

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TURBO HORTUMU TAKVİYE ÖRGÜSÜNÜN
HORTUM ÖMRÜNE ETKİSİNİN
DENEYSEL YOLLARLA İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur YILDIZ

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE TASARIM VE İMALAT
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZSOY

Şubat 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TURBO HORTUMU TAKVİYE ÖRGÜSÜNÜN
HORTUM ÖMRÜNE ETKİSİNİN
DENEYSEL YOLLARLA İNCELENMESİ**

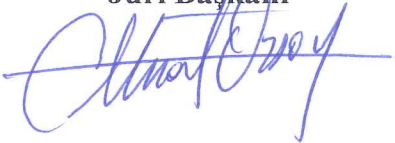
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur YILDIZ

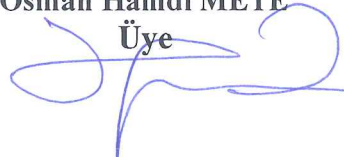
Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE TASARIM VE İMALAT

Bu tez 27.02.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

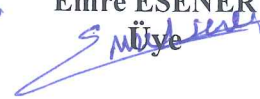
Yrd. Doç. Dr.
Murat ÖZSOY
Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr.
Osman Hamdi METE
Üye

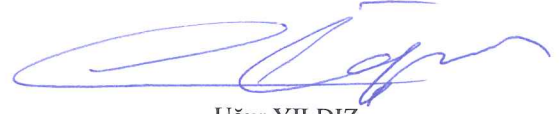


Yrd. Doç. Dr.
Emre ESENER
Üye



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.



Uğur YILDIZ

10.02.2018

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, Teklas Kauçuk A.Ş'den ürün geliştirme müdür yardımcısı Sayın Şeref ATAMER'e teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Bugünlere gelmemde en çok emekleri olan her zaman yanımda olan aileme sonsuz şükranlarımı ve sevgimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Litaretür Çalışması	3
1.2. Tezin Amacı	6
BÖLÜM 2.	
KAUÇUK HORTUM TASARIMI VE İMALAT YÖNTEMİ.....	8
2.1. Kauçuk Hortum Üretim Prosesi.....	10
2.1.1. Ekstrüzyon	10
2.1.2. Vulkanizasyon	12
2.2. Örgü Tasarımlarına Genel Bakış ve Örme Prensibi.....	13
2.3. Kilit (Lock) Örgü Üretimi İçin Kam Çizimi.....	19
2.4. Kam İmalatı.....	20
BÖLÜM 3.	
DENEYSEL ÇALIŞMA.....	21
3.1. Düz Örgü ile Hortum Üretimi-Standart Üretim Örgü Tipi.....	21
3.2. Kilit Örgü ile Hortum Üretimi-Yeni Çalışılan Örgü Tipi I	23

3.3. Elmas Örgü ile Hortum Üretimi-Yeni Çalışılan Örgü Tipi II.....	24
3.4. Ömür Testleri.....	25
3.5. Test-Deney Düzenegi.....	27
BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....	29
4.1. Ömür Testi Sonuçları	29
4.2. Değerlendirme	31
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ	35

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ACM	: Alkyl Acrylate Copolymer
AEM	: Ethylene Acrylate Rubber
DC	: Direct Current
EPDM	: Ethylene Propylene Diene Monomer

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Klasik bir turbo besleme sistemi şeması	1
Şekil 1.2. Turbo hortumu gösterimi	3
Şekil 2.1. Yarı mamul üretim prosesi genel dizilişi.....	10
Şekil 2.2. Vulkanizasyon işlemi	12
Şekil 2.3. Vulkanizasyon öncesi ve sonrası	12
Şekil 2.4. Takviye örgü	13
Şekil 2.5. Örgü makinesi ve örgü kafası (Harry Lucas)	14
Şekil 2.6. İğne göbeği	15
Şekil 2.7. İğne düğüm oluşum döngüsü	16
Şekil 2.8. Kam yolu ve iğne döngüsü	17
Şekil 2.9. Örgü oluşumu	17
Şekil 2.10. Örgü tipleri ve kam yolları.....	18
Şekil 2.11. Solidworks' de çizimi yapılan kilit (lock) kam'ı	19
Şekil 2.12. İmalatı gerçekleştirilen kam	20
Şekil 3.1. Düz örgü için kam yolu ve düz örgü oluşumu.....	22
Şekil 3.2. Düz (plain) örgü oluşturmak için kullanılan kam.....	22
Şekil 3.3. Düz (plain) örgü	22
Şekil 3.4. Kilit örgü oluşturmak için kam yolu ve kilit örgü.....	23
Şekil 3.5. Kilit (lock) örgü oluşturmak için kullanılan kam	23
Şekil 3.6. Kilit (lock) örgü	24
Şekil 3.7. Elmas örgü için kam yolu ve elmas örgü	24
Şekil 3.8. Elmas (diamond) örgü oluşturmak için kullanılan kam.....	24
Şekil 3.9. Elmas (diamond) örgü	25
Şekil 3.10. Ömür testleri-Düz (Plain) örgü ile Kilit (Lock) örgü	26
Şekil 3.11. Ömür testleri-Elmas (Diamond) örgü ile Kilit (Lock) örgü	26
Şekil 3.12. Test makinesi için test ekipmanları düzeneği	27

Şekil 3.13. Ömür test makinesi	28
Şekil 4.1. Düz (plain) örgü, çevrim sayısı-çap genişlemesi.....	29
Şekil 4.2. Kilit (lock) örgü, çevrim sayısı-çap genişlemesi	30
Şekil 4.3. Elmas (diamond) örgü, çevrim sayısı-çap genişlemesi	30

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Sonuçların değerlendirilmesi.....	32
--	----

ÖZET

Anahtar kelimeler: Kauçuk hortum, takviye örgü, örgü kamı

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe akışkan taşıyan, esnek ve dayanıklı yapıya sahip kauçuk hortuma, üretimi sırasında hortuma dayanım kazandıran hortum ömrüne doğrudan etki eden takviye örgüsünün, farklı tiplerde örgü tasarımları kullanılmış ve her tip örgü tasarımı ile kauçuk hortumlar üretilmiştir. Üretilen hortumların, deneysel olarak ömür testi makinesinde karşılaştırmalı testleri yapılmış; ömür testi performansına bakılmış ve her bir hortumdan test sırasında basınç altında çevrim sayısına bağlı olarak elde edilen verilerle çevrim sayısı – çap genişlemesi eğrisi oluşturularak performansları kıyaslamalı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca her örgü denemesinde seri üretime uygunluğu açısından, üretimleri sırasında değerlendirme yapılmış kolay ve hızlı üretilebilirlikleri incelenmiştir.

Yapılan deneme üretimlerinde elde edilen deneysel sonuçlar ışığında standart üretim metodunun dışında alternatif, dinamik yükler altında daha iyi performans sergileyen Kilit (Lock) örgü tipinin kauçuk hortum üretiminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

INVESTIGATION THE EFFECT OF KNITTING BELONG TO TURBOCHARGER HOSE REINFORCEMENT TO HOSE LIFE BY USING EXPERIMENTAL METHODS

SUMMARY

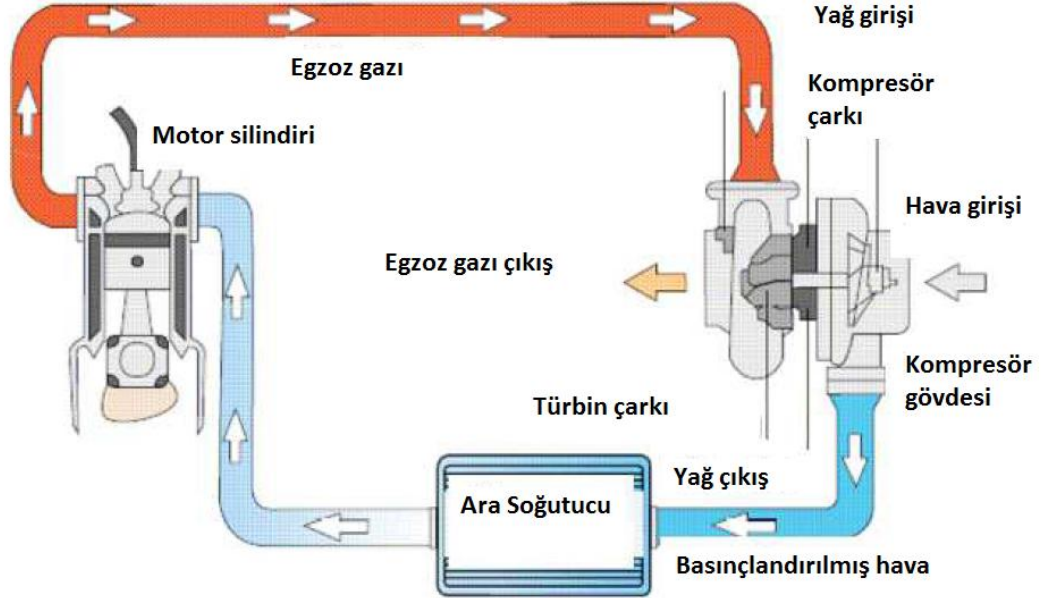
Keywords: Rubber hose, reinforcement knitting, knitting cam

In this study, rubber hose with flexible and durable structure that carries fluid in the automotive sector, reinforcement knitting which directly effects hose life during production, knitting designs in different types were used and rubber hoses with all types of knitting designs were produced. The produced hoses were tested comparatively in an experimentally life test machine; it was checked whether it failed or not and the number of cycles obtained from each hose under pressure under the number of cycles under pressure - the diameter expansion curve was created and its performance was evaluated comparatively. Furthermore, in terms of the suitability of serial production for each knitting trial, the easy and fast manufacturability that has been evaluated during their production has been examined.

As a result of the experimental results obtained in the experimental productions, it has been concluded that the alternative type of lock method, which has an alternative performance under dynamic loads, can be used in rubber hose production.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Otomotiv sektöründe, turbo beslemeli motorlar günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanmış, yanma odasına yüksek basınçta sıkıştırılmış havayı motora vererek içten yanmalı motorun verimliliğini ve güç çıkışını artıran türbin tahrikli bir sistemdir. Turbo besleme sistemi şeması Şekil 1.1.'deki gibidir.



