



Mühendislik Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü OTO4003 Otomotiv Mühendisliği Laboratuvarı

Kauçuk Burç Karakterizasyonu

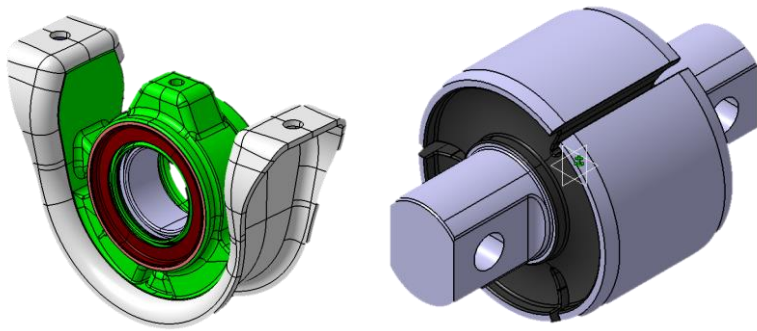
Cagdas CENGİZ
Aralık 2017, Bursa



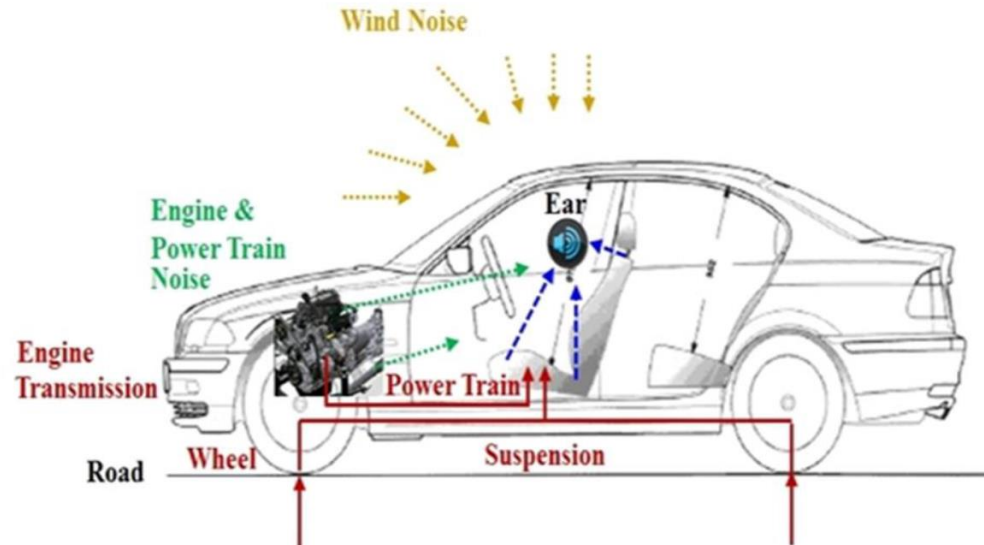
Amaç & Giriş

- Bu çalışmanın amacı otomobillerin anti-vibrasyon sistemlerinde kullanılan kauçuk-metal burçların statik ve dinamik karakterizasyonunu yapmak.
- Otomobiller bir çok etkenden dolayı çeşitli kuvvetler altında kalmaktadır; bu kuvvetlerin sürücü-yolcu konforuna, aracın yol tutuşuna, sürülebilirliğine, vb. etkileri vardır.
- Anti-vibrasyon sistemlerinin görevi, çevreden ya da motordan gelen bu kuvvetlerin yalıtımını yapmak ve aracın sürüş özelliklerini arttırmaktır.

Anti-vibrasyon ürün örnekleri:

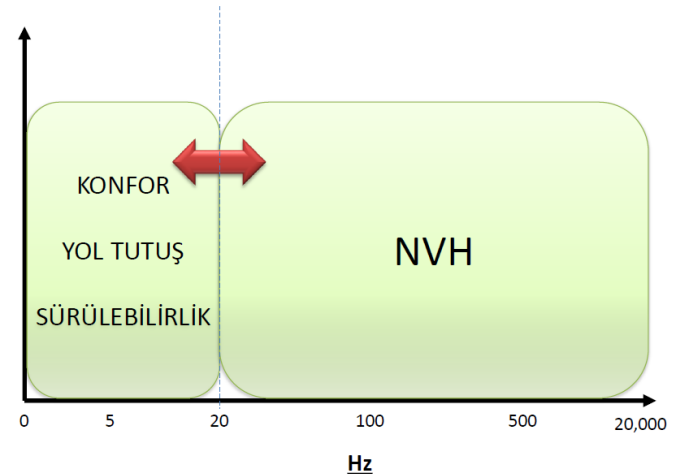


Otomobilleri etkileyen faktörler:



