



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Kobalt Bazlı Tozların PTA Yöntemiyle Düşük Karbonlu Çelik Üzerine Kaplanması ve Kaplama Bölgesinin İncelenmesi

Serkan APAY^{a,*}, Behçet GÜLENÇ^b

^a Metalürji Bölümü, Gümüşova Meslek Yüksekokulu, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^b Metalürji ve Malzeme Müh. Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: serkanapay@duzce.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada düşük karbonlu AISI 1015 çeliği üzerine, Plazma Transfer Ark (PTA) kaynak yöntemiyle, Stellite 6 kaplanarak, kaplanan yüzeyin SEM, EDS, XRD analizleri ve bazı mekanik özellikleri incelenmiştir. Mekanik özellikleri incelemek adına mikrosertlik ölçümü ve aşınma deneyleri uygulanmıştır. Aşınma deneyleri Pin-on-Disk deney cihazında, farklı yüklerde abrasiv aşınma olarak yapılmıştır. Sonuç olarak, PTA kaynak yöntemi kullanılarak, düşük karbonlu çelik AISI 1015 üzerine yapılan Stellite 6 kaplamalarda, karbür oluşumuna ve oluşan karbür miktarına bağlı olarak kaplanan yüzey sertliğinin arttığı, aynı zamanda artan sertlik ile birlikte aşınma direncinin de arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Plazma Transfer Ark (PTA) kaynak, Stellite 6, Abrasiv aşınma, AISI 1015 çeliği*

Coating of Cobalt Base Powder onto Low Carbon Steel Surface Through PTA Method and Investigation of Coating Zone

ABSTRACT

In this study, Stellite 6 was coated onto low carbon steel AISI 1015 through Plasma Transfer Arc (PTA) welding method, and SEM, EDS and XRD analyses of the coated surface were investigated along with some mechanical properties. Measurement of hardness and wear tests have been applied to investigate the mechanical properties. Abrasion experiments were conducted by a Pin-on-Disk wear test device with different levels of abrasive wear. As a result, PTA welding method of low carbon steel AISI 1015 on coatings made of Stellite 6, it was found that surface hardness is improved depending on carbide formation and the amount of the carbide formed, also wear resistance is increased with increasing hardness.

Keywords: *Plasma Transfer Arc (PTA) welding, Stellite 6, Abrasive wear, AISI 1015 steel*

I. GİRİŞ

YÜZEY kaplama yöntemleri, alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerde mekanik özellikleri ve yüzey kalitesini geliştirmek amacıyla metal yüzeylerine uygulanmaktadır. Kaplama işlemleri TIG, MIG/MAG, Oksi-gaz tekniği ve Elektrik ark kaynağı ile yapılabildiği gibi son yıllarda plazma transfer ark (PTA) kaynak yöntemi ve lazer kaynak yöntemleri ile de yapılmaktadır. PTA kaplama yöntemi lazer kaynak yöntemine göre daha ucuz ve uygulanabilirliğinin kolay olmasından dolayı tercih edilen bir yöntemdir. Ayrıca PTA yönteminin diğer yöntemlere göre kaynak hızının yüksek olması, nüfuziyet derinliğinin fazla olması ve ark kararlılığının da iyi olması önemli tercih nedenlerindedir [1]. PTA ve diğer yöntemler ile yapılan kaynaklı kaplama işlemleri sonrası, kaplanan metalin yüzeyinde sertlik ve aşınma direnci yüksek tabakalar elde edilmektedir [2].

Metal yüzeylerine kaplama işleminde, istenen mekanik özelliklere göre farklı kaplama malzemeleri kullanılmaktadır. Kobalt bazlı kaplama malzemeleri bunlardan birisidir. Günümüzdeki kaplama uygulamalarında kobalt bazlı kaplama tozları kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır [3]. Metal yüzeylerinin mekanik özelliklerini geliştirmek veya yorulma, sürtünme ve aşınmaları miktarlarını en aza indirmek amacıyla değişik yüzey işlemleri uygulanmaktadır [4-7]. Bu işlemlerden, yüzey sertleştirme işlemlerinde yüksek enerji girdili metotların başında ve en çok kullanılanlardan biri de, PTA yöntemidir [8]. PTA yönteminin maliyetinin düşük olması ve uygulamanın kolaylığı gibi avantajları göze çarpmaktadır [9].

Bu çalışmada, PTA kaynak yöntemiyle, kobalt bazlı Stellite 6 kaplama tozu, AISI 1015 çelik yüzeyine kaplanmıştır. Daha sonra bu kaplama numuneleri 10 N, 25 N ve 40 N'luk yükler altında 1000 m ve toplamda 5000 m aşınma yolu ile aşındırılmışlardır. Aşındırılan numunelerin değişik yükler altında alınan yol miktarına bağlı ağırlık kayıplarının değişimleri tarama elektron mikroskobu (SEM), EDS; XRD analizi ve mikrosertlik değerleri ile tespit edilmeye çalışılmıştır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

