DİZEL ENJEKTÖR MEMESİNİN SICAKLIK DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

A.Ergenç[1], O. Özener[2], G. Akpınar[3] , S.Eyüboğlu[4], A.Kaya [5], B.Karayel[6]

1. Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Otomotiv Ana Bilim Dalı, İstanbul – Türkiye, aergenc@yildiz.edu.tr
2. Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Otomotiv Ana Bilim Dalı, İstanbul – Türkiye, oozener@yildiz.edu.tr
3. Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Otomotiv Ana Bilim Dalı, İstanbul – Türkiye, gökhunakpinar@gmail.com
4. Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş., Güç Aktarma Çözümleri, Dizel Püskürtme Sistemleri Birimi, Bursa-Türkiye, sertac.eyuboglu@tr.bosch.com
5. Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş., Güç Aktarma Çözümleri, Dizel Püskürtme Sistemleri Birimi, Bursa-Türkiye, alper.kaya@tr.bosch.com
6. Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş., Güç Aktarma Çözümleri, Dizel Püskürtme Sistemleri Birimi, Bursa-Türkiye, burak.karayel@tr.bosch.com

Özet

Dizel motorlarında kullanılan ortak hatlı yüksek basınçlı yakıt püskürtme sistemlerinin önemli bir elemanı olan enjektör memesi belirlenen motor performans ve emisyon hedeflerinin sürekli olarak sağlanmasında büyük pay sahibidir. Enjektör memesi yanma odasında yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Bu nedenle sıcaklık özelinde memenin bulunduğu dinamik ortam koşulları, hem memenin tasarımında hem de meme malzeme seçiminde büyük rol oynamaktadır. Tasarım ve imalat aşamasından sonra geliştirilen memeler saha testleri için müşteriye gönderilmekte ve memenin maruz kaldığı sıcaklıklar ile meme malzemesinde meydana gelen sertlik düşüşleri incelenerek malzeme seçimi doğrulanmaktadır. Son yıllarda yeni nesil enjektörlerin çalıştığı motor koşulları sürekli olarak ağırlaşmakta ve meme malzemesinin maruz kaldığı sıcaklıklar değişmektedir. Bu durum malzemenin sertliği üzerine etkisi olan parametreleri daha iyi tanıma ve etki derecelerini tanımlama gereksinimi doğurmuştur. Bu çalışmada, 1.6 litre ortak hatlı yüksek basınçlı yakıt püskürtme sistemi kullanan bir dizel motorunda, yanma odasında yüksek sıcaklıklara yol açabilecek 3 farklı farklı motor test çevrimleri farklı süreler için denenerek, meme malzemesinin sertliğinde meydana gelen düşüşler incelenmiştir. Farklı test çevrimleri ve süreleriyle motor testlerine tabi tutulan memelerde yapılan araştırmalar neticesinde, enjektör memeleri için ağır çalışma koşulların ne olduğu tanımlanmış ve çalışma sırasında sertlik üzerine etkisi olan motor parametreleri analiz edilmiştir. Çalışma neticesinde doğru malzeme seçimi için en elverişli koşulların ve motor çevriminin ne olduğunun daha iyi anlaşılmasıyla beraber güvenilir tasarımlar yapılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dizel Motor, Enjektör, Sıcaklık, Sertlik

1 GİRİŞ

Günümüzde dizel motorlarda ortak hatlı yüksek basınçlı püskürtme (Common Rail) sistemleri motorun performansı ve emisyonlar açısından oldukça önem arz etmektedir. Püskürtme sisteminde ise yanma odası ile direk teması olan yüksek sıcaklık ve basınç şartlarına direk olarak maruz kalan ekipman ise enjektör memesidir. Enjektör memesinin motorda maruz kaldığı sıcaklıkları ve meme malzemesinin bu sıcaklıklar karşısındaki davranışını daha iyi anlamak, yeni tasarımlarda doğru kararlar alınmasını ve olası üretim ve geliştirme hatalarını engellemeyi sağlayacaktır [1].

