

**10 KN KAPASİTELİ POZİSYON KONTROLLÜ ÇEKME TEST
CİHAZININ OPTİMUM TASARIMI VE ÜRETİMİ**

Serkan ÇATLI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AĞUSTOS 2012
ANKARA**

Serkan ÇATLI tarafından hazırlanan “ 10 KN KAPASİTELİ POZİSYON KONTROLLÜ ÇEKME TEST CİHAZININ OPTİMUM TASARIMI VE ÜRETİMİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Y. Doç. Dr. O. Selim TÜRKBAŞ

.....

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bedri TUÇ

.....

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Y. Doç. Dr. O. Selim TÜRKBAŞ

.....

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Müfit GÜLGEÇ

.....

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Ç.Ü.

Tarih: 28/08/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm

Serkan ÇATLI

**10 KN KAPASİTELİ POZİSYON KONTROLLÜ ÇEKME TEST
CİHAZININ OPTİMUM TASARIMI VE ÜRETİMİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Serkan ÇATLI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ağustos 2012**

ÖZET

Mekanik testlerdeki asıl amaç malzemelerin çeşitli çalışma şartları altında olan dayanımlarını belirlemektir. Malzeme biliminin gelişmesi ile malzemelere uygulanması gereken mekanik testlerde büyük önem kazanmıştır ve çekme testi de bu mekanik testlerin en önemlilerinden birisidir. Çekme testinin yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan deney cihazları çoğunlukla yurt dışından ülkemize yüksek ücretler karşılığında ithal edilmektedir.

Bu çalışmada, düşük mukavemetli plastik ve kompozit malzemelerin çekme testlerinde kullanılacak yeterli özelliklere sahip ve hazır cihazlara göre kıyaslandığında düşük maliyetli bir çekme test cihazı tasarlanmış ve üretilmiştir. Tasarımı ve üretimi yapılmış olan test cihazı, özellikle düşük mukavemetli plastik ve kompozit malzemelerin testlerinde kullanılacağından, üretim sonrası üç farklı plastik malzemedan hazırlanmış numuneler kullanılarak çekme testleri ile test edilmiştir. Böylece deney cihazının istenilen şekilde çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiş ve ortaya çıkan aksaklıklar giderilmiştir.

Bu çalışmada 10 kN kapasiteli bir çekme test cihazının tasarımı ve üretimi düşük bütçe ve çoğunlukla yerli kaynaklar kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Bu sayede oluşan bilgi birikiminin ve maddi kaynakların ülkemizde kalması sağlanmıştır.

Bilim Kodu : 914.1.090

Anahtar Kelimeler : Çekme Testi, Mekanik Özellikler, Mekanik Tasarım

Sayfa Adeti : 72

Tez Yöneticisi : Y. Doç. Dr. O. Selim TÜRKBAS

**DESIGN AND PRODUCTION OF A POSITION CONTROLLED TENSION
TEST DEVICE WITH A CAPACITY OF 10 KN**

(M.Sc. Thesis)

Serkan ÇATLI

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

August 2012

ABSTRACT

The main aim of mechanical tests is determining the strength of materials under various operating conditions. Mechanical tests that have to be applied to the materials have gained great importance with the development of material science and tensile test is one of the most important of these mechanical tests. Tension testing machine that is needed for making tensile test is being imported to our country from abroad mostly with high cost.

In this study, a tensile testing machine was designed and produced with enough capacity and specifications for tension tests of low-strength plastic and composite materials at much lower cost compared to the brand-name machines. Since the testing machine will be used for low strength plastic and composite materials, the testing machine was tested for tension tests using plastic samples prepared from three kinds of plastic. So, the testing machine was controlled whether it works as desired or not.

In this study, design and production of a tension test device with a capacity of 10 kN was performed using of low-budget and mostly local

resources. In this way, knowledge and finance resources are remained in our country.

Science Code : 914.1.090

Key Words : Tensile Test, Mechanical Properties, Mechanical Design

Page Number : 72

Adviser : Assist. Prof. Dr. O. Selim TRKBA

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren çok değerli hocam Sn. Y. Doç. Dr. O. Selim TÜRKBAS'a ve destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR.....	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	XII
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	XIII
RESİMLERİN LİSTESİ.....	XV
SİMGELER VE KISALTMALAR	XVI
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. ÇEKME DENEYİ.....	6
3.1. Gerilme ve Gerinme.....	9
3.2. Elastisite Modülü.....	9
3.3. Elastiklik Sınırı	10
3.4. En Yüksek Çekme Dayanımı	10
3.5. Rezilyans	11
3.6. Tokluk	12
3.7. Akma Gerilmesi	12
3.8. Yüzde Uzama	13
3.9. Yüzde Alan Daralması	13
4. TASARIMA AİT MALZEME VE EKİPMAN ANALİZİ	14
4.1. Test Cihazını Oluşturan Elemanlar ve Görevleri	14
4.1.1. Ana gövde	14

	Sayfa
4.1.2. Tahrik grubu	15
4.1.3. Sensörler.....	19
4.1.4. Güç ve kontrol kartı	24
4.1.5. Numune tutucular	24
4.1.6. Bilgisayar.....	25
4.2. Test Cihazının Tasarımı	25
4.2.1. Hareketli tabla hızının belirlenmesi	26
4.2.2. Servo motor torkunun belirlenmesi.....	27
4.2.3. Güç aktarım elemanlarının (redüktör) belirlenmesi	28
4.2.4. Vidalı mil yüklerinin belirlenmesi	28
4.2.5. Sistem elemanlarının mekanik analizleri	29
4.3. Test Cihazının Üretimi	39
4.3.1. Ana gövde	42
4.3.2. Tahrik grubu	43
4.3.3. Uzama ölçer	45
4.3.4. Kayar çenelerin üretimi	47
5. DOĞRULAMA TESTLERİ VE DENEYSEL BULGULAR.....	48
5.1. Deney Cihazının Denenmesi	48
5.1.1. Numunelerin hazırlanması	49
5.1.2. Çekme deneyi	50
5.2. Çekme Deneyi Sonuçları	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	67
EKLER	68
Ek-1 Redüktör Katalog.....	69

	Sayfa
Ek-2 Vidalı Mil Katalog.....	70
Ek-3 Servo Motor Katalog.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	72

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Kalınlığa göre deney numunesi ölçüleri, T, mm [in]	8
Çizelge 5.1. ASTM D638'e uygun numune ölçüsü	49
Çizelge 5.2. Çekme deneyi hız değerleri ve adetleri	54
Çizelge 5.3. Polietilen numune test sonuçları	55
Çizelge 5.4. Polietilen numune test sonuçları ortalaması	56
Çizelge 5.5. Polietilen numune test sonuçları ortalaması (KOSGEB)	56
Çizelge 5.6. Polipropilen numune test sonuçları	58
Çizelge 5.7. Polipropilen numune test sonuçları ortalaması	58
Çizelge 5.8. Polipropilen numune test sonuçları ortalaması (KOSGEB)	59
Çizelge 5.9. PE 1000 numune test sonuçları	61
Çizelge 5.10. PE 1000 numune test sonuçları ortalaması	61
Çizelge 5.11. PE 1000 numune test sonuçları ortalaması (KOSGEB)	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Metalik bir malzeme için örnek gerilme - gerinme diyagramı.....	6
Şekil 3.2. ASTM D638 deney numuneleri	8
Şekil 3.3. Gerilme-gerinme diyagramında rezilyans alanı	11
Şekil 3.4. Gerilme-gerinme diyagramında tokluk alanı.....	12
Şekil 4.1. Servo motorların kapalı çevrimi	17
Şekil 4.2. Wheatstone köprüsü	20
Şekil 4.3. Strain gaugelerin bağlanması.....	22
Şekil 4.4. A ve B sinyal çifti	23
Şekil 4.5. Hareketli tabla gerilme analizi	30
Şekil 4.6. Hareketli tabla deformasyon analizi	31
Şekil 4.7. Hareketli tablanın maksimum gerilme analizi	32
Şekil 4.8. Yük hücresi ve kayar çene bağlantısı gerilme analizi	33
Şekil 4.9. Yük hücresi bağlantı flanşı gerilme analizi	34
Şekil 4.10. Yük hücresi bağlantı vidası gerilme analizi.....	35
Şekil 4.11. Kayar çene alt tabla bağlantısı mekanik analizi.....	36
Şekil 4.12. Alt tabla mekanik analizi.....	37
Şekil 4.13. Sehpa mekanik analizi	38
Şekil 4.14. Kayar çene mekanik analizi.....	39
Şekil 4.15. Test cihazının tasarım görüntüsü	40
Şekil 4.16. Test cihazının bitmiş görüntüsü.....	41
Şekil 4.17. Ana gövde bileşenleri.....	42
Şekil 4.18. Hareket grubu bileşenleri	44
Şekil 4.19. Uzama ölçer bileşenleri	46

Şekil	Sayfa
Şekil 4.20. Kayar çeneler	47
Şekil 5.1. ASTM D638 Tip-1 deney numunesi	49
Şekil 5.2. Deney numuneleri	50
Şekil 5.3. Numunelerin çekme çenelerine bağlanması	51
Şekil 5.4. Test programı test sayfası görünümü	52
Şekil 5.5. Test programı ayarlar sayfası görünümü	53
Şekil 5.6. Test programı grafik sayfası görünümü	54
Şekil 5.7. Polietilen numune test grafiği	57
Şekil 5.8. Polipropilen numune test grafiği	60
Şekil 5.9. PE 1000 numune test grafiği	63

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Servo motor	16
Resim 4.2. Redüktör	17
Resim 4.3. Vidalı mil	18
Resim 4.4. Yük hücresi	19
Resim 4.5. Strain gauge	20
Resim 4.6. Uzama ölçer.....	22
Resim 4.7. Manyetik bant	23
Resim 4.8. Sınırlama anahtarı	24
Resim 4.9. Kayar çeneler.....	25

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
σ	Gerilme
E	Elastiklik Modülü
ϵ	Gerinme
σ_A	Akma Gerilmesi
σ_B	Çekme Gerilmesi
l	Son Uzunluk
l_0	Başlangıç Uzunluk
A_0	Başlangıç Kesit Alanı
A_s	Son Kesit Alanı
μm	Mikrometre
F	Kuvvet
Δl	Uzama
V_{min}	Minimum Çekme Hızı
V_{max}	Maksimum Çekme Hızı
$i_{1,2,3}$	Redüktör Verimi
i_v	Vidalı Mil Hatvesi
i_t	Toplam Tahvil
D_{min}	Minimum Motor Devri
D_{max}	Maksimum Motor Devri
F_t	Toplam Çekme Kuvveti
F_m	Vidalı Mil Çekme Kuvveti
T_v	Vidalı Mil Torku
η_1	1. Redüktör Verimi
η_2	2. Redüktör Verimi

Simgeler η_3 η_r T_m T_1 T_2 L_a d_1 **Açıklama**

3. Redüktör Verimi

Toplam Redüktör Verimi

Motor Torku

1. Redüktör Çıkış Torku

2. Redüktör Çıkış Torku

Vidalı Mil Boyu

Vidalı Mil Diş Dibi Çapı

Kısaltmalar**CNC****kN****mm****Mpa****Açıklama**

Computer Numeric Control

Kilo Newton

Milimetre

Megapascal

1. GİRİŞ

Malzeme biliminin gelişmesi ile daha hafif daha güçlü ve daha ucuz malzemelerin geliştirilmesi mümkün hale gelmiştir. Geliştirilen mühendislik malzemelerinin gerçek koşullara uygunluğunun denenmesi de aynı paralellikte yüksek önem kazanmıştır. Mühendislik malzemeleri üzerinde gerçekleştirilen bu testlerden en önemlilerinden birisi de çekme testidir. Çekme testleri malzemelerin akma ve kopma dayanımları gibi mekanik özelliklerini belirlemek için uygulanır ve bu testler özel olarak üretilmiş deney cihazlarında gerçekleştirilir.

Çekme deneylerinin yapılabilmesi için geliştirilen bu deney cihazlarının halen büyük bir çoğunluğu yurt dışından yüksek ücretler karşılığında ülkemize ithal edilmektedir ve ülkemize ithal edilen bu deney cihazlarının yazılım donanım gibi önemli kullanım fonksiyonlarında özel uygulamalar için herhangi bir değişiklik yapılabilmesi mümkün olmamaktadır.

Gazi Üniversitesi Mekanik Mukavemet laboratuvarında hali hazırda mevcut kullanımda olan 600 kN kapasiteli kuvvet kontrollü hidrolik çekme cihazı bulunmaktadır. Ancak akma sınırı düşük ve plastik deformasyonları yüksek metal olmayan malzemelerin mekanik özelliklerinin tespiti bu cihazda yapılamamaktadır. Bu boşluğu doldurarak çekme deneyi yapılacak malzeme çeşidini genişletmek bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu kapsamda 10 kN kapasiteli pozisyon kontrollü çekme deney test cihazının optimum tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında tasarımı ve üretimi yapılan deney cihazında çoğunlukla yerli kaynaklar kullanılmıştır. Çalışma sayesinde düşük bütçeli ve işlevsel bir pozisyon kontrollü çekme deney cihazının fakülte bünyesine kazandırılması sağlanmıştır. Bu sayede hem düşük maliyetli bir deney cihazının tasarım ve üretim kabiliyetleri gelişirken hem de yerli kaynak değerlendirilmiştir. Test cihazının kontrolü bilgisayar ortamında geliştirilen yazılım ile gerçekleştirilecektir. Geliştirilen bu yazılım ve bu yazılım ile

tümleşik bir şekilde çalışan elektronik ekipmanların tamamı açık kaynak kodludur ve ileride gerçekleştirilebilecek muhtemel bir kapasite artırımına uygun şekilde tasarlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada metallere göre görece daha düşük mukavemetli plastik malzemelerin çekme testlerin de kullanılmak üzere bir çekme test cihazı tasarlanmıştır. Plastik malzemelerin büyük çoğunluğu sünek davranış gösterdiklerinden test cihazının hareket kabiliyeti yüksek tutulmuştur. Aynı zamanda plastiklerin bu sünek davranışlarının hassas bir biçimde ölçülebilmesi için de test cihazı üzerinde sistem ile tümleşik bir şekilde çalışan ve yüksek hassasiyete sahip bir uzama ölçer de tasarlanmıştır. Üzerinde çalışılacak malzemelerin çeşidine ve istenilen özelliklere bağlı olarak Instron ve MTS gibi firmaların hazır deney cihazları 40,000 Amerikan Dolarının üzerinde fiyatlardan satılmaktadırlar. Ayrıca hazır deney cihazları bünyelerinde, çoğu mühendislik bölümü laboratuvarlarında yapılması planlanan deneyler için gereken özelliklerden daha fazla özellik barındırmaktadır bu nedenle de bu test cihazlarının fiyatları artmaktadır.

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 hidrolik deney cihazları ileri teknolojiye sahip elektronik ve mikrobilgisayar cihazlarla donatılmış haldedir [4].

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 durumlarını 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 [4].

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 direnci 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 ettirmek üzere tasarlanmışlardır. Bu şekilde numunelere çekme veya basma şeklinde kuvvet uygularlar [4].

Kuvvet uygulayan başlıklar ya hidrolik güç kaynağına bağlı hidrolik bir piston ya da hassas işlenmiş bir dişli üzerinde bir elektrik motoru ile tahrik edilirler. Dişliler ve vidalı miller vasıtası ile mekanik olarak tahrik edilen deney sistemleri yaklaşık 600 kN'a kadar; hidrolik deney sistemleri ise yaklaşık 4500 kN'a kadar yük oluşturabilmektedirler [4].

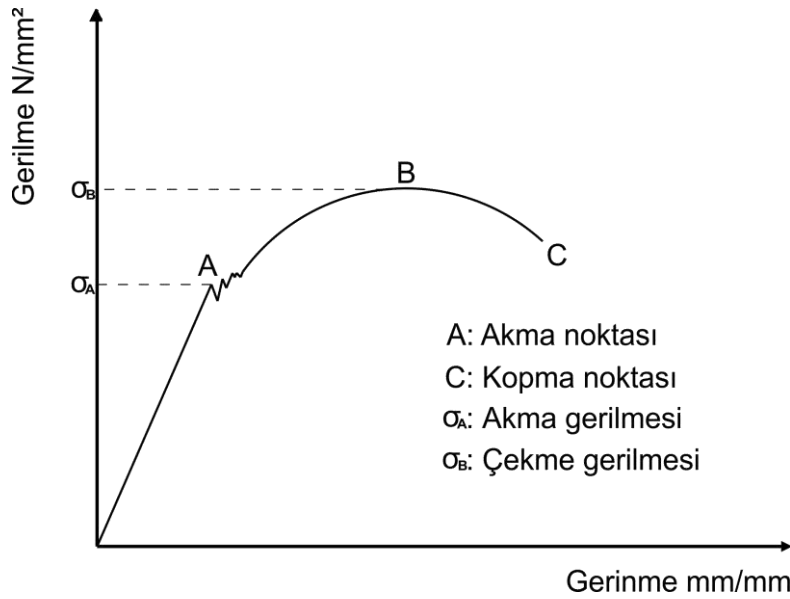
Deney cihazları, ister dişlilerle veya ister hidrolik olarak tahrik edilsin, numuneyi yüklemede bir noktada maksimum hıza ulaşırlar. Dişlilerle tahrik edilen deney sistemlerin yükleme hızı dişli kutusu ile birlikte çalışan elektrik motorunun hızı ile sınırlıdır. Hidrolik deney cihazlarının yükleme hızı ise hidrolik pistonu sabit basınç uygulayan hidrolik pompanın kapasitesi ve piston çapı ile sınırlıdır. Konvansiyonel dişli ile tahrik edilen deney sistemleri, 0.001 mm/dakika – 500 mm/dakika aralığında yükleme hızı oluşturacak şekilde tasarlanmışlardır. Bu yükleme hızları da quasi-statik deneyler için yeterli hızlardır. Hidrolik deney sistemleri ise çok geniş aralıkta (1 μ m/saat-10 m/saniye) yükleme hızı oluşturacak şekilde tasarlanmışlardır [4].

Hazır deney cihazları bu cihazları üreten firmaların kendi Ar-Ge faaliyetleri sonucu ortaya çıkmış sistemlerdir. Bu firmaların ürettikleri cihazlar ile ilgili detaylar ticari gizli bilgiler olduğu için literatürlerde yer almamaktadır. Bu nedenle deney cihazları ilgili literatürde yer alan bilgiler firmaların ürünleri ile ilgili tanıtım bilgilerinden öteye geçmemektedir.

Süleyman Demirel Üniversitesi'nde düşük mukavemetli malzemeler için mekanik deneylerin yapılabileceği bir deney cihazının tasarımı amacıyla benzer bir yüksek lisans çalışması yapılmıştır [5]. Bu çalışmada sabit iki gövde arasına monte edilmiş hidrolik - pnömatik silindir ile numune üzerindeki çekme kuvveti oluşturulmuştur ve oluşturulan bu çekme kuvvetinin ölçülmesi amacıyla da sistemde sabit çene üzerine bağlı bir S tipi yük hücresi kullanılmıştır. Numune üzerindeki boy değişimi lineer cetvel kullanılarak ölçülmüştür. Deney düzeneği üzerindeki sensörlerden gelen analog verinin dijital veriye dönüştürülerek bilgisayara aktarılması amacıyla da bir adet elektronik veri toplama birimi kullanılmıştır ve bu birim sayesinde bilgisayar ve sistem arasındaki haberleşme sağlanmıştır.

3. ÇEKME DENEYİ

Çekme deneyi malzemelerin mukavemeti hakkında esas dizayn bilgilerini saptamak ve malzemelerin özelliklere göre sınıflandırılmasını sağlamak amacı ile geniş çapta kullanılan bir test yöntemidir. Çekme deneyi standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparıncaya kadar çekilmesidir. Deney sırasında, standart ölçülerdeki deney numunesine devamlı olarak artan bir çekme kuvveti uygulandığında, aynı esnada da numunenin uzaması kaydedilir. Kaydedilen bu bilgiler kullanılarak malzemeye ait yük-uzama ($F-\Delta l$) eğrisi veya gerilme - gerinme ($\sigma-\epsilon$) eğrisi elde edilir. Şekil 3.1.'de metalik bir malzeme için örnek gerilme - gerinme eğrisi verilmektedir.



