



Dizel Lokomotif Ağır Hizmet Motorunda Kullanılan Egzoz Supap Bagası Hasarları

Yalçın ÖZDEMİR¹, S. Fehmi DİLTEMİZ², Gökhan KANDEMİR³

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

³ TÜRASAŞ Genel Müdürlüğü, ArGe Dairesi Başk., Çeken Araçlar Müd., Eskişehir, Türkiye

* yalcinozdemir@eskisehir.edu.tr

(Alınış/Received: 28.12.2021, Kabul/Accepted: 25.01.2022, Yayımlama/Published: 31.01.2022)

Öz: En genel tanımıyla бага (supap yuvası), içten yanmalı motorlarda silindir başlığında bulunan, supap oturma yüzeyiyle temas ederek sızdırmazlık sağlayan önemli bir motor bileşenidir. Hem egzoz hem de emme supaplarının işlevini doğru bir şekilde yapabilmesi için bagaların da kusursuz bir şekilde çalışması gerekir. Supap ve baganın temas yüzeylerinde meydana gelecek hasar çalışma performansını etkilemektedir. Ağır yük dizel motorlar yüksek güç temini gerektiren araçlarda kullanılan yüksek hacimli motorlardır. Bu araştırma kapsamında бага ele alınmış ve ağır yük dizel motor egzoz supap bagalarına odaklanılmıştır. Egzoz subap bagaları hakkında bilgi verilmiş, örnek bir dizel lokomotif ağır hizmet motoru egzoz subap bagalarında meydana gelen hasarlar değerlendirilmiştir. Numuneler üzerinden alınan kesitler ve hasarlı yüzeylerden elde edilen görüntüler incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Hasar, Dizel Motor, Supap.

Exhaust Valve Seat Insert Damages of Diesel Locomotive Heavy Duty Engine

Abstract: In general definition, the valve seat insert is an important engine component in the cylinder head of internal combustion engines, which provides sealing by contacting the valve seat surface. In order for both the exhaust and intake valves to function properly, valve seat inserts also need to work perfectly. Failures that effects the performance of the engine on the surface of valve and valve seat. Heavy-duty diesel engines are high-volume engines used in vehicles that require high power supply. The scope of this research is valve seats and researchers focused on the heavy-duty diesel engine valve seats. Information about the exhaust valve seats was given, and the damages on the exhaust valve seats of a sample diesel locomotive heavy-duty engine were evaluated. Images and sections were taken from the samples and explanations were given.

Keywords: Failure, Diesel Engine, Valve.

1. Giriş

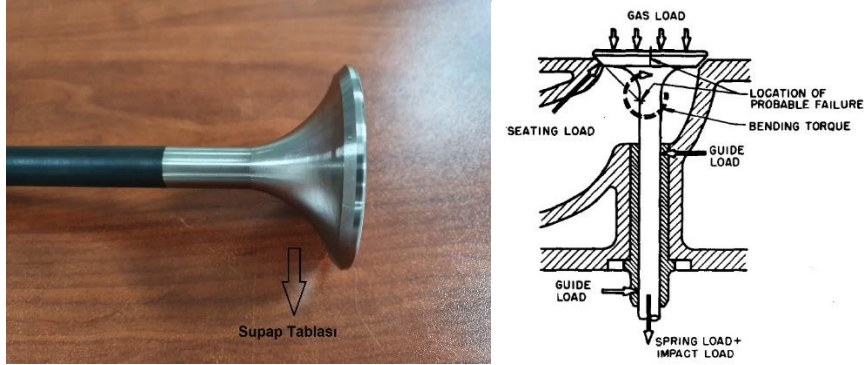
Baga (supap yuvası) içten yanmalı motorlarda silindir başlığında bulunan, supap oturma yüzeyiyle temas ederek sızdırmazlık sağlayan aynı zamanda supabının sıcaklığını dengeleyen motor parçalarından biridir. Supabın ısısının, silindir başlığına ve oradan da soğutma çevrimine aktarılmasında rol alır [1]. Supap yuvası, motorun kritik bir bileşenidir, çünkü tasarıma uygun olmayan geometride imal edilirse veya hatalı monte edilirse, motor sıkıştırma oranını ve dolayısıyla motor verimliliğini, performansını (motor gücü ve motor torku) olumsuz yönde etkileyecek olan supap kaçakları meydana gelecektir. Ayrıca egzoz emisyon değerleri kötüleşecek ve motor ömrü de azalacaktır [2].

