

Yıl 3 Year
Sayı 17 Issue
Kasım November
Aralık December

www.yuzeyislem-kumlama.com
www.finishing-blasting.com

Yüzey İşlem &
Kumlama Dergisi
Surface Finishing & Blasting News



ASAL METAL

uzun ömürlü ürünler | long life products

Kumlama Danışma Hattı



www.asalmetal.com

%20
Daha Uzun
Ömürlü
Ürünler



Rösler Türbin Kanatları için Çift
Kabin Sulu Kumlama Sistemleri /
Dual Cabin Wet Blast System
For Turbine Blades
Sayfa/Page 4



Kumlama Danışma Hattı Açıldı /
Shot Blasting Information
Line Opened
Sayfa/Page 8



Walther Trowal Santrifüjü Arıtma
ve Geri Dönüşüm Sistemleri /
Walther Trowal Centrifugal Treat-
ment and Recycling Systems
Sayfa/Page 22



Ilese Dünya Çapında Yapışkanlı
Bant Çözümleri /
Ilese Worldwide Self-Adhesive
Tape Solutions
Sayfa/Page 34

Bor Karbür Takviyeli Kompozit Kaplamaların Aşınma Davranışlarının İncelenmesi

The Investigation Of Wearing Behaviour Of Reinforced Boron Carbide Coatings

Özkan Sarıkaya

Sakarya Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksekokulu Makine Programı

ÖZET

Bu çalışmada; Al-%12Si ana malzemesi üzerinde plazma püskürtme yöntemiyle Al-Si+B₄C kaplamalar hazırlanmıştır. Bu amaçla % 0-5-10-15-20-25 oranlarında B₄C içeren Al-Si alaşım tozu, ana malzeme üzerine püskürtülmüştür. Optik mikroskop incelemelerinden partiküllerin kaplama içinde homojen olarak dağıldığı gözlenmiştir. Ayrıca takviye partikül miktarı arttıkça kaplamanın mikrosertlik değerlerinde doğrusal bir artış olmuştur. WC-Co aşındırıcı bilya ile yapılan kuru kayma aşınması deneylerinde, en yüksek aşınma direncine %20 B₄C içeren kaplamada rastlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Plazma kaplama; Aşınma; Bor-karbür,

ABSTRACT

Al-12%Si alloy was coated by the air plasma spray technique. Microstructure study of the B₄C reinforced coatings have been showed before and after wear resistance. The wear behaviour of plasma sprayed Al-Si+B₄C coatings was investigated against WC-Co ball and compared with that of substrate material. The increase of the B₄C particle into the Al-Si coatings were caused on the rising of the microhardness values and plays an important role in the wear resistance. The results showed that the adhesive wear resistance of coatings produced using B₄C powders is greatly improved compared with the substrate material. The highest wear resistance of the coatings were determined on the 20% B₄C coating.

Keywords: Plasma coating; Wearing; Boron-carbide

1. GİRİŞ

Günümüzde, teknolojinin hızla ilerlemesi sonucu, metalik malzemelerin münferit olarak beklenen performanslarını ağırlaşan çalışma şartları karşısında iyileştirmek gerekmektedir ve yeni jenerasyon malzemelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni jenerasyon malzemelerinden birisi de metal matrisli kompozitlerdir. Matris yapıya seramik takviyesi ile daha yüksek ve daha

