

EKSANTRİK YAY YORULMA CİHAZININ TASARIMI VE İMALATI

*Mahmut BURHAN**

*Kadir ÇAVDAR***

Özet: Bu çalışmada, bir eksantrik yay yorulma test cihazının tasarım ve imalat aşamaları açıklanmaktadır. Yaylarda yorulma en önemli hasar nedenlerinden bir tanesidir. Bu nedenle yayların ömrünün doğru şekilde tespiti için yapılacak deneyler önem taşımaktadır. Literatürde yer alan öneriler dikkate alınarak imal edilmiş olan yay yorma cihazı ile gerçekleştirilen ilk deneysel sonuçlar da yayında yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yay, yorulma, cihaz tasarımı.

Design and Manufacture of Eccentric Spring Fatigue Test Device

Abstract: In this study, the design and manufacturing steps of the eccentric spring fatigue test device is explained. One of the most important factors that affect the life of a spring is fatigue. Therefore, in order for forecasting the lifetime of a spring, fatigue tests play a crucial role. By taking into account the advices and applications in the literature; test results of the spring fatigue test device are given in this work.

Key Words: spring, fatigue, device design.

1. GİRİŞ

Yaylar, kendilerine uygulanan kuvvetin etkisi altında deformasyon gösteren ve bu deformasyon esnasında enerji biriktiren makine elemanlarıdır. Endüstride yayların çok çeşitli uygulamaları vardır. Yaylar, bir makinede veya sistemde; kuvvet uygulamak, hareketi kontrol etmek/sınırlandırmak, sönümleme yapmak, frekans değiştirmek, kuvvet ve moment ölçmek gibi birçok işte kullanılabilirler (Meissner M. and Schorcht H.J., 2007). Yay malzemesi olarak sıklıkla metal kullanılmasına rağmen kauçuk ve plastik gibi farklı malzemelerden imal edilmiş yaylar da uygulamada mevcuttur.

Değişken (dinamik) gerilmelere maruz makine elemanlarında gerilmelerin maksimum değerleri yerine bunların periyodik değişimi önem taşır.

Yayların şekil değiştirme ve yükleme karakteristikleri kullandıkları uygulama alanlarına göre değişim gösterir. Yaylar boyutlandırılırken bu karakteristiklere göre yay teli çapı, sarım çapı gibi parametreler uygun yaklaşımlarla belirlenir. Ancak yayların ömürleri konusunda henüz yeterli literatür oluşmamıştır. Dinamik yüklemeye maruz kalan yaylar için yapılan tasarımlar da bu nedenle eksik kalmakta ve yay kırılması nedeni ile makine fonksiyon kayıplarına sıklıkla rastlanmaktadır. Özellikle kalıp yayı olarak kullanılan yaylarda ömür açısından deneysel çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Yayların yorulma performanslarına etki eden başlıca faktörler şunlardır:

1. Yay kesitinde oluşan gerilmelerin değerleri,
2. Yüzey kaliteleri,
3. Aşınma,
4. Boyut,

* Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 16059, Görükle, BURSA.

** Uludağ Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, BURSA.

5. Çalışma sıcaklığı,
6. Çevrenin kimyasal etkisi,
7. Yay uçlarının bağlama şekilleri
8. Burkulma.

2. YAY YORULMASI TEST CİHAZLARI

Literatürde çok olmamakla birlikte yay yorulması için değişik mekanizmalara sahip cihazlara rastlanmaktadır. Tek seferde test edilen yay sayısı, dakikadaki yük tekrar sayısı ve yaya kuvvet uygulama mekanizmalarına göre bu cihazlar farklılık göstermektedirler.

