



## X55NiCrMoV7 takım çeliğine Co-esaslı sert kaplamanın aşınma dayanımının incelenmesi

**Nurşen SAKLAKOĞLU\***

*Celal Bayar Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa, Türkiye*  
[nakbas@bayar.edu.tr](mailto:nakbas@bayar.edu.tr), Tel: (236) 241 21 44 (263)

**Sarper DOĞAN**

*Celal Bayar Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa, Türkiye*

**Selçuk DEMİROK**

*Genel Merkez, Egemet, İzmir, Türkiye*

**Simge GENÇALP İRİZALP**

*Celal Bayar Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa, Türkiye*

Geliş: 20.04.2017, Kabul Tarihi: 14.11.2017

### Öz

*Sıcak dövme kalıpları ziraat, madencilik, kimya ve çelik işleme sektörü gibi birçok sektörde kullanılırlar. Bu kalıplarda en sık karşılaşılan hasar türleri aşınma, yorulma ve deformasyondur. Sert kaplamalar yeni parçaların aşınma direncini artırmak üzere kullanılabilceği gibi, aşınmış yüzeylerin tamiri için de kullanılabilir. Bu yöntemin tercih edilmesinin en önemli nedeni, hasar gören kalıbın yeniden üretilme maliyetine kıyasla sert kaplama ile güçlendirilme maliyetinin daha düşük olmasıdır. Sert kaplama işlemi için farklı türde elektrotlar mevcuttur. Fe esaslı, Co esaslı ve Ni esaslı elektrotlar bunlardan bazılarıdır. Piyasada Fe esaslı elektrotlara kıyasla nispeten daha pahalı olan Co esaslı elektrotlar bütün aşınma türlerine karşı iyi direnç göstermeleri nedeniyle tercih edilirler. Yaptığımız çalışmada TIG kaynak metoduyla, X55NiCrMoV7 isimli takım çeliğinin yüzeyine, Co esaslı elektrot ile sert dolgu yapılmıştır. Kaynak işlemi sonrası optik mikroskopta mikroyapı incelemesi, SEM incelemesi, EDS analizi, XRD analizi, sertlik testi ve aşınma testi yapılmıştır. Bütün bu çalışmalar oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Aşınma testi "pin on disk" metodu kullanılarak yapılmıştır. Analizler ve testler sonucunda elde edilen veriler, daha önce yapılan çalışmalardaki veriler ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Dolgu malzemesi ve takım çeliği yakın sertlik değerleri gösterirken, dolgu malzemesi takım çeliğine göre 1.5 kat fazla aşınmıştır. Takım çeliğinde abrasif aşınma gözlenirken, dolgu malzemesinde tutma-bırakma türü sürtünme ve delaminasyon ve yapışmalar gözlemlenmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** X55NiCrMoV7 Takım Çeliği; Co esaslı alaşım; Sert Kaplama; Aşınma

\* Yazışmaların yapılacağı yazar

**DOI:**

## Giriş

Sert dolgu kaynağı yöntemi, sanayide maliyeti yüksek parçaların tamir - bakım uygulamalarında tercih edilen bir yöntemdir. Parçaların yeniden üretilme maliyetlerine göre oldukça ekonomik olması tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden biridir. Bununla birlikte parça yüzeyine sert dolgu kaplamanın en büyük avantajı ise iş parçasını aşınma, korozyon ve çeşitli yüzey bozulmalarına karşı korumasıdır. Buna bağlı olarak sanayinin birçok kolunda sert dolgu kaynağı yönteminin kullanımı mevcuttur. Ozan (2010) yaptığı çalışmada, bu yöntemin kullanıldığı endüstriyel alanlardan bazılarının, madencilik, demir-çelik, döküm, kâğıt-tarım-gıda işleme makineleri, sondaj makineleri olduğunu belirtmiştir.

Sert dolgu kaynağı yönteminde genellikle Fe esaslı elektrotlar kullanılır. Co esaslı elektrotlar, Fe esaslılara göre nispeten daha yüksek maliyete sahip oldukları için özel durumlarda tercih edilirler. Deng ve diğerleri (2010) çalışmalarında, Co esaslı elektrotların tercih edilme sebebini, bütün aşınma türlerine karşı çok yüksek direnç göstermesine bağlamaktadır.