İçten yanmalı motor zamanlarında (emme, sıkıştırma, yanma, egzoz) supabın silindir içindeki gaz hareketlerini kontrol etmesi için bagayla uyumlu çalışması gerekmektedir. Supap ve бага ikilisinin; sıkıştırma anında içerdeki gazları tamamen hapsedmesi, emme ve egzoz zamanlarında

Atıf için/Cite as: Y. Özdemir, S.F. Diltemiz, G. Kandemir, "Dizel lokomotif ağır hizmet motorunda kullanılan egzoz supap bagası hasarları," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 15, pp. 75-83, Jan. 2022. doi: 10.47072/demiryolu.1050061

akışı engellememesi gerekmektedir. Aksi durumda, yanma odasında meydana gelen sızma sıkıştırma basıncının düşüşüne ve motor verimliliğinde düşüşe neden olmaktadır. Yüksek devirlerde çalışılmaya devam edilmesinin sonucunda бага ve supaplarda yanma görülür [3].

Şekil 1(a)'da supap tablası ve Şekil 1(b)'de [4] hasarlı supap yuvasından kaynaklanan supap yükleri gösterilmektedir.



Şekil 1. a) Supap tablası b) Hasarlı supap yuvasından kaynaklanan supap yükleri [4]

Şekil 1 incelendiğinde; supap oturma yüzeyine gelen yükler, supap üzerinde tabla kısmına yakın bölgede oluşan eğme ve buna bağlı zorlanmalar, supap kılavuzu ile supap arasındaki klerans, açısal fraklılıklar vb. bağlı gerilmeler, silindir içerisindeki yanma ve buna bağlı genişleme sonucu oluşan basma yükleri ve termal zorlanmalar, supap yayından gelen mekanik basma yükleri şematik olarak gösterilmiştir.

Literatürde bagalar genellikle supaplarla birlikte araştırılmıştır. Baganın aşınma mekanizmaları, aşınmaya yol açan çalışma şartları ve parametreler, supap-baga için kullanılan malzemelerin aşınmaya karşı direnci üzerine çalışmalar yapılmıştır. Wang vd. (1996) çalışma koşullarının bagaya olan etkilerini incelemiştir. Çevrim (cycle), yük ve sıcaklık parametrelerinin aşınmaya olan etkisini araştırmıştır. Çalışma koşullarını oluşturabilmek için bir düzenek kullanılmıştır. Supap ve bagadaki aşınmanın adhesiv aşınma, abrasif aşınma ve kesme geriniminin kompleks bir bileşiminden oluştuğu sonucuna varmıştır [5]. Bir yıl sonra Zhao vd. (1997) Si – Cr alaşımı supap karşısında dört farklı malzemelerden üretilmiş sekiz baganın performansını, test düzeneği üzerinde araştırmıştır [6]. Yang vd. (2000) supap sıcaklığının motor çalışma koşullarına göre nasıl değiştiğini araştırmıştır. Supap sıcaklık dağılımında ateşleme avansının, hava yakıt karışımının, motor devrinin önemli rol oynadığını belirtmiştir. Çalışma benzinli motor üzerinden yapılmış, fakat bu modelin dizel motorlarda da uygulanabileceğini ifade etmiştir [7]. Lewis ve Dwyer-Joyce (2001) supap ve бага aşınma sorununa deneysel yaklaşım sergilemiş ve çalışma koşullarını oluşturmak için iki test düzeneği kurmuştur. İlkinde hidrolik yorulma tertibatıyla, supap ve bagaya çalışma koşullarında gelen yükleri uygulamış ve sürtünmeli kayma mekanizmasını araştırmıştır. İkincisinde 1440 rpm kapasiteli elektrik motoru kam miline tahrik vermektedir. Bu düzenekle supap kapanma hızının бага üstündeki etkisini de oluşturulmak istenen çalışma koşulları parametrelerine ekleyebilmiştir. Supap бага çalışmalarında farklı malzemelerin ve çalışma koşullarının değerlendirilmesinde bu düzeneğin faydalı olacağını belirtmiştir [8]. Ando vd. (2005) CNG ve LPG yakıtların supap ve bagalardaki aşınmaya olan etkilerini incelemiştir. Benzin veya dizel yakıtlar için kullanılan parçaların, gaz yakıtlar kullanıldığında daha fazla aşındığını belirtmiştir. Oksit filmin gaz yakıtlarda sınırlı olmasının adhesiv aşınmayı arttırdığı sonucuna varmıştır [9]. Shojaefard vd. (2005) sonlu elemanlar analiziyle egzoz supabı, бага, supap klavuzu ve supap yayının geçici rejim ısı analizini modellemiştir. Analizleri kararlı durum şartlarına ulaşana kadar sürdürmüştür. Çalışmada maksimum termal gerilimin baganın supapla temasta bulunan yüzeyinde olduğunu belirtmiştir [10]. Chun vd. (2007) egzoz supap ve bagasındaki aşınmayı çevrim sayısına (mileage) göre araştırmıştır. Bu çalışmada kullandığı