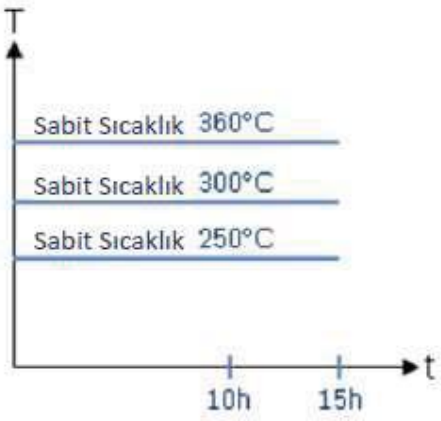
Motor üreticisine test için gönderilen memelerin çalıştırıldığı test çevrimiyle alakalı bilgi aktarımı sağlansa bile, motorda sıcaklığı etkileyen diğer parametrelerin bilgisi motor üreticisinden tam olarak edinilememekte ve bu durum görülen sıcaklıkların kök sebebini bulmada zorluk oluşturmaktadır. Malzemenin sertliğini etkileyen sıcaklık değerine ne şekilde maruz kaldığı sertlik davranışını etkilemekte ve maksimum deformasyonu sağlayacak senaryo bulunmaya çalışılmaktadır. Malzemenin sınır koşullarındaki sertlik durumu belirlenerek malzeme seçimi güvenilir hale gelmektedir. Bu çalışma kapsamında, meme malzemesinde sertlik

düşüşüne neden olacak sıcaklıklar fırın testleri ile simule edilmiş ve motorda farklı test çevrimleri kullanarak fırın testlerinin doğrulanması gerçekleştirilmiştir. Bu sayede hem statik şartlarda hem de dinamik şartlarda meme malzemesi daha iyi tanınmış ve doğru seçim için hangi yüklemelerin yapılması gerektiği belirlenmiştir.

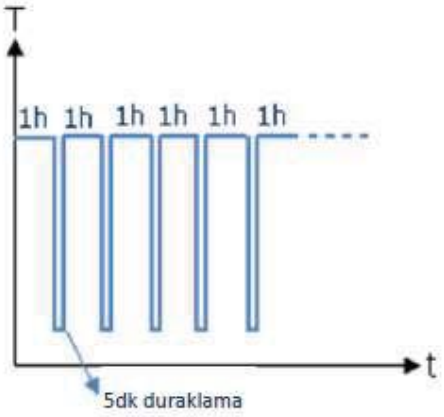
2 METOT

2.1 Enjektör Memesi Fırın Testleri

Bosch Ar-Ge laboratuvarında bulunan fırında, seri üretimden alınan memeler kullanılarak, farklı sıcaklıklarda sertlik düşüşleri, sabit sıcaklık altında farklı sürelerde meme malzemesinin davranışı ve sabit sıcaklıklarda farklı frekansla zorlanan memelerin sıcaklık davranışları incelenmiştir. İlk olarak sabit sıcaklık altında farklı test süreleri uygulanmıştır. Fırın içi test sıcaklıkları 300°C – 320°C – 340°C – 360°C – 380°C – 400°C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklıklar altında memeler fırın içinde 1h – 2h – 4h – 8h – 16h süreyle bekletilmiştir. Bu test tamamlandıktan sonra seçilen üç farklı sıcaklık değerinde fırın içinde memeler statik ve dinamik olarak ısıya maruz bırakılarak, daimi sıcaklık ve değişken sıcaklık arasındaki farklar anlaşılmaya çalışılmıştır. İkinci aşamadaki test çevrimlerinin sıcaklık değişimleri zamana bağlı olarak Şekil 1 ve 2 de verilmiştir.



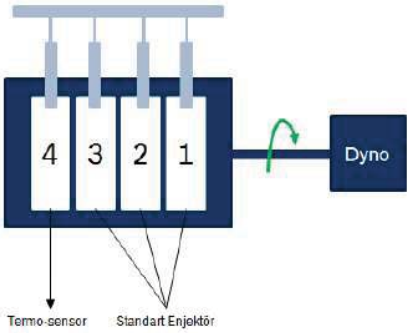
Şekil 1- Belirlenen 3 sıcaklığın uygulanma süresi- Statik Şart



