

## **AISI 1018 ÇELİK YÜZEYİNE GTA YÖNTEMİYLE STELLITE 6 KAPLAMANIN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ**

Serkan APAY<sup>1\*</sup>, Behçet GÜLENC<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Gümüşova M.Y.O., Metalurji Bölümü, 81850, Düzce, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fak., Metalurji ve Malzeme Müh., 06660, Ankara, TÜRKİYE

**Özet-**Metal teknolojilerinde, yüzey kaplama işlemleri önemli bir yer tutmaktadır. Yüzey kaplama işlemlerinin amacı, kaplanan yüzeyin modifikasyonu, yüzeyin düşük mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi, hatta geliştirilmesidir. Bu çalışmada, Tungsten InertGas (TIG) kaynak yöntemiyle, DeloroStelliteGroup tarafından üretilen kobalt bazlı alaşım Stellite 6 tel, düşük karbonlu AISI 1018 çelik yüzeyi üzerine kaplama yapılmıştır. Yapılan kaplama işlemi sonucunda, kaplanan yüzey kesitlerinin mikroyapıları incelenmiştir. Tarama elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri alınıp, enerji dağılım spektroskopisi (EDS) ve X-ışınları kırınımı (XRD) analizleri yapılmıştır. Çizgi analizi yöntemi ve element haritası analizleri ile Stellite 6 kaplama alaşımından, AISI 1018 çeliğine krom ve kobalt difüzyonu incelenmiştir. Mekanik test olarak numunelere mikrosertlik ölçümleri ve aşınma deneyleri uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler-**TIG Kaynak, Stellite 6, AISI 1018, abrasif aşınma

## **EFFECT OF MECHANICAL PROPERTIES OF AISI 1018 STEEL SURFACE COATING STELLITE 6 BY GTA METHOD**

**Abstract-**Metal technology, surface coating operations plays an important role. The purpose of surface coating operations, modification of the covered surface, improve the mechanical properties of the surface low, even develop. In this study, Tungsten Inert Gas (TIG) welding method and cobalt-based alloy produced by Deloro Stellite Group Stellite 6 wire made of low-carbon coating on the surface of AISI 1018 steel. As a result of the coating process, the coated surface microstructures examined sections. Scanning electron microscopy (SEM) images taken, and energy dispersive spectroscopy (EDS) and X-ray diffraction (XRD) analyzes were conducted. Map of the line element analysis method and analysis covering Stellite 6 alloy, cobalt chrome and diffusion of AISI 1018 steel was investigated. Micro-hardness measurements and wear tests were carried out as a mechanical test specimens.

**Keywords-**TIG Welding, Stellite6, AISI1018,abrasive wear

---

\* [serkanapay@duzce.edu.tr](mailto:serkanapay@duzce.edu.tr)

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüz şartlarında, metal teknolojilerinde yüzey kaplama işlemleri önemli bir yer tutmaktadır. Modern yüzey kaplama işlemlerinden olan lazer kaplama işlemi ile 0.1 – 2 mm aralığındaki kalınlıklarda kaplama işlemleri yapılabilmektedir [1]. Lazer kaynak ile yüzey kaplamanın yanı sıra MİG-MAG (Gazaltı), Plazma (PTA), Tozaltı ve gas tungsten ark (GTA) kaynak yöntemleri de sıklıkla kullanılmaktadır. TIG kaynak ile yüzey kaplama günümüzde sıklıkla tercih edilen ve kullanılan uygulamadır. TIG kaynak yönteminin daha çok tercih edilmesinde yöntemin uygulanabilirliğinin kolaylığı ve ucuz olması söylenebilir [2]. Yüzey kaplama işlemleri uygulama yöntemleri olarak farklılıklar gösteriyor olsa da uygulama amacı, kaplanan yüzeyin modifikasyonu ile önceki özelliklerinin iyileştirilmesi, hatta geliştirilmesidir. Mühendislikte kullanılan malzemelerin istenilen mukavemete sahip olması ve uygulanan yükleri taşıması gerekmektedir. Ayrıca, malzemelerin verimli olarak kullanılabilmesi için gerekli bazı yüzey özelliklerini de taşıması gerekir. Bu nedenle mühendislik malzemelerinin gerekli yapısal özellikleri sağlayan bir malzemedan seçilmesi ve diğer yüzey özelliklerinin ise yüzey işlemleri ile sağlanması en uygun çözümdür [3].

Yüzey kaplama işlemlerinde kaplama malzemesi olarak farklı alaşımlar kullanılmaktadır. Bu alaşımlardan biride DeloroStelliteCompanyInc. tarafından üretilen, valfler, türbin kanatları, dişçilik, cerrahi implant malzemelerinde, egzoz çıkış boruları ve benzeri sanayi uygulamalarında yaygın olarak kullanılan ve Stellite adıyla bilinen kobalt bazlı kaplama alaşımlarıdır [4]. Stellite alaşımları yüksek sıcaklıklar altında, aşınma ve korozyon direncinin yüksek olması istenen uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır [5]. Stellite alaşımları içyapılarında, karbür içerdikleri için sertlikleri yüksektir. Stellite yüzey kaplama alaşımlarının, diğer yüzey kaplama alaşımlarına göre maliyetleri yüksektir. Yüksek maliyetli olmasına karşın diğer kaplama alaşımlarına göre üstünlüklerinin daha fazla olması nedeniyle tercih edilir [6-7].

Bu çalışmada AISI 1018 çeliği üzerine TIG kaynak yöntemi ve kobalt bazlı Stellite 6 ilave teli ile kaplama işlemi yapılmıştır. Kaplanan yüzey kesit alanı üzerinde mikroyapı incelemeleri, analiz işlemleri ve mikrosertlik ölçümleri yapılmıştır. Son olarak malzemeler aşınma deneylerine tabi tutulmuşlardır.

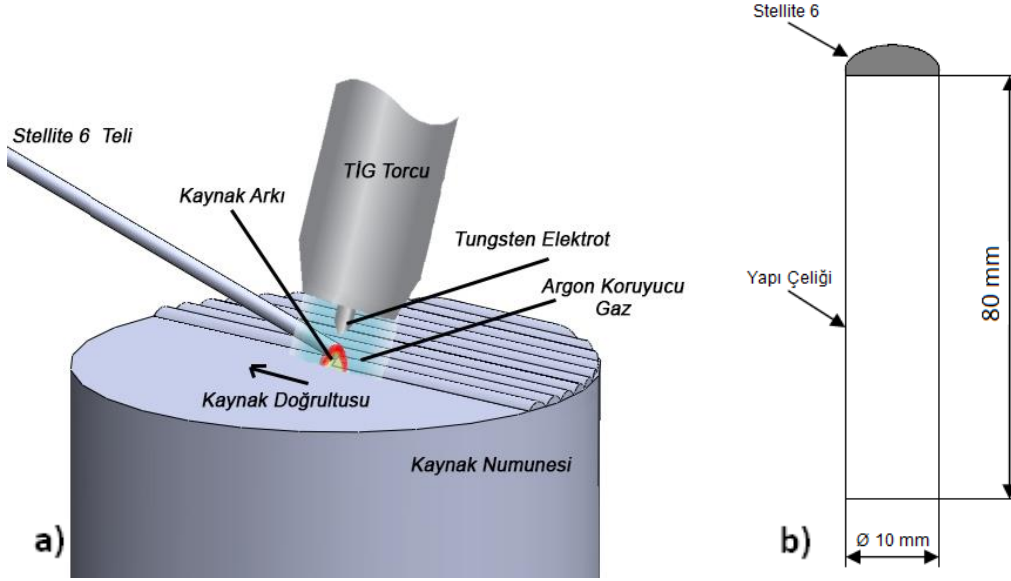
## 2. YÖNTEM (METHOD)