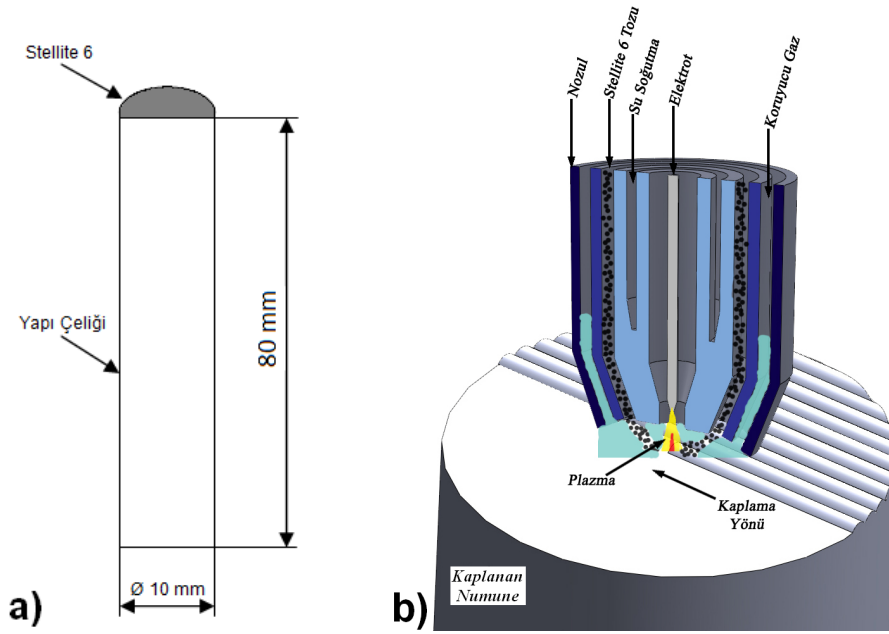
PTA yöntemiyle yapılacak kaplamada, kaplama parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Deneylede kullanılacak olan malzeme olarak düşük karbonlu çelik, kaplama malzemesi olarak Stellite 6 toz malzeme kullanılmıştır. AISI 1015 çeliği ve Stellite 6 toz malzemeye ait kimyasal kompozisyon Tablo 2'de verilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler 10 mm çapında 80 mm boyunda hazırlanmıştır. Deney numuneleri kaplamak üzere tek tip kaplama malzemesi kullanılmıştır. Yüzeyi kaplanacak malzeme ölçüleri ve PTA yönteminin şematik resmi Şekil 1'de görülmektedir.

Tablo 1. PTA Kaynak parametreleri.

Üretim Parametreleri	Akım (A)	Gerilim (V)	Koruyucu Gaz (lt/dk)Ar	Plazma Gaz (lt/dk)Ar	Elektrot Çapı (mm)
Değer	58	22,6	25	0,73	4,7

Tablo 2. AISI 1015 çeliği ve Stellite 6 kaplama malzemesinin kimyasal analizleri.

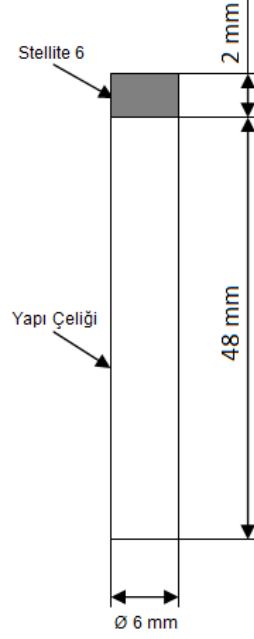
	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	W	Fe	Co
AISI 1015	0,14	0,32	0,04	0,05	0,68	-	-	-	98,77	-
Stellite 6	1,27	1,13	-	-	-	2,02	28,41	5,71	3,59	7,87



Şekil 1. Deney numunelerinin hazırlanması. (a) Stellite 6 alaşımı kaplanmış AISI 1015 çeliği ve (b) PTA kaynak yöntemi ile kaplama şematik gösterimi.

Yüzeyi kaplanan numuneler kaplamaya dik olarak kesilmiş ve bakalite alınmıştır. Numuneler zımparalama işlemlerden sonra parlatılmıştır. Parlatılan yüzey gliserinli sabun ve metanol ile temizlendikten sonra, 5 ml HNO₃ + 5 ml C₂H₄O₂ + 20 ml HCl + 5 ml H₂O karışımı olarak hazırlanan çözeltide dağlanmıştır [10]. Optik mikroskop ile mikroyapı incelemelerinden sonra numuneler tarama elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla çeşitli büyütmelerde görüntüler çekilmiştir. Optik mikroskop görüntüleri SEM görüntüleri ile benzerlik gösterdiğinden bu çalışmada sadece SEM görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca Stellite 6 kaplama alaşımlarına ait EDS analizleri tarama elektron mikroskobuna bağlı EDS sistemi ile yapılmıştır. Numunelerin X-ray (XRD) analizleri SHIMADZU Marka X-Işınları kırınımı cihazı ile 2 ile 100 theta (θ) aralığında yapılmıştır.