Teori

- Otomobillerde oluşan titreşimler 2 farklı frekans aralığında değerlendirilir; 20Hz altı ve üstü.
- 20Hz rölantide çalışan bir motorun yaklaşık frekansıdır.
- 20Hz'in altındaki frekanslar kabin içi konforu, aracın yol tutuşunu ve sürülebilirliğini ilgilendirir.
- 20Hz'in üzerindeki frekanslar NVH olarak değerlendirilir.
- NVH (Noise, vibration, harshness; gürültü, titreşim, kullanım sertliği):
 - Gürültü: Ne duyduğunuzdur.
 - Titreşim: Ne hissettiğinizdir.
 - Kullanım sertliği: Kabinde oluşan gürültü ve titreşimin sizi etkilediği miktardır (subjektiftir).

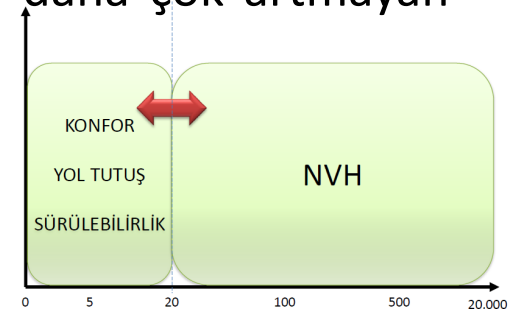


Teori

$$Stiffness = \frac{Kuvvet}{Yer Değişirme}$$

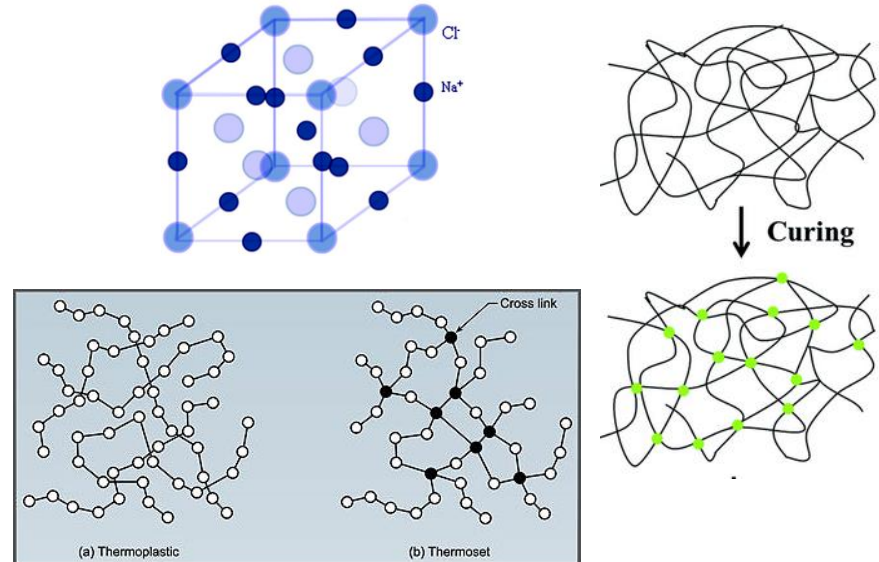
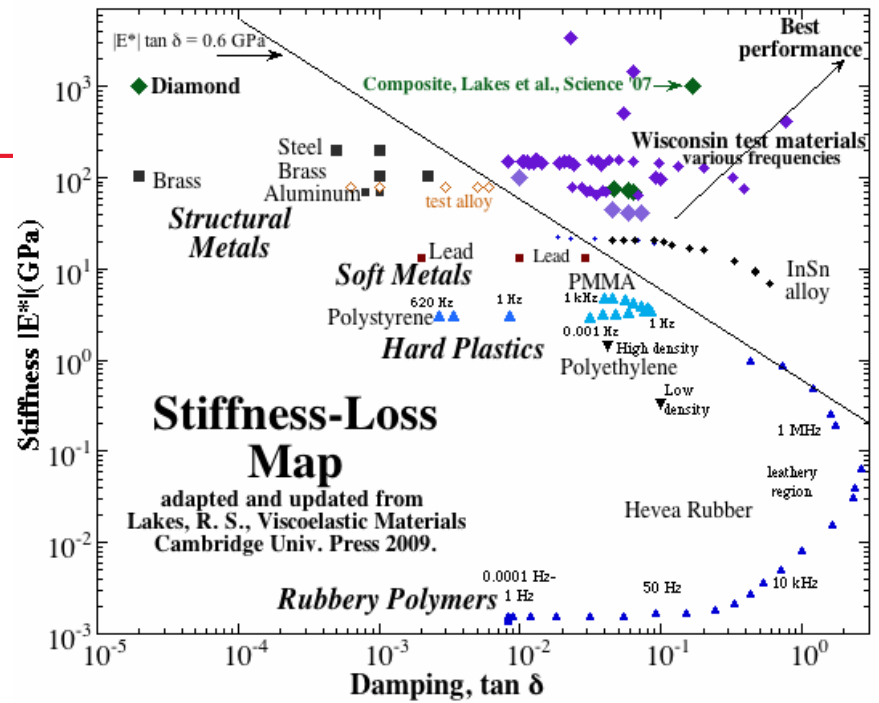
- Bu frekans ayrımı sonucunda farklı ihtiyaçlar doğar.
- Düşük frekanslarda oluşan yer değişimlerin yüksek ama hız düşük olduğundan; aracın yol tutuşunu arttırabilmek için süspansiyon sistemlerinde yüksek stiffness istenir (Statik stiffness olarak değerlendirilebilir).
- Yüksek frekanslarda yer değişimlerin düşük ama hız yüksek olduğundan; iyi bir NVH için süspansiyon sistemlerinde düşük stiffness istenir (Dinamik stiffness olarak değerlendirilebilir).
- Bu durumda 2 şart için de optimize olan değerler elde edilmeye çalışılır. Statik stiffness değeri yüksek ama yüksek frekanslarda daha çok artmayan dinamik stiffness amaçlanır. Buna stiffness oranı denir.

