

Elektrikli ve konvansiyonel otomobil tribolojisi: Yeni eğilimler ve uygulamalar

Yavuz SOYDAN*¹

¹ Sakarya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

Makale Gönderme Tarihi: 06.04.2016

Makale Kabul Tarihi: 15.07.2016

Öz

Otomotiv sektörü, günümüzde teknolojik açıdan öncü ve önemli bir çalışma alanıdır. Aynı şekilde "sürtünme, aşınma, yağlama bilimi ve teknolojisi" olarak tanımlanan triboloji de otomotiv sektörü için büyük bir ağırlığa sahiptir. Otomobillerin ve bileşenlerinin çalışma performansını ve ömürlerini belirleyen temel bileşenler, triboloji esaslıdır.

Bu çalışmada otomobillerdeki tribolojik bileşenler; sistematik bir şekilde incelenerek, güncel çalışmalar ve yeni eğilimler ışığında otomotiv tribolojisine yeni bir bakış penceresi açılmıştır. Çalışma kapsamında otomobillerdeki motor, fren, lastik, aktarma organları, yağlama, termal etkiler ve malzeme açısından sağlanan kazanımlar; triboloji biliminin temel verileri esas alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca tribolojik açıdan önemli avantajlar sağlayan elektrikli taşıtlar, içten yanmalı motora sahip otomobillerle tribolojik açıdan karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

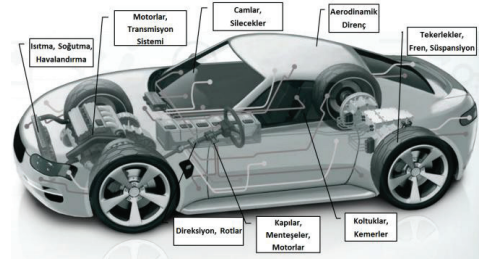
Anahtar Kelimeler: Otomobil tribolojisi; elektrikli otomobiller; yeni eğilimler

Giriş

Dünya’da tüketilen enerjinin önemli bir kısmı, sürtünme oluşturmak veya sürtünmeleri yenmek için kullanılmaktadır. Aynı şekilde teknik sistemlerin ömürlerini belirleyen en önemli faktör, istenmeyen malzeme kaybı anlamına gelen aşınmadır (Soydan ve Ulukan, 2013). Bir otomobil, Şekil 1’den görüldüğü gibi tribolojik elemanların geniş bir galerisi gibidir; farklı hareket ve temas türlerine sahip çok farklı tribolojik elemanları ve teknik sistemleri içermektedir.

Dünyada 1 milyarın üzerinde otomobil trafikte hareket etmektedir ve bu sayıya her yıl yaklaşık 35 milyon otomobil ilave olmaktadır. Bu durum, fosil enerji kaynaklarının hızlı tüketimine ve büyük bir çevre kirliliğine neden olmaktadır. Günümüzde otomotiv sektöründe yapılan; araştırma, geliştirme ve yenilik faaliyetlerinin önemli bir kısmını, triboloji esaslı çalışmalar oluşturmaktadır. Özellikle son yıllarda hızla gelişme gösteren, alternatif enerjili, hibrit veya batarya elektrikli taşıtlar; çevreye uyumlu, ekonomik, enerji kullanımı vb. faydaları yanında tribolojik açıdan da önemli kazanımlar sağlamaktadır ve tribolojistler açısından yeni çalışma alanları ve ufuklar açmaktadır.

Bu çalışmada otomobillerdeki tribolojik bileşenler; sistematik bir şekilde incelenerek, güncel çalışmalar ve yeni eğilimler ışığında otomotiv tribolojisine yeni bir bakış penceresi açılmıştır. Çalışma kapsamında otomobillerdeki motor, fren, lastik, aktarma organları, yağlama, termal etkiler ve malzeme açısından sağlanan kazanımlar; triboloji biliminin temel verileri esas alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca tribolojik açıdan önemli avantajlar sağlayan elektrikli taşıtlar, içten yanmalı motora sahip otomobillerle tribolojik açıdan karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.



Şekil 1. Bir otomobilin temel tribolojik bileşenleri.

