



Hülya Durmuş

Manisa Celal Bayar University, Hulya.durmus@cbu.edu.tr, Manisa-Turkey

Mustafa Türkmen

Gebze Technical University, turkmen@gtu.edu.tr, Kocaeli-Turkey

Uğur Çalığülü

Fırat University, ugurcaligulu@gmail.com, Elazığ-Turkey

DOI	http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.2.2A0181		
ORCID ID	0000-0002-7270-562X	0000-0002-9402-2459	0000-0003-4862-7219
CORRESPONDING AUTHOR	Hülya Durmuş		

FARKLI ALTLIK MALZEMELERİNE UYGULANAN WC KAPLAMALARIN TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZ

Kaplama işlemleri, aşınmaya maruz kalan iş parçalarının korunması ve çalışma ömrünün uzatılması açısından etkili bir çözümdür. Bu çalışmada; DKP çelik, AISI 310 ve AISI 430 paslanmaz çelik altlık malzemeler üzerine WC tozları termal sprey kaplama yöntemlerinden biri olan yüksek hızda oksijen yakıt püskürtme (HVOF) yöntemiyle 100-200 µm aralığında kaplama kalınlığına sahip olacak şekilde kaplamalar üretilmiştir. Kaplamalara; kalınlık ölçümü, sertlik testi, stereo mikroskop incelemeleri ve pin-on disk aşınma testleri uygulanmıştır. Aşınma testi sonucunda oluşan hacimsel kayıplar, pürüzlülük test cihazından elde edilen aşınma iz derinliklerine göre hesaplanmıştır. Sonuç olarak, WC tozu ile kaplanmış AISI 310 paslanmaz çelik altlık malzemesinin aşınma direncinin diğer numunelere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DKP, AISI 430, AISI 310, WC, HVOF Kaplama

INVESTIGATION OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF WC COATINGS APPLIED TO DIFFERENT SUBSTRATE MATERIALS

ABSTRACT

Thermal spray coating is an effective solution for extending of their service life and protecting from wear of work pieces. In this study, WC powders, DKP steel, AISI 310 and AISI 430 stainless steel substrate materials in the coating thickness range of 100-200 µm were coated by HVOF method. Thickness measurement, hardness, stereo microscope investigations and pin-on disc wear tests were applied to WC coatings. The volumetric losses were calculated according to the wear trace depths obtained from the roughness tester. It has been found that; WC powder increases the hardness of AISI 310 the coating and indirectly the abrasion resistance according to other substrate materials.

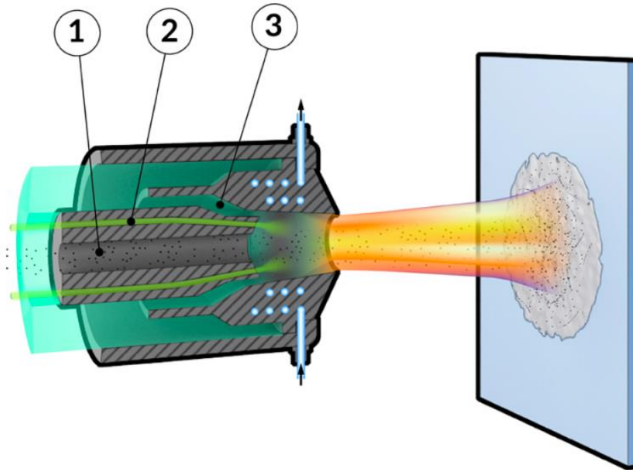
Keywords: DKP, AISI 430, AISI 310, WC, HVOF Coating

How to Cite:

Durmuş, H., Türkmen, M. ve Çalığülü, U., (2020). Farklı Altılık Malzemelerine Uygulanan WC Kaplamaların Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Technological Applied Sciences (NWSATAS), 15(2):23-28, DOI:10.12739/NWSA.2020.15.2.2A0181.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

