

Harun YAKA tarafından hazırlanan “KAUÇUK TAKOZ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI, PROTOTİPİ VE DENEYSEL UYGULAMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

.....

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Metal Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 22/ 06/ 2009

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ (KBÜ)

.....

...../...../2009

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Harun YAKA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KAUÇUK TAKOZ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI, PROTOTİPİ VE DENEYSEL UYGULAMASI

Harun YAKA

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Haziran 2009, 63 sayfa

Yapılan bu çalışmada, titreşim ölçüm sistemi tasarlanmış ve yapılan prototipine farklı sertlikteki kauçuk titreşim takozları bağlanarak sistem üzerinde deneysel çalışmalar yapmak amaçlanmıştır. Hazırlanan titreşim sistemi prototipinde 1500 dev/dak olan titreşim motoru kullanılmıştır. Yapılan deneylerde, farklı sertliklerdeki kauçuklardan oluşan Ø75x40 ölçülerinde titreşim takozları kullanılmıştır. Titreşim değerinin yüksek olması, maliyetinin sentetik kauçuklara göre ucuz olması ve sanayide daha çok kullanılmasından dolayı doğal kauçuktan (NR) yapılmış titreşim takozları seçilmiştir.

Hazırlanan titreşim sistemi prototipi üzerindeki titreşim ölçümleri TIME TV300 vibrasyon ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. İlk olarak, hazırlanan titreşim masasına herhangi bir ağırlık konulmadan, kendi ağırlığı ile titreşim ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra sisteme ek olarak 11 kg ağırlık konmuş ve farklı sertliklerde ki titreşim

takozlarından oluşturulan sistemlerin her birinin titreşimleri ayrı ayrı ölçülmüştür. Ölçümler sonunda sertliği az olan titreşim takozlarından oluşan sistemin titreşim frekansı diğerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Çalışmada son olarak titreşim ölçümlerinde kullanılan titreşim takozlarını koparmak için gerekli olan kuvveti ve takozların maksimum uzama boylarını bulmak için ZWICK/Roell marka ezme ve koparma cihazında çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada da sertliği az olan titreşim takozunun kopması için gereken kuvvetin daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sertliği az olan titreşim takozu diğerlerine göre daha fazla uzama sonucunda kopmuştur.

Anahtar kelimeler : Titreşim sistemi, kauçuk titreşim takozu, frekans

Bilim Kodu : 626.12.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN, CONSTRUCTION AND TESTING OF A RUBBER MOUNT MEASUREMENT SYSTEM

Harun YAKA

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machine Education

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

June 2009, 63 pages

In this study, rubber mount measurement system was designed and rubber vibration mounts in different stiffness were mounted to this system, and then experimental applications were investigated. Vibration engine with the power of 1500 RPM, was used in vibration system. In experiments, different rubber vibration mounts in dimension of Ø75X40 mm, were used. Natural rubber was selected for vibration mounts which is more valid in industry, high vibration value and cheaper than synthetic rubber.

Vibration analysis was carried out by TIME TV300 vibration meter. Firstly, vibration analysis was carried out without load and 11 Kg load. End of the measurements, frequency of vibration mounts in low hardness were higher than that of vibration mounts in high hardness. Lastly, rubber vibration mounts used in system

were tested in ZWICK/Roell test machine. In this study, it was determined that low stiffness mounts lower strength and higher elongation.

Key Words : Vibration system, rubber vibration mount, frequency

Science Code : 626.12.01

TEŞEKKÜR

Yaptığım bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen, katkılarıyla beni sonuna kadar destekleyen ve yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA' ya içtenlikle teşekkür ederim.

Yapılan deneysel çalışmalarda cihaz ve makinelerini kullandığım CİLAS KAUÇUK firmasına ve çalışmalarımda bana yardımcı olan laborant Gülten ALBUZ' a teşekkürlerimi sunarım

Çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, devamlı yanımda olan aileme, özellikle zor günlerimde yanımda olup bana her zaman moral veren değerli eşim Neslihan YAKA' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu günlere gelmeme vesile olan ve manevi olarak her zaman yanımda olduğunu hissettiğim merhum babam Erdoğan YAKA' yı rahmetle anıyorum.

Harun YAKA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	4
1.2. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
BÖLÜM 2.....	12
TİTREŞİM.....	12
2.1. SERBEST TİTREŞİM.....	13
2.2. ZORLANMIŞ TİTREŞİM.....	14
2.3. SÖNÜM.....	14
2.4. TİTREŞİM İZOLASYONU.....	14
2.4.1. Aktif titreşim izolasyonu.....	15
2.4.2. Pasif titreşim izolasyonu.....	16
BÖLÜM 3.....	18
KAUÇUK VE KAUÇUK ÇEŞİTLERİ.....	18
3.1. DOĞAL KAUÇUK.....	18
3.2. YAPAY KAUÇUK (Sentetik kauçuk).....	20
3.2.1. Stiren-Bütadien Kauçuğu (SBR).....	22

	<u>Sayfa</u>
3.2.2. Bütadien Kauçuk (BR)	23
3.2.3. Butil Kauçuk (IIR)	24
3.2.4. EPDM Kauçukları	25
3.2.5. İsoopren Kauçuğu (IR)	26
3.2.6. Kloropren Kauçuğu (CR)	27
3.2.7. Akrlonitril-Bütadien Kauçuğu (NBR)	28
3.2.8. Polisülfid Kauçuğu (PTR)	29
BÖLÜM 4.....	30
KAUÇUK TAKOZ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI VE PROTOTİPİ.....	30
4.1. KAUÇUK TAKOZ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI	30
4.1.1. Alt tabla.....	31
4.1.2. Üst tabla.....	32
4.1.3. Titreşim motoru.....	32
4.1.4. Vibrasyon kuvvetini oluşturan eksantrik ağırlıkların kademeleri.....	33
4.2. KAUÇUK TAKOZ ÖLÇÜM SİSTEMİ PROTOTİPİ.....	34
BÖLÜM 5.....	35
DENEYSSEL ÇALIŞMALAR.....	35
5.1. DENEY NUMUNELERİ.....	35
5.2. DENEY UYGULAMASI.....	36
5.3. DENEY NUMUNELERİNİN UZAMA VE EZİLME MİKTARLARININ ÖLÇÜMÜ.....	40
5.4. DENEY NUMUNELERİNİN SERTLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ.....	41
BÖLÜM 6.....	42
DENEYSSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	42
6.1. 40 SH SERTLİĞİNDEKİ DENEY NUMUNESİNİN ÖLÇME SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	42
6.1.1. 40 Sh sertliğindeki numunenin titreşim değerleri.....	43
6.1.2. 40 Sh sertliğindeki numunenin ezilme ve kopma değerleri.....	43
6.2. 55 SH SERTLİĞİNDEKİ DENEY NUMUNESİNİN ÖLÇME SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	45

	<u>Sayfa</u>
6.2.1. 55 Sh sertliğindeki numunenin titreşim değerleri.....	45
6.2.2. 55 Sh sertliğindeki numunenin ezilme ve kopma değerleri.....	45
6.3. 65 SH SERTLİĞİNDEKİ DENEY NUMUNESİNİN ÖLÇME SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	47
6.3.1. 65 Sh sertliğindeki numunenin titreşim değerleri.....	48
6.3.2. 65 Sh sertliğindeki numunenin ezilme ve kopma değerleri.....	48
BÖLÜM 7.....	54
GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR.....	56
EK AÇIKLAMALAR A. TIME TV300 VİBRASYON ÖLÇME CİHAZININ TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	60
EK AÇIKLAMAL B. TİTREŞİM MOTORUNU OLUŞTURAN PARÇALAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Titreşim analizinin yapıldığı yerler.....	2
Şekil 1.2. Elastik yapı üzerindeki kalın plaka.....	6
Şekil 1.3. Sarsıntı düşürebilecek şekilde tasarlanan tekerlek.....	7
Şekil 1.4. Boru üzerine kauçuk kaplanarak hazırlanan kauçuk takoz.....	8
Şekil 1.5. Platformda kullanılan çelik-kauçuk titreşim izolasyonu.....	9
Şekil 1.6. Kauçuğun titreşim giderici olarak kullanıldığı sistem.....	9
Şekil 2.1. Aktif titreşim izolasyonu	15
Şekil 2.2. Beton blok izolatör modeli.....	16
Şekil 2.3. Titreşen zemin ve makine.....	16
Şekil 3.1. Kauçuk ağacı.....	19
Şekil 3.2. Bütadien-Stiren kauçuğu (SBR).....	22
Şekil 3.3. Polibütadien kauçuğu (BR).....	23
Şekil 3.4. Butil kauçuk (IIR).....	24
Şekil 3.5. EPDM kauçuğu.....	25
Şekil 3.6. Kloropren Kauçuğu (CR).....	27
Şekil 3.7. Akrilonitril-Bütadien Kauçuğu (NBR).....	28
Şekil 3.8. Polisülfid Kauçuğu (PTR).....	29
Şekil 4.1. Bilgisayarda tasarlanmış titreşim sistemi modeli	30
Şekil 4.2. Alt tablanın ölçüleri	31
Şekil 4.3. Üst tablanın ölçüleri	32
Şekil 4.4. Titreşim motorunun montaj resmi.....	33
Şekil 4.5. Eksantrik ağırlıkların kademeleri.....	34
Şekil 4.6 Hazırlanan titreşim sistemi prototipinin resmi.....	34
Şekil 5.1. Testlerde kullanılacak olan takoz.....	35
Şekil 5.2. Cıvata ile sıkıştırılmış pul.....	36
Şekil 5.3. Deney düzeneğinin resmi.....	37
Şekil 5.4. TIME TV300 vibrasyon ölçüm cihazı ve sensörü.....	37
Şekil 5.5. Titreşim ölçüm akışı.....	38

	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.6. Titreşim masasının üzerindeki ek ağırlıkların resmi.....	39
Şekil 5.7. Deneý numunelerinin ezme ve uzama deęerlerinin kontrolü.....	40
Şekil 5.8. Sertlik ölçüm cihazı.....	41
Şekil 6.1. 40 Sh sertliğindeki titreşim takozundan oluşan sistemin titreşim spektrum grafiği.....	43
Şekil 6.2. 40 Sh sertliğindeki numunenin ezilme grafiği.....	43
Şekil 6.3. 40 Sh sertliğindeki numunenin kopma grafiği.....	44
Şekil 6.4. 55 Sh sertliğindeki titreşim takozundan oluşan sistemin titreşim spektrum grafiği.....	45
Şekil 6.5. 55 Sh sertliğindeki numunenin ezilme grafiği.....	46
Şekil 6.6. 55 Sh sertliğindeki numunenin kopma grafiği.....	46
Şekil 6.7. 65 Sh sertliğindeki titreşim takozundan oluşan sistemin titreşim spektrum grafiği.....	48
Şekil 6.8. 65 Sh sertliğindeki numunenin ezilme grafiği.....	49
Şekil 6.9. 65 Sh sertliğindeki numunenin kopma grafiği.....	50
Şekil 6.10. 43.50 Kg yük altında farklı sertliklerdeki titreşim takozlarından oluşan sistemlerin titreşim spektrum grafikleri.....	51
Şekil 6.11. 54.50 Kg yük altında farklı sertliklerdeki titreşim takozlarından oluşan sistemlerin titreşim spektrum grafikleri.....	52
Şekil 6.12. Deneýlerde kullanılan titreşim takozlarının 54,50 Kg (545 N) yük altında ezilme miktarlarını gösteren grafik.....	52
Şekil 6.13. Deneýlerde kullanılan titreşim takozlarının kopma grafiği.....	53
Şekil B.1 Titreşim motorunu oluşturan parçalar.....	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 6.1. 40 Sh sertliğindeki numunenin ezilme değerleri.....	44
Çizelge 6.2. 40 Sh sertliğindeki takozun kopma değerleri.....	44
Çizelge 6.3. 55 Sh sertliğindeki numunenin ezilme değerleri.....	46
Çizelge 6.4. 55 Sh sertliğindeki takozun kopma değerleri.....	47
Çizelge 6.5. 65 Sh sertliğindeki numunenin ezilme değerleri.....	49
Çizelge 6.6. 65 Sh sertliğindeki takozun kopma değerleri.....	50
Çizelge A.1 TIME TV300 Vibrasyon Ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

dB	: Ses şiddetinin ölçü birimi (decibel)
Gs RMS	: Titreşim analizinde ivme ölçüm birimi
Hz	: Frekans ölçüm birimi
In/Sec pk	: Titreşim analizinde hız ölçü birimi
KW	: Kilowatt
Peak to peak	: Titreşim analizinde tepeden tepeye
Sh	: Kauçuk sertlik birimi (Shore)
3D	: Üç boyut

KISALTMALAR

BR	: Bütadien kauçuğu
CR	: Kloropren kauçuğu
EPDM	: Etilen-Propilen kauçuğu
IIR	: Butil kauçuğu
IR	: İsoopren kauçuğu
NBR	: Akrlonitril-Bütadien kauçuğu
NR	: Natural Rubber (doğal kauçuk)
PTR	: Poilisülfid kauçuğu
SBR	: Stiren-Bütadien kauçuğu
SI	: Silikon kauçuğu

BÖLÜM 1

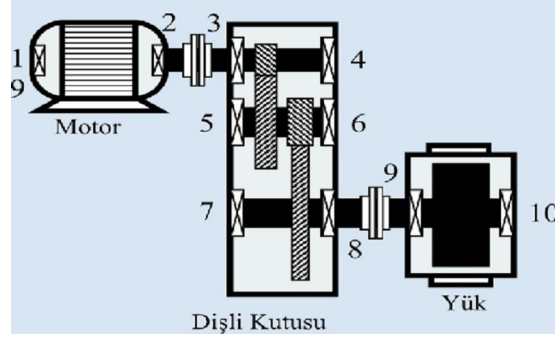
GİRİŞ

Arıza yapan makinelerin bakım ve onarımı hem zahmetli, hem de maliyetlidir. Beklenmeyen arızalarda bakım ve onarım uzun sürer, yedek parça bulmak zorlaşır, bu arada da üretim kayıpları ve maliyet artar. Bir makineden en yüksek verimi almak ve bakımdan kaynaklanan üretim kayıplarını en aza indirmek için bugüne kadar değişik çalışmalar yapılmıştır. Titreşimli çalışan sistemler yani makineler, hasara maruz kaldıklarında bu hasara yönelik uyarı sinyalleri verirler. En iyi uyarı sinyalini de sistemde meydana gelmiş olan ve normalin üzerindeki titreşimler verir. Çalışan sistemin mevcut titreşimlerinde herhangi bir yükselme gözlemlendiğinde, o sistemin çalışmasında bir problem olduğu anlaşılır. Titreşim bir sistemin mekanik aksamalarının iç ve dış kuvvetlere karşı gösterdiği tepki davranışıdır [1].

Titreşim analizi yaparken dikkate alınan iki bileşen vardır. Bunlar; frekans (belirli bir zaman periyodunda olayın oluş sayısı) ve genliktir (titreşim sinyalinin boyutu). Titreşimin gerçekleştiği frekans, hasarın ya da hatanın tipini gösterir. Bazı hatalar, belirli frekanslarda gerçekleşir. Titreşim sinyalinin genliği ise, hatanın ya da arızanın şiddeti hakkında bilgi verir. Genlik ne kadar yüksekse arıza da o kadar fazladır. Genlik titreşim sisteminin tipine bağlıdır [2].

Şekil 1.1’de titreşimli çalışan bir sistemin titreşim analizi için ölçüm yapılan noktalar örnek olarak verilmiştir. Titreşim analizi genel olarak, elektriksel problemler, dişli hasarları, rulman hasarları, eksenel ayarsızlık ve mekanik gevşeklik gibi durumların tespitinde kullanılır. Şekil 1.1’de de titreşim analizi yapılan kısımlar numaralar ile belirtilmiştir.

Bu problemler arıza oluşana kadar, sistemde titreşim artışı, sıcaklık artışı, gürültü artışı ve aşırı akım gibi çeşitli belirtiler gösterirler. Durum izlemeye dayalı bakım, bu belirtilerin ölçülüp değerlendirilmesiyle yapılır.



Şekil 1.1. Titreşim analizinin yapıldığı yerler[1]

Buradaki en önemli konulardan biri de titreşim ölçümü ve değerlendirilmesidir. Çünkü makineler hasar gördüklerinde verdikleri en iyi uyarı sinyali titreşimdir. Her mekanik problemin kendine özgü bir titreşim karakteristiği vardır. Bu nedenle, titreşim genliğinin büyüklüğünün ve karakteristiğinin incelenmesi problemin büyüklüğü ve kaynağı hakkında fikir verir [2].

Titreşim özellikleri sistemin çalışır durumdaki kondisyonunu ve mekanik problemlerin ortaya çıkarılmasında en önemli faktörleri teşkil ederler. Bunlar titreşimin frekansı ve genliğidir. Değişik problemler, değişik frekanslarda ortaya çıktığından, frekansın analizi olayın da analizidir. Titreşimin meydana geldiği frekans, arızanın ya da uygunsuzluğun tipini ve kaynağını gösterir. Frekansın birimi devir/dakika (d/dk) veya Hz (1/s)'dir. Genliğin belirlenmesi ise yer değiştirme, hız veya ivme konumunda olur. Genlik titreşim sinyalinin büyüklüğüdür. Titreşim genliği arızanın ya da sorunun kaynağındaki uygunsuzluğunun büyüklüğünü ve şiddetini verir. Buna göre frekans titreşimin kaynağını, genlik ise titreşimin ve problemin büyüklüğünü ifade eder [2].

Titreşim ölçümünde, zaman veya frekansa karşılık, genellikle üç parametre kullanılır. Bunlar; yer değiştirme, hız ve ivmedir.

Yer değiştirme, titreşim yapan sistemdeki ekipmanın yer değiştirdiği mesafeyi belirtir. Birimi “mikron” veya “mils” olarak ifade edilir. Peak to peak şeklinde ölçüm yapılır. Düşük frekanslı sistemlerde bu ölçüm şekli tercih edilir. 600 dev/dk'nın altındaki frekanslar için daha uygundur.

Hız, genellikle “mm/sn” veya “In/Secpk” olarak ölçülür. Bu birimlerle yer değiştirmenin hangi hızda meydana geldiğinin gösterir. 600 ile 100.000 dev/dk arasındaki ölçümler için daha uygundur.

İvme genellikle “m/s²” birimi ile ifade edilir. Bu birimle hızın ne kadar çabuk değiştiği ölçülür. 100.000 dev/dk üzerindeki frekanslar için daha uygundur

Görüldüğü gibi birimler birbiriyle ilgilidir. Bu birimlerin her üçü ile de ölçüm yapılmaktadır. Hangi ölçümün kullanılacağı çok önemlidir. Çünkü bazı ölçümler yanıltıcı olabilir. Bazen aynı sistem bir birimle ölçüldüğü zaman normal değerler içinde olabilir, fakat diğer birim ile ölçüldüğünde ise normal değerler üzerinde gözükabilir.

Sistemde sorun belirgin hale gelmiş ise yer değiştirme ile de problem fark edilebilir. Fakat problemin başlangıç anında yer değiştirme ile hiçbir sorun görülemeyebilir, titreşimler normal gözükabilir. “Hız” ile ölçüm yapıldığında gelişmekte olan sorun erkenden fark edilebilir.