Şekil 3.1. Metalik bir malzeme için örnek gerilme - gerinme diyagramı

Çekme deneyi sonucunda numunenin temsil ettiği malzemeye ait aşağıdaki mekanik özellikler bulunabilir:

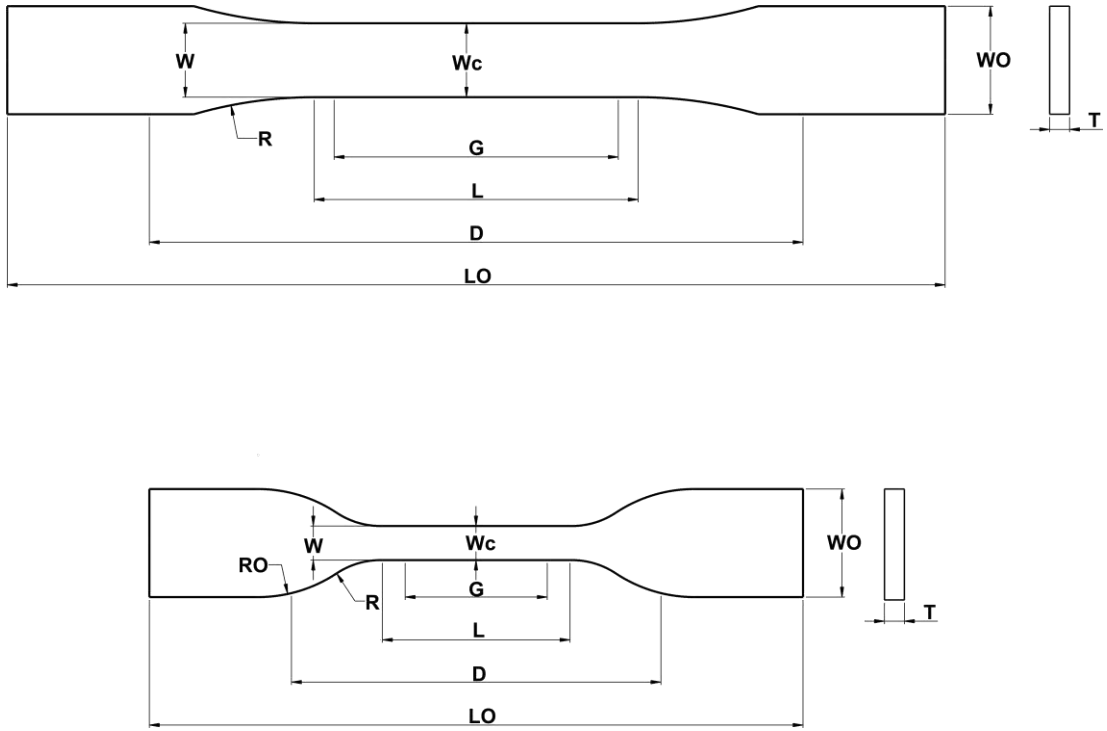
- Gerilme ve gerinim
- Elastisite modülü

- Elastiklik sınırı
- En yüksek çekme dayanımı
- Rezilyans
- Tokluk
- Akma dayanımı
- Yüzde uzama
- Yüzde alan 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 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 D638 standardına göre hazırlanmış bir çekme numunesi Şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Farklı malzemeler için kullanılan çekme deneyi numuneleri geometrik şekil olarak aynı olmakla birlikte Şekil 3.2.'de verilen ölçülerde değişiklikler görülebilmektedir. Ortası inceltilmiş numunede gerilme oluşturmak için, numunenin iki ucu test cihazının çekme çenelerine sıkıca tutturulur. Çekme çeneleri birbirinden uzaklaşacak şekilde hareket ettirilir ve bu esnada malzeme çekme gerilmesi ile yüklenmiş olur.



Şekil 3.2. ASTM D638 deney numuneleri

Çizelge 3.1. Kalınlığa göre deney numunesi ölçüleri, T, mm [in]

Ölçüler	T≤7		T≤14	T≤4	
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5
W-Dar kesimin genişliği	13 [0,50]	6 [0,25]	19 [0,75]	6 [0,25]	3,18 [0,125]
L-Dar kesimin uzunluğu	57 [2,25]	57 [2,25]	57[2,25]	33 [1,30]	9,53 [0,375]
WO-Toplam genişlik	19 [0,75]	19 [0,75]	29 [1,13]	19 [0,75]	9,53 [0,375]
LO-Toplam boy	165 [6,50]	183 [7,20]	246 [9,70]	115 [4,5]	63,5 [2,50]
G-Ölçüm uzunluğu	50 [2,00]	50 [2,00]	50 [2,00]	25 [1,00]	7,62 [0,30]
D-Çeneler arası mesafe	115 [4,50]	135 [5,30]	115 [4,50]	65 [2,50]	25,4 [1,00]
R-İç radyus	76 [3,00]	76 [3,00]	76 [3,00]	14 [0,56]	12,7 [0,50]
RO-Dış radyus	-	-	-	25 [1,00]	-

3.1. Gerilme ve Gerinme

Gerilme, birim alana etkiyen yük olup (σ) sembolü ile gösterilir ve şu formülle hesaplanır [1].

$$\text{Mühendislik Gerilmesi } \sigma = \frac{F \text{ (ortalama bir eksenli çekme kuvveti)}}{A_0 \text{ (başlangıç kesit alanı)}} \quad (3.1)$$

l_0 ilk uzunluğundaki ve A_0 kesitindeki bir deney numunesine, bir eksenli F çekme kuvveti uygulandığında, bu deney numunesi üzerindeki mühendislik gerilmesi σ , deney numunesine uygulanan ortalama bir eksenli kuvvetin çubuğun başlangıçtaki kesiti A_0 alanına bölümü şeklinde tanımlanır.

Bir deney numunesine bir eksenli bir kuvvet uygulandığında deney numunesi kuvvet yönünde uzar. Deney numunesindeki bu uzamaya gerinme denir. Tanımlamaya göre, bir metal numune üzerine uygulanan bir eksenli çekme kuvveti etkisiyle meydana gelen mühendislik gerinmesi, numunenin boyunda kuvvet yönünde meydana gelen değişikliğin numunenin başlangıç boyuna bölümüne eşittir. Metalden veya benzeri malzemeden yapılmış bir deney numunesindeki mühendislik gerinmesi şu formülle hesaplanır [2].

$$\text{Mühendislik Gerinmesi } \varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} = \frac{\Delta l \text{ (numunenin boyundaki değişme)}}{l_0 \text{ (numunenin başlangıç boyu)}} \quad (3.2)$$

Burada l_0 numunenin başlangıçtaki boyu, l numunenin bir eksenli çekme kuvveti tarafından uzatılmış boyudur.

Mühendislik gerinmesinin birimleri SI birimleriyle milimetre/milimetre (mm/mm)'dir. Dolayısıyla, mühendislik gerinmesinin değeri birimsizdir. Sanayi uygulamalarında yaygın olarak mühendislik gerinmesi yüzde gerinme veya yüzde uzamaya dönüştürülür.

3.2. Elastisite Modülü

Çekme deneyinin ilk kısmında malzeme esnek olarak biçim değiştirir. Yani, numune üzerindeki yük kaldırıldığında numune başlangıç uzunluğuna geri döner. Metallerde en büyük esnek biçim değiştirme çoğunlukla yüzde 0,5'den

azdır. Metal ve alaşımlar, genel olarak, mühendislik gerilme-gerinim çizgilerinin esnek biçim değiştirme bölgesinde, gerilme ile gerinme arasında Hooke yasası ile tanımlanan doğrusal bir bağıntıya uyar[2]:

$$\sigma (\text{gerilme}) = E \epsilon (\text{gerinme}) \quad (3.3)$$

veya

$$E = \frac{\sigma (\text{gerilme})}{\epsilon (\text{gerinme})} \quad (3.4)$$

Eşitlikte E, esneklik modülü veya Young modülüdür.

Metal ve alaşımlarda esneklik modülünün değeri atomlar arasındaki bağ kuvvetine bağlıdır.

3.3. Elastiklik Sınırı

Çekme yükü kaldırıldığı zaman malzemede kalıcı (plastik) şekil değişiminin görülmediği en büyük gerilmenin olduğu noktadır. Bu sınır aşıldığında plastik şekil değişimi başlar [3].

3.4. En Yüksek Çekme Dayanımı

Çekme dayanımı mühendislik gerilme-gerinme çizgisinde ulaşılan en yüksek noktadır. Mühendislik gerilmesi numunenin başlangıçtaki kesitini temel aldığından, eğer numune kesitinde bölgesel bir daralma oluyorsa (yaygın olarak boyun verme denir), kopmaya kadar, gerinme arttıkça mühendislik gerilmesi küçülecektir. Daha sünek malzemeler kırılmadan önce daha fazla boyun verecek, dolayısıyla gerilme-gerinme eğrisinde gerilme en yüksek gerilmeden daha fazla bir düşüş gösterecektir.

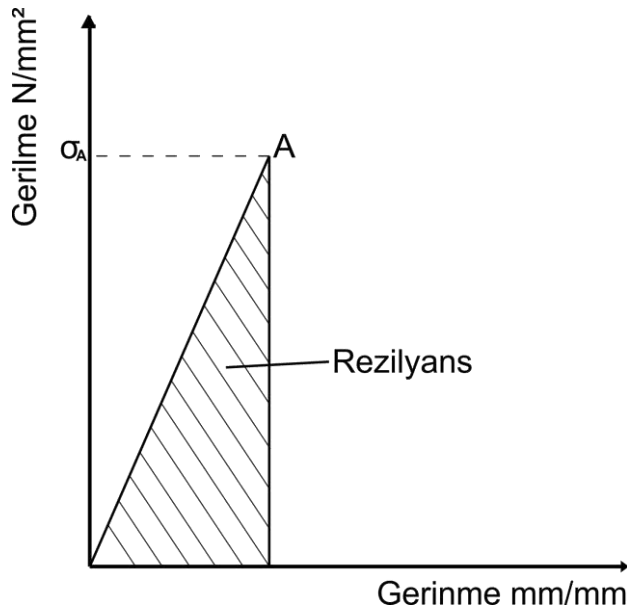
Mühendislik gerilme-gerinme çizgilerinde önemli bir nokta, metal ve alaşımlarda gerilmenin kopmaya kadar gittikçe artmakta olmasıdır. Biz mühendislik gerilmesini belirlemek için başlangıçtaki kesit alanını kullandığımızdan, mühendislik gerilme-gerinme eğrisinde mühendislik

gerilmesi deneyin sonuna doğru düşmektedir. Bir malzemenin çekme dayanımı, gerilme-gerinme eğrisinin en yüksek noktasından bir yatay çizgi çizilerek bulunur. Bu çizginin gerilme eksenini kestiği nokta en yüksek çekme dayanımını veya kısaca çekme dayanımı diye adlandırılır.

Ulaşılmadan önce çok fazla yoğruk biçim değiştirme gösterdiğinden, en yüksek çekme dayanımı sünek alaşımların mühendislik tasarımlarında pek kullanılmaz. Fakat, en yüksek çekme dayanımı malzemede bulunan kusurlar hakkında bir fikir verebilir. Eğer malzeme gözenek ve kalıntılar içeriyorsa, bu kusurlar malzemenin en yüksek çekme dayanımının olması gerekenden düşük çıkmasına neden olabilir.

3.5. Rezilyans

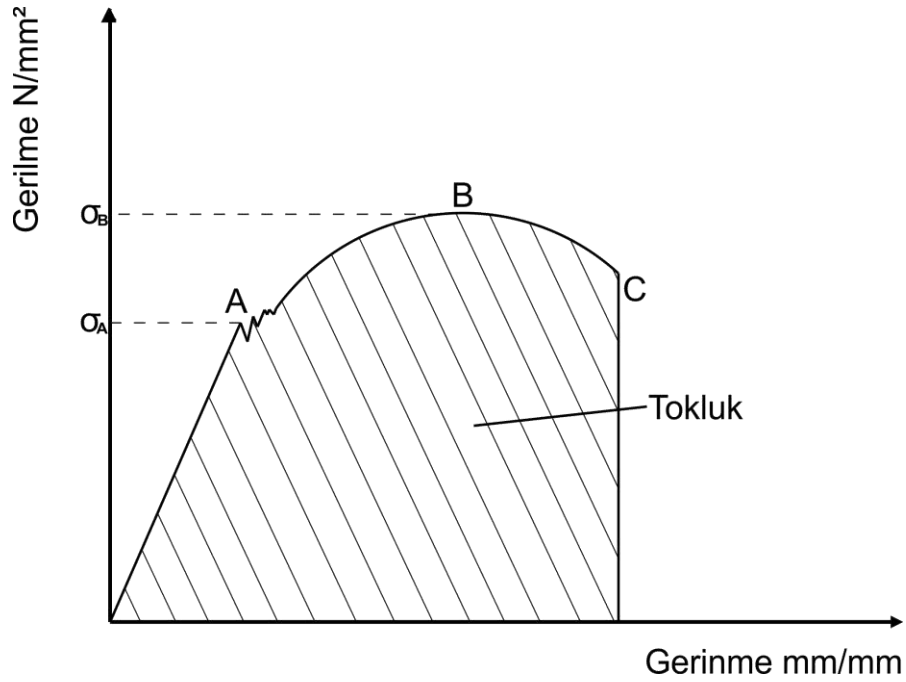
Elastik alanda akma sınırına kadar yapılan birim hacim şekil değişimi işine rezilyans modülü denir. Gerilme-gerinme diyagramının elastik bölgesi altında kalan alandır (Şekil 3.3.). Malzemenin elastik durumunu korumak kaydıyla ne kadar enerji absorbe edebileceğinin göstergesidir [3].



Şekil 3.3. Gerilme-gerinme diyagramında rezilyans alanı

3.6. Tokluk

Bir malzemenin kopmaya kadar absorbe ettiği enerji miktarıdır ve gerilme-gerinme diyagramı altındaki tüm alanı kapsar (Şekil 3.4.). Malzeme kopmadan birim hacimde yapılabilecek toplam işi gösterir [3].



Şekil 3.4. Gerilme-gerinme diyagramında tokluk alanı

3.7. Akma Gerilmesi

Akma gerilmesi, metallerin ve alaşımlarının belirli miktarda yoğruk biçim değiştirdikleri gerilme olarak mühendislik tasarımları için önemli bir değerdir (Şekil 3.1.). 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 [3].

3.8. 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 uzama ölçer ile sürekli olarak ölçülür. Kırılma sonrası yüzde uzama ise şu eşitlikten hesaplanır:

$$\% \text{ uzama} = \frac{\text{son uzunluk} - \text{başlangıç uzunluğu}}{\text{başlangıç uzunluğu}} \times 100 = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100 \quad (3.5)$$

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 [2].

3.9. Yüzde 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 [2]:

$$\% \text{ alan daralması} = \frac{\text{başlangıç alanı} - \text{son kesit}}{\text{başlangıç alanı}} \times 100 = \frac{A_0 - A_s}{A_0} \times 100 \quad (3.6)$$

4. TASARIMA AİT MALZEME VE EKİPMAN ANALİZİ

Bu çalışma kapsamında Gazi Üniversitesi mekanik mukavemet laboratuvarında kullanılmak amacıyla 10 kN çekme kapasitesine sahip ve genellikle düşük mukavemetli plastik malzemelerin çekme testlerinde kullanılmak üzere bir deney cihazının tasarımı ve üretimi yapılmıştır. Tasarımı ve üretimi yapılan deney cihazı ile daha çok düşük mukavemetli plastik malzemeler test edileceğinden, üretim sonrasında üç farklı plastik malzeme ile testler yapılmış ve bu testler sonucu elde edilen veriler, bu malzemelerin literatür verileri ile karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda bu plastik malzemelerin çekme testleri, kalibrasyonu yapılmış güvenilir bir çekme test cihazında ayrıca yaptırılmıştır(KOSGEB Ankara). Elde edilen test sonuçları ve çalışma kapsamında ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılarak deney cihazının beklenen güvenilirlikte çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir.

4.1. Test Cihazını Oluşturan Elemanlar ve Görevleri

Tasarımı ve üretimi yapılan deney cihazı aşağıda belirtilen ana bölümlerden oluşmaktadır:

- a. Ana gövde
- b. Tahrik grubu
- c. Sensörler
- d. Güç ve kontrol kartı
- e. Kayar çeneler
- f. Bilgisayar

4.1.1. Ana gövde

Deney cihazı üzerinde bulunan ve tüm yapısal elemanları bir arada tutarak sistem içerisinde belirlenen görevini yapmasında yardımcı olan bölümdür. Ana gövde 6 farklı parçadan oluşmaktadır. Bu parçaların sistem üzerinde aşağıdan yukarıya doğru sıralanmış hali aşağıdaki gibidir:

- a. Sehpa
- b. Alt tabla
- c. Orta tabla (Hareketli tabla)
- d. Üst tabla
- e. Sigma profiller
- f. Saç kapaklar

4.1.2. Tahrik grubu

Deney numunesi üzerindeki artan çekme kuvvetinin oluşturulduğu bölümdür. Hareketli çenelerdeki hareketin ölçümü ve kontrolü belirli bir hassasiyet gerektirdiği için sistem tasarımında servo motor kullanılmıştır. Tahrik grubu 7 ana parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar aşağıdaki gibidir:

- a. Servo motor
- b. Redüktör
- c. Vidalı mil
- d. İndüksiyonlu miller ve lineer rulmanlar
- e. Sabit yataklar
- f. Hareketli yataklar
- g. Kaplinler

Servo motorlar

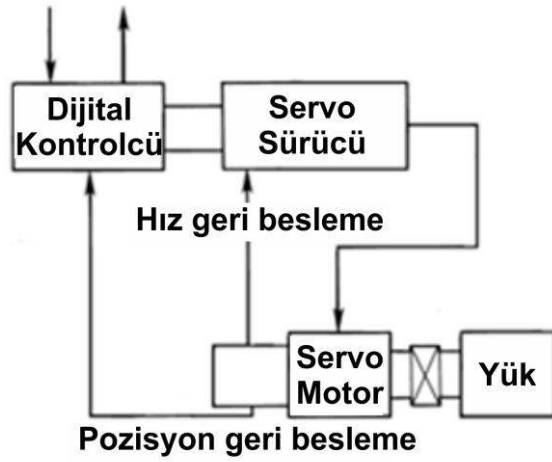
Servo motorlar bir kontrolcü (sürücü) tarafından gönderilen kodlanmış sinyaller yardımı ile motor şaftını özel bir açısal pozisyonda döndürülebilen motorlardır (Resim 4.1.).



Resim 4.1. Servo motor

Kodlanmış sinyal servo motorun girişine uygulandığı sürece servo motor şaftın açısal pozisyonunu korur. Kodlanmış sinyal değiştirilirse şaftın açısal pozisyonu da değişir.

Genellikle bütün servo motorlar bünyelerinde yerleşik bir enkoder (resolver) bulundurlar. Motor şaftının istenilen pozisyona döndürülmesi esnasında motor şaftı ile birlikte dönen bu enkoder, gerçekleşen dönüşü elektriksel sinyallere çevirerek kontrol birimine aktarır. Motor şaftının döndürülmek istendiği konum enkoder tarafından ölçülen gerçek konum ile karşılaştırılır. Enkoder tarafından gerçekleştirilen bu karşılaştırma sonucu ortaya çıkan fark bir düzeltme sinyali ile tekrar motor sürücüsüne iletilir ve hata düzeltilene kadar bu kapalı döngü devam ettirilir (Şekil 4.1.). Bu kapalı döngünün oluşturulması sayesinde servo motorlar ile istenilen konum hassasiyeti sağlanmış olur.



Şekil 4.1. Servo motorların kapalı çevrimi

Redüktörler

Elektrik motorlarının yüksek dönüş hızlarını makineler için gerekli olan dönüş hızlarına düşürmek için tasarlanan kapalı dişli düzenekleridir (Resim 4.2.). Uygulamalarda sadece hareketin hızını değiştirmesinin yanı sıra hareketin yönünü değiştirmek amacıyla da sıklıkla kullanılırlar.



Resim 4.2. Redüktör

Vidalı miller

Vidalı miller, uzun bir çubuğun üzerine açılmış eşit adımlı vida oyuğu, bu oyukta çalışan küresel bilyeler ve bilyeleri içinde hapseden bir somundan ibarettir. Somun, vida boşluğunu sıfıra indiren bir yapıya sahiptir (Resim 4.3.).



Resim 4.3. Vidalı mil

Vidalı miller genellikle iki ucundan yataklanarak kullanılan makine elemanlarıdır. Bir ucundan bir elektrik motoru ile (genelde ya adım motoru ya da servo motor) ile döndürülür. Bilyeler vida dış çapındaki oyuklar ile somun iç çapındaki oyuklar arasında kapalı bir kanal içerisinde dolaşır.

Bu sebeple örneğin universal tornalarda diş çekmekte kullanılan ana milde karşılaşılan kayma sürtünmesi vidalı milde yuvarlanma sürtünmesine dönüşmüştür ve yuvarlanma sürtünme katsayısı kayma sürtünme katsayısına göre çok küçük olduğundan vida ve somun aşınması fevkalade azaltılmış, bunun sonucunda elemanların ömrü ve hassasiyeti artmıştır.

Takım tezgahlarında vidalı mil dişlerinde olabilecek hatve hataları hatvelerin çok hassas ölçümü ve elde edilen neticelerin kontrol sistemi hafızasına gönderilmesi suretiyle telafi edilir ve 1 mikron seviyesinde hassas ilerleme hareketleri elde edilebilir. Bu hassasiyete kremayer veya başka yollarla erişilmesi mümkün değildir.

Vidalı mil sistemi “Rack and Pinion” sistemine göre daha yavaştır. Fakat dairesel hareketi lineer harekete çevirdiği için çok daha hassastır. Bu nedenle hassas işlemlerde daha çok tercih edilirler.