Pıhtılı ve Özler (1997), yayınlarında yay tellerindeki yorulmayı inceleyip yorulma deneylerinin temellerini açıklamışlardır. Bu yayında yayların kırılma nedenleri sırasıyla; yüksek gerilmeler, hidrojen gevrekliği, keskin dirsek ve delikler ile yorulma şeklinde verilmektedir. Deneylerde dikkat edilmesi gereken konular da şöyle sıralanmaktadır:

1. Deneyler, benzer özelliklere sahip en az 5-10 yay üzerinde yapılmalıdır.
2. Deneylerde kuvvet uygulama hızı 200-350 dev/dak arasında olmalıdır. Değişik çalışmalarda deneyler için yüksek devirlere de çıkılabilir.
3. İlk 1000 yük tekrarından sonra yorulma deneyi durdurularak yaylar kontrol edilmeli ve yük değerleri ayarlanmalıdır.
4. Her bir yayın ortalama ömrünü tespit etmek için en düşük ve en yüksek değerler atılır, kalan diğer birbirine yakın değerler esas alınır.
5. Yaylar, 1800 dev/dak hızındaki alternatif akımlı elektrik motorundan alınan hareketle de denenebilir.
6. Gerçek yorulma gevşemesi, gerilimin daha yüksek ve yoğun olduğu sarımın iç kısmında başlar.
7. Deneysel cihaz ve yayların deneyden önce iyice yağlanmış olmaları gerekmektedir.

Musulluoğlu (1987), yüksek lisans tez çalışmasında helisel yayların statik karakteristiklerini tespit etmek için bir deney cihazı tasarlayıp imal etmiştir. Helisel çeki ve bası yaylarının rijitlik değerleri bu cihaz yardımı ile grafiksel olarak elde edilebilmektedir. Yayın yorulma deneyi öncesinde rijitliğin hassas şekilde tespiti için bu tür cihazlara ihtiyaç vardır.

Berger ve Kaiser (2006), tel çapı 2-5 mm olan helisel bası yaylarından 160 tanesini aynı anda test edebilen bir makine ile yaptıkları deney sonuçlarını sunmaktadır. Del Llano-Vizcaya ve diğ. (2006) da yayınlarında helisel bası yaylarında çok eksenli yorulma halini inceleyip yaptıkları deneylerin sonuçları için bir hata analizi yapmışlardır. Deneylerinde AISI MB yüksek karbonlu çeliği kullanarak, yayları 400°C'de 20 dakika süren bir ısıtma işlemine tabi tutmuşlardır. Çok dar bir gerilme aralığında gerçekleştirilen deneylerin sonuçları yapılan sonlu elemanlar analizi ile doğrulanmaya çalışılmıştır.

Tosun ve Özler (2000), bildirimlerinde yay yorulmasının tespiti için hazırlanan bir cihazı tanıtmaktadırlar. Yay test cihazlarının çalışma hızları için 200-500 dev/dak önerilmektedir. Deney düzeninde yaya iletilen hareket, devir sayısı ayarlanabilen bir elektrik motorundan alınmakta, eksantrik mil ve biyel kolu üzerinden dönme hareketi doğrusal harekete dönüştürülüp yaya uygulanmaktadır. Cihazda tek bir yay deneye tabi tutulmakta ve yaya uygulanan kuvvet ve yay üzerinde oluşan gerilme sabit olmaktadır. Yaya uygulanan kuvvetin değeri de pimli bir mekanizma ile değiştirilebilmektedir.

3. TASARLANIP İMAL EDİLEN EKSANTRİK YAY YORULMA CİHAZI

Bu çalışmada, farklı tel çaplarında ve farklı boylardaki bası yaylarının, belirli aralıklarda değişen yükler altındaki ömür analizlerinin yapılabilmesine olanak sağlayan bir deney cihazının (Şekil 1) tasarlanması ve imalatı amaçlanmıştır.

