



**HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜĞÜ KONFEKSİYON İŞLEM
PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE ÜRETİM SÜREÇLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

Emre TURNA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MART 2017

Emre TURNA tarafından hazırlanan “HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜĞÜ KONFEKSİYON İŞLEM PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE ÜRETİM SÜREÇLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İmalat Mühendisliği Anabilim dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Fırat KAFKAS

İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan: Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Hamit SARUHAN

Makine Mühendisliği, Düzce Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 15/03/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Emre TURNA

15/03/2017

HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜĞÜ KONFEKSİYON İŞLEM PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE ÜRETİM SÜREÇLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Emre TURNA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mart 2017

ÖZET

Taşıtlarda kullanılan hava süspansiyon körükleri hali hazırda Türkiye’de üretilmektedir. Bu körükler ihraç ürünleridir ve Türkiye’ye ciddi döviz girdisi sağlamaktadır. Körük üretimi manuel olarak yapılmaktayken, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenen SAN-TEZ projesi kapsamında körük üretimi için otomatik bir makine tasarlanmış ve üretilmiştir. Böylece, çalışma kapsamında ihraç ürünü olan söz konusu körüklerin, tamamen Türkiye’nin öz kaynakları kullanılarak otomatik makinede üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede ilgili sektörde dış rekabet gücü ve üretim kapasitesi arttırılmıştır. Çalışma araçlarda hava süspansiyon sistemlerinin kullanımına yönelik çalışma faaliyetlerine de katkı sağlamıştır. Bu çalışmada, taşıtlardaki süspansiyon sistemlerinin bir parçası olan hava süspansiyon körüğünün üretim şeklinin ürün kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Üretilen körüklerin ilgili standartlar göz önünde bulundurularak fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Üretilen körüğün mekanik performanslarının belirlenmesine yönelik çalışma kapsamında Patlatma Test Makinesi, Büyüme-Kaldırma ve Ömür Test Makinesi kullanılmıştır. İmal edilen hava süspansiyon körüklerinin mekanik özelliklerini incelemek amacıyla patlatma, büyüme-kaldırma ve ömür testleri gerçekleştirilmiştir. Testler sonrasında, körüğe ait patlatma basıncı, taşıma yükü değeri, tekrarlı yükleme durumunda kuvvet değerlerindeki değişimler belirlenmiştir. Ayrıca, körüğün taşıma yükü ve yatay yer değiştirme değerleri altında boyutsal değişimleri tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 91419

Anahtar Kelimeler : Hava süspansiyon körüğü, Taşıt körüğü, Körük üretimi, Körük test yöntemleri, Kauçuk körüklerde yorulma

Sayfa Adedi : 60

Danışman : Doç. Dr. Fırat KAFKAS

OPTIMIZATION OF CONFECTION PROCESS PARAMETERS OF AIR SPRING
BELLOWS AND IMPROVEMENT OF ITS PRODUCTION PROCESS

(M. Sc. Thesis)

Emre TURNA

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

March 2017

ABSTRACT

Air suspension bellows used in vehicles are already produced in Turkey. These bellows are exported products and provide a serious foreign exchange inflow to Turkey. While the bellows production was being already done manually, an automatic machine for bellows production was designed and produced within the scope of the SAN-TEZ project supported by the Republic of Turkey Ministry of Science, Industry and Technology. Thus, in the scope of the study, the production of bellows which are the export products has been completely automated in Turkey using the own resources of Turkey. In this regard, international competition power and capacity of production related sector have been increased. The study also contributed to the operational activities for the use of rubber bellows suspension systems in domestic production vehicles. In this study, the effect of the production type of air suspension on the product quality has been investigated. The physical and mechanical properties of fabricated air spring bellows were determined taking into account the relevant standards. In scope of the work, for determining mechanical performance of fabricated air spring bellows, The Blasting Test Machine, The Enlargement-Lifting and Life Test Machines were used. For analysing the mechanical properties of manufactured air spring bellows, blasting, enlargement-lifting and life tests have been effectuated. After the tests, blasting pressure of air spring bellows, value of carrying load, the changes of the value of force in case of repeatedly loading were determined. Moreover, the value of loading capacity of the air spring bellows and the dimensional changes within the horizontal displacement values were determined.

Science Code : 91419

Key Words : Air spring, Vehicle air spring, Air spring production, Air spring test procedures, Fatigue of rubber bellows

Page Number : 60

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Firat KAFKAS

TEŞEKKÜR

Taşıtlarda güvenli, ekonomik, hızlı ve konforlu sürüş ihtiyaçlarından dolayı hava süspansiyon sistemlerinin ve bunların bir parçası olan hava süspansiyon körüğü üretimi ve geliştirilmesi önem arz etmektedir. Türkiye’de, taşıt kullanımının yaygınlığı yerli kaynaklar kullanılarak bu sistemlerin ve bileşenlerinin üretimine ve bu alanda gerçekleştirilen Ar-Ge faaliyetlerine önem verilmektedir. Bu çalışmada taşıtlarda ikincil süspansiyon sistemi olarak kullanılan hava süspansiyon körüklerinin manuel ve otomatik makinada üretiminin ürün kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Özel olarak imal edilen test makineleri kullanılarak körüklerin patlatma basıncı, taşıma yükü, boyutsal değişimleri gibi mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Tez çalışmam boyunca her konuda desteğini ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Fırat KAFKAS'a, Gazi Üniversitesinde görev yapan; Prof. Dr. Ulvi ŞEKER ve Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU hocalarıma, değerli arkadaşım Arş. Gör. Onur ÇAVUŞOĞLU’na, hava süspansiyon körüklerinin üretiminde ve testlerin yapılmasında her türlü imkânı sağlayan MEKLAS OTOMOTİV İTH. İHR. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.’nin başta Genel Müdürü S. Selçuk ÇELİK olmak üzere Ar-Ge Yöneticisi Gürkan İLHAN’a ve Teknik Hizmetler Yöneticisi Hasan YAŞ’a teşekkür ederim. Katma değeri yüksek ticarileşen bir ürünlerdeki proses geliştirme ve AR-GE faaliyetlerinin elde edildiği bu proje sayesinde başarılı bir Üniversite-sanayi iş birliğinin yapıldığı düşünülmektedir. Bu çalışma 0685.STZ.2014 kodlu “Hava Süspansiyon Körükleri İmalatı İçin Konfeksiyon Makinesi Tasarımı Ve Proses Parametrelerinin Optimizasyonu” adlı San-Tez projesi kapsamında yapılmıştır. Bu sebeple T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü’ne teşekkür ederim. Bütün hayatım boyunca bana her türlü konuda destek ve yardımcı olan, her zaman yanımda duran ve sevgilerini esirgemeyen aileme, tez çalışmam boyunca bana karşı anlayış ve yardımını esirgemeyen sevgili eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. Araç Süspansiyon Sistemleri.....	3
2.2. Hava Süspansiyon Körükleri	3
2.2.1. Hava süspansiyon körüklerinin kullanım alanları.....	4
2.2.2. Hava süspansiyon körüklerinin görevleri.....	5
2.2.3. Hava süspansiyon körüklerinin yapı elemanları	7
2.2.4. Hava süspansiyon körüklerinin tipleri	9
2.3. Hava Süspansiyon Sistemleri ve Gerilme Hesaplamaları.....	10
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	17
4. MATERYAL VE METOT.....	23
4.1. Manuel Üretimde Hava Süspansiyon Körüğü Üretimi	24
4.2. Otomatik Makinede Hava Süspansiyon Körüğü Üretimi	26
4.3. Her İki Üretim Modelinde Konfeksiyon İşlemi Sonrası Proses.....	30
4.4. Her İki Üretim Sonrası Ürün Kalite Testleri.....	31

Sayfa

4.5. Deneysel Çalışma.....	34
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	39
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	60



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Çizelge 4.1. Seçilen ürüne ait üretim ve müşteri iadesi sayıları	23
Çizelge 4.2. Mevcut üretim ile otomatik makine üretimi işçilik maliyetlerine etkisi.....	23
Çizelge 4.3. Test planı	35
Çizelge 4.4. 7 bar çalışma basıncı için manuel ve otomatik makine üretimlerinin boyutsal teorik karşılaştırması	36
Çizelge 4.5. 7 bar çalışma basıncı için manuel ve otomatik makine üretimlerinin teknik özelliklerinin teorik karşılaştırması.....	37

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dingil grubu körüğünün bileşenleri.....	8
Şekil 2.2. Körüğün lastik kısmının kesiti ve şeması	10
Şekil 2.3. Körüğe etki eden radyal ve eksenel yükler	11
Şekil 4.1. Lastik kesiti.....	24
Şekil 4.2. Hava süspansiyon körüğü üretimi için tasarlanan otomatik sarım makinesi..	27
Şekil 4.3. Hava süspansiyon körüğüne ait teknik resim	35
Şekil 5.1. Vardiyaaların tamir/hurda körük sayısına etkisi.....	39
Şekil 5.2. Personel tecrübesinin tamir/hurda körük sayısına etkisi	40
Şekil 5.3. 0 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim.....	41
Şekil 5.4. 5×10^5 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim.....	42
Şekil 5.5. 1×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim.....	42
Şekil 5.6. 1.5×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim.....	43
Şekil 5.7. 2×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim.....	43
Şekil 5.8. 0 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi	45
Şekil 5.9. 5×10^5 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi	45
Şekil 5.10. 1×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi ...	46
Şekil 5.11. 1.5×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi	46
Şekil 5.12. 2×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi ...	47
Şekil 5.13. 0 Çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği	48

Şekil	Sayfa
Şekil 5.14. 5×10^5 Çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği	48
Şekil 5.15. 1×10^6 Çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği	49
Şekil 5.16. 1.5×10^6 Çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği	49
Şekil 5.17. 2×10^6 Çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği	50
Şekil 5.18. Ömür test çevrimi ve patlatma basıncı	51
Şekil 5.19. Ömür test çevrimi ve dayanım (patlatma) süresi	52



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Hava süspansiyon körüklerinin araç sistemindeki yeri	4
Resim 2.2. Hava süspansiyon körüklerinin araca monte edilmiş hali	4
Resim 2.3. Farklı endüstrilerde kullanılan hava süspansiyon körükleri	5
Resim 2.4. Aracın yük karşısında dengesinin bozulması durumu	6
Resim 2.5. Araç rüzgar karşısında dengesinin bozulması durumu	7
Resim 2.6. Hava süspansiyon körüklerinin tipleri	9
Resim 4.1. Kord bezi kesim işlemi	24
Resim 4.2. Kauçuk ve kord bezlerinin sarım işlemi	25
Resim 4.3. Telleme operasyonu	26
Resim 4.4. Otomatik makinede iç kauçuğun malafaya sarılması	27
Resim 4.5. Otomatik makinede 1. kord bezinin iç kauçuğun üzerine sarılması	28
Resim 4.6. Otomatik makinede 2. kord bezinin 1. kord bezinin üzerine sarılması	28
Resim 4.7. Otomatik makinede dış kauçuğun 2. kord bezinin üzerine sarılması	29
Resim 4.8. Otomatik makinede Konfeksiyon İşlemi Tamamlanmış Ürün.....	29
Resim 4.9. Otomatik makinede tamamlanmış yarı mamulün malafadan çıkarılması	30
Resim 4.10. Montajı tamamlanmış hava süspansiyon körükleri.....	31
Resim 4.11 Büyüme kaldırma test cihazı	32
Resim 4.12. Patlatma test cihazı	33
Resim 4.13. Ömür test cihazı.....	34
Resim 5.1. Patlatma testi uygulanmış körük	53
Resim 5.2. Patlatılmış körüğün detay resmi - 1	53
Resim 5.3. Patlatılmış körüğün detaylı resmi - 2	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
f_n	Doğal frekans
K	Yay katsayısı
L	Yük kapasitesi
P_g	Frekansı hesaplanan basınç değeri
A_c	Frekansı hesaplanan yükseklikten 10 mm aşağıdaki efektif alan
A_e	Frekansı hesaplanan yükseklikten 10 mm yukarıdaki efektif alan
V_1	Frekansı hesaplanan yükseklikten hacim
V_c	Frekansı hesaplanan yükseklikten 10 mm aşağıdaki hacim
V_e	Frekansı hesaplanan yükseklikten 10 mm yukarıdaki hacim
p	Basınç
F_{pr}	Radyal yöndeki kuvvet
D_{IN}	İç çap
h	yükseklik
F_{pa}	Eksenel kuvvet
A	Kesit alan
D_{EF}	Efektif çap
F_{EF}	Efektif kuvvet
D_{mid}	Ortalama çap
N_r	Birim uzunluk başına radyal kuvvet
N_a	Birim uzunluk başına eksenel kuvvet
T_1 ve T_2	Kord iplerine gelen kuvvetler
φ	Kord ipleri arasındaki açı
E_{pm}	Kord iplerinin yoğunluğunu

Kısaltmalar**Açıklamalar**

FDY	Tam çekimli iplik (Fully Drawn Yarn)
MBTS	Dibenzotiyazol disülfür
NBR	Nitril-Bütadien kauçuğu (nitrile-butadiene rubber)
NR	Doğal kauçuk (naturel rubber)
PET	Polietilen tereftalat (Polyethylene terephthalate)
SBR	Stiren-Bütadien kauçuğu (styrene-butadiene rubber)
TBBS	N-tersiyer bütıl-2-benzotiyazol sülfenamit

1. GİRİŞ

Ticari ve kişisel araçlar için kauçuk hava süspansiyon sistemleri, yaylı sönümleme bileşenleri olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır. Gelişmiş stabilite ve araç konforu, otomatik yükseklik ayarı, rijitlik düzenleme kabiliyeti ve farklı yüklerde neredeyse sabit rezonans frekansı sayılabilme özellikleri kauçuk hava süspansiyon sistemlerinin diğer süspansiyon sistemlerine karşı temel avantajları olarak sayılabilir [1, 2].

Hava süspansiyon körükleri, çalışmadan kaynaklı titreşimi emme özelliğine sahip donanımlardır. Bu özelliği sebebiyle birçok alanda kullanılmakla birlikte yaygın olarak otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Hava süspansiyon körüğü, kauçuk ve kord bezinin (kauçuk kaplanmış kord ipi) çeşitli tekniklerle birleştirilmesinden oluşmaktadır. Kauçuk ve kord ipi, körüğün esnekliğini ve belirli ölçüsel limitler dahilinde çalışmasını sağlamaktadır.

Hava süspansiyon körükleri; kauçuk, kord bezi ve metal bileşenlerden (pleyt, piston, tas) meydana gelmektedir. Kauçuk ve kord bezi bileşenleri; körüğün titreşimleri absorbe etmesini ve kaldırma kuvveti oluşturmasını sağlarken, metal bileşenler ise körüğün araca montajını sağlamaktadır. Metal bileşenlerden biri olan piston, körük çalışırken kauçuk ve kord bezinin üzerine sıvanarak havanın sıkıştırılmasını sağlar.

Hava süspansiyon körüğü arka planda kapsamlı Ar-Ge çalışması içermekle birlikte çalışma mantığı basittir. Körük içerisine verilen hava aracılığıyla çalışmadan kaynaklı titreşim emilir. Bu fonksiyonu sebebiyle araçlarda konfor ve güvenli sürüş imkânı verir. Bunun yanında araçlarda birden fazla sayıda bulunan körüklerin hava basınçlarının farklı seviyelerde ayarlanabilmesi sayesinde;

- Yol tutuşunun geliştirilmesi ve lastiklerdeki aşınmanın azaltılması,
- Dengesiz yüklerde aracın düzlük seviyesinin ayarlanması,
- Alçak kullanım sayesinde yakıt tasarrufu
- Yüksek kullanım sayesinde kötü yol koşullarında kolay sürüş sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, manuel ve otomatik makinede üretilmiş körüğün yorulma ömrünün ürün kalitesi üzerine etkisini belirlemektir. Bu noktada yorulma çevrimlerinin ürün kalitesini belirleyen değerklerin birbirinden fazla sapmamaları gerekir. Manuel ve otomatik makinada üretilmiş kauçuk körüklerin sabit genlikle yüklendiğı hızlandırılmış deneylere dayanarak, körüklerin farklı yorulma çevrimleri sonunda hiç yorulmamış numuneye ait kalite özelliklerini tayin etmek mümkündür.



2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Araç Süspansiyon Sistemleri

Tekerleklerin araca bağlantısını yapan parçaların tümü birden süspansiyon sistemi veya askı sistemi olarak adlandırılmaktadır. Ön tekerleklerin araca bağlantısını yapan parçaların tümüne ön askı sistemi veya ön süspansiyon adı verilir. Arka tekerlerin araca bağlantısını yapan parçaların tümüne de arka askı sistemi veya arka süspansiyon adı verilir.

Aracın yol tutuş yetenekleri sürüş güvenliğinin sağlanmasında önemli bir faktördür. Aracın yerle bağlantısı ve yol tutuşu birçok parçanın birlikte çalışmasıyla sağlanmaktadır. Yürüyen aksam unsurları, direksiyon sistemi, süspansiyon sistemi, fren sistemi ve tekerlekler belli bir düzen ile karosere bağlıdır. Süspansiyon sistemi otomobilin ağırlığını taşıdığı gibi lastiklerin yola tutunması görevini de gerçekleştirmektedir. Otomobilin yol tutuşu; aracın aktif güvenliği, dengesi ve konforu bu sistemin sağlıklı çalışmasına bağlı olması sebebiyle büyük bir öneme sahiptir.

Araç gövdesi ile tekerlekler arasına yerleştirilen süspansiyon sistemi, yolun yapısından kaynaklanan titreşimleri sönmölemek üzere tasarlanmıştır. Süspansiyon sistemi sürüş konforu ve güvenliği açısından ihtiyaç duyulan bir sistemdir [3].

