

MOTOR TERMOSTAT CONTASINDA MEYDANA GELEN KALICI ŞEKİL DEĞİŞİKLİKLERİNİN DENEYSSEL OLARAK İNCELENMESİ

*Rumeysa YILDIZ **

*Erol SOLMAZ **

*Ahmet KUTLU ***

*Savaş KAYACI ****

Alınma: 09.04.2018; düzeltme: 10.12.2018; kabul: 09.01.2019

Öz: Bu çalışmada, araç motor termostatlarında kullanılan farklı malzeme özellikleri ile üretilen contaların kalıcı şekil değişimlerinin araştırılması ve incelenen malzemeler arasında en iyi olanın ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. İncelenen problem, üretilen contaların kalıcı deformasyon oranının yüksek olmasıdır. Bu durum kullanılan EPDM kauçuğun uygun üretim parametrelere göre üretilmediğini göstermiştir. Uygun parametreyi bulmak için ASTM D395 testi uygulanmasına karar verilmiştir. Numune olarak X,A,B,C grubu olarak tanımlanmış dört tane kauçuk grubu kullanılmıştır. Bu gruplardan X sülfür diğerleri peroksit vulkanizasyonu ile üretilmiştir. Hazırlanan numuneler teste tabi tutulduğunda peroksitle vulkanize edilmiş numunelerin, sülfürle vulkanize edilmiş numunelere göre daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Test sonucuna göre kauçuğun üretiminde vulkanizasyon sistemi değiştirilerek peroksitli vulkanize kauçuk türü kullanılmaya başlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Elastomer, Kauçuk, Kalıcı Şekil Değişikliği, Yaşlandırma, Vulkanizasyon, EPDM

Experimental Investigation of Permanent Shape Deformations Formed on Engine Thermostat Seal

Abstract: The aim of this research is to investigate permanent shape deformations of seals produced by different material properties using in the vehicle engine thermostats and to find out the best one among the investigated materials. Considering problem, the seals produced have high permanent shape deformation rate. This has been indicated that the EPDM rubber used was not produced due to necessary production conditions. Application of the ASTM D395 test has been decided to find out the best production conditions. Four different types of rubber, which were called as X, A, B, C, have been used as a sample. In these types, X was produced by the sulphur vulcanisation and others produced by the peroxide vulcanisation. When the samples prepared was tested, the samples, which were produced by the peroxide vulcanisation, were the long lasting as compared with the samples, which were produced by sulphur vulcanised. Due to result of these tests, the vulcanisation system has changed in the rubber production and then the rubber type with peroxide vulcanisation has begun to be used.

Keywords: Elastomer, Rubber, Residual Deformation, Aging, Relaxation, Peroxide Vulcanisation, Sulphur Vulcanization, EPDM

1. GİRİŞ

Motor aşınmalarının çoğu ilk hareket anında gerçekleşir. Aşınmalar ve yakıt sarfıyatı azaltılması amacıyla motor sıcaklığının bir an önce uygun değere gelmesi istenir. Motor sıcaklığının hızlı bir şekilde istenilen değere gelmesi için termostat kullanılır. Termostat, su soğukken radyatöre giden akışı keserek, suyun motor bloğu içinde devir daim yapmasını sağlar. Bu şekilde soğutma işlemi durdurulur ve motor hızlı bir şekilde istenilen sıcaklığa ulaşır. Motor

* Uludağ Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Görükle-Bursa

** Kırsart Otonotiv Parçaları San. ve Tic. A.Ş.

***K-Enstitü Mühendislik

İletişim Yazarı: Rumeysa YILDIZ (yldzrumeysa@gmail.com)

ısındıktan sonra, sıcaklığa duyarlı termostatta su kanalı açılır ve suyun radyatöre geçişi serbest bırakılır.

Soğutma suyunun devir daim yapması esnasında sistemden sızması önemlidir. Çünkü soğutma suyunun azalması ileri zamanlarda motorun su kaynatması gibi çeşitli arızalara yol açabilir. Bu sebeple kullanılan contalar sızdırmazlık için önemlidir. Özellikle soğutma sıvısının tipine göre conta malzemeleri çalışmaları yapılmıştır. Örnek olarak; Wilson (2000), çalışmasında silikon, EPDM, HNBR ve FKM kauçuk numunelerini konvensiyonel soğutucu, organik asit teknolojisi (OAT) ve çeşitli formülasyon içeren soğutucular (Benzoik asit, Etilheksagonik, Mono asit ve Hibrit soğutucu) ile test ortamında karşılaştırarak incelemiştir. Test düzeneğinde ASTM D471 standardı esas kabul edilmiştir. Testte yüksek sıcaklık 150°C, şartname sıcaklığı 125°C ve normal çalışma sıcaklığı 110°C olarak üç parametre belirlenmiştir. Bu test sıcaklıklarında kauçuk numunelerinin hacim değişikliği, sertlik değişimi, gerilme dirençleri ve uzama değişimi gözlemlenmiştir. Yine Wilson ve Co (2001), çalışmasında FKM, EPDM, Silikon (VMQ), HNBR kauçuk numunelerini konvensiyonel, içine %5 oranında yağ eklenmiş hibrit ve OAT soğutucu sıvıları içerisinde belli bir süre içerisinde incelemiştir. Numunelerin farklı soğutucu sıvı ortamı ve yüksek (150°C) ve düşük (125°C) sıcaklıklarda değişen veya değişmeyen fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır.

