

**DÜŞÜK MUKAVEMETLİ MALZEMELER İÇİN MEKANİK DENEYLERİN
YAPILABİLECEĞİ MASAÜSTÜ DENEY CİHAZININ TASARIMI VE KURULMASI**

Selim BACAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİMDALİ

ISPARTA 2006

T.C
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞÜK MUKAVEMETLİ MALZEMELER İÇİN MEKANİK DENEYLERİN
YAPILABİLECEĞİ MASAÜSTÜ DENEY CİHAZININ TASARIMI VE KURULMASI

SELİM BACAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİMDALI

ISPARTA 2006

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİMDALI'nda
YÜKSEKLİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

(Ünvanı, Adı ve Soyadı)

Üye :

(Ünvanı, Adı ve Soyadı)

Üye :

(Ünvanı, Adı ve Soyadı)

ONAY

Bu tez .../.../200 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda, yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../20...

ENSTİTÜ MÜDÜRÜNÜN ADI SOYADI

İMZASI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Mühendislik Tasarımları ve Malzemeler	1
1.2. Çekme Deneyi	3
1.2.1. Gerilme ve Gerinme	6
1.2.2. Elastisite Modülü (E)	7
1.2.3. Elastiklik Sınırı	7
1.2.4. Maksimum Çekme Dayanımı	7
1.2.5. Rezilyans	8
1.2.6. Tokluk	9
1.2.7. Akma Gerilmesi	10
1.2.8. Yüzde Uzama	10
1.2.9. Yüzde Kesit Alan Daralması	11
1.3. Basma Deneyi	11
1.4. Eğme Deneyi	12
2. KAYNAK ÖZETLERİ	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Masaüstü Deney Cihazının Çalışma Prensibi	18
3.2. Hidrolik Sistemler	22
3.2.1. Hidrolik Sistemlerin Tanıtılması	23
3.2.2. Hidrolik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları	24
3.2.3. Hidrolik Silindirler	26
3.2.4. Yön Kontrol Valfleri	26

3.2.5. Hidrolik Valfler	27
3.2.5.1. Veya Valfi	27
3.2.5.2 Akış Kontrol Valfleri	28
3.2.6. Manometreler	28
3.3. Pnömatik Sistemler	29
3.3.1. Pnömatik Sistemler ve Tanıtımı	29
3.3.2. Pnömatik Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları	30
3.3.3. Pnömatik Devre Elemanları	31
3.3.3.1. Komprasör	31
3.3.3.2. Şartlandırıcı	32
3.3.3.3. Birleştirme Elemanları	33
3.3.3.4. Çift Etkili Silindirler	34
3.3.3.5. Oransal Basınç Regülatörü	34
3.4. Deney Cihazının Çerçeve Kısımının Yapımı	35
3.4.1. Üst Tabla Yapım İşlem Sırası	36
3.4.2. T Kanallı Alt Tablanın Yapımı	39
3.5. Deney Cihazının Veri Toplama Sistemi	41
3.5.1. Lineer Cetvel	42
3.5.2. Yük Hücresi (Loadcell)	43
3.6. Masaüstü Deney Cihazının Denenmesi	44
3.6.1. Numune Hazırlanması	44
3.6.2. Deney Prosedürü	46
3.6.2.1. Çekme Deneyi	46
3.6.2.2. Basma Deneyi	48
4. BULGULAR	49
4.1. Deney Sonuçları	49
4.1.1. Çekme Deneyi Sonuçları	50
4.1.2. Basma Deneyi Sonuçları	52
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	55
6. KAYNAKÇA	56
ÖZGEÇMİŞ	58

ÖZET

DÜŞÜK MUKAVEMETLİ MALZEMELER İÇİN MEKANİK DENEYLERİN YAPILABİLECEĞİ MASAÜSTÜ DENEY CİHAZININ TASARIMI VE KURULMASI

Metalik ve metalik olmayan malzemelerin çekme ve basma yükleri altında mekanik özelliklerini belirlemede kullanılan en yaygın metotlardan biri statik çekme ve basma deneyidir. Bu deneyler için kullanılan Instron ve MTS gibi hazır deney cihazları, kapasitelerine bağlı olarak 50,000 Amerikan Dolarının üzerinde bir fiyatla satılmaktadırlar. Bu çalışmada, bünyesinde hazır cihazlara kıyasla daha az özellik barındırmasına rağmen düşük mukavemetli malzemelerin mekanik çekme, basma ve eğme deneylerini rahatlıkla yapabilecek kapasitede ve maliyeti hazırlarının yaklaşık beşte biri olan bir masaüstü çekme-basma deney cihazı tasarlanmış ve imal edilmiştir. Bu cihazın çerçeve yapısının imalatında talaşlı imalat yöntemlerinin büyük bir kısmı kullanılmış ve blok halinde satın alınan çelik malzeme; freze tezgahı ve çakıları, ölçüm cihazları vb sayesinde belli pasolarda talaş kaldırılarak son ölçüsüne getirilmiştir.

Çerçeve yapı hazırlandıktan sonra çekme, basma ve eğme deneyinin yapılabilmesi için gerekli olan yük ve yükleme hızı değerleri ayarlanabilecek şekilde hidrolik/pnömatik bir sistem tasarlanmış, bu sistem için gerekli parçalar temin edilip birleştirilmiş ve daha sonra testleri yapılarak deney sistemi kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Masaüstü deney cihazı maksimum 10 kN yükleme kapasitesi ile basma, çekme ve eğme deneylerinin yapılabilmesi için sahip olduğu altyapısıyla yükleme hızının ayarlanmasına imkan vermektedir.

Bu çalışmada tasarlanmış ve imalatı yapılmış olan masaüstü deney cihazı, özellikle biyomekanik laboratuvarında kullanılacağından, imalat sonrası inek kemiğinden hazırlanmış numuneler kullanılarak statik çekme ve basma deneyleri ile test edilmiştir. Böylece deney cihazının istenilen şekilde çalışıp çalışmadığı kontrol

edilmiş ve ortaya çıkan aksaklıklar giderilmiştir. Uygulanan deneyler sonucu elde edilen mekanik özellikler ile literatürde rapor edilmiş değerler karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Çekme, Basma, Eğme, Mekanik Deneyler, Mekanik Özellikler

ABSTRACT**DESIGN AND CONSTRUCTION OF TABLETOP TESTING MACHINE FOR
MECHANICAL TESTING OF LOW-STRENGTH MATERIALS**

Tension/compression test is one of the most common testing methods which is used to determine the mechanical properties of metallic and non-metallic materials. Brand-name testing machines which are available in the market such as Instron and MTS are sold for a price starting from 50,000 USD depending on their capacities and specifications. In this study, a tabletop testing machine was designed with enough capacity and specifications for tension/compression/bending tests of low-strength materials at much lower cost compared to the brand-name machines (approximately one fifth). The frame of the testing machine was manufactured using some of the conventional machining methods. A steel material block at sufficient dimensions for machining was purchased and machined to the final dimensions using a milling machine and some other tools such as cutting and measuring tools.

After machining the frame, a hydraulic/pneumatic system was designed to obtain the required load and to have a range of loading rate that can be adjusted for tension/compression/bending tests. The required parts for the hydraulic/pneumatic system were purchased and installed on the frame. Then, the whole testing system was tested to check if anything needs to be corrected and made sure that it is ready for further testing of low-strength materials.

The custom-made tabletop testing machine provides 10 kN load maximum for tension/compression/bending tests of low-strength materials and allows the user to adjust the loading rate.

Since the tabletop testing machine will be used in biomechanics laboratory, the testing machine was tested both for tension and compression using samples prepared from bovine bone. So, the testing machine was controlled whether it works as desired or not. The problems that were faced during its operation were studied to find the reasons and their solutions, then, they were corrected with minor modifications on the testing system. The results of bovine bone testing were compared to the mechanical properties reported previously in the literature.

KEY WORDS: Tension, Compression, Bending, Mechanical Testing Methods, Mechanical Properties

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Teknoloji baş döndürücü bir şekilde gelişmekte, markalar çoğalmakta, deney cihazı üreticileri artmaktadır. Küçük ve orta ölçekli kuruluşlar genelde bazı deney cihazlarını veya bunların bazı kısımlarını kendi imkanları ile hazır deney cihazlarına benzer tasarımlar yaparak üretmeye çalışmaktadırlar. Bu çalışmanın konusu; maksimum 10kN yükleme kapasiteli, hız ve yük değerleri ayarlanabilir, düşük mukavemetli malzemelere çekme, basma ve eğme deneyleri yapabilecek bir deney cihazının tasarımıdır. Bu tür deney cihazları, kapasitelerine ve özelliklerine bağlı olarak yurtdışından çok yüksek fiyatlarla temin edilmektedir. Hazır deney cihazları kullanıcıya gerekmeden bazı özellikleri de bünyelerinde barındırabilmektedirler. Dolayısıyla kullanıcının isteğini karşılayan ve sınırlı özelliklere sahip benzer deney cihazlarının ülkemizde tasarlanıp imal edilmesinin çok daha ucuza mal olacağı düşüncesi bu çalışmanın kavramsal altyapısını oluşturmuştur. Çalışmanın başında tahmin edildiği gibi masaüstü çekme/basma deney cihazı yurtdışı fiyatlarının yaklaşık beşte biri maliyetle imal edilmiştir.

Çalışmalarım sırasında değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ramazan KAYACAN' a, Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta Meslek Yüksekokulu İdarecileri ve mesai arkadaşlarıma, eşim ve aileme teşekkür'ü bir borç bilirim.

SİMGELER DİZİNİ

σ	Birim alana etkiyen normal yük (gerilme)
P	Numuneye uygulanan aksenal kuvvet (yük) (N)
A_0	Birim alan (mm^2)
E	Elastisite Modülü
σ_A	Akma gerilmesi
σ_U	Maksimum normal gerilme
σ_E	Maksimum elastik gerilme
ϵ_E	Maksimum elastik gerinme
e^p	Plastik birim uzama
E	Gerinme
L	Son boy (mm)
l_0	İlk boy (mm)
% uzama	Yüzde uzama
% kesit alan daralması	Yüzde kesit alan daralması
A_s	Son alan (mm^2)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Metalik bir malzeme için örnek gerilme-gerinme diyagramı	4
Şekil 1.2. ASTM E8 standardına göre hazırlanmış çekme numunesi	5
Şekil 1.3. Gerilme-gerinme diyagramında rezilyans alanı	9
Şekil 1.4. Gerilme-gerinme diyagramında tokluk alanı	9
Şekil 3.1. Masaüstü deney cihazının hidro-pnömatik şeması	19
Şekil 3.2. Masaüstü deney cihazının elektronik veri toplama sistemi	20
Şekil 3.3. Bu çalışmada tasarlanıp imal edilmiş olan masaüstü deney cihazı	22
Şekil 3.4. Hidrolik sistemlerin genel şeması (Rohner, 1994)	23
Şekil 3.5. Çift etkili hidrolik silindir (Rohner, 1994)	26
Şekil 3.6. Yön kontrol valfleri (Rohner, 1994)	26
Şekil 3.7. Veya valfi (Rohner,1994)	28
Şekil 3.8. Tüplü manometrenin iç yapısı (Rohner, 1994)	29
Şekil 3.9. Komprasör (Patient ve arkadaşları, 1994)	31
Şekil 3.10. Deney cihazında kullanılan şartlandırıcı	33
Şekil 3.11. Birleştirme elemanları (Patient ve arkadaşları, 1994)	33
Şekil 3.12. Çift etkili silindir ve sembolik gösterimi (Patient ve arkadaşları, 1994)	34
Şekil 3.13. Masaüstü deney cihazında kullanılan oransal basınç regülatörü	35
Şekil 3.14. Masaüstü deney cihazının çerçeve yapısı	36
Şekil 3.15. Üst tabla yapımında kullanılacak blok malzeme	36
Şekil 3.16. Mil için delikleri açılmış üst tabla malzemesi	37
Şekil 3.17. Yan yüzeylerinde delik açılmış ve kılavuz çekilmiş üst tabla	38
Şekil 3.18. Üst tablanın bitmiş hali	39
Şekil 3.19. Alt tabla yapımında kullanılacak blok malzeme	39
Şekil 3.20. Alt tablanın soğutma sıvısı kanalı açılmış hali	40

Şekil 3.21.	Alt tablanın mil delikleri	40
Şekil 3.22.	İşlemleri tamamlanmış T kanallı alt tabla	41
Şekil 3.23.	Masaüstü deney cihazının çerçeve yapısının montaj hali ve ön görünüşü	41
Şekil 3.24.	Lineer cetvelin çalışma şeması	42
Şekil 3.25.	Masaüstü deney cihazında kullanılan lineer cetvel	43
Şekil 3.26.	Deney cihazında kullanılan S-tipi yük hücresi	44
Şekil 3.27.	Çekme deneyinde kullanılan numune geometri ve boyutları (mm olarak)	45
Şekil 3.28.	Basma deneyinde kullanılan numune geometrisi ve boyutları (mm olarak)	45
Şekil 3.29.	Çekme deneyi çeneleri ve aksenal kaçıklığı gidermede kullanılan flanş	47
Şekil 4.1.	Çekme deneyinden elde edilen örnek gerilme-gerinme diyagramı	50
Şekil 4.2.	Çekme gerilme-gerinme diyagramından elastiklik modülünün hesabı	51
Şekil 4.3.	Basma deneyinden elde edilen örnek gerilme-gerinme diyagramı	52
Şekil 4.4.	Basma gerilme-gerinme diyagramından elastiklik modülünün hesabı	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Çekme deneyi güvenilirlik sonuçları (ASME E8)	6
Çizelge 2.1. Çekme deneylerinden elde edilen inek kemiklerinin mekanik özellikleri (bütün numuneler kemiğin uzun ekseni yönünde)	16
Çizelge 2.2. Basma deneylerinden elde edilen inek kemiklerinin mekanik özellikleri (bütün numuneler kemiğin uzun ekseni yönünde)	17
Çizelge 4.1. Çekme deneyi sonuçları	52
Çizelge 4.2. Basma deneyi sonuçları	54

1.GİRİŞ

1.1. Mühendislik Tasarımları ve Malzemeler

Tasarım kavramı uygulama amacıyla başlatılan düşünsel bir işlemi tanımlar. Bir mühendislik aktivitesi olarak tasarım, tasarlanan ürünü ortaya çıkaracak şekilde somutlaştırılmadıkça anlamsız kalır. Malzemeler ise mühendislik tasarımlarının somutlaştırılmasında mutlak öneme sahiptirler.

Malzemeler insanlığın medenileşme sürecinde standart kabul edilmişlerdir. İlk medenileşme sürecinde çağlara taş devri, bronz devri ve demir devri adı verilmesinin sebebi de bu düşüncedir. Bulduğumuz çağa kadar bu durum pek fazla değişmemiştir. Sadece medenileşme kelimesi endüstrileşme kelimesiyle yer değiştirmiştir.

Günümüze kadar olan tasarımlardaki teknolojik gelişmelerinin çoğu veya önemli teknolojik başarılar var olan malzemelerin özelliklerinin geliştirilmesiyle veya yeni malzemelerin oluşturulmasıyla mümkün olmuştur. Bu anlamda en iyi örnekler uzay endüstrisinde bulunabilir. Uzayın keşfiyle birlikte karşılaşılan en önemli zorluklar çok değişik ve zorlu çevresel şartlara mukavemet edebilecek yeni malzemelerin geliştirilmesinde meydana gelmiştir. Her ne kadar yeryüzü uygulamaları uzay sektöründeki kadar zorlu çalışma şartlarına sahip olmasa da bir tasarımcı sadece malzemenin akılcıca seçilmesi ve dikkatli kullanılmasıyla üstesinden gelebileceği çalışma şartları ile karşı karşıya kalabilir.

Tasarımın somutlaştırılması noktasına başarıyla ulaşabilmek için bir tasarımcının kullanılabilecek malzemelerin özelliklerini ve elindeki tasarım projesi için hangi özelliklerin kaçınılmaz olduğunu iyi bilmesi gerekmektedir. Belli bir malzemenin seçimi kişisel tercihle ilgili olmayıp bitmiş üründen en iyi performansı mümkün olduğunca düşük maliyetle elde etmeye dönük ölçütlere dayanmaktadır. Buna rağmen teknolojik ürünlerin gittikçe artmasından dolayı malzeme seçiminde her zaman en doğruyu bulmak mümkün olmayabilir. Dolayısıyla, bir tasarımcının verilen bir uygulama için kullanılacak olan malzemenin seçiminde göz önünde tutulacak özellikleri önemine göre sıralaması gerekmektedir.

Malzemelerin özellikleri hem malzeme bilimcinin hem de mühendisin ilgi alanına girmektedir. Malzeme bilimciye kıyasla mühendis konunun derinlemesine anlaşılmasına gereksinim duymamakla birlikte değişik çalışma ortamlarında hangi özelliklerin önemli olduğunu ve hangi sınırlamalarla karşılaşılabileceğini bilmek zorundadır (Esin, 1981).

