

Atf İçin: Cüreoğlu, A., Şap, E. ve Uzun, M. (2023). PVD Yöntemi Kullanılarak Kaplanan PEEK Numunelerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 1189-1198.

To Cite: Cüreoğlu, A., Şap, E. & Uzun, M. (2023). Mechanical Analysis of PEEK Samples Coated Using PVD Method Examining the Features. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2), 1189-1198.

PVD Yöntemi Kullanılarak Kaplanan PEEK Numunelerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Arif CÜREOĞLU^{1*}, Emine ŞAP², Mahir UZUN¹

Öne Çıkanlar:

- PEEK
- PVD
- Seramik kaplama

Anahtar Kelimeler:

- PEEK
- Fiziksel Buhar biriktirme
- Seramik kaplama
- Mekanik özellikler

ÖZET:

Polimer malzemeler endüstride özellikle farklı makine elemanları olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Kullanıldıkları ortamlarda, metal malzemelere kıyasla aşınma dayanımları özellikle kimyasal ortamlar da söz konusu olduğunda oldukça düşüktür. Dolayısı ile polimer malzemeler, bu ortamlara daha dayanıklı elementler ile kaplanabilirlerse dayanımları çok daha yüksek olacaktır. Bu çalışmada, dayanımı artırabilmek amacıyla literatürde rastlanılmayan PEEK (polieter eter keton)'un PVD yöntemlerinden biri olan manyetik alan sıçratma yöntemi ile kaplaması gerçekleştirilmiştir. Altlık malzeme olarak 30x30 mm² boyutlarında kare kesitli, 3 mm kalınlığında 3 adet saf PEEK numuneler kullanılmıştır. Numunelerin yüzeyi, kalın taneliden ince taneliye doğru sırası ile 400, 600 ve 1200 numara kum zımparası ile yüzey pürüzlülük değeri ortalama Ra=0.248 olana kadar parlatılmıştır. Daha sonra PEEK numuneler PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) kaplama yöntemlerinden olan manyetik alanda sıçratma yöntemi kullanılarak biri VN diğeri ise CrY(V)N ile kaplanmıştır. Kaplama işleminden sonra numunelere sertlik ve aşınma testi uygulanmıştır. Sonuç olarak, saf haldeki PEEK numuneye göre VN kaplanmış PEEK numunenin sertlik değerinin %34 arttığı, CrY(V)N kaplanmış PEEK numunede ise sertlik değerinin yaklaşık %40 arttığı görülmüştür. Aşınma deneyi ile ilgili olarak yükteki artış sonucunda, numunelerde aşınma kayıpları da artmıştır. En yüksek kütle kaybının CrY(V)N ve VN kaplı numunede olduğu görülmüştür.

Mechanical Analysis of PEEK Samples Coated Using PVD Method Examining the Features

Highlights:

- PEEK
- PVD
- Ceramic Coating

Keywords:

- PEEK
- Physical Vapor Deposition Method
- Ceramic Coating
- Mechanical Properties

ABSTRACT:

Polymer materials are widely used in industry, especially as different machine elements. In the environments in which they are used, their abrasion resistance is very low compared to metal materials, especially when it comes to chemical environments. Therefore, if polymer materials can be coated with elements that are more resistant to these environments, their strength will be much higher. In this study, coating of PEEK (polyether ether ketone), which is not encountered in the literature, with magnetic field sputtering method, which is one of the PVD methods, was carried out in order to increase the strength. Three pure PEEK samples with a square section of 30x30 mm² and a thickness of 3 mm were used as the base material. The surface of the samples was polished with 400, 600 and 1200 grit sandpapers, from coarse to fine grain, respectively, until the surface roughness value was Ra = 0.248. Then, PEEK samples were coated with one VN and the other with CrY(V)N using the magnetic field sputtering method, which is one of the PVD (Physical Vapor Deposition) coating methods. After the coating process, hardness and abrasion tests were applied to the samples. As a result, it was observed that the hardness value of the VN-coated PEEK sample increased by 34% compared to the pure PEEK sample, while the hardness value of the CrY(V)N-coated PEEK sample increased by approximately 40%. As a result of the increase in the load related to the wear test, the wear losses in the samples also increased. The highest mass loss was observed in the CrY(V)N and VN coated samples.

¹ Arif CÜREOĞLU ([Orcid ID: 0000-0002-7256-8792](https://orcid.org/0000-0002-7256-8792)), Mahir UZUN ([Orcid ID: 0000-0002-0907-6875](https://orcid.org/0000-0002-0907-6875)), İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

² Emine ŞAP ([Orcid ID: 0000-0002-7739-0655](https://orcid.org/0000-0002-7739-0655)), Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Bingöl, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Arif CÜREOĞLU, e-mail: a.cureoglu@hotmail.com