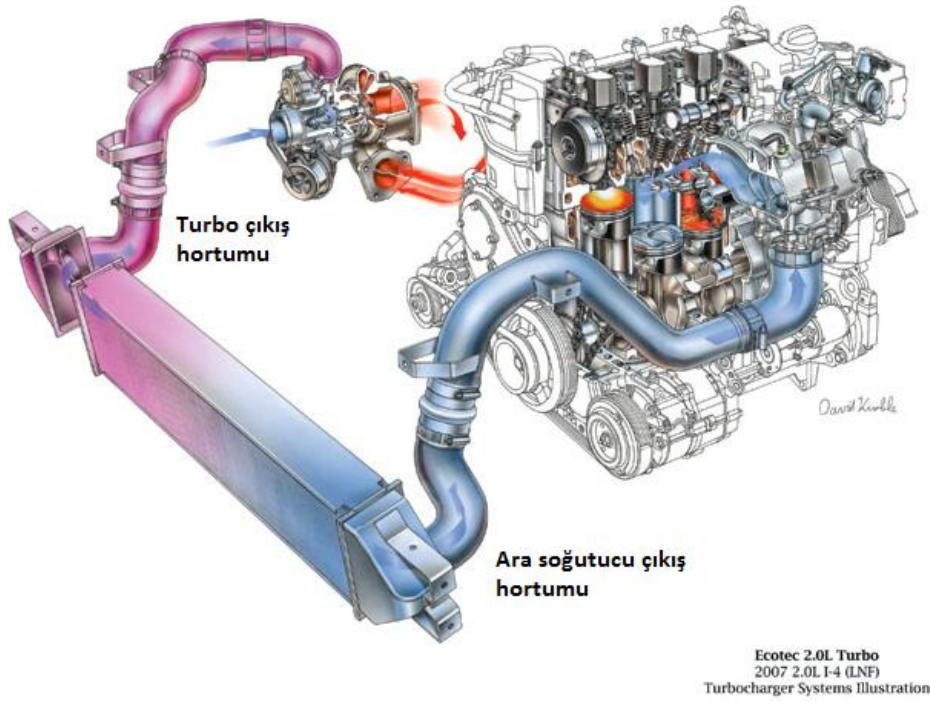
Şekil 1.1. Klasik bir turbo besleme sistemi şeması [1]

Turboşarj sistemi bir mil ile birbirine bağlanan türbin ve kompresörden oluşur. Türbin egzoz manifolduna, kompresör emme manifolduna bağlıdır. Motor silindir çıkışı egzoz manifoldundan gelen basınçlı yanmış gazlar türbini döndürerek aynı mil üzerinde bulunan kompresör, hareketini türbinden alarak ortamdaki temiz havayı emdikten sonra sıkıştırarak basınçlı bir şekilde silindirlere gönderir.

Turbo kompresörü (pompa) vasıtasıyla sıkıştırılan havanın hızı, basıncı ve yoğunluğu (birim hacime düşen hava kütlesi) artar. Hızı, basıncı ve yoğunluğu (basınçtan dolayı) artan hava sayesinde motorun silindirine birim zamanda giren hava miktarı artar. Artan hava miktarına karşılık olarak silindirlere daha fazla yakıt gönderilerek yanma çevriminde daha fazla güç elde edilir.

Bu sayede küçük hacimli motorlardan daha fazla güç elde edilebilmektedir. Örneğin 1.4 lt turbo bir motordan 2.0 lt turbo olmayan atmosferik bir motor kadar hatta daha fazla güç elde edilebilir. Yüksek hacimli fakat turbosuz motorlarda hacmi büyük tutmaktaki amaç, turboyla aynı olan emme zamanında daha fazla hava ve yakıt alabilmektir [2].

Otomotiv sektöründe kullanılan içten yanmalı motorlardan daha yüksek verim ve güç elde etmeleri çalışmalarıyla beraber, motor hacmini küçültüp yakıt ve atık gaz miktarını azaltma çalışmaları hız kazanmıştır [3]. Bu çalışmalar otomotiv üreticileri tarafından daha çok turboşarj ünitesinin geliştirilmesi üzerine durulmuştur. İçten yanmalı motorun potansiyelini artırmak ve yanma odasına daha fazla oksijen ve basınçlandırılmış hava alma gereği görülmüştür. Turboşarj ile daha yüksek basınçta sıkıştırılmış havayı oluşturması ile beraber, sistemde oluşabilecek bazı problemlerin önüne geçilmesi gerekmektedir; artan sistem basıncını karşılamak ve oluşan dinamik yükler için sistemde bulunan diğer komponentlerinde daha fazla mukavemetli olması gerektiği ihtiyacını doğurmuştur [4-5].



Şekil 1.2. Turbo hortumu gösterimi [6]

Bu kapsamda, bu sistemin en önemli parçaları olan akışkan taşıyıcı görevini üstlenen esnek, dayanıklı ve hafif olan kauçuk hortumlardır. Otomobillerdeki turboşarj sisteminde bulunan hortumların gösterimi Şekil 1.2.'deki gibidir. Bu hortumların artan dayanım ve daha fazla mukavemetli olması ihtiyacını, standart üretim yöntemiyle karşılamayacağı görülmüştür. Bu nedenle, bu hortumların üretiminde kullanılan ve hortuma mukavemet sağlayan örgü tasarımlarının değiştirilmesi ile mümkün olabileceği düşüncesi ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, seri üretimde kullanılan örgü tasarımı ile birlikte farklı örgü tasarımlarıyla üretilen hortumlar deneysel olarak test edilerek, ömür kıyaslaması yapılmasıyla, farklı örgü tasarımlarının hortum ömrüne etkisinin deneysel yollarla belirlemek mümkün olacaktır.

1.1. Literatür Çalışması

Balea L. ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, düz örgü(plain) takviyeli kompozitlerin (epoksi matris) mekanik davranışını iyileştirmek için dolgu ve fiber tipi ipliklerin (E-cam, bazalt, karbon) etkisini araştırmaktadır. Kuru takviye ipliğin

gerilme davranışı, aksenel ve radyal yönlerinde araştırılmış ve radyal deformasyonun büyük oranda azaltıldığını, buna karşın dolgu iplikleri dahil edildiğinde mukavemetin kuvvetli bir şekilde arttığını göstermiştir. Fiber tipi ipliğin deformasyon ve mukavemet üzerinde zayıf bir etkiye sahiptir. Sıvı kompozit kalıplama ile işlenmiş kompozit malzeme için, karbon fiber takviye, test yönü ne olursa olsun her zaman en iyi sonuç vermiştir. Üstelik fiber türlerine bakılmaksızın iki dolgu ipliği kullanıldığında, yarı-izotropik bir davranış elde edilmektedir [7].

Dusserre G. yapmış olduğu çalışmada, düz örgünün (plain) aksenel yöndeki oluşturduğu gerilme davranışı üzerindeki sürtünme etkisini incelemektedir. Kapstan (capstan) yöntemi kullanılarak, aksenel iplikler arasındaki iplik - iplik kinematik sürtünme katsayısını ölçmek için gerçekleştirildi. E-cam iplikleri ile bazalt iplikleri arasındaki kinetik sürtünme katsayısı benzerdir ve normal yük hassasiyetine sahiptir. Bununla birlikte sadece E-cam iplikleri kayma hızına duyarlılık sergilemiş ve daha sonra, iplik - iplik sürtünmesi, düz örgülerin (plain) aksenel - yöndeki gerilmesinin simüle edilmesi için mevcut bir yarı analitik model uygulandı. Bu model, sürtünmenin önce ve sonra örgü davranışını önemli ölçüde etkilediğini gösteren bir duyarlılık çalışması yapmak için kullanılmıştır. Geliştirilmiş model, düz örgülerin (plain) aksenel yönündeki histerik davranışını düzgün bir şekilde tarif edebildiğini göstermiş oldu. Bu durum, ilmekler arasındaki sürtünmenin, düz örgülerin histeretik davranışını kontrol eden ana mekanizma olduğuna karar vermesine olanak tanımış oldu [8].

Jin, Y. ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, örgü takviyeli kauçuk hortum; otomobil, havacılık, uzay ve diğer alanlarda yaygın olarak kullanılmıştır. Hem mekanik performansı karşılamada hem de dayanım sağlamada kilit rol oynamıştır. İlk olarak örgü ipliğinin modellenmesi araştırılmıştır. Daha sonra aramid ip takviyeli EPDM kauçuk hortumunun mekanik performansı ANSYS ile analiz edilmiştir. Son olarak ip iğne sayısının kauçuk hortumun mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, ipin maksimum gerilmesinin, kauçuğun maksimum gerilmesine göre üç yüz katından fazla olduğunu göstermektedir ve hortuma 0,24 MPa iç basınç uygulandığında kauçuğun maksimum deformasyonu, ipin maksimum

deformasyonunun birkaç katıdır. Deneysel olarak kauçuk hortumunun patlama basıncı 2,04 MPa'dır ve analiz sonucu tahmini patlama basıncının 2,10 MPa hesaplanmıştır bu da deneysel ve analiz sonuçlarının % 97' lik bir örtüşme olduğunu göstermiştir. Örgüdeki iğne sayısı arttıkça, eşdeğer gerilme ve deformasyon, ip ve kauçuk için başlangıçta keskin bir şekilde azalma görülmüştür [9].

Khondker O.A, ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, örgülü yapılarda, ilmek uzunluğu ve örgü sıklığı gibi değişen örgü / yapısal parametrelere bağımlılıkları nedeniyle, örgüde oluşan radyal ve aksel yöndeki gerilme ve sıkıştırma davranışları ile mukavemet, modül ve gerilme direnci incelenmiştir. Ek olarak, çekme yükü altında kompozitlerin Poisson oranı da incelenmiştir. Kopma sonrası incelemede, kopma mekanizmalarını analiz etmek için test numuneleri üzerinde stereo - optik ve taramalı elektron mikroskopisi kullanılarak gerçekleştirildi. Örgülü yapılarda, mekanik özelliklerinde yapı ve örgü / yapısal parametrelere ilişkin herhangi bir değişikliğin, geniş çapta, mikroyapısal kusurların durumuyla ilişkili olduğu bulunmuştur [10].

Leaf G.A.V., ve Blackman F. yapmış oldukları çalışmada, konvensiyonel kam sisteminde, örgü iğnelerinin hareketinin yüksek hızlı filmde iğnelerin çoğunun, kam iziyle çarpışmadan, sıçramadan düzgün bir şekilde yön değiştirdiğini gösterdi. Bununla birlikte, zaman zaman bir iğne sıçramış gibi gözüktüğünden dolayı araştırılma gereği görülmüştür. Maksimum bir kam açısıyla; kam bu maksimumu aştığında, iğnenin kam duvarı ile gövde duvarı arasındaki açıda sıkışmasına neden olmuştur. Azami değerlerin hemen altında, iğnelerin sıçrama yapmaksızın düzgün şekilde yön değiştiren bir dizi kam açısı vardır. Daha dar kam açıları için, iğneler her zaman sıçrama yapar. Yukarıda bahsedilen çeşitli kritik açılar, iğne, duvar ve kam iz yüzeylerinin elastik ve sürtünme özelliklerine bağlıdır. Bu çalışmada kauçuk hortum üretiminde örgü oluşturmak için kullanılacak kam yolunun kritik açılarının bazı sayısal tahminleri verilmiştir [11].

Ramakrishna S. ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, plain (düz) örgü takviyeli kompozitlerin elastik özelliklerini tahmin etmek için analitik bir yöntem sunulmaktadır. İlk olarak örme kumaşın yönünü ifade etmek için uygun bir geometrik model belirlenmiştir. Kompozitin lif içeriğini tahmin etmek için denklemler geliştirildi. İpliğin doğrusal yoğunluğunun ve örgü sıklığının kompozitin lif içeriğine etkisi öngörülmektedir. Bileşiğin elastik özellikleri ve ipliklerin etkin elastik özelliklerini birleştirerek belirlendi. Farklı lif içeriğine sahip örgü kompozitlerinin elastik özellikleri hesaplandı. Analitik yöntem, bir dizi deney sonuçları ile öngörüler karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Bu modelin uygulanabilirliği ve sınırlandırılması tartışılmıştır [12].

