

Orta Karbonlu Çelik Döküm Krank Millerinde Gaz Nitrasyon İşleminin Aşınma Davranışına Etkisi

Effect of Gas Nitriding Treatment on Wear Behavior of Cast Steel Crankshaft

Emre Küçük¹, İbrahim UĞUR¹, Yavuz Sun¹, Hayrettin Ahlatcı¹

¹Manksan Amortisör San.Tic.A.Ş., Bursa, TÜRKİYE
²Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük, TÜRKİYE

Başvuru: 21/07/2023

Kabul: 06/12/2023

Çevrimiçi Basım: 08/12/2023

Özet

Bu çalışmada; krank miline uygulanan gaz nitrasyon işleminin aşınma davranışına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla krank mili 520 °C sıcaklıkta 15 saat gaz nitrasyon işlemine maruz bırakılmıştır. Uygulanan gaz nitrasyonu sonucu nitrasyonlu ve nitrasyonlu numunelerden ayrı ayrı sertlik ve mikro yapı karakterizasyonu çalışmaları yapılmıştır. İncelenen numunelerin aşınma testleri, ileri-geri aşınma test cihazında, 20N ve 60N yük altında gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları gidilen mesafe ve uygulanan yüke bağlı olarak farklılık göstermektedir. Aşındırıcı olarak 100Cr6 bilye kullanılırken, karşı malzeme olarak nitrasyonlu ve nitrasyonlu krank mili kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda, krank millerine uygulanan nitrasyon işlemi incelenen numunelerinin aşınma dirençlerinde yaklaşık %20 oranında bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Gaz nitrasyon, aşınma, mikroyapı, sertlik

Abstract

In this study, the effect of the gas nitration process on the wear behavior of the crankshaft was investigated. For this purpose, 15 hours of gas nitration was applied to the crankshaft at a temperature of 520 °C. As a result of the gas nitration, the hardness and microstructure images were taken separately from the nitride and unnitrided samples. In order to compare the abrasion behavior of nitride and unnitrided samples, back and forth abrasion test was applied. 20N and 60N were determined as the load and subjected to abrasive wear test. Test results vary depending on distance traveled and load applied. 100Cr6 balls are used as abrasive and nitride and unnitrided crankshaft is used as counter material. Compared to the wear resistance of unnitrided crankshaft samples, an increase in wear resistance of about 20% was observed in nitrated samples.

Key Words

Gas nitriding, abrasion wear, microstructure, hardness



*Sorumlu Yazar: Yavuz Sun

[Not: Bu çalışmanın özeti 6. Uluslararası Demir Çelik Sempozyumunda bildiri olarak sunulmuş ve Proceeding Book'ta yayınlanmıştır. JESRED'in bu sayısında ise tam metni yayınlanmıştır.](#)

Bu makaleyi alıntılar için; Yavuz Sun ve ark., Orta Karbonlu Çelik Döküm Krank Millerinde Gaz Nitrasyon İşleminin Aşınma Davranışına Etkisi, Journal of Steel Research and Development, 4(2), 8-13.

1. Giriş (Introduction)

Krank mili motor pistonlarının üzerinde bulunduğu metal çubuğa verilen isimdir. Motorda pistonlardan sağlanan doğrusal hareketi dairesel harekete çevirip bu gücü tekerlerin dönme hareketinde kullanan sisteme krank mili denir. Nitrasyon işlemi azot elementinin çelik yüzeyine uygulanır. Bu sistemde temel nokta yüzeyde aşınma direncinin yüksek olduğu bir tabaka oluşturmaktır, bu tabakaya beyaz tabaka denir. Nitrasyon işleminin uygulanması için malzemelerde belli bir nitrasyon kabiliyeti olması gerekir.

Nitrasyon işlemi bir yüzey sertleştirme işlemi olmasının yanında uygulanan malzemelerde sadece aşınma direncini değil korozyon ve yorulma direncini de iyileştirebilir. Gaz nitrasyonu yüzey serleştirmede ülkemizde yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Bu işlemin yaygın olarak kullanılmasının en birincil sebebi yüzey sertliğini artırarak aşınmaya maruz kalan yüzdelerde de aşınma direncini arttırmasıdır.