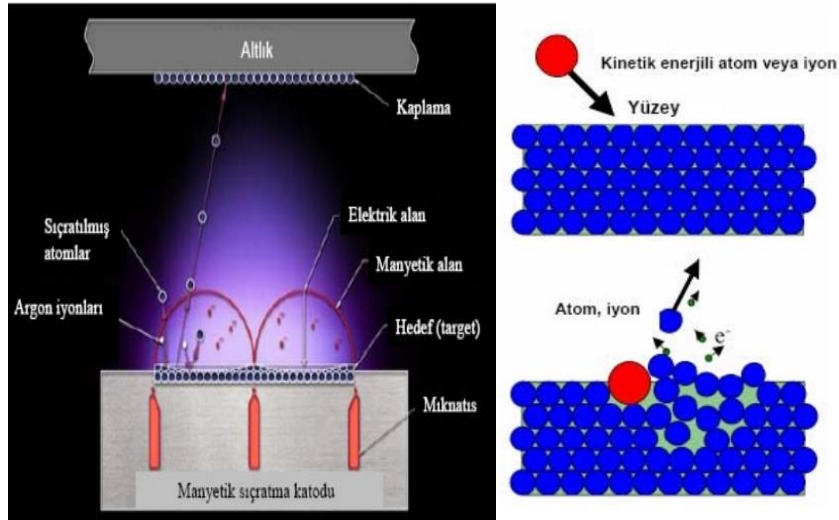
GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızlı bir şekilde ilerlemesi sebebiyle özellikle mühendislikte kullanılan malzemelerin, ağır çalışma şartlarından en az şekilde etkilenecek dayanıklılıkta olması istenir. Bu çalışma şartlarındaki olumsuzlukların etkisini azaltmak ve altlık malzemenin sahip olmadığı yeni özellikler kazandırmak için altlık malzemenin yüzeyine ince kaplama işlemleri uygulanmaktadır.

Malzeme yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan birçok yüzey kaplama yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada PEEK numunelerin çalışma koşullarındaki olumsuzlukların etkisini en aza indirmek amacıyla PVD yöntemlerinden biri olan manyetik alan sıçratma yöntemi kullanılmıştır.

PEEK malzeme, çok yüksek sıcaklık aralıklarında üstün mekanik özellikler gösteren yüksek performanslı bir plastiktir. Yüksek mekanik ve yorulma mukavemeti, 260 °C dereceye kadar yüksek kararlılık, düşük yanıcılık gibi özelliklere sahiptir. PEEK malzemeler motor parçaları, kablo üretimi, yatak ve dişliler gibi kullanım alanlarına sahiptir.

Manyetik alanda sıçratma yönteminde, kaplama için kullanılacak hedef malzeme yüzeyinin iyon tabancası ile hızlandırılmış genellikle kullanılan argon gazı iyonlarına maruz bırakılarak yüzeyden atomlar sıçratılır. Manyetik alanda sıçratma yöntemi hedef malzeme yüzeyinden kopan atomlar gaz fazına dönüşerek altlık malzeme yüzeyinde biriktirme esasına dayanan fiziksel buhar biriktirme yöntemidir. Manyetik alanda sıçratma yönteminde kaplama malzemesinin önünde mıknatıslar ve elektrik enerjisi kullanılarak plazma oluşturulur (Şekil1). Mıknatısların etkisiyle oluşan manyetik alan, hedef malzeme yüzeyine yakın bölgede elektronların toplanmasını sağlayarak sıçratma hızında artışa sebep olmaktadır (Oktay, 2007).



Şekil 1. Sıçratma yönteminin şematik gösterilişi (Oktay, 2007)

Rozario ve ark., (2019), yaptıkları çalışmada PVD kaplama yöntemi ile çok katlı CrN-TiN kaplı ve elektroliz kaplama yöntemi ile Cr kaplı segmanların aşınma dayanımlarını incelemiştir. Testler yağ sıcaklığının 200 °C olduğu ortamında gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak PVD kaplamanın elektroliz kaplamadan daha iyi aşınma direncine sahip olduğu, CrN ve TiN bazlı bir kaplamanın, piston segmanının motor ayarlarında daha iyi performans göstermesini sağladığı sonucuna varılmıştır.

Baptista ve ark., (2021), polimer altlıklar üzerinde PVD yöntemi ile yapılan Cr kaplamaların aşınma direnci incelendiği bu çalışmada alümina aşındırıcı kullanılmış ve kaplamalarda gözlenen aşınma mekanizmaları incelenmiştir. Aşınma ve çizilme testleri, en kararlı filmin 10 katmanlı olana sahip olduğunu, alt tabakaya daha fazla yapışma ve gerçekleştirilen testlerde daha az kohezyon hatası olduğunu göstermiştir. Alt tabakanın ve kaplamanın doğası göz önüne alındığında, elde edilen sonuçlar çok umut vericidir. Cr ince kaplamaların motorlu taşıtlardaki arkadan aydınlatmalı bileşenlere

uygulandığında imalat, montaj ve onarım işlemleri sırasında her türlü dikkatsiz işlemin üstesinden gelebileceğini göstermektedir.

Paulitscha ve ark., (2008), gerçekleştirdikleri çalışmada hedef malzemesi olarak kullanılan CrN ve TiN mükemmel sertlik değeri ve iyi aşınma direnci gibi yüksek mekanik özelliklere sahip olması nedeni ile birçok sanayi dalında kullanıldığı belirtilmiştir. Bu hedef malzemeler kullanılarak üretilen kaplamaların mekanik özelliklerini iyileştirebilmek için (high power impulse magnetron sputtering) HiPIMS yöntemin de iyileştirme yapılabileceği üzerine çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar, hedef malzemesi olarak kullanılan CrN ve TiN kaplamalarda HiPIMS yöntemi ile üretilen kaplamaların mekanik özelliklerinde gelişme meydana geldiği saptanmıştır.