Tasarlanan yay yorma makinesi 3 ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 2, 3 ve 4):

1. Ana gövde,
2. Eksantrik grubu,
3. Makine şasesi.

Test cihazının temel çalışma prensibi, kayış kasnak mekanizmasıyla devri düşürülen eksantrik milinin ucuna çakılan rulman vasıtasıyla, üst tablaya uygulanan baskı sonucu yükün yaya iletilmesi şeklindedir. Cihazda üst tabla hareketli alt tabla sabittir. Yay, her tahrikte aynı miktarda sıkışmakta, dolayısıyla her tahrikte yaya sabit bir kuvvet uygulanmaktadır. En büyük eksantrik mesafesi 25 mm'dir. En küçük mesafe de sabit olan alt tablanın altındaki bir ayar civatası ile ayarlanıp değiştirilebilmektedir. Bu sayede istenilen yay boyutu ve basma mesafesi ayarlanıp baskı kuvveti uygulanabilmektedir. Ana gövdeye yerleştirilen milimetrik cetvel vasıtası ile de yayın sıkışma miktarı dolayısıyla yaya uygulanacak olan kuvvet ayarlanabilmektedir.

Test cihazında test edilebilecek olan yayların ortalama çapı 15-40 mm, boyları da 25-90 mm arasında değişebilmektedir.

Yay, alt tablaya takılan pim ile kılavuzlanmakta ve deney esnasında eğilmemesi sağlanmaktadır. Kılavuz pim olarak 3 değişik çap değeri hazırlanmıştır. Üst ve alt tablanın yataklanması için ise induksiyonlu miller kullanılmıştır. Bu sayede hem merkezleme hem de yataklama yapılmaktadır.

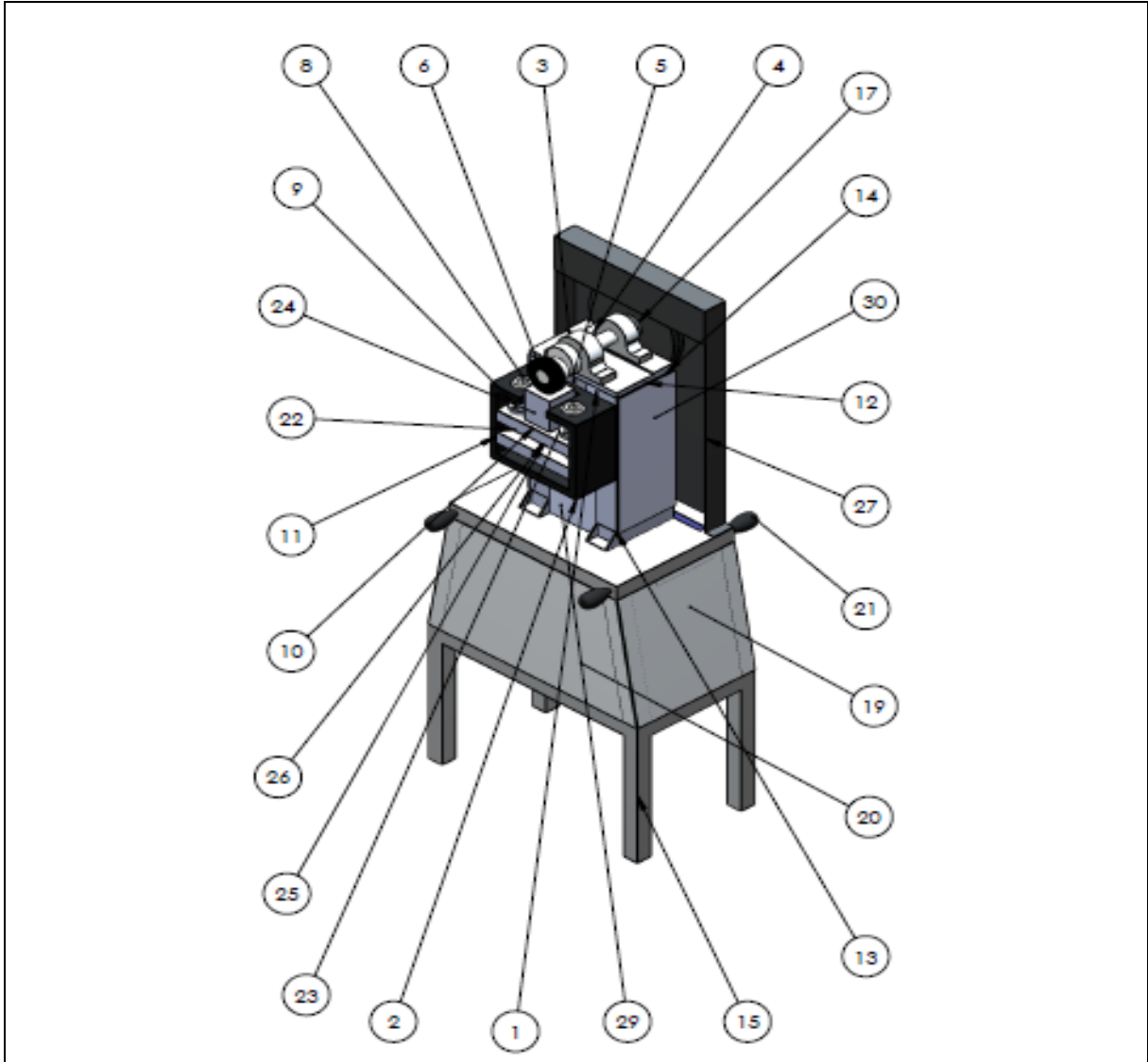
Motorun çalışmasıyla eksantrik milin ucundaki rulman, üst tablaya kuvvet uygulamakta ve yay yorma işlemi başlamaktadır. Otomatik sayaçtan kuvvet tekrar sayısı okunabilmektedir. Ana gövdenin arkasında bulunan anahtar takozu üst tablayla beraber hareket etmekte, yay kırıldığı anda üst tabla sınır anahtarına basmakta ve sistem otomatik olarak kendini durdurmaktadır. Böylece yayın kırıldığı tekrar sayısı hatasız şekilde tespit edilmektedir.

