

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**OLUKLU MUKAVVA KUTULARININ YAPIŞMA PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİ İÇİN TEST METODOLOJİSİ GELİŞTİRİLMESİ**

Onur ÖNAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**OLUKLU MUKAVVA KUTULARININ YAPIŞMA PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİ İÇİN TEST METODOLOJİSİ GELİŞTİRİLMESİ**

Onur ÖNAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OLUKLU MUKAVVA KUTULARININ YAPIŞMA PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİ İÇİN TEST METODOLOJİSİ GELİŞTİRİLMESİ**

**Onur ÖNAL
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Tübitak tarafından ARDEB 1005 - Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler
Araştırma Destek Programı kapsamında 1230495 numaralı proje
ile desteklenmiştir.**

HAZİRAN 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OLUKLU MUKAVVA KUTULARININ YAPIŞMA PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİ İÇİN TEST METODOLOJİSİ GELİŞTİRİLMESİ

Onur ÖNAL
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 07/07/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR
Doç. Dr. Muhsin Gökhan GÜNAY
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇOŞGUN

ÖZET

OLUKLU MUKAVVA KUTULARININ YAPIŞMA PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ İÇİN TEST METODOLOJİSİ GELİŞTİRİLMESİ

Onur ÖNAL

Yüksek Lisans Tezi, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR

Haziran 2025; 30 sayfa

Bu çalışma, tutkal ile yapıştırılan oluklu mukavva kutuların yanıl iç ve dış yüzeylerindeki yapışma performansını nicel olarak belirlemek amacıyla geliştirilen bir test cihazını sunmaktadır.

Çalışmanın önemli noktası, oluklu mukavva kutuların yapışma performansının doğru bir şekilde ölçülmesidir. Mevcut durumda yapışma mukavemeti ölçümü, el yordamıyla kutu kenarının ayrılması ve görsel yolla yüzeyde kalan liflerin gözlenmesiyle nitel bir şekilde yapılmaktadır. Sektörde doğrudan yanıl alanlara kuvvet uygulayarak ölçüm yapan bir cihaz bulunmamakta, genellikle basma test cihazları kullanılmaktadır. Ancak bu yöntem, kutunun bütünlüğüne zarar verebilmekte ve yük taşıma şekline uygun test gerçekleştirilememektedir.

Geliştirilen bu cihaz, kutuların yapışma dayanıklılığını nicel olarak ölçmenin yanı sıra, tutkal özellikleri ve kağıdın yapışma performansına etkisini de değerlendirmektedir. Elde edilen sayısal veriler, hem yapışma süreçleri için parametre optimizasyonu sağlamakta hem de tutkal performansının daha güvenilir ve verimli bir şekilde belirlenmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, cihaz sayesinde tutkalın kağıda nüfuz etme mekanizması üzerinden, kutu üretiminde kullanılan kağıtların yüzey özelliklerinin yapışma performansına etkisi de tespit edilebilecektir.

ANAHTAR KELİMELELER: Çekme Testi, Mekanik Özellikler, Mekanik Tasarım,
Oluklu Mukavva

JÜRİ: Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR

Doç. Dr. Muhsin Gökhan GÜNAY

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇOŞGUN

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A TEST METHODOLOGY FOR MEASURING THE BONDING PERFORMANCE OF CORRUGATED CARDBOARD BOXES

Onur ÖNAL

MSc Thesis in Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR

June 2025; 30 pages

This study presents a novel testing device developed to quantitatively determine the adhesion performance of the lateral inner and outer surfaces of corrugated cardboard boxes joined with adhesive.

A key objective of this study is to accurately measure the adhesion performance of corrugated cardboard boxes. Currently, adhesion strength is qualitatively assessed by manually separating the box edges and visually inspecting the fibers remaining on the surface. Within the industry, there is no specialized device that directly applies force to the lateral areas for measurement; instead, compression testing machines are commonly used. However, this method can damage the box's integrity and fails to perform tests suitable for its load-bearing characteristics.