Genel Yaklaşım

Otomotiv sektöründeki triboloji esaslı veya içerikli çalışmalar; tasarım, üretim, kullanım, bakım ve onarım alanlarında ayrı ayrı ve/veya etkileşimli olarak yürütülmektedir. Otomobiller açısından en uygun tribolojik çözüm için aşağıdaki yaklaşımlar önemli faydalar sağlar;

- İlgili bileşenlerin tribolojik açıdan tasarımına ağırlık vermek,
- Yağlayıcı ve yağlama sistemini optimize etmek,
- Fonksiyon yüzeylerini tribolojik açıdan uygun hale getirmek,
- Yatak ve yataklama sistemlerini iyileştirmek

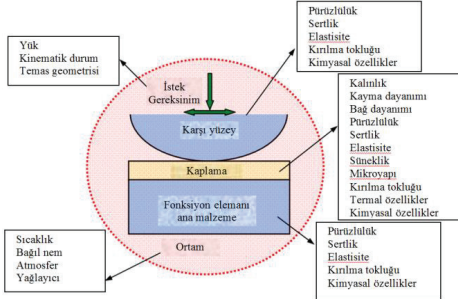
Otomotiv endüstrisi; çevreyi koruma, verimli kaynak kullanımı ve müşteri memnuniyeti için gelişmiş teknolojilere ihtiyaç duymaktadır. Tribolojik yaklaşım ile otomotiv parçalarının tasarım felsefesi değiştirilmiştir. Otomotiv parçaları için yeni tribolojik malzemeler, içten yanmalı motorlarda daha yüksek sıcaklık ve basınç; elektrikli makinalarda yüksek hız değerlerinde çalışmaya uygun olmalıdır.

Tasarım

Tasarım, birbiri içerisine geçmiş, etkileşimli ve çok aşamalı bir süreçtir. Fonksiyonel tasarım, emniyet, güvenilirlik, imalat, montaj, transport, kullanım kolaylığı, ergonomi, standartlık, bulunabilirlik, geri dönüşüm, çevre, ekonomiklik vb. açılardan tasarım esaslarının yanında, tribolojik açıdan tasarım / “tribo-tasarım” kavramı son zamanlarda yaygın

(Stolarski, 2000; Xie, 1999) olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Teknik sistem ve bileşenlerinin tasarımında “sürdürülebilir ve çevreye uyumlu sisteme olumsuz etkileri en aza indirilmiş tasarımlar için” triboloji biliminin verileri kullanılmalıdır. Bu konuda son yıllarda yayınlanan çalışmalar (Donnet vd., 2010; Bruce, 2012; Chizhos, ve Hadfield ve Brebbia, 2012; Shizhu ve Ping, 2012; Brushan, 2013) tasarımcılar açısından büyük bir aydınlanma sağlayacak içeriktedir. Bu çalışmalar, büyük ölçüde elemanın veya sistemin fonksiyonunu ihmal etmeden, tribolojik tasarım anlayışı ile verimi artırmaya yöneliktir. Erdemir ve arkadaşlarının karbon yağlayıcılar konusundaki çalışmaları verimin artırılmasında büyük gelişmelere neden olmuştur. Chizhos ve arkadaşlarının tribolojik test tasarımı alanındaki çalışmaları ve önerileri; Brushan’ın nano ve meso ölçekteki çalışmaları, bu ölçekler için geliştirdiği çalışma sistematigi; sürtünme direncini azaltarak enerji tasarrufu, ömür artışı ile çevre kirliliği ve diğer açılardan önemli kazanımların kapısını aralamıştır. Tribolojik tasarımda Şekil 2’de verilen tribolojik sisteme ait genel parametrelerin seçiminde en üst düzeye çıkarmaktan ve en alt düzeye indirmeden çok en uygun çözüm genel hedef olmalıdır.

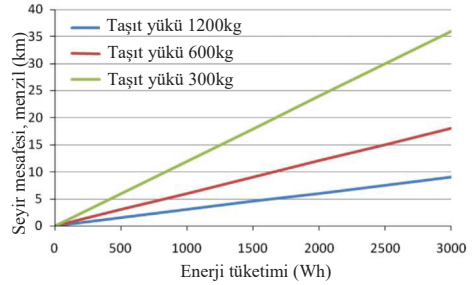


Şekil 2. Tribolojik sistem bileşenleri (Luo, 2009).

Otomobillerin tasarımında yapılabilecek tribolojik iyileştirmeler Şekil 3’te ana hatları ile verilmiş ve aşağıda biraz daha geniş olarak ele alınmıştır:



Şekil 3. Tipik tribolojik tasarım ve uygulama yaklaşımları.



Şekil 4. Değişik taşıtların ağırlıklarında, enerji tüketimi ve seyir mesafesi arasındaki ilişki (Hannan vd., 2014).