Bu çalışmada, TIG kaynak yöntemi ile kobalt bazlı Stellite 6 yüzey kaplama alaşımı AISI 1018 çeliği üzerine kaplanmıştır. Çeliğe ait kimyasal analiz tablosu tablo 1’de verilmiştir. Yapılan kaplama işlemi sonucunda, kaplanan yüzeylerin mikroyapıları ve tarama elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri incelenmiştir. EnergyDispersiveSpectroscopy (EDS) ile element analizleri ve X-Işınları kırınımı (XRD) analizleri yapılmıştır. EDS üzerinde çizgi analizi yöntemi ve element haritası analizleri ile Stellite 6 alaşımından, yapı çeliği malzemeye krom ve kobalt difüzyonu incelenmiştir. Mekanik test uygulamaları olarak da numunelere mikro sertlik ölçümleri ve aşınma deneyleri uygulanmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler 10 mm çapında 80 mm boyunda hazırlanmıştır. Deney numuneleri kaplamak üzere tek tip kaplama malzemesi kullanılmıştır. Bu kaplama malzemesi kobalt bazlı Stellite 6 malzemesidir. Stellite 6 alaşımına ait analiz bilgileri tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** AISI 1018 çeliği ve Stellite 6 kaplama malzemesinin kimyasal analizleri. (Chemical analyzes of the coating material AISI 1018 steel and Stellite 6.)

Malzeme	Ana Malzeme ve Stellite 6 Malzemesi Kimyasal Analizleri (% ağı.)									
	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	W	Fe	Co
AISI 1018	0,18	0,51	0,04	0,05	0,61	-	-	-	98,61	-
Stellite 6	1,27	1,13	-	-	-	2,02	28,41	5,71	3,59	57,87

Deney numunelerinin uç kısımlarına, Stellite 6 kobalt bazlı alaşım TIG kaynak yöntemi kullanılarak kaplanmıştır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Deney numunelerinin hazırlanması. a) TIG kaynak yöntemi ile kaplama, b) Stellite 6 alaşımı kaplanmış AISI 1018 çeliği. (Preparation of test specimens. a) Coating with TIG welding method, b) Stellite 6 alloy coated AISI 1018 steel.)

Kaplama için, TIG kaynak yönteminde kullanılan, 3,2 mm çapındaki Stellite 6 kaynak teli kullanılmıştır. Kaplama tek paso halinde yapılmıştır. Kaplama işlemi sonrası numuneler ortam sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. TIG kaynak yönteminde kullanılan parametrelere ilişkin bilgiler tablo 2’de verilmiştir.

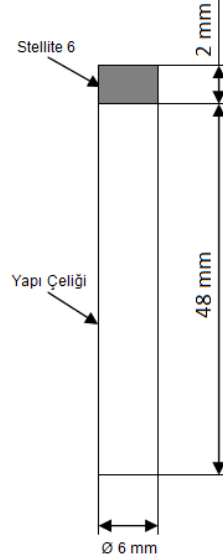
**Tablo 2.** TIG kaynak yöntemiyle kaplamada kullanılan parametreler. (TIG welding parameters used in the coating method.)

Elektrot Çapı (mm)	2,4
Elektrot	%2 Toryumlu Tungsten
Akım (A)	90
Volt (V)	16
Gaz Akışı (lt/dak)	10
İlave Tel	Stellite 6
İlave Tel Çapı (mm)	3,2

Yüzeyi kaplanan malzemeler malzemeye dik olarak kesilmiş ve bakalite alınmıştır. Numuneler metalografik işlemlerden sonra parlatılmıştır. Parlatılan yüzeydeki kalıntılar alkol ile temizlendikten sonra, 5 ml HNO<sub>3</sub> + 5 ml C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> + 20 ml HCl + 5 ml H<sub>2</sub>O çözeltisinde dağlanmıştır [8]. Mikroyapı incelemelerinden sonra numuneler LEO marka 1430 VP model Tarama Elektron Mikroskobu yardımıyla çeşitli büyütmelerde görüntüler çekilmiştir. 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 yapılmıştır. Yapılan ölçümler 2 ile 100 theta (θ) aralığında yapılmıştır.

Sertlik ölçümleri SHIMADZU marka mikrosertlik ölçüm cihazında HV<sub>0,1</sub> (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

yapı çeliği, numuneleri aşınma deneyleri için şekil 2’de verilen ölçülerde tornalama ile işleyerek aşınma deneyine hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numuneleri, Pin-On-Disk aşınma cihazı üzerinde 1200 meshlik SiC abrasif aşındırıcı ile toplam 5000 metre boyunca aşındırma deneyine tabi tutulmuştur. Numuneler 10N, 25N ve 40N yükleri altında 300 m/s kayma hızı ile aşındırılmıştır. Numunelerin ağırlık kayıpları 1000 metrede bir ölçülerek numunelerin aşınma davranışları incelenmiştir. Numunelerde ağırlık kaybı ölçümü için 0,0001 mg hassasiyete sahip SARTORIUS BP 210S hassas terazi kullanılmıştır.

