In situ synthesis of SiC reinforced MMC surface on AISI 304 stainless steel by TIG surface alloying, *Surface and Coating*, pp:3698-3704.
10. Yilmaz, O., Buytoz, S., and Özel, C., (2002). 2nd International Conference on Tribology, 104-111, Kayseri/Turkey, 12-14 June.
11. Gemma, K., Ohtsuka, T., Fujiwara, T., and Kawakami, M., (2002). Normal and Anormal Microstructure of Plasma Nitrided Fe-Cr Alloys, *Journal of Materials Science*, 37, pp:835-844.