

RADYATÖR BAĞLANTILARININ RADYATÖR DAYANIKLILIĞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Alper ALTINER*, Egemen BİLGE*

*Heksagon Mühendislik ve Tasarım A.Ş., KOCAELİ

ÖZET

Bu çalışmada hafif ticari araç soğutma sistemi geliştirme çalışmalarının bir bölümü olan radyatör bağlantılarının geliştirmesinden bahsedilmiştir. İlk olarak radyatör yüzey sıcaklık ölçümleri sunulmuştur. Yüzey sıcaklıklarında karşılaşılan farklılıklar sonucunda radyatör yan sac termal genleşmeleri incelenmiştir. Sonrasında üç farklı bağlantı alternatifinin yan sac uzamasına etkileri test edilmiştir. Araç üzeri testler sonrasında radyatör ve bağlantılarını içeren karkas yapı sıcaklık döngüsü ve üç boyutlu titreşim testlerine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak radyatör bağlantılarının radyatörün dayanıklılığına olan etkileri sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Radyatör, dayanıklılık, sıcaklık dağılımı, termal stres

THE ANALYSIS OF EFFECT OF RADIATOR MOUNTINGS ON THE RADIATOR DURABILITY

ABSTRACT

In this study, development of the radiator brackets, which are parts of the light commercial vehicle cooling system development, was mentioned. First of all, radiator surface temperature measurements were presented. As a result of non-homogeneous surface temperature, thermal expansion of the radiator side support was investigated. Afterwards, thermal expansion of the side support was tested with three alternative radiator brackets. After the vehicle level tests, thermal cycling and three dimensional vibration tests were performed to the radiator testing frame including radiator brackets. As a result, effects of the radiator brackets on the durability of the radiator were presented.

Keywords: Radiator, durability, temperature distribution, thermal stress

1. GİRİŞ

Her türlü hava ve yol koşulunda kullanılmakta olan hafif ticari araç tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli kriter dayanıklılıktır. Aracın dayanıklılığı, motorun ve motoru doğrudan etkileyen yardımcı sistemlerin performansına bağlıdır. İçten yanmalı motorların kullanıldığı araçlarda gittikçe sıklaşan yeni egzoz emisyon düzenlemeleri gereği ısı ve akışkan sistemlerin tasarımlarının aracın ömrüne olan etkisi daha da artmıştır. Egzoz emisyonlarını sağlamak için basıncı ve debisi yüksek hava ihtiyacı ve bu sayede küçük hacimli motorlardan elde edilen yüksek güçlere karşılık soğutma sistemi performansının da artması

gerekmektedir. Soğutma ihtiyacındaki artış, soğutma sistemi parçalarının ısı yüklerine karşı dayanıklılığını ve güvenilirliğini de etkilemektedir. Soğutma sisteminin önemli parçalarının başında radyatör gelmektedir ve radyatör bağlantılarının radyatör dayanıklılığı ve güvenilirliği üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Radyatör dayanıklılığı üzerine yapılan yayınlar incelendiğinde termal stres azaltma konusu iki ana başlık altında incelenmektedir: 1) Bağlantı, 2) Yan sac. Allied Signal Inc. firması radyatör ve soğutma modülü üzerindeki termal stresslere karşı çözüm olarak farklı bağlantı şekilleri geliştirmiştir [1][2]. Ford Motor Company de radyatör veya intercoolerlarda kullanılmak üzere stress azaltıcı bağlantı üzerine farklı çalışmalar

yürütmüştür [3]. Yan sac üzerine yapılan çalışmalardan en önemlisi ve günümüzde kullanılan Ford Global Technologies Inc. tarafından yürütülmüş olan yan sac üzerine açılan farklı kesiklikler ile termal strese çözüm bulunmuş olan çalışmadır [4].

Yapılan çalışmalar temelde iki ana başlık altında toplanmıştır:

- Araç üzeri testler
- Radyatör testleri

Araç üzeri testlerde ilk olarak radyatör yüzeyinin sıcaklık dağılımı incelenmiştir. Sıcaklık dağılımı radyatör yüzeyindeki bölgesel genleşme farklarını ve olası hata oluşma bölgelerini belirlemekte kullanılmaktadır. Sonrasında radyatör yan sacındaki uzama miktarları belirlenmiş ve hata oluşma ihtimalleri değerlendirilmiştir.

Radyatör testlerinde motor özelliklerine göre belirlenmiş olan en yüksek ve en düşük sıcaklıklar dikkate alınıp radyatörün değişik bağlantı şekillerine göre sıcaklık döngüsü ömrü belirlenmiştir. Bunların dışında değişik yol koşullarında belirlenmiş olan titreşim ve ivme verilerine göre üç boyutlu titreşim düzeneğinde radyatörün araç üzerindeki bağlantıları ile birlikte üç boyutlu titreşim dayanımı ömrü belirlenmiştir.