Günümüzde çok değişik mühendislik malzemeleri bulunmaktadır. Mühendislik tasarımlarında kullanılan malzemeler; metaller, seramikler, polimerler ve karma malzemeler olmak üzere dört gruba bölünebilirler.

Mühendislik tasarımlarında malzeme seçiminin önemli aşamalarından biri malzemelerden imal edilen parçaların çalışacağı ortam şartları göz önünde tutularak oluşturulan deney ortamlarında seçilen malzemelerin mekanik özelliklerinin elde edilmesi ve bu özelliklerin malzemedeki beklenen performans için yeterli olup olmadığının kontrol edilmesidir. Malzeme seçiminin ilk aşamasında malzeme için gerekli olan ve çalışma ortamında önem arz eden özellikleri belirlemek için sorulacak olan sorulardan bazıları şunlardır (Esin, 1981):

- Tasarımı düşünülen yapı için temel gereksinimler nelerdir?
- Bu gereksinimlerin hepsi gerçekten önemlidir?
- Bu gereksinimlerin hangileri malzeme ile ilgili özelliklerdir?
- Malzemedeki istenen bütün bu özellikler gerçekten gereklidir?
- İstenen malzeme özelliklerinden hangileri tasarım için vazgeçilmezdir?
- Malzeme maliyeti hedef maliyet için uygun mu dur?
- Düşünülen tasarım için daha uygun bir malzeme seçilebilir mi?

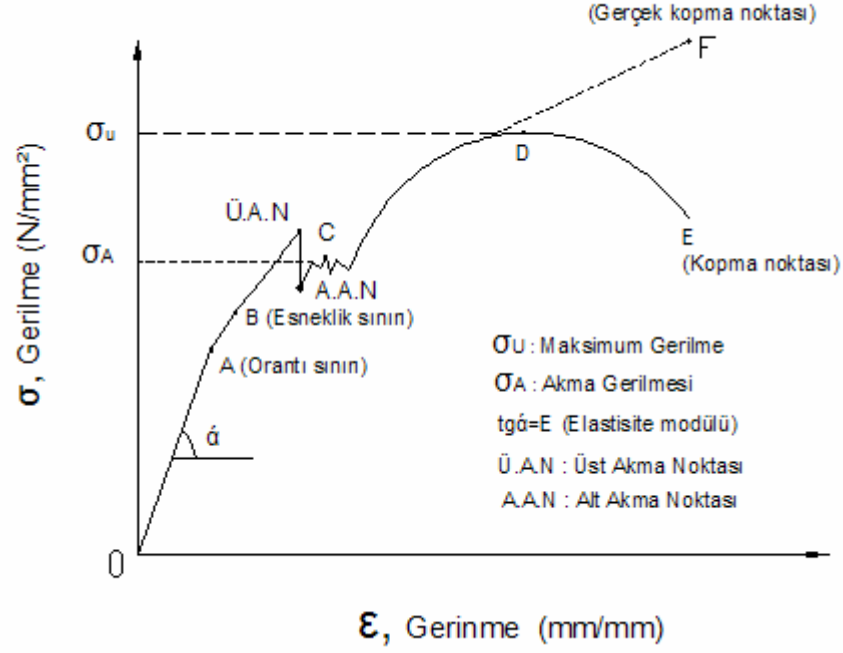
Bu sorulardan bazılarının cevaplarını belirlemek için kullanılacak malzemelerin mekanik özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu özelliklerin bilinmesi genellikle mevcut malzemelerin gerilme-gerinme ilişkilerinin karşılaştırmalı değerlendirilmelerine dayanmaktadır. Diğer bir deyişle; mühendis bir yapının en kritik elemanlarında oluşacak gerinme ve gerilme değerlerini kullanılabilecek malzemelerin mekanik özellikleri ile karşılaştırır. Bu özellikler, laboratuarlarda, malzemelerden belli standartlarda hazırlanmış numuneler

kullanılarak yapılan mekanik deneylerle elde edilir. Yaygın kullanımı olan mekanik deneylerden bazıları şunlardır: çekme, basma, eğme, yorulma, darbe ve sertlik ölçme.

Statik çekme ve basma deneyleri sadece mühendislik tasarımlarında kullanılan malzemelerle sınırlı kalmamakta; doğal veya yapay biyolojik malzemeler gibi farklı malzeme türlerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin: çekme deneyi, kemik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan ve en doğru sonuç veren metotlardan biridir. Basma deneyi ise özellikle çok küçük numunelerin kullanılmasına imkan verdiği için kanselus kemik gibi gözenegi çok ve yoğunluğu düşük olan kemiklerin test edilmesinde tercih edilmektedir. Üç nokta ve dört nokta olarak iki sınıfa ayrılan eğme deneyleri de; sıçan gibi küçük hayvanların femur ve tibialarının, numune hazırlanmadan ve bir bütün halinde test edilmesinde tercih edilmektedirler.

1.2. Çekme Deneyi

Malzemelerin mekanik özelliklerini tespit etmede kullanılan deney metotlarından en önemli olanı çekme deneyidir. Çekme deneyi genel olarak metal ve alaşımlarının statik yükler altında dayanımlarını belirlemek amacıyla yapılır. Bu yöntemde çoğu kez silindirik bazen de farklı geometrik kesitlere sahip numuneler sürekli artan bir çekme zorlanmasına maruz bırakılarak çekme gerilmelerine karşı dayanımları araştırılır. Çekme deneyi belirli standartlara göre hazırlanmış deney numuneleri kullanılarak yapılır ve çekme yükü uzun eksenin boyunca sabit hız ve sıcaklıkta numune koparıncaya kadar artırılır. Deneyin başlangıcından bitişine kadar numuneye uygulanan çekme yükü ve numunede meydana gelen uzama miktarı zamana bağlı olarak kaydedilir (Erdoğan, 1998). Kaydedilen bu bilgiler kullanılarak malzemeye ait yük-uzama ($F-\Delta L$) eğrisi veya mühendislik gerilmesi-mühendislik gerinmesi ($\sigma-\epsilon$) eğrisi elde edilir. Şekil 1.1.'de metalik bir malzeme için örnek gerilme-gerinme eğrisi verilmektedir.



Şekil 1.1. Metalik bir malzeme için örnek gerilme-gerilme diyagramı

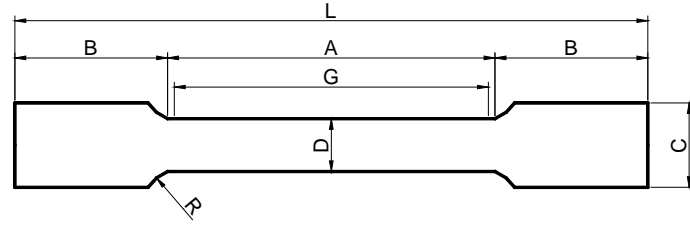
Çekme deneyinin en büyük özelliği, deney sonucu elde edilen malzeme özelliklerinin mühendislik hesaplamalarında doğrudan kullanılmasıdır. Çekme deneyi sonucunda elde edilen gerilme-gerilme eğrisi kullanılarak (Şekil 1.1.) numunenin hazırlandığı malzemeye ait aşağıdaki mekanik özellikler bulunabilir:

- Elastisite modülü
- Elastiklik sınırı
- Maksimum çekme dayanımı
- Rezilyans
- Tokluk
- Akma gerilmesi
- % uzama
- % kesit daralması

ASTM (American Society of Testing Materials), BS (British Standards), DIN (Deutsches Institut für Normung) ve ISO (International Standards Organization) gibi birçok standart organizasyonu çekme deneyi şartnamesi hazırlamıştır. Bu

şartnamelerde test aparatları, test numuneleri ve test işlemleri için gerekli olan gereksinimler belirlenmiştir.

Standart çekme testleri, ASTM standardında gösterildiği gibi özel olarak hazırlanmış belirli geometrik özelliklere sahip çekme numuneleri kullanılarak yapılır. ASTM E8 standardına göre hazırlanmış bir çekme numunesi Şekil 1.2.'de gösterilmiştir. Farklı malzemeler için kullanılan çekme deneyi numuneleri geometrik şekil olarak aynı olmakla birlikte Şekil 1.2.' de verilen ölçülerde değişiklikler görülebilmektedir. Ortası inceltilmiş numunede gerilme oluşturmak için, numunenin iki ucu test cihazının bağlama aparatlarına sıkıca tutturulur. Bağlama kafaları birbirinden uzaklaşacak şekilde hareket ettirilir ve bu esnada malzeme çekme gerilmesi ile yüklenmiş olur.



G: Ölçme uzunluğu (62.5±0.1 mm)
R: Yuvarlatma yarıçapı (10.0 mm)
L: Toplam uzunluk(145.0 mm)
C:Uç kısımların çapı (20mm)

D: Çap (12±0.2 mm)
A: Uzayan kısım uzunluğu (75 mm)
B: Uç kısmı uzunluğu (35 mm)

Şekil 1.2. ASTM E8 standardına göre hazırlanmış çekme numunesi

Şekil 1.2.'de gösterilen numunenin geometrik şeklinin her uygulamada hazırlanması mümkün olmayabilir. Özellikle ince plakalar ve saç malzemeler için standartlar da tanımlanmış kare kesitli numuneler hazırlanır. ASTM E8'de farklı geometrilere sahip malzemeler için numune boyutları ve hesap yöntemleri tanımlanmıştır.

Bazı değişken faktörler çekme deneyi sonuçlarının doğruluğunu, hassasiyetini ve tekrar edilebilirliğini etkiler. Bu faktörler üç ana grupta toplanabilir:

Aygıtsal faktörler: Deney cihazının rijitliği, yük hücresinin kapasitesi ve çözünürlüğü, numunenin kesitinin düzgünlüğü, numunenin iki ucundan iyi kavranması ve deformasyonu ölçen lineer cetvellerin hassasiyeti gibi faktörleri kapsar.

Test faktörleri: Numunenin geometrisi, deney cihazının elektronik kalibrasyonunun geçerliliği, numunede deney başlangıcında var olan ön gerilme seviyesi gibi faktörleri kapsar.

Malzeme faktörü: Numunenin hazırlandığı malzemenin homojenliği ve imalat hataları, numunenin hazırlanmasındaki hatalar ve malzemenin gerinme oranına hassasiyeti gibi faktörleri kapsar.

ASTM komitesi tarafından çekme deneylerinin hassasiyetini belirlemek için yapılan bir çalışmada, altı farklı malzeme ve altı farklı laboratuvar kullanılmıştır. Aynı laboratuvarlarda ve farklı laboratuvarlarda elde edilen ölçümlerin karşılaştırılması Çizelge 1.1.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en hassas ölçümler mukavemet değerlerinde, en kaba ölçümler ise % uzama ve kesit alan daralmasında görülmüştür. Ayrıca aynı laboratuvarlarda yapılan deneylerdeki yüzde fark, farklı laboratuvarlarda yapılan deneylerdeki yüzde farktan daha düşük çıkmıştır.

Çizelge 1.1. Çekme deneyi güvenilirlik sonuçları (ASME E8)

Özellik	DEĞİŞKENLİK YÜZDELERİ	
	Aynı Laboratuvar	Farklı Laboratuvar
Çekme mukavemeti	0.91	1.30
% 0.2 Akma mukavemeti	1.35	2.32
% Uzama	2.97	6.36
Kesit alan daralması	2.80	4.59

1.2.1. Gerilme ve Gerinme

Gerilme, birim alana etkiyen yük olup (σ) sembolü ile gösterilir ve şu formülle hesaplanır (Roark, 1975):

$$\sigma = P/A_0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Gerinme, birim uzunluğa karşılık gelen şekil değiştirme (uzama veya kısıalma) olarak tarif edilir ve şu formülle hesaplanır (Roark, 1975):

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \text{ (mm/mm)}$$

1.2.2. Elastisite Modülü (E)

Çekme deneyinin ilk kısmında metal numune elastik olarak biçim değiştirir (Şekil 1.1.). Yani, numune üzerindeki yük kaldırıldığında numune başlangıç uzunluğuna geri döner. Çekme deneyi sonucu elde edilen gerilme-gerinme diyagramının bu ilk kısmındaki doğrusal çizginin eğimi malzemenin elastisite modülü veya Young modülü (E) değerini verir. Gerilme-gerinme diyagramında elastisite modülünün hesaplandığı elastik bölgede aşağıda verilen ve Hooke Kanunu olarak adlandırılan eşitlik geçerlidir (Roark, 1975).

$$E = \sigma_E / \varepsilon_E$$

1.2.3. Elastiklik Sınırı

Çekme yükü kaldırıldığı zaman malzemede kalıcı (plastik) şekil değişiminin görölmediği en büyük gerilmenin olduğu noktadır (Şekil 1.1.). Bu sınır aşıldığında plastik şekil değişimi başlar (Erdoğan, 1998).

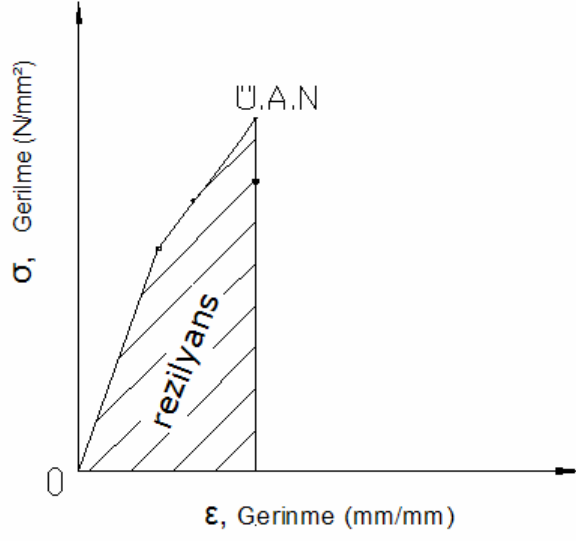
1.2.4. Maksimum Çekme Dayanımı

Maksimum çekme dayanımı, mühendislik gerilme-gerinme diyagramında ulaşılabilecek en yüksek noktadır (Şekil 1.1.). Mühendislik gerilmesi hesabında

numunenin başlangıçtaki kesit alanı temel alındığından, eğer numune kesitinde boyun verme adı verilen bölgesel bir daralma olursa, boyun verme noktasından itibaren kopma noktasına kadar gerilme arttıkça mühendislik gerilmesi değeri de küçülecektir. Daha sünek malzemeler, kırılmadan önce daha fazla boyun vereceğinden gerilme-gerinme diyagramında gerilme değeri en yüksek gerilmeye göre daha fazla bir düşüş gösterecektir. Gerçek gerilme-gerinme diyagramlarının mühendislik gerilme-gerinme diyagramlarından önemli bir farkı: metal ve alaşımlarında; gerilme değerinin kopma noktasına kadar gittikçe artmakta olmasıdır. Kopma noktasına ulaşılmadan önce malzeme çok fazla yoğruk biçim değiştirme gösterdiğinden en yüksek çekme dayanımı sünek alaşımların mühendislik tasarımlarında pek fazla kullanılmaz. Fakat en yüksek çekme dayanımı malzemede bulunan kusurlar hakkında bir bilgi verebilir. Eğer metal, gözenek ve kalıntılar içeriyorsa bu kusurlar metalin en yüksek çekme dayanımının olması gerekenden düşük çıkmasına neden olabilir (Erdoğan, 1998).

1.2.5. Rezilyans

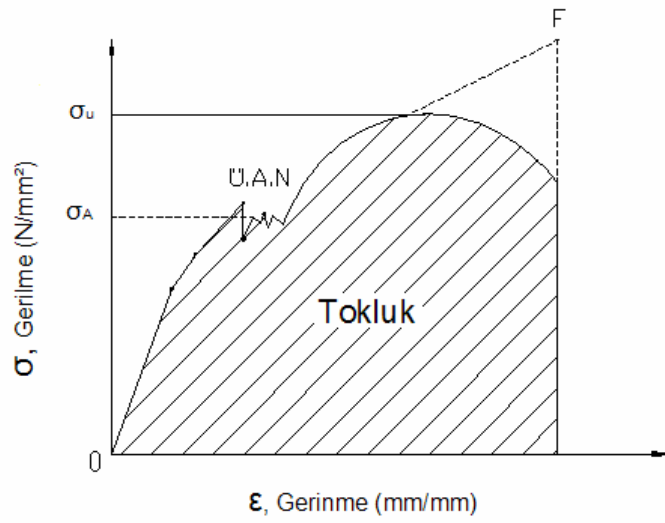
Elastik alanda akma sınırına kadar yapılan birim hacim şekil değişimi işine rezilyans modülü denir. Gerilme-gerinme diyagramının elastik bölgesi altında kalan alandır (Şekil 1.3.). Malzemenin elastik durumunu korumak kaydıyla ne kadar enerji absorbe edebileceğinin göstergesidir. (Erdoğan, 1998).



Şekil 1.3 Gerilme-gerinme diyagramında rezilyans alanı

1.2.6. Tokluk

Bir malzemenin kopmaya kadar absorbe ettiği enerji miktarıdır ve gerilme-gerinme diyagramı altındaki tüm alanı kapsar (Şekil 1.4.). Malzeme kopmadan birim hacimde yapılabilecek toplam işi gösterir (Erdoğan, 1998).



