

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**BİNEK OTOMOBİLLERDE KULLANILAN EL FREN
KUMANDA TELLERİNDE VERİMLİLİĞE ETKİ EDEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMET REÇEL

DENİZLİ, EYLÜL - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**



**BİNEK OTOMOBİLLERDE KULLANILAN EL FREN
KUMANDA TELLERİNDE VERİMLİLİĞE ETKİ EDEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMET REÇEL

DENİZLİ, EYLÜL - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

SAMET REÇEL tarafından hazırlanan “BİNEK OTOMOBİLLERDE KULLANILAN EL FREN KUMANDA TELLERİNDE VERİMLİLİĞE ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02.09.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

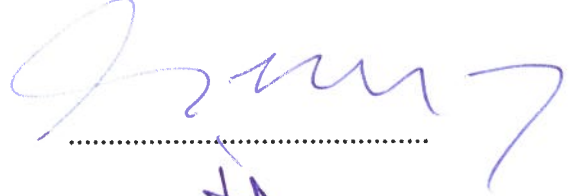
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hilal CAN



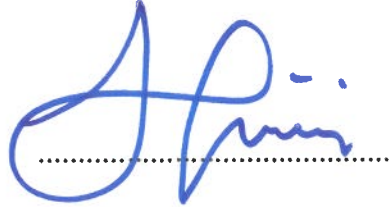
Üye
Doç. Dr. İsmail ŞAHİN



Üye
Doç. Dr. İsmail OVALI



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
04/08/2019 tarih ve 35/16... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması .. tarafından Proje numarasını buraya yazınız nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

SAMET REÇEL



ÖZET

**BİNEK OTOMOBİLLERDE KULLANILAN EL FREN KUMANDA
TELLERİNDE VERİMLİLİĞE ETKİ EDEN PARAMETRELERİN
İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SAMET REÇEL
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ HİLAL CAN)

DENİZLİ, EYLÜL - 2019

Otomobil başta olmak üzere genel olarak motorlu kara araçlarının düzeninde mekanik alana giren fren sistemlerinin önemli bir kolu olan el freni düzeneği özellikle araç güvenliği ve park etme konusunda çok önemli bir görev üstlenir. El freni çekildiği zaman çelik bir tel aracılığı ile frenlerin sıkışarak aracı hareket ettirmemeye çalışması mantığı ile bu düzenek çalışır. Bu çalışmada, el fren teli kumanda mekanizmasını meydana getiren başlıca bileşenler ve bu bileşenlerin sistem verimine etkileri incelenmiştir. Kılıf yapısı başta olmak üzere, tüp ve yağ bileşen farklılıklarının kuvvet verimine, tel esnekliğine ve sürtünme kuvvetine etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla bir test matris oluşturulmuş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile birlikte mekanik el fren tellerine sahip binek otomobillerde el fren teli tasarlamak ve geliştirmek için, ürün geliştirme sürecine hızlıca dahil edilebilecek tasarım girdileri elde edilmiştir. Düşük kablo verimliliğinden kaynaklanan performans sorunlarına sahip el fren sistemi tasarımlarının iyileştirilmesine yön verebilecek sonuçlar çıkarılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: El Fren Teli, Esneklik, Kuvvet Verimliliği, Sürtünme Kuvveti

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS AFFECTING EFFICIENCY IN HAND BRAKE CONTROL WIRES USED IN A CAR

MSC THESIS

SAMET REÇEL

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
MECHANICAL EDUCATION**

(SUPERVISOR: DR. HİLAL CAN)

DENİZLİ, SEPTEMBER 2019

The parking brake system, which is an important arm of the brake systems entering the mechanical field in the arrangement of motor vehicles in general, especially in automobiles, plays a very important role especially in vehicle safety and parking. When the parking brake is applied, this mechanism operates with the logic that the brakes try not to move the vehicle by means of a steel wire. In this study, the main components of hand brake control mechanism and their effects on system efficiency were investigated. In order to determine the effect of tube and oil component differences on the force efficiency, cable flexibility and friction force, especially the sheath structure, a test matrix was formed and the results were evaluated comparatively. With this study, design inputs were obtained which could be included in product development process in order to design and develop hand brake wire in passenger cars with mechanical hand brake wires. Consequences have been drawn that can lead to improved hand brake system designs with performance problems due to low cable efficiency.

KEYWORDS: Hand Brake Cable, Elasticity, Force Efficiency, Frictional Force

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
ÖNSÖZ	vi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
3. EL FREN KABLOSU TASARIMINDA KULLANILAN FONKSİYONEL BİLEŞENLER	10
3.1. Kılıf	11
3.1.1. Çift Sarımlı Kılıf.....	12
3.1.2. Tek Sarım Kılıf.....	13
3.2. Tüp	13
3.3. Tel	16
3.4. Gromet (Askı Lastiği).....	17
3.5. El Fren Teli Başlığı.....	18
3.6. Kılıf Başlığı.....	20
3.7. Koruyucu.....	21
3.8. Toz Lastiği	22
3.9. Yay	22
3.10. Yağ.....	23
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR YÖNTEM VE TEST DÜZENEGİ	24
4.1 Test Matris ve Numunelerin Üretilmesi	24
4.2 Verim Testi	26
4.3 Esneklik Testi.....	28
4.4 Sürtünme Kuvveti Testi	29
5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	31
5.1 Esneklik Testi Sonuçları	31
5.2 Sürtünme Kuvveti Testi Sonuçları.....	32
5.3 Verim Testi Sonuçları	33
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
7. KAYNAKLAR	40
8. ÖZGEÇMİŞ	42

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Bir el fren teli sistemi örneği (Amit ve ark. 2016)	5
Şekil 2.2: El fren teli araç yerleşimi	5
Şekil 2.3: Kılıf ve tel tipleri (Stoloff 2011).....	6
Şekil 2.4: Verimlilik sonuçları (Stoloff 2011)	6
Şekil 2.5: El fren teli yapısal tasarım çıktısı görsel.....	9
Şekil 3.1: Bir el fren teli tasarımında kullanılan bileşenler.....	10
Şekil 3.2: Ekstrüzyon makinesi bileşenleri	11
Şekil 3.3: Ekstrüzyon başlıkları	12
Şekil 3.4: Çift sarımlı kılıf yapısal tasarım görüntüsü	12
Şekil 3.5: Tek sarımlı kılıf yapısal tasarım görüntüsü	13
Şekil 3.6: El fren tellerinde kullanılan farklı tüp malzemeleri.....	16
Şekil 3.7: Örnek El fren teli yapısı I	16
Şekil 3.8: Örnek el fren teli yapısı II.....	17
Şekil 3.9: Örnek el fren teli grometi.....	18
Şekil 3.10: Örnek el fren teli grometi.....	18
Şekil 3.11: Örnek el tren teli tel başlıkları	19
Şekil 3.12: Örnek montajlı el fren teli başlığı	20
Şekil 3.13: Örnek el tren teli kılıf başlığı	21
Şekil 3.14: Örnek el tren teli kılıf koruyucu	21
Şekil 3.15: Örnek el tren teli toz lastiği.....	22
Şekil 3.16: Örnek yay.....	23
Şekil 4.1: Tek sarım kılıf yapısı (KILIF A)	26
Şekil 4.2: Çift sarım kılıf yapısı (KILIF B)	26
Şekil 4.3: El fren teli mekanizması verim test düzeneği.....	27
Şekil 4.4: Yük verimliliği hesabı	28
Şekil 4.5: Esneklik hesabı	29
Şekil 4.6: El fren teli sürtünme kuvveti testi.....	30
Şekil 5.1: Kılıf esnekliği test sonuç grafikleri.....	32
Şekil 5.2: Sürtünme kuvveti test sonuç grafikleri	33
Şekil 5.3: Verim testi sonuç ekran grafiği.....	34
Şekil 5.4: Kuvvet verimi test sonuç grafikleri	34
Şekil 5.5: Kuvvet verimi ve sürtünme kuvveti karşılaştırmalı sonuç grafiği....	36

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Plastiklerin mekanik özellikleri.....	15
Tablo 3.2: Plastiklerin fiziksel özellikleri	15
Tablo 4.1: Farklı yapıda tel ile farklı malzemede tüp ve yağ kombinasyonlarının oluşturduğu prototip numuneler.....	24
Tablo 5.1: Kuvvet verimi, esneklik ve sürtünme kuvveti testleri sonuç tablosu.....	31

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı bana öneren, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımlarını esirgemeyen hem akademik hem de ahlaki değerleri ile bana yol gösteren hocam, Dr. Öğr. Üyesi Hilal CAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez dönemi boyunca yardım ve destekleri ile yanımda olan, Sayın Mehtap HİDİROĞLU'na başta olmak üzere, Orhan Otomotiv değerli yöneticilerine ve laboratuvar çalışanlarına yardım ve desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, eğitim hayatım boyunca elini omzumda hissettiğim, her türlü zorlukları beraber aştığımız benim her şeyim olan annem Cemile EREN'e ve tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışması Orhan Otomotiv tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Orhan Otomotiv'e ayrıca teşekkür ederim.

Ağustos 2019

Samet REÇEL

1. GİRİŞ

Günümüz araçlarında 3 tip el fren teli sistemi mevcuttur. Bunlar; mekanik (konvansiyonel), elektro-mekanik (EMPB) ve elektrikli (EPB) el fren teli sistemleridir (Amit ve ark. 2016).

Tüm dizayn tipleri kendi içerisinde avantajlar ve dezavantajlar barındırır. Örnek olarak, mekanik el fren telleri EMPB ve EPB ile karşılaştırıldığında nispeten daha ucuzdur. Bununla birlikte, konvansiyonel park freninin EMPB ve EPB üzerindeki en önemli dezavantajı eğimli yolda park halindeyken park fren sisteminin devreye alınması veya devreden çıkarılmasının unutulması durumunda sistem sürücüyü uyarmaz. Bununla birlikte, geleneksel park freni sistemi çoğu otomobil üreticisi tarafından hala tercih edilmektedir (Amit ve ark. 2016).

Frenler bir motorlu taşıttaki en önemli güvenlik sistemlerinden biridir. Ana fonksiyonlar yavaşlamak, yokuş aşağı çalışma sırasındaki hızı korumak ve son olarak aracı düz veya eğimli bir yol koşulunda durağan olarak park etmektir. Fren sisteminin temel prensibi, disk/balata ve tambur/astar arasında sıkma kuvveti sağlamaktır. Sistem, doğrudan bir ucundaki fren ünitesine ve diğer ucundaki bir çalıştırma koluna bağlanan bir kablodan oluşur. Mekanizması genellikle elle çalıştırılan bir kol veya çekme kolu veya ayakla çalışan bir pedaldır (Amit ve ark. 2016).

Yetersiz sıkıştırma kuvveti, aracın amaçlandığı gibi yavaşlamasına veya durmamasına neden olabilir. Bu durum araç, sürücü, yolcu, yaya ve diğer yol kullanıcıları için tehlike oluşturabilir. Taşıtlarda, mekanik park freni aracı düz veya eğimli bir yolda sabit tutmak için kullanılan bir mekanizmadır.

Aracın yola park edildiğinde (özellikle yokuşta) sabit durmasını sağlamak için sürücü el fren koluna yeterli miktarda çekme kuvveti uygulamak zorundadır. Aksi takdirde, el fren teli sistemi tarafından üretilen güç, aracın sabit durması için gerekli olan güçten daha düşük olduğu durumlarda araç aşağı doğru yuvarlanmaya başlayacaktır. Bu sadece araçta olan yolcular için değil aynı zamanda çevrede bulunan diğer araçlar ve insanlar için de tehlikeli bir durumdur.

Bugünün modern araçlarında, konveksiyonel ve mekanik park fren sistemleri birçok alt detay parçadan oluşurken bu sistemler mekanik kayıplar sergilemektedir. Bu alt detay parçalar park fren kolu, ön/orta/arka fren telleri, çeşitli braketler ve gövde elemanları içermektedir (Stoloff 2011).

Detayların iyi tasarlandığı tipik bir sistemde, hatta en iyi tasarımlarda bile büyük mekanik kayıplar gözlenebilir. Tüm bu kayıplar, aracın parkı esnasında temel ve müşteri gerekliliklerinde, yasal zorunluluklarda zorluklara yol açmaktadır. Buna rağmen sistemin bir parçası yetersiz tasarlandığında kabul edilemez büyük kuvvet veya kurs boyu kayıpları sonuçları alınabilir. Park fren kabloları, park fren sistemlerinin geliştirilmesinde özel ve farklı tasarımların geliştirilmesine imkan tanımaktadır (Stoloff 2011).

Kılıf, plastik ekstrüzyon prosesi ile üretilen, tellere uygulanan çekme kuvvetini iletmesini sağlamak için teli içinde muhafaza edip dış etkenlerden koruyan bir parçadır. Tüp, telin sürtünme kuvvetini en aza indirerek telin hareketini kolaylaştıran parçadır. Telin kılıfa direkt temas ederek kılıfın zedelenmesine engel olur. Yağ, tüp ile beraber telin sürtünme kuvvetini azaltarak hareket kolaylığının artırılmasını sağlar. Tel, uygulanan çekme kuvvetlerinin aktarımını sağlayan istenilen özelliklere göre farklı ölçü ve sınırlarda ihtiyaç duyulabilen bir parçadır.