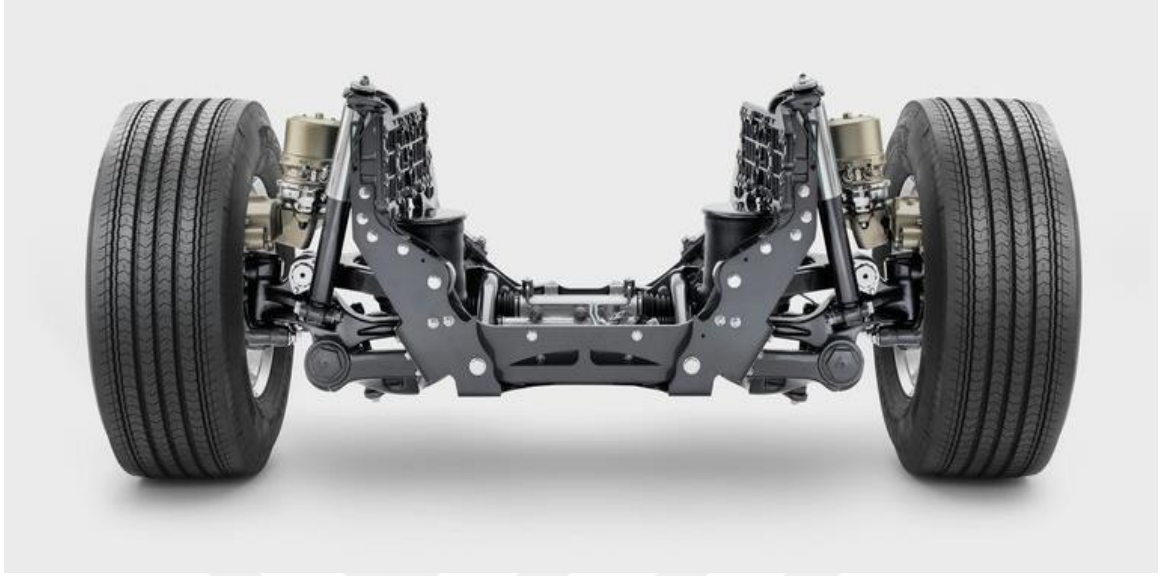
2.2. Hava Süspansiyon Körükleri

Hava süspansiyon körükleri, araç sürüş yüksekliğini sürekli ayarlayarak, emniyet, sürüş kalitesi ve konforun optimum kombinasyonunu sağlayan sistemlerdir. Ani yük değişiklikleri veya kötü yol koşulları ile karşı karşıya kalındığında, hava süspansiyon körükleri şişerek daha iyi yol tutuşu ile sürücüyü ve yükü güvence altına alarak korur.

Hava süspansiyon körükleri ağırlıklı olarak kamyon, tır ve otobüs gibi ağır ticari araçlar ile trenlerde kullanılmakla birlikte binek araçlarda da kullanımı giderek yaygınlaşmaya başlamıştır.

Standart kamyon yapısında; ön aksta iki, tahrik aksında dört, arka aksta da iki adet hava

süspansiyon körüğü bulunmaktadır.



Resim 2.1. Hava süspansiyon körüklerinin araç sistemindeki yeri [4]



Resim 2.2. Hava süspansiyon körüklerinin araca monte edilmiş hali [5]

2.2.1. Hava süspansiyon körüklerinin kullanım alanları

Hava süspansiyon körükleri, ağırlıklı olarak otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır. Önceleri ağır ticari araçlarda kullanılan hava süspansiyon körükleri, günümüzde sürekli gelişen teknoloji ve artan müşteri beklentilerine daha iyi cevap verebilmek için binek araçlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

Aracın şasesine monte edilen hava süspansiyon körükleri öncelikli olarak dorse kısmına etki etse de günümüzde şoför ve yolcu konforunu sağlamak için de çeşitli hava süspansiyon körüğü üretimi yapılmaktadır.

Hava süspansiyon körüklerinin dışarıdan gelen titreşimi absorbe etme ve yük kaldırma özelliğinin olması bu ürünlerin otomotivin haricinde farklı birçok endüstride de kullanılmasına olanak sağlar. Halı sıkma makinaları, endüstriyel çamaşır makineleri, lunaparklardaki hareketli kollara sahip oyuncaklar bunlara örnek verilebilir.



Resim 2.3. Farklı endüstrilerde kullanılan hava süspansiyon körükleri [6]

2.2.2. Hava süspansiyon körüklerinin görevleri

Hava süspansiyon körüklerinin temel görevi; yolcu, aracı ve yükü sarsıntılara karşı korumak ve sürüş güvenliğini sağlamaktır. Yollardaki olumsuz şartlar (kasis, çukur, viraj vs.) aracın dengesini bozmakta ve ağırlık merkezini değiştirmektedir. Aerodinamik dengeyi sağlaması amacıyla her bir araç lastiğinin yanına monte edilen hava süspansiyon körüğü, gelen karşı kuvvetleri sönümleyerek sürüş güvenliğini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra her bir körüğün içindeki hava basıncının ayrı ayrı ayarlanabilir olması, kasaya aşırı yük yüklenmesi durumunda aracın önünün havaya kalkmasını da engellemektedir. Bu sayede farların yeri aydınlatmaya devam etmesi de sağlanmaktadır.

Bu görevlere ek olarak şoförün araç yüksekliğini ayarlayabilmesi sebebiyle sürüş konforuna da etkisi bulunmaktadır.

Araç dengesini korur: Kasaya yüklenen yük sebebiyle aracın ağırlık merkezi kasaya doğru kayar. Bu durum aracın dengesinin bozulmasına ve buna bağlı olarak farların aracın önünü aydınlatmasını engeller. Hava süspansiyon körükleri bu dengeyi sağlayarak farların yola odaklanmasını sağlar.



Resim 2.4. Aracın yük karşısında dengesinin bozulması durumu [7]

Yol hâkimiyetini ve frenleme yetkinliğini artırır: Ön lastikler, yola hâkimiyet ve frenlemede büyük bir öneme sahiptir. Hava süspansiyon körükleri, ağırlığın tüm lastiklere eşit şekilde dağıtılmasını sağlar ve böylelikle frenleme ve yola hâkimiyet sağlanmış olur.

Dorsenin savrulmasını engeller: Kötü hava koşullarında özellikle boş dorseler rüzgârın etkisiyle savrulabilmektedir. Hava süspansiyon körüklerinin yardımı ile dorse yüksekliği aracın yüksekliği ile optimize edilebilmekte ve dorsenin savrulmasını engellenmektedir.



Resim 2.5. Aracın rüzgar karşısında dengesinin bozulması durumu [7]

Kötü yol koşullarının etkisini ortadan kaldırır: Yoldaki kasis ve çukurlar aracın zıplamasını arttırarak konforu önemli bir ölçüde azaltır. Hava süspansiyon körükleri bu zıplamayı absorbe ederek lastiklerin zemin ile temasının kesilmesini engeller.

İdeal koşulları korur: Hızlı manevra yapımı ve araca yandan etki eden rüzgâr yer çekiminin etkisini azaltarak ve aracın devrilmesine neden olabilir. Hava süspansiyon körükleri bu noktada denge koruyucu olarak devreye girer ve ideal koşulları korur.

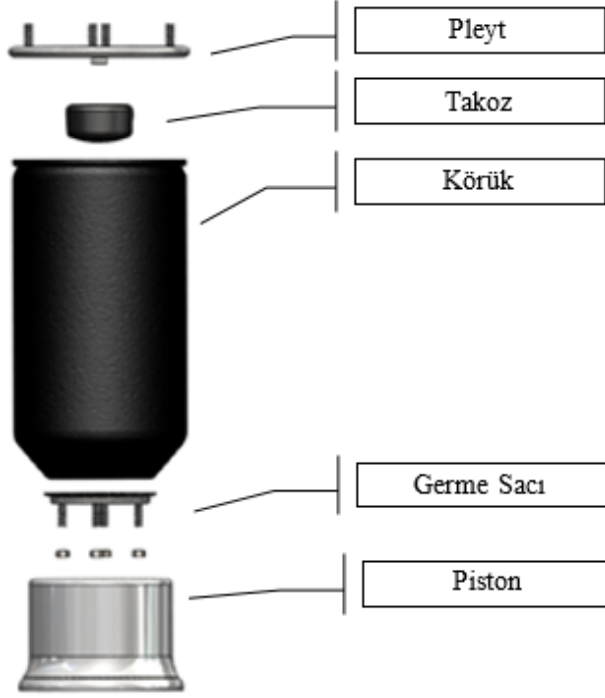
2.2.3. Hava süspansiyon körüklerinin yapı elemanları

Hava süspansiyon körükleri, kullanım alanlarına göre dingil, endüstriyel, kabin ve koltuk körükleri gibi çeşitlere ayrılmaktadır. Proje çerçevesinde dingil grubu ürünü üretilmektedir ve bu gruptaki körüğün bileşenleri Şekil 2.1’de gösterilmektedir.

Pleyt: Hava süspansiyon körüğünün araç üst şase bağlantısını sağlayan ERD 6224 kalite sac malzemeden imal edilmiş parçadır.

Takoz: Hava süspansiyon körüğünün içindeki havanın tamamen boşalması, yol şartlarında ortaya çıkabilecek ani yükseklik değişimleri gibi durumlarda süspansiyon elemanlarının zarar görmesi adına kullanılan darbe sönümleyici elemandır. Ürün tipine göre kauçuktan ya

da plastikten üretilebilmektedir.



Şekil 2.1. Dingil grubu körüğünün bileşenleri

Körük: İçinde 4 kat malzemenin yer aldığı elemandır;

İç Kauçuk: Hava Süspansiyon Körüğünün içine tahrik edilen havanın lastik üzerinde mukavemet oluşturması adına kullanılan kauçuk katmandır.

Kord Bezi: Kauçuk kaplı kord iplerinden oluşan ve ürünün fonksiyonunu belirleyen katmandır. Kord bezinin içerisinde yer alan kord iplerinin kesim açısı körüğün çapsal genişleme ve kaldırma kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Bu malzemeler birbiri ile 90° olacak şekilde iki katman kullanılmaktadır.

Dış Kauçuk: Hava Süspansiyon Körüğünü çevre şartlarına karşı koruyan kauçuk katmandır.

Germe Sacı: Lastik ile piston arasındaki bağlantıyı sağlayan metal bağlantı parçasıdır.

Piston: Hava Süspansiyon Körüğünün araç alt dingil bağlantısını sağlayan ERD 6224 kalite sac malzemeden imal edilmiş parçadır. Ürün tipine göre metalden ya da plastikten üretilebilmektedir.

2.2.4. Hava süspansiyon körüklerinin tipleri

Hava süspansiyon körükleri ağırlıklı olarak otomotiv endüstrisinde kullanılmakla beraber raylı sistemler ve farklı endüstrilerde de kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde ise dingil, katlı (endüstriyel), kabin ve koltuk körükleri kullanılmaktadır.



Resim 2.6. Hava süspansiyon körüklerinin tipleri

Dingil körükleri: Otobüsler ve hafif ticari araçlarda kullanılan hava süspansiyon körükleridir. Ürünün tipine göre pleyt ya da pistonlu olarak üretilmektedirler.

Katlı (endüstriyel) körükler: Otomotivin haricinde diğer endüstrilerde de çok geniş bir uygulama alanına sahip bu körükler bir veya birden fazla kattan oluşmaktadırlar. Otomotivde çok akslı araçlarda, araç boşken tekerlekleri korumak için kaldırma körüğü olarak kullanılırlar. Diğer endüstrilerde ise makinanın çalışmasından kaynaklı titreşimleri sönmölemek ve yük kaldırmak amacıyla kullanılırlar.

Kabin körükleri: Olumsuz yol koşullarında, sürücü kabinine kadar varan sarsıntı seviyesini azaltan körüklerdir. Bu sayede uzun yollarda sürücünün yorgunluk seviyesini azaltmaktadırlar.

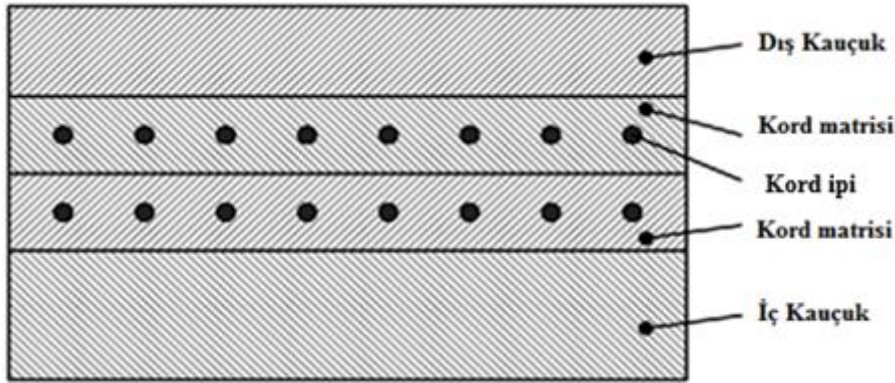
Koltuk körükleri: Araç sürücülerinin yol şartlarından daha az etkilenmelerini sağlayarak, sürüş konforunu artıran ve dolayısıyla sürücü performansını üst seviyede tutan körüklerdir.

2.3. Hava Süspansiyon Sistemleri ve Gerilme Hesaplamaları

Hava süspansiyon sisteminin en kritik bileşeni körüklerdir ve yorulma ömrü genellikle körüklerin dayanma kabiliyetine bağlıdır. Körükler, sızdırmazlık sağlayan bir iç kauçuk tabakasından, iki veya daha fazla kord bezi tabakasından ve farklı çevresel koşullardan körüğü koruyacak dış kauçuk tabakadan oluşan kompozit bir malzemeden imal edilmiştir.

Körüklerdeki gerilme-gerinim koşullarının analitik olarak belirlenmesi, karmaşık geometri ve her şeyden önce malzeme içeriğinin yapısı nedeniyle çok zordur. Körüğün yorulma ömrü, istatistiksel olarak bağımlı olan birkaç faktörden etkilenir, ancak faktörler arasındaki ilişkiyi, analitik yöntemler kullanarak önceden belirlemek çok zordur [8, 13]. Genellikle malzeme dayanımı, geometri ve gerçekçi yük koşullarına bağlı olan hava yayının yorulma ömrü, bu nedenle genellikle modelleri veya prototipleri test ederek belirlenir [14]. Günümüzde, yayların yorulma ömrü deneyler yoluyla elde edilmektedir.

Körük malzemesi heterojen, anizotropiktir ve katmanlıdır. Körükler dört katmandan oluşur (Şekil 2.2.).

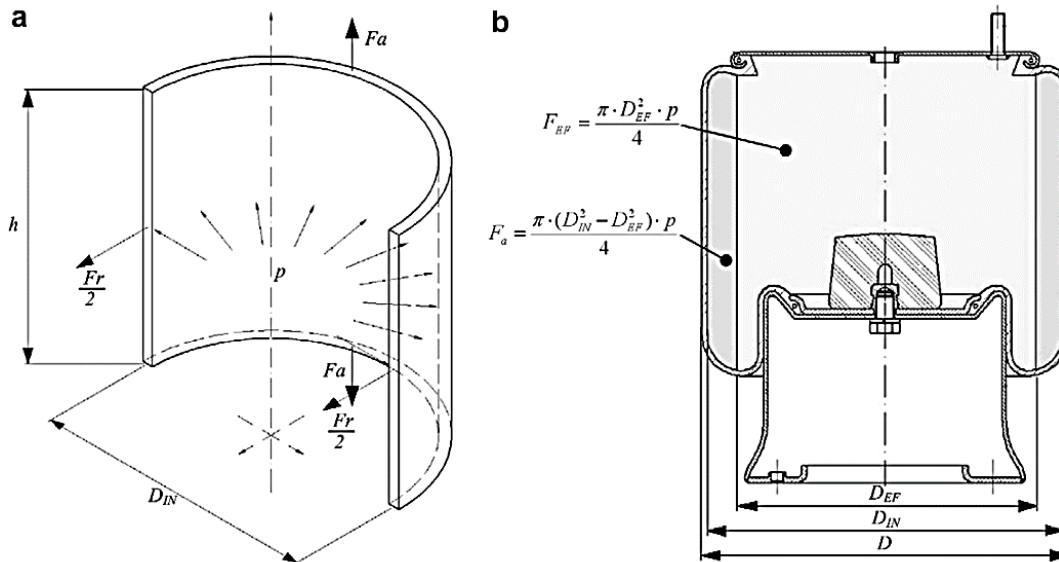


Şekil 2.2. Körüğün lastik kısmının kesiti ve şeması [1]

Dış tabaka, körüğü; ozon, oksijen, kir, su, mekanik parçalar gibi farklı çevresel etkilerden koruması için kullanılan ince bir kauçuk tabakasıdır. Kord bezi, kauçuk dolgu malzemesi içerisindeki paralel kord iplerinden oluşur. Kord bezi her zaman çift tabaka olarak yerleştirilir. Kord bezleri, her zaman aralarında belirli bir açıyla bir örgü oluşturacak şekilde bir araya getirilir. Kord ipleri arasındaki açı, körük eksenine göre simetrik olmalıdır. Aksi bir durum söz konusu olduğunda, yani kord ipleri körük eksenine göre simetrik değilse,

körüğün burularak katlanması görülebilir. İç tabaka körükten havanın sızmasını önlemek için kullanılan, dış kauçuğa göre daha kalın bir kauçuk tabakasıdır. Her dört katman vulkanizasyon işlemi sırasında birbirine yapışır. Vulkanizasyon işlemi sonrasında, iki kat kord ipi takviyesine sahip körük oluşur. Kauçuk tek başına çok elastik olduğundan ve içerisinde mukavemeti sağlayabilecek bir madde bulunmadığından, burada kord ipleri güçlendirme görevini üstlenir. Dolayısıyla yükün büyük bir kısmının kord ipleri tarafından taşınacağı varsayılabilir.

Çalışma sırasında körüklerdeki gerilme koşulları bilinmelidir. Körükler içindeki basınç ile hem radyal hem de eksenel yönde yüklenir. Üretilen eksenel kuvvetin büyük kısmı körüğün çalışma esnasında etkili yay kuvveti olarak kullanılır ve eksenel kuvvetin çok küçük bir kısmı ise körüklerin eksensel bir yönde yüklenmesi için harcanır (Şekil 2.3b) [2]. Çalışma sırasında, körük şokları hafifletmek adına yüksekliğini değiştirerek farklı sürüş koşullarına olanak sağlar. Yükseklik değişiklikleri sonucunda, körük içindeki basınç, etkin yük ve belirli bir yerdeki gerilme koşulları sırayla değişir.