test düzeneğinde; çevrim sayısı, sıcaklık, yükler, RPM, supap kapanma hızı gibi parametreler oluşturulmak istenen çalışma koşullarına göre ayarlanabilmektedir. Çevrim sayısı arttıkça supap ve bagadaki maksimum yüzey pürüzlülüklerinin (R_{max}) lineer olarak arttığı sonucunu grafik üzerinden görselleştirmiştir. Bununla beraber RPM ve supap kapanma hızının çevrim sayısına göre maksimum yüzey pürüzlülüğüne çok daha fazla etkisi olduğunu belirtmiştir [11]. Hong vd. (2012) farklı yakıtların egzoz supap bagalarındaki aşınmaya etkisini incelemiştir. LPG kullanılan ticari araçlarda бага maksimum yüzey pürüzlülüğünün (D_{max}), benzin kullanılan yakıtta göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir [12]. Cavalieri vd. (2014) supabın kapandığı anda supap ve bagada oluşan gerilimi üç boyutlu sonlu elemanlar analiziyle araştırmıştır. Sonuçları karşılaştırmak için supap gövdesine gerinim ölçer (strain gage) bulunan bir düzenek kullanmıştır. Supap ve бага arasındaki hizalamanın önemini vurgulamıştır. Sayısal analiz ve deney sonuçlarının örtüşmesiyle, sunduğu modelin yeni supap бага tasarımlarında yorulma kriterlerinde kullanılabileceğini belirtmiştir [13].

Bu çalışmada TLM16V185 dizel motorunda kullanılan egzoz supap bagalarında gözlemlenen hasar ele alınmıştır. Hasarlı numunelerden kesitler alınarak incelenmiş, hasar mekanizmaları araştırılmıştır. Hasar ile ilgili çözüm önerileri sunulmuştur.

2. Egzoz Supap Bagaları Üzerinde Oluşan Hasarlar

Lokomotiflerde kullanılan TLM16V185 dizel motorlar, çalışma koşulları gereği yüksek güç ve tork üreten, yüksek hacimli motorlardır. Bu çalışmada ele alınan DE24000 dizel elektrikli lokomotif; 1971 yılından günümüze değin üretimi süren, 2400 beygir güç üreten, 650-1500 devir/dakika aralığında çalışan, 16 silindirli dizel motora sahiptir [14].

Egzoz supap bagaları, silindir başlığındaki yuvasının geometrisine göre işlenir. Montaj ve söküm kolaylığı sağlaması amacıyla, iç çap bölgesinde faturalı set (tırnak) içeren modelleri de bulunmaktadır. Şekil 2'de DE24000 model lokomotif TLM16V185 dizel motoruna ait, faturalı set de içeren kullanılmamış bir egzoz supap bagasının genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2. Egzoz supap bagası

Genel olarak supap bagalarında oluşan hasarlar incelendiğinde, başlıca hasarlanma nedenlerinin aşağıdaki nedenlerden kaynaklandığı belirlenmiştir [1], [15].