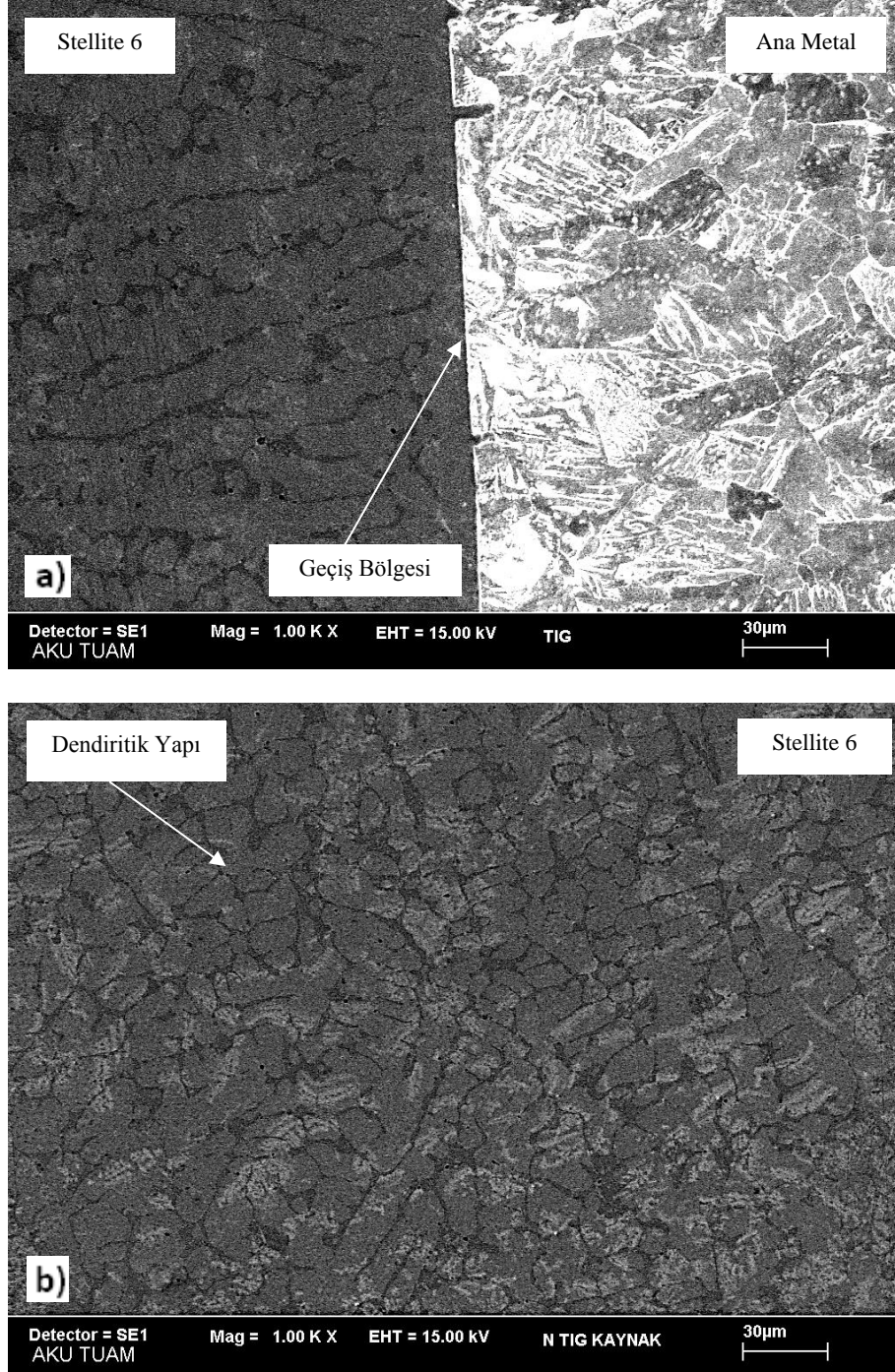


Şekil 2. Aşınma deneyleri için tornalama işlemi yapılmış numune ölçüleri. (Turning specimen size process is applied for the wear tests.)

### 3. BULGULAR (FINDINGS)

#### 3.1. Mikroyapı İncelemeleri (Microstructural Characterization)

Deney numunelerinin mikroyapıları incelendiğinde genel olarak Stellite 6 kaplama malzemesinin mikroyapısı dendiritik yapıda olduğu görülmektedir. Dendiritik yapının kolları arasındaki ana faz kobalt ve karbür yapılardan oluşmaktadır. Kobalt normal şartlarda, hegzagonal sıkı paket (HSP) kafes yapısına sahiptir. Kobalt sıcaklığı 417 °C'nin üzerine çıktığında kafes yapısı yüzey merkezli kübik (YMK) yapıya dönüşürler [9-11].

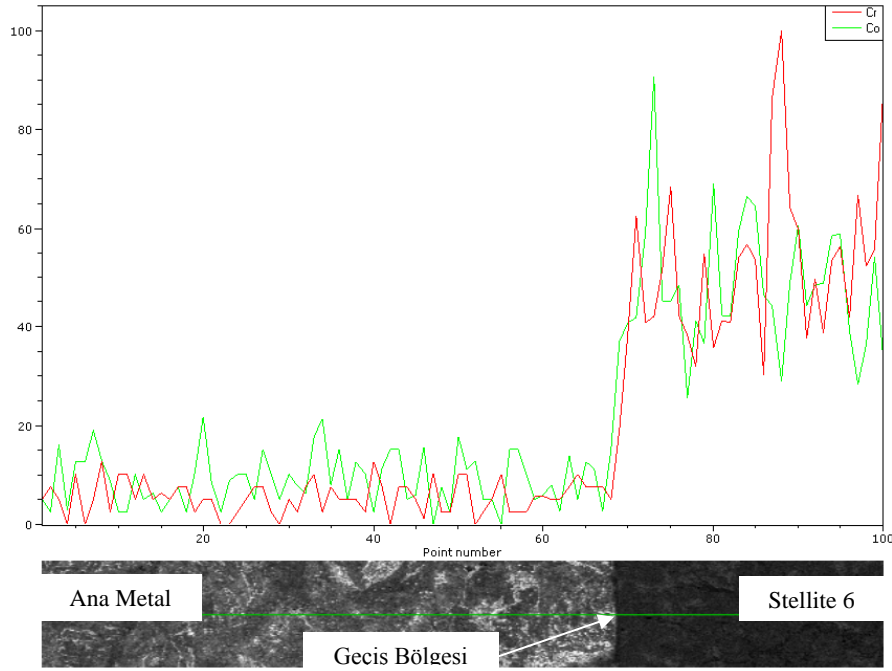


**Şekil 3.** TIG kaynak yöntemi ile Stellite 6 kaplanmış yapı çeliği SEM görüntüleri. a) AISI 1018 çeliğe, Stellite 6 kaplama ile oluşan mikroyapı görüntüsü, b) Stellite 6 kaplama. (TIG welding method Stellite 6 SEM images of the coated structural steel. a) AISI 1018 steel, the Stellite 6 coating microstructure of view, b) Coating of Stellite 6.)