Arabacı (2009), Co esaslı Stellite 1, Stellite F, Stellite 6 ve nikel esaslı Ni 60 elektrotlarıyla kaplanmış 1.4718 kalıp çeliğinde en yüksek aşınma direncinin Stellite 1 elektrotuyla kaplanmış takım çeliğinde gerçekleştiğini belirlemiştir. Stellite 1 elektrotu yaptığımız çalışmada kullanılan ticari adı Cobalt 1 olan Co esaslı elektroda oldukça yakın kimyasal bileşime sahiptir.

Kashani ve diğerleri (2007) yapmış oldukları çalışmada H11 takım çeliği üzerine Co esaslı Stellite 6, Stellite 21 ve nikel esaslı Inconel 625 elektrotlarıyla kaplama yapmıştır. Uygulama sonrası sahada yapılan denemede kaplamasız takım çeliği (H11) 4000 dövme işlemi gerçekleştirirken, Co esaslı Stellite 21 ile kaplama yapılan kalıp 16000 dövme işlemi gerçekleştirmiştir. Co esaslı elektrotla yapılan kaplama sonrası kalıp kullanım ömründe 4 kat

artış olduğu görülmüştür.

Apay ve Gülenç (2014), yapmış oldukları çalışmada AISI 1015 çeliğini Co esaslı Stellite 6 dolgu malzemesi kullanarak kaynakla yüzeyi kaplamışlardır. Aşınma sonuçları incelendiğinde, aşınma oranının, aşınma mesafesi ve uygulanan yükün artmasıyla birlikte artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Farhani ve diğerleri (2006), yaptıkları çalışmada Stellite 21 dolgu malzemesi ile kaplanmış H11 kalıp çeliğinin aşınma davranışını sıcaklığın değişimine göre belirlemiştir. Oda sıcaklığında dolgu malzemesi kalıp çeliğine göre daha çok ağırlık kaybederken, kalıpların çalışma sıcaklığı olan 550 °C' ye çıkıldığında, dolgu malzemesinin kalıp çeliğine göre daha az ağırlık kaybettiğini tespit etmişlerdir. Bu da kalıp ömrü için oldukça kritik bir durumdur. Farhani ve diğerleri (2006), yapmış oldukları çalışma bu dolgu malzemesinin kalıp çeliğinin yüzeyinde uygulanabileceği konusunda umut verici sonuçlar almıştır.

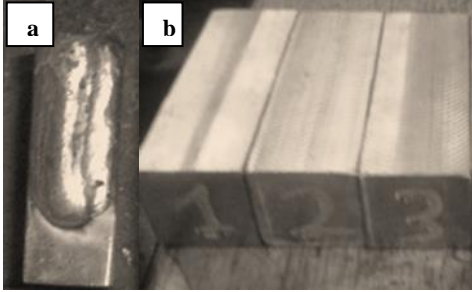
Yaptığımız çalışmada EGEMET firmasında sıcak dövme kalıbı malzemesi olarak sıklıkla kullanılan X55NiCrMoV7 sıcak iş takım çeliğinin üzerine, Co-Cr-W alaşımı kaynak elektrotlarıyla sert dolgu kaynağı yapılmıştır. Kaynaklı yüzeyin aşınma davranışları ile sıcak iş takım çeliğinin aşınma davranışları karşılaştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Tablo 1' de kaplama malzemesi olan Cobalt 1 için kimyasal kompozisyon verilmiştir. Şekil 1'de X55NiCrMoV7 sıcak iş takım çeliği yüzeyine Cobalt 1 elektrodunun kaplanmasıyla elde edilen 30X30X80 mm ölçülerinde hazırlanmış numuneler görülmektedir (Şekil 1-a). Kaplama sonrası yapılacak SEM, XRD, sertlik, mikroyapı ve aşınma testleri için numune yüzeyleri düzeltilmiştir (Şekil 1-b).

**Tablo 1.** Cobalt 1 malzemesinin nominal kompozisyonu

C	W	Cr	Co
2,1	13	31	Kalan



Şekil 1. (a) Cobalt 1 ile kaplanmış takım çeliği numunesi, (b) Yüzey düzeltilmesi yapılmış numuneler

Takım çeliğinin yüzeyine dolgu maddesinin kaplanması için izlenen işlem adımları şu şekildedir;

- Istaş şirketinin bünyesinde bulunan EFCO marka elektrikli laboratuvar fırınında numuneler 300-450 °C aralığında bir süre ısıtılmışlardır.
- Cobalt 1 elektrotu için belirlenen amper değeri kaynak makinesinde ayarlanarak kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Kaplama işlemi sonrası numuneler kontrollü olarak soğutulmuşlardır. Ardından tekrar Istaş şirketindeki EFCO marka fırına yerleştirilerek 6 saat boyunca 450 °C’ de bekletilip gerilim giderme tavlaması uygulanmıştır.