Şekil 1.4 Gerilme-gerinme diyagramında tokluk alanı

1.2.7. Akma Gerilmesi

Akma gerilmesi, metallerin ve alaşımlarının belirli miktarda yoğruk biçim değiştirdikleri gerilme olarak mühendislik tasarımları için önemli bir değerdir (Şekil 1.1). Gerilme–gerinme diyagramında plastik deformasyonun başladığı nokta belirgin olmadığında, akma sınırı belirli bir miktarda yoğruk biçim değiştirmenin meydana geldiği nokta olarak kabul edilir ve bu noktadaki gerilme değeri σ_A ile gösterilir (Erdoğan, 1998).

1.2.8. Yüzde Uzama

Bir çekme numunesinde deney esnasında meydana gelen uzama miktarı, metalin sünekliği hakkında bilgi verir. Metallerin sünekliğinin en yaygın ifade şekli çoğunlukla 50 mm'lik bir ölçüm boyunda meydana gelecek uzama miktarıdır. Genellikle metalin daha fazla biçim değiştirme eğiliminde olması anlamına gelen süneklik arttıkça yüzde uzama artar. Çekme deneyi sırasında numunenin uzama miktarı, bir lineer cetvel (lvdt, linear vertical displacement transducer) ile sürekli olarak ölçülür. Kırılma sonrası yüzde uzama ise şu eşitlikten hesaplanır:

$$\% \text{ uzama} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100$$

Kırılmadaki yüzde uzama, sadece sünekliğin belirlenmesi için değil, metalin kalitesinin bir göstergesi olduğu için de önemlidir. Eğer metalde gözeneklilik ve kalıntılar varsa ve metalin aşırı ısıtılması metali bozmuşsa deney parçasının yüzde uzaması normalde olması gereken değerden daha düşük olacaktır (Erdoğan, 1998).

1.2.9. Yüzde Kesit Alan Daralması

Metalin sünekliği aynı zamanda kesit alanındaki yüzde daralma miktarı ile de ifade edilebilir. Bu miktar çoğunlukla 12.7 mm'lik bir deney numunesi kullanılarak yapılan çekme deneyinden elde edilir. Deneyden sonra daralan kesit alanının kırılma noktasına en yakın yerindeki çapı ölçülür. Başlangıç ve son çaplar ölçülerek yüzde alan daralması şu eşitlikten hesaplanır.

$$\% \text{ kesit alan daralması} = \frac{A_o - A_s}{A_o} \times 100$$

Kesit alanındaki yüzde daralma değeri de yüzde uzama gibi metalin sünekliğinin ve kalitesinin bir ölçüsüdür. Yüzde kesit alan daralması numunede kalıntı, gözeneklilik gibi kusurların bulunması durumunda azalabilmektedir (Erdoğan, 1998).

1.3. Basma Deneyi

Birçok plastik şekil verme yönteminde iş parçası basma kuvvetlerinin etkisinde olmasına rağmen basma deneyi çekme deneyi kadar geniş uygulama alanına sahip değildir.

Basma deneyi, malzemelerin basma mukavemeti ve basma hasarları hakkında veri edinmek amacıyla yapılır. Bu veriler çekme özelliklerinden farklı olabilir. Basma deneyinin sünek malzemeler için önemli bir avantajı çekme deneyinde numunede meydana gelen boyun verme olayının basma deneyinde olmamasıdır. Bununla birlikte numune boyunun kesit boyutlarına kıyasla çok uzun olması durumunda numunede burkulma ya da numune boyunun kesit boyutlarına yakın olması durumunda numuneyi destekleyen ve yük uygulayan plakalar ile numune arasında meydana gelen sürtünmeden dolayı numunede fiçilaşma görülebilir. Ayrıca basma sırasında malzeme sertliğinin ve kesit alanının artması ile artan kuvvet ihtiyacı bazı deney cihazlarının kapasitesini zorlayabilir. Bu artış aynı zamanda sürtünmenin

olumsuz etkilerini de artırabilir. Yüksek mukavemetli gevrek malzemelerin basma deneylerinde, kopan malzemelerin yüksek hızda etrafa sıçrama olasılığı vardır.

Çekme deneyinde olduğu gibi basma deneyinde de değişik standartlar ortaya konmuştur (örneğin ASTM E9). Basma deneyleri için en genel numune şekli, kesiti değişmeyen düz silindirik numunedir. ASTM E9 numune boyutlarını “küçük, orta ve uzun” olmak üzere üç grupta toplamıştır. Bu numunelerde uzunluğun çapa oranı birbirinden farklıdır. Farklı şekillere sahip numunelerin de test edilmesi mümkündür ancak burkulmanın önlenmesi için önlemler alınmalıdır.

Silindirik kesitli standart bir basma numunesini yüklemek için numunenin her iki ucuna saç plaka yerleştirilmelidir. Bu plakalar düz, pürüzsüz ve birbirine paralel olmalıdır. Sürtünme etkilerini önlemek için numune ve plakaların ara yüzeyi silikon gresle yağlanmalıdır. (Erdoğan, 1998).

1.4. Eğme Deneyi

Eğme deneyi, iki ucu iki ayrı desteğe serbest olarak oturtulan, genellikle daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının, yön değiştirmeksizin orta noktasına (üç nokta eğme deneyi) veya her iki destekten eşit mesafede iki noktaya (dört nokta eğme deneyi) eğme kuvveti uygulanarak yapılan deneydir. Eğme deneyinde soyut sonucun yanında eğme momenti, esneklik modülü ve eğme miktarı gibi somut değerlerde hesaplanır. Eğme deneyleri genellikle dökme demir ve yüksek mukavemetli çelikler gibi gevrek ve kırılmalı malzemeler için yapılır.

Deneyi yapılacak numuneye bir kuvvet etki ettiğinde numune kesitinin bir kısmında basma gerilmesi, numune kesitinin geri kalan kısmında ise çekme gerilmesi meydana geliyorsa numune eğilme halindedir. Eğilme halindeki numunelerin kesitinde, yükün uygulandığı yüzeye yakın bölgelerde basma gerilmeleri, dış yüzeye yakın bölgelerde ise çekme gerilmeleri meydana gelmektedir (Onaran, 1998).

Yukarıdaki paragraflarda kısaca açıklamaları yapılan bütün bu mekanik deneyler için kullanılan Instron ve MTS gibi hazır deney cihazları, kapasitelerine

bağlı olarak 50,000 Amerikan Dolarının üzerinde bir fiyatla satılmaktadırlar. Ayrıca hazır deney cihazları bünyelerinde, çoğu mühendislik bölümü laboratuvarlarında yapılması planlanan deneyler için gereken özelliklerden daha fazla özellik barındırmakta; bu da doğal olarak fiyatlarını artırmaktadır. Hazır deney cihazlarının fiyatlarının yüksekliği Süleyman Demirel Üniversitesi'nin Makine Mühendisliği Bölümü'nde faaliyet gösteren Biyomekanik Deneyler Laboratuvarı'nda bu deney cihazının bulunmamasında önemli etken olup bu tür deneylerin çoğu durumda çok ilkel ve hata oranını yükselten şartlarda yapılmasına ya da ücreti ödenerek başka kurumlarda yaptırılmasına yol açmaktadır.

Ayrıca hazır deney cihazlarının pahalı olmalarının yanında bir diğer dezavantajı da servis ücretlerinin çok yüksek olmasıdır. Bu tür cihazlar elde edilen deney sonuçlarının güvenilirliği açısından periyodik bakıma ihtiyaç duymaktadırlar. Bu bakım da ancak satıcı firmanın yetkili elemanları tarafından yapılabilmektedir. Periyodik bakım ücretlerinin hazır deney cihazları için yüksek olması çoğu zaman zamanında bakım yapılmamasına yol açmaktadır. Hazır deney cihazlarının arızalanması durumunda ise ödenmesi gereken tamir ücretleri, periyodik bakım ücretlerine göre çok daha yüksek olmaktadır.

Bu çalışmada, bünyesinde hazır deney cihazlarına kıyasla daha az özellik barındırmasına rağmen başta kemik olmak üzere düşük mukavemetli malzemelerin mekanik çekme, basma ve eğme deneylerini rahatlıkla yapabilecek kapasitede ve maliyeti hazırlarından çok daha düşük olan bir masaüstü çekme-basma-eğme deney cihazının tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Ayrıca hazır deney cihazları için sorun teşkil eden periyodik bakım ücretleri bu çalışmada imal edilen deney cihazı için sorun olmaktan çıkmakta ve periyodik bakımlar hem çok daha ucuza mal edilmekte hem de söz konusu bölümün kendi elemanları tarafından yapılması mümkün olmaktadır. Bu çalışma kapsamında üretilen deney cihazının, aynı mekanik deneyleri yapmakta olan diğer üniversiteler bünyesindeki laboratuvarlar için de örnek teşkil etmesi, ileride satış amaçlı üretilerek ve servis verilerek üniversite bütçesine katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu çalışmanın giriş bölümünde belirtildiği üzere tasarımda kullanılacak malzemelerin seçiminde malzemelerin mekanik özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu özelliklerin bilinmesi Instron ve MTS gibi ticari firmaların imalatları olan hazır deney cihazlarından talebe uygun olanının satın alınmasını gerektirmektedir. Instron ve MTS gibi hazır deney cihazları, kapasitelerine bağlı olarak 50,000 Amerikan Dolarının üzerinde bir fiyatla satılmaktadırlar. Ayrıca hazır deney cihazları bünyelerinde, çoğu mühendislik bölümü laboratuvarlarında yapılması planlanan deneyler için gereken özelliklerden daha fazla özellik barındırmakta; bu da doğal olarak fiyatlarını artırmaktadır.

Mekanik deneylerle ilgili cihazların ticari olarak imalatı 1886 yıllarında başlamıştır. 1886 yılından itibaren teknolojik imkanlarda meydana gelen artışlarla paralel olarak bu alanda da çok büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Günümüzde var olan elektromekanik ve servo-hidrolik deney cihazları ileri teknolojiye sahip elektronik ve mikrobilgisayar cihazlarla donatılmış haldedir (ASM Handbook).

Mekanik özellikleri belirlemede kullanılan konvansiyonel deney cihazları; çekme deney cihazı, basma deney cihazı veya daha genel kullanımı olan ve hem çekme, hem basma hem de eğmede kullanılabilen universal deney cihazlarını (UTM) kapsamaktadır. Universal kelimesi ölçülebilen farklı gerilme durumlarına işaret etmektedir. Universal deney cihazları numuneye tek yönlü artan veya artan-azalan-artan şeklinde yorulma yükleri uygulayabilirler. Bazı konvansiyonel deney cihazları ise sadece çekme veya sadece basma yükleri uygulayacak şekilde imal edilmişlerdir. Bu tür cihazlar universal özellikte olmasa da fiyatı açısından ucuz ve bakımı daha kolay cihazlardır (ASM Handbook).

Günümüzde kullanımda olan birçok deney cihazı olsa da en yaygın kullanılanı universal deney cihazlarıdır. Bu cihazlar; hem çekme, hem basma, hem de eğme deneyleri yapabilecek şekilde tasarlanmışlardır. Deney cihazları bir malzemenin deformasyona karşı göstereceği direncini ve mukavemetini belirlemek üzere malzemelere kuvvet uygularlar. Kuvvetin oluşturulma metodu her ne olursa

olsun bütün deney cihazları; kuvvet uygulayan plaka veya başlığın kontrol edilebilen bir hızda hareket ettirilmek üzere tasarlanmışlardır. Bu şekilde numunelere çekme veya basma şeklinde kuvvet uygularlar (ASM Handbook).

Kuvvet uygulayan başlıklar ya hidrolik güç kaynağına bağlı hidrolik piston ve silindir ile tahrik edilirler ya da hassas işlenmiş bir dişli üzerinde bir elektrik motoru ile tahrik edilirler. Bir hava silindiri ve pistonu olan pnömatik sistemlerle tahrik edilen düşük kapasiteli deney cihazları da piyasada bulunmaktadır. Dişlilerle mekanik olarak tahrik edilen deney sistemleri yaklaşık 600kN'a kadar; hidrolik deney sistemleri ise yaklaşık 4500kN'a kadar yük oluşturabilmektedirler (ASM Handbook).

Deney cihazları, ister dişlilerle veya ister hidrolik olarak tahrik edilsin, numuneyi yüklemeye bir noktada maksimum hıza ulaşırlar. Dişlilerle tahrik edilen deney sistemlerin yükleme hızı dişli kutusu ile birlikte çalışan elektrik motorunun hızı ile sınırlıdır. Hidrolik deney cihazlarının yükleme hızı ise hidrolik pistonun sabit basınç uygulayan hidrolik pompanın kapasitesi ve piston çapı ile sınırlıdır. Konvansiyonel dişli ile tahrik edilen deney sistemleri, 0.001mm/dakika-500mm/dakika aralığında yükleme hızı oluşturacak şekilde tasarlanmışlardır. Bu yükleme hızları da quasi-statik deneyler için yeterli hızlardır. Servo-hidrolik deney sistemleri ise çok geniş aralıkta (1µm/saat-10m/saniye) yükleme hızı oluşturacak şekilde tasarlanmışlardır (ASM Handbook).

Hazır deney cihazlarının fiyatlarının yüksekliği kurumsal kullanıcıların kendi ihtiyacına yeter kapasite ve özellikte deney cihazlarını kendilerinin imal etmesine yol açmıştır. Kurumsal kullanıcıların imal ettikleri deney cihazları ile ilgili detaylar, tasarımlarının kendilerine has olmasından dolayı literatürde yayınlanmamaktadır. Deney cihazları ilgili literatürde yer alan bilgiler ticari firmaların ürünleri ile ilgili tanıtım bilgilerinden öteye geçmemektedir.

Süleyman Demirel Üniversitesi'nde bununla ilgili bir yüksek lisans çalışması yapılmıştır (Çelik, 1999). Bu çalışmada rijit bir gövde üzerine sabitlenmiş bir ankastre eleman bulunmaktadır. Bu ankastre eleman ile çelik halat bağlı mafsal

aparata arasına numune parçaları vidalarla sabitlenmiş, gövdeye bağlı olan ve değişik yönlerde hareket edebilen komparatör numunenin uç kısmına konumlandırılmıştır. Bu şekilde deney cihazı, çekme ve eğme bileşik zorlamalı yükleme yapmaktadır.

Bu çalışmada tasarlanıp imal edilen deney cihazı, inek kemiğinden hazırlanmış numuneler kullanılarak çekme ve basma deneyleri ile test edileceğinden inek kemiğinin mekanik özellikleri ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Bu araştırmadan şu sonuç çıkarılmıştır: Bu deneyler için farklı boyut ve geometrilerde numuneler kullanılmış ve rapor edilen mekanik özellikler ise geniş bir aralıkta yer almıştır (Çizelge 2.1 ve 2.2.). Var olan bu farklılıkların en önemli sebebi kemiğin canlı bir malzeme olmasıdır. Dolayısıyla malzemenin elde edildiği hayvanın yaşı ve beslenme şekli, kemikten numunenin elde edildiği pozisyon, numune hazırlama şekilleri (ıslak veya kuru gibi) ve numuneyi saklama ortamları gibi birçok faktör sonuçlar üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle biyolojik malzemelerin deneylerinde en az beş numune kullanılmakta ve elde edilen mekanik değerler istatistik analize tabi tutulmaktadır.

Çizelge 2.1. Çekme deneylerinden elde edilen inek kemiklerinin mekanik özellikleri (bütün numuneler kemiğin uzun eksenine yönünde)

Tür	Kemik	Numune Boyutları ve Geometrisi	Mukavemet (MPa)	Elastiklik Modülü (GPa)	Kaynak
İnek	Femur	3.8x2.3x76mm dumbbell	92	20.5	McElhaney, 1964
		2x2x6mm dumbbell	129-182	23.1-30.4	Reilly, 1974
		3mm çap silindirik	162± 14	-	Cezayirlioğlu, 1985
		7x15x60mm, kalınlık 3mm	105-193	11.3-17.5	Pithioux, 2004
	Tibia	2x2x6mm dumbbell	152± 17	21.6± 5.3	Reilly, 1974
		2x2x6mm dumbbell	188± 9	28.2± 6.4	Burstein, 1976
			156	20.4	Martin, 1998

Çizelge 2.2. Basma deneylerinden elde edilen inek kemiklerinin mekanik özellikleri (bütün numuneler kemiğin uzun eksenine yönünde)

Tür	Kemik	Numune Boyutları ve Geometrisi	Mukavemet (MPa)	Elastiklik Modülü (GPa)	Kaynak	
İnek	Femur	3.8x2.3x76mm dumbbell	133	24.1-27.6	McElhaney, 1964	
		2x2x6mm dumbbell	240-295	21.9-31.4	Reilly, 1974	
			217±26.8		Cezayirlioğlu, 1985	
			233±23.6	22.6	Reilly, 1975	
	Tibia				16.3±2.2	Catanese, 1999
		13.72x5.97x45.72mm dumbbell	222±39.2	13.7 ± 4.25		Beardsley, 1999
			237			Martin, 1998

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada biyomekanik laboratuvarında kullanım amaçlı, maksimum 10kN yük uygulama kapasiteli, bir biyomalzeme olan kemik başta olmak üzere düşük mukavemetli malzemeler için çekme, basma ve eğme deneylerinin yapılabileceği, yükleme hızı ayarlanabilen hidro-pnömatik masaüstü deney cihazının tasarlanması ve imalatı amaçlanmıştır. İmalatı yapılmış olan masaüstü deney cihazı, özellikle biyomekanik laboratuvarında kullanım amaçlı olduğundan, imalat sonrası inek ve/veya at kemiğinden hazırlanmış numuneler kullanılarak statik basma ve çekme deneyleri ile test edilmiştir. Böylece deney cihazının istenilen şekilde çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiş ve ortaya çıkan aksaklıklar giderilmiştir. Uygulanan deneyler sonucu elde edilen kemiğe ait mekanik değerler bu malzeme için literatürde rapor edilmiş değerler ile karşılaştırılmıştır.

