



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

ISIL İŞLEMİN YAYLARA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan: Doğukan ŞAYİR

Öğrenci Kimlik No:186501102

Danışman: Prof. Dr. Remzi ASLAN

**İstanbul, 2020**



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

**ISIL İŞLEMİN YAYLARA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tezi Hazırlayan: **Doğukan ŞAYİR**

## KABUL VE ONAY

Doğukan Şayir tarafından hazırlanan “Isıl İşlemin Yaylara Etkisi” başlıklı bu çalışma, .../.../.... tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Tezin/Raporun Türü olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Remzi ASLAN

Üye: Prof. Dr. Ahmet TOPUZ

Üye: Prof. Dr. Recep BURKAN

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Isıl İşlemin Yaylara Etkisi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

.../.../....

**Doğukan ŞAYİR**



## ONAY

Tezimin/raporumun kâğıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun 5 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

.../.../.....

Doğukan ŞAYİR

## ÖZET

### ISIL İŞLEMİN YAYLARA ETKİSİ

Doğukan ŞAYİR

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Remzi ASLAN

Haziran, 2020-87 sayfa

Bu çalışma günlük hayatta birçok alanda kullanılan, makine elemanlarından olan yayların, ısıl işlem etkisi sonrasında karakteristik özelliklerinde oluşan iyileşmeler hakkında bilgi edinilmesi ve kullanım alanlarına göre uygun tercihte bulunulması için yapılmıştır. Yayların basma ve çekme kuvvetine maruz kalmaları sonucunda montaj yapıldığı parçalar üzerinde oluşturduğu reaksiyon kuvvetleri, reaksiyon momentleri, gerilmeler ve deformasyonlar tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yapılmasıyla yaylarda ısıl işlem yöntemi ile sertlik, tokluk, uzama katsayısı, dayanım gibi karakteristikler elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma parametreler ve deneyler neticesinde elde edilen değişkenlerin de yardımıyla yayların kullanım alanları ve bu kullanım alanlarına göre dayanımı, uygulanacak kuvvet ve uygulama alanına göre seçilecek yay için gerekli ısıl işlem yönteminin tayin edilebilmesi için yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yaylar, Isıl İşlemlerin Yaylara Etkisi, Makine Elemanlarında Yaylar, Yayların Mukavemeti, Yayların Çekme Dayanımı, Yayların Basma Dayanımı Isıl İşlem Fırınları, Isıl İşlemlerin Yaylarda Oluşturduğu Sertlik ve Yayların Uzaması.

## ABSTRACT

# EFFECT OF HEAT TREATMENT ON SPRINGS

Doğukan ŞAYİR

Master of Science Thesis, Department of Machine Engineer

Supervisor: Prof. Dr. Remzi ASLAN

June, 2020-87 pages

This study was carried out in order to obtain information about the improvements in the characteristic features of the springs, which are used in many areas in daily life, after the heat treatment effect and to make an appropriate choice according to their usage areas. The reaction forces, reaction moments, stresses and deformations created on the parts on which the springs are mounted as a result of the springs being exposed to compression and pulling forces were determined. With this study, the characteristics such as hardness, toughness, elongation coefficient and strength were tried to be obtained with the heat treatment method in springs. This study was carried out with the help of the variables obtained as a result of the parameters and experiments, to determine the required heat treatment method for the spring to be selected according to the usage areas of the springs and their strength, the force to be applied and the application area.

**Key Words:** Springs, Effect of Heat Treatment on Springs, Springs in Machine Elements, Strength of Springs, Tensile Strength of Springs, Compressive Strength of Springs, Heat Treatment Furnaces, Stiffness of Springs by Heat Treatment and Elongation of Springs.

## ÖNSÖZ

Yaylar, dış zorlanmaların etkisi altında elastik sınırlar içinde büyük ölçüde şekil değiştirme özelliğine sahip olan makine elemanlarından. Bu özellikleri dolayısıyla şekil değiştirirken potansiyel enerji depolayıp başka bir parça üzerine basma, çekme, döndürme kuvveti uygulayarak bir mekanizmayı harekete geçirirler. Yaylar endüstride ve günlük hayatta kullandığımız el aletlerinde yaygın olarak kullanılan elemanlardır.

Yaylardan yeterince faydalanmak amacıyla yay karakteristik değerlerini artırmak gerekir. Yay karakteristik değerlerini artırmak için sarımdan sonra başvurulan yöntemlerden biride ısıtma işlemi aşamasıdır. Yapılan bu çalışmada yaylara özelliklerini iyileştirmek için yapılan ısıtma işlemleri sonrası karakteristiklerinin hangi ölçülerde iyileştirildiğine dair tespitler yapılmıştır.

Yüksek Lisans eğitim hayatım boyunca bilgilerimi ve deneyimlerimi benimle paylaşan, sorularımı bıkmadan yanıtlayan, tez sürecimin başından sonuna kadar ilgilenen ve destek veren tez danışmanım Prof. Dr. Remzi ASLAN 'a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitim döneminde tanıştığım, bilgilerinden ve tecrübelerinden faydalanabilme fırsatı bulduğum Prof. Dr. Ahmet TOPUZ ve Dr. Öğretim. Üyesi Timuçin İNCE 'ye beni kırmayıp zaman ayırdıkları için teşekkür ederim.

Beni yetiştirip bu günlere getiren, maddi manevi desteklerini esirgmeden yaşamım boyunca sürekli destekleyen, babam Memet ŞAYİR ve annem Tunay ŞAYİR' e teşekkür ederim.

Tez hazırlama sürecim boyunca bütün sorularıma cevap veren yardım eden makine mühendisi Olcay CALHAN' a, Mustafa ULUDERE' ye ve makine öğretmeni Semih DÖNMEZ' e teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca deney imkanlarını sağlayan Kozmo Kimya, Başar Makina ve Kalıp ve Yılmaz Yay firmalarına teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ .....	xi
TABLOLAR LİSTESİ .....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xiv

### 1.BÖLÜM

#### GİRİŞ

1.1.Giriş .....	1
-----------------	---

### 2.BÖLÜM

#### YAY ÇEŞİTLERİ

2.1. Yüklerine Göre Yaylar .....	3
2.1.1. Basma Yayları .....	3
2.1.2. Çekme Yayları .....	6
2.1.3. Helisel Burulma Yayları .....	9
2.2. Şekillerine Göre Yaylar .....	11
2.2.1. Bilezik Yaylar .....	11
2.2.2. Helezon Yayları .....	13
2.2.3. Disk Yaylar .....	15
2.2.4. Spiral Burulma Yaylar .....	25
2.2.5. Yaprak Yaylar .....	27

### 3.BÖLÜM

#### YAYLARIN İŞİL İŞLEMİ

3.1. Isıl İşlem .....	31
3.2. Isıl İşlem Yöntemi .....	32
3.3. Tavlama Yöntemi .....	33
3.3.1. Gerilim Giderme Tavlaması .....	34
3.4. Yay Çelikleri .....	35
3.4.1. Sertleştirme .....	40
3.4.1.1. Suda Sertleştirme .....	40
3.4.1.2. Yağda Sertleştirme .....	40
3.4.1.3. Havada Sertleştirme .....	40
3.4.2. Menevişleme .....	41

### 4.BÖLÜM

#### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Deneysel Yöntem .....	42
4.2. Deney Hazırlık Çalışmaları .....	43
4.2.1. Tellerin Tavlaması Deneyi .....	48
4.2.2. Basma Deneyi .....	52
4.2.3. Çekme Deneyi .....	53
4.2.4. Yorulma Deneyi .....	55

## 5.BÖLÜM DENEYSEL SONUÇLAR

5.1. Yorulma Deneyi Ölçüm Sonuçları .....	57
5.1.1. Hava Basıncı 6 Bar Piston Stroku 50mm Yay Yorulması Sonuçları .....	57
5.1.2. Hava Basıncı 6 Bar Piston Stroku 100mm Yay Yorulması Sonuçları .....	58
5.1.3. Hava Basıncı 8 Bar Piston Stroku 50mm Yay Yorulması Sonuçları .....	59
5.1.4. Hava Basıncı 8 Bar Piston Stroku 100mm Yay Yorulması Sonuçları .....	60
5.2. Sertlik Deney Ölçüm Sonuçları .....	67
5.3. Tellerin Çekme Dayanımı Ölçüm Sonuçları .....	69
5.4. Basma Deneyi Ölçüm Sonuçları .....	71

## 6.BÖLÜM Yay Modelleme ve ANSYS Analizi

6.1. Yay Modellenmesi .....	73
6.2. ANSYS Analizi .....	74
6.2.1. Kuvvet Analizi .....	75
6.2.2. Gerilme Analizi .....	77
6.2.3. Deformasyon Analizi .....	79

## 7.BÖLÜM SONUÇ

7.1. Sonuç .....	81
<b>KAYNAKÇA</b> .....	84

## KISALTMALAR LİSTESİ

**TSE : Türk Standard Enstitüsü**

**Bk. : Bakınız**

**F : Kuvvet**

**G : Ağırlık**

**$\dot{I}_g$  : Tüm sarımların sayısı**

**$\dot{I}_f$  : Yaylanacak sarımların sayısı**

**W : Sarma oranı**

**$S_a$  : Güvenlik aralığı**

**$L_{bl}$  : Yay blok uzunluğu**

**$L_n$  : Güç uygulanan bölümlerin uzunlukları**

**R : Yaylanma basıncı**

**N : Newton**

**mm : Milimetre**

**m : Metre**

**N/m : Newton/metre**

**N. m : Newton. Metre**

**$\sigma$  : Gerilme**

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 2.1.</b> A Dizisi Karakter Değerleri .....	20
<b>Tablo 2.2.</b> B Dizisi Karakter Değerleri .....	21
<b>Tablo 2.3.</b> C Dizisi Karakter Değerleri .....	22
<b>Tablo 2.4.</b> Disk Yayların Malzeme Değişkenleri .....	23
<b>Tablo 2.5.</b> Disk Yay Malzemelerinin Isı Kademelerindeki Mukavemet Değerleri .....	24
<b>Tablo 3.1.</b> Sıcak Haddelenmiş Yay Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi .....	36
<b>Tablo 3.2.</b> Soğuk Haddelenmiş Yay Çeliklerinin Fiziksel Özellikleri .....	37
<b>Tablo 3.3.</b> Sıcak Haddelenmiş Yay Çeliklerinin Isıl İşlem Koşulları.....	38
<b>Tablo 3.4.</b> Soğuk Haddelenmiş Yay Çeliklerinin Isıl İşlem Koşulları .....	39
<b>Tablo 4.1.</b> Gerilim Giderme Tavının Fırınlama Dereceleri .....	43
<b>Tablo 4.2.</b> Deney Çeki Yayı Numunesi .....	45
<b>Tablo 4.3.</b> Deney Bası Yayı Numunesi .....	46
<b>Tablo 4.4.</b> Deney Yay Numunesinin Kimyasal Bileşeni .....	47
<b>Tablo 5.1.</b> Isıl İşlemsiz Yay Yorulması.....	57
<b>Tablo 5.2.</b> İç Gerilimi Giderilmiş Yay Yorulması.....	57
<b>Tablo 5.3.</b> Isıl İşlemsiz Yay Yorulması.....	58
<b>Tablo 5.4.</b> İç Gerilimi Giderilmiş Yay Yorulması.....	58
<b>Tablo 5.5.</b> Isıl İşlemsiz Yay Yorulması.....	59
<b>Tablo 5.6.</b> İç Gerilimi Giderilmiş Yay Yorulması.....	59
<b>Tablo 5.7.</b> Isıl İşlemsiz Yay Yorulması.....	60
<b>Tablo 5.8.</b> İç Gerilimi Giderilmiş Yay Yorulması.....	60
<b>Tablo 5.9.</b> Isıl İşlem Görmemiş Numunelerin Sertlik Değerleri.....	67
<b>Tablo 5.10.</b> İç Gerilimi Giderilmiş Numunelerin Sertlik Değerleri.....	67
<b>Tablo 5.11.</b> Isıl İşlem Sertlik Değerleri.....	68
<b>Tablo 5.12.</b> Isıl İşlemsiz Çekme Deneyi Sonuçları.....	69
<b>Tablo 5.13.</b> İç Gerilimi Gerilim Giderilmiş Çekme Deneyi Sonuçları.....	69
<b>Tablo 5.14.</b> Çekme Deneyi Değerleri.....	70
<b>Tablo 5.15.</b> Isıl İşlemsiz Basma Deneyi Sonuçları.....	71
<b>Tablo 5.16.</b> İç Gerilimi Giderilmiş Basma Deneyi Sonuçları	71

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Basma Yayı Hesabı...	4
Şekil 2.2. Çekme Yay Örnekleri .....	6
Şekil 2.3. Çekme Yay Hesabı .....	7
Şekil 2.4. Burulma Yay Örnekleri .....	10
Şekil 2.5. Bilezik Yay Örnekleri .....	11
Şekil 2.6. Bilezik Yay Montajı .....	12
Şekil 2.7. Bilezik Yayın Kaynak Makinasına Montajı .....	12
Şekil 2.8. Helezon Yay Örneği .....	14
Şekil 2.9. Disk Yay Kuvveti-Uzama Örneği .....	17
Şekil 2.10. Disk Yay Kesiti .....	18
Şekil 2.11. Spiral Yay Gösterimi .....	25
Şekil 2.12. Yaprak Yay Bileşenleri .....	27
Şekil 2.13. Kompozit ve Çelik Yaprak Yay Örnekleri.....	28
Şekil 2.14. Yüklü ve Yüksüz Yaprak Yay Örneği .....	30
Şekil 3.1. Fe-C Diyagramı .....	32
Şekil 4.1. Yay Çeliklerinin Sarım Makinası .....	42
Şekil 4.2. Yatay Tav Fırını .....	49
Şekil 4.3. Dikey Tav Fırını .....	50
Şekil 4.4. Tav Fırını Yerleşim Sistemi .....	51
Şekil 4.5. MXM Baskı Deneyi Makinası .....	52
Şekil 4.6. Isıl İşlemsiz Yay Çekme Deneyi .....	53
Şekil 4.7. İç Gerilimi Giderilmiş Yay Çekme Deneyi .....	54
Şekil 4.8. Yorulma Deneyi Pistonu .....	55
Şekil 4.9. Yorulma Deneyi Düzeneği.....	56
Şekil 5.1. 6 Bar 50mm Strok Malzeme Yorulma Deney Sonuçları .....	61
Şekil 5.2. 6 Bar 100mm Strok Malzeme Yorulma Deney Sonuçları .....	61
Şekil 5.3. 8 Bar 50mm Strok Malzeme Yorulma Deney Sonuçları .....	62
Şekil 5.4. 8 Bar 100mm Strok Malzeme Yorulma Deney Sonuçları .....	62
Şekil 5.5. 6 Bar 50mm Strok Yay Görev Kaybı Değerleri .....	65
Şekil 5.6. 6 Bar 100mm Strok Yay Görev Kaybı Değerleri .....	65
Şekil 5.7. 8 Bar 50mm Strok Yay Görev Kaybı Değerleri .....	66

<b>Şekil 5.8.</b> 8 Bar 100mm Strok Yay Görev Kaybı Değerleri .....	66
<b>Şekil 6.1.</b> Solidworks Yay Yolu Oluşumu .....	73
<b>Şekil 6.2.</b> Solidworks Yay Katı Modeli .....	73
<b>Şekil 6.3.</b> Veri Analizi .....	74
<b>Şekil 6.4.</b> Yay ANYSY Mesh Modeli .....	74
<b>Şekil 6.5.</b> Yay Kuvvet Analizi .....	75
<b>Şekil 6.6.</b> Yay Kuvvet Analiz Grafiği .....	76
<b>Şekil 6.7.</b> Yay Kuvvet Analiz Raporu .....	76
<b>Şekil 6.8.</b> Yay Gerilme Analizi .....	77
<b>Şekil 6.9.</b> Gerilme Salınım Analiz Verileri .....	78
<b>Şekil 6.10.</b> Deformasyon Analizi .....	79
<b>Şekil 6.11.</b> Deformasyon Analiz Grafiği .....	80

## 1. BÖLÜM

### 1.1.GİRİŞ

Yaylar, metal veya metal alaşımlarından ya da esneme özelliği olan yapay malzemelerden yapılan, üzerine gelen yükün etkisi ile yük noktasında tepki oluşturarak bir kuvvet yüklenen ve bu esnada iş (potansiyel enerji) birikimi yapan, taşıdığı kuvvet kalktığında ise ilk konumuna geri dönen makine elemanlarıdır. Çoğunlukla makine elemanının görevini yerine getirdiği esnada fiziksel özelliklerini yitirmemesi ve uygulanan kuvvetlerle çeşitli zorlanmalar esnasında belli miktarın dışında deformasyona maruz kalmamasına dikkat edilirken, yaylarda bu durumun aksine kuvvet etki ettiğinde olabildiğince elastik deformasyonlar gerçekleştirilmesi beklenir ve enerji depolaması istenir.

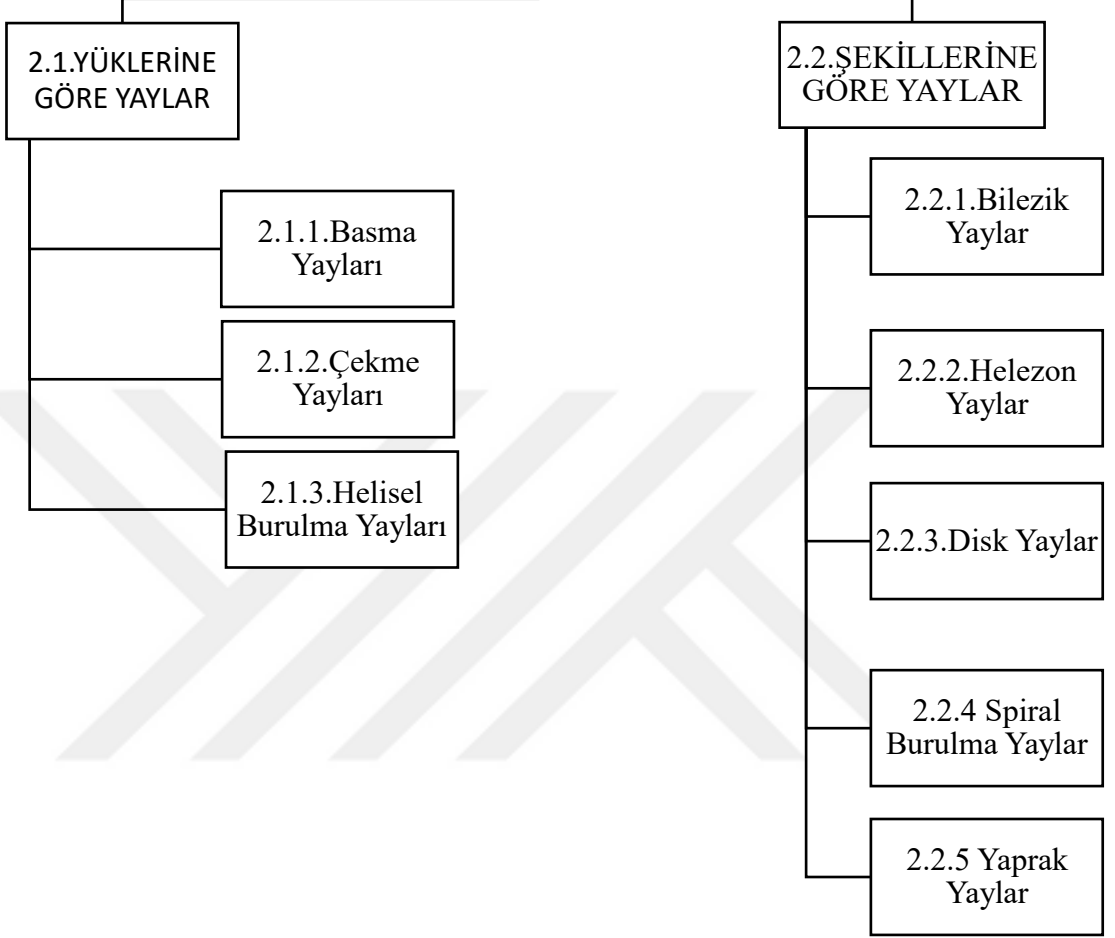
Yaylar, potansiyel enerji yüklenerek; saat mekanizmalarında hareketi sürdürmek, klapenin üzerine baskı kuvveti uygulamak, preslerde, kırıcılarda, öğütücülerde, çekiçlerde ve darbeli çalışan makinalarda darbe sönümleyici olarak vb. uygulama alanlarına sahiptirler.

Yaylar, şekillerine ve kullanım alanlarına göre özel tipte üretimleri mevcut olup istenilen özelliklerde soğuk veya sıcak haddeleme ile üretilirler. Kullanım alanlarına göre basma veya çekme kuvveti uygulanması esnasında değişken yüklere maruz kalmaları sebebiyle diğer makine elemanları gibi yorulma etkisi kaçınılmazdır.

Yayların kullanım ömrünü uzatmak ya da bası ve çeki kuvveti sonrası ilk karakteristik durumuna geri dönmesini sağlamak bakımından ısıtma işleminin önemli olduğu bu deney çalışmaları ile görülmüştür. Isıtma işlemleri ile yaylarda yüke karşı dayanımın artması ile birlikte mukavemetlerinde iyileşme görülmüştür. Isıtma işlemi sonrası yayların karakteristik değerlerinin iyileştirilmesi neticesinde kullanıldıkları mekanizmaların daha uzun ömürlü olması sağlanmaktadır.

## 2.BÖLÜM

### YAY ÇEŞİTLERİ





## 2.1. Yüklerine Göre Yaylar

### 2.1.1. Basma Yayları

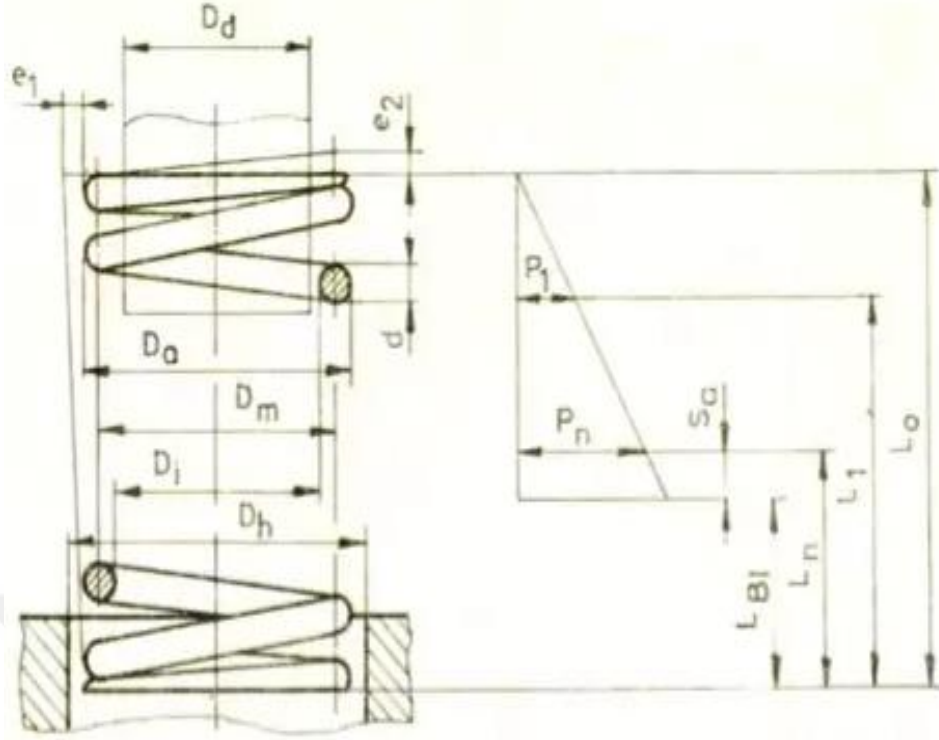
Basma yayları, üzerine kuvvet etki ettiğinde sıkışarak hatveler arası boşluklar azalır böylece enerji depolama, kuvvet uygulama veya basınca karşı koyma amacıyla kullanılır.

Basma yayları metal veya yarı metal alaşımlardan imal edilir. zerine yüklenen yükün etkisi ile yükün uygulandığı yöne doğru esneyerek bu etkiyi karşılar ve yk kalktığında ilk konumuna geri dönerler. İmalatta en çok kullanılan basma yayı türü yuvarlak telden sarılmış eşit hatveli yay türüdür. Silindirik helisel basma yaylarında kuvvetler doğrusal (lineer) olarak elde edilir. Doğrusal gerçekleşmeyen kuvvetler için fiı ya da konik basma yayları imalatı yapılır.

Basma yaylarında ortalama yay çapının, tel çapına oranına sarım oranı adı verilir. Bu oranın 4 ile 11 arasında olması ideal sarım oranı olarak kabul edilmektedir. Basma yaylarında diklik önemli olduğundan taşlama yapılarak baskı yaptıkları yüzeye dik oturmaları sağlanır. Basma yayları ihtiyaç ve kullanım amacına göre konik veya fiı yay şeklinde imal edilir.

Basma yayları; helezon yay, elek yayı, itici yay ve vibrasyon yayı gibi isimlerle de bilinirler. İhtiyaç duyulması durumunda sarımı gerçekleştirilebilecek dikdörtgen kesitli tel kullanılarak basma yay imalatı da yapmak imkn dahilindedir.

Dinamik yük altında çalışan basma yaylarında yüksek dayanıklılık ve uzun süreli kullanım ömrü istenildiğinde yaylara bilyeli dövme (elik kumlama) yöntemi uygulanır. n gerilme ve malzemelerdeki kalıntı gerilmeleri yok etmek amacıyla başvurulan bu yöntem, dinamik yükler altında çalışan yayların yorulma ömrünü optimum seviyelere çıkarabilmek için yapılır. Yorulma seviyesini arttırmak yayların kuvveti uzun süre iletilmesi bakımından önemlidir. Baskı yaylarının hesaplanması aktarılmıştır (bk. şekil 2.1) [1].