Binek bir araçta el fren teli, düz ya da eğimli yol üzerinde dururken aracı sabit tutmak için kullanılan bir mekanizmadır. Bir ucu doğrudan sürücü tarafından kontrol edilen diğer iki ucu arka sağ ve sol tekerleğin orada bulunan fren mekanizmasına bağlı olan bir kablodan (ayarlanabilir) oluşmaktadır. Bu çalışma mekanizması genellikle aracın orta konsol denilen bölgesinde bulunmakta ve el ile kontrol edilerek çalıştırılmaktadır (Limpert 1999).

El fren telleri güvenlik parçaları olduğu için araç üretici firmalarına ait şartnamelere ve yasal zorunluluklara göre tasarımı, imalatı ve doğrulama testleri gerçekleştirilmektedir. Bu şartnameler araç üretici firmaların araç özelindeki beklentilerine, araç tipine ve sınıfına, aracın kullanılacağı şartlara bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. El fren teli sisteminden maksimum verimliliği alabilmek için birçok farklı parametre göz önünde bulundurularak tasarım

yapılmalıdır. Sistemde oluşan verimlilik kayıpları direkt olarak malzeme seçimi ve alt detay parçaların tasarımları ile doğrudan ilgilidir.

Mekanizmayı oluşturan temel bileşenler arasında; kılıf, tüp, tel, yağ, gromet, tel başlık, kılıf başlık ve koruyucu elemanları bulunmaktadır. Kılıf, tüp, tel ve yağ sistem verimini etkileyen en önemli parametrelerdir.

Bu çalışmada, el fren teli kumanda mekanizmasını meydana getiren başlıca bileşenler ve bu bileşenlerin sistem verimine etkileri incelenmiştir. Kılıf yapısı başta olmak üzere, tüp ve yağ bileşen farklılıklarının kuvvet verimine, tel esnekliğine ve sürtünme kuvvetine etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla bir test matris oluşturulmuş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

El fren teli mekanizması genellikle elle çalıştırılan bir kol veya çekme kolu veya ayakla çalışan bir pedaldır (Limpert 1999).

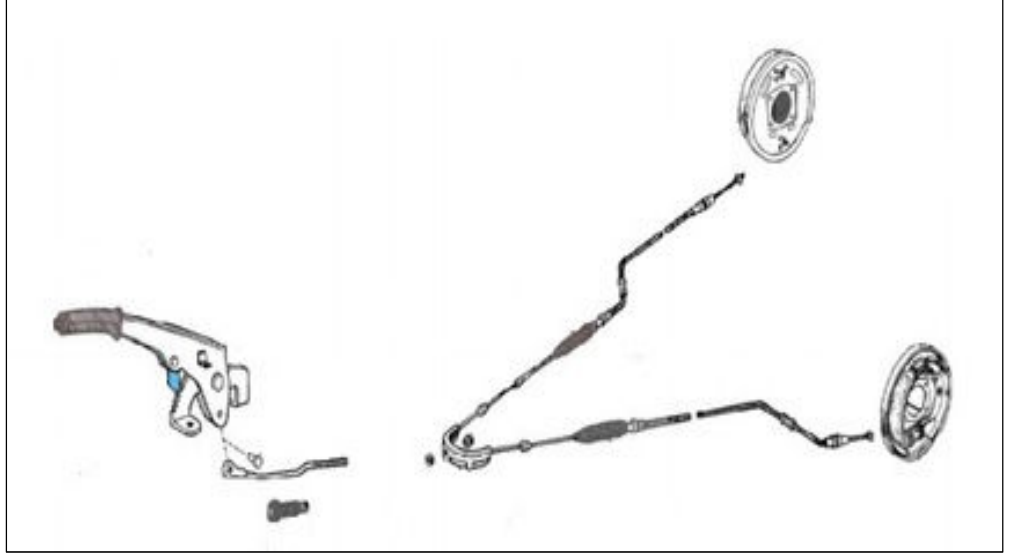
Bugünün modern araçlarında, konveksiyonel ve mekanik park fren sistemleri birçok komponentten oluşurken bu sistemler mekanik kayıplar sergilemektedir. Bu komponentler park fren kolu, ön/orta/arka fren telleri, çeşitli braketler ve gövde elemanları içermektedir (Stoloff 2011).

Unece (2008), Avrupa Ekonomik Topluluğu yönetmeliği, binek araç sınıfındaki yüklü bir aracın (sürücü koltuğuna ek olarak en fazla sekiz koltuktan oluşan binek otomobiller) el freni sisteminin, aracı %20 eğimde tutabilmesi gerektiğini belirtti.

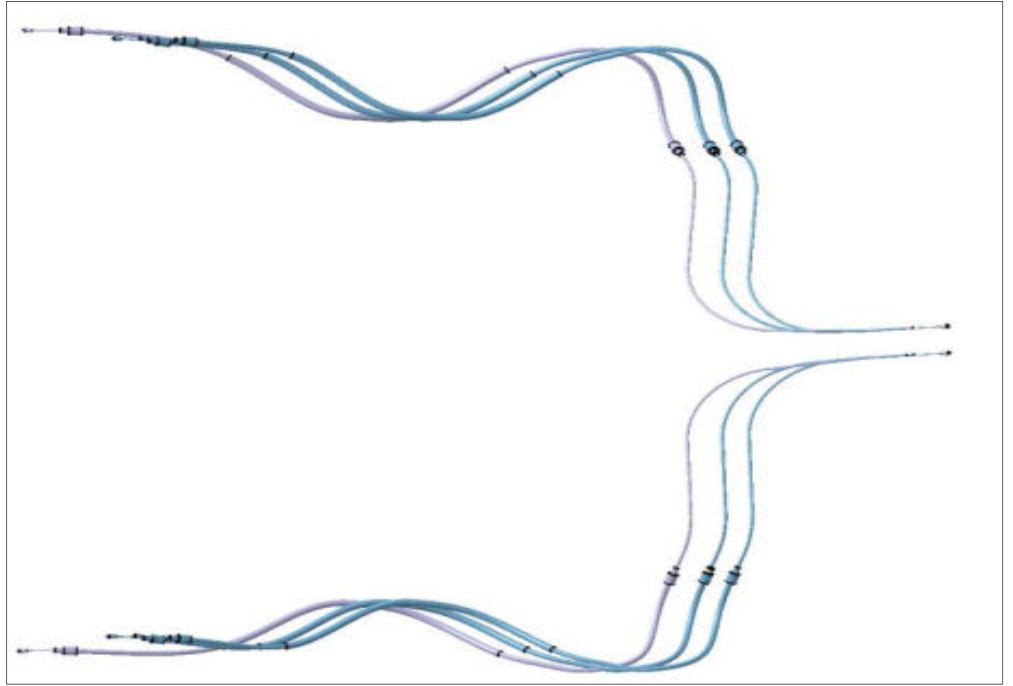
Thiessen (1987), park freninin, herhangi bir zaman diliminde bir aracı sabit tutmak için tasarlandığını öne sürdü. Buna ek olarak, el freni, el kumandalı el freni koluna sahip bir araç için 445 N park freni pedalına maksimum kuvvet uygulayarak, %30 eğimli bir aracı sabit tutmalıdır. Federal Motorlu Taşıt Güvenliği Standardı (FMVSS) 135 U.S. National Highway (2005) 3500 kg ve altındaki ağırlığa sahip binek araçlar için, araç park freni mekanizmasının kontrolünde 400 Newton veya daha az kuvvet uygulanarak hem ileri hem de geri yönde %20 dereceli yollarda 5 dakika boyunca sabit kalabilmelidir.

Şekil 2.1’de bir el fren teli sistemi örneği görülmektedir. Şekilde sürücünün kontrol ettiği el kumanda mekanizma ve kampanalara ulaşan kısım verilmiştir.

Şelik 2.2’de el fren teli araç yerleşim örnekleri bulunmaktadır. El fren teli araç yerleşimi verimliliği direkt olarak etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Çok fazla dönemecin olduğu, el fren telinin fazlaca dolaştığı yerleşim örneklerinde sürtünme artacağı için verimlilik olumsuz anlamda etkilenecektir. Verimliliği yüksek tutmak için el fren telinin araç yerleşimi mümkün olduğunca az dönemeç barındırmalıdır.



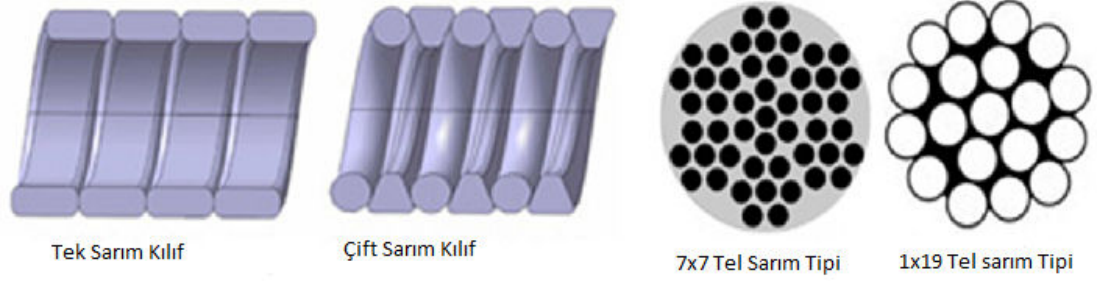
Şekil 2.1: Bir el fren teli sistemi örneği (Amit ve ark. 2016)



Şekil 2.2: El fren teli araç yerleşimi

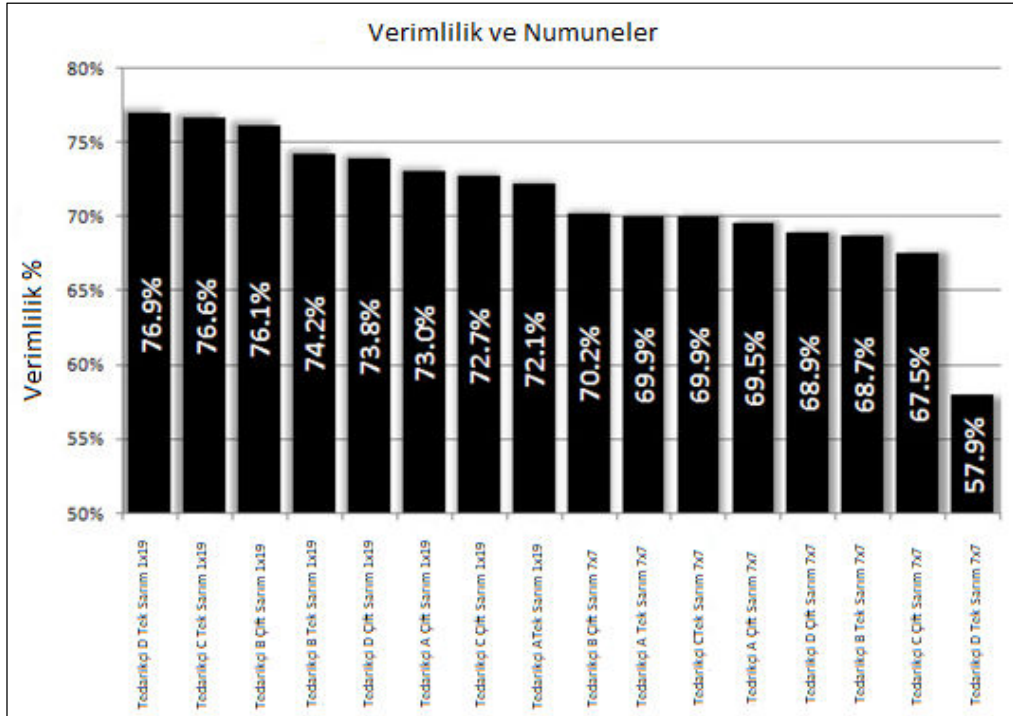
Stoloff (2011) park fren tellerinde mekanik verimi ve endüstrideki başlıca 4 tedarikçiye ait farklı tel, tek sarım ve çift sarım kılıf bileşenlerinin sistem verimine etkilerini incelemiştir. Her kombinasyon grubu için 3 adet toplamda 48 adet deney

gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.3'te yapılan çalışmada kullanılan kılıf ve tel yapıları görülmektedir.



Şekil 2.3: Kılıf ve tel tipleri (Stoloff 2011)

Şekil 2.4 incelendiğinde farklı tedarikçilerden (tedarikçi A,B,C,D) temin edilen iki farklı kılıf tipi (tek sarım ve çift sarım) ve iki farklı tel tipi (1x19 tel sarım ve 1x7 tel sarım) kullanılarak üretilen numunelerde en yüksek verimlilik değeri tek sarım 1x19 sarım tipi tel kullanılarak D koduyla verilen tedarikçi ile %76,9, en düşük verimlilik değeri ise tek sarım kılıf 7x7 sarım tipi tel ve D kodlu tedarikçi ile %57,9 olarak bulunmuştur.