- Taşıtların bileşenlerinin dolayısıyla taşıtların ağırlığının azaltılması (Şekil 4).
- Aerodinamik tasarımın iyileştirilmesi.
- Hareketli parça sayısının azaltılması.
- İleri yüzey kaplama uygulamaları.
- Hareketli elemanlar arasındaki temas şekillerinin değiştirilmesi. Mümkün olduğu ölçüde yüzeysel temastan, çizgisel temasa veya noktasal temasa geçişin sağlanması.
- Hareketli elemanlar arasındaki hareket şekillerinin değiştirilmesi. Fonksiyon yüzeyleri arasındaki hareketin; kayma yerine yuvarlama şekline dönüştürülmesi.
- Tribolojik fonksiyon yüzeyleri için uygun malzeme seçimi ve/veya tribolojik yüzey modifikasyonlarının uygulanması.
- Fren sistemi bileşenlerinin iyileştirilmesi
- Enerji kayıplarının azaltılması.

- Lastik basınçlarının, yağlayıcıların ve yatakların durumunun tanımsal sistemine dahil edilmesi.
- Uzun ömürlü yağlayıcıların ve yağlama sistemlerinin kullanılması vb.

İmalat

- İşlenebilme, şekillendirilebilme ve imalat kabiliyeti yüksek malzemelerin seçimi.
- Düşük enerji gereksinimli imalat yöntem ve süreçlerinin kullanılması.
- Demir ve metal esaslı malzemelerin azaltılması,
- Hafif kompozit ve akıllı malzeme oranının artırılması.
- Fonksiyonel yüzey değişiklikleri ve kaplamaları.
- Geri dönüşüm oranı ve kabiliyeti yüksek malzemelerin seçimi.
- Düşük fireli imalat süreçlerinin kullanılması; talaşlı imalat yerine kalıpta imalatın yaygınlaştırılması.
- Tam zamanında üretim (just in time) teknolojilerinin uygulanması vb.

Kullanım

- Sürücü kaynaklı hataların ve verim düşürücü uygulamaların azaltılabilmesi için sürücü insiyatifini azaltan, otonom sürüş sistemlerinin (Şekil 5) geliştirilmesi ve uygulanması.
- Güncel teknolojileri kullanarak, her aşamada hayat boyu eğitim.
- Otomobilde; yağ, diğer sıvılar, silecekler, lastikler gibi bileşenlerin otomobilin performansına, yakıt tüketimine ve güvenliğe etkileri konusunda bilinç oluşturulması ve alışkanlıklar kazandırılması.



Şekil 5. Otonom sürüş (Volvo).

Bakım Onarım

- Otomotiv sektörü için bakım, onarım teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması.
- Bakım onarım konusunda meslek standartlarının oluşturulması, uygulanması ve yaygınlaştırılması.
- Koruyucu bakım uygulamalarının araç içi tanım sistemi ile bütünleştirilmesi,
- Araç içi tanım sisteminin geliştirilmesi. Lastik basınçlarının, yağlayıcıların ve yatakların durumunun tanımlama sistemine dahil edilmesi.
- Servislerde yağ analiz laboratuvarlarının zorunlu kılınması.

Triboloji Esaslı Kayıplar

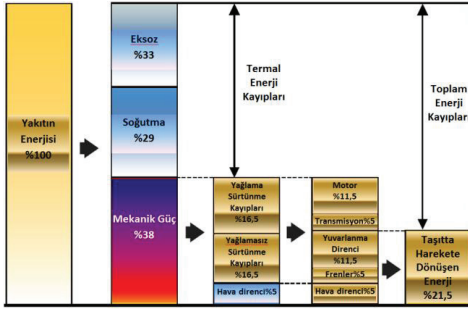
1985 yılında Rabinowics (2013), tarafından ABD’de yapılan bir çalışma, etkileşim halindeki bazı eleman çiftlerinde ortaya çıkan tribolojik esaslı kayıpların oldukça yüksek değerlere çıktığını göstermektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Tribolojik kayıplar

| Ara yüzeyler (etkileşim halindeki yüzeyler) | Kayıp (milyar \$) / Yıl |
|--|----------------------------|
| Piston segmanı/silindir (İYM) | 20 |
| Lastikler/yol yüzeyi | 10 |
| İnsan vücudu/koltuk döşemesi | 20 |