**Şekil 2.1.** Basma Yayısı Hesabı

$d$ : Tel Çapı

$D_m$  : Yayın Ortalama Çapı

$F_1, F_2$  : Yaylanma Güçleri  $F_1 > F_2$

$L_1$  : Güç Uygulanan Bölümlerin Uzaklıkları  $F_1$  den  $F_2$  ye kadar

$L_n$  : Kuvvet ile Bası Yayısına Uygulanan Gücün En Kısa Kabul Edilebilir Uzunluğu

$L_0$ : Güç Uygulanmayan Bölümün Uzunluğu

$k_i$ : Sarım Sayısına Katma Payı

$e_1$  : Eksenden sapma değeri

$e_2$  : Tabandan sapma değeri

$D_i$  : İç Çap Ölçüsü

$$D_i = D_m - d$$

$D_a$  : Dış Çap Ölçüsü

$$D_a = D_m + d$$

$$k_i = i_g + 1;$$

$i_g$  : Tüm Sarımların Sayısı

$$i_g = \dot{I}_f + 2;$$

$\dot{I}_f$  :Yaylanacak Sarımların Sayısı

$$W = \frac{D_m}{D_d} ;$$

W: Sarma Oranı

$$p = \frac{R}{D_m}$$

p: Basma Basıncı

$$S_a = x \cdot d \cdot \dot{I}_f ;$$

$S_a$  : Güvenlik Aralığı

$$X = \frac{D_m}{d}$$

x : 0.1-0.5 arasında değişir

$$L_{bl} \leq K_i \cdot d_{max} ;$$

$L_{bl}$  : Yay Blok Uzunluğu

$$L_n = L_{bl} + S_a ;$$

$L_n$  : Güç Uygulanan Bölümlerin Uzunlukları

$$R = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot d_m^3 \cdot \dot{I}_f} ;$$

R=Yaylanma Basıncı

$$h = \frac{F_1 \cdot F_2}{R} ;$$

h=Yaylanma Yüksekliği

$$L_{tel\ boyu} = \dot{I}_f \cdot D_m \cdot \pi \cdot t ;$$

t =Hatve

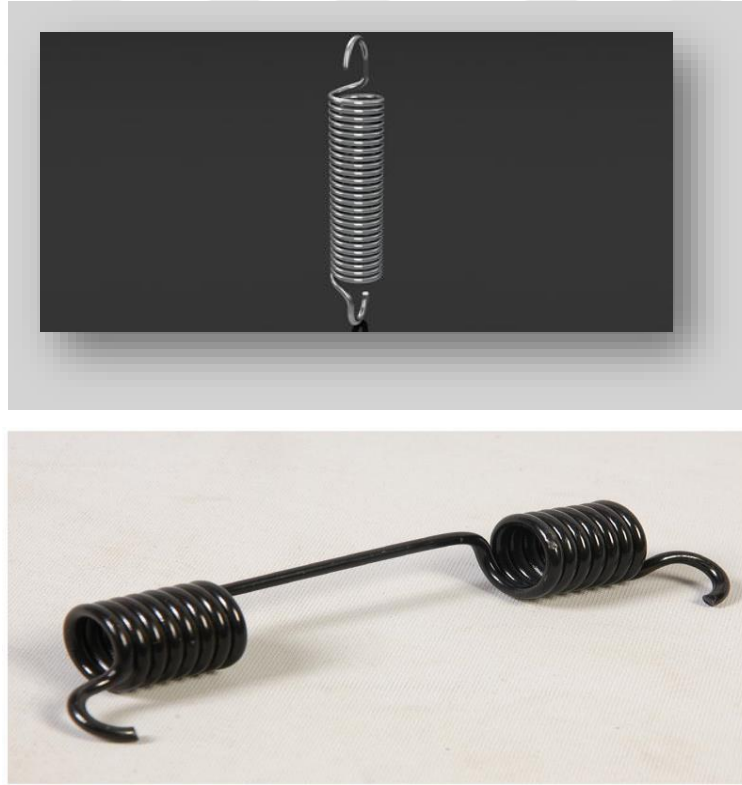
$$L = D_m \cdot \pi \cdot (\dot{I}_f + 2); \text{Pratik Tel Boyu}$$

G: Kayma Modülü

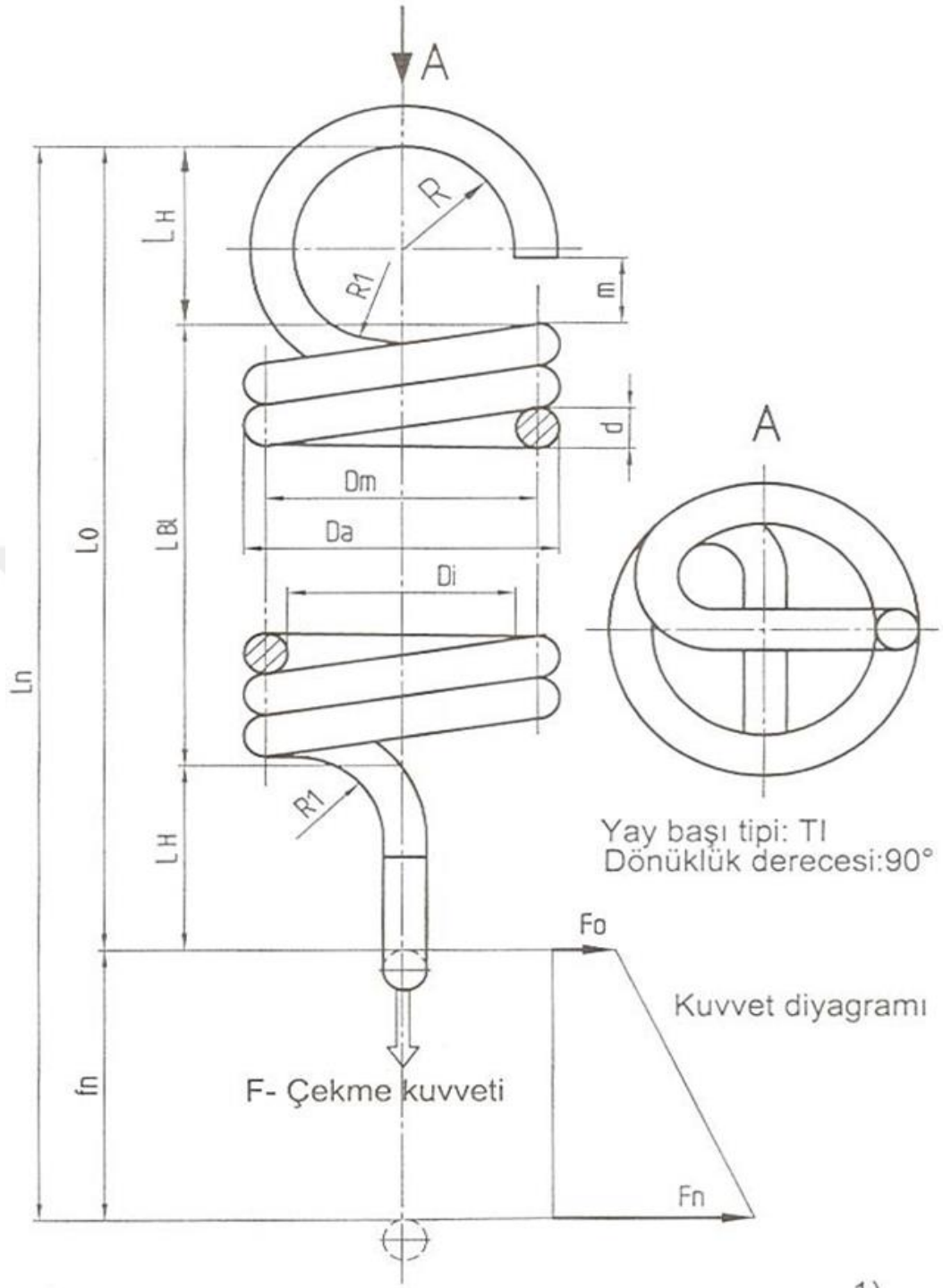
### 2.1.2. Çekme Yayları

Çekme yayları, yay eksenini doğrultusunda etkiyen asılma kuvvetleri ile boyları uzayarak potansiyel enerji biriktirir; depolanan bu enerji çeşitli cihazların, makinaların vb. nin çalışması esnasında geri alınarak faydalı bir iş yapmış olurlar. Çok çeşitli kullanım alanları olduğundan hemen her mekanizmada görülürler. Bu bakımdan önemli bir makine elemanıdır. Bu yayların mekanizmayı oluşturan parçalar arasında bağlantıyı sağlamak bakımından uçları yarım veya tam daire şeklinde çengelli olarak imal edilirler. Her iki uçta bulunan bu çengeller aynı düzlemde değil birbirine dik iki düzlemde olacak şekilde yapılırlar.

Çekme yaylarında tel sarımları genellikle sağ helis yapılıdır. Sarımlar arasında serbest yay için aralık bırakılmaz. Yaya uygulanan çekme kuvveti elastik deformasyon sınırını aşmamalıdır. Yani yaya etki eden çekme kuvvetinin yaydaki uzamaya oranı doğrusal değişim sınırını aşmamalıdır. Ayrıca yayların karakteristik değerleri üzerinde ısıtma işlemlerinin etkilerinin olduğu ve önemli iyileştirmeler sağlandığı da bilinmektedir. (bk. Şekil 2.2) de çekme yaylarına dair örnekler gösterilmiştir [1].



Şekil 2.2. Çekme Yay Örnekleri



Şekil 2.3. Çekme Yayısı Hesabı

$D_m$  : Ortalama ap ölçüsü hesaplama adımları aŐağıdaki gibidir:

$d$ : Tel apı

$$D_i : \text{İ ap ölçüsü} \quad D_i = D_m - d$$

$$D_a : \text{Dış ap ölçüsü} \quad D_a = D_m + d$$

$$L_{BL} : \text{Yay Blok Uzunluğu} \quad L_{BL} = (i_g + 1) \times d$$

$$L_0 : \text{Yay Serbest Uzunluğu} \quad L_0 = L_{BL} + 2L_H$$

Ardından;

$$L_H : \text{Kanca İ apı} \quad L_H = k_H \cdot D_i$$

$k_H$ : Kanca Cinsi Katsayısı

$i_f$ : Yayın Sarım Sayısı hesaplaması adımına geçilir.

$$i_g : \text{Toplam Sarım Sayısı} \quad i_g = i_f$$

$$L : \text{Yay Telinin Uzunluğu} \quad L = D_m \cdot \pi \cdot (i_g + 3)$$

$F_n$ : En Büyük Yay Yükü

$$L_n : \text{Yay Deneme Boyu} \quad L_n = L_0 + f n$$

$$F_n : \text{En Büyük Yaylanma} \quad F_n = L_n - L_0$$

$$D_W : \text{Malafa apı} \quad D_W = 0,9 \times D_i$$

$m$  : Kanca Ağız Aralığı İhtiyaç duyulduğu kadar

Bir yay üzerinde yapılan hesaplamalarda dayanım esas alınırsa bu hesaplamada dikkat edilmesi gereken husus malzeme cinsidir.

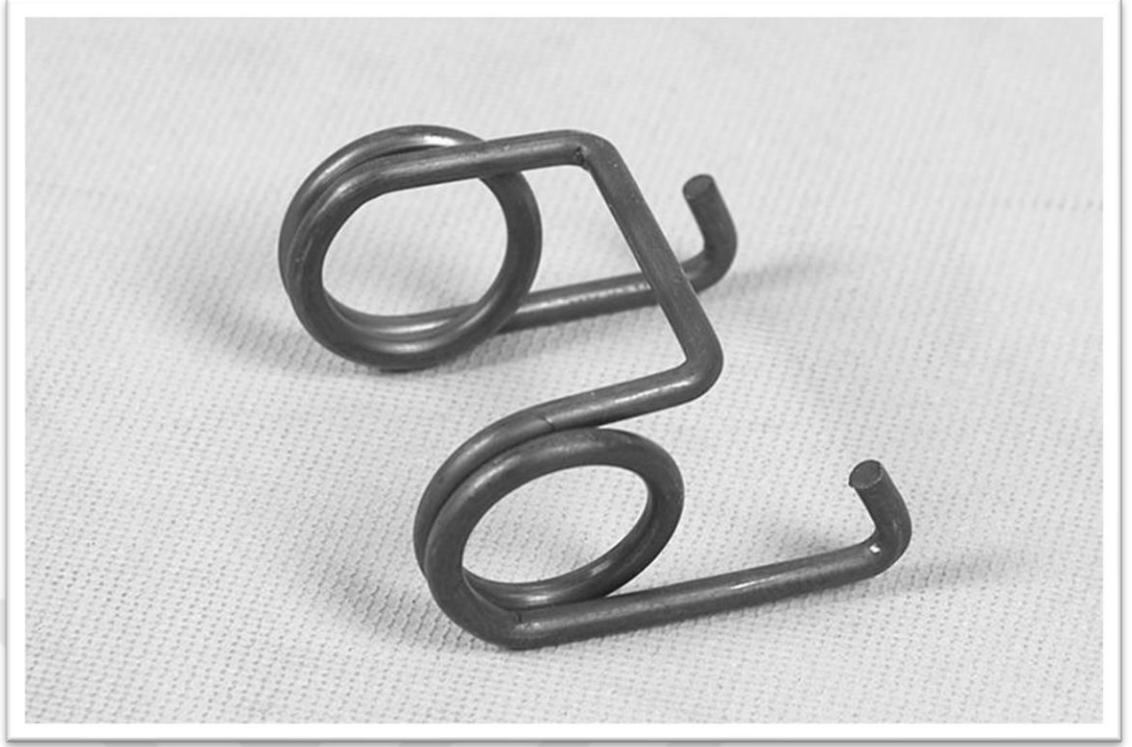
### 2.1.3. Helisel Burulma Yayları

Genellikle dairesel kesitli çelik tellerin helisel biçimde sarılmasıyla yapılırlar. Bu yayların iki ucu düz veya takılacağı yere göre kıvrımlı şekillerde olurlar. Bu uzantıların kıvrılması sonucuna sarımlar burulmaya zorlandıklarından burulma yayları adı ile anılırlar.

Burulma yayları, radyal olarak belli bir büküm açısından fazla döndürüldüğünde zorlanırlar. Bükümün derecesi ne kadar çok arttırılırsa veya açılmamış yay ayağı ne kadar çok döndürülürse o kadar çok potansiyel enerji kazanılır. Burulma yaylarının çalışma yönü her zaman sarım yönünde olmalıdır. Sarım yönüne ters bir yönde çalıştırılırsa yay büyük deformasyona dayanamaz. Sarım yönünde çalışma sistemi kurulduğu zaman yayın iç çap değerinde azalma meydana gelir bu yüzden de tasarım esnasında gerekli boşluk için tolerans aralığına dikkat edilmelidir. Asansör kapıları, garaj kapıları, kontrol kolları, yay menteşeleri gibi birçok alanda burulma yayı uygulaması mevcuttur.

Bir mekanizmada aynı eksen üzerinde dizilen burulma yayları burulma momenti uygulanarak kurulunca potansiyel enerji biriktirmiş olur; ardından bu enerji uygun tasarlanmış bir düzenekle boşaltılarak istenilen elemanlar arasında bir hareket başlatır veya basma kuvveti uygular. Basmalı anahtarlar, fare tutucuları gibi mekanizmalarda bu tür yaylar kullanılır. 360 derecenin altında bir dönme hareketini sağlamak üzere uygun olan yaylardır.

Yay çeliğinden yapılan ve genelde dairesel kesitli olarak tercih edilen burulmaya çalışan burulma yayları kullanım, tasarım ve montaj ihtiyacı durumuna göre kare kesitli ve ince plaka paketi şeklinde de üretilir. Burulma yayların eğilmeye karşı dirençli ve kararlı olması gerekmektedir. Genellikle eğilmeye karşı dirençli olması ve çevre şartlarına karşı korunması için bir boru içine monte edilirler (bk. Şekil 2.4) [1].



Şekil 2.4. Burulma Yayı Örnekleri

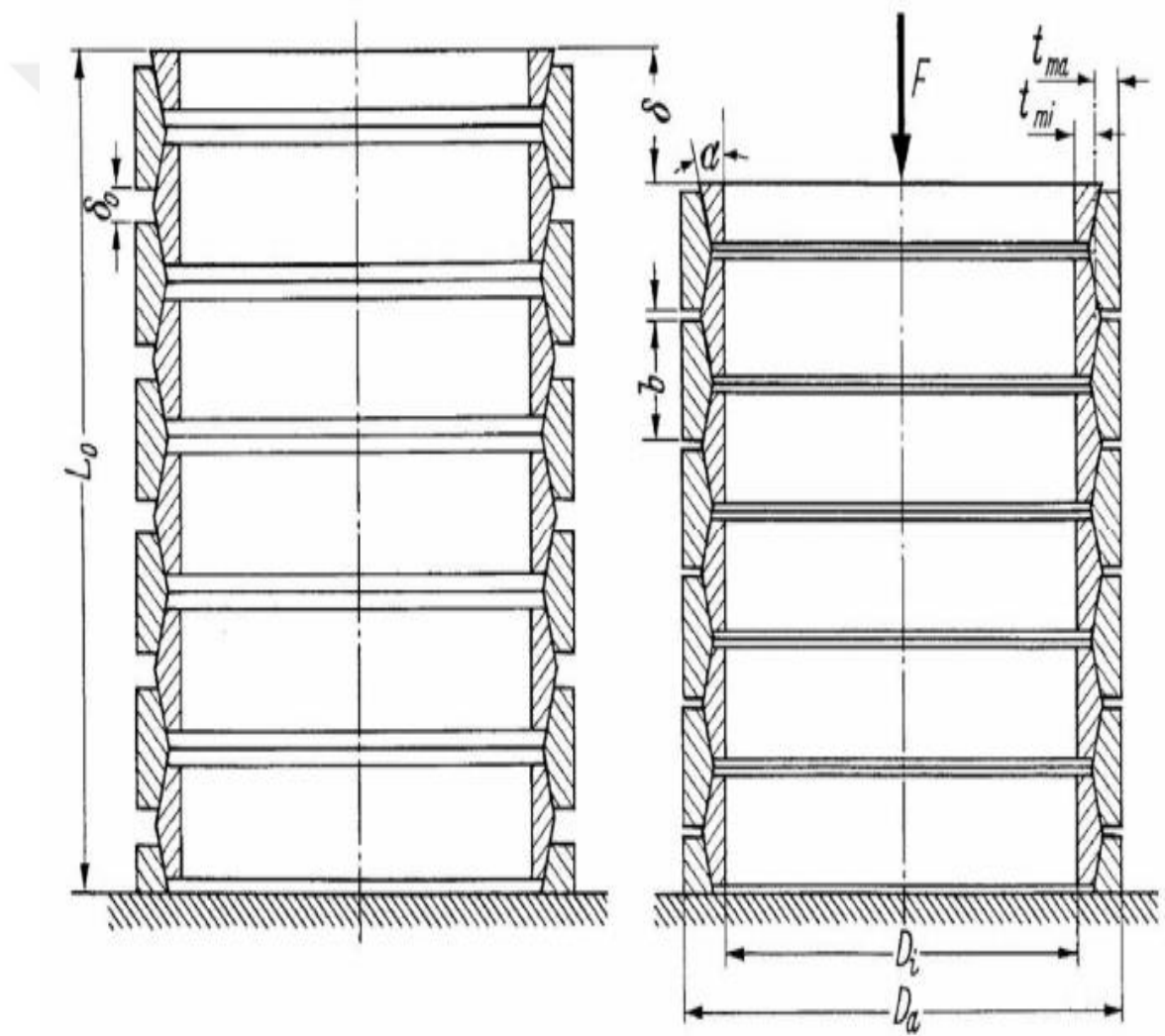


## 2.2. Şekillerine Göre Yaylar

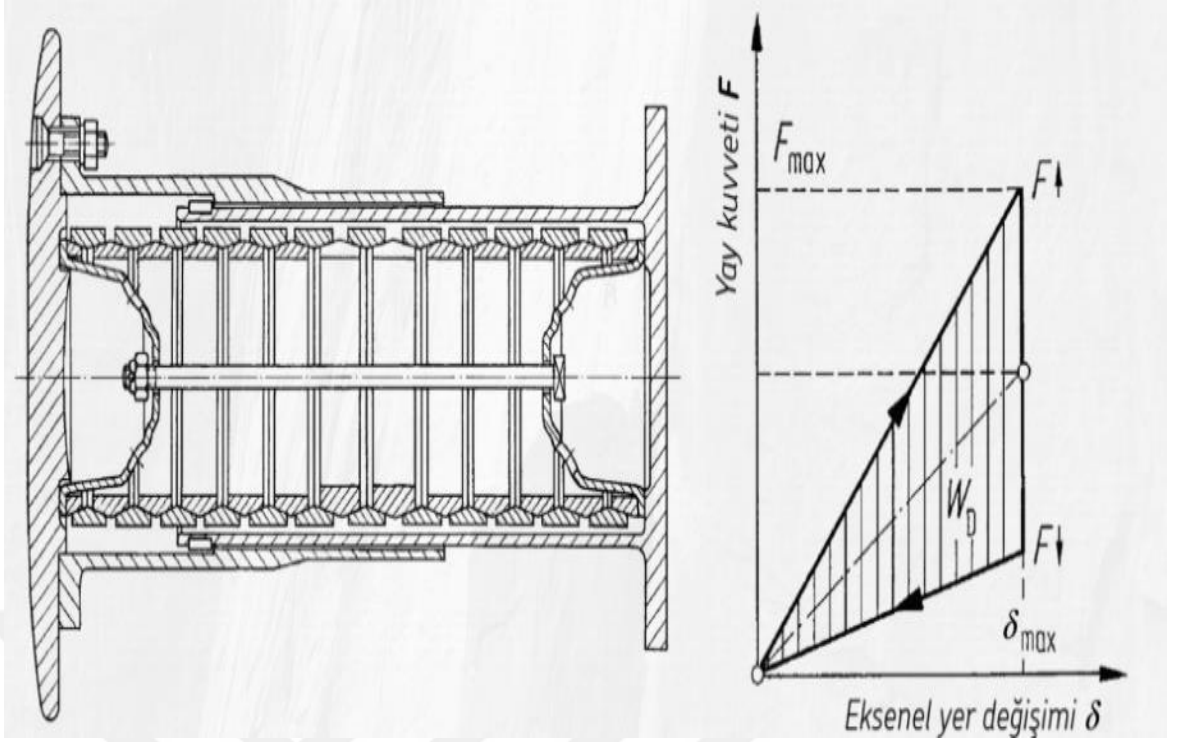
### 2.2.1. Bilezik Yaylar

Konik yüzeyleri ile temasta olan iç ve dış bilezik adı verilen halkaların iç içe geçmesiyle edilen yay çeşidine bilezik yay adı verilmektedir [2].

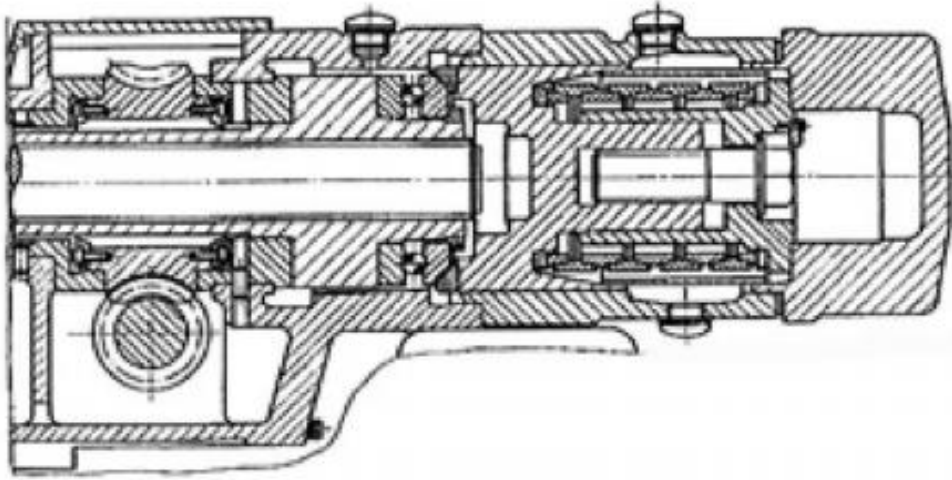
Dış çap olarak anılan dış bilezikler kendilerine etki eden aksel kuvvet etkisi altında radyal doğrultuda genişlemeye, iç bileziklerde ise büzölmeye zorlanırlar. Böylece dış bileziklerin en kesitlerinde çekme, iç bileziklerindeki ise basma gerilmeleri ortaya çıkar. Bu durum aşağıda gösterilmiştir (bk. Şekil 2.5). Bazı kullanım alanlarında ise sönmöleme amacı ile tampon şeklinde de kullanılırlar [2].



Şekil 2.5. Bilezik Yay Örnekleri



Şekil 2.6. Bilezik Yay Montajı



Şekil 2.7. Bilezik Yayın Kaynak Makinasına Montajı

### 2.2.2. Helezon Yayları

Helezon yayları, otomobillerde var olan süspansiyon sistemlerinin önemli parçalarından biridir. Altı görünen yüksek araçlarda görülen otomobil dingilleri ile araç gövdesinin birleştiği konumda yer almaktadırlar [3].

Helezon yayları, araç gövdesi ile dingiller ve tekerler arasında sanki bir köprüymiş gibi bağlantı mekanizması görevi görmektedirler. Araçların özelliklerine göre sınıflandırılırlar ve bu özelliklere göre de boyutları, kalınlıkları ve genişlikleri seçilir.

Binek ve hafif ticari diye tabir edilen araçlarda helezon yay kullanılırken, ağır vasıta olarak bilinen tır kamyon gibi araçlarda ise makas adı verilen yay kullanılır. Bu yayların kullanım amacı, yollarda meydana gelen eğim farklılıklarından, karşılaşılabilecek çukurlardan ve kasislerden ileri gelen hasar ve darbeyi önlemek için tercih edilirler.

Otobüs ve tır gibi ağır vasıta olarak adlandırılan araçlarda ise makas adı verilen bu yay çeşidi aracın kendi ağırlığını, taşınan yükün güvenliğini ve yükün hasara maruz kalmamasını önlemek amacıyla ağır vasıtalı araçlar için de bu yay çeşidi kullanılır.

Bu yayların çeşitli türleri vardır. Bu türler kullanım alanlarına göre araçtan araca, istenilen konfor, sürüş, yol tutuşu ve otomobil üretici firmanın maliyet hesabı gibi etkenler göz önünde bulundurularak helezon yayları tercih edilmektedir. Spor araçlarda kullanılan yaylar ise diğer araçlarda kullanılan yaylara nazaran daha kısa ve sert olan spor yay olarak adlandırılan yaylar kullanılır.

Helezon yaylar; şok emme, temas edilen yüzeyler arasında kuvvetler uygulama, enerjinin salınımı ve depolanması gibi işlevleri yerine getiren mekanizmalarda kullanılır. Helezon yaylar bu görevleri sayesinde, araçların karşı karşıya kalabileceği darbeler neticesinde oluşacak hasarların en alt limite düşürülmesi bakımında önemli görevler üstlenmektedirler [3]. Helezon yayların özellikleri şunlardır:

- Sıcak ve soğuk sarım teknolojisi ile imal edilebilme imkanına sahiptirler,
- ISO 9001 standartlarına uygun imal edilmeye yatkındırlar,
- Bilyeli raspalama yayın yorulma süresini ciddi oranda uzatmaktadır ve
- Mükemmel kaplamada aşınmaya karşı korozyon direncini arttırmaktadır.



Şekil 2.8. Helezon Yay Örneği

### 2.2.3. Disk Yaylar

Disk yaylar, çok az deformasyonla ve bununla birlikte büyük kuvvetlere maruz kalınması durumunda kullanılan nonlineer karakter yapılı makine elemanlarıdır [4].

Disk yaylar tabak şeklinde, aksenal yönde yükleri yaylanarak karşılayan tek veya takım halinde çalışan yaylardır. Tek bir disk yayının yükü karşılamada yeterli olmadığı durumlarda, yay paketleri halinde kullanılırlar. Yay paketi kombinasyonu ile dayanımı daha yüksek yay karakteristiği elde edilebilir [5].

Kullanım alanlarında yer darlığından dolayı küçük boyutlarda büyük yay kapasitenin olmasının istendiği durumlarda disk yaylar kullanılır ve bu yaylar darbeli çalışan sistemlerde tercih edilirler.

Disk yayların karakteristiği  $H/s$  adı verilen orana bağlıdır.  $H$  disk yaylarda tabak yüzeyin dış çapını,  $s$  ise esneme boyunu temsil eder.  $H/s = 1,41 \dots 2,1$  değerleri arasında değişen bir oran olursa disk yayın orta kısmı yatay bir şekil alır. Disk yaylarda büyük kuvvetlere rağmen küçük deformasyonlar görülür.

Disk yaylarının çok kısa yay boyuna sahip olmasının en büyük avantajı basma kuvvetine maruz kaldıklarında az sıkışmayla yüksek enerji depo etmeleridir. Disk yaylarda shot-peening (çekiçleme) uygulaması yapılır ve boy çöktürme uygulanır; böylece yayların yorulması ve blokaj sorunu ortadan kalkar [6].