kararlı malzeme kombinasyonu özelliklerini bir araya getirmek mümkün olmuştur. Alüminyum ve alaşımları bu bağlamda öne çıkmıştır[1-2]. Metal matrisli kompozit malzeme üretiminde kullanılan pek çok yöntemlerden biri de plazma püskürtme yöntemidir. Proses, daha önce hazırlanmış toz karışımının ergime sıcaklığı üzerindeki gaz plazması içerisinde ergitilmesi ve kaplanacak yüzeye çok hızlı bir şekilde püskürtülmesi esasına dayanmaktadır[3-4]. Alüminyum ve alaşımları çelik veya dökme demirlerle mukayese edildiğinde, daha düşük yoğunluk ve mukavemet değerlerine sahiptirler (Çok özel alüminyum alaşımları bu ifadenin dışında tutulmuştur). Alüminyum ve alaşımlarının mukavemet ve yüzey özelliklerini iyileştirmek için çeşitli uygulamalar yapılır. Bu uygulamalardan bazıları şunlardır: Ergimiş metale alaşım elementleri ilavesi ve takiben katılaşma sonrası çeşitli ısıl işlem uygulamaları ile, sıvı metal eriyiğe SiC, Al₂O₃, ZrO₂, SiO₂, B₄C... gibi seramik partikülleri ilave ederek ayrıca bazı yüzey kaplama ve özel dağlama teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir. Al-Si alaşımları; aşınma direncinin gerektiği uygulamalarda ön plana çıkar. Silisyum içeren alaşımlar, saf alüminyum'a göre: Daha düşük ergime sıcaklığı, daha düşük termal genleşme, daha düşük ısıl iletkenlik, daha yüksek sertlik ve mukavemet özellikleri, daha yüksek korozyon direnci ve daha yüksek aşınma direnci gösterirler [5-6]. Bor-Karbür (B₄C) ise; Elmas ve kübik bor nitrür'den sonra gelen en sert ve aşınmaya en dirençli malzemedir. Ayrıca, düşük yoğunluğu, yüksek ergime sıcaklığı ve düşük ısıl iletkenlik gibi malzeme özelliklerinden dolayı kullanımı tercih edilen bir malzemedir[7].

Bu çalışmamın amacı, bir ötektik alaşım olan %12 Si alaşımlı alüminyum ana malzemenin, plazma püskürtme yöntemiyle, Al-Si ve farklı oranlarda bor-karbür (% 0-5-10-15-20-25 B₄C) içeren kompozit toz karışımından hazırlanan malzeme ile kaplanarak; esas malzemeyle uyumlu, daha sert ve aşınmaya daha dirençli bir yüzey oluşturmak ve özellikle piston malzemesi olarak kullanılan bu malzemenin yüzey özelliklerini iyileştirmektir. Bu amaç doğrultusunda; mikrosertlik ölçümleri ve aşınma deneyi yapılmıştır.

2. KAPLAMALARDA AŞINMA DİRENCİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.1 Gözenek ve Mikroçatlaklar

Plazma sprey yöntemiyle elde edilen kaplamalar, belirli oranlarda gözenek ve mikroçatlak içerirler. Kaplamalardaki mevcut gözeneklerin boyutu, şekil ve dağılımı ile çatlak yapısının aşınma dayanımı üzerinde olumsuz etkilere neden olur. Kaplamada gözenek miktarı arttıkça aşınma dayanımı düşmektedir. Mikroçatlaklar ise lokal olarak değil de bir ağ yapısı şeklinde mevcutsalar, kaplamanın aşınma ve tokluğu üzerinde olumlu etkisi olduğu belirtilmektedir[8-9].

2.2 Sertlik

Kaplanmış bir malzemenin aşınma performansını etkileyen en önemli faktörlerden birisi kaplamanın sertliğidir. Yumuşak bir ana malzeme yüzeyine uygulanan sert bir kaplama, makro ve mikro seviyede kazınmayı önleyerek aşınmayı azaltabilir. Sert kaplamalar özellikle abrasiv ortamlarda yararlıdır. Kaplama üzerinde düşük kayma mukavemetli bir mikrofilm oluşturulursa sert kaplamalar ile düşük sürtünme elde etmek mümkün olur[12-13].