Şekil 2.3. Körüğe etki eden radyal ve eksenel yükler [1]

Körüklerdeki gerilme-gerinim koşullarını analitik olarak ifade etmek için bazı varsayımlar yapılmalıdır. Kauçuk, kord iplerinden çok daha yumuşak olduğu için, kord iplerinin tüm yükü üstlendiği varsayılabilir. Ayrıca, her iki kord ipinin de aynı konumda (çap) olduğu

varsayılarak problemi basitleştirebiliriz. Bu varsayımlarla kord ipleri üzerindeki kuvvetler radyal ve eksenel yönde hesaplanabilir.

Körüğün içindeki basınçla radyal yönde üretilen kuvvet,

$$F_{pr} = p \cdot A_r \quad (2.1)$$

Eşitliği ile hesaplanabilir (2.1, 2.2). Burada p körük içindeki basınçtır ve A_r , F_{pr} kuvvetine dik düzlemdeki alanıdır (bakınız Şekil 2.3a), ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$A_r = D_{IN} \cdot h \quad (2.2)$$

Eşitlik (2.2) D_{IN} iç körük çapı ve h , körüğün yüksekliğidir (bkz. Şekil 2.3). Eşitlik (2.1) ve (2.2) birleştirildiğinde,

$$F_{pr} = p \cdot D_{IN} \cdot h \quad (2.3)$$

eşitliğini elde ederiz.

Kord iplerindeki radyal kuvvet,

$$F_r = F_{pr} \quad (2.4)$$

olmalıdır.

F_r , birim uzunluk başına kuvvete dönüştürülebilir (eş.5).

$$N_r = \frac{p \cdot D_{IN}}{2} \quad (2.5)$$

Eksenel yöndeki basınç tarafından üretilen kuvvet,

$$F_{pa} = p \cdot A_a \quad (2.6)$$

Eşitliği ile belirlenebilir (2.1, 2.2). Burada p körük içindeki basınçtır ve A_a , F_{pa} kuvvetine dik olan düzlemdeki kesit olup (bkz. Şekil 2.3a) aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$A_a = \frac{\pi \cdot D_{IN}^2}{4} \quad (2.7)$$

Eşitlikten (2.6) ve (2.7) den

$$F_{pa} = \frac{\pi \cdot D_{IN}^2 \cdot p}{4} \quad (2.8)$$

eşitliğini türetebiliriz.

Denge denkleminin yerine getirildiğinden emin olmak için, kord iplerindeki aksenal kuvvet,

$$F_{pa} = F_{EF} + F_a \Rightarrow F_a = F_{pa} - F_{EF} \quad (2.9)$$

Eşitliği ile tarif edilebilir. F_{EF} , körük tarafından üretilen etkin kuvveti temsil eder ve bu kuvvet şu şekilde hesaplanabilir:

$$F_{EF} = \frac{\pi \cdot D_{EF}^2 \cdot p}{4} \quad (2.10)$$

Burada D_{EF} körüğün etkin çapıdır (bakınız Şekil 2.3b). Eşitlik (9) ve (10) dan, F_a

$$F_a = \frac{\pi \cdot (D_{IN}^2 - D_{EF}^2) \cdot p}{4} \quad (2.11)$$

şeklinde yazılabilir.

İşlemi basitleştirmek için F_a , birim uzunluğa göre kuvvet şekline dönüştürülebilir

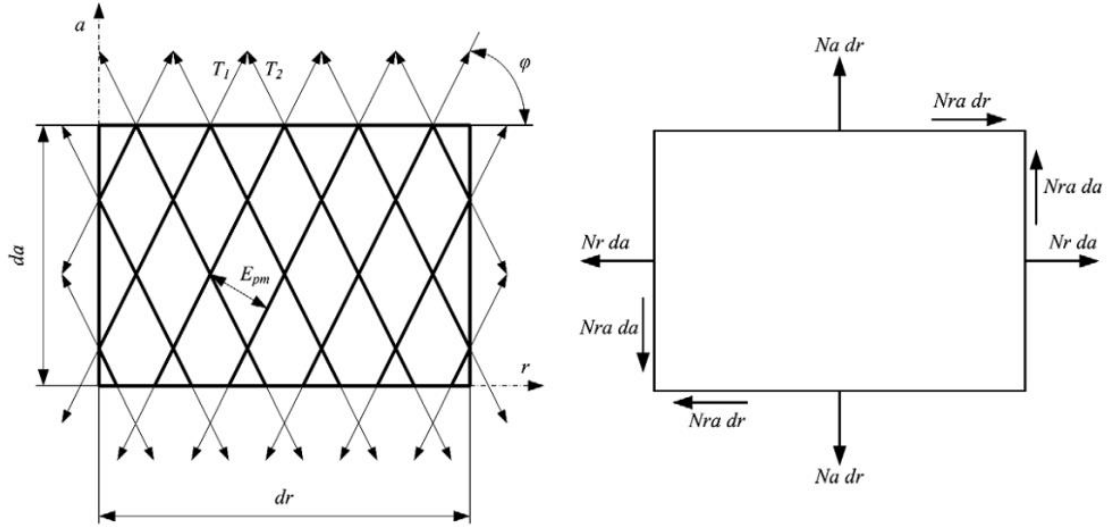
$$N_a = \frac{\pi \cdot (D_{IN}^2 - D_{EF}^2) \cdot p}{4 \cdot D_{mid}} \quad (2.12)$$

D_{mid} , her iki kordun da bulunduğu çap olarak varsayılır ve şu şekilde hesaplanabilir:

$$D_{mid} = \frac{D + D_{IN}}{2} \quad (2.13)$$

Burada D , körüklerin dış çapıdır (bkz. Şekil 2.3b).

Körükten, Körükle ilişkili yükleri ifade edebileceğimiz diferansiyel olarak küçük bir eleman alabiliriz (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Körüğün diferansiyel olarak küçük parçası [1]

Elemanların koordinat sistemi körük eksenine paralel ise, yükler ve deformasyonlar simetrik olacağından, teğetsel kuvvetlerin sıfıra eşit olduğunu söyleyebiliriz. Kord iplerindeki kuvvetler T_1 ve T_2 olarak gösterilmiştir (bakınız Şekil 2.4). Seçilen koordinat sisteminde, kord ipleri aralarında bir φ açısı olacak şekilde uzanır. Bu nedenle, radyal yöndeki kord ipi kuvvetlerini sırasıyla $T_1 \cdot \cos \varphi$ ve $T_2 \cdot \cos \varphi$ olarak ifade edebiliriz. Elemanın yüksekliğini da ve birim alandaki kord lifi yoğunluğunu ifade etmek için kord ipleri arasındaki birim mesafeyi E_{pm} , dikkate aldığımızda (Şekil 2.4' de görüldüğü gibi) birim uzunluk başına radyal yöndeki kuvvet, N_r ,

$$N_r \cdot da = (T_1 \cdot \cos \varphi + T_2 \cdot \cos \varphi) \cdot E_{pm} \cdot \cos \varphi \cdot da \quad (2.14)$$

ve benzer olarak birim uzunluk başına eksenel yöndeki kuvvet, N_a ,

$$N_a \cdot dr = (T_1 \cdot \sin \varphi + T_2 \cdot \sin \varphi) \cdot E_{pm} \cdot \sin \varphi \cdot dr \quad (2.15)$$

şeklinde yazılabilir. Burada, dr elemanın genişliğidir.

Eşitlik (2.14) ve (2.15) kullanılarak körüğün kord açısını hesaplayabiliriz (2.1, 2.2).

$$\tan^2 \varphi = \frac{N_a}{N_r} \quad (2.16)$$

Yapılan varsayımlar göz önüne alınırsa, kord açısının yalnızca radyal ve eksenel yükler arasındaki ilişkiye bağlı olduğunu belirtebiliriz. Dahası, dış çapın ve dolayısıyla körüğünün tüm özelliğinin kord ipi açısına bağlı olduğunu söyleyebiliriz.





3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Hava süspansiyon körükleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde yapılan araştırmaların kauçuk malzeme özellikleri, kord bezi, körük süspansiyon özellikleri konularında yoğunlaştığı görülmüştür.

Kauçuk ve kord bezi hava süspansiyon körüklerinin temel yapı elemanları arasında yer almaktadır. Hava süspansiyon körüğü üretim prosesinde kauçuk reçetesi, vulkanizasyon sıcaklığı ve süresi körüğün mekanik özelliklerini etkileyen faktörlerdir.

Literatürde genellikle kauçuk reçeteleri üzerine çalışılmıştır. Sentetik kauçuğun gerilme davranışı, kauçuk malzeme reçeteleri, vulkanizasyon işlemleri vb. konuların üzerinde durulduğu görülmektedir. Oysa ki konfeksiyon yönetimin de hava süspansiyon körüklerinin ömür ve dayanımları üzerinde ciddi etkileri olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada hava süspansiyon körüğü üretiminde konfeksiyon işleminin ürün performansına olan etkisi araştırılmış, aynı zamanda yaygın olarak manuel yapılan konfeksiyon işlemi ile otomatik makinada yapılan konfeksiyon işlemi detaylı olarak karşılaştırılmıştır. Literatürde konfeksiyon işlemi konusunda bir boşluk vardır ve bu tez çalışması bu boşluğu doldurmaktadır.

Hava süspansiyon körüğü üretimi konusunda yapılan çalışmalarda farklı reçete, kord bezi sarım açısı, pişirme sıcaklığı ve pişirme süresi gibi parametrelerin incelendiği görülmektedir. Ancak bu çalışmalarda konfeksiyon aşamasındaki üretim hatalarının üretim performansına etkileri üzerinde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma neticesinde üretimde yaygın olarak kullanılan manuel üretim modelinin performansa etkileri ortaya konulurken, SANTEZ kapsamında geliştirilen otomatik konfeksiyon makinasında üretilen ürünlerin de performansı değerlendirilerek manuel üretimle otomatik üretimin performans değerlerinin de karşılaştırması amaçlanmıştır.

Vahapoğlu ve diğerleri yaptığı çalışmada, SBR (stiren-bütadien kauçuğu / styrene-butadiene rubber) malzemesinin şekil değiştirme hızını 200 mm/dak, NBR (nitril-bütadien kauçuğu / nitrile-butadiene rubber) ve NR (doğal kauçuk / naturel rubber) malzemesinin şekil değiştirme hızını ise 80mm/dak olarak tespit etmiştir [15].

Mazlum yaptığı çalışmada; Shore A60, A70 ve A80 sertlik değerlerinde EPDM kauçuk malzemeleriyle yaptığı deneylerin sonuçlarını 1 saatteki gerilme değerine bölünmesiyle $\lambda=1.5, 2.0, 2.5$ uzama oranlarındaki grafiklerin birbiri üzerine çakıştığını görmüştür. Böylece en ideal durumun $\sigma_t/\sigma_{1.0}$ saatte gerçekleştiğini savunmaktadır [16].

Öztürk yaptığı çalışmada doğal kauçuk karışımlarında artan MBTS (Dibenzotiyazol disülfür) miktarına bağlı olarak vulkanizasyon ve vulkanizasyon sonrası özelliklerdeki değişiklikleri incelemiştir. Yaptığı çalışmaya göre doğal kauçuk için en hızlı vulkanizasyonun ditiyokarbamatlar ve tiuramlar ile sağlandığını tespit etmiştir. En yüksek uzama değerine ditiyokarbamatlar ile erişildiğini, tiuramlarda ise çok yüksek uzama görülmediğini ifade etmiştir. Yüksek kopma dayanımı değerine başta TBBS (N-tertiyer bütül-2-benzotiyazol sülfenamit) olmak üzere sülfenamitler ile ulaşıldığını belirtmiştir. MBTS miktarı arttıkça vulkanizasyon zamanının kısalmasıyla birlikte kopma dayanımı artmıştır. Uzama miktarının bir süre artmasına karşın zamanla azaldığı sonucuna ulaşmıştır [17].

Koç yaptığı iki adımlı çalışmada, ilk olarak konvansiyonel PET (Polietilen tereftalat / Polyethylene terephthalate) ipliklere hava-jetli tekstüre işlemi uygulamış ve tekstüre işlemi sonrasında bu ipliklerin kauçuğa yapışma davranışlarını incelemiştir. Genel olarak tekstüre işlemi sonucunda konvansiyonel poliester ipliklerinin kauçuğa yapışma davranışlarında bir iyileşmenin meydana geldiğini gözlemiştir. Çalışmanın ikinci adımında gerçekleştirilen hava-jetli tekstüre çalışmaları sonucunda FDY (Tam çekimli iplik / Fully Drawn Yarn) PET dışındaki tüm iplik tiplerinde bir mukavemet kaybının olduğu görülmüştür. İpliklerin mekanik özelliklerindeki kayıpları minimum seviyede tutabilmek amacıyla, iplikler hava-jetli tekstüre makinesine beslenirken besleme silindirleri arasında tüm ipliklere uygulanan germe işlemi FDY PET ipliklerde daha etkili olmuş ve %10 ve %15 aşırı besleme oranlarında üretilmiş olan FDY PET ipliklerin dayanımlarında bir artış sağlandığı sonucuna ulaşmıştır [18].

Sarioğlu çalışmasında, raylı taşıtlardaki süspansiyon sistemlerinin bir parçası olan hava süspansiyon sistemleri için prototip körük imalatı gerçekleştirilerek raylı sistemlerdeki ilgili standartlara göre fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiştir. Ayrıca çalışması kapsamında üretilen körüğün performansını belirlemesi için patlatma testi, taşıma,

genişleme ve ömür test makinaları kullanılarak körüğe ait patlatma basıncı, taşıma yük değeri, körüğün yatay ve düşey yay katsayıları ve tekrarlı yükleme durumundaki kuvvet değişimleri belirlenmiştir [19].

Durmaz hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde kauçuk vulkanizasyon sürecinde işlem parametrelerinin etkilerini taguchi yöntemini kullanarak istatistiksel olarak incelemiştir. Ürünü ve prosesi etkilediği düşünülen 7 kontrol edilebilen faktör belirlenmiş, bunlar kullanılarak seçilen ortogonal diziye atama yapılmış ve denemeler buna göre sürdürülmüştür. Deneyde 7 adet iki seviye ve 2 adet etkileşim olduğundan serbestlik derecesi 9 faktöriyel tasarımına göre $29 \times 37 = 512$ adet deney yapmak gerekirken L16 ortogonal dizisi seçilmiş, her deneme 5'er kez tekrar edilmiş ve hata faktörlerinin etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Doğrulama deneyleri sonunda bulunan yanıt da belirlenen güven aralıkları içerisinde yer almıştır [20].

Kabin körüklerinde tasarım, üretim ve test parametrelerinin belirlenmesi yapıyı oluşturmada temel taşlardır. Frekans, yay katsayısı gibi araç konfor koşullarını yakından ilgilendiren bu parametreler hava körüklerindeki çeşitliliğin etkenleridir. Kasım yaptığı çalışmada hava süspansiyon körüklerinin spesifik karakteristiklerini belirlemek için statik ve dinamik deneyler gerçekleştirmiş olup bilgisayar destekli hesaplamalar yapmıştır. Aynı zamanda hava süspansiyon körüğünün doğasını daha iyi anlayabilmek için kauçuk ve kord bezinin karakteristik davranışları incelenmiştir [21].

Oman yaptığı çalışmada hava süspansiyon körüklerinin yorulma ömrü hesaplaması için ileri metotları kullanmıştır. Buna ek olarak makale, yorulma ömrü ve hava süspansiyonların karakteristiklerindeki kord açısının etkisini de sunmaktadır. Zedelenmeyi ve yorulma ömrünü hesaplamak için ABAQUS'teki sonlu elemanlar analiziyle birlikte deneysel yorulma verisi kullanılmıştır. Araştırma, kord açısının hava süspansiyon körüğünün ömründe ve karakteristiğinde büyük bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Araştırmanın sonucu olarak; geniş kord açılarındaki zedelenme, yatay yöndeki (X-baskı) hava süspansiyon körüklerindeki baskı hareketinden kaynaklandığı özetlenebilir. Bu sebeple, 40° 'den fazla olan açılarda hava süspansiyon eksenine dik bir çatlak görülmektedir. Diğer yandan, az verilen kord açılarındaki ise hava süspansiyon körüğü eksenine dik (Y-baskı) gelen baskıdan kaynaklı zedelenmeler olmaktadır. Bu sebeple, 40° 'den az olan açılarda hava

süspansiyon körüğü eksenine paralel bir çatlak görülmektedir. Optimum kord açısı, X-baskı ve Y-baskı arasındaki uygun oranı garanti eder. Bu araştırmada çalışılan hava süspansiyonu için, optimum kord açısı 40° ve 45° arasındadır. Kord açısı, hava süspansiyon körüğünün karakterine doğrudan etki etmesinden ötürü, karakteristik ve yorulma ömrü arasında uygunluğu kabul edilebilir garanti bir yol seçilmesi gerekmektedir [22].

Mankovits'in yaptığı çalışmada, hava süspansiyon körüklerinin kauçuk tamponlarındaki deformasyonlar ve deformasyona bağlı yer değiştirmeden kaynaklanan problemlerin çözümleri yer almaktadır. Doğrusal olmayan (Nonlinear) deformasyona bağlı yer değiştirme yükleme eğrisi kararlıdır. FORTRAN'daki FEM kodu, neredeyse sıkıştırılmayan eksenel simetrik kauçuk parçaların analizi için geliştirilmiştir. Hu Washizu tipi varyasyonel disiplin, Mooney-Rivlin malzeme modeli için formüle edilmiştir. Sabitlik ve hassaslık analizleri de araştırılmıştır [23].

Kim ve Moon yaptıkları çalışmada sonlu elemanlar yöntemi ile hava süspansiyon körüklerinin performansını değerlendirmişlerdir. Bu kapsamda farklı kord bezi açlarına sahip hava süspansiyon körük modellerini kullanarak yapılan analizlerde kord bezi sarım açısının artışının elastikiyet ve gerilme miktarının azaldığını tespit etmişlerdir [24].

Kim ve diğerleri kord bezi sarım açısının hava süspansiyon körüğünün performansına etkisi üzerine yaptıkları bir başka çalışmada kord bezi sarım açısı ve katkı malzemesi körüğün elastikiyet modülünü değiştirdiğini gözlemlemişlerdir. Gerilme deformasyon dağılımlarını inceleyerek körük performansını belirlemişlerdir [25].