Zhang ve ark., (2020), ABS için yüzey kaplama yöntemi olarak HiPIMS kullanılarak CrN kaplama ve DCMS yöntemiyle karşılaştırmalı olarak araştırmışlardır. Bu iki çeşit magnetron püskürtme deşarjının elektriksel ve spektroskopik özellikleri ve kaplanan numunelerin korozyon direnci, mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar olarak, HiPIMS kaplamanın, DCMS CrN kaplamanın gevşek amorf/nanokristal kompozit yapısından ziyade yoğun bir nanokristal CrN (200) faz yapısına sahip olduğunu ortaya konulmuştur. HiPIMS CrN kaplama üstün korozyon direnci ve mekanik özellikler göstermiştir. Son olarak, polimerler üzerindeki galvanik Cr kaplamanın yerini almak amacıyla koruyucu kaplama olarak HiPIMS tarafından yeni bir CrN kaplama geliştirilmiştir.

Evrensel, (2021), dökme demirden üretilen piston segmanlar bu çalışmada altlık malzeme olarak kullanmıştır. PVD yöntemi kullanılarak segmanlar TiAlCN, AlCrN, tek ve çok katlı TiAlN ile kaplanmıştır. Numunelere uygulanan sertlik test sonuçlarına göre Çok katlı TiAlN kaplamada artan katman sayısına bağlı olarak sertliğin arttığı, aşınma kayıplarının ve sürtünme katsayısının azaldığı gözlenmiştir.

Savaş, (2010), TiAl hedef malzeme ile sertleştirilmiş ve nitrürlenmiş AISI H13 altlık malzeme kullanmıştır. Değişken azot basınçları, taban malzemesine uygulanan 0, -100, -200 V bias voltajları ve hedef malzeme ile altık malzeme arasındaki mesafeler ise 6, 11, 16, 21 cm olacak şekilde üretilen kaplamaların mekanik özellikleri değerlendirilmiş ve en uygun sonucu veren kaplama parametreleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yüksek voltaj ve düşük azot basıncı uygulandığında mekanik özelliklerinin yükseldiği tespit edilmiştir.

Bülbül, (2006), bu çalışmada CFUBMS (kapalı alan manyetik alanda sıçratma) ince film yüzeyi oluşturma işlemi ile AISI D2, M2 ve 52100 çelik altlık malzemeler üzerine TiB2 filmler ve AISI M2 altlık malzeme üzerine ise Me-DLC ince yüzey film kaplamalar yapılmış ve bu kaplamaların mekanik özelliklerini değerlendirmiştir. Uygulanan kapla işlemleri ile TiB2 ve Me-DLC filmlerde mekanik ve adezyon özelliklerinin iyileştiği sonucuna varılmıştır.

Lin ve ark., (2016), piston segmanlarının sürtünme kayıplarını ve aşınmasını en aza indirmek için AISI 304 paslanmaz çelik piston segmanlarının yüzeylerini TiSiN' e C ekleyerek geliştirdikleri TiSiCN kuaterner (dört bileşenli) kaplamalar üzerine çalışmıştır. Kaplamaların aşınma dayanımları 120 saatlik motor testleri ile incelenmiş ve kaplanmamış numune ile karşılaştırıldığında, kaplanmış tepe ve kompresyon segmanları için sırasıyla % 29 ve % 40 daha düşük ağırlık kaybı gösterdikleri tespit edilmiştir.

Baragetti, (2007), yaptığı çalışmada hedef malzeme olarak CrN kullanılan bu çalışmada, PVD yöntemi ile üretilen dişli çarkın yorulma direncinin iyileştirilmesi amaçlamıştır. Çalışmalar sonucunda, araçların güç aktarma sistemlerinde CrN hedef malzemesi kullanılarak kaplanan düz dişli çarkların yorulma ömrü numerik bir modelleme ile tahmin edilebilmektedir. Ayrıca PVD kaplamanın yarı arabalarında kullanılan düz dişli çarkların yorulma dirençlerine olan etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, hedef malzeme olarak TiN kullanılarak PVD yöntemi ile 5µm kalınlığında film tabakası oluşturulduğunda düz dişli çarkın diş dibi yorulma direncini olumsuz etkilediği görülmüştür

Janoss, (2003), altlık malzemeye uygulanan kaplama yöntemi ve hedef malzemenin, yüzeyin mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi incelenerek karşılaştırmıştır. En iyi sertlik değeri PVD kaplama yöntemi kullanıldığı ve hedef malzeme olarak ise TiAlN kullanıldığında elde edilmiştir. 4500 HV sertlik değeri TiAlN kullanıldığında elde edilirken en yüksek korozyon direnci ise hedef malzeme

olarak CrN kullanıldığında görülmüştür. Sürtünme katsayısında ise en düşük değerin hedef malzemesi olarak TiAlN kullanıldığı kaplamada görülmüştür.

Özgür, (2008), altlık malzemesi olarak kullanılan M41 yüksek hız çeliğine PVD kaplama yöntemi ile TiN, AlTiN, TiCN, TiAlN ve CrN hedef malzemeleri kullanılarak kaplamıştır. Daha sonra pin-on ring test cihazında aşınma değerleri incelenmiştir. Hedef malzemesi olarak TiAlN ve AlTiN kullanıldığı kaplamalarda en iyi aşınma değerleri görülmüştür. Diğer numunelerde ise birbirlerine yakın aşınma değerleri görülmüştür. Yüzey filmi oluşturulan numunelerin sertlik değerinin artışına paralel olarak aşınma miktarında azalma görülmüştür

Arslan ve ark., (2009), malzemelerin yüksek çalışma sıcaklıklarında daha iyi aşınma direncine ulaşabilmek için bu çalışmada alüminyum altlık malzemeye Al₂O₃ hedef malzeme kullanılarak seramik kaplama yapmıştır. Daha sonra pin-on disk cihazı kullanılarak aşınma deneyi uygulanmıştır. Söz konusu kaplama mikro ark oksidasyon yöntemi uygulanarak elde edilmiştir. Aşınma değeri azaldıkça, aşınma test sıcaklığı artmıştır. Aşınma değerinin 200 °C’de en düşük olduğu görülmüştür.