2.3 Yapışma Mukavemeti

Uygun sprey parametrelerinin seçimi ile, kaplama içerisinde gözenek, oksit ve inklüzyonların düşük oranda oluşumu sağlanır. Ayrıca uygun kaplama kalınlığının seçiminin (kalın kaplamalar yapışma mukavemetini azaltır.) kaplamaların yapışma mukavemeti üzerinde ve dolayısıyla sertliğinde ve aşınma dayanımında olumlu bir etkisi olduğu görülmüştür[10-14].

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Vickers sertlik ölçme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen mikro sertlik deneyi, kaplama kesiti üzerinde bir Wilson Tukon marka mikro sertlik cihazında tepe açısı 136° tabanı kare olan piramit vickers ucu ve 100 gr yük uygulanarak yapılmış ve ölçüm değerleri 50 mikron arayla ve 6 alandan ölçüm alınmak suretiyle bulunmuştur. Mikrosertliğin ölçülmesinde sertlik izinin sadece; matris, matris-karbür veya takviye partikülü üzerine denk gelmemesine dikkat edilmiştir.

Kayma aşınması deneyleri, CSEM marka aşınma cihazında pin-on-disk (disk üstünde kayan pim) metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu metotta istenilen hızda dönen disk (deney numunesi) üzerine belirli bir yük uygulanmış pim ile aşındırılmaktadır. Aşınma cihazı, aşınma deneyleri yapılırken aynı zamanda sürtünme nedeniyle oluşan ikincil kuvvetlerin ve dolayısıyla sürtünme katsayılarının ölçülmesine imkan sağlayan teknik bir donanıma da sahiptir. Deneylerde pim olarak, 6 mm çapında ve 2000 HV sertliğe sahip bir WC-Co aşındırıcı bilya kullanılmıştır. Disk olarak kullanılan kaplama numunelerinin yüzeyleri metalografik olarak hazırlanmış ve aşınma deneylerine baş-

lamadan önce, aşındırıcı bilyalarla birlikte metil alkol içinde 15 dakika ultrasonik titreşim cihazında temizlenmişlerdir. Deneyler numuneler üzerine, bilya temas yarıçapı 1mm olacak şekilde 250 dev/dak. hızda ve kuru ortamda uygulanmıştır. Her bir numune 10N, 20N ve 40N yükler altında 10000 toplam devir sayılarında aşındırılmıştır.

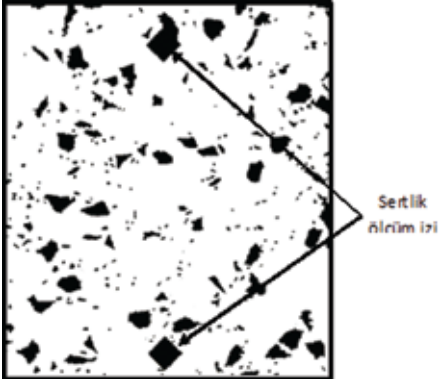
3.1 Sertlik Ölçümleri

Üretilen kaplamaların sertlik ölçümleri, kaplamanın 6 ayrı noktasından ve 50 mikron aralıklarla yapılmış olup, ölçümler 100 gr yük altında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak sapmaların en aza indirilmesi sağlanmıştır. Bu ölçümler ve hesaplamalar bütün kaplamalar için aynı şekilde yapılmıştır. Görüldüğü gibi ölçülen sertlik değerlerindeki dalgalanmalar, sertliği ölçen piramit ucun; sadece matris, matris+karbür veya sadece karbür fazlarına denk gelmemesinden dolayı oluşmuştur. Şekil 1'de ölçülen sertliklere ait birkaç izin görüntüsü mikroyapı fotoğrafında gösterilmektedir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi hazırlana kaplamaların sertlikleri, takviye partikülü miktarı (%B₄C) arttıkça artış göstermektedir. Takviyesiz olarak üretilen (%0 B₄C) kaplamanın sertlik değeri bile, ana malzemenin sertlik değerinden az da olsa büyük çıkmıştır (93 HV). Oysa hava plazma kaplama prosesinin bir özelliği olarak kaplamalarda gözenek oluşumları gerçekleşmiştir. Takviyesiz kaplamada oluşan gözenek miktarının yaklaşık %9.4 olduğundan bahsetmiştik. Yapıdaki gözeneğin, takviyesiz kaplamanın sertlik değerini ana malzemeye göre azaltması beklenirken sertlik değerlerinin ana malzemeye göre yaklaşık aynı oranda olması, püskürtme esnasında ergimmiş alüminyumla havayla teması sonucu oluşan sert ve gevrek bir faz olan Al₂O₃ (alüminyum oksit)'in yapıdaki varlığı ile açıklanabilir. Ana malzemenin sertlik değeri ortalama 89 HV olup, kaplamaların sertlikleri %25 B₄C takviyesinde ortalama 175 HV değerine kadar ulaşmıştır. Bor karbürün sertliğinin yüksek olması, doğal olarak artan partikül miktarı ile beraber sertliğin de yükselmesine neden olmuştur.