Literatürdeki çalışmalarda soğutma sistemlerinde kullanılan farklı kauçuk türlerinin, çeşitli soğutma sıvılarında ve farklı sıcaklıklarda fiziksel özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada ise contada yaşanan kalıcı deformasyon probleminden yola çıkılarak kauçuk türü yerine vulkanizasyon türü ve parametreleri değiştirilmiş ve üretilen contaların kalıcı deformasyonları incelenmiştir. Bu şekilde üretilen malzemelerden en iyi sonucu verenin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Metot olarak, biri mevcutta sülfür vulkanizasyonu ile üretilen conta grubu olmak üzere toplam dört adet numune grubu hazırlanmıştır. Diğer numune grupları peroksit vulkanizasyonu ile üretilmiş, ancak basınç parametresi sabit tutularak sıcaklık ve zaman parametreleri değişken olarak kullanılmıştır. Her bir numune grubunda üç adet EPDM kauçuk conta bulunmaktadır. Gruplar sırasıyla X,A,B,C olarak tanımlanmıştır.

Test yöntemi olarak ASTM D395 metot B seçilmiştir. Test uygulandıktan sonra her bir numune için kalıcı deformasyon oranları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu kalıcı deformasyon oranı en düşük olan peroksit vulkanizasyonu ile üretilen B grubu olmuştur.

2. MOTOR SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Mekatronik teknolojisinin otomotiv motoru, şanzıman ve şasi alt sistemlerine uygulanması, geliştirilmiş araç performansı, yakıt ekonomisi, egzoz emisyonları ve yolcu güvenliğine katkı sağlamıştır. Bu tür mekatronik sistemlerde, araçların çalışmasını sürekli olarak izlemek ve düzenlemek için çeşitli sensörler, yerleşik kontrol cihazları ve aktivatörler kullanır. Örneğin, bir kıvılcım ateşleme motoru, elektronik gaz kelebeği kontrolü, yakıt enjektörleri, egzoz gazı devridaim valfi ve yanma işlemini düzenlemek için elektronik kıvılcım kontrol sensörüne sahip olabilir. Ancak, otomotiv soğutma sistemi ve termal kontrol parçaları, daha yüksek motor ısı verimliliği elde etmek için önemli ölçüde yeniden tasarlanmamıştır (Visnic, 2001).

Su soğutma sistemi, Şekil 1'de gösterildiği gibi su ceketleri, sirkülasyon pompası, fan, termostat, bağlantı boruları ve hortumları, radyatör ve radyatör kapağı gibi ana bileşenlere sahiptir (Heywood,1988). Bir bakır emdirilmiş balmumunda, kendiliğinden kapanan bir valf veya termostat, radyatörden geçen akışı kontrol ederek soğutma sıvısı sıcaklığını düzenler. Bu cihaz motor soğutma sıvısı sıcaklığına duyarlıdır (Zou,1999). Sistemde bulunan su pompası soğutma sıvısını sistemden geçirir. Sistemde pompanın devir hızı, motorun devir hızı ile doğru orantılıdır. Soğutma sistemi, hem sabit durum hem de sürüş sırasında motorun bileşen sıcaklıklarını öngörülen işletim aralıklarında tutacak şekilde tasarlanmalıdır. Akıllı bir termostat valfi, radyatörden sıvı akış oranını ayrıca özel ısı transferi için bypass ayarlayarak motorun

çalışma sıcaklığının düzenlenmesinde rol oynar. Termostat valfi burada bir servo motor ünitesiyle kontrol edilebilir.



