

1.2714 Çeliği Üzerine Sert Dolgu Kaynağı ile Kaplanmış Fe-Cr-V Esaslı Alaşımın Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi

Simge GENÇALP İRİZALP^{*1}, Nurşen SAKLAKOĞLU¹, Gizem İLDAŞ¹,
Selçuk DEMİROK²

¹Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Manisa

²Egemet, Genel Merkez, İzmir

Geliş tarihi: 02.10.2017

Kabul tarihi: 14.03.2018

Öz

Sert dolgu kaynağı, günümüzde birçok üretim sektöründe kabul gören ve kullanılan bir yöntemdir. Gıdadan ziraate, madencilikten kimyaya kadar geniş yelpazede uygulamaları mevcuttur. Bu yöntemin tercih edilme sebebini kısaca düşük maliyet ile malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi olarak açıklayabiliriz. Dövme sektörünün bir kolu olan sıcak dövme kalıplarında, ya deforme olmuş bölgelerin tadilatı amacıyla ya da deforme olabilecek bölgelerin önceden güçlendirilerek özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılır. Bu çalışmada 1.2714 sıcak iş takım çeliği yüzeyine, Fe esaslı Thermo Dur isimli kaynak elektrotu ile kaplama yapılarak, kalıp ömründe ve özelliklerinde iyileştirme yapılması hedeflenmiştir. Öncelikle Thermo Dur isimli elektrot yüzeye TIG kaynak yöntemiyle kaplanmış, daha sonra incelemeler için numuneler hazırlanmıştır. Numunelere sırasıyla sertlik, içyapı, SEM, EDS, XRD, aşınma testi ve ağırlık kaybı analizleri yapılmıştır. JMatPro programı kullanılarak akma gerilmesi ve ortalama genleşme katsayısı gibi malzeme özellikleri elde edilmiştir. Bu analizler sonunda elde edilen veriler, literatür taraması esnasında bulunan makalelerdeki verilerle kıyaslanarak yorumlanmıştır. Aşınma sonuçları incelendiğinde; dolgu malzemesinin kalıp çeliğine göre 1,5 kat daha az aşındığı görülmektedir. Bu duruma dolgu malzemesinin, sıcak iş takım çeliğine kıyasla daha sert olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Sertlik farkının dolgu malzemesi içinde yer alan karbür yapıcı elementlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolgu malzemesinin içinde Cr ve V gibi karbür yapıcı elementler kalıp malzemesine oranla daha fazla bulunmaktadır. Aşınma testi tamamlandıktan sonra yapılan ağırlık ölçümlerinde dolgu malzemesinin ağırlığında azalma görülürken, takım çeliğinin ağırlığında artış görülmüştür. Bu duruma yapışmanın neden olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sıcak dövme kalıpları, Sert dolgu kaynağı, 1.2714 Sıcak iş takım çeliği, Thermo Dur, Fe-esaslı sert kaplama alaşımı

Examination of Materials Properties of Fe-Cr-V Hardfacing Coating Deposited on 1.2714 Steel

Abstract

Hardfacing is a method that is accepted and used in many production sectors today. There are wide range of applications from food to agriculture, from mining to chemistry. We can explain the reason of

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Simge GENÇALP İRİZALP, simge.gencalp@cbu.edu.tr

preference of this method briefly as improvement of material properties at low cost. It is used in hot forging molds of a forging industry, in order to improve the properties of the deformed areas either for the purpose of modification or for the pre-strengthening of areas that may deform. In this study, it was aimed to improve the mold life and properties by coating with Fe based Thermo Dur named welding electrode to 1.2714 hot work tool steel surface. Firstly Thermo Dur named electrode is coated with TIG welding method on surface. Then samples were taken from the welded die for the examinations. The samples were analyzed due to its hardness, microstructure, SEM, EDS, XRD, wear (used pin on disc method) and weight loss properties respectively. Some materials properties have been obtained using JMatPro program. The data obtained at the end of these analyses were interpreted in comparison with the data in the articles found during the literature review. As a result, it was seen that the filling material worn 1.5 times less than the die steel. It is thought that this is caused by the fact that the filler material is harder than the hot work tool steel. The difference in hardness is thought to originate from the carbide-forming elements contained in the filler material. In the filling material, carbide-forming elements such as Cr and V are more abundant than the die steel. After the wear test was completed, the weight of the filler material decreased, while the weight of the tool steel increased. This is thought this situation occurs due to adhesion.

Keywords: Hot forging molds, Hardfacing, 1.2714 hot work tool steel, Thermo Dur, Fe based hardfacing alloy

1. GİRİŞ

Sert dolgu, özel alaşımlı dolgu malzemeleri kullanılarak farklı kaynak yöntemleriyle veya ısıl püskürtme kaplama teknikleriyle, yüzeylerin aşınma veya korozyon direncini artırmak ya da hasar gören parçaları özgün boyutlarına getirebilmek için uygulanan bir yöntemdir. Sert dolgu kaynağı genel olarak tamir ve bakım uygulaması olarak adlandırılabilir.

Aşınma, parçaların değişimini gerektiren ve sanayide en sık karşılaşılan sorunlarından bir tanesidir [1].