Disk yaylar kullanım alanına göre tek tek bazen ise üst üste dizili kümeler halinde kullanılırlar. Disk yaylar kendine has bir çelik malzeme olan krom-vanadyum çeliği 50CrV4 (DIN 2093)'den üretilirler. Bununla birlikte paslanmaz çelikler X9CrNi18 (AISI 301), X4CrNiMo17 (AISI 316) gibi çeliklerden de üretimi yapılmaktadır [7].

DIN 2093 ve TS 1443'e uygun olarak tasarımı yapıldıktan sonra imal edilen konik disk şeklindeki yaylar yaylık banttıan soğuk haddeleme ve sıcak haddeleme olarak iki farklı yöntemle imal edilmektedir. Metrik ve inç ölçülerinde S, VS ve HDS olmak üzere farklı kullanımlar için disk yay emniyet pulu üretimi de yapılmaktadır. Disk yaylar ayrıca cıvata ve somunların kendiliğinden gevşemesi problemini önlemek amacıyla da kullanılırlar. Emniyetli montaj için sık tercih edilen bir makine elemanıdır.

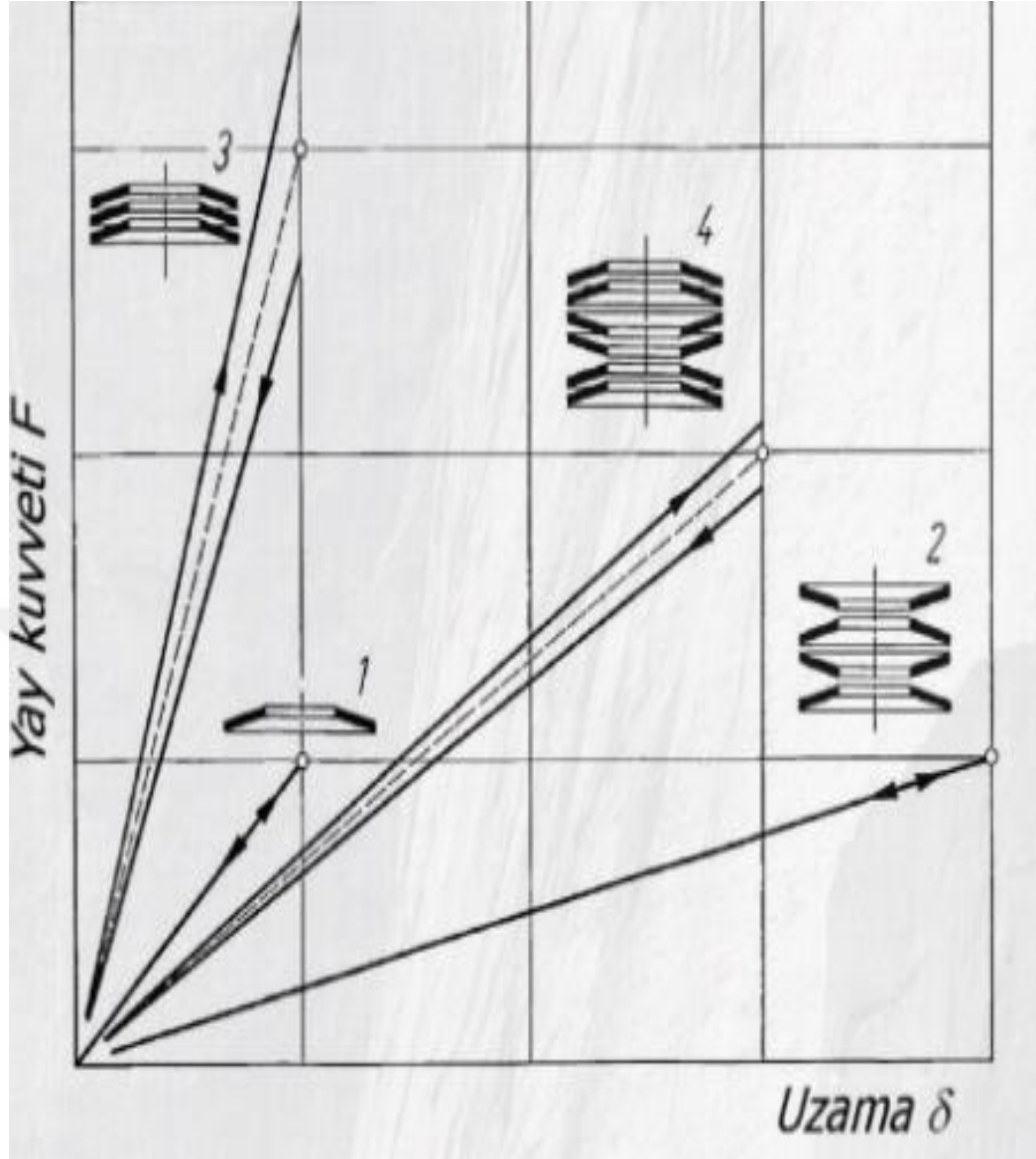
Çanak yaylar cıvata ön gerilimini alarak emniyetli bir çalışma ortamı sağlayarak vibrasyona(titreşime) karşı maksimum oranda direnç gösterirler ve sıkılma esnasında montaj yapıldığı dış yüzeye zarar vermezler.

Disk yayların bir başka tercih edilme sebebi rulmanlardaki boşluğu alarak kasıntıyı gidermektir. Rulmanlardaki kasıntıyı gidermek için şekil 2.9'da 2 numaralı yay çeşidinde görüldüğü üzere "K tipi disk yay" imal edilir. [8]. Disk yayların kullanım alanlarına dair örnekler:

- Kalıplarda,
- Takım tezgahlarında,
- Hidrolik mekanizmalarda,
- Kontrol valflerinde,
- Güvenlik vanalarında,
- Asansör fren sistemlerinde,
- Sönümleyici olarak ve
- Damperlerde kullanılmaktadır.

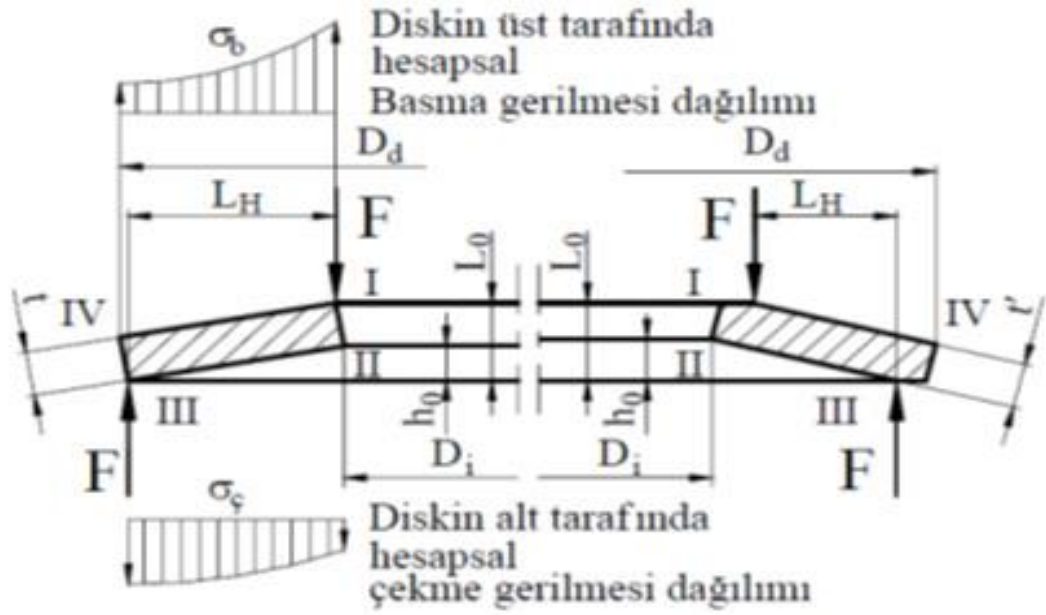
Disk yaylarının kullanılmasının genel maksatlı avantajları aşağıda belirtildiği gibidir:

- İdeal hacimde maksimum yük taşıma olanağı sağlamak,
- Doğrusal yük ile sıkıştırma özelliği elde edebilme imkanından ötürü geniş uygulama alanlarına sahip olması,
- Kullanım sürelerinin uzun dönemlere tekabül etmesi ve tekrar tekrar kullanılabilme özelliklerinin var olması,
- Kuvvetin homojen dağılmasının artışıyla da cıvataların burkulmasına engel olması,
- İstenilen boyutta yay elde edebilmek için birkaç yay ekleme ve çıkarma yapılarak istenilen kalınlık çalışma alanı elde edilmesi,
- Yüzeyindeki çentiklerden dolayı vibrasyona karşı dirençlerinin yüksek olması,
- Yüzeylerine açı verilebilmelerinden dolayı merkez oluşturma görevi üstlenmeleri ve
- Küçük hacimlerde büyük yük taşıma olanağı sağlamasıdır.



Şekil 2.9. Disk Yay Kuvveti-Uzama Örneği

## Disk Yayların Grupları ve Standart Gösterimi



Şekil 2.10. Disk Yay Kesiti [2]

<u>Semboller</u>	<u>Birim</u>	<u>Adlandırma</u>
$D_i$	mm	İç çap
$D_d$	mm	Dış Çap
$L_0$	mm	Tam Yükseklik
$t^1$	mm	Disk Kalınlığı
$t$	mm	Eksiltilmiş Disk Kalınlığı
$h_0$	mm	Tam Yaylanma Boyu
$L_h$	mm	Kuvvet Kolu
$F$	N	Kuvvet
$\sigma_d$	$N/mm^2$	Basma Gerilimi
$\sigma_z$	$N/mm^2$	Çekme Gerilim



Disk yaylar tabak şeklinde bir görüntüye sahip olmakla birlikte düşey veya yatay eksendeki yükü yaylanarak tek veya birçok katmandan oluşan yay takımı halinde taşırlar. Tasarım aşamasında iç kısmına bir kılavuz ile veya dış çapında bir kovanla kılavuzlanma yapılmalıdır. Kılavuzun yayla temas eden yerlerinin ısıtılma takriben HRC 55 sertliğinde, kalınlığı optimum 0.8mm kalınlığında olmalıdır. Disk grupları DIN 2093 de imalat yönetimi bakımından ve işleme yöntemleri göz önüne alınarak üç grupta incelenirler. Bu gruplar:

- 1.Grup (GR1) Disk kalınlığı  $t \leq 1.25$  mm, soğuk şekil vermiş, işlenmiş, yüzey kalitesi  $R_a < 12.5\mu m$
- 2.Grup (GR2) Disk kalınlığı  $1.25 < t < 6$  mm arası, soğuk şekil verilmiş,  $D_d$  ve  $D_i$  torna yapılmış  $R_a < 6.3\mu m$  veya hassas kesilmiş  $R_a < 3.2\mu m$  ve  $D_i$  de kenarlar radyüslenmiştir.
- 3.Grup (GR3) Disk kalınlığı  $6 < t < 15$  mm arası, soğuk veya sıcak şekil verilmiş ve her tarafı torna yapılmış  $R_a < 1.25\mu m$   $D_d > 150$  mm de şekil 2.10 da belirtilen I. ve III. köşe yüzeylerine düz işleme yapılır.

Disk yay dış çapının ve iç çapına oranı  $\delta = D_d/D_i = 1.7$  ile 2.5 arasında ise yaylanma özelliğinin en uygun olduğu durumdadır. Dış çapın kalınlığa oranı 18 ile 40 arasında ise bu ideal konstrüksiyon sınırlarını belirler. DIN 2093 de üç şekilde disk yay dizisi yapılmıştır.

1.Dizi	A	$D_d/t=18$	ve	$h_0/t \approx 0.4$
2.Dizi	B	$D_d/t=28$	ve	$h_0/t \approx 0.75$
3.Dizi	C	$D_d/t=40$	ve	$h_0/t \approx 1.3$

A dizisinde dış çapın kalınlığa oranı yaklaşık olarak doğrusal, B ve C dizileri ise alçalan yay karakterine sahiptirler. Tablo 2.1, 2.2 ve 2.3 de A, B, C dizilerine ait fiziksel değerleri ve güven-kutay.ch den alınan veriler dahilinde aktarılmıştır [8].

## A DİZİSİ

**Tablo 2.1.** A Dizisi Fiziksel Değerleri

Grup	$D_d$ h12 mm	$D_i$ H12 mm	t veya t' $L_0 = h_0 + t$ mm	$h_0$ mm	$F_{0,75}$ N	$s_{0,75}$ mm	$\sigma_{0,75}$ N/mm <sup>2</sup>
1	8	4,2	0,4	0,20	210	0,15	1'230 *
	10	5,2	0,5	0,25	325	0,19	1'230 *
	12,5	6,2	0,7	0,30	660	0,23	1'390 *
	14	7,2	0,8	0,30	797	0,23	1'320 *
	16	8,2	0,9	0,35	1'010	0,26	1'310 *
2	18	9,2	1,0	0,40	1'250	0,30	1'310 *
	20	10,2	1,1	0,45	1'520	0,34	1'300 *
	22,5	11,2	1,25	0,50	1'930	0,38	1'310 *
	25	12,2	1,50	0,55	2'930	0,41	1'430 *
	28	14,2	1,50	0,65	2'840	0,49	1'280 *
	31,5	16,3	1,75	0,70	3'870	0,53	1'310 *
	35,5	18,3	2,00	0,80	5'190	0,60	1'340 *
	40	20,4	2,25	0,90	6'500	0,68	1'340 *
	45	22,4	2,50	1,00	7'720	0,75	1'310 *
	50	25,4	3,00	1,10	12'000	0,83	1'430 *
	56	28,5	3,00	1,30	11'400	0,98	1'280 *
	63	31,0	3,50	1,40	15'000	1,05	1'310 *
	71	36,0	4,00	1,60	20'500	1,20	1'340 *
	80	41,0	5,00	1,70	33'600	1,28	1'460 *
	90	46,0	5,00	2,00	31'400	1,50	1'310 *
100	51,0	6,00	2,20	48'000	1,65	1'430 *	
112	57,0	6,00	2,50	43'700	1,88	1'250 *	

**Kaynak:** güven-kutay.ch

## B DİZİSİ

**Tablo 2.2.** B dizisi Fiziksel Değerleri

Gr	D <sub>d</sub>	D <sub>i</sub>	t	h <sub>0</sub>	F <sub>0,75</sub>	s <sub>0,75</sub>	σ <sub>0,75</sub>	F <sub>0,50</sub>	σ <sub>0,50</sub>	F <sub>0,50</sub>	σ <sub>0,50</sub>	
	mm h12	mm H12	t' mm	mm	N	mm	N/mm <sup>2</sup>	N s <sub>0,5</sub> = 0,5.h <sub>0</sub>	N/mm <sup>2</sup>	N s <sub>0,25</sub> = 0,25.h <sub>0</sub>	N/mm <sup>2</sup>	
1	8	4,2	0,30	0,25	118	0,19	1'320	89	945	52	505	
	10	5,2	0,40	0,30	209	0,23	1'290	155	919	88	489	
	12,5	6,2	0,50	0,35	293	0,26	1'120	215	798	120	423	
	14	7,2	0,50	0,40	279	0,30	1'110	210	792	120	423	
	16	8,2	0,60	0,45	410	0,34	1'120	304	796	172	423	
	18	9,2	0,70	0,50	566	0,38	1'120	417	798	233	424	
	20	10,2	0,80	0,55	748	0,41	1'130	547	799	304	424	
	22,5	11,2	0,80	0,65	707	0,49	1'090	533	778	306	415	
	25	12,2	0,90	0,70	862	0,53	1'030	644	736	367	392	
	28	14,2	1,00	0,80	1'110	0,60	1'090	832	781	476	417	
	31,5	16,3	1,25	0,90	1'910	0,68	1'200	1'410	850	791	452	
	35,5	18,3	1,25	1,00	1'700	0,75	1'080	1'280	772	731	412	
	2	40	20,4	1,50	1,15	2'620	0,86	1'150	1'950	816	1'110	435
		45	22,4	1,75	1,30	3'650	0,98	1'150	2'700	821	1'520	437
50		25,4	2,00	1,40	4'760	1,05	1'150	3'490	816	1'950	433	
56		28,5	2,00	1,60	4'440	1,20	1'100	3'340	784	1'910	418	
63		31	2,50	1,75	7'190	1,31	1'100	5'270	779	2'940	414	
71		36	2,50	2,00	6'730	1,50	1'060	5'050	759	2'890	405	
80		41	3,00	2,30	10'500	1,73	1'150	7'840	820	4'450	437	
90		46	3,50	2,50	14'200	1,88	1'120	10'400	798	5'840	424	
100		51	3,50	2,80	13'100	2,10	1'060	9'820	901	5'620	402	
112		57	4,00	3,20	17'800	2,40	1'130	13'300	784	7'640	418	
125		64	5,00	3,50	29'900	2,63	1'160	21'900	823	12'200	437	
140		72	5,00	4,00	27'900	3,00	1'110	21'000	792	12'000	423	

## C DİZİSİ

**Tablo 2.3.** C Dizisi Fiziksel Değerleri

Gr	D <sub>d</sub>	D <sub>i</sub>	t	h <sub>0</sub>	F <sub>0,75</sub>	s <sub>0,75</sub>	σ <sub>0,75</sub>	F <sub>0,50</sub>	σ <sub>0,50</sub>	F <sub>0,50</sub>	σ <sub>0,50</sub>	
	mm	mm	t'	mm	N	mm	N/mm <sup>2</sup>	N	N/mm <sup>2</sup>	N	N/mm <sup>2</sup>	
	h12	H12	mm	mm	N	mm	N/mm <sup>2</sup>	s <sub>0,5</sub> = 0,5.h <sub>0</sub>		s <sub>0,25</sub> = 0,25.h <sub>0</sub>		
1	8	4,2	0,20	0,25	39	0,19	1'040	33	759	21	411	
	10	5,2	0,25	0,30	58	0,23	972	48	706	30	383	
	12,5	6,2	0,35	0,45	151	0,34	1'290	130	940	84	511	
	14	7,2	0,35	0,45	123	0,34	1'060	106	775	68	431	
	16	8,3	0,40	0,50	154	0,38	1'020	131	740	84	402	
	18	9,2	0,45	0,60	214	0,45	1'120	186	815	121	443	
	20	10,2	0,50	0,65	254	0,49	1'070	219	782	141	425	
	22,5	11,2	0,60	0,80	425	0,60	1'240	370	904	240	492	
	25	12,2	0,70	0,90	599	0,68	1'270	515	926	331	503	
	28	14,2	0,80	1,00	801	0,75	1'310	681	957	435	519	
	31,5	16,3	0,80	1,05	687	0,79	1'140	594	831	384	451	
	35,5	18,3	0,90	1,15	832	0,86	1'090	712	792	458	430	
	2	40	20,4	1,00	1,30	1'020	0,98	1'070	876	782	565	425
		45	22,4	1,25	1,60	1'890	1,20	1'260	1'630	922	1'040	501
		50	25,4	1,25	1,60	1'550	1,20	1'040	1'330	761	854	413
56		28,5	1,50	1,95	2'620	1,46	1'230	2'260	896	1'460	487	
63		31	1,80	2,35	4'240	1,76	1'360	3'660	995	2'360	541	
71		36	2,00	2,60	5'140	1,95	1'350	4'430	987	2'860	537	
80		41	2,25	2,95	6'610	2,21	1'380	5'720	1'010	3'700	548	
90		46	2,50	3,20	7'680	2,40	1'300	6'580	945	4'230	513	
100		51	2,70	3,50	8'610	2,63	1'240	7'410	908	4'780	493	

**Tablo 2.4.** Disk Yayların Malzeme Değişkenleri

Malzemenin adı	Malzeme Numarası	E-Modülü N/mm <sup>2</sup>	Maksimum kalınlık mm	Çalışma Sıcaklık Aralığı (°C)	Kullanımı
Ck67	1.1231	206000	1.25	-10 ...100	Standart
50CrV4	1.8159	206000	25	-20 ...200	
51CrMo4	1.7701	206000	40	-20 ...200	
X12CrNi17-7	1.4310	190000	2	-150...200	Korozyona dayanıklı
X7CrNiAl7-7	1.4568	200000	2.5	-200 ...200	
X5CrNiMo18-10	1.4401	190000	1.6	-200 ...200	
45CrMoV6-7	1.7737	206000	20	-60 ...250	Düşük ısı
30CrNiMo8	1.6580	206000	20	-80 ...250	
X35CrMo17	1.4122	209000	20	-60 ...300	Sıcaklığa dayanıklı
X30WCrV5-3	1.8242	206000	20	-60 ...350	
X22CrMoV12-1	1:4923	209000	20	-60 ...350	
CuBe2	2.1247	135000	4.5	-250...150	Korozyona dayanıklı
NiBe2	2.4132	200000	4.5	-250 ...350	
Duratherm600	-----	220000	6	-200 ...400	Aşırı ısıya dayanıklı
Inconel X 750	-----	214000	25	-200...500	
NiCr20Co18Ti	-----	206000	25	-200...600	

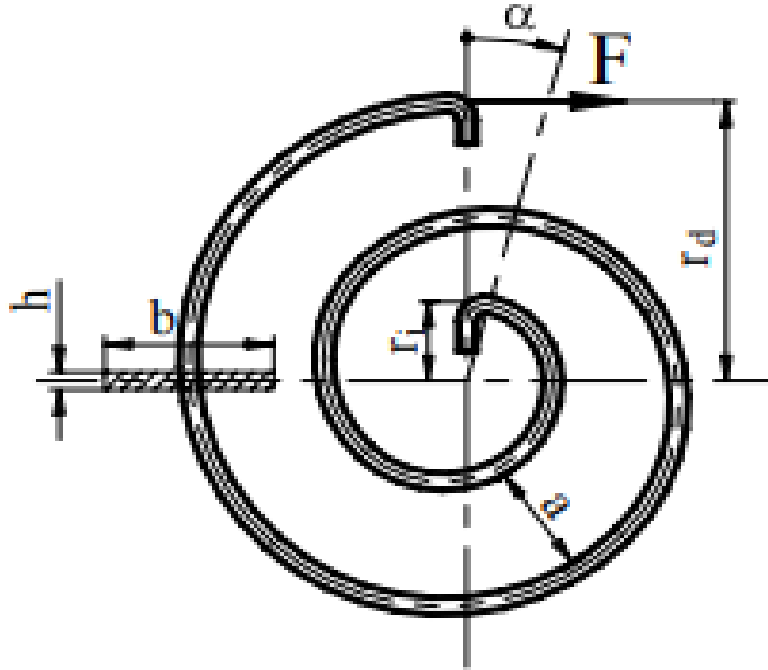
**Tablo 2.5.** Disk Yay Malzemelerinin Isı Kademelerindeki Mukavemet Değerleri

Malzemenin adı	Malzeme Numarası	Isı Kademelerinde E-Modülü							
		20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C
Ck67	1.1231	206	202						
50CrV4	1.8159	206	202	196					
51CrMo4	1.7701	206	202	196					
X12CrNi17-7	1.4310	190	185	178					
X7CrNiAl17-7	1.4568	200	195	190					
X5CrNiMo18-10	1.4401	190	185	178					
45CrMoV6-7	1.7737	206	202	196	189				
30CrNiMo8	1.6580	206	202	196	189				
X35CrMo17	1.4122	209	205	199	192				
X30WCrV5-3	1.8242	206	202	196	189	178			
X22CrMoV12-1	1.4923	209	205	200	193				
CuBe2	2.1247	135	131	126					
NiBe2	2.4132	200	195	189	182	176			
Duratherm600	-----	220	219	212	204	197			
Inconel X 750	-----	214	207	198	190	179	170		
NiCr20Co18Ti	-----	206	201	195	189	181	1175	167	160

#### 2.2.4. Spiral Burulma Yayları

Spiral yaylar şekil 2.11’de gösterildiği gibi dikdörtgen kesitli ölçüleri DIN 1544 ile standartlaştırılmış çelik bantların (malzeme DIN 17222 ye göre) Arşimet (Archimedes) spirali şeklinde sarılmasıyla oluşur. Şekilde de belirtildiği üzere sarım aralığı olarak nitelendirilen “a” değeri bütün spiral yay sarımlarında aynı değerde olmalıdır.

Yay sarım esnasında sarımların birbirine değmemelerine dikkat edilmelidir. Böylece sürtünme etkisinden kaçınılmış olunur. Spiral yaylar genel itibari ile bir mekanizmayı dairesel olarak hareket ettirdikten sonra mekanizmanın hareket öncesi konumuna tekrar getirilmesi için kullanılırlar. Spiral yaylar; elastik dönme kavramalarında, saat mekanizmalarının eksenlerinde dönme hareketinde ve oyuncaklarda tercih edilirler [9].



Şekil 2.11. Spiral Yay Gösterimi

<u>Sembol</u>	<u>Birimi</u>	<u>Adlandırma</u>
h	mm	Yayın kalınlığı
b	mm	Yayın genişliği
a	mm	Sarım aralığı
r <sub>d</sub>	mm	En büyük dış çap eksene göre
r <sub>i</sub>	mm	En küçük dış çap eksene göre
α	°	Dönme açısı
M	N. mm	Döndürme momenti
F	N	Uygulanan kuvvet

Spiral Yayların Hesaplanması

$$M_e = F \cdot r_d \quad (1)$$

$$W_e = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (2)$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} \leq \sigma_e \quad (3) ; \text{denklemleri yerine konulursa}$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{6 \cdot F \cdot r_d}{b \cdot h^2} \leq \sigma_e$$

Yayın tel boyu;

$$L_{\text{tel}} = \frac{\pi \cdot (r_d^2 - r_i^2)}{h + a} = \pi \cdot n \cdot (r_i + r_d)$$

L<sub>tel</sub>=Spiral yayın tel boyu

N= Sarım sayısı

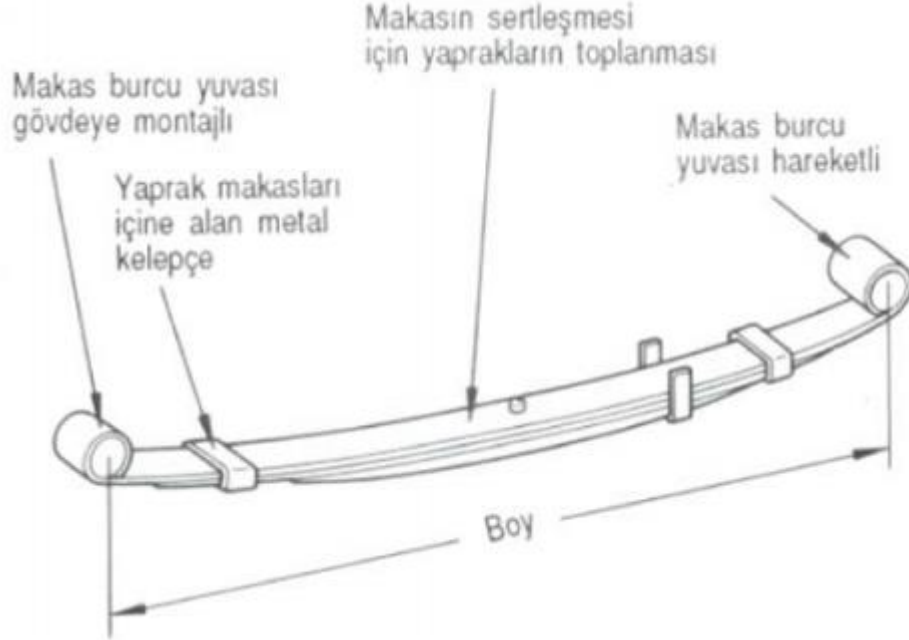


### 2.2.5. Yaprak Yaylar

Yaprak yaylar, bir mekanizmada darbe sönümlmek veya araçlarda süspansiyon sisteminde kullanılan bir yay türüdür. Bu yaylar genelde bir veya daha fazla parabolik şekil verilmiş lamaların birbirlerine bağlanarak üretilirler. Parabolik yaprak yay, ismini yaprak demetlerinin şeklinden almaktadır. Yaprak yaylar, ağır yüklerde maksimum darbe sönümlme karakteristiğine sahiptir.