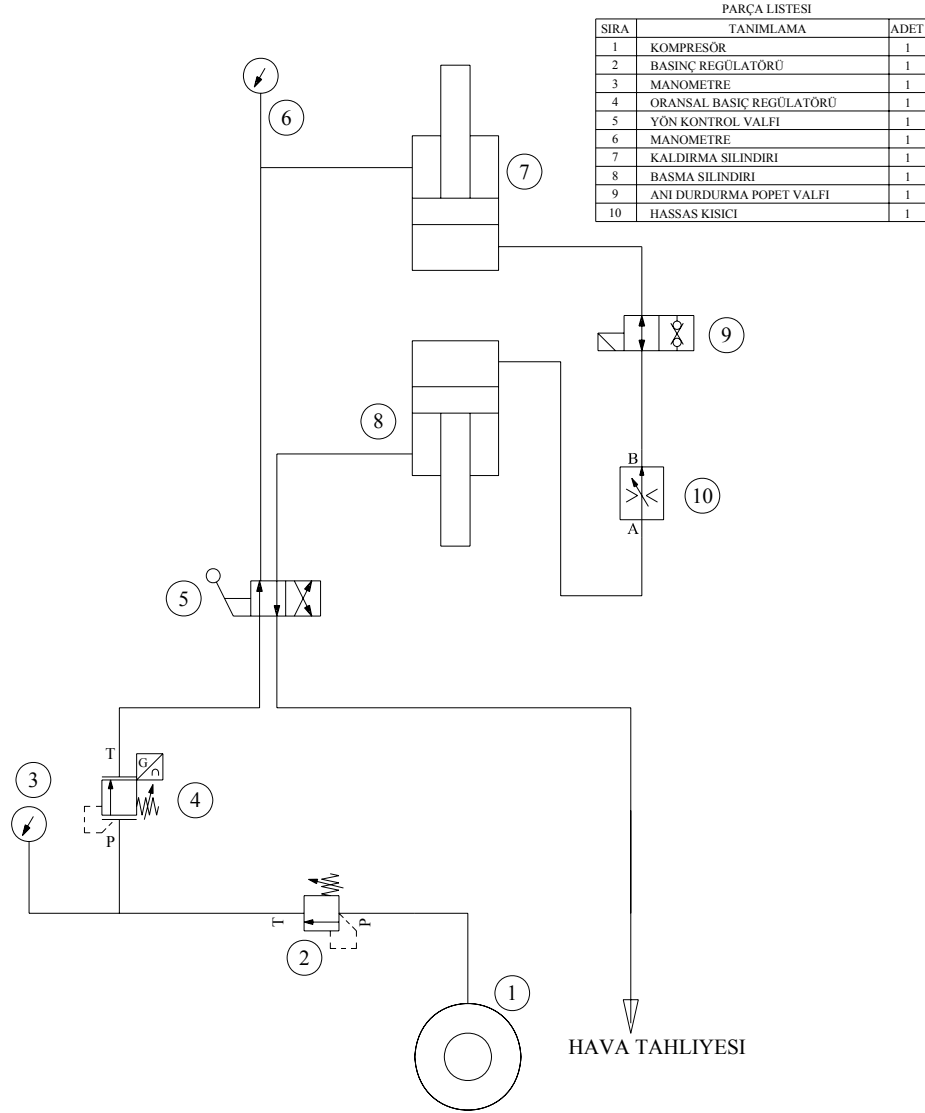
3.1. Masaüstü Deney Cihazının Çalışma Prensibi

Tasarımı ve imalatı yapılan masaüstü deney cihazı şu ana parçalardan oluşmaktadır (Şekil 3.1.) :

- a) Hava kompresörü
- b) Pnömatik sistem
- c) Hidrolik sistem
- d) Mekanik sistem
- e) Elektronik veri toplama sistemi

Pnömatik sistem: Basınçlı hava prensibine göre kompresör vasıtasıyla hidrolik yükleme sistemine basınçlı hava sağlar.

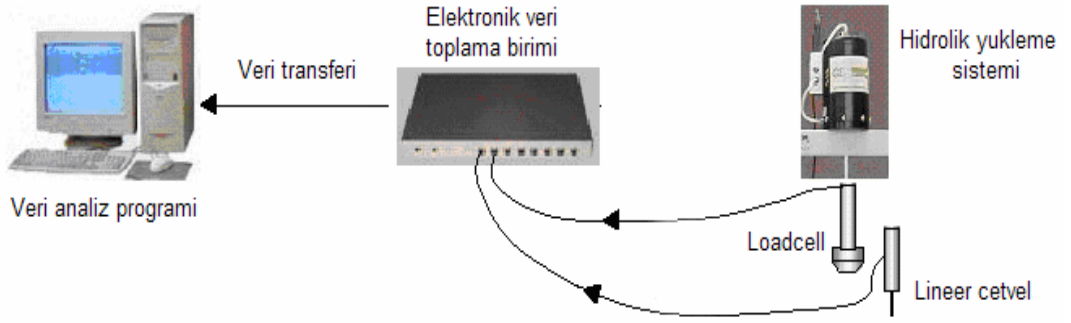
Hidrolik sistem: Pnömatik sistemin sağladığı basınçlı havayı kullanarak hidrolik pistonu vasıtası ile numuneye tek yönlü ve değişen yükleme hızlarında aşağı-yukarı yük uygular.



Şekil 3.1. Masaüstü deney cihazının hidro-pnömatik şeması

Elektronik veri toplama sistemi: Deney çıktılarını, zamana bağlı olarak bilgisayarda işlenebilecek şekilde ölçmek ve kayıt etmek için gerekli olan elektronik arabirim üniteleri ve algılayıcılardan (sensörler) ibarettir (Şekil 3.2.). Sistemde kullanılan ve deney süresince veri toplama işlevi gören lineer cetvel ve yük hücresi (loadcell)'dir. Lineer cetvel bir aparat yardımı ile üst veya alt tablaya sabitlenmekte ve deney süresince numunenin düşey yöndeki deformasyonunu ölçmektedir. Lineer cetvel, ölçtüğü mesafeyi voltaja çevirerek doğrudan elektronik veri toplama sisteminin ana ünitesine iletmektedir. Yük hücresi ise piston mili ile numuneye yük

uygulayan üst plaka (veya üst çene) arasına ya da alt tabla ile numunenin yerleştirildiği alt plaka (veya alt çene) arasına yerleştirilir. Alt ve üst plakalar (veya çeneler) arasında bulunan numuneye uygulanan yükü analog olarak çok küçük seviyelerde voltaja çevirir. Bu bilgiler de doğrudan elektronik veri toplama sisteminin ana ünitesine iletilir.



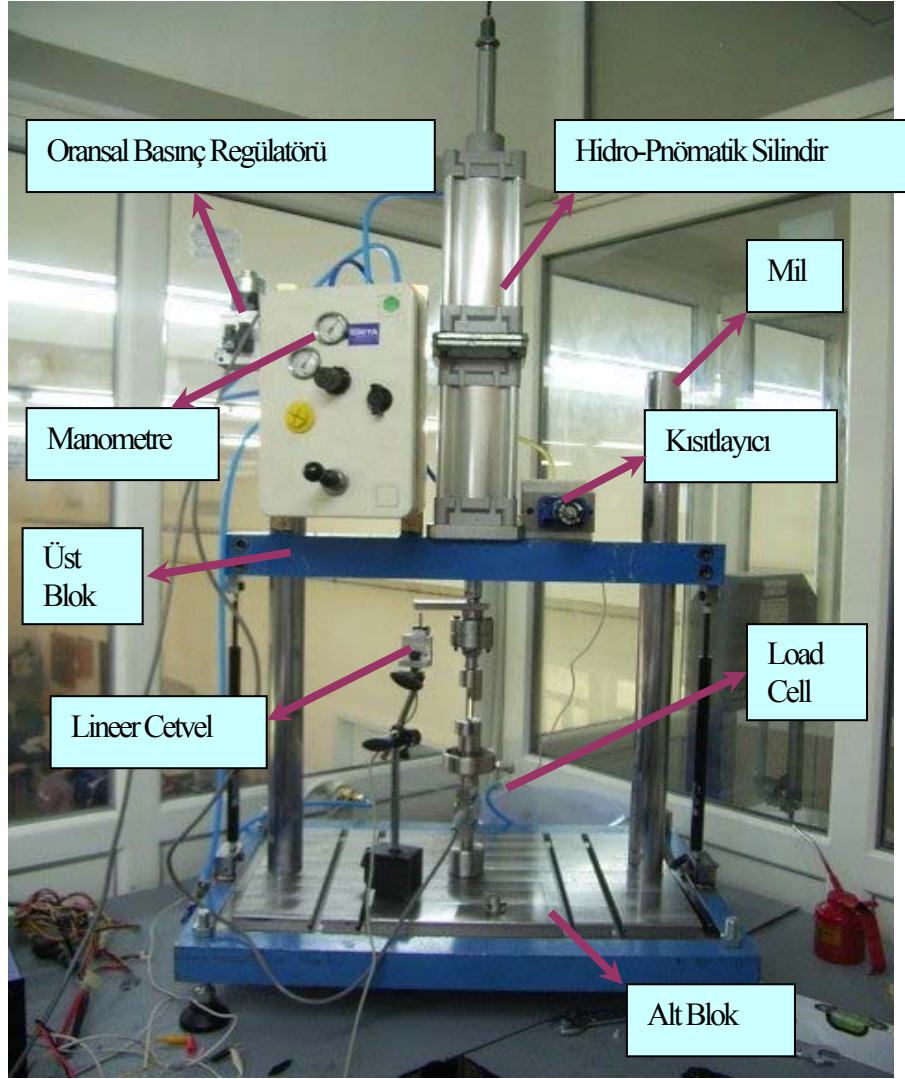
Şekil 3.2. Masaüstü deney cihazının elektronik veri toplama sistemi

Mekanik sistem: Deney cihazının mekanik sistemi, deney cihazının ana yapısını oluşturan metalik çerçevesi ve numune bağlama aparatlarından oluşmaktadır. Deney cihazının metalik çerçevesi, yük uygulayacak olan hidrolik pistonun boyutlarına ve uygulayacağı maksimum yüke göre tasarlanmıştır. Metalik çerçevenin alt tablası sabit olup; üst tabla, alt tablaya sabitlenmiş iki adet dikey mil üzerinde cıvataları yardımıyla istenilen yükseklikte tutulabilmektedir.

Hava kompresörü elektrik motorundan aldığı tahrikle kendi deposunu basınçlı hava ile doldurur. Kompresörden gelen basınçlı hava, şartlandırıcıda nemi alınıp yağlandıktan sonra masaüstü deney cihazının pnömatik sistemine gönderilir. Şartlandırıcıdan gelen hava manuel kullanım gerçekleştirilecek ise el ile ayarlanan basınç regülatörüne, elektronik veri girişiyle basınç ayarı yapılacak ise oransal basınç regülatörüne yönlendirilir. Yapılacak deneyin basma veya çekme olmasına bağlı olarak yön valfi sayesinde üst veya alt silindirlerin hava bölümüne basınçlı hava gönderilir. Bu hava, bulunduğu silindirin diğer bölümündeki hidrolik yağın ikinci silindirin yağ bölümüne akışını sağlamak üzere pistonu tahrik eder ve numune

üzerinde istenilen kuvvetin uygulanmasını sağlar. Her iki silindirin hidrolik yağ bölümleri arasında yağ akışının sağlandığı hat üzerine bağlı olan kısıcı sayesinde numune üzerinde yük uygulayacak olan milin hızı istenilen değerde ayarlanabilmektedir. Metalik çerçeveye bağlı olan hidro-pnömatik sistemin yanı sıra deney esnasında numuneye uygulanan yük ve numunede meydana gelen deformasyon değerlerini ölçmek üzere kullanılacak olan elektronik parçalardan oluşan bir sistem de yer almaktadır. Bu sistemin parçalarından biri olan lineer cetvel, deney süresince numuneye yük uygulayan milin düşey hareketini; bu sistemin diğer bir parçası olan yük hücresi ise numune üzerine uygulanan yükü ölçmektedir.

Bu çalışmada yapımı gerçekleştirilen masaüstü deney cihazı (Şekil 3.3.), başta kemik olmak üzere düşük mukavemetli malzemelerin değişen yükler altında çekmeye ve basmaya karşı dayanımlarını, akma noktalarını, maksimum gerilmelerini, elastisite modüllerini, sünek veya gevrek oluşlarını, tokluk değerlerini vb. özelliklerini belirlemede kullanılacaktır.



Şekil 3.3. Bu çalışmada tasarlanıp imal edilmiş olan masaüstü deney cihazı

3.2. Hidrolik Sistemler

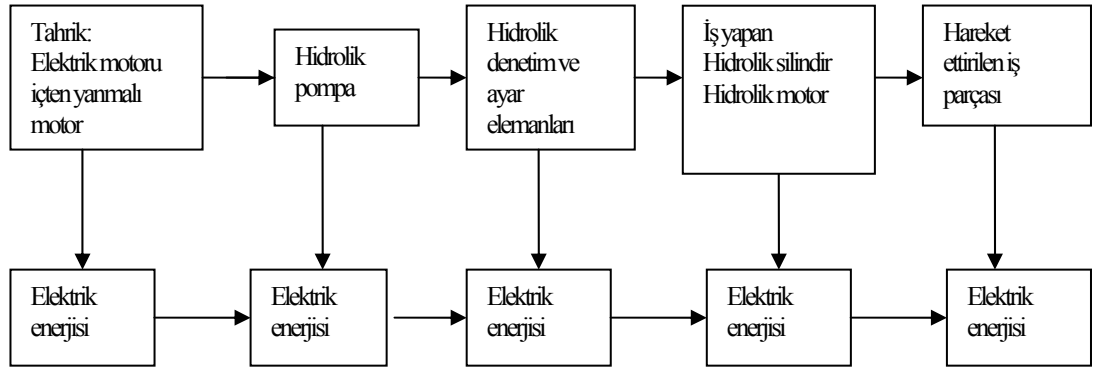
Hidrolik sistemler, sıkıştırılmaz özellikteki akışkanların kullanıldığı ve oluşturulan basınçla elde edilen akışkan hareketi yardımıyla kuvvetlerin üretildiği sistemlerdir. Burada dikkat edilmesi gereken husus akışkanın sıkıştırılmaz olmasıdır. Hava ve gazlar sıkıştırılabildiği için büyük kuvvetlerin üretilmesinde kullanılmazlar. Hidrolik sistemlerde genellikle akışkan olarak su ve yağ kullanılır. Suyun metal yüzeylerinde pas yapması ve oksitlenmeye yol açması nedeniyle çok

dar bir kullanım alanı bulunmaktadır. Çoğu uygulamalarda ise hidrolik sistemlerde akışkan olarak petrolden elde edilen madensel yağlar kullanılır. Günümüzde hidrolik sistemler; çeşitli endüstriyel alanlarda, demir-çelik ve madencilikte, hareketli hidrolik araçlarda, denizcilik ve gemicilik endüstrilerinde, enerji üretiminde ve bazı özel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hidrolik sistemlere örnek olarak emme-basma prensibine göre çalışan, günlük hayatta her zaman karşımıza çıkan ve endüstriyel uygulamalarda da yaygın olarak kullanılmakta olan basit presler verilebilir. Arabalarda kullanılan krikolar, basit kaldırıncılar ve el pompaları aynı prensiple çalışan diğer örneklerdir (Pinches ve Ashby, 1994).