The developed device is designed to quantitatively measure the adhesion durability of boxes, also considering the characteristics of the adhesive used and the paper's impact on adhesion performance. The acquisition of numerical data enables both the optimization of adhesion parameters and a more reliable and efficient determination of adhesive performance. Furthermore, this device will facilitate the identification of how the surface properties of papers used during box production affect adhesion performance, particularly through the adhesive's penetration mechanism into the paper.

KEYWORDS: Corrugated Cardboard, Mechanical Design, Mechanical Properties,
Tensile Test

COMMITTEE: Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR

Assoc. Prof. Dr. Muhsin Gökhan GÜNAY

Asst. Prof. Dr. Ahmet ÇOŞGUN

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, oluklu mukavva kutuların yanal iç ve dış yüzeylerindeki yapışma mukavemetini ölçmek amacıyla geliştirilen bir test cihazının tasarım, üretim ve doğrulama süreçlerini kapsamaktadır. Özellikle, ambalaj sektöründe sıklıkla kullanılan bu tür kutuların dayanıklılığı, taşıma ve depolama süreçlerinde büyük önem taşımaktadır. Mevcut test sistemlerinin eksikliklerinden yola çıkılarak geliştirilen bu test cihazı, hem sayısal veri temelli ölçüm imkânı sunmakta hem de üretim sürecinde kullanılan malzeme ve yapıştırıcıların etkinliğini analiz etme açısından yeni bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasının hazırlanmasında bana yol gösteren, her aşamada fikrini, yardımını ve görüşlerini esirgemeyen saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Afşin Güngör'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca bana her koşulda destek olan, varlıklarıyla güç veren, beni destekleyen başta Gülşah Gizem Angı 'ya, aileme ve Volkan Şenol 'a, bana olan sonsuz destekleri için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	2
3. MATERYAL VE METOT	7
3.1. Test Cihazı Bileşenleri ve Fonksiyonları	7
3.1.1 Motorlar.....	8
3.1.2 Yük Hücresi.....	9
3.1.3 Yük Hücresi Amplifikatörü.....	11
3.1.4 Microcontroller.....	12
3.1.5 Motor Sürücü.....	12
3.1.6 Ekran	13
3.2. Test Cihazının Tasarımı	14
3.3. Test Cihazının Üretimi	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
5. SONUÇLAR	28
6. KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Oluklu Mukavva Kutularının Yapışma Performansının Ölçülmesi İçin Test Metodolojisi Geliştirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

07/07/2025

Onur ÖNAL

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Ω : Ohm

μ : Micro

Kısaltmalar

A : amper

BTC : Basma Test Cihazı

BCT : Kutu Sıkıştırma Testi

BST : Patlatma Dayanım Testi

cm : santimetre

DC : doğru akım

DIN : Alman Standardizasyon Enstitüsü

ECT : Kenar Ezilme Testi

FEA : Sonlu Elemanlar Analizi

g : gram

ISO : Uluslararası Standartlar Teşkilatı

kN : kilonewton

mm : milimetre

mV : milivolt

N : Newton

R : direnç

s : saniye

V : Volt

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. ZwickRoell kutu patlatma test cihazı (Anonim 1 2025)	3
Şekil 2.2. Devotrans oluklu ve kağıt patlatma test cihazı (Anonim 2 2025)	4
Şekil 2.3. ZwickRoell kutu ve istifleme testi (Anonim 5 2025)	5
Şekil 2.4. IDM Instruments kutu sıkıştırma test cihazları (Anonim 4 2025)	5
Şekil 2.5. DVT Devotrans kutu ezilme dayanımı test cihazı (Anonim 6 2025)	6
Şekil 3.1. Test cihazının izometrik görünümü	5
Şekil 3.2. Yük hücresi	7
Şekil 3.3. Strain gauge	10
Şekil 3.4. Wheatstone köprüsü (Anonymous 1 2025)	10
Şekil 3.5. Yük hücresi amplifikatör devresi (Anonymous 2 2025)	12
Şekil 3.6. Microcontroller (Anonim 8 2025)	12
Şekil 3.7. BTS7960B Şematik Çizimi (Anonymous 3 2025)	13
Şekil 3.8. Nextion NX2432T024 Ekran (Anonim 9 2025)	14
Şekil 3.9. Test cihazının önden görünümü	14
Şekil 3.10. Test cihazının üstten görünümü	15
Şekil 3.11. Test cihazının sağdan görünümü	15
Şekil 3.12. Test cihazının izometrik görünümü	16
Şekil 3.13. Test cihazının önden görünümü	17
Şekil 3.14. Test cihazının üretimi	19
Şekil 3.15. Kuvvet iletim mekanizması	20
Şekil 3.16. Pabuç montajlı iletim mekanizması	21
Şekil 3.17. Üst ve alt tabla hareket mekanizması	22
Şekil 3.18. Üst tabla üzerindeki sıkıştırma plakaları	22
Şekil 4.1. Birinci test numunesi	23
Şekil 4.2. Birinci test sonucu Kuvvet-Zaman grafiği	24