Sanayide her yıl, aşınmaya veya korozyona uğrayarak kullanılamaz hale gelen parçalar hurdaya atılmaktadır. Yüzey kaplama parçaların aşınma direncini artırmak için kullanılabilir. Birçok yüzey kaplama tekniği bulunmaktadır. Bunlar; plazma püskürtme, ısıl püskürtme, sert dolgu kaplama, lazer kaplama, kimyasal ve fiziksel buhar biriktirmedir [2]. Sert dolgu kaynağı uygulaması ile parçaların aşınma direnci artırılarak daha uzun yıllar kullanılması sağlanabilir. Bu uygulama yeni parça satın alma maliyetinden çok daha ekonomiktir. Aynı zamanda

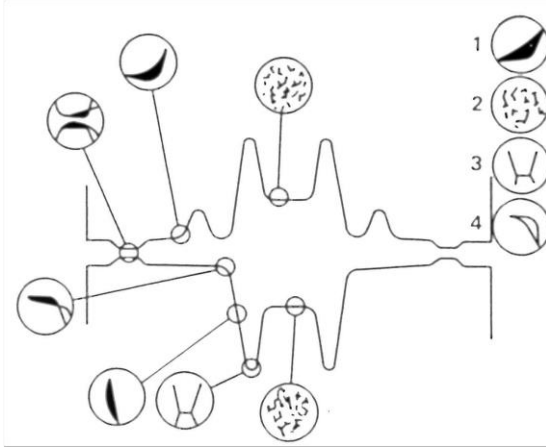
yedek parça stoklarının en aza indirilmesini sağlayarak, firmanın ekonomisine büyük katkıda bulunmaktadır [3].

Fe-esaslı sert kaplama malzemeleri, Fe dışı esaslı sert kaplama malzemelerine oranla daha düşük maliyete sahip olması nedeniyle sanayide yaygın kullanıma sahiptir. Bunlar arasında yüksek karbür oluşturabilen Cr ve/veya Mo alaşım elementlerine sahip dolgu malzemeleri parçanın kazanmaya karşı direncini artırdıkları için tercih edilmektedirler [4].

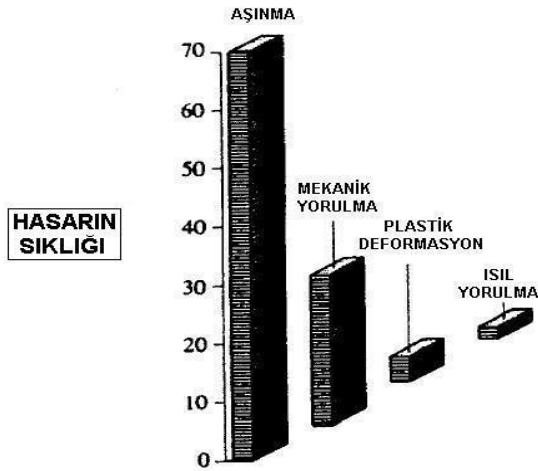
Sıcak dövme kalıplarında karşılaşılan tipik hasarlar (Şekil 1) aşınma, mekanik yorulma, şekil değiştirme ve ısıl yorulmadır. Bu hasarların karşılaşımla sıklığı Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de de görüldüğü gibi, en sık karşılaşılan hasar aşınmadır.

Hıdıroğlu [5], çalışmasında, demir-çelik sanayisinde kullanılan doğrultma masterlarına sert dolgu kaynağı uygulanmış ve yapılan deneylerin sonuçları incelenmiştir. Sertlik incelemesi sonrasında, kaynak sertlik değerlerinin ana malzemeye oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiş ayrıca aşınma değerlerinin kaynak

elektrotunun kimyasal bileşimlerine göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 1. Sıcak dövme kalıplarında karşılaşılan hasar mekanizmaları 1. Aşınma 2. Isıl yorulma 3. Mekanik yorulma 4. Plastik şekil değiştirme [6]



Şekil 2. Dövme kalıplarının hasar istatistiği [7]

Chatterjee ve Pal [8], sert dolgu kaynağı uygulamalarında kullanılan farklı elektrotlarla abrasif aşınma dayanımının değişimini incelemiştir. Aşınma direncinin sertlik dışında karbür oluşumuna ve ana yapıya bağlı olduğunu söylemiştir. Elektrotların kimyasal bileşimlerinde bulunan alaşım elementlerinden niyobyum içeriğinin artması ile birlikte karbür oluşumunun

arttığı ve molibden içeriğinin matris yapısında sertliği arttırdığı belirtilmiştir. Dolgu alaşımında niyobyum ve molibden olmadığı durumlarda daha yüksek oranlarda krom ve karbon elementi kullanılarak benzer aşınma dayanımlarının elde edilmesinin söz konusu olduğundan bahsedilmiştir. Demir dışı alaşımlar, Fe-esaslı alaşımlardan daha pahalıdır. Uygulamalarda nispeten yüksek Cr ve C içeren Fe-esaslı alaşımlar yaygın olarak kullanılmaktadır. α -ferrit ve M_7C_3 ve $M_{23}C_6$ gibi karbürlerden oluşan içyapıların oluşumu çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur [2,8-9]. Wang vd. [10] özellikle WC ve TiC parçacıklarının eklendiği metal tozlarında TIG kaynağı yoluyla orta karbonlu çeliklerde aşınmaya dirençli kaplamalar elde etmişlerdir. Eroğlu ve arkadaşları [11] SAE 1020 düşük karbonlu çeliği üzerine önceden yerleştirilmiş grafit, krom ve yüksek karbonlu ferrokrom tozları kullanarak TIG ile yüzeyleri alaşımlandırmışlardır. Buytoz ve arkadaşları [12] düşük alaşımlı çelik üzerine SiC-esaslı sert kaplamanın içyapı özellikleri üzerine TIG parametrelerinin etkilerini çalışmışlardır. TIG kaynağı ile yapılan tüm bu çalışmalar korozyon direnci, aşınma direnci ve ısıl iletkenliklerin kitlesel özellikleri bozmadan olağanüstü iyileştirme sağladığını göstermiştir.