$$Stiffness Oranı = \frac{Dinamik Stiffness}{Statik Stiffness}$$



Teori

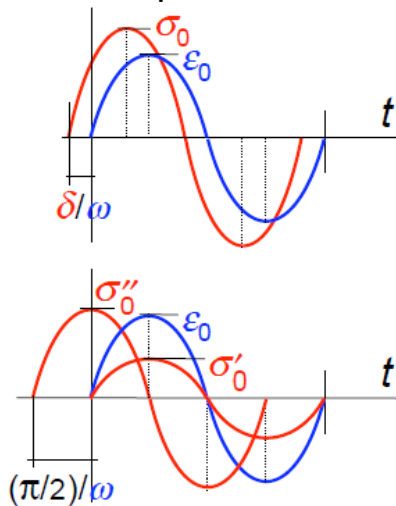
- Neden kauçuk kullanılıyor?
 - Enerji sönümlenme (damping) özelliği
 - Hafif
 - Ucuz
 - Yüksek elastik özellikleri
- Avantajları nedir?
 - Sulfür çapraz bağ yapısı
 - Oda sıcaklığından düşük Tg değeri
 - Viskoelastik özellikleri
- Dezavantajları nedir?
 - Geri dönüştürülmesi çok zordur
 - Dayanımı düşüktür
 - Çekme kuvvetleri altında ömrü kısadır
 - Yüksek sıcaklıkta dayanımı düşüktür



Teori

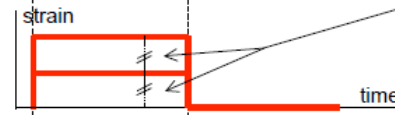
Kauçuk malzemeler metallere farklı olarak maruz kaldığı kuvvetlerin uygulanma hızına, miktarına ve süresine bağlı olarak farklı tepkiler verir. Bu davranışı matematiksel olarak modellemek için yay ve sönümleyici elemanlar kullanılır.

- Yay eleman:
 - Lineer ve elastik çalışır.
 - Kuvvetin hızından ve süresinden bağımsızdır.
- Sönümleyici eleman:
 - Non-linear ve viskoz çalışır.
 - Kuvvetin hızına ve süresine bağlıdır.
 - Enerji sönümler ve ısıya dönüştürür.
 - Gecikmeli tepki verir.