AISI 430 ferritik paslanmaz çelikler, alaşım elementi ilavesine bağlı olarak bünyelerinde %16-30 Cr içeren, yapıları ergime sıcaklıklarına kadar tamamen ferrit ve karbürlerden oluşan alaşımlardır. Ferritik paslanmaz çeliklerin, östenitik paslanmaz çeliklere göre daha ucuz olmaları en önemli avantajlarıdır. Ayrıca kolaylıkla şekillendirilebilmeleri ve atmosferik korozyona karşı iyi direnç göstermelerinden dolayı, mimaride, iç ve dış dekorasyonda, mutfak teçhizatında, çamaşır ve kurutma kazanlarının yapımında, gıda endüstrisinde, otomotiv endüstrisinde, petro-kimya ve kimya endüstrilerinde geniş bir uygulama alanına sahiptirler [1 ve 2]. AISI 310 gibi östenitik krom nikel içeren paslanmaz çelikler ise, bileşimlerinde %12-25 Cr ve %8-25 Ni içeren paslanmaz çelik ailesinin en yaygın kullanım alanına sahip olan çelikleridir [3]. DKP çelikler; yapılarında Mn, Si, P, O, N gibi, çelik üretim yöntemlerinden gelen elementler bulunduran demir karbon alaşımlarıdır. Bu malzemeler, ucuz ve kolay şekillendirilebilen malzemeler olup, sertleşme yetenekleri azdır [4]. Bundan dolayı aşınmaya karşı dayanım istenen yerlerde bu alaşımlara kaplama işlemleri uygulanmaktadır. Çoğu parçanın çalışma ömrünü arttırmak, aşınmaya dayanıklı hale getirmek, aşınmadan dolayı oluşan maddi kayıpları azaltmak amacıyla korozyon ve aşınma direnci ile yüksek sıcaklık stabilitesinin eşsiz bir kombinasyonuna sahip çeşitli metaller, seramikler ve yüzey malzemeleri araştırılmaktadır [5]. Termal spreycaplamalar, endüstrinin hemen hemen tüm alanlarında kullanılmaktadır. Bu yöntem ile üretilen kaplamalar üretim ve işletme maliyetlerini azaltmakta ve makine parçaları üzerinde belirli özelliklere sahip fonksiyonel yüzeyleri değiştirme, tamir amacıyla uygulanmaktadır [6]. Termal spreycaplama yöntemlerinden yüksek hızda oksijen yakıt püskürtme yöntemi (HVOF) Şekil 1' de şematik olarak gösterildiği gibi azot gazı ile taşınan bir toz (1), gaz karışımı (2) (genellikle gazdaki alevi besleyen oksijen) taşıyan bir ağızlık ile çevrili bir merkez nozul içinden itilir. Bu ikisini saran üçüncü bir ağızlık (3), alevin etrafındaki bir hava zarfından basınçlı hava oluşturur. Tüm karışımların birleştiği ağızlıkta, yanıcı gaz tutuşur, alevler oluşur ve aynı anda tozu kaplanacak yüzeye doğru yüksek bir hızla fırlatılır (Şekil 1) [7]. Bu şekilde aşınmaya karşı dirençli kaplama elde edilmiş olur.



Şekil 1. Yüksek hızda oksijen yakıt püskürtme (HVOF) yöntemi 1-Toz 2-Gaz 3-Nozul [7]

(Figure 1. High Velocity Oxy/Fuel Spraying method 1-powder 2-Gas 3-Nozzle [7])

Aşınma, sürtünmenin olduğu yüzeylerde mekanik etkenlere bağlı olarak meydana gelen malzeme kaybıdır. Birbiriyle temasta bulunan iki cisim arasında meydana gelen bağıl hareket ile cisimlerin yüzeylerinin birbirini etkilemesi ile aşınma meydana gelmektedir. Bu şekilde, yüzeyler bozulur, parçalar arasındaki boşluklar artar ve istenen fonksiyonlar yerine getirilemez duruma gelir [8]. Karbür kaplamalar; aşınma ve korozyon uygulamaları için mükemmel bir seçim olduğunu kanıtlamıştır. Bu kaplamalar metalik bir bağlayıcı faz içine gömülmüş küçük seramik parçacıklarından oluşur. WC-Co ve CrC bazlı kaplamaların kullanımının sonucu, çeşitli endüstriyel uygulamalarda iyi sonuçlar elde edildiği literatürdeki çalışmalardan görülmüştür [9].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada DKP çelik, AISI 310 ve AISI 430 paslanmaz çelik altlık malzemeler üzerine WC tozları HVOF yöntemi kullanılarak 100-200 µm kaplama kalınlığı aralığında kaplamalar üretilmiştir. Aynı kaplama malzemesinin farklı altlıklar üzerine kaplanarak altlık malzemesinin de aşınma davranışlarına olan olumlu etkileri araştırılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL METHODS AND DISCUSSION)