Tablo 2’de kaynak işlemi esnasında kullanılan parametreler verilmiştir.

Kaplama tabakasının kesit ve kaplama yüzeyi optik mikroskop (OM) yardımıyla incelenmiştir. Kalıp malzemesi nital çözeltisi ile dolgu malzemesi ise 5 ml HNO<sub>3</sub>, 5 ml C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 20 ml HCl ve 5 ml H<sub>2</sub>O çözeltisi ile dağlanmıştır. Cu-K $\alpha$  radyasyonu, 1.542 Å dalga boyu ve 30°-110° difraksiyon açısı aralığında yapılan XRD analizi ile faz analizi yapılmıştır. Kaplama yüzeyinin görüntüsü ve aşınma testi sonrası

incelemeler taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla analiz edilmiştir.

Kesit boyunca Vickers mikrosertlik ölçümleri yapılarak (yük = 50 gf, yük uygulama süresi = 10s) sertlik profilleri elde edilmiştir. Aşınma testleri, pin on disk tipi CSM Instruments marka cihazda gerçekleştirilmiştir. Sert kaplama numuneleri için aşınma testi parametreleri Tablo 3’ de verilmiştir.

**Tablo 2.** Kaynak parametreleri

Parametre	Değer
Akım	180 A
Gaz Debisi	15 B
Gaz Karışımı	Standart Koruyucu Gaz Karışımı %75- 95 Ar, %4-22 CO <sub>2</sub> , % 1-3 O

**Tablo 3.** Aşınma testi parametreleri

Parametre	Değer
Yük (N)	10
Dönme Hızı (rpm)	543
Mesafe (m)	500
Sıcaklık (°C)	Oda Sıcaklığı
Karşı Eleman (Bilya)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Karşı Eleman Çap (mm)	6

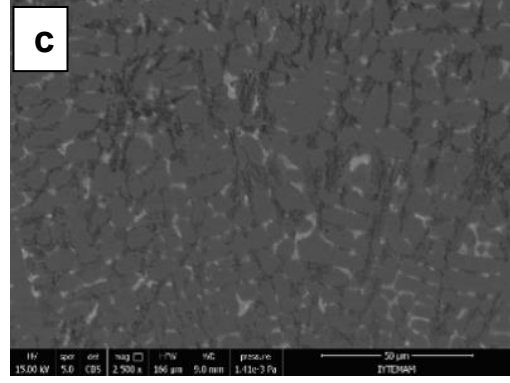
Tablo 4’ te kaplama malzemesi ve X55NiCrMoV7 kalıp çeliğinin EDS analizleri verilmiştir. Görüldüğü gibi kaplama malzemesi yüksek miktarlarda Co, Cr ve W içerirken, kalıp çeliği kaplamadan farklı olarak Mo, Ni ve V içermektedir.

## Sonuçlar ve Tartışma

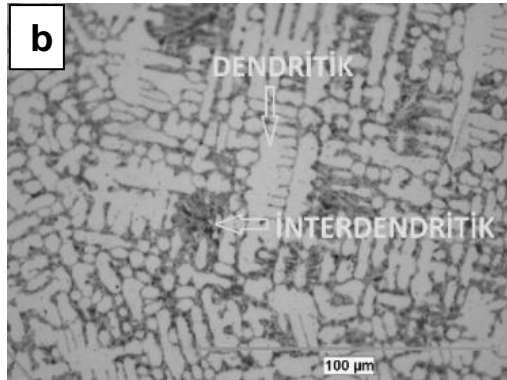
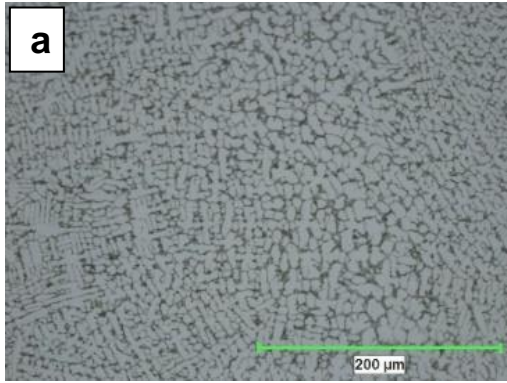
Sert dolgu kaynağı yapılmış yüzeyden yapılan incelemede elektrotun dendritik olarak katılaştığı ve interdendritik bölgeler içerdiği gözlemlenmiştir (Şekil 2) (Deng vd, 2012).