EGEMET firmasında sıcak dövme sürecinde kalıp malzemesi olarak kullanılan 1.2714 kalıp çeliği üzerine ticari ismi Thermo Dur olan kaynak elektrotları ile kaplama yapıp, aşınma karakteristiği incelenmiş ve kalıp çeliği ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın amacı; sıcak dövme kalıbı olarak yaygın kullanımı olan 1.2714 kalıp çeliği üzerine ticari ismi Thermo Dur olan elektrot ile kaplama yapılarak içyapı gelişimi, aşınma davranışı gibi özellikleri kapsayan sistematik bir çalışma yürütmek ve böylece söz konusu elektrotun aşınmaya dayanıklı sert yüzey oluşturma ve/veya tamir-bakım amacıyla kullanımının uygunluğunu tartışmaktır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında ticari adı Thermo Dur olan Fe-esaslı Fe-Cr-V kaynak elektrotları, sıcak dövme

1.2714 Çeliği Üzerine Sert Dolgu Kaynağı ile Kaplanmış Fe-Cr-V Esaslı Alaşımın Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi

işlerinde kullanılan 1.2714 kalıp çeliğinin yüzeyine uygulanmıştır. Fe-esaslı sert kaplamalar çelik altlıklara literatürde genellikle lazer kaynağı ve TIG kaynağı yöntemiyle yüzeylere biriktirilmiştir [13]. Sert kaplama tabakası olarak Fe-Cr-V kaynak elektrotları, bu malzemenin sanayide kullanılan elemanlarda özellikle yüksek aşınma direncinin kritik olduğu yerlerdeki uygulamalar için kitle malzemelere etkili bir alternatiftir [14].

Kalıp çeliği numuneleri 30x30x80 mm boyutlarında hazırlanmıştır ve EGEMET firması tarafından dolgu kaynağı yapılmıştır. Yüzeyler inceleme yapmak için düzeltilmiş ve numuneler içyapı incelemeleri, sertlik testleri, aşınma testleri SEM/EDS ve XRD analizleri için kullanılmıştır (Şekil 3). Ayrıca kesit içyapı incelemeleri ve kaplama-ana malzeme aralığındaki sertlik değişimini belirlemek için de numuneler hazırlanmıştır. Aşınma deneyi CSM Instruments ball-on-disk tipi cihazda, 500 m mesafe de 10 N yük altında gerçekleştirilmiştir. Karşı eleman olarak 6 mm çapında alümina bilye kullanılmıştır.

Bu çalışmada kaplamaların EDS analiz sonuçları ve ana malzemenin kimyasal bileşimi kullanılarak faz dönüşümleri JMatPro yazılımı ile incelenmiş ve mekanik özelliklerinden akma gerilmesi ve ortalama genişleme katsayıları hesaplanmıştır. JMatPro, sanayideki uygulamalarda kullanılan birçok malzeme ve alaşımların sıcaklık değişimleri göz önüne alınarak, metalürjik ve mekanik özelliklerini analiz eden özel bir malzeme programıdır.

Numuneler, EFCO marka elektrikli laboratuvar fırınında 300 °C ile 450 °C aralığında ısıtılmıştır. Kaynak makinesinde elektrot için belirlenen amper değerinde kaplama yapılmıştır.

Kaynak sonrası kontrollü olarak soğutulmuştur. Daha sonrası için EFCO marka elektrikli laboratuvar fırınında 450 °C de 6 saat bekletilerek gerilme giderme işlemi uygulanmıştır. Kullanılan kaynak parametreleri Çizelge 1’de verilmiştir.



Şekil 3. Üzeri dolgu kaynak yöntemiyle kaplanmış kalıp çeliği malzemeleri

Çizelge 1. Gaz altı ark kaynağı (TIG) kaynak parametreleri

Parametre	Değer
Akım	Ort 180 A
Gaz debisi	15 B
Gaz karışımı	Standart Koruyucu Gaz Karışımı %75- 95 Ar, %4-22 CO ₂ , %1-3 O ₂

Çizelge 2. Kaplama malzemesi ve 1.2714 kalıp çeliğinin kimyasal analizleri

	Kaplama EDS analizi	Kaplama kimyasal analizi (katalog)	1.2714 kalıp çeliği EDS analizi	1.2714 kalıp çeliğinin kimyasal analizi (katalog)
C	1,778	0,70	0,714	0,50-0,60
Fe	Kalan	Kalan	Kalan	Kalan
Si	1,047	0,60	-	0,10-0,40
Mn	0,012	0,70	0,568	0,60-0,90
Cr	8,699	10	1,094	0,80-1,20
Mo	-	-	1,094	0,35-0,55
Ni	1,442	-	1,423	1,50-1,80
V	0,286	7,00	0,138	0,05-0,15

Çizelge 2’de kaplama malzemesi ve 1.2714 kalıp çeliğinin kimyasal analizleri verilmiştir. Bu tabloda hem kataloglardan alınan analiz sonuçları hem de bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen EDS analiz sonuçları verilmiştir. Sonuçlarda görüldüğü gibi, dolgu sırasında, dolgu metalinin ve ana metalin karıştırılması nedeniyle altlık malzemesinden seyrelme meydana gelmiştir.

Böylece doldurulan malzemenin kimyası değişmiştir. Yüzeyden sert kaplama tabakasına büyük miktarda Fe, Nb ve C yayılımı meydana gelmiştir.

1.2714 kalıp çeliğinin düşük miktarlarda Cr, Mo, Ni, Mn ve V içerdiği görülmektedir. Kaplama malzemesinin kalıp çeliğine göre daha yüksek oranda Cr ve V içerdiği ancak Mo içermediği gözlemlenmiştir. Ayrıca kaplama malzemesinin C oranının 1.2714 kalıp çeliğine göre daha yüksek oranda olduğu görülmektedir.