3.2.1. Hidrolik Sistemlerin Tanıtımı

Hidrolik sistem denildiğinde, bir elektrik motorunun tahrik ettiği hidrolik pompa ile akışkanın belirli basınçta ve debide basıldığı ve oluşan hidrolik enerji yardımıyla doğrusal, dairesel ve açısal hareketlerin üretildiği bir sistem akla gelmelidir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Hidrolik sistemlerin genel şeması (Rohner, 1994)

Sisteme giriş enerjisi olarak elektrik enerjisi verilir. Bu enerji ile hidrolik pompanın mili, kavramalarla bağlı olduğu elektrik motorundan hareket alarak döner

ve yağ haznesinde statik durumda bulunan yağı vakum yaparak emer ve sisteme basar. Elde edilen basınçlı akışkanın artık iş yapabilme, hareket ve kuvvet üretebilme özelliğinden dolayı hidrolik enerji olarak isimlendirilmesi mümkündür. Elde edilen hidrolik enerji, belirli basınçta ve debideki akışkandır. Bunu hidrolik devrenin istenilen yerine yönlendirmek, basıncını belirli sınırlar arasında tutmak ve akışkanın miktarını ayarlayarak hızını kontrol etmek gerekir. Ancak bu şekilde, bu enerji ile istenilen işi yapmak ve yararlanmak mümkün olur. Bu amaçla devrede basınç kontrol valfi, yön kontrol valfi ve akış kontrol valfi kullanılır (Pinches ve Ashby, 1994).

3.2.2. Hidrolik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Hidrolik sistemler, hemen hemen endüstrinin bütün alanlarında kullanılmakta ve her geçen gün uygulama alanları daha da genişlemektedir. Hidrolik sistemlerin sağladığı birçok avantajları da dikkate alındığında bu enerjinin gelişen teknolojinin getireceği yeniliklere kolayca adapte olacağı ve önümüzdeki yılların, hidrolik konusunda yeniliklere gebe olacağı söylenebilir. Hidrolik sistemlerin sağladığı avantajlardan bazıları şunlardır:

1. Hidrolik elemanların hacimleri küçüktür ve az yer kaplarlar. Büyük basınç ve kuvvet ürettikleri halde yapıları küçük ve estetikdir. Hidrolik tasarım yapıldığı zaman makineler daha küçük ve daha güzel görünür.
2. Hidrolik sistemin kumandası ve kullanılması kolaydır.
3. Doğrusal, dairesel veya açsal harekette istenildiği anda hareketin yönü aksi tarafa döndürülebilir. Ters tarafa hareket ettirmek için sistemin durmasına gerek yoktur.
4. Hareket devam ederken hız ayarı yapılabilir. Hız arttırılıp azaltılabilir.
5. Çok değişik hız değerlerini kademesiz olarak elde etmek mümkündür.
6. Hidrolik sistemde akışkan olarak yağ kullanıldığı için, sistemin tasarımında yağlama problemini düşünmeye gerek yoktur. Sistem çalışırken aradan geçen yağ, valfleri ve diğer elemanları yağlar.
7. Hidrolik elemanların ömürleri uzundur ve uzun dönemde ekonomiktir.
8. Hareketleri çok hassas olarak ayarlamak ve kontrol etmek mümkündür.

9. Hidrolik sistemin bakımı ve onarımı kolaydır. Devrede kullanılan elemanların sayısı fazla olmadığı ve yapıları nispeten basit olduğu için bakımları kolaydır.
10. Hidrolik sistemi birkaç noktadan emniyete almak mümkündür. Sistemin kritik noktalarına konulacak basınç kontrol valfleri ile sistemde aşırı basıncın yapacağı tahribat ortadan kaldırılabilir.
11. Hidrolik sistem uzaktan kontrol edilebilir ve otomatik kumandaya elverişlidir. Otomatik ve modern makinelerin tasarımında hidrolik sisteme rahatlıkla yer verilebilir.
12. Hidrolik sistemde kullanılan akışkan sıkıştırılmaz olduğundan titreşimsiz ve düzenli hareket üretilir.
13. Hidrolik sistem çalışırken beklenmedik bir yük veya dirençle karşılaşacak olursa durur ve bekler. Bu aşırı yük ortadan kalktığına hiç bir şey yokmuş gibi hareketine devam eder. Bu sırada devreye emniyet valfi girer ve yükselen basıncın yapacağı zararı ortadan kaldırır.
14. Hidrolik sistem, sessiz ve gürültüsüz çalışır. Çalışma sırasında metalik bir ses oluyorsa yağ deposunda yağ kalmamıştır ve pompa hava emiyordur (Pinches ve Ashby, 1994).

Hidrolik sistemlerin dezavantajlarından bazıları ise şunlardır:

1. Hidrolik sistemde çok yüksek basınçta akışkan kullanıldığı için boru bağlantılarının sağlam olması ve sızdırmazlığın sağlanması gerekir.
2. Sistemin yanlış tasarlanması, uygun elemanların seçilmemesi ve gerekli yerlerde basıncın denetim altına alınmaması büyük ve tehlikeli sonuçlar doğurabilir.
3. Hidrolik sistemde kullanılan elemanların maliyetleri, pnömatik sistem elemanlarına nazaran çok daha yüksektir.
4. Devrede yüksek ısı meydana gelecek olursa, bunun sebebinin araştırılması ve gidermek gerekir. Aksi halde hassas devre elemanları zarar görebilir (Pinches ve Ashby, 1994).

3.2.3. Hidrolik Silindirler

Hidrolik sistemlerde doğrusal hareketi üretmek için kullanılan elemanlardır (Şekil 3.5.). Bunlara hidrolik alıcı da denir. Hidrolik silindirler, pompalar tarafından üretilen hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürürler. Hidrolik silindirler; tek etkili, çift etkili, yastıklı, teleskopik ve tandem silindirler olmak üzere sınıflandırılırlar. Bunlardan tek etkili ve çift etkili silindirlerin çok geniş uygulama alanları vardır.



Şekil 3.5. Çift etkili hidrolik silindir (Rohner, 1994)

3.2.4. Yön Kontrol Valfleri

Yön kontrol valfleri (Şekil 3.6.), hidrolik akışkanı yönlendirerek silindir milinin veya hidrolik motorun istenilen yönde hareket etmesini sağlar.



Şekil 3.6. Yön kontrol valfleri (Rohner, 1994)

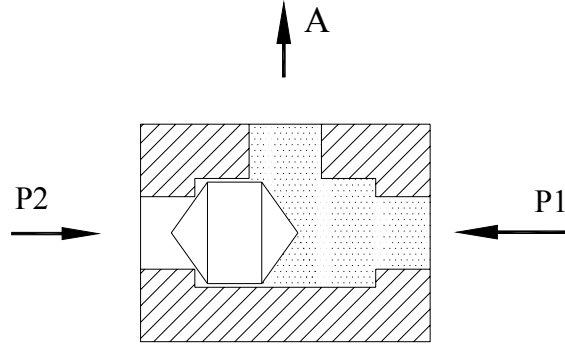
Hidrolik akışkanın nereye ve ne zaman gönderilmesi gerektiği, yön kontrol valflerinin konum değiştirebilmesi için hangi metodun kullanılacağı önceden kararlaştırılır. Hidrolik sistemlerin fonksiyonlarını yerine getirecek özellikte yön kontrol valflerinin seçilmesi gerekir. Valflerin seçiminde; çalışma şartları, bağlantı ölçüleri, akışkanın debisi ve ekonomik olması gibi faktörler de dikkate alınır (Rohner, 1994).

3.2.5. Hidrolik Valfler

Hidrolik sistemlerde akışkanları istenilen tarafa yönlendirmek, sistemdeki basıncın istenilen sınırlar arasında kalmasını sağlamak ve akışkanın hidrolik silindire veya hidrolik motora istenilen miktarda gönderilmesini sağlamak için de hidrolik valflere ihtiyaç vardır. Basıncı düzenlemek, akışkanı yönlendirmek ve akışkanın debisini kontrol etmek amacıyla kullanılan valfler, hidrolik ve pnömatik sistemlerde birbirlerine benzer görevler yaparlar. Çalışma prensipleri ve fonksiyonları da benzerdir. Ancak hidrolik sistemde yüksek basınçta akışkan kullanıldığı için kullanılacak valflerin sağlam ve yüksek mukavemette olması gerekir (Rohner, 1994).

3.2.5.1. Veya Valfi

Veya valfi (Şekil 3.7.), hidrolik devrelerde basınçlı yağın iki ayrı yerden gönderilmesi halinde tek çıkış verir. Bu nedenle bir makinanın iki ayrı yerden alternatifli olarak çalıştırılması gerektiğinde bu valfler kullanılabilir (Rohner, 1994).



Şekil 3.7. Veya valfi (Rohner,1994)

Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi P1 veya P2'den gelecek akışkan A'ya geçebilecek ve böylelikle tek bir çıkış sağlanmış olacaktır (Rohner, 1994).

3.2.5.2. Akış Kontrol Valfleri

Hidrolik sistemlerde kullanılan akış kontrol valflerine, hız ayar valfleri veya hacim kontrol valfleri de denilmektedir. Bu valflerin görevi, hidrolik sistemlerde silindir veya motorlara gidecek akışkan miktarını ayarlamak ve böylece hız kontrolünü yapmaktır (Rohner, 1994).

3.2.6. Manometreler

Hidrolik sistemlerde akışkanın basıncını ölçmek için kullanılan aletlere manometre denir (Şekil 3.8.). Devredeki hatalı çalışmaları veya arızaları bulmakta da manometrelerden yararlanır. İstenilen noktadaki akışkanın basıncı ölçülerek, olması gereken basınç ile gerçekleşen basınç arasındaki durum gözden geçirilir. Varsa farkın nereden ve hangi sebepten meydana geldiği araştırılır.



Şekil 3.8. Tüplü manometrenin iç yapısı (Rohner, 1994)

Manometreler genellikle basınç hattına takıldıkları için sürekli yüksek basınçla karşı karşıyadırlar. Çalışma sırasında meydana gelecek şoklar ve titreşimler manometreye zarar verir. Bunu önlemek ve manometrenin ömrünü uzatmak için manometrenin hemen önüne bir valf konularak (2/2 veya 3/2, normalde kapalı) gerektiğinde akışkanın basıncı düğmeye basılarak ölçülür. Böylece manometre sürekli olarak yüksek basıncın etkisinde kalmamış olur. Şokları absorbe etmek amacıyla gliserinli manometreler geliştirilmiştir. Tüplü (Bourdon tube) manometrelerde, içeriye basınçlı akışkan girdiğinde tüpün şekli değişir ve dişli mekanizması ile ibre hareket ederek basıncın değerini gösterir. Manometreleri; dış çap ölçüleri, kullanılacağı basınç aralığı, gliserinli olup olmadığı, bağlantı vidasının yeri ve bağlantı vidasının ölçüleri belirtilerek tanımlamak gerekir (Rohner, 1994).

3.3. Pnömatik Sistemler

3.3.1. Pnömatik Sistemler ve Tanıtımı

Endüstride, basınçlı ve kontrol edilebilen hava ile çalışan sistemlere pnömatik sistemler denir. Basınçlı havanın bir enerji kaynağı olarak kullanılması gittikçe yaygınlaşmaktadır. Pnömatik enerjinin kaynağı olan havanın atmosferde sınırsız olarak bulunması nedeniyle pnömatik sistemler birçok alanda tercih edilmektedir. Endüstrinin hemen hemen bütün alanlarında işin sıkılması, gevşetilmesi, ilerletilmesi, doğrusal ve dairesel hareketlerin üretilmesi vb. işlemlerde pnömatik

sistemlerden yararlanılarak daha ekonomik ve çok hızlı hareketler üretilebilmektedir (Patient ve arkadaşları, 1994).

3.3.2. Pnömatik Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları

Pnömatik sistemlerin sağladığı avantajlardan bazıları şunlardır:

1. Pnömatik enerjinin kaynağı olan hava temizdir ve atmosferden sınırsız olarak elde edilebilir.
2. Basınçlı hava uzak mesafelere taşınabilir.
3. Basınçlı hava sıcaklık değişmelerine karşı duyarlı değildir. Ateş alma tehlikesi olmadığı için sıcak ortamlarda emniyetle kullanılabilirler.
4. Meydana gelecek sızıntılar, hava temiz olduğu için çevreyi kirletmez ve pislik yapmaz. Bu nedenle kağıt, ilaç, gıda, tekstil, deri ve kimya sanayiinde tercih edilirler.
5. Devre elemanları basit ve ucuzdur.
6. Yüksek hız elde edilebilmektedir. Piston hızı 1-2 m/s değerlerine erişebilir.
7. Aşırı yüklemelere karşı emniyetlidir.
8. Hız ve üretilen kuvvet değişik değerlere ayarlanabilir (Patient ve arkadaşları, 1994).

Pnömatik sistemlerin dezavantajlarından bazıları ise şunlardır:

1. Pnömatik sistemde kullanılan havanın sıkıştırılabilir olmasından dolayı piston hızını her zaman istenilen değerlerde elde etmek ve bütün şartlarda aynı düzeyde tutmak mümkün olamaz.
2. Uygun şekilde yağlayıcı ve filtre kullanılmadığı zaman sürtünme artar ve hareket güçleşir.
3. Havanın içine karışmış olan nem, yağlama işlemi yeterli olmadığı zamanlarda paslanmaya yol açabilir.

4. Normal çalışma basıncı 6-7 bar olduğu için pnömatik sistemde elde edilebilecek itme ve çekme kuvvetleri 2000 kg ile 3000 kg arasında değişir. Hava sıkıştırılabilir olduğu için büyük kuvvetler elde edilememektedir.
5. Görevini tamamlayan hava egzoz hattından atmosfere atıldığı için sürekli hava sarfiyatı olur. Bu durum maliyeti artırır.
6. Egzoz hattından atmosfere atılan hava, susturucu takılmadığı zaman çalışanları rahatsız eden bir ses çıkarır (Patient ve arkadaşları, 1994).

3.3.3. Pnömatik Devre Elemanları

3.3.3.1. Kompresör

Pnömatik sistemde kullanılacak olan basınçlı havayı üretmek için kompresörler (Şekil 3.9.) kullanılır. Kompresörler çalışma şartlarına uygun olarak değişik kapasitelerde seçilirler. Kompresörlerin kapasitelerini seçerken kullanılacak olan pnömatik araçların sayıları ve dakikada tüketilecek hava miktarı dikkate alınır (Patient ve arkadaşları, 1994).



Şekil 3.9. Kompresör (Patient ve arkadaşları, 1994)

3.3.3.2. Şartlandırıcı

Pnömatik sistemde kullanılan basınçlı havanın elemanlara gönderilmeden önce temizlenmesi, basıncının düzenlenmesi ve yağlanması gerekir. Kompresörden gelen basınçlı havanın içerisinde yağ artıkları, su buharı, toz ve pislikler bulunabilir. Bu yabancı maddelerin basınçlı hava ile birlikte sisteme gitmesi çeşitli problemler doğurur. Hassas devre elemanlarında tıkanmalara yol açan toz ve pislikler, hareketli parçalarda sürtünmeyi artırır, aşınma ve ısınmalara yol açar. Ayrıca sistemin gerçek fonksiyonları yerine getirmesine engel olur, hatalı sonuçların doğmasına yol açar ve sistemin verimini düşürür.

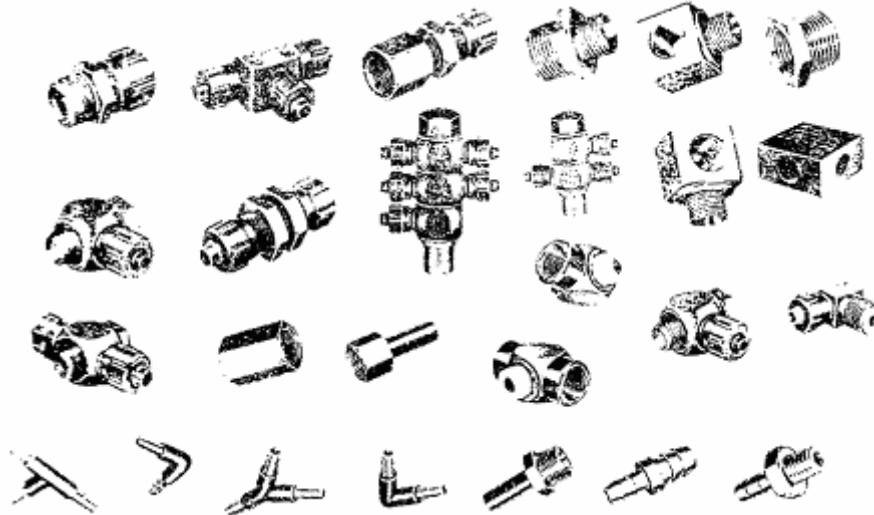
Yukarıda sayılan problemleri ortadan kaldırmak ve sistemin rahat çalışmasını sağlamak için ‘bakım ünitesi veya şartlandırıcı’ adı verilen elemanlar kullanılır (Şekil 3.10.). Şartlandırıcı; bir filtre, bir yağlayıcı ve bir basınç regülatöründen meydana gelir. Filtre, havanın içindeki yabancı maddeleri ve su buharını ayırıştırır. Yağlayıcı, pnömatik elemanlara giden kuru havanın içine belirli miktarda ince yağı pülverize (toz halinde püskürtmek) halinde katarak hareketli kısımların yağlanmasını sağlar. Basınç regülatörü de, pnömatik sisteme sürekli olarak belirli basınçta hava gönderilmesini sağlar ve kompresörden gelecek basınç dalgalanmalarını ortadan kaldırır (Patient ve arkadaşları, 1994).