Sertlik ölçümleri, mikrosertlik ölçüm cihazında 100 gr yük altında her bir noktadan 5'er ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümleri sonucunda ortalama değer, ölçüm yapılan bölgedeki sertlik değeri olarak kabul edilmiştir. Yüzeyleri Stellite 6 kaplı AISI 1015 çeliği numuneleri, aşınma deneyleri için Şekil 2'de verilen ölçülerde işlenerek, aşınma deneyleri için hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numuneleri, oda sıcaklığında Pin-On-Disk aşınma cihazı üzerinde, 1200 meshlik SiC abrasif aşındırıcı ile toplam 5000 metre aşınma deneyine tabi tutulmuştur. Aşınma yükü olarak, numuneler 10N, 25N ve 40N altında ve 300 m/s kayma hızı ile aşındırılmıştır. Her bir numunenin ağırlık kayıpları 1000 metrede bir ölçülerek numunelerin aşınma davranışları incelenmiştir. Numunelerde ağırlık kaybı ölçümü için 0,0001 mg hassasiyete sahip hassas terazi kullanılmıştır.

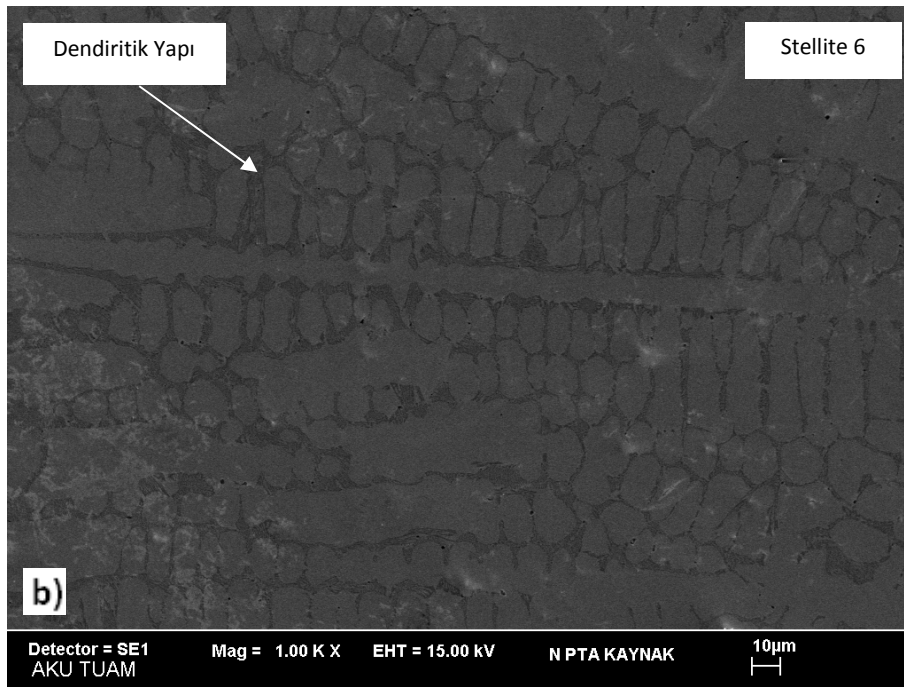
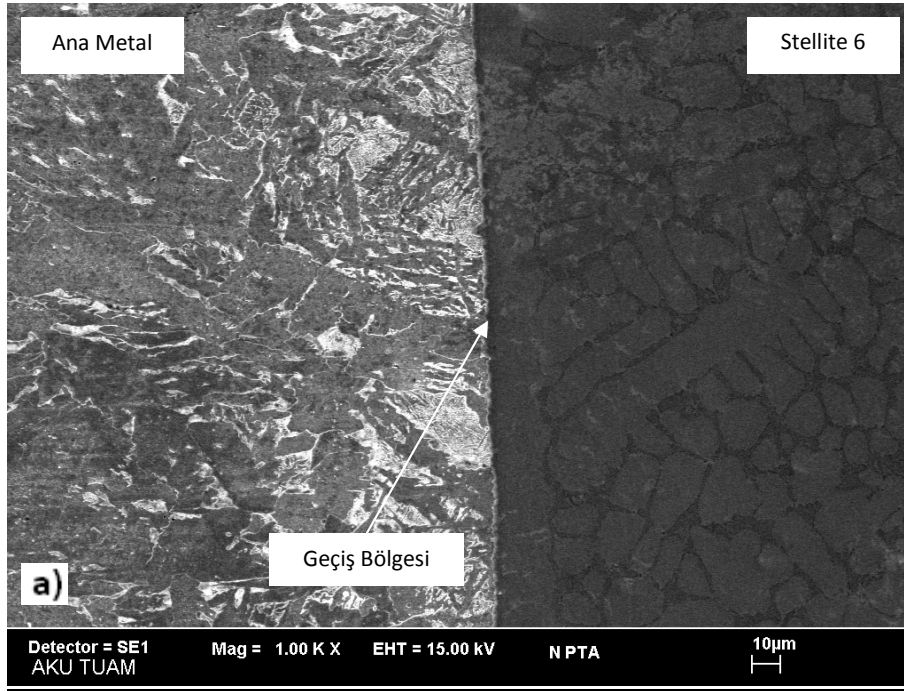


Şekil 2. Aşınma deneyleri için tornalama işlemi yapılmış numune ölçüleri.