Şekil 2.4: Verimlilik sonuçları (Stoloff 2011)

Sönmez ve arkadaşları ise 2014 yılında yayınladıkları “Otomotiv Sanayinde El Fren Kumanda Kablosu Mekanizmalarında Kullanılan Çeşitli Yapısal Komponentlerin Sistemin Verimine Etkilerinin İncelenmesi” adlı çalışmada farklı tel yapısı, tüp ve yağ malzeme kombinasyonlarının sistem verimine etkilerini incelemişlerdir. İki farklı tel tipi kullanılmış bu tellerin çekme mukavemetleri 1770 N/mm² ve 1915 N/mm²’dir. Yoğunlukları 0,96 g/cm³ ve 1 g/cm³ olan iki farklı tip yağ ve PBT ve HDPE tüp malzemeleri kullanılmıştır. Tüp, yağ ve tel kombinasyonları ile sistem verimi araştırılarak en yüksek 1 g/cm³ yoğunluklu yağ, PBT tüp ve 1770 N/mm² çekme dayanımına sahip tel kombinasyonunda %88,9, en düşük 0,96 g/cm³ yoğunluklu PBT tüp ve 1770 N/mm² mukavemetli tel ile % 83,13 olarak bulunmuştur (Sönmez ve ark. 2014).

El fren kablosunun araç hacmindeki konumu, izlediği yol üzerindeki dönme açıları tel ve tüp arasındaki sürtünme kuvvetini etkileyen en önemli parametrelerdir.

Çok sayıda yapı elemanı sürtünmeli ya da kaymalı zorlamaya maruz kalır. Tekniğin her sahasında malzemelerin sürtünme özelliklerinden ve sürtünme kuvvetlerinden faydalanılarak çeşitli konstrüksiyonların gerçekleştirildiği ve çok çeşitli görevlerin yerine getirildiği görülmektedir. Bu görev, kavramalarda olduğu gibi bir güç nakli, frenlerde olduğu gibi hareket halinde bulunan bir makinanın kinetik enerjisinin alınarak durdurulması yani bir gücün yutulması veya sevk ve hareket silindirlerinde olduğu gibi bir hareketin iletilmesi gibi çok çeşitli hareketlerde olabilir (Topbaş 1993).

Hareketin cinsine göre sürtünme; kayma, yuvarlanma veya kayma yuvarlanma sürtünmesi şeklinde olabilir. Birbiri üzerinde hareket eden yüzeyler arasına yağlayıcı madde konulup, konulmaması bakımından da temas yüzeylerinin durumuna göre, kuru, yarı sıvı ve sıvı sürtünme olarak üç halde de incelenebilir (Gemalmayan 1984, Szeri ve McGraw 1980, Gediktaş 1968).

Komponentlerin iyi tasarlandığı tipik bir sistemde, hatta en iyi tasarımlarda bile büyük mekanik kayıplar gözlenebilir. Tüm bu kayıplar, aracın parkı esnasında temel ve müşteri gerekliliklerinde, yasal zorunluluklarda zorluklara yol açmaktadır. Buna rağmen sistemin bir parçası yetersiz tasarlandığında kabul edilemez büyük kuvvet

veya kurs boyu kayıpları sonuçları alınabilir. Park fren kabloları, park fren sistemlerinin geliştirilmesinde spesifik, ilginç fırsatlar sunabilmektedir (Stoloff 2011).

Mekanizmayı oluşturan temel bileşenler arasında; kılıf, tüp, tel, yağ, gromet, tel başlık, kılıf başlık ve koruyucu elemanları bulunmaktadır. Kılıf, tüp, tel ve yağ sistem verimini etkileyen en önemli parametrelerdir (Sönmez ve ark. 2014).

Kılıf, plastik ekstrüzyon makinesi ile üretilen, tellere uygulanan çekme kuvvetini iletmesini sağlamak için teli içinde muhafaza edip dış etkenlerden koruyan bir parçadır (Sönmez ve ark. 2014).

Tüp, telin sürtünme kuvvetini en aza indirerek telin hareketini kolaylaştıran parçadır. Telin kılıfa direkt temas ederek kılıfın zedelenmesine engel olur. Yağ, tüp ile beraber telin sürtünme kuvvetini azaltarak hareket kolaylığının artırılmasını sağlar. Tel, uygulanan çekme kuvvetlerinin aktarımını sağlayan istenilen özelliklere göre farklı ölçü ve sarımlarda ihtiyaç duyulabilen bir parçadır (Sönmez ve ark. 2014).

Sisteminin mekanik verimliliğini sistemdeki tüm bileşenlerin kayıplarının toplamı belirler. El fren kumanda kablosu, fren sisteminde kuvvet verimi kaybını etkileyen en önemli bileşendir. El fren koluna uygulanan kuvvet son kullanıcıya göre (müşteri) belirli olup sınırlı bir değerdedir. Kablodan istenen hareket kursu ise yine son kullanıcı baz alınarak belirlenir ve sınırlandırılmıştır. Kumanda kabloları kuvvet ve kurs veriminin azalmasına yol açmaktadır. Ancak kablo performansındaki küçük gelişmelerin sistem performansını önemli ölçüde etkilediği görülmektedir.

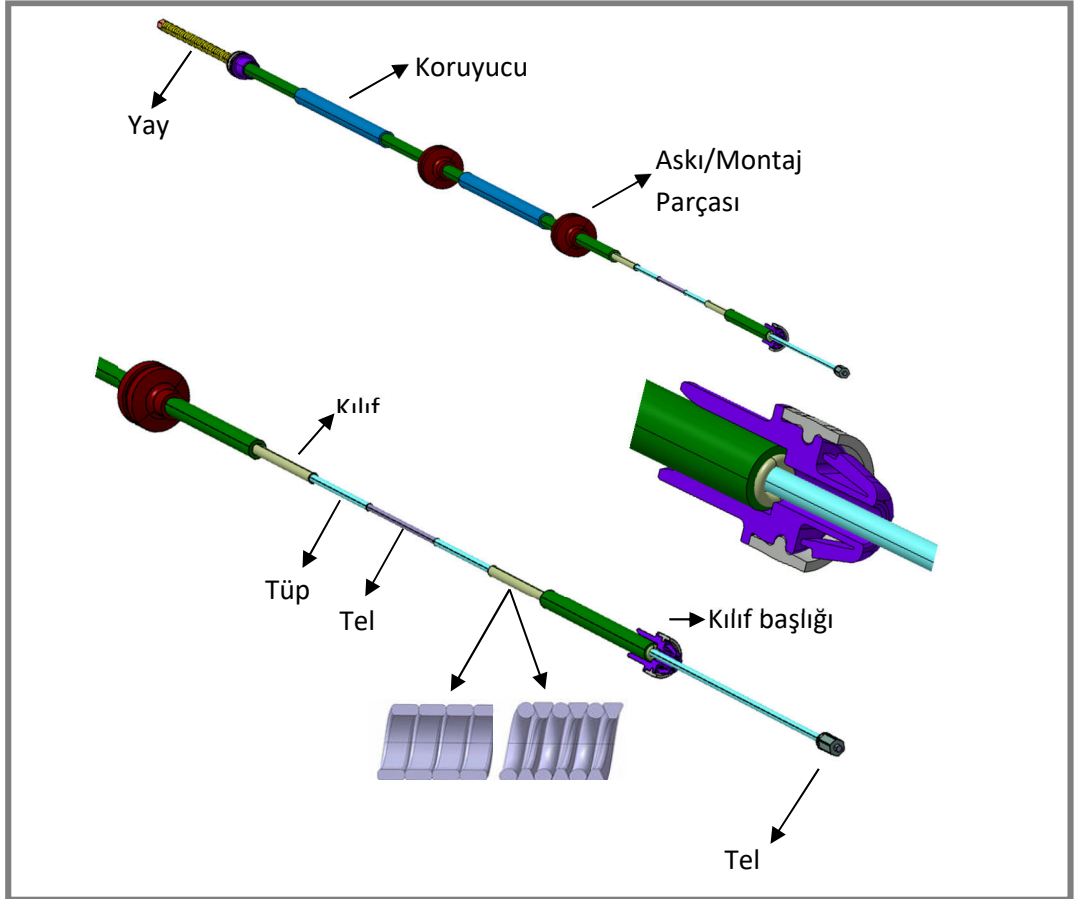
Farklı yapıdaki el fren kumanda kablosu kılıf yapılarının esnemeye karşı gösterdiği direncin farklı tüp ve yağ malzemeleri ile kombinasyonu sonucu kuvvet iletimi verimine etkilerinin araştırılmadığı tespit edilmiştir.

Yeni nesil araçlar da kullanılan mekanik el fren kumanda kablolarında kullanılan farklı tel kılıfı, tüpü ve yağı gibi bileşenlerin sistemdeki mekanik kayıplara, kuvvet verimine etkileri araştırılmıştır.

El fren tellerinde verim problemleri araç üzerinde el fren kolunun, el frenini daha geç devreye almasına neden olmaktadır. Diğer bir ifadeyle el fren kolunun daha çok çekilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında bu problem ile karşılaşmamak için

el fren telinin araç üzerinde izlediği yolda daha az değişkenlik gösteren, belirli toleranslar dahilinde hem yeterlilik gösterip hem de diğer kombinasyonlara göre düşük maliyete sahip bir kılıf, tüp, yağ ve iç tel kullanımına karar verilmiştir. Çeşitli kılıf ve iç teller ile ilgili verim testleri Orhan Otomotiv A.Ş. bünyesinde ve ana sanayi müşterisinin laboratuvarında yapılmış, parametre sonuçları değerlendirilmiş ve yorumlar sonucunda uygun kılıf, tüp, yağ ve iç tel kombinasyonunun üretilmesine karar verilmiştir.

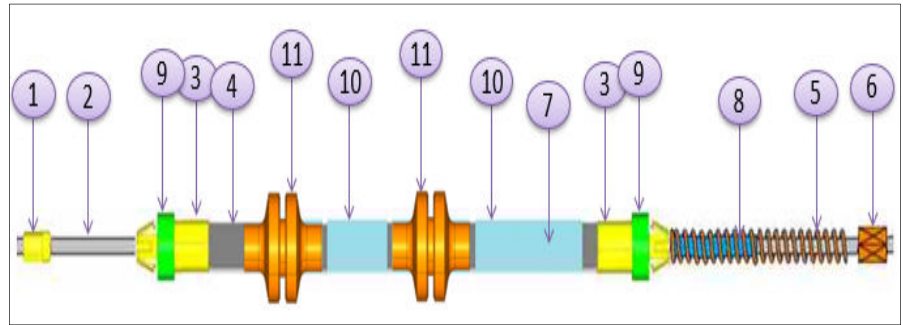
Şekil 2.5'te bir el fren telini oluşturan detay parçalarının görselleri görülmektedir.



Şekil 2.5: El fren telii yapısal tasarım çıktısı görsel

3. EL FREN KABLOSU TASARIMINDA KULLANILAN FONKSİYONEL BİLEŞENLER

Otomobil el fren teli mekanizması, çeşitli fonksiyonel bileşenlerden oluşmaktadır. Şekil 3.1’de görüleceği üzere mekanizmayı oluşturan temel bileşenler arasında ağırlıklı olarak; kılıf, tüp, tel, askı lastiği, tel başlığı, kılıf başlığı ve koruyucu elemanları bulunmaktadır. Tablo 3.1’de el fren telini oluşturan tüm alt detay malzemelerin listesi yer almaktadır.

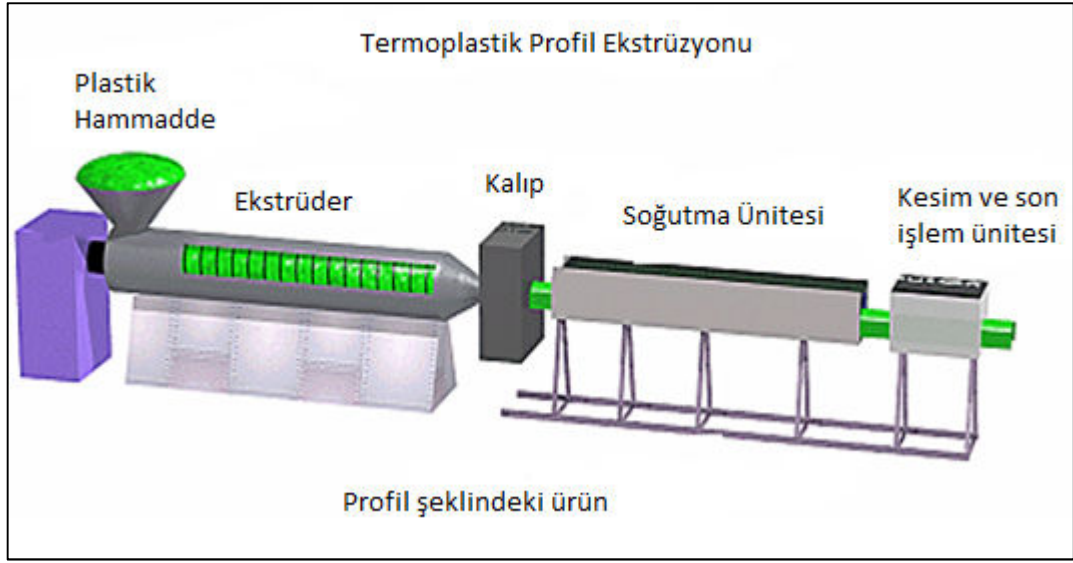


Nr.	Parça Adı
1	Tel Başlığı
2	İç Tel
3	Kılıf Başlığı
4	Kılıf
5	Yay
6	Tel Başlığı
7	Tüp
8	Tüp
9	Toz Lastiği
10	Koruyucu
11	Askı Lastiği
12	Yağ

Şekil 3.1: Bir el fren teli tasarımında kullanılan bileşenler

3.1. Kılıf

Tellere uygulanan çekme kuvvetini iletmesini sağlamak için teli içinde muhafaza edip dış etkenlerden koruyan bir parçadır. Kılıflar Şekil 3.2’de görüldüğü gibi plastik ekstrüzyon makinesi ile üretilmektedir. Plastik ekstrüzyon; boru, hortum, kablo, profil gibi plastik malzemelerin yapımında kullanılan bir imalat yöntemidir.