Şekil 3.10. Deney cihazında kullanılan şartlandırıcı

3.3.3.3. Birleştirme Elemanları

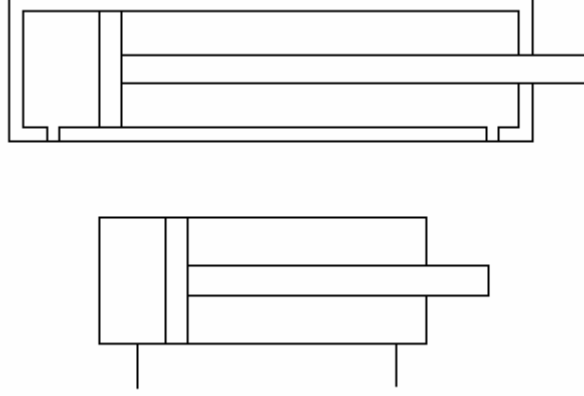
Şekil 3.11.'de çeşitli birleştirme elemanları verilmektedir. Çelikten yapılan ana borular kaynakla birleştirilir ve bu konu ile ilgili temel değerler DIN 2448 ve DIN 2458 no'lu standartlarla belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Birleştirme elemanları (Patient ve arkadaşları, 1994)

3.3.3.4. Çift Etkili Silindirler

Şekil 3.11.'de görülen çift etkili silindirlerle basınçlı hava yardımıyla her iki yönde hareket ve kuvvet elde etmek mümkündür (Patient ve arkadaşları, 1994).



Şekil 3.12. Çift etkili silindir ve sembolik gösterimi (Patient ve arkadaşları, 1994)

Çift etkili silindirlerin özelliklerinden bazıları şunlardır:

1. İlerleme ve geri dönüş hareketlerinde kuvvet elde etmek mümkündür.
2. Geri dönüş kuvveti, kesit alanı dolayısıyla ileri harekete göre daha düşüktür.
3. Piston mili yatay kuvvetlere karşı koyamaz.
4. Tek etkili silindirlere göre daha uzun mil hareketleri elde edilebilir.
5. Geri dönüş kuvvetini arttırabilmek amacıyla piston milinin çapı küçük tutulur.
6. İç yapıları basittir.

3.3.3.5. Oransal Basınç Regülatörü

Elektro-pnömatik basınç kontrol valfleri, elektrik sinyallerini (akım, voltaj, direnç) oransal olarak pnömatik basınca dönüştürmektedir. Oransal basınç regülatörleri (Şekil 3.13.), elektrikli kontrol sistemlerinin bulunduğu her yerde

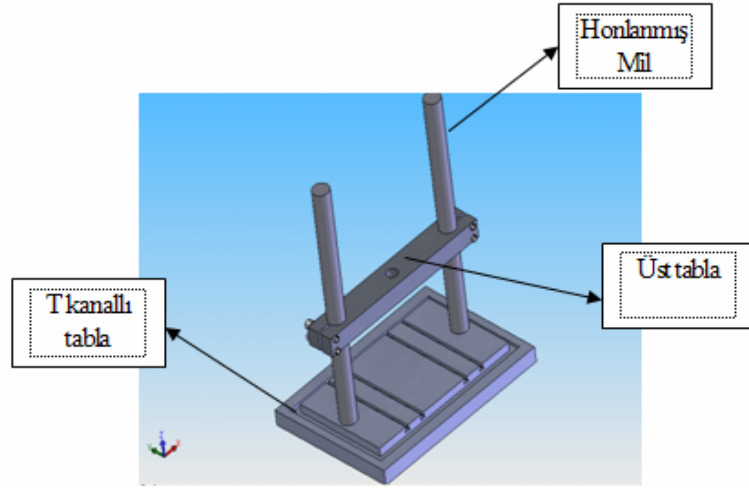
kullanılırlar. Özellikle basınç kuvvetinin sürekli olarak değişeceği sistemlerde bulunması gerekmektedir (Patient ve arkadaşları, 1994).



şekil 3.13. Masaüstü deney cihazında kullanılan oransal basınç regülatörü

3.4. Deney Cihazının Çerçeve Kısımının Yapımı

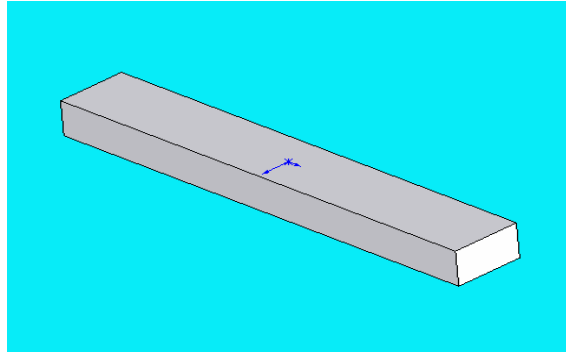
şekil 3.14.'de görülen metalik çerçeve, yük uygulayacak olan hidrolik pistonun boyutlarına ve uygulayacağı maksimum yüke göre tasarlanmıştır. Metalik çerçevenin alt tablası dört köşesine eklenen ayarlı ayaklar yardımıyla yatay konuma getirilir ve sabitlenir. Üst tabla ise alt tablaya sabitlenmiş iki adet dikey mil üzerinde hareket edecek şekilde monte edilir ve cıvataları yardımıyla istenilen yükseklikte tutulur.



Şekil 3.14. Masaüstü deney cihazının çerçeve yapısı

3.4.1. Üst Tabla Yapım İşlem Sırası

Hazır alınmış çelik malzeme 680x110x70mm boyutlarında olacak şekilde hidrolik bant testere yardımı ile kesilir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Üst tabla yapımında kullanılacak blok malzeme

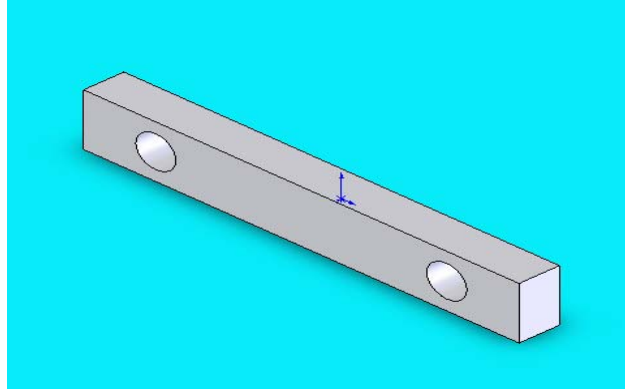
Blok malzeme, kalıpcı freze tezgahına, komperatör yardımı ile paralel bağlanılıp istenilen ölçülere getirilirken son işlem olarak taşlama yapılacağından 670x100x60mm olan bitmiş halinin ölçülerinde 0.5mm taşlama payı bırakılır. 9.5 mm' lik payın 9mm'si frezede ve toplam 9 pasoda alınıp son pasoya da 0.5mm talaş

payı bırakılır. Devir hızını biraz artırıp ilerlemeyi yavaşlatarak yüzeyin pürüzsüz çıkması sağlanır.

Hazır alınmış çelik malzeme, vinç yardımı ile kalıpcı freze tezgahının üzerinden alınıp markalama işlemini yapmak için pleyt'in üzerine bırakılır.

Mihengir ile bütün yüzeylere markalama işlemi yapılır. Malzeme, delme işlemini yapmak için tekrar vinç yardımı ile radyal matkap tezgahının üzerine bırakılır.

İlk olarak parçanın üst yüzeyinde bulunan $\phi 20 \times 60 \text{mm}$ ' lik delikleri delmek için punta matkabıyla yerleri belirlenir ve küçükten büyüğe doğru matkaplar ile delinir. Daha sonra freze çakısı yardımıyla delik son ölçüsüne getirilecek şekilde genişletilir (Şekil 3.16.).

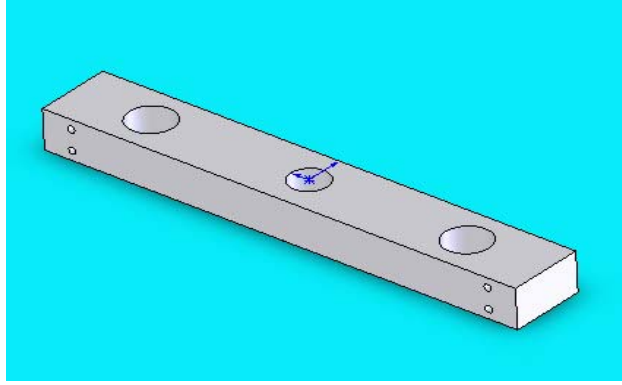


Şekil 3.16. Mil için delikleri açılmış üst tabla malzemesi

Üst tablanın ortasındaki $\phi 20 \text{mm}$ ' lik delik için ilk önce punta matkabıyla yeri belirtilip daha sonra küçükten büyüğe doğru matkap ve freze çakısı yardımıyla delik son ölçüsüne getirilir.

Parçanın yan yüzeyinde bulunan delikler için parça yan çevrilip matkap ucuna getirilerek M14 civata için ilk paso 10mm ikinci paso 12mm' lik matkaplarla delinir.

Parçanın yan yüzeyinde oluşturulan dört deliğe M14'lük kılavuz sırasıyla salınır (Şekil 3.17.).

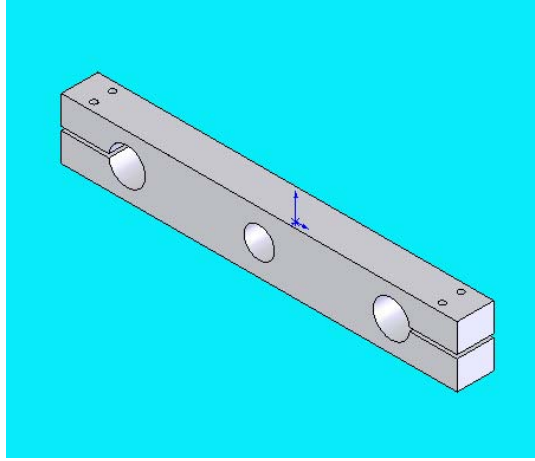


Şekil 3.17. Yan yüzeylerinde delik açılmış ve kılavuz çekilmiş üst tabla

Son olarak üst tablanın yanlarında bulunan kanalları oluşturmak için freze tezgahında ilk olarak 8mm, daha sonra 10mm' lik freze çakıları ile kanal açma işlemi yapılır.

Üst tabla parçasındaki delik delme ve kanal açma işlemleri bittikten sonra malzeme vinç yardımı ile freze tezgahından alınıp taşlama tezgahının üzerine bırakılır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta taşlama tezgahının manyetik yüzeyi ile çelik malzemenin bütün yüzeyleri çok temiz olmalıdır. Aksi takdirde taşlama esnasında malzeme kayabilir veya fırlayabilir.

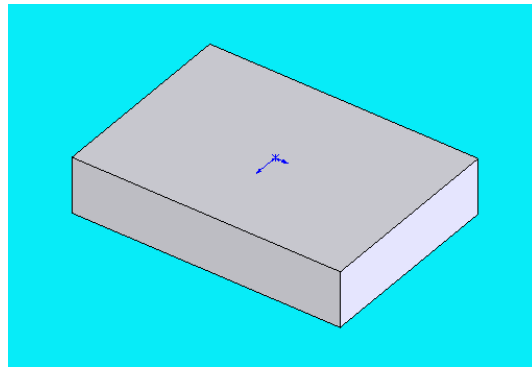
Malzeme frezede işlenirken taşlama işlemi için bırakılan 0.5mm'lik paso, taşlama yapılarak bütün yüzeylerden alınır ve parça son ölçülerine (670x100x60mm) getirilir (Şekil 3.18.).



Şekil 3.18. Üst tablanın bitmiş hali

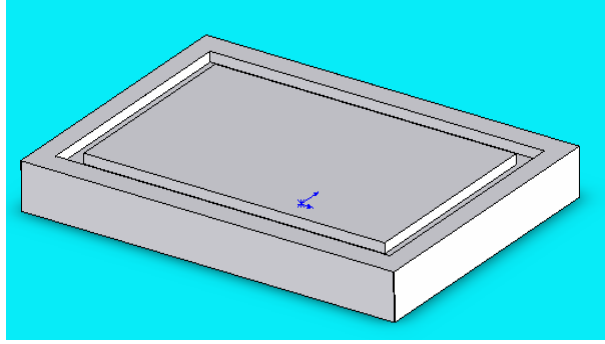
3.4.2. T Kanallı Alt Tablanın Yapımı

Hazır alınmış çelik malzeme, 700x490x70mm boyutlarında olacak şekilde hidrolik testere yardımı ile kesilir (Şekil 3.19.). Kesilen malzeme, vinç yardımı ile freze tezgahının üstüne bırakılır ve en geniş yüzeyi referans yüzeyi olarak seçilir. Daha sonra malzeme, seçilen referans yüzeyi freze tablasının üstüne gelecek şekilde yerleştirilir ve komperatör yardımı ile paralel bir şekilde tablaya bağlanır. Parçaya en son işlem olarak taşlama yapılacağından son ölçülerinin 690x480x60mm olacağı göz önünde tutularak her ölçüde 0.5mm pay bırakılır. 0.5mm pay dışında kalan miktarlar alın freze çakısı ile işlenir.



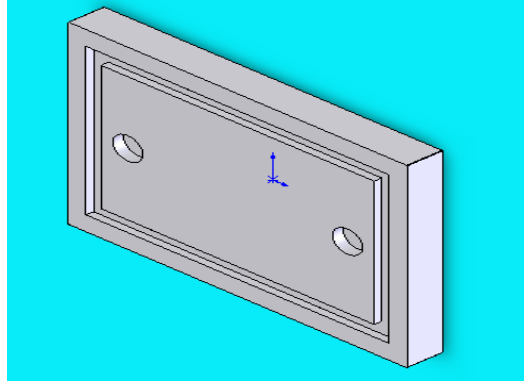
Şekil 3.19. Alt tabla yapımında kullanılacak blok malzeme

İlk önce tablanın etrafında alın freze çakısı ile 130mm eninde, 10mm derinliğinde talaş kaldırılarak soğutma sıvısı kanalı açılır (Şekil 3.20.).



Şekil 3.20. Alt tablanın soğutma sıvısı kanalı açılmış hali

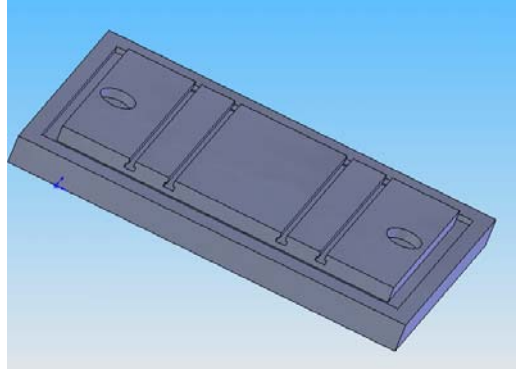
Alt tablaya milleri monte etmede kullanılacak olan 5mm derinliğinde, 60mm çapında iki kör delik açmak için sırasıyla küçükten büyüğe doğru matkaplar ayarlanır ve delikler açılır. Delikler, 60mm çapa freze çakısıyla genişletilerek getirilir. Bu kör deliklerin (Şekil 3.21.) merkezlerine, M10 civatanın geçeceği bir delik delme işlemi yapılır. Bunun nedeni, kör deliklerin içine honlanmış millerin geçirilip tablanın altından M10 civata ile bağlamak suretiyle sabitleştirmektir.



Şekil 3.21. Alt tablanın mil delikleri

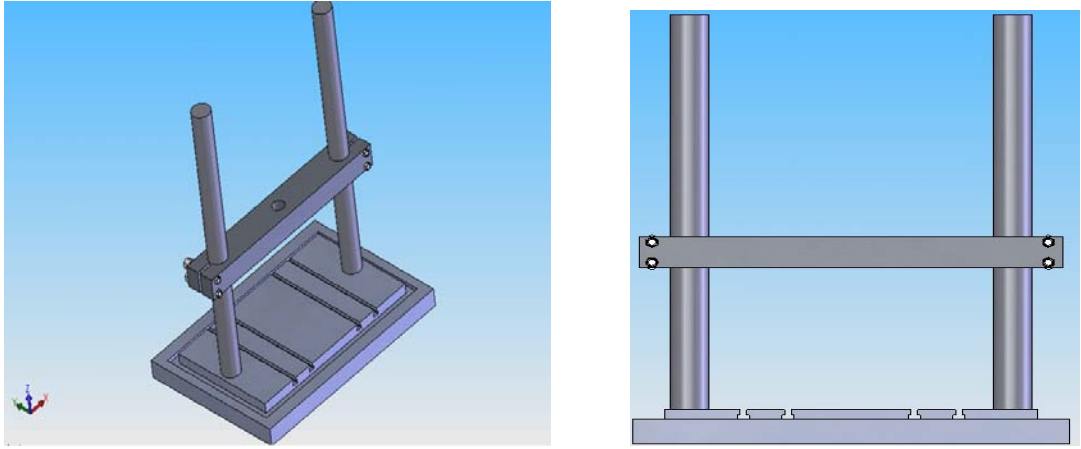
Alt tablanın üst yüzeyinde bulunan dört adet T kanalını açmak için ilk olarak 5mm ve ikinci olarak 10.5mm' lik kanal freze çakıları kullanılarak verilen aralıklarda boydan boya kanal açma işlemi gerçekleştirilir. Sonrasında alt tabla malzemesine T kanalı açılacağı için freze tezgahına 18mm'lik T freze çakısı takılır ve T kanalları

işlenir. Parçanın ölçülerinde taşlama için bırakılan 0.5mm pay eşit bir şekilde taşlama işlemi ile yüzeylerden alınır ve alt tabla son haline getirilir (Şekil 3.22.).