4. CİHAZ İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÖN DENEYLER

Bu çalışmada; yaylar deney öncesinde yağlanmamakta, dakikadaki kuvvet uygulama sayısı verilen sınırlar içerisinde tutulmakta ve rijitlik ölçümleri yapılarak birbirine yakın rijitlikteki yaylar gruplanmaktadır. Her deneyde sadece bir yay kuvvet altında zorlanmakta ve eşit değerlerde kuvvet uygulanarak yapılan deneylerde, bu gruplanmış yayların kullanılmasının deney sonuçlarının daha güvenilir olmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

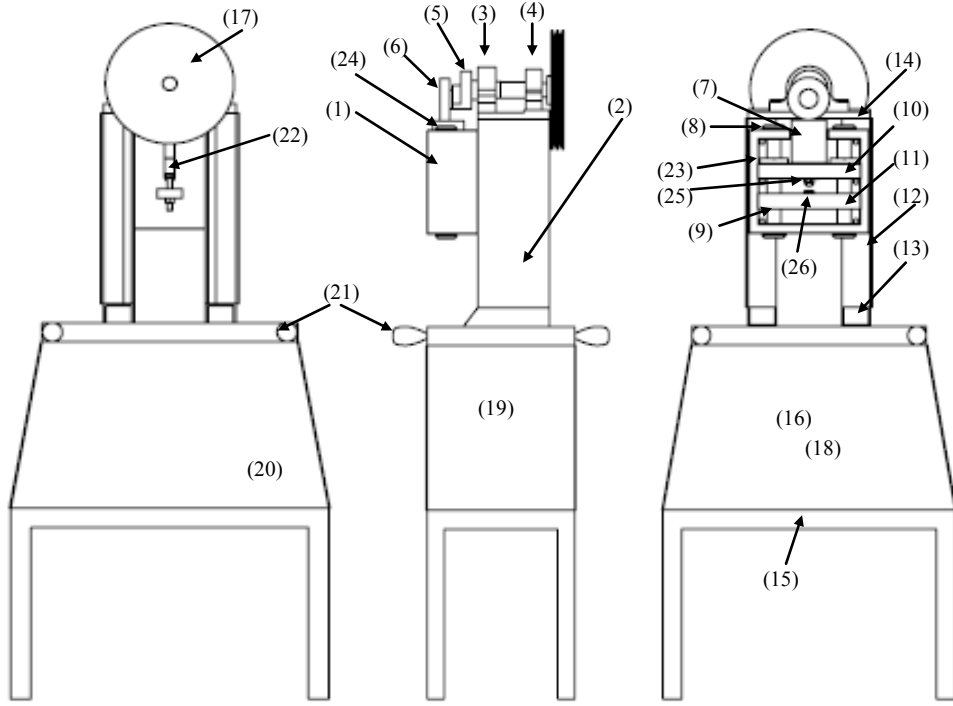
Makinenin güvenilirliğini test etmek amacı ile yapılan yay yorma deneylerinin bazılarında numunelerin kırılması başarılı olmuş bazılarında ise sonsuz ömür değerlerine ulaşılmıştır. Kapsamlı deneylere başlamak için yol gösterici olacak olan bu deneylerde kullanılan yayın özellikleri şöyledir:

Yay teli çapı	4 mm
Dış çap	28 mm
İç çap	20 mm
Boy	55 mm
Yaylanan sipir sayısı	6
Yay malzemesi	54SiCr6

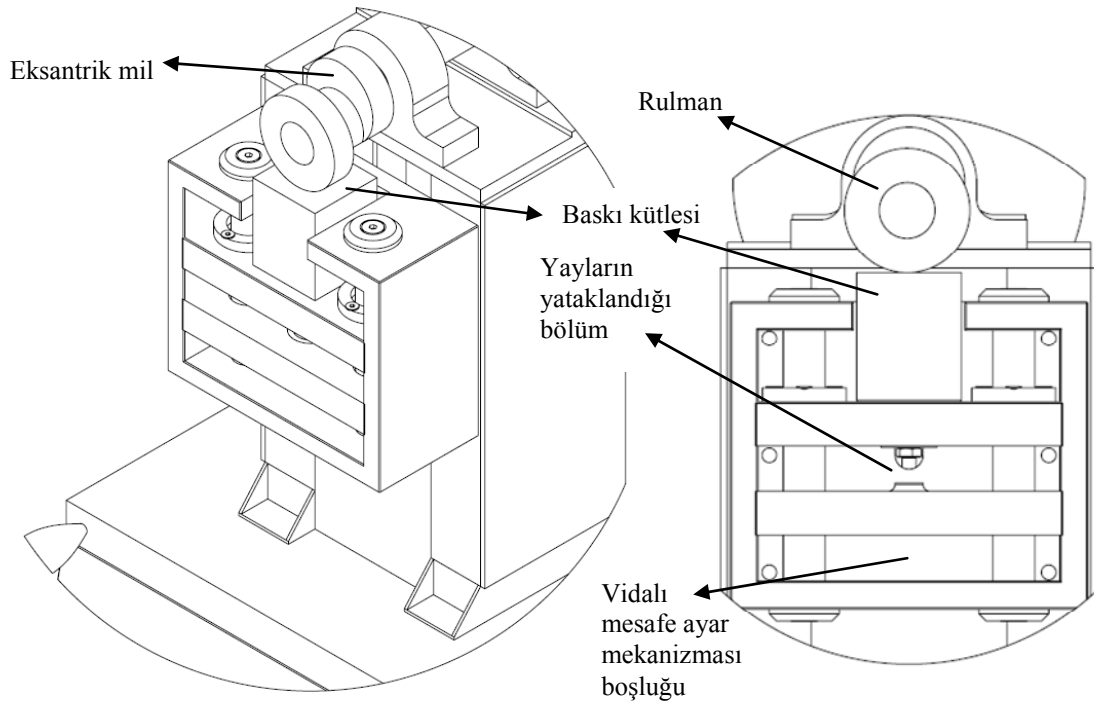


P. No	Parça Adı	Adet	P. No	Parça Adı	Adet
1	Ana gövde bağlantı U profili	2	16	Motor	1
2	Ana gövde	1	17	Eksantrik mil kasnağı	1
3	Eksantrik mil yatağı Ø35	1	18	Motor oturma plakası	1
4	Eksantrik mil yatağı Ø30	1	19	Yan kapama sacı	2
5	Eksantrik mil	1	20	Ön ve arka kapama sacı	2
6	Rulman	1	21	Makine taşıma elcikleri	4
7	Switch takozu	1	22	Burç	4
8	Kılavuz mil pulu	4	23	Üst plaka kapakları	2
9	Kılavuz mili	2	24	Kam kolu	1
10	Üst plaka	1	25	Yay yataklama üst pimi	1
11	Alt plaka	1	26	Yay yataklama alt pimi	1
12	Eksantrik mil yatağı sacı	1	27	Kasnak muhafaza sacı	1
13	Şase-gövde bağlantı U profili	2	28	Motor kasnağı	1
14	Şase-gövde bağlantı köşebenti	2	29	Ana gövde ön kapak	1
15	Makine şasesi konsolu	1	30	Ana gövde yan kapama sacı	2

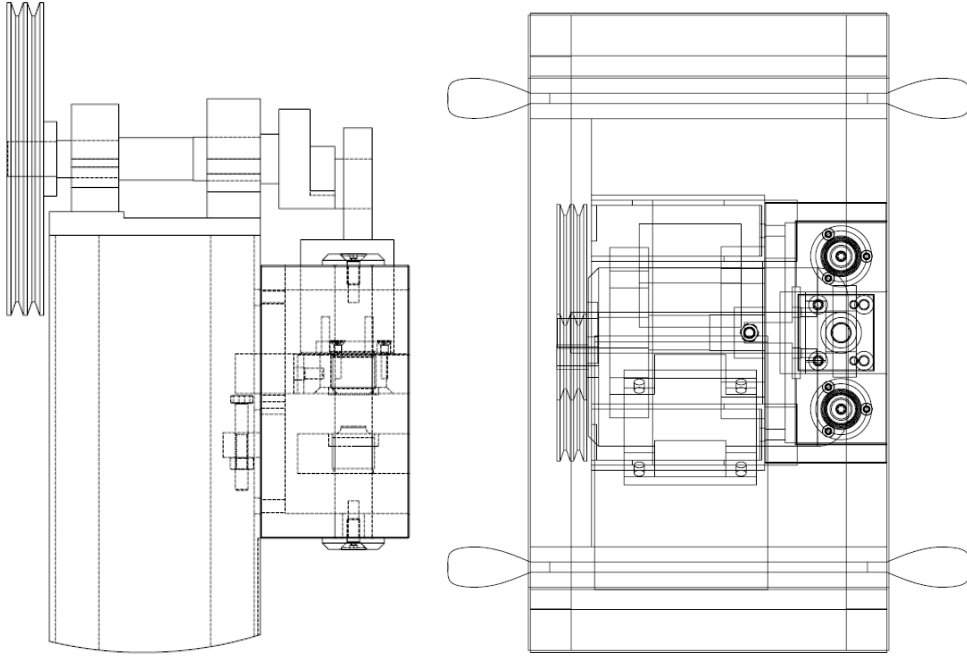
Şekil 1:
Tasarlanan yay yorma cihazının parçaları