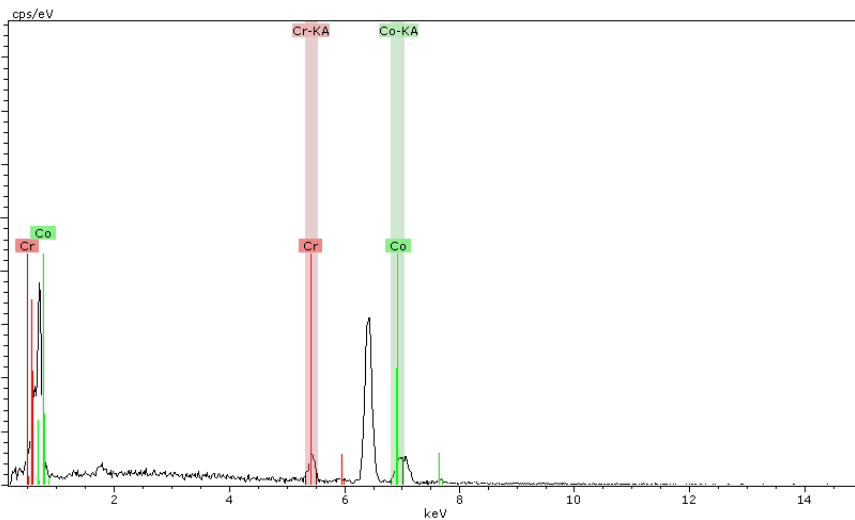
Ana metal olarak kullanılan AISI 1018 çeliği üzerine Stellite 6 alaşımı kaplanması sonucunda oluşan mikroyapı fotoğrafı Şekil 3.a'da görülmektedir. Ana metalin mikroyapısı, düşük karbonlu çeliklerde görülen ferrit ve perlit yapılardan meydana gelmiştir. Şekil 3.b'de kaplama malzemesi olan Stellite 6 mikroyapısı görülmektedir. Mikroyapı görüntüsü incelendiğinde, tanelerin dendiritik yapıda ince olduğu görülmektedir. Stellite 6 kaplama yapısında ötektik yapı ile birlikte dendiritik yapı (koyu taneler) birlikte görülmektedir.

### 3.2. EDS ve X-Işınlari Kırınımı (XRD) Analizleri (EDS and X-Ray Diffraction (XRD) Analysis)

Numuneler üzerinde Stellite 6 alaşımından düşük karbonlu çelik yapıya gerçekleşen difüzyonu ölçmek için şekil 4’de görülen çizgisel EDS analizi yapılmıştır. Yapılan analizle elde edilen sonuçlara ait grafik ve veriler şekil 5’de verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde geçiş bölgesine kadar yapıdaki krom (Cr) ve kobalt (Co) element oranı yüksek, geçiş bölgesi geçildikten sonra ise bu oran azalmaktadır. Çizgisel analiz sonucunda ana malzeme içerisinde Cr ve Co elementlerinin varlığından söz etmek mümkündür. Çizgi boyunca yapılan tarama analizine ait verilerin yer aldığı şekil 5’de bu elementlerin değerleri grafik içinde tablo halinde verilmiştir.

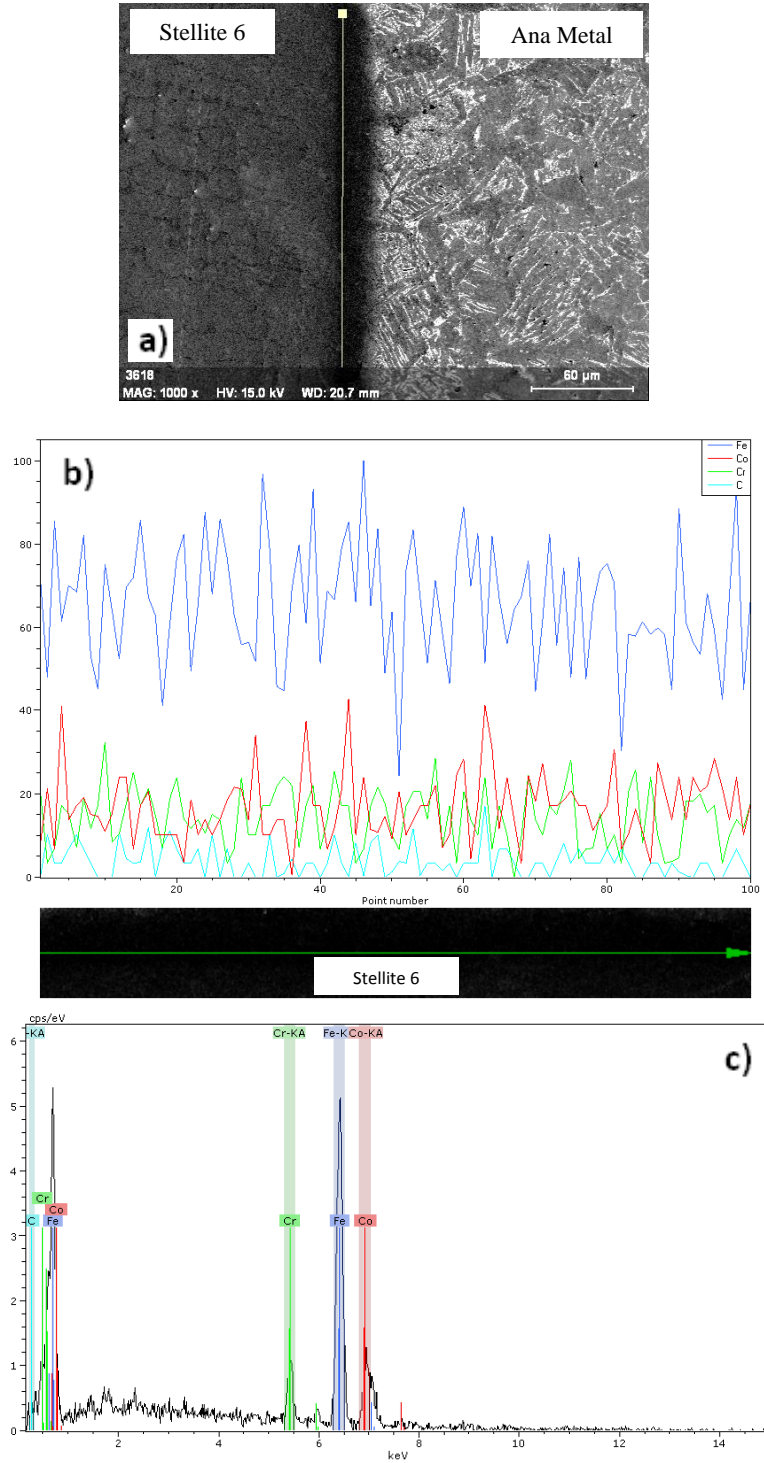


Şekil 4. TIG kaynak numunesi çizgi tarama analizi ve analiz grafiği. (TIG welding specimen of line scan analysis and analysis graph.)



Şekil 5. TIG kaynak numunesi çizgi tarama EDS analiz grafiği. (TIG welding specimen of line scan EDS analysis graph.)

Geçiş bölgesinde çizgi tarama analizden sonra Stellite 6 alaşımı ve ana malzeme üzerinde de çizgisel analiz yapılmıştır. Stellite 6 alaşımına ait çizgisel analiz uygulanan bölge ve analiz verileri grafiği şekil 6'da verilmiştir.