3.1. Numune Hazırlık (Sample Preparation)

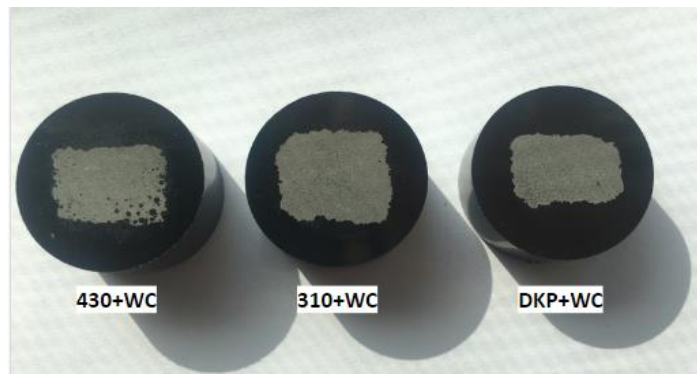
AISI 430, AISI 310 paslanmaz çelikler ve DKP sac malzemelerden, lazer kesim makinesi ile 20x20x5mm³ ebatlarında numuneler kesilmiştir. Daha sonra numunelerin yüzeylerine Şekil 1'de şematik olarak verilen HVOF yöntemi kullanılarak WC tozları ile 100-200 µm kalınlık aralığında kaplama yapılmıştır. Bağlayıcı toz olarak 50 µm boyutunda Ni₂₀Cr tozu kullanılmıştır. Kumlanan numunelerin yüzeylerinin kaplanması için Sulzer Metco Diamond Jet DJF plazma püskürtme sistemi kullanılmıştır. Üstleri WC ile kaplanan altlık malzemelerine ait spektral analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan altlık malzemelerin kimyasal analizleri (% ağı.)
(Table 1. Chemical analysis of the substrate materials)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti
DKP	0.0807	0.30	0.347	0.0108	0.0146	0.0181	0.0196	0.0216	0.0033
AISI 310	0.08	0.75	2	0.045	0.03	25	20.5	-	-
AISI 430	0.055	0.045	0.420	0.031	0.008	17.0	-	-	-

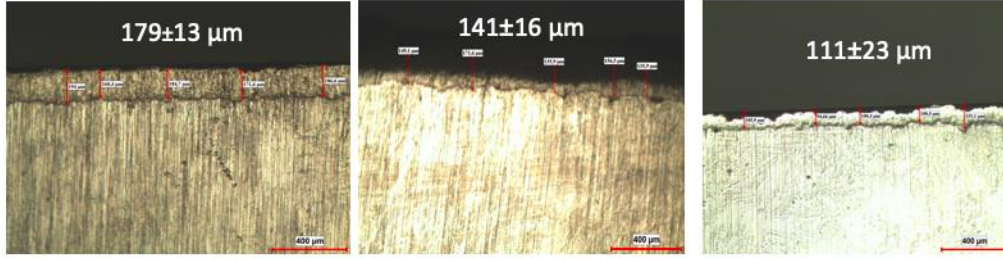
3.2. Metalografik İşlemler (Metallographic Processes)

Aşınma testinden önce numunelere sıcak bakalite alma, zımparalama, parlatma işlemleri uygulanmıştır.



Şekil 2. WC Kaplanmış ve bakalite alınmış numuneler
(Figure 2. WC Coated and molded samples)

Kaplama kalınlıklarının ölçülmesi için numunelerin kesiti alınmış ve parlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Nikon marka stereo mikroskopta Clemex yazılımı ile kalınlık ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3). Her bir numunedeki kaplama kalınlıkları 100-200 μm kalınlık aralığındadır.



Altlık: DKP Kaplama: WC

Altlık: 310 Kaplama: WC

Altlık: 430 Kaplama: WC

Şekil 3. WC kaplamaların kalınlık ölçüm görüntüleri
(Figure 3. Thickness measurement images of WC coatings)

3.3. Sertlik Testi (Hardness Test)

Numunelerin kaplama ve altlık malzemelerinin mikro vickers sertlik ölçümleri, Future Tech marka sertlik test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin kesitten kaplama ve altlık malzeme yüzeylerine 10 saniye boyunca 500g yük uygulanarak kaplama ve altlık malzemelerin sertlikleri ölçülmüştür (Tablo 2).