Joshi ve Grill'ün yaptıkları çalışmada kauçuk vulkanizasyon parametrelerini incelemişlerdir. Bu amaç doğrultusunda, kauçuk miktarı, pişirme süresi ve basınç parametrelerini değerlendiklerinde, kauçuk miktarı artışının çekme dayanımını düşürdüğünü, basınç artışını ise arttırdığını belirlemişlerdir. Pişirme süresi değerlendirildiğinde ise süre ile çekme dayanımı ilişkisinin karmaşık bir davranış gösterdiği görülmüştür. Taguchi metodu kullanılarak proses parametrelerinin optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir [26].

Sayyaadi ve Shokouhi'nin gerçekleştirdiği çalışmada raylı taşıtlarda yolcu konforunun geliştirmesi için hava süspansiyon körüklerinde farklı modifikasyonlar gerçekleştirerek hava

depolama kapasitesini değiştirmişlerdir. Bu kapsamda körük davranışını incelemişler ve Sperling Ride Comfort Index'e göre 10%'lık bir iyileştirme sağlamışlardır [27].

Li ve diğerleri ABAQUS sonlu elemanlar yöntemini kullanarak hava süspansiyon körüğü sisteminde farklı modifikasyonlar üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmalarda, piston elemanının körük performansındaki en önemli etkiyi oluşturduğunu belirlemişlerdir [28].





4. MATERYAL VE METOT

Proje ortağı işletmenin ürün portföyünde farklı araç tiplerine uygun çok sayıda ürün bulunmaktadır. İlk etapta proje kapsamında geliştirilen otomatik konfeksiyon makinesi ile firmanın yıllık üretim hacminin ortalama % 10'unu oluşturan 190 mm çaplı dingil körüğünün bu makinede üretilmesine karar verilmiştir. 2014-2015 yıllarında bu ürünün üretim ve alınan müşteri iadeleri (reklamasyon) bilgileri Çizelge 4.1'de yer almaktadır.

Çizelge 4.1. Seçilen ürüne ait üretim ve müşteri iadesi sayıları

Üretim Yılı	Üretim (Adet)	Reklamasyon (Adet)
2014	90338	50
2015	108263	38

Seçilen ürün, toplam üretimin %10'unu oluşturması sebebiyle üretim kapasitesini ciddi bir oranda kullanmaktadır. Bu ürüne ait konfeksiyon işlemi mevcut proseste 6 dakika sürmektedir. Gerçekleştirilen San-Tez projesi çerçevesinde yapılacak makine sayesinde bu sürenin % 50 oranında azaltılarak 3 dakikaya indirilmesi sağlanmıştır.

Mevcut üretim prosesindeki adımlar ve operatör sayıları Çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Personel maaşları gizli bilgiler olması sebebiyle operatörün işverene maliyeti, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın 2016 yılı için açıkladığı aylık asgari ücret üzerinden hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Mevcut üretim ile otomatik makine üretiminin işçilik maliyetlerine etkisi

İşlem	Operatör Sayısı	
	Manuel Üretim	Otomatik Makine
Kord Bezi Kesme	2	3
Konfeksiyon	3	
Telleme	3	
Toplam Operatör	8	3
İşverene Maliyet	15.481,84 TL	5.805,69 TL

4.1. Manuel Üretimde Hava Süspansiyon Körüğü Üretimi

Kord bezi kesim prosesi

Kord bezi, üzerine kauçuk kaplanmış kord iplerinden oluşan bir bezdir. Tedarikçiden gelen kord bezi bobini, Kord Bezi Kesme Makinesinde belirlenen açıda kesilir (Resim 4.1.).



Resim 4.1. Kord bezi kesim işlemi

Konfeksiyon prosesi

Bu operasyonda Şekil 4.1’de belirtilen 4 adet malzeme kullanılır;

	Dış Kauçuk
	2.Kord Bezi
	1.Kord Bezi
	İç Kauçuk

Şekil 4.1. Lastik kesiti

İç kauçuk ve *dış kauçuk* aynı karışım reçetesine sahip olmakla birlikte aralarındaki tek fark kalınlık ve ölçüdür. Kauçuğun körük üzerindeki fonksiyonu dışarıdan gelen darbelere karşı mukavemeti sağlamaktır. *Birinci* ve *ikinci kord bezi* arasında ise hiçbir fark yoktur, her ikisi de aynı rulodan gelmektedir. Resim 4.2’de sarım işlemi görülen Bir kauçuk körüğe ait tabakaların sarım aşamaları aşağıdaki gibidir:

1. İç kauçuk malafa üzerine sarılarak silindir haline getirilir.
2. Sarılan kauçuğu birleştirmek için gofrajlı naylon kesilir ve hava kabarcığı kalmaması adına üzerinden makarayla geçilir.
3. Sıcak bıçak ile kauçuğun fazlalık kısmı kesilir ve yeniden makarayla geçilir.
4. Birinci ve ikinci kord bezleri ayarlanan ölçüde kesilir
5. Birinci kord bezi dayama aracılığıyla iç kauçuğun üstüne sarılır.
6. İkinci kord bezi de ters taraftaki dayama aracılığıyla birinci kord bezinin üzerine sarılır.
7. Kalan hava boşluğunu almak için makaralama işlemi yapılır.
8. Kolay şekil alması için körüğün uç kısmına kimyasal bir madde sürülür.
9. Kimyasalın sürüldüğü kısım ip aracılığıyla sıkılarak boğulur ve çelik tel takılır.
10. Çelik telin sabitlenmesi için tırnak hamuru takılır.
11. Körük çelik telin etrafından dışa doğru sarılır.
12. Telleme operasyonunda kullanılması için belirlenen ölçüde çizgi çizilir.
13. Dış kauçuk belirlenen ölçüde kesilir ve gerdirilerek körüğün üstüne sarılır.
14. Kauçuğun iki ucunun birleştiği yerde hava boşluğu kalmaması için makaralama işlemi yapılır ve fazlalık kısım sıcak bıçak ile kesilir.
15. Katmanlar arasında kalan hava boşluğunu almak için körük üzerinde delikler açılır.



Resim 4.2. Kauçuk ve kord bezlerinin sarım işlemi

Telleme prosesi

Konfeksiyon (kord ve kauçuk tabakalar) prosesindeki işlemler tamamlandıktan sonra pleyt ve piston montajının yapılması için gerekli tel (blok ya da çelik) takılır. Resim 4.3'te gösterilen telleme prosesinin aşamaları aşağıdaki gibidir:

1. Körük Telleme Makinesinin malafasına yerleştirilir.
2. Belirlenen blok tel Kauçuk ve Kord Bezi Konfeksiyon Operasyonunun 12. Maddesinde anlatılan çizgiye denk gelecek şekilde yerleştirilir.
3. Malafa açılır ve blok telin çizilen çizgiye denk gelip gelmediği kontrol edilir.
4. Blok telin sabitlenmesi için tırnak hamuru takılır.
5. Körük blok telin etrafında dışa doğru sarılır.
6. Sarılan bölgede hava boşluğu kalmaması için makaralama işlemi ve delik açma işlemi yapılır.
7. Körüğün içinden gofrajlı naylon çıkarılır ve körük vulkanizasyon operasyonuna teslim için tamamlanır.



Resim 4.3. Telleme operasyonu

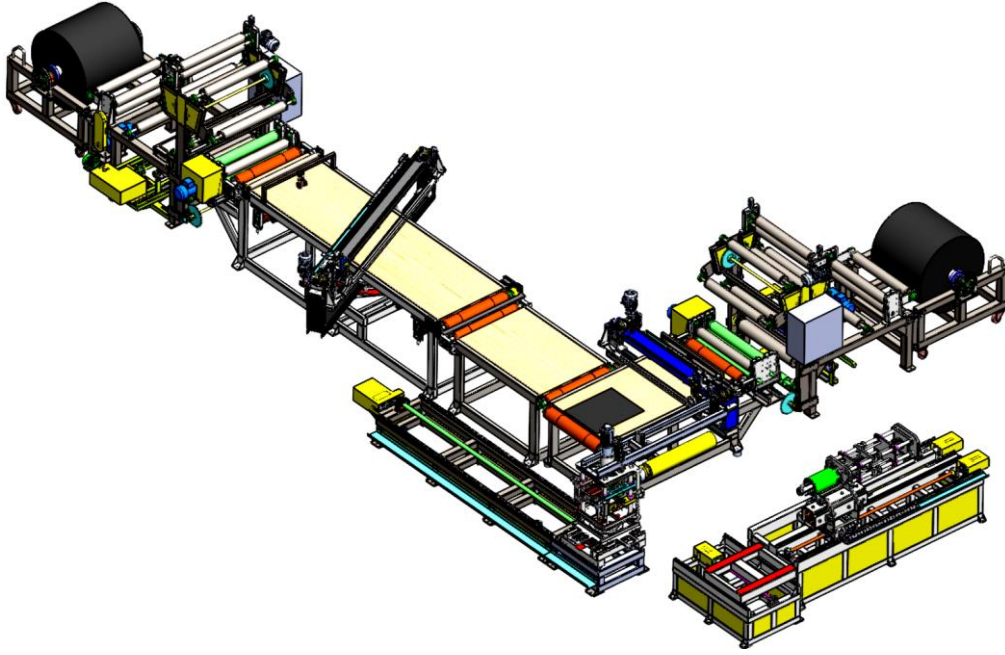
4.2. Otomatik Makede Hava Süspansiyon Körüğü Üretimi

SAN-TEZ kapsamında yürütülen projede hava süspansiyon körüğü üretimi için özel bir tasarım ve imalat gerçekleştirilerek tam otomatik çalışan özel bir makine ortaya çıkarılmıştır. Öncelikli olarak hava süspansiyon körük üretimi incelemiş ve gerekli işlem aşamaları etüt edilerek makina tasarım çalışmaları tamamlanmıştır. Proje kapsamında tasarlanan ve üretilen makinenin genel görüntüsü Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

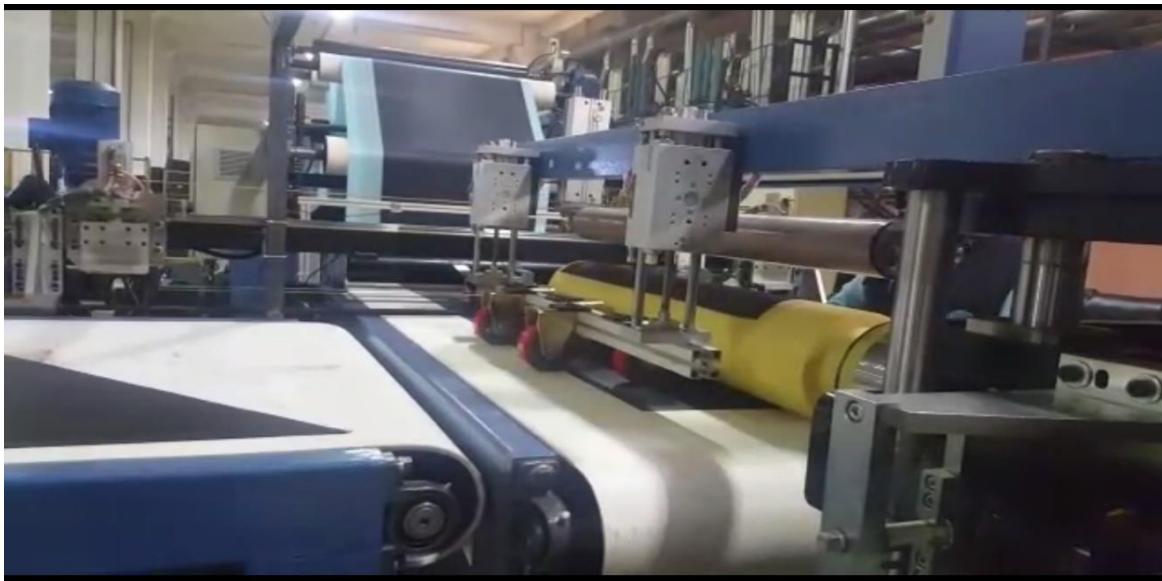
Otomatik makede yapılan üretimde ilk 3 proses (Kord bezi kesim, konfeksiyon ve telleme)

operatör inisiyatifinden çıkarılarak otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Otomatik makinada kauçuk katmanlarının sarımı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

A. Malafa, Resim 4.4'te görüldüğü üzere hareketli sistem ve kendi eksenini etrafında yaptığı dönme hareketi sayesinde bant üzerindeki kesilmiş iç kauçuğu kendi yüzeyine sıvar.



Şekil 4.2. Hava süspansiyon körüğü üretimi için tasarlanan otomatik sarım makinası



Resim 4.4. Otomatik makinede iç kauçuğun malafaya sarılması

B. Yatay ekseninde hareket eden malafa, Resim 4.5’de görüldüğü üzere iç kauçukta olduğu gibi 1. kord bezini de iç kauçuğun üzerine sıvar.



Resim 4.5. Otomatik makinede 1. kord bezinin iç kauçuğun üzerine sarılması

C. 1. kord bezinin sarılmasının ardından yürüyen bant aracılığıyla 2. kord bezi de malafanın önüne gelir. Malafa, Resim 4.6’da görüldüğü üzere yatay ekseninde ters yönde dönerek 2. kord bezinin de sarılmasını sağlar. Böylelikle 1. Kord bezi ve 2. Kord bezi birbirinin tersi yönde sarılmış olur.



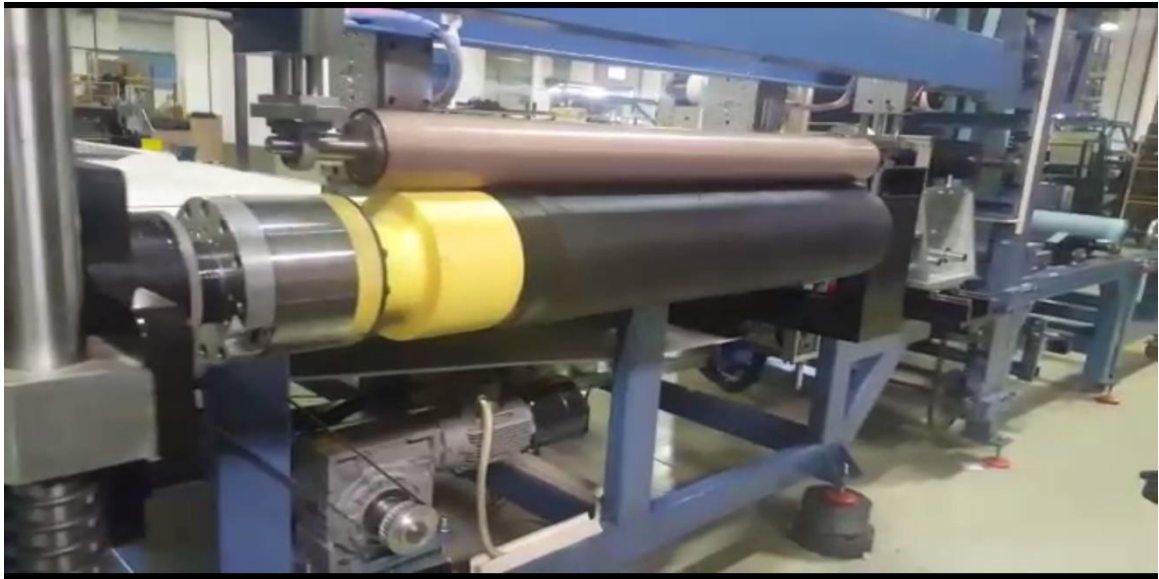
Resim 4.6. Otomatik makinede 2. kord bezinin 1. kord bezinin üzerine sarılması

D. 2. Kord bezinin de sarılmasının ardından malafa, Resim 4.7’de görüldüğü üzere hareket yönünü hiç değiştirmeden dış kauçuğun üzerine gelir ve dış kauçuğu üzerine sıvar.



Resim 4.7 Otomatik makinede dış kauçuğun 2. kord bezinin üzerine sarılması

E. Dış kauçuğun da sarılmasının ardından malafa Resim 4.8’de görüldüğü üzere makinenin üzerinden ayrılır ve Resim 4.9’da görüldüğü gibi operatör yarı mamulü malafanın üzerinden çıkartır.



Resim 4.8. Otomatik makinede konfeksiyon işlemi tamamlanmış ürün



Resim 4.9. Otomatik makinede tamamlanmış yarı mamulün malafadan çıkarılması

Manuel üretimde ürün 210 mm çapındaki malafaya sarılmaktadır. Otomatik makinada yapılan ürün için 190 mm çapındaki malafada konfeksiyon işlemi yapılarak testler gerçekleştirilmiştir.

Malafa çapının düşürülmesi ve operatör tarafından yapılan işlemlerin makine tarafından yapılacak olması, manuel üretimdeki hataların dağılımı başlığında belirtilen hataların ve işlem zamanının uzamasını engelleyecektir. Bu da proses süresini %50 oranında düşürmektedir. Otomatik makine sayesinde;

- 00.00-08.00 vardiyasında yaşanan yüksek sayıdaki hatalı ürün ve düşük sayıdaki üretim,
- Vardiya sonlarında personelin yorulmasından kaynaklanan proses süresi uzaması ve personelin hata yapma ihtimali,
- Tamir/hurda sayısı üzerine tecrübesi yeterli olmayan personel
- Yukarıdaki maddelere bağlı iş kazası riskleri ortadan kaldırılmıştır.

4.3. Her İki Üretim Modelinde Konfeksiyon İşlemi Sonrası Proses

Vulkanizasyon prosesi

Konfeksiyon işlemi biten yarı mamule vulkanizasyon presinde belirli sıcaklık, basınç ve sürede pişirilerek şekil verilir. İstenen şekle ulaşmasının ardından azot ile soğutulularak aldığı

şeklin kalıcı olması sağlanmaktadır.

Kauçuk ve kord bezi gibi kompozit malzemelerden oluşan yeni bir kompozit malzemenin davranışlarının kontrol altında tutulması oldukça zordur. Hava süspansiyon körüğü üretim sürecinin mühendislik gerektiren en önemli adımlarından biri de bu sebeple vulkanizasyon sürecidir.

Montaj prosesi

Yarı mamul hale gelen hava süspansiyon körüğüne metal bileşenler (piston, amortisör, pleyt, germe sacı vs.) takılarak son müşterinin kullanabileceği şekle getirilir (Resim 4.10.)



Resim 4.10. Montajı tamamlanmış hava süspansiyon körükleri

4.4. Her İki Üretim Sonrası Ürün Kalite Testleri

Hava süspansiyon körükleri genel olarak aşağıda belirtilen dört teste tabi tutularak kalite kontrol işlemleri tamamlanmaktadır;

- Sızdırmazlık Testi
- Büyüme Kaldırma Testi
- Patlatma Testi
- Ömür Testi

Söz konusu bütün testlerde TS EN 13597 standardında belirtilen koşullar esas alınmıştır.