Holmberg, Anderson ve Erdemir (2012) yılında yayınladıkları “binek otomobillerde sürtünme kaynaklı global enerji tüketimi” başlıklı çalışma

ile sürtünme kaynaklı enerji tüketimine somut verilerle önemli bir ışık tutmuşlardır (Şekil 6). 2009 yılında Dünya genelinde binek otomobillerde sürtünmeler dolayısıyla 208.000 milyon litre yakıt (benzin ve motorin) tüketilmiştir. Sürtünmelerin neden olduğu soğutma ve eksoz kayıpları bu rakamların dışındadır. Çalışmada binek otomobillerde sürtünmeyi düşürmeye yönelik yeni teknolojilerin uygulanması ile kayıpların kısa vadede (5-10 yıl) %18 ve uzun vadede (15-25 yıl) %61 oranında azaltılabileceği belirtilmektedir. Kısa vadedeki kazanımın ekonomik eşdeğeri yaklaşık 174.000 milyon Euro, uzun vadedeki ise 576.000 milyon Euro'ya karşılık gelmektedir. Karbondioksit (CO₂) emisyonundaki azalma ise sırasıyla 290 ve 960 milyon ton'dur.



Şekil 6. Binek otomobillerde enerji tüketimi dağılımı (Holmberg vd., 2012).

Ülkemizde güvenilir istatistiksel değerlerin bulunmaması nedeniyle sayısal değerlerin verilmesi zorlaşmaktadır. Ancak ülkemizde sürtünme, aşınma ve yağlama olaylarına ne kadar az önem verildiği düşünülürse oransal olarak ülkemizdeki kayıpların çok büyük yüzdelere çıkması beklenebilir.

Tribolojik İyileştirme Uygulamaları

Maliyeti çok yüksek olmayan bazı tribolojik iyileştirmeler sonucunda, sistemlerin veriminde önemli oranda iyileşmeler ve tahminlerin çok ötesinde tasarruflar, dolayısıyla kazançlar sağlanmaktadır. Sağlanan kazanımlar içerisinde

tribolojik faktörlerin ağırlık oranları sistemden sisteme farklılık göstermektedir.

Sürüş Motoru veya Makinası

Günümüz otomobillerinde (Şekil 7);

- İçten yanmalı motorlar
- Elektrikli motorlar
- Elektrikli makinalar (motor/Jeneratör)
- Hibrit makinalar kullanılmaktadır.



Şekil 7. a) Elektrikli taşıt motoru b) İçten Yanmalı taşıt motoru (Renault, 2012).

İçten yanmalı motorlarda; verim düşük, emisyon yüksek, hareketli parça çok, sürtünme ve aşınma kayıpları fazla olmasına rağmen; hacim/güç oranı yüksek ve enerji kaynağının (petrol) avantajları 2016 yılı itibarı ile rakipsizdir.

Motor ağırlığının azaltılması ve küçük motorlardan yüksek güç alabilme ihtiyacı ileri malzemeler ve yüzey teknolojilerinin motorlarda kullanılmasını gerektirmektedir. Katı yağlayıcı içeren nano malzemeler ve kaplamalar motorlarda sürtünmenin azaltılabileceği ve aşınma dayanımının artırılabilmesi için gelecek vaat etmektedir.

İçten yanmalı motorlu taşıtlarda verimi artırmak için, yüksek basınç ve sıcaklık değerlerinde çalışabilen motor bileşenleri kullanılmakta ve yüzey işlemleri uygulanmaktadır. Yapılan yüzey işlemlerinin, termal bariyer oluşturma, yüzeye

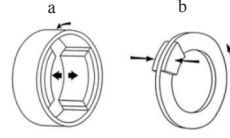
bağlanma ve termal genleşme özellikleri de önem taşımaktadır.

Enomoto ve Yamamoto (1998), yakıt veriminin artırılmasında en önemli faktörün sürtünmenin azaltılması olduğunu ve toplam yakıt enerjisinin yaklaşık %40'ının motorda sürtünme kayıplarına gittiğini belirtmektedirler. Son dönemde yapılan deneysel çalışmalar (Green ve Lewis, 2007; Zhang vd., 2016), yakıtta, dizel kurumu ve nano-grafit ihtiva eden nano-yağlayıcı parçacıkları ilave edildiğinde, özellikle yüksek sıcaklıklarda, sürtünme ve aşınma açısından önemli iyileşmeler olduğunu göstermiştir.

Otomobillerde sürüş (tahrik) için elektrik motoru kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Elektrik motorları ile içten yanmalı motorlar; hareketli bileşen sayısı ve verim açısından büyük farklılıklar göstermektedir. Zaman içinde gelişen malzeme ve yarıiletken teknolojisiyle birlikte önce asenkron motorlar, günümüzde de sürekli mıknatıslı fırçasız motorlar ve anahtarlamalı relüktans motorları tahrik sistemleri için uygun birer alternatif olmaktadır.