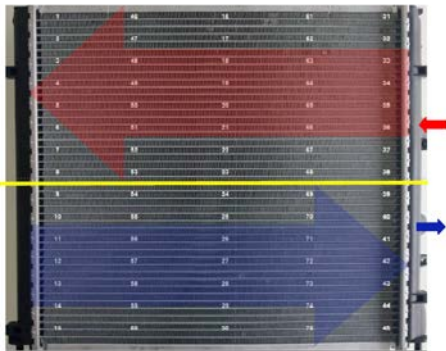
Sonuç olarak bu çalışmada soğutma sisteminin en önemli parçalarından biri olan radyatörün dayanıklılığını ve güvenilirliğini etkileyen ve bu nedenle tasarımında ve araç üzerine entegrasyonunda dikkat edilmesi gereken parametreler ortaya çıkarılmıştır.

2. ARAÇ ÜZERİ TESTLER

3.1 Radyatör Yüzeyi Sıcaklık Dağılımının

İncelenmesi

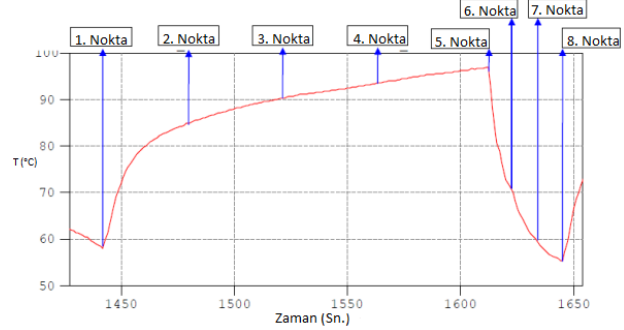
Radyatör yüzeyi sıcaklık dağılımı, aracın tam yüklü olduğu durumda 1.vites 20km/h, 2.vites 35km/h koşullarında, radyatör ön yüzüne 75 adet ısılıçift yerleştirilerek incelenmiştir. ısılıçiftlerin pozisyonları ve radyatör içi soğutma suyu akış doğrultusu Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. ısılıçift pozisyonları ve radyatör içi soğutma suyu akış doğrultusu

Test gerçekleştirilen iki araç hızında (20km/h, 35km/h) da motor suyu sıcaklıklarının yükselmesi ve dengeye gelmesi beklenmiş, son çevrim (1 çevrim: fan açma-

kapama arası süre) ölçümleri değerlendirmeye alınmıştır. Şekil 2'de, son çevrimde elde edilen örnek bir ısılıçift sıcaklık grafiği verilmiştir. Bu grafik üzerinden radyatör yüzey sıcaklığı değerlerini incelemek üzere sekiz farklı nokta alınmış ve bütün 75 ısılıçift sıcaklıkları bu noktalarda değerlendirilmiştir.

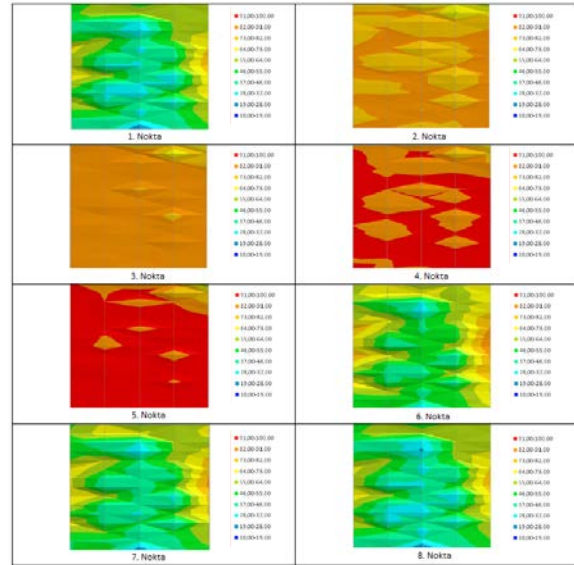


Şekil 2. Örnek ısılıçift Sıcaklık-Zaman Grafiği

Seçilen sekiz ölçüm noktasının özellikleri aşağıda verilmektedir:

1. Ölçüm Noktası : Fan kapandığı anda radyatör yüzey sıcaklığı
- 2-3-4. Ölçüm Noktaları : Fan kapanmasıyla açılması arasında geçen sürede eşit aralıklarla alınan yüzey sıcaklıkları
5. Ölçüm Noktası : Fan çalışmaya başladığı anda radyatör yüzey sıcaklığı
- 6-7. Ölçüm Noktaları : Fan çalışırken eşit aralıklarla alınan yüzey sıcaklıkları
8. Ölçüm Noktası : Fan çalışmasının sona erdiği anda radyatör yüzey sıcaklığı