Şekil 4.3. Birinci test sonucu Kuvvet-Mesafe grafiği	24
Şekil 4.4. İkinci test numunesi	25
Şekil 4.5. İkinci test sonucu Kuvvet-Zaman grafiği	25
Şekil 4.6. İkinci test sonucu Kuvvet-Mesafe grafiği	26
Şekil 4.7. Üçüncü test numunesi	26
Şekil 4.8. Üçüncü test sonucu Kuvvet-Zaman grafiği	27
Şekil 4.9. Üçüncü test sonucu Kuvvet-Mesafe grafiği	27



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Lineer motorlar ve özellikleri	9
Çizelge 3.2. Motor sürücü teknik özellikleri	13



1. GİRİŞ

Günümüzde eşyaların transferi, depolanması ve benzeri amaçlarında sıklıkla kağıt ve türevinden üretilen mamul kutular kullanılmaktadır. Özellikle iç ve dış kağıt olarak farklı özelliklere sahip kraft ve kuşe kağıtlar tercih edilmektedir. Yaş sebze, meyve kutularında yaygın olarak kullanılan ölçüler ise en x boy x yükseklik olacak şekilde 18-60 x 10-70 x 3,5-60 cm aralıklarında değişmektedir. Plakalardan belirli kalıplar kullanılarak kesilen bu kutular, kullanım öncesi katlanarak son şekli verilmektedir. Kutuların kullanım esnasında açılmasının önlenmesi için ise birleşim alanlarına yapıştırıcı uygulanmaktadır. Oluklu mukavva; bir iç, bir dış tabaka ve ara katmanı oluşturan oluklu yapısı ile güçlü, esnek, ucuz, hafif ve geri dönüştürülebilir ambalajlar olduğu için tüm dünyada kullanılmaktadır.

Katlanın kutular, tüketici tarafından hemen kullanılmak üzere hazır hale getirilmektedir. Kenarların birleşim noktalarının bir araya getirilmesi sırasında kullanılan tutkal ithal bir üründür. İthalat kalemi olarak işlem görmesi nedeniyle oluşturduğu maliyet kura endeksli olarak artmaktadır. Diğer taraftan kullanılan yapıştırıcının kuvveti, kutunun yırtılma direncine direkt etki etmektedir. Yapıştırıcının işlevini yitirmesi durumunda kenarlar açılmakta ve kutu kullanılamaz hale gelmektedir. Sezgisel olarak bakıldığında kutuların birleştirme kalitesinin kritik olduğu ve birleştirilmemiş alanların tutkal atlamaları, vakum hatları veya diğer kusurlar sonucu kutunun mukavemetinde azalma gözlenmiştir. Bu kusurlar, mukavemeti azalttığı gibi birleştirilen köşelerdeki bağları da zayıflatır. Mevcut uygulamalarda yapışma mukavemeti ölçümü, el yordamıyla kutu kenarının ayrılması ve görsel yolla ayrılma sırasında yüzeyde kalan liflerin gözlenmesi yoluyla yapılmaktadır.