Şekil 2:
Yay yorma cihazının genel görünüşü



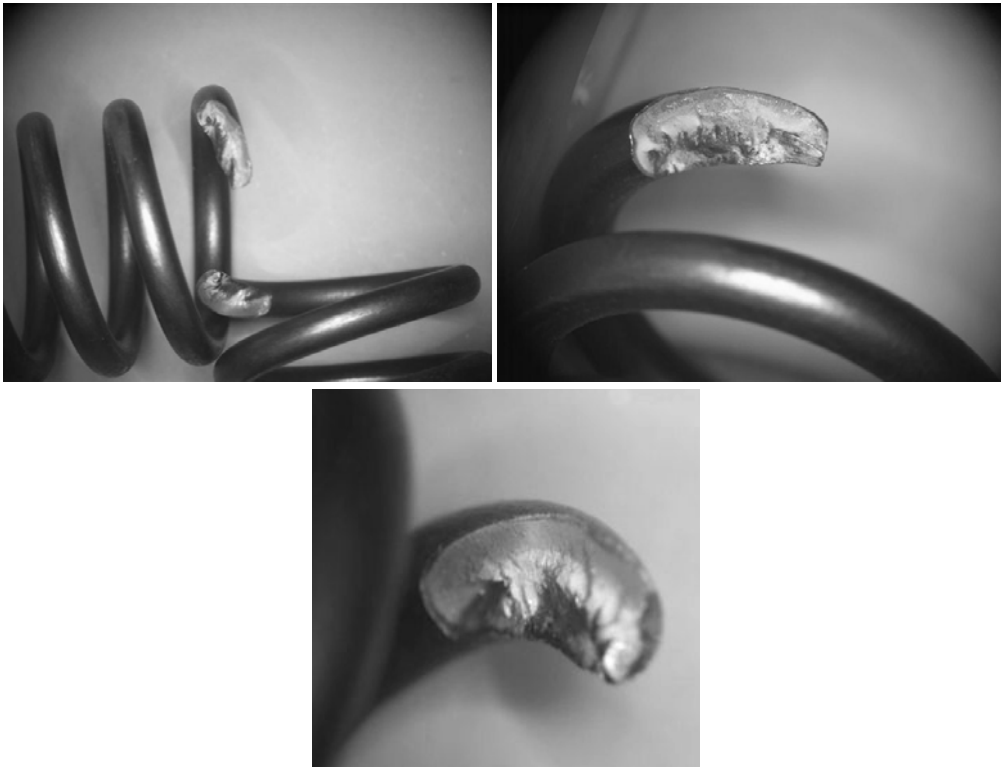
Şekil 3:
Yayların yatakladığı bölüm



Şekil 4:
Tahrik grubu

Yukarıda özellikleri belirtilen yay, 770 N değerindeki maksimum kuvvetin etkisi altında 520799 tekrar sayısında kırılmıştır. Burada, yaya uygulanan kuvvet sadece bu maksimum kuvvet olmayıp, konstrüksiyon gereği yay her zaman 8,8 kg'lık baskı kuvvetinin de etkisi altındadır. Dolayısı ile yaya uygulanan kuvvet ~ 80 N ile $+ 850$ N arasında değişen bir dinamik kuvvettir.