- Malzeme kaynaklı hasarlar,
- Hatalı tasarım,
- Hatalı montaj,
- Düşük yüzey kaliteli talaşlı imalat uygulanması
- Baga teknik resminde toleransların uygun verilmemesi veya teknik resme uygun imalat yapılmaması
- Korozyon

- Aşınma

3. Model Dizel Motorlarda Egzoz Supap Bagalarının İncelenmesi

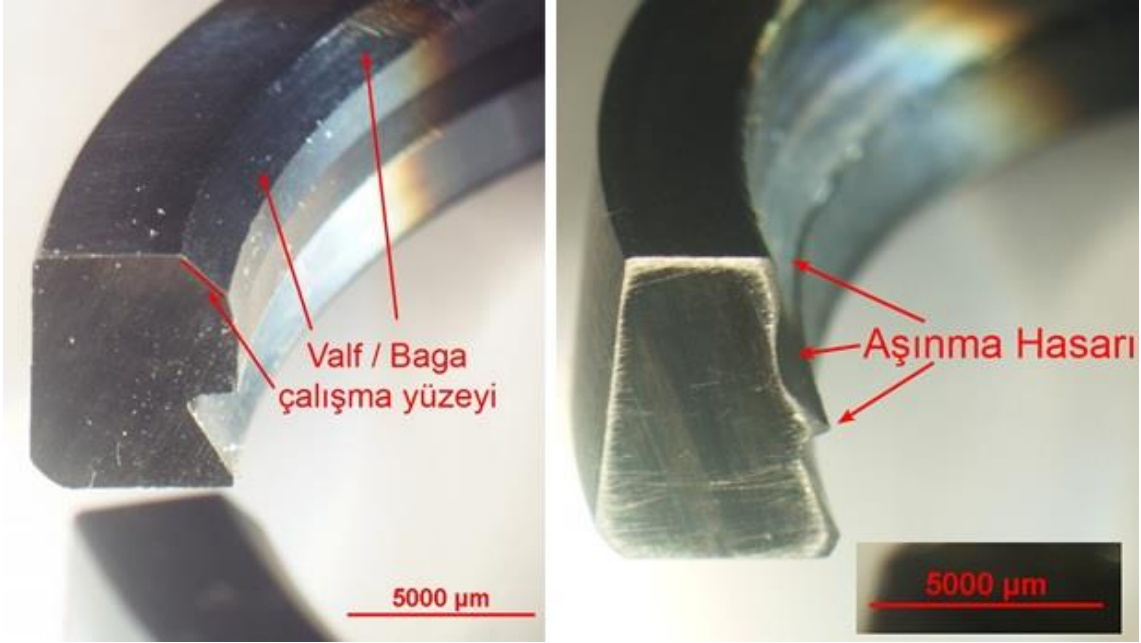
İnceleme amacıyla, 12.000 saat bakım zamanını doldurarak revizyona alınmış bir adet DE 24000 lokomotifte kullanılan 4 zamanlı ağır hizmet TLM16V185 dizel motorundan egzoz supap bagası sökülmüştür. Supap oturma yüzeyi olarak belirtilen kısım, yüksek sıcaklık ve basınçta supap darbelerine maruz kaldığı için, hasar genellikle bu kısımda oluşmaktadır. Bagada malzeme olarak H13 sıcak iş takım çeliği olarak da isimlendirilen, X40CrMoV5-1 alaşımı kullanılmaktadır. H 13 sıcak iş takım çeliği; yüksek ve düşük çalışma sıcaklıklarında iyi aşınma dayanımına sahip, termal yorulma dayanımı, yüksek sıcaklık mukavemeti ve tokluk değeri yüksek bir alaşımdır. Ayrıca bu çeliğin üniform sertleşebilme kabiliyeti de oldukça iyidir [16]. Buna rağmen, lokomotifin zorlu çalışma koşullarında, бага temas yüzeylerinde hasar oluşumunun meydana geldiği gözlenmiştir.

3.1. Görsel inceleme

Sökülen bagalar ilk olarak görsel değerlendirmeden geçirilmiştir. Bu incelemede, bagaların supap ile karşılıklı çalışan temas yüzeylerinde büyük ölçüde malzeme kaybı (missing material) gerçekleştiği gözlenmiştir. Ayrıca tüm бага yüzeylerinin, çalışma koşullarına bağlı olarak yoğun bir kurum tabakası ile kaplı olduğu görülmüştür. Yanma ürünlerinden oluşan bu katmanın, malzeme kaybı ve aşınma hızını yavaşlattığı bilinmektedir [17]. Şekil 3’de merkez kısımda daha parlak yüzey halinde görülen malzeme kaybı hasarlı bagaların genel görünümü, Şekil 4(a)’da kullanılmamış ve Şekil 4(b)’de hasarlı bagaların radyal kesit görünümü verilmiştir.