Yaprak yaylarda karakteristik özelliklerin ideal seviyede olması için ısıtım işlemi uygulanır ve ısıtım işlemle mekanik özelliklerinde iyileşme elde edilir. Yaprak yay malzemesine ani su verme ve temperleme işlemleri ile yayın sertlik değeri ve çekme gerilme değeri artırılır.

Yaprak yaylar, araçlarda sürüş konforunu iyileştirerek yollardan kaynaklanabilecek (kasisler, çukurlar vb.) titreşim hareketine karşı koruyucu görevi gördüğü için tercih edilirler. Yaprak yaylarda, yaprak sayısı arttıkça taşıyabileceği yük miktarı da artar. Birçok aksamdan meydana gelen yaprak yayların elemanları (bk. Şekil 2.12) görülmektedir [10].



Şekil 2.12. Yaprak Yay Bileşenleri

Yaprak yay üretiminde 50CrV4, 51CrMoV4, 55Cr3, 60SiMn5 vb. gibi yay çelikleri kullanılır. Malzemenin kalınlığına göre 800-1000 °C arasında tavlanarak yağda soğutulur.

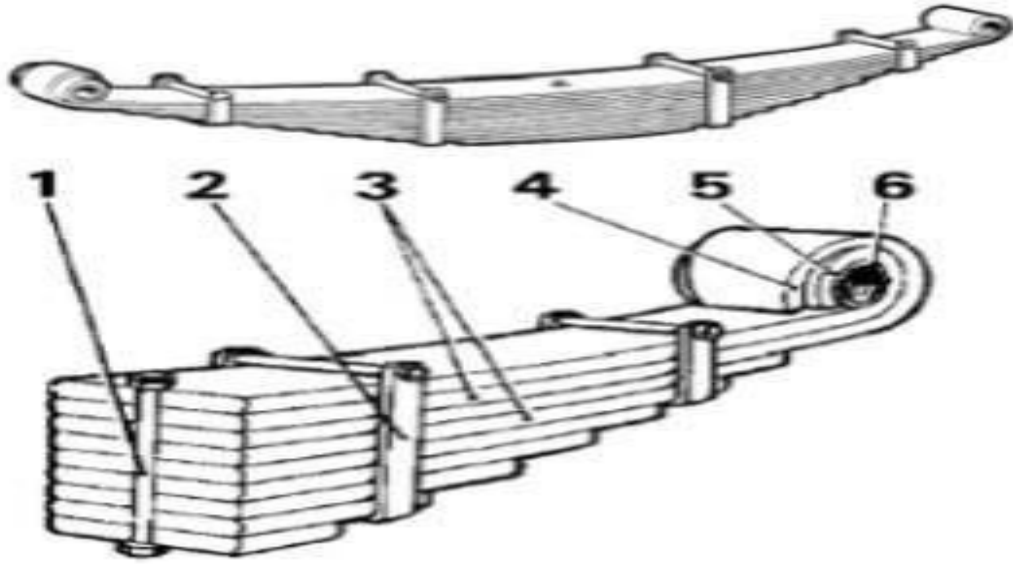
Esen (2009), yapmış olduğu çalışmada, kompozit yaprak yaylar ile yaklaşık aynı ağırlığa sahip çelik yaprak yayları arasında yaptığı karşılaştırmalar sonucunda kompozit yaprak yayların ömrünün çok daha uzun olduğunu belirtmiştir [11].

Konvansiyonel yaprak yaylarda yaklaşık ömür 50000, parabolik yaprak yaylarda ise yaklaşık 100000 kompozit yaprak yaylarda ise bu ömür 1000000 çevrim olarak görülmüştür [12]. Kompozit yaprak yay ile çelik yaprak yay olarak üretilen örnekler (bk. Şekil 2.13) de görülmektedir.



**Şekil 2.13.** Kompozit ve Çelik Yaprak Yay Örnekleri

Yaprak yaylar, yassı çelikten bant Şeklinde bir büküm Őekli verilerek yapılır ve birkaç ince yaprağın boy sıralamasına göre kısıdan uzuna doğru üst üste uygun koşullarda demetlenmesiyle oluşur. AŞağıda çok katlı yaprak yayların parçaları gösterilmiştir [13].



1-Merkez civatası,

2-Kelepçe,

3-Yaprak yay,

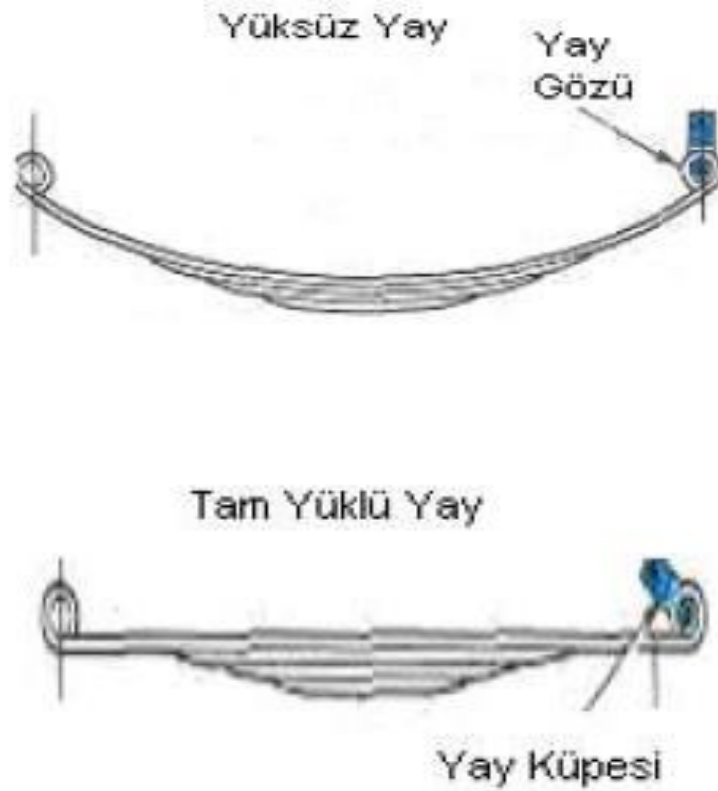
4-Bağlantı küpesi,

5-Yay gözü ve

6-Lastik burtur.

Yaprak yayların birtakım özellikleri vardır. Bu özellikler ise şu şekildedir:

- Ağır hizmet kullanımı için oldukça uzun ömürlü ve dayanıklıdırlar fakat yapımı oldukça meşakkatli ve zaman alıcıdırlar.
- Yaprak iç sürtünmeleri nedeniyle yol yüzeyinden kaynaklanan küçük titreşimleri sönmömleri zordur.
- Sürüş konforu açısından yeterince iyi değildir. Bundan dolayı yaprak yaylar, büyük ticari araçlarda kullanılır ve o araçlarda küçük araçlara nazaran daha verimli kullanılırlar.
- Kalkış ve duruş sarsıntılarını büyük araçlarda oldukça kolay sönmömlerler.
- Yaprakların sürtünmesinden dolayı belirli zaman periyotlarında düzenli bakım yapılmasını gerektirir.
- Yaprak yaylar üzerine yük bindiğinde şekil değişikliğine uğrarlar.



**Şekil 2.14.** Yüklü ve Yüksüz Yaprak Yay Örneği

### 3. BÖLÜM

#### YAYLARIN ISIL İŞLEMİ

##### 3.1. Isıl İşlem

Isıl işlem, bir malzemeye kazandırılmak istenen olumlu karakteristik özellikler doğrultusunda malzemenin uygun bir sıcaklığa getirilmesi, bu sıcaklık veya sıcaklık aralığında belirli bir süre tutulması ve ardından uygun bir soğutma hızı ile ortamda belirli bir sıcaklığa soğutulması olarak tanımlanmaktadır.

Bir enerji türü olan ısı, metaller üzerine uygulandığında uygulanan metalin iç yapısına etki eder ve iç yapılarında enerjiye maruz kalmadan önceki durumuna göre tokluk, sertlik ve dayanım gibi karakteristiklerinde değişimler meydana getirir. Meydana gelen bu değişimler ısıl işlemle elde edilmektedir ve istenen sonucun oluşmasını sağlayan prosesin temelini oluşturmaktadır [14]. Temel olarak ısıl işlemin malzemeye katkıda bulunduğu özellikler şunlardır:

- Malzemenin mekanik özelliklerini elde edilmek istenen duruma getirmek,
- Aşınma dayanımını istenilen miktarda arttırmak,
- Talaşlı işlemeyi kolaylaştıracak daha iyi parça elde etmek,
- Döküm, dövme ve kaynak gibi süreçlerden gelen kalıntı gerilmelerini gidermek,
- Tane yapısını inceltmek,
- Sertliği iyileştirmek amacıyla arttırmak,
- Kopma dayanımını ve uzama katsayısını elde ederek kullanım alanını belirlemek ve
- Korozyon direncini gidermektir.

Yukarıda ifade edilen sonuçları elde etmek için uygulanması gereken her işlem farklı yöntem, fırın ve farklı sıcaklık değeri göz önüne alınarak yapılır. Bununla birlikte bu işlemlerin gerektirdiği yöntem, materyal, sıcaklık değeri ve süre gibi etmenler de değişebilmektedir [14].

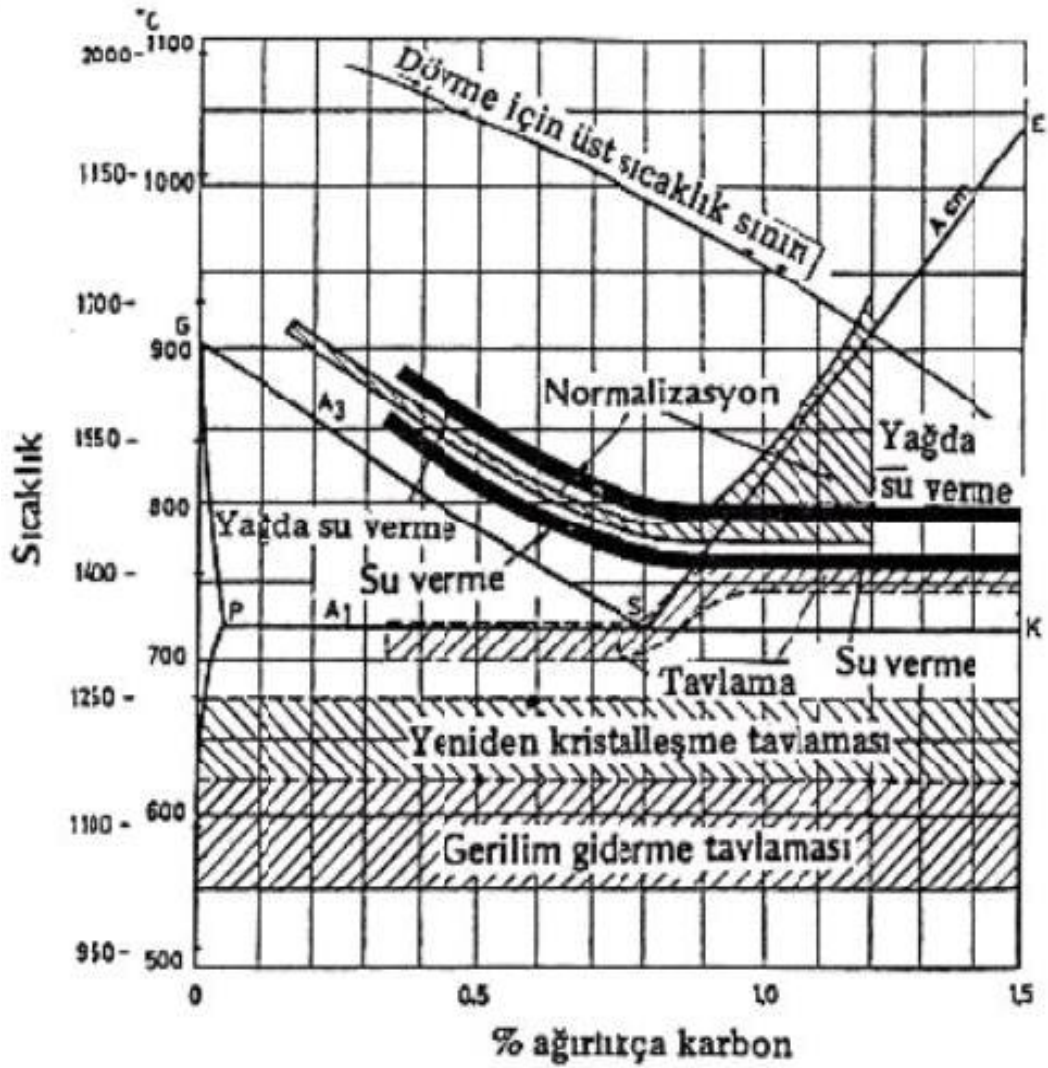
Bu çalışmada Yılmaz yay firmasında bulunan 815°C ısıtılıp yağda soğutulmuş ardından 300°C'de menevişleme işlemi uygulanıp havada soğutulan karakteristikteki tellerden soğuk haddeleme yöntemiyle yay sarımı gerçekleştirilmiştir. Sarımı gerçekleştirilen yaylarda basma ve çekme deneyleri yapılarak veriler elde edilmiştir.

Sarım gerçekleştirilirken yayların iç yapısında oluşan gerilmeleri gidermek için firma bünyesinde bulunan iç gerilmeleri giderme fırınında tavlama işlemine maruz bırakılmıştır. Tavlama öncesi ve sonrasında elde edilen veriler aktarılmıştır.

### 3.2. Isıl İşlem Yöntemi

Isıl işlemde uygulama yapılırken Fe-C diyagramı ön planda tutularak ısıl işlem yöntemlerinin hangi sıcaklık aralığında yapıldığına dikkat edilmektedir.

Fe-C denge diyagramı, % C miktarı ve sıcaklık ilişkisine bağlı olarak, demir-karbon alaşımlarının iç yapılarında oluşabilen tüm fazların bir arada görülebildiği diyagramlardır (bk. Şekil 3.1) [14].



Şekil 3.1. Fe-C Diyagramı

### 3.3. Tavlama Yöntemi

Tavlama, malzemeleri yumuşatmak, tokluk ve süneklik gibi mekanik özellikleri iyileştirmek, iç gerilmeleri ortadan kaldırmak ve işlenebilirlik özelliğini arttırmak amacıyla metallere uygulanan ısı işlemlerin genel adıdır [14].

Tavlama, malzemelere tokluk ve dayanım gibi düşük değerlerde olan mevcut özelliklerini iyileştirmek için uygulanabileceği gibi, bir önceki üretim işleminden kalan düşük dayanım ve iç gerilmeler gibi olumsuzlukları ortadan kaldırmak için ya da malzemeyi bir sonraki üretim işlemine hazır hale getirmek için de uygulanabilmektedir. Bu amaçlar göz önünde bulundurularak, istenilen özellikleri kazandırmak amacıyla uygulanmış olan tavlama çeşitlerinden bir ya da birkaçı seçilir ve malzemelere uygulanır [14]. En yaygın kullanılan tavlama çeşitleri şunlardır:

- Normalizasyon tavlaması,
- Yumuşatma tavlaması,
- Gerilme giderme tavlaması,
- Tane büyütme tavlaması,
- Homojenleştirme tavlaması ve
- Yeniden kristalleştirme tavlamasıdır.

### 3.3.1. Gerilim Giderme Tavlaması

Çelik malzemeler kaynak, döküm, haddeleme, tel çekme vb. gibi işlemlere tabi tutulduklarında ısı iletimine bağlı olarak bünyelerinde sıcaklık farkları ve farklı soğuma hızları oluşabilmektedir [14].

Malzemelerin farklı bölgelerinde iç yapı değişimlerine bağlı olarak şekil değiştirmeler olabilir, bunun sonucunda ise malzeme bünyesinde uyumsuzluklar meydana gelir. Malzemeler, bu uyumsuzlukları giderebilmek için kendisini elastik ya da plastik şekil değiştirmeye zorlayabilir. Eğer bu şekil değiştirme elastik bölgede kalırsa, malzeme yeniden eski haline dönmek ister ancak bu durumda malzemenin iç yapısında bir gerilme oluşur. Bu gerilmelere iç gerilme adı verilir.

Gerilme giderme tavlaması sırasında malzemenin iç yapısında oluşan gerilmelerin giderilmesinin dışında karakteristik bir değişiklik gözlenmez. Bu nedenle işlem iç yapı dönüşümlerinin başladığı sıcaklıkların altında gerçekleştirilmelidir. Böylece malzemenin mekanik özelliklerinde doğrudan değişiklik meydana getirmeden, yalnızca iç gerilmeleri meydana getiren elastik şekil değiştirmelerin ortadan kaldırılması amaçlanır.

Menevişlenmiş tellerden sarılan yaylarda artık gerilmeler oluşmaktadır ve artık gerilmeleri gidermek için yapılan iç gerilimleri giderme tavlamasında yayın mekanik özelliklerini olumsuz etkilememesi için sıcaklık 250 °C ye getirilir. Soğuk haddelenmiş yaylarda gerilim giderme tavlaması yapılmaz ise çalıştığı yerde boyda çökme olur ve yayın işlevi uzun olmaz. Soğuk sarım dışındaki çelikler için tavlama sıcaklığı 550-600 °C civarındadır. Tavlama işlemi sonrasında yeniden iç gerilme oluşmaması için ise tavlanan malzeme fırında yavaşça soğutulmalıdır [14].



### 3.4. Yay elikleri

Yay malzemesi olarak kullanılacak çeliklerde istenilen özellikler, yeterli yk dayanımı elde etmek, iyi esneklik ve kırılmaya karşı maksimum emniyet kazanımı şeklinde özetlenebilmektedir. Bu zellikleri her zaman elde etmek mümkün değildir bu özelliklerin elde edilmesi ancak uygun elik seçimi ve doğru ısıl işlem ile mümkün olabilmektedir.

Yük dayanımının artırılması ile malzemenin sünekliliğini kaybetmemesi esastır. elik malzemeye şekil verme işlemine oda sıcaklığında gerçekleştirmek istenilirse, yüksek oranda eğilme gerilmelerinden kaçınılmaz hale gelinir, bu durum üretilen parçanın esnekliğini düşürür. Bu sebeple şekil verilmiş parçaların düşük sıcaklıklarda tavllanması uygun olmaktadır [17],[18].

Karbon eliklerinin tercih edilmeyeceği koşullarda ergitme işlemi sırasında alaşım elementleri yay çeliğine ilave edilir ve bu elementler çeliğin çekme dayanımını, sertliğini ve tokluğunu artırır [19].

Sıcak haddelenmiş yay çeliklerinin kimyasal bileşimi Tablo 3.1’de verilmiştir ayrıca Tablo 3.2’de soğuk haddelenmiş yay çeliklerinin kimyasal bileşimi gösterilmiştir. Tablo 3.3’te sıcak haddelenmiş yay çeliklerinin ısıl işlem koşulları gösterilmiştir. Tablo 3.4’te ise soğuk haddelenmiş yay çeliklerine ait ısıl işlem koşulları TS EN-10089 verileri ışığında belirtilmiştir.

**Tablo 3.1.** Sıcak Haddelenmiş Yay Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi

Malzemenin adı	Malzeme Numarası	Kimyasal Bileşim							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
38Si7	1.5023	0.35 0.42	1.50 1.80	0.50 0.80	0.025	0.025			
46Si7	1.5024	0.42 0.50	1.50 2.00	0.50 0.80	0.025	0.025			
56Si7	1.5026	0.52 0.60	1.60 2.00	0.60 0.90	0.025	0.025			
55Cr3	1.7176	0.52 0.60	Maks 0.40	0.70 1.00	0.025	0.025	0.70 1.00		
60Cr3	1.7177	0.55 0.65	Maks 0.40	0.70 1.00	0.025	0.025	0.60 0.90		
54SiCr6	1.7102	0.51 0.59	1.20 1.60	0.50 0.80	0.025	0.025	0.50 0.80		
56SiCr7	1.7106	0.52 0.60	1.60 2.00	0.70 1.00	0.025	0.025	0.20 0.45		
61SiCr6	1.7108	0.57 0.65	1.60 2.00	0.70 1.00	0.025	0.025	0.20 0.45		
51CrV4	1.8159	0.47 0.55	Maks 0.40	0.70 1.00	0.025	0.025	0.90 1.20		
45SiCrV6-2	1.8151	0.40 0.50	1.30 1.70	0.60 0.90	0.025	0.025	0.40 0.80		
54SiCrV6	1.8152	0.51 0.59	1.20 1.60	0.50 0.80	0.025	0.025	0.50 0.80		
60SiCrV7	1.8153	0.56 0.64	1.50 2.00	0.70 1.00	0.025	0.025	0.20 0.40		
46SiCrMo6	1.8062	0.42 0.50	1.30 1.70	0.60 0.90	0.025	0.025	0.50 0.80		0.20 0.30
50SiCrMo6	1.8063	0.46 0.54	1.40 1.80	0.50 0.80	0.025	0.025	0.80 1.10		0.20 0.35
52SiCrNi5	1.7117	0.49 0.56	Maks 0.40	0.70 1.00	0.025	0.025	0.70 1.00	0.50 0.70	
52CrMoV4	1.7701	0.48 0.56	Maks 0.40	0.70 1.00	0.025	0.025	0.70 1.00		0.15 0.30

**Kaynak:** TS 10089

**Tablo 3.2.** Soğuk Haddelenmiş Yay Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi

Malzemenin adı	Malzeme Numarası	Kimyasal Bileşim								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni
C55S	1.1204	0.52 0.60	0.15 0.35	0.60 0.90	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
C50S	1.1211	0.57 0.65	0.15 0.35	0.60 0.90	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
C67S	1.1231	0.65 0.73	0.15 0.35	0.60 0.90	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
C75S	1.1248	0.70 0.80	0.15 0.35	0.60 0.90	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
C85S	1.1269	0.80 0.90	0.15 0.35	0.40 0.70	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
C90S	1.1217	0.85 0.95	0.15 0.35	0.40 0.70	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
C100S	1.1274	0.95 1.05	0.15 0.35	0.30 0.60	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
C125S	1.1224	1.20 1.30	0.15 0.35	0.30 0.60	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
48Si7	1.5021	0.45 0.52	1.60 2.00	0.50 0.80	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
56Si7	1.5026	0.52 0.60	1.60 2.00	0.60 0.90	0.025	0.025	Maks 0.40	0.10		Maks 0.40
51CrV4	1.8159	0.47 0.55	Maks 0.40	0.70 1.10	0.025	0.025	0.90 1.20	0.10	0.10 0.25	Maks 0.40
80CrV4	1.2235	0.75 0.85	0.15 0.35	0.70 1.00	0.025	0.025	0.40 0.60	0.10	0.15 0.25	Maks 0.40
75Ni8	1.5634	0.72 0.78	0.15 0.35	0.30 0.50	0.025	0.025	<0.15	0.10		1.80 2.10
125Cr2	1.8063	1.20 1.30	0.15 0.35	0.25 0.40	0.025	0.025	0.40 0.60	0.10		Maks 0.40
102Cr6	1.2067	0.95 1.10	0.15 0.35	0.25 0.40	0.025	0.025	1.35 1.60	0.10		Maks 0.40

**Kaynak:** TS 10089

**Tablo 3.3.** Sıcak Haddelenmiş Yay Çeliklerinin Isıl İşlem Koşulları

Kısa İşareti	Malzeme No.	Sertleştirme Sıcaklığı $\pm 10$ °C	Sertleştirme Ortamı	Menevişleme Sıcaklığı $\pm 10$ °C	Akma Muk.(MPa) $R_{p0,2}$	Çekme Muk.(MPa) $R_m$	% Uzama, A. Min.	% Kesit Dar. Z Min.	Darbe Enerjisi (20 °C) J Min.
38Si7	1.5023	880	Su	450	1150	1300-1600	8	35	18
46Si7	1.5024	880	Su	450	1250	1400-1700	7	30	15
56Si7	1.5026	860	Yağ	450	1300	1450-1750	6	25	13
55Cr3	1.7176	840	Yağ	400	1250	1400-1700	3	20	5
60Cr3	1.7177	840	Yağ	400	1300	1450-1750	3	20	5
54SiCr6	1.7102	860	Yağ	450	1300	1450-1750	6	25	8
56SiCr7	1.7106	860	Yağ	450	1350	1500-1800	6	25	8
61SiCr7	1.7108	860	Yağ	450	1400	1550-1850	5,5	20	8
51CrV4	1.8159	850	Yağ	450	1200	1350-1650	6	30	8
45SiCrV6-2	1.8151	880	Yağ	400	1550	1600-1900	7	40	13
54SiCrV6	1.8152	860	Yağ	400	1600	1650-1950	5	35	8
60SiCrV7	1.8153	860	Yağ	400	1650	1700-2000	5	30	5
46SiCrMo6	1.8062	880	Yağ	450	1400	1550-1850	6	35	10
50SiCrMo6	1.8063	890	Yağ	450	1420	1650-1950	6	30	5
52SiCrNi5	1.7117	860	Yağ	450	1300	1450-1750	6	35	10
52CrMoV4	1.7701	860	Yağ	450	1300	1450-1750	6	35	10
60CrMo3-1	1.7239	860	Yağ	450	1300	1450-1750	6	30	8
60CrMo3-2	1.7240	860	Yağ	450	1300	1450-1750	6	30	8
60CrMo3-3	1.7241	860	Yağ	450	1300	1450-1750	6	30	8

**Kaynak:** TS 10132-4

**Tablo 3.4.** Sıcak Haddelenmiş Yay Çeliklerinin Isıl İşlem Koşulları

Çelik		Tavlınmış				Soğuk Haddelenmiş		Sertleştirilmiş ve Menevişlenmiş	
Kısa İşareti	Malzeme No.	R <sub>p0,2</sub> N/mm <sup>2</sup> Max.	R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup> Max.	A <sub>80</sub> % Min.	HV Max.	R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup> Max.	HV Max.	R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	HV
C55S	1.1204	480	600	17	185	1070	300	1100-1700	340-520
C60S	1.1211	495	620	17	195	1100	305	1150-1750	345-530
C75S	1.1248	510	640	15	200	1170	320	1200-1900	370-580
C85S	1.1269	535	670	15	210	1190	325	1200-2000	370-600
C90S	1.1217	545	680	14	215	1200	325	1200-2100	370-600
C100S	1.1274	550	690	13	220	1200	325	1200-2100	370-630
C125S	1.1224	600	740	11	230	1200	325	1200-2100	370-630
48Si7	1.5021	580	720	13	225	-	-	1200-1700	370-520
56Si7	1.5026	600	740	12	230	-	-	1200-1700	370-520
51CrV4	1.8159	550	700	13	220	-	-	1200-1800	370-550
80CrV2	1.2235	580	720	12	225	-	-	1200-1800	370-550
75Ni8	1.5634	540	680	13	210	-	-	1200-1800	370-550
125Cr2	1.2002	590	750	11	235	-	-	1300-2100	405-630
102Cr6	1.2067	590	750	11	235	-	-	1300-2100	405-630

### **3.4.1. Sertleştirme (Su verme)**

Sertleştirme, çeliğin alaşım elementlerine bağlı olarak belirli bir sıcaklığa (ostentileşme sıcaklığına) kadar ısıtılıp, ani olarak soğutulması ve bu yolla içyapıda martenizit adı verilen fazın oluşumunun sağlanması işlemine denir. Sertleştirme işlemi ani soğutmanın gerçekleştiği koşullara göre suda sertleştirme, havada sertleştirme, yağda sertleştirme olmak üzere üç proseste gerçekleştirilir. Bu proseslerin seçimi tercih edilen çeliğin soğuma hızına göre tayin edilir.