Günümüzde doğrudan yanal alanlara kuvvet uygulayarak ölçüm yapan test cihazı bulunmamakta, genellikle basma test cihazı kullanılmaktadır. Bahsedilen test cihazı normal (BTC) basma test cihazıdır. Kutunun bütününe test yapılabilmesi için kutunun kesilmesi gerekmektedir. Testin tek kenara uygulanmasının yanı sıra, kutunun yük taşıma şekline uygun bir şekilde test gerçekleştirilememektedir.

Sonuç olarak mevcut teknikte var olan dezavantajları ortadan kaldıran tutkal ile yapıştırılması sonrası bir araya getirilen kutunun yanal iç ve dış yüzeyinin yapışma mukavemetini ölçmeyi sağlayan bir test cihazına olan gereksinimin varlığı ve mevcut çözümlerin yetersizliği ilgili teknik alanda bir geliştirme yapmayı zorunlu kılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Oluklu mukavva kutuları, ürünlerin transfer ve dağıtım süreçlerinde büyük rol oynar ve bu süreçte kutunun dayanımı çok önemlidir. Benjamin F. tarafından yapılan bu araştırmada kağıt özellikleri ve birleştirme amaçlı kullanılan yapıştırıcının kalitesi üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Sıradan nişasta yapıştırıcısı suya dayanıklı değildir ve sıradan bir yapıştırıcı ile birleşen kutu, su ile temasa maruz kaldığında kısa bir sürede parçalanır. Kutuların birçoğu yüksek nem oranına sahip ortamlarda kullanılır ve bu ortamda yapışkanın gücü azalır. (Frank 2014)

Nişasta yapıştırıcısına reçine ekleyerek suya dayanıklılığı ve yüksek nemli ortamda istiflenme performansı artırılır.

Bir kutuyu oluşturmak için düz bir oluklu mukavva levha alınmalı ve katlanabilmesi için doğru kesilmesi gerekir. Bu katlanma, çentikler ve yiv açılımı ile mümkündür. Çentikler, temiz katlanabilecek kadar derin olmalıdır fakat aşırı kesilmesi durumunda malzemeyi zayıflatabilmektedir. Çentik derinliği arttıkça çentik hattında çatlak oluşması, bu nedenle mukavemet kaybetme riski artmaktadır.

Kutunun kenar bölgesine uygulanan dikey kuvvet, dışa doğru eğilmesini sağlar. Bu durum yükü taşımayı zorlaştırır ve dönüşün kısıtlı olduğu bölgelere daha fazla yük aktarılır. Köşe bölgelerde artan stres, kutunun toplam yük taşıma kapasitesini azaltır. (Frank 2014)

Aynı araştırmaya göre bu sorunların yaşanması, kenar birleşim noktaları sınır koşulları değiştirilerek ve uygun koşul belirlenerek dışa eğilim engellenebilir.

Oluklu mukavvadan üretilen kutuların mukavemeti, bazı testlerden geçerek ölçülür. Pratik açıdan bakıldığında basınç, çekme ve patlatma mukavemet testleri örnek verilebilir. Ambalaj sektöründe yaygın olarak kullanılan testler, kutu sıkıştırma testi (BCT) ve kenar ezilme testidir (ECT).

Tomasz G. , Damian M. ve Jakup K. meyve ve sebzelerin taşınması için kullanılan kutu kasaların tabanının dayanımı üzerine çalışmışlardır. Bu testte, kutu sıkıştırma testi (BCT) test cihazı ile tabana basınç uygulanmıştır. Test sonucunda tabanına etki eden kuvvetin kutuya zarar vermediği, sadece yük kapasitesini biraz azalttığı ve ihmal edilebilir olduğu gözlemlenmiştir. (Garbowski 2023)

Deneylerde alt tabanın test edilmeye devam edilmesi yerine kenar kısımlara odaklanılması gerektiği görülmüştür.

Oluklu mukavva kutularının yan duvarlarında ve alt kısmında bulunan, havanın serbest akışını sağlayan yuvarlak veya oval şekilli havalandırma delikleri bulunmaktadır. Klasik BCT laboratuvar testlerinde bu delikler, kutunun yük taşıma kapasitesine bir etkisi bulunmamaktadır. Fakat yapılan çalışmalar sonucunda havalandırma deliklerinin özellikle köşenin yük taşıyan bölgesinde yer alması yük kapasitesini zayıflattığı görülmüştür. (Garbowski 2023)

Deliklerin doğru konum ve geometri tespiti ile bu zayıflama ortadan

kaldırılacaktır.