Aşınma birbirine sürtünerek çalışan makine elemanlarında sık sık görülen bir hasar tipidir. Aşınmanın yol açtığı zorluklardan biri de malzemelerin kullanım ömrünü azaltırken çalışma verimini de düşürmesidir. Günümüze kadar bu hasarı minimize etmek için çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Aşınma test cihazına bağlanan gaz nitrasyon işlemi uygulanmış ve uygulanmamış numunelere farklı yükler uygulanarak test gerçekleştirilmiştir. Gidilen mesefeye oranla numune yüzeylerinde ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Gaz nitrasyonu uygulanmış ve uygulanmamış numunelerde ağırlık kayıplarındaki farklılıklar dikkate alınmıştır.

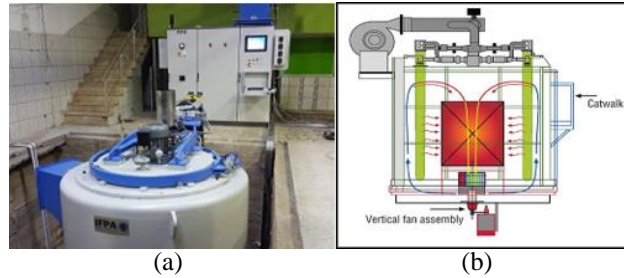
Bu çalışmada; gaz nitrasyon işlemi uygulanan krank mili numunelerine aşınma test cihazında aşınma davranışı incelenmiştir, sonuç olarak amacımız krank millerindeki aşınma dayanımını arttırırken ömrünü uzatmak olmuştur.

2. Deneysel Çalışmalar

Çalışmalarda kullanılan krank milinin kimyasal kompozisyonu Tablo 1’de belirtilmiştir. Uygulanan gaz nitrasyon işleminde (Şekil 1) fırının içine Amonyak (NH₃) gazı verilerek gazın oranı ise fırın hacmi ve gönderilen gaz akışına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Fırının ortalama 4 saat ısıtılması neticesinde 520 °C’ye ulaşılmış ve nitrasyon işlemi başlatılmıştır. Bu sırada fırına verilen Amonyak (NH₃) ayrışmaya devam eder. Nitrasyon işlemi sonrasında sistemde bulunan soğutma fanı otomatik olarak çalışmaya başlar ve sıcaklık yaklaşık olarak 4 saatte 100 °C’ye kadar düşer. Tüm nitrasyon işlemi ortalama 23 saat zaman alır ancak gerçekte nitrasyon süresi, sistemin ısıtma ve soğutma süresinin dışında kalan 15 saattir.

Tablo 1. İncelenen Numunenin % Olarak Kimyasal Kompozisyonu

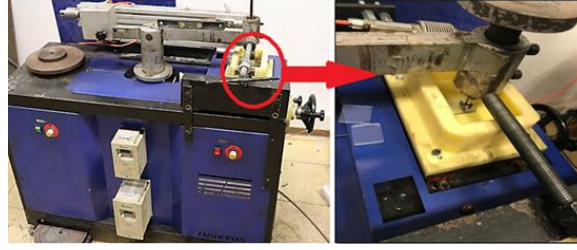
C %	Si %	Mo %	Cr %	Mn %	P %	S %
0,41	0,33	0,19	0,99	0,62	0,021	0,019



Şekil 1. Gaz Nitrasyon Fırını Ve Çalışma Prensibi

2.1. Aşınma Deneyleri

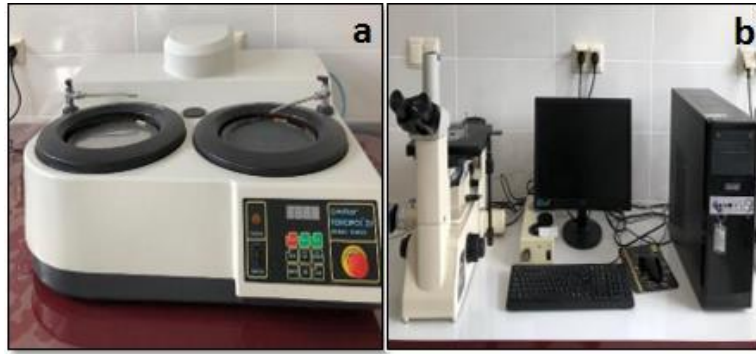
İncelenen numunelerin aşınma deneyleri sırasında karşı malzeme olarak 100Cr6 bilye ve 25x15x10 mm boyutlarında deney numunesi kullanılmıştır. Numunelerin aşınma testleri; 20N, 40N, 60N yük altında ortalama 3 m yol alacak Şekil 2’de yapılmıştır. Numunenin kuru ortam aşınma deneyleri Şekil 2’deki ileri geri aşınma cihazında yapılmıştır. Deney öncesi ve sonrası numunelerin 0,1 mg hassasiyetine sahip elektronik terazide tartılmış ve deney sonuçları ağırlık kaybına göre değerlendirilmiştir. Aşınma deneyleri sonrasında aşınma mekanizmalarının belirlenmesi için numune yüzeyleri taramalı elektron mikroskopuyla (SEM) incelenmiş ve profilometre ile de yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür.