4.1.3. Sensörler

Deney numunesi üzerinde meydana gelen fiziksel değişimlerin algılanıp elektriksel sinyallere dönüştürüldüğü bölümdür. Çekme deneyini oluşturan en önemli iki nicelikten uzama ve kuvvetin ölçülmesi bu sensörler ile yapılmaktadır. Ayrıca hareketli tablanın sınırlarının belirlenebilmesi için sistem üzerinde 2 adet sınırlama anahtarı konularak tabla hareketlerinin kontrollü bir biçimde yapılması sağlanmıştır. Sistem üzerinde kullanılan sensörler aşağıdaki gibidir:

- a. Yük hücresi
- b. Uzama ölçer
- c. Sınırlama anahtarı

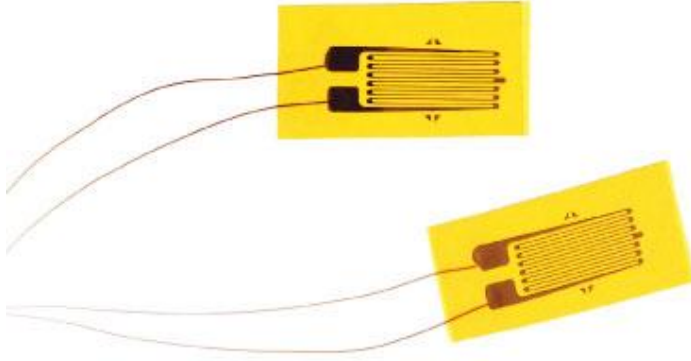
Yük hücreleri

Yük hücreleri, üzerlerine uygulanan kuvveti elektrik sinyaline çeviren elemanlardır (Resim 4.4.).



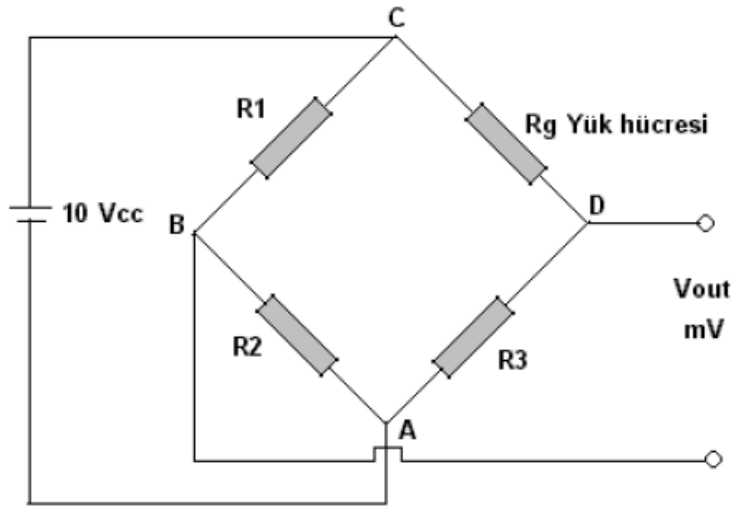
Resim 4.4. Yük hücresi

Genel olarak bir yük hücresi, metal bir gövde ve bu gövde içersine belirli bir düzende yerleştirilmiş Strain Gaugelerden (Resim 4.5.) meydana gelmiştir.



Resim 4.5. Strain gauge

Bu Strain gaugeler yaygın olarak birbirlerine Wheatstone köprüsü şeklinde bağlanmışlardır (Şekil 4.2.).



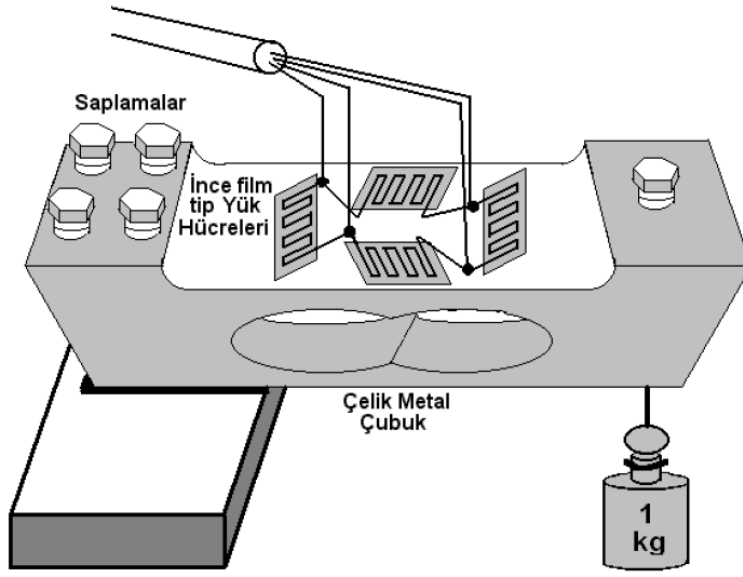
Şekil 4.2. Wheatstone köprüsü

Şekil 4.2.'de görülen Wheatstone köprüsü çalışma prensibi olarak, eğer R1, R2, R3 ve Rg dirençleri birbirine eşitse Vcc beslemesi köprü girişine uygulandığında B ve D çıkışından herhangi bir voltaj okunmaz. Yani çıkış (yük) sıfırdır.

Eğer yük hücresinin R_g 'ye bağlı olduğu bacakta uygulanan yükten dolayı Strain gauge'nin direnci değişirse çıkış terminalinde voltaj artmaya başlar. Yük hücreleri wheatstone köprüsüne 1 tane bağlanabileceği gibi 2, 3 ve 4 bacağa da sabit direnç yerine Yük Hücreleri bağlanabilir.

Yük hücreleri 4 adet olmak üzere çelik karkas üzerine monte edilmiştir. Dizayn olarak aşağı-yukarı, ileri ve geri bölgelerden gelen tüm hareket ve güçleri ölçebilecek kabiliyettedir. Çünkü bu bölgelerden gelen herhangi bir gerilmeye karşı dört Yük hücresin' den biri mutlaka cevap verecektir. Ayrıca bu dört Yük hücresi Wheatstone köprüsünün her bir bacağına monte edildiğinden çevre sıcaklığındaki bir artış hepsini aynı oranda etkileyeceğinden farklı direnç uyumsuzluğu da ortadan kalkacaktır.

Yük hücreleri Epoxy reçine üzerine moleküler olarak sıcak erimiş püskürtme ile kalıplandığından atomlar arasında moleküler bağlantı güçlü olup üzerindeki iletken kanalları aynı anda çalışacaktır. Bu ince film imalatı yük hücreleri kuvvetli bir yapıştırıcı ile metal gövde üzerine yapıştırılmışlardır ve yapıştırıldığı yüzey ile beraber hareket ederler (Şekil 4.3.). Dolayısıyla uygulanan kuvvet nedeniyle metal yüzeyindeki esneme yük hücrelerinin de uzatıp kısaltacağından iç direnç değişimi nedeniyle bir sinyal üretilmesine neden olacaktır. Bu sinyal sonra yükseltip, lineerleştirilir ve bir elektronik indikatör yardımı ile kullanılır.



Şekil 4.3. Strain gaugelerin bağlanması

Uzama ölçer

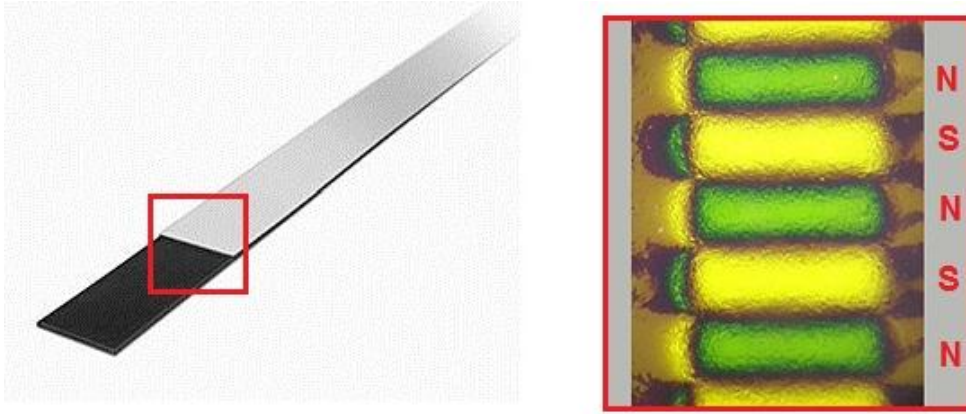
Uzama ölçer, deney düzeneği üzerine bağlanan deney numunesinin boyundaki uzama miktarının ölçüldüğü bölümdür. Kayar çeneler arasına bağlanan numunenin istenilen bir kesiminin deney esnasında ne kadar uzadığı hassa bir şekilde uzama ölçer ile ölçülür.



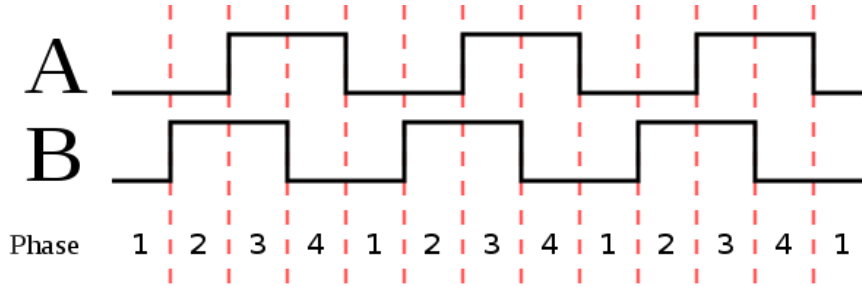
Resim 4.6. Uzama ölçer

Uzama ölçer, kısıkaçlar üzerine bağlanmış okuyucu entegre ve bu entegrenin üzerinde hareket ettiği manyetik bir banttan oluşmaktadır (Resim 4.7.).

Manyetik bantlar içerisinde 2+2 mm uzunluğunda ve N-S kutupları şeklinde dizilmiş mıknatıs çiftlerinden oluşmaktadır. Bu mıknatısların üzerinden geçen sensör entegresi her bir kutup çiftini geçtiğinde A+B sinyal çiftleri (Şekil 4.4.) oluşturularak kontrol kartına iletmektedir. Oluşturulan bu sinyal çiftleri sayesinde kısıkaçların ne kadar hareket ettiği hassa bir biçimde ölçülebilmektedir.



Resim 4.7. Manyetik bant



Şekil 4.4. A ve B sinyal çifti

Sınırlama anahtarları

Sınırlama anahtarı, deney cihazı üzerinde bulunan hareketli tablanın hareketlerini elektriksel olarak sınırlandıran elemandır. Ürettiği elektriksel sinyaller ile hareketli tablanın alt ve üst noktalara geldiğini kontrol kartına iletmektedir.



Resim 4.8. Sınırlama anahtarı

4.1.4. Güç ve kontrol kartı

Deney cihazı üzerindeki elemanlara güç dağıtımı, kontrolü ve sensörlerden gelen elektriksel sinyallerin sayısal verilere dönüştürülmesi bu kartlarla sağlanmıştır. Güç ve kontrol kartları aşağıdaki gibidir:

- a. Güç kaynağı
- b. Motor kontrol kartı
- c. Sensör (Yük hücresi ve uzama ölçer) kontrol kartları

4.1.5. Numune tutucular

Hareket grubu tarafından oluşturulan çekme kuvvetinin deney numunesine en az kayıpla iletilmesini sağlayan elemanlardır. Genellikle numune tutucu tasarımlarında kayar çeneler kullanılmaktadır.

Kayar çeneler

Kayar çeneler uç kısımlarındaki açılı tasarımları sayesinde üzerlerine uygulanan artan çekme kuvvetini çenelerde artan basma kuvvetine dönüştürerek numunenin çeneler üzerinden kaymasını önlerler.



Resim 4.9. Kayar çeneler

4.1.6. Bilgisayar

Kontrol kartlarından gelen sayısal verilerin depolandığı ve yorumlandığı birimdir. Deney cihazının kontrolü ve deneylerin yürütülmesi bu bilgisayar ile sağlanmaktadır.

4.2. Test Cihazının Tasarımı

Çalışmanın giriş bölümünde de belirtildiği gibi tasarımı ve üretimi yapılan test cihazı genellikle görece düşük mukavemetli plastik malzemelerin testlerinde kullanılacaktır. Test cihazının gövde tasarımı yapılırken dikkat edilen en önemli parametrelerden biriside yüksek (yaklaşık 1000 mm) hareket kabiliyetine sahip olmasıdır. Sistemi oluşturan her bir eleman çekme testi esnasında uygulanacak olan 10 kN'luk yük altında güvenli bir biçimde çalışabilmelidir. Bununla birlikte test cihazı tasarımı yapılırken ileride yapılabilecek bir kapasite artırımında dikkate alınarak malzemelerin kesit kalınlıkları belirlenmiştir.

Test cihazının çekme kapasitesi, yapılan literatür ve piyasa araştırmaları sonucu belirlenmiştir. Genellikle düşük mukavemetli malzemeler üzerinde ilgili ASTM standardına göre numunelere çekme testleri uygulanacağından,

gerekli kuvvetin belirlenmesi de bu standartta belirtilen numune ölçülerine göre belirlenmiştir.

4.2.1. Hareketli tabla hızının belirlenmesi

Test cihazı üzerinde bulunan ve numuneler üzerindeki gerilmenin oluşturulduğu hareketli tablanın hareket hız aralığı yapılan literatür ve piyasa araştırmaları sonucu benzer test cihazların kapasitesi göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

Yaygın olarak kullanılan test cihazları incelendiğinde;

Minimum çekme hızı ($V_{\min}$)= 0,01 mm/dk

Maksimum çekme hızı ($V_{\max}$)= 255 mm/dk, olarak belirlenmiştir.

Hareketli tablanın doğrusal hareketi alt ve üst tabla üzerine bağlanan vidalı miller sayesinde sağlanmıştır. Vidalı mil olarak 32 / 5 (32 mm çapında ve 5 mm hatveli) vidalı mil seçilmiştir. Sistem üzerinde 7,25 ve 8 tahvil olmak üzere iki adet helis tip redüktör seri bağlanarak servo motorun oluşturduğu torkun vidalı mile aktarılması sağlanmıştır. Belirlenen minimum ve maksimum hız aralığı ve redüktör tahvilleri göz önüne alındığında gerekli motor devri;

$\dot{I}_1 = 7,25$ (1. redüktör tahvili)

$\dot{I}_2 = 8$ (2. redüktör tahvili)

$\dot{I}_v = 5$ (vidalı milin hatvesi)

$\dot{I}_t = 7,25 \times 8 = 58$ (toplam tahvil)

Minimum tabla hızı için motor devri ($D_{\min}$)= $\dot{I}_t \times V_{\min} / 5 = 11,6 \times 0,01 = 0,116$ rpm

Maksimum tabla hızı için motor devri ($D_{\max}$)= $\dot{I}_t \times V_{\max} / 5 = 11,6 \times 255 = 2958$ rpm, olarak bulunur.

Yukarıdaki hesaplamalar neticesinde standart olarak temin edilen servo motorlardan 0 - 3000 devir aralıklı bir servo motor tercih edilmiştir (Bkz. Ek-3).

4.2.2. Servo motor torkunun belirlenmesi

10 kN'luk çekme kuvvetinin sağlanabilmesi için gerekli olan motor torku;

Çekme kuvveti (F_t)=10 kN

Her bir vidalı mil üzerine düşen çekme kuvveti (F_m)= 10 / 2= 5 kN

Her bir vidalı milin döndürülmesi gereken tork değeri (T_v)

Vidalı mil hatvesi ($\dot{I}_v$)

Vidalı mil verimi (η_1) =0,95 (Bkz. Ek-2)

7,25 tahvilli redüktörün verimi (η_2) =0,87 (Bkz. Ek-1)

8 tahvilli redüktörün verimi (η_3) =0,87 (Bkz. Ek-1)

Redüktörlerin toplam verimi ($\eta_r = \eta_2 \times \eta_3$)= 0,83 x 0,83 = 0,68

$T_v = F_m \times \dot{I}_v / (2\pi \times \eta_1)$

$T_v = 5 \times 5 / (2\pi \times 0,9) = 4,42 \text{ Nm}$

$T_m = 2 \times T_v \times (\dot{I}_t \times \eta_r)$

$T_m = 2 \times 4,42 / (58 \times 0,68) = 0,224 \text{ Nm}$ olarak bulunur

Çekme çeneleri arasında 10 kN çekme kuvveti oluşturulabilmesi için gerekli olan motor torku 0,224 Nm olarak bulunmuştur.

Yapılan hesaplamalar sonucunda 0,224 Nm tork çıkışı verebilen bir servo motor seçilmesi sistem için yeterlidir fakat ileride test cihazı üzerinde

yapılabilecek bir kapasite artırımı göz önünde bulundurulduğundan 2,4 Nm (Bkz. Ek-3) tork değeri olan bir servo motor seçilmiştir.

4.2.3. Güç aktarım elemanlarının (redüktör) belirlenmesi

Sistem üzerinde gerek konstrüksiyon gerekse güç gereksinimlerinden dolayı iki redüktör seri bağlanarak kullanılmıştır.

$I_1 = 7,25$ (1. redüktör tahvili)

$I_2 = 8$ (2. redüktör tahvili)

T_m motor torku 1. Redüktörün giriş miline bağlanmıştır. Bu durumda 1. Redüktörün çıkış milindeki tork değeri;

$$T_1 = 7,25 \times 0,224 = 1,624 \text{ Nm}$$

2. Redüktörün çıkış milindeki tork değeri;

$$T_2 = 8 \times 1,624 / 2 = 6,5 \text{ Nm olarak bulunur.}$$

Redüktörlerin katalog değerleri incelendiğinde (Bkz. Ek-1) hesaplanan çıkış tork değerlerinin güvenli bölgede olduğu belirlenmiştir.

4.2.4. Vidalı mil yüklerinin belirlenmesi

Çekme testi esnasında deney numunesi çekme kuvvetine maruz bırakılırken vidalı miller ise basma kuvvetine maruz kalmaktadır. Vidalı millerin güvenilirlik sınırları belirlenirken seçilen millerin dayanabileceği maksimum burkulma yükü bulunarak maksimum kapasitedeki yük ile karşılaştırılmıştır. Burkulma yükünün hesaplanmasında kullanılan sabitler ilgili firma kataloglarında belirtilen değerlerden alınarak hesaplamalar yapılmıştır (Bkz. Ek-2). Sistem üzerinde 1000 mm uzunluğunda iki adet vidalı mil kullanılmıştır ve bu millerin güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için uygulanabilecek maksimum yük;

Her bir vidalı mil üzerine düşen çekme kuvveti (F_m)= 10 / 2= 5 kN

Vidalı miller hareket grubuna bir tarafı sabit diğer tarafı destekli olarak bağlanmıştır, bu durumda montaj sabitleri ilgili katalogdan (Bkz. Ek-2)

$a_1 = 2$ (Sabit bağlantı katsayısı)

$a_2 = 10$ olarak belirlenir. (Desteklenmiş bağlantı katsayısı)

Vidalı millerin elastiklik modülü (E)= $2,06 \times 10^5$ N/mm²

Vidalı millerin boyu (L_a)=1000 mm

Vidalı millerin dış dibi çapı (d_1)= 29 mm

Alan atalet momenti (I)= $\pi \times d_1^4 / 64 = 34718,5$ mm⁴

Vidalı millerin kullanılabileceği maksimum güvenli yük ($P_1 = P_2$)

$$P_1 = P_2 = \frac{a_1 \times \pi^2 \times E \times I}{l_a^2}$$

$$P_1 = P_2 = \frac{2 \times \pi^2 \times 2,06 \times 10^5 \times 34718,5}{1000^2}$$

$P_1 = P_2 = 70587,65$ N olarak bulunur.

Bulunan değerler maksimum burkulma dayanımına karşı vidalı millerin çalışabilecekleri maksimum çekme yükünü göstermektedir. Her bir vidalı mil için üzerine etki eden maksimum çekme yükü ile bulunan değerler karşılaştırıldığında vidalı millerin güvenli olduğu görülmektedir.