Sızdırmazlık testi

Bir hava süspansiyon körüğünün içindeki havayı tutabilmesi için tamamen kapalı olarak çalışır durumda olması gerekmektedir. Herhangi bir yerde hava sızıntısı olması durumunda körük işlevini yerine getirmemektedir. İçerisine hava basılan körükler bir su tankının içine yerleştirilir ve hava sızdırıp sızdırmadığı test edilir.

Büyüme kaldırma testi

Araç altında kısıtlı bölgede çalışan körüğün genişlemesinin limitler dahilinde olup olmadığı test edilir. Körüğün içerisine basınçlı hava uygulanır ve lazer ile genişlediği çap ölçülür. Loadcell ile test basınçlarında ve belirlenen yüksekliklerde ürünün yük kapasitesi ölçümü yapılmaktadır. Büyüme Kaldırma testi; yeni bir ürün ya da kalıp devreye alınırken ve ürün bileşenlerinde değişikliğe gidildiğinde prototip ürün üzerinden yapılmaktadır. Resim 4.1’de gösterilen büyüme kaldırma test cihazının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir:

Cihazın teknik özellikleri

Kapasite : 50 kN
Ölçüm Aralığı: 50.000 N
Çözünürlük : 5 N
Marka : Devotrans

Testler proje ortağı firmaya ait URG-BTM002 Büyüme Kaldırma Test Cihazında yapılmıştır.



Resim 4.11. Büyüme kaldırma test cihazı

Patlatma testi

Hava süspansiyon körükleri türlerine göre belirli bir basınçta çalışmaktadırlar. Bu basınca karşı mukavemeti patlatma testi aracılığıyla ölçülmektedir. Teste tabi tutulan körüğün içi su ile doldurularak basınç oluşturulur. Test sonucunda körük patlar ve kullanılamayacak bir duruma gelmesi sebebiyle %100 test imkânı yoktur. Patlatma testi; yeni bir ürün ya da kalıp devreye alınırken ve ürün bileşenlerinde değişikliğe gidildiğinde prototip ürün üzerinden yapılmaktadır. Resim 4.12’de gösterilen Patlatma test cihazının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Makinenin teknik özellikleri

Ölçme Sahası : 0-100 Bar

Hassasiyet : 1 Bar

Testler proje ortağı firmaya ait URG-PT01 Patlatma Test Makinesinde yapılmıştır.



Resim 4.12. Patlatma test cihazı

Ömür testi

Ömür testi hava süspansiyon körüklerinin ömürleri çalışma sayısı üzerinden test edilmektedir. Körüğün kauçuk ve kord bezinden oluşan kısmı, alt tarafında yer alan pistonla sıvanıp ardından yukarı çıkarak eski haline gelmesi bir çevrimdir. Özel olarak tasarlanan cihazlarla bu çevrim iki milyon kez tekrarlanarak körüğün ömrünün yeterli olup olmadığı tekrarlanır. Test sonucunda körük yıpranmış bir duruma gelmesi sebebiyle %100 test imkânı yoktur. Ömür testi; yeni bir ürün ya da kalıp devreye alınırken ve ürün bileşenlerinde değişikliğe gidildiğinde prototip ürün üzerinden yapılmaktadır.

Cihaz aynı anda 4 körüğün bağlanmasına imkân tanımakta ve operatör müdahalesine gerek kalmadan 7/24 çalışabilmektedir. Testler proje ortağı firmaya ait URG-ÖM001 Ömür Test Cihazında yapılmıştır (Resim 4.13.).



Resim 4.13. Ömür test cihazı

4.5. Deneysel Çalışma

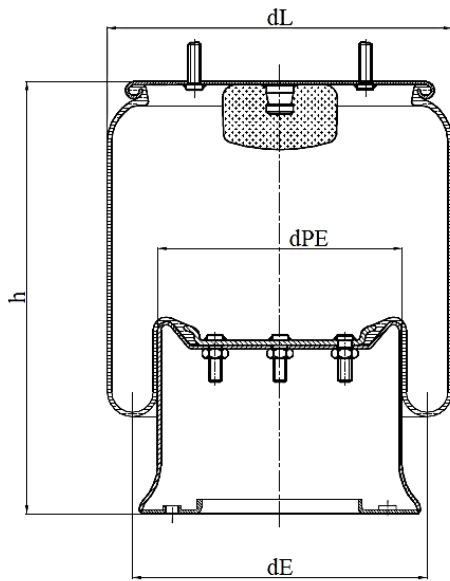
Manuel üretim ve otomatik makinede üretilen ürünler için yapılan testler Çizelge 4.3'teki Test Planı'nda yer almaktadır. Manuel üretimde kullanılan malzeme ve otomatik makinede kullanılan malzemeler aynı teknik özelliklere sahiptir. İki ürün arasındaki tek fark konfeksiyon işlemindeki sarım çapıdır. Otomatik makinede üretilen ürünün çapı manuel

üretimdeki ürüne göre 20 mm daha küçüktür. Deneylerde kullanılan otomatik olarak belirtilen ürün söz konusu San-Tez projesinde üretilmesi taahhüt edilen üründür.

Çizelge 4.3. Test planı

	Ömür Test Çevrimi		Test Tipi		
1	0		-	Büyüme Kaldırma	Patlatma
2	500.000		Ömür Testi	Büyüme Kaldırma	Patlatma
3	1.000.000		Ömür Testi	Büyüme Kaldırma	Patlatma
4	1.500.000		Ömür Testi	Büyüme Kaldırma	Patlatma
5	2.000.000		Ömür Testi	Büyüme Kaldırma	Patlatma

Deneyler, Şekil 4.3 şematik resmi verilen, manuel ve otomatik makine ile üretilmiş benzer ölçülere sahip kauçuk körükler üzerinde, farklı yorulma çevrimlerinin körük kalitesi (kaldırma kapasitesi, patlama dayanımı vb.) üzerine etkisini araştırmak için gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 190 mm çapta sarılarak vulkanize edilmiş dingil körüğü kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılacak körükler 0, 5x105, 1x106, 1.5x106 ve 2x106 çevrim değerlerine kadar yorulmuş ve bu numunelere 4 farklı basınç (1, 3, 5 ve 7 bar) değeri ve 4 farklı bağlama yüksekliği kullanılarak kaldırma kuvveti, yanal çap değişimi ve efektif alan değişimi testleri uygulanmıştır. Ayrıca, bu testlerin ardından her bir körüğün maksimum patlama basıncı patlatma testi ile belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Hava süspansiyon körüğüne ait teknik resim

Çizelge 4.4. Bar çalışma basıncı için manuel ve otomatik makine üretimlerinin boyutsal teorik karşılaştırması

7 Bar Çalışma Basıncı İçin		Manuel Üretimdeki Ürün			Otomatik Makinedeki Ürün		
		d _L (Ø)	d _{PE} (Ø)	d _E (Ø)	d _L (Ø)	d _{PE} (Ø)	d _E (Ø)
h _{max}	640 mm	306	225	263	305	225	263
h _{design}	400 mm	319	226	272	316	226	270
h _{min}	226 mm	322	254	276	320	254	275

d_L (Ø) : Körük Çapı

d_{PE} (Ø): Efektif Çalışma Alanındaki Piston Çapı

d_E (Ø) : Efektif Çalışma Alan Çapı

Hacim (m³)

Hava süspansiyon körüğünün içinde 7 barlık bir basınç oluştuğunda ulaşacağı hacmi ifade eder.

Efektif Alan (cm²)

Hava süspansiyon körüğünün nominal çalışma basınçlarında kuvvet oluşturan alanı ifade eder.

Taşıma Kapasitesi (kN)

Hava süspansiyon körüğünün nominal çalışma yüksekliklerinde farklı basınç değerlerinde havanın sıkışmasıyla oluşan kuvveti ifade eder.

Doğal Frekans (Hz)

Hava süspansiyon körüğünün nominal çalışma aralıklarında oluşan salınım dolayısıyla ortaya çıkan salınım değeridir.

$$f_n = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

[29]

Kısaltma

f_n
k
m

Açıklama

Doğal Frekans
Yay Katsayısı
Kütle

Birim

Hz
N/m
Kg

Yay Katsayısı (N/mm)

Hava süspansiyon körüğünün 1 mm ezilmesi için gerekli olan kuvveti ifade eder.

$$k=F/x$$

[30]

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>	<u>Birim</u>
k	Yay Katsayısı	N/mm
F	Kuvvet	N
x	Uzama	mm

Çizelge 4.5. 7 bar çalışma basıncı için manuel ve otomatik makine üretimlerinin teknik özelliklerinin teorik karşılaştırması

		Hacim (m ³)			Efektif Alan (cm ²)		
		Manuel	Otomatik	Değişim	Manuel	Otomatik	Değişim
hmax	640 mm	0,333	0,322	-3%	543	540	-1%
hdesign	400 mm	0,0210	0,0207	-1%	581	576	-1%
hmin	226 mm	0,0091	0,0090	-1%	597	591	-1%
		Taşıma Kapasitesi (kN)			Doğal Frekans (Hz)		
		Manuel	Otomatik	Değişim	Manuel	Otomatik	Değişim
hmax	640 mm	15,01	14,80	-1%	1,6	1,5	-6%
hdesign	400 mm	34,24	32,8	-4%	1,42	1,36	-5%
hmin	226 mm	41,6	39,0	-6%	1,29	1,24	-4%
		Yay Katsayısı (N/mm)					
		Manuel	Otomatik	Değişim			
hmax	640 mm	405	395	-2%			
hdesign	400 mm	332	327	-2%			
hmin	226 mm	280	271	-3%			

Çizelge 4.5.'te yer alan hesaplamalardan da anlaşılacağı üzere üründeki değişimler maksimum -%10 olan limit dahilinde kalmıştır. Deney Sonuçları ve Tartışma bölümünde yer alan performans testleri de bu hesaplamaların doğruluğunu ortaya koymaktadır.

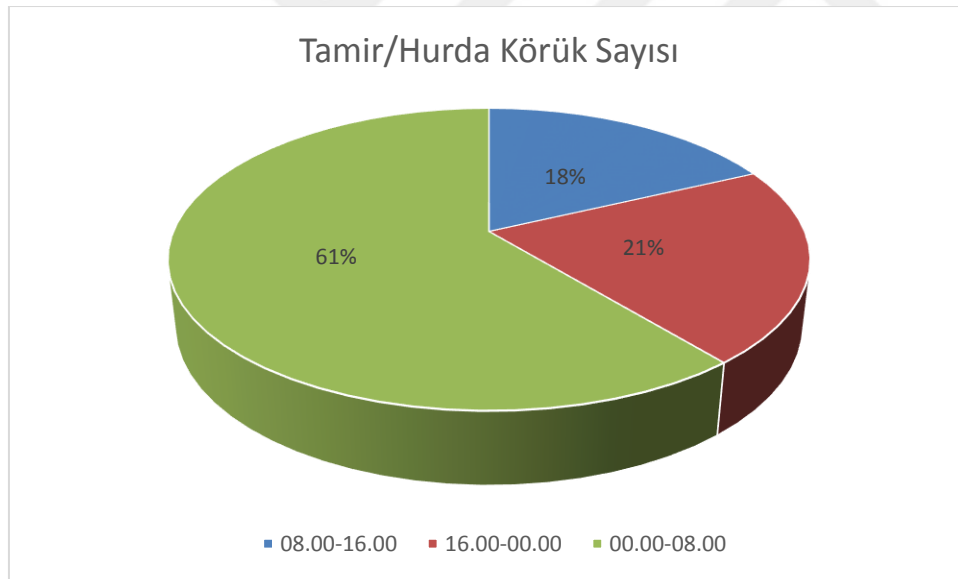


5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Vardiyaların tamir/hurda körük sayıları üzerine etkileri incelendiğinde, toplam tamir/hurda sayısının %18'i 08.00-16.00 vardiyasında, %21'i 16.00-00.00 vardiyasında, %61'i de 00.00-08.00 vardiyasında gerçekleşmekte olduğu saptanmıştır. Geç çalışma saatleri insan kaynaklı hata oranını arttırmakta olup hatalar ağırlıklı olarak aşağıdaki sebeplerden kaynaklanmaktadır;

00.00-08.00 vardiyası

00.00-08.00 vardiyasında operatörlerde yaşanan konsantrasyon problemi hatalı ürün sayısını arttırdığı gibi üretilen ürün sayısını da diğer vardiyalara göre yaklaşık %15 düşürdüğü gözlemlenmiştir (Şekil 5.1.).



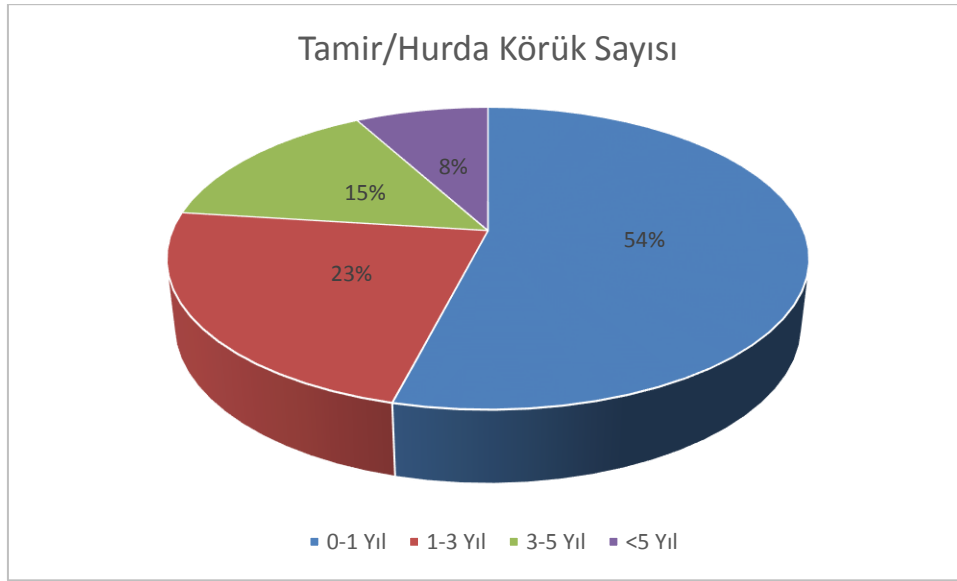
Şekil 5.1. Vardiyaların tamir/hurda körük sayısına etkisi

Emek yoğun proses olması

Prosesin emek yoğun olması sebebiyle vardiya bitimine doğru personelde yorgunluk yaşanmaktadır. Bu yorgunluk personeli hatalı üretime sevk etmektedir. Buna ek olarak yorgunluk proses süresini de uzatmaktadır.

Tecrübesi yeterli olmayan personel

Bir operatörün temel seviyede yetkinlik kazanması minimum 3 ayı bulmaktadır. Sektörde personel sirkülasyonun yüksek olması yetişmiş personelle üretimi olumsuz etkilemektedir (Şekil 5.2.).



Şekil 5.2. Personel tecrübesinin tamir/hurda körük sayısına etkisi

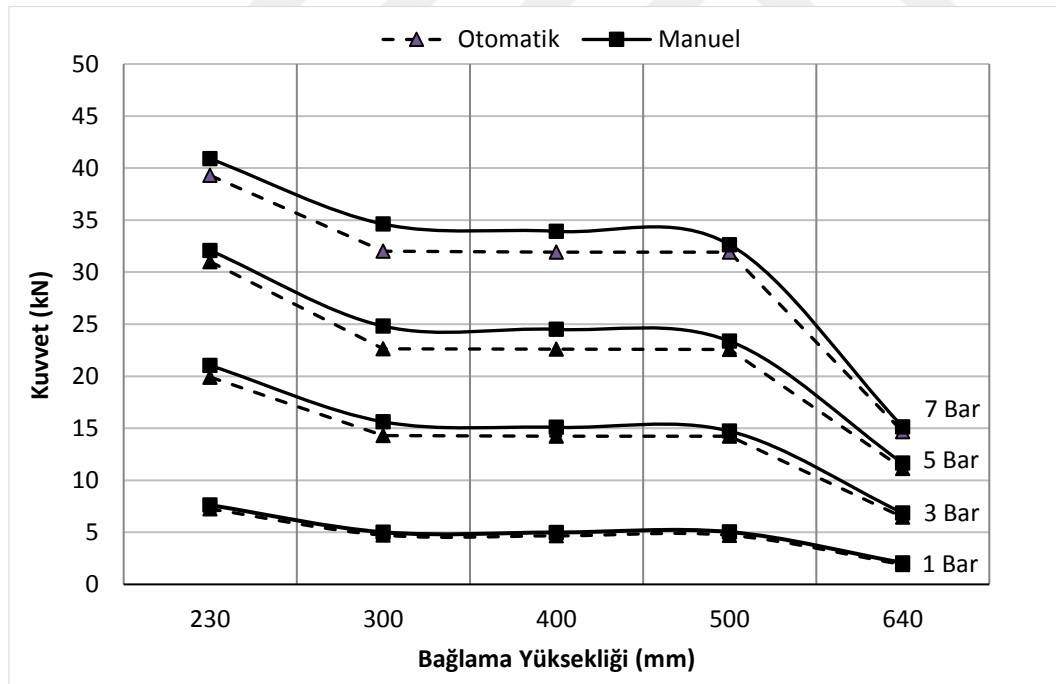
Tez çalışması kapsamında, Meklas Otomotiv İth. İhr. San. ve Tic. Ltd. Şti.'nin Bursa'daki üretim tesislerinde manuel ve otomatik konfeksiyon makinesinde üretilen hava süspansiyon körüklerinin performans değerlerinin belirlenmesi için büyüme kaldırma, patlatma ve ömür test cihazlarında gerekli deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Körüğün taşıma kapasitesi ve körük çapındaki değişimin belirlenmesi için büyüme kaldırma test cihazı kullanılmıştır.