Şekil 2. İleri geri aşınma test cihazı

2.2.Mikroyapı Çalışmaları

Metalografik işlemler için, krank milinden 25x15x10 mm boyutlarında numune kesilmiştir. Hazırlanan numuneler 400-2500 mesh aralığında zımparalanarak parlatmaya hazırlanmıştır ve 3 mikron Al_2O_3 ile parlatılmıştır. %3 nital ile dağlanarak mikro yapı görüntüleri çekilmiştir. Mikro yapı resimleri Nikon Eclipse 200 model optik ışık mikroskobu ile uzunlamasına ve kesitten alınmıştır.



Şekil 3. Zımpara cihazı (a) ve optik mikroskop (b)

2.3.Sertlik Ölçümü

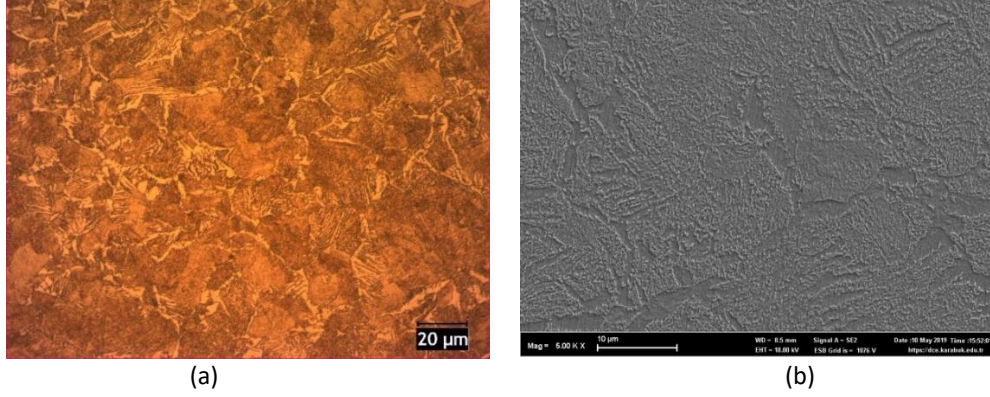
Nitrasyonlu krank mili numunelerinin yüzeyinden 0,20-5 kg aralığında 5 farklı yükte Vickers sertlik cihazında sertlik ölçümü yapılmıştır. Test sırasında kullanılan cihaz resmi Şekil 4’de verilmiştir. Test sırasında tepe açısı 136° olan elmas kare piramit uç kullanılarak HV 0.5 olarak sertlik ölçülmüştür.



