

**Makale
(Article)**

Bir Dizel Motorda Al_2O_3 - TiO_2 Kaplanmış Piston ve Supapların Yüzey Mikroyapılarının İncelenmesi

Hanbey HAZAR, Uğur ÖZTÜRK

Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 23119 Elazığ/TURKEY
hanbeyhazar@hotmail.com, ugurozturk@msn.com

Özet

Bu çalışmada, 4 zamanlı dizel bir motorun yanma odası elamanları olan piston ve supapların yüzeyi plazma sprey yöntemi kullanılarak Al_2O_3 - TiO_2 (%87-13) seramik kompozit tabakayla kaplanmıştır. Önce kaplanmış yüzeyler daha sonra kaplanmamış yüzeyler aynı şartlar altında test edilmiştir. Yapılan deneyler sonrasında kaplanmış ve kaplanmamış malzemelerin mikro yapısını ve yüzey aşınma davranışlarını incelemek için SEM (Scanning Electron Microscope) ve optik mikroskop analizleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre kaplanmış yüzeylerin mikro yapısının ve yüzey davranışlarının, kaplanmamış yüzeylere göre daha üstün özellikler gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Al_2O_3 - TiO_2 kaplama; Dizel motor; Plazma sprey; Yüzey topografyası

Investigation of Surfaces Microstructure of Al_2O_3 - TiO_2 Coated Piston and Valvet In A Diesel Engine

Abstract

In this study, a four stroke diesel engine's combustion chamber parts as piston surface and the valves were coated with the ceramic composite materials Al_2O_3 - TiO_2 (%87-13) using plasma spray technique. Coated and uncoated materials are tested at the same condition. After making experiments, the samples are investigated by SEM (Scanning Electron Microscope) and optic microscope for viewing the microstructures and surface treatments. According to experiment results; microstructures and surface treatments of coated samples showed better features compared to uncoated ones.

Keywords: Al_2O_3 - TiO_2 coating; Diesel engine; Plasma spray; Surface topography

1. GİRİŞ

İçten yanmalı motorlarda tribolojik kaplamaların kullanımı hızla artmaktadır. Böylece seramik kaplanan parçaların kullanım ömrünün artmasıyla ekonomiye katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Hızlı gelişen teknolojiyle yüksek performanslı metal ve metal alaşımlara birçok alanda ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanlardan bir tanesi de motorlardır. İçten yanmalı motorlarda çeşitli yöntemlerle yanma odası elemanları seramik malzemelerle kaplanmaktadır. Bu yöntemlerin başında termal bariyer kaplamalar gelmektedir. Termal bariyer kaplamalar, metal bileşenlerin sıcak bölümlerinin güvenilirliklerini ve dayanıklılıklarını

Bu makaleye atıf yapmak için

Hazar H., Öztürk U., " $Ti_{45,0}Ni_{49,6}Cu_{5,4}$ Bir Dizel Motorda Al_2O_3 - TiO_2 Kaplanmış Piston ve Supapların Yüzey Mikroyapılarının İncelenmesi" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2009, 6(1) 11-16

How to cite this article

Hazar H., Öztürk U., "Investigation of Surfaces Microstructure of Al_2O_3 - TiO_2 Coated Piston and Valvet In A Diesel Engine" Electronic Journal of Machine Technologies, 2009, 6 (1) 11-16

artırmak, motorlarda da verim ve performansı yükseltmek için kullanılır. Termal bariyer kaplamalar genellikle oksidasyon direnci sağlayan bir bağ tabaka ve termal yalıtım sağlayan dayanıklı bir üst tabakadan oluşur. Termal bariyer kaplanmış motor parçaları; piston, silindir kafası, silindir gömleği ve egzoz supaplarıdır. Termal bariyer uygulanmış motorlara düşük ısı kayıplı motorlar (LHR) denir. LHR motorun yanma odası elemanlarının yalıtılması, silindir içerisindeki gaz ve silindir gömleği arasındaki ısı transferini düşürür. LHR kavramı, ısınin soğutucuya gitmesini baskı altına almak ve enerjiyi faydalı şekilde geri kazanmak esasına dayalıdır [1-4].

Motor parçalarının çoğu, sıcaklığa duyarlı sertleştirilmiş parçalardır. Bu parçalardaki tribolojik sistemler; temas basıncı, temas sıcaklığı, yağlama veya yağsızlık, aşınma oranı ve sürtünme kaybı gibi faktörlere bağlı olarak çalışır [5].

