

## Farklı Kimyasal İçeriğe Sahip Tellerin İki Pasolu Sert Dolgulu Malzemelerin Aşınma Davranışına Etkileri

Hülya DURMUŞ<sup>1</sup>, Nilay ÇÖMEZ<sup>1</sup>, Canser GÜL<sup>1</sup>, Melis YURDDAŞKAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye.

<sup>2</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye.

✉: hulya.durmus@cbu.edu.tr

Geliş (Received): 05.10.2018

Düzenleme (Revision):06.11.2018

Kabul (Accepted): 15.11.2018

### ÖZ

Aşındırıcı ortamların yoğun olduğu yerlerde, malzemelerin aşınmasını önlemek amacıyla, özellikle toprak kazıma aletleri, taş ve maden ocaklarında çalışan parçalarda sert dolgu işlemi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, AISI 4140 çeliğine, iki pasolu olarak, Elhard 350 + Elhard600S (EE) ve Hardcore600G + Hardcore 63-O (HH) sert dolgu telleri kullanılarak kaplama işlemi uygulanmıştır. Kimyasal içeriğin ve iki pasonun mikroyapı, sertlik ve aşınma direncine etkisi incelenmiştir. Vickers sertlik ölçümleri 10 kgf yük altında yapılmış, aşınma testleri kuru-kayma şartlarında seramik bilyeye karşı CSM marka aşınma test ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Tüm aşınma deneyleri 10 N yükte, oda sıcaklığında, 1000 m toplam kayma mesafesinde 10 cm /s'lik bir kayma hızı ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin hacim kayıpları, aşınma testinden sonra aşınma izi üzerinde pürüzlülük testi ile hesaplanmıştır. Kimyasal içeriğin ve iki paso uygulamasının aşınma direncine etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, kimyasal içeriğe ve faz diyagramına bakılarak, oluşan homojen martenzit mikroyapıdan dolayı aşınma dayanımı Elhard 350 + Elhard600S (EE) numunesinde en yüksek olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aşınma, Kimyasal içerik, Paso, Sert Dolgu

## The Effects Of Abrasion Resistance Of The Two-Pass Hardfacing With Different Chemical Content Wire

### ABSTRACT

In places where the corrosive environments are dense, hardfacing is frequently used, especially in soil scraping tools, stone, and mines, in order to prevent the wear of materials. In this study, Elhard 350 + Elhard600S (EE) and Hardcore600G + Hardcore 63-O (HH) hard filler wires were applied to AISI 4140 steel. The effect of the chemical content and the two passes on microstructure, hardness and abrasion resistance were determined. Vickers hardness measurements were made under 10 kg load, dry-slip conditions under the ceramic ball for the tribological analysis of hard-fill coatings CSM trademark wear test unit was used. All abrasion tests were performed at 10 N load, at room temperature, with a shear rate of 10 cm/s at a total shear distance of 1000 m. The volume losses of the samples were calculated by wear track roughness after the abrasion test. The effects of chemical content and two passes on the wear resistance were investigated. As a result, the abrasion resistance due to homogeneous martensite microstructure due to chemical content and phase diagram was determined as highest in the Elhard 350 + Elhard600S (EE) sample.

**Keywords:** Chemical Content, Hardfacing, Pass, Wear

### GİRİŞ

Makine parçalarının aşınması, endüstriyel üretimde ekonomik kayıplara neden olan bir sorundur. Aşınmayı azaltmak için yüzey özelliklerini geliştirmek gerekmektedir. Yüzey mühendisliği alanında; malzeme yüzeyinde oluşan, zarar verici durumları engellemek için çeşitli yöntemler önerilmektedir [1]. Sert dolgu yöntemi aşınmaya karşı koruma için iyi ve ekonomik bir çözüm olarak kullanılmaktadır. Çünkü tüm makine parçalarını aşınmaya karşı dayanıklı malzemelerle üretmek pahalı olacaktır [2-5].