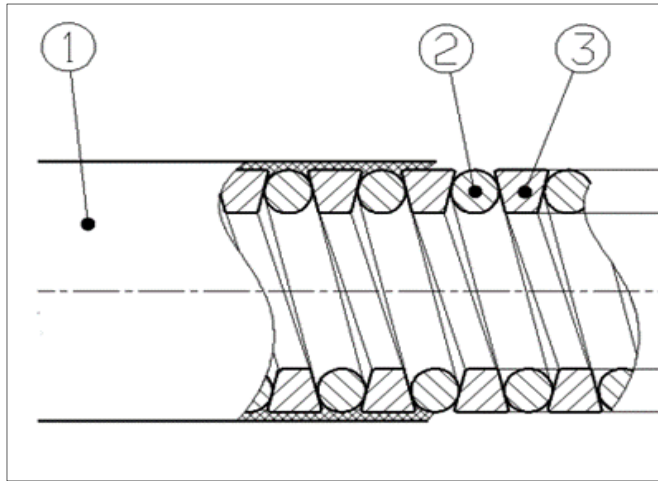
Şekil 3.2: Ekstrüzyon makinesi bileşenleri

Şekil 3.3’te farklı kılıf ve koruyucu tiplerine ait ekstrüzyon başlıkları görülmektedir.



Şekil 3.3: Ekstrüzyon başlıkları

3.1.1. Çift Sarımlı Kılıf



- 1- Kaplama
- 2- Yuvarlak Tel
- 3- Trapez Tel

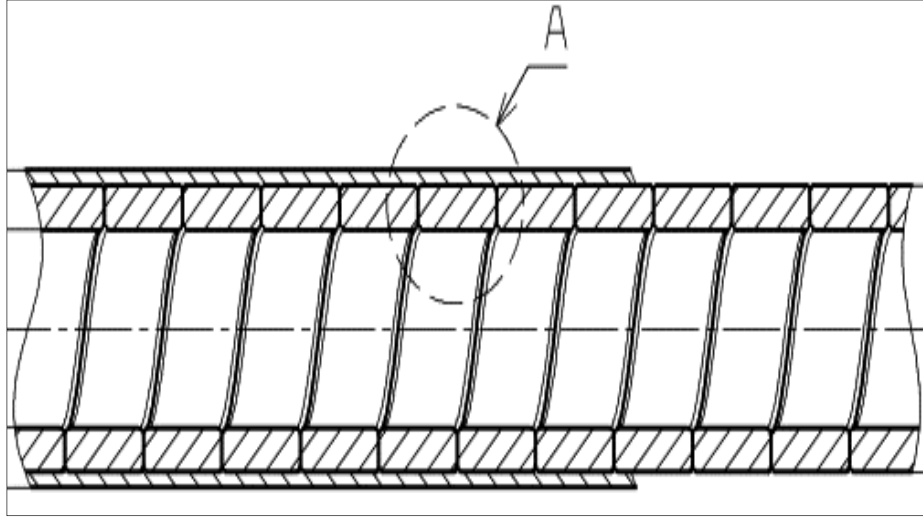
Şekil 3.4: Çift sarımlı kılıf yapısal tasarım görüntüsü

Şekil 3.4' de görülen çift sarımlı kılıf yapısında 1 numara ile gösterilen bileşen ekstrüzyon kaplamadır. 2 numara ile gösterilen bileşen yuvarlak kesitli tüp üzeri tel sarma olup 3 numara ile gösterilen ise tüp üzeri trapez tel sarmadır. Çift sarımlı kılıf dayanımı tek sarımlı kılıf ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğundan arazi tarzi araçlarda kullanımı tercih sebebi olabilmektedir. Diğer yandan el fren telinin araç

hacminde izlediği yol üzerindeki dönüşler keskin değil ise çift sarımlı kılıf, el fren teli tasarım süreçlerinde tüm binek araçlarda tercih edilebilir. Çift sarımlı kılıf yapısı tek sarımlı kılıfa göre daha rijit bir yapıya sahiptir.

3.1.2. Tek Sarımlı Kılıf

Şekil 3.5'te görülen tek sarımlı kılıf yapısında "A" ile gösterilen yapıda üst katman olarak ekstrüzyon kaplama alt katmanda ise kare kesitli düz tel sarma görülmektedir. Tek sarımlı kılıf yapısı çift sarımlı kılıf yapısına göre daha esnektir. Bu sebeple araç hacminde el fren telinin izlediği yol üzerinde dar açılı dönüşlerde kullanıma uygundur. Maliyet açısından değerlendirildiğinde de çift sarımlı kılıfa göre daha ekonomik ve hafif olduğundan tercih edilmektedir.



Şekil 3.5: Tek sarımlı kılıf yapısal tasarım görüntüsü

3.2. Tüp

Tüp bileşeninin yapısal el fren tel tasarımında kullanılmasının amacı, telin kılıfta bulunan sarmallara temas etmesini engelleyerek sürtünme kuvvetini en aza indirip verimliliği artırarak telin hareketini kolaylaştırarak olmasındır. Kılıf ile telin arasında bulunan tüp, telin rahat hareket etmesini sağlar. Farklı hammaddeler

kullanılarak üretilebilir ancak verimlilik hedeflerine bağlı kalınarak malzeme seçimine karar verilmelidir.

Polietilen, çok çeşitli ürünlerde kullanılan bir termoplastı olarak tanımlanmaktadır. İsmi monomer haldeki etilenden alır, etilen kullanılarak polietilen üretilmektedir. Plastik sanayisinde genelde ismi kısaca PE olarak kullanılmaktadır. Polietilen yoğunluğuna göre alçak ve yüksek olmak üzere iki grupta toplanan bir maddedir.

Polietilen yoğunluk ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak çeşitli kategorilere göre sınıflanmaktadır. Mekanik özellikleri, moleküler ağırlığa, kristal yapısına ve dallanma tipine bağlıdır.

HDPE yani yüksek yoğunluk polietilen petrolden elde edilen yüksek yoğunluklu polietilen malzemedir. Yüksek yoğunluklu olduğu kimyasal maddelere karşı direnci diğer polietilenlere göre daha yüksektir. Yüksek yoğunluk polietilen, darbelere karşı dayanıklı, kolay üretilebilen özelliğe sahiptir.

HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) enjeksiyon için oldukça uygun, sterilize edilen ve yük olmadığına 80 °C kadar kullanılabilen bir malzemedir.

Yüksek yoğunluk polietilen görünüm olarak Alçak yoğunluk polietilene benzese de ondan çok daha sert, molekül kütlesi 150.000-400.000 civarında bir polimerdir. Yüksek yoğunluk polietilenin suya ve kimyasal maddelere direnci iyidir. Işık ve açık hava koşullarına Alçak Yoğunluk Polietilen de olduğu gibi dayanıklı değildir. Özel dolgular sayesinde bu direnç artırılabilir. Mekanik özellikler çok iyi olup, özellikle darbe ve çekme dayanımları yüksektir. Bazı dolgu maddeleriyle de özellikler daha da iyileştirilir. Normalde çekme dayanımı 225-350 kg /cm² civarındadır. Sıcaklık dayanımı 100 °C'nin üzerindedir.

PBT malzemeler ise düşük genleşme katsayısına ve düşük su emişine sahip olmasından dolayı özellikle yüksek boyut kararlılığı gerektiren mühendislik uygulamaları için uygundur. PBT yüksek kristal yapıya sahip olup, kristalleşme hızlı gerçekleşmektedir. Erime noktası ve camsı geçiş sıcaklığı gibi ısısal özellikler PA 6'ya yakındır ancak PA gibi higroskopik yapıda olmamasından dolayı bünyesinde çok düşük oranda nem çeker.

Tablo 3.1: Plastiklerin mekanik özellikleri (Birley ve ark. 1988)

<i>Malzeme</i>	Yoğunluk (kg/m ³)	Akma Dayanımı (MPa)	Çekmede elastisite modülü (GPa)	Çekmede kopma uzaması (%)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Eğilmede elastisite modülü (GPa)
PBT	910	21-28	0,21-0,34	350-450	96	0,69
HDPE	941-965	21-38	0,41-1,2	30-1300	-	0,69-2,1

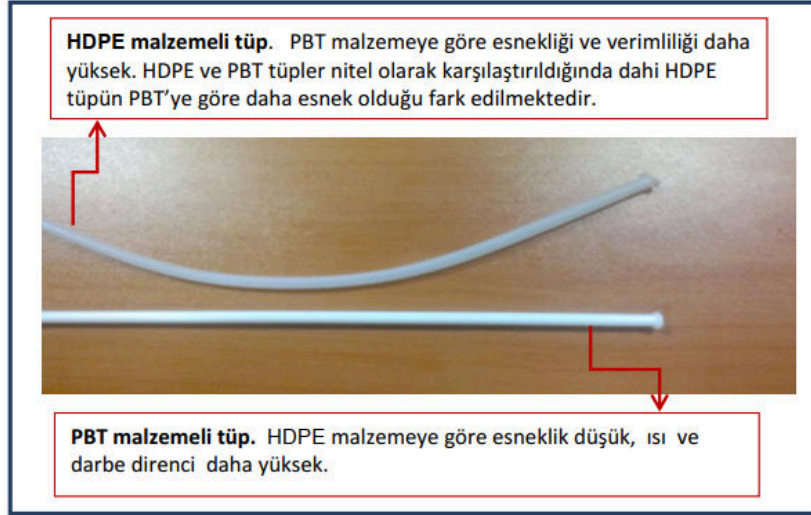
Tablo 3.2: Plastiklerin fiziksel özellikleri (Crawford 1987)

<i>Malzeme</i>	Çentik Darbe Tokluğu (J/cm)	Lineer Isıl Genleşme (°Cx10 ⁻⁵)	Sertlik Rockwell	% Su Emme (24 saat)	Sürekli servis sıcaklığı	Fiyat*
PBT	Kırılma yok	16	D55-65	0,01	105	1,2
HDPE	106,7 N/cm	12,0	D40			1

* HDPE fiyatı referans alınmıştır. Tablodaki değerler ekstrüzyon kalıplama için geçerlidir.

Polibütilentereftalat olarak da bilinen bu plastik özellikle yüksek rijitlik ve sertliği, dayanıklılığı, çok az su emmesi, ölçülerini koruması, iyi sürtünme özellikleri ve aşınma direnci, kimyasallara ve hava şartlarına dayanımı, çevresel streten çatlama karşı dayanıklı olması sebebiyle kullanım alanları oldukça geniştir.

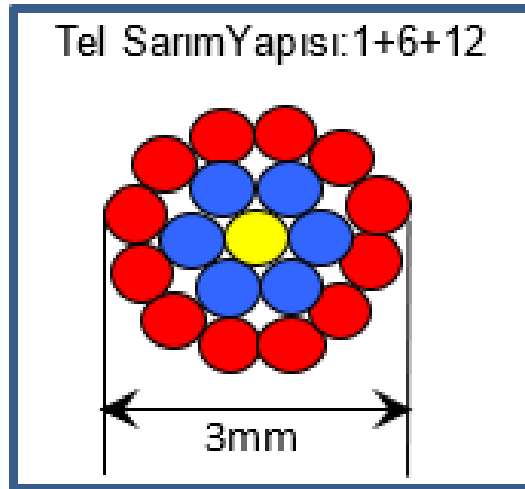
Şekil 3.6'da PBT ve HDPE plastiklerinin mekanik özelliklerinin farklılığı dışarıdan bakıldığında da ayırt edilmektedir.