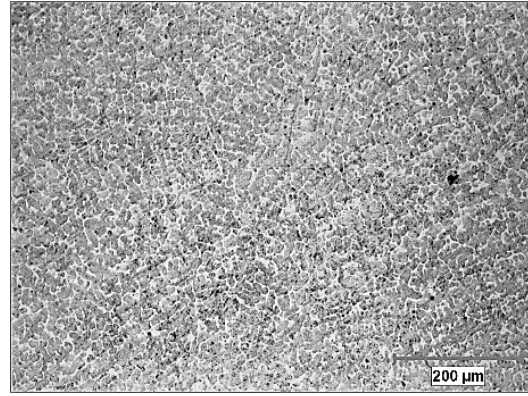
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Metalografik incelemeler için numuneler 20 ml HCl, 1ml H₂O₂, 30ml saf su ve 1ml HNO₃ kimyasalları kullanılarak dağlanmıştır. Şekil 4'de sert dolgu kaynağı uygulanmış bölgeden yapılan farklı büyütmelerdeki incelemede yüzeyin dallantılı olarak katılaştığı görülmektedir. Kaynak metalinde tipik Widmanstatten kaynak yapısı gözlemlenmiştir [5].

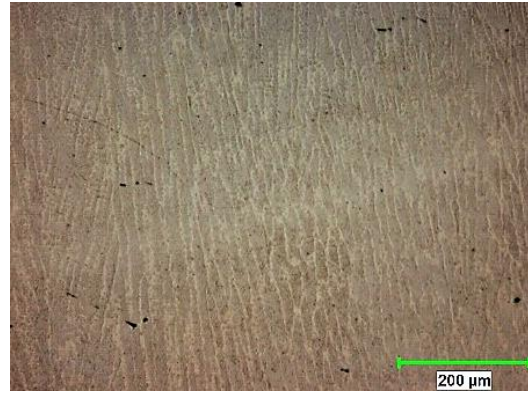
Şekil 5 kalıp çeliği ve Fe-Cr-V içeren elektrot kullanılarak sert kaplama ile hazırlanmış dolgu malzemesinin XRD paternlerini göstermektedir. Bu patern, Şekil 5a'da yalnızca α -Fe (ferrit) piklerine rastlanırken, Şekil 5b'de verilen XRD paterni dolgu malzemesinin α -Fe (ferrit) fazından oluştuğunu, ayrıca M₇C₃ karbürü fazlar içerdiğini göstermektedir. Fe, Cr ve C içeren alaşımlarda M₇C₃ (M=Cr, Fe) karbürlerinin oluşumu beklenen fazlardan biridir [15]. Herhangi bir oksitli birleşik olmaması sert kaplama işleminden sonra talaş alınarak cürufun ortamdaki uzaklaştırıldığına da bir ispatdır [2].

Şekil 6'da Thermo Dur elektrot ile yapılan dolgu kaynağıyla kaplanmış kesit boyunca içyapı gelişimi verilmiştir. Yüzeyden çelik içine doğru dolgu kaynağının nüfuz ettiği ve tane sınırları boyunca bu nüfuziyetin ilerleyip, nüfuziyet derinliği oluşturduğu gözlemlenmiştir. Gualco ve arkadaşları [16] takım çeliği üzerine Fe-esaslı sert kaplama gerçekleştirdiklerinde nüfuziyet derinliğinin ısı girdisi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

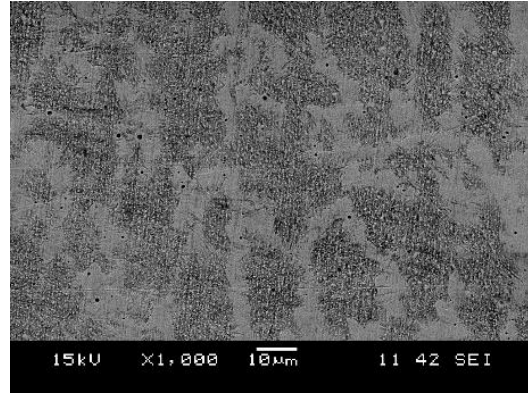
Yüzeyde tane kabalaşması göze çarpmaktadır. Çelik ve kaplama arasındaki ara yüzeyde gözeneklilik, boşluk vs kusurlar oluştuğu gözlemlenmiştir. Kalıp çeliği menevişlenmiş martenzit yapıya sahiptir.



(a)



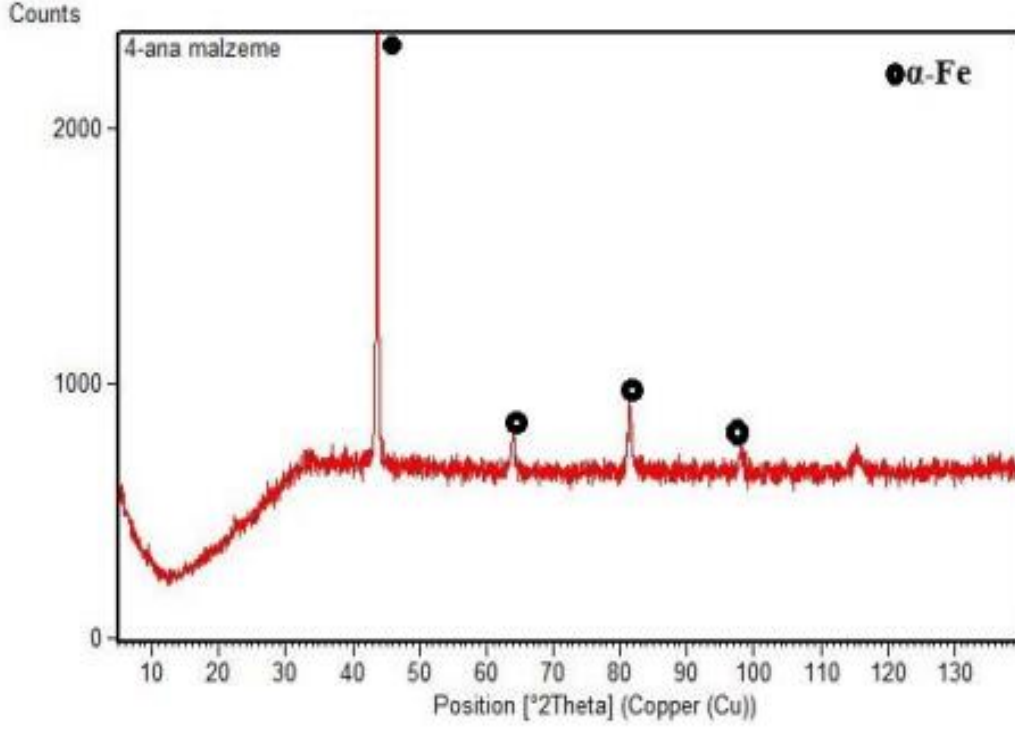
(b)