Tablo 2. Sertlik testi sonuçları
(Table 2. Hardness Test Results)

Altılık Malzemesi	Kaplama Malzemesi	Kaplama Sertliği (HV)	Altılık malzemenin sertliği (HV)
DKP	WC	830±10	114.8±2
AISI 310		845±8	202±2
AISI 430		880±5	105±3

3.4. Aşınma Testi (Abrasion Test)

Kaplamaların tribolojik davranışlarının tespiti için testler, ASTM G99 standardına göre, CSM pin on disk aşınma test cihazında kuru-kayma şartlarında, karşı eleman olarak 6mm çapında alumina bilya kullanılarak, 10N yükte, 6cm/s hızda, 2000m aşınma mesafesinde gerçekleştirilmiştir. Stereo mikroskopta alınan aşınma görüntüleri üzerinden Clemex yazılımı sayesinde aşınma izi ve genişliği ölçülmüştür (Şekil 4). AISI 310 paslanmaz çelik yüzeyindeki WC kaplamada aşınma izi çok belirgin oluşmamıştır.



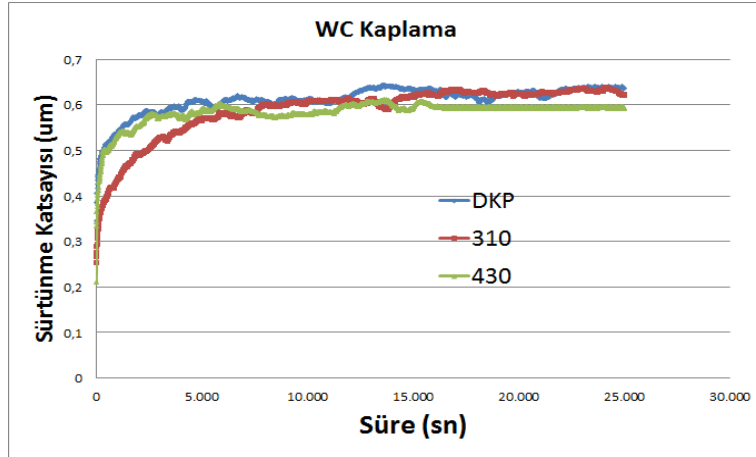
DKP WC kaplama

310 WC kaplama

430 WC kaplama

Şekil 4. Numunelerin aşınma iz görüntüleri
(Figure 4. Wear debris images of samples)

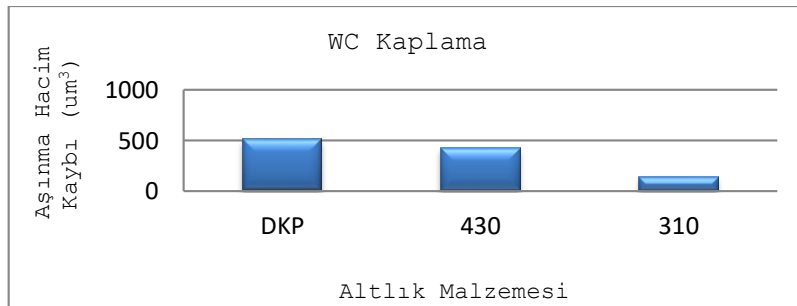
Test süresince elde edilen sürtünme katsayısı değerleri Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Aşınma testi sırasındaki numunelerin Sürtünme Katsayısı-Süre grafiği

(Figure 5. Graphic Of friction coefficient depending time of samples at wear test)

Sürtünme katsayısı ve altlık malzeme sertliklerine bağlı olarak çok ayırt edici bir farklılık oluşmamıştır. Şekil 5 incelendiğinde sürtünme katsayısında az miktarda düşme şeklinde inişli çıkışlı sürekli bir değişim görülmektedir. Stachowiak ve Batchelor [10] sürtünme çiftlerinin yüzeyindeki pürüzlerde birleşme olması ve büyümesi ile bu durumu açıklamaktadırlar. Bu olayda yapışma ve kopma durumu sürekli tekrarlanmakta bundan dolayı da sürtünme katsayısında değişimler görülmektedir. Stereo mikroskop ile DKP ve AISI 430 sac üzerindeki WC kaplamaların aşınma izleri ölçüldükten sonra, tüm numunelerin Mitutoyo profilometre cihazında aşınma iz derinliği ölçülerek hacimsel kayıplar hesaplanmıştır.