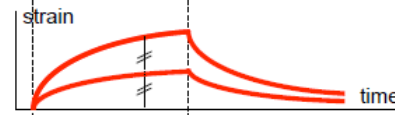


12.12.2017

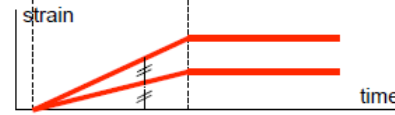
INPUT:



ELASTIC

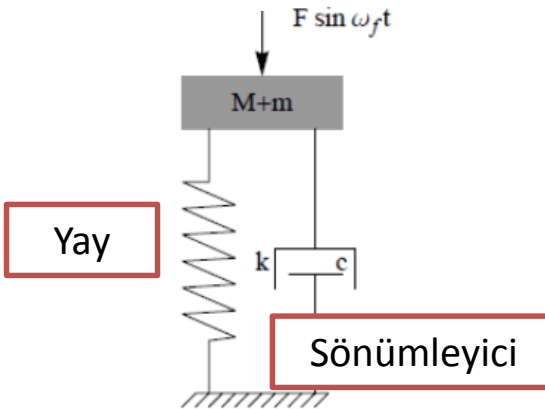


VISCOELASTIC



VISCOUS

OUTPUT:



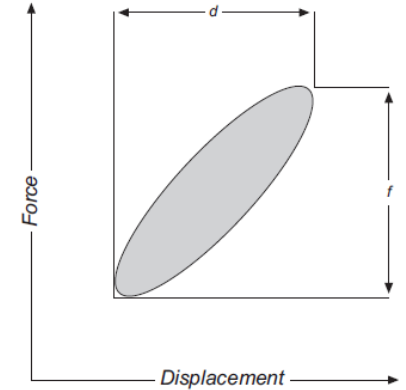
Teori

Sönümlenme Çeşitleri:

Enerji sönümlenme sistemdeki kinetik enerjiyi ısı enerjisine çevirme sürecidir.

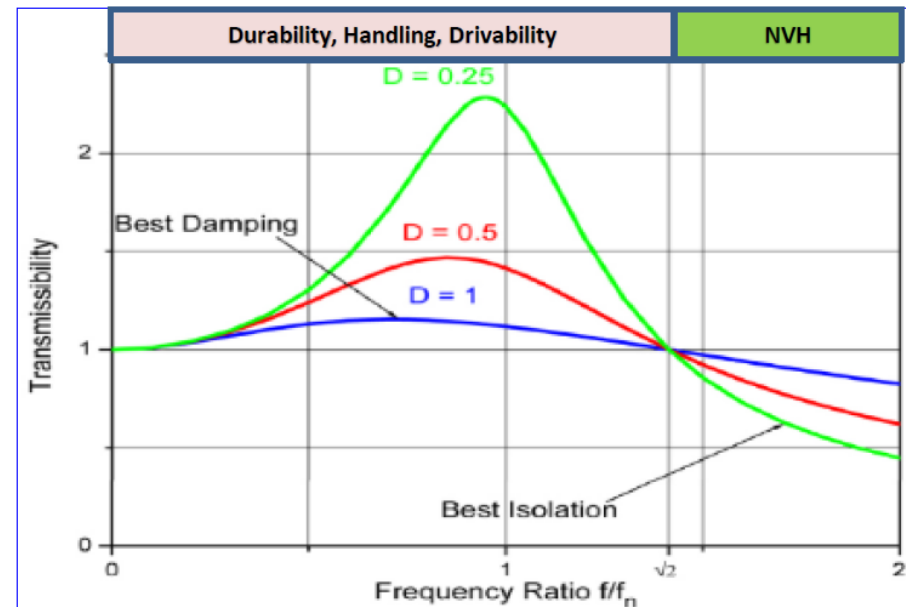
3 farklı sönümlenme tipi:

- Viskoz sönümlenme: kuvvet ya da hareketin hızına bağlıdır.
- Coulomb sönümlenme: yüzeyler arasındaki sürtünmeye bağlıdır.
- Yapısal sönümlenme: malzemenin iç sürtünmelerinden kaynaklanır, hysteresis olarak da bilinir (bütün malzemelerde bir miktar mevcuttur).



Sönümlenme miktarı sistemlerde oluşan geçirgenliği doğrudan etkilemektedir.

- Düşük frekanslarda yüksek sönümlenme oranına sahip sistemlerin geçirgenliği düşüktür (istenilen durum).
 - Kuvvetin büyük miktarını yay iletir; sönümleyici enerjiyi sönümler.
- Yüksek frekanslarda yüksek sönümlenme oranına sahip sistemlerin geçirgenliği, düşük sönümlenmesi olan sistemlere göre daha yüksektir (istenilmeyen durum).
 - Kuvvetin büyük miktarını sönümleyici iletir; sönümlenme için vakit bulamaz.