#### **3.4.1.1 Suda Sertleştirme**

Su verme işleminde sıcak parça suya batırıldığında parça etrafında buhar oluşur. Oluşan buhar numune yüzeylerine yalıtılır. İşleme başlanırken soğuma hızı düşüktür. Sıcaklık düştükçe buhar tabakası yırtılır ve buhar kabarcıkları yüzeye çıkar. Sıcaklık 400°-500 ° C ye kadar ulaştığında soğutma sıvısı kaynamaya başlar ve bu sıcaklık değeri en yüksek soğuma hızı değerine tekabül eder.

#### **3.4.1.2 Yağda Sertleştirme**

Suda sertleştirme yöntemindeki soğutma hızına göre daha düşük bir soğutma hızına sahiptirler. Bu özellikleri ile kritik soğuma hızlarına sahip çelikleri için sertleştirme prosesinde soğutucu ortam olarak tercih edilirler. Yağın soğutucu ortam olarak kullanılmasıyla çeliklerde korozyon oluşumu engellenir ve yüksek korozyon dayanımına ulaşılır.

#### **3.4.1.2 Havada Sertleştirme**

Çelik malzemenin sertleştirme sıcaklığına kadar ısıtılma prosesinin ardından ısı işlem fırından çıkarılarak hava ortamında soğutulmasıdır. Hava ile soğutma prosesi diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında verimi en düşük prosestir. Verimin düşük olmasının nedeni soğuma hızının diğer yöntemlere göre daha düşük olmasıdır.

### 3.4.2. Menevişleme

Çeliklerde sertleştirme işleminin ardından malzemede gevrek ve kırılğan bir yapı oluşur. Çeliklerde sertleştirme işlemi gerçekleştirilirken östenitin, martenzite dönüşmesi esnasında malzemede iç gerilmelerden kaçınılmaz. İç gerilmelerin oluştuğu malzemelerin şekillendirilmesi oldukça zordur, malzeme çok gevrek olduğundan şekillendirme esnasında çatlama ya da kırılmalar meydana gelebilir.

Sertleştirme prosesi sonrası herhangi bir çelik grubunun ulaşabileceği en ideal sertlik değeri elde edilir ve malzemenin tokluğunda azalış meydana gelir. Bu amaçla menevişleme prosesinde malzeme, A1 sıcaklığının altında belli bir noktaya kadar ısıtılır ve bu sıcaklıkta belli bir süre tavlandıktan sonra havada soğutulur. Menevişleme işlemi ile sertlik/tokluk oranı istenilen orana getirmek mümkündür.

Yay çeliğinde menevişleme 300-500°C sıcaklık aralığında gerçekleştirilir. Çelik sınıfına bağlı olmakla beraber, belli sıcaklık aralıklarında meneviş gevrekliği oluşabilir. Bu sıcaklık aralığında menevişleme işlemini uygulamaktan kaçınılmalıdır.

## 4. BÖLÜM

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 4.1. Deneysel Yöntem

Bu çalışmanın amacı, yay çeliklerine ısıl işlemin önemini deneyler eşliğinde ortaya koymak ve ısıl işlem uygulamasının faydalarını verilerle aktarmaktır.

Isıl işlem öncesinde, sonrasında veya bu süreçler esnasında gerçekleşen ve iç gerilmelerin oluşumu sonrasında iç gerilmelerin giderilmesi için yapılan tavlama sonucunda yay çeliklerinde ısıl işlem öncesi ve sonrası meydana gelen karakteristik değişiklikler incelenmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleşmesi için kullanılan yay numuneleri, Yılmaz Yay firmasında bulunan yay makinasında sarımı gerçekleştirilmiştir. Firmada kam yay for makinaları, kamsız yay for makinaları ve torsiyon yay makinalarında incelemelerde bulunulmuş ve yay sarım gerçekleştirilmiştir (bk. Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Yay Çeliklerinin Sarım Makinası




## 4.2. Deney Hazırlık Aşamaları

Yılmaz yay firması bünyesinde gerçekleştirilen, sarım esnasında meydana gelen iç gerilmeleri giderme deney çalışması için ise iki tür fırın bulunmaktadır. Fırınlara konveyörlü yatay fırın ve dikey fırın olarak adlandırılmaktadır.

Yılmaz yay bünyesinde DIN EN 10270/1 A, B, C, D kalite teller, DIN EN 10270/1 Galvanizli A, B, C, D kaliteli teller ve Ck67 (1.1231) tel kullanılmaktadır. Tel çapına göre fırınlama dereceleri tabloda belirtilmiştir (bk. Tablo 4.1).

**Tablo 4.1.** Gerilim Giderme Tavının Fırınlama Dereceleri

MALZEME	TEL ÇAPI	I. FIRIN DERECESİ - °C (yay sarma sonrası)	I. FIRIN SÜRESİ - dk (yay sarma sonrası)	II. FIRIN DERECESİ - °C (kumlama sonrası)	II. FIRIN SÜRESİ - dk (kumlama sonrası)	Sayfa	1/1
						Dok.No	KÇT.08
 <b>ÇALIŞMA TALİMATI</b>						Yay Tarihi	01.03.2011
						Rev. Tarihi	--
						Rev.No	00
						KONU	FIRINLAMA DERECELERİ
DIN EN 10270/1 A,B,C,D kalite teller	< 1,00	250	20	190	30		
	1,00-3,00	250	30	190	30		
	3,01-8,00	280	30	190	30		
	8,01-16,00	280	45	190	30		
DIN EN 10270/1 GALVANİZLİ A,B,C,D kalite teller	< 1,00	240	30				
	1,00-3,00	240	30				
	3,01-8,00	240	30				
	8,01-16,00	240	45				
DIN EN 10270/2 FD SiCr&VD CrV&VD SiCr yağda temperlenmiş CrSi ve CrV alaşımli teller	< =1,60	380	20	230	30		
	1,61-2,50	400	30	230	30		
	2,51-5,00	420	30	230	30		
	5,01-8,00	420	45	230	30		
	>8,00	440	60	230	45		
DIN EN 10270/3 Paslanmaz teller	<1,00	300	30	240	30		
	1,00-16,00	380	45	240	30		
REVİZYON NEDENİ:						HAZIRLAYAN YÖNETİM TEMSİLCİSİ	ONAYLAYAN GENEL MÜDÜR

Deneyde kullanılan yay çeliği, firmada 815°C-840°C arasında ısıtılıp yağda soğutulmuş ardında menevişleme işlemi yapıp havada soğutulmuş karakteristik özelliğinde bulunmaktadır. Bu yay çeliklerinde yay sarımı gerçekleşmesinin ardından sarım esnasında oluşan iç gerilimleri giderme aşamasına geçiş yapılmıştır.

İç gerilimleri giderme tavlamasında firma bünyesinde 2 tip fırın kullanılmakta olup, I. fırın olarak adlandırılan yatay konveyörlü ısıtma işleminin fırını için gerekli ısı derecesi ve ısıtma işleminin koşulları sağlanmasıyla beraber ısıtma işlemi süresi bitimine kadar beklenerek deneyler sonucunda veriler elde edilmiştir. II. fırın olarak adlandırılan dikey fırında gerçekleştirilen ısıtma işlemi için gerekli olan fırın derecesi ayarı yapılmış olup ve bu sıcaklıkta işlemin gerçekleşme süresince I. fırında kullanılan deney numunesi ile aynı numune kullanılarak veriler elde edilmiştir.

I. ve II. fırın arasında gözlemlenen en büyük etken II. fırında, I. fırına göre ısı yalıtımının çok daha optimum seviyelerde olması ve bunun yanı sıra fırınlarda kapasite farklılığının var olmasıdır. I. ve II. fırın arasındaki ısıtma işlemi süresi incelendiğinde ise ısıtma işlemi süresi arasında çok fazla değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir.

II. fırının I. fırına göre bir diğer artışı ise çok daha fazla miktarda yayı aynı anda ısıtma işlemi sürecine tabi tutabilecek kapasiteye sahip olmasıdır. I. fırında yayların yatay olarak konveyörlü sistemde fırın içine alınarak ısıtma işlemi prosesi gerçekleştirilmiştir.

Deneyin gerçekleşmesi için Yılmaz yay firmasında bulunan yay sarma makinasından altışar adet çekme ve basma yayı sarılarak bu yayların fiziksel değerlerinin kumpas yardımıyla ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu yayların ısıtma işlemi öncesi değerleri yazılıp ardından ısıtma işleminin gerçekleştirilmesi ile ısıtma işlemi öncesi ve ısıtma işlemi sonrası arasında değişen fiziksel etkenler gözlemlenmiştir.

Deney çalışmasında MXM makinası aracılığıyla basma ve çekme yaylarının ısıtma işlemi öncesi ve ısıtma işlemi sonrası çekme ve basma değerleri incelenerek çalışmaya aktarılmıştır.

**Tablo 4.2.** Deney Çeki Yay ı Numunesi

Sembol	Fiziksel Büyüklük	Resim Değeri	Ölçülen Örnekler			
			Isıl İşlem Öncesi		250°C' de Isıl İşlem Sonrası	
D	Tel Çap ı	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
D <sub>a</sub>	Dış Çap (Kafalar)	4,15	4,22	4,26	4,16	4,14
D <sub>m</sub>	Dış Çap (Geçiş)	2,65	2,64	2,66	2,62	2,60
D <sub>i</sub>	Dış Çap (Orta)	3,35	3,34	3,36	3,32	3,30
İ <sub>f</sub>	Çalışan Sarım	116	116	116	116	116
İ <sub>g</sub>	Toplam Sarım	116	116	116	116	116
L	Serbest Boy	46,50 ±0,6	46,58	46,38	46,42	46,50
P <sub>1</sub>	1.Aşama Kuvveti	N	2,98	2,86	2,68	2,54
L <sub>1</sub>	1.Aşama Boyu	-	+25	+25	+23,5	+23,5
P <sub>2</sub>		N	5,18	5,06	6,04	5,88
L <sub>2</sub>		-	+50	+50	+57,5	+57,5

**Tablo 4.3.** Deney Bası Yay ı Numunesi

SEMBOL	Fiziksel B ¼y¼kl¼k	Resim Değeri	O ¼¼len O rnekler			
			Isıl İşlem Öncesi		250°C' de Isıl İşlem Sonrası	
d	Tel Çap ı	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Da	Dış Çap	6	6,02	6,03	5,96	5,98
Dm	Ortalama Çap	5.30	5.32	5.33	5.26	5.28
Di	İç Çap	4.60	4.62	4.63	4.56	4.58
İf	Çalışan Sarım	12	12	12	12	12
İg	Toplam Sarım	12	12	12	12	12
Lo	Serbest Boy	36,00 ±0,5	30,16	30,18	30,16	30,18
P <sub>1</sub>	1.Aşama Kuvveti	12,00 N ±1,2	11,80	11,82	11,80	11.80
L <sub>1</sub>	1.Aşama Boyu	30	42.16	42.18	42.18	42.18

Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te ise teknik verileri belirtilen bu yay çelikleri firmada ısıtılıp yağda soğutulmuş ardından menevişleme işlemi yapılmış karakteristik özelliğinde bulunmaktadır. Çekme ve basma yaylarının sarımının gerçekleştirilmesi sonucunda ısıtılma işlemi öncesi ve ısıtılma işlem sonrasında yayların fiziksel değerleri ölçülerek yazılmıştır.

Çekme ve basma yaylarından altı adet soğuk sarılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından çekme ve basma yaylarında üç numunenin ısıtılma işlemi öncesi sahip olduğu karakteristik değerleri kumpas aracılığıyla ölçülüp not edilirken, diğer üç numune için de sarım esnasında oluşan iç gerilmeleri giderme tavlama işlemi sonucunda elde edilen karakteristik değerleri not edilmiştir.

Bası ve çeki yayları için elde edilen değerler tablolarda aktarılmıştır. Deney çalışması ve 815°C-840°C arasında ısıtılıp yağda soğutulmuş ardından 300°C menevişleştirilip havada soğutulmuş 1.1231 numaralı malzeme ile gerçekleştirilmiştir.

Yay çeliği numunesine sarım esnasında oluşan iç gerilmelerin giderilmesi için tavlama yapılır. İç gerilmeleri giderilen yayların yorulma dayanımları yükselir. Tellerin iç gerilmeleri giderme işlemi 250°C' de 30 dakika süreyle yapılmıştır. Deney çalışması boyunca kullanılan malzemeye ait kimyasal bileşimler Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.4.** Deney Yay Numunesinin Kimyasal Bileşeni

KİMYASAL BİLEŞİM					
Çelik Türü	Sembol	DIN	C	Si	Mn
Yay Çeliği	Ck67	1.1231	0.65-0.72	0.15-0.35	0.80-0.90

#### 4.2.1. Tellerin Tavlanması Deneyi

Yaylarda tel sarımı esnasında iç yapısında şekil değişimleri meydana gelmektedir. Bu plastik deformasyon, malzeme yüzeyinde ve telin iç yapısında gerilim birikimine sebep olmaktadır. Bu gerilim birikimi yayın ömrünü olumsuz etkilerken aynı zamanda ağır çalışma koşullarında da deformasyona uğratmaktadır.

Deney çalışması soğuk sarımı gerçekleştirilen yayın iç yapısında gerçekleşen gerilimi gidermek amacıyla yapılmıştır. Deney için sarımı gerçekleştirilen çekme ve basma yayların tepsilere dizilimi yapıldıktan sonra rezistans ile ısınımı sağlanan gerilim giderme fırınına yerleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yılmaz yay firmasında gerçekleşen bu deney firma bünyesinde bulunan yatay konveyör tipli ve dikey tipli iki tip fırın türünde gerçekleştirilmiştir. Yatay fırında konveyör eşliğinde fırına alınıp 250 °C sıcaklığa kadar ısıtılıp 20 dakika beklenmesi sonucunda numuneler fırından alınıp ısıtılma süreci tamamlanmıştır (bk. Şekil 4. 2). Tavlama sıcaklığının 250 °C olması, soğuk sarım sonrası yay numunesinde çalışma alanında boy kışalmasına engel olmak ve ağır çalışma koşullarında deformasyona uğramaması amacıyla yapılmıştır.

Dikey olarak adlandırılan fırında ise tepsilere yerleştirilen çok sayıda yayın aynı anda fırın bölmelerine yerleştirilerek rezistans ile ısınımı 150 °C sıcaklığa kadar ısıtılan fırının içinde 30 dakika tavlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tavlama işlemi, gerçekleştirilen yay numunelerine basma, çekme ve malzeme yorulması testlerine tabii tutulmuştur.



**Şekil 4.2.** Yatay Tav Fırını





Şekil 4.3. Dikey Tav Fırını





**Şekil 4.4.** Tav Fırını Yerleşim Sistemi

#### 4.2.2. Basma Deneyi

Bir malzeme üzerine kuvvet ile baskı yapıldığında o malzemenin fiziksel özelliklerinde değişim meydana getirmeme koşulu ile taşıyabileceği en ideal kuvvete karşı gösterdiği dirence basma gerilmesi denilmektedir. Numuneye uygulanan gerilme, basma grafiği incelendiği zaman maksimum gerilme adını almakla beraber,  $\sigma_b = \text{Maksimum kuvvet} / \text{alan}$  denklemini sonucuna ulaşılr.

Yılmaz yay firmasında yapılan deneyde sarımı geręekleştirilen basma yaylarından ilk olarak ısıtıl işlem görmemiş olan ilk üç numune için basma deneyi yapılmıştır. Ardından iç gerilmeleri giderilmiş numuneler için teker teker firma bünyesinde bulunan MXM adlı makina aracılığıyla 5kN, 15kN ve 500N yüklerde ayrılan bölmeler halinde bulunan kafa grubuna yerleştirilmiştir. Bir vidalı mil boyunca dikey ekseninde aşığı yönde (-y) hareket ederek yayın üzerine baskı uygulanmış ve yay 8mm sıkıştırılmıştır. Baskı sonucunda ise yayın taşıyabileceği maksimum kuvvet değerine ulaşılmıştır (bk. Şekil 4.5).



Şekil 4.5. MXM Baskı Deneyi Makinası

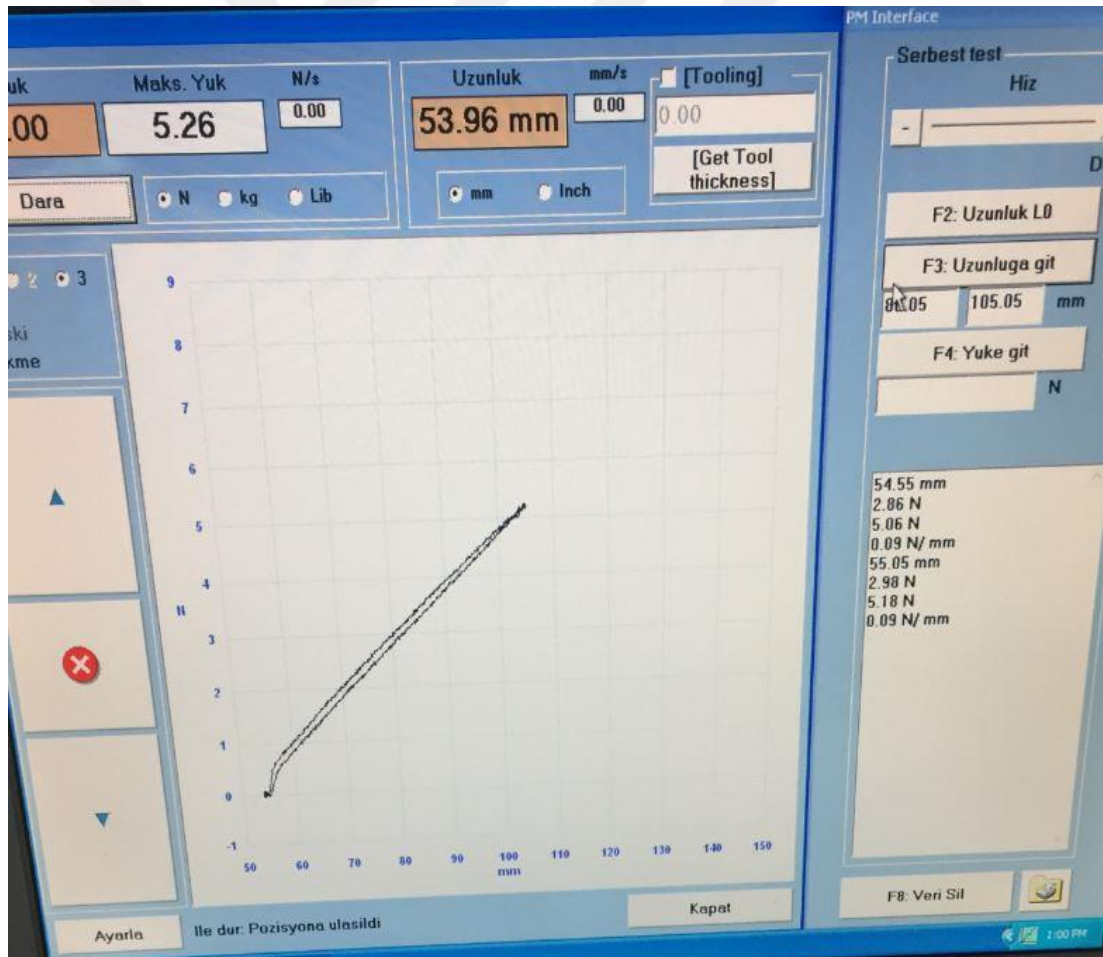


### 4.2.3. Çekme Deneyi

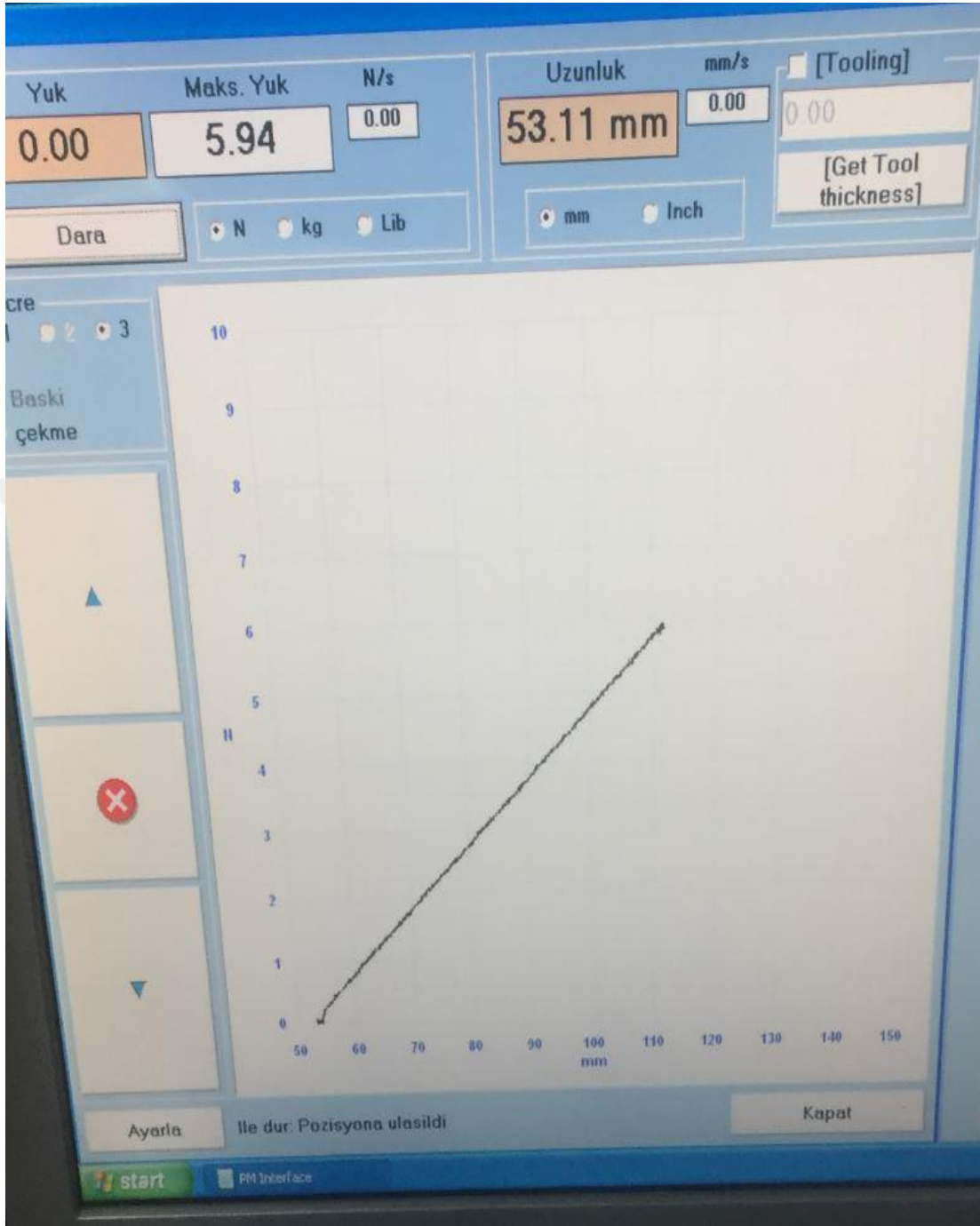
Yılmaz yay firmasında yapılan deney çalışması için toplamda 6 adet yay sarımı gerçekleştirilip sonrasında çekme kulaklarının açılması yapılmıştır.

Çekme yaylarında soğuk sarım esnasında meydana gelen gerilmeleri gidermek için tavlama yapılmıştır. Isıl işlem öncesi ve sonrası numuneler için teker teker firma bünyesinde bulunan MXM adlı makina aracılığıyla 5kN, 15kN ve 500N yüklerde ayrılan bölmeler halinde bulunan kafa grubuna montajı yapılmıştır.

Çekme yayının bir kulağı makine tablasına sabit olan dış bölümüne montaj edilmiş, diğer kulağı ise vidalı mile sabitlenmiştir. Vidalı mil dikey ekseninde yukarı yönde (+y) hareket ederek sabit kulaktan yayın açılımı sağlanmıştır. Aynı işlem iç gerilmeleri giderme tavlaması yapılan numunelerde de gerçekleştirilmiş ve maksimum çekme uygulanıp kopma değerine ulaşılmıştır.



Şekil 4.6. Isıl İşlemsiz Yay Çekme Deneyi



Şekil 4.7. İç Gerilimi Giderilmiş Yay Çekme Deneyi

#### 4.2.4. Yorulma Deneyi

Yılmaz yay firmasında sarımı ve ısıl işlemi gerçekleştirilen basma yayının ve ısıl işlem görmemiş basma yayları sıvı sabun pompası içerisine montajı gerçekleştirilmiştir. Başar Makina ve Kalıp firmasının kendi bünyesinde üretimi gerçekleştirilen kalıplara ısıl işlemsiz ve ısıl işlem görmüş yayların içinde bulunduğu pompaların yerleşimi yapılmıştır.

Yorulma deneyi çalışmasında SMC firmasından Compact Guide Cylinder Series MGP çap 20 (bk. Şekil 4.8) piston kullanılmıştır. Piston miline bağlantısı yapılabilecek ve piston hareket ettiğinde kalıplara yerleştirilen sıvı sabun pompasının içinde bulunan yay numunelerine aynı anda baskı yapılabilecek ölçülerde plaka montajlanmıştır.

Pnömatik pistonu hava hortumu takılarak 6 bar ve 8 bar hava ile önce ısıl işlem görmemiş yaylara ardından ise ısıl işlem görmüş 1.1231 malzemeden soğuk sarılan yayları yorma için sıvı sabun pompasına piston itme kuvveti ile plaka aracılığıyla basma kuvveti uygulanmıştır.

Yay numunelerine ilk olarak 6 bar hava ve piston stroku 50 mm ile 1000 defa basım uygulanması sonrasında boy ölçümü yapılmıştır. Yay üzerine baskı işlemi devam edilerek 100000 basım ve 100000 basım sonrasında numunelerde boy ölçümü yapılarak yorulmaya bağlı boy değişim verileri elde edilmiştir. Yay numunelerine daha sonra 6 bar piston stroku 100mm, 8 bar piston stroku 50 mm ve 8 bar piston stroku 100 mm ile numunelere baskı uygulanarak yorulmaya bağlı boy değişimleri ve hava basıncı ile piston strokunun yorulmaya etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.8. Yorulma Deneyi Pistonu



Şekil 4.9. Yorulma Deneyi Düzeniği

**5. BÖLÜM**  
**DENEYSEL SONUÇLAR**

**5.1. Yorulma Deneyi Ölçüm Sonuçları**

**5.1.1. Hava Basıncı 6 Bar Piston Stroku 50mm Yay Yorulması Sonuçları**

Başar Makine ve Kalıp fabrikasında deney için gerekli ekipman ve montaj işlemlerinin gerçekleştirilmesinin ardından, SMC'den alınan 50mm stroklu piston ve 6 bar hava basıncı ile kalıplara yerleştirilen sıvı sabun pompası içindeki yaylara yorulma deneyi yapılmış ve sonuçları elde edilerek tablo 5.1 ve 5.2'de verilmiştir.