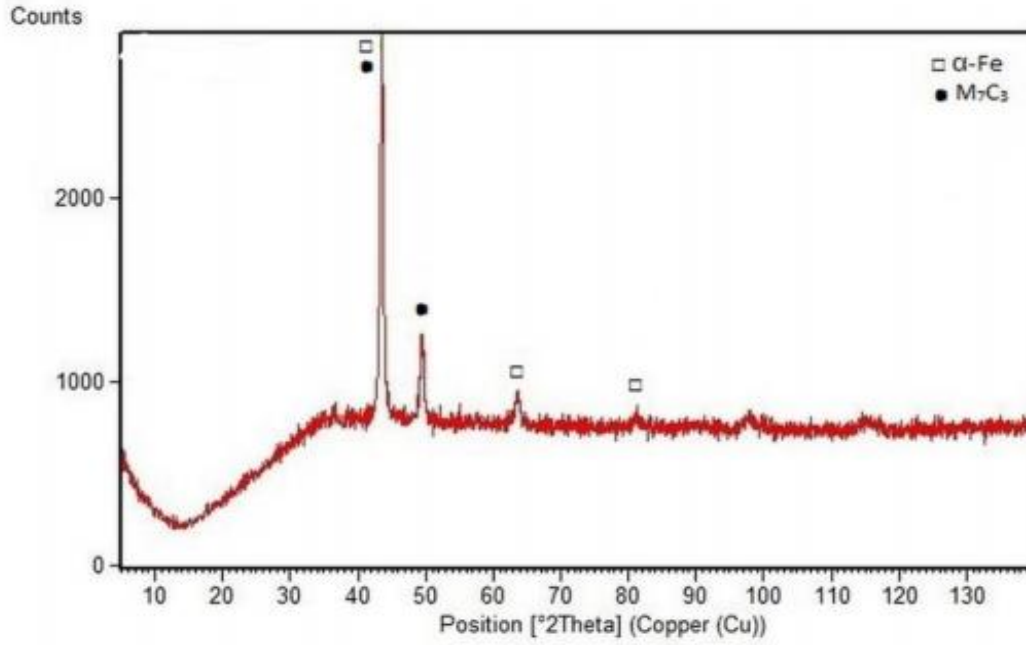
(c)

Şekil 4. Kaplama bölgesi (a) yüzey, (b) kesit görünümü, (c) kesitten SEM görüntüsü

1.2714 Çeliği Üzerine Sert Dolgu Kaynağı ile Kaplanmış Fe-Cr-V Esaslı Alaşımın Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi

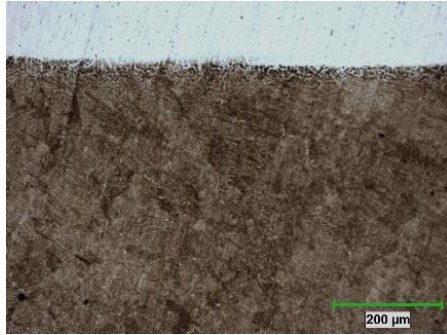


(a)

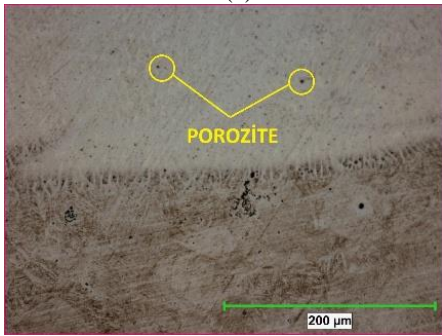


(b)

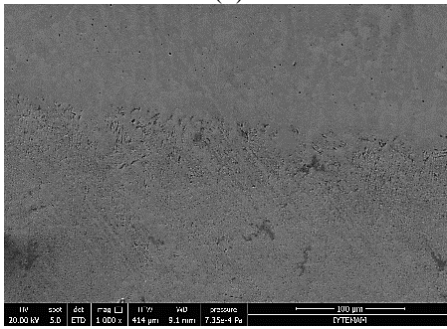
Şekil 5. XRD paterni (a) 1.2714 kalıp çeliği, (b) dolgu malzemesi



(a)



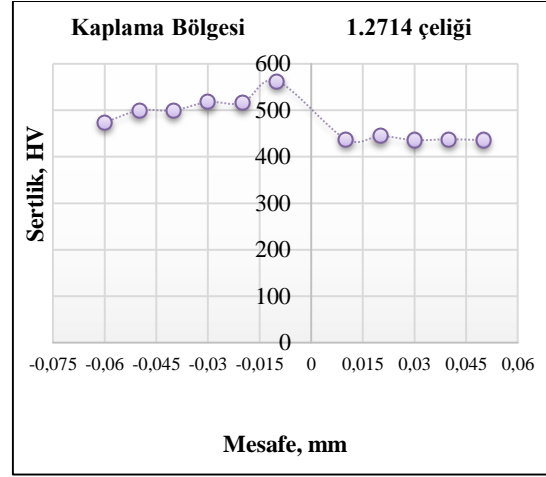
(b)



(c)