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

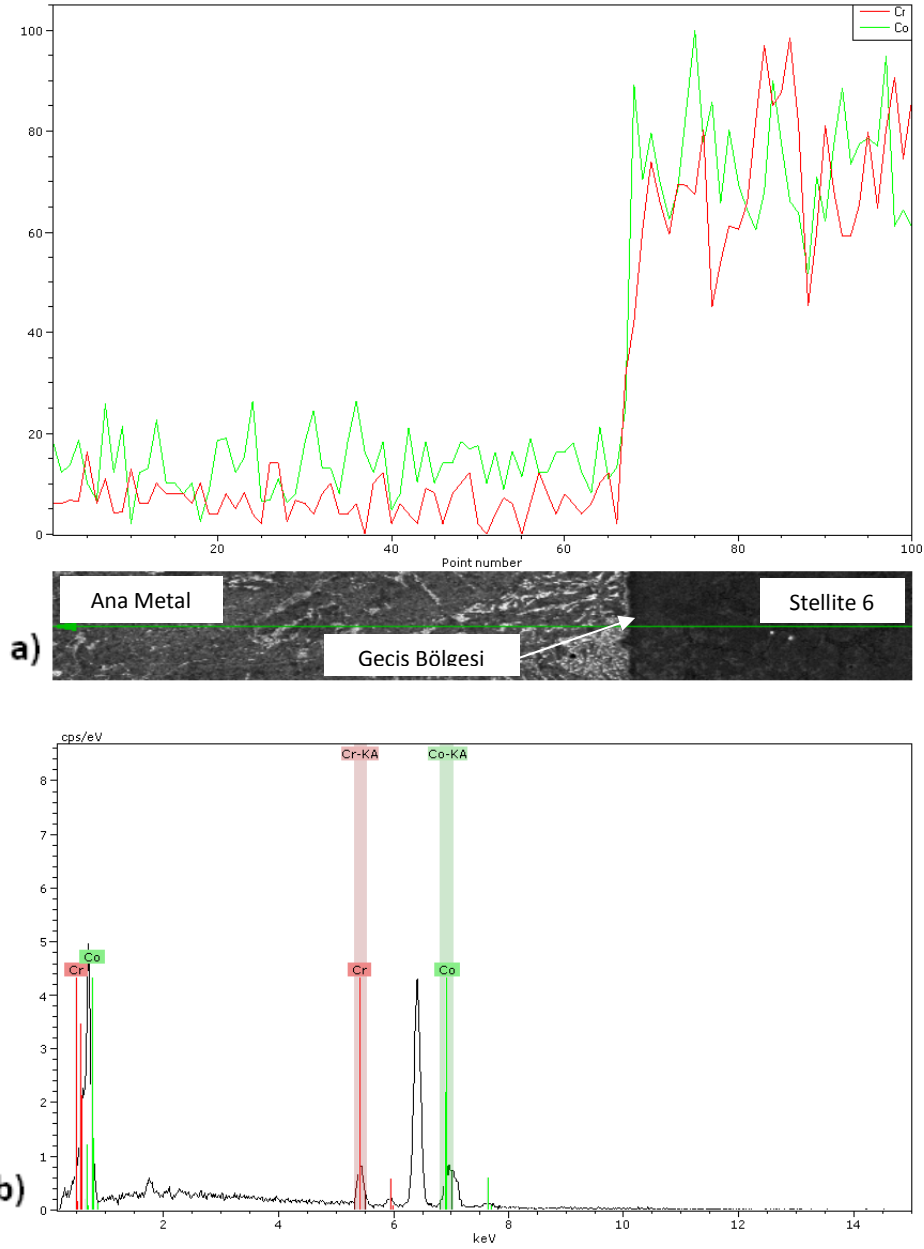
A. MİKROYAPI SONUÇLARI

SEM görüntüleri çekilen numunelere ait görüntüler Şekil 3' de verilmiştir. Görüntülerdeki numunelerin mikroyapıları incelendiğinde, kaplama bölgesindeki Stellite 6 kaplama malzemesinin mikroyapısı, dendiritik yapıda olduğu, ana metalin mikroyapısının, düşük karbonlu çeliklerde görülen ferrit ve perlit yapılardan meydana geldiği Şekil 3 (a)'da görülmektedir. Şekil 3 (b)'de kaplama malzemesi olan Stellite 6 mikroyapısı görülmektedir. Mikroyapı görüntüsü incelendiğinde, tanelerin dendiritik yapıda olduğu görülmektedir. Stellite 6 kaplama yapısında ötektik yapı ile birlikte dendiritik yapı (koyu taneler) birlikte görülmektedir. Dendiritik yapının kolları arasındaki ana faz kobalt ve karbür yapılardan oluşmaktadır. Kobalt normal şartlarda, hegzagonal sıkı paket kafes yapıdadır ama yapının sıcaklığı 417 °C'nin üzerine çıktığında kafes yapısı yüzey merkezli kübik yapıya dönüşür [11-13].