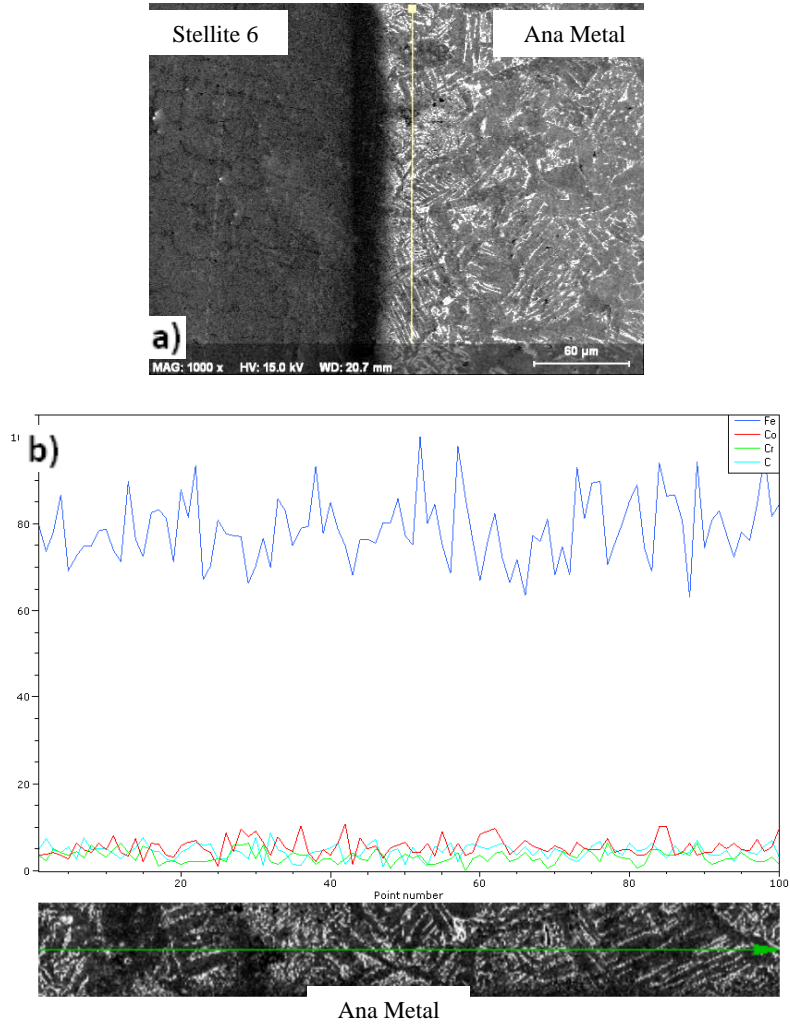


**Şekil 6.** Stellite 6 kaplama çizgi tarama analizi. a) çizgi tarama analizi yapılan bölge, b) çizgi tarama analizi grafiği, c) EDS analizi grafiği. (Stellite 6 Coating line scan analysis. a) line scan analysis with the region, b) line scan analysis of the chart, c) EDS analysis graph.)

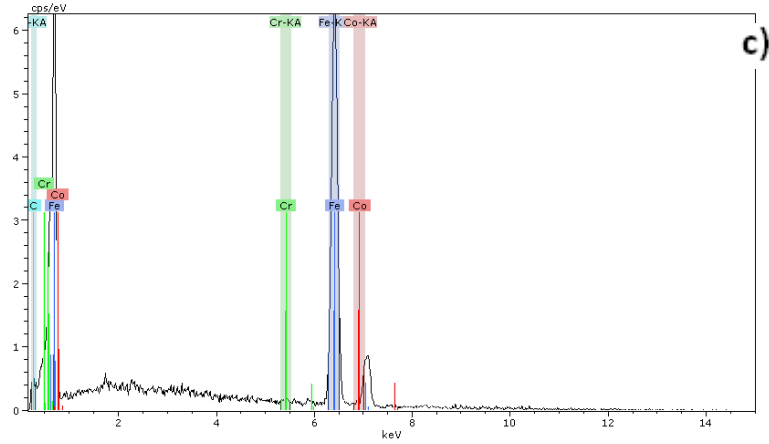
...: AISI 1018 Çelik Yüzeyine GTA Yöntemiyle Stellite 6 Kaplamanın Mekanik Özelliklere Etkisi:..

Şekil 6.a'da kaplama bölgesinde yapılan çizgi tarama analiz bölgesi görülmektedir. Çizgi Stellite 6 kaplama üzerindedir. Bu nokta üzerinde yapılan çizgi tarama analizi sonucunda oluşan grafik şekil 6.b'de verilmiştir. Analizi yapılan elementler demir (Fe), karbon (C), krom (Cr) ve kobalt (Co) elementleridir. Analiz sonucunda elementlerin oranını belirlemek için uygulanan EDS analizi grafiği şekil 6.c'de verilmiştir.

Şekil 7.a'da ana malzeme üzerinde yapılan çizgi tarama analiz bölgesi görülmektedir. Çizgi boyunca yapılan tarama analizi sonucunda oluşan grafik şekil 7.b'de verilmiştir. Kaplama malzemesinde olduğu gibi ana malzeme üzerinde de demir (Fe), karbon (C), krom (Cr) ve kobalt (Co) elementleri analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elementlerin oranını belirlemek için uygulanan EDS analizi grafiği şekil 7.c'de verilmiştir.



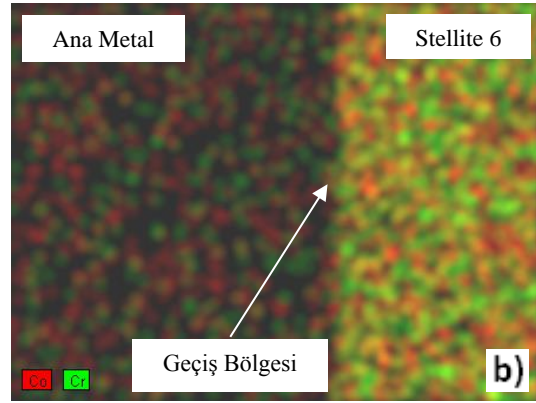
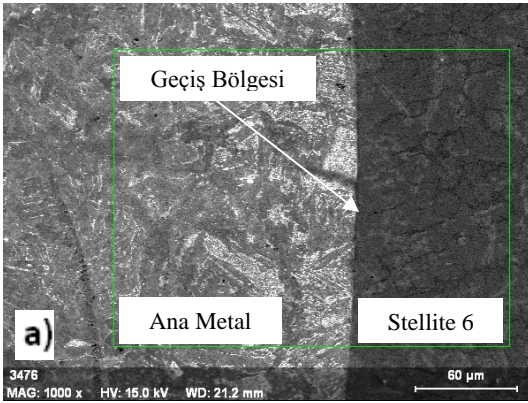