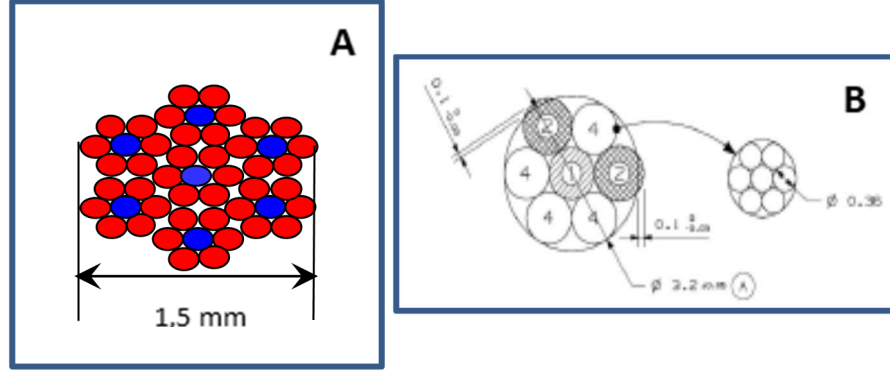
Şekil 3.6: El fren tellerinde kullanılan farklı tüp malzemeleri

3.3. Tel

Uygulanan çekme kuvvetlerinin aktarımını sağlayan kullanıldığı duruma göre farklı mekanik özellik, farklı geometri ve farklı sarım yapılarında ihtiyaç duyulabilen bir parçadır. Tel malzemesi olarak genelde çelik kullanılmaktadır. Telden beklenen mukavemet özelliklerine göre tel çapı ve tel yapısal tasarımı değişebilmektedir. Şekil 3.7'de görüldüğü gibi 1 adet çekirdekte olmak üzere çevresinde 6 sarım ve onun çevresinde 12 sarım olmak üzere 19 sarımlı tel yapısı örnek verilebilir. (1x6x12)



Şekil 3.7: Örnek El fren teli yapısı I



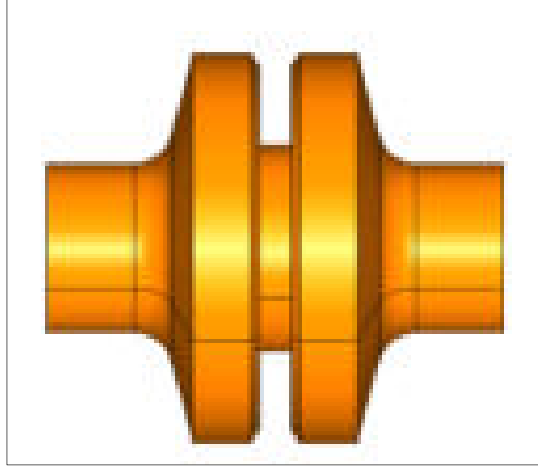
Şekil 3.8: Örnek el fren teli yapısı II

Şekil 3.8’ da 2 farklı tel yapısı tasarımı görülmektedir. Şekildeki çok sarımlı telin (A) çapı 1.5mm ($\pm 0,15$ ve $0,05$)’ dir. Tel çapları ise 49: 0,17-0,1mm’ dir. Tel malzemesi C50’dir. Tellerin sarım yönü, teller sol ve halat sağ olacak şekildedir. Tasarlanan telin kopma dayanımı 160 kg/mm², çekme dayanımı 198 kg/mm²’dir.

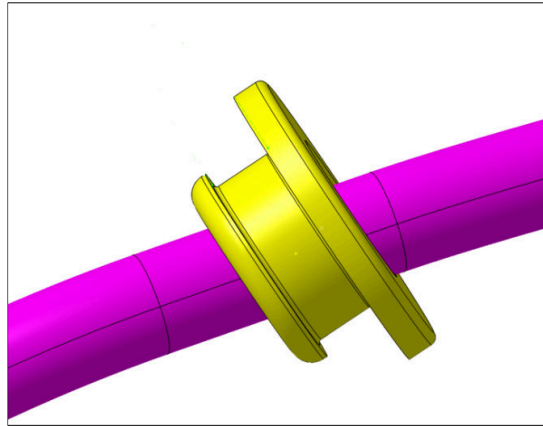
B ile kodlanmış 2 boyutlu tel yapısı ise tüp içerisindeki temas noktalarını azaltarak sistemin sürtünme davranışını iyileştirmekte böylece hareket iletimi verimi arttırmaktadır.

3.4. Gromet (Askı Lastiği)

Gromet, aracın motor kısmı ile araç içi yolcu bölümü arasında çeşitli otomobil tel ve kablolarının geçişini sağlayan parçadır. Motor kısım ile araç içi yolcu kabin arasındaki geçiş grometin bulunduğu bölgeden sağlanmaktadır. Dolayısıyla motordaki gürültü araç içindeki yolcuları rahatsız etmemelidir. Bunu sağlamak için çeşitli araç hacim ve yapısına göre birbirinden farklı grometlere ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulanan akustik testler ile de grometin doğru tasarlanıp tasarlanmadığı belirlenebilmektedir. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da tasarımları farklı iki tip gromet örneği bulunmaktadır.



Şekil 3.9: Örnek el fren teli grometi

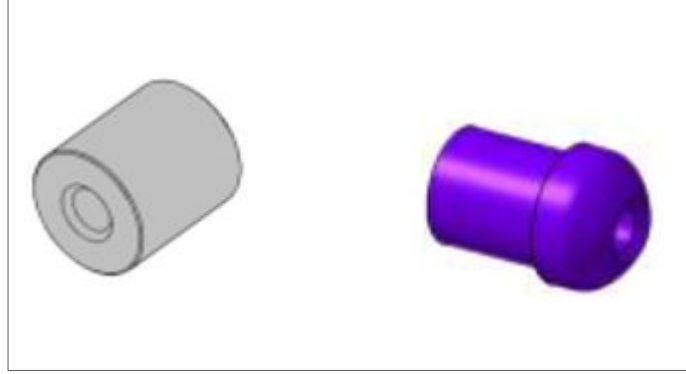


Şekil 3.10: Örnek el fren teli grometi

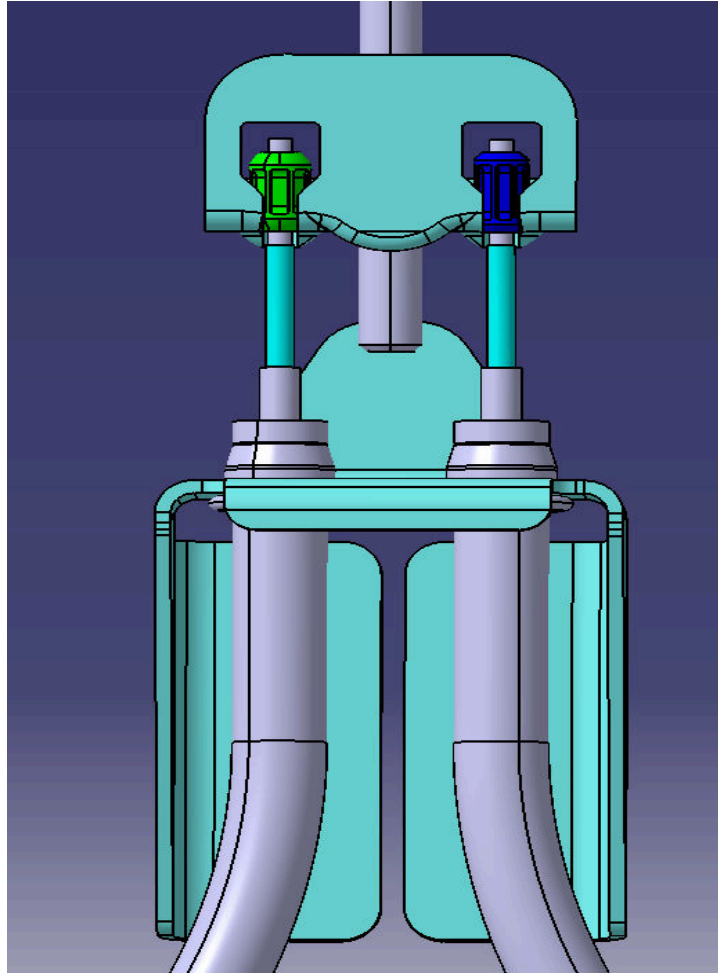
3.5. El Fren Teli Başlığı

Şekil 3.11’de görülen el fren teli başlıkları, el fren telinin fonksiyonunu yerine getirmesini sağlayan çok önemli bir bileşendir. Tel başlıkların, güvenlik katsayısı yüksek çıkma kuvvetlerini sağlayacak şekilde tel sonuna preslenmesi ile fren tellerinin ana sanayi hatlarında montaj bölgelerine montajlanması sağlanmaktadır. Tel sonuna preslenen ve ürünün araca montajını sağlayan metal tel başlıklar, hidrolik presler

yardımları ile işletmede tel sonlarına preslenmektedir. Şekil 3.12’de montajlanmış el fren teli başlığı görülmektedir.



Şekil 3.11: Örnek el tren teli tel başlıkları



Şekil 3.12: Örnek montajlı el fren teli başlığı

3.6. Kılıf Başlığı

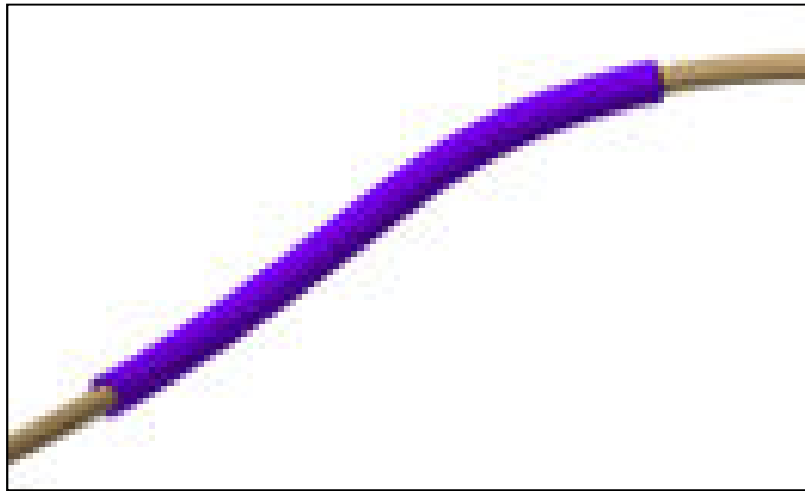
Kılıfın araç üzerindeki karşılık parçasına montaj yapılmasını sağlayan birçok metot (plastik ve zamak enjeksiyon veya otomat vb.) ile üretilebilen parçadır. Burada da tel başlığı parçasında olduğu gibi çekme dayanımı önemli bir parametredir. Şekil 3.13'te örnek el fren teli kılıf başlığı görülmektedir.



Şekil 3.13: Örnek el fren teli kılıf başlığı

3.7. Koruyucu

Şekil 3.14'te görüldü gibi kılıfın üzerine geçirilen; darbe, sıcaklık gibi dış etkenlerin etkisini azaltan elemandır. Ayrıca diğer bir önemli işlevi ise; dışarıdan gelen titreşimlere ve darbelere karşı el fren teli ile araç şasisi arasında absorbe görevi görmesidir. Yaygın olarak EPDM, TPE, PVC gibi çok çeşit hammaddeden üretilmektedir.



Şekil 3.14: Örnek el fren teli kılıf koruyucu

3.8. Toz Lastiği

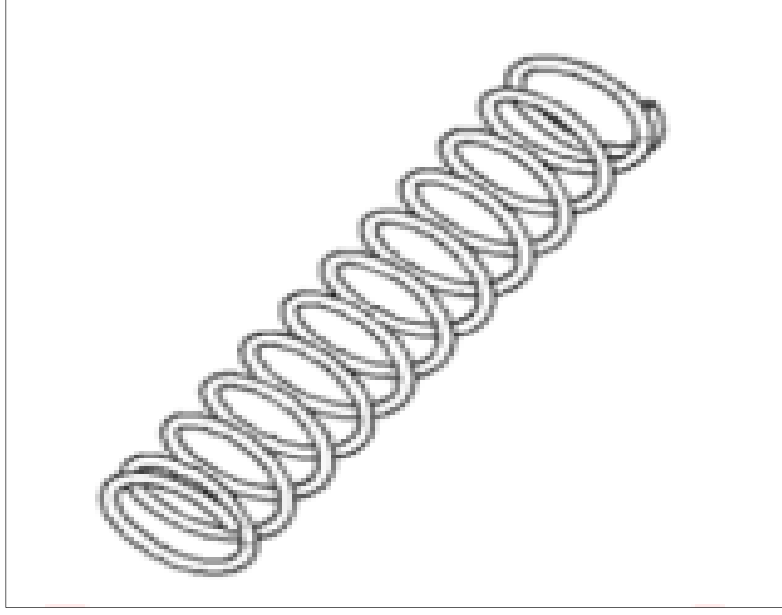
Tüp ve telin fonksiyonunu yerine getirmesini engelleyecek toz, çamur, kum gibi maddelerin tüpün içerisine girmesini engelleyen parçadır. Genel anlamda EPDM, NBR gibi kauçuk hammaddeler kullanılarak üretilmektedir. Şekil 3.15'te örnek bir toz lastiği görölmektedir.



Şekil 3.15: Örnek el tren teli toz lastiği

3.9. Yay

El fren telinde kılıf başlığı ile tel başlığı arasında konumlandırılır. Temel fonksiyonu, el fren teli çekildiğinde ve bırakıldığında sistemin eski konumuna gelmesini sağlar. Yayın boyu araç lay-out konumuna göre değişmektedir. Şekil 3.16'da yay örneği bulunmaktadır.



Şekil 3.16: Örnek yay

3.10. Yağ

Telin tüpün içerisinde çalışması sırasında birbirlerine temas ettiklerinden dolayı sürtünme kuvveti ortaya çıkmaktadır. Tel ve tüp arasında meydana gelen sürtünme, hareket iletimini zorlaştırmaktadır. Tel ve tüp arasında kullanılan silikon bazlı, düşük yoğunluklu endüstriyel yağlar meydana gelen sürtünme kuvvetini düşürmekte hareket iletiminin daha verimli olmasına imkan sağlamaktadır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR YÖNTEM VE TEST DÜZENEGİ

El frenleri tellerinin oluştuğu tel ve tp bölümleri için tellerin verimi, esnekliği ve sürtünme değerlerinin karşılaştırılması için bir test düzeneği oluşturulmuştur. Bu test düzeneği için çeşitli tp ve yağ kombinasyonlarını kapsayan 8 adet numune için deneyler gerçekleştirilmiştir.