Şekil 6. Numunelerin aşınma testi sonrası hacim kayıpları
(Figure 6. Volume loss after wear test of samples)

Yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen hacim kayıpları Şekil 6'da verilmiştir. Numunelerin kaplama sertliklerine bakıldığında aralarında çok fazla farkın olmadığı görülmektedir (Tablo 2). Fakat altlık malzeme sertlikleri incelendiğinde aşınma dayanımı ile aralarında bir ilişki olduğu görülmektedir. En yüksek altlık malzemesi sertliğine sahip AISI 310 malzemesinin yüzeyine uygulanan WC kaplamasının aşınma testi sonucunda en az hacim kaybı hesaplanmıştır. Şekil 4' teki aşınma iz görüntülerinden de en az aşınma izine sahip numune AISI 310 altlık malzemesine sahip WC kaplanmış numunedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

- AISI 430, AISI 310 ve DKP sac malzemeler HVOF kaplama yöntemi ile başarılı bir şekilde WC tozu ile kaplanmıştır.
- Kesit incelemesinde kaplamalarda ve altlık malzeme yüzeyinde herhangi bir çatlak ve kaplamanın numuneden ayrılmasına sebep olabilecek bir unsur gözlemlenmemiştir.
- Gelişen teknolojiler ışığında yöntemin kullanım alanları ile birlikte kaplanmış parçaların kullanım ömürleri önemli ölçüde artacaktır. Termal sprey kaplama yöntemlerinden biri olan HVOF (Yüksek Hızlı Oksi-Yakıt Spreyleme) yöntemi kullanılarak WC tozları ile yapılan kaplama işleminin, DKP çelik, AISI 310 ve AISI 430 paslanmaz çeliklerin aşınma dayanımını artırdığı tespit edilmiştir.
- En yüksek altlık malzemesi sertliğine sahip olan AISI 310 altlık malzemesinin WC kaplamasına uygulanan aşınma testi sonucunda en az hacim kaybı hesaplanmıştır. Altlık malzemesinin sertlik değerlerinin de aşınma testinde önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Savaşkan, T., (2000). Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Karadeniz Tek. Üniv. Mak. Müh. Böl. Malz. Bil. Anabilim Dalı, Trabzon.
- [2] Erdoğan, M., (1998). Malzeme bilimi ve mühendislik malzemeleri. Nobel Yayınevi, Ankara.
- [3] Kahraman, N., Gülenç, B., and Akça, H., (2002). Ark Kaynak Yöntemi İle Birleştirilen Ostenitik Paslanmaz Çelik İle Düşük Karbonlu Çeliğin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(2).
- [4] Bargel, H.J., Schulze, G., Güleç, Ş., and Aran, A., (1995). Malzeme Bilgisi. İTÜ.
- [5] Hong, S., Wu, Y., Wang, B., and Lin, J., (2019). Improvement in Tribological Properties of Cr12MoV Cold Work Die Steel by HVOF Sprayed WC-CoCr Cermet Coatings. Coatings, 9(12):825.
- [6] Brezinová, J., Guzanová, A., Draganovská, D., and Brezina, J., (2019). Characterization of Selected Properties of WC-WB-Co and WC-FeCrAl Coatings Applied by HVOF Technology. Koroze a Ochrana Materialu, 63(4):167-173.
- [7] <https://www.manufacturingguide.com/en/high-velocity-oxygen-fuel-coating-hvof> (Erişim Tarihi:3.3.2020).
- [8] Yılmaz, İ.Ö., (2012). Otomotiv Sac Şekillendirme Kalıplarında Kullanılan Malzemelerin Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [9] Clima, C.R. and Camargo, F., (2003). Evaluation Of HVOF Coating for Wear Applications. J of Thermal Spray 2003: Advancing the Science & Applying The Technology., 763, 767.
- [10] Stachowiak, G. and Batchelor, A.W., (2013). Engineering Tribology. Butterworth-Heinemann.