Şekil 1:
Termostat

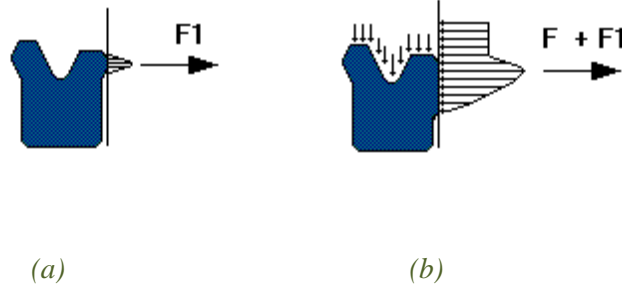
3. KAÜÇUK ve KAÜÇUK CONTALAR

Kauçuk, temel tropik bitkilerin sütümsü öz suyundan (lâteks) doğal halde ya da petrol ve alkolün bileşimlerinden suni olarak elde edilen bir malzemedir. Esasen kauçuk terimi normalde Hevea Brasiliensis ağacından elde edilen malzemeye karşılık gelmekte olup, günümüzde ise bu terim uygulanan kuvvetin serbest bırakılmasıyla tekrar eski konumuna geri dönebilen malzemeler olarak adlandırılmaktadır (Anonim,1989). Yapılan çalışmalarda, kauçuk maddesindeki uygun üretim koşullarından dolayı vulkanizasyon sürecinin keşfi gerçekleşmiştir. Vulkanizasyon kauçuk ve sülfür arasındaki günümüzde dahi halen tam olarak anlaşılabilen bir reaksiyonlar kompleksidir. Bu reaksiyonlar uzun bir miktar yer değiştirme enerjisine sahip moleküllerin birbirine bağlanıp meydana gelen ağ örgüsü sayesinde yer değiştirmeyen yapının elde edilmesidir (Savran,2001). Bu reaksiyon sonucunda kauçuk molekül zincirleri arasında bağlanma oluşur. Böylelikle uygulanan dış kuvvet altında zincirlerin birbiri üzerinde kayması önlenerek istenilen elastik özellik malzemede sağlanır. Karışıma katılan kükürt miktarına göre (%0,5- %5) yumuşak kauçuk, yüksekse (%25-%35) sert kauçuk elde edilir.

Kauçuk, esnekliği ve esnek davranışı nedeniyle çok iyi sızdırmazlık özelliklerine sahiptir. Kimya ve diğer mühendislik endüstrilerindeki en zorlu ortamlarda (yağ, su ve gaz) kullanılan conta malzemesi için kauçuk en iyi seçimdir. Çalışmada kullanılan EPDM kauçuk, yıpranmaya karşı mükemmel direnci nedeniyle kimyasal ve madencilik sektörü çevrelerinde kırılmaz kauçuk olarak adlandırılır. Özellikle yüksek sıcaklıklarda kalıcı deformasyon düşüklüğü özelliği düzgün bir şekilde montaj edildiğinde iyidir. EPDM kauçuğun 200°C'ye kadar ısı direnci vardır (Chandrasekaran,2010).

Contalarda profil ve malzeme seçimi sızdırmazlık özelliği başlıca etkileyen faktörlerdir. Sızdırmazlık fonksiyonu, bu amaç için kullanılan elemanın yüzeye yeterli kuvvet uygulaması halinde gerçekleşebilir. Sızdırmazlık kuvvetleri iki bölümde incelenir.

Şekil 2'de (Areyyan, 1999) F₁ sistem basıncının sıfır olması halinde sızdırmazlık elemanının yüzeye uyguladığı ön sızdırmazlık baskı kuvvetidir. Bu kuvvetin yeterli olmaması halinde sızdırmazlık sağlanamaz. Kalıcı deformasyon, malzeme sertliği ve eleman geometrisi bu kuvvetleri etkiler. F ise sistem çalışma basıncına geçtikten sonra sızdırmazlık elemanının yüzeye uyguladığı sistem sızdırmazlık baskı kuvvetidir. Bu kuvvetin sızdırmazlık için yetersiz olması söz konusu değildir çünkü sistem basıncı mevcut F₁ kuvvetine ilave kuvvet oluşturur. Sızdırmazlık elemanının geometrisi oluşacak bu kuvvetin büyüklüğü üstünde rol oynar. Bu kuvvetin artması halinde dinamik yüzeylerle temas eden noktalarda aşınmalar başlar.



Şekil 2:

a: Sistem basıncı sıfırken contanın yüzeye yaptığı kuvvet
b: Sistem basıncı ile birlikte contanın yüzeye yaptığı kuvvet

F_1 ön baskı kuvvetinin yeterli düzeyde olması için, özellikle soğuk ortamlarda kalıcı deformasyonu ve sertlik değişimi az olan malzeme seçimine gitmeli, kalıcı deformasyonu yüksek olan malzeme kullanımı zorunlu olması halinde yardımcı malzemelerden faydalanarak kalıcı deformasyon etkisi mümkün oranda azaltılmalıdır. Ürün dudak yapısı ve profil yardımıyla yeterli ön baskı kuvveti elde edilmeli, basınca duyarlı profil seçilmelidir (Arevyan, 1999).