Yukarıda görüldüğü gibi en çok kullanılan “hız” ölçümüdür. Hız, yer değiştirmeye göre daha sağlıklıdır. İvme yüksek frekansın söz konusu olduğu yerlerde kullanılır. Hız ölçümü ile ön bir inceleme yaptıktan sonra ivme ile kesin teşhis konabilir [2].

Kestirimci bakım metodu, makine veya teçhizatın sürekli gözlenmesi ve işlem görme şartlarının ve bunların zamanla gelişiminin analiz edilmesini içerir. Sistemin durumunun gözlenmesi için müracaat edilen bir uygulamadır [3].

Titreşimli çalışan sistemlerin sağlığı ile ilgili en ayrıntılı bilgi, yataklar üzerinden alınan titreşim (vibrasyon) ölçümlerinin analizi ile edinilir. Her arıza, fiziksel

özelliklerine göre farklı frekanslarda kendini göstermektedir. Titreşimin, bir rakamla nitelenmesi, bir orkestra müziğinin 85 dB gibi bir değerle tanımlanması gibidir. Bu değer müziğin notaları yerine, ses şiddetinin alçak ya da yüksek ayırımı yapılmasını sağlar. Bu şekilde rakamla verinin sürekli izlemesi ile bir artış olduğunda uyarı alınması sağlanır. Ancak yükselme nedeninin, bu örnekte hangi müzik aletince üretilen hangi notadan kaynaklandığı, yaylı sazlardan kemandan mı yoksa sesli sazlardan flütten mi geldiği bilgisini vermez. Titreşim Analizi bunun ayırt edilmesini, vibrasyonun rulman arızasından mı, kaplin ayarsızlığından mı, dişli sorunundan mı yoksa balanssızlıktan mı kaynaklandığının ayırt edilmesini sağlar [1].

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Kauçuk izolatörler standart üretildiği gibi özel isteğe bağlı da üretilebilir. Örneğin deniz aşırı taşımacılıkta MR (Emar) cihazı gibi hassas elemanların taşınmasında olduğu gibi yükün özelliklerine göre kauçuk izolatör üretilir.

Kullanma şartlarına ve yerlerine göre kauçuk titreşim takozların özellikleri farklılık göstermektedir. Ayrıca sistemin uygulayacağı kuvvete ve titreşime göre seçilmiş olan kauçuğun sertliği de değişmektedir. Sistemde kullanılan takozlar seçilirken takozun farklı özellikleri göz önünde bulundurularak seçilmektedir. Bunlardan en önemlisi takozda kullanılan kauçuğun çeşidi, seçilen bu kauçuğun sertliği ve tabii ki titreşim takozunun ölçüleridir.

Bu çalışmanın hedefi, doğal kauçuktan üretilmiş farklı sertliklerdeki titreşim takozlarının özel olarak tasarlanmış olan titreşim masasında frekanslarının ölçülmesidir.

Yapılan çalışmada farklı sertliklerdeki titreşim takozlarının frekanslarını ölçüp, takozların sertliklerine göre frekanslarının nasıl değiştiğini gözlemlemek amaçlanmıştır. Takozların frekanslarını ölçmek için TIME TV300 marka vibrasyon ölçüm cihazı kullanılarak Datawiev programı ile ölçülen verilerin grafiksel olarak alınması hedeflenmiştir.

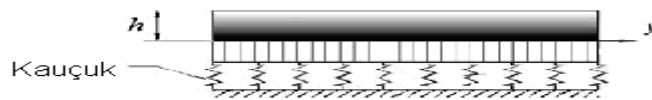
İzolatör malzemesinin mekanik özellikleri deney numunelerinden alınabildiği gibi, çalıştığı sistemde frekansını ölçmek için gerçek bir prototip üretilip frekans ölçüm cihazlarıyla ölçüm yapmak gerekmektedir.

1.2. LİTERATÜR TARAMASI

Kauçuk, titreşim meydana gelen makine ve sistemlerde titreşim sönümleyici olarak büyük bir önem arz ettiği için titreşim önleyici kauçuk izolatörler üzerine çeşitli bilimsel araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada titreşim sönümleyici kauçuk takoz “izolatör” olarak adlandırılmıştır.

Sun and et al., ve arkadaşları 2007 yılında yapmış oldukları çalışmada titreşim izolasyon sisteminin performansını incelemiştir. Basit bir titreşim izolasyon sistemi üzerinde teorik ve nümerik analizler yapmışlardır. Deney düzeneği olarak iki metal kütle arasına farklı sertliklerdeki iki kauçuk titreşim izolatörü yerleştirmişler ve bu iki kütle arasındaki güç transferini özel titreşim algılayıcılar ile incelemiştir. Çalışma sonucunda verim oranının ve güç transferinin izolatöre bağlı olarak değiştiği ortaya çıkmıştır. Böylelikle daha karmaşık ve kompleks sistemler için titreşim izolatörü tasarlamının mümkün olduğunu ifade etmişlerdir [4].

Malekzadeh, 2008 yılında yapmış olduğu araştırmada, elastik yüzey üzerindeki a,b,c ölçülerindeki metal plakanın x,y,z eksenlerinde, üç boyutlu (3D) serbest titreşim analizini incelemiştir (Şekil 1.2). Metal plakanın her köşesinde titreşim ölçümleri yapmış ve elde ettiği değerleri formülize ederek üç boyutlu serbest titreşim analiz yapmıştır. Deneylerde iki farklı elastik yüzey üzerinde aynı metal plakanın titreşim analizini yapmış ve elde ettiği sonuçları her iki düzenek için kıyaslamıştır. Her iki ölçümlerde de farklı sonuçlar elde etmiş ve sisteme uygun olan elastik zemin hakkında fikir elde etmiştir [5].



Şekil 1.2. Elastik yapı üzerindeki kalın plaka[5]

Xing and Liu, 2008 yılında yapmış oldukları çalışmada, ince dikdörtgen şeklindeki orthotropik (kompozit veya ağaç malzeme) plakaların serbest titreşimleri için yeni ve kesin çözümler üzerine araştırma yapmışlardır. Ölçmüş oldukları değerleri farklı matematiksel ifadelerde kullanarak yeni çözümler üzerinde çalışmışlardır. Sonuç olarak da inceledikleri malzemenin serbest titreşimleri üzerine matematiksel çözümler yaparak SSCC, SCCC, CCCC frekans denklemlerini ortaya çıkarmışlardır [6].

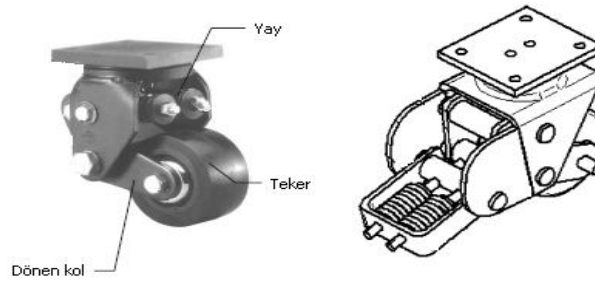
Destrade and Ogden, 2004 yılında yapmış oldukları çalışmada, gerilmiş ve sıkıştırılmış elastik olan kauçuk malzemelerin yüzey dalgalarını incelemiştir. Çalışmalarında kenar uzunluğu l olan küp şeklinde kauçuk, kenar uzunlukları m_1, m_2 ve m_3 olan prizma şeklinde ve paralelkenar şeklinde üç ayrı kauçuk tabaka kullanmışlardır. Farklı şekillerdeki bu homojen elastik malzemelerin yüzey dalgalanmaları üzerinde çalışmışlardır. Küp şeklindeki kauçuğun temas yüzeyi diğerlerine göre daha fazla olduğu için sıkıştırılma oranı daha azdır. Dolayısıyla yüzey dalgası da daha düşük bulunmuştur [7].

Plooy and et al., 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada, ayarlanabilir titreşim sönümleyici bir izolatörün geliştirilmesi üzerinde değişik incelemeler yapmışlardır. Yaptıkları deneylerde, içerisindeki sıvıyı pnömatis olarak sıkıştıran piston şeklinde bir prototip hazırlamışlar ve sistemde meydana gelen titreşimin ölçümlerini yapmışlardır. Hava ile sıkıştırma sırasında pistonun sistemin üst kısmına basınç yapacağı için oraya kauçuktan izolatör yerleştirmişlerdir. Yapmış oldukları sistem basınç yönünden ayarlanabilir olduğu için farklı basınçlarda meydana gelen titreşim ve gürültüyü incelemiştir. Sonuç olarak sistemi 12 Hz frekansın üzerinde bile 90 dB ses seviyesinde çalıştırabilmeyi başarmışlardır [8].

Forrest, 2005 yılında yapmış olduğu çalışmada, küçük ölçekli üç titreşim izolatör modelinin deneysel olarak şekil analizi üzerinde çalışma yapmıştır. Çalışmada, önce iki metal plaka arasına bir kauçuk sonra iki metal plaka arasına iki kauçuk ve son olarak da üç metal plaka arasına sekiz kauçuk parçası koyarak her birinin mekanik olarak titreşimlerini ölçmüştür. Plakalar arasına konan kauçuk parça miktarı arttıkça titreşim sönümlenmesi daha da artacağı için sekiz kauçuk parçası bulunan sistemin

titreşim frekansı diğerlerine göre daha az çıkmıştır. Buradan da, titreşimli çalışan sistemlerde izolatör miktarının ve büyüklüğünün seçimi o sistemin ağırlığına ve çalışma şartlarına göre önemli olduğu ortaya çıkmıştır [9].

Pan and et al., 2006 yılında lastik tekerlekler için ideal sarsıntı düşüren izolatör üzerinde çalışma yapmışlardır (Şekil 1.3). Yapmış oldukları tasarım üzerinde lastik tekerleğin kullanımı sırasında sarsıntıyı minimum seviyeye düşürmek için deneysel araştırmalar yapmışlardır. Arabaların lastiklerinde bulunan süspansiyon sistemi gibi bir sistem tasarlamışlar ve sistemin farklı kuvvetlerde titreşimini ölçmüşlerdir. Yapılan ölçümler sonunda titreşim sönümleyici olarak kullanılan yayın ideal sertliği hakkında bilgi edinmişlerdir [10].



Şekil 1.3. Sarsıntı düşürebilecek şekilde tasarlanan tekerlek [10]

Mars and Fatemi, 2005 yılında doğal kauçuğun yorulma davranışları üzerindeki çok eksenli gerilmenin etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında kısa, ince ve silindirik şekilde doğal kauçuktan yapılmış 4 ayrı numune kullanmışlar. Bu numunelere sırasıyla 27709 N, 50530 N, 67162 N ve 92438 N'luk gerilmeler uygulanmıştır. Deney sonunda numuneler üzerinde gerilmelerden meydana gelen çatlakları incelemişlerdir. Sonuç olarak en fazla gerilim uygulanan numunenin üzerinde yırtılmanın daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir [11].

Tarrago and et al., 2007 yılında karbon siyah katkılı farklı sertlikte boru şeklindeki dört adet kauçuk takozun frekans ve genliğinin aksenel ve radyal olarak bağımlılığını incelemişlerdir (Şekil 1.4). Çalışmalarında boru şeklindeki kauçuk takozun hazırlanmış olan sistemde deneysel olarak aksenel ve radyal ölçümleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda sertliği en az olan takozun kayması daha fazla çıkmıştır [12].



Şekil 1.4. Boru üzerine kauçuk kaplanarak hazırlanan kauçuk takoz [12]

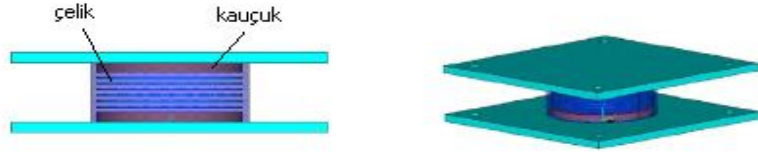
Verron and Andriyana, 2007 yılında kauçuktaki aksenal yorulma sonucu oluşan çatlakların tahminleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında otomotiv sektöründe kullanılan kauçuk parçalarda yorulma sonucu meydana gelen çatlaklıkları laboratuvar ortamında mikroskobik olarak incelemişlerdir. Çalışmaları sırasında kauçukta daha önceden bulunan çatlaklar, yani kauçukta ki kusur ve sonradan oluşan çatlaklar üzerinde durmuşlardır. Sonuç olarak kauçuklarda meydana gelen yırtılmaların açıları da incelenerek sisteme şekil ve yapı olarak uygun kauçuğun seçimini belirlemede fikir sahibi olmuşlardır [13].

Lee and Singh, 2007 yılında hidrolik motor montajının mekanik bir model örneğini kullanarak kritik analizini yapmışlardır. Sisteme titreşim izolatörleri farklı yollarla monte edilmiş ve oluşturulan sistemlerin titreşim ölçümleri yapılmıştır. Sistemde gerçek parça ve sanal parça üzerinde tahmini ölçümler yapmışlardır. Gerçek parçalar üzerinde yapılan ölçümler ışığında sisteme daha uygun izolatör belirlemek amacıyla sanal parça tasarlanmış ve ölçümler yapılmıştır. Sonuç olarak sisteme uygun olan izolatör belirlenmiştir [14].

Peng and Lang, 2008 yılında yapmış oldukları çalışmada, motor montajında ortaya çıkan doğrusal olmayan frekansın karşılığını incelemişlerdir. Motoru oluşturan parçalar arasında titreşim izole için bir izolatör montaj etmişler ve oluşan sistemde titreşim ölçümleri yapmışlardır. Ölçümler sonunda çıkan sonuçlar doğrultusunda motor montajı için uygun olan izolatör seçilmiştir [15].

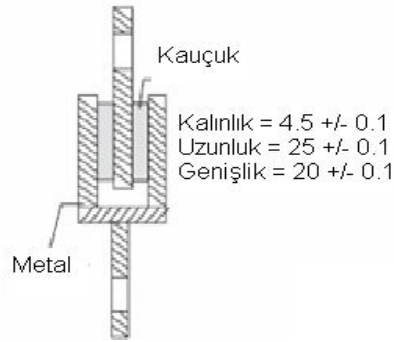
Xu and et al., 2006 yılında yapmış oldukları çalışmada, soğuk çevre koşullarında platformların çelik-kauçuk titreşim izolasyonunun yorulma özelliğinin deneysel olarak araştırmasını yapmışlardır (Şekil 1.5). Hazırlamış oldukları sistemi farklı

sıcaklıklar altında kuvvetler uygulayarak çelik-kauçuk izolatörünün yorulma özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan deneyler oda sıcaklığından -40°C ' ye kadar olan sıcaklıklar altında yapılmıştır. Deney sonucunda soğuk ortamlardaki izolasyonun ezilme miktarlarının daha az olduğu ortaya çıkmıştır [16].



Şekil 1.5. Platformda kullanılan çelik-kauçuk titreşim izolasyonu [16]

Negrette and et al., 2006 yılında titreşim sönümleyici olarak kullanılan kauçuğun sonlu elemanlar yöntemiyle dinamik yapısını araştırmışlardır. Bu çalışmalarında 40 Sh, 50 Sh, 60 Sh ve 70 Sh sertliğinde kauçuklar üzerinde inceleme yapmışlardır. Araştırmalarında öncelikli olarak metal plakalar arasında bir sistem kurmuşlar ve bu sisteme farklı kuvvetler uygulayarak sistemin titreşim frekansını ve kauçuğun kaymasını incelemişler (Şekil 1.6). Çalışmalarının sonunda kauçuğu daha sert olan sistemin diğerlerine göre kayması daha az olduğu ortaya çıkmıştır. Sonlu elemanlar metoduyla da bu sonuç onaylanmıştır [17].



Şekil 1.6. Kauçuğun titreşim giderici olarak kullanıldığı sistem [17]

Schubel and et al., 2004 yılında yapmış oldukları araştırmada araba lastiğindeki kauçuğun yorulmasını incelemişlerdir. Çalışmada doğal kauçuk ve aşınmaya karşı dirençli kauçuğun karışımından oluşan bir kauçuk kullanmışlardır. Deneyde

kullanmak için hazırlanan kauçuk karışımından 2 mm kalınlığında, 89x25.4 mm ölçülerinde kükürt ile vulkanize edilerek prizma şeklinde lastik plakalar elde edilmiştir. Yorulma testleri, hassas prizmatik numunelerle özel bir kaydırma-kontrol makinesinde gerilme yüküne maruz bırakarak yapmışlardır. Deney sonucunda, numuneler üzerinde yırtılmalar meydana gelmiştir. Yapılan çalışma sonunda araba lastiğinin tahmini yorulma süresini 8,1 milyon devir olarak hesaplamışlardır. [18]

Roy and et al., 2006 yılında saf kauçuk ve işlenmiş kauçuğun zaman içerisindeki biyolojik bozulmasını incelemişlerdir. Bu çalışmada kauçuğun içerisindeki maddelerin etkisiyle kauçukta oluşan çapraz ve çapraz olmayan bağlar arasında ki biyolojik bozunmalar araştırılmıştır. Çalışma sonunda, saf kauçuk içerisinde daha fazla aminoasit ve fosfolipitler bulunduğu için saf kauçuğun biyolojik bozunması işlenmiş kauçuğa göre daha kısa sürede gerçekleştiği ortaya çıkmıştır [19].

Taplak ve Uzmay, 2004 yılında titreşim parametrelerinin dönen mekanik sistem dinamiğine etkilerini araştırmışlardır. Sistemin dinamik davranışını izlemeye yönelik olarak, planladıkları deneylerden, tek diskli mil sistem (De Laval Rotoru) üzerinde çalışmışlar ve mil-yatak sisteminde meydana gelebilecek hata yönünden değerlendirmeler sunmuşlardır. Hazırlamış oldukları düz bağlantılı rotor sisteminin bazı noktalarından titreşim ölçümleri yapmışlar. Ölçüm yaptığı farklı noktalarda çıkan sonuçları birbirleri arasında kıyaslamış ve en az titreşim yapacak şekilde sistemi yeniden tasarlama şansı bulmuşlar [20].

Bayraktar ve Belek, 2006 yılında yapmış oldukları çalışmada, çamaşır makinesinin dinamik davranışının deneysel ve teorik incelenmesi üzerinde durmuşlardır. Çamaşır makinesinin tasarım aşamasında iken, titreşim davranışını en uygun hale getirebilmek için bir tasarım metodolojisi geliştirilmeyi hedeflenmişlerdir. Söz konusu metodoloji, ileri analiz paket programlarının kullanılmasını, yeni ölçüm sistemlerinin kurulmasını ve yeni test prosedürlerinin hazırlanmasını gerektirmiştir. Çamaşır makinesinin 0–400 Hz frekans aralığında, toplu ve yayılı parametrelili elemanların bulunduğu bir titreşim modeli kurulmuşlar ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ve Deneysel Modal Analiz yöntemi ile inceleme yapmışlardır. Yapılan bu çalışma ile, çamaşır makinesi üreticilerinin talep ettiği sürede ve hassasiyette, tasarım

aşamasındaki çamaşır makinesinin titreşim performansı hakkında ön kestirim yapabilecekleri ortaya çıkmıştır [21].

Durmuş ve arkadaşları 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada kauçuk/metal yapışma mukavemetini çeşitli deneyler yaparak belirlemeye çalışmışlardır. Deneylerinde metallerin yüzeylerini farklı sürelerde kumlayarak yüzey pürüzlülüğünü arttırmışlar ve farklı boyalar kullanarak metal ve kauçuk arasındaki yapışmayı incelemişlerdir. 25x60 mm ebatlarında ve 2 mm kalınlığında bir sac parçasının yüzeyi belirli sürelerde kumlanmış ve kauçuğun yapışma özellikleri incelenmiştir. En iyi yapışma 3 dakika kumlanan durumda elde edilmiştir. 6 dakika ve daha fazla kumlama sürelerinde yüzey profili homojen hale gelmektedir. Bu yüzden metal ile kauçuk arasındaki bağ oluşumu zorlaştığı için sıyrılma/kopma yükü değerleri düşmektedir [22].