Şekil 6. Kaplama ara yüzey bölgesi

Şekil 7 kesit boyunca sertlik taramasını göstermektedir. Kalıp çeliği yaklaşık 439 HV mertebelerinde sertliğe sahip iken, dolgu bölgesinin yaklaşık 512 HV sertliğe sahip olduğu görülmektedir. Bu duruma XRD analizlerinde tespit edilen M_7C_3 tipi karbürlü bileşikler sebep olmaktadır, bu durum literatürde yer alan benzer çalışmalarla da desteklenmektedir [5,15,17]. Sertlik sonuçları, bu dolgunun kalıp çeliğinin aşınan bölgeleri için uygun olabileceği ve tamir bakım uygulamalarında kullanılabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 7. Kesit boyunca sertlik değişimi

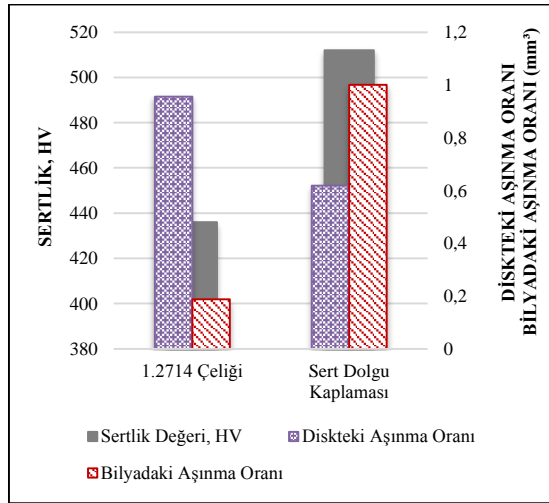
Şekil 8'de sertlik, diskteki aşınma oranı ve bilyedeki aşınma miktarını birlikte gösteren grafik verilmiştir. Dolgu malzemesinin sertliğinin kalıp çeliğinin sertliğinden yüksek olmasına bağlı olarak dolgu malzemesiyle kaplanan numune, kalıp çeliğine göre 1.5 kat daha az aşınmıştır. Dolgu malzemesinde Cr ve V miktarı, kalıp çeliğine oranla daha yüksektir. Karbür yapıcı alaşım elementlerinin oranının yüksek olması, karbürlerin daha fazla oluşmasına neden olur. Buna bağlı olarak sert dolgu kaynağı uygulanmış numunenin aşınmaya karşı direncinde artış gözlemlenmiştir. Bu artış doğrultusunda dolgu malzemesini aşındıran bilyenin, kalıp çeliğini aşındıran bilyeye oranla daha fazla aşınması beklenen bir sonuçtur.

Torres ve arkadaşları [13] Fe-Cr-V esaslı dolgu malzemesi ile sert kaplama yapmışlar ve yüksek sıcaklıktaki aşınma performansını araştırmışlardır. Bu çalışmada kullanılan aşınma test cihazı sürekli abrazyon testi cihazıdır. Fe-Cr-V esaslı sert kaplama yüksek sıcaklıklarda yüksek aşınma direnci göstermiştir. Bizim çalışmamızdaki kullanılan elektrot ile kimyasal bileşiminde özellikle krom ve karbon elementlerinin yüzde bileşimleri açısından farklılıklar bulunmaktadır. Torres ve arkadaşları [13] %2,8 C ve %5,7 Cr, %12,5 V içeren dolgu malzemesi kullanmışlardır.

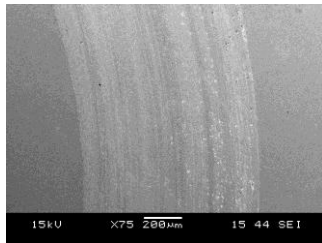
Şekil 9'da verilen aşınma izlerinin SEM görüntüleri incelendiğinde, kalıp çeliğinde

yapışmalı aşınma görülürken dolgu malzemesinin kazınmalı olarak aşındığı ve ayrıca kaplamada mevcut boşlukların aşınma parçacıklarıyla dolduğu görülmektedir (Şekil 9c). Aynı şekilde kalıp çeliğinde mevcut boşlukların aşınma ile açığa çıktığı ve aşınma parçacıklarıyla dolduğu gözlenmiştir (Şekil 9f).

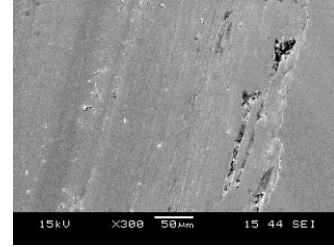
Aşınma testi sonrası numunelerin ağırlığında meydana gelen değişim Şekil 10'da verilmiştir. Dolgu malzemesinin ağırlığında azalma görülürken, takım çeliğinin ağırlığında, dolgu malzemesinin aksine %0,0004 artış gözlemlenmiştir. 1.2714 çeliğinde meydana gelen ağırlık artışının yapışmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonucu Şekil 9e ve f'de yapışmanın bir sonucu olan parçacıklar gözlemlenmektedir. Böylece sert dolgu kaynağının yapışma direncini arttırdığı sonucuna varılmaktadır [5,17].



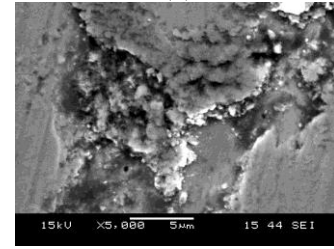
Şekil 8. Sertlik, diskteki aşınma oranı, bilyedeki aşınma miktarını birlikte gösteren grafik



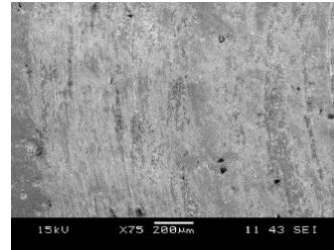
(a)



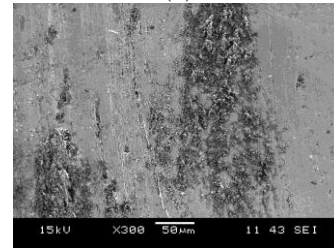
(b)