Fren ve Rejeneratif Fren Sistemi

Günümüz otomobillerinde; yavaşlama, durma ve bekleme süreçlerinde enerji tüketiminin azaltılması hatta geri kazanımına yönelik tasarım ve uygulamalar yapılmaktadır. Özellikle elektrikli taşıtlarda gaz kesme-yavaşlama esnasında enerjinin geri kazanımı ve inişlerde yerçekiminin enerjiye dönüşümü çok daha verimli olmaktadır. Elektrikli taşıtlarda sürüş makinaları motor/jeneratör olarak çalıştığından, enerji kazanımı ve depolanması açısından mükemmel sonuçlar alınmaktadır. Elektrikli taşıtlarda sürtünmeli fren elemanlarının ömrü de artmaktadır. Frenlerde yaygın olarak iki sistem kullanılmaktadır. Bunlar; kampanalı ve diskli fren sistemidir. Şematik olarak Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. a) Kampanalı fren b) Diskli fren.

Renault marka elektrikli bir taşıtla, standart bir NEDC (New European Driving Cycle/Yeni Avrupa Sürüş Döngüsü) üzerinde 185 km'lik bir sürüş menziline yapılan testler, şehir dışında 20 km, şehir içinde ise 35 km kazanım sağlandığını göstermektedir (Renault ZE, 2012).

Fren elemanlarında; çelik, bakır, bronz, cam ve aramid vb. malzemeler kullanılmaktadır. Fren malzemelerinden beklenen genel özellikler aşağıda verilmiştir:

- Yüksek sürtünme ısısı, su, çamur gibi çevresel etkiler, hız ve basınç değişimlerinde dengeli bir sürtünme direnci,
- Yüksek aşınma dayanımı ve uzun ömür,
- Düşük sürtünme ve frenleme titreşimleri dolayısı ile düşük fren gürültüsü ve araç gövdesi titreşimleri.

Transmisyon Sistemi

Otomobillerde, sürüş motorundan alınan hareketin tekerleklerle iletimini sağlayan transmisyon sistemi çok önemli bir bileşen grubudur. Kullanılan; çark, kayış-kasnak, zincir-dişli, kavrama, mil-aks, yatak ve yağlayıcıların en uygun çözümü oldukça önem taşımaktadır. Özellikle batarya elektrikli taşıtlar, transmisyon sistemi açısından büyük avantajlara sahiptir. Tablo 2'de Renault Fluence otomobilin elektrikli, dizel ve benzinli modellerindeki transmisyon sistemlerinin ağırlıkları verilmiştir. Teker içi motor uygulamalarında transmisyon elemanlarının sayısı önemli ölçüde azalmakta ve ağırlık daha da düşmektedir.

Tablo 2. Renault Fluence transmisyon sistemi kütleleri (Renault 2012)

| | Benzinli | Dizel | Elektrikli |
|--------------------------|----------|--------|------------|
| Transmisyon kütlesi (kg) | 183,86 | 189,38 | 113,73 |

Kontrol Sistemi ve Tribotronik Yaklaşım

Triboloji, kritik şartlarda araç dinamiğinin stabilitesini sağlamada yüksek performans elde etmek için önemli anahtar teknolojiyi oluşturur. Kontrol teknolojisinin uygulanabilmesi için yeterli tribolojik bilginin elde edilmesi gerekir. Otomobillerde; patinaj önleyici fren sistemi, çekiş kontrol sistemi veya araç denge kontrol sistemi; önemli kontrol sistemleridir ve bunlarda tribolojik veriler çok önemlidir. Fren sistemleri, kaygan yol şartları ve virajlarda aracın dinamik stabilitesini arttırmak için tercih edilen sistemlerdir. Klasik diferansiyel dişli sistemlerinde, diferansiyel dişli sistemine bağlı bir teker yol yüzeyi ile yeterli sürtünme bağı oluşturamadığında yani patinaja girdiğinde, motor gücü diğer tekerlere iletilmez. Sürtünmeli LSD sistemleri, motor gücünü boşa çalışmayan tekerlere iletmek için iki tekerin aksı arasında kurulan sürtünme çiftleri tarafından boşa çalışan tekerlerden kaybolan motor gücünü kazanmak için geliştirilmiştir (Enomoto ve Yamamoto, 1998).