Şekil 3. PTA kaynak yöntemi ile Stellite 6 kaplanmış yapı çeliği SEM görüntüleri, (a) AISI 1015 çeliğe, Stellite 6 kaplama ile oluşan mikroyapı görüntüsü, (b) Stellite 6 kaplama.

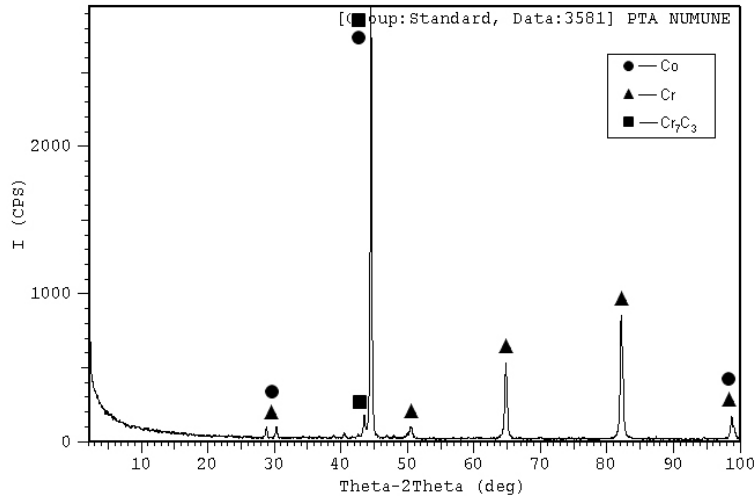
Şekil 4 (a)' da numune yüzeyinden ana malzemeye doğru alınmış çizgisel EDS analizi sonuçları verilmiştir. Stellite 6 kaplama kimyasal bileşiminde bulunan Co ve Cr'nin kaplamadan ana metal tabakasına geçişinin sağlandığı EDS sonuçlarında görülmektedir. AISI 1015 çeliği kimyasal kompozisyonunda Co ve Cr olmaması, yapılan çizgi analizinde ise AISI 1015 çeliği içerisinde Co ve Cr elementlerinin tespit edilmesi (Şekil 4 (b)), PTA kaynağı ile kaplama sonucunda Stellite 6 malzemeden, AISI 1015 çeliği içerisinde geçiş olduğunu doğrulamaktadır.



Şekil 4. PTA kaynaklı numune çizgi tarama EDS analiz grafiği. (a) Stellite 6 kaplamadan, AISI 1015 çeliğe Co ve Cr geçişi, (b) Çizgi analizi boyunca Co ve Cr miktarı.

B. XRD ANALİZİ SONUÇLARI

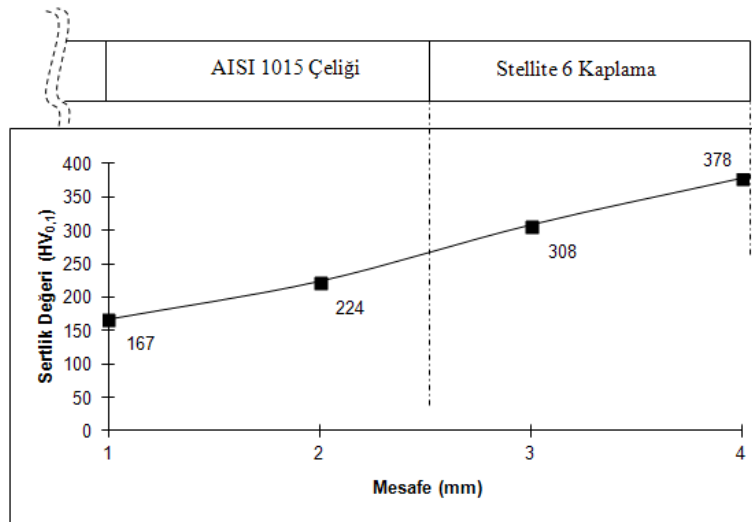
SEM mikroyapı incelemesi yapılan numunelere yüzey kesiti üzerinde X-ray (XRD) analizi yapılmıştır. XRD analizi sonucu elde edilen veriler grafik olarak Şekil 5’de verilmiştir. XRD analizi verileri incelendiğinde yapı içerisinde Cr_7C_3 karbürleri Co ve Cr elementleri tespit edilmiştir. Yapılan mikrosertlik deneyleri sonucunda kaplama malzemesinde yüksek mikrosertlik değerlerine ulaşması bu karbürlerin oluşumunu desteklemektedir [14-16]. EDS analizleri sonucunda yapı içerisinde tespit edilen Cr ve Co elementlerinin varlığı XRD analizi sonucunda da netleştirilmiştir.



Şekil 5. Stellite 6 kaplı numune XRD analizi diyagramı.

C. MİKROSERTLİK SONUÇLARI

Mikroyapı incelemeleri, EDS ve XRD analizi yapılan numuneler, mikrosertlik ölçümlerine tabi tutulmuştur. Mikrosertlik ölçümleri numunenin boyuna kesitleri alınarak kaplama ile ana malzeme arasında yapılmıştır. Sertlik ölçümlerinde kaplamanın dış yüzeyi son nokta olarak kabul edilmiş ve ana malzeme merkezine doğru 1 mm aralıkta yapılan 5 adet ölçümün ortalamaları alınarak değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler Şekil 6'da numunelerin kaplama sonrası kaplama bölgesinden ana malzemenin merkezine doğru sertlik değişim grafiği olarak verilmiştir. Ölçüm sonucunda numunelerde kaplama son noktasında, 378 HV, 1 mm sonra 308 HV, ve 2 mm sonra ise 224 HV ve 3 mm sonra 167 HV sertlik değerleri elde edilmiştir.