Sert dolgu, makine parçalarının çalışma ömrünü uzatmak için, aşınmaya dayanıklı yüzeyler oluşturmada düşük maliyetli bir yöntemdir. Aşınmış ve kullanılamaz durumdaki parçaların kullanılabilir duruma

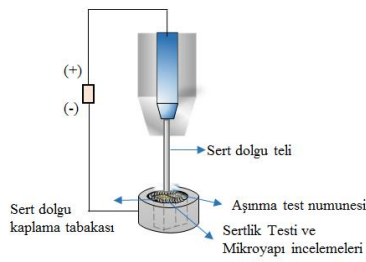
getirilmesinde uygulandığı gibi, parçalar çalışma ortamına sokulmadan önce de sert dolgu kaplama uygulanmaktadır [6]. Tarım aletleri, madencilik, şeker endüstrisi gibi alanlarda kullanılan metalik parçaların aşınma direncini arttırmak için kaplamalar yapılmaktadır [7].

Bu kaplama yöntemi; aşınmaya, yapışmaya, korozyona ve oksidasyona karşı direnci arttırmak için, korumalı ark kaynağı, oksiasetlen kaynağı, lazer kaynağı ile uygulanır [3]. Ark kaynağı yönteminin seçimi öncelikle boyutuna ve sayısına, mevcut konumlandırma ekipmanına ve sert yüzey frekansına bağlıdır [6]. Seçilen uygulama yöntemi, temel malzeme ile sert yüzey arasındaki metalurjik birleşmeyi, çok ince katman kalınlığını ve saat başına kilogram (kg / saat) mertebesinde birikme oranlarını sağlamalıdır [2]. Altılık

olarak kullanılan metal üzerine biriken dayanıklı yüzeyler malzemenin kullanım ömrünü uzatır. Sert dolgu yöntemi genellikle bir, iki veya üç katmanla yapılmaktadır [6]. Aşınmaya karşı direnci sağlamak için sert primer ve ötektik (Fe, Cr)<sub>7</sub>C<sub>3</sub> karbürlerine sahip Fe-Cr-C bazlı sert dolgu alaşımları yaygın olarak kullanılmaktadır [8]. Sert dolgu kaplamalarının aşınma davranışı karbür dağılımı, paso sayısı ve sertlik gibi mikroyapı bileşenlerinin özelliklerine bağlıdır [9, 10]. Bu çalışmada, ekskavatör kepçe dişlerine iki paso şeklinde uygulanan farklı bileşime sahip elektrotlarla oluşturulan sert dolguların aşınma özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Sert dolgu kaplama işleminde, dört farklı dolgu teli kaynak yöntemine göre seçilerek (Tablo 1) ön ısıtma yapılmadan AISI 4140 çeliğine iki pasolu (Hardcor 600G + Hardcor 63-O ve Elhard 350+ Elhard 600S ) kaplama oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Sert Dolgu kaplama işleminin şematik gösterimi.

Tablo 1. Kaynak tellerinin kimyasal içerikleri (% ağı.)

Dolgu teli ve numune adı		Element				
		C	Si	Mn	Cr	Fe
Hardcor 600G	HH	0.4	0.7	0.6	9	Geri Kalan
Hardcor 63-O		5	1.5	1.3	27	Geri Kalan
Elhard 350	EE	0.17	0.8	1.5	2	Geri Kalan
Elhard 600S		0.5	1.8	-	9	Geri Kalan

Kaynak parametreleri Tablo 2' de verilmiştir. Kaplamaları oluşturulan numuneler parlatılmış ve daha sonra Kalling reaktifiyle (33 ml H<sub>2</sub>O, 33 ml metil alkol, 33 ml HCl, 1.5 gr CuCl<sub>2</sub>) dağlanmıştır.