Şekil 3.22. İşlemleri tamamlanmış T kanallı alt tabla

Hazır alınan 60mm çapında ve 1 metre uzunluğundaki honlanmış miller, alt tablaya somunları vasıtasıyla monte edilir ve üzerlerine üst tabla geçirilerek istenilen mesafede civataları yardımıyla sıkılarak sabitlenir (Şekil 3.23.).



Şekil 3.23. Masaüstü deney cihazının çerçeve yapısının montaj hali ve ön görünüşü

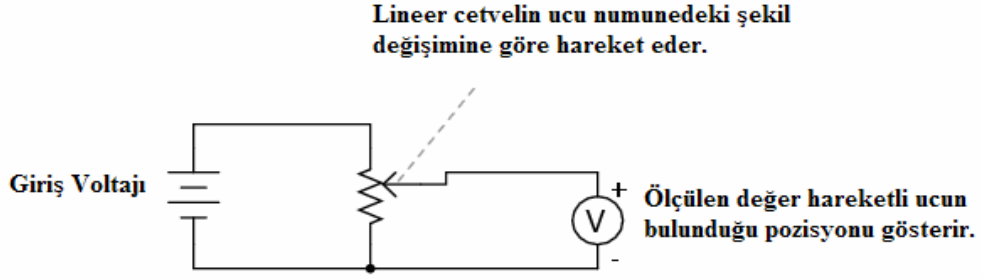
3.5. Deney Cihazının Veri Toplama Sistemi

Deney cihazının veri toplama sistemi; numunede meydana gelen deformasyonu ölçmek üzere kullanılacak bir adet lineer cetvel, numuneye uygulanan yükü ölçmek üzere kullanılacak bir adet yük hücresi, ölçülen değerleri kayıt altına

alacak bir adet bilgisayarlı veri işleme cihazı ve ölçmeyi yapacak cihazları gereken gerilimde beslemek üzere iki adet doğru akım kaynağından oluşmaktadır.

3.5.1. Lineer Cetvel

Lineer cetveller potansiyometrik prensip ile üretilir. Ana eleman metal fırçalarla donatılmış rezistif yol üzerinde hareket eden toplayıcıdan oluşmuştur (Şekil 3.24). İletken yol ve rezistif yol ile birlikte toplayıcı, sensörü oluşturur. Lineer cetveller, voltaj bölücü olarak çalışan potansiyometre değerini kontrol elemanına iletir. İşte bu voltajın ölçülen şekil değiştirme ile mükemmel bir doğusallıkta olması gerekir.



Şekil 3.24. Lineer cetvelin çalışma şeması

İki taraftan yataklanmış ve potansiyometrik prensiple çalışan bu lineer cetveller, T Modelinin geri itme yaylı olan tipidir. TR modellerinin içinde mili dışarı iten geri itme yayı vardır ve kabloludur. Taster gibi çalışırlar. Yani ölçülecek malzemeye bağlanarak değil de dokunarak temas halindeyken değişiklikleri ölçerler. Özellikle kalınlık ölçmek için veya parçaların tolerans ölçümlerinde, parçaların ölçülerinin belirlenmesinde veya sürekli hareket eden malzemelerde kalınlık ve eğrilik kontrolü gibi alanlarda kullanılır. Bunların 10 mm'den 100 mm'ye kadar değişik ölçüleri mevcuttur. Lineeritesi %0.075 ile çok hassas olan bu mesafe ölçme sensörleri, 100 milyondan daha fazla işlem imkanı ile uzun ömürlüdür. Darbe ve titreşime karşı dayanıklıdır (Yağimli, 2003). Şekil 3.25.'de görülen lineer cetvel ile numunenin düşey yöndeki aksenal deformasyonu ölçülmektedir.



a. Deney cihazına monte edilmemiş halde



b. Deney cihazına monte edilmiş halde

Şekil 3.25. Masaüstü deney cihazında kullanılan lineer cetvel

3.5.2. Yük Hücresi (Loadcell)

Temelde; tüm yük hücreleri mekanik hareketi, elektriksel sinyale çevirecek şekilde tasarlanır. İdeal tip yük hücresi, yalnızca dış etkiyle meydana gelen zorlama sonucu hücredeki şekil değişikliğini elektriksel dirence çevirendir. Bununla beraber uygulamalarda çevre sıcaklığı, malzemedeki imalat kusurları, yük hücresinin altındaki yüzeye olan yapışma miktarı ve metalin stabilitesi, yük hücresinin elektriksel direncinin değişimini etkiler.

Masaüstü deney cihazında kullanılan S-tipi yük hücresi, %0.02 maximum hata ile 1000kg'lık yük ölçme kapasitesine sahiptir (Şekil 3.26.). S-tipi yük hücresi kullanılarak numunede etkili olan yük, zamana bağlı olarak ölçülür (Yağımlı, 2003).



a. Monte edilmemiş halde



b. Deney cihazına monte edilmiş halde

Şekil 3.26. Deney cihazında kullanılan S-tipi yük hücresi

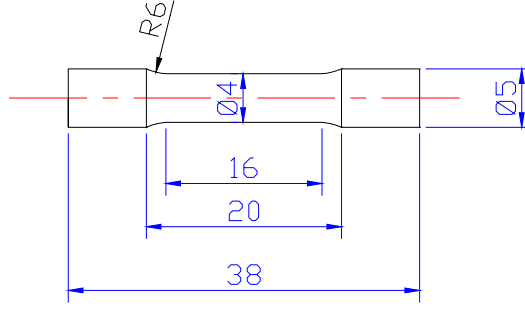
3.6. Masaüstü Deney Cihazının Denenmesi

Bu çalışmada tasarlanmış ve imalatı yapılmış olan masaüstü deney cihazı, özellikle biyomekanik laboratuvarında kullanılacağından, imalat sonrası inek kemiğinden hazırlanmış numuneler kullanılarak statik çekme ve basma deneyleri ile test edilmiştir. Böylece deney cihazının istenilen şekilde çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiş ve ortaya çıkan aksaklıklar giderilmiştir. Uygulanan deneyler sonucu elde edilen kemiğe ait mekanik değerler ile bu malzeme için literatürde rapor edilmiş değerler karşılaştırılmıştır.

3.6.1. Numune Hazırlanması

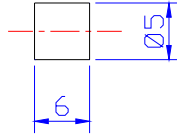
Çekme ve basma deneyleri için kullanılan numuneler, kasaplardan alınmış inek kemiğinin tibia kısmından yükleme yönleri kemiğin uzun eksenine yönünde olacak şekilde hazırlanmıştır.

Çekme deneyi için kullanılan numune geometrisi ve boyutları Şekil 3.27.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.27. Çekme deneyinde kullanılan numune geometri ve boyutları (mm olarak)

Basma deneyleri için kullanılan numune geometrisi ve boyutları Şekil 3.28.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.28. Basma deneyinde kullanılan numune geometrisi ve boyutları (mm olarak)

Çekme deneyi numunesinin hazırlanması üç aşamadan oluşmaktadır:

- İnek tibiasının kemiğe uygun şerit testere yardımıyla 50mm uzunluğunda halkalar halinde kesilmesi,
- Halkaların her birinden şerit testere yardımıyla tornaya bağlanabilecek şekilde kareye yakın ve tornalama işlemine yeter kesitli parçalar elde edilmesi ve
- Kareye yakın kesitli parçaların tornada işlenerek çekme deneyine hazır hale getirilmesi.

Basma deneyi numunesi dört aşamada hazırlanır:

- İnek tibiasının kemiğe uygun şerit testere yardımıyla 50mm uzunluğunda halkalar halinde kesilmesi,

- Halkaların her birinden şerit testere yardımıyla tornaya bağlanabilecek şekilde kareye yakın ve tornalama işlemine yeter kesitli parçalar elde edilmesi,
- Kareye yakın kesitli parçaların tornada işlenerek son çapına getirilmesi ve
- Tornada işlenen silindirik çubuklardan, düşük hızlı paralel elmas kesici kullanılarak çekme deneyi numuneleri hazırlanması.

Numune hazırlanmasının ilk aşaması hariç diğer bütün aşamalarında kesici uçların kemiği yakmaması için numune üzerine işlenirken su püskürtülmüştür. Hazırlanan numuneler deney yapılacak ana kadar ıslatılmış beze sarılmış durumda ve naylon poşet içinde derin dondurucuda saklanmıştır. Deney yapılmadan belli bir süre önce numuneler derin dondurucudan çıkartılıp çözümleri sağlanmıştır. Deneyin sonuna kadar numuneler nemli tutulmuş ve kurumalarına izin verilmemiştir.

3.6.2. Deney Prosedürü

Her bir numune geometrisinden sekizer numune olmak üzere toplam on altı numune hazırlanmıştır. Bu numunelerden, her gruptan üçer tane olmak üzere, toplam altı tanesi yükleme hızının manuel olarak ayarlanması için ve kalan on tanesi ise kemiğin çekme ve basmada mekanik özelliklerini belirlemede kullanılmıştır. Tüm deneyler esnasında numunelerin üzerlerine su püskürtülerek kemik nemli tutulmuştur.

3.6.2.1. Çekme Deneyi

Kemiğin çekme deneyi için sekiz numune hazırlanmış ve bütün numuneler için tek numune geometrisi kullanılmıştır (Şekil 3.27.).

Çekme deneyi için özel tutucu çeneler hazırlanmıştır. Bu çeneler, deney cihazının üst ve alt parçalarına bağlandıktan sonra üst parçaya bağlı olan ve dikey eksenenden kaçıklığı telafi edebilmek amacıyla yatay ekseninde bir miktar hareket

serbestisi olan flanş vasıtasıyla (Şekil 3.29.), üst ve alt çenelerin dikey eksenlerinin aynı olmaları sağlanmıştır. Daha sonra numuneler, bu çeneler arasına bağlanarak deneye hazır hale getirilmiştir. Numuneler bağlanırken yük hücresinden gelen sinyaller kontrol edilerek numunede deney öncesi bir ön gerilme olmamasına dikkat edilmiştir. Yük hücresi, lineer cetvel ve veri kayıt sistemi; ölçüm ve kayıt için hazır hale getirildikten sonra üst çene hızının hidrolik kısıcıcı yardımıyla manuel olarak yaklaşık 0.1mm/saniye'ye ayarlanabilmesi için fazladan hazırlanmış üç adet numune çekme deneyine tabi tutulmuştur. İstenilen üst çene hızı elde edildikten sonra, aynı çene hızında, kalan numunelere sırayla çekme yükü uygulanmış ve numunede kırılma oluşasıya kadar üst çenenin hareketi sabit hızda devam ettirilmiştir.



Şekil 3.29. Çekme deneyi çeneleri ve aksenal kaçıklığı gidermede kullanılan flanş

3.6.2.2. Basma Deneyi

Kemiğin basma deneyi için Şekil 3.28.'de gösterilen geometriye ve boyutlara sahip sekiz numune kullanılmıştır.

Basma deneyi için düz plakalar hazırlanmış ve bu plakalar deney cihazının üst ve alt parçalarına bağlanmıştır. Bu plakalar, deney cihazının üst ve alt parçalarına bağlandıktan sonra üst parçaya bağlı olan ve dikey eksen den kaçıklığı telafi edebilmek amacıyla yatay eksen de bir miktar hareket serbestisi olan flanş vasıtasıyla (Şekil 3.29.) üst ve alt çenelerin dikey eksenlerinin aynı olmaları sağlanmıştır. Daha sonra numuneler, bu plakalar arasına merkezinde olacak şekilde yerleştirilerek deneye hazır hale getirilmiştir. Yük hücresi, lineer cetvel ve veri kayıt sistemi; ölçüm ve kayıt için hazır hale getirildikten sonra üst plaka hızının hidrolik kısıcı yardımıyla manuel olarak yaklaşık 0.05mm/saniye'ye ayarlanabilmesi için fazladan hazırlanmış üç adet numune basma deneyine tabi tutulmuştur. İstenilen üst plaka hızı elde edildikten sonra, aynı hızda, kalan numunelere sırayla basma yükü uygulanmış ve numunede kırılma oluşasıya kadar üst plakanın hareketi sabit hızda devam ettirilmiştir.

Hem basma hem de çekme deneyleri öncesinde, kullanılacak numunelerin çapları ve çeneler arası boyları ölçülerek kaydedilmiştir. Bu değerler daha sonra kayıt altına alınan yük ve deformasyon değerlerinin gerilme ve gerinme değerlerine dönüştürülmesinde kullanılmıştır.

Bütün basma ve çekme deneyleri esnasında yük hücresi, lineer cetvel ve veri kayıt sistemi yardımıyla zamana bağlı olarak numuneye uygulanan yük ve numunede meydana gelen eksenel deformasyon miktarı çekme deneyi için 100 veri/saniye ve basma deneyi için 50 veri/saniye ile kayıt altına alınmıştır. Deneylerin sonunda, kayıt altına alınan bu veriler, Microsoft Excel türü bir programa aktarılarak gerilme ve gerinme değerlerine dönüştürülmüş, daha sonra basma ve çekme için gerilme-gerinme diyagramları elde edilmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada tasarımı ve imalatı yapılan deney cihazı maksimum 10kN yükleme kapasitesine sahip olup yükleme hızı ve yükleme oranı değerleri ayarlanabilmektedir. Sabit bir yükleme oranı elde etmek için oransal basınç regülatörü kullanılmaktadır. Zamana bağlı olarak uygulanması gereken yük değerlerine karşılık gelen basıncı sağlamak üzere oransal basınç regülatörüne yapılan elektrik bağlantısı sayesinde sabit oranda artan voltaj değerleri verilir.

Sabit bir yükleme hızı elde etmek için hassas kısıcı kullanılmaktadır. Hidrolik silindirler arası akışı sağlanan yağın debisi hassas kısıcı ile ayarlanarak istenilen yükleme hızı elde edilmektedir. Yükleme hızının deney süresince sabit olup olmadığı üst çene hareketi ve zaman parametreleri kullanılarak çizilen grafikte her deney için kontrol edilmiş ve yükleme hızının ayarlanan değerde sabit kaldığı görülmüştür.

Yapılan deney cihazında kompresörden gelen havanın şartlandırıcıda nemi alınıp yağlandığı ve hidro-pnömatik sisteme verildiği görülmektedir.

Çerçeve yapının boyutları, uygulanacak olan yüklere oranla daha mukavemetli bir yapıya sahiptir. Böylece ileride yapılabilecek bir kapasite artırımında aynı çerçeve yapının kullanılmasına olanak sağlanmaktadır.

4.1. Deney Sonuçları

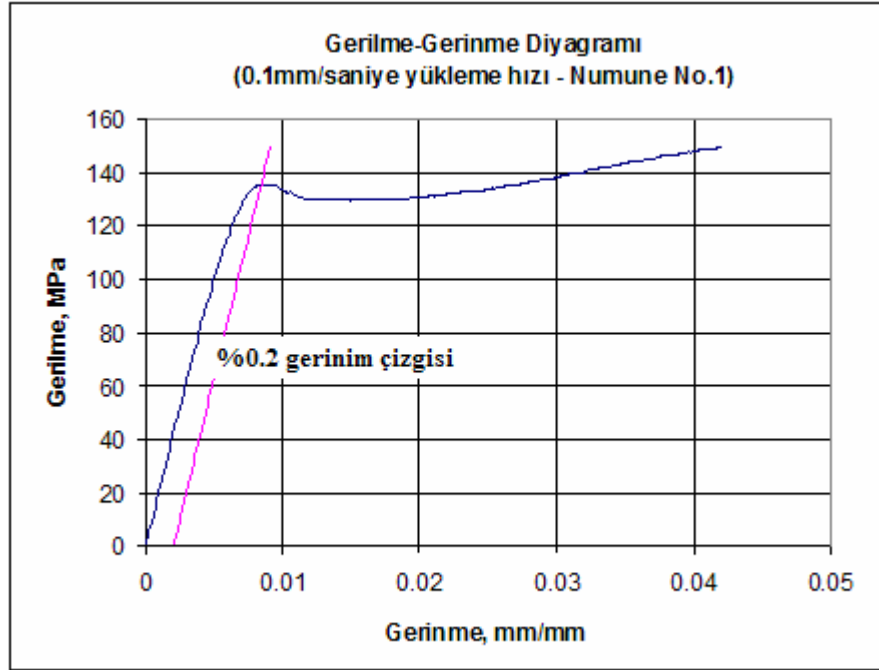
Çekme ve basma deneyi sonuçları Microsoft Excel programı kullanılarak gerilme-gerinme diyagramlarına dönüştürülmüş ve bu diyagramlar kullanılarak hem çekme hem de basma için aşağıdaki mekanik özellikler hesap edilmiştir:

- Elastisite modülü
- Akma gerilmesi
- Akma gerinmesi
- Maksimum gerilme
- Maksimum gerinme

Hesaplanan bu değerler bir çizelge halinde listelenmiştir.