Şekil 2- Belirlenen 3 sıcaklığın uygulanma süresi- Dinamik şart

2.2 Motor Test Sistemi ve Test Çevrimleri

Testlerde kullanmak üzere üniversitede bulunan dizel motorlar arasından DV6 jenerasyonu 1.6 HDI 75 HP dizel motor tercih edilmiştir. Motor kontrol ünitesi EDC16C34 seviye BOSCH kontrol sistemi ile kontrol edilmektedir. Motor test düzeneğinde yükleme/frenleme yapabilmek için, 120 kW 'a kadar frenleme yapabilen ve su ile tahrik edilen hidro-kinetik bir dinamometre kullanılmıştır. Motor testleri Yıldız Teknik Üniversitesi Motor Test Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Test sistemi şematik olarak Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3- Motor test sistemi

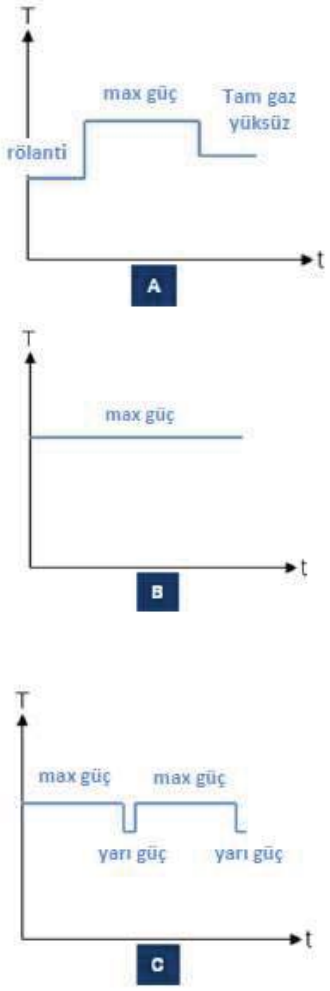
Tüm testler boyunca dört silindirden bir tanesine monte edilecek olan termo-enjektör, Bosch Ar-Ge tarafından Almanya fabrikasında üretilmiş olup, seri üretimden alınan aynı tip enjektöre K-tipi termo element monte edilerek hazırlanmıştır. Memesinin kubbe kısmına yerleştirilen termo element sayesinde motor içerisinde meme kubbesinin maruz kaldığı sıcaklıklar anlık olarak takip edilebilmektedir. Termo elemente ulaşan kabloların enjektör içerisinde geçtiği kanallar Bosch Türkiye Ar-Ge merkezinde tasarlanmıştır. Tüm testler meme sıcaklığı 1 Hz frekans ile

kaydedilmiştir. Termo-enjektör resmi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4- Termo enjektör resmi

Motor testleri esnasında uygulanan 3 farklı motor çevrim profili Şekil 5 te A, B ve C grubu testleri olarak verilmiştir. Her bir çevrim 2 şer saat olup toplam 2,6,10,14,18 ve 22 saat olacak şekilde tekrarlanarak testler tamamlanmıştır. Test çevrimlerine dair detaylı araştırma [3-7] arasında verilmiştir.

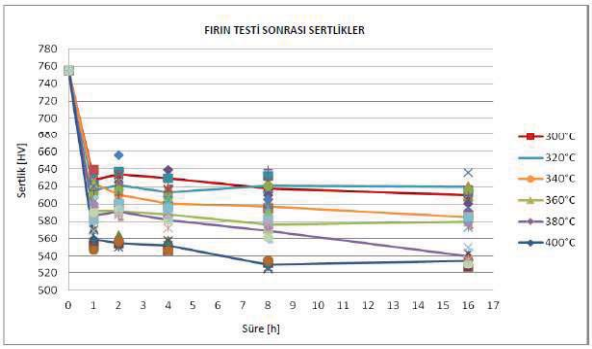


Şekil 5 – Motor test çevrimleri

3 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

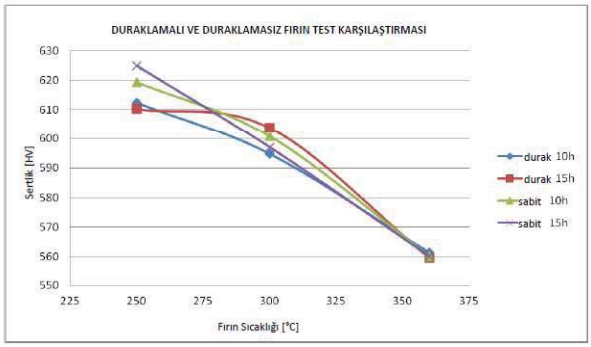
3.1 Fırın Test Sonuçları

Sabit sıcaklıklarda farklı sürelerde gerçekleştirilen statik test sonuçları aşağıda Şekil 6'da verilmiştir. Bu testte farklı sıcaklıklarda 1-2-4-8-16 saat sürelerle fırın içinde ısıtılmış olan memelerin sertliklerine incelenmiştir.