Tablo 2. Kaynak Parametreleri

Numune	HH	EE
Method	MIG	Örtülü elektrodla ark kaynak
Akım (A)	200-300	100-150
Voltaj (V)		28-30

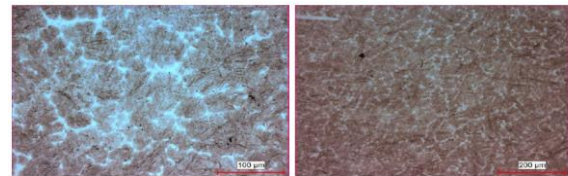
Mikroyapı incelemeleri Clemex Software kullanılarak Nikon Eclipse LV 150 optik mikroskop ile gerçekleştirilmiştir. Vickers sertlik ölçümleri, 10 kgf yük altında Emco-Test DuraVision sertlik test cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Kuru-kayma şartlarında karşı eleman olarak Alumina bilya kullanılarak, sert dolgu kaplamalarının tribolojik analizi CSM marka pin on disk aşınma test cihazında gerçekleştirilmiştir. Tüm aşınma deneyleri 10 N, oda sıcaklığında 1000 m toplam kayma mesafesi boyunca 10 cm/s'lik bir kayma hızında gerçekleştirilmiştir. İz çapı 4 mm'dir.

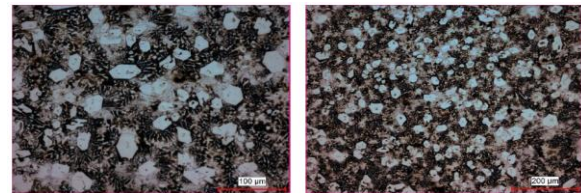
## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Mikroyapı

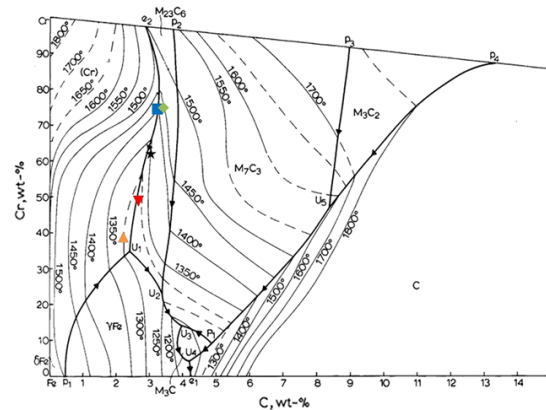
EE numunesinde ise martenzit oluşmuştur (Şekil 2). 2. pasosunda % 5 karbon içeriğine sahip tel ile kaplama yapılan HH numunesinde, Cr-C-Fe faz diyagramından (Şekil 3-4) [11, 12]. kimyasal kompozisyonundan ve sertlik değerlerinden Şekil 1' de görüldüğü gibi hegzagonal yapıya sahip M<sub>7</sub>C<sub>3</sub> karbür yapısı oluşmuştur.



Şekil 2. EE numunesinin mikroyapı görüntüleri



Şekil 3. HH numunesinin mikroyapı görüntüleri

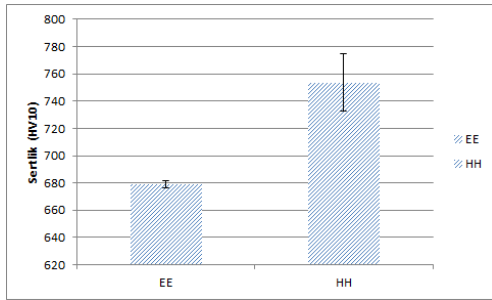


Şekil 4. Cr-Fe-C sisteminin faz diyagramı (12)

### Sertlik

HH numunesinde primer karbürlerin oluşmasının nedeni Cr ve C bileşim miktarlarının yüksek oluşudur. Şekil

5'de, EE ve HH numunelerine ait sertlik değerleri verilmiştir. Karbon ve krom içeriğinin doğrudan kaplamanın sertliğini etkilediği açıkça görülmüştür. Faz diyagramından ve mikroyapı incelemelerinden tespit edildiği gibi HH numunesinde oluşan  $M_7C_3$  demir esaslı matris içinde yayılmış sekonder karbürler mevcuttur [11, 12]. Bundan dolayı her iki numunenin sertlik değerleri için standart sapmaları da hesaplanmıştır.