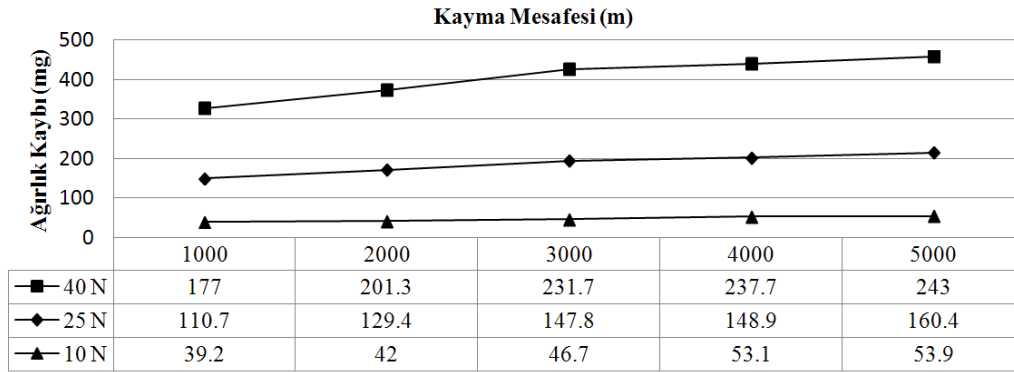
Şekil 6. Numunelerin ana malzemeden, kaplama yüzeyine doğru sertlik değerleri.

Mikrosertlik ölçümleri ve oluşan sertlik değişim grafiği incelendiğinde, numunelerde son nokta kabul edilen kaplama üst yüzeyinden, ana malzemeye doğru gidildikçe sertlik değerlerinde bir düşüş olduğu tespit edilmiştir. Sertlik değerlerindeki bu düşüşün kimyasal bileşimdeki farklılığa bağlı olduğu, üst yüzeyde tamamen kaplama alaşımından bir yapı varken, ana malzemeye doğru gidildikçe kimyasal yapıda düşük karbonlu çeliğe ait alaşımların varlığı ile sertliğin düştüğü düşünülmektedir. Stellite 6

kaplama üzerine yapılan benzer çalışmalarda da Stellite 6 kaplamadan, ana metale doğru gidildikçe sertlik değerlerinin azaldığı görülmüştür [17]. Sertlik değerlerindeki azalma son noktadan 1,5 mm sonra ana malzeme ile kaplama alaşımı birleşme çizgisine kadar devam etmiş ve geçiş bölgesinden sonra ana malzemede benzer sertlik değerleri elde edilmiştir. Ana malzemenin merkezine doğru gidildikçe sertlik değerinin iyice düştüğü görülmektedir. Kaplama yapılmamış ve hiçbir işlem görmemiş AISI 1015 çeliğinin üzerinde, değişik noktalarda yapılan mikrosertlik ölçümlerinde sertlik değerlerinin 157 – 176 HV arasında değiştiği görülmüştür.

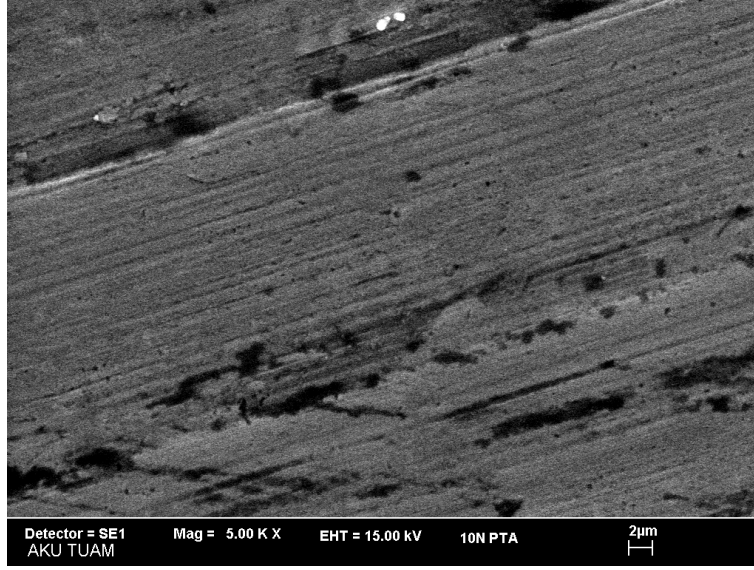
D. AŞINMA DENEYİ SONUÇLARI

Aşınma deneylerine tabi tutulan numunelerden elde edilen ağırlık kaybı sonuçlarına ait ağırlık kaybı, alınan yol grafiği Şekil 7’ de görülmektedir. Grafik üzerinde 10N, 25N ve 40N yük altındaki ağırlık kayıpları karşılaştırma kolaylığı açısından birlikte verilmiştir. 5000 metre aşınma sonucunda numunelerin, aşınan yüzey SEM görüntüleri çekilmiştir. SEM görüntüleri incelendiğinde aşınma ile ortaya çıkan ağırlık kaybı sonuçlarını destekler niteliktedir. Değişik yükler altında abrasif aşınma testine tabi tutulan PTA numunelerinde ve alınan SEM görüntülerinde görülmüştür ki 10N yük altındaki aşınma sonucu numunelerde plastik deformasyon azdır ve aşınma izlerinin yüzeysel şekilde meydana gelmiştir.