Dusserre G. ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, örgü takviyeli kompozitler, çok sayıda mevcut yapı sayesinde, çok çeşitli mekanik özellikleri kapsar. Bu çalışmada, yarı - analitik bir araçla, birkaç yerleştirme ile gerilmiş bir örgü takviyeli kompozitin elastik özelliklerini değerlendirerek örgü tasarımını geliştirmeye amaçlamıştır. Gerilmiş örgü geometrisi, kiriş teorisine dayalı bir gerdirme modeli ile elde edilir. Sonuçların plain (düz) örgünün yük gerinim eğrisiyle karşılaştırılması, modellenen geometri şeklinin gerçekçi olduğunu ve homojenizasyon modelinin deney verileri ile aynı olduğunu göstermektedir. Bu yarı - analitik araçla, örgü yapısı tasarımına yardımcı olabilecek bir modüle kıyasla radyal ve eksenel yöndeki tasarım haritasını çizmek için kullanılır [13].

1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmada, içten yanmalı motorlarda kullanılan turbo sisteminin önemli bir parçası olan akışkan taşıyıcı görevini yapan esnek, dayanıklı ve hafif olan kauçuk hortumların, turboşarj çıkışında artan basıncı karşılaması için daha dayanıklı hortumların olması gerektiği sonucuna varıldı. Bu sonuca; seri üretim örgü tipiyle üretilen hortumların üzerinde yapılan testlerde, hortumların başarısız olması nedeniyle karar verildi. Bu durumda, standart üretim yönteminde kullanılan kauçuk hortum takviye örgü tasarımının geliştirilmesiyle mümkün olacağı düşünüldü.

Bu nedenle, bu hortumların seri üretiminde düz (plain) tipi kullanılan örgü tasarımı ile birlikte, kilit (lock) ve elmas (diamond) olmak üzere farklı örgü tipi tasarımıyla üretilen hortumlar, deneysel olarak ömür testi makinesinde 3 farklı tip örgü için karşılaştırmalı testleri yapıldı; ömür testinde hangi tip örgü tasarımı ile üretilen hortumlar kaç çevrimde başarısız oldu kıyaslaması yapıldı ve her bir tip örgülü hortumdan test sırasında basınç altında çevrim sayısına bağlı olarak elde edilen verilerle çevrim sayısı – çap genişlemesi eğrisi oluşturularak performansları kıyaslamalı olarak değerlendirildi. Ayrıca her örgü tipi için deneme üretiminde, seri üretime uygunluğu bakımından; kolay, hızlı ve problemsiz üretilebilirlikleri incelendi.

Yapılan, biri seri üretim örgü tipi diğerleri iki farklı örgü tipi olmak üzere toplam üç farklı örgü tipiyle yapılan deneme üretimlerinde, elde edilen karşılaştırmalı deneysel sonuçlar ışığında, standart üretim metodunun dışında alternatif, artan basıncı karşılayan ve dinamik yükler altında daha iyi performans sergileyen Kilit (Lock) örgü tipinin kauçuk hortum üretiminde kullanılabileceği sonucuna varıldı. Ancak kolay ve hızlı üretilebilirlikleri bakımından Düz (Plain) örgü tipiyle üretim, en iyi sonucu verdi.

BÖLÜM 2. KAUÇUK HORTUM TASARIMI VE İMALAT YÖNTEMİ

Kauçuklar; oda sıcaklığında amorf, ortam sıcaklığından daha düşük camsı geçiş sıcaklığı olan çapraz bağlanmamış, ama çapraz bağlanabilme özelliğine sahip yani vulkanize olabilen polimerlerdir. Yüksek sıcaklıkta ve deforme edici kuvvetlerin etkisi altında koyu sıvımsı akış özelliği gösterirler. Böylece uygun şartlar altında şekillendirilebilirler.

Kauçuklar; yüksek esneklik, yüksek dayanım, düşük deformasyon ve yayılma, iyi dinamik özellikler, kolay işlenme, iyi yırtılma ve aşınma dayanımı ve polar sıvılara dayanıklılık gibi özelliklere sahip olmalarından dolayı araçların ısıtma / soğutma sistemlerinin, turbo sistemlerinin, yakıt sistemlerinin ve fren sistemlerinin çeşitli bölgelerinde kullanılırlar. Kauçuk hortumlar, yüksek esnekliklerinden dolayı özellikle araç içindeki hareketli bölgelerde kullanılmaya elverişlidir.

Kauçuk temelli malzemeler çalışma koşullarının farklı olmasından dolayı kendi içinde farklı kimyasal özelliklere sahiptirler. Örneğin; soğutma sisteminde kullanılan hortumdan su dayanımının iyi olması beklenirken, turbo sisteminde kullanılan hortumdan yağ direncinin iyi olması beklenir. Bundan dolayı, araçtaki kullanıldığı yere uygun özelliklere sahip kauçuklar, tür bazında farklılaşmayı beraberinde getirmiştir ve otomotiv sektöründe yaklaşık 15 farklı kimyasal özelliklere sahip kauçuk türü bulunmaktadır. Genellikle kauçuk hortumdan istenen özellikler; ozon dayanımı, ısı dayanımı, aşınma dayanımı, su dayanımı ve yırtılma dayanımının iyi olması beklenir. Soğutma sisteminde kullanılan kauçuk hortum genellikle EPDM olurken, turbo sisteminde kullanılan kauçuk türleri ise AEM ve ACM olur.

Kauçuk hortumlar yapısında örgü takviyesi olan ve olmayan hortumlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Örgü takviyesi olacak kauçuk hortuma çalışma koşullarına uygun özellikte takviye ip kullanılmalıdır. Takviye ipler çalışma şartlarının farklılığından dolayı farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptir. Kauçuk hortum üretiminde kullanılan ipler genellikle; P-aramid, M-aramid, Polyester (PET) ve diğerleridir.

P-aramid'ler; otomobil lastikleri içindeki çelik tellerin yerine kullanılacak bir malzeme arayışı esnasında, 1965 senesinde ilk defa Dupont tarafından geliştirilmiştir. Aramid ismi "aromatik poliamid" den türetilmiştir. Aramidin kimyevi bileşimi "poli para fenilen terepitemid" olarak tanımlanır. Bu nedenle malzeme yaygın olarak para-aramid olarak da adlandırılır. Aramid, organik polimerlerden naylon ailesinin bir üyesidir. Sıradan naylon türevleri üstün yapısal niteliklere sahip olmamakla birlikte aramidler yüksek mukavemete ve module sahip ilk organik liflerdir.

Dupont tarafından üretilen ilk para-aramid lifi ise "Kevlar" ticari adıyla tescil edilmiş bir malzemedir. Kevlar para-aramid olarak en bilinen markadır. Kevlar; yüksek mukavemet, düşük yoğunluk ve düşük kopma uzaması gibi özelliklere sahiptir.

M-aramid'ler; yine para-aramid gibi polyamid türevi bir malzemedir. Yalnızca monomer yapısındaki karboksillerin ve amin gruplarının zincirdeki yerleri değişmiştir. Kimyasal yapısının uzun adı poly (meta-phenyleneisophthalamide) dir. Yapısındaki bu değişiklik ipliğin fiziksel ve kimyasal özelliklerini tamamen değiştirir.

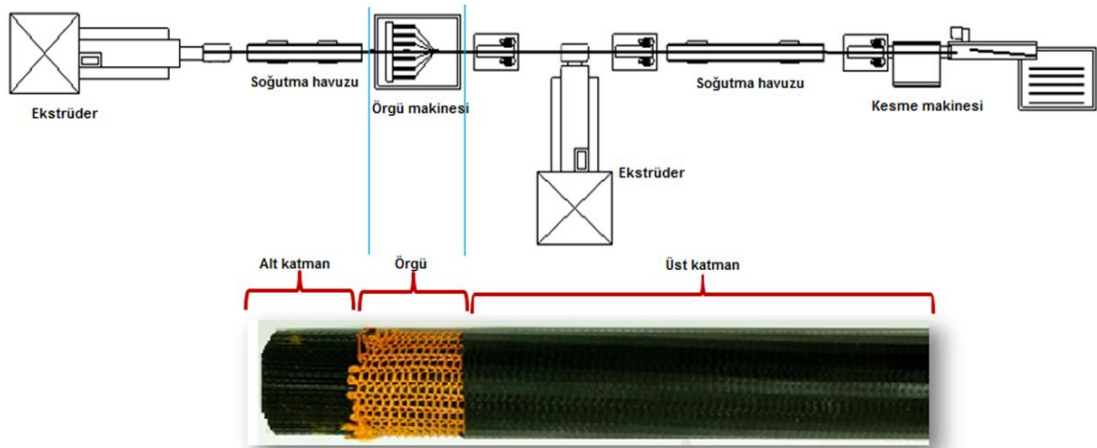
En iyi bilinen ve tekel durumundaki ticari markalı meta-aramid iplik Dupont'un ürettiği "Nomex" tir. Nomex' deki molekül dizilimindeki farklılık kendisine yüksek sıcaklıklara ve kimyasallara karşı yüksek dayanım kazandırır. Nomex; en önemli özelliği yüksek sıcaklıklara dayanabilmesi ve alev almamasıdır. 500 °C sıcaklıklara kadar ısı dayanım sağlar. Kimyasal dayanım olarakta oldukça iyidir. Tekstilde özellikle itfayeci elbiselerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada yapılacak kauçuk

hortumda çalışma şartlarının yüksek sıcaklık dayanımı istemesinden dolayı Nomex ip türü kullanıldı.

2.1. Kauçuk Hortum Üretim Prosesi

Kauçuk hortum üretiminde ilk etapta yarı mamul ürün elde etmek için ekstrüzyon prosesi yapılır ardından vulkanizasyon prosesiyle nihai ürün elde edilir. Şekil 2.1.'de ekstrüzyon prosesi aşamaları yer almaktadır.

2.1.1. Ekstrüzyon



Şekil 2.1. Yarı mamul üretim prosesi genel dizilişi

Ekstrüzyon, yarı mamul olarak ifade edilen kauçuk hortum üretilmesini sağlayan sürekli bir kauçuk işleme prosesidir. Bu prosesin en önemli elemanları ekstrüder ve örgü makinesinden oluşmaktadır [14].

Bir ekstrüder makinasının temel işleyişi, belirlenmiş bir geometriye sahip yarı mamul elde etmektir. Makina; besleme penceresinden aldığı kauçuk hamurunu, belirli bir sıcaklık seviyesinde kalmak kaydıyla; istenen geometriye sahip kalıbın bulunduğu kafa kısmına kadar taşıyarak burada bir basınç oluşturmasıdır. Bu basınçla birlikte akışa zorlanan hamur, kalıp boşluğunun oluşturduğu şekliyle sabit ölçüde sürekli ürün eldesi oluşturulur.

Ekstrüder’de beş ana bölüm bulunmaktadır. Bunlar;

- 1) Vida
- 2) Vidayı çevreleyen extruder namlusu
- 3) Extruder kafası
- 4) Sıcaklık kontrol sistemi
- 5) Tahrik grubudur

Ekstrüder prosesindeki tüm ısıtma işlemi, silindir çevresinde bulunan ve içinden sıcak su geçirilen ısıtma boruları, elektrikli kafa (kalıp bölgesi) ısıtıcılar ve iç sürtünme ile gerçekleştirilir. Sıcaklıkların ayarlanan değerlerde kalması thermoregülatörler aracılığı ile otomatik olarak sağlanmaktadır. Genel olarak besleme ve kafa bölgesi diğer bölgelere göre daha yüksek sıcaklıklarda çalışmaktadır.