Triboloji ile ilgili yeni bir çalışma alanı da "Tribotronik"tir. Bu terim ilk olarak Glavatskih ve Höglund (2008) tarafından, triboloji ve elektroniğin entegrasyonu için kullanılmıştır. Tribolojik sistemlerin performansını artırmak için elektronik kontrole ihtiyaç duyulmaktadır. Tribotronik tanımı mekatroniğin tanımına benzemekle birlikte aralarında temel farklılıklar bulunmaktadır. Mekatronik sistem fonksiyonel ve faydalı giriş ve çıkış büyüklüklerini (devir sayısı, tork, kuvvet vb.) kullanır. Tribotroniğin temel prensibi ise kayıp çıktıları (sürtünme, aşınma, titreşim vb.) kullanmaktır. Tribotroniğin amacı bu kayıp çıktıların kontrolü ile tribolojik birimlerin performans, verim ve güvenilirliğini artırarak makine ve teknik sistemleri geliştirmektir.

Tekerlekler ve Lastikler

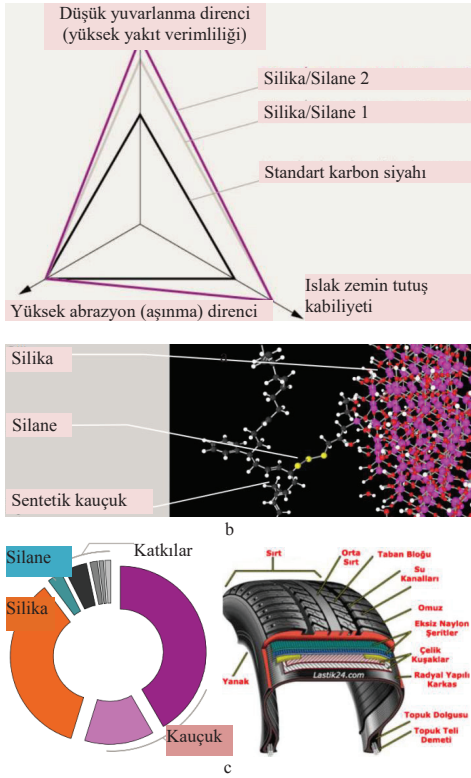
Tekerlekler, başlıca iki kısımdan oluşur. Birinci kısım genellikle metal esaslı malzemelerden yapılan jant ve ikinci kısım ise yere temas eden yumuşak kısım, tekerlek lastiğidir. Fren kuvveti ve hareket iletimi yol yüzeyi ile tekerler arasındaki sürtünmeye bağlıdır. Tekerleğin sürtünme davranışları; teker lastiğinin malzemesi, sıcaklık, yol yüzeyinin pürüzlülüğü, ıslak ve/veya kaygan olması gibi parametrelere bağlıdır.

Son yıllarda otomobil lastiklerinin tasarımı ve yenilikçi malzemeler üzerine yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle nano teknolojinin sağladığı imkanlar bu alanda da kullanılmaktadır. Berkeley'de biyolog ve mühendislerin disiplinler arası çalışma ile kertenkele'den esinlenerek nano teknoloji ile geliştirdiği lastik örneği Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. a) Gecko/Gekko kertenkele
b)Biyomimetik Otomobil lastiği
(Majidi, C. vd., 2006).

Otomobil lastiklerinden Şekil 10a'da verilen üç temel özelliği en uygun şartlarda sağlanması beklenmektedir. Bunun sağlanması için nano teknoloji, katkı malzemeleri, yeni üretim süreçleri ve silika üzerinde çalışılmaktadır. Yapılan iyileştirmeler ile %8 yakıt tasarrufu ve duruş mesafesinde 18 m azalma sağlandığı belirtilmektedir (Marquardt, 2015).



Şekil 10. a) Lastiklerde sihirli üçgen b) Evonik nonateknoloji uygulaması c) Teker lastiğinin yapısı (Marquardt, 2015; Vasiliadis, 2011; Kumar, 2014)

Diğer Tribolojik Parçalar

Oto Sileceği

Silecek lastikleri önemli tribolojik elemanlardan birisidir. Tüm iklim şartlarına uygun, cama zarar vermeyen, gürültüsüz çalışan, uzun ömürlü silecek lastikler üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Katı yağlayıcı ve silecek sıvısına ilave edilen tribolojik katkıları da alternatif olarak uygulanmaktadır.

Tablo 3. Renault Fluence gürültü seviyeleri (Renault 2012)

| Gürültü seviyesi dB(A) | Benzinli | Dizel | Elektrikli |
|------------------------|----------|-------|------------|
| Regülasyonu | 74 | 75 | |
| Fluence | 73,5 | 74,7 | 69 |

Avrupa Birliği direktiflerine (70/157/CEE) göre Renault Fluence gürültü seviyeleri sınır değerlerin altındadır. Tablo 3'te Renault Fluence; benzinli, dizel ve elektrikli araç için gürültü seviyeleri verilmiştir. Bu gürültü; mekanik, aerodinamik ve yol-lastik teması, yani büyük ölçüde triboloji kaynaklıdır.