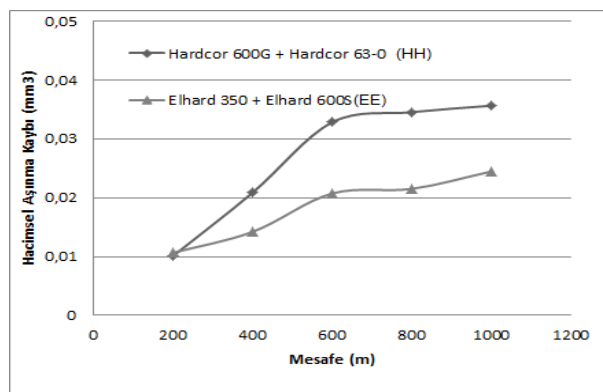


Şekil 5. EE ve HH numunelerinin sertlik değerleri

EE numunesinin sertlik değerlerindeki standart sapması 2,82 iken HH numunesinin 20,75 tir. EE numunesinde homojen dağılımlı sert martenzitik yapı görülürken, HH numunesinde  $M_7C_3$ 'ün dağılımı martenzitik yapı gibi değildir. HH numunesinde sertliği daha düşük olan matris içerisinde, sertliği daha yüksek olan büyük yapıların olmasından dolayı standart sapma büyüktür.

### Aşınma Testi

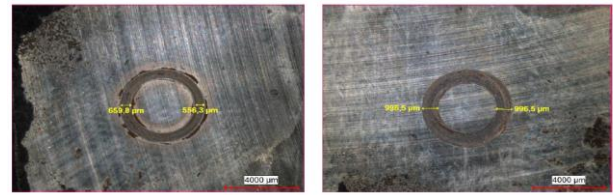
Sert dolgu kaplamalarının aşınma izlerinin pürüzlülük değerleri ölçülmüş ve buradan hacimsel aşınma kaybı hesaplanmıştır. Martenzitik yapıya sahip EE numunesinin HH numunesinden daha az aşınma kaybı sergilediği görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. EE ve HH numunelerinin hacimsel aşınma kaybı

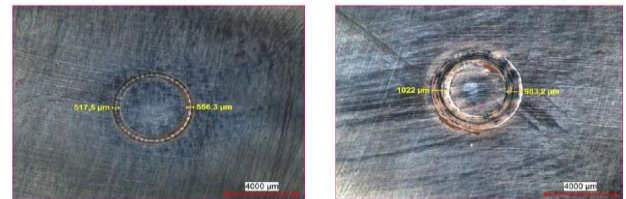
HH ve EE numunelerinin hacimsel aşınma kayıpları mesafeye bağlı olarak artmıştır (Şekil 6). HH numunesi EE numunesine göre sertlik değerleri daha yüksek olmasına rağmen daha fazla aşınmıştır. Bunun nedenini çözmek adına sertlik değerleri arasında standart sapma değerlerine hesaplanmıştır. Standart sapma değerleri EE

numunesine göre daha yüksektir. HH numunesinde sert  $M_7C_3$ 'lerin içinde bulunduğu matriste daha düşük sertliğe sahip yapılar bulunmaktadır. Aşınma sırasında düşük sertliğe sahip kısımlar daha çok aşınmıştır. Aşınan matris sebebiyle açığa çıkan sert fazlar aşınma sırasında koparak EE numunesine göre hacimsel olarak daha büyük boşluklar oluşturmuştur. Bundan dolayı sertliği daha yüksek gibi görünse de, hacimsel aşınma kaybı EE numunesine göre daha yüksek olmuştur. Aşınma izleri 200 m ve 1000m de stereo mikroskopta incelenmiştir. İki numunede birbirine yakın izler elde edilmiştir (Şekil 7-8).