4.2.5. Sistem elemanlarının mekanik analizleri

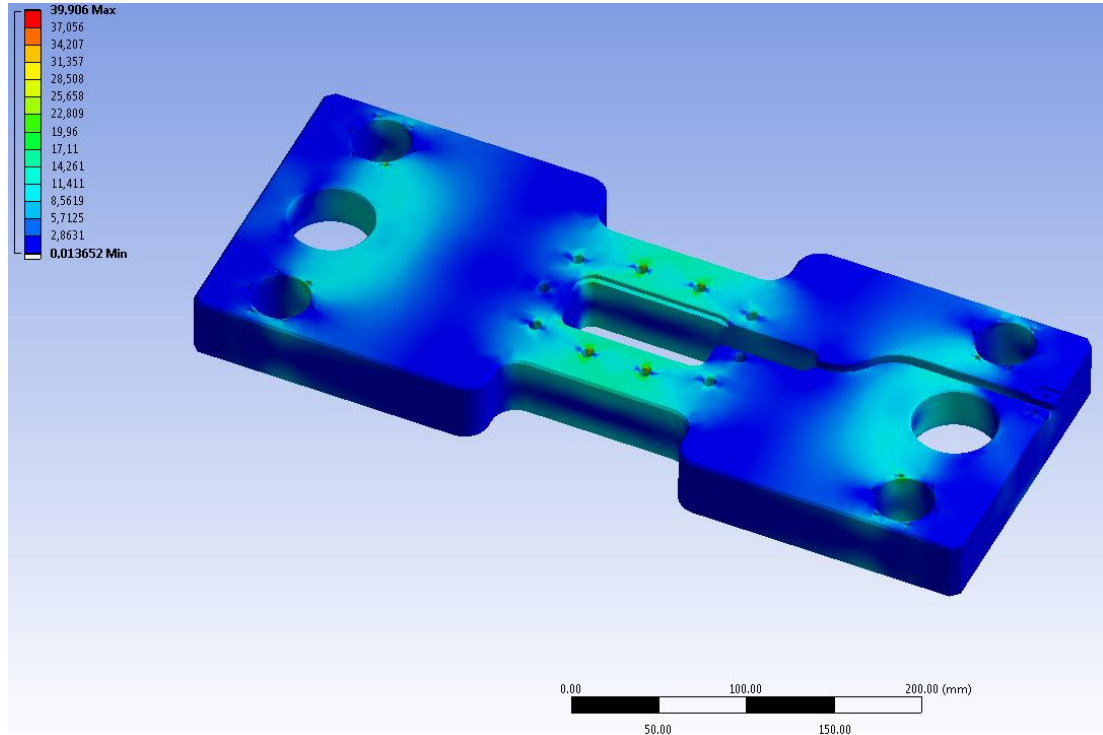
Sistemi oluşturan elemanların tasarımı esnasında malzemelerin mekanik dayanım sınırları göz önünde bulundurulmuştur ve sonlu elemanlar yöntemi kullanarak analizler gerçekleştirilmiştir. Sistem elemanlarının çalışma

esnasındaki gerilmeleri kontrol edilerek güvenli bölgenin içinde kalmaları sağlanmıştır.

Sistem tasarımında kullanılan üst tabla, sigma profiller ve lineer kızaklar üzerinde doğrudan çekme ve basma kuvvetleri etki etmediğinden bu elemanların mekanik analizleri yapılmamıştır.

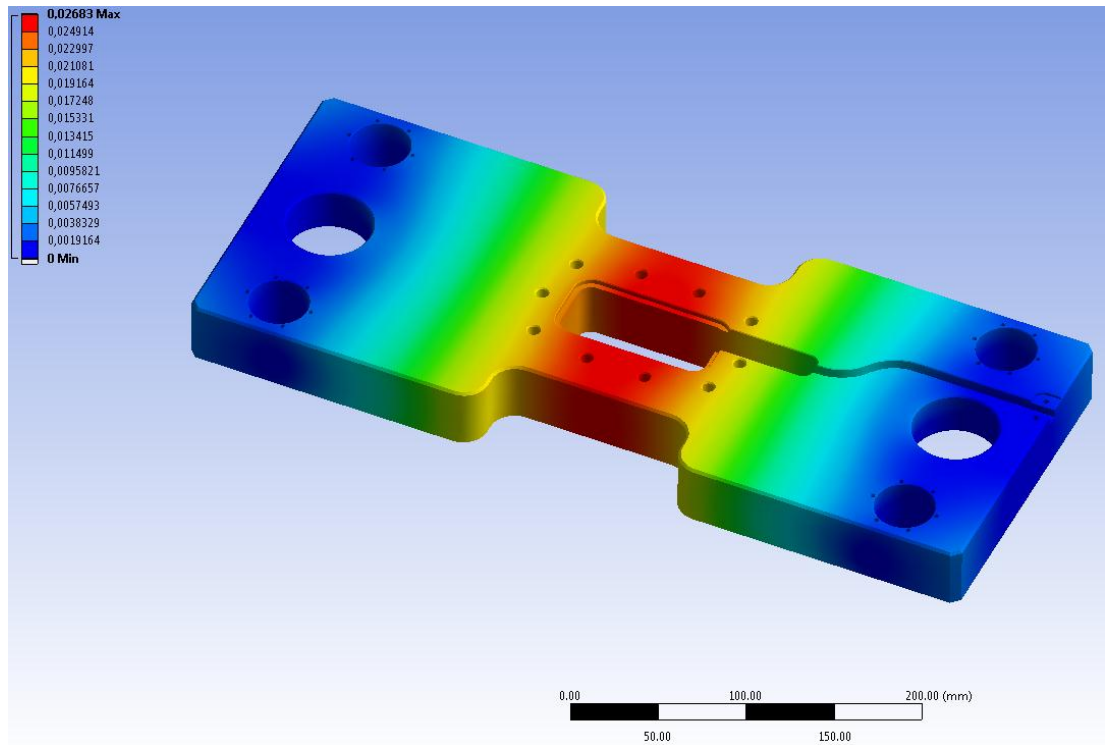
Hareketli tabla mekanik analizi

Şekil 4.5.'de Hareketli Tabla için gerilme analizi yapılmıştır ve gerilme analizi sonucunda maksimum gerilmenin Yük Hücresinin bağlandığı orta kesimde ve 40 MPa olduğu görülmüştür. Hareketli tabla için seçilen malzeme 1040 kalite çeliktir ve bu çeliğin akma dayanımı 290 Mpa'dır. İmalat için seçilen çeliğin maksimum akma dayanımı ve analiz sonucu ortaya çıkan gerilme karşılaştırıldığında Hareketli Tablanın maksimum çekme kuvvetinde güvenilir olduğu görülmektedir.



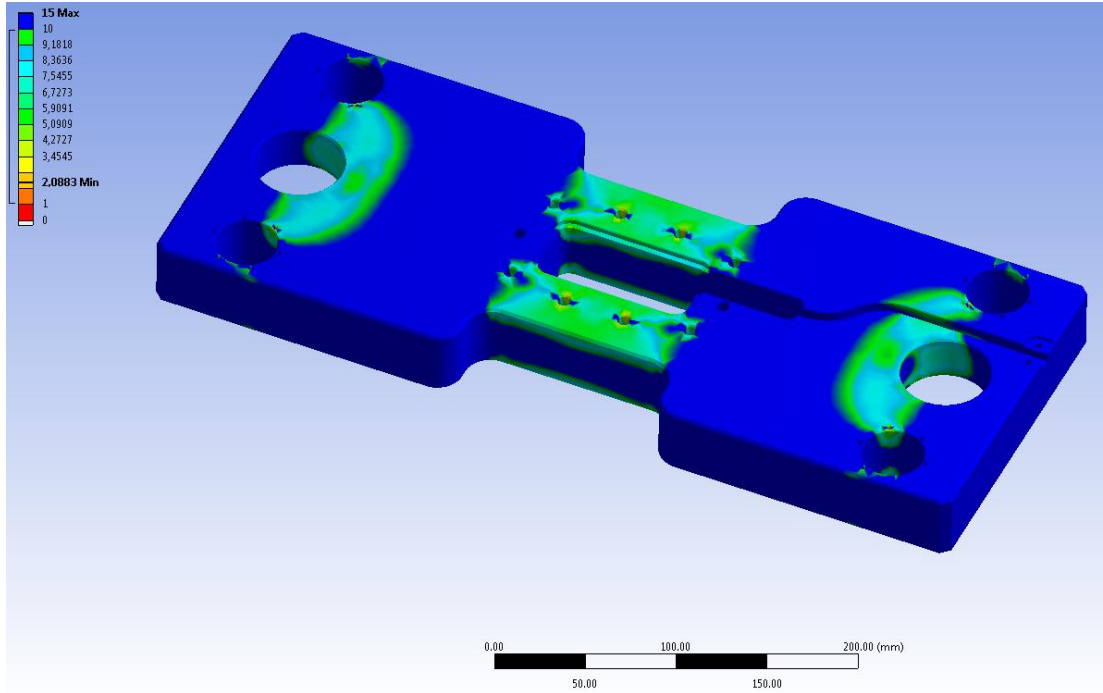
Şekil 4.5. Hareketli tabla gerilme analizi

Benzer şekilde Şekil 4.6.'da Hareketli Tabla için maksimum deformasyon analizi yapılmış ve maksimum deformasyonun beklenildiği gibi Hareketli Tablanın ortasında ve 0.026 mm olduğu görülmüştür. Belirlenen maksimum deformasyon değeri maksimum çekme kuvveti olan 10 kN kuvvet altında ortaya çıkmaktadır. Çekme testi esnasında Hareketli Tabla üzerinde oluşan bu deformasyon, test numunesinin boy ölçümü hassasiyetini etkilemeyeceğinden ihmal edilmektedir.



Şekil 4.6. Hareketli tabla deformasyon analizi

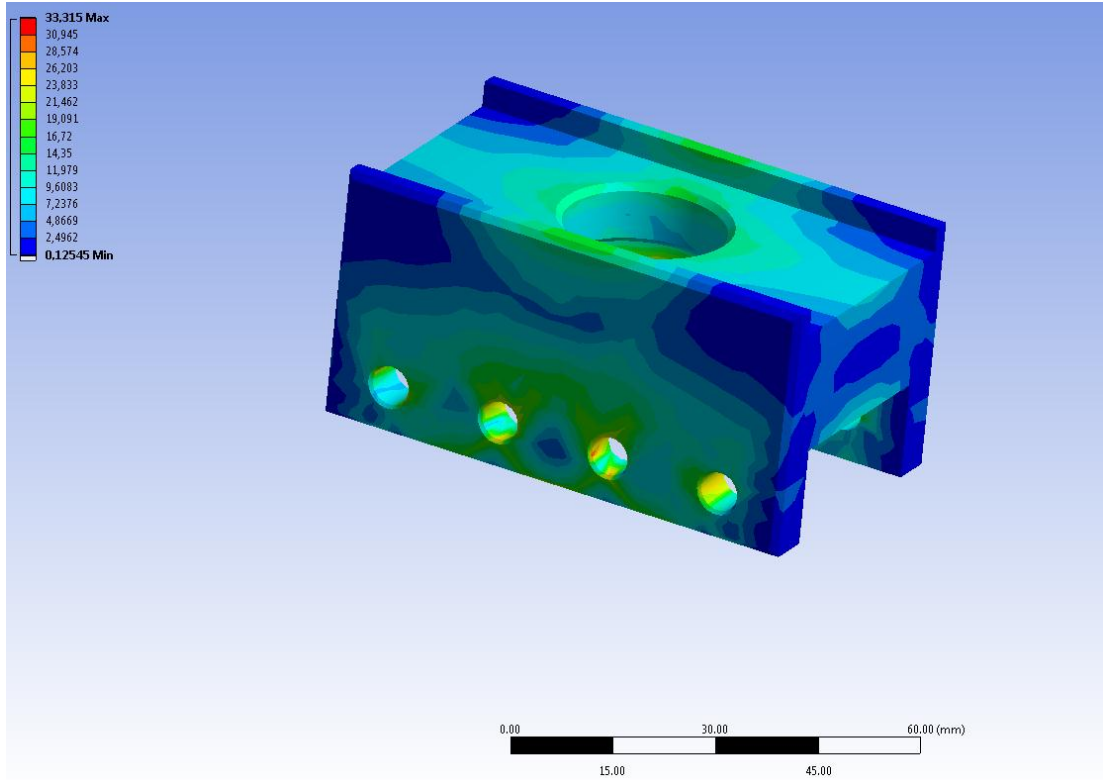
İleride test cihazı üzerinde yapılabilecek olası bir kapasite artırımında Hareketli Tablanın dayanabileceği maksimum gerilmenin bulunabilmesi amacıyla güvenlik katsayısı 2 tutularak gerilme analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda Hareketli Tablanın ileride gerçekleşebilecek bir kapasite artırımında 50 kN kapasiteye kadar güvenli bir şekilde çalışabileceği görülmüştür (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Hareketli tablanın maksimum gerilme analizi

Yük hücresi ve Kayar Çene bağlantısı mekanik analizi

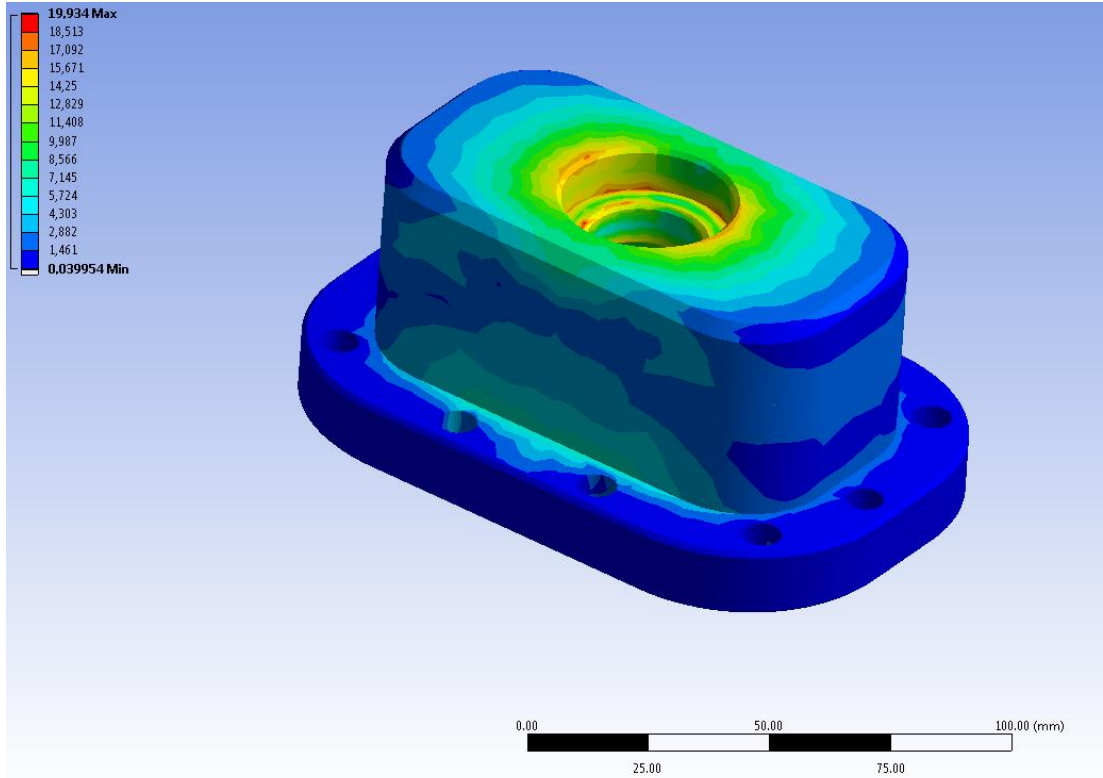
Şekil 4.8.'de Yük Hücresi ve Kayar Çene bağlantısı için gerilme analizi yapılmıştır ve gerilme analizi sonucunda maksimum gerilmenin 33 MPa olduğu görülmüştür. Bağlantı malzemesi için seçilen malzeme 1040 kalite çeliktir ve bu çeliğin akma dayanımı 290 Mpa'dır. İmalat için seçilen çeliğin maksimum akma dayanımı ve analiz sonucu ortaya çıkan gerilme karşılaştırıldığında Bağlantı Parçasının maksimum çekme kuvveti olan 10 kN'luk kuvvet altında güvenli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Yük hücresi ve kayar çene bağlantısı gerilme analizi

Yük hücresi bağlantı flanşı gerilme analizi

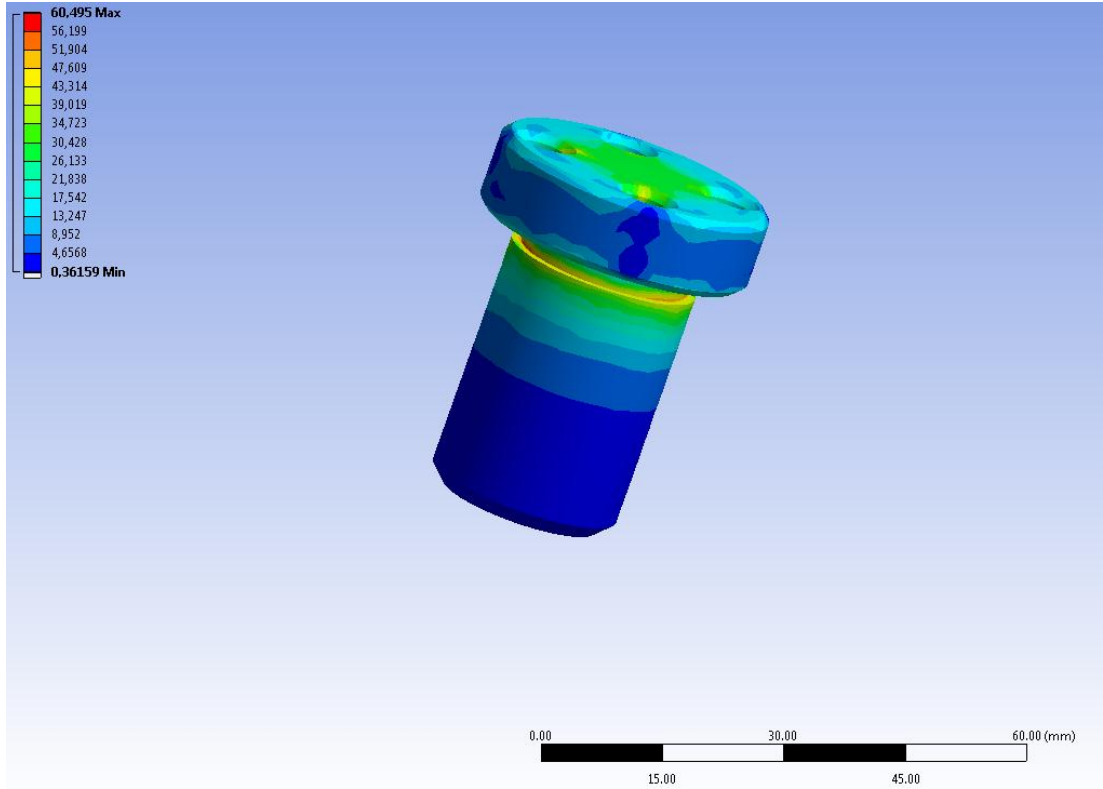
Şekil 4.9.'da Yük Hücresi Bağlantı Flanşı için gerilme analizi yapılmıştır ve gerilme analizi sonucunda maksimum gerilmenin 19,9 MPa olduğu görülmüştür. Bağlantı malzemesi için seçilen malzeme 1040 kalite çeliktir ve bu çeliğin akma dayanımı 290 Mpa'dır. İmalat için seçilen çeliğin maksimum akma dayanımı ve analiz sonucu ortaya çıkan gerilme karşılaştırıldığında Bağlantı Flanşının maksimum çekme kuvveti olan 10 kN'luk kuvvet altında güvenli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9. Yük hücresi bağlantı flanşı gerilme analizi

Yük hücresi bağlantı vidası gerilme analizi

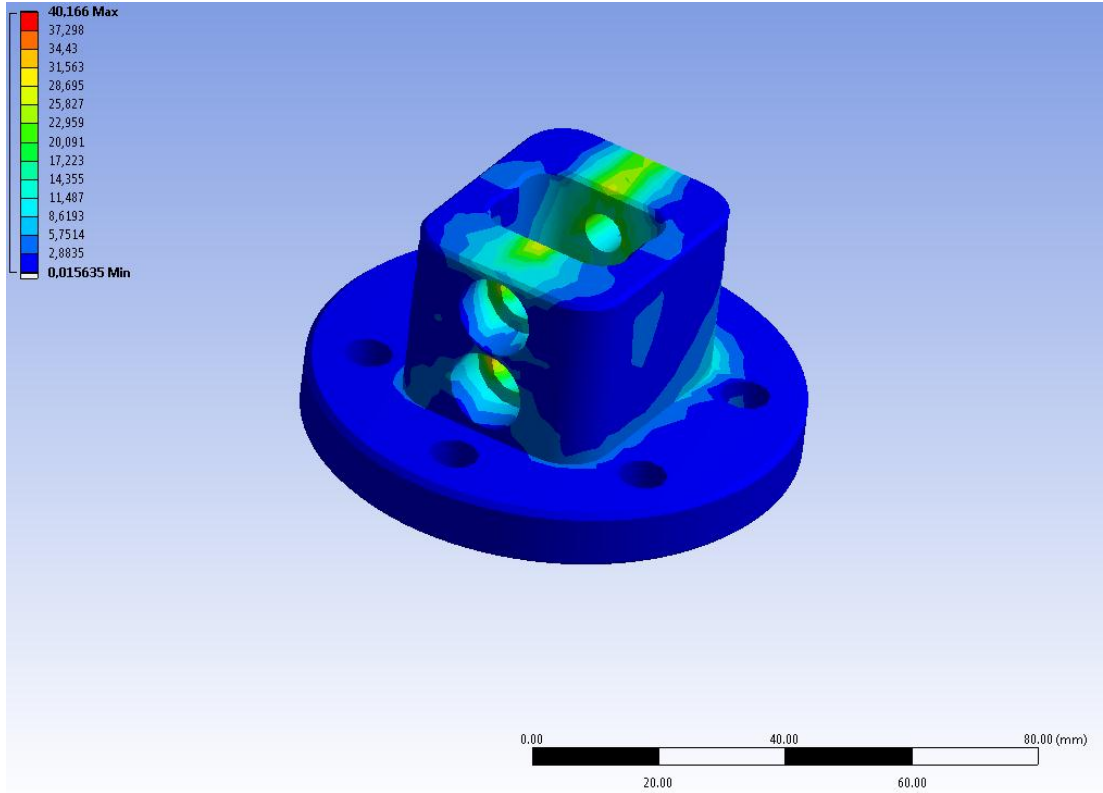
Şekil 4.10.'da Yük Hücresi Bağlantı Vidası için gerilme analizi yapılmıştır ve gerilme analizi sonucunda maksimum gerilmenin 60 MPa olduğu görülmüştür. Bağlantı malzemesi için seçilen malzeme 1040 kalite çeliktir ve bu çeliğin akma dayanımı 290 Mpa'dır. İmalat için seçilen çeliğin maksimum akma dayanımı ve analiz sonucu ortaya çıkan gerilme karşılaştırıldığında Vidanın maksimum çekme kuvveti olan 10 kN'luk kuvvet altında güvenli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Yük hücresi bağlantı vidası gerilme analizi