Tablo 1 Ana malzeme ve kaplamaların ölçülen sertlik değerleri[15]

Ana Malzeme	Al-Si-B ₄ C Kaplamalar (HV ₁₀₀)					
	%0 B ₄ C	%5 B ₄ C	%10 B ₄ C	%15 B ₄ C	%20 B ₄ C	%25 B ₄ C
102	82	129	139	145	166	194
85	105	108	128	137	168	172
96	91	142	131	178	154	179
88	98	105	156	169	164	185
71	85	113	127	156	188	142
90	96	123	134	161	170	176
6 Değer Ortalaması						
89	93	120	136	158	168	175

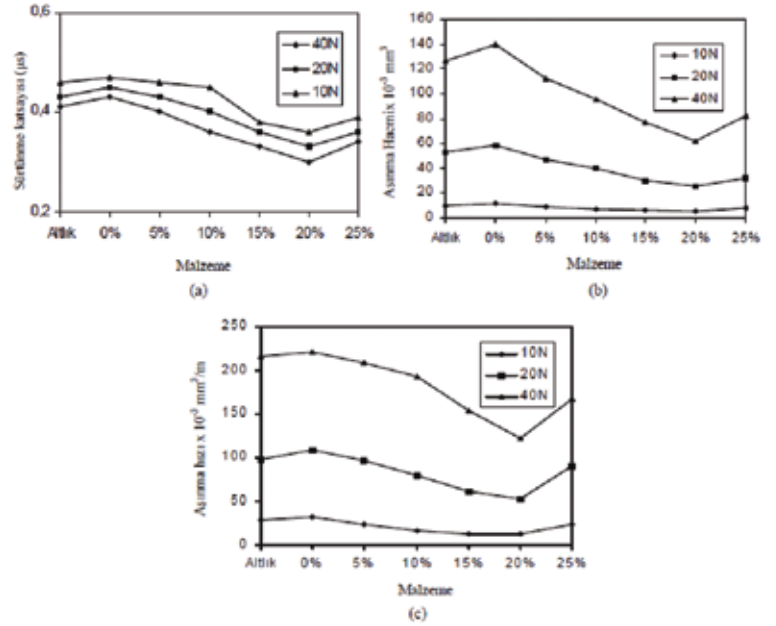


Şekil 1. B4C takviyeli kaplamada ölçülen sertlik izlerinin görüntüsü gösteren mikroyapı fotoğrafı (200X)

3.2. Kayma Aşınması Deneyleri

Kaplama malzemelerinin kayma aşınması deneylerinden elde ettiğimiz sonuçlar, aynı şartlar uygulanmış ana malzemedeki sonuçlarla karşılaştırıldı. Bu sonuçlara göre takviyesiz kaplamanın sürtünme özelliklerinin, ana malzemesinden daha düşük olduğu hesaplanmıştır. Partikül takviyesi miktarı arttıkça, %20 B4C'ye kadar ki kaplamalarda sürtünme özelliklerinde artan yük ile ana malzemeye kıyasla iyileşme olmuştur.