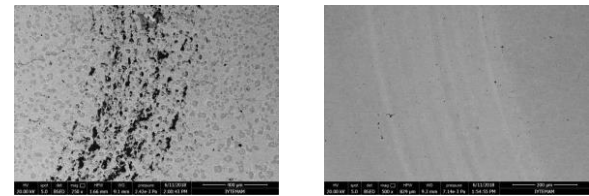
(a) (b)

Şekil 7. HH numunesinin aşınma iz görüntüleri (a) 200 m ve (b) 1000 m



(a) (b)

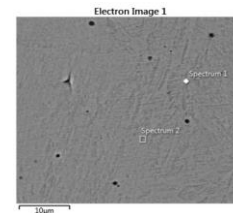
Şekil 8. EE numunesinin aşınma iz görüntüleri (a) 200 m ve (b) 1000 m



(a) (b)

Şekil 9. Aşınma izlerinin SEM görüntüleri (a) HH (b) EE

SEM görüntülerinden sert karbürlerin HH numunesinde karşı elemanı aşındırdığı bundan dolayı karşı elemanın numune üzerinde malzeme ve iz bırakmış olduğu net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 10. EE numunesi üzerinden EDX alınan noktaların SEM görüntüsü

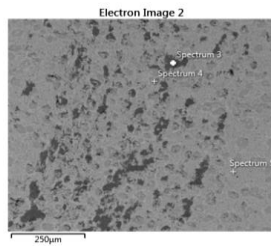
Profilometre ölçümleri, mikroyapı ve SEM görüntülerinden EE numunesindeki aşınma iz

derinliğinin az olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8-10) (Tablo 3).

**Tablo 3.** EE numunesinin Şekil 9’da belirtilen noktaların EDX analizi

Element	Spectrum 1 Wt%	Spectrum 2 Wt%
C	5.00	2.72
Si	0.86	1.04
Cr	6.74	7.18
Fe	87.41	89.06
Total:	100.00	100.00

HH numunesinde EDS analizindeki Spektrum 3’ e göre (Tablo 4) karşı elemandan malzeme geçişi olduğu tespit edilmiştir(Şekil 11).



**Şekil 11.** HH numunesi üzerinden EDX alınan noktaların SEM görüntüsü

**Tablo 4.** HH numunesinin Şekil’10 da belirtilen noktaların EDX analizi

Element	pectrum 3 Wt%	pectrum 4 Wt%	pectrum 5 Wt%
O	37.39	-	-
Al	1.07	-	-
Si	0.79	-	1.34
Cr	12.95	45.88	9.98
Fe	47.80	43.55	61.75
C	-	10.56	7.25
total:	100.00		

HH numunesinde Spektrum 4’e göre ve faz diyagramına göre  $M_7C_3$  oluşumu gözlenmiştir (Tablo 4).

## SONUÇ

Sert dolgu işlemleri 4140 çeliği üzerine ark kaynak yöntemleriyle başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Sertlik testi, aşınma testi, mikroyapı ve SEM-EDX incelemeleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda;


1. HH numunesi EE numunesine göre daha yüksek sertliğe sahiptir. Fakat sertlik değerlerindeki standart sapma hesaplandığında EE numunesinde daha az standart sapma elde edilmiştir. Bunun nedeni yapının her yerinde homojen bir şekilde olmasıdır.
2. Aşınma direncini daha da arttırmak için matris içinde sekonder karbürlerin miktarının artırılıp, homojen bir şekilde dağıtılması gerekmektedir.
3. Her iki numunede mesafeye bağlı olarak aşınma miktarları artmıştır.
4. Metalografik incelemeler sonucunda, ince taneli yapının aşınmaya karşı direncinin iri taneli sert yapının aşınmaya karşı direncinden daha iyi olduğu görülmüştür.