Vahapoğlu, yapmış olduğu araştırmada sentetik (yapay) kauçuk çeşitlerini, özelliklerini ve kullanım alanlarını incelemiştir. Ayrıca çalışmasında sentetik kauçuğun kimyasal yapılarını da araştırmıştır. Yapay kauçuk çeşitlerinin kimyasal yapısını da incelediği için hangi kauçuğun hangi şartlar altında daha verimli olacağı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamıştır [23].

Kalyoncu, yapmış olduğu çalışmada titreşim analizi ile makine elemanlarındaki arızaları incelemiştir. Örnek olarak da, sistemdeki rulman hasarlarını aşamalı olarak araştırmıştır. Çalışmalarını kestirimci bakım metodunu kullanarak aşamalı olarak yapmıştır. Rulmanların bakım kontrolünü özel hız ve titreşim ölçen cihazlarla kontrol etmiştir. Çalışmasında kestirimci bakım metodunu kullanarak problemlerin sorun haline gelmeden önce analiz ederek çözüme kavuşturma yöntemlerini sunmuştur [2].

Köse, yapmış olduğu çalışmada; makine sağlığını izlemeye yönelik olarak kullanılan cihazlar ile titreşim analizi uygulamaları yaparak sistemdeki elemanlarda hasar incelemesi yapmıştır. Özel hız ve titreşim ölçen cihazla sistemdeki problemin nasıl belirleneceği hakkında bilgi vermiştir. Çalışması sonunda, arıza belirlemede en sağlıklı yöntem olarak sistemin hızının ölçümü olduğunu ortaya koymuştur [1].

BÖLÜM 2

TİTREŞİM

En az iki defa yön veya hareket değiştiren hareket türüne titreşim denir. Titreşim analizi açısından köprü, vapur, uzay aracı, otomobil veya herhangi bir iskelete sahip yapılar titreşim sistemi olarak bilinir.

Sanayi inkılâbı öncesi genelde, sistemler oldukça büyük kütelere sahip ahşap veya taş malzemededen oluşmaktaydı. Yine sistemlerin bu rijit özelliklerinin yanı sıra titreşim doğurucu dış kuvvetler yok denecek kadar az idi Bilhassa ahşap malzemedeki yüksek sönümlenme özelliği sistemlerde titreşimlerin oluşumuna müsaade etmiyordu.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak demir ve alüminyum gibi oldukça mukavim ve elastik malzemelerin makine ve dinamik sistem sanayisinde kullanılması daha hafif ve daha hızlı çalışan makinelerin gelişmesini sağladı. Bilhassa uzay ağı olarak bilinen günümüzde hafiflik ve yüksek hız hem fonksiyon bakımından hem de ekonomik açıdan sistemlerde aranan en önemli özellik olmuştur. Hafiflik, sistemin daha küçük kesitli olması, dolayısıyla elastik, yani kuvvet ve moment etkisinde daha fazla deforme olarak hareketle cevap vermesi, yani titreşen sistem demektir. İşte dinamik sistemlerin bu yüksek hız ve elastiklik özelliğinden Kaynaklanan titreşim potansiyeli tasarım esnasında incelenip gereken tedbir alınmadığı takdirde çalışma esnasında sistem elemanlarının erken yorulmasına ve kırılmasına sebep olur.

Kütle ve elastisite şartlarını haiz mühendislik sistemleri, izafi hareket yapabilirler. Eğer böyle bir sistemin hareketi, verilen zaman aralığından sonra tekrarlanırsa, böyle bir hareket, titreşim olarak tarif edilir. Genel halde titreşim, istenmeyen ve lüzumsuz bir enerji halidir. Bilhassa makinelerde gürültü yapması, parçaları kırması ve istenmeyen kuvvetleri iletmesi bir gerçektir.

Birçok titreşim problemlerinde, istenenlerden biri, karşı tesirleri ortadan kaldıracak şekilde, hareketin denklemini çözmektir. Sistem önce, varlığını, elastikiyetini ve sürtünmesini ifade eden kütle, yay ve sönüm elemanları cinsinden basitleştirilir. Sonra, hareketin denklemi zamanın fonksiyonu olan yer değiştirme cinsinden veya hareketin herhangi bir anında kütlelerin denge pozisyonuna olan mesafesini verecek şekilde ifade edilir. Daha sonra, titreşen sistemlerin en önemli özellikleri olan doğal frekans, hareket denkleminde elde edilir.

Düzenli lineer ve burulma şeklindeki titreşim hareketlerinin her ikisinde, periyot, hareketin kendisini tekrarlaması için gerekli zaman ve frekansda, birim zamanda hareketin tekrarlanması olarak tarif edilir. Düzenli lineer ve burulma hareketi yapan titreşim hareketleri arasındaki benzeşimden dolayı, birine tatbik edilen düşünce ve metot, diğerine de kolaylıkla ve tam doğrulukla tatbik edilebilir.

Tabii frekans, sistemin sürtünmesiz serbest titreşimi esnasındaki frekansdır. Sönümlü tabii frekans ise, sistemin sürtünmeli serbest titreşim yapması halindeki frekansdır [24].

2.1. SERBEST TİTREŞİM

Serbest titreşim, sistemin statik denge konumundan uzaklaştırılıp bırakılması halinde yaptığı periyodik harekettir. Yani herhangi bir sistem başlangıçta hiçbir kuvvet uygulanmadan salınım yapıyorsa böyle sistemler serbest titreşim olarak adlandırılır. Basit bir sarkacın salınımı ve kütle-yay sistemi serbest titreşim için verilebilecek en iyi örneklerdir [25].

Kütle-yay sisteminde, eğer kütle hareket boyunca enerji dağılımına sebep oluyorsa hareketin genliği zaman ile sabit kalır [26].

Bir titreşim sistemi sahip olduğu serbestlik derecesi kadar doğal frekans ve titreşim modlarına sahiptir. Sistemin hareketleri titreşim modlarının toplamı kadardır. Sistemdeki doğal frekans değerlerini ve mod şekillerini belirtmek için sistemin sönümsüz titreşim yaptığı kabul edilir.

2.2. ZORLANMIŞ TİTREŞİM

Herhangi bir sisteme hareketi esnasında bir dış kuvvet etki ettiğinde, sistem dinamik bir zorlanmaya maruz kalır. Bu sistemler zorlanmış titreşim davranışı gösterir. Genellikle, $F(t): F_0 \cdot \sin \omega t$ veya $F_0 \cdot \cos \omega t$ şeklindeki dış kuvvetlerin sisteme etkimesi halinde, titreşim hareketi zorlanmış titreşim olarak tarif edilir. Bir motorun dönmesi veya dişli çarkın dönmesi esnasında üzerine uygulanan kuvvet sonucunda yaptığı salınım zorlanmış titreşime güzel bir örnektir. Zorlanmış titreşim hareketinde, sistem kendi tabii frekansı ile olduğu kadar, tatbik edilen dış kuvvetin frekansı ile de titreşmeğe zorlar. Neticede sistem, ilk şartlardan ve kendi tabii frekansından bağımsız olarak, tatbik edilen dış kuvvetin frekansı ile titreşir. Dış kuvvetin tesirinde meydana gelen titreşime, düzgün titreşim hali veya tepki denir. Genellikle titreşimin devamlı tesirleri dolayısıyla, düzgün titreşim hali veya tepki meydana gelir.

2.3. SÖNÜM

Gerçekte mühendislik sistemlerinin çoğu, titreşim hareketleri sırasında, sürtünme ve dirençler dolayısıyla, sönüm olayı ile karşı karşıyadır. Hava tesiriyle sönüm, akışkanların sürtünmesi, coloumb kuru sürtünmesi, mağnetik sönüm vesaire şeklinde olabilen sönüm olayı, daima hareketi yavaşlatacak ve salınımı durduracaktır. Eğer şiddetli bir sönüm varsa, salınım hareketi olmayacaktır ve bu haldeki sistem, fazla sönümlü olarak tarif edilir. Eğer hafif bir sönüm mevcutsa, salınım olacaktır ve bu şekildeki sisteme de, az sönümlü sistem denir. Bu iki halin sınırında kalan sisteme de, kritik sönüm halindeki sistem denir.

2.4. TİTREŞİM İZOLASYONU

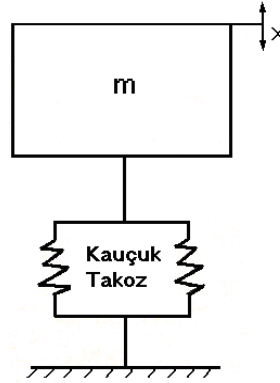
Titreşimlerin izole edilmesi sayesinde, hem çevre makinelerin titreşiminden korunmuş olur, hem de yapı ve fonksiyon itibariyle hassas makineler çevreden gelen titreşimlerden korunmuş olur. Bu suretle hem makine ve makine elemanlarının ömrü uzar, hem enerji kaybı önlenmiş olur hem de bir takım hassas makineler beklenen fonksiyonu gereği gibi yerine getirmiş olur.

Makinelerde titreşim izolasyonu genelde iki ana teori halinde izah edilir.

1. Makinenin genlikleri belirli sınırlar altında tutulur ve makineden temele dolayısıyla çevreye geçen kuvvet azaltılmak istenir. Buna aktif titreşim izolasyonu denir.
2. Çevreden gelen titreşimlerin temel vasıtasıyla bir takım hassas makine ve cihazlara geçmesine engel olmaktır. Buna da pasif titreşim izolasyonu denir.

2.4.1. Aktif titreşim izolasyonu

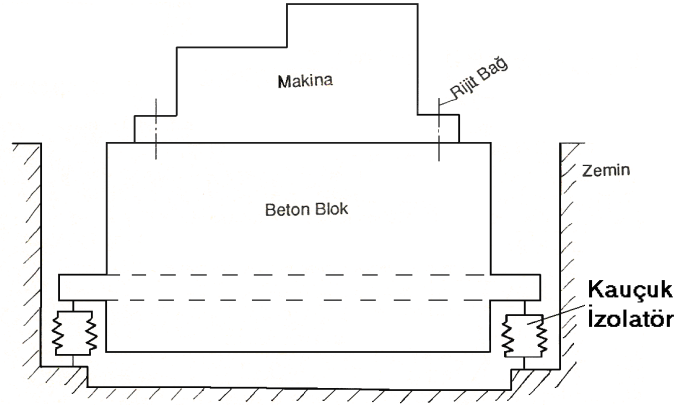
Şekil 2.1’de görüldüğü gibi kauçuk titreşim takozuna bağlanarak temele oturtulmuş m kütleli makine zorlanmış titreşimler yapsın. Bu makine eğer temele kauçuk takozla bağlı olmayıp rijit olarak monte olsaydı her hangi bir titreşim hareketi yapamazdı ve makineye gelen kuvvet olduğu gibi temele dolayısıyla çevreye geçiş olacaktı. Diğer yandan makinenin civata ve benzeri bağlantı elemanları kısa zamanda yorulup kırılacaktı. Ancak makinenin kauçuk takoz ile bağlı olması halinde bile bir miktar kuvvet temele geçecektir. İşte sistemin elastik bağlı haldeki temele geçen maksimum kuvvetin rijit bağlı haldekine oranına geçirgenlik denir.



Şekil 2.1. Aktif titreşim izolasyonu

Geçirgenlik açısından kaliteli bir titreşim izolasyonu için sistemin tabii frekansı işletme değerinin altında olmalıdır. Yani sistemin kütlesi büyük yaylanma değeri ise küçük olmalıdır. Arzu edilen çalışma bölgesi tabii frekansın üstünde olduğundan, sönüm değeri zayıf olmalıdır. Ancak rezonans bölgesi geçileceğinden sistemin aşırı genliklerden korunması için sönümün sistemin özelliklerine bağlı olarak uygun bir değerde seçilmesi gerekir.

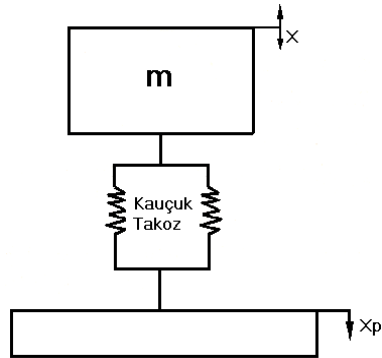
Kaliteli bir titreşim izolasyonu sağlamak için genelde fabrika ve işletmelerde makineler zemine elastik olarak oturtulmuş ağır beton bloklar üzerine rijit olarak monte edilirler. Beton blokları, titreşim sönümleyici kauçuk titreşim takozlarıyla ve kauçuk plakalar takviye edilerek bağlanır. Böyle bir montaj Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2. Beton blok izolatör modeli

2.4.2. Pasif titreşim izolasyonu

Daha önce de belirtildiği gibi herhangi bir sistemi zeminden gelen titreşimlerden korumak amacıyla yapılan izolasyona pasif titreşim izolasyonu denilmektedir. Şekil 2.3’de görüldüğü gibi bu sefer zemin rijit değil, yani titreşim üretmektedir.



Şekil 2.3. Titreşen zemin ve makine

Yapılmış olan bu çalışmada, aktif titreşim izolasyon modeline örnek olarak bir deney düzeneği hazırlanmış ve sistemin son titreşimi ölçülmüştür. Titreşim frekansı belli olan sisteme farklı sertliklerde titreşim sönümleyici takozlar bağlanmış ve sistemin son frekansları kontrol edilmiştir.

BÖLÜM 3

KAUÇUK VE KAUÇUK ÇEŞİTLERİ

Titreşimli ve gürültülü sistemlerde sistemin ve makinenin daha uzun ömürlü olması ve ondan daha iyi bir verim almak için mutlaka titreşim sönümleyici izolatörler kullanılmalıdır. Günümüz endüstrisinde de en çok kauçuk ürünleri izolatör olarak kullanılmaktadır. Çalıştığı sisteme ve bulunduğu ortamın şartlarına göre farklı özellikte kauçuklar seçilir.

Teknolojik gelişmeler ve yeni ürünlerin artması ve de özellikle otomobil tekerleğinin icadı kauçuğa olan ihtiyacı arttırmıştır. Kauçuk, bugünkü endüstrinin önemli maddelerinden biridir. Motorlu-motorsuz taşıt araçlarının tekerlekleri, çeşitli yağmurluklar, ayakkabılar, elektrikçilikte en önemli izoleler, düğme, tarak, kalem gibi maddeler, yapıştırma solüsyonları ve vernikler, kauçuğun endüstride uygulama alanlarından bazılarıdır [23].

Günümüz endüstrisinde darbe izolatörü olarak kullanılan kauçuklar ve titreşim düzenleyici kauçuk titreşim takozlarının büyük önemi vardır. Kullanıldığı ortamın şartlarına göre kauçuğun özellikleri değişmektedir. Doğal kauçuktan üretilen ürünler normal sıcaklık altında ve kuru ortamlarda kullanılmaktadır. Ortamdaki sıcaklığın aşırı yüksek veya düşük olduğu durumlarda, o ortama uyum sağlayabilecek sentetik kauçuklar kullanılmaktadır.

3.1. DOĞAL KAUÇUK

Kauçuk daha çok sütleğengiller (Euphorbiaceae) familyası bitkilerinde, ayrıca Compositae, Apocynaceae ve Asclepiadaceae familyaları bitkilerinde bulunan lâteks (bitkilerde süt görünümünde özsu)'in kurutulmasıyla elde edilen üründür. Kauçuğun adı, Amazon bölgesi yerlilerinin dilinden gelir (caa-o-cu=ağlayan ağaç) (Şekil 3.1).

Brezilya’da eskiden kurutulmuş bir balçık kalıp üstünde kat kat sürülen kauçuğun pıhtılaştırılması ile ayakkabı yapılıyordu. Lâteksin bezler arasında kurutulması ile de, su geçirmez bezler üretiliyordu. Kauçuktan ilk olarak 1530’larda bahsedilmeye başlandı. Daha önceleri bilinmiyordu. Modern kauçuk imalat endüstrisi ise, kauçuğun kükürtle sertleştirilmesi (vulkanizasyon) işlemiyle başlamıştır. Bu endüstrinin gelişmesi, kauçuğun hammaddesinin işlenerek birçok yerde kullanılmasına sebep olmuştur.



Şekil 3.1. Kauçuk ağacı

1839–1840 yıllarında Amerika Birleşik Devletlerinde Goodyear, İngiltere’de Hancock, kauçuğu kükürtle birleştirmişler ve sıcakta yapışkan olmayan, soğukta esnekliğini kaybetmeyen bir madde elde etmişler.

Günümüz şartlarında sürekli bir ivme kazanan endüstrileşme ile çevreye olan olumsuz etkiler de artmaktadır. Artan hammadde girdileri ve üretim maliyetleri, sanayicileri farklı çözümler bulmaya yönlendirmiştir. Çevresel etkiler yaratan atıkların gerek etkilerini minimuma indirmek, gerekse de maliyetleri düşürmek için geri dönüşüm teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır. Bunlara ek olarak standartların ve müşteri isteklerinin de etkisi oldukça önemlidir. Kauçuk endüstrisinde de benzer durum söz konusudur. Kauçuk tüketiminin artması ile fiyatların da artışı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle geri dönüşüm teknolojileri önem kazanmıştır. Örneğin; ABD’de toplam olarak 1990’da tüketilen kauçuk yaklaşık $2,6 \times 10^9$ kg.’dır. Bunun 1/3’ünü doğal kauçuk, kalan 2/3’ünü de sentetik kauçuk tüketimi oluşturmaktadır. Araba lastiği üreticileri, toplam kauçuk tüketiminin

yarısından daha fazlasını teşkil etmektedir. Dolayısıyla en çok geri dönüşümü sağlanan kauçuk ürünü araba lastikleridir.

Dünyada kullanılan tabii lastik ihtiyacının % 99'u kauçuk bitkisi tarafından sağlandığını söyleyecek olursak, kauçuğun önemi ve tabii lastik diye tanımlanmasının sebebi kendiliğinden anlaşılacaktır. Kauçuğun kullanılmadığı pek az sanayi dalı vardır. Kauçuk bugünkü endüstrinin önemli maddelerinden biridir.

3.2. YAPAY KAUÇUK (Sentetik kauçuk)

1900'lü yıllardan itibaren hızla artan teknolojik gelişmeler, yeni teknolojik ürünleri de beraberinde getirmiştir. Bu durum yeni teknolojik ürünlerdeki kauçuk malzeme kullanımının da hızlı bir şekilde artmasına sebep olmuştur. Artan kauçuk ihtiyacı, doğal kauçuktaki üretimin belirli ülkelerde olması ve savaş yıllarının doğurduğu ihtiyaç, araştırmacıları sentetik kauçuk üretimine yöneltmiştir. Çok geniş bir yelpazede üretilen kauçuk ürünlerden istenilen fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerin, her bir üründe farklı olması ve istenilen özelliklerin tek bir kauçuk türü tarafından karşılanamaması farklı özelliklere sahip birçok sentetik kauçuk türlerinin araştırılmasına ve sonuçta yeni sentetik kauçuk malzemelerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Günümüz teknolojisinde en fazla tüketilen sentetik kauçuklar, sırasıyla, Stiren-Bütadien kauçuğu (SBR), Bütadien kauçuğu (BR), Butil kauçuğu (IIR), Etilen-Propilen kauçuğu (EPM ve EPDM), İsoopren kauçuğu (IR), Kloropren kauçuğu (CR), Akriilonitril-Bütadien kauçuğu (NBR) ve Polisülfid (PTR) sentetik kauçuklarıdır [23].