4.1 Test Matris ve Numunelerin retilmesi

Testlerde kullanılacak prototip numuneler el fren teli sistemini etkileyeceği öngörülen 6 farklı parametrenin korelasyonundan oluşturulmuştur. Test matris tablosu Tablo 4.1’ de görülmektedir.

Tablo 4.1: Farklı yapıda tel ile farklı malzemede tp ve yağ kombinasyonlarının oluşturduğu prototip numuneler

TP ve YAĞ TÜRÜ	KILIF TÜRÜ	
	KILIF/A	KILIF/B
TP/A + YAĞ/A	TAA1	AA5
TP/A + YAĞ/B	TAB2	AB6
TP/B + YAĞ/A	TBA3	BA7
TP/B + YAĞ/B	TBB4	BB8

Aşağıda tüm prototiplerde kullanılan alt detay malzemeler belirtilmiştir.

- TAA1 → Tek sarım kılıf + HDPE tp + Yağ/A (Yoğunluk 1,0g/ml)
- TAB2 → Tek sarım kılıf + HDPE tp + YağB (Yoğunluk 0,96g/ml)
- TBA3 → Tek sarım kılıf + PBT tp + YağA (Yoğunluk 1,0g/ml)
- TBB4 → Tek sarım kılıf + PBT tp + YağB (Yoğunluk 0,96g/ml)
- AA5 → ift Sarım kılıf + HDPE tp + Yağ/A (Yoğunluk 1,0g/ml)
- AB6 → çift sarım kılıf + HDPE tp + YağB (Yoğunluk 0,96g/ml)
- BA7 → çift sarım kılıf + PBT tp + YağA (Yoğunluk 1,0g/ml)
- BB8 → çift sarım kılıf + PBT tp + YağB (Yoğunluk 0,96g/ml)

Farklı malzemeden ekstrüze edilmiş 2 çeşit polimer tüp, 2 farklı kimyasal yağ ve 2 farklı zırh yapısına sahip kılıf kombinasyonları ile 8 çeşit prototip el freni tasarlanmış, her kombinasyondan 5' er tane olmak üzere toplamda 40 adet test numunesi üretilmiştir. Çeşitli kılıf, tüp ve yağ kombinasyonlarından oluşan prototip numuneler Tablo1'de görüldüğü üzere Prototip 1-8 şeklinde isimlendirilmiştir. Tel yapısı sabit tutularak kılıf, tüp ve yağ gibi prototiplerin kombinasyonlarından oluşan prototip numunelerden üçer adet test edilmiş ve elde edilen bu üç değerlerin ortalaması o kombinasyonun test sonucu olarak değerlendirilmiştir. Kılıf/A ve Kılıf/B kodlu kılıf tasarımları birbirinden farklıdır.

Tüp/A ve Tüp/B malzemeleri farklı polimer malzemelerden üretilmiştir. PEHD (Yüksek yoğunluklu polietilen) polimer malzemeli tüpün esnekliği ve verimliliği yükseltir. PEHD ve PBT tüpler nitel olarak karşılaştırıldığında dahi PEHD tüpün PBT' ye göre daha esnek olduğu görülmektedir. PBT (Polibütilentereftalat) polimer malzemesinin ise esnekliği düşük, ısı ve darbe direnci daha yüksektir. Prototip numunelerde kullanılan endüstriyel Yağ/A ve Yağ/B silikon bazlı farklı kimyasal yapılara ve farklı yoğunluklara (YağA: 1,0g/ml, YağB: 0,96g/ml) sahiptir. YağA oksitlenmeye, rutubete karşı dirençlidir. Ayrıca İyi makaslama dayanımı vardır. Kendi içinde bulunan farklı tiplerinde -73°C den +288°C ye kadar geniş çalışma sıcaklığı bulunmaktadır. YağB ise, plastik yağlama yeteneği, pek çok plastik malzemeyle uyumluluğu, geniş çalışma sıcaklığı ve düşük yağ buharlaşma özelliklerine sahiptir.

YağA genel özellikleri olarak lityum sabun ve fenilmetil silikon yağ bileşiminden ortaya çıkmaktadır. YağA oksitlenmeye, rutubete ve yıpratıcı hava şartlarına dirençlidir. Tesirsizlik ve makaslama dayanımı yüksektir. Birçok plastikle uyumlu çalışmaktadır. Geniş çalışma sıcaklık aralığı bulunmaktadır.

YağA yağının oldukça geniş kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; dondurucu araba tekerlekleri ve soğuk oda konveyör ekipmanları, elektrik şebekesi bağlantı kesme anahtarları temasları, plastik elektrikli saat motorları, maksimum talep ölçerler, güç faktörü ölçerler, watt-saat ölçerler, ön cam silecek motoru dişlileri, fotoğraf ve optik ekipmanları, marş fren tahrikleri ve debriyaj baskı balataları gibi alanlarda kullanılmaktadır.

YağB silikon yağı, lityum kompleksli kalınlaştırıcı ve plastik katkı maddelerinin bileşiminden oluşmuştur. Plastik yağlama yeteneği, pek çok plastik malzemeyle uyumluluk, geniş çalışma sıcaklığı, düşük sıcaklık karakteristikleri ve düşük yağ buharlaşması gibi özellikleri bulunmaktadır.

Debriyaj telleri, vites değiştirme telleri, el fren telleri ve diğerleri gibi kontrol tel ve kablolarının yağlanması için uygundur.

Şekil 4.1' de Tek sarmal yapılı kılıf zırh tasarımı görülmektedir. Şekil 4.2' de ise çift sarmal yapılı kılıf zırh tasarımı görülmektedir.



Şekil 4.1: Tek sarmal kılıf yapısı (KILIF A)



Şekil 4.2: Çift sarmal kılıf yapısı (KILIF B)

4.2 Verim Testi

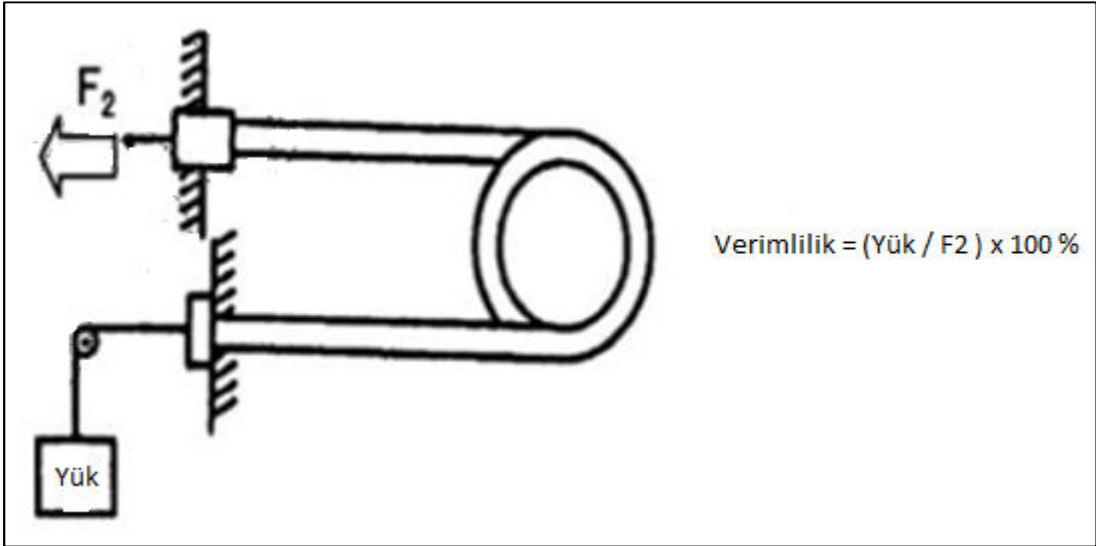
Şekil 4.3' te üzerine ticarileştirilmiş bir test numunesinin montajlandığı bir verim test düzeneği görülmektedir. Şekildeki düzenek sabit şartlar altında giriş / çıkış kuvvetini ve giriş / çıkış hareketini ölçmek için basit bir kablo test düzeneği olup geliştirildikten sonra ana otomotiv sanayinden de onayı alınmıştır.



Şekil 4.3: El fren teli mekanizması verim test düzeneği

İlgili test mekanizması Renault'un 31-06-014 şartnamesi baz alınarak Orhan Otomotiv A.Ş. bünyesinde hazırlanmıştır. Test çalışmalarının tamamı Orhan Otomotiv A.Ş. Ar-Ge merkezinde otomotiv endüstrisinde onaylı laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Verimlilik, esneklik ve sürtünme kuvveti test sonuçları da aynı şekilde Renault'un 31-06-014 numaralı şartnamesindeki gereklilikler baz alınarak değerlendirilmiştir.

El fren teli montajlanacağı araç hacmindeki x, y ve z koordinatları referans alınarak test düzeneğine montajlanmıştır. Düzenekte sürücünün el kuvveti bir motor yardımı ile yük uygulanarak, kampananın hareketinin gösterdiği direnç ise yaylar vasıtasıyla elde edilmektedir. Şekil 4.4'te görülen yük hücreleri yardımı ile giriş-yük hücresi ve çıkış-yük hücresi kuvvetleri sistemin bir parçası olan yazılıma aktarılarak mekanizmadan alınabilecek % verim değeri hesaplanır.



Şekil 4.4: Yük verimliliği hesabı

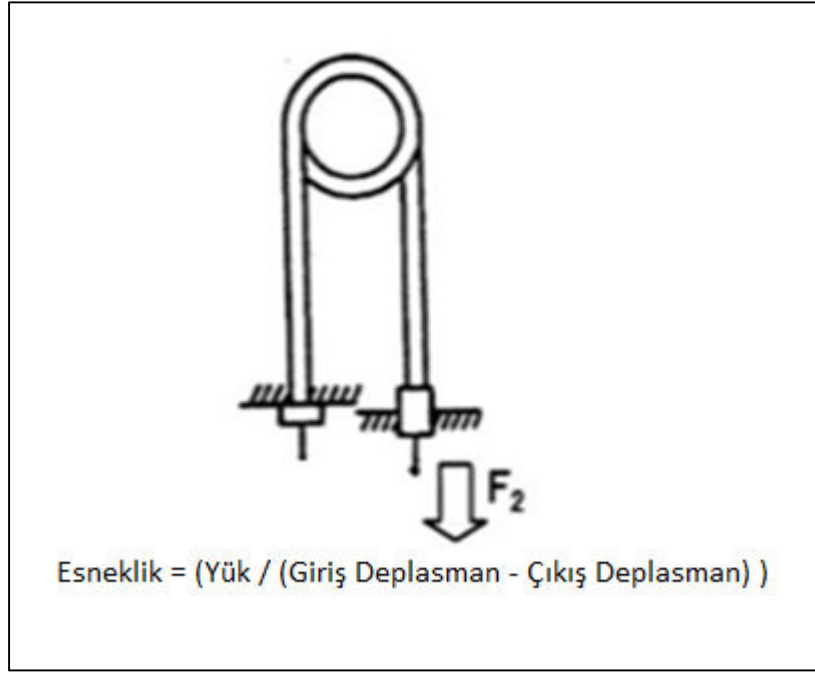
Her yeni araç tasarımı için el fren kabloları tekrar tekrar tasarlanmakta ve tasarımlar çeşitli testler yardımı ile doğrulanmaktadır. El fren kabloları, yeni araç tasarımlarına göre çeşitli koordinat ve boyutlarda tasarlanabilmektedir. Ancak, değişen koordinatlar sistemde mekanik kayıplara yol açabilmektedir.

4.3 Esneklik Testi

El fren koluna uygulanan kuvvetle ürünün esnemeye karşı gösterdiği direnç otomotiv sanayinde esneklik olarak adlandırılmıştır (Sönmez ve ark. 2014)

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi ürünün araç hacmindeki yerleşimine göre tasarlanan test düzeneğine ürün yerleştirilir. Test düzeneğinde kampanayı tarafını birebir yansıtan kısma test numunesinin bir ucu sabit olarak montajlanır.

Düzenek yük hücresi, dijital gösterge ve cetveller ile desteklenmiştir. Burada amaç motor yardımı ile belirli bir kuvvette çekilen test numunesinin istenilen optimum uzama değerlerini sağlamasıdır.



Şekil 4.5: Esneklik hesabı

4.4 Sürtünme Kuvveti Testi

El fren kumanda kablosu, araç hacmindeki yerleşimine göre test düzeneğine montajlanır ve Şekil 4.6'da görüldüğü gibi bir dijital dinamometre yardımı ile kılıf içindeki tel, tel başlık vasıtası ile çekilir.



Şekil 4.6: El fren teli sürtünme kuvveti testi

Sürtünme fren ve kavrama gibi makine elemanlarında istenilen bir durum olduğu için, artırılmaya çalışılır. Ancak, diğer izafi hareket yapan el fren kumanda kablosu gibi bütün sistemlerde sürtünme istenmeyen bir olaydır ve azaltılması istenir.