Kayar çene alt tabla bağlantısı mekanik analizi

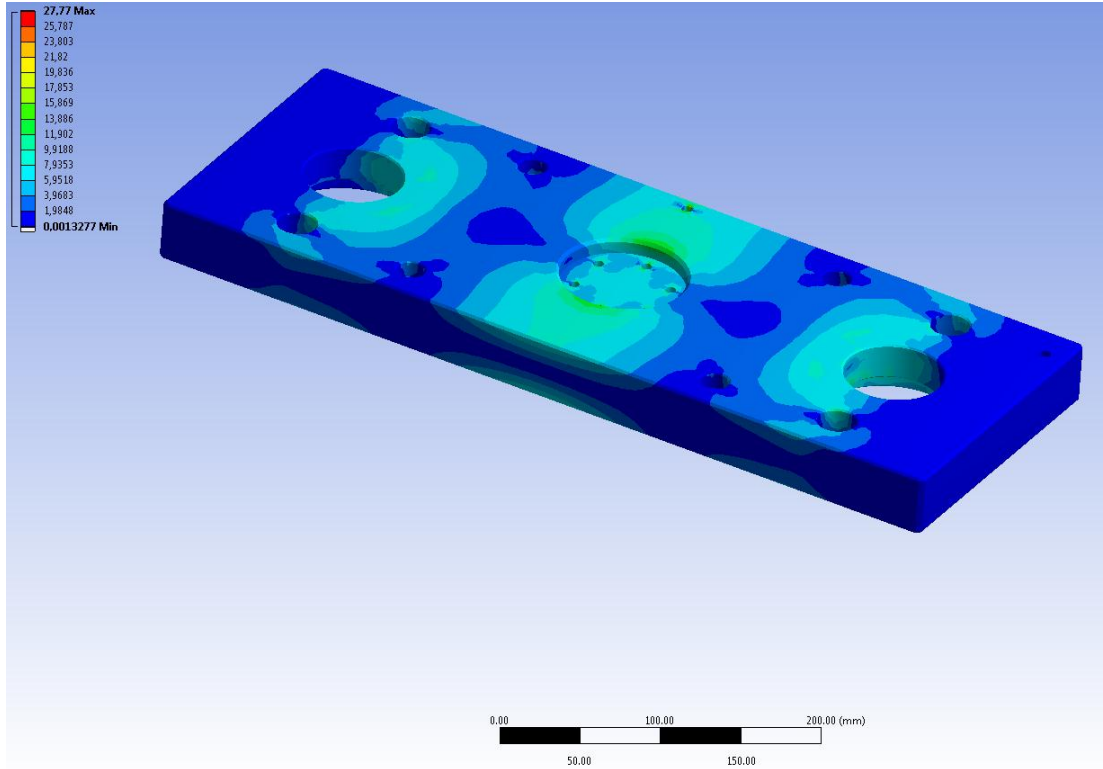
Şekil 4.11.'de Kayar Çene Alt Tabla Bağlantısı için gerilme analizi yapılmıştır ve gerilme analizi sonucunda maksimum gerilmenin 40 MPa olduğu görülmüştür. Bağlantı malzemesi için seçilen malzeme 1040 kalite çeliktir ve bu çeliğin akma dayanımı 290 Mpa'dır. İmalat için seçilen çeliğin maksimum akma dayanımı ve analiz sonucu ortaya çıkan gerilme karşılaştırıldığında parçanın 10 kN'luk maksimum çekme kuvvet altında güvenli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Kayar çene alt tabla bağlantısı mekanik analizi

Alt tabla mekanik analizi

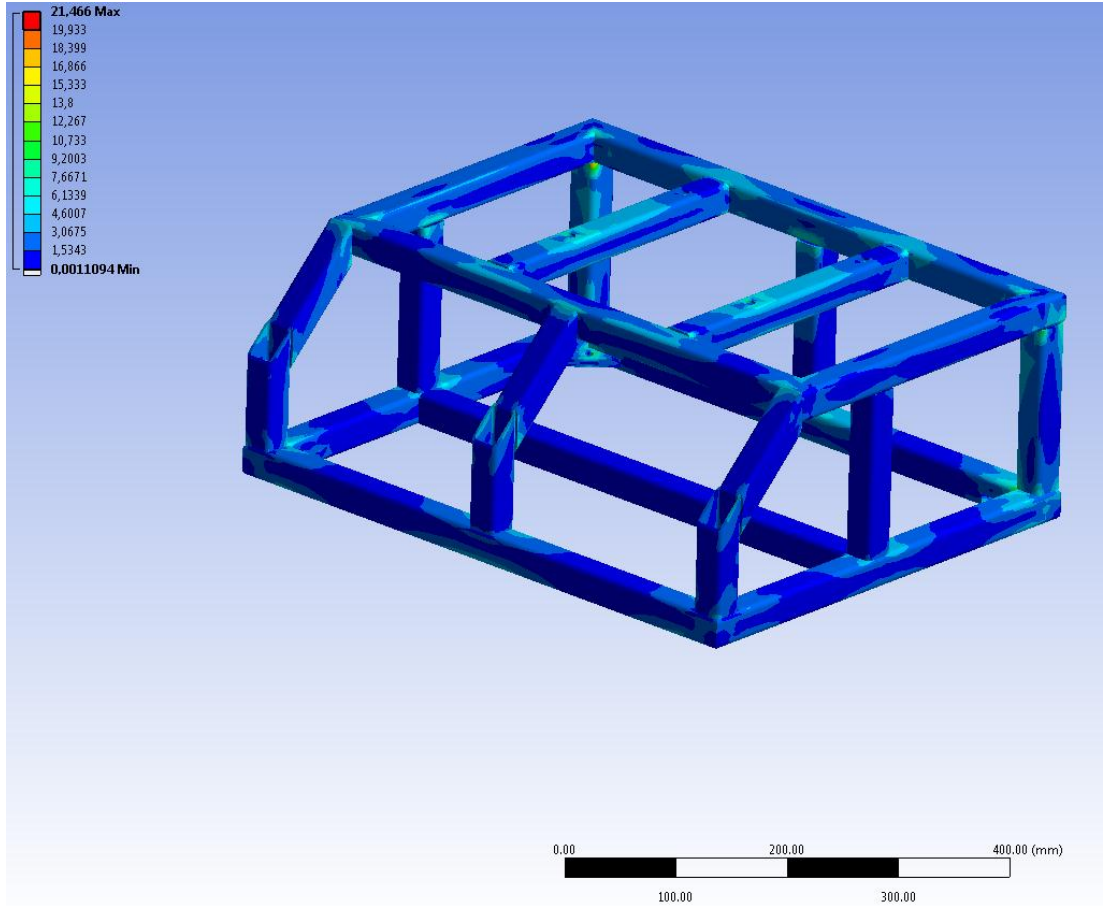
Şekil 4.12.'de Alt Tabla için gerilme analizi yapılmıştır ve gerilme analizi sonucunda maksimum gerilmenin 27,7 MPa olduğu görülmüştür. Alt Tabla için seçilen malzeme 1040 kalite çeliktir ve bu çeliğin akma dayanımı 290 Mpa'dır. İmalat için seçilen çeliğin maksimum akma dayanımı ve analiz sonucu ortaya çıkan gerilme karşılaştırıldığında parçanın 10 kN'luk maksimum çekme kuvvet altında güvenli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12. Alt tabla mekanik analizi

Sehpa mekanik analizi

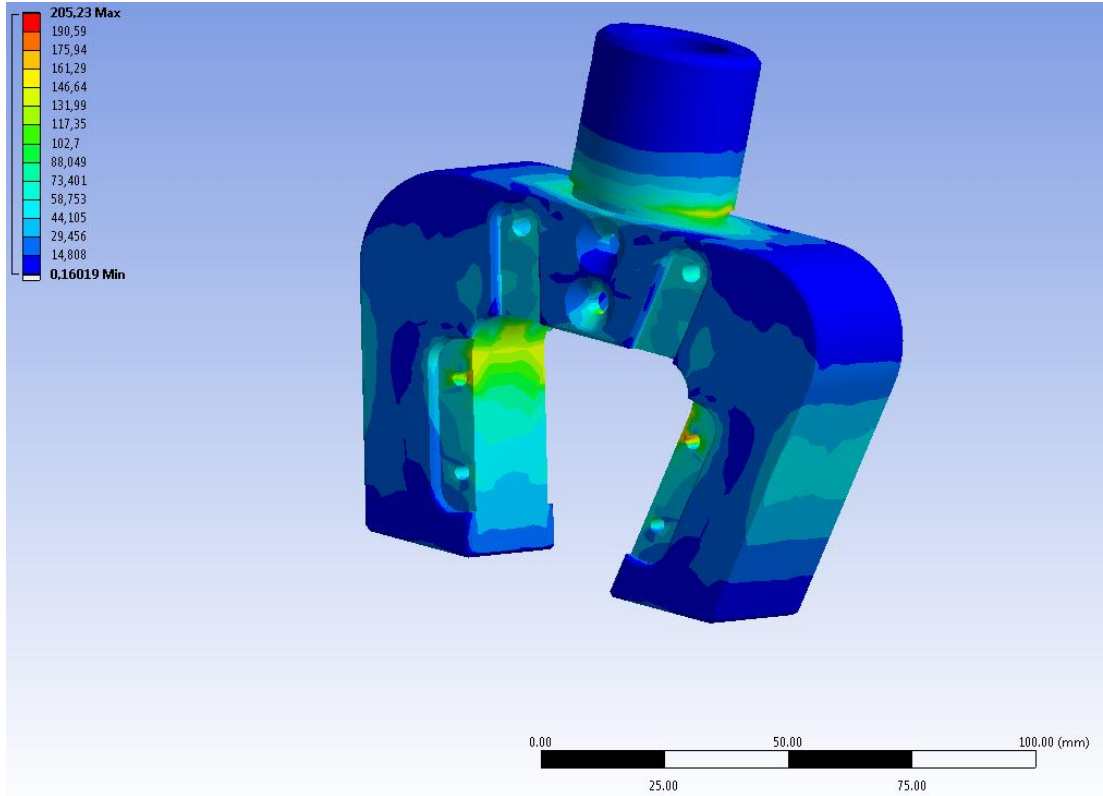
Şekil 4.13.'de Sehpa için gerilme analizi yapılmıştır ve gerilme analizi sonucunda maksimum gerilmenin 21,4 MPa olduğu görülmüştür. Test cihazı için destek görevi gören sehpa yapımında 30x30 mm ölçülerinde alüminyum profiller kullanılmıştır ve bu profiller birbirlerine kaynak ile sabitlenmiştir. Sehpanın yapımında seçilen profiller 1060 kalite alüminyum malzeme olup akma dayanımı 89 Mpa'dır. İmalat için seçilen profilin maksimum akma dayanımı ve analiz sonucu ortaya çıkan gerilme karşılaştırıldığında konstrüksiyonun test cihazının ağırlığı olan 130 kg yük altında güvenli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Sehpa mekanik analizi

Kayar çene mekanik analizi

Şekil 4.14.'de Kayar Çene için gerilme analizi yapılmıştır ve gerilme analizi sonucunda maksimum gerilmenin 205 MPa olduğu görülmüştür. Kayar Çene için seçilen malzeme 8620 kalite çeliktir ve bu çeliğin akma dayanımı 560 MPa'dır. İmalat için seçilen çeliğin maksimum akma dayanımı ve analiz sonucu ortaya çıkan gerilme karşılaştırıldığında parçanın 10 kN'luk maksimum çekme kuvvet altında güvenli olduğu görülmektedir.



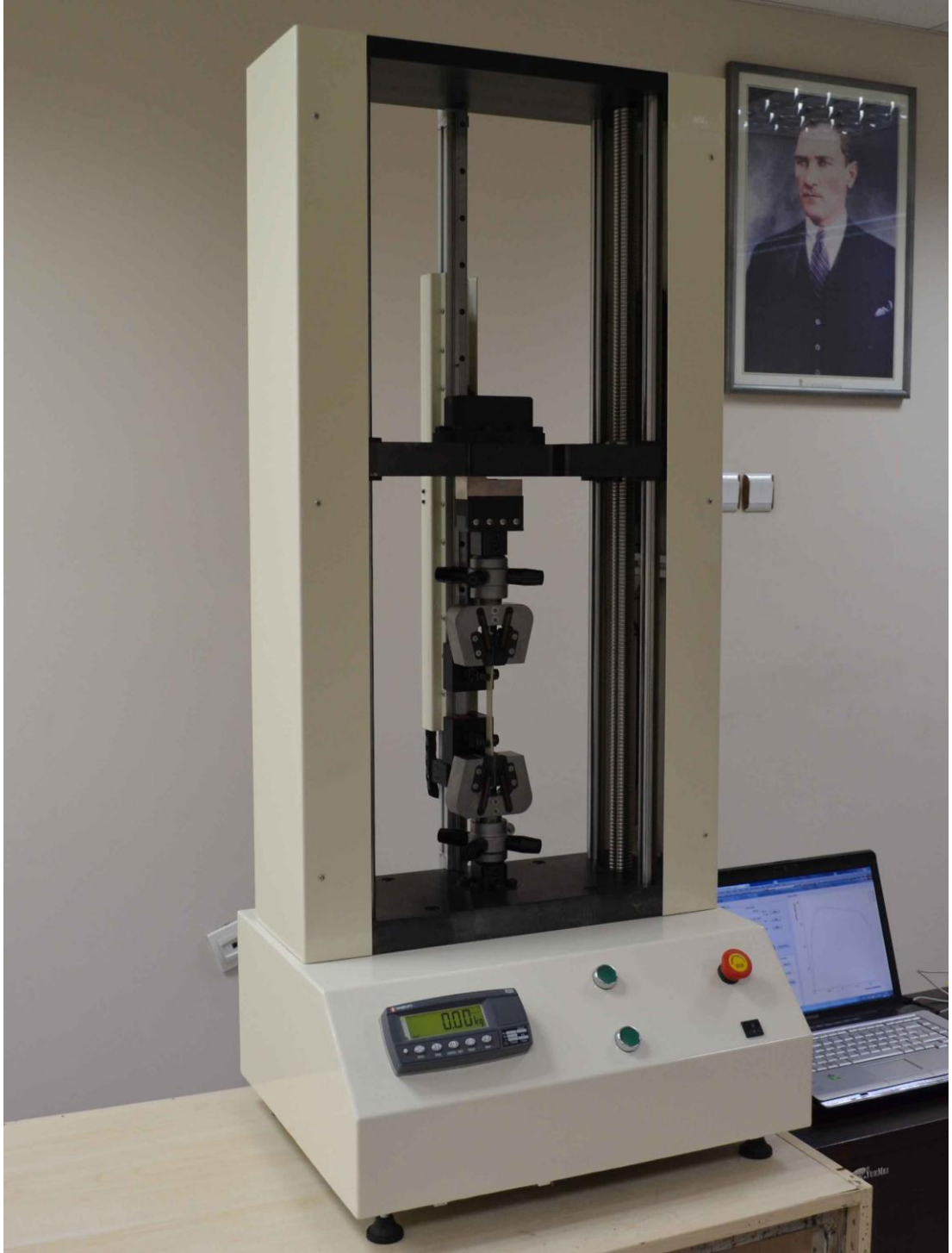
Şekil 4.14. Kayar çene mekanik analizi

4.3. Test Cihazının Üretimi

Tasarımı ve analizleri gerçekleştirilen test cihazının üretiminde ağırlıklı olarak çelik malzemeler kullanılmıştır. Üretim yöntemi olarak genellikle talaşlı imalat ve kaynaklı üretim kullanılmıştır. Özellikle numunelerin çekme işleminde kullanılacak çeneler olmak üzere aşınmaya maruz kalabilecek bazı parçalarda sementasyon işlemi ile sertleştirme uygulanmıştır. Bu şekilde parçaların aşınmaya karşı dirençleri arttırılmıştır. Üretimi bitirilen parçaların korozyon dirençlerini arttırmak amacıyla çeşitli yüzey kaplama işlemleri (fosfatlama, krom kaplama, eloksall v.b.) uygulanmıştır. Sisteminin tamamının bitmiş halinin görüntüsü Şekil 4.16.'da gösterildiği gibidir.



Şekil 4.15. Test cihazının tasarım görüntüsü



Şekil 4.16. Test cihazının bitmiş görüntüsü

Tablaların üretimi

Sitem üzerinde 3 farklı tabla bulunmaktadır. Bu tablalar tasarıma göre CNC işleme merkezinde talaşlı imalat yöntemi ile üretilmiştir. Alt ve hareketli tabla 1040 kalite çelik malzemeden üst tabla ise 6013 kalite alüminyum malzemeden üretilmiştir. Üretim sonrasında alt ve hareketli tablaların üzeri fosfat, üst tablanın üzeri ise eloksallı kaplama ile kaplanmıştır.

Sigma profillerin üretimi

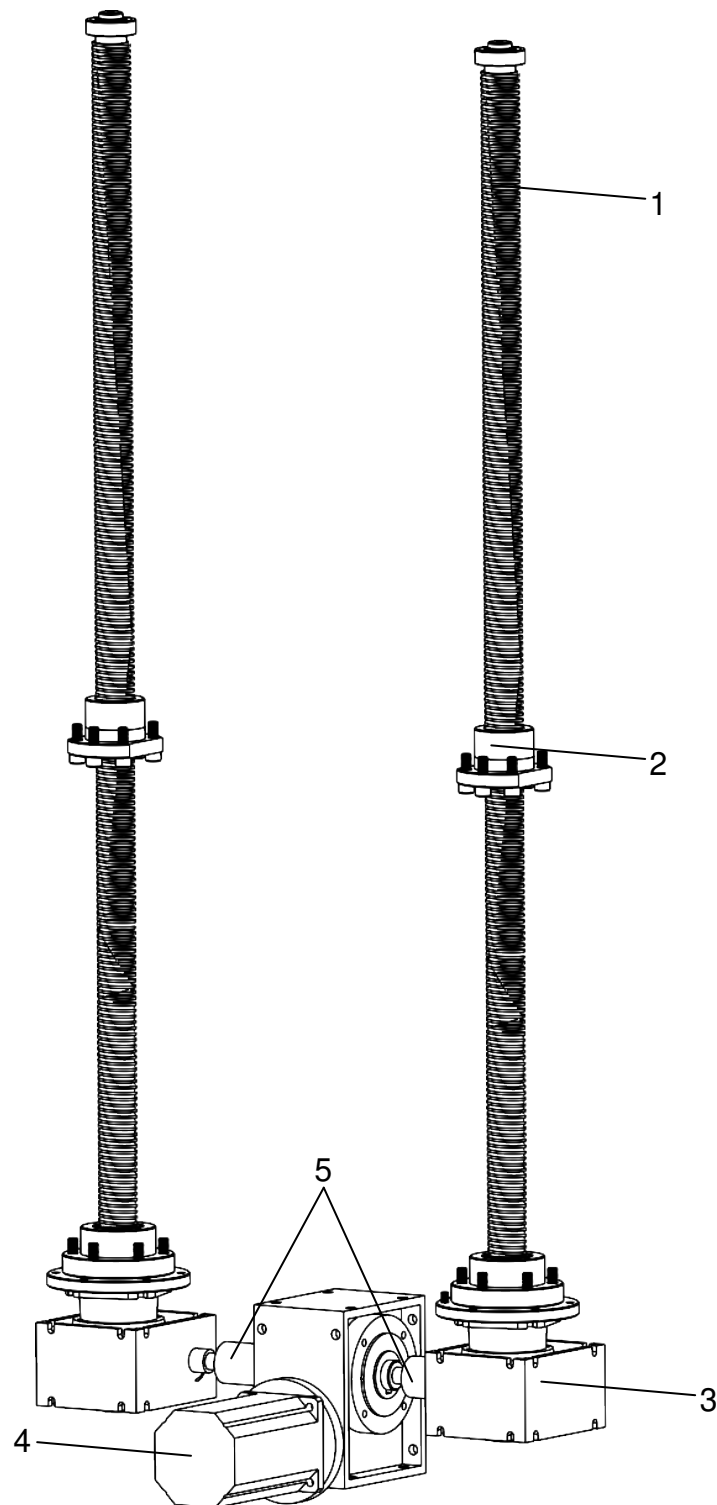
Sistem üzerinde alt ve üst tablaların arasında sensörlerin üzerlerine bağlandığı 4 adet sigma profil kullanılmıştır. Sigma profiller hazır olarak piyasadan temin edilebilen malzemelerdir. Tasarımda belirlenen boyda hassas olarak CNC işleme merkezinde kesilerek sistem üzerinde kullanılmıştır. Sigma profiller piyasadan temin edildiklerinde üzeri eloksallı kaplı geldiği için tekrar bir kaplama işlemine tabi tutulmamıştır.