En yüksek aşınma direncini gösteren %20 B4C içeren kaplamanın sürtünme katsayısında ana malzemeye göre %30 oranında azalma tespit edilmiştir. Bunun yanında %20'den daha fazla partikül takviyesinin de, sürtünme katsayısını yükselttiği görülmüştür (Şekil 2a). Bunun yanında Şekil 2b ve Şekil 2c, her bir malzeme için aşınma hacmi ve aşınma hızı değerlerinin (kayma hızı ve kayma mesafesi sabit tutularak) yükteki değişime bağlı olarak değişimini karşılaştırmalı olarak grafik şeklinde göstermektedir. Grafiklere bakıldığında her bir malzeme için yükteki artışın aşınma hacmi ve aşınma hızı değerlerini yükselttiği görülmektedir. Ana malzemeyle karşılaştırıldığında en iyi aşınma direncine %20 B4C içeren kaplamada ulaşılmıştır. B4C'nin yapısındaki grafit sürtünme esasında katı yağlayıcı vazifesi görerek aşınma direncini artırıcı bir rol oynar. %20 B4C takviyeli kaplamalara kadar aşınma direncindeki artışı da B4C'nin bu özelliğine bağlayabiliriz. %25 B4C içeren kaplamada ise aşınma direncinde azalan yönde eğilim göstermiştir. Bu durum farklı ısı özelliklerine sahip iki tozun mevcut yapı içinde farklı soğuma hızlarında katılaşmaları sonucu oluşan iç gerilmelerde, takviye partikülün miktarındaki artışla yükselme olduğundan kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. 10N-20N ve 40N yükler altında altlık malzemesi ve kaplama malzemelerine ait

- Sürtünme katsayısı
- Aşınma hacmi ve
- Aşınma hızı sonuçları [15]

4. SONUÇLAR

Kaplama malzemelerinin sertlik değerlerinin, takviye partikülü miktarı arttıkça lineer bir artış göstererek yükseldiği hesaplanmıştır. Bu durum, kaplamaların yapısında homojen bir dağılım gösteren B4C partiküllerinin sertlik değerinin matris metalinkinden çok daha yüksek bir değerde olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yapıdaki sert ve gevrek Al2O3 fazının da tüm kaplama sisteminde sertliği artırıcı bir rol oynadığı görülmüştür. Bu durum, gözenekli takviyesiz kaplamanın sertlik değerinin ana malzemenin sertlik değerine denk olması ile anlaşılmaktadır. Aşınma direncinin en iyi seviyede tespit edildiği %20 B4C takviyeli kaplama sisteminin sertlik değerinde ana malzemeye oranla %90'lık bir artış görülmüştür.

Kaplama malzemelerinin sürtünme sonrası aşınma dirençleri incelendiğinde, %20 B4C partikül takviyesine kadar aşınma özelliklerinin olumlu yönde etkilendiği hesaplanmıştır ve bu miktarda (%20 B4C) ana malzemeye göre en yüksek sürtünme direnci değerlerine ulaşılmıştır. Fakat bu miktardan sonra aşınma direnci azalan yönde eğilim göstermeye başlamıştır. Kaplama içindeki takviye partikülü miktarındaki artışın bir değerden sonra kaplamadaki mevcut iç gerilmeleri daha da arttırdığından, aşınma direncinin de azalmasına sebebiyet verdiği şeklinde açıklanabilir. %20 B4C takviyeli kaplama malzemesi ile ana malzemenin sürtünme katsayısı değerleri karşılaştırıldığında,