Şekil 3:
EPDM Conta

4. DENEYSEL METOT

Müşteri tarafından Kırpart'a bildirilen probleme göre contanın 2 yıl olan garanti ömrü boyunca kalıcı deformasyon istenmemekteydi. Ancak müşteride devreye alma testleri sırasında motor üzerinden contalar sökülüp ölçüldüğünde kalıcı deformasyona uğradığı tespit edilmiştir. Belirli bir zaman aralığında, belli bir sıcaklık ve ortamda, üzerine belli bir yük uygulanarak sıkıştırılan malzemenin, sıkıştırma işlemi sonlandırıldıktan sonra uğradığı yüzde cinsinden deformasyona kalıcı deformasyon oranı denir.

Kalıcı deformasyon oranı ölçüm metodları ASTM D395 standardında bulunmaktadır. ASTM D395 03 'e göre kısa bir silindirik test parçası, bir sıkıştırma cihazında sabit bir kuvvet ve sürede belirli bir sıcaklıkta sabit bir süre için tutulur. Sıkıştırma kuvveti kaldırıldıktan 30 dakika sonra kalıcı deformasyon ölçümü yapılır (Gent, 2001).

Test uygulama işlemleri sırasıyla numunelerin hazırlanması, test uygulaması, ölçümlerin yapılması ve ölçümlerin karşılaştırılmasıdır. Numuneler 4 gruba ayrılmıştır. Her grupta 3 adet parça bulunmaktadır. Test uygulandıktan ve ölçümleri yapıldıktan sonra en az kalıcı deformasyona sahip olan numune grubu belirlenecek ve üretildiği vulkanizasyon parametrelerine göre üretim prosesi ve teknik dokümanlar düzenlenecektir.

4.1 Kalıcı Deformasyon Hesabı

ASTM D395-03 standart test metodunda belirtilen kalıcı deformasyon hesabı:

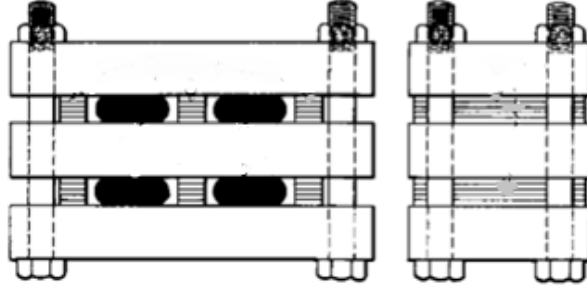
$$CS = (t_0 - t_i) \div (t_0 - t_n) \times 100 \quad (1)$$

CS: Kalıcı Deformasyon Oranı

t_0 : İlk yükseklik (mm)

t_i : Test sonrası yükseklik (mm)

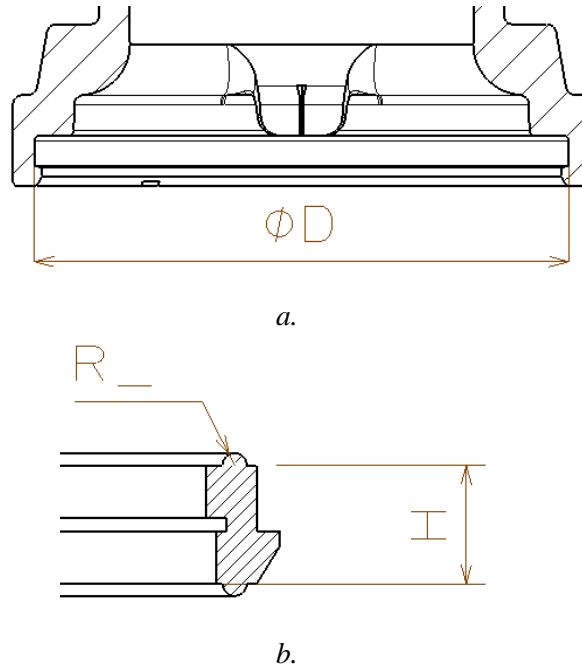
t_n : Sınırlayıcı kalınlık (Spacer yüksekliği) (mm)



Şekil 4:
ASTM D395 Test Metodu

4.2 Numunelerin Hazırlanması

Termostat contasının kesit ve detayındaki ölçülen boyutlar Şekil 5 de verilmiştir. Contanın ölçü aralıkları Tablo 1’de belirtilmiştir.



Şekil 5:
a. Conta kesit görünümü b. Conta detay görünümü

Tablo 1. Contanın ölçü aralıkları

ÖLÇÜ	MAKSİMUM(mm)	MİNİMUM(mm)
R	0,6	0,4
H	5,92	5,68
D	53,3	53,1

İlk olarak test edilecek kauçuk numuneleri hazırlanmıştır. Kauçuk numune üretim parametreleri Tablo 2’de verilmiştir. Mevcutta üretilen conta malzemesi sülfür vulkanizasyonu ile üretilmiş EPDM kauçuktur. Bu malzemeden üç adet numune alınmıştır. Ayrıca peroksit vulkanizasyonu ile üç farklı sıcaklıkta, üçer adet numune EPDM kauçuk üretilmiştir. Üretilen numunelerin conta tasarımı aynıdır. Grup X ile grup A,B,C arasında vulkanizasyon türü farkı vardır. Diğer grup A,B,C ise tabloda görüldüğü gibi aynı vulkanizasyon türü ile ancak farklı sıcaklık ve zaman parametreleri kullanılarak üretilmiştir.