İndüksiyonlu millerin üretimi

Sistem üzerinde alt ve üst tablalar arasında 4 adet indüksiyonlu mil kullanılmıştır. İndüksiyonlu miller hazır olarak piyasadan temin edilebilen malzemelerdir. Tasarımda belirlenen boyda CNC işleme merkezinde kesilerek sistem üzerinde kullanılmıştır. İndüksiyonlu miller üzerinde lineer rulmanlar takılarak kullanılan elemanlardır ve yüzeyleri 50-55 HRC sertliğe sahiptir. Miller piyasadan hazır olarak sertleştirilmiş olarak temin edildiğinden tekrar bir ısıtma işlemine gerek yoktur.

4.3.2. Tahrik grubu

Çekme kuvvetinin oluşturularak hareket aktarma organları yardımı ile deney numunesine iletildiği bölümdür. Tahrik grubunu oluşturan elemanlar Şekil 4.18.'de gösterildiği gibidir.



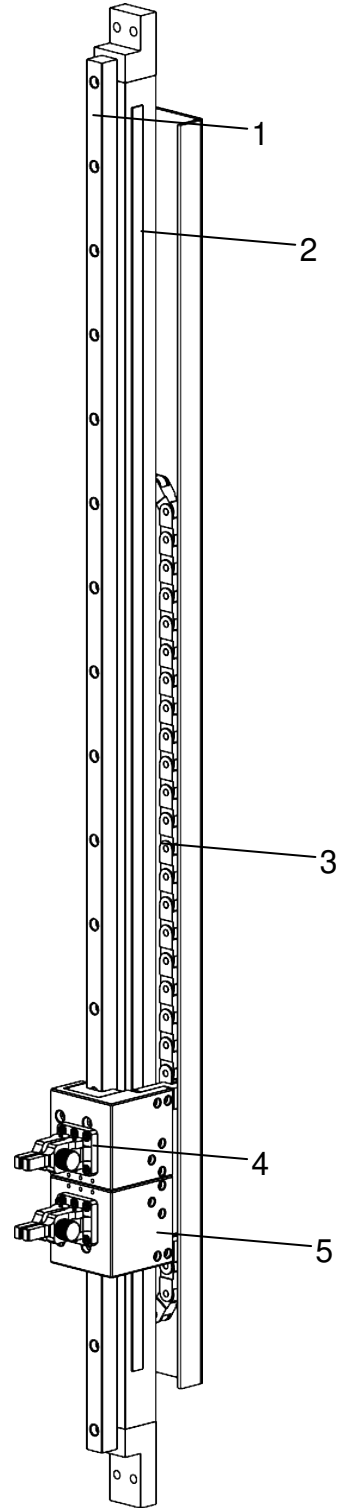
Şekil 4.18. Hareket grubu bileşenleri
1. Vidalı mil 2. Vidalı mil somun 3. Redüktör 4. Servo motor
5. Kaplin

Vidalı millerin üretimi

Servo motor tarafından üretilen dönme hareketi doğrusal harekete minimum kayıp ile vidalı miller üzerinde çevrilir. Sistem tasarımındaki simetriden dolayı ve yükün düzgün dağıtılması amacıyla iki adet 32 mm çapında ve 5 mm hatveli vidalı mil kullanılmıştır. Vidalı miller piyasadan hazır olarak temin edilirler. Hazır olarak alınan vidalı miller tasarımda belirtilen boyda kestirildikten sonra CNC torna yardımı ile iki ucundaki yataklama bölümleri işlenmiştir.

4.3.3. Uzama ölçer

Deney numunesi üzerinde oluşan gerinmenin ölçüldüğü bölümdür. Uzama ölçer üzerinde bulunan doğrusal enkoder yardımı ile uzama ölçer çenelerinin hareketlerini algılayarak kontrol kartına iletir. Uzama ölçeri oluşturan elemanlar Şekil 4.19.'da gösterilmiştir. Uzama ölçer üzerinde kullanılan hareketli kablo taşıyıcı, arabalı yatak, lineer enkoder, destek elemanı gibi malzemeler piyasadan hazır olarak temin edilen malzemelerdir. Uzama ölçer çeneleri tasarımdaki ölçülerde CNC işleme merkezinde işlendikten sonra sementasyon işlemi ile yüzey sertleştirme yapılarak sistemde kullanılmıştır.

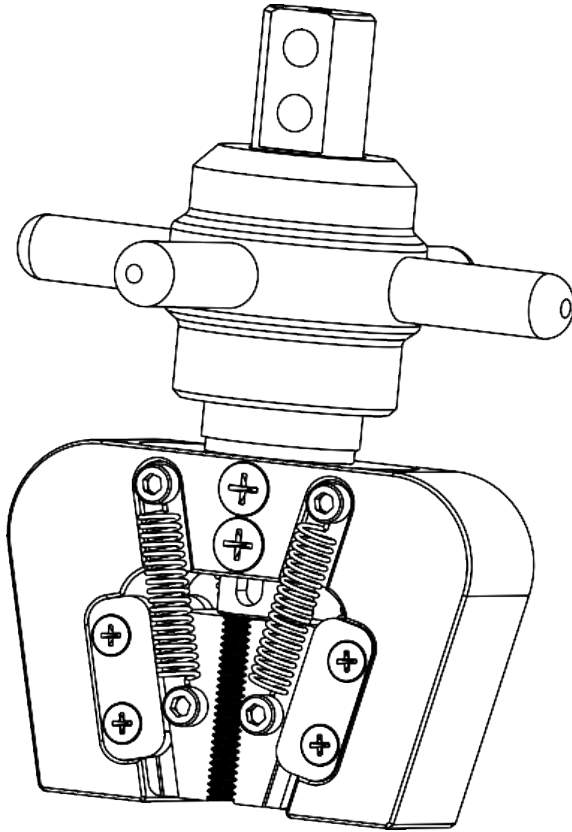


Şekil 4.19. Uzama ölçer bileşenleri

1. Arabalı yatak 2. Destek elemanı 3. Hareketli kablo taşıyıcısı 4. Numune tutma çeneleri 5. Lineer enkoder

4.3.4. Kayar çenelerin etimi

Kayar eneler numunelerin bağlandığı ve çekme işleminin gerçekleştirildiği en önemli bölümlerden biridir. Kayar çeneleri oluşturan elemanlar 8620 kalite sementasyon çeliğinden üretilmiştir. Çeneler tasarımda belirlenen ölçülerde CNC işleme merkezinde işlendikten sonra sementasyon işlemi ile yüzey sertleştirme uygulanmıştır (şekil 4.20.). Kaplama olarak da malzeme yüzeyleri fosfat kaplanarak sistem üzerine montajı yapılmıştır.



şekil 4.20. Kayar eneler

5. DOĞRULAMA TESTLERİ VE DENEYSEL BULGULAR

Bu çalışmada tasarımı ve imalatı yapılan deney cihazı maksimum 10kN yükleme kapasitesine sahiptir ve çekme hızı gibi diğer deney parametrelerinin ayarlanması tamamen bilgisayar üzerinde çalışan deney yazılımı ile yapılmaktadır. Çekme hızı 0,01-250 mm/dk hızları arasında ayarlanabilmektedir. Yazılım üzerinde yapılan hız değişiklikleri otomatik olarak kontrol kartlarına gönderilir ve kontrol kartları yardımı ile servo motor kontrol edilerek istenilen hızlarda çekme testi gerçekleştirilir. Çekme testi esnasında hızın kontrolü ayrıca servo motor üzerindeki yerleşik enkoder yardımı ile yapılmaktadır ve sistemin istenilen hızlarda hareket ettiği garanti altına alınmaktadır. Deney cihazlarında ölçülecek büyüklükler genellikle mikron seviyelerinde olduğundan, ana yapının bu ölçümlerden daha az deforme olarak bu ölçüm hassasiyetini engellememesi gerekmektedir. Bu nedenle deney cihazının kapasitesi ve uzama kontrolcüsünün uzunluk ölçme hassasiyeti göz önüne alındığında, hareketli tabla ve diğer elemanların ölçme hassasiyetinden daha az miktarda deforme olması gerekmektedir. Ayrıca ana gövdenin boyutları, uygulanacak olan yüklere oranla daha mukavemetli bir şekilde tasarlanmıştır. Böylece ileride yapılabilecek bir kapasite artırımında aynı yapının kullanılarak küçük değişiklikler ile sistemin değiştirilebilmesine olanak sağlanmaktadır.

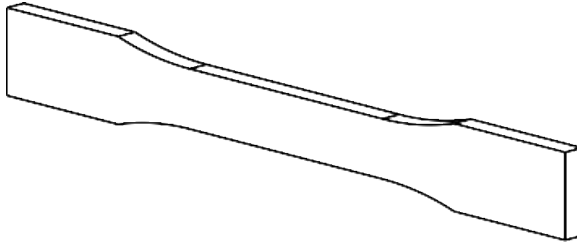
5.1. Deney Cihazının Denenmesi

Bu çalışmada tasarımı ve imalatı yapılmış deney cihazı, özellikle plastik ve kompozit gibi çeliklere göre görece düşük mukavemetli malzemelerin testinde kullanılacaktır. Bu nedenle montaj sonrasında plastik malzeme grubundan seçilen üç farklı malzeme ile çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Böylece deney cihazının istenilen şekilde çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiş ve ortaya çıkan aksaklıklar giderilmiştir. Deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar malzeme için literatürde rapor edilmiş değerler karşılaştırılmıştır.

Ayrıca Deney cihazından alınan test verilerinin güvenilirliğini arttırmak maksadıyla, deney cihazı için hazırlanan numuneler, aynı çekme hızlarında kalibrasyonu yapılmış bir başka deney cihazda (KOSGEB Ankara) test ettirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.1.1. Numunelerin hazırlanması

Deney cihazının denemelerinin yapılabilmesi için gerçekleştirilecek çekme testlerinde Polipropilen (PP), Polietilen (PE) ve PE 1000 olmak üzere üç farklı plastik malzeme kullanılmıştır. Deney numuneleri ilgili ASTM standardında (D638) verilen deney numunesi ölçülerine göre (Çizelge 5.1.) plakalardan su jeti yardımı ile kesilerek üretilmiştir (Şekil 5.1.).



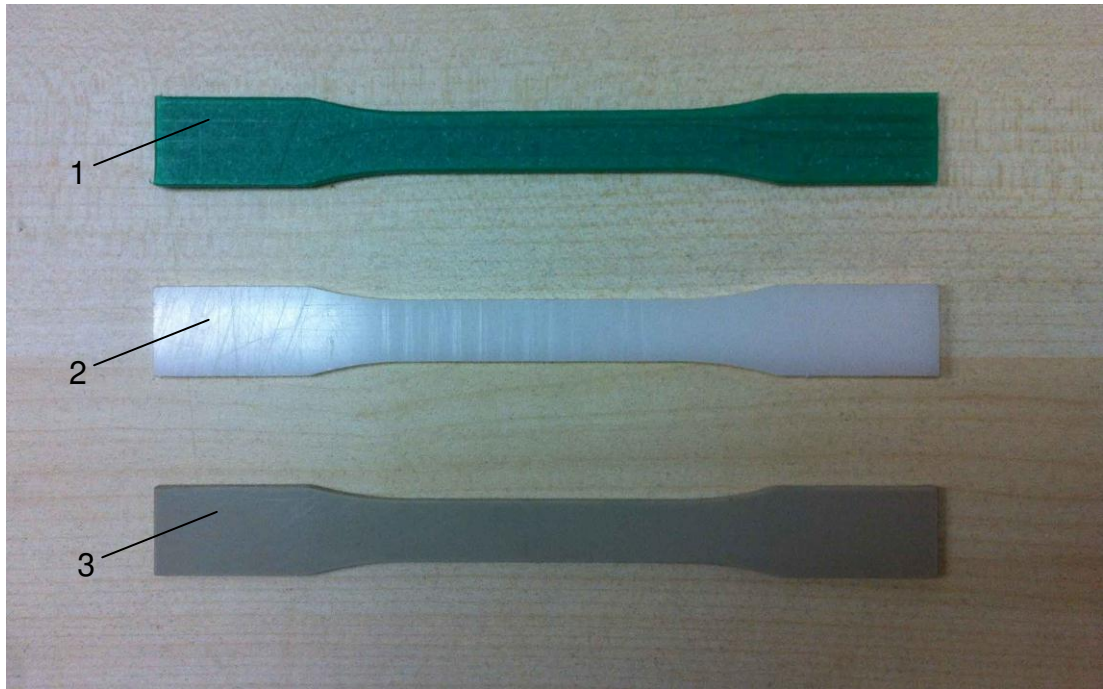
Şekil 5.1. ASTM D638 Tip-1 deney numunesi

Çizelge 5.1. ASTM D638'e uygun numune ölçüsü

ASTM D638	Tip 1
W-Dar kesimin genişliği	13 mm
L-Dar kesimin uzunluğu	57 mm
WO-Toplam genişlik	19 mm
LO- Toplam Boy	165 mm
G-Ölçüm uzunluğu	50 mm
D-Çeneler arası mesafe	115 mm

Çizelge 5.1. (Devam) ASTM D638'e uygun numune ölçüsü

R-İç radyus	76 mm
RO-Dış radyus	-
T-Kalınlık	3 mm

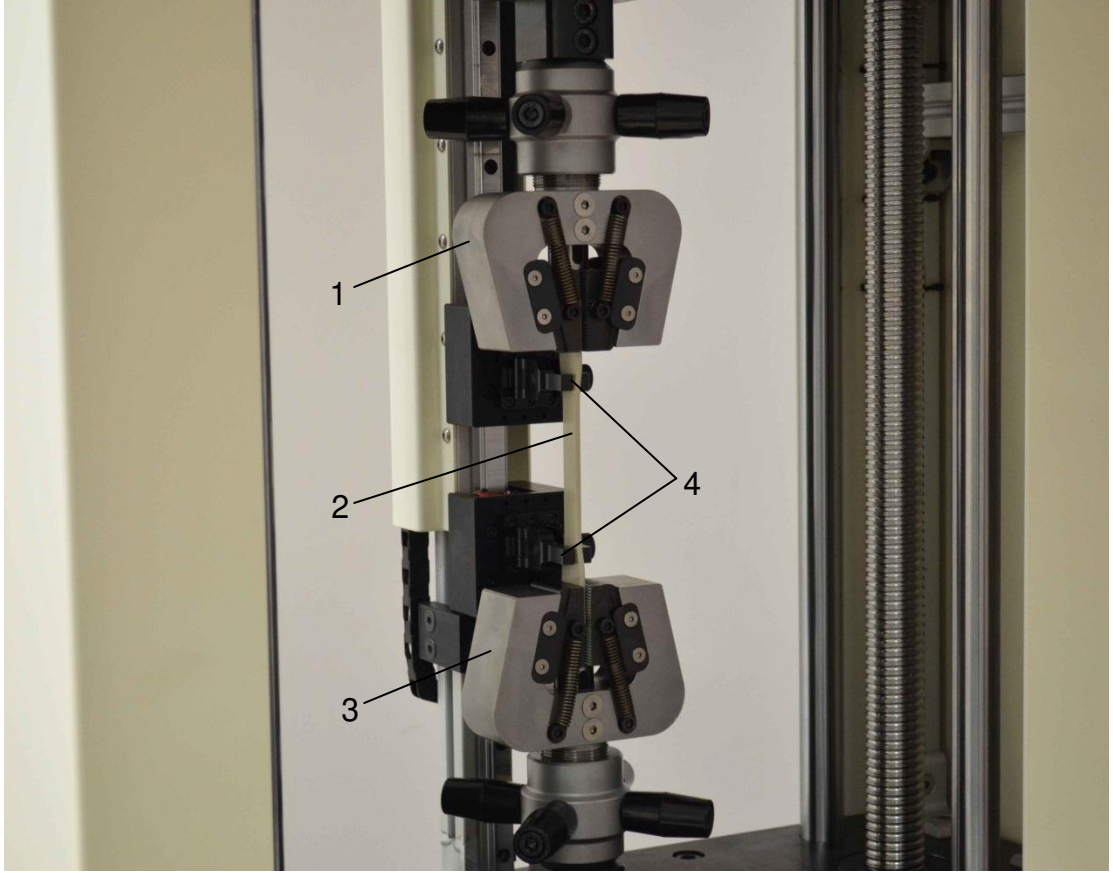


Şekil 5.2. Deney numuneleri

1. PE 1000 2. Polietilen (PE) 3. Polipropilen (PP)

5.1.2. Çekme deneyi

Polipropilen (PP), Polietilen ve PE 1000 malzemelerden çekme testinde kullanılmak üzere 5'er adet numune hazırlanmış ve bütün numuneler için ASTM (D638) standardı kullanılmıştır. Çekme deneyinde numunelerin bağlanması deney cihazının sabit (alt tabla) ve hareketli (orta tabla) tablalarına bağlanan kayar çeneler yardımı ile sağlanmıştır (Şekil 5.3.).



Şekil 5.3. Numunelerin çekme çenelerine bağlanması
1. Üst çene 2. Numune 3. Alt çene 4. Uzama Ölçer

Numuneler deney cihazına bağlandıktan deney numunesi üzerine uzama ölçer çeneleri bağlanarak numuneler deneye hazır hale getirilmiştir.

Deneyin yapılışında izlenen basamaklar aşağıdaki gibidir;

- Test programı ayarlar sayfasında (Şekil 5.5.) “Bağlan” ve “Başlat” butonlarına basılarak test cihazı ve bilgisayar arasındaki bağlantının kurulması sağlandı.
- Test programı ayarlar sayfasında “Çekme Hız Ayarı” sekmesindeki değiştir butonuna basılarak çekme hız değeri olarak 50 mm/dk girilmiştir.
- Test programı test sayfasında “Numune Parametreleri” bölümüne numune ile ilgili boyutlar (Numune eni (W), Numune kalınlığı (T), Ölçüm Uzunluğu (G)) Çizelge 5.1.’e göre girildi.

- Test programı test sayfasında “Test Sonuçları” sekmesindeki “Numune Açıklama” bölümüne test yapılan numunenin açıklaması girildi.
- Test ile ilgili bütün parametreler girildikten sonra “Test 1” sekmesinde bulunan test başlat butonuna basılarak test yapılır.