**Tablo 4.** Kaplama malzemesi ve X55NiCrMoV7 kalıp çeliğinin kimyasal analizleri

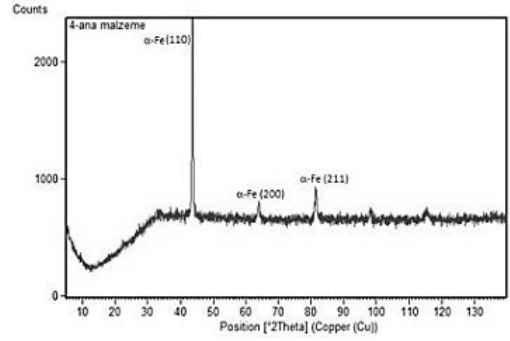
Element	Kaplama EDS analizi	X55NiCrMoV7 çeliği EDS analizi
C	1,761	0,714
Fe	40,855	94,969
Si	-	-
Mn	0,469	0,568
Cr	20,732	1,094
Mo	-	1,094
Ni	-	1,423
V	-	0,138
W	8,282	-
Co	27,854	-



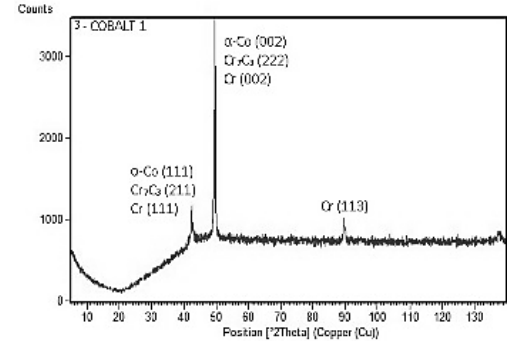
Şekil 2. Kaplama bölgesi (a) yüzey, (b) kesit görünümü, (c) kesitten SEM görüntüsü



XRD analizleri, kaplamasız kalıp çeliğinin ferrit fazına sahip olduğunu, dolgu malzemesinin ise dendritik bölgede kobaltça zengin  $\alpha$  fazına ve bununla birlikte interdendritik bölgede  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  gibi karbürü fazlara sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 3). XRD analizinde Cr ile W elementlerinin  $2\theta$  açıları aynıdır, bu nedenle WC ve  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  ayrı ayrı piklerde tespit edilmemiştir, ancak W içeriğinin yüksek olması sebebiyle WC çökeltilerinin de oluştuğu düşünülmektedir.



(a)



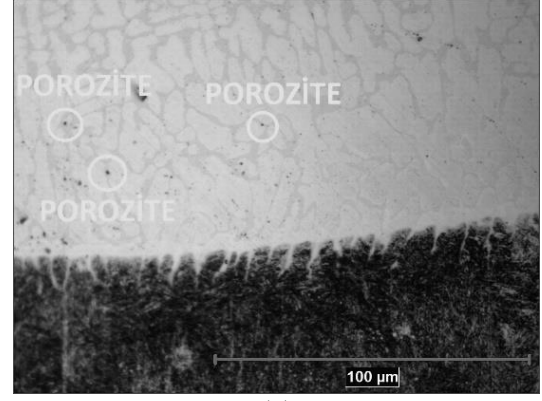
(b)

Şekil 3. XRD paterni (a) X55NiCrMoV7 kalıp çeliği, (b) dolgu malzemesi

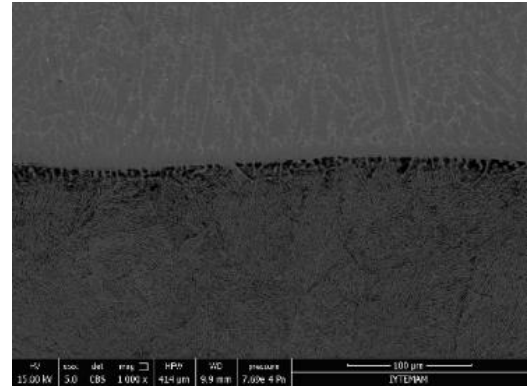
Cobalt 1 dolgu kaynağı ile kaplanmış kesit boyunca mikroyapı gelişimi Şekil 4'te verilmiştir. Yüzeiden çelik içine doğru dolgu kaynağının nüfuz ettiği, tane sınırları boyunca bu nüfuziyetin ilerlediği göze çarpmaktadır. Ayrıca kalıp çeliği ve kaplama bölgesine kesitten bakıldığında, kaplama bölgesinde porozite gibi kusurlar olduğu gözlenmiştir. Kalıp çeliği temperlenmiş martenzit yapıya sahiptir.