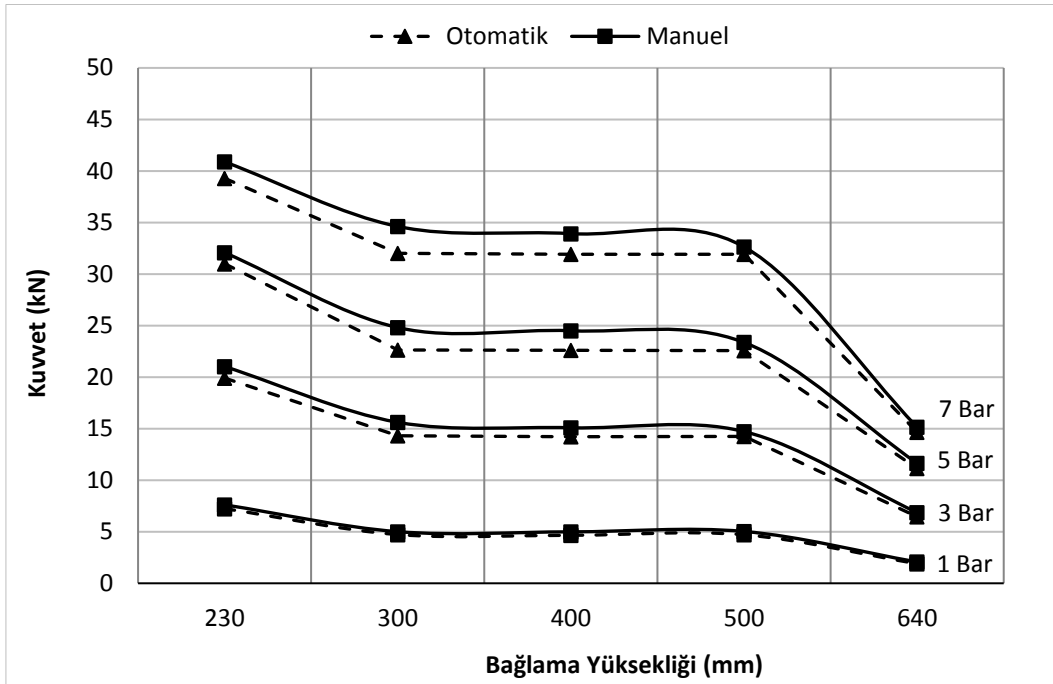
Şekil 5.3-7'de sırasıyla 0, 5×10^5 , 1×10^6 , 1.5×10^6 ve 2×10^6 çevrim sonrası ilgili numuneye uygulanan büyüme kaldırma testinden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Şekiller incelendiğinde körük içerisindeki hava basıncının körüğün taşıma kapasitesini doğrudan etkilediği görülmüştür. Basınç artışına bağlı olarak taşıma kuvvetinin de arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, bağlama yüksekliğine bağlı olarak 640 mm ile 500 mm aralığında taşıma kapasitesinde düşüş görülmüş, 500 mm ile 300 mm aralığında ise bir değişim gözlemlenmemiştir. Bu bölgede körüğün titreşim emme kapasitesinin taşıma kuvveti

sabitliğine bağlı olarak en uygun olduğu düşünülmektedir. Bu durum körüğün optimum çalışma yüksekliği olarak da değerlendirilebilmektedir. Bağlama yüksekliğinin 300 mm'nin altına düşmesiyle kuvvette bir miktar daha artış meydana geldiği görülmüştür. Bu artış havanın sıkışmasından kaynaklı olarak kuvvet artışına sebep olmuştur.

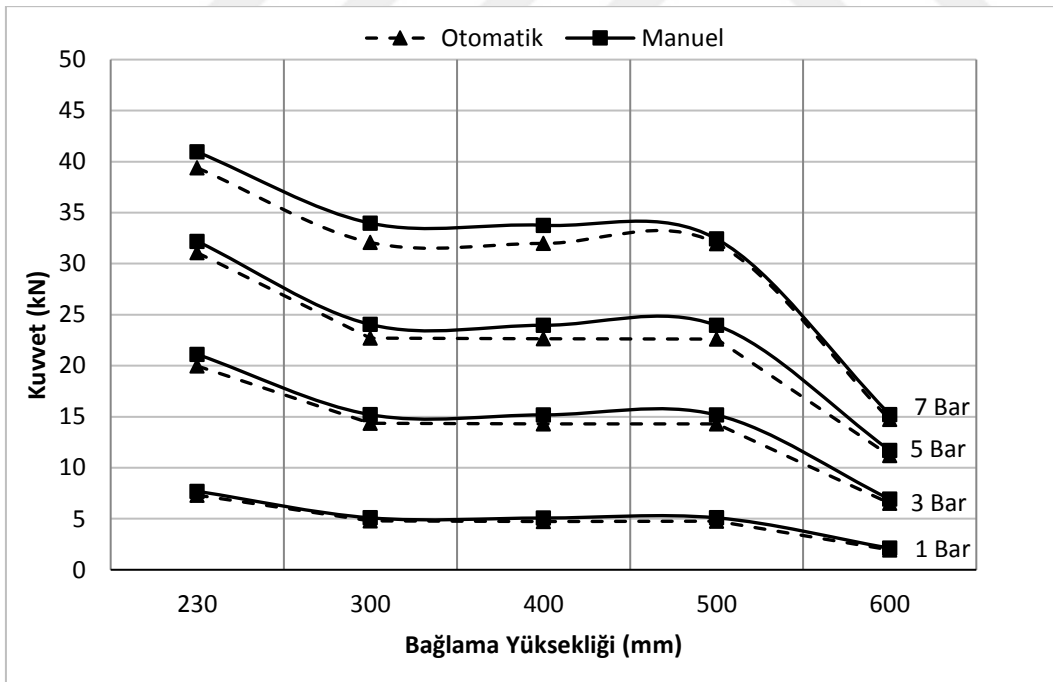
Test sonucunda manuel üretim ve otomatik konfeksiyon makinesinde üretilen hava süspansiyon körüğü performansları da karşılaştırılmıştır. Şekil 5.3-7'deki *kesikli çizgilerde* verilen değerler otomatik konfeksiyon makinesinde üretilen ürünlerin, *düz çizgi* ile gösterilen manuel üretilen körüklerin performans sonuçları değerlendirildiğinde 1 bar ve 3 bar basınçta belirgin bir farklılık görülmezken 5 bar ve 7 bar basınç otomatik konfeksiyon makinesinde üretilen körüklerin yaklaşık % 5 daha az taşıma kuvveti değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Tez çalışmasının yapıldığı firmanın ürün kabul değerli göz önüne alındığında kaldırma kuvveti için tolerans aralığının -%10 olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle otomatik konfeksiyon makinesinde seri üretime geçilebileceği sonucu çıkmaktadır.



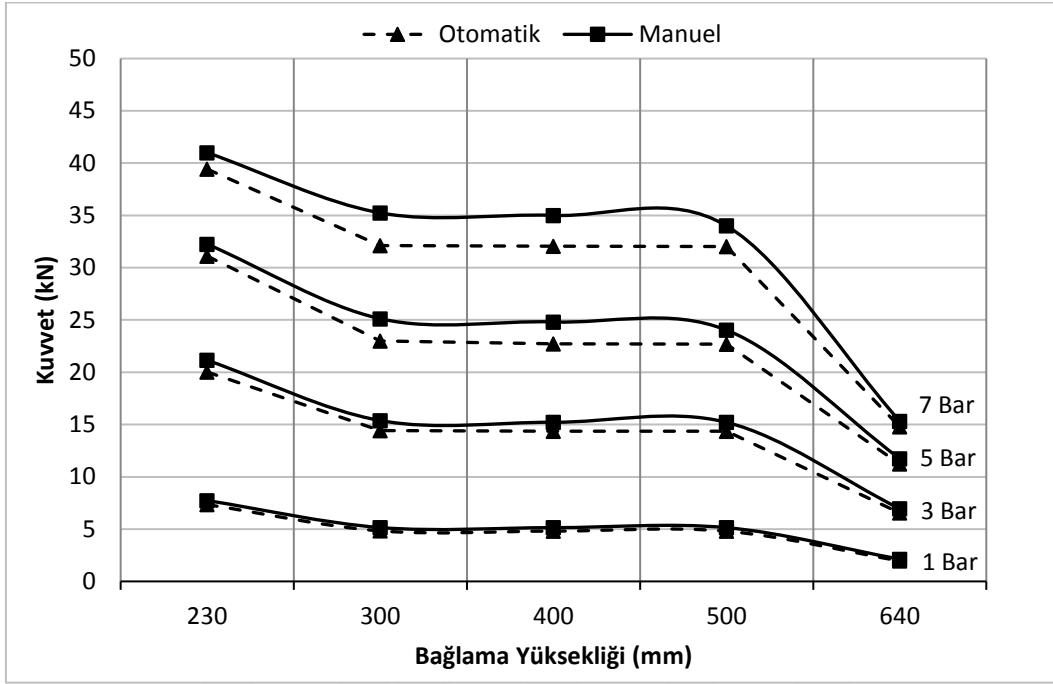
Şekil 5.3. 0 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim



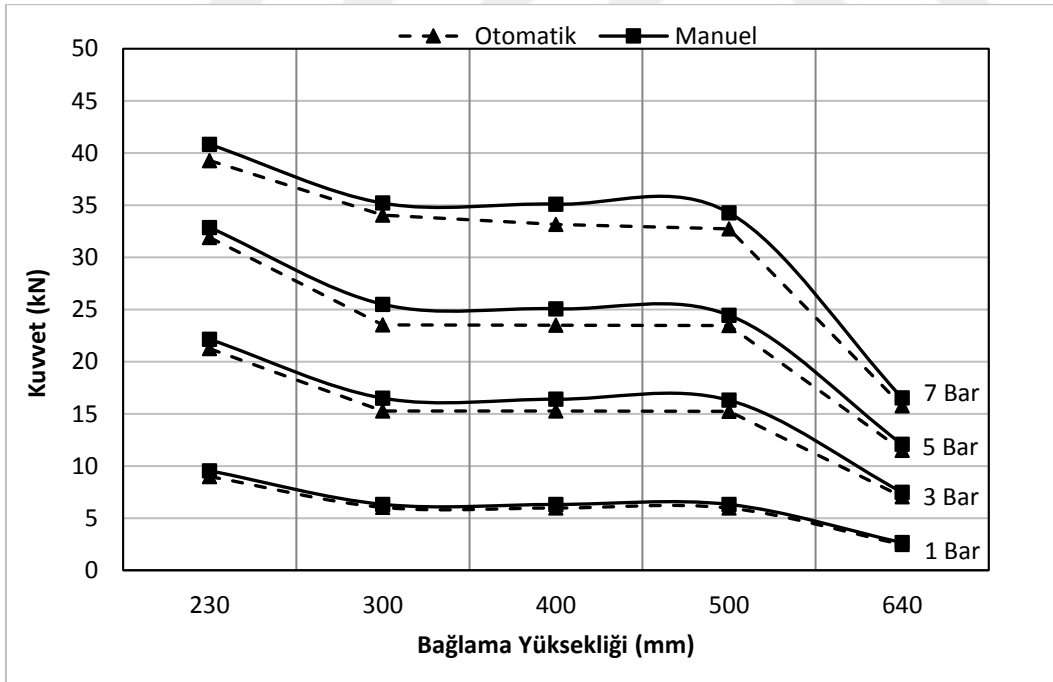
Şekil 5.4. 5×10^5 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim



Şekil 5.5. 1×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim



Şekil 5.6. 1.5×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim

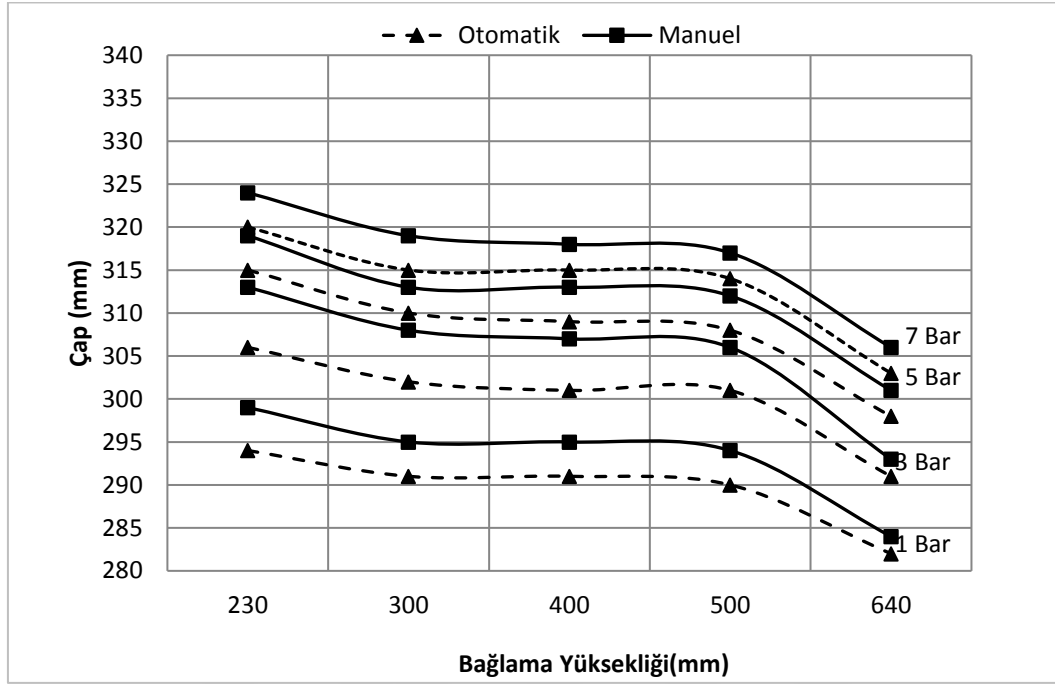


Şekil 5.7. 2×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı kaldırma kuvvetindeki değişim

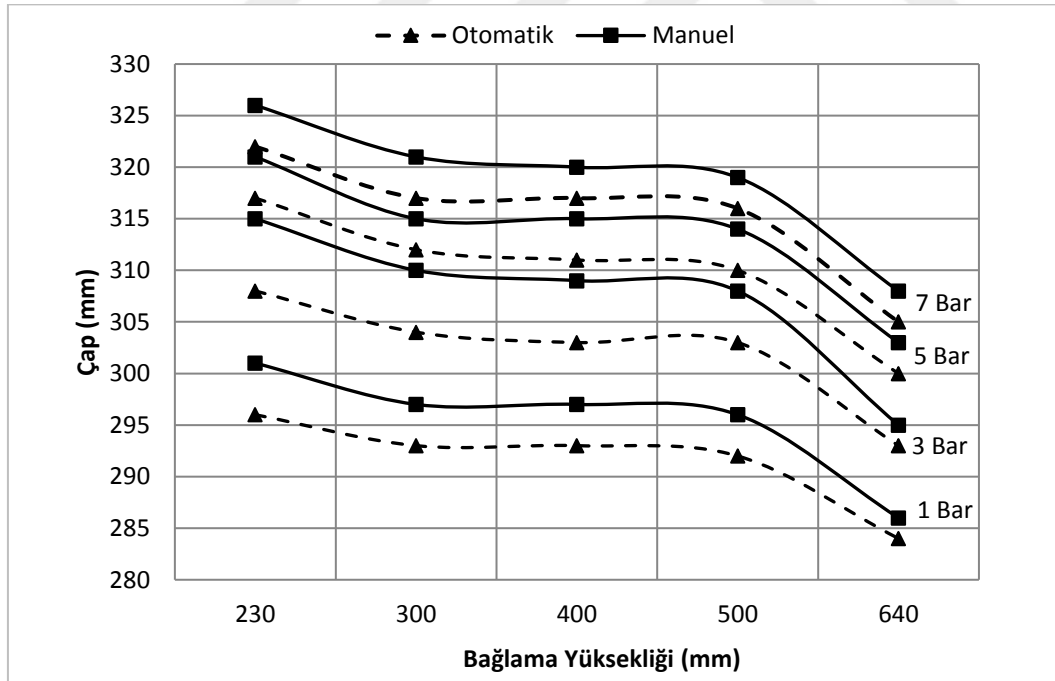
Yanal çap değişimi sonuçları da kauçuk hava süspansiyon körüğünün optimal çalışma aralığının 300 ve 500 mm bağlama yüksekliğinde gerçekleşmekte olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, manuel ve otomatik makinada üretilmiş ürünlere ait çap değişim sonuçları arasındaki değişimin, Tez çalışmasının yapıldığı firmanın ürün kabul değerleri göz önüne alındığında, tolerans aralığının $\pm 10\text{mm}$ sınırı içerisinde gerçekleşmesi bildirilmiştir.