Şekil 4. Vickers Sertlik Test Cihazı

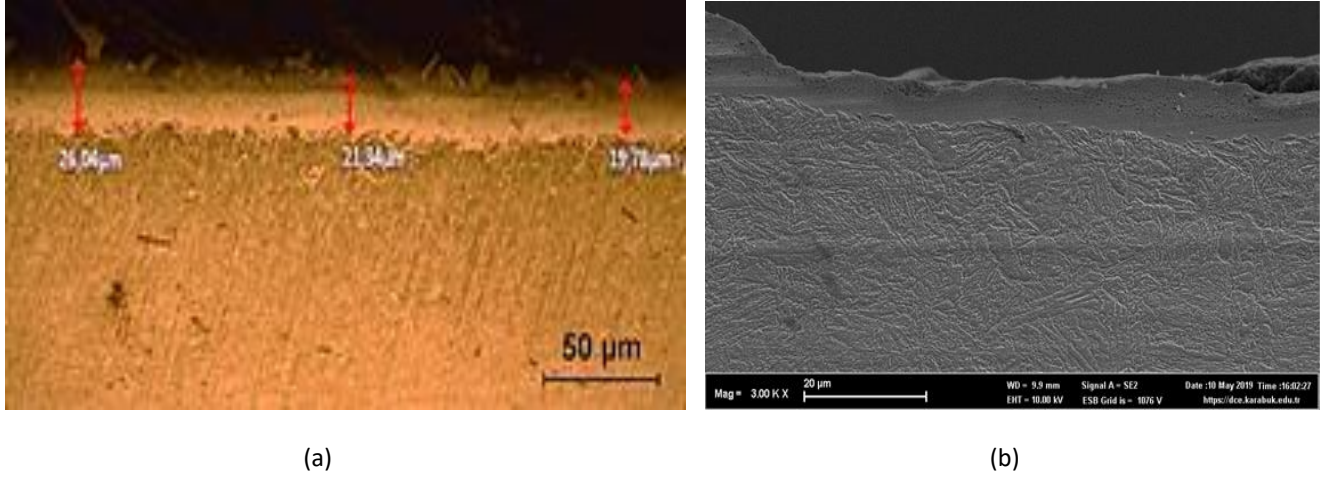
3. Bulgular Ve Tartışma

İncelenen krank millerinin nitrasyon öncesi alınan optik mikroyapı ve SEM görüntüleri Şekil 5’de verilmiştir.0,4 C içeren krank milinin yapısı yaklaşık %5 oranında ferrit ve geri kalan %95’lik kısmın perlit fazında olduğu gözlenmiştir.



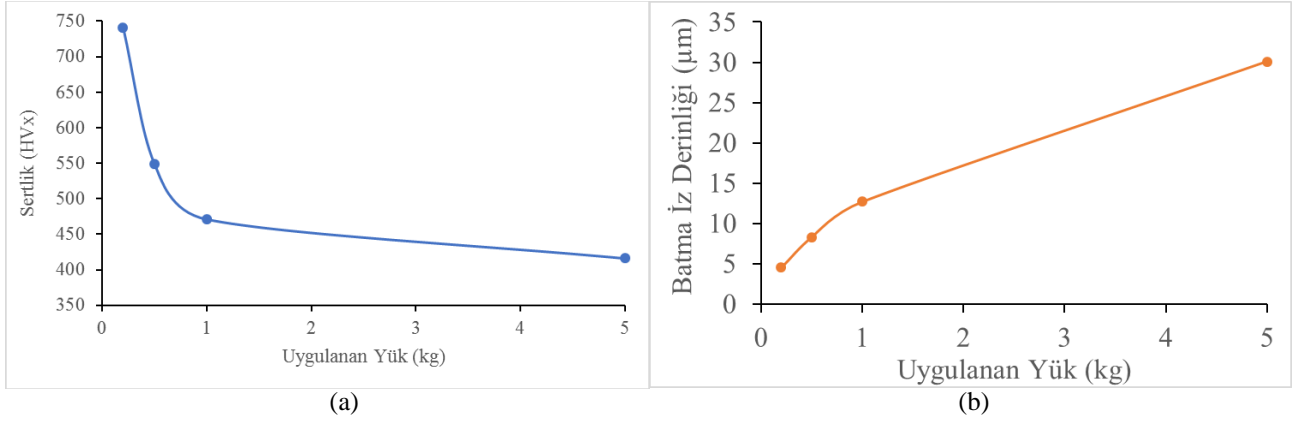
Şekil 5. Nitrasyonsuz (a) optik (500x) ve (b) SEM (5000x) görüntüleri.

Şekil 6, kesitten nitrasyon tabakasının optik ve SEM mikroyapısını vermektedir. Nitrasyon tabakası beyaz olup difüzyon tabakasını içermemektedir. Literatürde bahsedildiği üzere difüzyon tabakası açısından krank mili numunesinin kompozisyonunda Cr, Mo gibi güçlü nitritür yapıcılardan az miktarda, V elementinin çeliğin kimyasal analizinde hiç bulunmaması difüzyon tabakasının oluşmamasında büyük rol oynamaktadır. Şekil 6.’da görülen beyaz tabakanın kalınlığı ortalama 23 µm ölçülmüştür.