Şekil 5, kesit boyunca sertlik değişimini göstermektedir. Kalıp çeliği ortalama 450 HV sertliğe sahip iken, kaplama bölgesinin sertliğinin de yaklaşık olarak 450 HV olduğu görülmektedir. Kaplama bölgesinde porozite oluşumu gözlenmiş olması kaynak parametrelerinin optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Mesafeye bağlı sürtünme katsayısı grafiği Şekil 6'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde, aşınma testinin başlarında (50 m' ye kadar) sürtünme katsayısı açısından birbirlerine göre zıt eğilim gösteren dolgu malzemesi ve X55NiCrMoV7 takım çeliği, 50 m' den 100 m' ye kadar dengelenme evresine girmiştir. 100 m' den sonra da aşınma testinin sonuna kadar başlangıç sürtünme katsayı değerlerine yakın (steady-state halde) seyretmiştir. Aşınma esnasında sürtünme katsayısı değerinde bir dalgalanma gözlemlenmektedir. Bu tutma-bırakma mekanizmasını akla getirmektedir (Bowen ve Leben, 1939). Dolgu malzemesinin 150 m' den sonra tutma-bırakma türünde sürtünme göstermeye başladığı ve testin sonuna kadar bu davranışı sürdürdüğü görülmektedir.

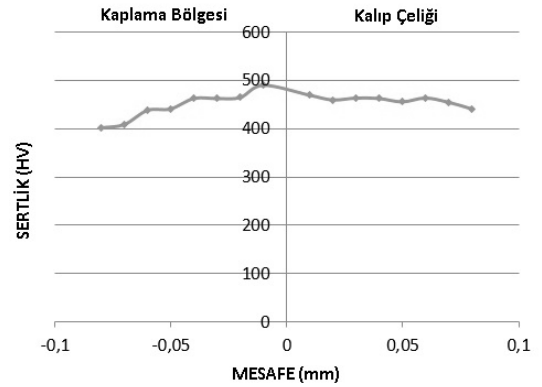


(a)

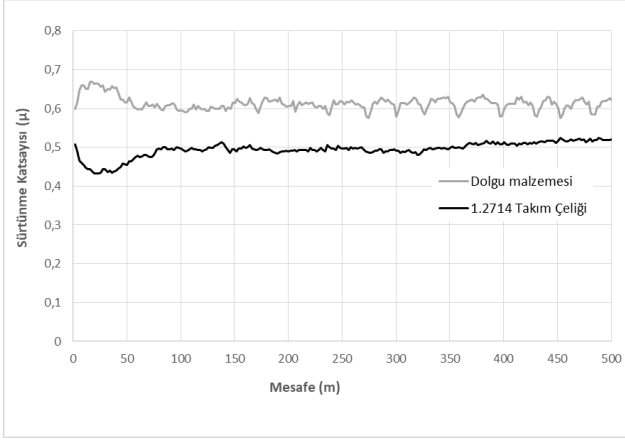


(b)

Şekil 4. Kaplama ara yüzey bölgesi (a) optik mikroskop görüntüsü, (b) SEM görüntüsü