Tablo 2. Test numune üretim parametreleri

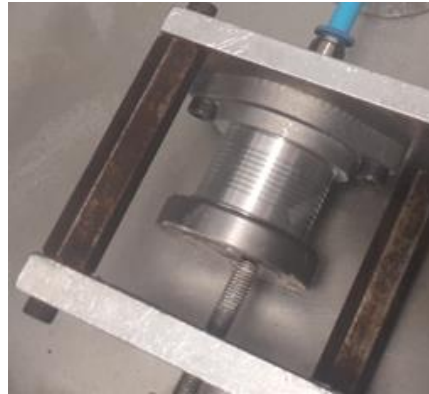
GRUP	MALZEME	NUMUNE ADEDİ	VUL.TÜRÜ	SICAKLIK (°C)	BASINÇ (Bar)	ZAMAN (s)
X	EPDM	3	Sülfür	200	250	180
A	EPDM	3	Peroksit	190	250	200
B	EPDM	3	Peroksit	210	250	180
C	EPDM	3	Peroksit	200	250	190

Test uygulamasından önce üretilmiş numunelerin her birinin yükseklik, sertlik ve hacim değerleri ölçülmüştür. 3D data üzerinde ölçülen hacim $1,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ ’tür. Test uygulamasından önce kauçuk sertlikleri ve ölçülen hacimler Tablo 3’teki gibidir.

Tablo 3. Test numune sertlik değerleri

Grup Adı	Sertlik (IRHD)	Hacim (10^{-6} m^3)
X	60	1,209
A	65	1,205
B	65	1,207
C	65	1,203

Test şartları müşteri şartnamesinde belirtilen sıcaklık, zaman ve ortam parametrelerine göre ayarlanmıştır. Şartnameye göre contaların montajlı olarak 150°C ’de G40 antifiriz içerisinde 168 saat boyunca teste tabi tutulması gerekmektedir.



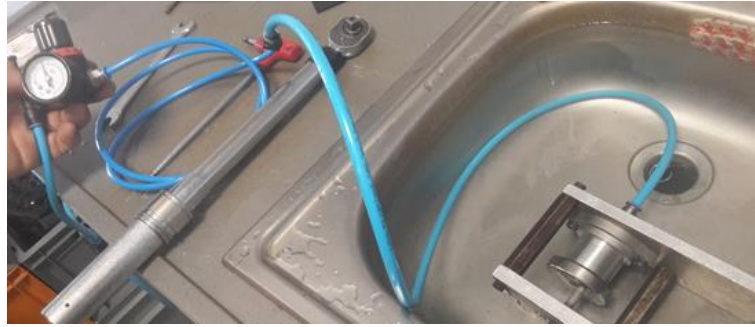
Şekil 6:
Monte edilmiş test aparatı

Test uygulanırken, 12 tane numune sıralı olarak aparata yerleştirildi ve aparatın üzerine hangi grup hangi sıradan başlıyorsa grup adı yazıldı. Hazırlanan aparat etüv içerisine konulup 150°C ’de 168 saat bekletilmiştir. Test uygulandıktan sonra deney parçalarının tekrar yükseklik, sertlik ve hacim değerleri ölçülmüş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Test öncesi ve sonrası

ölçülen değerler arasında en az fark bulunan numune contalar ikinci bir teste tabi tutulmak üzere ayrılmıştır. Ayrıca yine bu contaların yüzeyleri ile monte edildikleri yüzey arasında herhangi bir sızıntı olmadığı görülmüştür.

Uygulanan ikinci testte ise üzerinde contanın bulunduğu test aparatı iki plaka arasına cıvatarla sabitlenmiştir. Her gruptan üç adet numune 11 Nm tork ile Şekil 6'de gösterilen alüminyum test aparatına monte edilmiştir. Montajı yapılan her numune contası sıcaklığı 150°C olan soğutucu sıvı ortamında 168 saat boyunca bekletilmiştir.

Test düzeneği Şekil 7'de verilmiştir. Sabitlenen aparatın içinden sıkıştırma kuvveti oluşturması için 3,2 bar basınçta hava geçirilmiş ve yine 150°C'deki soğutucu sıvı ortamında 168 saat bekletilmiştir. Bekletme süresi sonunda uygulanan yaşlandırma testlerinden sonra sızdırmazlık problemi ile karşılaşılmaştır.