5. Bu çalışma sonucunda, sertliğin yüksek olduğu HH numunesindeki sert  $M_7C_3$  yapıları olmasına rağmen, homojen martenzitik yapı ve sertliği HH numunesine göre daha düşük olan EE numunesinin mikroyapısından dolayı aşınma direncinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

## ORCID

Hülya Durmuş  orcid.org/0000-0002-7270-562X

Nilay Çömez  orcid.org/0000-0002-6432-6582

Canser Gül  orcid.org/0000-0002-1339-936X

Melis Yurddaşkal  orcid.org/0000-0002-8774-3848

## KAYNAKÇA

- [1] Gür A.K., Orhan A., Çalgül U. Ni/Ti Tozlarının PTA Yöntemiyle AISI 1020 Yüzeyindeki Kaplamalarının Mikroyapı Özellikleri, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 2008.
- [2] Günther K., Bergmann J.P., Suchodoll D. Hot wire-assisted gas metal arc welding of hypereutectic FeCrC hardfacing alloys: Microstructure and wear properties, Surface and Coatings Technology, 334 420-428, 2018.
- [3] Ulutan M., Kiliçay K., Çelik O.N., Er Ü. Microstructure and wear behaviour of plasma transferred arc (PTA)-deposited FeCrC composite coatings on AISI 5115 steel, Journal of Materials Processing Technology, 236 26-34, 2016.
- [4] Gou J., Wang Y., Sun J., Li X. Bending strength and wear behavior of Fe-Cr-C-B hardfacing alloys with and without rare earth oxide nanoparticles, Surface Coatings Technology, 311 113-126, 2017.
- [5] Arsić D., Lazić V., Mitrović S., Džunić D., Aleksandrović S., Djordjević M., Nedeljković B. Tribological behavior of four types of filler metals for hard facing under dry conditions, Industrial Lubrication and Tribology, 68:6 729-736, 2016.
- [6] www.weartech.net/wp-content/Selection Guide to Lincoln Hardfacing Materials and Procedures, The Lincoln Electric Company, Saint Clair Avenue Cleveland, U.S.A. 2017.
- [7] Coronado J.J., Caicedo H.F., Gómez A.L. The effects of welding processes on abrasive wear resistance for hardfacing deposits. Tribology International, 42:5 745-749, 2009.
- [8] Wang J., Liu T., Zhou Y., Xing X., Liu S., Yang Y., Yang Q., Effect of nitrogen alloying on the microstructure and abrasive impact wear resistance of Fe-Cr-C-Ti-Nb hardfacing alloy, Surface and Coatings Technology. 309 1072-1080, 2017.
- [9] Hou Q.Y., He Y.Z., Zhang Q.A., Gao J.S. Influence of molybdenum on the microstructure and wear resistance of nickel-based alloy coating obtained by plasma transferred arc process, Materials Design, 28:6 1982-1987, 2007.
- [10] Buchely M.F., Gutierrez J.C., León L.M., Toro A. The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys, Wear, 259 52-61, 2005.
- [11] Raynor G.V., Vivian G.R. Phase Equilibria in Iron Ternary Alloys--a Critical Assessment of the Experimental Literature, The Institute of Metals, 1 Carlton House Terrace, London SW 1 Y 5 DB, UK, 1988.
- [12] Hsuan-Han L., Chih-Chun H., Chi-Ming L., Weite W. Characteristics of Eutectic  $\alpha(\text{Cr,Fe})-(\text{Cr,Fe})_{23}\text{C}_6$  in the Eutectic Fe-Cr-C Hardfacing Alloy, Metallurgical and Materials Transactions A. 48:1 493-500, 2017.