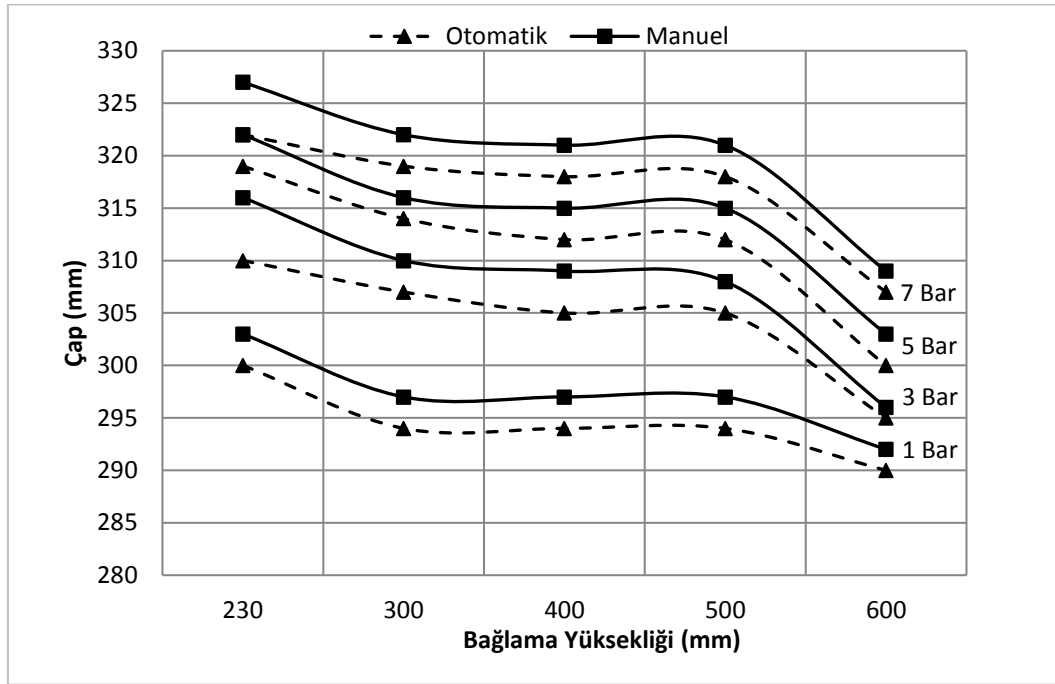
Şekil 5.8-12’de sırasıyla 0, 5×10^5 , 1×10^6 , 1.5×10^6 ve 2×10^6 çevrim sonrası ilgili numuneye uygulanan yanal çap değişim testinden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yorulma çevrim sonrası ilgili numuneye uygulanan yanal çap değişim verilerine ait grafikler incelendiğinde basınç arttıkça kauçuk hava süspansiyon körüğünün çap genişlemesi artmaktadır ve körükler maksimum bağlama yüksekliğinde minimum çap genişlemesine, minimum bağlama yüksekliğinde ise maksimum çap genişlemesine sahiptir. Bağlama boyunun artması hem radyal yönde hem de eksenel yönde oluşan kuvvetleri düşürmektedir. Eksenel yöndeki kuvvet düşüşü kaldırma kapasitesini düşürürken (şekil 5.3-5.7’deki gibi), radyal kuvvetlerdeki düşüşte çap genişlemesini azaltmaktadır. Grafikler, optimal çalışma yükseklikleri dikkate alınarak yapıldığında, bütün test şartları için manuel ve otomatik makinada üretilmiş ürünlerin çap genişleme değerleri arasındaki farkın, şartnamede belirtilen $\pm 10\text{mm}$ tolerans değeri içerisinde olduğunu göstermektedir. Grafikler dikkatle incelendiğinde, yorulma çevrim sayıları arttıkça çap genişleme değerlerinin de arttığını göstermiştir. Bu, yorulma çevrim sayısı arttıkça kord iplerinin plastik deformasyona uğrayarak uzadığını göstermektedir. Kord iplerinin plastik deformasyona uğraması, pekleşme ile dayanımlarının da artabileceği anlamına gelir. Dayanımdaki artış doğrudan plastik deformasyon derecesine bağlı olmakla birlikte, şekil 5.6-5.7’de görülebileceği üzere yüksek oranda yorulmuş (1.5×10^6 ve 2×10^6 çevrim) körüklerde deformasyon derecesi büyük olduğundan bu şartlardaki numunelerin kaldırma kapasitelerinin neden arttığını da açıklar niteliktedir.



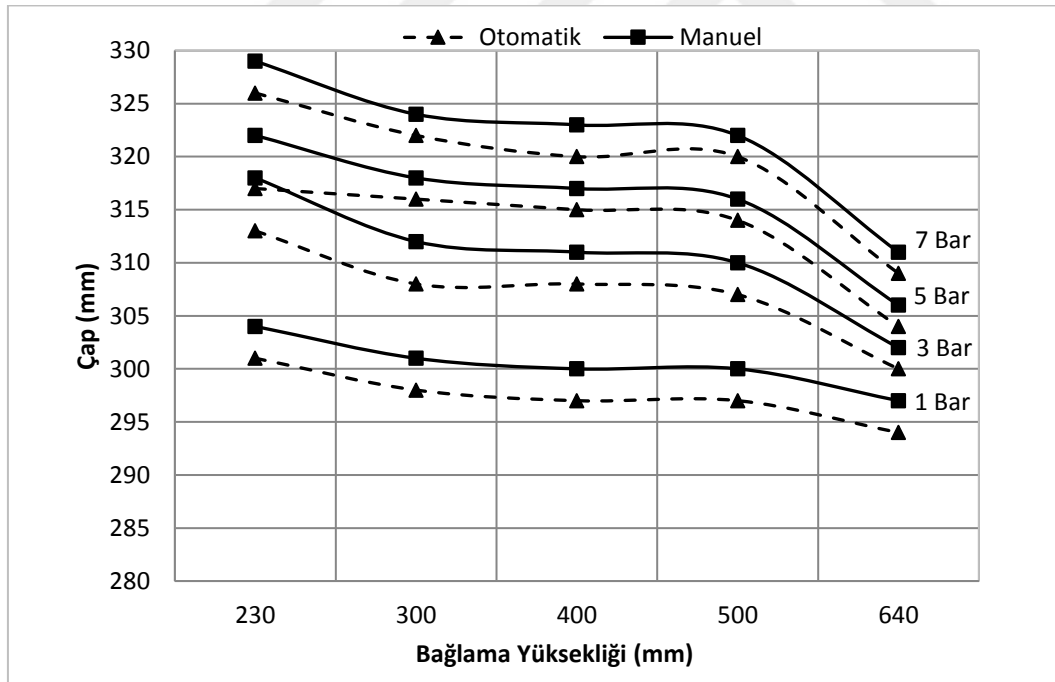
Şekil 5.8. 0 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi



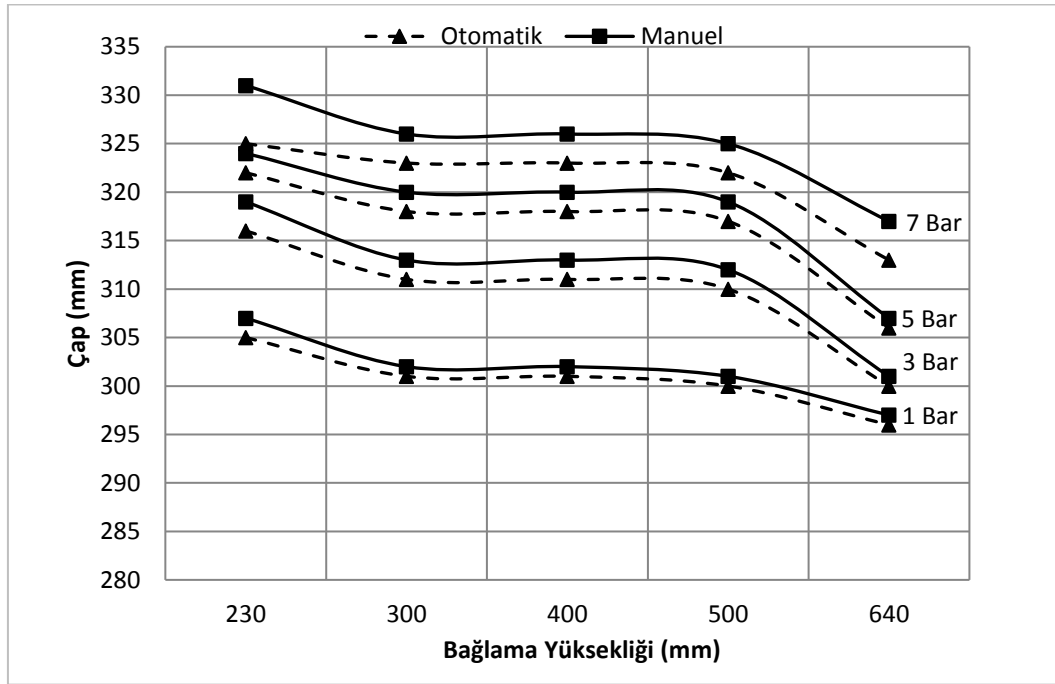
Şekil 5.9. 5x105 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi



Şekil 5.10. 1x10⁶ çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi

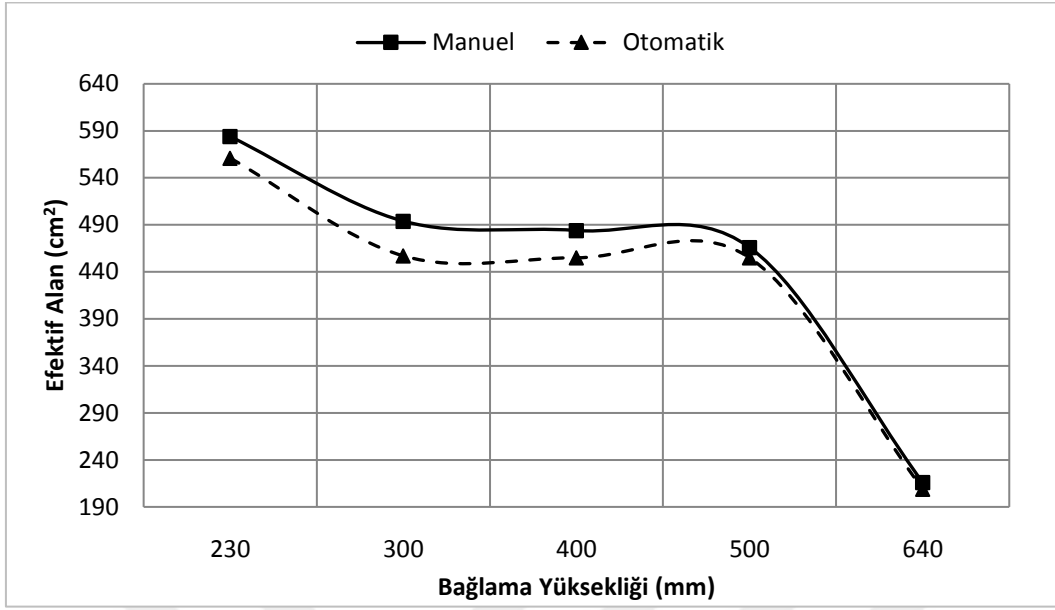


Şekil 5.11. 1.5x10⁶ çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi

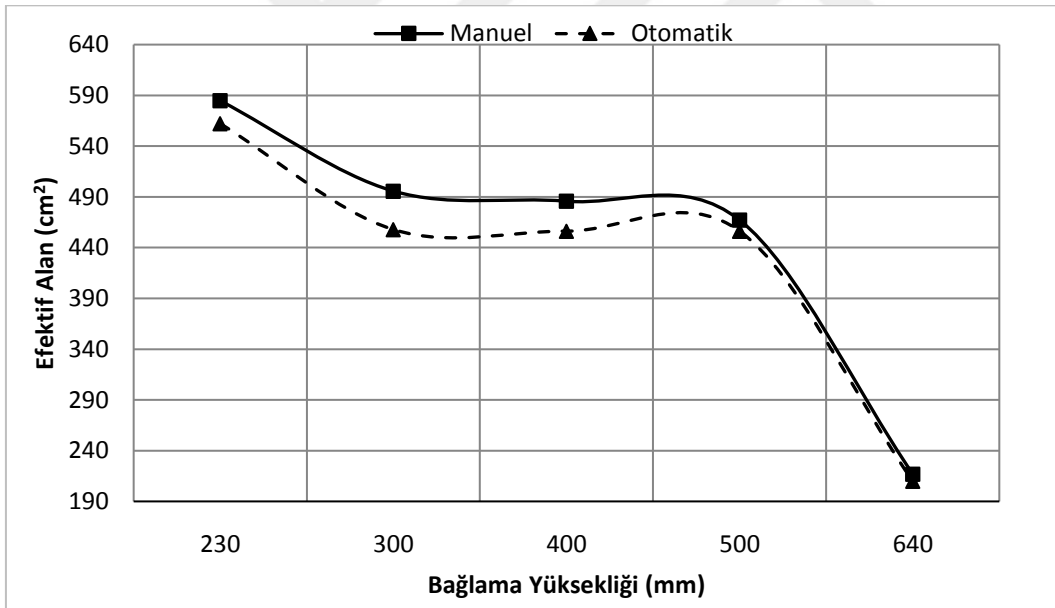


Şekil 5.12. 2×10^6 çevrimli ürünlerin bağlama yüksekliğine bağlı yanal çap değişimi

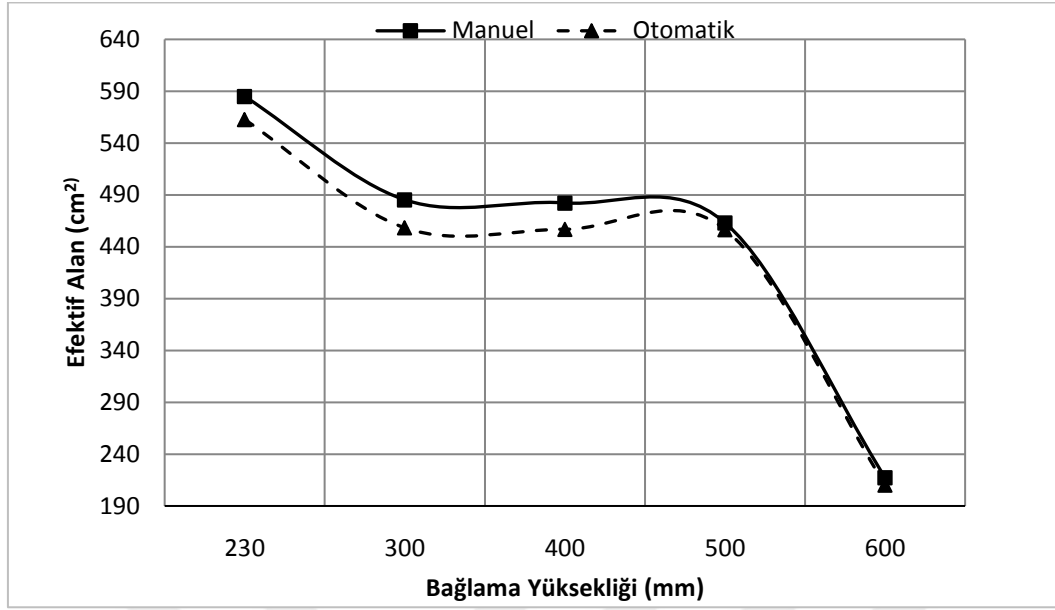
7 bar basınçta bağlama yüksekliğine bağlı olarak efektif alandaki değişim değerleri Şekil 5.13-17'deki grafiklerde gösterilmiştir. Efektif alan, hava süspansiyon körüğünün nominal çalışma basınçlarında kuvvet oluşturan alanı ifade eder ve şekil 2.3b' de gösterilen D_{EF} çapına karşılık gelir. Bütün yorulma ömürlerinde efektif alan testine tabi tutulan numuneler 7 barlık basınç altında gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.16 ve 5.17'deki gibi yüksek çevrimde yorulmuş numunelerde efektif alan artmıştır. Bu, yüksek çevrimde yorulmuş numunelerin kord iplerinde daha fazla plastik deformasyon meydana geldiğinden, D_{EF} çapının daha fazla büyümesinden kaynaklanır. Bu durum, şekil 5.6 ve 5.7'deki yüksek çevrim sonrası kaldırma kuvveti sonuçlarına ait, 7 bar basınçta kauçuk hava körüğünün yük taşıma kapasitesindeki artışın nedenini de desteklemektedir.



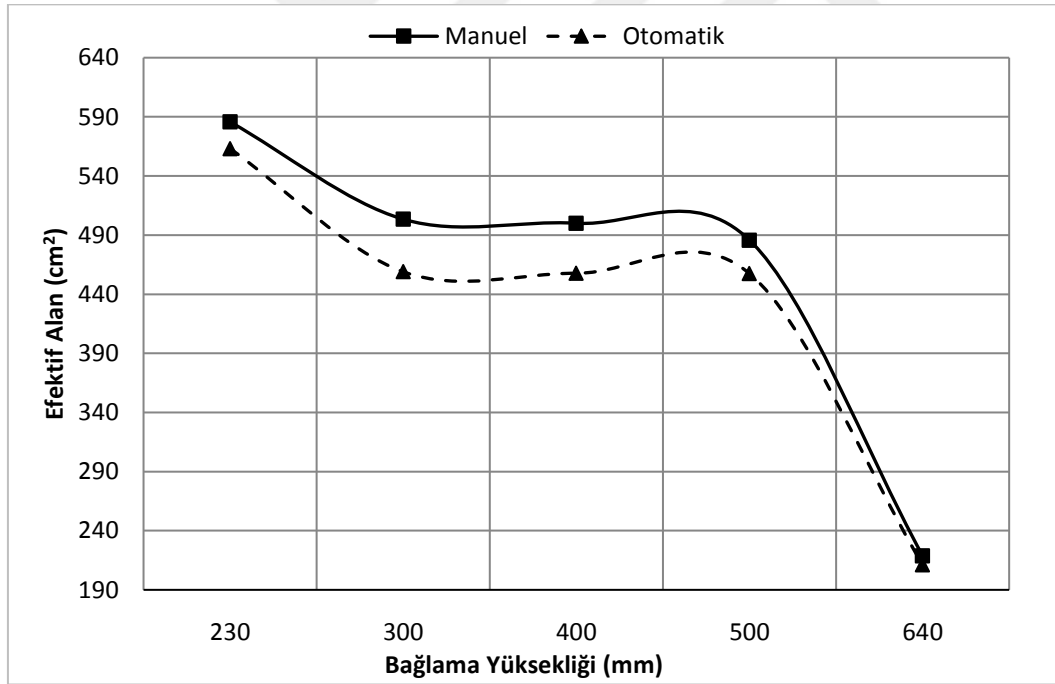
Şekil 5.13. 0 çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği



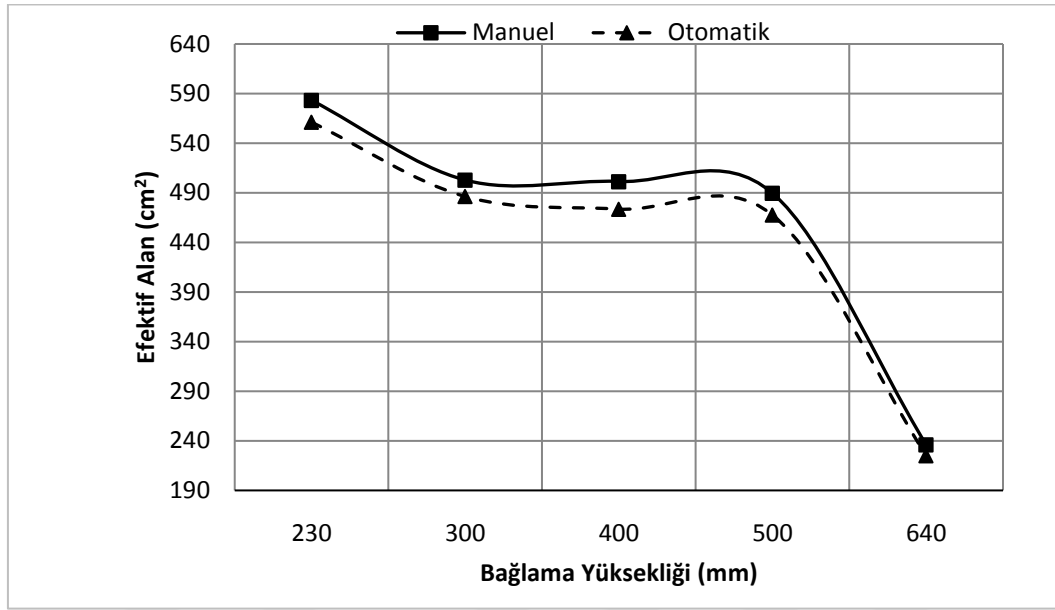
Şekil 5.14. 5x105 çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği



Şekil 5.15. 1x106 çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği

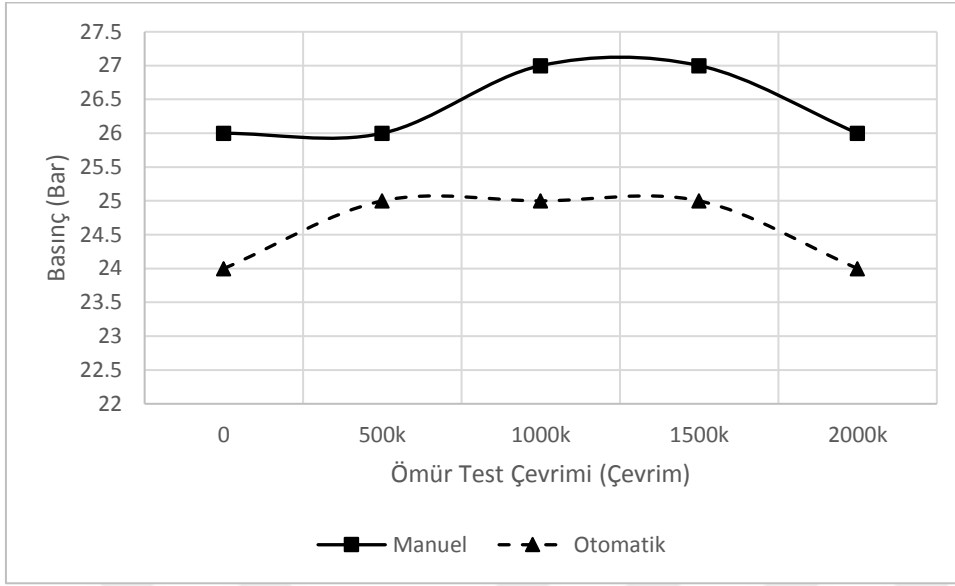


Şekil 5.16. 1.5x106 çevrimli ürünlerin efektif alan ve bağlama yüksekliği



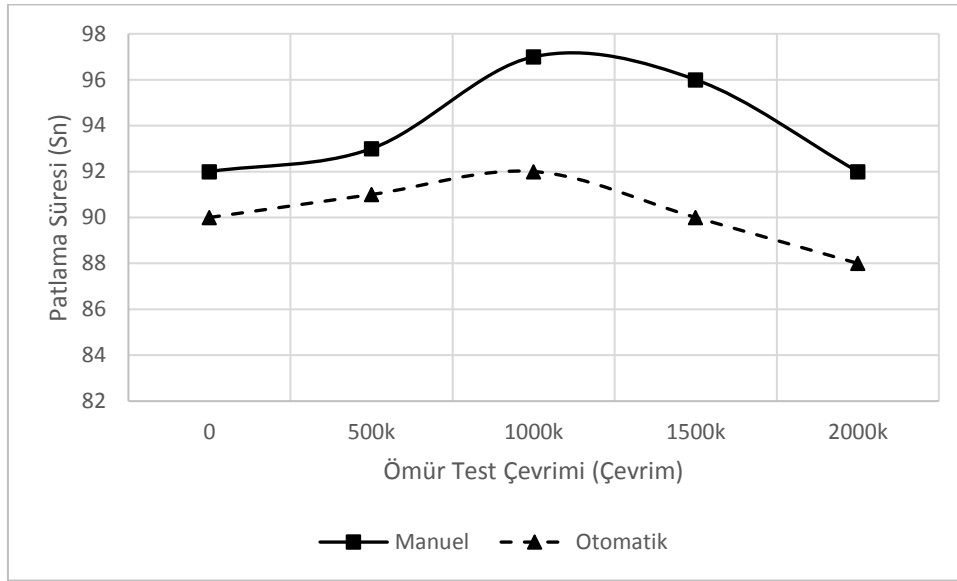
Şekil 5.17. 2x106 çevrimli ürünlerin efektif ve bağlama yüksekliği

Hava süspansiyon körüklerinin çalışmaya dayalı yorulma performanslarının incelenmesi amacıyla ömür test cihazı kullanılmıştır. Manuel ve otomatik makinede üretilen ürünler eş bir şekilde patlatma testlerine tabi tutulmuştur. Şekil 5.18’de ömür testi ve patlama basıncı ilişkisi verilmiştir. Şekil 5.18 incelendiğinde manuel üretim ve otomatik üretimde elde edilen hava süspansiyon körüklerinin ömre bağlı patlatma basınçlarının yaklaşık 24 bar ile 27 bar arasında değiştiği görülmektedir. Bu dar değişim aralığı hava süspansiyon körüğünün ilk 2 milyon çalışma çevriminde belirgin bir farklılık göstermediği anlaşılmaktadır. Manuel üretim ile otomatik üretim kendi aralarında karşılaştırıldığında manuel üretim ile elde edilen körüklerin yaklaşık 2 barlık daha fazla basınca dayanabildiği belirlenmiştir. Her iki üretim şeklinde de en yüksek patlatma basıncı 1,5 milyon çevrimde elde edildiği görülmüştür. Bu durumun 1,5 milyon çevrimde kord bezlerinde bir miktar plastik deformasyon oluşumuyla beraber kord iplerindeki gerinim sertleşmesi nedeniyle, hava süspansiyon körüğünün efektif alanının genişleyerek körük hacminde meydana gelen artışa bağlı olarak patlama basıncının artmış olabileceği düşünülmektedir. 2 milyon çevrimde ise patlama basıncında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Kord bezlerindeki plastik deformasyona bağlı olarak kord iplerinin gerinim sertleşmesinden dolayı aşırı gevrekleşerek yırtılma oluşumuna hazırlık evresinde olduğu düşünülmektedir. En düşük patlama basıncı değerleri ise kullanılmamış körüklerde (0 çevrim) olduğu belirlenmiştir. Genel olarak patlama basıncı, ömür ve üretim tipinin (manuel ve otomatik makine) patlama basıncına etki etmediği anlaşılmıştır.



Şekil 5.18. Ömür test çevrimi ve patlama basıncı

Ömrün dayanım süresi üzerindeki etkileri Şekil 5.19’da verilmiştir. En uzun dayanım süresine 1 milyon çevrimde ulaşıldığı görülmüştür. Kullanılmamış üründen 1,5 milyon çevrime kadar dayanım süresinde bir artış meydana gelmiş, 2 milyon çevrimde ise tekrar azaldığı görülmüştür. Bu durum yine 1,5 milyon çevrime kadar kord bezlerinde oluşan ön plastik deformasyona bağlı efektif alan ve taşıma hacminin artışından dolayı patlamayı geciktirdiği şeklinde yorumlanmıştır. Bu durumu Şekil 5.18’de verilen patlama basıncı ve ömür ilişkisi sonuçlarının da desteklediği açık olarak görülmektedir. 2 milyon çevrimde dayanım süresinde meydana gelen azalmanın ise yorulmaya bağlı oluşan plastik deformasyon miktarının kord ipinin çekme dayanımını düşürmüş olabileceğinden dolayı kord ipinin bozulmasını kolaylaştırmış olabileceği olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 5.19. Ömür test çevrimi ve dayanım (patlatma) süresi

Hava süspansiyon körüğünün araç üzeri çalışma sistem basıncı 6 ile 7 bar arasında değişmektedir. Hava süspansiyon körüğünün güvenli bir şekilde çalışabilmesi için dayanım değerinin, sistem basıncına göre 3,5 kat emniyetli çalışmasına olanak sağlamalıdır. Yapılan 4 farklı patlatma testinin sonuçları değerlendirildiğinde ortaya çıkan patlama basıncı minimum 27 bar olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer minimum emniyet katsayısının üstünde bir değere ulaştığı için patlatma test sonuçları uygundur. 1×10^6 ile 1.5×10^6 yorulma çevrimlerinde yorulmuş numuneler yüksek basınçta ve uzun sürede patlarken, 1.5×10^6 yorulma çevrimlerinin ötesinde patlama basıncı ve süresi düşmektedir. Kord iplerinin plastik deformasyonu neticesinde dayanım artışları 1×10^6 ile 1.5×10^6 yorulma çevrimlerinde üst seviyelere ulaşmaktadır. Yorulma çevrim sayılarının bu değerlerin üzerine çıkması kord iplerinin aşırı gevrekleşmesinden dolayı ani kopmalara maruz kalmasına neden olmakta ve bunun da yüksek yorulma çevrimlerinde yorulmuş numunelerin düşük basınçlarda ve sürelerde patlamasının nedeni olduğu düşünülmektedir.

Patlatma testi sonuçlarının değerlendirme kriterlerinden bir diğeri de kord iplerinin kopma yönüdür. İplerin 90 derecelik bir açıyla kopması gerekmektedir. Test sonunda ürünler incelendiğinde, kopma yönünün belirlenen kritere uygun olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumlar Resim 11, 12 ve 13'te gösterilmiştir.



Resim 5.1. Patlatma testi uygulanmış körük



Resim 5.2. Patlatılmış körüğün detaylı resmi – 1



Resim 5.3. Patlatılmış körüğün detaylı resmi - 2

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hava süspansiyon körüklerin üretim biçiminin ve yorulma ömrünün ürün kalitesi üzerine etkisini belirlenmek için gerçekleştirilen bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Bütün test şartları için manuel ve otomatik makinada üretilmiş ürünlere ait test sonuçlarının şartnamelerde belirtilen tolerans değerleri içerisinde meydana geldiği belirlenmiştir.
- Yüksek çevrimde yorulmuş numuneler için nominal çalışma aralığında kaldırma kuvveti değerlerinin bir miktar yüksek çıkmasına kord iplerinin çalışma sertleşmesinden ileri gelen dayanım artışından kaynaklandığı söylenebilir.
- Bağlama boyunun artması hem radyal yönde hem de eksenel yönde oluşan kuvvetleri düşürmektedir. Eksenel yöndeki kuvvet düşüşü kaldırma kapasitesini düşürürken (şekil 7'deki gibi), radyal kuvvetlerdeki düşüşte çap genişlemesini azaltmaktadır. Yorulma çevrim sayısının artması kord iplerinin plastik deformasyona uğrayarak uzadığını göstermektedir.
- Kord iplerinin plastik deformasyona uğraması, pekleşme ile dayanımlarının da artabileceği anlamına gelmektedir. Dayanımdaki artış doğrudan plastik deformasyon derecesine bağlı olmakla birlikte, yüksek oranda yorulmuş körüklerde deformasyon derecesi büyük olacağından bu şartlardaki numunelerin kaldırma kapasitelerinin yükselme nedenlerine bir açıklama getirilmiştir.
- Yüksek çevrimde yorulmuş numunelerin kord iplerinde daha fazla plastik deformasyon meydana geldiğinden, D_{EF} çapının daha fazla büyümesi efektif alanı arttırmıştır.
- Ortalama yorulma çevrimlerinde Kord iplerinin plastik deformasyonundan kaynaklanan dayanım artışları üst seviyelere ulaşmaktadır. Yorulma çevrim sayılarının üst limitlere çıkarılması kord iplerinin aşırı gevrekleşmesine neden olduğu ve bunun da yüksek yorulma çevrimlerinde yorulmuş numunelerin düşük basınçlarda ve sürelerde patlamasının nedeni olduğu düşünülmektedir.

Hasar tahmini geliştirmek için ilave araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sonuçların güven seviyesini arttırmak için aynı yükleme koşullarında daha fazla deneysel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca hasar tahminleri için bazı diğer parametrelerinin de incelenmesi gerekmektedir.

Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) ile körüğün her katında ve her noktasında gerilme-gerinim koşullarının belirlenmesi mümkündür. Ayrıca, FE analizi, farklı hava-yay pozisyonları (yükseklikleri) ve basınçlar için sonuçlar elde etmeyi de mümkün kılmaktadır.



KAYNAKLAR

1. Oman, S., Fajdiga, M. and Nagode, M. (2010). Estimation of air-spring life based on accelerated experiments. *Materials and Design*, 31(8), 3859–3868.
2. Rebernik, J. (2008). *Development of air-spring optimization program*. Master's Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana, Slovenia.
3. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). *Motorlu Araçlar Teknolojisi Süspansiyon Sistemleri*. Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.
4. İnternet: Volvo Trucks Türkiye. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.volvotrucks.com.tr%2Ftr-tr%2Ftrucks%2Fvolvo-fh-series%2Ffeatures%2Findividual-front-suspension.html&date=2017-04-10>, Son Erişim Tarihi: 10 Mart 2017.
5. İnternet: Volvo Trucks Türkiye. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.volvotrucks.com.tr%2Ftr-tr%2Ftrucks%2Fvolvo-fh-series%2Ffeatures%2Fair-suspension-gras-g2.html&date=2017-04-10>, Son Erişim Tarihi: 10 Mart 2017.
6. İnternet: Maxvera Halı Yıkama. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.anarahaliyikamasi.net%2Fhali-sikma-ve-durulama-makinesi.html&date=2017-04-10>, Son Erişim Tarihi: 10 Mart 2017.
7. İnternet: Air Lift Company. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.airliftcompany.com%2Fworkshop%2Fbenefits-air-springs&date=2017-04-10>, Son Erişim Tarihi: 10 Mart 2017.
8. Mars, W. V. and Fatemi, A. (2002). Literature survey on fatigue analysis approaches for rubber. *International Journal of Fatigue*, 24 (9) 949–961.
9. Mars, W. V. and Fatemi, A. (2004). Factors that effect the fatigue life of rubber: a literature survey. *Rubber Chemistry and Technology*, 77(3), 391–412.
10. Cadwell, S. M., Merrill, R. A., Sloman, C. M. and Yost, F. L. (1940). Dynamic fatigue life of rubber. *Industrial and Engineering Chemistry Analytical Edition*, 12(1), 19–23.
11. Gent, A. N. (2012). *Engineering with Rubber How to design rubber components*. Berlin: Rubber Division, 451.
12. Cardon, A. H. and Emri, I. (1996). *Durability analysis of structural composite systems*. Master's Thesis, Faculty of Engineering, Free University Brussels, Belgium.
13. Oman, S., Nagode, M. and Fajdiga, M. (2009). The material characterization of the air-spring bellows sealing layer. *Materials and Design*, 30(4), 1141–1150.

14. Fischer, G., Streicher, M. and Grubisic, V. (1998). Procedure for validation tests on air-springs for commercial vehicles. *SAE Technical Paper Series*, (10)4, 841-982.
15. Vahapoğlu, V. (2006). *Kauçuk Türü Malzemelerin İnelastik Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon .
16. Mazlum, U. (2008). *EPDM Sentetik Kauçuğunun Gerilme Gevşemesi Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
17. Öztürk, E. (2008). *Farklı Kauçuk Karışımlarının Vulkanizasyonuna Hızlandırıcıların Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
18. Koral Koç, S. (2008). *Kauçuk Kompozitlerde Poliester Lif Takviyesinin Kauçuğa Yapışma Özelliklerinin Geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa
19. Sarıoğlu, B. (2013). *Raylı Taşıtlar İçin Hava Süspansiyon Körüğü Tasarımı, Prototip İmalatı ve Mekanik Performanslarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa
20. Durmaz, S. (2008). *Taguchi Metodunun Kauçuğun Vulkanizasyonu Prosesine Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
21. Kasım, H. (2012). *Kabin Körüklerinin Tasarım, Üretim ve Test Parametrelerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
22. Oman, S. and Nagode, M. (2013). On the Influence of the Cord Angle on Air-Spring Fatigue Life. *Engineering Failure Analysis*, 27, 61-73.
23. Mankovits, T. and Szabo, T. (2012). Finite Element Analysis of Rubber Bumper Used in Air-Springs. *Procedia Engineering*, 48, 388-395
24. Kim, B. S. and Moon, B. Y. (2011). Optimum Performance Evaluation Of Reinforced Spring Suspension System Using Nonlinear Analysis Method. *International Association for Automation and Robotics in Construction*, , 1336-1340.
25. Kim, B. S. and Moon, B. Y. (2014). Performance Evaluation of Spring for the Vehicle Suspension System Using the Nonlinear Finite Element Method. *Mechanics and Materials*, 635-637, 594-597.
26. Joshi, R. and Gill, S. S. (2012). Optimization Of Vulcanization Process In Windshield Weather Rubber Strip Application. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 3(Issue IV), 67-71.

27. Sayyaadi, H. and Shokouhi, N. (2009). Improvement of Passengers Ride Comfort in Rail Vehicles Equipped with Air Springs. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 3(5), 592-598.
28. Hongguang Li, Konghui Guo, Shuqi Chen, Wei Wang and Fuzhong Cong. (2013). Design of Stiffness for Air Spring Based on ABAQUS. *Mathematical Problems in Engineering Volume 2013*, 1-5
29. İnternet: Learn Easy: Vibration (Modal Analysis). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.learneasy.info%2FMDME%2FMEMmods%2FMEM09155A-CAE%2F040-Vibration%2FVibration.html&date=2017-04-10>, Son Erişim Tarihi: 10 Mart 2017.
30. İnternet: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mekanik Titreşimler Deneyi. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ktu.edu.tr%2Fdosyalar%2F14_03_00_0cdce.pdf&date=2017-04-10, Son Erişim Tarihi: 01 Mart 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TURNA, Emre
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 31.08.1986, Bursa
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (224) 411 16 76
Faks : 0 (224) 411 03 98
e-mail : emre.turna@outlook.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /İmalat Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi /Kalıpcılık Öğretmenliği	2010
Lise	Demirtaşpaşa Anadolu Meslek Lisesi	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-Halen	Meklas Group	Kalite Yönetim Yöneticisi
2012-2015	KalDer Ankara	Proje ve Gelişim Yöneticisi
2010-2012	KalDer Ankara	Eğitim Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Yüzme, Gitar, Dans



GAZİ GELECEKTİR...