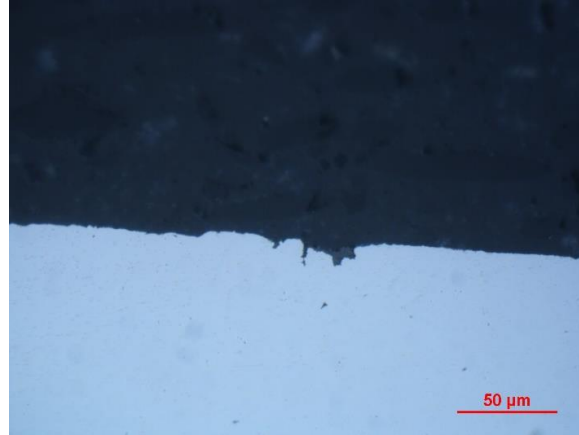
Şekil 3. Hasarlı baganın genel görünümü



Şekil 4. a) Kullanılmamış бага radyal kesiti_6x, b) kullanılmış бага radyal kesiti_6x

3.2. Metalografik inceleme

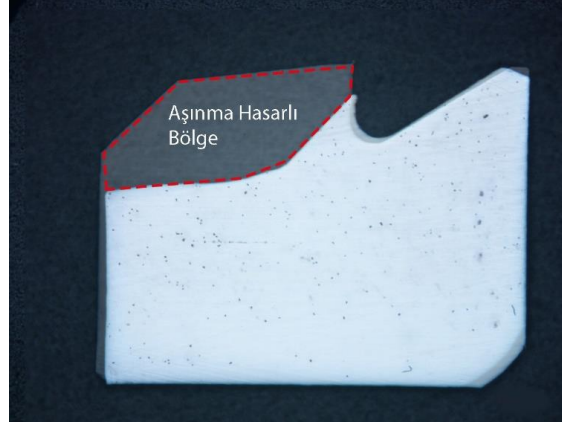
Hasarlı ve kullanılmamış örnek bagalar üzerinden radyal kesit alınıp metalografik olarak hazırlanmış ve optik mikroskop altında incelenmiştir. Yapılan incelemede, her iki baganın da mikroyapısının homojen, ASTM Nr. G10 boyutunda ince taneli yapıda olduğu gözlenmiştir. Hasarlı bagada aşınma sonucu oluşan yüzeylerde kılcal çatlak bulunmadığı, ancak çukurcuklanma (pitting), oksidasyon hasarı ve plastik deformasyon kusurlarının meydana geldiği tespit edilmiştir. Hasarlı baganın aşınma yüzeyini de içeren radyal kesit Şekil 5'te görülmektedir.



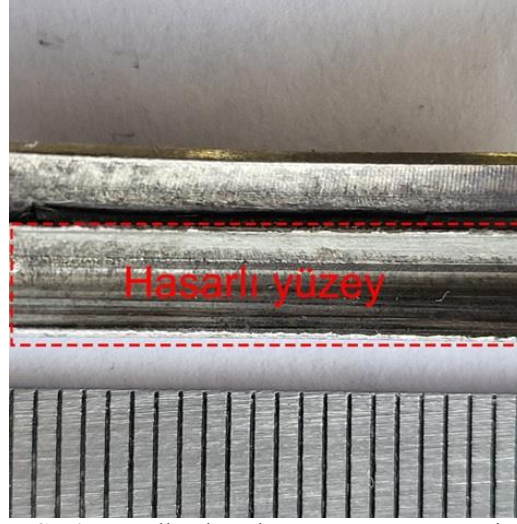
Şekil 5. Kullanılmış бага aşınma yüzeyi_500x

Kullanılmamış ve malzeme kaybı hasarı bulunan iki baganın radyal kesitlerinin karşılaştırılması vb. teknikler kullanılarak yapılan ölçümler neticesinde, hasarın etkin olduğu malzeme kaybının supap eksenine paralel doğrultuda 3,5 mm (milimetre) derinliğe kadar ulaştığı ve yaklaşık aşınma hacminin de 400 mm³ civarında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca supap ile бага arasındaki supap eksenini ile 45 derece açılı temas alanının бага geometrisinin değişmesi sonucunda yaklaşık %40 küçülerek 275 mm² den 168 mm² değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Supap ile бага arasındaki yüzey alanı küçüldükçe, bu yüzeyin maruz kaldığı basınç da artmaktadır. Ayrıca bozulan бага geometrisi, sızdırmazlık özelliğini kaybederek silindir içerisinde basınç kayıplarına neden

olmaktadır. Şekil 6’da kullanılmış bagadaki aşınma hasarlı bölge, şekil 7’de ise ezilme, çizilme türü hasarlar içeren aşınma yüzeyleri görülmektedir.