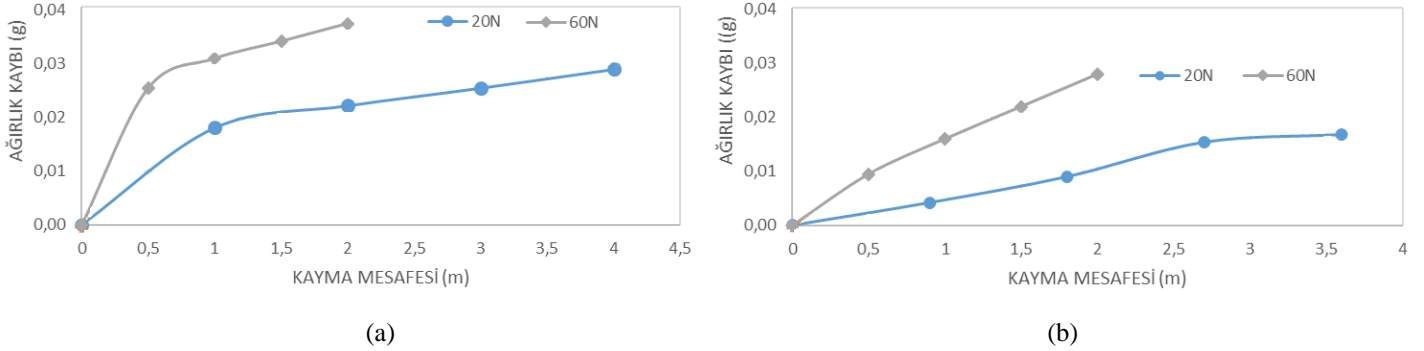


Şekil 6. Nitrasyon tabakasının (a) Optik ve (b) SEM görüntüsü.

Nitrasyonsuz numunenin ortalama sertlik değeri 384 HV0,5’dir. Nitrasyonlu numunelerin yüzeyinden farklı yükler altında alınan sertlik değerleri ve batma iz derinliği Şekil 7.’de verilmiştir. Nitrasyonlu numunenin yüzeyinden 5 kg yük altında alınan vickers sertlik izi nitrasyon tabakasını aşmış ana malzemeye ulaşıldığını göstermektedir.



Nitrasyonsuz ve nitrasyonlu numunelerin ağırlık kaybı değişimlerinin kayma mesafesi ile değişimi Şekil 8.'de verilmiştir. Nitrasyonsuz numune ilk 1 m ye kadar hızla artan aşınma ve daha sonra kararlı durumda gelişen aşınma meydana gelirken nitrasyonlu numune daha düşük aşınma hızında kararlı durum aşınması gözlenmiştir.



Şekil 8. (a) Nitrasyonsuz ve (b) Nitrasyonlu numunenin farklı yüklerde aşınma kaybının değişimi
 $\% \text{ Ağırlık kaybı} = (\text{ağırlık kaybı} / \text{ilk ağırlık}) \times 100$

Bu çalışmada, krank millerinde gaz nitrasyonu işleminin aşınma davranışına etkisinin araştırılmış olup elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Gaz nitrasyon işlemi sonrasında krank mili numunelerinin yüzeyinde ortalama $23 \mu\text{m}$ beyaz tabaka oluşumu görülmüştür.
- Yüzeyden yapılan mikrosertlik ölçümleri sonucunda yük arttıkça mikrosertlik değerlerinde belirgin düşüşler, buna ters orantı olarak da batma iz derinliğinde artma gözlenmiştir.
- Nitrasyonsuz numunede aşınma sonrası derin ve geniş yivler oluşurken nitrasyonlu numunede daha ince yiv oluşumu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra nitrasyonsuz numune aşınma yüzeyinde aşınma ürünlerinin yapışması meydana gelmiştir. Nitrasyonlu numunede aşınma deneyi sonrası yüzeyde oksit filminin oluştuğu tespit edilmiştir. Oksit filminin oluşumu aşınma direncini arttırdığı düşünülmektedir. Nitrasyonsuz krank mili numunelerinin aşınma direncine kıyasla nitrasyon uygulanmış numunelerde yaklaşık olarak %20 oranında aşınma direncinde artış görülmüştür.

Teşekkür

Yazarlar desteğinden dolayı Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinatörlüğüne (KBÜBAP-23-YL-012) teşekkür ederler.

Referanslar

- [1] Ş. Polat1 , Ş. H. Atapek , H. Topaç, Gaz Nitrasyon ile Yüzeyleri Sertleştirilmiş AISI 4140 ve DIN 1.2344 Çeliklerinde Mikroyapısal Karakterizasyon, 6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.
- [2] P. Blau, “ASM Handbook on Friction, Lubrication and Wear Technology Technology” ASM International, 1992.
- [3] M. Karabaşoğlu (2008) “Aşınma Deney Cihazı Tasarımı ve İmalatı” Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008
- [4] H. Czichos, “Tribology-A System Approach to the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear”, Elsevier, Amsterdam, 1987.
- [5] N. Axén, S. Hogmark and S. Jacobson, “Friction and Wear Measurement Techniques” Modern Tribology Handbook, 2001