Bilim adamları doğal kauçuğa benzeyen bir madde elde etmek için yıllarca uğraşmışlar. 1826'da Michael Farada, kauçuğun bir hidrokarbon bileşiği, yani yalnızca karbon ve hidrojen atomlarından oluşmuş bir kimyasal madde olduğunu bularak ilk önemli adımı atmıştır. I. Dünya Savaşı (1914–1918) sırasında Almanya'nın doğal kauçuk kaynakları kesilmişti. Ama Alman kimyacıları metil kauçuğu adını verdikleri kauçuğumsu bir madde elde etmeyi başarmışlardır. Kauçuğun bir zincirin halkaları gibi, özdeş birimlerden oluşan, çok uzun bir molekül olduğu anlaşıldı ve buna polimer adı verilmiştir. 1931'de ABD'li kimyacı Julius

Arthur Nieuwland polikloropren olarak adlandırdığı bir kauçuk yapmıştı. 1933'te iki Alman kimyacı stiren-bütadien kauçuğunu geliştirmişler. Stiren-bütadien kauçuğu piyasada kısaca SBR olarak bilinir. Yapay kauçuk üretiminde en büyük gelişme II. dünya savaşı sırasında sağlanmıştır. Japonlar doğal kauçuk üreten ülkeleri ele geçirince Müttefiklerin kauçuk kaynakları kesilmişti. ABD hükümeti, yapay kauçuk üretim tekniklerinin geliştirilebilmesi amacıyla yüzlerce kimyacı görevlendirilmişti. Savaştan sonra plantasyonlarda yeniden doğal kauçuk üretilmeye başlanmıştı, bunun üzerine bazı yapay kauçuk üretim tesisleri kapanmıştır.

1960'ların başında yapay kauçuk üretimi doğal kauçuk üretimiyle aynı düzeye gelmişti. Bu dönemde pek çok başka kauçuk türü geliştirilmiştir. Bunlardan birisi, doğal kauçukla tamamen aynı özelliklere sahip olan poliizopren'dir. Yapay kauçuk üretiminde uygulanan kimyasal tepkimeler çok karmaşıktır. Önce, ham petrol damıtılarak, nafta (Topraktan çıkarılan saydam, yanıcı, sıvı hidrokarbon) ve öteki hidrokarbonlar elde edilir. Daha sonra bunlar, kraking (Yüksek sıcaklık etkisiyle ve kimi zaman katalizörlerin de yardımıyla uzun hidrokarbon zincirlerinin kırılarak daha küçük moleküller oluşturması) denen kimyasal bir işlem uygulanarak küçük moleküllere ayrılır. Bu moleküllerden yararlanılarak kauçuk ve plastik gibi pek çok petrokimya ürünü hazırlanabilir.

Kauçuk, izopren (2-metil butadien) moleküllerinin yoğunlaştırılmasıyla meydana gelmiş bir bileşiktir. % 70 kadar su taşır ve molekül tartısı 350.000 civarındadır. Kauçuk 180 derecede yapışkan olur, 220 derecede erir. Bu dereceden sonra kauçuğun damıtılması başlar. Damıtım ürünü akıcı, yağimsı bir sıvı olup kauçuk yağı adını alır.

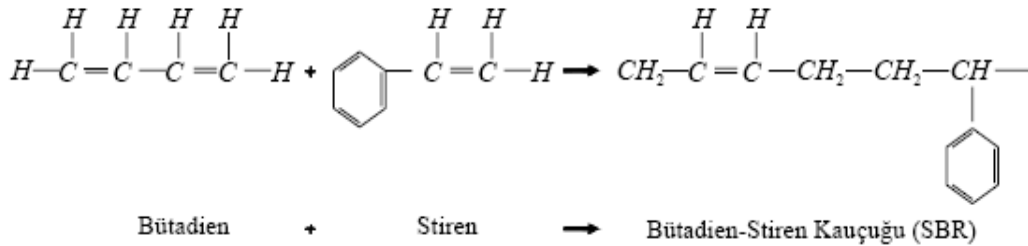
Butadien, kloropren, akrilonitril, stiren gibi bazı doymamış (çifte bağ ihtiva eden) organik bileşiklerle sentetik kauçuklar da elde edilmektedir. Sentetik kauçuklar tabii kauçuğun niteliklerine sahip olmamakla beraber çok miktarda üretilip dolgu lastiklerde kullanılmaktadır [23].

3.2.1. Stiren-Bütadien Kauçuğu (SBR)

Stiren-bütadien kauçuğu günümüz endüstrisinde en çok tüketimi olan kauçuklardandır. Dünya SBR üretimi 1960'lı yılların ortalarında doğal kauçuk üretimini geçmiş ve günümüzde de doğal kauçuk üretiminin iki katıdır [27].

SBR kauçuğu 75/25 oranında bütadien/stiren karışımların emülsiyon polimerizasyonu ile elde edilmektedir (Şekil 3.2). Polimer zinciri bütadien ve stiren polimerlerinin gelişigüzel karışımından oluşmaktadır. Yapı düzensiz olduğundan kristalleşme önlenmektedir [28].

SBR kauçuğu kopolimerizasyon sıcaklığına bağlı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sıcak SBR kauçukları, 50 0C'de kopolimerize edilmelerine karşın, soğuk SBR kauçukları kauçuktaki karşılıklı bağlanmayı minimum yapmak için mümkün oldukça düşük sıcaklıklarda (5 0C) kopolimerize edilmektedirler [27]. Sıcak SBR kauçukları daha iyi renk tutma özelliği sebebiyle mekanik parçalarda daha çok kullanılmaktadır. Soğuk SBR kauçukları ise, sıcak SBR kauçuklarına göre daha iyi fiziksel özelliklere sahip olduğundan otomobil lastiklerinde kullanılmaktadır. Hafif yüklü taşıtların tekerleklerinde soğuk SBR kauçukları doğal kauçuk kadar iyi hatta ondan daha iyi performansa sahiptirler. Fakat ağır yük taşıtları ve kamyonların tekerleklerinde daha çok bükülme sebebiyle ortaya çıkan ısı, soğuk SBR kauçuklarında, doğal kauçuğa göre, daha fazla olduğundan bu tür taşıt tekerleklerinde doğal kauçuk tercih edilir [23].

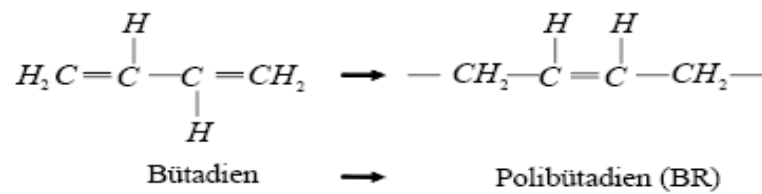


Şekil 3.2. Bütadien-Stiren kauçuğu (SBR) [23]

Genel olarak SBR kauçukları uygulamada doğal kauçuğun yerine kullanılmaktadır. SBR kauçuğundan yapılan karışımlar, doğal kauçuğa göre daha kolay olur ve de kısa zamanda gerçekleşir. Elastik davranışları doğal kauçuk kadar iyi olmasa da aşınma, yaşlanma ve ısıya dayanım özellikleri doğal kauçuktan üstündür. Polar olmayan sıvılara, çözücülere seyreltik asit ve bazlara dayanıklı olup yakıt ve yağlara dayanıksızdır. Sanayide en çok otomobil tekerleklerinde kullanılmakla birlikte V kayışı, ayakkabı tabanı, döşemelik, elektrik yalıtım malzemesi, boru contası, körük malzemesi, fren ve debriyaj balatası, şeffaf bantlar yapıştırıcılar ve konveyör bantı malzemesi olarak kullanılmaktadır.

3.2.2. Bütadien Kauçuk (BR)

İlk üretimi 1930'lu yıllarda olmasına rağmen kauçuk sanayinde kullanımı 1960'lı yıllarda başlamıştır. Bütadien'in isopren'e göre daha kolay elde edilebilmesi ve daha ucuz olması nedeniyle uzun yıllar bütadien kauçuğu elde edilmeye çalışılmıştır. Fakat var olan katalizörler ile yapılan polimerizasyon sonucunda elde edilen kullanışlı bütadien kauçuğu daha az kullanışlı idi [27]. Fakat spektroskopik polimerizasyonun 1954'lerde geliştirilmesiyle ve de alkali metallerin de polimerizasyonda katalizör olarak kullanılmasıyla günümüzde kullanılan bütadien kauçukları elde edilmiştir (Şekil 3.3).



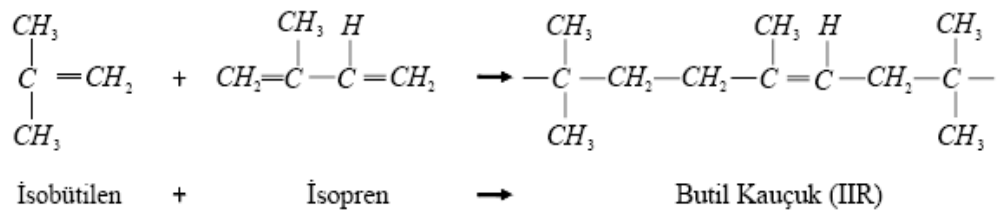
Şekil 3.3. Polibütadien kauçuğu (BR)

Bütadien kauçuklarının kopma mukavemeti oldukça düşüktür. Bu nedenle doğal kauçuk ve SBR kauçukları ile birlikte kullanılır. Aşınma ve çatlama mukavemetlerinin iyi olmasından dolayı otomobil dış lastik imalatında kullanılır. Camsı geçiş sıcaklığının düşük olması sebebiyle, düşük ısılarda çok iyi elastik özellikler verirler. Dinamik ısı oluşumu, doğal kauçuktan daha azdır. BR

kauçuğunun %90'ı tekerlek imalatında kullanılmaktadır. Bunun yanında teknik malzeme olarak konveyör bant ve hortum imalatı, ayakkabı tabanı, yüksek aşınma mukavemeti istenen parçaların üretimi, golf topları ve yer döşemesi imalatında kullanılmaktadır [29].

3.2.3. Butil Kauçuk (IIR)

İsobütülen isopren ve GR-I (Government Rubber-Isobutylene) olarak da adlandırılan butil kauçuk isobütülen ve isoprenin kopolimerleridir. İsoopren içerdiği çift bağlar, kükürt vulkanizasyonu için gereklidir. Yapıdaki çift bağlar aynı zamanda klor, brom gibi halojenlerle reaksiyona girerek bromobutil ve klorobutili oluşturur. Bu şekilde ozona, kimyasallara ve ısıya dayanımları artar [28]. Kloropren kauçuğunda olduğu gibi çekme dayanımını arttırmak için karbon siyahı katmaya gerek yoktur. Fakat yırtınma ve aşınma dayanımı ve elastiklik modülünü arttırmak için karbon siyahı ve diğer katkı maddeleri katılabilir. Butil kauçuğu en önemli özelliği düşük gaz geçirgenliğidir. Ozon, hava ve neme karşı mükemmel dayanıklılık gösterir. Dielektrik özellikleri ve şok emme kabiliyeti yüksektir. Isı mukavemeti yüksektir. Asitlere, bazlara, hayvansal ve bitkisel yağlara ve bazı esterlere karşı dayanıklılık gösterir. Halobutillerin butil kauçuğa göre daha hızlı pişme sağlaması sonucu, doğal kauçuk, SBR, NBR, CR, EPDM gibi diğer elastomerler ile karıştırılarak kullanılmasını sağlamaktadır [28].



Şekil 3.4. Butil kauçuk (IIR)

Doymamışlık oranı 0.6–1.2 mol arasında olanlar sulama hortumu, tank kaplama, orta ve yüksek voltaj kablo imalatı; doymamışlık oranı 1.5–2.0 mol arasında olanlar iç lastik, pişirme takımları, yapışkan üretimi, düşük voltaj ızalasyonu, şok emiciler ve

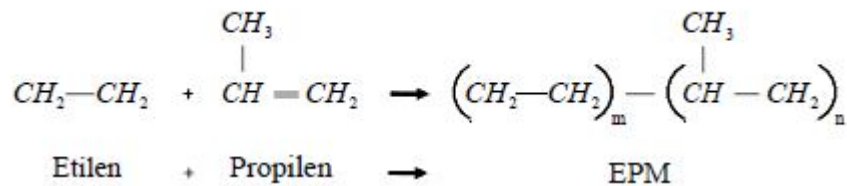
sportif eşya yapımında ve doymamışlık oranı 2.0 mol üzerinde olanlar sünger, konveyör kayışı, ayakkabı altı ve mekanik parça yapımında kullanılmaktadır [29].

3.2.4. EPDM Kauçukları

Etilen ve propilenin kopolimerizasyonu ve stereospesifik katalizörlerin kullanımıyla elde edilen EPM ve EPDM kauçukları ilk kez 1963 yılında ticari olarak üretilmiştir. EPM, etilen ve propilenin kopolimerizasyonu ile üretilmektedir. Reaksiyonda çift bağ yoktur. Yani tamamen doymuş bir yapıdır. Bu yapı, kopolimerlerin ozon ve oksijene mükemmel dayanıklılık göstermesini sağlar. Ancak diğer polimerlerle karıştırma imkânı yoktur. Peroksit ve radyasyon dışında vulkanize edilemezler.

Terpolimer EPDM ise etilen ve propilenin yanı sıra üçüncü bir monomer olarak, dienin reaksiyona girmesi ile elde edilir (Şekil 3.5). Bu durumda diğer polimerlerle karıştırılabilme ve peroksit dışında kükürt ve kükürt verici sistemlerle de vulkanizasyon imkânı sağlar [28].

EPM ve EPDM kauçukları ısı, ışık ve oksidasyona karşı mükemmel dayanıklıdır. Mükemmel elektrik özellikleri vardır. Yüksek dolgu ve yağ alabilme özelliğinden düşük maliyette karışımlar oluştururlar. Sulu veya konsantre asit ve alkalilere dayanıklılık gösterirler. Düşük yoğunluklu olup hafif malzemeler üretilir. Mekanik özellikleri doğal kauçuk ile butil kauçuk arasındadır [28].



Şekil 3.5. EPDM kauçuğu

Butil kauçuk gibi petrol esaslı yağlara dayanıksız olduğundan kullanımları otomobil uygulamaları ile sınırlıdır [28]. Bunun yanında kapı ve cam fitili, sünger fitil, radyatör ve ısıtma hortumları, beyaz eşya körük ve contaları, konveyör kayışları, tank kaplama ve silindir kaplamada kullanılmaktadır [29].

3.2.5. İsoipren Kauçuğu (IR)

Sentetik doğal kauçuk olarak da adlandırılan isopren kauçuğu uzun araştırmalar sonucu 1954 yılında yeni polimerizasyon katalizörlerinin bulunmasıyla elde edilebilmiştir [30].

Kullanılan katalizör cinsine bağlı olarak farklı özelliklerde isopren üretilmektedir. Günümüzde genellikle lityum veya Ziegler-Natta katalizörleri kullanılarak isopren kauçuğu üretilmektedir [28].

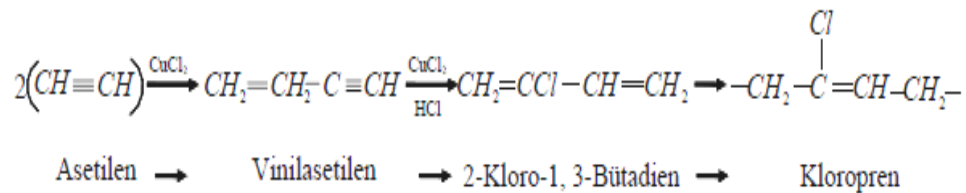
İsoipren polimerleştiğinde çift bağlar uzayda cis ve trans olmak üzere iki yapı oluştururlar. Cispolibütadien'de CH₂ grupları zincirde aynı yönde bağlanırken, trans polibütadien'de CH₂ grupları zincirde ters yönde bağlanmaktadır. Cis 1-4 poliisopren yumuşak elastik bir kauçuktur. Trans 1-4 poliisopren ise sert kristalli bir polimer olup golf toplarının yapımında kullanılır. İsoipren kauçuğunu, doğal kauçukla aynı özellikleri taşımakla birlikte, renginin iyi, kalitesinin daha az değişken ve kokusuz, daha kolay parçalanabilmesi ve karıştırılması, daha kolay ekstruzyon, kalıplama ve kalenderleme özellikleri ve düşük histeresis özelliklerine sahip olması doğal kauçuktan üstün yanlarıdır. Buna karşılık yapışma özelliğinin zayıf olması, karbon siyahı ile takviye edildiklerinde daha düşük fiziksel değerler vermesi ve daha pahalı olması doğal kauçuğa göre olumsuz yanlarıdır [28]. Doğal kauçuk üretiminin isopren kauçuğa göre daha ekonomik olması doğal kauçuğun çok daha fazla kullanılmasına sebep olmaktadır.

Üretilen isopren'in %60'ı otomobil lastiği imalatında, bunun dışında konveyör kayışı, conta ayakkabı tabanı ve yer döşeme malzemesi olarak kullanılmaktadır. Gum karışım olarak da kauçuk ip, biberon emziği ve çeşitli tıbbi malzemelerin imalatında kullanılmaktadır. IR kauçukları farklı firmalar tarafından Ameripol SN, Shell Isoprene, Natsyn, ve Coral ticari isimleri altında üretilmektedir [29].

3.2.6. Kloropren Kauçuğu (CR)

Neopren ve GR-M (Government Rubber-Monovinyl acetylene) olarak da adlandırılan kloropen kauçuğu, ilk olarak Wallace Hume Carothers'ın grubunda kimyager araştırmacı olarak alışan, Arnold Collins tarafından 1931 yılında Amerikada üretilmiş ve ilk üretildiğinde Duprene olarak adlandırılmıştır. Notre Dame üniversitesinde botanik ve kimya profesörü olan Julins Arthur Niewland (1879–1936) asetilen kimyası üzerine çalışırken, asetilen üzerine bakır tuzlarını tatbik ederek patlayıcı vinil asetileni elde etmiştir. Carothers ve Collins ise vinil asetilene hidrojen klorür ilave ederek 2-klorür-1,3-bütadieni üretmişlerdir. 2-kloro-1,3-bütadien'in emülsiyon polimerizasyonundan ise kloropreni elde etmişlerdir (şekil 3.6) [27].

Polimerizasyon sırasında kullanılan katkı maddesine göre birçok farklı kloropren kauçuğu elde edilmektedir. Kloropren sülfür ile vulkanize edilmesine rağmen çoğu kez magnezyum oksit veya çinko oksit ile de vulkanize edilebilmektedir. Kloropren'in en önemli özelliklerinden bir tanesi karbon siyahı katkı maddesi katmadan iyi bir çekme dayanımına sahip olmasıdır. İhtiyaç olması durumunda ve özellikle yırtınma ve aşınma dayanımını arttırmak için kloropren kauçuğu içerisine karbon siyahı ve diğer katkı maddeleri katılmaktadır. Kloropren kauçuğu havaya ve ozona karşı dayanıklıdır. Yapıda klor atomunun bulunması, polar özelliklerinin artmasına neden olur. Polaritelerden dolayı, birçok yağa dayanıklıdır ve yanmaya karşı direnç gösterir. Su ve kimyasallara uzun süreli dayanıklıdır. Düşük gaz geçirgenliğine sahip olup tekstil ve metallere yapışması kuvvetlidir. Tüm bu olumlu özellikler, doğal kauçuğun yetersiz kaldığı uygulama alanlarında kloropren kauçuğunun kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bunun yanında, göreceli olarak, yüksek donma noktasına sahip olmaları ve maliyetinin yüksek olması kloropren kauçuğunun kullanımını sınırlamaktadır.