Ekstrüderde vida, bir dişli kutusu yardımıyla ekstrüder motoruna bağlıdır. Ekstrüder doğru akım sürücüsü tarafından kumanda edilen DC motor yardımıyla tahrik edilmektedir. Vida devri ayarı kumanda paneli üstünde bulunan potansiyometrelerden ayarlanabildiği gibi senkronizasyonu yapılmış hatlarda otomatik olarak da yapılmaktadır.

Ekstrüzyonu yapılan parçanın geometrik olarak stabil olması bir Ekstrüderden beklenen en temel işlemdir. Yarımamul’ün ölçülerinin sabitlenebilmesi için kalıp arkasında bulunan basıncın sabit olması gerekir. Kafa basıncı olarak anılan bu basınç, temel olarak karışımın üniform olmasına, vida devrine ve extruder bölge sıcaklıklarına bağlıdır.

Ekstrüzyonla üretilen yarı mamul kauçuğun, nihai ürün haline ulaşması ve kauçuk hortumun son şeklini alması için vulkanizasyon işlemi uygulanır.

2.1.2. Vulkanizasyon

Kauçuğun, çapraz bağlanabilme özelliği vulkanizasyonla açıklanabilir. Vulkanizasyon, kauçuğun yapı değişikliğine uğrayarak (çapraz bağlanma reaksiyonu) ve geri dönüşümsüz olarak elastik özelliklere sahip bir duruma gelmesi ve getirilmesi işlemidir.

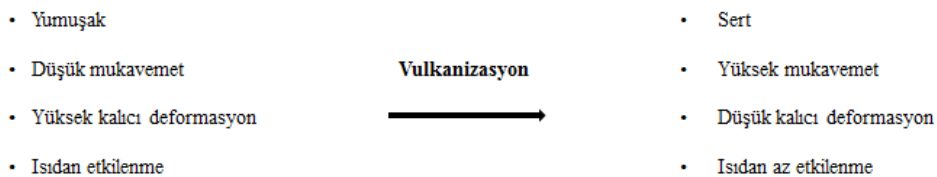
Ekstrüzyonla üretilen yarı mamul ürünün otoklav (basınçlı kap) içine konularak tesbit edilen uygun buhar basıncı ile doğrudan temas halinde ve uygun zaman kadar bekletilmesi işlemi (vulkanizasyon) tarif eder. Vulkanizasyon öncesi yüksek plastik özellikler, vulkanizasyon sonrası, yerini yüksek elastik özelliklere bırakır [15].

Pişmemiş yarı mamul kauçuk, şeklini alacağı geometriye sahip çelik bir maçaya takılarak pişirme işlemi yapılır. Pişirme işleminden sonra nihai şeklini alacağı hortum halini kazanmış olur. Şekil 2.2.'de maçaya takılmış yarı mamul ürünler ve vulkanizasyon aşaması yer almaktadır.



Şekil 2.2. Vulkanizasyon işlemi

Vulkanizasyon prosesinden öncesi ve sonrası olarak aşağıdaki Şekil 2.3.'de olduğu gibi özetlenebilir;

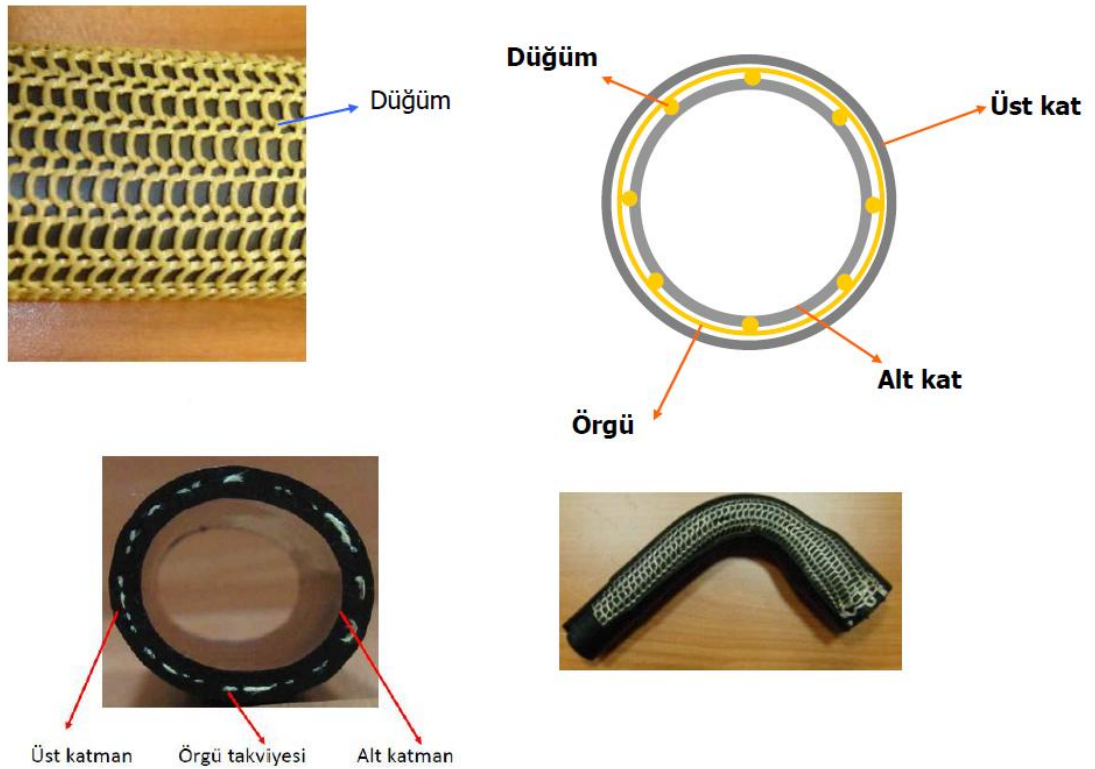


Şekil 2.3. Vulkanizasyon öncesi ve sonrası

Piştirme işlemi karışımın içindeki kimyasallara göre farklı sıcaklıklarda, farklı sürelerde olabilir. Bu kimyasal etkileşim hesaplanmasıyla ortaya çıkacak bir zaman dilimidir.

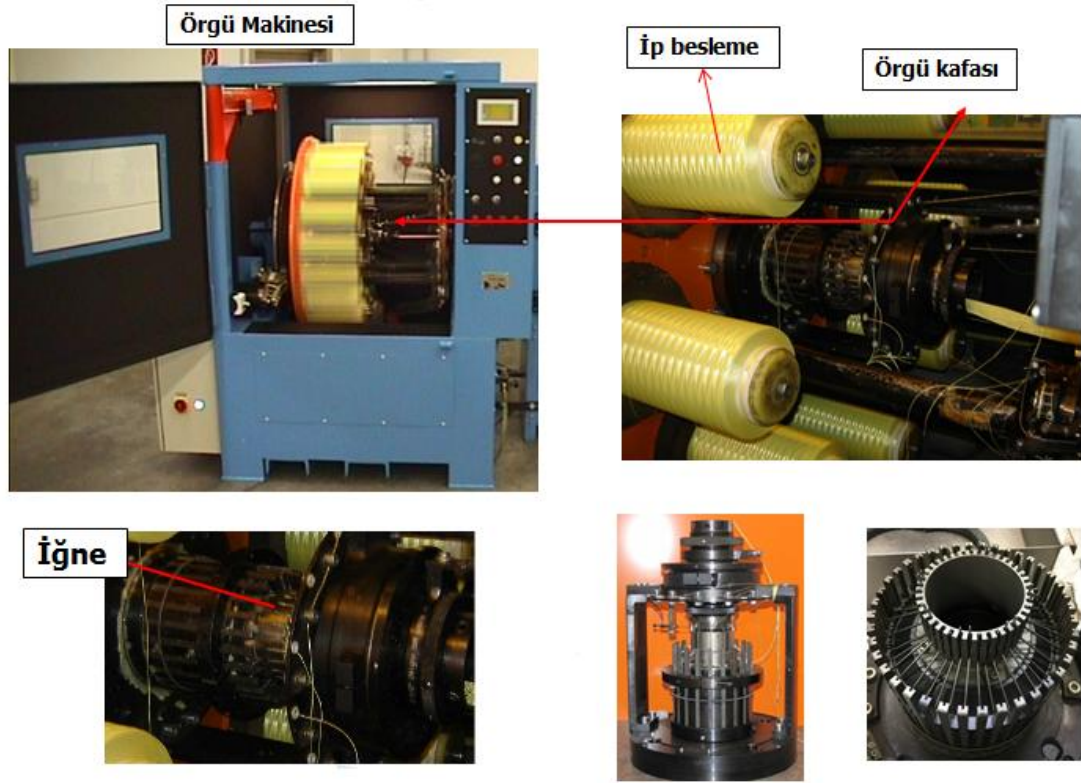
2.2. Örgü Tasarımlarına Genel Bakış ve Örmeye Prensipleri

Kauçuk hortum endüstrisinde hortuma dayanım kazandırmak için takviye elemanı olarak ip kullanılır. Örgü makinesinde bulunan iğnelere, ip beslemesi yapılarak alt kat kauçuk üzerine çevresel olarak örgü oluşturulur. Şekil 2.4.'de takviye örgü örneği yer almaktadır.



Şekil 2.4. Takviye örgü

Alt kat kauçuk üzerine örgü makinesinde bulunan örgü kafası ile hortuma dayanım sağlayan örgü oluşturulur. Şekil 2.5.'de örgü makinesi yer almaktadır. Bu örgü tipide örgü kafasında bulunan kam ve uygun iğne tipiyle sağlanır. Elektrik tahrikli motordan aldığı dairesel hareketle dönmeye başlayan kam, örgü oluşturmak için bu hareketi aksinel hareket olarak iğnelere aktarır.



Şekil 2.5. Örgü makinesi ve örgü kafası (Harry Lucas) [16]

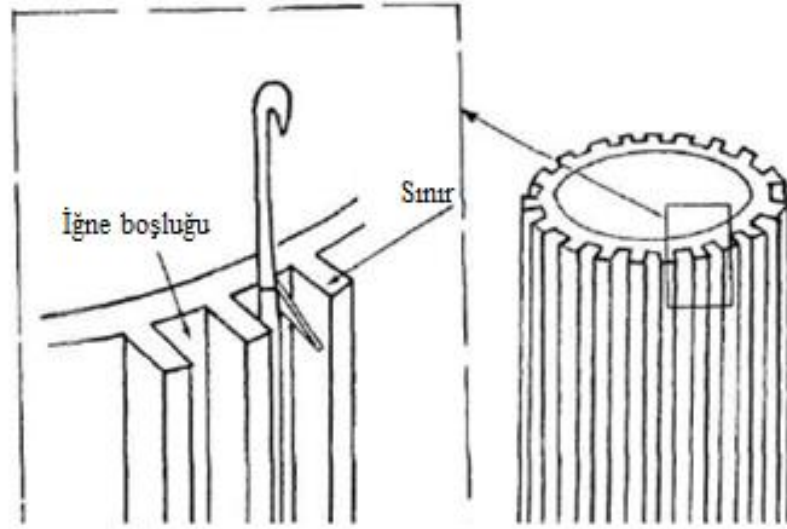
Takviye örgünün amacı:

- 1) Akışkan taşıyan kauçuğun, basınç altında iken kauçuğun genişlemesini sınırlandırmak
- 2) Kauçuk hortumun basınç ve dinamik yükler altındayken hortuma dayanım kazandırmak
- 3) Kauçuk hortumu çevresel olarak sararak yarı mamul halinde iken çapsal olarak genişlemesini sınırlandırmak

Kauçuk hortum üretiminde takviye örgüsünün oluşum şekli şu şekildedir;

Çevresel örgü oluşturan makinelerde, örgü oluşturma temel prensibi iğnelerin hareketini sağlayan kam ve iğnelerdir. İğne göbeği, iğnelerin düzenli olarak konumlanmasını, belirli aralıklarla yerleşmesini ve yanal hareketlerini sınırlandırır. İğneler sabittir, kam dairesel hareket yaparak; iğnenin kendi eksen boyunca yukarı aşağı hareketini sağlar ve düğüm oluşturur.