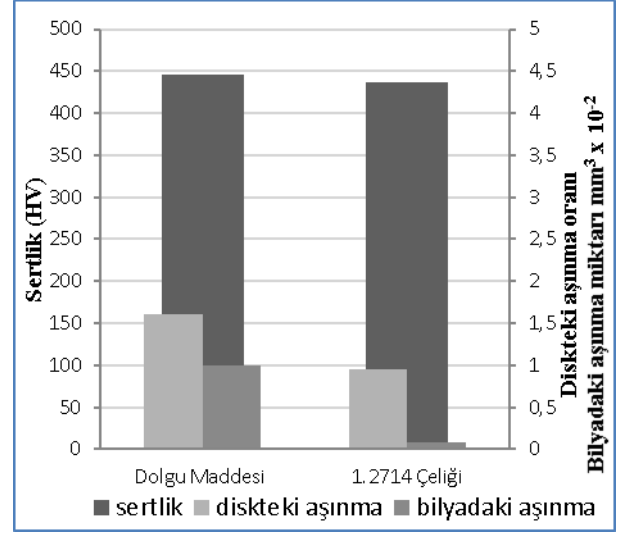
Şekil 5. Kesit boyunca sertlik değişimi



Şekil 6. Mesafeye göre sürtünme katsayısı grafiği

Sertlik, diskteki aşınma oranı ve bilyada ki aşınmayı birlikte gösteren grafik Şekil 7’de verilmiştir. Dolgu maddesi ve kalıp çeliği yakın sertlik değerleri gösterirken, dolgu maddesi kalıp çeliğine göre 1.5 kattan fazla aşınmıştır. Bilyada ki aşınmalar karşılaştırıldığında ise dolgu maddesini aşındıran bilyadaki aşınma, kalıp çeliğinkine göre 10 kat daha fazladır. Tutma-bırakma türü sürtünme davranışının bunda etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca dolgu maddesi diskinin kalıp çeliği diskinin daha fazla aşınması sonucunda, bilya ile arasında ki temas yüzeyinin arttığı ve buna bağlı olarak da bilyanın daha fazla aşınmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Sürtünme esnasında tutma-bırakma etkileri gösteren etkileşimler sürtünme katsayısında bir artışa sebep olmaktadır (Nienhaus, 2012). Wang vd. (2005) aşınma esnasında pürüzlü yüzeyler yapışıkça, hareket eden parçaların yüksek bir sürtünme değeri sergilediğini ifade etmişlerdir.

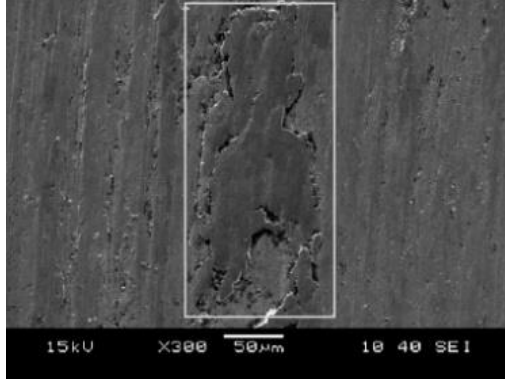


Şekil 7. Sertlik, diskteki aşınma oranı, bilyada ki aşınma miktarını birlikte gösteren grafik

Tutma-bırakma türü sürtünme sırasında aşındıran ve aşınan yüzeyler arasında malzeme transferi olabilmektedir. Şekil 8(a)’da görüldüğü gibi, kalıp malzemesinde abrasif aşınma sonucu ortaya çıkan küçük aşınma partikülleri yüzeye yapışmıştır. Bunun yanında Şekil 8(b)’de dolgu malzemesinde büyük parçalar halinde yüzeye yapışmalar meydana geldiği gözlenmiştir. Tablo 5’te Şekil 9 da SEM görüntüsü verilen kaplamanın aşınmış ve aşınmamış bölgelerinden alınan EDS analizleri verilmiştir. Analizler incelendiğinde alümina bilyadan dolgu malzemesine herhangi bir transfer olmadığını, yalnızca büyük parçalar halinde yüzeye yapışan bölgede kirlilik seviyesinde bulunduğunu göstermektedir. Aynı zamanda aşınma esnasında dolgu malzemesinden delaminasyon meydana geldiğini ve bu parçaların yüzeye sıvanarak yapıştığını da kanıtlamaktadır. Aynı şekilde, aşınma sonucu kalıp malzemesi üzerine alümina transferinin, kirlilik seviyesinde kaldığı Tablo 6’da verilen EDS analizlerinden anlaşılmaktadır. Kalıp malzemesinin aşınma sonrası EDS analizinin elde edildiği SEM görüntüsü Şekil 10’da verilmiştir.

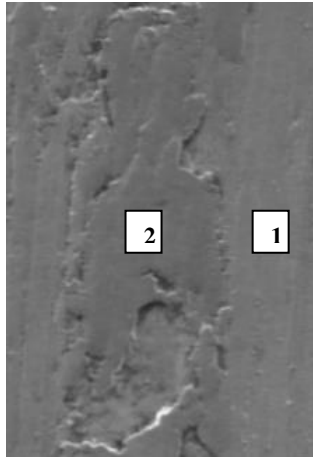


(a)



(b)