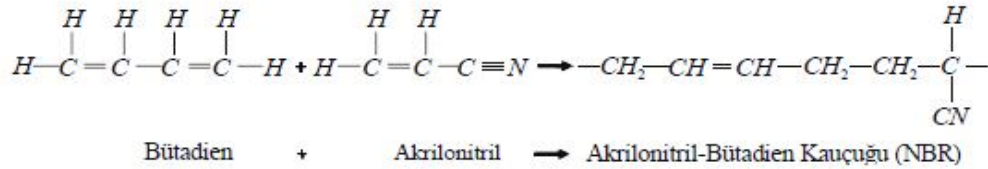
şekil 3.6. Kloropren Kauçuğu (CR)

Günlük kullanımda yukarıdaki iki olumsuz yönüne rağmen kloropren kauçuğu hortum imalatı (yüksek basınçlı hidrolik ve fren hortumları), conta, motor takozları, tamponlar, silecek lastikleri, membranlar, elektrik kablo izolasyonu silindirik kaplamaları ve V kayışı imalatında kullanılmaktadırlar [28].

3.2.7. Akrilonitril-Bütadien Kauçuğu (NBR)

Buna-N ve GR-N (Government Rubber-Nitrile) olarak da adlandırılan akrilonitril-bütadien kauçuğu bütadien ve akrilonitril'in kopolimerleridir (Şekil 3.7).

Nitril kauçuğunun özellikleri sahip olduğu akrilonitril oranına bağlı olarak değişiklik gösterir. Akrilonitril miktarı arttıkça yağ ve yakıtlara karşı dayanıklılık, yoğunluk, sertlik, pişme hızı, işlenebilirlik ve mekanik özellikler artmasına karşılık akrilonitril miktarı azaldıkça düşük sıcaklıklarda dayanım, gaz geçirgenliği ve elastikiyet azalır. Genel olarak Bütadien/akrilonitril monomer oranları 80/18 ile 55/50 arasında değişmektedir.



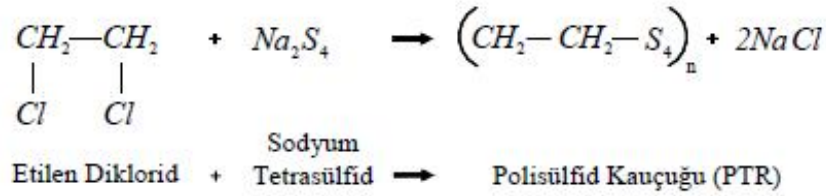
Şekil 3.7. Akrilonitril-Bütadien Kauçuğu (NBR)

NBR kauçuğunun aromatik hidrokarbonlara karşı dayanımı kloropren kauçuğuna göre iyi olmasına rağmen, polisülfid kadar iyi değildir. NBR kauçuğu mineral ve bitkisel yağlara mükemmel dayanıklı olmasına karşın aseton, ketonlar gibi oksijenli karışımların meydana getirdiği şişme olayına karşı çok zayıftır. Kuvvetli oksitlenme etkisine sahip asit ve bazlar hariç asit ve bazlara dayanıklıdır. NBR kauçuğu, SBR kauçuğu gibi, çekme sırasında kristalize olmaz. Yüksek dayanım elde etmek için katkı maddeleri katılmalıdır. Aşınma, yorulma, yaşlanma dayanımı iyi olmasına karşın yırtılma direnci doğal kauçuktan daha kötü ve elektrik yalıtımı daha düşüktür. Genel olarak petrol esaslı yağlar, gazlar ve aromatik hidrokarbonlara karşı dayanımın

gerektiği yerlerde kullanılır. Yağ ve yakıtlara karşı dayanımı sebebiyle conta imalatında (O-ring, sızdırmazlık contaları, kaplinler, membranlar), hortum imalatında (benzin, yağ, pnömomatik ve hidrolik hortumlar), bağlantı elemanlarında, konveyör kayışında, vals kaplamalarında, işçi elbise ve botlarında, lastik klişeye mühürlerde kullanılır [29].

3.2.8. Polisülfid Kauçuğu (PTR)

Bu elastomerler yağlara, grese ve çözücülere dayanıklı olmalarına karşın pis kokuludurlar. Elastikiyetleri kötü olup ısı dayanımları vasat düzeydedir. Gaz, nem ve havayı geçirmezler. Alifatik, aromatik hidrokarbonlara, oksijenli sıvılara ve ozona dayanıklıdırlar. Aşınma dayanımları doğal kauçuğun yarısı kadar olup çekme dayanımları 1.200 ile 1.400 psi arasında değişmektedir. Polisülfid kauçuğunun temel özellikleri zincir yapısına ve polisülfid grubundaki sülfür atomlarının miktarına bağlıdır. Sülfür yoğunluğunun artması çözücü ve yağlara karşı dayanımını artırması yanında, gazlara geçirgenliğini düşürmektedir.



Şekil 3.8. Polisülfid Kauçuğu (PTR)

Yukarıda özellikleri belirtilen polisülfid kauçuğu araba ve servis istasyonlarındaki gaz hortumlarının yapımında, gaz ve organik çözücülere karşı dayanımları nedeniyle contaların yapımında, gemi güvertesi ve bina sızdırmazlığı sağlamada kullanılmaktadır. Çekme mukavemeti ve aşınma dayanımının diğer sentetik kauçuklardan düşük olması sebebiyle polisülfid kauçuğunun kullanımı sınırlıdır. Ayrıca bazı türlerinin kötü kokması da kullanımını sınırlayan diğer bir nedendir [28].

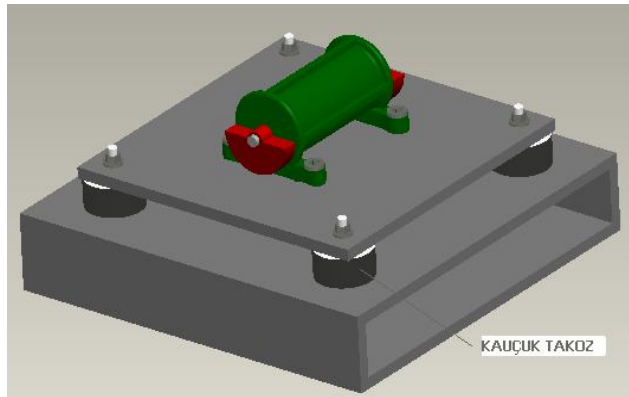
BÖLÜM 4

KAUÇUK TAKOZ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI VE PROTOTİPİ

Dinamik sistemlerdeki titreşimler, dış kuvvetler ve sistemin bu dış kuvvetlere cevap verme özelliğinden kaynaklanır. Dolayısıyla dış kuvvetler veya sistemin bu kuvvetlere cevap verme özelliği değiştirilerek sistemin titreşim özelliği değiştirilmiş olur. Uyarıcı kuvvetler ya sistemin bağlı olduğu temelden gelen bir kuvvet veya herhangi bir dış kuvvet dönen sistemlerde dengelenmiş kütle, motorlarda gidip gelen kütleler, darbe kuvvetli deprem vs. gibi titreştirici özellikteki kuvvetler olabilir. Sistemlerin tabii frekanslarını ve titreşim cevaplarını tespit etmek oldukça önemlidir. Çünkü makinenin çalışma hızının kritik hızla çakıştığı “rezonans” durumunda genlikler sonsuza gider, gürültü ve gerilmeler artar, sistem hasar görür.

4.1. KAUÇUK TAKOZ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI

Kauçuk takozların titreşimlerini incelemek için öncelikle bilgisayarda titreşim sistemi tasarlanmıştır (Şekil 4.1). Bu sistemin tasarımında ProENGINEER programı kullanılmıştır.

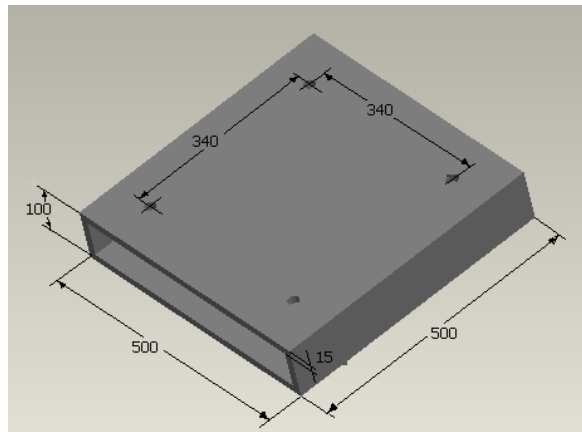


Şekil 4.1. Bilgisayarda tasarlanmış titreşim sistemi modeli

Tasarlanan titreşim sisteminde numune olarak kullanılan titreşim takozlarının yükseklik ölçüsü önemli değildir. Sistemde kullanılan numuneleri yükseklikleri 40 mm'dir. Ancak sistemde yüksekliği fazla olan numunelerde kullanılabilir. Tasarlanan titreşim masasında üst tabla alt tabladan 100 mm kısa olduğu için her kenardan 50 mm'lik boşluk oluşmaktadır. Üst tabladaki takozların bağlanacağı deliklerin arası 340 mm olduğu için üst tabla kenarları ile delikler arasında 30 mm mesafe kalmaktadır. Bu nedenle sistemde kullanılacak titreşim takozunun çapı maksimum $50+30 = 80$ mm'dir.

4.1.1. Alt tabla

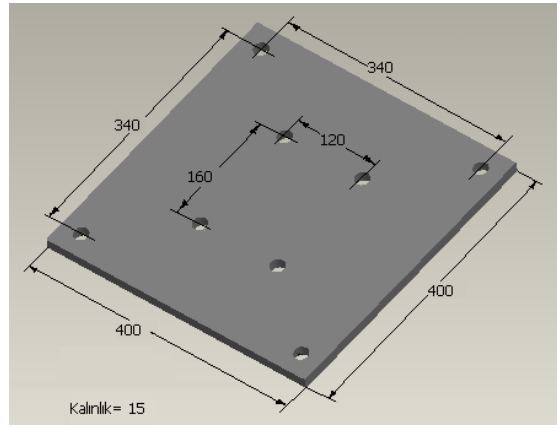
Titreşim masasından istenen verimi alabilmemiz için alt tabla yere kusursuz ve rijit bir şekilde bağlanmalıdır. Bu nedenle alt tablanın imalatında Erdemir tarafından 3237 kalite numarası ile üretilen ve 15 mm kalınlığında çelik plakalar kullanılmıştır. Titreşim masasının alt tablası 500x500 mm ölçülerinde ve 100 mm yüksekliğinde içi boş biçimde prizmatik olarak tasarlanmıştır. Titreşim testleri sırasında alt tabla kesinlikle titremeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Tabla yüksekliği gerektiğinden fazla olursa titreşim sırasında salınım yapıp yapılan testlerden tam verim alınmasını engeller. Bu nedenle de alt tablanın yüksekliği sadece 100 mm olarak ayarlanmıştır.



Şekil 4.2. Alt tablanın ölçüleri

4.1.2. Üst tabla

Titreşim masasında kullanılacak malzemenin titreşim esnasında herhangi bir bükülme yapmaması için elastik modülünün yüksek olması gerekir. Bu nedenle üst tablanın tasarımında da 400x400 mm ölçüsünde ve 15 mm kalınlığında Erdemir tarafından 3237 kalite numarası ile üretilen kare şeklinde çelik plaka kullanılmıştır. Ölçümlerde üst tabla ağırlığı kauçuk takozların üzerine bindiği için dikkate alınacağından üst plaka ağırlığı ölçülmüş ve 24 kg olarak belirlenmiştir.



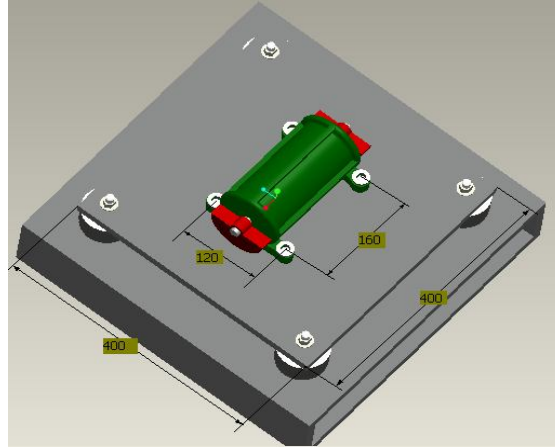
Şekil 4.3. Üst tablanın ölçüleri

4.1.3. Titreşim motoru

Titreşim motoru masaya rijit bir şekilde bağlanmalıdır. Bu bağlantı kamalı veya civatalı olarak yapılabilir. Tasarlanmış olan titreşim sisteminde de titreşim motoru masanın üst tablasına civata ile bağlanmıştır. Böylelikle motor üst tablaya titreşim sağlamış olur. Bağlantıların en ufak bir gevşemesinde, bağlantılarda kopma olabilir ve sistemde titreşim elde edilemez.

Tasarlanmış olan titreşim masasında titreşimi sağlamak için EMTAŞ marka üç fazlı, asenkron sincap kafesli ve 380 volt'da çalışan 1500 dev/dak olan vibrasyon elektrik motoru kullanılmıştır. Ayrıca kullanılan bu motorun giriş gücü 0,27 KW ve frekansı 50 Hz'dir. İki yanında bulunan eksantrik ağırlıklar ile vibrasyon üreten üç fazlı sincap kafesli elektrik motorlarıdır. Motorun ağırlığı ise 18 kg'dır. Eksantrik

ağırlıkları %100 çalışır konumda iken 297 kg olan yüklere kadar titreşim sağlayabildiği için yapılan çalışmalarda bu motor seçilmiştir. Bu motorlar uzun işletme ömrüne ve yüksek performansa sahiptir. Ayrıca yanlardaki eksantrik ağırlıklar kolay ayarlanabilir, gövde ve kapaklar sféro dökümdür ve rulmanları yüksek yük taşıma kapasiteli olarak seçilmiştir [31].



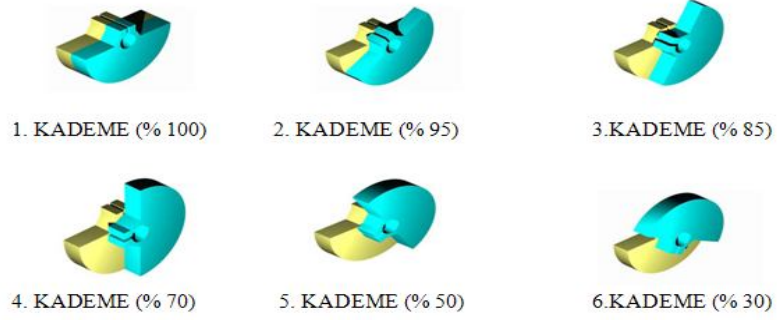
Şekil 4.4. Titreşim motorunun montaj resmi

Masaya titreşimi sağlayan sistem ise iki tarafındaki eksantrik ağırlıklar ile titreşim yapan titreşim motorudur. Motorun iki köşesindeki titreşimi sağlayan eksantrik ağırlıklar, motorun dönüş esnasında merkezkaç kuvveti oluşturur ve açığa çıkan bu kuvvette motorun bağlı olduğu sistemin titreşmesini sağlar.

4.1.4. Vibrasyon kuvvetini oluşturan eksantrik ağırlıkların kademeleri

Vibrasyon motorunun yanlarındaki eksantrik ağırlıkları motorun titreşmesini sağlamaktadır. Motor ana milinin döndüğü sırada yanlardaki ağırlıklar mil etrafında eksantrik bir dönüş yapacağından merkez kaç kuvvetinin de etkisiyle motorda titreşim meydana gelmektedir. Bu eksantrik ağırlıklar kademe olarak ayarlanabilir durumda yapılmıştır. Yüksek yük altında çalışırken eksantrik ağırlık kademelerinin biraz düşürülmesi gerekmektedir. Aksi halde motor sisteme istenen titreşimi veremeyeceğinden motorun bağlantı parçalarını kesme riski yüksektir. Aşağıdaki resimde vibrasyon motorunun eksantrik ağırlıklarının kademeleri görülmektedir. Yapmış olduğumuz deneysel çalışmalarda motor yüksek yük altında çalışmayacağı

için ve sistemden tam verim almak için motorun eksantrik ağırlıkları %100 çalışacak şekilde ayarlanmıştır. Sistemde aynı özelliklerde 4 farklı ağırlık motorun her iki tarafına ikişer bağlanarak 6 farklı kademede titreşim elde edilmektedir. Bağlantı şekilleri ve ağırlıkları Şekil 4.5’de verilmiştir [31].

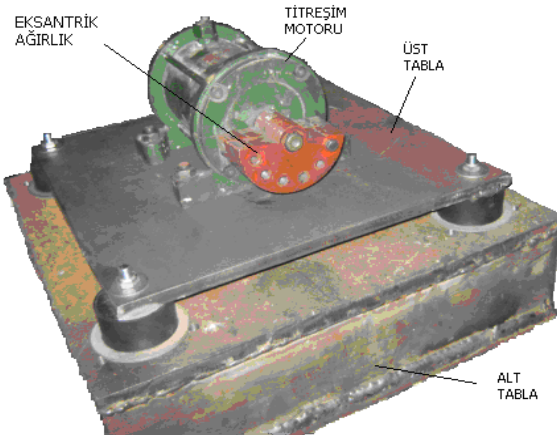


Şekil 4.5. Eksantrik ağırlıkların kademeleri [31]

4.2. KAÜÇUK TAKOZ ÖLÇÜM SİSTEMİ PROTOTİPİ

Titreşim masası sistem olarak dört ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Zemine rijit bir şekilde bağlanmış olan alt tabla
2. Alt tablanın üzerine frekansı ölçülecek titreşim takozlarıyla bağlanmış olan üst tabla
3. Sisteme titreşimi sağlayan titreşim motoru
4. Titreşim motorunun iki ucunda bulunan eksantrik ağırlıklar.