Kırılan bir yayın kırılma bölgesinin fotoğrafları Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5:
Yay numunesinde kırılma bölgesi

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

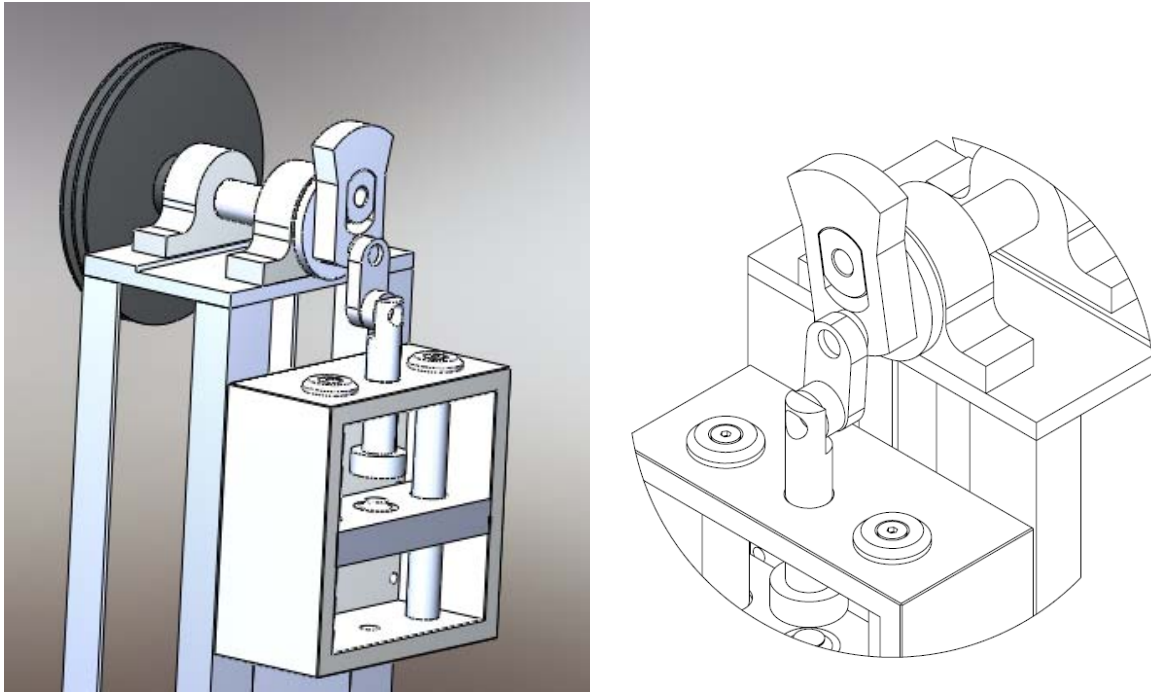
Bu çalışmada yay yorulma deneylerinin yapılabilmesi için, değişken özellik ve boyutlardaki yaylara farklı kuvvetler uygulayabilecek bir yorulma deney cihazının tasarlanması ve imalatı amaçlanmıştır. Başlangıçta belirlenen isteklere göre tasarlanan cihaz imal edilmiş ve çalışması ön deneyler yapılarak kontrol edilmiştir.