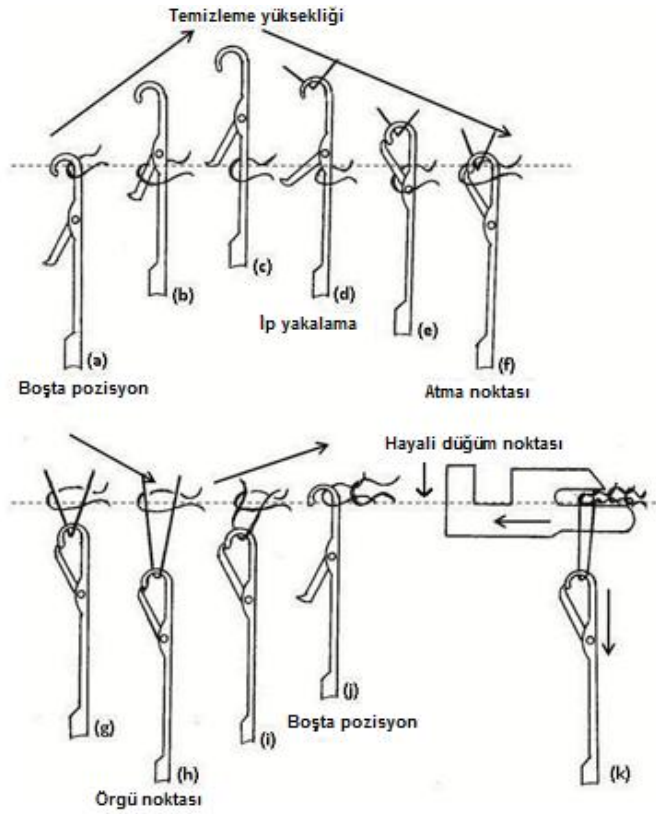
Şekil 2.6.'da iğnelerin konumlandırmasını sağlayan ve yanıl hareketini engelleyen iğne göbeği yer almaktadır.



Şekil 2.6. İğne göbeği [17]

Düğüm oluşturma amacıyla, iğneler kendi ekseni boyunca iğne yatağı boşluğu içinde hareket etmektedir. İğnelerin bu aksenal hareketi bir kam sistemi veya kam profili vasıtasıyla üretilir.

Genellikle, kam yüzeyinde oluk veya kanal oluşturulur. İğneler bu kanalın içine yerleştirilir ve iğneler kam sisteminin profilini takip etmeye zorlanır. Kam profiline göre, iğneler yukarı aşağı hareket eder ve ilmek oluşturur. Şekil 2.7.'de iğnelerin yukarı ve aşağı hareketi esnasında düğüm oluşturması yer almaktadır.



Şekil 2.7. İğne düğüm oluşum döngüsü [18]

İğnenin boşta konumu (a): İğnenin ucu, eşğin biraz üstünde bulunur. Önceki besleyici zamanda oluşan düğüm iğne ucu içindedir.

Kanca açılması (b): İğne kam profilini izlerken, iğne kam tarafından kademeli olarak yukarı doğru hareket ettirilir. Düğüm aşağıya doğru kayar.

Temizleme yüksekliği (c): İğne kamın en üstüne çıkar ve önceki düğüm kancadan kurtulmuş olur.

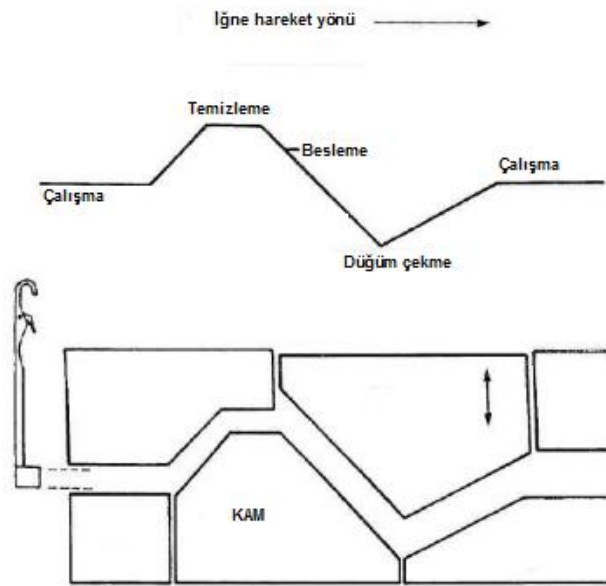
İp besleme ve kanca kapama (d ve e): İğne, kam profilini izleyerek aşağıya doğru inmeye başlar. İğne gövdesi üzerinde kayan eski düğüm, kancanın altına gelir. Bu yükseklikte iğneye yeni iplik beslenir ve iğne aşağı doğru harekete devam eder. Düğüm, kancayı kapatır ve kancayı geçer.

Atma noktası (f): İğne kafası düğüm noktası seviyesine yaklaştığında, eski düğüm iğneyi kaydırır ve içinden yeni düğüm geçirilir.

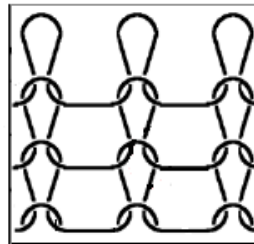
Örgü oluşumu (g ve h): Yeni düğümü kancasının içine alan iğne, kam içerisinde daha ileri gider ve düğüm boyutu kademeli olarak artar. İğne kamın en alt düzeyine ulaşır. En alt noktaya örgü noktası denir.

İğnenin boşta konumu (i ve j): Kancanın içindeki yeni düğüm iğneyle birlikte yukarıya doğru hareket eder. Bir düğüm için döngü tamamlanmış olur [18].

Kam içinde iğnenin hareket döngüsü Şekil 2.8.'de gösterilmiştir. Bununla birlikte oluşan örnek örgü ve düğümleri Şekil 2.9.'da yer almaktadır.

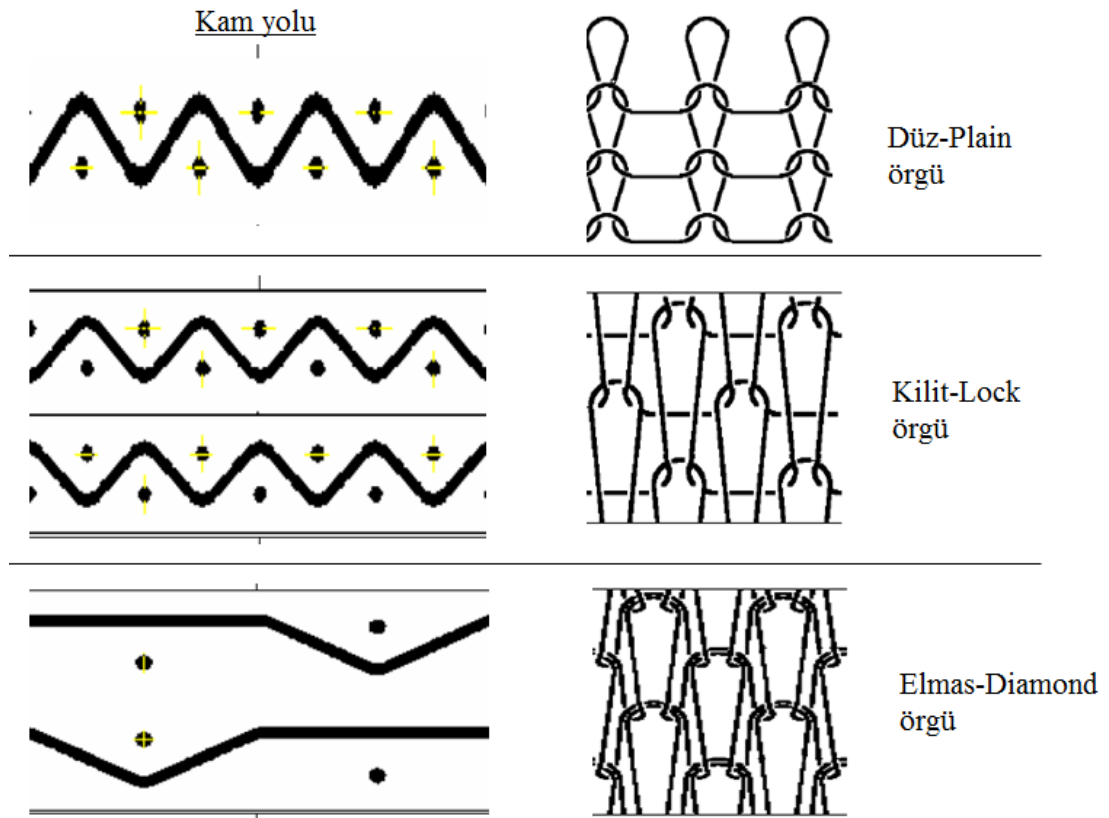


Şekil 2.8. Kam yolu ve iğne döngüsü [17]



Şekil 2.9. Örgü oluşumu

Farklı türlerde yapılan örgü tipi için farklı tip kam kullanılır. Bir başka ifade ile, her örgü tipi için farklı kam yolu veya profili kullanılmaktadır. Bu tezde, farklı kam yollarıyla oluşturulmuş farklı tiplerde örgü tasarımlarının hortum performansına etkisi incelendi. İlâveten, üretilen hortumlarda üç farklı kam kullanıldı ve bununla birlikte üç farklı örgü tasarımı oluşturuldu. Çalışması yapılan örgü tasarım tipleri Şekil 2.10.'daki gibidir.



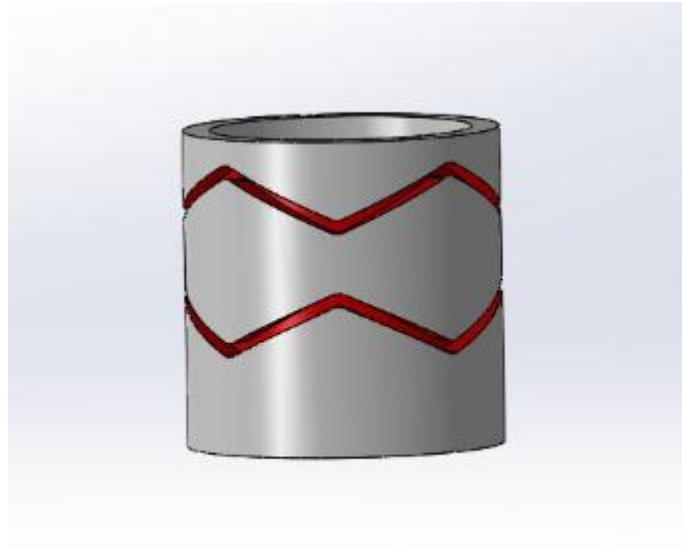
Uygulanan kam sisteminde, kam'ın yüksek hızda dönme hareketi ile birlikte iğnelerinde yüksek hızlı hareket etmesi sağlanır ve bu sayede örgü oluşur. Bu nedenle, kam yolu veya profilinin üretimi için azami özen ve önem verilmesi gerekmektedir. Çünkü her kam profilinin uygun maksimum bir kam açısıyla birlikte, iğnenin maksimum indiği ve çıktığı bir mesafe bulunmaktadır. Kam yolu bu maksimumu aştığında, iğnenin; kamın yanal yüzeyi ile iğne göbeği duvarı arasındaki açıda sıkışmasına neden olacaktır [11]. Ayrıca, kam yolunun uygun olmaması durumunda iğnelerin düzgün şekilde yön değiştirememesine ve iğnenin maksimum

çıkacağı mesafede ip beslemenin yapılamaması veya indiği en alt seviyede iğne kancasından ipi bırakamamasına neden olacaktır.