Özkara ve ark., (2009), mikro ark oksidasyon kaplama yöntemi kullanılarak altlık malzeme olarak Al2024 alaşımı üzerine sabit voltaj, değişken kaplama süresi parametrelerinde uygulanan bu kaplama işleminde uygulama esnasındaki voltaj süresinin, mekanik özelliklere olan etkisi araştırmıştır. Çalışma sonucunda, kaplama yüzeyinde oksit tabakası oluştuğu görülmüştür. Oluşan bu tabakanın kalınlığı, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma direncinin ise voltaj uygulama süresine göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

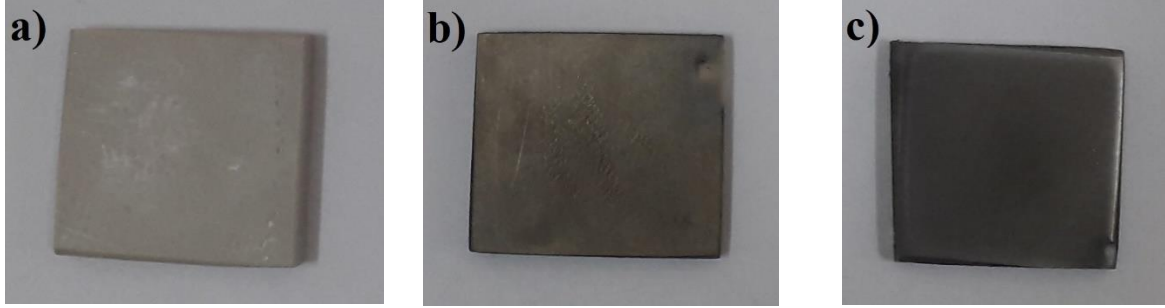
Miao ve ark., (2007), bu çalışmada magnezyum alaşımli AZ91 altlık malzemeye CrN ve TiN hedef malzemeler kullanılarak çoklu kaplamanın aşınma özelliklerini iyileştirmeyi amaçlamıştır. Yüzey film tabakasının toplam kalınlığı yaklaşık olarak 2 µm ile 12 µm kalınlığı aralığında uygulanmıştır. Kaplamalar arasındaki ve alt parçanın yapışma direnci için çizik testi uygulanmıştır. Daha sonra AZ91 numunesine korozyon testi uygulanmıştır. Sonuç olarak, altlık olarak kullanılan magnezyum alaşımli AZ91 malzemenin üzerine yapılan CrN ve TiN hedef malzemeleri ile uygulanan kaplamanın korozyon ve aşınma direncine pozitif katkı sağladığı görülmüştür.

Reichelt ve ark., (1990), ise altlık malzeme yüzeylerinin CVD ve PVD kaplama yöntemleri uygulanarak kaplanmasıyla yüzey özelliklerinin iyileştirildiğini tespit etmiştir. Kaplanan malzemenin sertlik, aşınma direnci, korozyon direnci gibi özelliklerinde önemli derecede artış olduğu görülmüştür.

Literatür taraması, PEEK malzemelerin PVD yöntemi ile kaplanması ve aşınma davranışlarıyla ilgili bilgi olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada, uygulamada kullanılan PEEK malzemelerin çalışma ortamlarının olumsuzluklarından en az şekilde etkilenmesi amacıyla PVD kaplama yöntemi ile kaplanarak yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi ve mekanik özelliklerin incelenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Mükemmel yüzey aşınma ve kayma özelliği, çok iyi boyutsal kararlılık, yüksek kimyasal ve radyasyon direnci, yüksek saflık, düşük gaz salınımı gibi pozitif özellikleri ile endüstride yaygın kullanım alanı bulan PEEK malzemenin mekanik özelliklerini daha da arttırmak amacı ile metal malzemelere başarı ile uygulanan PVD yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla 30x30 mm² boyutlarında kare kesitli, 3 mm kalınlığında 3 adet saf PEEK numune temin edilmiştir. Kaplama öncesi numunelerin yüzeyi, kalın taneliden ince taneliye doğru sırası ile 400, 600 ve 1200 numara kum zımparası ile yüzey pürüzlülük değeri ortalama Ra=0,248 olana kadar parlatılmıştır. Daha sonra PEEK numunelerin yüzeyleri 1 µm kalınlığında PVD kaplama yöntemlerinden olan manyetik alanda sıçratma yöntemi kullanılarak biri VN diğeri ise CrY(V)N ile kaplanmıştır (Şekil 2). Kaplama işleminden sonra numunelere sertlik ve aşınma testi uygulanmıştır. Kaplama işleminin ardından, saf haldeki PEEK, VN kaplanmış PEEK ve CrY(V)N kaplanmış numunelerin sertlikleri HV 0,5 (4,903N) yük ile 10 sn boyunca Shimadzu HMV-G marka mikro- sertlik test cihazı kullanılarak vickers yöntemiyle ölçülmüştür.