Termal bariyer kaplamalar altlık malzemesinin sıcaklığını düşürür; malzemeyi yanmış gazların olumsuz etkilerinden (sıcaklık, korozyon, oksitlenme) ve aşınmadan korur [6]. Yanma sıcaklığının artırılması ve soğutma havası miktarının azaltılması sonucu yakıt tüketimi azalır [7].

Dizel ve benzinli motorlarda enerji çevriminin gerçekleştiği yanma odası ve elemanları yüksek sıcaklık ve basınca maruz kalmaktadır. Yanma reaksiyonu sonucu meydana gelen termal şok, basınç ve yanmış gazların olumsuz etkileri yanma odası elemanlarının (silindir gömleği, supaplar, piston, piston kafası vs.) yüzeylerinde kimyasal aşınmaya ve deformasyona sebep olacağı açıktır. Oluşan bu kimyasal aşınma bir süre sonra malzemenin mekanik ömrünü azaltacağından, motorda kademe kademe performans düşüklüğü, yakıt tüketimi artışı ve emisyon değerlerinde kötüleşmeye sebep olmaktadır. Meydana gelebilecek bu yüzey deformasyonlarını engellemek, oluşan yüksek sıcaklık, basıncın ve yanma olayı esnasındaki kimyasal erozyonun ana malzeme yüzeyine direkt olarak temas etmesini engellenmesiyle mümkün olmaktadır. Böylelikle seramik kaplanmış malzemenin mekanik ve ekonomik ömrünün artması sağlanmaktadır. Bu korumayı sağlayacak en uygun yöntemlerden biri, malzemenin yüzeyini seramik bir kompozit malzemeyle kaplamak, yani ana malzeme üzerinde termal ve fiziksel bir bariyer oluşturmak olacaktır.

Al_2O_3 - TiO_2 kompozit kaplamaları Al_2O_3 matris fazı ve TiO_2 destekleyici fazdan meydana gelir. Matrisin görevi gerilimleri homojen olarak kompozit malzemenin içine dağıtmaktır. İkinci fazın görevi ise malzemenin mekanik özelliklerine yardımcı olmaktır. Bu tip kaplamalar matris tozla yanındaki destekleyici tozun harmanlanarak plazma sprej vasıtasıyla püskürtülmesi sonucu uygulanır [8]. Yapılan çalışmaların çoğu gerçek motor şartları yerine laboratuvar test şartlarında gerçekleşmektedir. Ancak çok iyi dizayn edilmiş laboratuvar test şartlarında bile gerçek motor çalışma şartları sağlanamaz, çünkü yanma odasında meydana gelen kimyasal ve mekaniksel olaylar çok karışıktır [9,10].

Bu deneysel çalışmada; tek silindirli, direkt püskürtmeli, hava soğutmalı bir dizel motorun piston ve supapların yüzeyi Al_2O_3 - TiO_2 (%87-13) kaplanmıştır. Yapılan deneyler sonucu kaplanmış ve kaplanmamış parçaların çalışma sonrası yüzeylerinde mikro yapısal değişimler incelenmiştir

2. DENEYSEL ÇALIŞMA VE YÖNTEM

Bu deneysel çalışmada 4 zamanlı, tek silindirli, direkt püskürtmeli, tabii emişli, hava soğutmalı bir dizel motoru kullanılmıştır. Kullanılan motorun teknik özellikleri Tablo 1' de verilmiştir. Bu motora ait yanma odası elemanları olan piston ve supapların üst yüzeyi plazma sprej tekniği kullanılarak kaplanmıştır. Şekil 1' de deneysel çalışmadaki plazma sprej işleminin fotoğrafı görülmektedir. Kaplama üretim parametreleri ise Tablo 2' de verilmiştir. Numune yüzeyine uygulanan ilk tabaka bağ kaplama tabakası (NiAl) olup 100 μm kalınlığında ve ana kaplama malzemesi Al_2O_3 - TiO_2 (87-13) olup 200 μm kalınlığında sprejlenmiştir. İki aşamada yapılan deneylerde, kaplanmamış ve kaplanmış motorlar, aynı yük şartlarında (1/2 yükte ve 2500 d/dk.), yaklaşık olarak her motor için 180 saat çalıştırılmıştır. Motorlara yük vermek için Cusson P8 160 Model elektrikli dinamometre cihazı kullanılmıştır. Elektrikli dinamometre üzerindeki dijital ekrandan yapılan yüklemeler, motor devri, egzoz gaz sıcaklığı

okunabilmektedir. Testler sonucunda, kaplamaların yüzey analizleri optik mikroskop ve SEM ile yapılmıştır.