2.3. Kilit (Lock) Örgü Üretimi İçin Kam Çizimi

Bu çalışmada kilit (lock) örgü ile hortum üretimi için gerekli olan, iğnelerin yukarı aşağı hareketini sağlayarak örgü oluşumunu sağlayan kam'ın çizimi ve imalatı yapıldı.

Kam çiziminde Solidworks programı kullanıldı. Standart üretimde kullanılan düz (plain) kam yolunun bir benzeri olup, sadece kilit örgü oluşturmak için bir kamda iki aynı yol olması gerekmektedir. İğnenin maksimum ineceği ve çıkacağı mesafe, kam yolundaki yarıçap miktarı gibi ölçüler kam imalatı için en önemli parametrelerdir. Bu ölçüler uygun olmadığı zaman örgü oluşmaz. Şekil 2.11.'de çizimi yapılan kam gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Solidworks'de çizimi yapılan kilit (lock) kam'ı

2.4. Kam İmalatı

Paslanmaz çelikten imal ettirilen kam, kam yolunun pürüzsüz olması gerektiğinden o bölgeye polisaj işlemi ve yaklaşık 450 dev/dk' yı bulan yüksek dönme hızları nedeniyle aşınmayı önlemek için yüzey sertleştirme işlemleri yaptırıldı. İmal edilen kam Şekil 2.12.'deki gibidir.



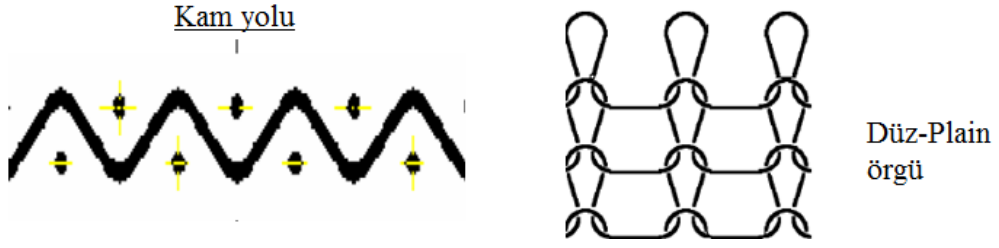
Şekil 2.12.İmalatı gerçekleştirilen kam

BÖLÜM 3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada, 3 farklı örgü tasarım tipi ile hortum üretimi gerçekleştirildi. Örgü oluşturmak için en önemli parametre olan kam yolu, üretimi gerçekleştirilmek istenen örgü tipleri için imalatı yapıldı veya temin edildi. Bu 3 farklı örgü tasarım tipi; seri üretimde kullanılan düz (plain) örgü tipi ve yeni çalışması yapılan örgü tipleri ise kilit (lock) ve elmas (diamond)' dır. Yeni yapılan örgü tasarım tiplerinde; örgü oluşturabilme özelliğine bakılmanın yanısıra seri üretime uygunluğu ve örgü oluşturulma süresi göz önünde bulunduruldu. Her bir örgü tasarım tipiyle üretilen hortumlar deneysel olarak ömür testleri gerçekleştirilerek performansları incelendi ve karşılaştırılma yapıldı.

3.1. Düz Örgü ile Hortum Üretimi - Standart Üretim Örgü Tipi

Düz (Plain) örgü tipi kauçuk hortum üretiminin standart bir üretim şekli olup, çoğunlukla bu tasarım kullanılır. Bunun nedeni olarak; hortum üretim aşamasında problem veya sorun çıkarma olasılığının düşük olması, seri üretime uygunluğu, operatörler tarafından kolayca ve hızlıca örgü aldırmaı başarabilmesi, yedek parçalarının kolay bulunabilirliğı ve daha ucuz olması, bakım zamanının uzun olması gibi sebepler bu örgü tipinin genellikle tüm kauçuk hortum üreticileri tarafından tercih edilmesini sağlamıştır. Kam yolunun ve üretilecek örgü tipi Şekil 3.1.'de yer almaktadır. Kam yolu; oluşturulacak örgü tipi için çok önemli parametrelere bağlıdır. Bunlar; alt üst mesafe, kam açısı, kam yolu arasındaki mesafe, alt üst yarıçap gibi ölçülerde meydana gelen hata örgü oluşmamasına neden olur.

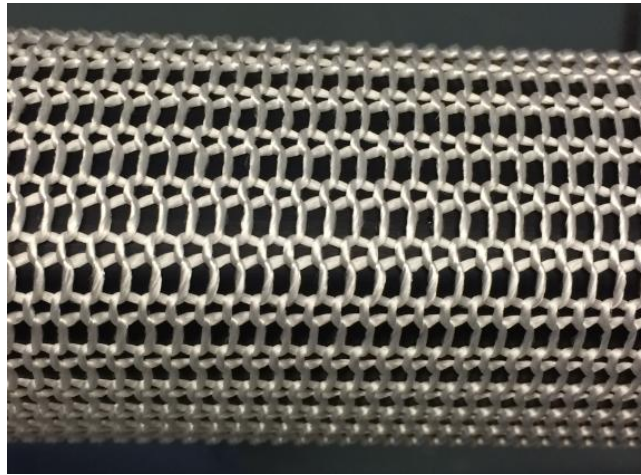


Şekil 3.1. Düz örgü için kam yolu ve düz örgü oluşumu [16]

Alt kat kauçuk üzerine yapılan örgü ve kullanılan kam Şekil 3.2.'de ve Şekil 3.3.'de yer almaktadır. Deneysel çalışma yapılan örgü tipleri arasında en kolay ve hızlı üretim bu örgü tipiyle sağlandı.



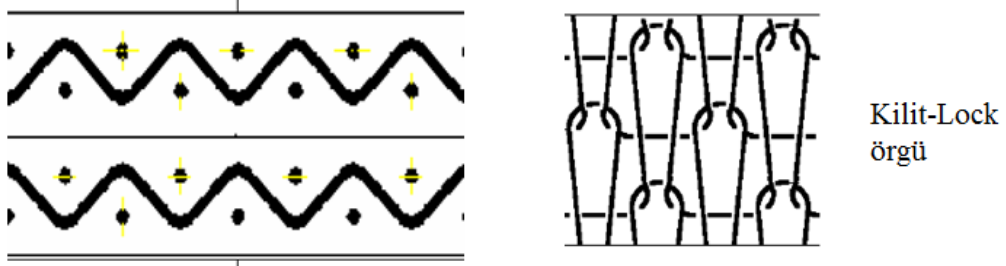
Şekil 3.2. Düz (plain) örgü oluşturmak için kullanılan kam



Şekil 3.3. Düz (plain) örgü

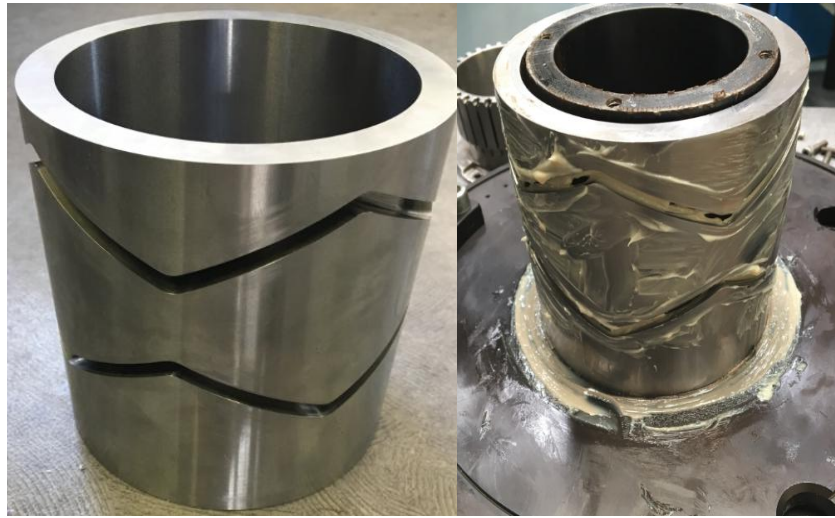
3.2. Kilit Örgü ile Hortum Üretimi - Yeni Çalışılan Örgü Tipi I

Denemesi yapılan Kilit örgü için kullanılacak kam yolu ve oluşturulacak örgü Şekil 3.4.'deki gibidir.



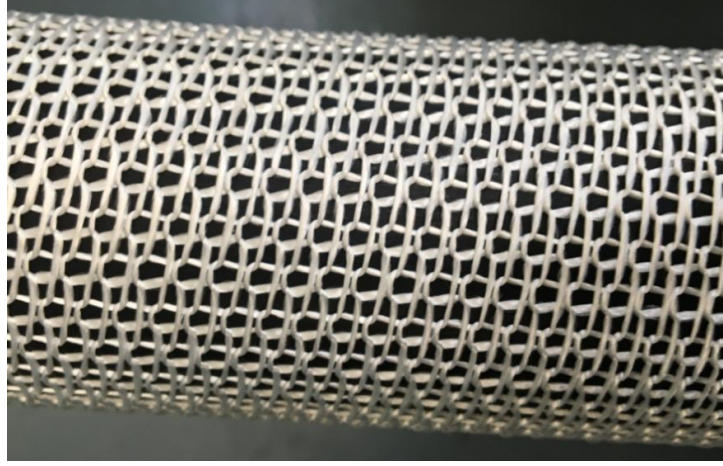
Şekil 3.4. Kilit örgü oluşturmak için kam yolu ve kilit örgü [16]

Şekil 3.5.'de kilit örgü için kullanılan kam ve montajı yer almaktadır.



Şekil 3.5. Kilit (lock) örgü oluşturmak için kullanılan kam

Birçok örgü aldırma denemeleri olumsuz sonuç vermiş ancak devam eden çalışmalar (ayar) sonrasında örgü aldırma başarılı oldu. Şekil 3.6.'da oluşturulan örgü yer almaktadır.



Şekil 3.6. Kilit (Lock) örgü

3.3. Elmas Örgü ile Hortum Üretimi - Yeni Çalışılan Örgü Tipi II

Denemesi yapılan Elmas örgü için kullanılacak kam yolu ve oluşturulacak örgü Şekil 3.7.'deki gibidir.