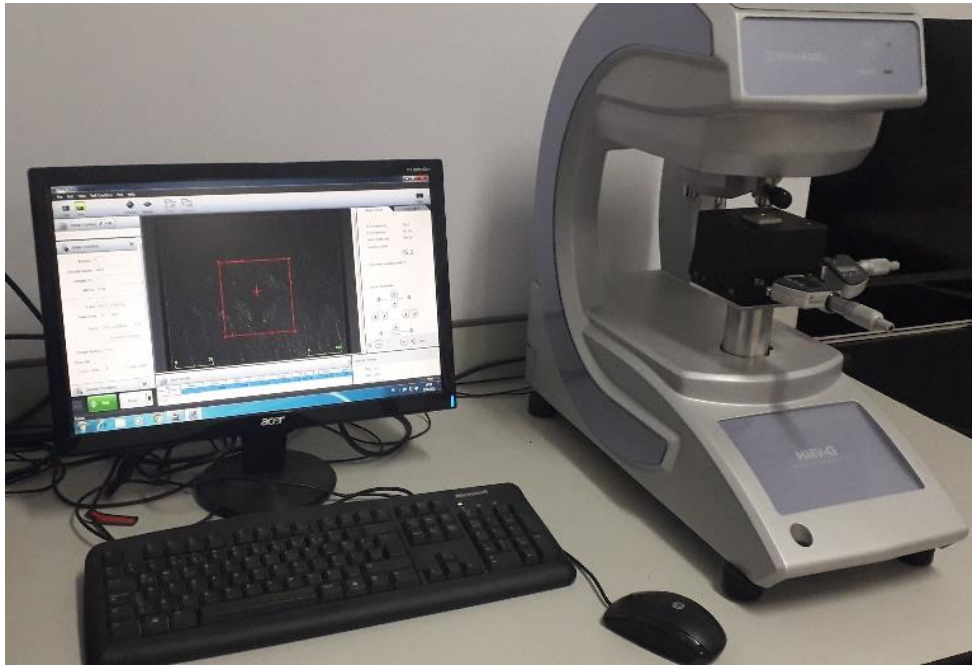


Şekil 2.a) Saf haldeki PEEK

b) VN kaplanmış PEEK

c) CrY(V)N kaplanmış PEEK

Sertlik test düzeneği Şekil 3’te gösterilmiştir. Ölçümler dört farklı noktadan yapılarak ortalama değerler alınmıştır. Sertlik testi sonrası çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. Sertlik test düzeneği

Sertlik deneyi tamamlandıktan sonra aşınma deneyine geçilmiştir. Aşınma deneyi için mevcut saf haldeki PEEK, VN kaplanmış PEEK, CrY(V)N kaplanmış PEEK numunelerin her birinden üçer adet 12 mm çapında 3 mm kalınlığında toplam dokuz adet daire şeklinde deney numunesi üretilmiştir (Şekil 4). Elde edilen her numune için aşağıda belirtilen parametrelerle aşınma deneyi uygulanmıştır.



Şekil 4.a) Kaplamasız PEEK

b) VN kaplanmış PEEK

c) CrY(V)N kaplanmış PEEK

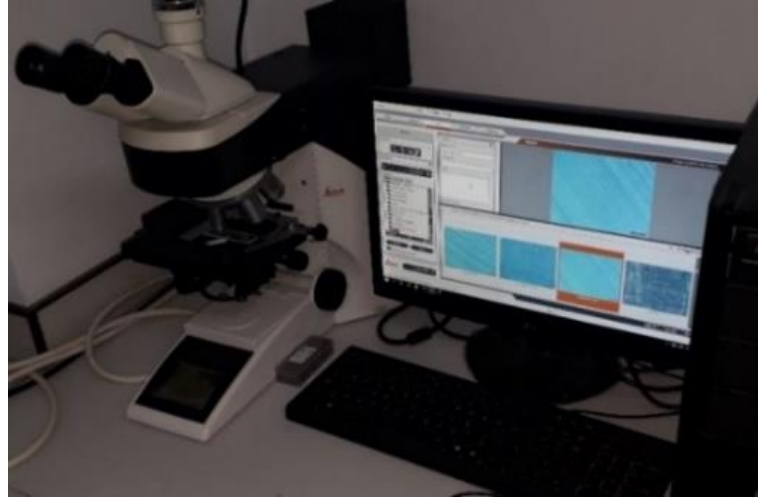
Deneye tabi tutulan numuneler TURKYUS marka pin-on disk aşınma test cihazı kullanılarak test edilmiştir. Deneyler kuru ortamda, oda sıcaklığında ve literatürde yapılan çalışmalar doğrultusunda

tespit edilen 5N, 10N, 15N, 20N, 25N yükler altında, sabit 900 m yol, 80 mm iz çapı ve 450 rpm parametreleri ile test edilmiştir (Uzun vd., 2018, 2021). Aşınma yüzeyi olarak 400, 600 ve 800 numaralı zımparaların aşındırma özellikleri dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda, 600 numaralı kum zımparasının karşı yüzey olarak kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 5). Her bir çevrim sonucunda kütle kaybı Necklife FA2004 marka hassas terazi ile tartılıp ortalama değerler alınmıştır ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