Teori

Tanımlama ve Formüller:

Kuvvet $\rightarrow F$ [N]

Yer değiştirme $\rightarrow d$ [mm]

Periyod $\rightarrow T$ [s] (saniye)

Frekans $\rightarrow f$ [Hz] (çevrim/saniye) = $1/T$

Açısal Frekans $\rightarrow \omega$ [rad/s] = $2\pi/T$

Faz (Kayıp) açısı $\rightarrow \delta$ [°]

Statik Stiffness $\rightarrow K$ [N/mm] = F/d

Dinamik Stiffness $\rightarrow K^*$ [N/mm] = F/d (@Hz)

Storage Stiffness (Elastik) $\rightarrow K'$ [N/mm] = $K^* \cdot \cos\delta$

Loss Stiffness (Viskoz) $\rightarrow K''$ [N/mm] = $K^* \cdot \sin\delta$

1 Çevrimde Sönümlenen Stiffness $\rightarrow C$ [N.saniye/mm] = K''/ω

1 Çevrimde Sönümlenen Enerji $\rightarrow E$ [N.mm] = $\pi \cdot f \cdot d \cdot \sin(\delta)/4$ (Hysteresis loop alanı)

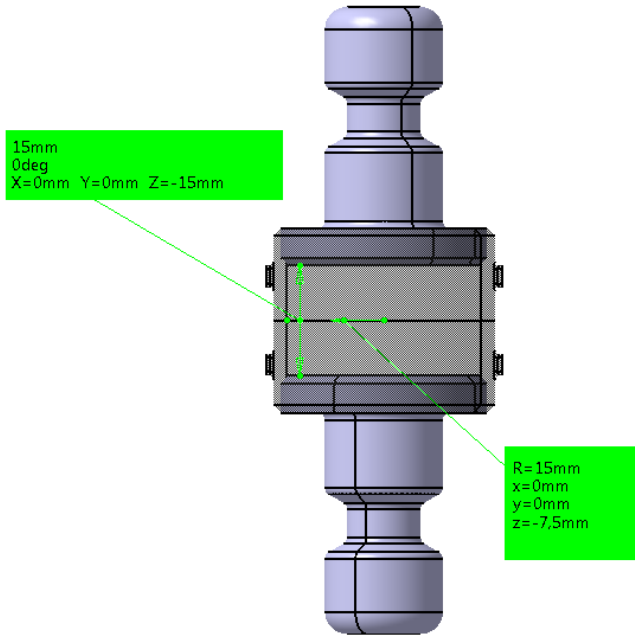
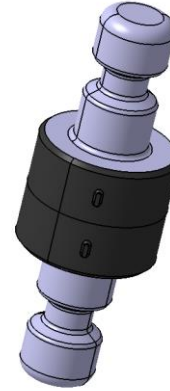
Geçirgenlik $\rightarrow Tr = \sqrt{\frac{C^2 \cdot \omega^2 + K'^2}{(K' - m \cdot \omega^2)^2 + C^2 \cdot \omega^2}}$ (Rezonansın göz ardı edildiği şartlarda)

(m = ortalama kütle = |Ortalama Kuvvet| / Yer Çekimi İvmesi)

Deney

Statik ve Dinamik Test

Numune: Çekme-Basma testi numunesi
Yükseklik: 15mm, Çap: 30mm



Test Şartları:

Statik: Ön çevrim: 0'dan -8mm'ye 100mm/dk hız ile 3 kez
Test: 0'dan -7,5mm'ye 20mm/dk ile test
-1, -4.5mm arası stiffness ölçümü

Dinamik: Frekans aralığı 0-100Hz, 2Hz'lik aralıklarla
Sabit yer değiştirme: -1,4; -2,8; -4,2mm
Dinamik yer değiştirme: +-0,3mm

Deney

Test Sonuçları

Specified Frequency	Hz
Specified Mean Level	mm
Specified Dynamic Amplitude (p-p)	mm
Frequency	Hz
Load Mean Level	N
Load Dynamic Amplitude (p-p)	N
Displacement Mean Level	mm
Displacement Dynamic Amplitude (p-p)	mm
Phase	Derece
K*	N/mm
K'	N/mm
K''	N/mm
C	N*saniye/mm
Tr	Birimsiz
Tan Delta	Birimsiz
Enerji	N*mm

Girdiler

Çıktılar

Hesaplamalar