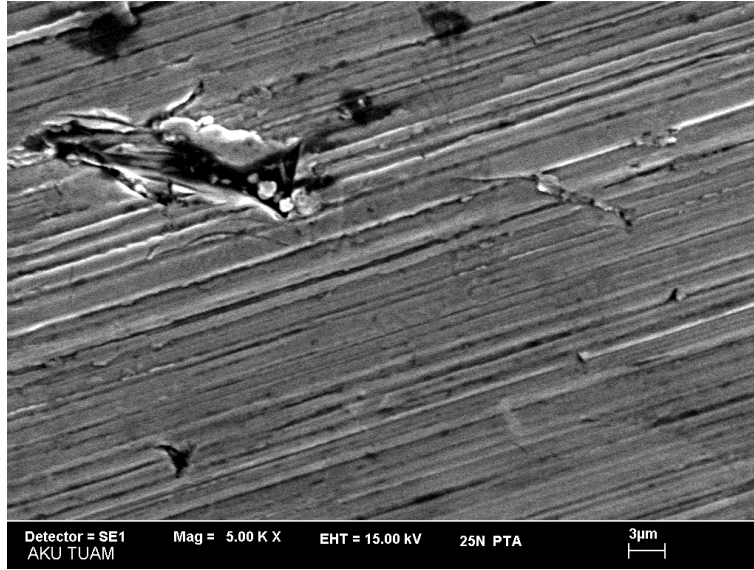
Şekil 7. Aşınma deneyi sonuçları.

Şekil 8’ de 10N yük altında yapılan aşınma sonucunda numune yüzeyinde oluşan aşınma izleri görülmektedir. Aşınma izleri incelendiğinde yüzeyde yiv aşınması olduğu görülmektedir. Aşınma ile oluşan yivlerin, 25N yük altındaki aşınma sonucu ortaya çıkan yiv izlerine göre daha yüzeysel ve daha az derinlikte olduğu tespit edilmiştir. Aşınan yüzey görüntüsü incelendiğinde, numune yüzeyinden kopan ve uzaklaşan küçük parçacıklar olduğu görülmektedir. Kopan parçacıklar yüzey üzerinde küçük krater şeklinde boşluklar bırakmıştır.



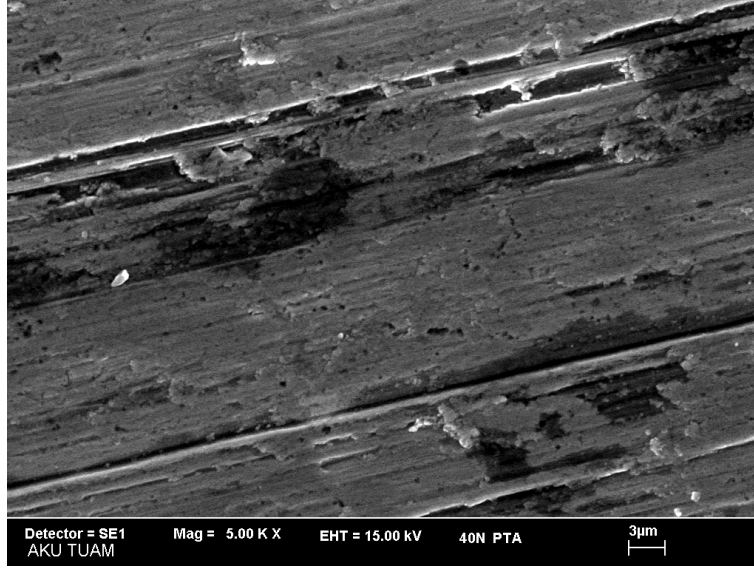
Şekil 8. 10N yük altındaki aşınma deneyi SEM görüntüsü.

Şekil 9’da 25N yük altında numunede plastik deformasyon sonucu oluşan yiv izleri ve yiv derinlikleri görülmektedir. Aşınma izleri incelendiğinde aşınmanın küçük pulluklaşma ile parça kaybı şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca yüzeyden kopan parçacıkların bıraktığı kraterleşmiş iz daha belirgin ve net olarak görülmektedir.



Şekil 9. 25N yük altındaki aşınma deneyi SEM görüntüsü.

Şekil 10’da 40N yük altında, abrasif aşındırıcının numune yüzeyinde, yapmış olduğu izler görülmektedir. Şekil 10 incelendiğinde yüzeyden koparak ayrılan parçacıkların yüzey üzerine sıvandıkları net olarak görülmektedir. 40N yük altındaki aşınan numune SEM görüntüsünde pulluklaşma ve yüzeyden koparak ayrılan parçaların bıraktığı izlerde, 10N ve 25N’luk yüklere göre artış olduğu görülmektedir.