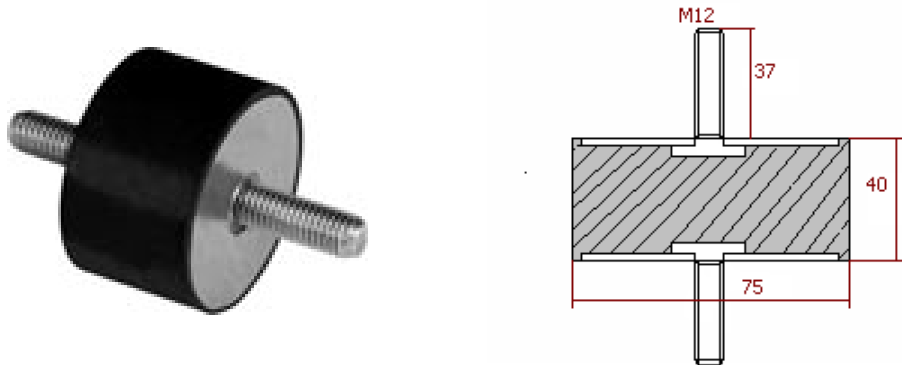
Şekil 4.6. Hazırlanan titreşim sistemi prototipinin resmi

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

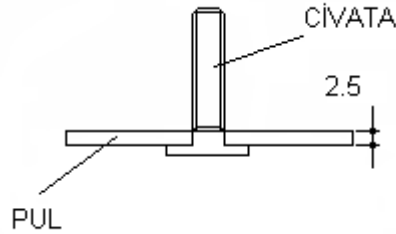
5.1. DENEY NUMUNELERİ

Yapılan deneyler sırasında Şekil 5.1’de görüldüğü gibi $\text{Ø}75 \times 40$ ölçülerinde ve her iki tarafında da M12x37 civata bulunan 40 Sh, 55 Sh ve 65 Sh olmak üzere üç ayrı sertlikte doğal kauçuktan üretilmiş titreşim takozları kullanılmıştır. Kauçuktan yapılmış titreşim takozlarında sert (hart), orta (mitte) ve yumuşak (weicht) olmak üzere üç ayrı terim kullanılmaktadır. 40 Sh ve altındaki sertliklerde olan titreşim takozları yumuşak, 65 Sh ve üzerindeki sertliklerde olanlar ise sert olarak nitelendirilmektedir. Bu iki sertliğin ortası ise 55 Sh kabul edilmektedir. Çalışmalarda titreşim takozlarının daha iyi analizini yapabilmek için bu üç farklı sertliklerden ölçümler yapılmıştır. Takozları doğal kauçuktan üretilmesinin sebebi ise doğal kauçuğun piyasada daha çok bulunması ve ucuz olmasıdır. Ayrıca doğal kauçuğun diğer sentetik kauçuklara göre titreşim özelliği daha iyi olduğu bilinmektedir. Her bir sertlikte 4 er adet olmak üzere toplam 12 adet deney takozu üretilmiştir.



Şekil 5.1. Testlerde kullanılacak olan takoz

Titreşim takozlarını üretirken önce takozların iki tarafında bulunan cıvatalı saclar üretilmiştir. 8.8 Kalite M12x39,5 mm ölçüsündeki cıvata ile Erdemir tarafından 7132 kalite numarası ile üretilen soğuk şekillendirmeye uygun 2,5 mm kalınlığındaki sac, kesme kalıbında Ø73 mm ölçüsünde kesilerek pul şeklindeki sac malzeme ile eksantrik preste sıkıştırılmıştır (Şekil 5.2). Böylelikle cıvatanın kauçuk dışında kalan boyu 37 mm olmuştur. Üretilen bu yarı mamullerin kauçuk dışında kalan kısımları paslanmaya ve korozyona karşı dirençli olması için galvaniz kaplama yapılmıştır. İmalata hazır olan yarı mamullerin kauçukla yapışacak olan yüzeyi 3 dk kumlanmış ve Chemosil 411 boyası ile bu yüzeyler boyanmıştır [23].



Şekil 5.2. Cıvata ile sıkıştırılmış pul

Sıcak preste ısıtılmış olan Ø75x40 ölçülerindeki kalıpta, hazırlanmış olan cıvatalı metal malzemeler ile doğal kauçuktan farklı sertliklerde hazırlanan kauçuk hamurları vulkanize edilmiştir. Üretilen titreşim takozlarının titreşim frekansı, prototipi yapılan titreşim sisteminde ölçülmüştür.

5.2. DENEY UYGULAMASI

Hazırlanan sistemde titreşim ölçümleri yapmak için farklı sertlikteki titreşim takozları hazırlanan titreşim masasına ayrı ayrı bağlanarak titreşime tabi tutulmuştur. Bu deneyi yaparken piyasada en çok bulunan ve en çok kullanılan titreşim takozu seçilmiştir. Bu ölçülerde ki takozu kullanmamızın sebebi ise bu titreşim takozlarının eski model araçlarda motoru şasiye bağlamak için kullanılan bağlantı takozları olmasıdır. Boyutsal olarak ölçüleri ne çok büyük ne de çok küçük olmadığı için sadece motor montajında değil sanayinin birçok alanında titreşim izolatörü olarak makinelerde kullanılmaktadır.



Şekil 5.3. Deney düzeneğinin resmi

Deneyleerde kullanacağımız titreşim takozları da doğal kauçuktan (NR) imal edilmiştir. Titreşim ölçümleri yapmak için farklı sertliklerde ki doğal kauçuklar titreşim sistemine bağlanmış ve ölçümler yapılmıştır.

Titreşimi elektriksel sinyale çeviren bir sensör (akselometre) ve bu sinyali algılayacak sinyal işleme özelliğine sahip bir cihaz gereklidir. Analiz için, cihaz üzerinde FFT Hızlı Fourier Çevirim özelliği bulunmalıdır.



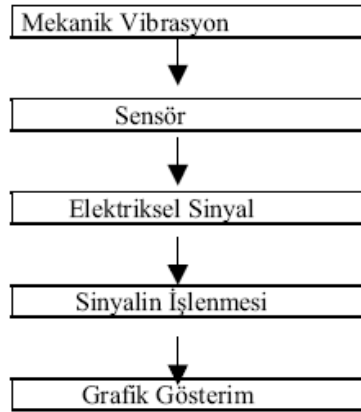
Şekil 5.4. TIME TV300 vibrasyon ölçüm cihazı ve sensörü

Titreşim ölçümü, sensör içinde yay ve damper ile modellenmiş mıknatıs kütleinin, dokundurulduğu yerdeki titreşime bağlı olarak oluşturduğu göreceli hareketin hızının

ölçümü ile yapılır. Mıknatıs etrafındaki sarım, akım cinsinden hareketliliği elektriksel sinyale dönüştürür.

Bu sensör sürekli izleme sistemlerinde kullanılır. Frekans aralığı en yüksek metottur. Sensör bir saplama ile ölçüm yüzeyine sabitlenir. Bu sensörler makine yüzeyine saplama yuvası açılmayan ya da açılması uygun olmayan ortamlarda kullanılır. Ölçüm noktalarına, üzerinde sensörün monte edileceği saplama yuvası hazır bir disk önceden yapıştırılır. Sensör saplama ile bu diske tutturularak ölçüm alınır.

Titreşim ölçümleri genel olarak sistemde oluşan titreşimin bir sensör yardımıyla alınarak elektriksel sinyallerle titreşim analizi yapabilen cihazlara aktarılır ve bu cihazlarda grafik üzerinde veriler elde edilir. Veri akışı Şekil 5.5’de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.5. Titreşim ölçüm akışı

Hazırlanmış olan aynı sertlikteki dört adet titreşim takozu tasarlanan vibrasyon masanın dört köşesine takozun üzerindeki civatalardan alt ve üst tablaya rijit bir şekilde bağlanmıştır. Önce 40 Sh sertliğindeki titreşim takozları bağlanmış ve sisteme herhangi bir ek ağırlık verilemeden kendi ağırlığıyla belirli bir süre titreşime maruz bırakılmıştır. Takozların üzerine etki yapan ağırlık motorun, üst tablanın ve bağlantı elemanlarının ağırlığıdır. Titreşim masasını oluşturan elemanları tanıtırken de belirtildiği gibi titreşim motorunun ağırlığı (eksantrik ağırlıklar dahil) 18 kg, üst tablanın ağırlığı da 24 kg’dır. Bağlantı elemanlarının ağırlığıyla da takozların

üzerindeki ağırlık toplam 43,50 kg olmuştur. Eksantrik ağırlıklar %100 titreşim yapacak konumda yani Şekil 4.5’de görüldüğü gibi 1. kademede kullanılmıştır. Sistemde kullanılan motor eksantrik ağırlıklar 1. kademede iken 297 kg’a kadar olan yüklere titreşim sağlayabilmektedir. Hazırlanmış olan prototipte ise takozlar üzerine binecek yük yani motorun titreşim sağlayacağı yük maksimum 54,5 kg olacağı için deneylerde motorun eksantrik ağırlıkları 1. kademede ayarlanmıştır.

Masanın titreşim frekansını ölçmek için Şekil 5.4’de görüldüğü gibi CİLAS KAUÇUK A.Ş’ye ait ISO 9001 kalite belgeli TIME TV300 marka vibrasyon ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Vibrasyon masasının titreşim yapan üst tablasının bir köşesine Şekil 5.3’de görüldüğü gibi vibrasyon ölçüm cihazının titreşim algılayan hassas sensörü bağlanmış ve sisteme vibrasyon motoruyla titreşim verilmiştir. Masanın 30 s boyunca titreşimi ölçülüyor. İlk ölçüm masanın köşelerine birer tane bağlanmış olan 40 Sh sertliğindeki 4 takoz üzerinde yapılıyor. Titreşen sistemin üzerine ilave ağırlık koymadan sistemin kendi ağırlığı üzerinden titreşim ölçümleri yapılıyor. Daha sonra titreşim masasının üst tablasına Şekil 5.6’da görüldüğü gibi rasgele ağırlıklar konmuştur. Bu ağırlıklar tablanın karşılıklı iki kenarına gelecek şekilde ve tablanın kenarına olan mesafeleri eşit olacak şekilde bağlanmıştır. Bu şekilde bağlanmasındaki amaç toplam ağırlığın her bir titreşim takozunun üzerine eşit şekilde dağılmasıdır. Ek olarak konan ağırlıklardan sonra sistem tartılmıştır. Böylelikle takozların üzerine baskı yapan ağırlık 43,50 kg’dan 54,50 kg’a yükselmiş ve aynı titreşim takozlarının tekrar frekans ölçümü yapılmıştır.



Şekil 5.6. Titreşim masasının üzerindeki ek ağırlıkların resmi

5.3. DENEY NUMUNELERİNİN UZAMA VE EZİLME MİKTARLARININ ÖLÇÜMÜ

Daha önceki deneyde farklı sertliklerdeki titreşim takozlarından oluşan titreşim sisteminin frekansları ölçülmüştür. Elde edilen değerler takozun sertliğine göre değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu deneylerde ise farklı sertliklerdeki takozların üzerine ayrı ayrı, titreşim sistemi prototipinde uygulanan maksimum yük olan 54.5 kg uygulanarak takozlarda olan ezilme miktarları incelenmiştir. Ezilmesi incelenen bu takozların son olarak kopması için gerekli olan kuvveti ve kaç mm uzama sonucunda koptuğuna bakılmıştır. Numunelerin ezilme ve kopma değerlerini bulmak için CİLAS KAUÇUK'a ait laboratuarda ZWICK/Roell marka ezme ve koparma test cihazı kullanılmıştır (Şekil 5.7).



a) Numunelerin ezilme testi



b) Numunelerin uzama testi

Şekil 5.7. Deney numunelerinin ezme ve uzama değerlerinin kontrolü

Deneyle sırasında takozlar iki ucundaki cıvatalardan makineye bağlanmış ve bilgisayar desteği ile kaç mm ezildikleri ve takozları koparmak için kaç N gerilme gerektiği incelenmiştir.

5.4. DENEY NUMUNELERİNİN SERTLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Deneyleerde kullanılan kauçuk takozların sertliği, CİLAS KAUCUK A.Ş' ye ait EN ISO 868 standartlarında, DIN 53505 ölçü normlarına uygun olan Durometer marka sertlik ölçüm aletiyle ölçülmüştür (Şekil 5.8).

Kauçuğun üzerine cihazın ucundaki iğne ile yaklaşık 1 kg baskı yapılarak sertlik ölçümü yapılmaktadır. Cihaz 0–100 Shore arasında ki sertlikleri ölçebilecek kapasitededir. Kauçuğun üzerine 1 kg'lık kuvvet uygulandığında cihazın üzerindeki ibrenin gösterdiği değer o kauçuğun sertliğidir. Kauçuk sertlik birimi Shore'dur. Genel olarak bu cihazlar da Shoremetre olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 5.8. Sertlik ölçüm cihazı

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

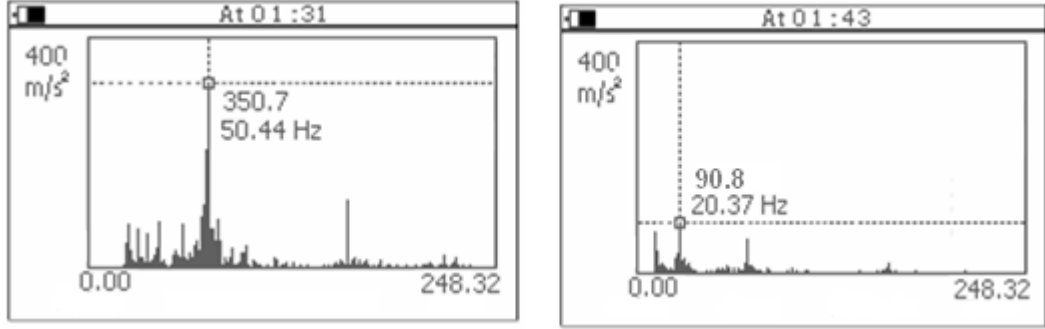
Yapılan bu çalışmada tasarlanan titreşim masası prototipinde öncelikle 40 Sh, 55 Sh ve 65 Sh sertliğindeki doğal kauçuktan (NR) oluşan titreşim takozları bağlanmış ve frekansları incelenmiştir. Daha sonra frekansları ölçülen bu takozların ZWICK/Roell marka özel ezme ve koparma cihazında, titreşim prototipi üzerinde uygulanan ağırlık ile kaç mm ezildiği ve takozların kopması için gereken maksimum uzama boyları ölçülmüştür.

40 Sh sertliğindeki takozların titreşim ölçümleri yapıldıktan sonra sırasıyla 55 ve 65 Sh sertliğindeki takozlar da önce sistemin kendi ağırlığı altında sonra da 11 kg ek ağırlık koyulmuş şekilde ölçümleri yapılmıştır.

6.1. 40 SH SERTLİĞİNDEKİ DENEY NUMUNESİNİN ÖLÇME SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

40 Sh sertliğindeki dört takoz yapılan titreşim sistemi prototipine bağlanmış ve iki farklı ağırlık altında titreşim özellikleri incelenmiştir. Daha sonra 40 Sh sertliğindeki bu takoza titreşim esnasında uygulanan maksimum yük sonucu ne kadar ezildiğini bulmak için özel ezme cihazında ezilmesine bakılmıştır. Son olarak da ezilmesi kontrol edilen takozun kopması için gerekli olan maksimum uzama miktarı, yine özel koparma cihazında bulunmuştur.

6.1.1. 40 Sh sertliğindeki numunenin titreşim değerleri



a) 43,50 kg yük altındaki frekans ve ivmesi

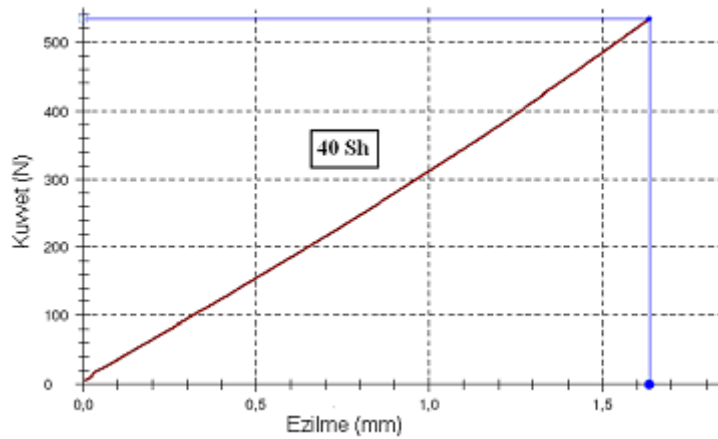
b) 54,50 kg yük altındaki frekans ve ivmesi

Şekil 6.1. 40 Sh sertliğindeki titreşim takozundan oluşan sistemin titreşim spektrum grafiği

40 Sh sertliğindeki kauçuk takozlardan oluşan titreşim sisteminin frekans ve ivme değerleri Şekil 6.1'de görüldüğü gibi çıkmıştır. 43,50 kg yük altında sistemin frekansı 50,44 Hz gelirken 54,50 kg yük altında ölçülen değer ise 20,37 Hz'dir.

6.1.2. 40 Sh sertliğindeki numunenin ezilme ve kopma değerleri

Titreşim sistemi prototipinde takozların üzerine uygulanan yük maksimum 54,5 kg olduğu için numunenin üzerine de 54,5 kg yük uygulanmıştır.

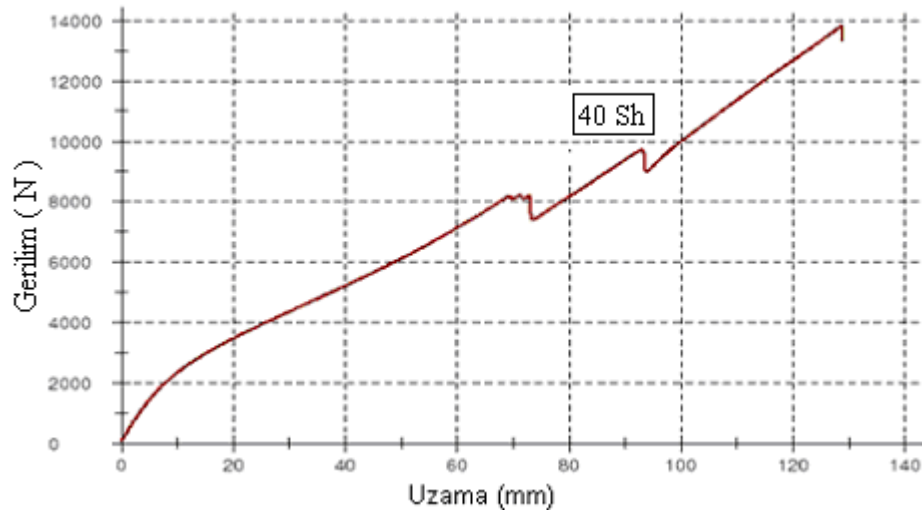


Şekil 6.2. 40 Sh sertliğindeki numunenin ezilme grafiği

Çizelge 6.1. 40 Sh sertliğindeki numunenin ezilme değerleri

Sertlik (Sh)	54,5 kg'da ezilme (mm)	Takoz
40	1,63	75X40 A

Şekil 6.2 ve Çizelge 6.1'den de anlaşıldığı gibi 40 Sh sertliğindeki takoz 54,5 kg yük altında 1,63 mm ezilmiştir.



Şekil 6.3. 40 Sh sertliğindeki numunenin kopma grafiği

Çizelge 6.2. 40 Sh sertliğindeki takozun kopma değerleri

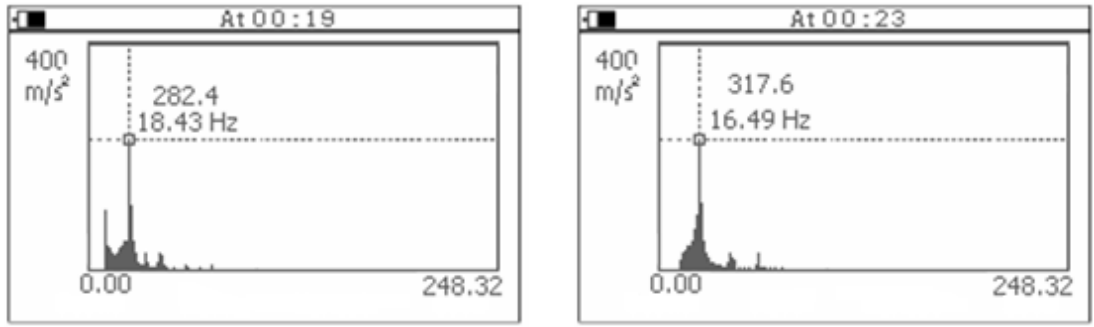
Sertlik (Sh)	Çekme Muk. (N)	Çekme Uz. (mm)	Kopma Muk. (N)	Kopma Uz. (mm)
40	13829,57	128,71	13349,16	128,74

Şekil 6.3 ve Çizelge 6.2'den de anlaşılacağı gibi 40 Sh sertliğinde takoz 128,74 mm uzama sonunda kopmuştur. Kopma anındaki son kuvvet ise 13349,16 N'dur. Uzama miktarının bu kadar fazla olması da takozun yüksek bir titreşim frekansı özelliği katmaktadır.