Yapılan ön deneylerin sonucunda cihazın özellikle kuvvet uygulama konusunda sınırlarının olduğu gözlenmiştir. Bunun dışında cihazın tasarımı gereği belirli rijitliğin altındaki yayların denemesi yapılamamaktadır. Şu aşamada cihaz üzerinde rijitliği yüksek helisel kalıp yaylarının denemesine devam edilmekte olup hâlihazırda mevcut cihazda görülen eksiklikler nedeni ile yeni bir cihazın tasarlanmasına başlanmıştır.

Tasarlanan yeni cihazda; önceki cihazda karşılaşılan kuvvet sınırlamaları, rijitlik sınırlamaları gibi sorunların giderilmesine çalışılacaktır. Tasarımı yapılan ikinci cihaza ait bilgisayar modeli ve cihazın tasarımı yenilenen tahrik kafa mekanizması Şekil 6'da görülmektedir.

Yeni tasarımın eskisine göre üstünlükleri şu şekilde olacaktır:

- Eksantrik mesafesi ayarlanabilecektir.
- Üst plakanın olmaması nedeniyle yayda ön sıkıştırma olmayacaktır.
- Deneylerde kullanılacak yayların rijitlik değer bölgesi daha geniş olacaktır
- Makine daha az gürültülü çalışacaktır.



Şekil 6:
Yeni tasarımda cihazın üst bölümünün modeli

KAYNAKLAR

1. Berger C. and Kaiser B. (2006), Results of very high cycle fatigue tests on helical compression springs, *International Journal of Fatigue*, 28, 1658–1663.
2. L. Del Llano-Vizcaya ve diğ.. (2006), Multiaxial fatigue and failure analysis of helical compression springs, *Engineering Failure Analysis* 13, 1303–1313.
3. Meissner M. and Schorcht H.J. (2007) *Metallfedern*, Springer, Berlin.

4. Musulluoğlu M. (1987), Helisel yayların statik karakteristiklerini ölçme ve kontrol etme cihazının tasarımı ve imalatı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enst.
5. Pıhtılı H. ve Özler L. (1997), Yay tellerinde yorulma ve yorulma deneylerinde izlenecek temel esaslar, *Mühendis ve Makine*, Şubat 2007, s. 38-41.
6. Tosun N. ve Özler L. (2000), Laboratuvar tipi bir yay yorma makinasının tasarımı ve imalatı, *Ulusal Makine Tasarım ve İmalat Kongresi UMTIK 2000*, ODTÜ, Ankara, 62-69.

Makale 17.06.2009 tarihinde alınmış, 05.01.2010 ve 19.03.2010 tarihlerinde düzeltilmiş, 22.03.2010 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: K. avdar (cavdar@uludag.edu.tr).