Şekil 7:
Test düzeneği

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Test başlangıcında numunelerin ilk yükseklikleri (t_0) 5,85 mm'dir. Test sırasında contaların üzerinde quadrant noktalarından olacak şekilde 4 ölçüm alınmıştır. 4 ölçümün ortalama değeri hesaplanmış, devamında bulunan ortalama değerlerin de genel ortalama değerleri alınmış ve başlangıç değerlerine göre değişim farkı hesaplanmıştır. Deney sonucunda numune parçaların ölçüm değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Test ölçüm değerleri

Numune	H_0 (mm)	Ölçüm1 (mm)	Ölçüm2 (mm)	Ölçüm3 (mm)	Ölçüm4 (mm)	Ortalama (mm)	Genel Ortalama (mm)	Fark (%)
X1	5,85	5,05	5,05	5,05	5	5,038	5,05	-13,7
X2	5,85	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05		
X3	5,85	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05		
A1	5,85	5,2	5,25	5,25	5,25	5,24	5,25	-10
A2	5,85	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25		
A3	5,85	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25		
B1	5,85	5,35	5,4	5,45	5,4	5,4	5,36	-8,4
B2	5,85	5,3	5,4	5,4	5,4	5,38		
B3	5,85	5,25	5,3	5,3	5,3	5,29		
C1	5,85	5,25	5,3	5,3	5,35	5,3	5,3	-9,4
C2	5,85	5,3	5,35	5,3	5,25	5,3		
C3	5,85	Numuneden ölçüm alınamamıştır.						

Tablo 4'te belirtilen her gruba ait genel ortalama değerleri göz önüne alınarak her grubun kalıcı deformasyon yüzdeleri eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda sınırlayıcı

kalınlık olan Spacer yüksekliği 5.00 mm alınmıştır. Test sonrası kauçuk sertliklerinde değişimler Tablo 5’te görülmektedir. Elde edilen kalıcı deformasyon değerleri Tablo 6’da, hacim değişimleri ise Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 5. Test öncesi ve sonrası sertlik değerleri ve farkı

Grup Adı	Testten Önce	Testten Sonra	Fark (%)
	Sertlik (IRHD)	Sertlik (IRHD)	
X	60	66,9	11,5
A	65	60,9	-6,3
B	65	61,3	-6,2
C	65	60,4	-7,1

Tablo 6. Kalıcı deformasyon değerleri

Grup	Kalıcı Deformasyon Değeri (%)
X	94,11
A	70,60
B	57,54
C	64,70

Tablo 7. Hacim değişim değerleri

Grup Adı	Testten Önce	Testten Sonra	Fark (%)
	Hacim (10^{-6} m^3)	Hacim (10^{-6} m^3)	
X	1,209	1,329	10
A	1,205	1,277	6
B	1,207	1,243	3
C	1,203	1,251	4

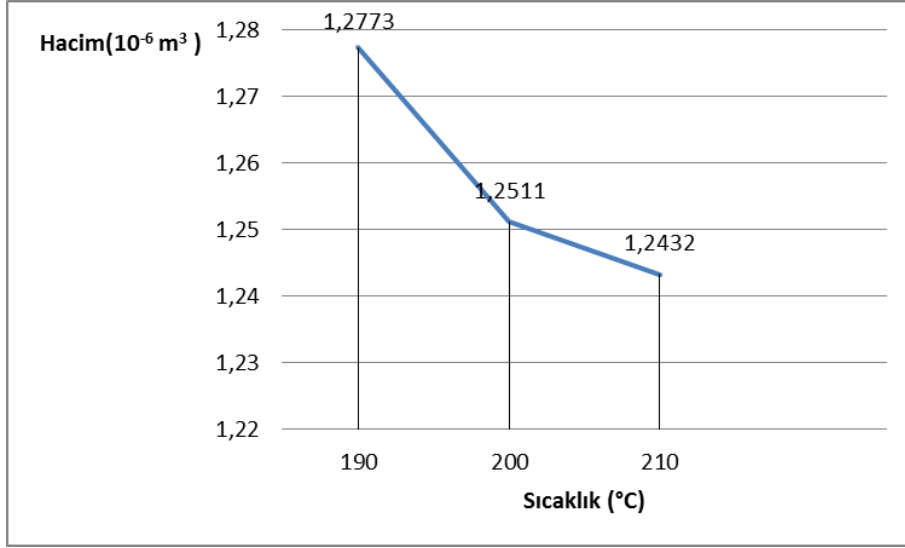
Sülfür ile vulkanize edilmiş X numuneleri 5,85 mm olan yüksekliği, test sonrası 5,05 mm’ye düşerek %94,11 oranında kalıcı deformasyona uğramıştır. Bu oran numuneler arasında uygulanan kuvvet sonrası kalıcı şekil değişikliğine en fazla uğrayan grubun X numunesi olduğunu göstermektedir.