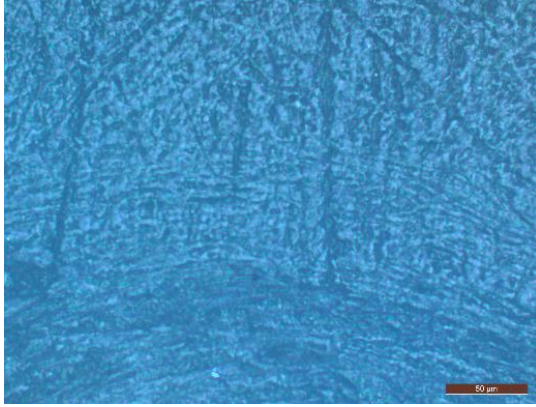


Şekil 5. Aşınma test düzeneği

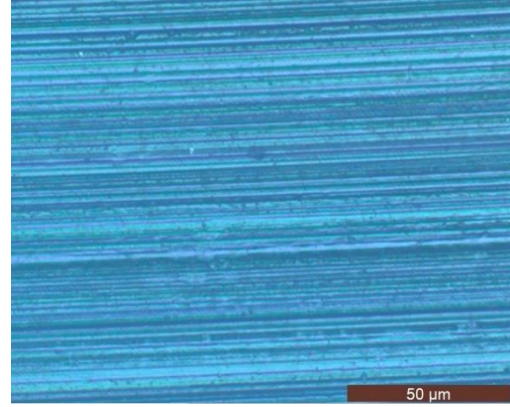
Aşınma deneyi uygulanacak olan numunelerinin aşınma yüzeyleri, aşınma deneyi öncesinde ve uygulama yüklerinin tamamlanması sonrasında LEİCA marka optik mikroskop yardımı ile görüntülenmiştir (Şekil 6).