Şekil 6. Kullanım sonucundaki bagada meydana gelen malzeme kaybı_15x



Şekil 7. Kullanılmış baganın aşınma yüzeyi

3.3. Mikrosertlik ölçümü

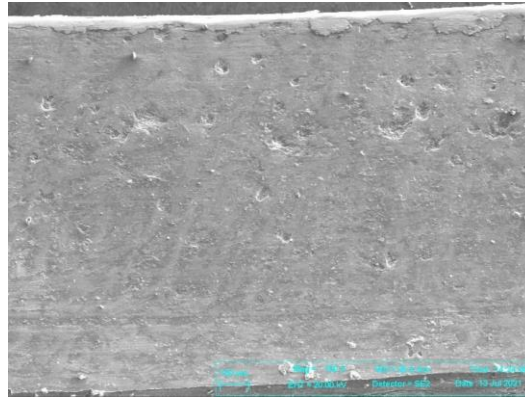
Hazırlanmış olan radyal kesit üzerinden, mikrosertlik ölçüm cihazı ile HV300 tekniği ile (300 gr. yük, elmas piramit uç) ölçümler yapılarak bölgesel olarak бага sertliğinin yapısı incelenmiştir. Yapılan bu inceleme neticesinde, mikroyapı analizi ile elde edilen sonuçlar ile uyumlu bir şekilde malzeme kaybının yaşandığı aşınma bölgesi de dahil olmak üzere бага genelinde sertliğin homojen dağılım gösterdiği, çalışma koşullarına veya aşınmaya bağlı olarak sertlikte değişim / dönüşüm meydana gelmediği belirlenmiştir. Kullanılmamış ve kullanılmış bagalara ait sertlik ölçüm sonuçları Rockwell C birimine dönüştürülerek Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılmış ve kullanılmamış bagalara ait sertlik değerleri

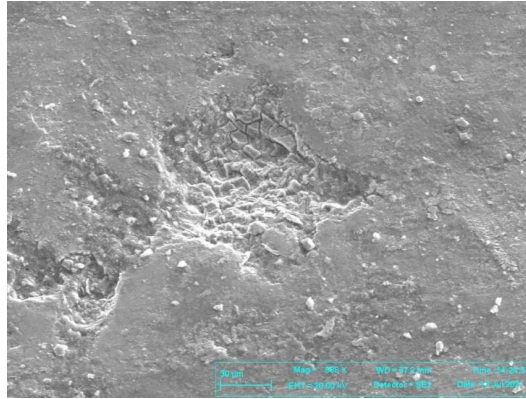
	Minimum Sertlik, HRC	Maksimum Sertlik, HRC	Ortalama Sertlik, HRC	Standart Sapma
Kullanılmamış Baga	46,5	49	48,2	1,44
Kullanılmış Baga	49,2	49,6	49,3	0,30

3.4. Hasarlı yüzey taramalı elektron mikroskop incelemesi

Son olarak aşınma yüzeyleri direkt olarak stereo mikroskop ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda; malzeme kaybının yaşandığı aşınma yüzeylerinde ezilme şeklinde plastik deformasyon, ısı ve ortam gazlarının ve sürtünme etkisiyle meydana gelmiş oksidasyon, ortam gazları kaynaklı kurumlanma şeklinde karbon birikimi, kesme ve basma yüklerinin kombinasyonu ile oluşmuş бага kenarlarında çapaklanma, korozif ortam ve basma yük kaynaklı çukurcuklanma (pitting), бага ve supap temas yüzeylerinin göreceli hareketiyle çeşitli derinliklerde meydana gelmiş çizilme türü hasarların meydana geldiği tespit edilmiştir. Hasarlı yüzeylere ait görüntüler Şekil 8 ve 9'da görülmektedir. Literatür de incelendiğinde; bagalarda tespit edilen hasar mekanizmalarının mevcut bulgularla uyumlu olduğu gözlenmiştir [5, 9, 10, 18].