Şekil 6- Statik test sertlik değişimi

İlgili sonuç analiz edildiğinde meme malzemesinin maksimum sıcaklığa maruz kaldığı ilk 1 saatte en yüksek sertlik düşüşü yaşamış ve test süresi uzadıkça düşüş küçük oranlarla devam etmiştir. İkinci aşamada yapılan fırın testleri sonuçları ise 10 ve 15.saat için karşılaştırmalı olarak Şekil 7'de verilmiştir.

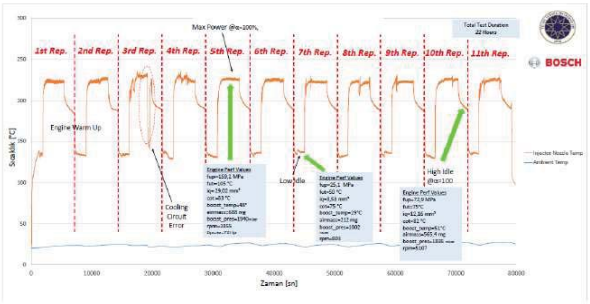


Şekil 7- İkinci aşama statik ve dinamik test sonuçları

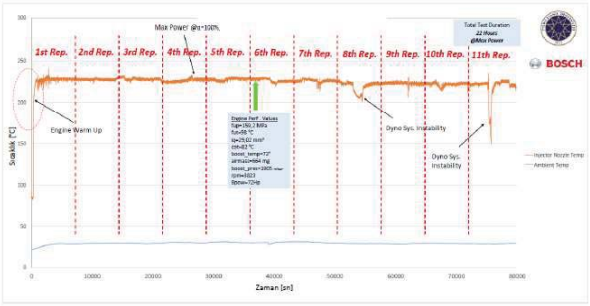
Tüm test gruplarının sertlik davranışlarına bakıldığında, meme malzemesinin sertlik düşüşünü etkileyen parametrelerden sıcaklık, zaman ve frekansın içinde en baskın karakterin maksimum sıcaklık olduğu, memenin bu sıcaklığa belli bir süre maruz kaldıktan sonra malzeme sertliğinin maksimum düşüşü yaşadığı değerlendirilmiştir.

3.2 Motor Test Sonuçları

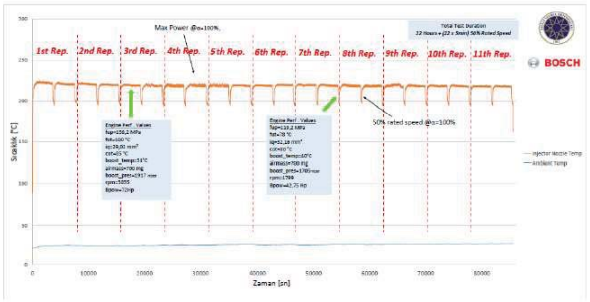
Motor testleri esnasında kayıt edilen sıcaklıklar için A,B ve C grubu-22 saatlik kayıt örneği Şekil 8-10'de verilmiştir.



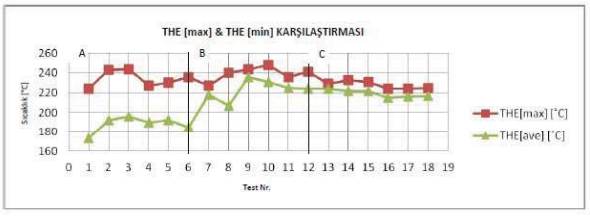
Şekil 8- A Grubu – 22 Saat test meme kubbe sıcaklık verisi



Şekil 9- B Grubu – 22 Saat test meme kubbe sıcaklık verisi



Şekil 10- C Grubu – 22 Saat test meme kubbe sıcaklık verisi



Şekil 11- Maksimum ve ortalama sıcaklıklar

Tüm testler esnasında elde edilen maksimum sıcaklıklar ve ortalama sıcaklıklar Şekil 11'de verilmiştir. Tüm sıcaklıklar A > B > C şeklinde dağılmakta olup, ilgili durum A grubunda değişken motor sıcaklıklarının test edilmiş olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Sıcaklık verileri ile meme sertlik arasındaki ilişkiye dair analizler Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12- % Sertlik düşüş oranların karşılaştırılması.