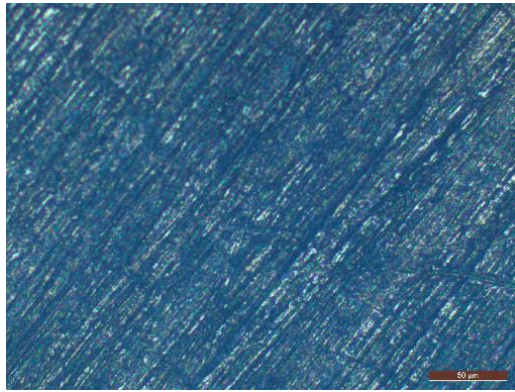
Şekil 6. Optik mikroskop düzeneği



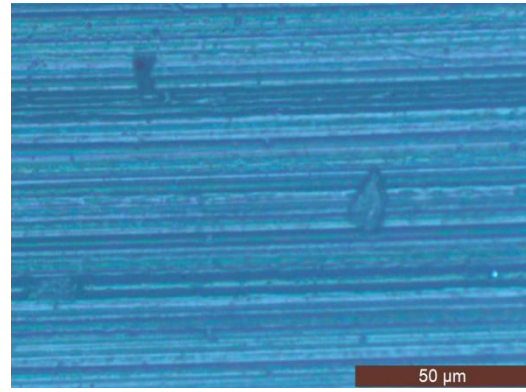
Kaplamasız PEEK aşınma testi öncesi



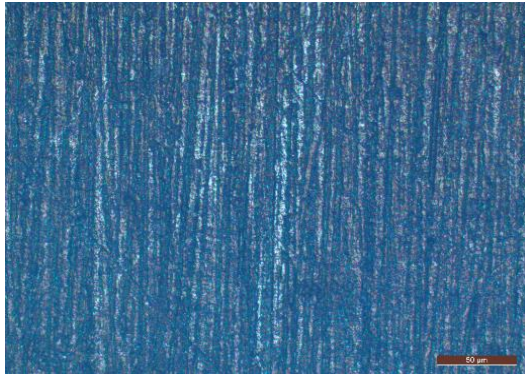
Kaplamasız PEEK aşınma testi sonrası



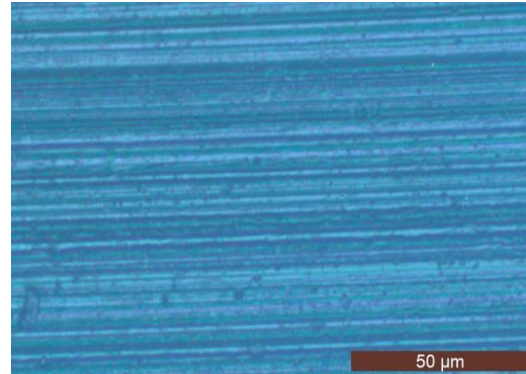
VN Kaplanmış PEEK aşınma testi öncesi



VN Kaplanmış PEEK aşınma testi sonrası



Cry(V)N Kaplanmış PEEK aşınma testi öncesi

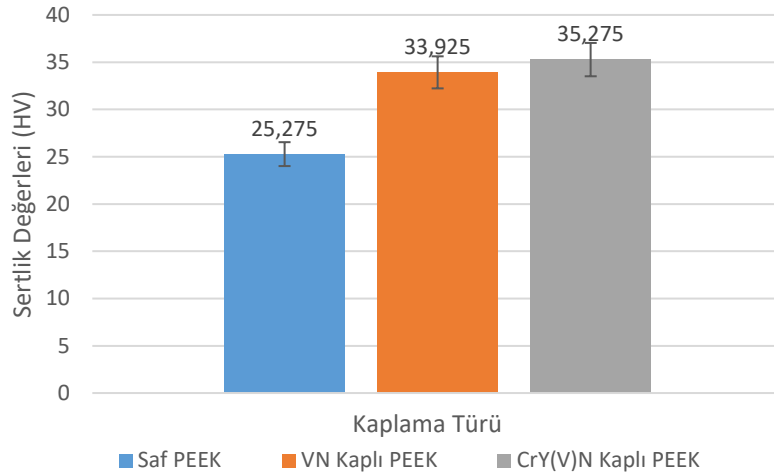


Cry(V)N Kaplanmış PEEK aşınma testi sonrası

Şekil 7. Numunelerin optik mikroskop görüntüleri

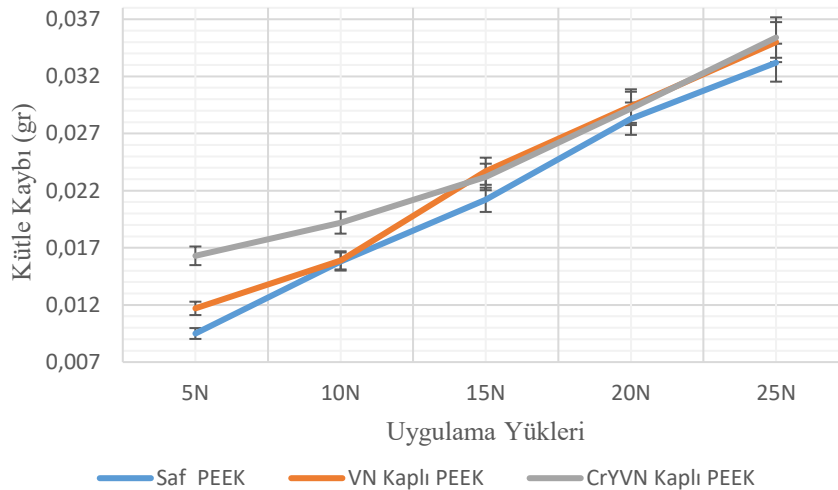
BULGULAR VE TARTIŞMA

Sertlik testi için saf haldeki PEEK, VN kaplanmış PEEK ve CrY(V)N kaplanmış numuneler kullanılmış ve deneye tabi tutulmuştur. Her bir numunenin üzerinden 4 farklı noktadan sertlik değeri ölçülmüş ve sonuçların ortalama değerleri alınmıştır. Kaplanmamış saf haldeki PEEK numuneye göre VN kaplanmış ve CrY(V)N kaplanmış PEEK numunelerin sertlik değerinin ciddi bir şekilde arttığı görülmüştür (Şekil 8).



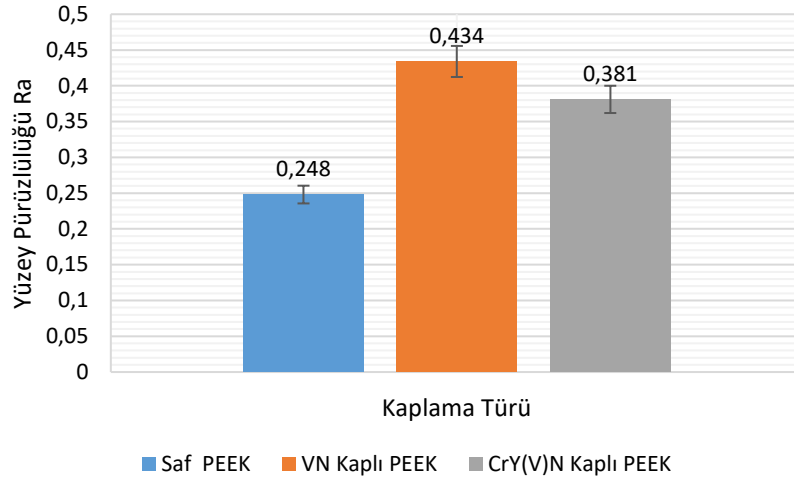
Şekil 8. Sertlik test sonuçları grafiği

Sertlik deneyi için hazırlanan her bir PEEK numuneye sırasıyla 5N, 10N, 15N, 20N ve 25N yükler altında aşınma deneyi uygulanmıştır. Daha sonra her bir yük için elde edilen üç farklı kütle kaybının ortalaması alınarak uygulama yükü ve kütle-kayıbı grafiği oluşturulmuştur (Şekil 9). Deneysel çalışma sonucunda 5N uygulama yükü altında en yüksek kütle kaybının CrY(V)N kaplı numunede olduğu ve daha sonra sırasıyla VN kaplı, saf PEEK numunelerin geldiği görülmektedir. 10N uygulama yükü altında da en yüksek kütle kaybının CrY(V)N kaplı numunede görülmektedir. VN kaplı ve saf PEEK numunelerde ise kütle kayıpları aynı seviyelere ulaşmıştır. Diğer uygulama yüklerinde ise VN kaplı ve CrY(V)N kaplı numunelerin kütle kayıpları aynı seviyelere gelmiş ve saf PEEK numunenin kütle kaybı ise diğer numunelere göre daha düşük seviyelerde kalmıştır.



Şekil 9. Aşınma test sonuçlarına ait yük ve kütle kaybı grafiği

Sertlik deneyi için hazırlanan saf PEEK, VN kaplanmış PEEK ve CrY(V)N kaplanmış PEEK numunelerin pürüzlülük değerleri TİME 3200 marka pürüzlülük test cihazı ile ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak yüzey pürüzlülük grafiği oluşturulmuştur. Grafik incelendiğinde en yüksek pürüzlülük değerinin VN kaplı numunede olduğu ve daha sonra sırasıyla CrY(V)N kaplı, saf PEEK numunelerin geldiği görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Numunelerin pürüzlülük değerlerine ait grafik

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında PVD kaplama yöntemlerinden biri olan manyetik alanda sıçratma tekniği kullanılarak VN kaplanmış PEEK, CrY(V)N kaplanmış PEEK ve saf PEEK numunelerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- PEEK numunenin literatürden farklı olarak PVD yöntemiyle kaplanabilirliği ispatlanmıştır.