Şekil 8. Çukurcuk ve бага metali sıvanması (üst kenar) hasarları içeren бага aşınma yüzeyleri_150x



Şekil 9. Çukurcuk ve oksidasyon hasarlı бага aşınma yüzeyi_900x

4. Sonuç

Bu çalışmada, içten yanmalı dizel motorda kullanılan egzoz supap bagaları ve hasarlanma mekanizmaları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca, revizyon ömrünü tamamlamış örnek bir DE 24000 lokomotif dizel motorunda kullanılan egzoz supap bagaları sökülerek üzerlerindeki hasarları değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirme neticesinde, бага çalışma yüzeylerinde büyük miktarda malzeme kaybı hasarı bulunduğu, ancak malzeme mikro yapısının büyük ölçüde değişim/dönüşüm geçirmediği tespit edilmiştir. Parçanın çalışma koşulları ve mevcut yüzeyler bir arada ele alındığında; bagaların, ısı ve yanma gazları etkisiyle oksidasyon, darbeli aşınma (impact wear), abrasiv aşınma

(abrasive wear) ve kaynaşmalı aşınma (adhesive wear) mekanizmalarının bir arada etkin olmasıyla hasarlandığı sonucuna varılmıştır.

Bu bilgiler ışığında, mevcut çalışma koşullarında бага imalinde kullanılan malzemenin uygun olduğu, ancak malzeme kaybı hasarının önüne geçilmesi veya hasarın şiddetinin azaltılması için бага geometrisinin değiştirilmesi ve malzeme sertlik değerinin uygun ısı ile artırılması önerilmiştir.

Baga aşınma hasarının önüne geçilmesi veya minimize edilmesi yoluyla, motor verimi arttırılacak, buna bağlı olarak egzoz emisyonu ve yakıt sarfiyatı azaltılarak çevreye olumsuz etkinin indirgenmesi ve daha ekonomik çalışma koşulları sağlanacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada desteklerinden ötürü TÜRASAS Ar-Ge Dairesi Başkanlığı'na, Ar-Ge Dairesi Başkanı İbrahim Erşahin'e, Eskişehir Çeken Araçlar Müdürü Tuba N. Eroğlu'na, Alaattin Barıtcı'ya teşekkürlerimizi bildiririz.

Kaynakça

- [1] "Article Zings - Blog: Reasons for Valve Seat Failure in Engines". [Online]. Available: https://article-zings.page4.me/_blog/2019/06/11/12-Reasons-for-Valve-Seat-Failure-in-Engines/. [Accessed Dec. 27, 2021].
- [2] Wikipedia, "Valve seat - Wikipedia". [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Valve_seat [Accessed Dec. 27, 2021].
- [3] F. Küçükşahin, *Dizel motorları & gemi dizel makinelerinin yapıları ve çalışma ilkeleri*. Türkiye: Birsan Yayınevi, 2000.
- [4] W.S. Giles, "Fundamentals of valve design and material selection," *SAE Technical Paper* 660471, Feb. 1966. <https://doi.org/10.4271/660471>.
- [5] Y. S. Wang, S. Narasimhan, J. M. Larson, J. E. Larson, and G. C. Barber, "The effect of operating conditions on heavy duty engine valve seat wear," *Wear*, vol. 201, no. 1–2, pp. 15–25, Dec. 1996, doi: 10.1016/S0043-1648(96)06945-1.
- [6] R. Zhao, G. C. Barber, Y. S. Wang, and J. E. Larson, "Wear mechanism analysis of engine exhaust valve seats with a laboratory simulator," *Tribol. Trans.*, vol. 40, no. 2, pp. 209–218, Jan. 1997, doi: 10.1080/10402009708983647.
- [7] L. C. Yang, A. Hamada, and K. Ohtsubo, "Engine Valve Temperature Simulation System," *SAE Tech. Pap.*, Mar. 2000, doi: 10.4271/2000-01-0564.
- [8] R. Lewis and R. S. Dwyer-Joyce, "An experimental approach to solving combustion engine valve and seat wear problems," *Tribol. Ser.*, vol. 39, pp. 629–640, 2001, doi: 10.1016/S0167-8922(01)80145-0.
- [9] K. Ando, A. Manabe, and A. Yasuda, "Hardfaced valve and P/M valve seat system for CNG and LPG fuel engines," *SAE Tech. Pap.*, 2005, doi: 10.4271/2005-01-0718.
- [10] M. H. Shojaefard, A. R. Noorpoor, D. A. Bozchaloe, and M. Ghaffarpour, "Transient Thermal Analysis of Engine Exhaust Valve," *Numerical Heat Transfer, Part A*, vol. 48, no. 7, pp. 627–644, Feb. 2007, doi: 10.1080/10407780590959943.
- [11] K. J. Chun, J. H. Kim, and J. S. Hong, "A study of exhaust valve and seat insert wear depending on cycle numbers," *Wear*, vol. 263, no. 7–12, pp. 1147–1157, Sep. 2007, doi: 10.1016/J.WEAR.2007.02.006.
- [12] J. S. Hong, Y. S. Kim, and K. J. Chun, "Study on exhaust valve and seat insert wear depending on fuel type," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, vol. 13, no. 2, pp. 253–260, Feb. 2012, doi: 10.1007/S12541-012-0031-5.
- [13] F. J. Cavalieri, C. Luengo, J. Risso, F. Zenklusen, and A. Cardona, "Numerical and experimental stress analysis of an internal-combustion engine valve during the closing event," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, vol. 228, no. 5, pp. 479–489, Ap. 2014, doi: 10.1177/0954407013498862.
- [14] Wikipedia, "TCDD DE24000 - Wikipedia". [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/TCDD_DE24000 [Accessed: Dec. 31, 2021].
- [15] Y. S. Wang, S. K. Schaefer, C. Bennett and G. C. Barber, "Wear Mechanisms of Valve Seat and Insert