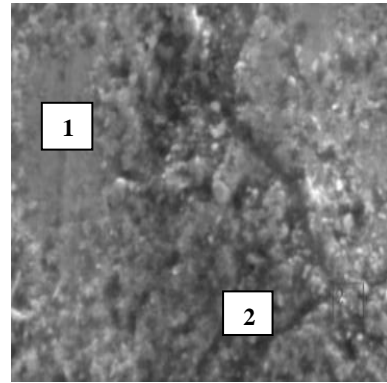
Şekil 8. Aşınma izleri (a) Kaplamasız kalıp çeliği; (b) Dolgu malzemesi kaplanmış



Şekil 9. Kaplamanın aşınma sonrası SEM görüntüsü

**Tablo 5.** Dolgu malzemesinin aşınmış ve aşınmamış bölgelerin EDS analizi

Elementler	Nokta 1	Nokta 2	Aşınmamış Bölge
Co	29,426	27,488	27,854
Cr	19,837	20,097	20,732
Fe	40,51	36,866	40,855
W	8,77	10,196	8,282
C	0,943	1,643	1,761
Mn	0,43	0,269	0,469
Al	0	1,846	0
O	0,084	1,595	0,048



Şekil 10. Kalıp çeliğinin aşınma sonrası SEM görüntüsü

**Tablo 6.** Kalıp malzemesinin aşınmış bölgelerinin EDS analizi

Elementler	Nokta 1	Nokta 2
Fe	93,247	84,629
C	0,905	7,201
Mn	1,167	0,741
Cr	1,032	1,257
Mo	0,683	0,792
Ni	1,929	1,56
V	0,186	0,182
Si	0,644	0,691
Al	0,206	0,346
O	0	2,601

## Sonuç

Yaptığımız çalışmada sıcak dövme kalıbı olarak kullanılan X55NiCrMoV7 kalıp çeliği üzerine ticari adı Cobalt 1 olan Co-Cr-W alaşımı elektrot ile TIG kaynak metoduyla kaplama yapılmıştır. Aşınma testleri, sertlik testleri ve SEM/EDS/XRD analizleri yapılarak kaynaklanmamış kalıp çeliği ile karşılaştırılmıştır. Buna göre;

i) Dolgu maddesi ile kalıp çeliği yakın sertlik değerleri gösterirken, dolgu maddesi kalıp çeliğine göre 1,5 kat daha fazla aşınma göstermiştir.

ii) Kalıp çeliğinde abrasif aşınma görülürken, dolgu malzemesinde tutma-bırakma türü sürtünme meydana gelmiş ve bunun sonucu olarak delaminasyon ve yapışmalar oluşmuştur.

iii) Bu makalede Co-esaslı dolgu malzemesinin aşınma karakteristiği pin-on disk aşınma yöntemi ile oda sıcaklığı koşullarında araştırılmıştır. Her ne kadar dolgu malzemesi kalıp çeliğinden daha fazla aşınma gösterse de, sıcak dövme kalıplarında kullanılabilirliğinin belirlenebilmesi için, yüksek sıcaklık aşınma testlerinin ve gerçek dövme koşullarında performans testlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

## Teşekkür

Yaptığımız çalışmada, numunelerin TIG kaynağı ile kaplanması ve incelemeler için hazırlanması aşamaları, EGEMET firması tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın finansal kaynağı CBÜ-BAP 2015-110 numaralı proje ile karşılanmıştır. EGEMET EGE METAL DÖVME SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ VE CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ Rektörlüğü'ne teşekkür eder

## Kaynaklar

- Apay, S., ve Gülenç, B., (2014). Wear properties of aisi 1015 steel coated with stellite 6 by microlaser welding, *Materials and Design*, 55, 1-8.
- Arabacı, U., (2009). Supap yüzeylerinin TIG kaynak yöntemi ile kaplanması ve aşınma özelliklerinin incelenmesi, *Doktora tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bowden, F. P., ve Leben, L., (1939). The nature of sliding and the analysis of friction. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, *Mathematical and Physical Sciences*, 169, 371-391.
- Deng, H., Shi, H., ve Tsuruoka, S., (2010). Influence of coating thickness and temperature on mechanical properties of steel deposited with Co-based alloy hardfacing coating, *Surface & Coatings Technology*, 204, 3927-3934.
- Deng, HX., Shi, HJ., Tsuruoka, S., Yu, HC., ve Zhong, B., (2012). Influence of welding technique and temperature on fatigue properties of steel deposited with Co-based alloy hardfacing coating, *International Journal of Fatigue*, 35, 63-70.
- Farhani, M., Amadeh, A., Kashani, H., ve Saeed-Akbari, A., (2006). The Study Of Wear Resistance Of A Hot Forging Die, Hardfaced By A Cobalt-Base Superalloy, *Materials Forum*, 30.
- Kashani, H., Amadeh, A., ve Ghasemi, H.M., (2007). Room And High Temperature Wear Behaviors Of Nickel And Cobalt Base Weld Overlay Coatings On Hot Forging Dies. *Wear*, 262, 800-806.
- Nienhaus, C. (2012). Overload clutches in agricultural machinery, *Landtechnik-Agricultural Engineering*, 67, 458-464.
- Ozan, S., (2010). Sert dolgu kaynağında dolgu alaşım elementlerinin aşınma direnci, mikroyapı ve seyrelme miktarları üzerine etkisi, *Yüksek Lisans tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Wang, X. H., Zou, Z. D., Qu, S. Y., Song, S. L. (2005). Microstructure and wear properties of Fe-based hardfacing coating reinforced by TiC particles, *Journal of Materials Processing Technology*, 168, 89-94.