Şekil 1. Kaplamanın deneysel ortamı.

Tablo 1 Motorun Teknik Özellikleri

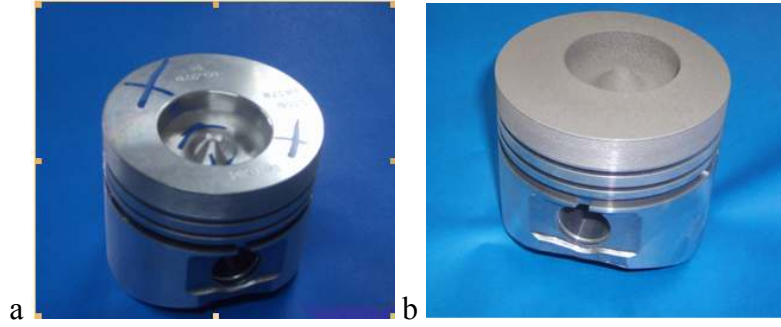
Motorun markası ve tipi	6LD400 Lombardini
Strok Sayısı	4
Silindir Sayısı	1
Silindir Çapı	86 mm
Strok	68 mm
Motor Gücü	6,25/8,5 (kW/hp)
Yakıt	Dizel Motorin
Püskürtme Şekli	Direkt Enjeksiyonlu
Püskürtme Basıncı	200 kg/cm ²
Soğutma Şekli	Hava Soğutmalı
Sıkıştırma Oranı	18:1
Devir	3600 d/dk

Tablo 2 Plazma Sprey Parametreleri

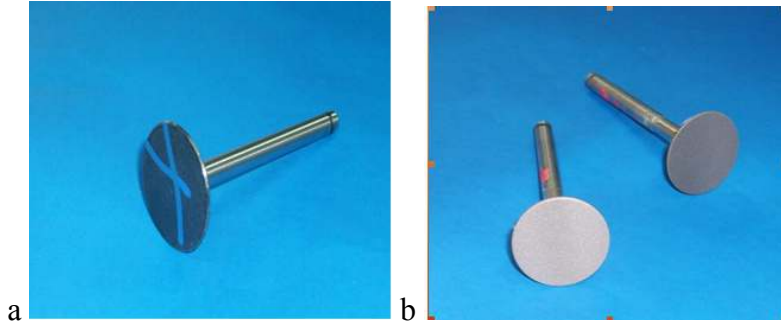
Güç	40 kW
Akım	500 A
Gerilim	62 V
Kullanılan Gazlar	Ar-H
Tabanca Numune Arası Mesafe	75 mm
Kaplama Kalınlıkları	100µm NiAl +200µm Al ₂ O ₃ +TiO ₂ (87-13)
Ar Akış Oranı	80 PSİ
H Akış Oranı	15 PSİ
Plazma Tabanca Tipi	3 MB Metco
Hamlaç Çapı	7,35 mm
Toz Taşıyıcı Gaz Akış Oranı	30/30
Besleme Hızı	4,1 kg/s

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

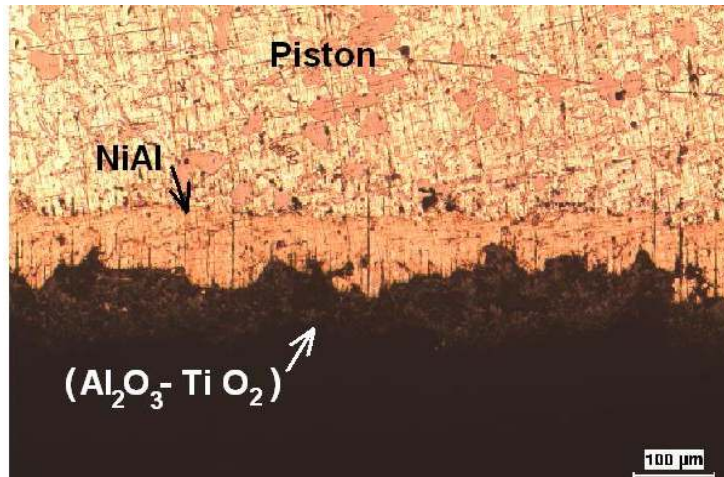
Testlerde kullanılan Al-Si alaşımı pistonlar içerisinde bulunan Al (Alüminyum) hafiflik, ısı iletimi, yüksek korozyon direnci sağlarken ısıya karşı dayanıksızdır. Silisyum ise dayanımı ve aşınma direncini arttırırken ısıl genleşmeyi azaltır. Pistonlar; yanma zamanında açığa çıkan gaz basıncını karşılayarak piston pimi üzerinden biyel koluna taşır ve yanma ısını segmanlar üzerinden silindir yüzeyine iletir. Ayrıca yanma odasından krank karteri tarafına hareketli gaz sızdırmazlığını sağlar. Parçaların kaplamadan önceki ve sonraki durumları şekil 2 ve 3’de görülmektedir. Şekil 4’de ise seramik kaplanmış pistonunun kesitten alınmış optik fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 2. Kaplama öncesi (a) ve sonrası (b) piston yüzeyinin fotoğrafı.