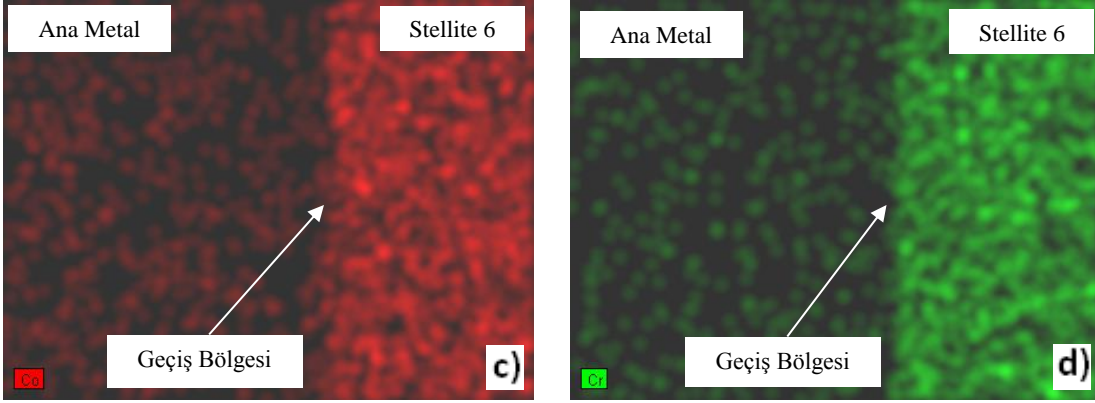


**Şekil 7.** Ana malzeme çizgi tarama analizi. a) çizgi tarama analizi yapılan bölge, b) çizgi tarama analizi grafiği, c) EDS analizi grafiği. (Line scan analysis of the core material. a) line scan analysis with the region, b) line scan analysis of the chart, c) EDS analysis graph.)

Şekil 6.b ve şekil 7.b'deki grafikler incelendiğinde şekil 6.b'de Cr ve Co oranı yüksek, şekil 7.b'de ise düşük olarak görülmektedir. Şekil 7.b' ana malzemede yapılan analiz olduğu için ve ana malzemenin kimyasal kompozisyonunda Cr ve Co olmadığı halde düşük oranda tespit edilmesi Stellite 6 kaplamadan ana malzeme içerisine bu elementlerin geçtiğini göstermektedir.

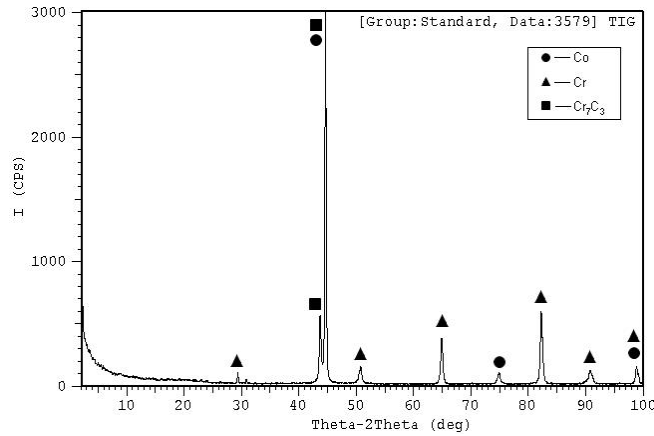
Şekil 8.a'da alan taraması element haritası analizi şeklinde yapılmıştır. Ana malzemedeki çizgi tarama analizi ile bulunan, Cr ve Co elementlerinin dağılımlarının homojen dağılım şeklinde numunede olduğu şekil 8.b'de görülmektedir. Bu dağılımın ayrıca Cr ve Co elementleri dağılımı detaylıca şekil 8.c ve şekil 8.d'de görülmektedir. Şekil 8.c sadece Co elementinin dağılımını gösterirken, şekil 8.d sadece Cr elementinin dağılımını göstermektedir.





**Şekil 8.** TIG kaynak EDS element harita analizi. a) Element harita analizi yapılan alan, b) Taranan alanda Co ve Cr elementleri dağılımı, c) Co elementleri görüntüsü, d) Cr elementleri görüntüsü. (TIG welding EDS elemental map analysis. a) Element maps scanned area, b) the distribution of elements in the survey area, Co and Cr, c) Co. view elements, d) the elements Cr view.)

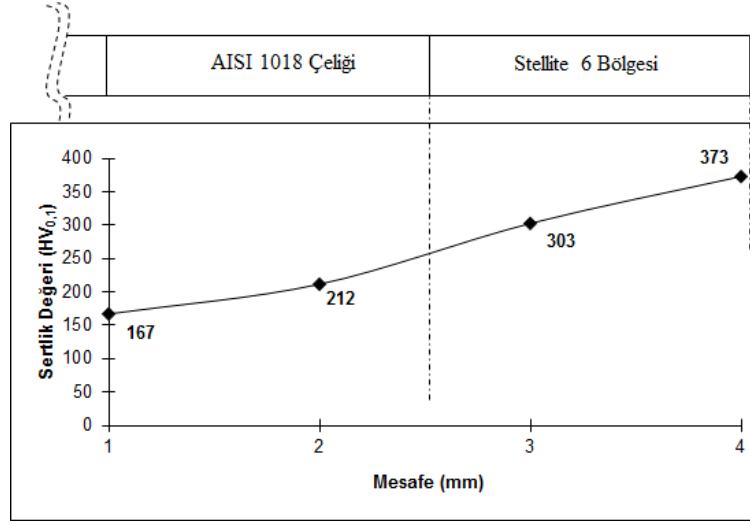
AISI 1018 çeliğine Stellite 6 kaplama yapıldıktan sonra, numune yüzey kesiti üzerinde X-ray (XRD) analizi yapılmıştır. XRD analizi sonucu elde edilen veriler grafik olarak şekil 9’da verilmiştir. XRD analizi verileri incelendiğinde yapıda  $M_7C_3$  karbürleri ( $M=Cr,Fe$ ) Co ve Cr elementleri tespit edilmiştir. Sertlik deneyleri sonucunda kaplama malzemesinde yüksek mikrosertlik değerlerine ulaşması bu karbürlerin oluşumunu desteklemektedir [12-14]. EDS analizleri sonucunda yapı içerisinde Cr ve Co elementlerinin varlığı XRD analizi sonucunda pekiştirilmiştir.



**Şekil 9.** Stellite 6 kaplı numune XRD analizi diyagramı. (XRD analysis of specimen diagram of Stellite 6 clad.)

### 3.3. Sertlik Deneyleri (Microhardness Test)

Stellite 6 kaplama yapılan numunelerde sertlik 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 10’da numunelerin kaplama sonrası kaplama bölgesinden ana malzemenin merkezine doğru sertlik değişim grafiği olarak verilmiştir.