**Tablo 5.1.** Isıl İşlemsiz Yay Yorulması

İlk boy L=30mm	1000 Basım sonrası boy	10000 Basım sonrası boy	100000 Basım sonrası boy
1.Numune	28,70	27,98	26,90
2.Numune	28,69	27,84	26,29
3.Numune	28,48	27,87	26,28

**Tablo 5.2.** İç Gerilimi Giderilmiş Yay Yorulması

İlk boy L=30mm	1000 Basım sonrası boy	10000 Basım sonrası boy	100000 Basım sonrası boy
1.Numune	29,28	29,40	27,90
2.Numune	29,50	29,40	27,70
3.Numune	29,50	29,30	27,80

### 5.1.2. Hava Basıncı 6 Bar Piston Stroku 100mm Yay Yorulması Sonuçları

Başar Makine ve Kalıp fabrikasında deney için gerekli olan ekipmanlar sağlanıp, montaj işleminin gerçekleştirilmesinin ardından, SMC'den alınan 100mm stroklu piston ve 6 bar hava basıncı ile kalıplara yerleştirilen sıvı sabun pompası içindeki yaylara malzeme yorulma deneyi yapılmış ve sonuçları elde edilerek tablo 5.3 ve 5.4'de verilmiştir.

**Tablo 5.3.** Isıl İşlemsiz Yay Yorulması

İlk boy L=30mm	1000 Basım sonrası boy	10000 Basım sonrası boy	100000 Basım sonrası boy
1.Numune	28,65	27,93	26,85
2.Numune	28,64	27,79	26,24
3.Numune	28,43	27,82	26,23

**Tablo 5.4.** İç Gerilimi Giderilmiş Yay Yorulması

İlk boy L=30mm	1000 Basım sonrası boy	10000 Basım sonrası boy	100000 Basım sonrası boy
1.Numune	29,23	29,35	27,85
2.Numune	29,45	29,35	27,65
3.Numune	29,45	29,25	27,75



### 5.1.3. Hava Basıncı 8 Bar Piston Stroku 50mm Yay Yorulması Sonuçları

Başar Makine ve Kalıp fabrikasında deney için gerekli ekipmanlar sağlanıp, montaj işleminin gerçekleştirilmesinin ardından, SMC'den alınan 50mm stroklu piston ve 8 bar hava basıncı ile kalıplara yerleştirilen sıvı sabun pompası içindeki yaylara malzeme yorulma deneyi yapılmış ve sonuçları elde edilerek tablo 5.5 ve 5.4'da verilmiştir.

**Tablo 5.5.** Isıl İşlemsiz Yay Yorulması

İlk boy L=30mm	1000 Basım sonrası boy	10000 Basım sonrası boy	100000 Basım sonrası boy
1.Numune	28,68	27,96	26,88
2.Numune	28,67	27,82	26,26
3.Numune	28,46	27,85	26,26

**Tablo 5.6.** İç Gerilimi Giderilmiş Yay Yorulması

İlk boy L=30mm	1000 Basım sonrası boy	10000 Basım sonrası boy	100000 Basım sonrası boy
1.Numune	29,26	29,18	27,60
2.Numune	29,48	29,17	27,68
3.Numune	29,47	29,22	27,64

#### 5.1.4. Hava Basıncı 8 Bar Piston Stroku 100mm Yay Yorulması Sonuçları

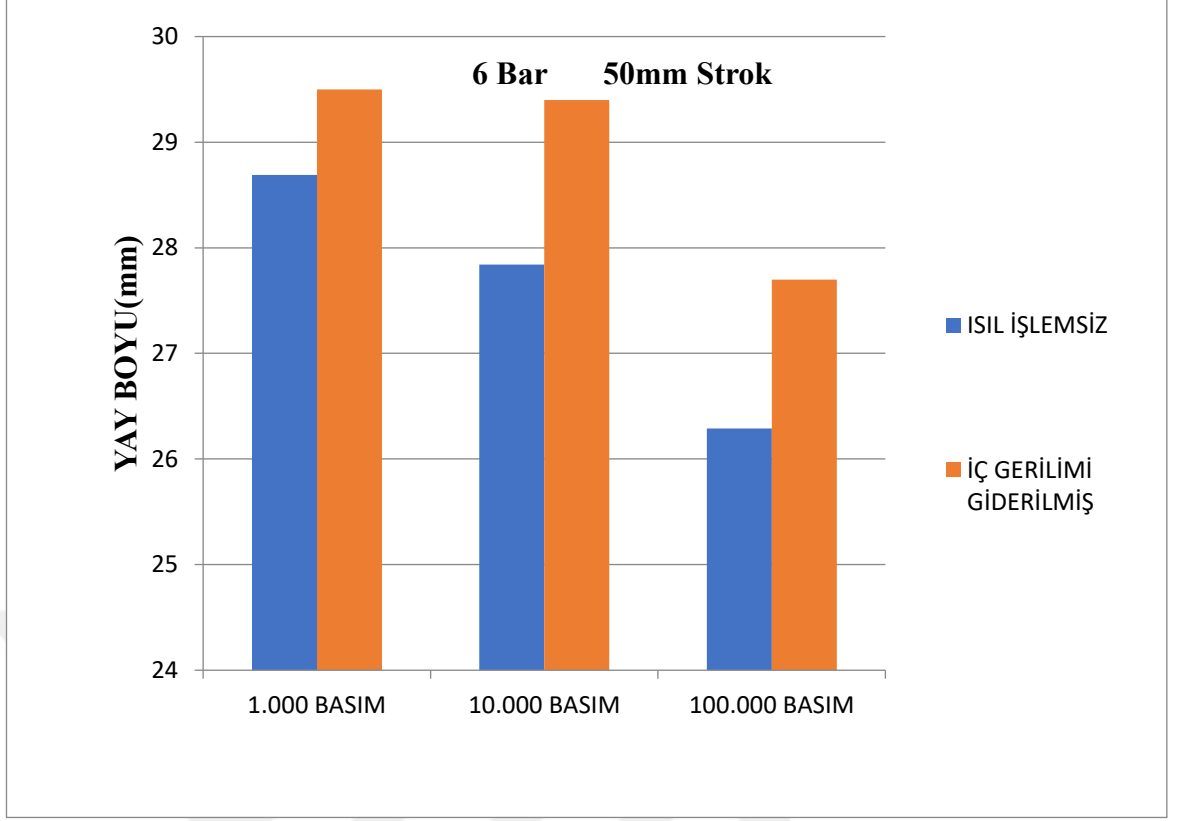
Başar Makine ve Kalıp fabrikasında deney için gerekli ekipmanlar sağlanıp, montaj işleminin gerçekleştirilmesinin ardından, SMC'den alınan 100mm stroklu piston ve 8 bar hava basıncı ile kalıplara yerleştirilen sıvı sabun pompası içindeki yaylara malzeme yorulma deneyi yapılmış ve sonuçları elde edilerek tablo 5.7 ve 5.8'de verilmiştir.

**Tablo 5.7.** Isıl İşlemsiz Yay Yorulması

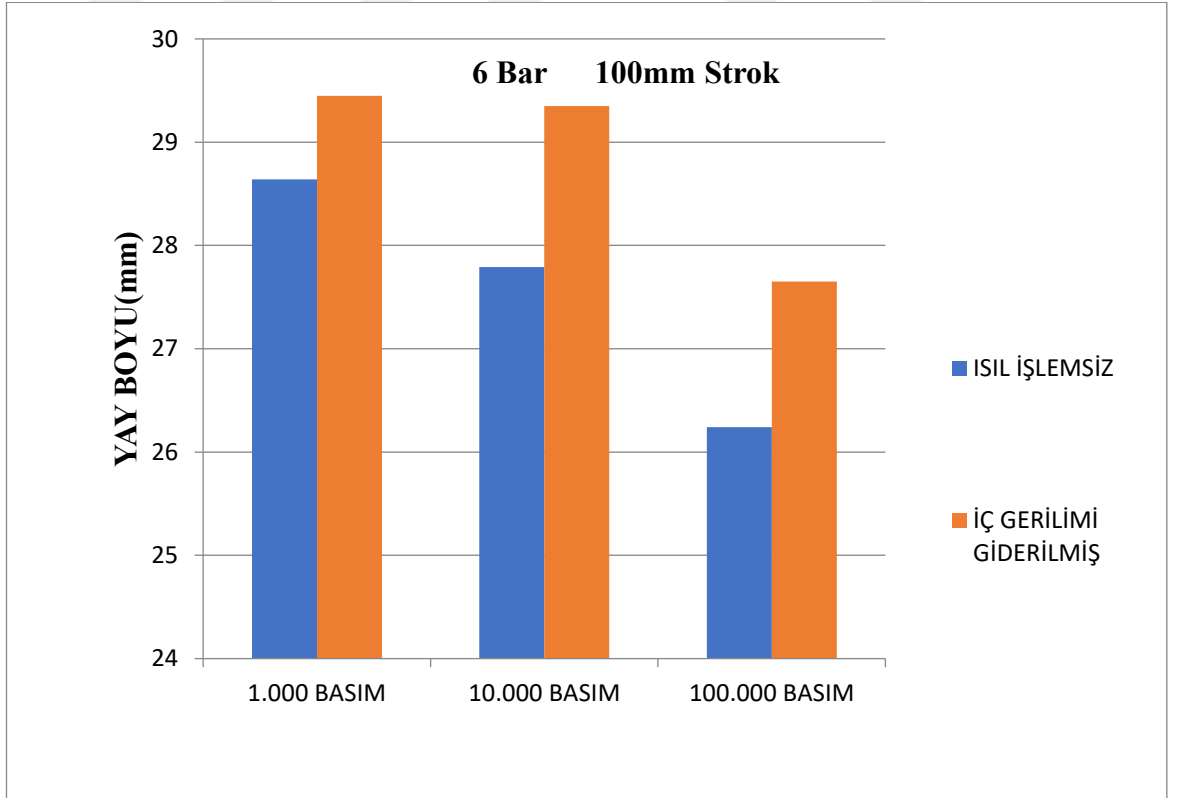
İlk boy L=30mm	1000 Basım sonrası boy	10000 Basım sonrası boy	100000 Basım sonrası boy
1.Numune	28,62	27,90	26,82
2.Numune	28,62	27,76	26,21
3.Numune	28,41	27,80	26,20

**Tablo 5.8.** İç Gerilimi Giderilmiş Yay Yorulması

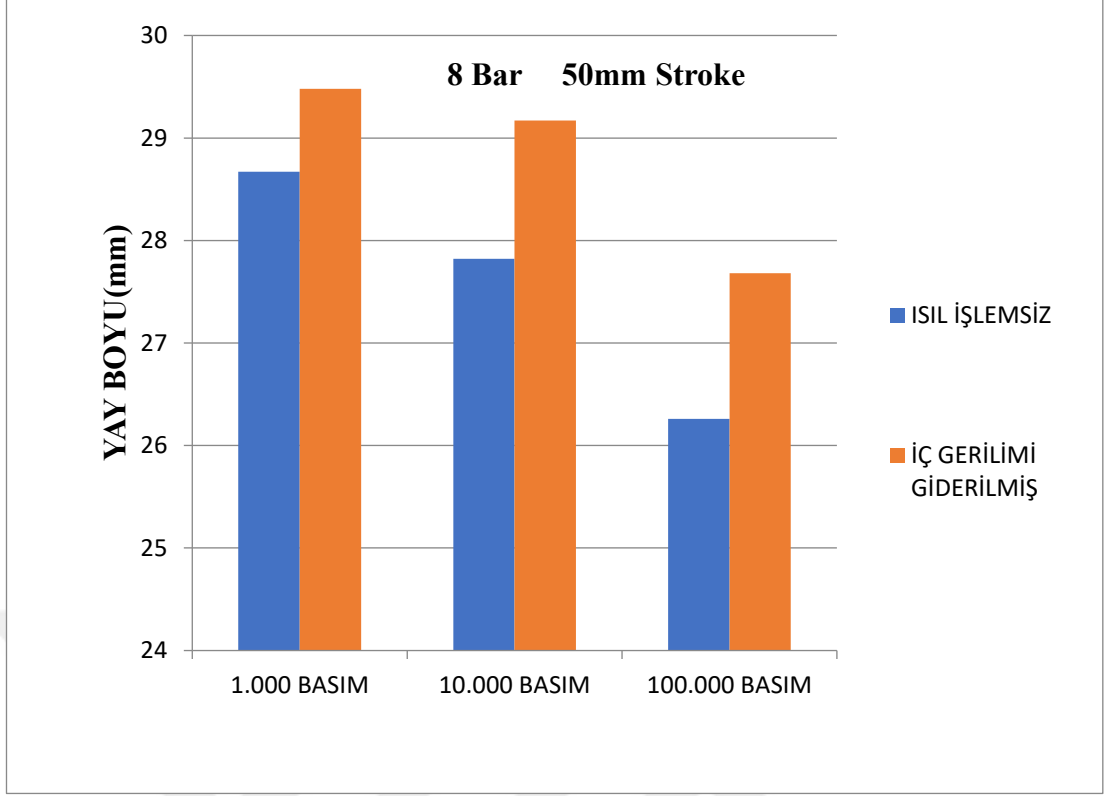
İlk boy L=30mm	1000 Basım sonrası boy	10000 Basım sonrası boy	100000 Basım sonrası boy
1.Numune	29,20	29,33	27,93
2.Numune	29,42	29,32	27,64
3.Numune	29,42	29,22	27,72



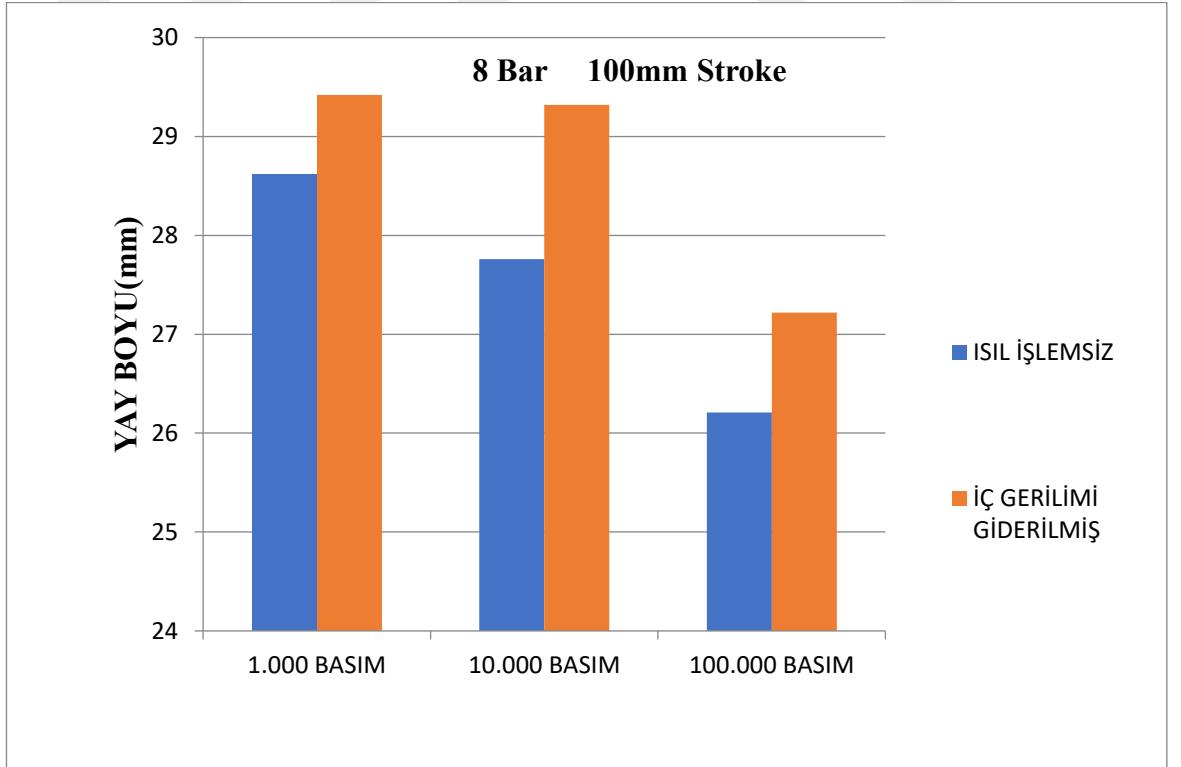
Şekil 5.1. 6 Bar 50mm Strok Malzeme Yorulma Deney Sonuçları



Şekil 5.2. 6 Bar 100mm Strok Malzeme Yorulma Deney Sonuçları



Şekil 5.3. 8 Bar 50mm Strok Malzeme Yorulma Deney Sonuçları



Şekil 5.4. 8 Bar 100mm Strok Malzeme Yorulma Deney Sonuçları

Başar Makine ve Kalıp firmasının sağlamış olduğu deney ortamında, Yılmaz yay firmasında sarımı yapılan basma yayların sıvı sabun pompası ile kalıp içerisine yerleştirilme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında kalıp, piston merkezine alttan bir sac büküm ile dik konumda bir baskı yapacak şekilde düzeneğe yerleştirilmiştir. Ardından her bir kalıba sıvı sabun pompasının içine ısıtılmış fiziksel durumdaki yay ve iç gerilimi giderme tavlama uygulanmış yay numunesi yerleştirilmiştir. Fabrika bünyesinde bulunan sensörün, pistonun kalıp üzerine baskı yaptığı andaki baskı hareketini sayacak şekilde yerleştirme işlemi tamamlanmıştır. Pistonun sıvı sabun pompalarına yay numunelerini yormak için eş zamanlı baskı uygulamak üzere oluşturulan sistemde ilk önce 6 bar hava ve piston mil uzunluğu 50 mm olacak şekilde baskı uygulanmaya başlanmıştır. Uygulanan 1000 basım sonrası numunelerin boy ölçümü yapılmıştır. Tavlanmış numunede yayın çalışacağı minimum boy olan 27 mm altında olmadığı tespit edilmiştir.

Boy ölçümü esnasında ısıtılmış numunenin daha çabuk yorulduğu saptanmakla birlikte tavlama işlemine maruz kalan yay numunesinde de aynı şekilde yorulmaya bağlı boy kaybı gözlemlenmiştir. İç gerilimleri giderme tavlama yapılmış numunede ısıtılmış numuneye göre daha az yorulma olduğu ve boy çökmesinin çalışma aralığında olduğu görülmüştür.

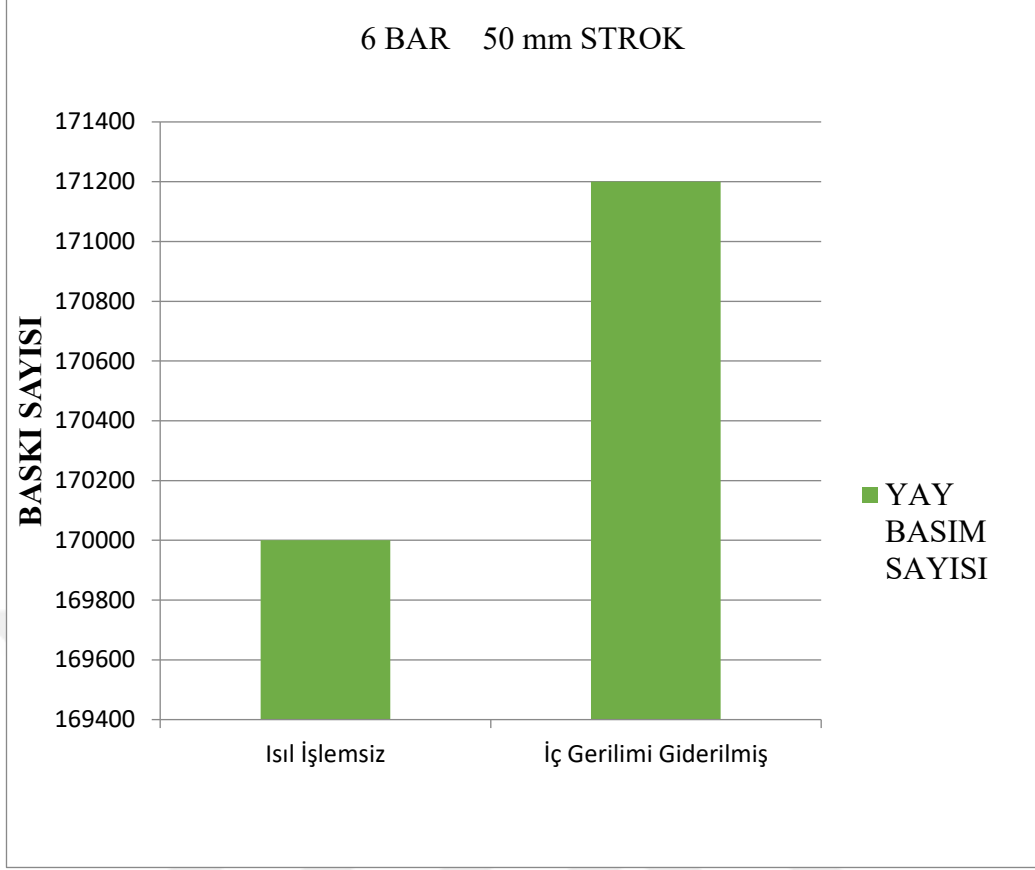
Yorulma için piston ile basıma devam edilerek 10000 basım sonrasında tekrar kumpas aracılığıyla boy ölçümü yapılmıştır. 1000 basım sonrasında elde edilen veriler ile karşılaştırılma yapıldığında ortalama 0.03'lük bir yorulma payından kaynaklı boy kısılması oluşmuştur. Yani baskının kalkmasının ardından ilk fiziksel duruma göre hatve arası boşlukta %3 kadar azalma meydana geldiği görülmüştür. Yorulma iç gerilimi giderilmiş numunede de olmasına rağmen boy çökmesinin tavlama numunede 27mm altında olmadığı tespit edilmiştir.

Piston, tekrar malzemeyi yormak üzere sistem üzerinde çalışmaya bırakılarak 100000 basım sonrasında kalıp içerisinde bulunan numuneler bir kez daha alınarak boy ölçümü yapılmıştır. 10000 basım sonrası elde edilen ölçüler ile değerlendirmeye alınarak malzemenin doğal yapısına uygun olan yorulma miktarının daha çok olduğu gözlemlenmiştir. 10000 basıma göre yay örneklerinin boy ölçüsünde, ilk fiziksel durumuna göre 0.05 miktarında yorulmaya bağlı olarak oluşan bir kısılma meydana gelmiştir.

Yük kalktığında ısıtıl işlem görmemiş yaylarda sıvı sabun pompası için şartnameye uygun aralıkta çalışmama durumu da saptanmakla birlikte bütün yay örneklerinde boy kısalması meydana gelmiştir. İdeal yay boyunun 27 mm olduğu numune, iç gerilmelerin giderildiği yay örneğinde olduğu yapılan çalışma boyunca görülmüştür. Piston, kuvvet uygulama pozisyonunda baskı yapma durumuna tekrar getirilerek 100000 basım uygulanmış ve piston mili ile yormaya devam edilmiştir. Böylece ısıtıl işlem görmemiş yay örneğinin 165000 basımdan sonra artık kullanım amacını yitirmeye başladığı gözlemlenmiş ve yayın 169000-170000 basım aralığında ise görevini tamamen yitirdiği gözlemlenmiştir. Bu durum iç gerilimi giderilmiş numunede 172645 basım ile yayın görevinde yoksun olmaya başladığı saptanmış ve kullanılacak ürüne göre ısıtıl işlemin ne kadar önemli olduğu elde edilen verilerle ispatlanmıştır.

Birinci deney çalışmasının bitiminin ardından 6 bar hava basıncı ve 100 mm uzunluğunda mil kullanılarak tek tek 1000 basım, ardından 10000 basım ve 1000000 basım yapılmıştır. Yorulmaya bağlı olarak oluşan boy miktarlarına ait veriler elde edilmiş ve tablolara aktarılmıştır. Piston mil uzunluğu ve hava basıncı üzerinde yapılan değişikliklerin yayın yorulmasında ciddi bir etkisinin olmadığı görülmüş ve ısıtıl işlem görmemiş yayın 164893 basımdan sonra, gerilim giderme tavy yapılmış yayda ise 171676 basımdan sonra yayın görevini yitirmesi durumuna rastlanılmıştır.

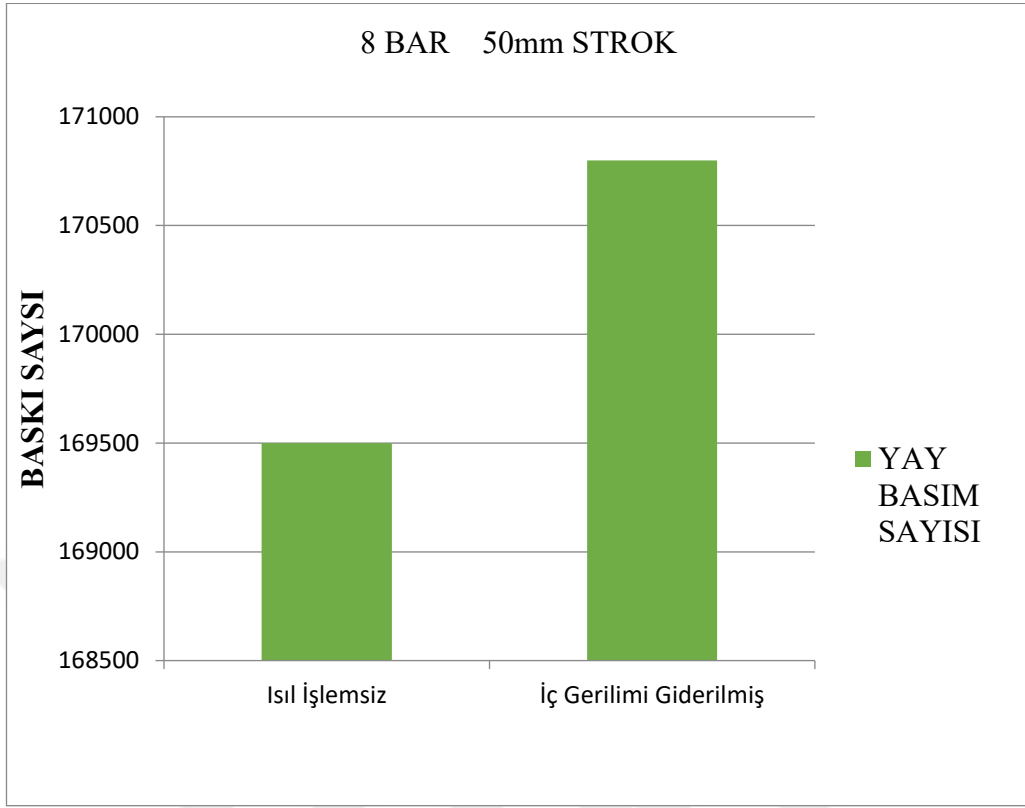
Hava basıncı 8 bar ve piston mili 50 mm ile ve hava basıncı 8 bar ve piston mili 100 mm ile uygulanan deney düzeneğinde elde edilen veriler ile 6 bar 50 mm piston mili ile 6 bar piston mili 100 mm olan deney verileri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilerde aynı basım sayısı sonucunda +%0.002 ile %-0.002 tolerans aralığında değişim oluşmuş, hava basıncı ve piston mili uzunluğu yayın yorulmasına küçük miktarda etki yapmıştır. Yayın fiziksel durumunda baskının uygulandığı an basma yaylarında hatve kapaması 8 mm oluşmuş ve ardından baskıyı sönümleyemediği kadarlık da bir boy farkı meydana geldiği deney çalışması boyunca gözlemlenmiştir. Şekil 5.5-5.8 arasında yorulma deneyi sonucunda yayların uygulanan hava basıncı ile piston strokuna göre görevini yitirdiği basım aralığı aktarılmıştır.