Genel anlamda sürtünme; temas halindeki yüzeylerin ve birbiri üzerinde hareket eden ya da hareket ihtimaline karşı gösterilen direnç olarak tanımlanır (Ashby ve Jones 1996)

Bu sebeple el fren kumanda kablosu tasarımında tüp ve tel arasında sürtünmeyi azaltacak endüstriyel yağ kullanılması, yağ malzeme farklılıklarının sisteme etkisi test edilmek istenmiştir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yağ ve tüp kombinasyonları ile üretilen prototiplerin kuvvet verimi, esneklik ve sürtünme kuvveti testleri gerçekleştirilmiştir. 8 farklı parametre gurubu için grup başına 5'er adet olmak üzere 40 adet prototip üretilerek, deney sonuçları ortalama değerlere göre belirlenmiştir.

Yapılan deneylerle elde edilen sonuçlar Tablo 5.1' de verilmiştir.

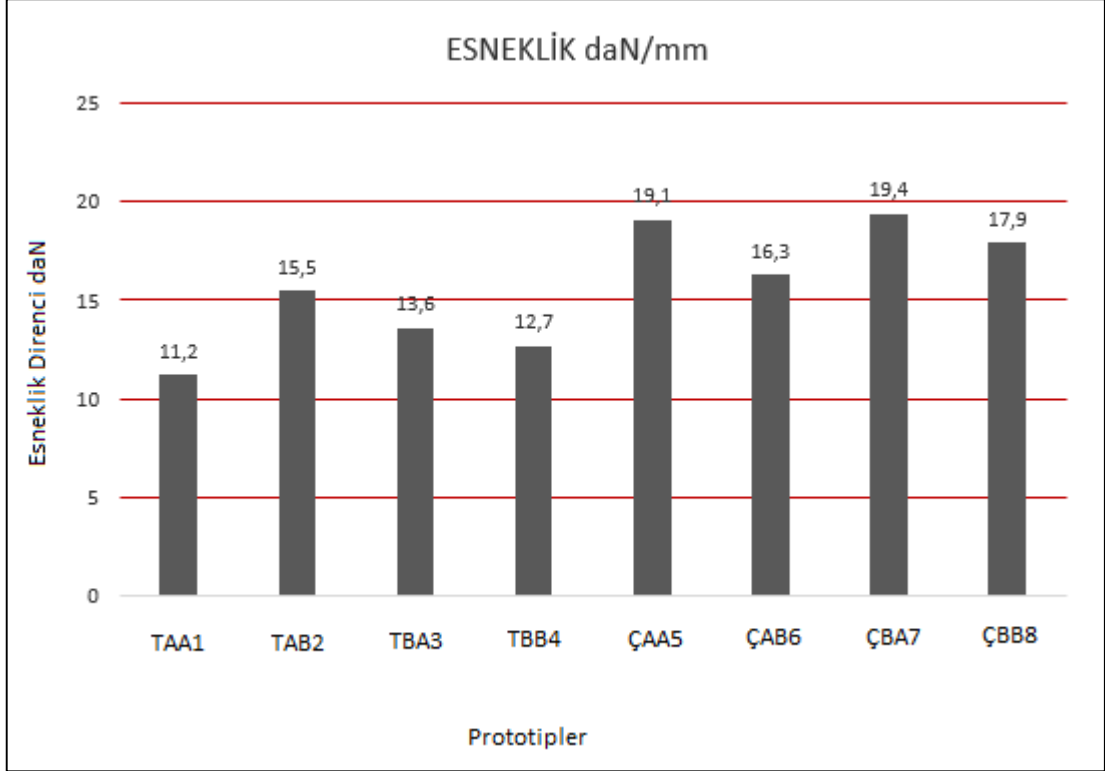
Tablo 5.1: Kuvvet verimi, esneklik ve sürtünme kuvveti testleri sonuç tablosu

TEST SONUÇLARI			
PROTOTİPLER	KUVVET VERİMİ	ESNEKLİK daN/mm	SÜRTÜNME KUVVETİ daN
TAA1	81,20%	11,2	0,92
TAB2	79,30%	15,5	1,07
TBA3	79,20%	13,6	0,86
TBB4	73,00%	12,7	1,13
ÇAA5	78,90%	19,1	0,94
ÇAB6	81,60%	16,3	0,90
ÇBA7	77,40%	19,4	0,93
ÇBB8	68,20%	17,9	1,46

5.1 Esneklik Testi Sonuçları

Şekil 5.1' de esneklik testi sonuç grafiği incelendiğinde en düşük esneklik değerinin 11,2 daN ile TAA1 kodlu el fren kumanda kablosu prototipine ait olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte en yüksek esnekliğe sahip prototip de 19,4 daN esneklik değeri ile ÇBA7 olarak Tüp B, yağ A ve kılıf B kombinasyonunda elde edilmiştir. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde çift sarım kılıf kullanılan ÇAA5, ÇAB6, ÇBA7 ve ÇBB8 numunelerinin esnekliğe karşı gösterdiği direnç değerleri tek sarım kılıf kullanılan TAA1, TAB2, TBA3 ve TBB4 numunelerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çift sarımlı kılıfın tek sarıma göre daha rijit ve güçlü mekanik özelliklere sahip olduğunun bilindiği bu durumda çıkan sonuçların bu bilgiyi doğrular nitelikte olduğu görülmektedir.

Ayrıca hem çift sarım kılıf hem de yağ A'nın kullanıldığı numuneler olan ÇAA5 ve ÇBA7'nin en yüksek direnç gösteren parçalar olması yağ seçiminin de ne kadar önemli bir parametre olduğunun göstergesidir.

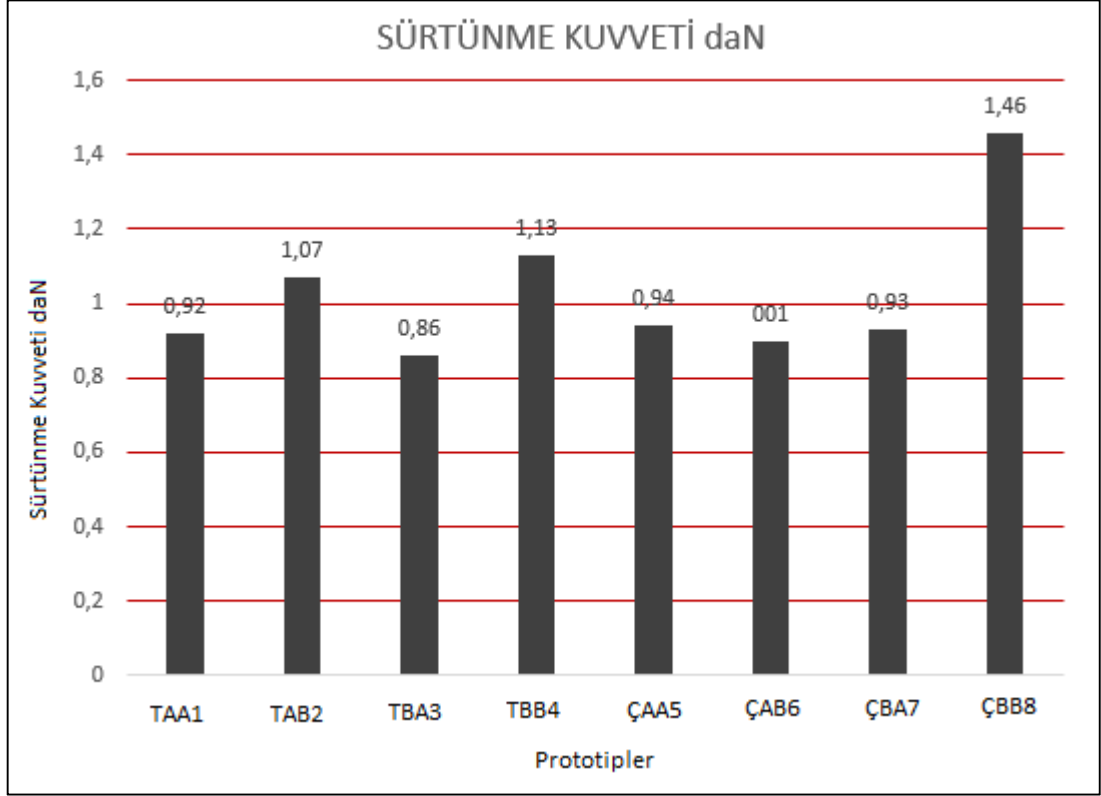


Şekil 5.1: Kılıf esnekliği test sonuç grafikleri

5.2 Sürtünme Kuvveti Testi Sonuçları

Şekil 5.2' de prototip 1-8'e kadar olan tüm prototip numunelerin sürtünme kuvveti sonuç grafiği verilmiştir. Test sonuçlarına göre TBA3 kodlu numune el fren kumanda kablosuna ait sürtünme kuvveti değeri 0,86 daN olup en düşük sürtünme kuvveti değerinin elde edildiği kombinasyon olarak belirlenmiştir. Tüp B, yağ B, kılıf B kombinasyonuna sahip ÇBB8'de ise 1,46 daN en yüksek sürtünme kuvveti tespit edilmiştir.

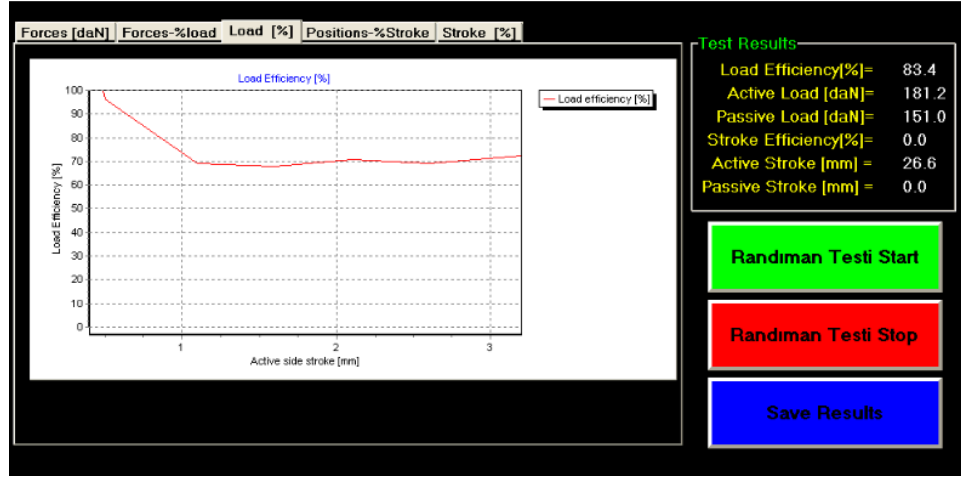
Genel olarak sonuçlar yorumlandığında en yüksek değerlere sahip TBB4 ve ÇBB8 numunelerinin ortak özelliği PBT tüp ve yağB kullanılmasıdır. Buradan hareketle PBT ve yağB malzemelerinin sürtünme kuvveti üzerinde olumsuz etki yaptığı söylenebilir.



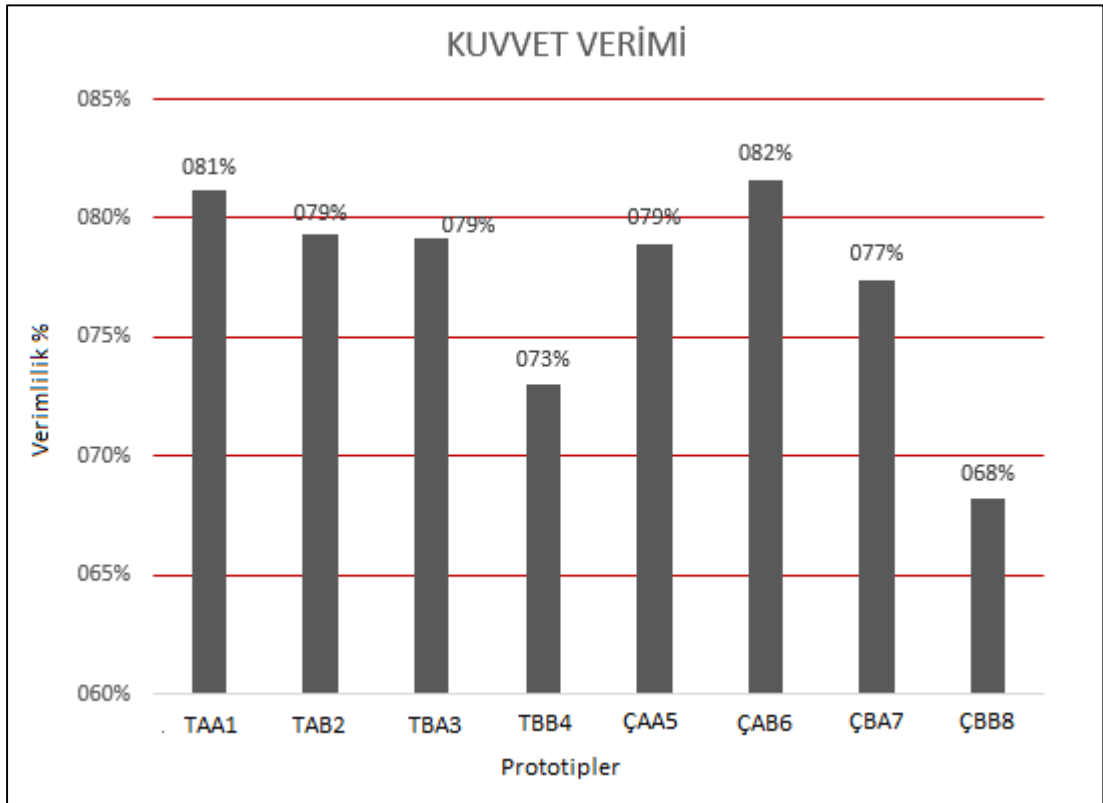
Şekil 5.2: Sürtünme kuvveti test sonuç grafikleri

5.3 Verim Testi Sonuçları

El fren teli verim testleri sürecinde test cihazından alınmış prototiplerden birine ait test ekranı ve sonuç grafiği Şekil 5.3' te görülmektedir.