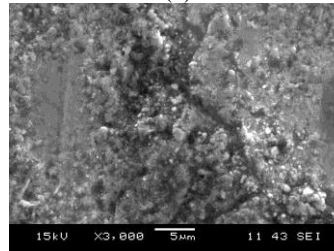
(c)



(d)



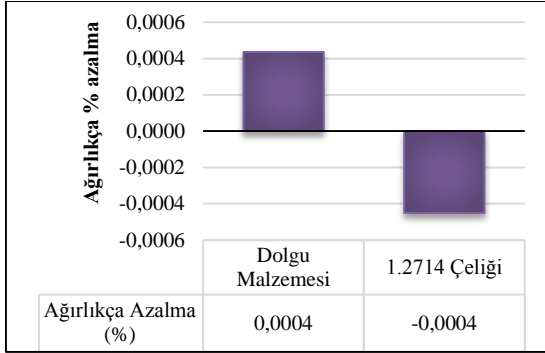
(e)



(f)

Şekil 9. Aşınma izleri:

- (a, b, c) Dolgu malzemesi kaplanmış;
(d, e, f) Kaplamasız kalıp çeliği

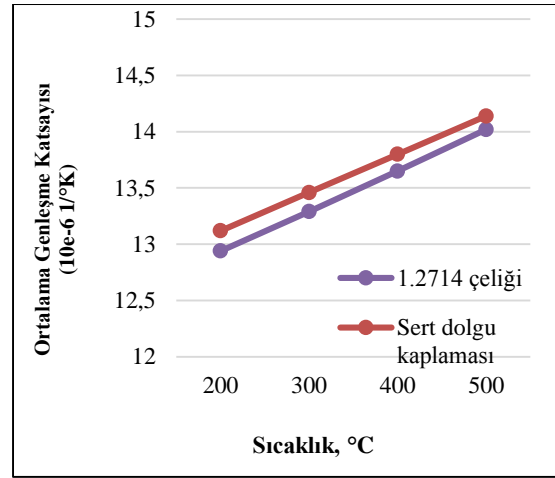


Şekil 10. Ağırlıkça azalma grafiği

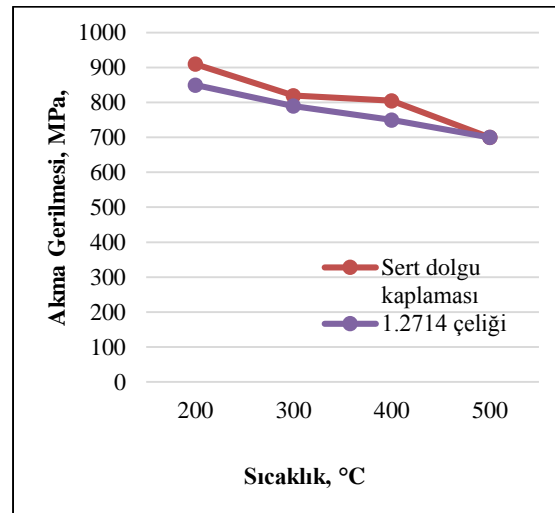
Saklakoglu ve arkadaşları [18] yaptıkları çalışmada AISI 1.2714 çeliğini Ni-esaslı alaşım ile sert kaplamışlardır ve sonuçları içyapısal ve tribolojik olarak incelemiştir. Buna göre Ni-esaslı sert kaplamanın 1.2714 çeliğinin aşınma direncine olumlu bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Yine Saklakoglu ve arkadaşları yaptıkları bir diğer çalışmada [19] Fe-esaslı sert kaplama alaşımının içyapı ve aşınma özelliklerini incelemiştir. Bu alaşımın içeriği bu çalışmadakinden farklı olarak %0,1 C, %2,2-2,7 Cr ve %2-2,5 Mo içermektedir. Kaplama malzemesinin sertliğini yaklaşık 470 HV bulmuşlardır. Bu çalışmada kullanılan alaşımın sertliğinden yaklaşık %10 daha düşüktür. Aşınma direncinin de nispeten daha düşük olduğu görülmektedir.

Kaplama ve ana malzeme için JmatPro programı kullanılarak akma gerilmesi ve ortalama genleşme katsayısı analizi yapılmıştır. Şekil 11 ve 12'de analiz sonuçları olarak ortalama genleşme katsayısının sıcaklığa bağlı değişimi ile akma gerilmesinin sıcaklığa bağlı değişimi verilmiştir. Jmatpro analizi yapılırken kaplama yapıldıktan sonra yüzeyden alınan EDS analizi ile bulunan bileşim değerleri kullanılmıştır. Böylece kaplama sırasında meydana gelen seyrelme göz önüne alınmıştır. Akma dayanımı grafiği incelendiğinde, kaplamanın yüksek sıcaklıklarda ana malzemeye yakın ve ya daha iyi akma dayanımı sağladığı gözlemlenmiştir. Genleşme katsayısı grafiği incelendiğinde, kaplamanın ana malzemenin sahip olduğu genleşme katsayısına oldukça yakın genleşme katsayısına sahip olduğu görülmüştür

(Şekil 11). Akma gerilmesi değerlerinin de farklı sıcaklıklarda kalıp çeliği ile aynı değerlerde seyrettiği tespit edilmiştir (Şekil 12). Kaplama ve ana malzeme genleşme katsayı değerleri arasındaki farklar ısıl genleşme uyumsuzluğuna neden olmaktadır. Bunun önlenmesi ve kaplama sonrası yüksek sıcaklıklarda sorunsuz çalışabilmesi için Thermo Dur kaplamanın tercih edilebileceği söylenebilir.