Peroksitle vulkanize edilmiş A grubu numuneleri test sonrası X grubu numunelerine göre daha iyi kalıcı deformasyon performansı göstermiştir. Ancak peroksit vulkanize grupları arasında %70,60 ile en fazla kalıcı deformasyona uğrayan grup olmuştur.

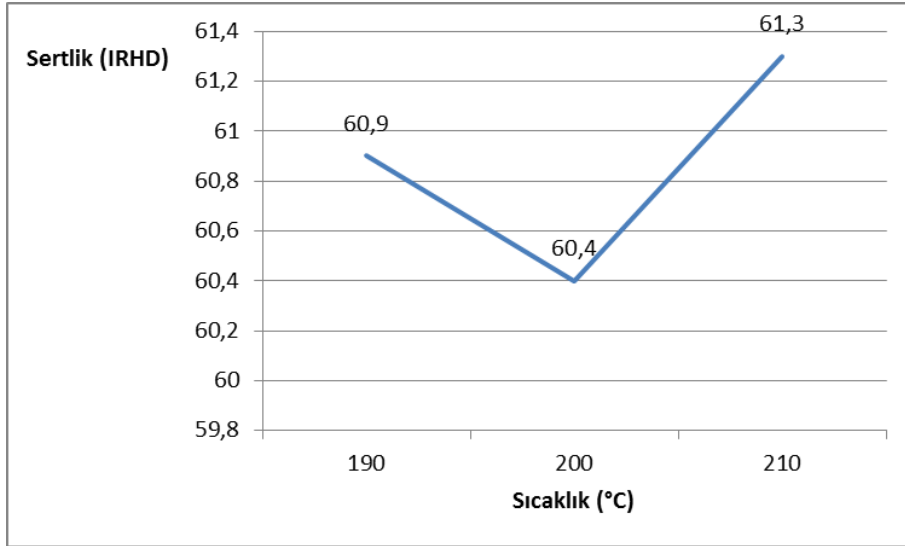
B grubu numunelerinin 5,85 mm olan başlangıç yüksekliği, test sonunda 5,36 mm olmuştur. %57,54 kalıcı deformasyon oranı ile mevcut üretimdeki Grup X numunelerine göre % 36,57’lik bir deformasyon kazancı söz konusudur. C grubu numuneleri A’ya göre daha iyi sonuçlar vermesine rağmen kalıcı deformasyon oranı %64,70 ile ortalama bir yaşlandırma performansı göstermiştir.

Sertliklere bakıldığında sülfürle vulkanize edilen grup X test öncesi 60 ShA sertliği, 66,9 ShA'ya çıkmıştır. Peroksit gruplarında ise test sonrası sertlikler grup A'da 60,9 ShA, B'de 61,3ShA, C'de 60,4 ShA olarak ölçülmüştür.

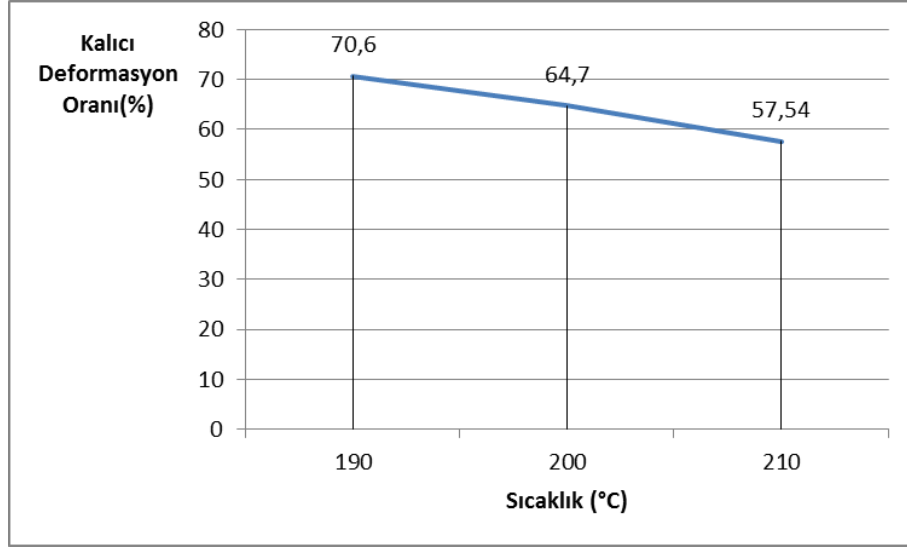
İlk sertlik olan 65 ShA'ya göre X numunesi %11,5 sertleşmiştir. A numunesi, %6,3, B numunesi %6,2 ve C numunesi %7,1 oranında yumuşama göstermiştir. Grup B peroksit grupları içinde sertliğinde en az değişim oranına sahip gruptur. Peroksit grupları arasında en iyi performansı ile B grubu göstermiştir.