Şekil 5.3: Verim testi sonuç ekran grafiği



Şekil 5.4: Kuvvet verimi test sonuç grafikleri

182 daN giriş kuvveti ile test edilen numunelerin sonuç grafiği Şekil 5.4' te görülmektedir.

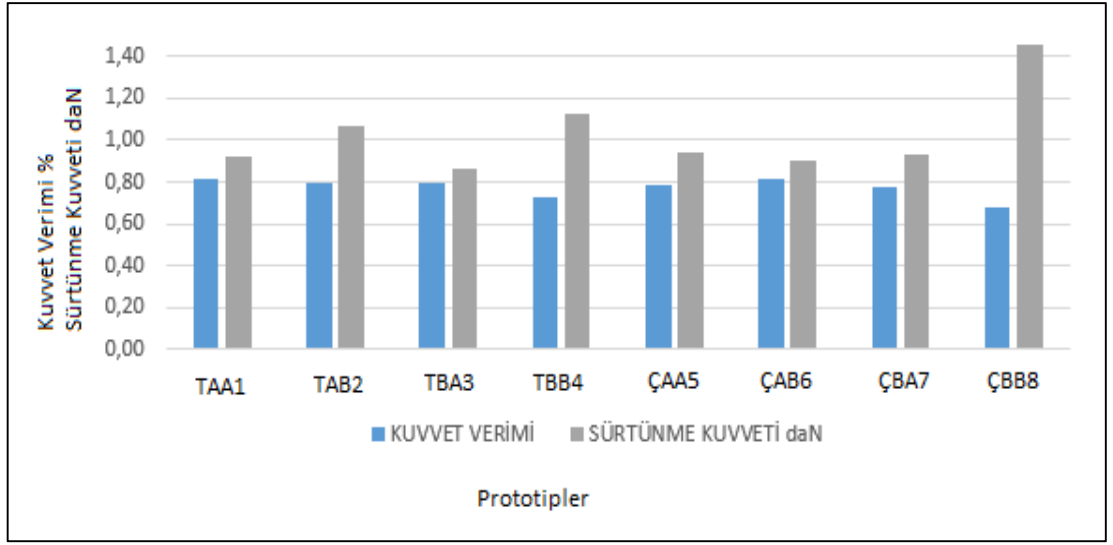
Sonuçlar incelendiğinde ÇAB6'nın en yüksek verimlilik değerine sahip olduğu görülmektedir (%81,6). Çift sarımlı kılıf kullanılmasına rağmen en yüksek verimlilik değeri yakalanmıştır. Bunda en temel sebep HDPE malzemeden üretilen tüpün esneklik ve verimlilik açısından yüksek değerlere sahip olmasıdır. Ayrıca yağB kullanılmıştır. Yoğunluk değeri 0,96 g/ml dir. ÇAA5 ile aralarında tek değişkenin yağ olduğu görülmektedir. ÇAA5' te kullanılan yağ A ile birlikte verim değerleri %78,9'a düşmektedir. Yağ A' nın yoğunluk değeri ise 1 gr/ml'dir. Sadece yağ değişkenliği özelinde dahi verimlilikte ciddi farklar oluşabilmektedir.

En yüksek verimliliğe sahip ikinci prototip ise %81,2 ile TAA1'dir. TAA1'in ÇAB6 prototipinden farklı olarak tek sarım kılıf ve yağA kullanılmıştır. İlk maddede görülen etkinin (yağB'den yağA'ya değişim) burada da aynı şekilde olumsuz olması muhtemeldir ancak tek sarım kılıf bu olumsuzluğu kompanse ederek verimi yukarı taşımıştır.

En düşük verimlilik değeri ise ÇBB8' de görülmektedir (%68,2). Düşük çıkmasının temel sebebi ise sürtünme katsayısında gizlidir. Sürtünme verileri incelendiğinde 1,46 daN ile en yüksek sürtünme katsayısına sahip olan numune olduğu görülecektir. Buna en temel etken ise çift sarım kılıf ve PBT tüpün kullanılmasıdır. Çift sarım kılıf ve PBT tüpün en öne çıkan özellikleri yüksek rijitlik özelliklerine sahip olmalarıdır.

En düşük verimlilik değerine sahip ikinci prototip ise TBB4' tür (%73). Burada da sürtünme katsayısı 2. en yüksek değerdir (1,13). TBB4'ün ÇBB8'den tek farkı ise tek sarım kılıf kullanılmasıdır. Tek sarım kılıfın çift sarıma göre daha esnek olmasının verimliliğe ciddi anlamda etkisi olduğu görülmektedir.

Şekil 5.5' te karşılaştırmalı olarak kuvvet verimi, sürtünme kuvveti değerleri gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Kuvvet verimi ve sürtünme kuvveti karşılaştırmalı sonuç grafiği

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile birlikte mekanik el fren tellerine sahip binek otomobillerde el fren teli tasarlamak ve geliştirmek için, ürün geliştirme sürecine hızlıca dahil edilebilecek tasarım girdileri elde edilmiştir. Düşük kablo verimliliğinden kaynaklanan performans sorunlarına sahip el fren sistemi tasarımlarının iyileştirilmesine yön verebilecek sonuçlar çıkarılmıştır.

El fren kumanda kablosu tasarımında sistemi oluşturan önemli bileşenlerin kuvvet verimine etkileri tel yapısı sabit tutularak test edilmiştir. Sistemi oluşturan tüp, yağ ve kılıf bileşen yapısının sistem verimini etkilediği tespit edilmiştir.

- Prototip imalatında kullanılan iki farklı kılıf yapısının el fren kumanda kablosu tasarım parametrelerine etkisi incelendiğinde; Şekil21'deki esneklik sonuç grafiği incelendiğinde, kılıf B kullanılan prototip 5,6,7,8 kodlu numunelerin kılıf A kullanılan prototip 1,2,3,4 kodlu numunelere göre daha esnek olduğu görülmektedir.

- Kuvvet verimine kılıf yapılarının etkisi incelendiğinde ise kılıf A (Tek Sarım) ile üretilen TAA1 ve kılıf B (Çift Sarım) ile üretilen ÇAB6 kodlu numunelerin kuvvet verimi değerleri arasında yaklaşık %0,5 fark olduğu Şekil 24'deki verim grafiğinde görülmektedir.

- Sürtünme kuvveti sonuç grafiği değerlendirildiğinde ise, TBB4 ve ÇBB8 kodlu numunelerin sürtünme kuvveti değerlerinin diğer numunelere göre yüksek olduğu, kuvvet verimi grafiğinde görülen kuvvet verimi değerlerinin de sürtünme kuvvetinin yüksek değerlerinden etkilenerek düşük ölçüldüğü görülmektedir.

- Sonuç olarak, doğru kablo ve bileşenlerinin seçimi el fren kumanda sistemleri performansında önemli gelişmelere neden olabilir. Kumanda kablosu performansını ölçebilmek için çalışmada paylaşılan yöntem hızlı, tekrarlanabilir, basit ve güvenli sonuçlar vererek mühendise her yeni araç hacmi ve sınırlamada yardımcı olabilir.

Stoloff tarafından yapılan çalışmada park fren tellerinde mekanik verim ve endüstrideki başlıca tedarikçilere ait farklı tel ve kılıf bileşenlerinin sistem verimine etkileri incelemiştir. Üretilen numunelerde en yüksek verimlilik değeri tek sarım 1x19 sarım tipi tel kullanılarak D koduyla verilen tedarikçi ile %76,9, en düşük verimlilik değeri ise tek sarım kılıf 7x7 sarım tipi tel ve D kodlu tedarikçi ile %57,9 olarak bulunmuştur. Tellerde temas noktasının artması verimi düşürmektedir. Aynı zamanda tek sarım kılıf verimi arttırmaktadır. 1x19 tel için D tedarikçisinin çift sarım kılıfı kullanıldığında verim değeri yaklaşık %3 kadar düşmektedir. Yapılan çalışmada ise çift sarım kılıf HDPE tüp ve Yağ B kullanıldığında verim %81,6, tek sarım kılıf HDPE tüp Yağ A kombinasyonunda ise %81,2 olarak bulunmuştur.

Sönmez ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada yağ yoğunluğunun verimi negatif olarak etkilediği bulunmuştur. İki farklı tel tipi kullanılmış bu tellerin çekme mukavemetleri 1770 N/mm² ve 1915 N/mm²'dir. Yoğunlukları 0,96 g/cm³ ve 1 g/cm³ olan iki farklı tip yağ ve PBT ve HDPE tüp malzemeleri kullanılmıştır. Tüp, yağ ve tel kombinasyonları ile sistem verimi araştırılarak en yüksek 1 g/cm³ yoğunluklu yağ, PBT tüp ve 1770 N/mm² çekme dayanımına sahip tel kombinasyonunda %88,9, en düşük 0,96 g/cm³ yoğunluklu PBT tüp ve 1770 N/mm² mukavemetli tel ile % 83,13 olarak bulunmuştur. Telin çekme mukavemetinin artırılması da verimi düşürmektedir. Yapılan çalışmada tel yapısı sabit tutulmuştur. Gerçekleştirilen çalışmada da benzer şekilde yağ yoğunluğu arttığında verim düşmektedir.

Bu çalışmayla birlikte ise iki farklı kılıf (tek sarım ve çift sarım), iki farklı malzemedan üretilmiş tüp (HDPE ve PBT) ve iki farklı yağ kullanılarak en yüksek verimlilik değeri %81,6, en düşük verimlilik değeri ise %68 bulunmuştur. Buradan da görüleceği üzere yapılan çalışmada seçilen malzemelerin ve malzemeler arasında kurulan doğru kompozisyonun verimliliği olumlu yönde etkilediği görülmektedir.

Öneriler;

2018-2019 yılları global otomotiv endüstrisinde Ar-Ge çalışmaları "HAFİFLETME" temasıyla yürütülmüş ve halen yürütülmektedir. Detay parça bazlı

iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmanın devamı olarak gerçekleştirilecek bir sonraki çalışma ağırlığın düşürülmesi için kılıf çapı düşürülmesi olabilir. Bir Ar-Ge projesi olarak bu kapsamda çalışmalar yürütülebilir. Kılıf çapının düşürülmesi kılıfa montajlanan tüm alt detay malzemelerinde ölçülerini etkileyecektir. Dolayısıyla bu kapsamda değişiklikler gerçekleştirilmelidir. Ayrıca kılıf çapının düşmesi ile mekanizma verimliliğini etkileyen parametre değerlerinde oluşacak değişimler değerlendirilip optimum sonuçların alınması amacıyla gerekli testler ve çalışmalar gerçekleştirilebilir. Ağırlığın yanı sıra birim ürün maliyeti de düşeceğinden çalışmanın katma değeri yüksek olacaktır.

7. KAYNAKLAR

Ashby, M.F. and Jones, “Engineering Materials 1, 2nd Edition”, Butterworth, Heineman, 1-295, (1996)

Birley, A. W., Heath, R. J., Scott, M. J., *Plastics Materials Properties and Applications*, 2nd Edition, Chapman and Hall, New York, 117-120 (1988)

Crawford, R. J., “Plastics Engineering”, 2 nd Edition, Pergamon Press, Oxford, 12-26, 109-140, 154-160 (1987)

Gediktaş, M., “Sürtünme Malzemelerinin Deneysel Tayini”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası*, Gümüşsuyu, İstanbul, 10-80, (1968)

Gemalmayan, N., “Sürtünme Malzemelerinin Özelliklerinin Deneysel İncelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 30-83, (1984)

Limpert, R., “Brake Desing and Safety”, Second ed., *Society of Automotive Engineers, Inc*, Warrendale, PA., (1999)

Maske, Amit B., Tuljapure, S.B., Satav, P.K., “Design & Analysis of Parking Brake System of Car”, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol 5, Issue 7, 12580-12590, (2016)

Sönmez, E., Hıdıroğlu, M., Karataş, C., “The Examination of The Effects on Efficiency of Various Structural Components Used In The Hand Brake Cable Mechanisms In Automotive Industry” *OTEKON, International Automotive Technologies Congress*, (2014)

Stoloff, P., “A Study of Parking Brake Cable Efficiency as Affected by Construction Type”, *SAE Int J. Passeng. Cars – Mech. Syst.*, 4(3): 1437-1444, (2011)

Szeri, A.Z., McGraw, Hill, “Tribology (Friction, Wear, Lubrication)”, *Hemisphere Pab.*, Washington, 1: 30-75 (1980)

Thiessen F.J. *Automotive braking systems*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, (1987)

U.N. Inland Transport Division UNECE Regulations *United Nations:United Nations Economic Commission*, (2008)

U.S. National Highway Traffic Safety Administration. *Hydraulic and electric brake systems, United State, FMV105*, (1998)

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Samet Reçel

Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa 25/08/1988

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : sametrecel@gmail.com

İletişim Adresi : Güzelyalı Siteler Mah. Köln Loft Sitesi Bursa