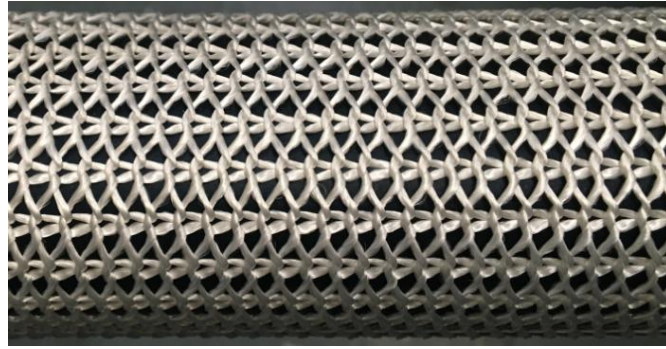
Şekil 3.7. Elmas örgü için kam yolu ve elmas örgü [16]

Şekil 3.8.'de elmas örgü için kullanılan kam ve montajı yer almaktadır.



Şekil 3.8. Elmas (diamond) örgü oluşturmak için kullanılan kam

Birçok kez örgü aldırma denemeleri olumsuz sonuç verdi, kilit örgü aldırma çalışmalarına kıyasla çok daha zor (x3) örgü aldırıldı. Ancak devam eden çalışmalar (ayar) sonrasında örgü aldırma başarılı oldu. Çalışması yapılan örgü tipleri arasında, en zor üretimi yapılan örgü tipi elmas örgü ile sağlandı. Örgü aldırma pozisyonunun bilinmemesi ve ilk kez denenmiş olması bu olumsuzlukların yaşanması için bir etken oldu. Şekil 3.9.'da oluşturulan örgü yer almaktadır.



Şekil 3.9. Elmas (Diamond) örgü

3.4. Ömür Testleri

Kauçuk hortum sektöründe üretilen hortumların performansını ölçmek için ömür test makineleri ile araçtaki konumu, çalışma sıcaklığı ve basıncı simule etmek; bu sayede gerçek durumda araç üstünde dinamik yükler altında nasıl davranış göstereceği gözlemlenmiş olur. Bu nedenle her araçtaki çalışma sıcaklığı ve çalışma basıncı aralığı değişkenlik göstermektedir. Düz, kilit ve elmas örgü tasarımı ile üretilen hortumlar, ana hat basıncını ayarlayarak, rezistanslar aracılığıyla istenen test sıcaklığını, istenen basınç profilini ayarlayarak ve tüm bunları makineye entegreli yazılım doğrultusunda ayarlayacak kapasiteye sahip test makinesinde deneysel olarak test edildi.

Üç farklı tip örgü ile üretilen hortumlar, kıyaslamalı olarak ömür test makinesine bağlandı. İstenen basınç profili (sinüs grafiği: periyod 0,5 Hz) ve test sıcaklığı yazılıma girildi. Test sırasında hortumlara maksimum basınç verilirken her beş bin çevrim (1 çevrim= 2 sn) sayısında hortumların çevresel çapı, ip ile ölçüldü ve ilk haline göre oluşan çevresel çap değişimine bakıldı. Bu sayede belirli bir çevrim

sayısında hangi tip tasarım çapta ne kadar deformasyona uğradı gibi veriler elde etmemize olanak sağlamış oldu. Bu süreç hortumlar başarısız oluncaya kadar devam edildi. Şekil 3.10.'de ve Şekil 3.11.'de ömür test makinesine bağlanan, üç farklı örgü tasarımı ile üretilen hortumlar yer almaktadır.



Şekil 3.10. Ömür testleri-Düz (Plain) örgü ile Kilit (Lock) örgü

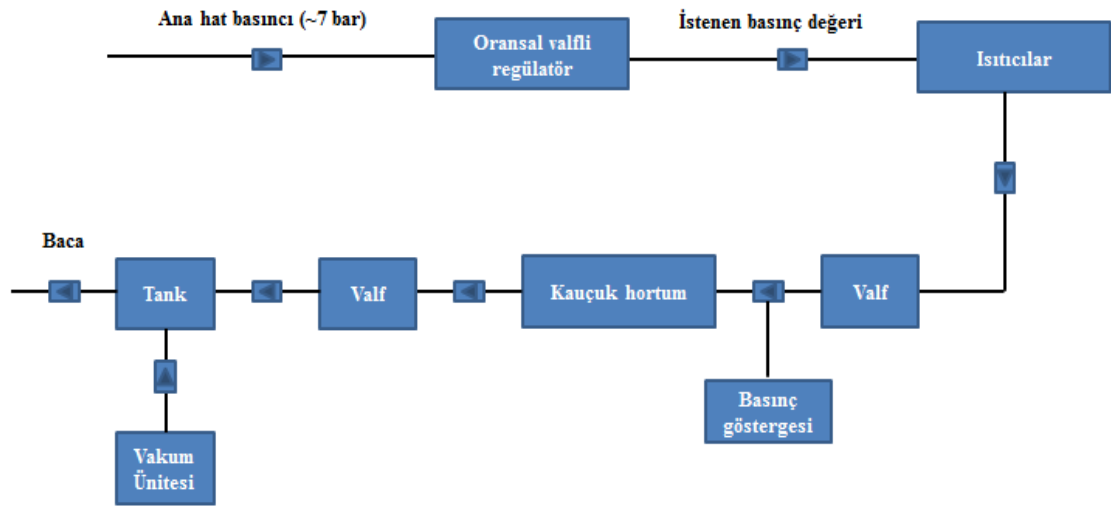


Şekil 3.11. Ömür testleri-Elmas (Diamond) örgü ile Kilit (Lock) örgü

Her bir tip örgü tasarımı ile üretilen hortumlardan beşer adet test edildi ve başarısız oluncaya kadar çevresel ölçümleri alındı. Kıyaslı elde edilen sonuçlar Bölüm 4'te anlatıldı.

3.5. Test-Deney Düzenegi

Üç farklı kam kullanılarak üretilen üç farklı tip örgü tasarımı, deneysel olarak ömür test makinesinde karşılaştırmalı testleri yapıldı. Test makinesinde bulunan yazılım ile hortumlara uygulanacak basınç profili ve basınç ayarlanarak test gerçekleştirildi ve tüm örgü tipleri aynı şartlarda test edildi. Genel olarak ömür test makinelerinde, hortumlara basınç verilme ve bırakılması profili (genelde sinüs grafiği) uygulanır. Şekil 3.12.'de ömür test makinesinde bulunan test düzenegi yer almaktadır. Ana hat basıncını, yazılımdan aldığı istenen basınç değerine ayarlayan oransal valfli regülatör ile hortum içine basınç uygulanır.



Şekil 3.12. Test makinesi için test ekipmaları düzenegi

Testleri sırasında, hortumlar basınç altındayken her beş bin çevrim sayısında (bir çevrim 2 saniye, bir saniyede maksimum basınca çıkarken bir saniyede de minimum basınca iner) hortumların tabi haline göre oluşan çevresel çap değişimine bakıldı ve hortumlar başarısız olana kadar bu ölçüm devam ettirildi.

Bilgisayar yazılımı ile entegreli çalışan test makinesi ekipmanları düzenegi; hortuma istenen basınçta havayı, hava giriş kanalından vererek iletir ve çıkış kanalından çıkar. Şekil 3.13.'de ömür test makinesi genel görünüşü yer almaktadır.



Şekil 3.13. Ömür test makinesi

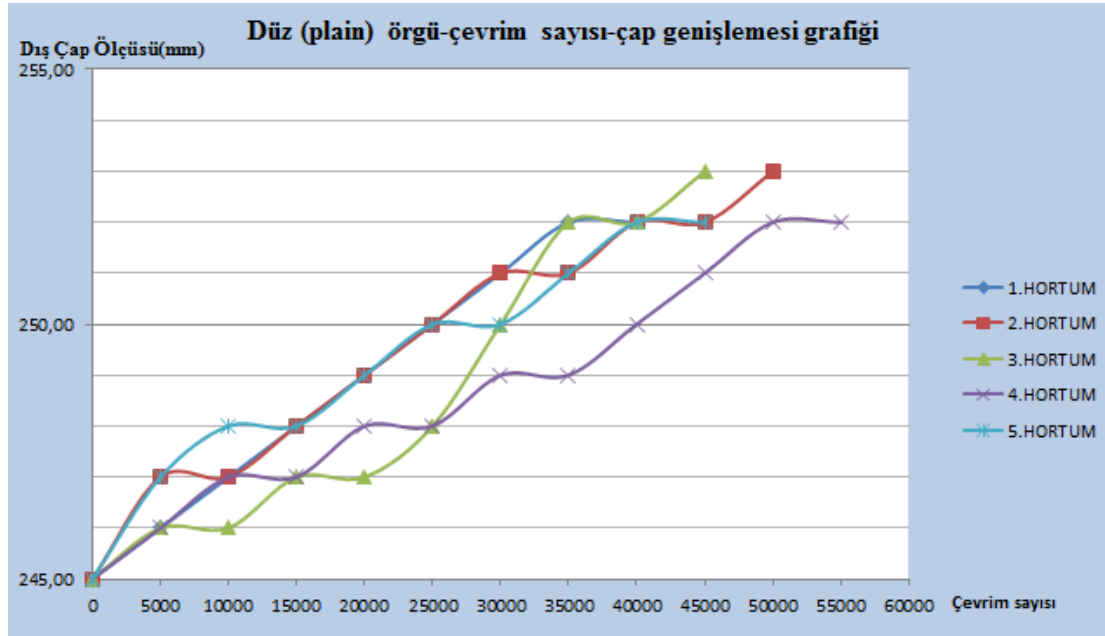
Hortumların ömür testini geçip geçememesi, hortumların üretimi sırasında kullanılan örgü tasarımlarıyla doğrudan bağlantılı olduğu yapılan testler neticesinde net bir şekilde görüldü. Uygulanan bu test, zorlu basınç şartları altında gerçekleştirildi ve üretilen örgü tipleri arasında, mukayeseli sonuç elde etmemize olanak sağladı.

BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

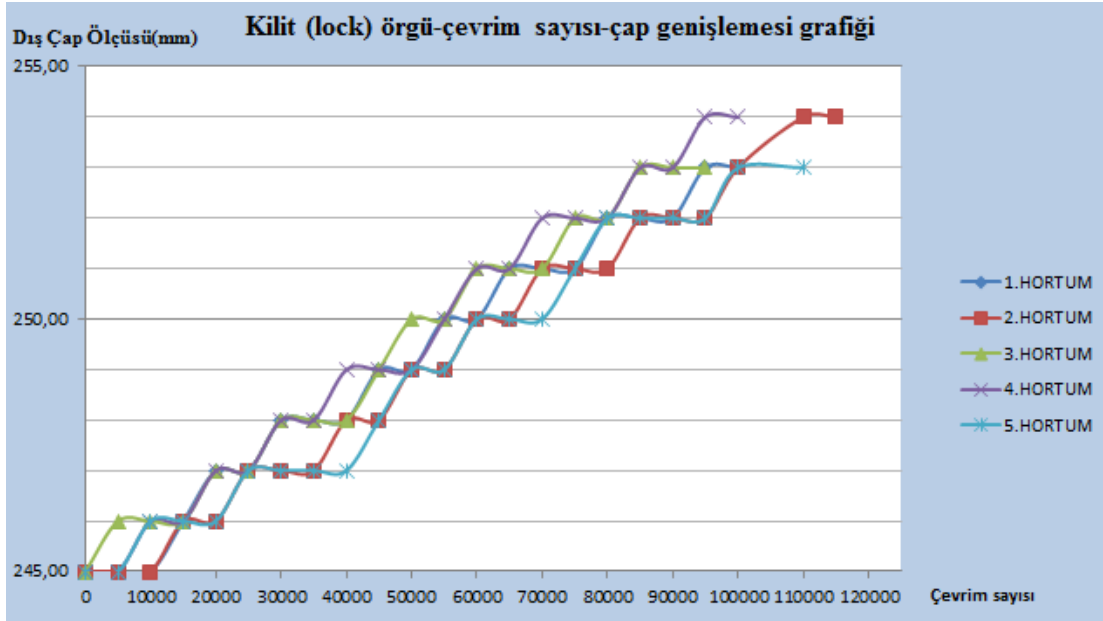
4.1. Ömür Testi Sonuçları

Düz (plain) örgü, kilit (lock) örgü ve elmas (diamond) örgü tasarımlarıyla üretilen hortumlardan, her örgü tasarımından beşer adet hortum üzerinden ömür testleri gerçekleştirildi. Ömür testleri sonucunda kilit (lock) örgü çevrim sayısı bakımından en iyi sonucu verdi.