-Yapılan kaplamalar saf numuneye göre sertlik değerlerini ciddi şekilde arttırdığı görülmüştür.

-Saf haldeki PEEK numuneye göre VN kaplanmış PEEK numunenin sertlik değerinin %34 arttığı, CrY(V)N kaplanmış PEEK numunede ise sertlik değerinin yaklaşık %40 arttığı görülmüştür.

-Aşınma deneyi ile ilgili olarak yükteki artış sonucunda, numunelerde aşınma kayıpları da artmıştır. En yüksek kütle kaybının CrY(V)N ve VN kaplı numunede olduğu ve daha sonra saf PEEK numunenin geldiği görülmektedir. Kaplanmış numunelerde kütle kaybının yüksek olmasında, kaplanmış olan numunelerin yüzey pürüzlülüğünün artmış olması ciddi bir etken oluşturmakla beraber, ilk 900 m'lik yolda kaplama malzemelerinin yüzeyden kopmalar şeklinde ayrışması ve bu kopan malzemelerin ekstra aşındırıcı olarak davranması da etkili olmuştur.

Kaplama parametreleri olan basınç, akım ve gaz akış hızı değiştirilerek kaplama malzemelerinin altlık malzemeye daha iyi difüze olması sağlanabilir. Böylelikle sertlik artışına paralel olarak, malzemenin aşınma dayanımının da daha fazla artacağı öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde ID-2991 numaralı proje ile maddi imkân sağlayan İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

Arslan E., Totik Y., Demirci E., Vangölü Y., Alsaran A., Efeoğlu İ., 2009. High Temperature Wear Behavior of Aluminum Oxide Layers Produced by AC Micro Arc Oxidation. Surface and Coatings Technology,204,829-833

- Baptista A, Pinto G, Silva F.J.G, Ferreira A.A., Pinto A.G., Sousa F.C., 2021. Wear Characterization of Chromium PVD Coatings on Polymeric Substrate for Automotive Optical Components. *Coatings*, 11, 555
- Baragetti S, 2007. Fatigue Resistance of Steel and Titanium PVD Coated Spur Gears. *International Journal of Fatigue*, 1893–1903
- Bülbül F, 2006. Darbeli-DC Manyetik Alanda Sıçratma Yöntemi ile Kaplanan TiB₂ ve Me-DLC Filmlerinin Mekanik, Yapısal ve Tribolojik Özelliklerinin Araştırılması, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Evrensel D, 2021. PVD Tekniği Kullanılarak Farklı Seramik Malzemelerle Kaplanmış Segmanların Aşınma Davranışlarının İncelenmesi, O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Janoss B., 2003. PVD/CVD Coatings Enhance Stamping and Forming of Stainless Steels, *Multi Arc inc NJ*, 42: 1-9.
- Lin J., Wei R., Bitsis D. C., Lee P. M., 2016. Development and Evaluation of Low Friction TiSiCN Nanocomposite Coatings for Piston Ring Applications. *Surface and Coatings Technology*, 298, 121-131.
- Miao Q., Cui C.E., Pan J.D., 2007. CrN–TiN Multilayer Coating on Magnesium Alloy AZ91 by Arc-Glow Plasma Depositing Process, *Surface and Coatings Technology*, 201 5077–5080.
- Oktay G, 2007. Katodik Ark FBB Yöntemi ile Ti6Al4v Altlık Malzemesi Üzerine Kaplanmış Magnezyumun Morfolojisine Bias Geriliminin Etkisi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Özgür A.E., Yalçın B., Kuru M. 2008. Investigation of the Wear Performance and Thermal Diffusivity Properties of M41 Tools Steel Coated with Various Film Coatings, *Materials and Design*, Online
- Özkara İ., Baydoğan M., 2009. Mikro Ark Oksidasyon İşleminde Voltaj Uygulama Süresinin 2024 Kalite Alüminyum Alaşımının Morfolojik Özelliklerine ve Aşınma Direncine Etkisi. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- Paulitscha P.H. Mayrhofer W.D., Münz M., 2008. Structure and Mechanical Properties of CrN/TiN Multilayer Coatings Prepared by a Combined HIPIMS/UBMS Deposition Technique. *Thin Solid Films*, online.
- Reichelt K. and Jiang X., 1990. The Preparation of TiN Films by Physical Vapour Deposition Methods, *Thin Solid Films*, s 91-92, 110-125, 191.
- Rozario A., Baumann C., Shah R., 2019. The Influence of Piston Ring Coating on the Wear and Friction Generated During Linear Oscillation. *Lubricants*, 7(1), 8.
- Savaş S, 2010. Manyetik Alanda Sıçratma Metodu ile Üretilen TiAlN Kaplamaların Yapısal, Mekanik ve Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Uzun M., Usca Ü., Munis M., 2018. Different Ratios Crc Particle-Reinforced Cu Matrix Composite Materials And Investigation of Wear Performance. *Journal of Engineering Research and Application*.
- Uzun M., Usca Ü., Kuntoğlu M., Şap E., Giasin K., Pimenow D., 2021. Tribological Aspects, Optimization And Analysis Of Cu-B-Crc Composites Fabricated by Powder Metallurgy. *Materials* 2021,
- Zhang D, Zuo, X. Wang Z, Li Hao, Chen R, 2020. Wang A. Ke P., 2020. Comparative Study on Protective Properties of CrN Coatings on the ABS Substrate by DCMS and HiPIMS Techniques. *Surface and Coatings Technology*, 394 ,125890