Sekiz ölçüm noktası için oluşturulmuş sıcaklık konturları Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Radyatör yüzey sıcaklık konturları (1. Ölçüm noktasından 8. ölçüm noktasına kadar)

Şekil 3 incelendiğinde özellikle 31. ve 38. ısılıçift noktaları birbirine yakın olmasına rağmen en yüksek sıcaklık farklarının elde edildiği noktalar olmuştur. 31. ve 38. ısılıçift sonuçlarını daha iyi değerlendirebilmek için 8 ölçüm noktasını da değerlendirebileceğimiz Tablo 1 oluşturulmuştur.

Tablo 1. 31. ve 38. Isılıçift sıcaklık farkları

Nokta	1	2	3	4	5	6	7	8
Δt	20,22	26,19	25,15	26,47	40,06	24,06	20,34	18,34

Tablo 1'e göre 31. ve 38. ısılıçiftlerinde 18°C ile 40°C arasında sıcaklık farkı görülmektedir. Radyatör yüzeyindeki yakın noktaların sıcaklık farklarının bu kadar fazla olması radyatör üzerine düşen termal stresleri arttıracak, kullanım esnasında radyatör kazanlarında, yan saclarında veya tüplerinde olası dayanım problemlerine sebebiyet verebilecektir. Bu hataların önceden tespit edilebilmesi için radyatör üzerinde (özellikle gövde bağlantılarının yapıldığı yan sac bölgesinde) biriken stres değerlerinin ölçülüp değerlendirilmesi gerekmektedir.

3.2 Termal Stres Etkisinin İncelenmesi

Bu kısımda straingauge'ler yardımıyla radyatör yüzey sıcaklığı ölçümlerinde elde ettiğimiz sıcaklık farklarının yan saca ve yan sac üzerinde bulunan gövde bağlantılarına etkileri incelenecektir. Şekil 4'te görüldüğü gibi yan sacın ön yüzüne 3 adet ve arka yüzüne 3 adet olmak üzere toplam 6 adet yerleştirilmiştir.

Testler iki farklı yan sac özelliklerine göre gerçekleştirilmiştir.

Yansac 1: Tek parça

Yansac 2: İki parçalı / Tek slotlu



Şekil 4. Radyatör üzerinde strain ölçüm noktaları

Ayrıca radyatör bağlantılarının da strain değerlerine etkisi olabileceği değerlendirilmiş ve test matrisine gövde bağlantısı yapılmış ve yapılmamış koşullar da eklenmiştir. Sonuç olarak ortaya dört farklı test koşulu çıkmıştır:

Test 1: (Yansac 1 ve bağlantılı)

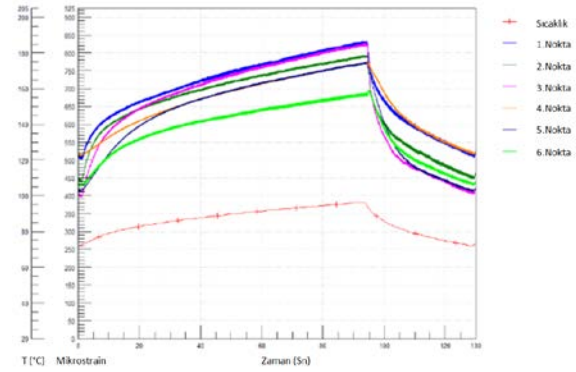
Test 2: (Yansac 1 ve bağlantısız)

Test 3: (Yansac 2 ve bağlantılı)

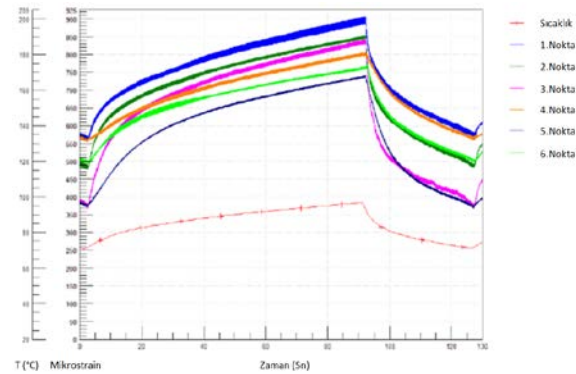
Test 4: (Yansac 2 ve bağlantısız)

Ölçümler, radyatör yüzey sıcaklık dağılımı testlerinde olduğu gibi araç soğutma sistemi sıcaklık döngüsü boyunca alınmıştır. Aşağıdaki şekillerde her test için her