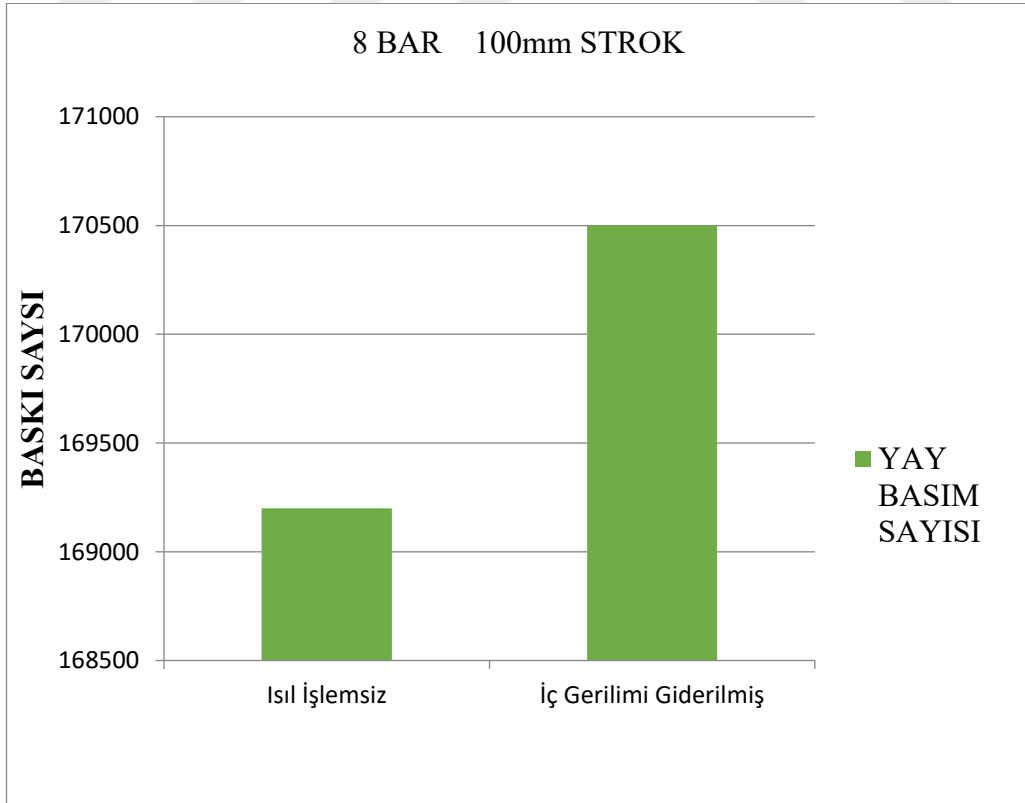
**Şekil 5.5.** 6 Bar 50mm Strok Yay Görev Kaybı Değerleri



**Şekil 5.6.** 6 Bar 100mm Strok Yay Görev Kaybı Değerleri



**Şekil 5.7.** 8 Bar 50mm Strok Yay Görev Kaybı Değerleri



**Şekil 5.8.** 8 Bar 100mm Strok Yay Görev Kaybı Değerleri



## 5.2. Sertlik Deney Ölçüm Sonuçları

Sertlik verilerinin elde edilmesi için Yılmaz yay sarım ve ısıl işlem firması bünyesinde bulunan Highwood isimli, HWMMTX3 Vickers sertlik ölçüm tezgahında HV-1/10 zaman koşul parametresinde deney çalışması yapılarak veriler elde edilmiştir. Deney sonrasında sertlik değerleri incelenmiştir. Yapılan deney çalışmasında 815°C-840°C arasında ısıtılıp yağda soğutulmuş ardından 300°C menevileştirilip havada soğutulmuş Ck67 yay teli kullanılmıştır. Isıl işlem uygulanmadan sertlik ölçümü yapılmış, daha sonra ise iç gerilimleri giderme tavlama sonrasında elde edilen numunede sertlik değerleri elde edilerek bu değerler tablo 5.9 ve 5.10'de verilmiştir.

**Tablo 5.9.** Isıl İşlem Görmemiş Numunelerin Sertlik Değerleri

Numuneler	Sertlik Değeri
	Vickers (HV)
1.Numune	430
2.Numune	428,2
3.Numune	428
Ortalama	428,73

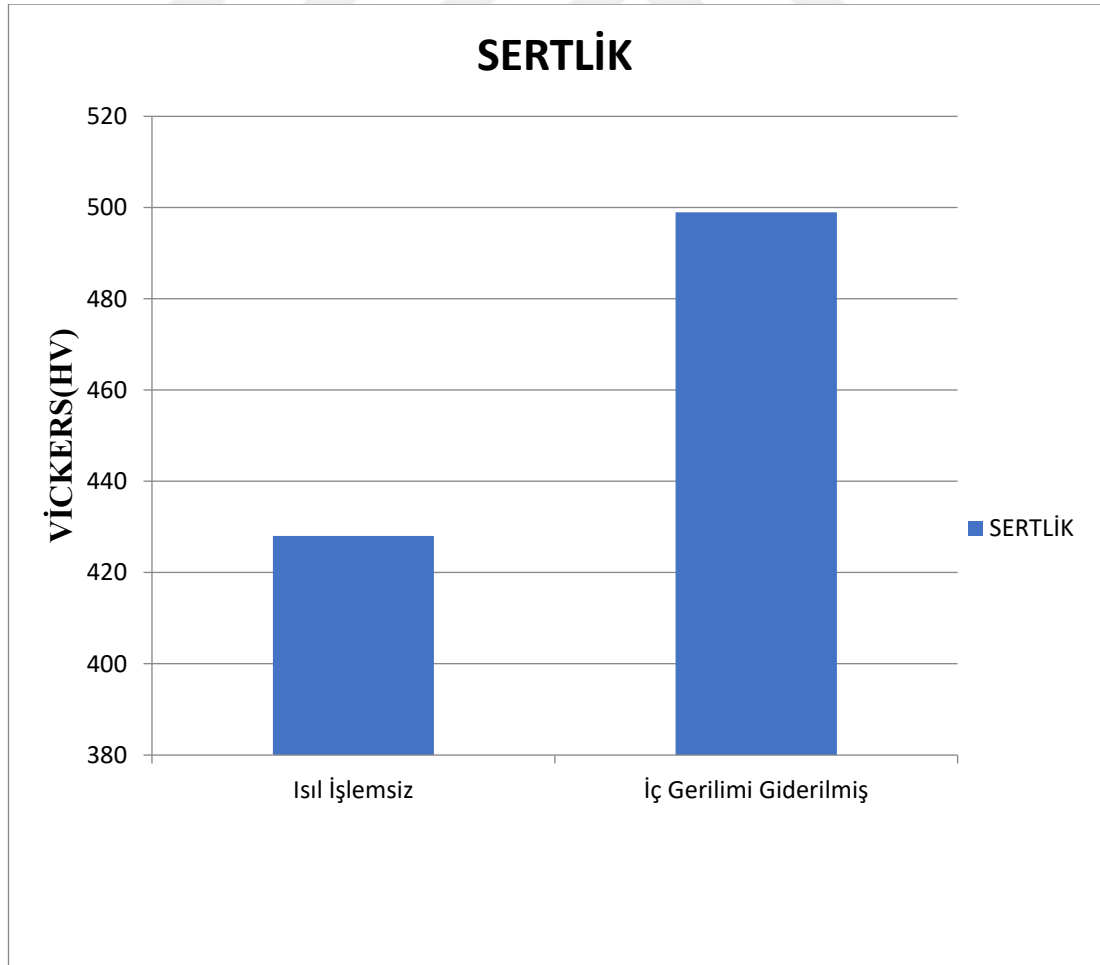
**Tablo 5.10.** İç Gerilimi Gidermiş Numunelerin Sertlik Değerleri

Numuneler	Sertlik Değeri
	Vickers (HV)
1.Numune	499,4
2.Numune	498,4
3.Numune	499,2
Ortalama	499

Yapılan deney sonrasında ısıl işlem öncesi elde edilen sertlik değerleri ile iç gerilmeleri giderme tavlaması uygulaması sonrasında elde edilen sertlik değerleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bununla beraber, soğuk sarım esnasında meydana gelmiş olan iç gerilmeleri gidermek amacıyla yapılan, gerilmeleri giderme tavlaması uygulaması sonrasında sertlik değerinde bir önceki karakteristiğine göre artış gözlemlenmiştir.

Tablo 5.11’de verilen grafik, deney sonrası elde edilen değerler üzerinden oluşturulmuştur. Grafikte minimum sertlik değerlerinin, ısıl işleme maruz kalmamış malzeme karakteristiğinde, maksimum sertlik ölçüm değerinin iç gerilmeleri giderme tavlaması yapılmış yay karakteristiğinde olduğu belirlenmiştir. Böylece iç gerilmeleri giderme tavlaması uygulanması sonucunda yayın dayanımında bir artış olduğu, basma ve çekme kuvvetlerine karşı ise daha dirençli karakteristik yapıya ulaştığı gözlemlenmiştir.

**Tablo 5.11. Isıl İşlem Sertlik Değerleri**



### 5.3. Tellerin Çekme Dayanımı Ölçüm Sonuçları

Çekme deneyleri, ısıtma işlemi uygulaması öncesinde ve uygulanan ısıtma işlem türü sonrasında elde edilen numuneler üzerinde yapılmıştır. Deney esnasında her işlem türünde kullanılmak üzere 3 adet yay sarımı gerçekleştirilmiş ve sarımı gerçekleştirilen yayların özel bir pense aracılığıyla kulak açım işlemi tamamlanmıştır. Yılmaz yay bünyesinde bulunmakta olan MXM makinası ile deney yapılarak verilere ulaşılmıştır. Yapılan işlem türleri ve bu işlemler sonrasında elde edilen deney sonuçları tablo 5.12 ve 5.13'te verilmiştir.

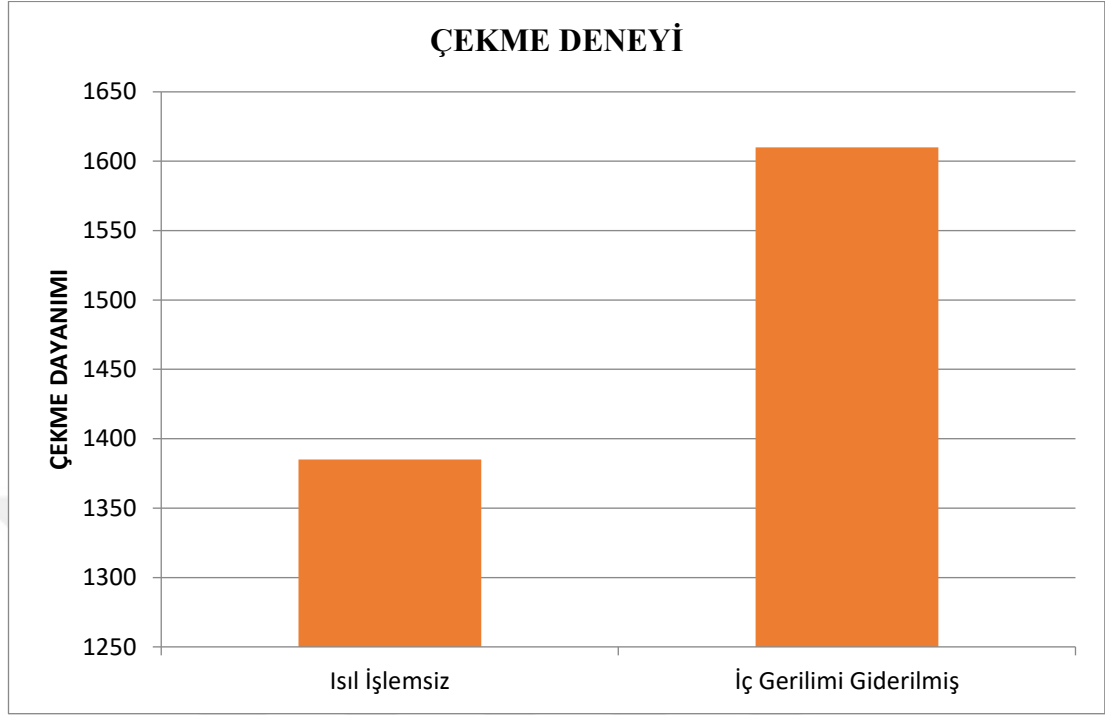
**Tablo 5.12.** Isıtma İşlemsiz Çekme Deneyi Sonuçları

Numune Numarası	Çekme Dayanımı (N/ mm <sup>2</sup> )
1.Numune	1385.40
2.Numune	1383.55
3.Numune	1385.11

**Tablo 5.13.** İç Gerilimi Gerilim Giderilmiş Çekme Deneyi Sonuçları

Numune Numarası	Çekme Dayanımı (N/ mm <sup>2</sup> )
1.Numune	1610.26
2.Numune	1614.74
3.Numune	1611.01

**Tablo 5.14.** Çekme Deneyi Değerleri



Isıl işlem uygulaması sonrasında, ısıl işlemin malzemeler üzerinde oluşturduğu etki bakımından, malzemelerin mekanik özelliklerinin ısıl işlem öncesindeki karakteristik durumuna göre değişiklikler meydana getirdiği bilinmektedir. Deneyde kullanılan numuneler göz önüne alınarak, ısıl işlem görmemiş malzemeler için çekme dayanımı ölçümü yapılmıştır. Çekme dayanım ölçümü için MXM makinası kullanılmıştır.

Isıl işlem öncesinde elde edilen çekme dayanım değerleri ardından iç gerilimleri giderme tavlama uygulanan malzeme de çekme dayanım ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonucunda çekmeye karşı oluşan kopma dayanımı, işlem görmemiş malzemelere göre tavllanmış numuneler üzerinde belirli bir oranda kuvvet/mm olarak artış göstermiştir.

#### 5.4. Basma Deneyi Ölçüm Sonuçları

Basma deneyleri, ısıtıl işlem yapılmadan önce ve ısıtıl işlem yapıldıktan sonra elde edilen numuneler üzerinde uygulanmıştır. Deney esnasında kullanılmak üzere üçer adet ısıtıl görmüş ve ısıtıl görmemiş yay numunesi kullanılmıştır. Soğuk sarım yapılan yaylar için basma deneyi gerçekleştirirken, ilk olarak ısıtıl işlem görmemiş yay numunesi, ardından iç gerilimi giderme tavlama yapılmış olan yay numunesi, MXM makinasının 50N olan yük bölgesine yerleştirilmiştir. Yerleştirme sonrasında vidalı mil aracılığı ile -y yönünde 8 mm sıkıştırılma ile baskı uygulanarak yay üzerinde baskı kuvveti ölçümü yapılmış ve veriler elde edilmiştir. İşlem türlerine ait deney sonuçları ise tablo 5.15 ve 5.16'da verilmiştir.

**Tablo 5.15.** Isıtıl İşlemsiz Basma Deneyi Sonuçları

Numune Numarası	Basma Kuvveti N
1.Numune	11,80
2.Numune	11,61
3.Numune	12,10

**Tablo 5.16.** İç Gerilimi Giderilmiş Basma Deneyi Sonuçları

Numune Numarası	Basma Kuvveti N
1.Numune	13,17
2.Numune	13,15
3.Numune	13,60

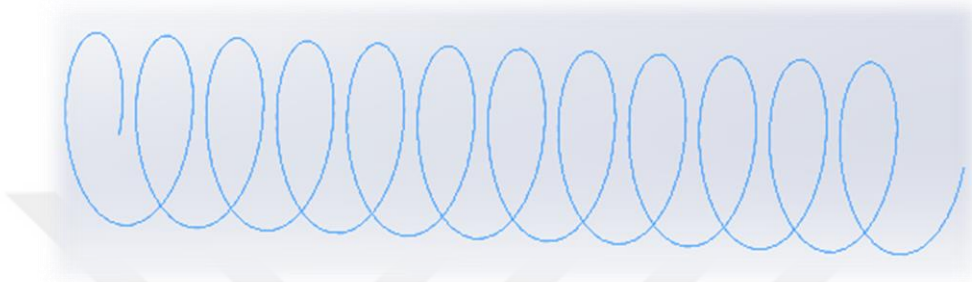
Tablo 5.15 ve 5.16’da görüldüğü üzere, yapılan deney sonucunda ısıtma işlem uygulaması öncesinde soğuk sarılan yay numunesine uygulanan 15N kadarlık kuvvet ile basma kuvvetinin uygulanması yapılarak taşıyabileceği kuvvet değerine ulaşılmıştır. Ardından tavlama yapılarak, ısıtma işlem sonrası elde edilen üç numune üzerine de uygulanan 15N kuvvet etkisi neticesinde, basmaya karşı en az dirençli olan numunenin ısıtma işlem öncesi numune olduğu tespit edilmiştir. Tavlama sonucunda elde edilen yay numunesinin basmaya karşı daha fazla dirençli olduğu, basma kuvvetinden kaynaklanan yay şeklinin bozulmasının ve boy kaybının en az olduğu numune türüdür. Baskı sonrasında boy kısalması değerlendirildiğinde sıvı sabun pompası içerisinde çalışacak olan yay numunesinde minimum boy olan 27 mm uzunluğu iç gerilmeleri giderilmiş yay numunesinde olduğu görülmüştür. Bu durumun tasarım adına çok daha güvenilir bir ürün kullanımı ve ürünün ömrü adına elde edilen bilgilerin kullanımı bakımından uygun hale büründüğü görülmektedir.

## 6. BÖLÜM

### YAY MODELLEME VE ANSYS ANALİZİ

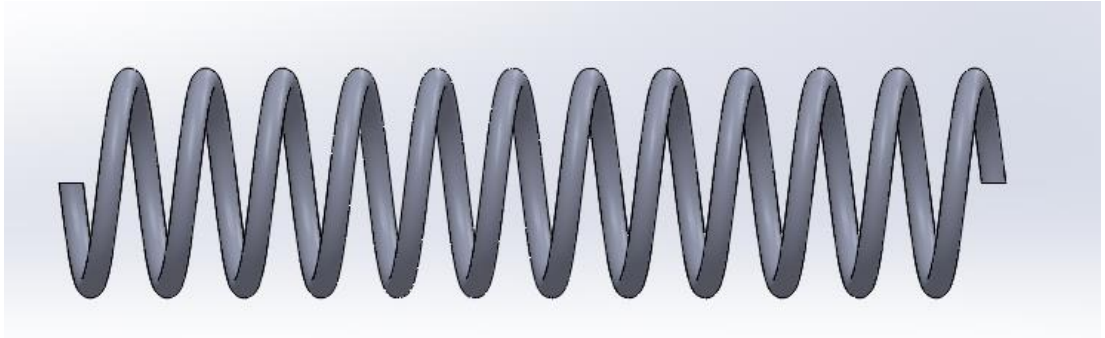
#### 6.1. Yay Modellenmesi

Basma yayı olarak tel çekimi yapılmadan ve tasarım aşaması Solidworks-2019 programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. İşlem sırası olarak Solidworks programında ön yüzeyden dik bakılıp, yayın dış çapı yazılarak Curves komutu tıklanarak komutun altında yer alan Helix/Spiral komutuyla yay yolu belirlenmiştir (bk. Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Solidworks Yay Yolu Oluşumu

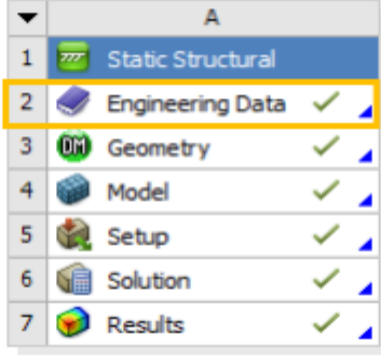
Şekil 6.1’de gösterildiği üzere yay yolunun belirlenme aşamasının ardından ikinci işlem olarak yay telinin çapının oluşturulması için sağ yüzeyden dik bakılarak yay yolunun merkezine tel yayı çapı kadar daire çizilip tel çapı tayin edilmiştir. Çap tayini yapıldıktan sonra süpürerek katı oluşturma komutu ile istenilen boyda ve çapta yay modellemesi gerçekleştirilmiştir (bk. Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Solidworks Yay Katı Modeli

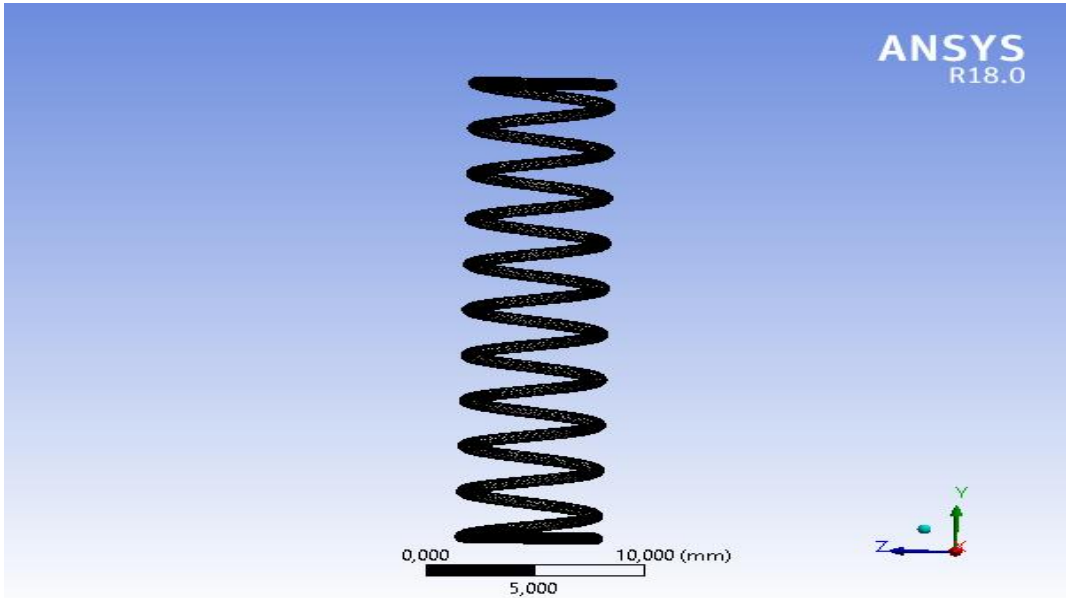
## 6.2. ANSYS Analizi

Yay katı modeli gerçekleştirildikten sonra yapılan basma deneyinde, yayın her bölgesinde meydana gelen deformasyonu, gerilimi ve kuvvet analizini yapmak için modelin ANSYS R18.0 programına aktarımı sağlanmıştır (bk. Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Veri Analizi

Modeli hazırlanan yay için diğer bir işlem adımı olarak mühendislik bilgileri tıklanmıştır. Analizin gerçekleştirilebilmesi için yay numunesine ait olan malzeme yoğunluk değeri, çekme dayanımı ve izotropik esneklik değerlerinin girilmesinin ardından Solidworks programında hazırlanan model ANSYS programına getirilmiştir. Katı model üzerinden uygulanacak kuvvetin etkisine göre etkilerin belirleneceği görüntüsü ise şekil 6.4'te gösterilmiştir.

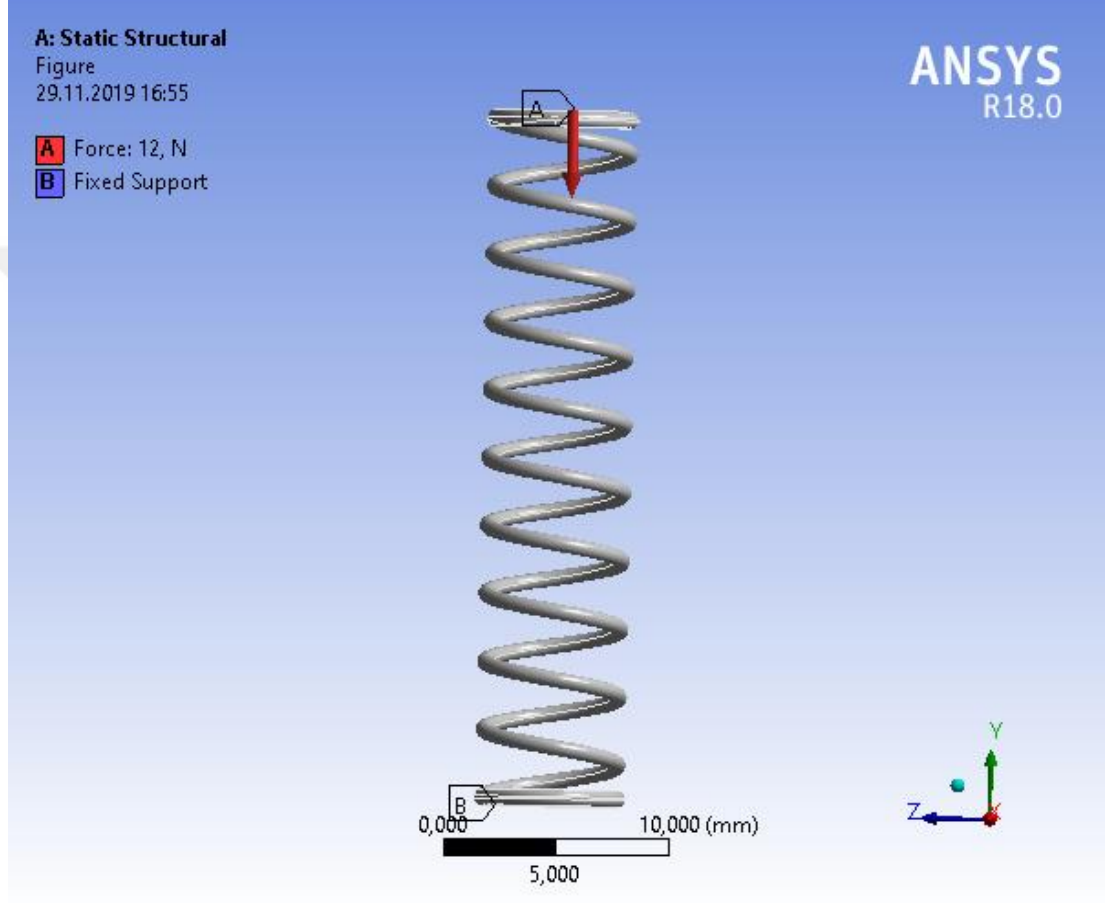


Şekil 6.4. Yay ANYSY Mesh Modeli



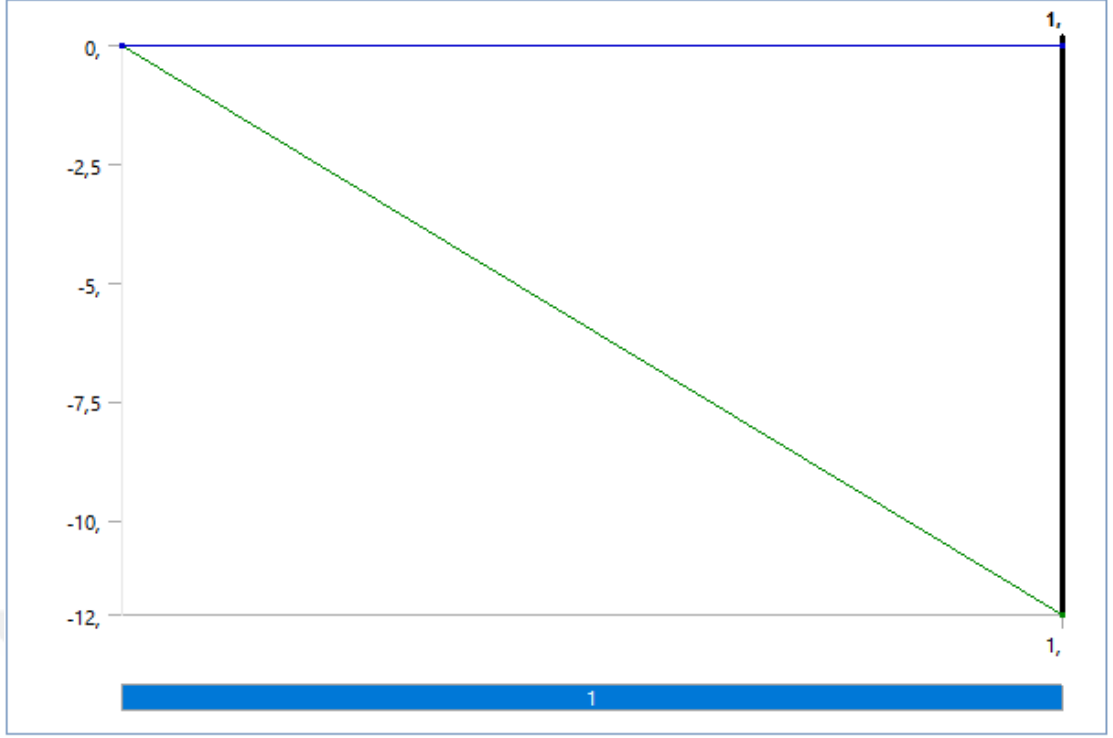
### 6.2.1. Kuvvet Analizi

Isıl işlem görmemiş numunede, basma deneyi sırasında, yayın üzerine MXM tezgahıyla yüklenen kuvvet ile baskı uygulama işlemi sonucunda birtakım veriler elde edilmiştir. Bu veriler göz önüne alınarak ANSYS programı ile baskının analizini gerçekleştirmek üzere program üzerinden malzeme değerleri atanıp analiz gerçekleştirilmiştir (bk. Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Yay Kuvvet Analizi

Şekil 6.5' da görseli verilen yay modeline, ok yönünde belirtilmiş olan -y yönünde 12N değerle bir baskı kuvveti uygulanması sonrası analizi gerçekleştirilmiştir. Baskı deneyinin bitmesinin ardından ise kuvvet zaman diyagramı aktarılmıştır (bk. Şekil 6.6).