Şekil 3. Kaplama öncesi (a) ve sonrası (b) supap yüzeyinin fotoğrafı.



Şekil 4. Seramik kaplanmış pistonunun kesitten alınmış optik fotoğrafı (x100µm).

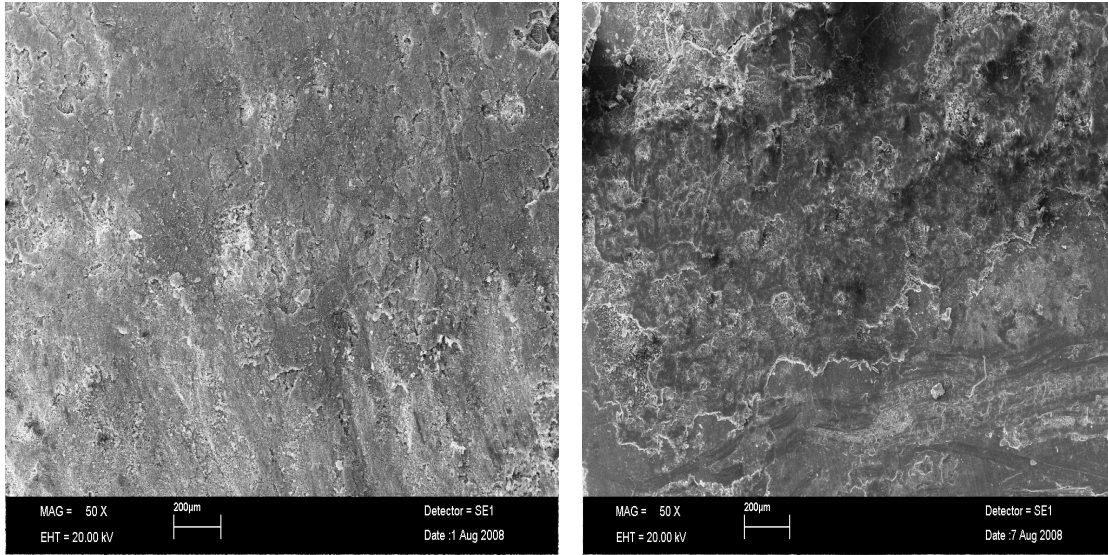
Şekil 4'e bakıldığında kaplama tabakaları net bir şekilde görülmektedir. İri tane boyutuna sahip olan NiAl bağ tabakanın ana malzeme yüzeyine mükemmel bir şekilde nüfuz ettiği ve dolayısıyla oksidasyon direnci görevini yerine tam olarak getirdiğini söyleyebiliriz. NiAl bağ tabakanın hemen üstünde bulunan 200 µm kalınlığında olan ana kompozit tabakanın da (Al_2O_3 - TiO_2 (%87-13)) bu bağ tabakanın üzerine nüfuz ettiği görülmekte olup, tabakalar arası sınır oldukça net görülmektedir.

Şekil 5 (a)'e bakarak ve motorun çalıştırıldığı 180 saat göz önüne alındığında (Al_2O_3 - TiO_2) kaplanmış piston üst yüzeyinin yüzey pürüzlülüğünün ve deformasyon miktarının kaplanmamış pistona göre daha az ve daha üniform yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin de Al_2O_3 matris fazının gerilimleri homojen olarak kompozit malzeme içine dağıtmasından kaynaklandığını söyleyebiliriz.

İçten yanmalı motorlarda yanma odası parçaları aşırı sıcaklık, termal şok gibi olumsuz etkiler altında çalışır. Sıkıştırma zamanı sonunda yanma odasında, yanma başladığı zaman alev cephesi her zaman üniform bir şekilde yayılmaz. Yanma odasında alev cephesinin düzensiz yayılması, kısmi alev

çarpışmaları ve vuruntu gibi olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Böylece yanma odası parçaları termal gerilmelere ve termal şoklara maruz kalmaktadır. Bu yanma olumsuzlukları, yanma odasını oluşturan parçaların düzensiz gerilmesine ve normalden daha fazla yük altında çalışmasına sebep olmaktadır.