6.2. 55 SH SERTLİĞİNDEKİ DENEY NUMUNESİNİN ÖLÇME SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

55 Sh sertliğindeki takozların da ilk olarak, hazırlanan titreşim sistemi prototipinde titreşim özellikleri incelenmiştir. Daha sonra bu takozların ezilmesi ve kopması araştırılmıştır.

6.2.1. 55 Sh sertliğindeki numunenin titreşim değerleri



a) 43,50 kg yük altındaki frekans ve ivmesi

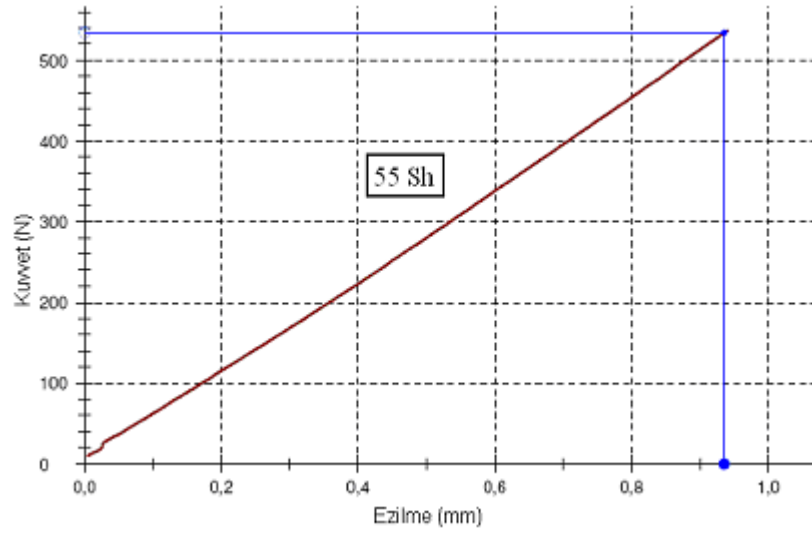
b) 54,50 kg yük altındaki frekans ve ivmesi

Şekil 6.4. 55 Sh sertliğindeki titreşim takozundan oluşan sistemin titreşim spektrum grafiği

55 Sh sertliğindeki kauçuk takozlardan oluşan sistemin frekans ve ivme değerleri Şekil 6.4' de ki gibi çıkmıştır. 43,50 kg yük altındaki sistemin frekansı 18,43 Hz gelirken 54,50 kg yük altında sistemin frekansı 16,49 Hz gelmiştir. Bu ölçümden de anlaşıldığı gibi sisteme uygulanan ağırlık arttıkça sistemin frekansı düşmektedir.

6.2.2. 55 Sh sertliğindeki numunenin ezilme ve kopma değerleri

55 Sh sertliğindeki numunenin üzerine de, titreşim sistemi prototipinde ne kadar ezildiğini bulmak için 54,5 kg yük uygulanmıştır.

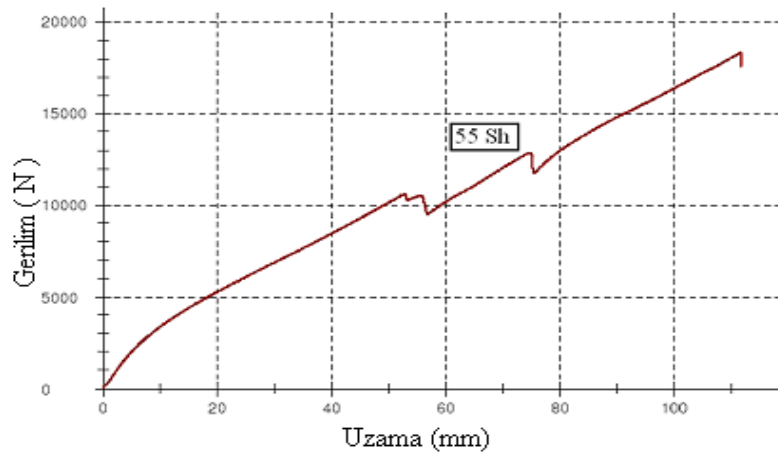


Şekil 6.5. 55 Sh sertliğindeki numunenin ezilme grafiği

Çizelge 6.3. 55 Sh sertliğindeki numunenin ezilme değerleri

Sertlik (Sh)	54,5 kg'da ezilme (mm)	Takoz
55	0,94	75X40 A

Şekil 6.5 ve Çizelge 6.3' de görüldüğü gibi 55 Sh sertliğindeki takozun 54,5 kg yük altında 0,94 mm ezildiği görülmüştür (Çizelge 6.3).



Şekil 6.6. 55 Sh sertliğindeki numunenin kopma grafiği

Çizelge 6.4. 55 Sh sertliğindeki takozun kopma değerleri

Sertlik (Sh)	Çekme Muk. (N)	Çekme Uz. (mm)	Kopma Muk. (N)	Kopma Uz. (mm)
55	18323,86	111,58	17583,34	111,66

Şekil 6.6' ya dikkatli baktığımızda 11000 N'luk çekme kuvvetinde takozun uzama değerleri 50–60 mm olduğunda kauçuğun iç kısımlarında kopmaların meydana geldiğini görüyoruz.

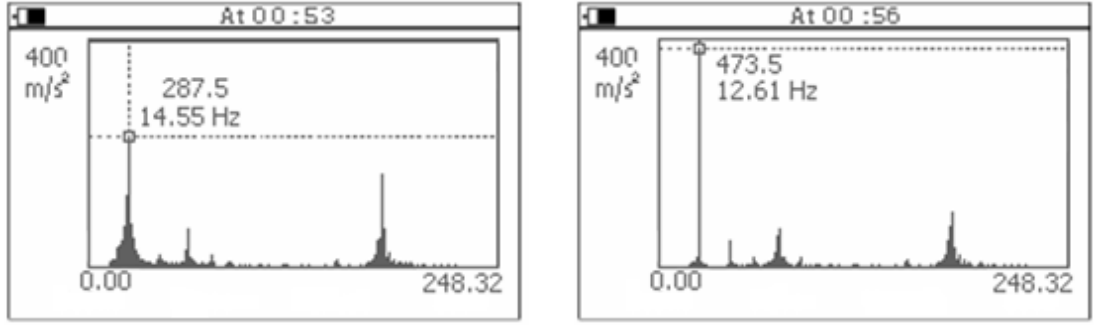
55 Sh sertliğindeki takozun test değerlerinde ise kopma 111,66 mm' de meydana gelmiştir. Kopma anında uygulanan son kuvvette 17583,34 N olarak görülmüştür.

1. takozun testi ile 2. takozun testini kıyasladığımızda, kauçuk sertliği daha az olan (40 Sh) birinci takozu uygulanan kopma kuvveti, ikinci takozu (55 Sh) uygulanan kopma kuvvetinden daha azdır. Fakat ters orantılı olarak 1. takozun kopma uzaması 2. takozun kopma uzamasından daha fazladır. Sertliği az olan kauçuğun iç yapısında dolgu maddesi daha az olduğu için kauçuk miktarı daha fazladır. Kauçuğun uzama özelliğinden dolayı sertliği az olan takoz daha fazla uzama sonucunda kopmuştur.

6.3. 65 SH SERTLİĞİNDEKİ DENEY NUMUNESİNİN ÖLÇME SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Son olarak 65 Sh sertliğindeki takozların hazırlanan titreşim sistemi prototipinde iki farklı yük altında titreşim özellikleri incelenmiştir. Daha sonrada bu takozların ezilmesi ve kopması araştırılmıştır.

6.3.1. 65 Sh sertliğindeki numunenin titreşim değerleri



a) 43,50 kg yük altındaki frekans ve ivmesi

b) 54,50 kg yük altındaki frekans ve ivmesi

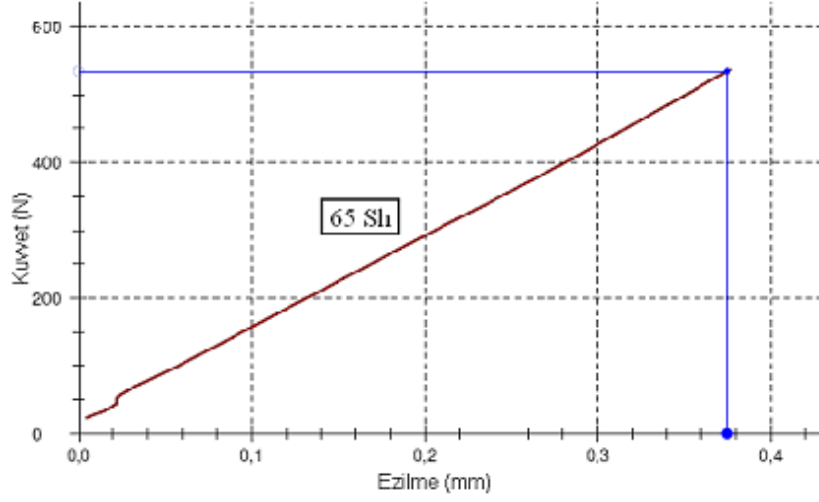
Şekil 6.7. 65 Sh sertliğindeki titreşim takozundan oluşan sistemin titreşim spektrum grafiği

65 Sh sertliğindeki kauçuk takozlardan oluşan sistemin titreşim frekansı ve ivme değerleri Şekil 6.7'deki gibi ölçülmüştür. 43,50 kg yük altındaki sistemin frekansı 14,55 Hz gelirken 54,50 kg yük altında sistemin frekansı 12,61 Hz gelmiştir. Yapılan bu deneyde de sisteme uygulanan ağırlık arttıkça frekans değeri düşmüştür.

Yapılan bütün ölçümlerde frekansın titreşim sistemine uygulanan ağırlığa ve kauçuğun sertliğine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Titreşim takozlarında ki kauçuğun sertliği arttıkça frekansın düştüğü deneyler sonunda ortaya konmuştur.

6.3.2. 65 Sh sertliğindeki numunenin ezilme ve kopma değerleri

Son olarak 65 Sh sertliğindeki numunenin üzerine de, titreşim sistemi prototipinde uygulanmış olan maksimum yük olan 54,5 kg yük uygulanmıştır.



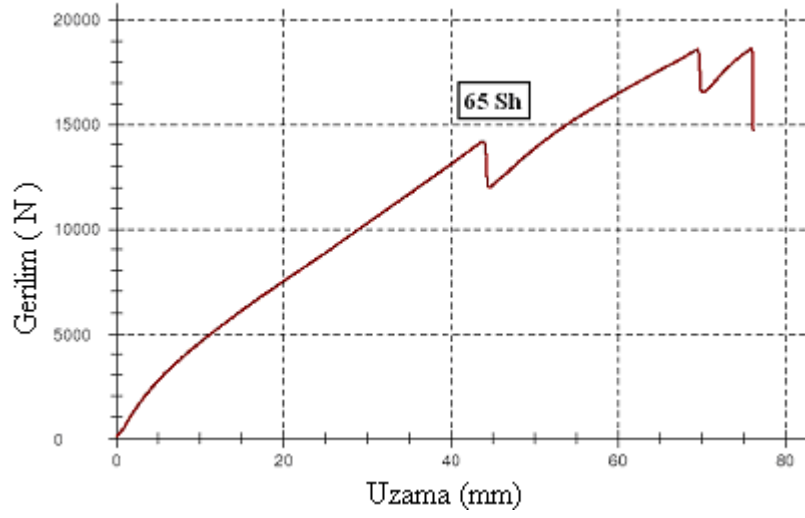
Şekil 6.8. 65 Sh sertliğindeki numunenin ezilme grafiği

Çizelge 6.5. 65 Sh sertliğindeki numunenin ezilme değerleri

Sertlik (Sh)	54,5 kg'da ezilme (mm)	Takoz
65	0,37	75X40 A

Yapılan ölçümler sonunda 65 Sh sertliğindeki takozun 54,5 kg yük altında 0,37 mm ezildiği görülmüştür (Çizelge 6.5, Şekil 6.8).

Yapılan ezme ölçümlerinde sertliği az olan takozun uygulanan kuvvete karşı tepkisinin daha düşük olduğu için ezilme miktarının daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Takozların sertliği arttıkça ezilme miktarlarının azaldığı görülmüştür (Şekil 6.8).



Şekil 6.9. 65 Sh sertliğindeki numunenin kopma grafiği

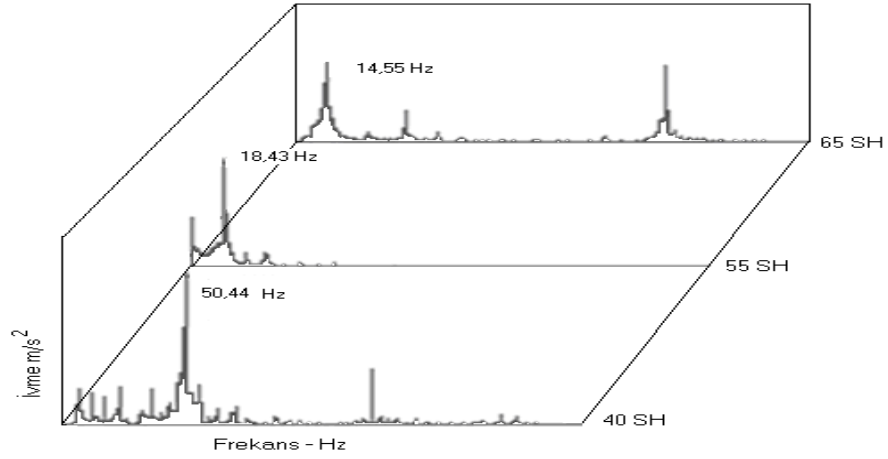
Kauçuk sertliği 65 Sh olan takoz diğer takozlardan daha sert olduğu için uzaması en az olandır. Ayrıca en düşük uzama değerinde kopma yapan takoz özeliğini taşımaktadır.

Çizelge 6.6. 65 Sh sertliğindeki takozun kopma değerleri

Sertlik (Sh)	Çekme Muk. (N)	Çekme Uz. (mm)	Kopma Muk. (N)	Kopma Uz. (mm)
65	18621,13	75,89	14721,58	76,14

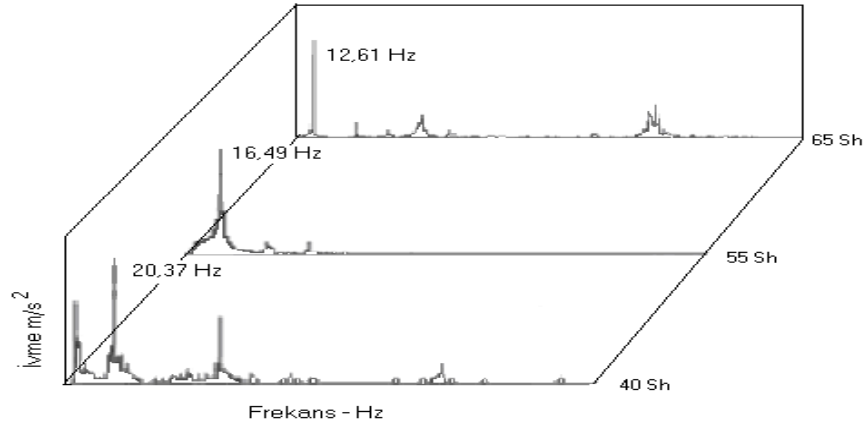
Çizelge 6.6'dan anlaşıldığı gibi 65 Sh sertliğinde ki takoz 76,14 mm uzayarak kopmuştur. Bu değer takozlar arasındaki en düşük uzama mesafesidir (Çizelge 6.6). Kopma anında ki çekme de 14721,58 N' dur. 65 Sh sertliğindeki takozda 76,14 mm uzama sonunda kopmuştur.

Sertlikleri farklı takozların kopmasın da görüldüğü gibi sertliği fazla olan takoz daha kısa bir uzama sonucu kopmaktadır. Ancak sert olan takozu koparmak için gereken kuvvetin daha fazla olduğu yapılan deneyler sonunda ortaya çıkmıştır.



Şekil 6.10. 43.50 Kg yük altında farklı sertliklerdeki titreşim takozlarından oluşan sistemlerin titreşim spektrum grafikleri

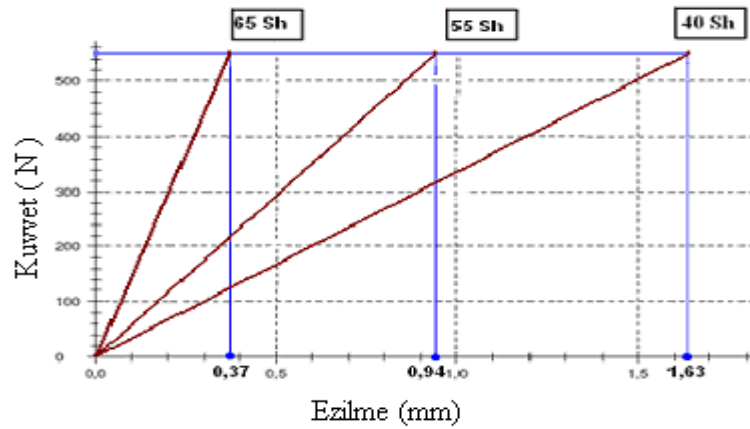
Şekil 6.10'dan da anlaşıldığı gibi, titreşim takozlarının sertlikleri yükseldikçe sistemde meydana gelen titreşim miktarının azaldığı görülmektedir. Titreşim masasının dörtkenarına bağlanmış olan titreşim takozlarının üzerine toplam 43,50 Kg yük uygulanmıştır. Normalde frekansı 50 Hz olan titreşim motoruyla sisteme titreşim verilmiş ve üç farklı sertliklerdeki titreşim takozlarından oluşan sistemin titreşimleri ölçülmüştür. Sisteme bağlanan titreşim takozları titreşim sönümleyeceği için titreşim miktarı düşecektir. En iyi titreşim sönümleme de 65 Sh sertliğindeki takozlardan elde edilmiştir. 65 Sh sertliğindeki takozlardan oluşan sistemin frekansı 14,55 Hz olarak bulunurken 40 Sh sertliğindeki takozlardan oluşan sistemin frekansı 50,44 Hz çıkmıştır. Dikkat edilirse 40 Sh'da motorun normal frekansının da üzerine çıkmıştır. Burada takozlar sönümleme yerine yaylanma yapmışlar ve frekans değerini arttırmışlardır.