Tüm test gruplarında, 3 farklı silindirdeki memelerin ortalama sertlik düşüş oranları karşılaştırıldığında, C grubundaki memelerin en yüksek sertlik düşüşünü yaşadığı, bu düşüşün ortalama %11-12 civarında olduğu, B grubu ile C grubu arasında oransal olarak çok yüksek farklılık görülmediği (~1-2%) tespit edilmiştir.

Bu doğrultuda memenin motorda maruz kaldığı maksimum sıcaklığı görebilmek ve meme malzemesinin yaşayacağı maksimum sertlik düşüşünü tespit edebilmek adına gerçekleştirilmesi en uygun test çevrimi C test çevrimi olduğu değerlendirilmiş olup, sınır koşulları ölçebilmek için gerekli test süresi 10 saat olmakla beraber daha uzun testlerde dikkate alınmayacak değişiklikler gözlenmiştir. [2]

Gerçekleştirilen tüm testlerden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;

i) Meme malzemesinin sıcaklık davranışı ve sertlik düşüşü fırın testleri ile motor testlerinde benzerlik göstermektedir.

ii) Meme malzemesinde maksimum sertlik düşüşünün maksimum sıcaklıkla karşılaştığı ilk 2 saatte yaşandığı, 10. saate kadar düşüşün yavaşladığı ve 10 saatten sonra dikkate alınmayacak değişiklikler olduğu anlaşılmıştır.

iii) Motor testlerinde görülen en yüksek malzeme sertlik düşüşü C test çevriminde tespit edilmiş, memelerde ortalama olarak ~11-12% civarında sertlik düşüşü yaşanmıştır. Memenin ömrü boyunca önemli olan sıcaklık dayanımı açısından sertlik düşüşüne göre

C testinin uygulanmasının doğru olduğu değerlendirilmiştir.

iv) Rölanti şartında motorda meme malzemesinde, temperleme sıcaklığından daha düşük sıcaklıklar gözlemlenmesi sebebiyle malzeme sertlik değişiminin beklenmemesi gerektiği değerlendirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu proje 3130419 no'lu "*Düşük Maliyetli Meme Malzemesinin Yeni Nesil Diesel Motor Enjektörlerinde Yüksek Sıcaklık Şartlarındaki Kullanım Alanının Arttırılması*" isimli TÜBİTAK TEYDEB projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] A. Gökhun., *Dizel enjektör memesinin sıcaklık değişiminin incelenmesi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi , 2015.

[2] Bey E., Terzi E., Akpınar G., Alakoç Z., Ergenç A., Özener O., (2014). Düşük Maliyetli Meme Malzemesinin Yeni Nesil Diesel Motor Enjektörlerinde Yüksek Sıcaklık Şartlarındaki Kullanım Alanının Arttırılması, Nr.3130419 Tübitak Proje Raporu, Bosch San. ve Tic. A.Ş.

[3] E. Salles, A. Galdino, (2012). "Effects of Engine Brake Systes and Comparison between Europe and South America Applications", SAE International, 2012-36-0146. [11] F. Königsson,

[4] P. Stalhammar, H.-E. Angstrom, (2012). ''Controlling the Injector Tip Temperature in a Diesel Dual Fuel Engine'', SAE International Technical Paper 2012-01-0826.

[5] K. Alark, R. Morton, R. Carter, (2009). ''Study of Diesel Engine Performance Using High Sulphur Fuel'', SAE International Technical Paper 2009-01-1098.

[6] E. Schwarz, E. Danielson, W. Bryzik, (2000). ''NATO Qualification Test of Detroit Diesel 8V71-TA Engine at 530 BHP with Advanced Ceramic Components'', SAE International Technical Paper 2000-01-0524.

62

[7] R. C. Laboratory, Military Adaptation of Commercial Items Laboratory, Evaluation of the Code 4-430 Engine, Technical Report, US Army Tank-Automotive Command Research and Development Center .