Şekil 11. Sert dolgu kaplaması ve 1.2714 çeliğinin ortalama genleşme katsayısının sıcaklıkla değişimi



Şekil 12. Sert dolgu kaplaması ve 1.2714 çeliğinin akma gerilmesinin sıcaklıkla değişimi

4. GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada sıcak dövme kalıbı olarak kullanılan 1.2714 kalıp çeliği üzerine ticari adı THERMO DUR yöntemiyle kaplama yapılmıştır. Aşınma testleri, sertlik testleri ve SEM/EDS/XRD analizleri yapılarak kaynaklanmamış kalıp çeliği ile karşılaştırılmıştır. Buna göre;

- Dolgu maddesi kalıp çeliğinden daha yüksek sertliğe sahiptir, buna bağlı olarak daha az aşınmıştır.

- Aşınma testi sonrası dolgu malzemesinin ağırlığında azalma gözlemlenirken, takım çeliğinin ağırlığında artış gözlemlenmiştir. Bu durumun, aşınan parçacıkların takım çeliği yüzeyine yapışmadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

- Kalıp çeliğinde yapışmalı aşınma görülürken, dolgu malzemesinin kazınmalı olarak aşındığı görülmüştür. Ayrıca kaplamada mevcut boşluklar aşınma parçacıklarıyla dolmuştur.

- Kaplama sonrası sertlikte önemli bir artış gerçekleşmiştir. Bunun yanında malzemenin aşınmaya karşı direncinin de artması, bu dolgu malzemesinin sıcak dövme kalıplarına uygulanarak kalıbın ömründe iyileştirme yapılabileceği öngörülmektedir.

- Genleşme katsayısını belirlemek için yapılan JMatPro analiz sonucunda, kaplamanın ana malzemeye yakın genleşme katsayısına sahip olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak, 1.2714 malzemesinden üretilen sıcak dövme kalıplarının aşınan bölgelerinde tamir amaçlı kullanıma uygun olacağı düşünülmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, numunelere sert dolgu kaynağı uygulaması ve incelemeler için hazırlanması aşamaları EGEMET firması tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın finansal kaynağı CBÜ- BAP 2015-110 no'lu projesi ile karşılanmıştır. Egemet Ege Metal Dövme San. Tic.

Ltd. Şti. ve Celal Bayar Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

1. Ahmadabadi, M. Nili., Shamloo, R., 2001. Control of Austenitic Transformation in Ductile Iron Aided by Calculation of Fe-C-Si-X Phase Boundaries, Journal of Phase Equilibria, 22(3), 194-198.
2. 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(1), 89-94.
3. Sarıkaya, Ö., Anık S., 1999. Endüstride Kaynaklı Bakım, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3, 43-48.
4. Morsy, M., El-Kashif, E., 2014. The Effect of Microstructure on High-stress Abrasion Resistance of Fe-Cr-C Hardfacing Deposits, Welding in the World, 58(4), 491-497.
5. Hıdıroğlu, M., 2012. Aşınan Makine Parçalarına Uygulanan Sertdolgu Kaynağının Aşınma Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
6. HANDBOOK, A. S. M. 1988. Forming and forging. ASM International, 14, 483.
7. Terceş, M., Panjan, P., Urankar, I., Fajfar, P., Turk, R., 2006. A Newly Designed Laboratory Hot Forging Test for Evaluation of Coated Tool Wear Resistance, Surface & Coatings Technology, 200(11), 3594-3604.
8. Chatterjee, S., Pal, T.K., 2003. Wear Behaviour of Hardfacing Deposits on Cast Iron, Wear, 255(1), 417-425.
9. Fan, C., Chen, M.C., Chang, C.M., Wu, W., 2006. Microstructure Change Caused by (Cr, Fe)₂₃C₆ Carbides in High Chromium Fe-Cr-C Hardfacing Alloys, Surface and Coatings Technology, 201(3), 908-912.
10. Wang, S.W., Lin, Y.C., Tsai, Y.Y., 2003. The Effects of Various Ceramic-metal on Wear Performance of Clad Layer, Journal of Materials Processing Technology, 140(1), 682-687.

11. Eroğlu, M., Özdemir, N., 2002. Tungsten-inert Gas Surface Alloying of a Low Carbon Steel, *Surface and Coatings Technology*, 154(2), 209-217.
12. Buytoz, S., Ulutan, M., 2006. In Situ Synthesis of SiC Reinforced MMC Surface on AISI 304 Stainless Steel by TIG Surface Alloying, *Surface and Coatings Technology*, 200(12), 3698-3704.
13. Torres, H., Varga, M., Widder, F., Cihak-Bayr, U., Viskovic, O., Ripoll, M. R., 2016. Experimental Simulation of High Temperature Sliding Contact of Hot Rolled Steel, *Tribology International*, 93, 745-754.
14. Katsich, C., Badisch, E., Roy, M., Heath, G. R., Franek, F., 2009. Erosive Wear of Hardfaced Fe-Cr-C Alloys at Elevated Temperature, *Wear*, 267(11), 1856-1864.
15. Buytoz, S., Yılmaz, O., 2003. GTA Yöntemi Kullanılarak FeCrC ve WC Kaplanmış Sade Karbonlu SAE 1020 Malzemesinin Aşınma Davranışının Araştırılması, *Mühendis ve Makine*, 44 (519), 36-40.
16. Gualco, A., Svoboda, H., Surian, E., Ramini, M., De Vedia, L., 2005. Dilution Study in Hardfacing Deposits. Sam-Conamet. Mar del Plata, Argentina.
17. 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.
18. Saklakoglu, N., Dogan, S., Gencalp Irizalp, S., Demirok, S., Saklakoglu, I.E., 2017. Microstructural Aspects of Nickel-based Surfacing Deposited by Gas Metal Arc Welding (GMAW), *International Conference on Engineering Technology and Innovation ICETI 2017, Sarajevo Bosnia and Herzegovina*, 143-149.
19. Saklakoglu, N., Gencalp Irizalp, S., İldaş, G., Demirok, S., 2016. Fe-Esaslı Sert Kaplama Alaşımının Mikroyapı ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi, *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 12 (3), 517-523.