Şekil 5 (b)'de kaplanmamış yüzeye bakıldığında yüzey deformasyonunun fazla olduğu görülmektedir. Bunların da yanmanın kimyasal etkisi sonucu erozif aşınmalardan meydana geldiğini söyleyebiliriz.



(a)

(b)

Şekil 5. Çalışma sonrası kaplanmamış (a) ve kaplanmış (b) pistonların SEM fotoğrafı.

Şekil 5 (a)' e bakıldığında seramik kompozit kaplı yüzeyin çok fazla bir deformasyona uğramadığı ve dolayısıyla yüzey karakteristiğini belli bir orana kadar iyi koruduğunu söylemek mümkündür. Bu şekilde değerlendirildiğinde yanma olayı esnasında yüzeyde meydana gelecek deformasyonlar termal şoklar ve gerilimler termal bariyer tabaka tarafından karşılanmıştır. Böylece uygulanan kaplamanın ana malzemenin ömrünü uzattığı düşünülmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada hava soğutmalı, tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli bir dizel motorunun yanma odası elemanlarından piston ve supapların yüzeyi seramik bir malzeme olan $Al_2O_3-TiO_2$ ile kaplanmıştır. Gerçek motor çalışma şartlarında kaplanmış ve kaplanmamış parçaların yüzey davranışları incelenmiştir. Yapılan deneyler neticesinde;

- İçten yanmalı motorların yanma odası elemanlarını ve bulundukları fiziki ve kimyasal ortamları göz önüne aldığımızda kaplama yöntemi olarak plazma spreay yönteminin uygun bir yöntem olacağı,
- Kaplama sonrası yüzey kalitesinin çalışma sonrasında malzeme yüzeyinde geniş oranda muhafaza edildiği,
- Kaplama uygulanan malzemelerin çalışma esnasında çalışmayı etkileyecek bir durum meydana getirmediği,
- Kaplama işlemiyle parçaların termal dirençlerinin artmasından dolayı malzemelerin mekanik ömürlerinin arttığı söylenebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Zhou, H., Yi, D., Yu, Z., Xiao, L., 2007, "Preparation and thermophysical properties of CeO₂ doped La₂Zr₂O₇ ceramic for thermal barrier coatings" J Alloys Compds 438 217–221
2. Uzun, A., Cevik, I., Akcil, M., 1999, "Effects of thermal barrier coating on a turbocharged diesel engine performance" Surf Coat Technol 116–119 505–507
3. Parlak, A., Yaşar, H., Eldoğan, O., 2005, "The effect of thermal barrier coating on a turbo-charged diesel engine performance and exergy potential of the exhaust gas" Energy Convers Manage 46 489–499
4. Afrasabi, A., Saremi, M., Kobayashi, A., 2007, "A comparative study on hotcorrosion resistance of three types of thermal barrier coatings: YSZ,YSZ+Al₂O₃ and YSZ/Al₂O₃" Mater Sci Eng A.
5. Yaşar, H., Büyükkara, E., Fidil, A., 2000, "Termal Bariyer Kaplamanın Turbo Doldurmalı Bir Dizel Motorunun Egsoz Gaz Ekserjisi Akışına Etkisi" 12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi 310-391
6. Sharafat, S., Kobayashi, A., Chan,Y. Ghoniem, N.M., 2001, "Plasma spraying of micro-composite thermal barrier coatings" Vacuum 65 415-425
7. Leyens, C., Fritscher, K., Gehrling, R., Peters, M., Kayser, W.A., 1996, "Oxide scale formation on an MCrAlY Coating in various H₂-H₂O atmospheres" Surface and Coatings Technology 82 133-144
8. Normand, B., Fervel, V., Coddet, C., Nikitine, V., 2000, "[Tribological properties of plasma sprayed alumina-titania coatings: role and control of the microstructure](#)" Surface and Coatings Technology 123 278-287
9. Truhan, J.J., Qu, J., Blau, P.J., 2005, "A rig test to measure friction and wear of heavy duty diesel engine piston rings and cylinder liners using realistic lubricants" Tribology 38 211-218
10. Öner, C., Hazar, H., Nursoy, M., 2009, "Surface properties of CrN coated engine cylinders Materials & Design. 30, 914-920