Değerlendirme

Dünyadaki bilimsel ve teknolojik gelişmeler; otomotiv sektörüne de yansımakta; teknoloji, ekonomi, çevre arasındaki dengeleri optimize edecek imkanlar sunmaktadır. Bu çalışmalarda triboloji esaslı verilerin maksimum ölçüde kullanılması gerekmektedir.

Otomobiller, tribolojik elemanların geniş bir galerisi gibidir. Bir otomobil, farklı hareket ve temas şekillerine sahip çok sayıda tribolojik elemanları ve teknik sistemleri içerir. Otomotiv teknolojisindeki son gelişmeler, tribolojistlerin önüne çok geniş ve verimli bir çalışma alanı açmaktadır. Hibrit ve elektrikli taşıtların devreye girmesi ile tribolojik çalışmalar çok daha fazla önem kazanmıştır. Verimi artırmaya yönelik çalışmalar, büyük kayıpların olduğu içten yanmalı motorlardan uzaklaşmış ve diğer bileşenlere yönelmiştir. Burada elektrik makinalarının (M/G), yüksek verimleri büyük pay sahibidir. Elektrikli taşıtların enerji kazanımı alanındaki avantajları (rejeneratif frenleme, yerçekiminin değerlendirilmesi, elektromekanik batarya sistemleri vb.) yeni ufuklar açmaktadır (Arslan ve Soydan, 2014). Günümüzde triboloji bilimi ve teknolojisi; otomotiv sektörünün tüm alanlarındaki; araştırma, geliştirme ve yenilik çalışmalarının merkezine oturmuştur.

Triboloji, bir yüzey bilim ve teknolojisidir. Dolayısı ile otomotiv uygulamalarında da malzeme yüzeylerinin sürtünme ve aşınma özelliklerini geliştirmek için inovatif (yenilikçi) tribolojik yüzey modifikasyonları geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

Malzeme ve şekillendirme teknolojilerinde önemli gelişmeler sağlanmaktadır. Akıllı,

biyomimetik ve nano ölçekli çalışmalar önem kazanmaktadır.

Yağlayıcılar ve yağlama sistemleri, yataklar ve yataklama sistemleri, kendinden yağlamalı sistemler, bakım teknolojileri, transmisyon sistemleri, lastik teknolojisi, hafif fakat fonksiyonel malzemeler büyük ve hızlı değişimler için kapı aralamaktadır. Bilgisayar yazılım ve donanım, kontrol, geri dönüşüm, enerji depolama, bakım-onarım ve tanı-teşhis teknolojileri, bu alanda da bizlere çok büyük fırsatlar sunmaktadır.