kaplama malzemesinin sürtünme katsayısı değerinde ana malzemeye oranla yaklaşık %30'luk bir iyileşme olmuştur. Takviye partiküllerinin yüzeyin aşınma direncini iyileştirmesi, B4C'nin yapısındaki grafitin sürtünme esnasında katı yağlayıcı vazifesi görmesinden kaynaklanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] HUTCHINGS, I. M., "Tribology: Friction and Wear Engineering Materials", Edward Arnold, London, 1992.
- [2] RAMESH, C. S., SESHADRI, S. K., IYER, K. J. L., "A Survey of Aspects of Wear of Metals", Indian Journal of technology, Vol. 29(4), pp. 179-185, 1991.
- [3] VILLAT, M., "Functionally Effective Coatings Using Plasma Spraying", Sulzer Technical Review, 3, pp. 41-45, 1986.
- [4] SUCHENTRUNK, R., STAUDIGL, G., JONKE, D., FUESSER, H. J., "Industrial Application for Plasma Processes-Examples and Trends", Surface and Coating Technology, Vol. 97, pp 1-9, 1997.
- [5] ELLIOT, R., "Eutectic Solidification" Materials Science And Engineering, Vol 65, Pp. 84-92, 1984.
- [6] VIALA, J.C., BOUNIX, J., GONZALES, G., ESNOUF, C., "Chemical Reactivity Of Aluminum With Boron Carbide", Journal Of Material Science", Vol. 32, Pp. 4559-4573, 1997.
- [7] MATEJKA, D., BENKO, B., "Plasma Spraying of Metallic and Ceramic Materials", John Willey & Sons, Czechoslovakia, ISBN 047-

1911187668,1989.

- [8] KAYA, A. A., SAMUR, R., SALMAN, S., "Seramik Kaplamalarda Servis Öncesi Mikroçatlaklar", 6. Denizli Malzeme Sempozyumu, Denizli, 143-154, 4/1995.
- [9] CHUAXIAN, D., BINTANG, H., HUILING, L., "Plasma-Sprayed Wear Resistant Ceramic and Cermet Coatings", Thin Solid Films, Vol. 118, pp. 485-493, 1984.
- [10] LIN, C.K., BERNDT, C.C., "Measurement and Analysis of Adhesion Strength for Thermally Sprayed Coatings", Journal of Thermal Spray Technology, Vol. 3(1), pp. 75-104, 1994.
- [11] BLOMBERG, A., ERICSON, L., LU, J., HOGMARK, S., OLSSON, M., "Improved Wear Resistance of Ceramics Through the Use of Coatings", Surface & Coating Technology, Vol. 57, pp. 51-59, 1992.
- [12] HOLMBERG, K., "A Concept for Friction Mechanisms of Coated Surfaces", Surface & Coating Technology, Vol. 56, pp.1-10, 1992.
- [13] ÜSTEL, F., ÇELİK, E., SOYKAN, S., AVCI, E., "Seramik Kaplamaların Yapıma Mukavemetinin İncelenmesi", VIII. Ulusal Metalurji ve Malzeme Kongresi, İstanbul, 366-372, 6/1995.
- [14] SARIKAYA, Ö., "Al-12Si Malzeme Üzerine Plazma Püskürtme Tekniği İle B4C+Al-Si Kaplama", Doktora Tezi, SAÜ Müh. Fak. Makina Müh. Böl., 2003.
- [15] ERDEMİR, A., BINDAL, C., ZUIKER, C., SAVRUN, E., "Tribology Of Natural Occurring Boric Acid Films On Boron Carbide", Surface And Coating Technology, Vol. 86-87, Pp. 507-510, 1996.



"We'd like to provide you any material exactly what you need,
just in time, with quite reasonable prices"

Your
Purchasing
Office
in Turkey



A. İkitelli Deposite AVM A1 Blok K.3 No.305 34306 Başakşehir İstanbul Turkey
T. +90 212 671 08 66 (3 Lines) / F. +90 212 671 08 68 M. info@gsmcommerce.net
www.gsmcommerce.net