Test V1.0

Test | Ayarlar

Anlık Sonuçlar

Gerilme
0,00

Kuvvet
0,00

Uzama
0,00

Süre
00:00:00

Sensör Verileri

Kuvvet: ☒ N ☐ Kgf

Uzama Ölçer 1: mm

Uzama Ölçer 2: mm

Uzama Ölçer Fark: mm

☐ Test 1 ☐ Test 4 ☐ Test 2 ☐ Test 5 ☐ Test 3

Test-1 | Test-2 | Test-3 | Test-4 | Test-5

Test Sonuçları

Çekme Yüğü: N

Çekme Dayanımı: N/mm²

Kopma Yüğü: N

Kopma Dayanımı: N/mm²

Toplam Uzama: mm

% Kopma Uzaması: %

Test Süresi: sn

☒ Grafikte Göster

Numune Açıklama:

Test Parametreleri

Çekme Hızı: mm/dk

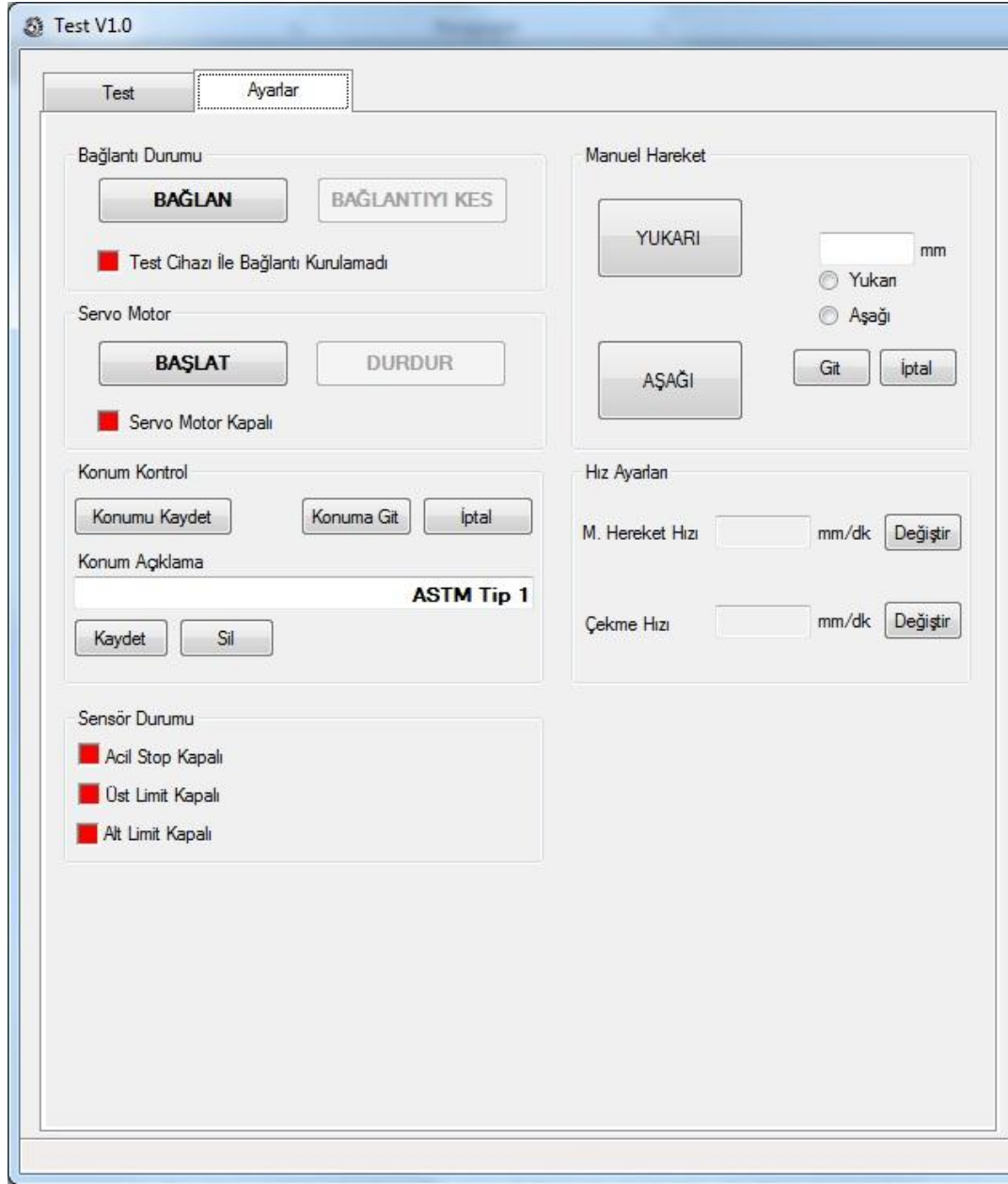
Numune Eni (W): mm

Numune Kalınlığı (T): mm

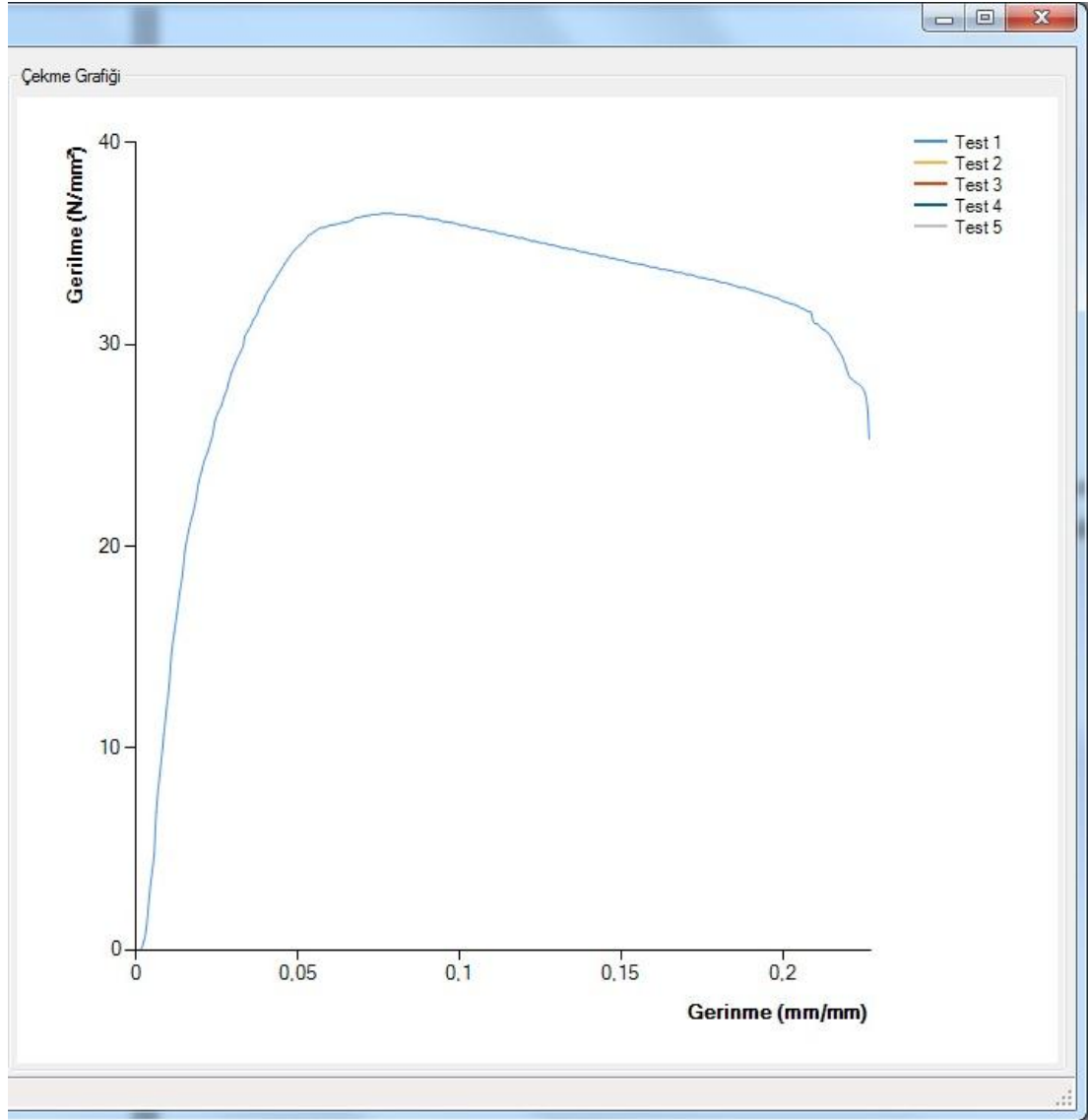
Ölçüm Uzunluğu (G): mm

Test Kontrol

Şekil 5.4. Test programı test sayfası görünümü



Şekil 5.5. Test programı ayarlar sayfası görünümü



Şekil 5.6. Test programı grafik sayfası görünümü

Çizelge 5.2. Çekme deneyi hız değerleri ve adetleri

Malzeme	Adet	Hız
PE 1000	5	50 mm/dk
Polietilen	5	50 mm/dk
Polipropilen	5	50 mm/dk

Çizelge 5.2’de belirtilen hız değerlerine göre her bir malzeme grubuna ait 5 adet numuneye çekme testleri yukarıda belirtilen sıraya göre uygulanmıştır.

5.2. Çekme Deneyi Sonuçları

Çekme deneyi için seçilen Polietilen, Polipropilen ve PE 1000 malzemelere ait numunelerden 2’şer adet numune karşılaştırılma yapmak amacıyla KOSGEB Ankara laboratuvarında çekme testine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar bu çalışma kapsamında tasarlanan test cihazı sonuçları ile karşılaştırılmak amacıyla kullanılmıştır.

Çekme testi sonucunda plastik malzemelere ait aşağıda belirtilen mekanik özellikler ve çekme grafikleri bulunmuştur;

- a. Çekme Yüğü
- b. Çekme Dayanımı
- c. Kopma Yüğü
- d. Kopma Dayanımı
- e. Toplam Uzama
- f. % Kopma Uzaması
- g. Test Süresi

- Yapılan testler sonucunda Polietilen (PE) malzemeye ait test sonuçları Çizelge 5.3’deki gibidir;

Çizelge 5.3. Polietilen numune test sonuçları

	Çekme Yüğü (N)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Kopma Yüğü (N)	Kopma Dayanımı (N/mm ²)	Toplam Uzama (mm)	%Kopma Uzaması	Test Süresi (sn)
Test 1	905,04	23,20	57,55	1,48	57,55	65,60	69
Test 2	915,23	23,46	58,86	1,51	66,90	76,24	80
Test 3	910,57	23,34	60,82	1,56	59,15	68,36	86

Çizelge 5.3. (Devam) Polietilen numune test sonuçları

Test 4	900,62	23,09	59,65	1,52	62,48	71,29	75
Test 5	903,15	23,15	60,15	1,54	60,18	67,15	84
KOSGEB 1	911,00	23,35	-	-	68,00	78,45	-
KOSGEB 2	907,00	23,25	-	-	71,00	79,35	-

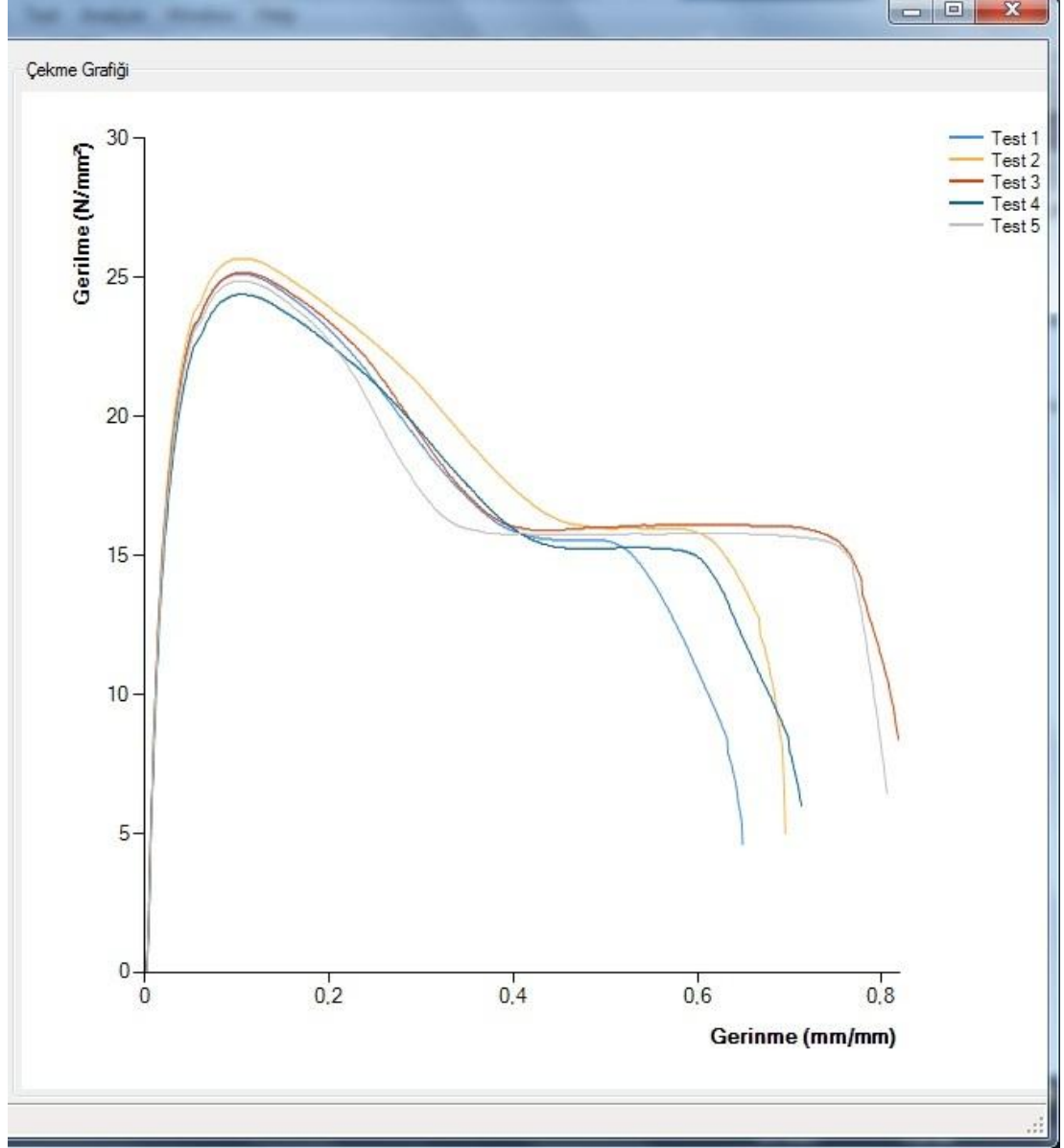
Çizelge 5.4. Polietilen numune test sonuçları ortalaması

Polietilen (PE)	Çekme yükü (N)	Çekme dayanımı (N/mm ²)
Test 1	905,04	23,20
Test 2	915,23	23,46
Test 3	910,57	23,34
Test 4	900,62	23,09
Test 5	903,15	23,15
Ortalama	906,92	23,25

Çizelge 5.5. Polietilen numune test sonuçları ortalaması (KOSGEB)

Polietilen (PE)	Çekme yükü (N)	Çekme dayanımı (N/mm ²)
Test 1	911,00	23,35
Test 2	907,00	23,25
Ortalama	909,00	23,30

- Yapılan testler sonucunda Polietilen (PE) malzemeye ait test grafikleri Şekil 5.7.'deki gibidir;



Şekil 5.7. Polietilen numune test grafiği

- Yapılan testler sonucunda Polipropilen (PP) malzemeye ait test sonuçları Çizelge 5.6'deki gibidir;

Çizelge 5.6. Polipropilen numune test sonuçları

	Çekme Yüğü (N)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Kopma Yüğü (N)	Kopma Dayanımı (N/mm ²)	Toplam Uzama (mm)	%Kopma Uzaması	Test Süresi (sn)
Test 1	1392,25	35,69	986,89	25,30	21,02	22,68	26
Test 2	1361,06	34,90	877,01	22,49	20,38	23,49	25
Test 3	1351,25	34,65	992,77	25,46	24,15	27,92	29
Test 4	1392,25	35,69	490,50	12,58	25,95	29,59	31
Test 5	1345,36	34,50	718,09	18,41	20,80	23,74	25
KOSGEB 1	1311,00	33,61	-	-	20,00	28,58	-
KOSGEB 2	1362,00	34,92	-	-	20,00	28,58	-

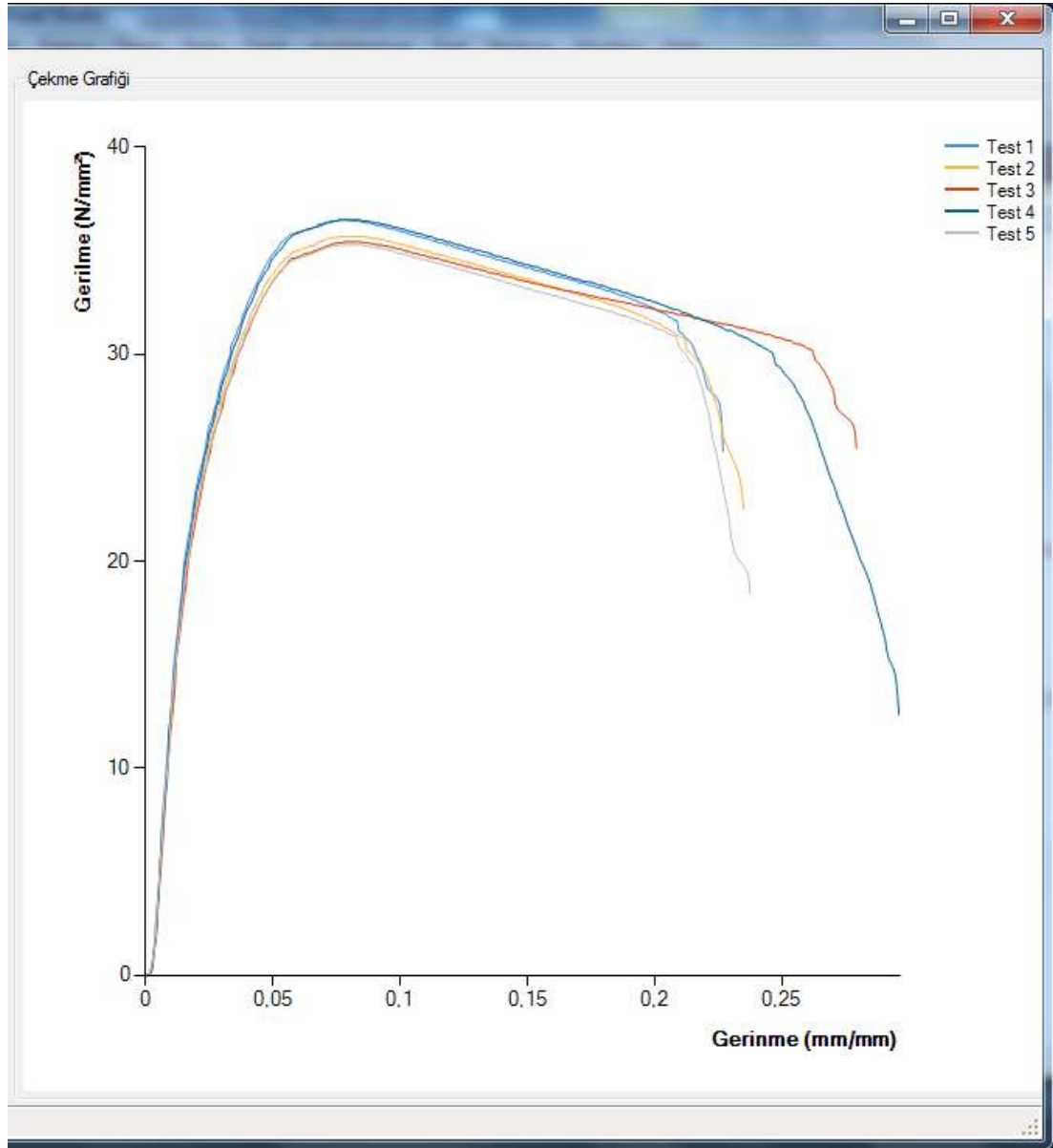
Çizelge 5.7. Polipropilen numune test sonuçları ortalaması

Polietilen (PE)	Çekme yüğü (N)	Çekme dayanımı (N/mm ²)
Test 1	1392,25	35,69
Test 2	1361,06	34,90
Test 3	1351,25	34,65
Test 4	1392,25	35,69
Test 5	1345,36	34,50
Ortalama	1368,43	35,09

Çizelge 5.8.Polipropilen numune test sonuçları ortalaması (KOSGEB)

Polietilen (PE)	Çekme yükü (N)	Çekme dayanımı (N/mm ²)
Test 1	1311,00	33,61
Test 2	1362,00	34,92
Ortalama	1336,50	34,27

- Yapılan testler sonucunda Polipropilen (PP) malzemeye ait test sonuçları Şekil 5.8.'deki gibidir;



Şekil 5.8. Polipropilen numune test grafiği

- Yapılan testler sonucunda PE 1000 malzemeye ait test sonuçları Çizelge 5.9'deki gibidir;

Çizelge 5.9. PE 1000 numune test sonuçları

	Çekme Yüğü (N)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Kopma Yüğü (N)	Kopma Dayanımı (N/mm ²)	Toplam Uzama (mm)	%Kopma Uzaması	Test Süresi (sn)
Test 1	905,00	23,20	857,39	21,98	257,70	258,14	306
Test 2	895,11	22,95	850,56	21,80	277,33	274,31	330
Test 3	890,11	22,82	800,29	20,52	275,83	273,28	334
Test 4	900,42	23,08	853,47	21,88	211,38	209,28	251
Test 5	910,76	23,35	860,14	22,05	263,30	263,35	313
KOSGEB 1	900	23,07	-	-	213,00	260,15	-
KOSGEB 2	911	23,35	-	-	253,00	271,45	-