Kaynaklar

- Arslan E., Soydan Y., (2014). "Tribology of Battery Electric Vehicles (BEVs)", ECOS30, European Conference on Surface Science.
- Bruce R.B., (2012). "Handbook of Lubrication and Tribology", VII, Theory and Design, T&F.
- Brushan, B., (2013). Introduction to Tribology, Wiley.
- Chizhos, H. And Habig K-H., (2010). "Tribologie-Handbuch: Tribometrie, Tribomaterialien, Tribotechnik", Vieweg+Teubner.
- Donnet C. and Erdemir A., (2010). "Tribology of Diamond-like Carbon Films", Fundamentals and Applications, Springer.
- Enomoto, Y., Yamamoto, T., (1998). "New Materials in Automotive Tribology", Tribology Letters, 5, 13-24.
- Glavatskih, S. and Höglund, E., (2008). "Tribotronics Towards active tribology", Tribology Int., 41, 934-939.
- Green, D. A., and Lewis, L., (2007). "Effect of soot on oil properties and wear of engine components", J. Phys. D: Appl. Phys., 40, 5488-5501.
- Hadfield M., Brebbia C.A., (2012). "Tribology and Design II", WITpress.
- Hannan, M.A., Azidin, F.A., Mohamed A., (2014). "Hybrid electric vehicles and their challenges: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29, 135-150.
- Holmberg, K., Andersson P. and Erdemir A., (2012). "Global energy consumption due to friction in passenger cars", Tribology International, 47, 221-234.
- Kumar S. G., (2014). "Nano particles in Automobile Tires", IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 11, 4, 7-11.
- Luo D., (2009). "Selection of coatings for tribological applications", Master Université Jiaotong du Sud-Ouest, PhD.
- Majidi, C. et al., (2006). "High Friction from a Stiff Polymer using Micro-Fiber Arrays", Physical Review Letters, 97, no. 076103.
- Marquardt R., (2015). "How we're improving filler systems for tires", *R&D Press Conference*, Evonik Ind., Wesseling.
- Rabinowicz E., (1986). "In tribology and mechanics of magnetic storage systems", V3, ASME, 1986.
- Shizhu W. and Ping H., (2012). "Principles of Tribology", Wiley, Tsinghua University Press.
- Soydan, Y., Ulukan, L., (2013). "Temel Triboloji, Sürtünme, Aşınma, Yağlama Bilimi ve Teknolojisi", Tagem Kopisan, Sakarya.
- Soydan Y., Persson P. H., Grigore I., et al., (2014). "Batarya Elektrikli Taşıtlar (BET) İçin Bakım-Onarım Teknolojileri ve Eğitim-Öğretim Programları", OTEKON 2014.
- Soydan Y., Persson P. H., Grigore I., Soydan M.S., (2014). "Multidimensional education and training platform for new technologies in automotive industry", ICEMST 2014.
- Stolarski T. A., (2000). Tribology in Machine Design, Butterworth Heinemann.
- Xie Y.B., (1999). "On the tribology design", Tribology International, 32, 351-358.
- Vasiliadis H., (2011). "Transport: Nanotechnology in automotive tyres", Observatoy Nano, FP7 Brifing, 23.
- Zhang, Z.C. et al., (2016). "Comparison of the tribology performance of nano-diesel soot and graphite particles as lubricant additives", J. Phys. D: Appl. Phys., 49, 1-9.

Electrical and conventional automobile tribology: New trends and applications

Extended abstract

Over 1 billion automobile moves in the traffic throughout the world and approximately 35 million new automobile is added to this number every year. This causes a great energy consumption and environmental pollution.

Tribology defined as "friction, wear, lubrication science and technology" has a great importance in terms of automotive industry. Major part of the energy consumed in automobiles is used to create frictions or overcome the frictions. Likewise the most important factor determining the lives of automobile and their components is the wear occurred on the surface of the material and meant as unwanted material loss.

Automobiles are like a wide gallery of tribological elements and they consist of a large number of tribological components having different movements and contact forms.

In this study, tribological components in the automobiles are examined in a systematic way and a new window is opened in the automobile tribology in the light of the latest trends.

Within the scope of the study, gains derived from engine, brake, clutch, drive train, lubrication, basic effects and material are evaluated depending on the fundamental data of tribology science.

Hybrid and electric vehicles provide important gains in also tribological terms besides the benefits for ecological, economic energy use etc. These new vehicle technologies open highly productive working areas and new horizons for the tribologists.

Here, high efficiency of electric machines (M/G) and advantages of electric vehicles in energy recovery (operable in generator mode, regenerative braking, making use of gravity, compliance with electromechanical battery systems etc.) are critical.

Particularly in electric vehicles, tribology based noises are reduced to a large extent like mechanical, aerodynamic and road-tire contact.

Apart from that, general tribological studies in automotive industry are conducted separately and/or interactively in design, manufacturing, usage, maintenance and repair fields.

In manufacturing stages of automobiles; it will provide important gains like selection of materials with high machinability, formability and manufacturing capabilities, using manufacturing method and processes with low energy need; application of functional surface modifications and coatings; using manufacturing processes with low ratio of waste; expanding die manufacturing instead of machining; application of manufacturing just in time technologies etc.

For usage stages of automobiles; it's required to develop and apply autonomous driving systems that minimize the driver's initiative to reduce driver errors and performance decreasing applications.

In maintenance-repair stages of automobiles; developing and applying new maintenance-repair technologies, integrating protective maintenance applications with in-vehicle diagnosis system. Inclusion of instant situations of tire pressures, lubricants and bearings into on-vehicle diagnostic system.

Tribology constitutes the important key technology to obtain high performance in providing the stability of vehicle dynamic under critical conditions; efficiency of air-conditioning system in the vehicle, acceleration and deceleration and ensuring ideal driving conditions.

Designing philosophy of automobile components are changed through tribological approach. General aim in tribological design of the automobile components, in other words tribo-design and in selection of general parameters of the tribological system is directed towards optimization instead of maximization and minimization.

As a result, tribology based studies constitute the major part of the research, development and innovation activities carried out in automotive industry today.

Keywords: *Automotive tribology; electric vehicles; new trends.*