Şekil 6.11. 54,50 Kg yük altında farklı sertliklerdeki titreşim takozlarından oluşan sistemlerin titreşim spektrum grafikleri

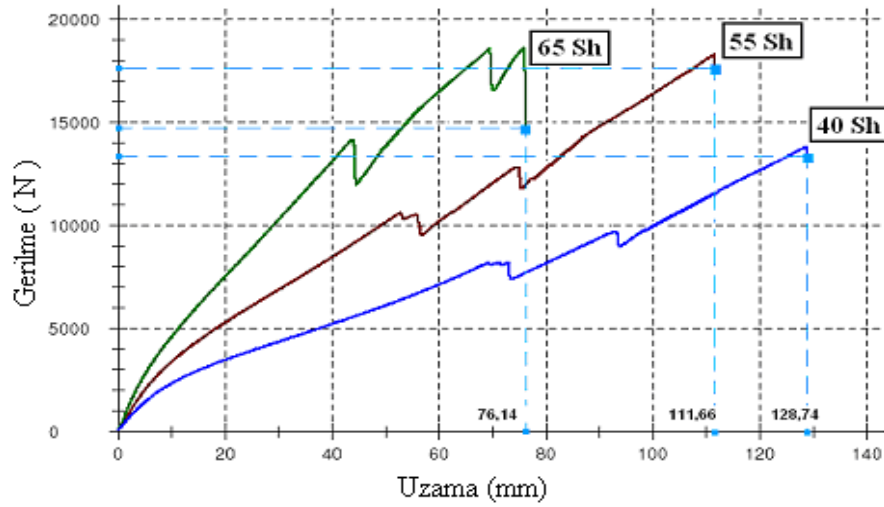
Şekil 6.11'den de anlaşıldığı gibi, sisteme ek ağırlık koyarak yapılan ölçümlerden de sertliği fazla olan takozlardan oluşan sistemin titreşimi daha az görülmektedir. 40 Sh sertliğindeki takozlardan oluşan sistemin frekansı 20,37 Hz olurken 65 Sh sertliğindeki takozlardan oluşan sistemin frekansı 12,61 Hz olmuştur.

Mekanik çalışan sistemlerde aşırı titreşim istenmeyen bir durum olduğu için mutlaka bir titreşim izolasyonu olması gerekmektedir. Motordan meydana gelen titreşimin sisteme hasar vermemesi için kauçuk titreşim sönümleyiciler kullanılmaktadır. Hazırlanmış olan bu sisteme en uygun olan sönümleyici de titreşim deneyleri sonucunda 65 Sh sertliğindeki titreşim takozları olduğu görülmüştür.



Şekil 6.12. Deneylerde kullanılan titreşim takozlarının 54,50 Kg (545 N) yük altında ezilme miktarlarını gösteren grafik

ZWICK/Roell marka ezme ve koparma cihazında yapılan uygulamalarda, deneylerde kullanılan titreşim takozlarının 54,50 Kg yük altında kaç mm ezildikleri kontrol edilmiştir. Şekil 6.12’de görüldüğü gibi 65 Sh sertliğindeki takozun ezilme miktarı 0,37 mm, 55 Sh sertliğindeki takozun ezilmesi 0,94 mm ve 40 Sh sertliğindeki takozun ezilme miktarı 1,63 mm olarak bulunmuştur. Sistemde her bir sertlikteki takozlardan 4 adet kullanıldığı için hazırlanan prototipe bağlanan bu takozlar, bulmuş olduğumuz değerlerin $\frac{1}{4}$ ’ü kadar ezilmişlerdir. Deneylerden de anlaşıldığı gibi, sertliği az olan takoz fazla olan takozla göre daha fazla ezilmiştir.



Şekil 6.13. Deneylerde kullanılan titreşim takozlarının kopma grafiği

Deneylerde kullanılan titreşim takozlarının kaç mm uzama sonunda koptuklarını ve kopması için ne kadar kuvvet gerektiğine bakılmıştır. Şekil 6.13’den de anlaşıldığı gibi, yapılan çalışma sonunda 65 Sh sertliğindeki takoz 76,14 mm uzayarak koparken, sertliği en az olan 40 Sh sertliğindeki takoz 128,74 mm uzamıştır. 55 Sh sertliğindeki takoz ise 111,66 mm uzama sonunda kopmuştur. 65 Sh sertliğindeki takozu koparmak için gerek kuvvet 14721,58 N, 55 Sh sertliğindeki takozu koparmak için 17583,34 N, 40 Sh sertliğindeki takozu koparmak için gereken kuvvet de 13349,16 N olarak bulunmuştur. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı gibi, sertliği daha az olan takoz daha fazla uzayarak kopmuştur. Takozu koparmak için gereken kuvvet en fazla 55 Sh sertliğindeki takozda görülmüştür.

BÖLÜM 7

GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Farklı sertliklerdeki titreşim takozlarının titreşim frekanslarını ölçmek amacıyla tasarlanan titreşim masasında vibrasyon ölçüm cihazıyla frekans ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler titreşim masasına farklı sertliklerdeki kauçuk titreşim takozları bağlanarak yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Yapılan ölçümlerde titreşim takozlarının sertliği arttıkça sistemin frekansının düştüğü görülmüştür.
2. Titreşim masasına bağlı olan takozların üzerine etki eden ağırlık arttıkça sistemin frekansının düştüğü görülmüştür.
3. Sertliği en düşük takoz olan 40 Sh sertliğindeki takoz, 54,5 kg yük altında 1,63 mm ezilirken, sertliği en fazla olan 65 Sh takozun 54,5 kg yük altında sadece 0,67 mm ezildiği görülmüştür,
4. 40 Sh sertliğindeki titreşim takozu 128,74 mm uzama sonucunda koparken, 65 Sh sertliğindeki titreşim takozu 76,14 mm uzama sonucunda koptuğu görülmüştür.
5. Sertliği en düşük olan 40 Sh sertliğindeki takozun kopması için uygulanan kuvvet 13829,57 N, sertliği 65 Sh olan titreşim takozunun kopması için uygulanan kuvvet ise 18621,13 N'dur. Buradan da anlaşıldığı gibi kauçuğun sertliği arttıkça titreşim takozunu koparmak için uygulanan kuvvette artmıştır.
6. Yapılan iki ayrı deneyden de anlaşıldığı gibi yumuşak olan takozun titreşim frekansı sert olanlara göre daha yüksek ve yumuşak olan titreşim takozu daha düşük kuvvetle daha fazla uzama sonucunda kopmaktadır. Ayrıca takozların sertliği arttıkça uygulanan yük altında ezilme miktarları da azalmaktadır.
7. Kauçuk takoz frekansı ölçüm sistemi tasarımı ve prototipi sonucunda titreşim frekansı bilinen sisteme uygun kauçuk takoz üretimi yapılabilecektir.

Elde edilen sonuçlar ışığında, bundan sonra çalışılması gereken noktalar ve yapılabilecek öneriler aşağıda özetlenmiştir.

1. Yapılan çalışma ile farklı sertlikteki doğal kauçuktan elde edilen titreşim takozlarının belirli yükler altındaki frekansları ve takozun kopması için gerekli uzama miktarları incelenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda doğal kauçuk yerine sentetik (yapay) kauçuktan yapılmış titreşim takozlarının frekansları ve kopma boyları incelenebilir.
2. Titreşim takozları bağlanmış olduğu titreşim sisteminin çalışması sırasında içyapısındaki sürtünme nedeni ile ısınmaktadır. Belirli zaman aralığında ve belirli süre titreşime maruz bırakılan farklı sertliklerdeki titreşim takozlarının sıcaklık değerleri ve kauçuk yapısında meydana gelen hasarlar incelenebilir.
3. Titreşim masasına bağlanmış olan titreşim takozlarının sertlikleri farklı olduğu için çalışma esnasında sistemde meydana gelen gürültü miktarları da farklı olacaktır. Farklı sertlikteki titreşim takozlarından oluşan sistemin oluşturduğu gürültünün ölçümü yapılabilir.
4. Kauçuğun içyapısına farklı katkı maddeleri ekleyerek yapılan titreşim takozları üzerinde çalışmalar yapılabilir. Örneğin kauçuğun direncini artırmak için kauçuk içerisine bez veya tel örgü konabilmektedir.
5. Yüksek ısı şartlarında çalışan sistemlerde ısıya dayanıklı kauçuk takozlar yapılabilmektedir. Hazırlanmış olan titreşim takozunun çalışabileceği sıcaklık ortamları incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Köse, R., “Makine arızalarının belirlenmesinde titreşim analizi”, *Mühendis ve Makine*, 45 (538): 42-62 (2005).
2. Kalyoncu, M., “Titreşim analizi ile makine elemanları arızaların belirlenmesi”, *Mühendis ve Makine*, 47 (552): 38-56 (2006).
3. Orhan, S., Arslan, H., Aktürk, N., “Titreşim analizyle rulman arızalarının belirlenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 18 (2): 39–48 (2003).
4. Sun, H.L., Chen, H.B., Zhang, K., Zhang, P.Q., “Research on performance indices of vibration isolation system”, *Applied Acoustics*, 69 (9): 789–795 (2008).
5. Malekzadeh, P., “Three-dimensional free vibration analysis of thick functionally graded plates on elastic foundations”, *Composite Structures*, 89 (3): 367–373 (2009).
6. Xing, Y.F., Liu, B., “New exact solutions for free vibrations of thin orthotropic rectangular plates”, *Composite Structures*, 89 (4): 567–574 (2009).
7. Destradea, M., Ogden, R.W., “Surface waves in a stretched and sheared in compressible elastic material”, *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 40 (2-3): 241 – 253 (2005).
8. Plooy, N.F., Heyns, P.S., Brennan, M.J., “The development of a tunable vibration absorbing isolator”, *International Journal of Mechanical Sciences*, 47 (7): 983–997 (2005).
9. Forrest, J.A., “Experimental modal analysis of three small-scale vibration isolator models”, *Journal of Sound and Vibration*, 289 (1-2): 382– 412 (2006).
10. Pan, R., Jiang, J., Buchal, R., “Design of an optimal shock-damping isolator with application to casters” *Journal of Sound and Vibration*, 289 (1-2): 278–293 (2006).
11. Mars, W., Fatemi, A., “Multiaxial stress effects on fatigue behavior of filled natural rubber”, *International Journal of Fatigue*, 28 (5-6): 521–529 (2006).
12. Tarrago, M.J., Kari, L., Vinolas, J., Negrete, N., “Frequency and amplitude dependence of the axial and radial stiffness of carbon-black filled rubber bushings”, *Polymer Testing*, 26 (5): 629–638 (2007).

13. Verron, E., Andriyana, A., “Definition of a new predictor for multiaxial fatigue crack nucleation in rubber”, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 56 (2): 417–443 (2008).
14. Lee, J., Singh, R., “Critical analysis of analogous mechanical models used to describe hydraulic engine mounts”, *Journal of Sound and Vibration*, 311 (3-5): 1457–1464 (2008).
15. Peng, K., Lang, Q., “The effects of nonlinearity on the output frequency response of a passive engine mount”, *Journal of Sound and Vibration*, 318 (1-2): 313–328 (2008).
16. Xu, Y., Liu, Y., Kan, C., Shen, Z., Shi, Z., “Experimental research on fatigue property of steel rubber vibration isolator for offshore jacket platform in cold environment”, *Ocean Engineering*, 36 (8): 588–594 (2009).
17. Negrette, N., Vinolas, J., Kari, L., “A simplified methodology to predict the dynamic stiffness of carbon-black filled rubber isolators using a finite element code”, *Journal of Sound and Vibration*, 296 (4-5): 757–776 (2006).
18. Schubel, P.M., Gdoutos, E.E., Daniel, I.M., “Fatigue characterization of tire rubber”, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 42 (2): 149–154 (2004).
19. Roy, R., Das, M., Banerjee, R., Bhowmick, A., “Comparative studies on crosslinked and uncrosslinked natural rubber biodegradation by *Pseudomonas* sp.”, *Bioresource Technology*, 97 (13): 2485–2488 (2006).
20. Taplak, H., Uzmay, İ., “Titreşim parametrelerinin dönen mekanik sistem dinamiğine etkilerinin araştırılması”, *Teknoloji*, 7 (3): 427- 434 (2004).
21. Bayraktar, F., Temel, H., “Çamaşır makinesinin dinamik davranışının deneysel ve teorik incelenmesi”, *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 5 (2): 135–144 (2006).
22. Durmuş, A., Ülkü, S., Gülден, M., Otnar, Ö.F., “Kauçuk/metal yapışma mukavemetinin belirlenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10 (1): 26-74 (2005).
23. Vahapoğlu, V., “Kauçuk Türü Malzemeler II. Sentetik Kauçuk”, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9 (1): 10-55 (2006).
24. Toprak, T., “Herkes için Mekanik Titreşimler”, *Birsen yayınevi*, İstanbul, 8 (1): 14-36 (1998).
25. Uçun, İ., “Mermer Kesme Disklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Gerilme Ve Titreşim Analizleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 31-60 (2004).
26. Rao, S.S., “Mechanical Vibration”, *Addison-Wesley Publishing Company*, USA, 150 (296): 163-182 (1995).

27. Kauffman, G.B., Seymour, R.B., “Elastomers II.Synthetic Rubber”, *Journal of Chemical Education*, 68 (3): 217-220 (1991).
28. Savran, H.Ö., “Elastomer Teknolojisi-I”, *Kauçuk Derneği Yayınları*, İstanbul, 158 (126): 115-130 (2001).
29. Nagdi, K., “Rubber as an Engineering Material, Guideline for Users”, *Hanser Publishers*, Munich, 64 (302): 248-260 (1993).
30. Morton, M., “History of Synthetic Rubber”, *Journal of Macromolecular Science Chemistry*, 15 (7): 1289-1302 (1981).
31. İnternet: Emtaş Elektrikli vibrasyon motorları kataloğu, “KAT. VEMX.05.08” [http://www.elsanas.com.tr /site/katalog.htm](http://www.elsanas.com.tr/site/katalog.htm), (2006).

EK AÇIKLAMALAR A

TIME TV300 VİBRASYON ÖLÇME CİHAZININ TEKNİK ÖZELLİKLERİ

TIME TV300 VİBRASYON ÖLÇME CİHAZININ TEKNİK ÖZELLİKLERİ

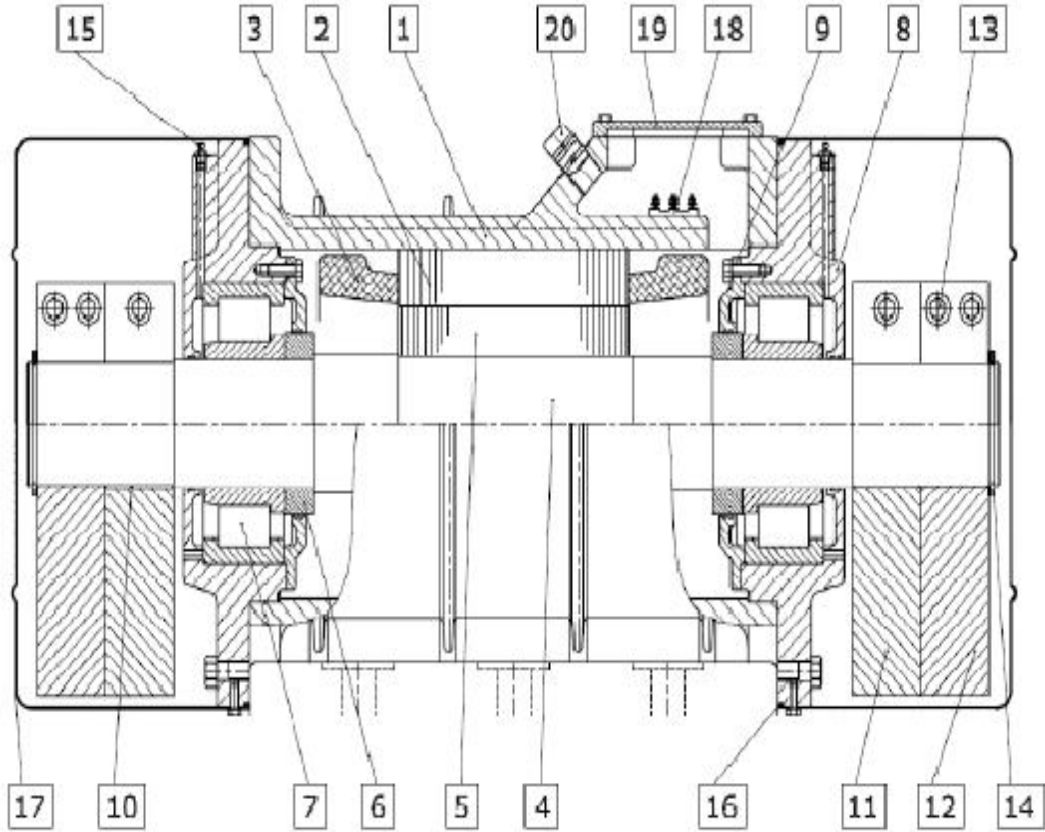
Çizelge A.1 TIME TV300 Vibrasyon Ölçüm cihazının teknik özellikleri

ÖLÇÜM ARALIĞI	İVME	0.1m/s ² -392m/s ² (10Hz-10KHz)
	HIZ	0.01cm/s-80cm/s (10Hz-1KHz)
	YER DEĞİŞTİRME	0.001mm-18.1mm (TEPEDEN TEPEYE)
FREKANS ORANLARI	İVME	10Hz-200Hz, 10Hz-500Hz, 10Hz-1KHz, 10Hz-10KHz
	HIZ	10Hz-1KHz
	YER DEĞİŞTİRME	10Hz -500Hz
GÜÇ	ŞARJ OLABİLİR BATARYA (Li-ion)	
GÖSTERGE	320X200 pixel LCD Işıklı Grafik ekran	
ÇALIŞMA SICAKLIĞI	0°C - 40°C	
TOLERANS	± 5%	
BOYUTLARI	171mm × 78.5mm × 28mm	
AĞIRLIĞI	230g	

EK AÇIKLAMAL B

TİTREŞİM MOTORUNU OLUŞTURAN PARÇALAR

TİTREŞİM MOTORUNU OLUŞTURAN PARÇALAR



1	GÖVDE	11	SABİT AĞIRLIK
2	STATOR PAKETİ	12	AYARLI AĞIRLIK
3	STATOR SARGILARI	13	AĞIRLIK SIKMA CIVATASI
4	MİL	14	SEGMAN
5	ROTOR PAKETİ	15	GRESÖRLÜK
6	RULMAN DAYAMA RINGİ	16	O-RING
7	RULMAN	17	MUHAFAZA TASI
8	KAPAK	18	KLEMENS TABLASI
9	BİLYA KAPAĞI	19	KLEMENS KAPAĞI
10	KAMA	20	RAKOR

Şekil B.1 Titreşim motorunu oluşturan parçalar[24]

ÖZGEÇMİŞ

Harun YAKA 1983 yılında Kırıkkale ili Keskin ilçesinde doğdu. İlkokulu Selimözer ilköğretim okulunda, ortaokulu Kırıkkale Anadolu İmam Hatip lisesinin ortaokulunda, liseyi ise Kırıkkale Anadolu Meslek lisesinin Bilgisayarlı Nümerik Kontrol (CNC) bölümünde tamamladı. ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Öğretmenliğinden 2006 yılında mezun oldu.

2006 yılında ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümünde başlamış olduğu yüksek lisans programına devam etmekte ve özel bir sektörde imalat sorumlusu olarak çalışmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

CİLAS Kauçuk A.Ş. Çaydeğirmeni Çimen Mevkii
Ankara asfaltı üzeri

DEVREK / ZONGULDAK

Telefon: (372) 5944089

Gsm: (544) 2973329

E-Posta: harunyaka@hotmail.com