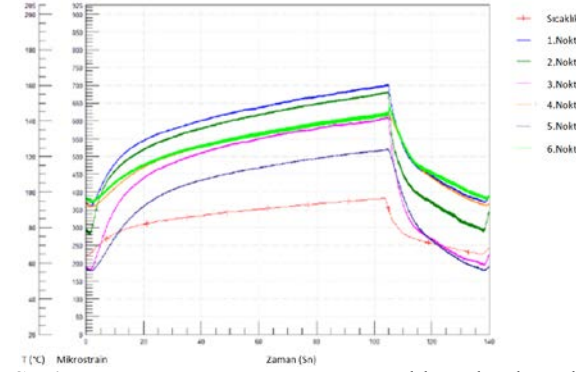
bir straingauge üzerinden ve motor soğutma suyu sıcaklığı için pozisyonlanan bir adet ısılıçiftten alınan toplam 7 ölçüm sonucu yer almaktadır.



Şekil 5. Test 1 - Zamana ve sıcaklığa bağlı noktasal uzama değerleri (Yansac 1, bağlantılı)



Şekil 6. Test 2 - Zamana ve sıcaklığa bağlı noktasal uzama değerleri (Yansac 1, bağlantısız)



Şekil 7. Test 3 - Zamana ve sıcaklığa bağlı noktasal uzama değerleri (Yansac 2, bağlantılı)

inceleyebilmek için değişik kullanım koşullarında elde edilen titreşim değerlerinin üç boyurlu titreşim tezgahında radyatöre uygulanmış halinin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

4.2 Titreşim Testi

Radyatör titreşim testleri, 3 boyutlu test düzeneğinde, radyatör araç ön bölümünü temsil eden bir karkas üzerine monte edilmiş olarak, gerçekleştirilmiştir. Testlerde titreşimin yanı sıra sıcaklık ve basınç etkisi de uygulanmıştır. Titreşim verisi değişik kullanım koşullarında araç üzerine yerleştirilen ivmeölçerler vasıtasıyla elde edilmiş ve kısa zamanda araç ömrü benzetimi yapabilmek için test düzeneği özelliklerine göre uyarlanmıştır.

Tablo 4. Bağlantı alternatiflerinin titreşim testi dayanımları

Bağlantı Őekli	Radyatör Ömrü
Bağlantı 1	271 saat
Bağlantı 2	342 saat
Bağlantı 3	336 saat

Önceki testlerde de görüldüğü üzere Bağlantı 1 en kısa dayanıma sahip bağlantı alternatifidir. Bu test koşulunda da Bağlantı 2 en yüksek ömre sahip bağlantı alternatifi olmuştur.

5. SONUÇ

Bu makalede, hafif ticari araç soğutma sisteminin bir parçası olan radyatör bağlantılarının radyatör dayanıklılığına etkileri incelenmiştir. Araç üzerinde radyatör yüzeyi sıcaklık dağılımı, termal stres testleri uygulanmış ve sonuçları paylaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında radyatör gövde bağlantısının radyatör ömrüne önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiş ve üç farklı bağlantı alternatifi oluşturulmuştur. Bu üç bağlantı alternatifi ile araç üzeri termal stress testleri tekrar edilmiş, sıcaklık döngüsü ve üç boyutlu titreşim testleri yapılmıştır. Tasarlanan bağlantıların radyatör üzerindeki pozisyonunun (yan sac, kazan) ve Őeklinin (tek braket, iki braket) radyatör dayanımına olan etkileri incelenmiştir. Önerilen üç bağlantıdan ikisi testlerden kabul edilebilir sonuçlar elde etmiştir. Sonuç olarak radyatör ve araç gövdesi arasındaki bağlantının, aracın ve motorun ömrünü etkileyen soğutma sisteminin önemli bir parçası olan radyatörün dayanımını ve güvenilirliğini doğrudan etkilediği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Christensen, S.S., 2000, "Radiator Charge Air Cooler and Condenser Mounting Method", US6029345
2. Beldam, R.P., 1998, "Radiator Thermal Expansion Joint and Method for Making the Same", US6129142
3. Richardson N.K., 1999, "Heat Exchanger", US5954123
4. Young, D.L., Hirman, J., Rhodes, E.E., 1992, "Apparatus for Producing a Stress Relieving Zone in a Heat Exchanger", US5165153
5. Mao, S., Cheng, C., Li, X., Michaelides, E.E., 2010, "Thermal Structural Analysis of Radiators for Heavy-Duty Trucks", Applied Thermal Engineering, Vol. 30, pp. 1438-1446.