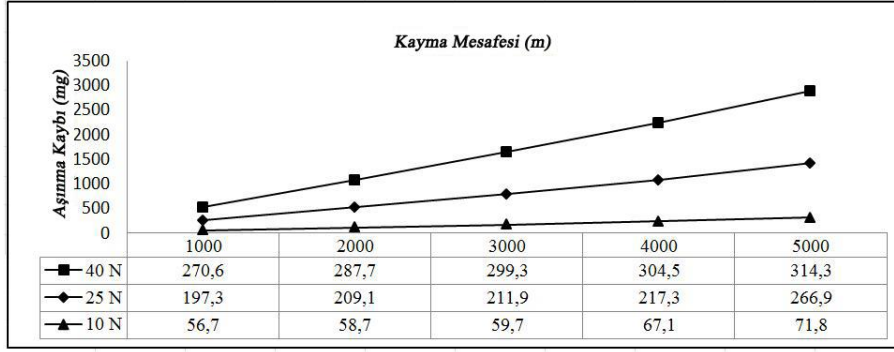


**Şekil 10.** Numunelerin ana malzemeden, kaplama yüzeyine doğru sertlik değerleri. (The base material of the samples, the coating to the surface hardness.)

Şekil 10'daki sertlik grafiği incelendiğinde tüm 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. Benzeri çalışmalarda göstermiştir ki Stellite 6 kaplama alaşımından, ana malzemeye doğru gidildikçe sertlik değerleri düşmüştür [15]. 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 yaklaşıldıkça sertlik değerinin iyice düştüğü görülmektedir. TIG kaynaklı Stellite 6 kaplanmış numunelerde kaplama son noktasında, 373 HV<sub>0,1</sub>, 1 mm sonra 303 HV<sub>0,1</sub>, ve 2 mm sonra ise 212 HV<sub>0,1</sub> ve 3 mm sonra 167 HV<sub>0,1</sub> sertlik değerleri elde edilmiştir.

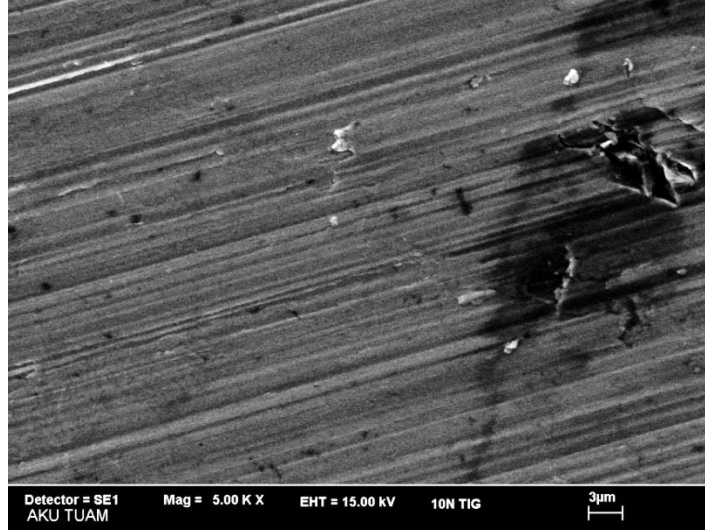
### 3.4. Aşınma Deneyleri (Wear Test)

Numuneler toplam 5000 metre kayma mesafesinde, 1200 meshlik SiC abrasif aşındırıcı ile Pin-On-disk cihaz üzerinde 300 dev/dk. hızda, aşınma deneyleri yapılmıştır. Her 1000 metrede aşınma deneyi durdurularak numunede ağırlık kaybı ölçülmüştür. Ölçülen ağırlık kaybı sonuçlarına ait ağırlık kaybı, alınan yol grafiği her ağırlık için ayrıca oluşturulmuştur. 5000 metre aşınma sonucunda numunelerin, aşınan yüzey SEM fotoğrafları alınmıştır. SEM fotoğrafları, elde edilen ağırlık kaybı sonuçlarını desteklemektedir. Değişen yükler altında abrasif aşınma testine tabi tutulan farklı kaynak yöntemleri ile kaplanan numunelerin aşınma yüzeylerinden alınan SEM fotoğrafları göstermiştir ki; TIG kaynak ile kaplama yapılan numunelerde plastik deformasyon azdır ve aşınma izlerinin yüzeysel şekilde meydana gelmiştir. Aşınma deneylerine ait sonuç grafiği ve değerleri şekil 11'de verilmiştir.



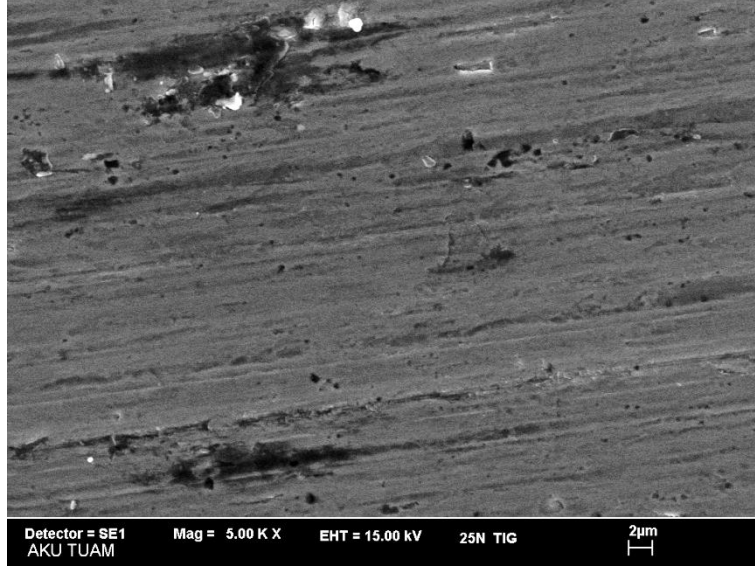
Şekil 11. Aşınma deneyi sonuçları. (Wear test results.)

Şekil 12’ de 10N yük altında yapılan aşınma sonucunda numune yüzeyinde oluşan izler görülmektedir. İzlerden yüzeyde yiv aşınması olduğu görülmektedir. Yiv derinliği 25N yük altındaki aşınma görüntüsü ile karşılaştırıldığında daha az derin olduğu tespit edilmiştir. Görüntü incelendiğinde numune yüzeyinde küçük parçalar halinde koparak uzaklaşmış noktalar görülmektedir.



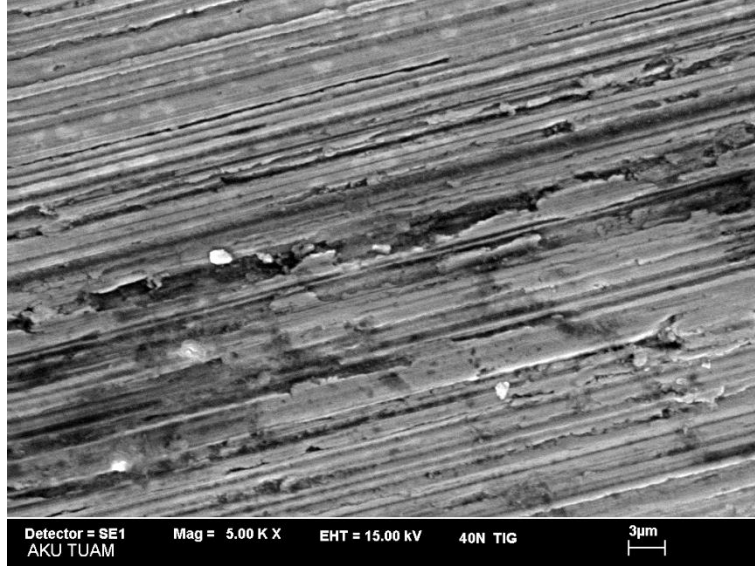
Şekil 12. 10N yük altındaki aşınma deneyi SEM görüntüsü. (SEM image of a 10N load under the wear test.)