## Study on wear resistance of Co-based hardfacing on X55NiCrMoV7 tool steel

### Extended abstract

Hardfacing is a commonly employed method to improve surface properties of agricultural tools, components for mining operation, soil preparation equipments, chemical and steel processing tools and others. The most common types of damage in these tools are wear, fatigue and deformation. An alloy is homogeneously deposited onto the surface of a soft material (usually low or medium carbon steels) by welding, with the purpose of increasing hardness and wear resistance without significant loss in ductility and toughness of the substrate. The main advantages of the method are (i) reduced costs; (ii) prolonged equipment life, (iii) reduced shutdowns, (iv) reduced inventory of spare parts. The formation of hard facing surfaces deposited with the arc welding method is one of the most commonly used methods in the industry and this method extends the service life of industrial products. The characteristics and performance of the hardfaced layer are highly dependent on the hardfacing material composition and the thickness of the hardfaced layer as well as the types and process parameters of the deposition process. Cobalt-based, nickel-based and iron-based alloys are widely used to hardface tool surfaces. Among the hardfacing alloys, Cobalt-based alloys were used to hardface tool steel surfaces due to their excellent wear, corrosion and heat resistances. In addition, the cobalt-based alloys have better thermal fatigue resistance and weldability than nickel-base alloys.

In this study, surface of the X55NiCrMoV7 tool steel was hardfaced with the Cobalt 1 electrode with the TIG welding method. The process steps for coating the fill material on the surface of the tool steel are as follows;

- In the electric laboratory furnace the samples were heated for a period of 300-450 °C.
- Coating process was performed by setting the amper value welding machine specified for Cobalt 1 electrode.
- After coating, the samples were cooled under controlled conditions. Then, it was placed in the electric laboratory furnace again, and it was kept at 450 ° C for 6 hours for stress relief.

The parameters used during welding are as follows, current: 180 A, gas flow: 15 B, gas mixture: standard protective gas mixture (75-95% Ar, 4-22% CO<sub>2</sub>, 1-3%)

Samples were prepared at 30X30X80 mm after coating. For the tests to be performed, sample surfaces are polished. For the microstructure study, the base material is etched with nital solution and the filling material is etched with 5 ml of HNO<sub>3</sub>, 5 ml of C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 20 ml of HCl and 5 ml of H<sub>2</sub>O solution.

Metallographic examinations showed that the substrate had tempered martensite and the hardfacing layer exhibited a uniform microstructure consisting of primary dendrites. Dendritic solidification was oriented perpendicularly to the substrate-hardfacing interface, according to the thermal gradient.

The phases on the hardfacing were obtained by XRD analyses. XRD analyses showed that the tool steel has the ferrite phase, the coating has the α-Co phase in the dendritic regions, and the carbide phases such as Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> in the interdendritic regions. Although not detected in the XRD analyzes, it is thought that the WC phase is also present in the coating region.

The wear test was carried out at a distance of 500 m under 10 N load with 543 rpm speed and made using the "pin on disc" method. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ball with a diameter of 6 mm were used as abrasive. All this work was carried out at room temperature. Wear test results showed that material transfer can occur between surfaces due to stick-slip friction behavior. While abrasive wear observed on tool steel, stick-slip type of friction and adhesion large particles were observed on the hardfaced surface.

The hardness profile was measured along the cross-section of the substrate-hardfacing. Although the hardfaced surface showed almost same hardness values with bare tool steel, its wear resistance decreased by more than 1.5 times to the tool steel.

**Keywords:** X55NiCrMoV7 Tool Steel, Co-Based alloy, Hardfacing, Wear