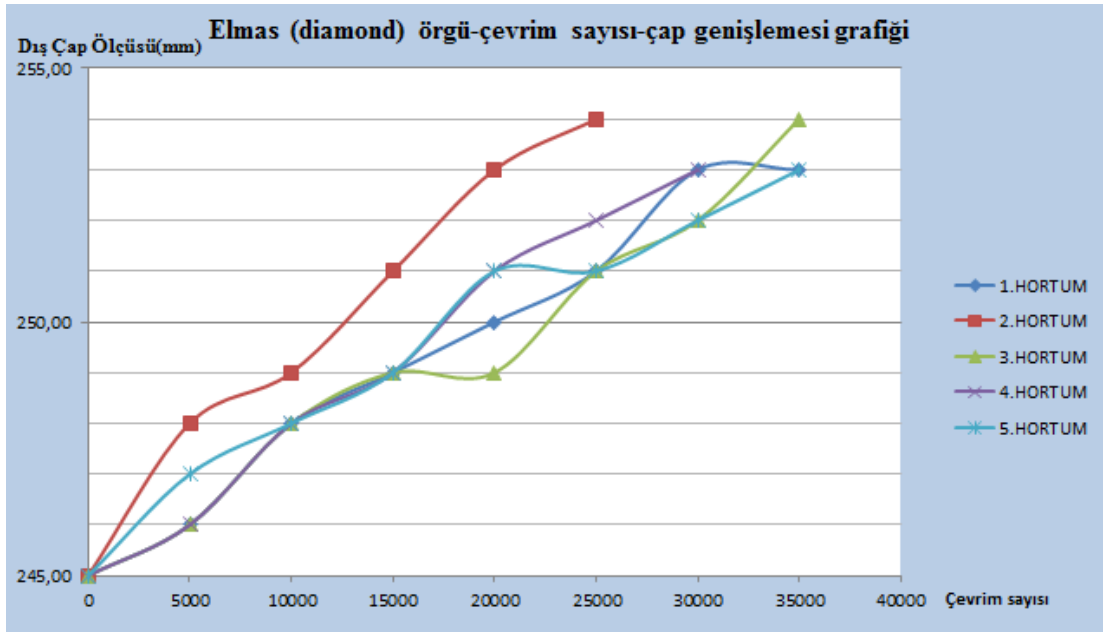
Hortumların performans testinden elde edilen çevrim sayısına bağlı olarak çevrim sayısı - çap genişlemesi grafikleri Şekil 4.1.'de, Şekil 4.2.'de ve Şekil 4.3.'deki gibidir.



Şekil 4.1. Düz (plain) örgü, çevrim sayısı-çap genişlemesi



Şekil 4.2. Kilit (lock) örgü, çevrim sayısı-çap genişlemesi



Şekil 4.3. Elmas (diamond) örgü, çevrim sayısı-çap genişlemesi

Elde edilen grafiklerden de anlaşılacağı üzere, 0.çevrimde yaklaşık 245 mm gelen hortum dış çapı (basınç verilmiş iken), hortumun başarısız olduğu çap ölçüsü ise (basınç verilmiş iken) ortalama 253 mm ölçüldü. Bu değer yaklaşık %3,2'lik çap artışı olduğu zaman hortumda başarısızlığa yol açtığını gösterdi. Bu artışa en erken elmas örgü ardından düz örgü tasarımı ile üretilen hortumlar ulaştı. En iyi sonuç kilit örgüyle elde edildi.

Kilit örgü hortumda, çevresel genişlemeyi sınırlandırdı ve hortum performansına olumlu etki yaptı.

Çıkarılabilecek diğer sonuç, sıcaklık ve basınç altında iken hem kauçuk hortum hem de örgü, çevrim sayısı ile doğru orantılı bir şekilde elastikiyet özelliğini yitirip zamanla elastik bölgeden akma noktasını aşarak plastik bölgeye geçerek kalıcı deformasyona uğradı. Böylece hortumda çap artışı kademeli olarak artış gösterdi. Aynı basınçta artan çapla birlikte iç kuvvetin de artmasıyla ipe gelen yük dahada arttı ve ip sürekli zorlanmaya başladı. Bununla birlikte örgü yapısının hortumun başarısızlığında önemli bir rol oynadığı görüldü.

Burada kilit örgünün daha iyi sonuç vermesi, birim alandaki örgüden gelen ip yoğunluğunun düz ve elmas örgüye kıyasla daha fazla olduğu için test sırasında oluşan basınçtan gelen yük veya kuvvetten daha az etkilendiği ve birim zamandaki ipin uzamasının da daha az olmasını sağladı.

4.2. Değerlendirme

Bu çalışmada, kauçuk hortum ömrüne doğrudan etki eden takviye örgüsünün farklı tasarımları ile hortumlar üretilip deneysel olarak karşılaştırmalı ömür testleri incelendi, takviye örgü tasarımlarının hortum ömrüne etkisine bakıldı. Bu test aşamasında hortumların başarısız oluncaya kadar basınç altında çevresel ölçümleri alınarak, başarısız olduğu zaman çevresel artışın ne kadar olduğu tespit edildi. Sonuç olarak, çevresel artış; aynı çevrim sayısında en az kilit (lock) örgüde oldu. Bu nedenle en uzun çevrimi bu örgü tipi ile elde edildi. Bunun nedeni olarak birim alandaki ip yoğunluğunun diğer örgü tiplerine göre daha fazla olduğu için gelen kuvvetin daha fazla ip ile karşılanıyor olması yani bir ipe gelen kuvvetin daha az olmasıyla değerlendirilir. Tüm elde edilen sonuçların değerlendirmesi Tablo 4.1.'de yer almaktadır. Standart üretim olan düz örgüye alternatif, dinamik yükler altında daha iyi performans sergileyen Kilit(Lock) örgü tipinin kauçuk hortum üretiminde kullanılabileceği sonucuna varıldı.

Tablo 4.1. Sonuçların değerlendirilmesi

Değerlendirme	Düz(plain) örgü	Kilit(lock) örgü	Elmas(diamond) örgü
Avantaj	Standart örgü tipi Uzun süre deneyim İyi örgü tekrarlanabilirlik İyi form verilebilirlik Az ip kullanımı İyi-örgü oluşturma süresi	İyi ömür testi davranışı Düşük hortum şişmesi	Düşük hortum şişmesi
Dezavantaj	Yüksek hortum şişmesi Orta ömür testi davranışı	Standart dışı örgü tipi Çok az- süre deneyim Orta- form verilebilirlik Çok- ip kullanımı Orta- örgü tekrarlanabilme Kötü- örgü oluşturma süresi	Standart dışı örgü tipi Kötü-ömür testi Kötüform verilebilirlik Orta- ip kullanımı

Bu çalışmada, yapılan yeni örgü tasarım denemeleriyle üretilen hortumların performans testleri karşılaştırması, ömür test makinesinde yapılan test sonucunda ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın daha ileri seviyeye geliştirilmesi bakımından, birçok örgü tipinin denemesi yapılmadan sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilecek verilerle deneysel çalışma yapmanın yanısıra tek deneme ile sonuç alınabilir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.mazdarotary.net/turbo.html>.
Erişim Tarihi: 12.11.2017.
- [2] <http://www.calismaprensibi.com/turbo-asiri-besleme-nasil-calisir.html>.
Erişim Tarihi: 07.10.2017.
- [3] Romagnolia A., Manivannana A., Rajoob S., Chiongb M.S., Feneleyc A., Pesiridisc A., Martinez-Botas R.F., A review of heat transfer in turbochargers, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79:1442–1460, 2017.
- [4] Marelli S., Carraro C., Moggia S., Capobianco M., Effect of Circuit Geometry on Steady Flow Performance of an Automotive Turbocharger Compressor, 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, 101: 630 – 637, 2016.
- [5] Muqem M., Ahmad M., Sherwani A.F., Turbocharging of Diesel Engine for Improving Performance and Exhaust Emissions: A Review, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 12:22-29, 2015.
- [6] <https://www.flickr.com/photos/muellerphotoalbum/5501372364>
Erişim Tarihi: 12.11.2017.
- [7] Balea L., Dusserre G., Bernhart G., Mechanical behaviour of plain-knit reinforced injected composites: Effect of inlay yarns and fibre type, *Composites: Part B*, 56: 20–29, 2014.
- [8] Dusserre G., Modelling the hysteretic wale-wise stretching behaviour of technical plain knits, *European Journal of Mechanics A/Solids*, 51: 160-171, 2015.
- [9] Jin Y., Wu H., Qian X., Research of mechanical performance of knitting cord reinforced rubber hose, *Jixie Qiangdu/ Journal of Mechanical Strength*, 39: 674-678, 2017.

- [10] Khondker O.A., Herszberg I., Leong K.H., An investigation of the structure-property relationship of knitted composites, *Journal of Composite Materials*, 35: 489-508, 2001.
- [11] Leaf G.A.V., Blackman F., The Impact of Needles on a Knitting Cam, *Textile Research Journal*, 38: 651-662, 1968.
- [12] Ramakrishna S., Hamada H., Cheng K. B., Analytical procedure for the prediction of elastic properties of plain knitted fabric-reinforced composites, *Composites Part A*, 28: 25-37, 1997.
- [13] Dusserre G., Balea L., Bernhart G., Elastic properties prediction of a knitted composite with inlaid yarns subjected to stretching: A coupled semi-analytical model, *Composites: Part A*, 64: 185-193, 2014.
- [14] KISACIK F., İki Komponentli Kauçuk Hortum. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [15] Mark E.J., Erman B., Roland C.M., *The Science and Technology of Rubber, İçinde: Vulcanization*. 4.baskı, Academic Press, 337-381, 2013.
- [16] <http://www.lucas-elha.de/products/ckmsinglejersey/rhu.php>
Erişim Tarihi: 13.11.2017.
- [17] <https://tr.scribd.com/doc/30135001/Knitting-and-Knit-Fabrics>
Erişim Tarihi: 13.11.2017.
- [18] Ray S. C., *Fundamentals and advances in knitting technology, İçinde: Weft knitting elements and loop formation*. 2.baskı, Woodhead Publishing, 19-34, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Uğur Yıldız, 19.02.1993'de İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2010 yılında Gülizar Zeki Obdan Lisesi'nden mezun oldu. 2010 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü 2014 yılında bitirdi. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılından beri Teklas Kauçuk San. ve Tic. A.Ş.'de ürün geliştirme mühendisi olarak görev yapmaktadır.