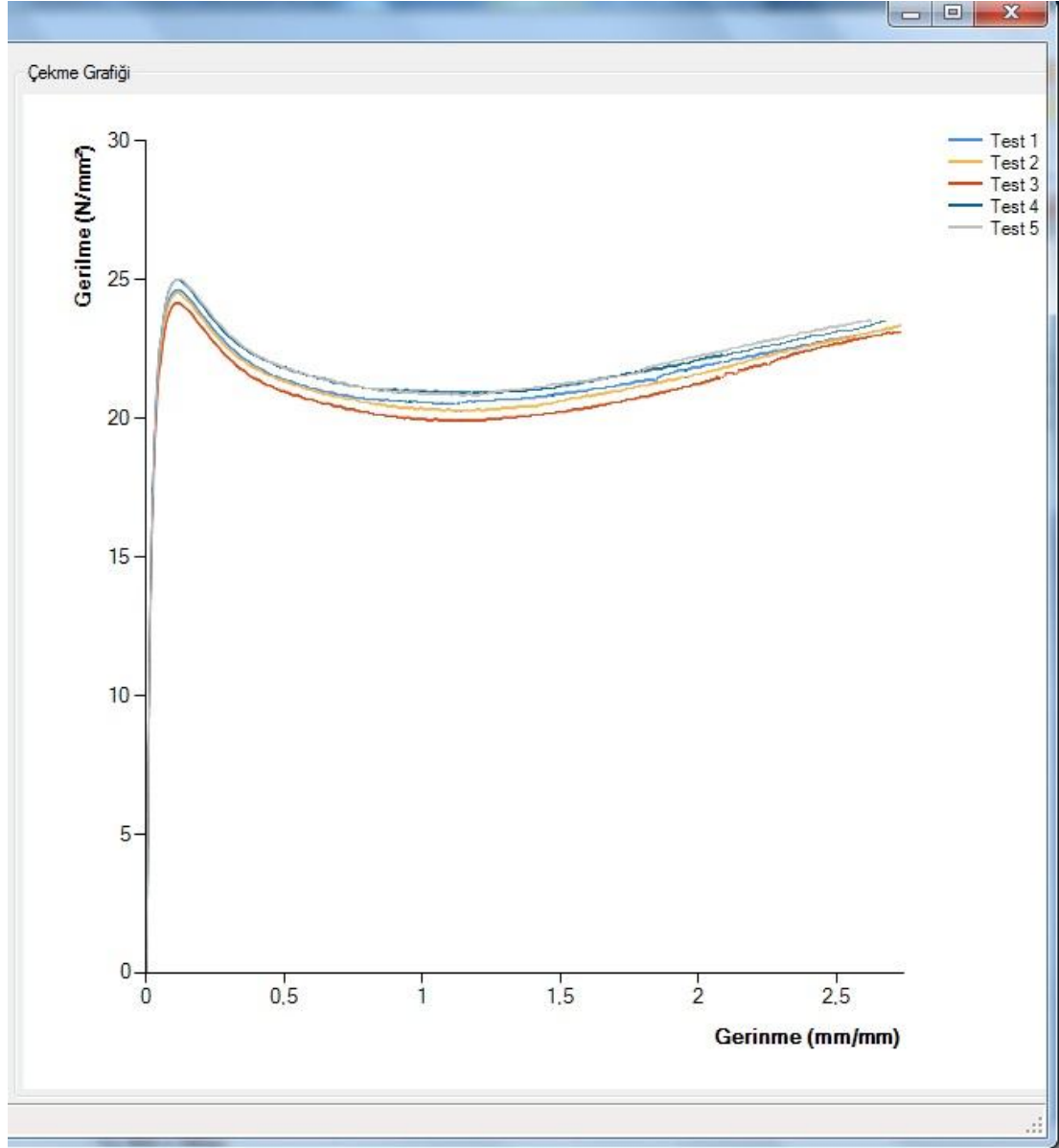
Çizelge 5.10. PE 1000 numune test sonuçları ortalaması

Polietilen (PE)	Çekme yüğü (N)	Çekme dayanımı (N/mm ²)
Test 1	905,00	23,20
Test 2	895,11	22,95
Test 3	890,11	22,82
Test 4	900,42	23,08
Test 5	910,76	23,35
Ortalama	900,28	23,08

Çizelge 5.11.PE 1000 numune test sonuçları ortalaması (KOSGEB)

Polietilen (PE)	Çekme yükü (N)	Çekme dayanımı (N/mm ²)
Test 1	900	23,07
Test 2	911	23,35
Ortalama	905,50	23,21

- Yapılan testler sonucunda PE 1000 malzemeye ait test grafikleri Şekil 5.9.'daki gibidir;



Şekil 5.9. PE 1000 numune test grafiği

Test çalışmaları sonucunda testlerden elde edilen sonuçlar ve KOSGEB'den alınan sonuçların ortalamaları arasında;

- Polietilen numune için %0,2
- Polipropilen (PP) için %2,3
- PE 1000 numune için %0,5 fark olduğu görülmüştür.

Mekanik test cihazlarında gerçekleştirilen deneyler esnasında çeşitli dahili ve harici faktörlerden dolayı istenmeyen ölçüm değişimleri oluşmaktadır ölçüm sonuçlarını etkileyen bu faktörler aşağıda belirtildiği gibidir;

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 gerilme oranına hassasiyeti gibi faktörleri kapsar.

Yukarıda belirtilen faktörlerde göz önünde bulundurulduğunda. Bu çalışma kapsamında geliştirilen test cihazından alınan veriler ve karşılaştırma amacıyla KOSGEB laboratuvarlarından alınan veriler arasında oluşan farkların kabul edilebilir olduğu değerlendirilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çekme deney cihazları günümüzde endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan ve özellikle büyük firmalarda malzeme test standartlarından dolayı mecbur tutulan cihazlardır. Bu cihazlar, malzemelerin sahip oldukları çekme dayanımlarını 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 ile plastik numuneler kullanılarak çekme deneyleriyle test edilmiştir. Deneyler sırasında karşılaşılan problemler giderilmiştir.

Deneyler sonucunda malzemeye ait elde edilen çekme değerleri literatürde rapor edilen değerlerle uyum göstermektedir. Benzer şekilde tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen deney cihazının performansının denenmesinde kullanılan Polietilen, Polipropilen ve PE 1000 numuneler kalibrasyonu yapılmış bir çekme cihazında denenerek sonuçlar karşılaştırılmış ve iki çekme cihazı arasında ortaya çıkan farkın kabul edilebilir seviyelerde olduğu görülmüştür. Böylece bu deney cihazı kullanılarak düşük mukavemetli malzemelerin çekme yükleri altında mekanik özelliklerini belirlemek güvenli bir şekilde mümkün görünmektedir.

Deney cihazının tasarımında kullanılan ve çekme hareketinin oluşturulmasından sorumlu Servo Motor, Redüktör, İndüksiyonlu Mil gibi hareket elemanları, test cihazı için başlangıçta ön görülen 10 kN hedefinden daha büyük kuvvetlerin oluşturulmasına olanak verecek şekilde seçilmiş ve boyutlandırılmıştır. Böylelikle deney cihazı üzerinde ileride yapılabilecek geliştirmelere hazırlıklıdır.

Deney cihazının veri toplama ve işleme kısmı bilindiği üzere kontrol kartları ve bu kartların topladığı verileri bilgisayara ilettiği bir kontrol yazılımından oluşmaktadır. Kontrol kartları üzerinde ve bilgisayar üzerinde bulunan yazılımlar tamamen çalışma esnasında geliştirilmiştir ve açık kaynak kodludur. Kaynak kodlarının ileride geliştirilmeye açık olması ileride muhtemel değişiklik isteklerine cevap vermesi açısından çok önemlidir.

Bu çalışmada 10 KN kapasiteli bir çekme test cihazının tasarımı ve üretimi düşük bütçe ve çoğunlukla yerli kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu sayede oluşan bilgi birikiminin ve maddi kaynakların ülkemizde kalması sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Roark, R.J., Young, W.C., “Formulas for Stres and Strain”, **McGraw-Hill**, New York, 5th Edition, 624 (1975).
2. Smith, W.F., “Malzeme Bilimi ve Mühendisliği”, Kınıkoğlu, N.G, **McGraw-Hill**, New York, 3rd Edition, (2001).
3. Askeland, D.R., “Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri”, Erdoğan, M., **Nobel Yayın Dağıtım**, Ankara, Yayın no. 128, 348, (1998).
4. ASTM Metals Handbook, “Mechanical Testing and Evaluation”, 8, 998, (2000).
5. Çelik, M.O., “Çekme ve eğme bileşik zorlamalı bir deney cihazının tasarımı ve imalatı”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (1999).

EKLER

Ek-1 Redüktör Katalog

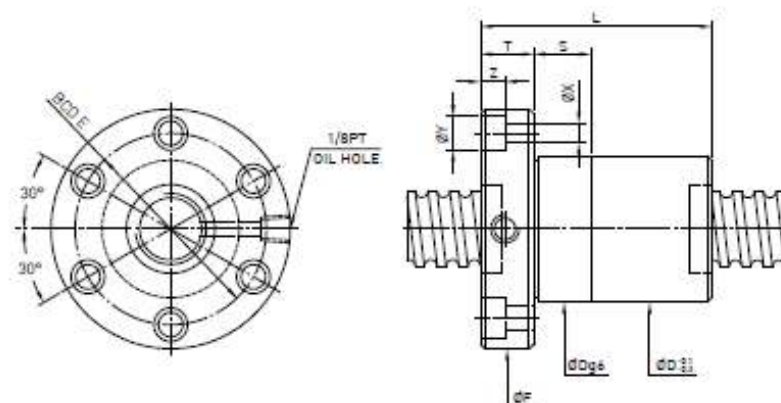
Sonsuz Tip Motorsuz Redüktörler Güç Devir Sayfaları
Worm Geared Units Performance Tables
Schneckengetriebe Leistung und Drehzahlübersicht

450



Tipi	Anma Momenti	Güç Devir	Güç Devir	Güç Devir	Güç Faktör (kW) Servis Faktör (N ₁) Faktörler: Güç / Faktörler Güç				Güç Red. Yık. Güç	Güç Red. Yık. Güç	Ağırlık	Ölçü Sayfaları	Plat. Kodu
Tipi	Nominal Torque	Ratio	Output Speed	Input Speed	Power Factor (kW) For Service Factor N ₁ Power Factor (kW) Thermal Power				Per Output Load (Input)	Per Output Load (Input)	Weight	Dim. Page	Price Ref.
Tipi	Power-dimension	Üstünlük	Atılabilir Devirler	Atılabilir Devirler	Leistung P ₁ (kW) Bei Betriebsfaktor N ₁ Per Output Load (Input) Per Output Load (Input)				Zul. Q ₁ (kW) (K ₁)	Zul. Q ₁ (kW) (K ₁)	Devir - kg	Male	Price Ref.
	Max. (kg)	i	n ₁ (rpm)	n ₂ (rpm)	P ₁ (kW)	P ₂ (kW)	T ₁	T ₂	Page (H)	Page (H)			
ET030	23	5,25	86	450	0,25	0,50	28°33'	0,53	606	206	1,2	536	ET01
	20	7,25	62		0,16	0,41	19°28'	0,79	1033	206			
	20	10,5	43		0,12	0,33	14°52'	0,74	1006	206			
	20	14,5	31		0,10	0,27	10°50'	0,66	1266	206			
	20	17	26		0,09	0,23	8°03'	0,63	1339	206			
	18	21	21		0,07	0,22	7°03'	0,60	1467	206			
	18	25	18		0,06	0,19	5°38'	0,54	1576	206			
	17	29	16		0,05	0,16	5°02'	0,51	1666	206			
	16	34	13		0,05	0,16	4°05'	0,46	1525	206			
	14	42	11		0,04	0,15	3°22'	0,42	1702	206			
	11	50	9,0		0,03	0,15	3°12'	0,41	1830	206			
	7	60	7,5		0,02	0,14	2°46'	0,37	1630	206			
	6	60	5,5		0,01	0,13	2°03'	0,36	2010	206			
ET040	52	6,0	56	450	0,37	0,66	28°33'	0,53	1563	380	2,4	537	ET02
	48	10,5	43		0,27	0,70	19°28'	0,79	2154	380			
	52	12	36		0,27	0,56	14°52'	0,75	2206	380			
	47	16	26		0,19	0,56	14°52'	0,74	2560	380			
	45	21	21		0,15	0,46	10°50'	0,66	2694	380			
	39	25	18		0,12	0,36	8°03'	0,61	2761	380			
	37	32	14		0,10	0,31	7°03'	0,53	3016	380			
	32	42	11		0,08	0,26	5°02'	0,47	3400	380			
	31	50	9,0		0,07	0,25	4°05'	0,42	3400	380			
	26	62	7,3		0,06	0,22	3°22'	0,38	3400	380			
	24	60	5,5		0,04	0,20	2°51'	0,36	3400	380			
	21	100	4,5		0,03	0,16	2°25'	0,36	3400	380			
ET060	82	7,25	62	450	0,54	1,36	20°40'	0,53	2677	500	4,1	538	ET03
	76	9,5	47		0,46	1,23	19°39'	0,52	3079	500			
	83	12	36		0,42	0,99	13°14'	0,77	3227	500			
	84	14,5	31		0,37	0,87	10°41'	0,74	3653	500			
	77	19	24		0,26	0,80	10°50'	0,72	3731	500			
	74	25	18		0,22	0,64	8°44'	0,65	4241	500			
	77	29	16		0,21	0,56	5°06'	0,60	4272	500			
	66	36	12		0,15	0,52	5°23'	0,57	4550	500			
	58	50	9,0		0,11	0,43	4°23'	0,48	4630	500			
	56	62	7,3		0,10	0,41	3°11'	0,45	4630	500			
	46	63	5,4		0,06	0,39	3°22'	0,42	4630	500			
	36	100	4,5		0,05	0,36	2°21'	0,36	4630	500			
ET083	154	7,25	62	450	1,16	2,32	20°36'	0,55	3691	700	6,4	539	ET04
	136	9,75	46		0,81	2,02	20°40'	0,53	3686	700			
	126	12,75	36		0,56	1,90	19°39'	0,52	4417	700			
	160	14,5	31		0,66	1,47	10°39'	0,76	4176	700			
	141	19,5	23		0,46	1,36	10°41'	0,75	4776	700			
	129	25,5	18		0,34	1,16	10°50'	0,71	5656	700			
	147	29	16		0,39	0,89	5°22'	0,61	5266	700			
	126	39	12		0,26	0,84	5°23'	0,59	5761	700			
	113	51	9,8		0,19	0,80	5°06'	0,56	5200	700			
	111	61	7,4		0,16	0,66	3°16'	0,47	5200	700			
	95	62	5,5		0,12	0,62	3°11'	0,44	5200	700			
	61	100	4,5		0,08	0,55	2°12'	0,37	5200	700			

Ek-2 Vidalı Mil Katalog

F S I TYPE


Model	Size		Ball Dia.	Circuits	Stiffness kgf / μ m K	Dynamic Load 1x10 ⁶ revs C (kgf)	Static Load Co (kgf)	Nut			Flange			Bolt				Fit
	Nominal Dia.	Lead						D	L	F	T	BCD-E	X	Y	Z	S		
32-5T3	32	5	3.175	3	33	1117	3081	44	48	48	74	12	60	6.6	11	6.5	12	
32-5T4				4	42	1431	4108	44	48	53	74	12	60	6.6	11	6.5	12	
32-5T6				6	63	2027	6162	44	48	66	74	12	60	6.6	11	6.5	12	
32-6T3		6	3.969	3	33	1446	3620	45	50	51	76	12	62	6.6	11	6.5	12	
32-6T4				4	43	1852	4826	45	50	61	76	12	62	6.6	11	6.5	12	
32-6T6				6	65	2625	7239	45	50	75	76	12	62	6.6	11	6.5	12	
32-8T3		8	4.763	3	35	1810	4227	47	52	63	78	16	64	6.6	11	6.5	12	
32-8T4				4	47	2317	5635	47	52	74	78	16	64	6.6	11	6.5	12	
32-10T3		10	6.350	3	35	2539	5327	51	56	72	82	16	68	6.6	11	6.5	12	
32-10T4				4	48	3252	7102	51	56	83	82	16	68	6.6	11	6.5	12	
40-5T4	40	5	3.175	4	50	1599	5280	51	54	53	80	16	66	6.6	11	6.5	12	
40-5T6				6	74	2265	7919	51	54	66	80	16	66	6.6	11	6.5	12	
40-5.08T6		5.08	3.175	6	74	2265	7919	53	56	65	90	15	72	9	14	8.5	15	
40-6T4		6	3.969	4	50	2136	6420	53	56	65	88	16	72	9	14	8.5	15	
40-6T6				6	74	3028	9630	53	56	79	88	16	72	9	14	8.5	15	
40-8T4		8	4.763	4	52	2728	7596	55	60	78	92	16	75	9	14	8.5	15	
40-8T6				6	76	3866	11394	55	60	99	92	16	75	9	14	8.5	15	
40-10T3		10	6.350	3	40	2999	7049	60	65	76	96	16	80	9	14	8.5	15	
40-10T4				4	51	3789	9426	60	65	87	96	16	80	9	14	8.5	15	
50-5T4		50	5	3.175	4	62	1757	6743	62	65	57	96	16	80	9	14	8.5	15
50-5T6	6				91	2490	10117	62	65	70	96	16	80	9	14	8.5	15	
50-6T4	6		3.969	4	62	2388	8250	64	68	65	100	16	84	9	14	8.5	15	
50-6T6				6	93	3384	12375	64	68	79	100	16	84	9	14	8.5	15	
50-8T4	8		4.763	4	62	2998	9578	65	70	78	102	16	85	9	14	8.5	15	
50-8T6				6	92	4249	14367	65	70	99	102	16	85	9	14	8.5	15	
50-10T3	10		6.350	3	50	3397	9256	69	74	78	114	18	92	11	17.5	11	20	
50-10T4				4	63	4350	12341	69	74	89	114	18	92	11	17.5	11	20	
50-10T6	12		7.938	6	94	6165	18511	69	74	112	114	18	92	11	17.5	11	20	
50-12T3				3	50	4420	11047	73	78	90	118	18	96	11	17.5	11	20	
50-12T4	20	9.525	4	63	5660	14730	73	78	103	118	18	96	11	17.5	11	20		
50-20T4			4	80	9327	23955	75	78	186	129	28	105	14	20	13	30		

Remark : Stiffness values listed above are derived from theoretical formula to the elastic deformation between balltrack and balls while axial load is 30% of dynamic load rating.

Ek-3 Servo Motor Katalog

Low Inertia Servo Motor Specifications (ASMT□L Series)

Model: ASMT□□□L250□□□		100W	200W	400W	750W	1kW	2kW	3kW
		01	02	04	07	10	20	30
Specifications	Rated output power (kW)	0.1	0.2	0.4	0.75	1.0	2.0	3.0
	Rated torque (N.m)	0.318	0.64	1.27	2.39	3.3	6.8	9.5
	Maximum torque (N.m)	0.95	1.91	3.82	7.16	9.9	19.2	31.5
	Rated speed (rpm)	3000						
	Maximum speed (rpm)	5000					4500	
	Rated current (A)	1.1	1.7	3.3	5.0	6.8	13.4	17.5
	Maximum current (A)	3.0	4.9	9.3	14.1	18.7	36.4	55
	Power rating (kW/s)	34.5	23.0	48.7	51.3	42	98	95.1
	Rotor moment of inertia (Kg.m ²) (without brake)	0.03E-4	0.18E-4	0.34E-4	1.08E-4	2.6E-4	4.7E-4	11.6E-4
	Mechanical time constant (ms)	0.6	0.9	0.7	0.6	1.7	1.2	1.5
	Static friction torque (N.m)	0.02	0.04	0.04	0.08	0.49	0.49	0.49
	Torque constant-KT (N.m/A)	0.32	0.39	0.4	0.5	0.56	0.54	0.581
	Voltage constant-KE (V/rpm)	33.7E-3	41.0E-3	41.6E-3	52.2E-3	58.4E-3	57.0E-3	60.9E-3
	Armature resistance (Ohm)	20.3	7.5	3.1	1.3	2.052	0.765	0.32
	Armature inductance (mH)	32	24	11	6.3	8.4	3.45	2.63
	Electrical time constant (ms)	1.6	3.2	3.2	4.8	4.1	4.5	8.2
	Insulation class	Class F						
	Insulation resistance	DC 500V, 100M Ω以上						
	Insulation strength	AC 1500 V, 50 Hz, 50 sec						
	Max. radial shaft load (N)	78.4	196	196	343	490	490	490
	Max. thrust shaft load (N)	39.2	68.6	68.6	98	98	98	98
	Vibration grade (μm)	15						
	DC brake power (V)	24±10%						
	Rotor moment of inertia (Kg.m ²) (with brake)	0.06E-4	0.28E-4	0.44E-4	1.32E-4	3.1E-4	5.2E-4	14.39E-4
	Brake holding torque [N·m (min)]	0.32	1.27	1.27	2.55	9.3	9.3	13.5
	Brake power consumption (at 20 °C) [W]	5	9	9	9.5	17.9	17.9	30
Brake release time [ms (Max)]	20	20	20	50	20	20	20	
Brake pull-in time [ms (Max)]	40	50	50	80	90	90	90	
Environment	Operating temperature	0°C to 40 °C (32°F to 104°F)						
	Storage temperature	-20 °C to 70 °C (-4°F to 158°F)						
	Operating humidity	20 to 90%RH (non-condensing)						
	Storage humidity	20 to 90%RH (non-condensing)						
	Vibration capacity	2.5G						
	Enclosure Rating	IP65 (except shaft and connector)						
	Standards/Requirement	IEC60034-1, UL1004						
		 						

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇATLI, Serkan
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 30.07.1984 Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (542) 368 57 51
 e-mail : sercatli@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Selçuk Üniversitesi/ Makina Müh. Bölümü	2008
Lise	Rauf Denктаş Süper Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-.....	Roketsan A.Ş.	Makina Mühendisi
2008-2010	Nanomanyetik Bil. Cih.	Makina Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Sinema, Yüzme, Kitap okumak, Makine tasarımı, Bilgisayar teknolojileri