Şekil 8:
Peroksitle üretilen numunelerin hacim-sıcaklık grafiği



Şekil 9:
Peroksitle üretilen numunelerin sertlik-sıcaklık grafiği



Şekil 10:

Peroksitle üretilen numunelerin kalıcı deformasyon-sıcaklık grafiği

Müşteri tarafından Kırpart'a bildirilen probleme göre contanın 2 yıl olan garanti ömrü boyunca kalıcı deformasyon istenmemekteydi. Ancak müşteride devreye alma testleri sırasında motor üzerinden contalar sökülüp ölçüldüğünde kalıcı deformasyona uğradığı tespit edilmişti. Yapılan çalışmada, üretilen numunelerden kalıcı deformasyonları %60'ın altında olması istenmiştir. %60'ın altında kalıcı deformasyona sahip tek numune grubu B olmuştur. Diğer numunelerle karşılaştırıldığında minimum kalıcı deformasyonu verdiği için üretildiği vulkanizasyon parametreleri optimum kabul edilmiştir. Test uygulamasının sonucunda, kauçuk üretiminde vulkanizasyon sistemi ve parametre seçiminin önemi ortaya çıkmıştır. Vulkanizasyon sisteminde basınç, sıcaklık, zaman parametreleri optimum değerlerde kullanılması gerekmektedir. Çalışma ortamı ve maruz kaldığı kuvvetler açısından malzeme seçimi önemlidir ancak aynı malzemeye aynı vulkanizasyon sistemi ile üretilenler bile farklı parametrelerin kullanımı, sonuçları oldukça etkilemektedir. Bunun yanında farklı malzeme kullanılarak da çözüm aranabilir. Bu konuda literatürde bazı çalışmalarda (Wilson,2000), Wagner ve diğ. (2003) farklı soğutma sıvılarında farklı kauçuk türlerinin davranışları incelenmiştir. Yüksek sıcaklığa dayanıklı birçok kauçuk çeşidi bulunmaktadır. Ancak vulkanizasyon sistemi ve parametreleri doğru seçilmezse yüksek sıcaklığa dayanıklı kauçuklar (FKM, HNBR gibi) dahi istenen kalıcı deformasyon oranlarını vermeyecektir. Bu problem çözümü olarak malzeme değişimi yapmak yerine, farklı bir vulkanizasyon türü olan peroksit vulkanizasyonu ve numuneler için üç adet vulkanizasyon parametre grubu denenmiştir. Çözümün uygulamasında da maliyet artışı olmaması diğer bir avantajdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada katkılarından dolayı Kırpart Otomotiv Parçaları San. ve Tic. A.Ş.'ne ve Genel Müdür Yardımcısı Faruk ÜNLÜASLAN'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Anonim, Elastomers and Rubbers, Machine Design, sayfa:61(1989)
2. Arevyan Arden, Kalıcı Deformasyonun Sızdırmazlık Üstündeki Etkisi, sayfa:167-174 I. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi (1999)
3. ASTM D395 – 03 Standard Test Methods for Rubber Property—Compression

4. Chandrasekaran, V.C Rubber as a Construction Material for Corrosion Protection, sayfa: 4,98,99 Wiley (2010)
5. Gent Alan N. , Engineering with Rubber How to Design Rubber Components, sayfa: 321 HANSER 2001
6. Heywood, J., Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988.
7. <http://what-when-how.com/automobile/forced-circulation-water-cooling-system-automobile/>
8. <http://www.calismaprensibi.com/motor-sogutma-sistemleri-nasil-calisir.html>
9. <https://www.muhendisbeyinler.net/motor-sogutma-sistemleri/>
10. SAVRAN, H. Ö. Elastomer Teknolojisi I, Kauçuk Derneği Yayınları, İstanbul, sayfa:93-99, (2001)
11. Visnic , Thermostat, Thy Days are Numbered, Wards AutoWorld, vol.,sayfa: 53-54, 2001
12. Wagner John R., Srinivasan Venkat , Dawson Darren M. , Marotta Egidio E. Smart Thermostat and Coolant Pump Control for Engine Thermal Management Systems, SAE TECHNICAL PAPER SERIES 2003-01-0272, doi: 10.4271/2003-01-0272
13. Wilson Thomas N. , A Comparison of Various Polymers in Select Organic Acid Technology (Oat) Coolants, SAE TECHNICAL PAPER SERIES 2000-01-1095, doi: 10.4271/2000-01-1095
14. Wilson Thomas N. , Co Wesley G. The Effects of Contaminated Engine Coolants on the Service Life of Elastomers, SAE TECHNICAL PAPER SERIES 2001-01-1180, doi: 10.4271/2001-01-1180
15. Zou X., Jordan J. A., Shillor, M., A Dynamic Model for a Thermostat, Journal of Engineering Mathematics, sayfa: 291-310, 1999