25N yük altında numunede plastik deformasyon sonucu oluşan izler ve derinliği görülmektedir. Aşınma izleri incelendiğinde aşınmanın küçük pulluklanma ile parça kaybı şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil 13).



Şekil 13. 25N yük altındaki aşınma deneyi SEM görüntüsü. (SEM image of a 25N load under the wear test.)

40N yük altında Şekil 14’de TIG kaynaklı kaplama numunesinde, abrasif aşındırıcının numune yüzeyinde yapmış olduğu izler görülmektedir. Önceki benzer çalışmalarda aşınma direncinin sadece yüzey sertliğine değil, aynı zamanda mikroyapıdaki sert tanelerin yapı içerisindeki dağılımına, tane ebatlarına bağlıdır [16].



Şekil 14. 40 N yük altındaki aşınma deneyi SEM görüntüsü. (SEM image of a 40N load under the wear test.)

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. 40N yük altındaki SEM görüntüsünde pulluklaşma ve yüzeyden koparak ayrılan parçaların bıraktığı izlerde, 10N ve 25N’luk yüklere göre artış olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada yapı çeliği olarak da adlandırılan düşük karbonlu çeliğe, farklı sert yüzey kaplama metodlarından TIG kaynak kaplama yöntemiyle kobalt bazlı Stellite 6 alaşımı ilave tel ile kaplama yapılmıştır.

Numunelerin mikroyapı, SEM görüntüsü ve analizi, XRD analizi, mikrosertlik ve aşınma deneyleri sonuçları toplu halde incelenerek, elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Yapı çeliklerinin Stellite 6 alaşımları ile normal atmosfer şartları altında herhangi bir önlem ve ön tavlama ısı işlemine gerek duymadan tek pasoda TIG kaynak yöntemi ile kaplanabilmektedir.
2. Düşük karbonlu çelik malzemenin TIG kaynak ile Stellite 6 alaşım kaplama işleminde tam birleşme olduğu ve kaplama ile düşük karbonlu çelik arasında özellikle geçiş bölgelerinde boşluk olmadığı mikroyapı incelemelerinde görülmektedir.
3. Numunelerde kaplama işlemleri sonrası ölçülen sertlik değerlerinin, ana malzemeden Stellite 6 kaplama yüzeyine doğru gidildikçe arttığı tespit edilmiştir.
4. Oda sıcaklığında, 10N, 25N ve 40N yükler altında abrasif aşınma deneylerinde uygulanan yük miktarlarındaki artışa bağlı olarak aşınma kayıplarının arttığı görülmüştür.
5. Aşınmış yüzey SEM görüntüleri incelendiğinde, TIG kaynak ile kaplanmış numunelerinde aşınma çizgilerinin daha yüzeysel olduğu ve yüzeyden koparak parça kayıplarının olduğu tespit edilmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Frenk A., Vandyoussefi M., Wagniere J. D., Zryd A., Kurz W., Analysis of TheLaser-CladdingProcessForStellite On Steel, MetallurgicalandMaterialsTransactions B, Volume 28B, 501, June 1997.
- [2]. Tosun, G., TIG Yöntemi Kullanılarak AISI 1010 Çeliğinin Yüzeyinde Oluşturulan Ni/WC Kaplamanın Metalurjik Uyum Karakterizasyonunun İncelenmesi, Mühendis ve Makina 52, 618:71-77, 2011.
- [3]. Arabacı, U., Supap Yüzeylerinin TIG Kaynak Yöntemi İle Kaplanması ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 48-63, 2009.
- [4]. Brooks R.C., HeatTreatment, StructureandProperties of NonferrousAlloys, AmericanSocietyForMetals, USA, 1982.
- [5]. Çelik H., Osma A., Çimenoglu H., Kayalı E. S., Kobalt Esaslı İki Alaşımın Yüksek Sıcaklıklardaki Aşınma Davranışları, 7. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, Ankara, 1993.
- [6]. Yaz M., Çelik H., Co Esaslı Süper Alaşımlar ile Kaplanan Düşük Karbonlu Çeliklerin Mikroyapı İncelemeleri, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 2006.
- [7]. Kashani H., Amadeh A., Ghasemi H. M., Roomand High TemperatureWearBehaviors of NickelandCobalt Base WeldOverlayCoatings on Hot ForgingDies, Wear 262, 800-806, 2007.

- [8]. Çömez E., Çelik H., Kobalt Esaslı Elektrotlarla Kaplanan Malzemelerin İç Yapı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(4), 633-641, Elazığ, 2004.
- [9]. Gomes R., Henke S., D'Oliveira A. S., Microstructural Control of Co-Based PTA Coatings, *Materials Research* 15(5):796-800, 2012.
- [10]. Hyung J. K., Byoung H. Y., Chang H. L., Sliding Wear Performance in Molten Zn-Al Bath of Cobalt-Based Overlayers Produced By Plasma-Transferred Arc Weld-Surfacing, *Wear* 254, 408-414, 2003.
- [11]. Buta Singh Sidhu, Puri D., Prakash S., Mechanical and Metallurgical Properties of Plasma Sprayed and Laser Remelted Ni-20Cr and Stellite-6 Coatings. *Journal of Materials Processing Technology* 159, 347-355, 2005.
- [12]. Zhu Y. Z., Yin Z. M., Teng H., Plasma Cladding of Stellite 6 Powder On Ni76Cr19AlTi Exhausting Valve, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 17, 35-40, 2007.
- [13]. Uygur, I., Microstructure and wear properties of AISI 1038H steel weldments, *Industrial Lubrication and Tribology*, 58 (6), 303-311, 2006.
- [14]. Hou Q. Y., Gao J. S. Zhou F., Microstructure and Wear Characteristics of Cobalt-Based Alloy Deposited By Plasma Transferred Arc Weld Surfacing, *Surface & Coatings Technology* 194, 238-243, 2005.
- [15]. Gholipour A., Shamanian M., Ashrafizadeh F., Microstructure and Wear Behavior of Stellite 6 Cladding On 17-4 PH Stainless Steel, *Journal of Alloys and Compounds* 509, 4905-4909, 2011
- [16]. Jeshvaghani R. A., Shamanian M., Jaberzadeh M., Enhancement of Wear Resistance of Ductile Iron Surface Alloyed By Stellite 6, *Materials and Design* 32, 2028-2033, 2011.