Şekil 10. 25N yük altındaki aşınma deneyi SEM görüntüsü.

Abrasif aşınma deneylerinde numunelerde ve değişik yükler altında elde edilen ağırlık kayıplarının, artan yük miktarıyla birlikte aşınma oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda artan aşınma oranının etkisiyle yüzeydeki bozulma SEM görüntüleri incelendiğinde daha da belirgin olarak görülmektedir. Yapılan benzer çalışmalarda tespit edilmiştir ki aşınma direncinin sadece yüzey sertliğine değil, aynı zamanda mikroyapıdaki sert tanelerin yapı içerisindeki dağılımına, tane ebatlarına bağlıdır [18].

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, AISI 1015 düşük karbonlu çelik üzerine, PTA kaynak kaplama yöntemiyle kobalt bazlı alaşımlardan, Stellite 6 alaşımı ile kaplama yapılmıştır. Numunelerin SEM mikroyapı görüntüleri, EDS analizi, XRD analizi, mikrosertlik ve aşınma deneylerinden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Bu sonuçlar;

AISI 1015 çelik malzemeler yüzeylerine normal şartlarda ve ön ısı olmadan tek seferde PTA kaynak yöntemi ile Stellite 6 alaşım kaplaması yapılabilir. Aynı zamanda yapılan kaplamada AISI 1015 çeliği ve kaplama tabakası arasında boşluk olmadan tam birleştirme olduğu SEM mikroyapılarından görülmüştür.

Aşınan numunelerin farklı yükler altında abrasif aşınma sonucu ağırlık kayıplarının, uygulanan yük miktarına bağlı olarak arttığı görülmüştür. Ayrıca 40N yük altında oluşan aşınma yiv izleri, 10N yük altındaki aşınan yüzey yivlerine göre daha derindir. Ayrıca kopan parça miktarı 40N yük altında daha fazla olmuştur.

PTA kaynak ile kaplanan numunelerde kaplama işlemleri sonrası ölçülen sertlik değerlerinin, ana malzemeden Stellite 6 kaplama yüzeyine doğru gidildikçe arttığı tespit edilmiştir. Sertliğin artmasında XRD analizi sonucunda tespit edilen Cr_7C_3 karbürlerin neden olduğu düşünülmektedir.

V. KAYNAKLAR

- [1] S. Buytoz, *AISI 4340 Çeliğinin Nitürasyon ve GTA Kaynak Yöntemi ile Yüzey Modifikasyonu İşlemleri Sonrası Mekaniksel Davranışlarının Araştırılması*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ-Türkiye, (2004).
- [2] R. Iakovou, L. Bourithis, G. Papadimitriou *Wear* **252** (2002) 1007.
- [3] S. Buytoz, A.K. Gür, F. Sarsılmaz *Metal Makine Dergisi* **17(151)**, (2005) 180.
- [4] L. Bourithis, Ath. Milonas, G.D. Papadimitriou *Surf. Coat. Tech.* **165** (2003) 286.
- [5] Shan-Ping Lu, Oh-Yang Kwon, Yi Guo *Wear* **254** (2003) 421.
- [6] V.V. Çay, H. Çelik, M.S. Gök, *Elektrik ark kaynak yöntemiyle yüzeyi alaşımlandırılan AISI 1010 çeliğinin abrasiv aşınma davranışının araştırılması*, **Denizli Malzeme Sempozyumu**, Denizli-Türkiye (2004) 101.
- [7] K.H. Lo, F.T. Cheng, H.C. Man *Mat. Sci. Eng. A-Struct.* **357** (2003)168.
- [8] L. Bourithis, G. Papadimitriou *Wear* **258** (2005) 1775.
- [9] L. Bourithis, S. Papaefthymiou, G.D. Papadimitriou *Appl. Surf. Sci.* **200** (2002) 203.
- [10] E. Çömez, H. Çelik *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* **16(4)** (2004) 633.
- [11] R. Gomes, S. Henke, A.S. D'Oliveira *Mat. Res.* **15(5)** (2012) 796.
- [12] J.K. Hyung, H.Y. Byoung, H.L. Chang *Wear* **254** (2003) 408.
- [13] Buta Singh Sidhu, D. Puri, S. Prakash *J. Mater. Process. Tech.* **159** (2005) 347.
- [14] Y.Z. Zhu, Z.M. Yin, H. Teng *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* **17** (2007) 35.
- [15] I. Uygur *Ind. Lubr. Tribol.* **58 (6)** (2006) 303.
- [16] Q.Y. Hou, J.S. Gao, F. Zhou *Surf. Coat. Tech.* **194** (2005) 238.
- [17] A. Gholipour, M. Shamanian, F. Ashrafizadeh *J. Alloy. Compd.* **509** (2011) 4905.
- [18] R.A. Jeshvaghani, M. Shamanian, M. Jaberzadeh, *Mater. Design* **32** (2011) 2028.