**Şekil 6.6.** Yay Kuvvet Analiz Grafiği

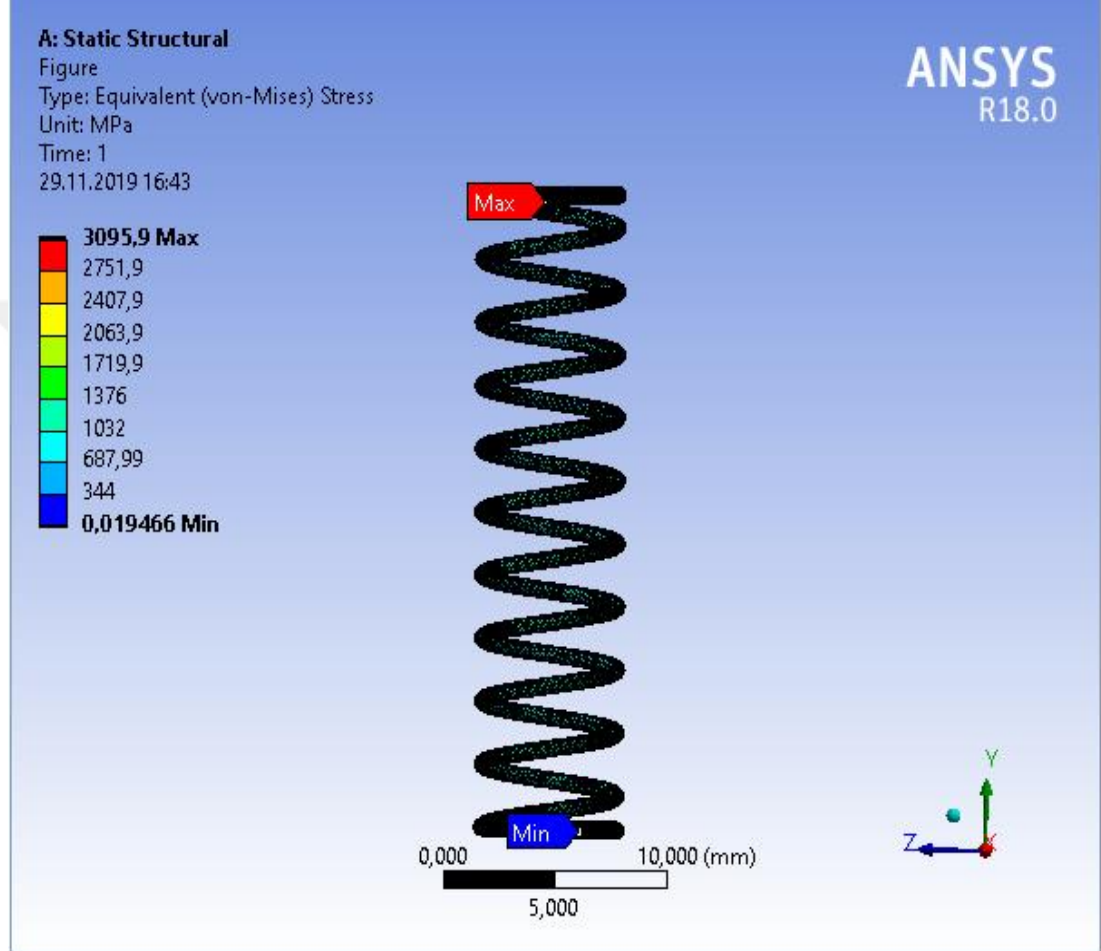
Yay modelinin kuvvet analizi yapılarak numuneye basma deneyi esnasında yüklenen kuvvetin grafiği Şekil 6.6 'de verilmiştir. Grafikte X eksenini zaman değişkenini temsil ederken Y değişkeni giderek artan kuvvet değerini temsil etmektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere, kuvvet basma yönünde olduğu için -y yönünde giderek artan ağırlık etkisini göstermiştir. Analiz sonucunda numuneye ait rapor ise aşağıda belirtilmiştir (bk. Şekil 6.7).

Bounding Box	
Length X	6,7 mm
Length Y	30,7 mm
Length Z	6,7088 mm
Properties	
Volume	86,659 mm <sup>3</sup>
Mass	6,8027e-004 kg
Centroid X	-4,6628e-005 mm
Centroid Y	15, mm
Centroid Z	-4,354e-002 mm
Moment of Inertia Ip1	7,0102e-002 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	6,1029e-003 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	7,0157e-002 kg·mm <sup>2</sup>

**Şekil 6.7.** Yay Kuvvet Analiz Raporu

## 6.2.2. Gerilme Analizi

Isıl işlem görmemiş yay numunesinde her malzemede olduğu gibi kuvvet ile baskı oluşturarak kalıcı olan veya yük kalktığında etkisini sürdürmeyen deformasyonlar meydana gelebilmektedir. Gerilmelerin malzeme iç yapısında oluşacak dağılımını incelemek üzere analizi yapılmıştır.



Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]
1,	1,9466e-002	3095,9

Şekil 6.8. Yay Gerilme Analiz

Şekil 6.8’de yay numunesinde oluşan gerilmelerin dağılımına yer verilmiştir. Gerilmelerin oluştuğu maksimum nokta yayın en üst kısmında meydana gelirken, yay üzerinde oluşan minimum gerilme ise yayın alt yüzeyinde meydana gelmiştir.

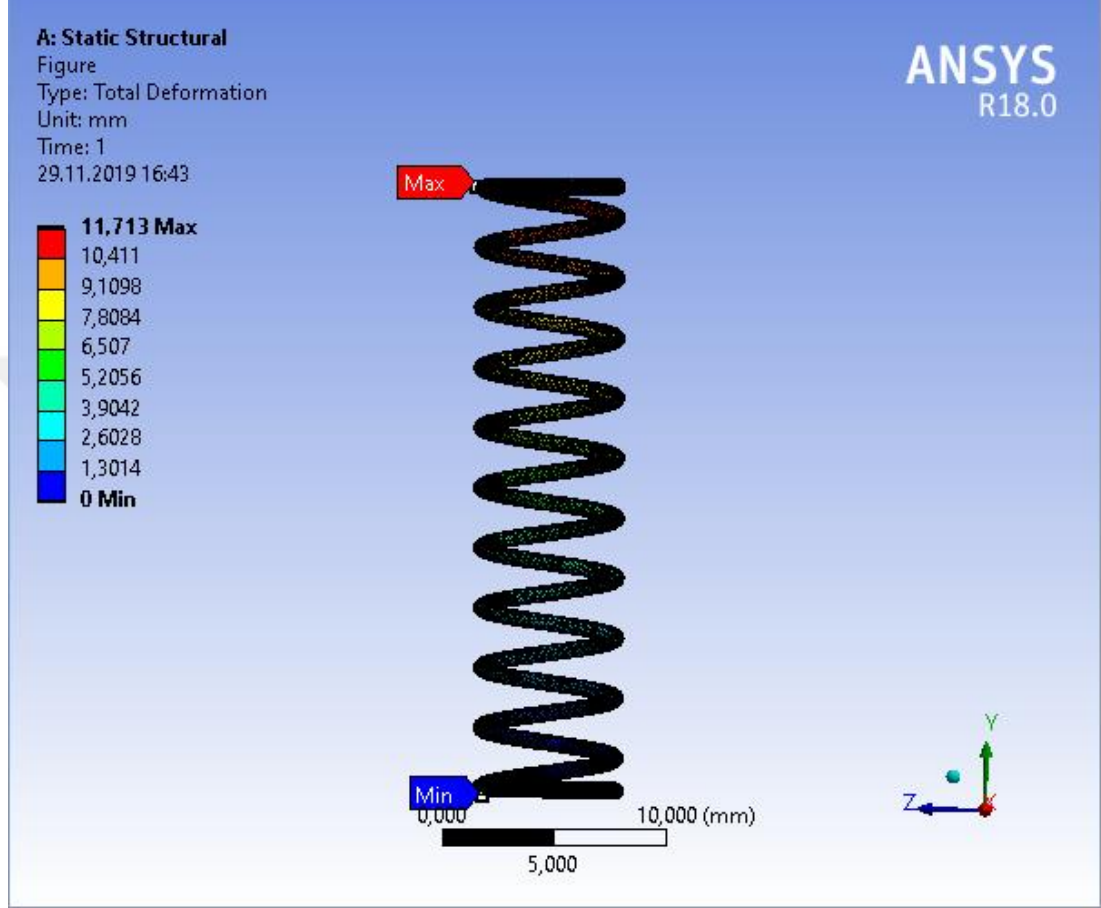
Alternatif Stres MPa	döngüleri	Ortalama Stres MPa
3999,	10,	0,
2827,	20,	0,
1896,	50,	0,
1413,	100,	0,
1069,	200,	0,
441,	2000,	0,
262,	10000	0,
214,	20000	0,
138,	1, e + 005	0,
114,	2, e + 005	0,
86,2'i	1, e + 006	0,

**Şekil 6.9.** Gerilme Salınım Analiz Verileri

Deformasyon analizinin sonucunda her bölgede oluşan deformasyonun dağılımı birim zamanda incelenmiştir. Yayın üst yüzeyinden alt yüzeyine doğru inildikçe deformasyon etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Yay numunesinin ısıtılma işlemi olarak iç gerilmeleri giderme tavlama işlemi sonrasında kimyasal bileşimi üzerinde veri değişikliği elde edilemediği için deformasyon ve gerilme analiz sonuçlarına yer verilememiştir.

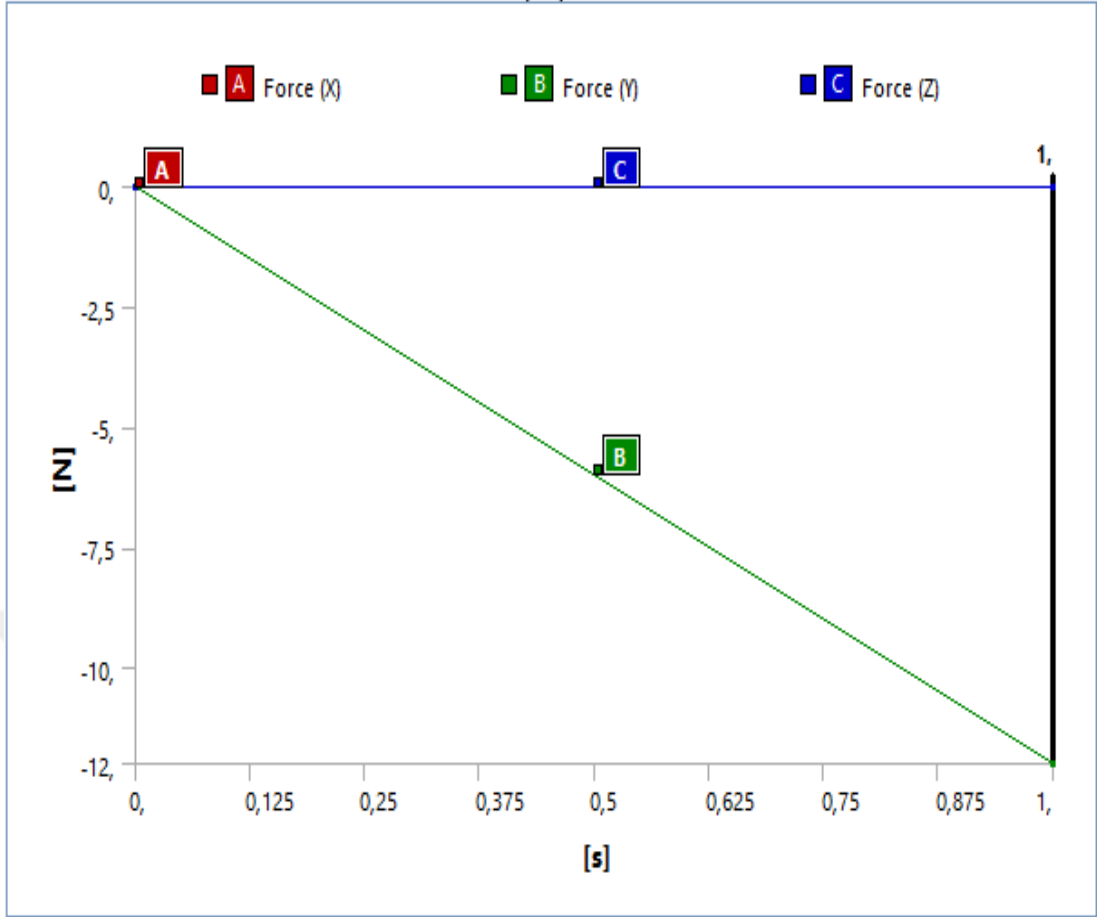
### 6.2.3. Deformasyon Analizi

Isıl işleme maruz kalmamış yay numunesinin her bölgesinde kuvvet etkisi nedeniyle oluşan deformasyonun uğrama konumunu incelemek üzere deformasyon analizi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.10. Deformasyon Analizi

Deformasyon analizinde, yayın her bölgesinde deformasyon oluşurken deformasyonun olduğu maksimum nokta yay numunesinin üst bölgesinde meydana gelmiş, deformasyonun minimum olduğu bölge ise yayın en yüzeyinde meydana gelmiştir. Ara bölgelerde ise baskı deformasyon dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Deformasyon Analiz Grafiği

Deformasyon analizi sonucunda, her bölgede oluşan deformasyonun dağılımı birim zamanda incelenmiştir. Yayın üst yüzeyinden alt yüzeyine doğru inildikçe deformasyonun etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Yay numunesinin ısıl işlem olarak, gerilim giderme tavlaması sonrasındaki mekanik değerleri için veriler elde edilemediğinden dolayı deformasyon ve gerilme analiz sonuçlarına yer verilememiştir.

## 7. BÖLÜM

### SONUÇ

Isıl işlemin birçok kullanım alanının olması ve malzeme karakteristiğinde olumlu iyileştirmeler kazandırması nedeniyle, makine elemanı olan yaylar üzerinde de iyileştirme yapılması amacıyla uygulanmış ve yapılan deney çalışması neticesinde bu hedefe ulaşılmıştır.

Deney çalışması boyunca, yayların kullanım alanlarına göre bazı mekanik hareketlerini sarım esnasında veya zamanla özelliklerini yitirdiği görülmüştür. Bu mekanik durumlar için ve en ideal konumu taşımak için kullanım ömrünü uzatmak aynı zamanda da kullanım esnasında en yüksek verimi elde etmek amacıyla ısıl işlem uygulaması gerçekleştirilmektedir.

Yayların soğuk tel çekimi esnasında veya kullanım süresi boyunca boy uzunluğunda kısaltmalar meydana gelmektedir ve kullanım alanında istenilen görevi tam manasıyla üstlenememektedir. Bunun sonucunda ise yay örneğinin ömrünün kısaltmış olduğu duruma ulaşılmıştır. Bu durumun giderilebilmesi için yay üzerinde iç gerilim giderme tavlama sürecini uygulayarak yayın ömrünü uzatmak ve bununla beraber basma kuvveti sonrası yayın görevini yaklaşık olarak ne kadar zaman sonra yitireceği tespit edilmiştir. Yay ömrü tespit edilerek imalat esnasında tahrik amacıyla kullanılacak mekanizmaya uygun yay seçimi yapılması için gerekli adımların uygulanması açısından bilgiler edinilmiştir.

Mekanizmalarda kullanılmak üzere tasarlanan yaylarda, ısıl işlem ile yay ömrü, yayın istenilen boy ve çap ölçüsünün ideal karakteristik değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında yay örneklerinde, malzemenin iç yapısındaki oluşan iç gerilmelerin giderilmesiyle boyutsal farklılıklar vb. nedenlerin giderildiği görülmüştür. Deneylerin sonunda ulaşılan en iyi veri gerilim giderme tavisine tabii tutulmuş yay örneğinden elde edilmiştir.

Yay örneklerine deney esnasında çekme ve basma deneyleri de uygulanmıştır. Bu deneyler sonrasında elde edilen veriler ışığında, ısıl işlem görmemiş deney örneğinde çekme testi sonucundaki elde edilen veride dayanımın gerilim giderme tavlama sonrası elde edilen numuneye göre daha düşük dayanım oluşumu

gözlemlenirken, gerilim giderme ısıl işlem tavlama sonrasında ise çekme dayanımında pozitif artış görülmüştür.

Araştırma boyunca yapılan deneylerde yay örneğinin yorulması tespit edilmiştir. Malzemeyi yormak için piston ile baskı uygulanmasının ne kadarlık süre sonra yayın görevini kaybettiğinin tespitini yaparken, iç gerilmeleri giderilmiş numunenin ise daha geç yorulmaya maruz kaldığı tespit edilmiştir. Deney esnasında numunelere yapılan çekme deneyi ile sertlik çevrim tablosu karşılaştırılması sonucunda, iki etkende de kopma değerinin en yüksek olduğu numunenin ısıl işleme maruz kalmış numune türü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Deney çalışması sırasında ısıl işlem sonrası uygulan yöntem ile makine elemanı olan yaylarda ömür bakımından iyileşme gerçekleştirildiği sayısal veriler ışığında ortaya konulmuştur. Yayların fiziksel durumunda ısıl işlem öncesine göre iyileşmelerin olduğu ve bu iyileşmeyle beraber baskıya maruz kalan alanlarda kullanılan yayların ömürlerinde iyileşme ortaya çıkmıştır.

Makine elemanı olan yay ısııl işlem uygulanarak, mekanik olarak basma veya çekme merkezli birçok makina elemanını bir araya getirerek elde edilecek mekanizma yerine daha makul maliyetle ısıl işlemlenmiş yaylar kullanılabilir. Isıl işlem ardından mekanik hareket bakımından daha uzun ömürlü olmaları ve birçok parçadan feragat ederek tek bir parçaya inilmesi bakımından hem iş alanında kolaylık sağlama hem de imalat süresinden kazanç elde edildiği çalışma boyunca gözlemlenerek aktarılmıştır.

Isıl işlem sonucunda elde edilen yay numunesinin karakteristik değerlerinin elde edilmesi için bir başka yöntem olarak plastik yay elde etme yöntemi de vardır. Plastik yay numunesini elde etmek için kullanılan yayın fiziksel özelliklerine ait kalıp tasarımı yapıldıktan sonra kalıp içerisine tasarlanan yay numunesine ait hatve ve sarım sayısı modeli işlenerek plastik enjeksiyon yöntemi ile arzu edilen karakteristik özellikte yay sağlanır. Bu durum maliyet açısından bir hayli pahalı olması ve tek bir yay imalatı yapma dışına çıkma imkanının olmamasından dolayı çok uygun bir yöntem olarak görülmemiştir. Isıl işlem ile uygun mekanik özelliklerde yay elde etmenin daha makul olması çalışma sürecinde aktarılmıştır.

Deney çalışması boyunca basma deneyi ve çekme deneyi ile veriler elde edilmiş olup, deney çalışmaları boyunca elde edilen gerilme ve deformasyon sonucu



ise yayın bölgesel olarak maruz kaldığı etkileri incelemiştir. ANSYS analiz programı aracılığıyla yayların kuvvet iletim oranının gözlemlenerek kullanım alanına uygun tasarım yapılması açısından da veriler aktarılmıştır.



## KAYNAKÇA

- [1] Yılmaz Yay.” Basma, Çekme ve Burulma Yaylarının Özellikleri”  
<https://www.yilmazyay.com/>
- [2] Dokuz Eylül Üniversitesi.” Bilezik Yaylar”  
<http://kisi.deu.edu.tr/cicek.ozes/yaylar2013.pdf>
- [3] Oto arıza yay.” Helezon Yay Görevi”  
<https://www.otoarizasi.com/helezon-yay-ne-ise-yarar/>
- [4] İstanbul Teknik Üniversitesi.” Disk Yaylar”  
<https://web.itu.edu.tr/temizv/>
- [5] Dokuz Eylül Üniversitesi.” Disk Yaylar”  
<http://kisi.deu.edu.tr/melih.belevi/yaylar2013.pdf>
- [6] Tel sanat Yay.” Disk Yaylar”  
<https://telsanatyay.com.tr/urunler/disk-yayi/>
- [7] Çakir Yay.” Disk Yaylar”  
[http://www.cakiryay.com.tr/Disk\\_Yay-a3-58-tr.htm](http://www.cakiryay.com.tr/Disk_Yay-a3-58-tr.htm)
- [8] Güven- Kutay.ch” Disk Yay”  
[http://www.guven-kutay.ch/ozet-konular/10a\\_yaylar.pdf](http://www.guven-kutay.ch/ozet-konular/10a_yaylar.pdf)
- [9] Güven- Kutay.ch” Spiral Yay”  
[http://www.guven-kutay.ch/ozet-konular/10a\\_yaylar.pdf](http://www.guven-kutay.ch/ozet-konular/10a_yaylar.pdf)
- [10] Güven, N., 2011. Bir Ticari Aracın Süspansiyon Sistemi için Yaprak Yay Tasarımları Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] Dergi park” Yaprak Yay”  
<https://dergipark.org.tr/tr/>
- [12] Polat, O., 2012. Yaprak Yayların Bilgisayar Destekli Yorulma Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir
- [13] Balıkesir Üniversitesi” Yaprak Yay”  
<http://timak.balikesir.edu.tr/pdf2012/TMK51.pdf>
- [14] Hitit Üniversitesi” Isıl İşlem”  
[http://cdn.hitit.edu.tr/fbe/files/1597\\_1608311518158.pdf](http://cdn.hitit.edu.tr/fbe/files/1597_1608311518158.pdf)
- [15] Birçelik” Normalizasyon Tavlaması”  
<https://bircelik.com/>

- [16] Topaş A.,1998. Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı Birsen Yayınevi, İstanbul,
- [17] Hasçelik” Yay Çeliği”  
<https://www.mib.org.tr/>
- [18] Hasçelik” Yay Çeliği”  
[www.hascelik.com](http://www.hascelik.com)
- [19] Hasçelik” Yay Çeliği”  
[www.coskuncelik.com/yay-celikleri](http://www.coskuncelik.com/yay-celikleri)
- [20] Adalı, Y., Kurnaz, C., 2003. 5140 Çeliğinin küreselleştirme ısıl işlemi ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
- [21] Akkurt, M., 1992. Makine Elemanları Cilt 2. İTÜ Matbaası, İstanbul, 580 s
- [22] Allred, Timothy M.,2003: Compliant Mechanism Suspension Master’s Thesis, Brigham Young University, Department of Mechanical Engineering, August
- [23] Anonim, 2000. Çeliklerde ısıl işlem ile sertleştirme
- [24] Anonim, 2008. Çeliklerde tavlama yöntemleri, [http://halilbayol.com/download/03celik\\_tavlama.pdf](http://halilbayol.com/download/03celik_tavlama.pdf)
- [25] Anonim, 2010b. Sertlik çevrim tablosu, <http://www.oerlikon.com.tr>
- [26] Anonim, 2013. Demir-karbon denge diyagramı, <http://metaliz.com.tr/demir.html>.
- [27] Danilevsky, V., 1987. İmalat Mühendisliği. Makine Mühendisleri Odası, Ankara
- [28] Eker, A.A., 2008, Çeliğin ısıl işlemleri, [http://yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/malzeme1/Celigin\\_ ISIL\\_islemleri.pdf](http://yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/malzeme1/Celigin_ ISIL_islemleri.pdf)
- [29] Haşçalık, A.,” Yaprak Yay Yapımında kullanılan Cr Çeliğinin Fretting Yorulma Davranışlarının Araştırılması “Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Elâzığ
- [30] Savaşkan, T., 2007. Malzeme Bilgisi ve Muayenesi. Celepler Matbaacılık, Trabzon, 365 s.
- [31] Subaşı, M., Karataş, Ç., 2010. AISI 4140 çeliğinde sertlik, yorulma dayanımı ilişkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi
- [32] Şahin, A.,2012. Çelikler ve ısıl işlem,
- [33] Şahin, S., 1997. Malzeme Bilgisi. Şafak Matbaası, Ankara, 230 s.

- [34] Society of Automotive Engineers, Inc. (SAE), 1990: Spring Design Manual
- [35] Tekeli, S., 1991. Yay eliklerinin Isıl İşlemi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [36] Turgut, O.K., 2013.  1040 eliklerinde Isıl İşlem ve Kaynağın Mekanik Özelliklerine Olan Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- [37] Topbaş, M. Ali, 1998: elik ve Isıl İşlem El Kitabı, Ekim Ofset ve Mücellithanesi, İstanbul
- [38] Ün, H., 2007. Sertlik, [http://hun.pamukkale.edu.tr/ders\\_notlari/malzeme\\_bilgisi/Malzeme\\_ders5\\_sertlik.pdf](http://hun.pamukkale.edu.tr/ders_notlari/malzeme_bilgisi/Malzeme_ders5_sertlik.pdf).
- [39] Uzun, H., Fındık, F., Salman, S., 2003. Malzeme Biliminin Temelleri. Değışim Yayınları, İstanbul, 247 s.
- [40] TS EN 10270-1 Soğuk ekilmiş Alaşımsız Yaylık elik Tel.