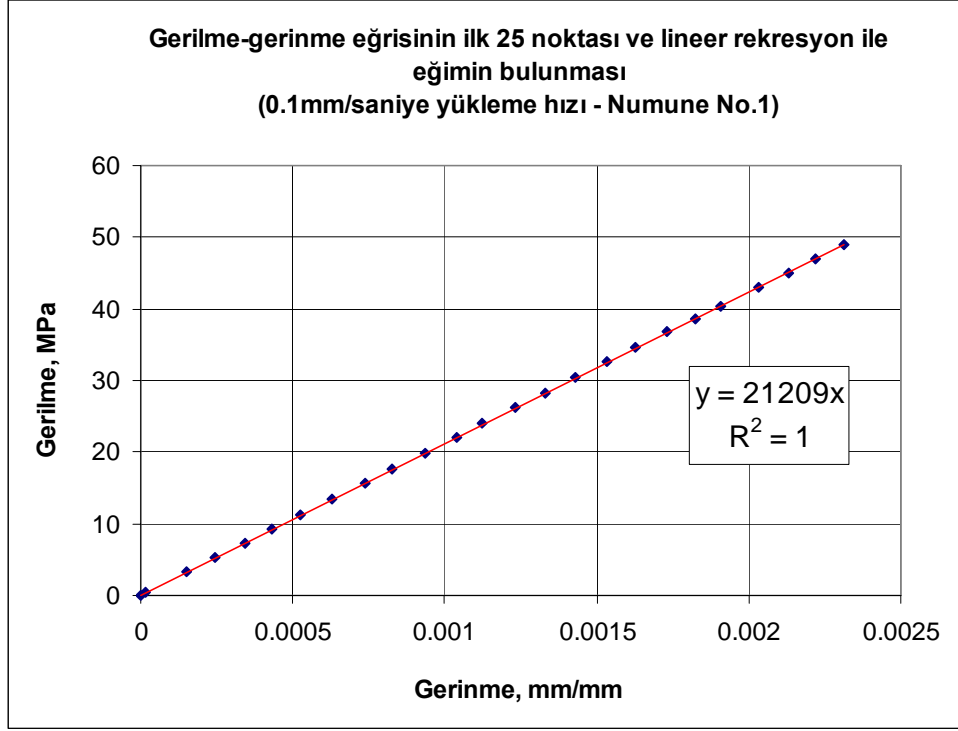
4.1.1. Çekme Deneyi Sonuçları

Şekil 4.1.'de, çekme gurubunda yer alan 1 no'lu numunenin elde edilen gerilme-gerinme diyagramı örnek olarak verilmektedir.



Şekil 4.1. Çekme deneyinden elde edilen örnek gerilme-gerinme diyagramı

Çekme deneyine tabi tutulan malzemenin elastiklik modülü şu şekilde bulunur: gerilme-gerinme diyagramındaki lineer kısmın ilk 25 noktasına lineer regresyon uygulanır ve elde edilen düz çizginin eğimi hesaplanır. Eğim elastiklik modülü değerini verir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Çekme gerilme-gerinme diyagramından elastiklik modülünün hesabı

Akma gerilmesi ve akma gerinmesi değerleri %0.2 ofset metodu ile şu şekilde hesaplanır: gerilme-gerinme diyagramının gerinme ekseninde 0.002 mm/mm noktası işaretlenir. Bu noktadan gerilme-gerinme eğrisinin lineer kısmına paralel çizdirilir ve bu çizginin gerilme-gerinme eğrisini kestiği noktaya karşılık gelen gerilme ve gerinme değerleri, akma gerilmesi ve akma gerinmesi değerleridir (Şekil 4.1.).

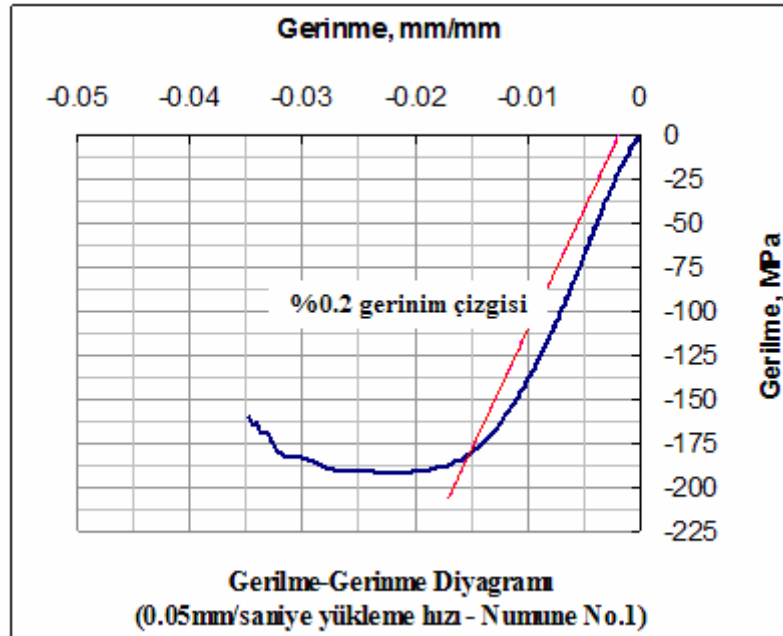
Çekme deneyine tabi tutulan her numunenin hesaplanan mekanik özellikleri ile ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.1.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Çekme deneyi sonuçları

	Elastiklik Modülü	Akma Gerilmesi	Akma Gerinmesi	Maksimum Gerilme	Maksimum Gerinme
Numune No.	(GPa)	(MPa)	(mm/mm)	(MPa)	(mm/mm)
1	21.21	136.79	0.00845	149.64	0.0421
2	19.06	130.57	0.00885	157.07	0.0494
3	20.18	150.35	0.00945	185.09	0.0467
4	21.56	141.2	0.00855	145.89	0.03699
5	22.39	154.52	0.0089	175.81	0.04786
Ortalama	20.88	142.69	0.00884	162.70	0.04461
Standart Sapma	1.29	9.78	0.00039	17.01	0.00506

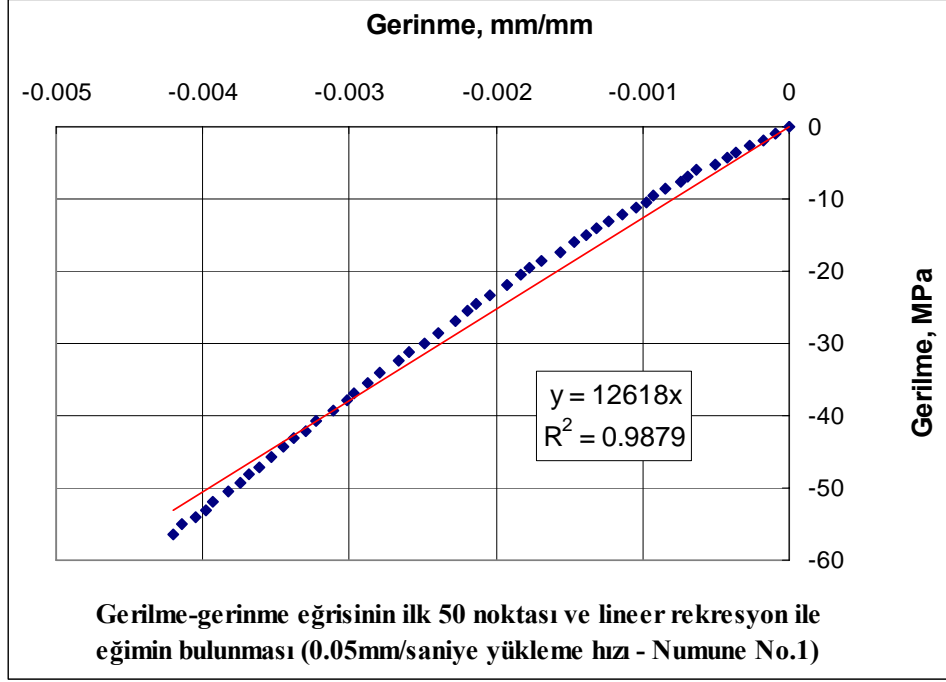
4.1.2. Basma Deneyi Sonuçları

Şekil 4.3.'de, basma gurubunda yer alan 1 no'lu numunenin elde edilen gerilme-gerinme diyagramı örnek olarak verilmektedir.



Şekil 4.3. Basma deneyinden elde edilen örnek gerilme-gerinme diyagramı

Basma deneyine tabi tutulan malzemenin elastiklik modülü şu şekilde bulunur: gerilme-gerinme diyagramındaki lineer kısmın ilk 50 noktasına lineer regresyon uygulanır ve elde edilen düz çizginin eğimi hesaplanır. Eğim elastiklik modülü değerini verir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Basma gerilme-gerinme diyagramından elastiklik modülünün hesabı

Basma deneyinden elde edilen gerilme-gerinme diyagramlarından test edilen malzemenin akma gerilmesi ve akma gerinmesi değerleri %0.2 ofset metodu ile şu şekilde hesaplanır: gerilme-gerinme diyagramının gerinme ekseninde -0.002 mm/mm noktası işaretlenir. Bu noktadan gerilme-gerinme eğrisinin lineer kısmına paralel çizdirilir ve bu çizginin gerilme-gerinme eğrisini kestiği noktaya karşılık gelen gerilme ve gerinme değerleri, akma gerilmesi ve akma gerinmesi değerleridir (Şekil 4.3.).

Basma deneyine tabi tutulan her numunenin hesaplanan mekanik özellikleri ile ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.2.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Basma deneyi sonuçları

	Elastiklik Modülü	Akma Gerilmesi	Akma Gerinmesi	Maksimum Gerilme	Maksimum Gerinme
Numune No.	(GPa)	(MPa)	(mm/mm)	(MPa)	(mm/mm)
1	13.62	-185.80	-0.0155	-192.50	-0.0350
2	12.13	-164.98	-0.0195	-196.07	-0.0382
3	10.52	-173.27	-0.0163	-201.30	-0.0536
4	14.50	-185.8	-0.0138	-216.08	-0.0494
5	14.42	-209.73	-0.0146	-219.14	-0.0421
Ortalama	13.04	-183.92	-0.0159	-205.02	-0.0437
Standart Sapma	1.70	16.92	0.0022	11.96	0.0077

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çekme ve basma deney cihazları sanayide yaygın olarak kullanılan ve özellikle büyük firmalarda malzeme test standartlarından dolayı mecbur tutulan cihazlardır. Bu cihazlar, malzemelerin sahip oldukları çekme ve basma mukavemetlerini kontrol ederler. Bu nedenle tasarımda malzeme seçimi açısından büyük bir öneme sahiptirler.

Bilindiği üzere bir malı kaliteli üretmek kadar ekonomik üretmekte çok önemlidir. Rekabetin yoğun olduğu günümüz piyasasında müşterilerin memnuniyetini sağlayacak kalitedeki bir üretimin en ekonomik şekilde planlanması ve yapılması gerekmektedir. Bu tip deney cihazları hem malzeme mukavemet değerlerinin yeterliliğini kontrol ederken hem de en ekonomik üretimin nasıl yapılabileceğinin bulunmasına yardımcı olurlar.

İmal edilen deney cihazı kemikten hazırlanmış numuneler kullanılarak çekme ve basma deneyleriyle test edilmiştir. Deneyler sırasında karşılaşılan problemler giderilmiştir. Deneyler sonucu elde edilen kemiğe ait mekanik özellik değerleri literatürde rapor edilen değerlerle uyum göstermektedir. Böylece bu deney cihazı kullanılarak kemik gibi doğal veya yapay biyolojik malzemeler başta olmak üzere diğer düşük mukavemetli metalik ve metalik olmayan malzemelerin çekme, basma ve eğme yükleri altında mekanik özelliklerini belirlemek mümkün görünmektedir.

Üst tablanın miller üzerindeki hareketinin insan gücü ile yapılması, üst tablanın hidro-pnömatik sistemi ile beraber olan ağırlığı göz önüne alındığında zor olmakta ve her iki tarafının aynı yükseklikte kaldırılması kolay olmamaktadır. Bu nedenle üst tablayı insan gücü ile yukarı-aşağı kolaylıkla hareket ettirebilmek için millerin dışa bakan taraflarına birer hidrolik amortisör eklenmiştir.

Deney cihazının veri toplama ve işleme kısmında şu an için tek yönlü çalışan ve geri beslemesi olmayan veri analiz cihazı kullanılmaktadır. Bu nedenle geri besleme yapılamamaktadır. Deney cihazı için geri beslemeyi sağlayacak bir bilgisayar kontrol sisteminin oluşturulması bir sonraki çalışmanın konusu olacaktır.

6. KAYNAKÇA

Esin, A. , 1981. Properties of Materials for Design, O.D.T.Ü. Mühendislik Fakültesi yayını, 69, 538 s.

Roark, R.J., Young, W.C., 1975. Formulas for stres and strain. 5th Edition, New York, McGraw-Hill, 624 p.

Askeland, D.R., çeviren Erdoğan, M., 1998. Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Cilt II, Nobel Yayın Dağıtım, Yayın no. 128, Ankara, 348 s.

ASM Handbook, 2000. Mechanical Testing and Evaluation, Volume 8, 998 s.

Çelik, M.O., 1999. Çekme ve eğme bileşik zorlamalı bir deney cihazının tasarımı ve imalatı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

McElhanev, J.H., Fogle, J., Byars, E., and Weaver, G., 1964. Effect of embalming on the mechanical properties of beef bone, J. Appl. Physiol., 19, 1234-1236.

Reilly, D.T., Burstein, A.H., and Frankel, V.H., 1974. The elastic modulus for bone, J. Biomech. 7, 271-275.

Cezayirlioğlu, H., Bahniuk, E., Davy, D.T., and Heiple, K.G., 1985. Anisotropic yield behavior of bone under combined axial force and torque, J. Biomech., 18(1):61-69.

Reilly, D.T., Burstein, A.H., and Frankel, V.H., 1975. The elastic modulus for bone, J. Biomech. 8, 393.

Pithioux, M., Subit, D., Chabrand, P., 2004. Comparison of compact bone failure under two different loadings rates: experimental and modelling approaches, Medical Engineering and Physics 26, 647-653.

Burstein, A.H., Reilly, D.T., and Martens, M., 1976. Aging of bone tissue: Mechanical properties., J. Bone Joint Surg. Am. Vol 58, 1, 82-86.

Martin, R.B., Burr, D.B., and Sharkey, N.A., 1998. Skeletal tissue mechanics, Springer, Newyork, 14, 392p.

Catanese, J.3rd., Featherstone, J.D., Keaveny, T.M.J., 1999. Characterization of the mechanical and ultrastructural properties of heat-treated cortical bone for use as a bone substitute., J. Biomed. Mater. Res. Jun 15;45(4):327-36.

Beardsley, C.L., Heiner, A.D., Marsh, J.L., Brown, T.D., 1999. Mechanical Characterization of A Bone Fracture Surrogate, 23rd Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, University of Pittsburgh, October 21-23

Çiğdem, M., 1995. İmal Usulleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 424 s.

Soroka, W., 1999. Fundamentals of packaging technology. Institute Packaging Profession, Illinois, 589 p.

Ank, S., Dikicioğlu, A., Vural, M., 2000. İmal usulleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 299 s.

Patient, P., Pickup, R., Powel, N., çeviren Pancar, Y., 1994. Pnömatik, M.E.B. yayınları, Eskişehir, 42-78 s.

Peter, R., çeviren Erfan, F., 1994. Endüstriyel hidrolik kontrol, M.E.B. yayınları, Ankara, 112-136 s.

Pinches, M., Ashby, J., çeviren Tuna, E., 1994. Güç Hidroliği, M.E.B. yayınları, Ankara, 232-315 s.

Onaran, K., 2003. Malzeme Bilimi, Bilim ve Teknik Yayınevi, 58-69s.

Yağımlı, M., 2003. Digital Elektronik, Betaş Yayınevi, 601 s.

ÖZGEÇMİŞ**Adı Soyadı :** SELİM BACAK**Doğum Yeri :** Antalya, Memleketi: Senirkent/Isparta**Doğum Yılı :** 07.04.1980**Medeni Hali :**Evli**Eğitim ve Akademik Durumu:****Lise :**Antalya Lisesi (1995-1998)**Üniversite :**Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Kalıpcılık Öğr.(1998-2002)**Lisans:** S.D.Üniversitesi Teknik Eğitim Makine Eğitimi Yüksek Lisans (2003-**Yabancı Dil :** İngilizce:İyi (Özel Antalya Koleji, 1yıl hazırlık olmak üzere 4yıl)**İş Deneyimi:** Süleyman Demirel Üniversitesi - Öğretim Görevlisi (02.01.2003 -)