- in Heavy Duty Diesel Engine,” *SAE Technical Paper Series* 952476, pp. 686–691, Oct. 1995, <https://doi.org/10.4271/952476>.
- [16] Otai steel, "H13 Tool Steel | 1.2344 | X40CrMoV5-1 | SKD61 Hot Work Steel". [Online]. Available: <http://www.astmsteel.com/product/h13-tool-steel-x40crmov5-1-skd61-hot-work-steel/> [Accessed: 13-12-2021]
- [17] J. Zhao, S. Zhang, Z. Dou, Y. Sun, J. Wan and L. Du, "Influence of Sulfur and Additives on Wear of Exhaust Valve Seat of Cylinder Head", *Complexity*, vol. 2021, 14 p., July 2021, <https://doi.org/10.1155/2021/4762184>.
- [18] C. Ji, Q. Guo, J. Li, Y. Guo, Z. Yang, W. Yang, D. Xu, and B. Yang, "Microstructure and properties of CrN coating via multi-arc ion plating on the valve seat material surface," *J. Alloys Compd.*, vol. 891, p. 161966, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.JALLCOM.2021.161966.

Özgeçmiş



Yalçın ÖZDEMİR

1986 tarihinde Eskişehirde doğmuştur. Lisans ve yüksek lisans eğitimini Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde tamamlamıştır. Doktora eğitimini Jan Perner Ulaştırma fakültesinde tamamlamıştır. Halen Eskişehir Teknik Üniversitesinde Makine Mühendisliğinde çalışmaktadır.

E-Posta: yalcinozdemir@eskisehir.edu.tr



Fehmi DİLTEMİZ

1973 yılında Malatya’da doğmuştur. 1994 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 1999-2020 yılları arasında Hava İkmal Bakım Merkez Komutanlığında Malzeme Laboratuvarında çalışmış, 2011 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Metalürji Mühendisliği Bölümünde Termal Bariyer Kaplamalar konusunda doktora çalışmasını tamamlamıştır. Halen Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Uçak Mühendisliği Bölümünde Dr. Öğr. Görevlisi olarak çalışmalarını yürütmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.

E-Posta: fdiltemiz@ogu.edu.tr



Gökhan KANDEMİR

1989 Eskişehir’de doğmuştur. Lisans eğitimini Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. 2019 yılında TÜLOMSAŞ Ürün Ar-Ge Dairesi’nde makine mühendisi olarak göreve başlamıştır. TÜRASAŞ Ar-Ge Dairesi’nde makine mühendisi olarak görevine devam etmektedir.

E-Posta: kand.gokhan@gmail.com

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Tüm yazarların eşit oranda katkısı olmuştur.