Tomasz G. , Anna K. ve Jakup K. tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada oluklu mukavvanın kenar ezilmeye karşı direnci ölçüldü. Deneyde FEMAT model makine ile ECT (kenar ezilme testi) yapılmıştır. Bunun için parça, paralellik korunarak kesildikten sonra test edilmiştir. (Garbowski 2023)

Mukavvanın kesilmeden direkt kutu şeklinde iken test yapılması ön görülmektedir. Bu şekilde kenar bölgenin yapıştırıcı ile birleşmiş bir biçimde olması nasıl bir etki bırakacağı incelenebilecektir.

Oluklu mukavvanın bileşenleri, kenar sıkıştırma mukavemeti ve düz ezilme mukavemeti gibi mekanik mukavemetler üzerindeki etkisini niceliksel olarak analiz etmek mümkün değildir. Bu nedenle, son zamanlarda yapılan birçok çalışma, oluklu ambalajların tasarımına sonlu elemanlar analizi (FEA) uygulanmıştır.

Çoğu FEA çalışması, oluklu mukavvanın burkulması, kırılması, stabilitesi ve yapışma mukavemeti mekanizmalarının analizine ve farklı oluk türlerinin sıkıştırma ve bükülme davranışlarının araştırılmasına odaklanmıştır.

Jong-Min P. , Jae Min S. ve Hyun-Mo J. tarafından gerçekleştirilen bu deney düzeneğinde tek eksenle hareket sağlayan makine kullanılarak oluklu mukavvanın ezilme mukavemeti incelenmiştir. (Park 2021)

Mukavva kutu bir bütün iken 2 eksenle çalışan bir makine tasarımı yapılarak taban yerine kenar yüzeylerde ezilme mukavemeti testi yapılabilir.

ZwickRoell ve Devotrans gibi firmalar tarafından üretilen kutu patlatma test cihazları tek eksenle çalışan test cihazlarıdır. Oluklu mukavva meyve – sebze taşıma kutuları üstü açık kutulardır ve bu kutuların dayanım testleri için kenar patlatma testlerinde tek eksenli çalışan cihazlar yerine çok eksenli test yapan cihazlar kullanımı daha sağlıklı sonuçlar verecektir.



Şekil 2.1. ZwickRoell kutu patlatma test cihazı (Anonim 1 2025)



Şekil 2.2. Devotrans oluklu ve kağıt patlatma test cihazı (Anonim 2 2025)

Florin Ionut B. , Sorin C. ve Georgiana C. yapmış oldukları çalışmada oluklu mukavva kutularının temel testleri üzerinde durmuşlardır. İlk olarak baz ağırlığının belirlenmesi üzerine test yapmış ve 0,5 g hassasiyete sahip terazide tartılmıştır. Daha sonra patlatma dayanım testi (BST) yapılmış ve bu test için ISO 2758, ISO 2759 kriterlerine uygun test cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, numuneye hidrolik basınç uygulayarak maksimum kağıt mukavemetinin ölçülmesinde kullanılır. Sonrasında kutu sıkıştırma testi (BCT) yapılmıştır. Bu test ISO 12048 standardına dayanmaktadır ve dağıtım esnasında paketlerin düzenli istiflenmesi ve taşınması için gerekli mukavemetin bulunması için uygulanmaktadır. Boacă ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, BST, BCT, ECT ve SCT testlerinin temel çalışma prensiplerine değinmişlerdir. (Boacă 2023)

2.1. BCT (Kutu Sıkıştırma Testi)

BCT (BOX COMPRESSION TEST); bir kutunun depolanma ve taşıma sırasında dayanıklılığını, ağırlık taşıma kapasitesini belirleme amaçlı uygulanan test yöntemidir. Bu test, kutu veya ambalaj malzemelerinin çökme direncini ve sıkıştırma dayanıklılığını değerlendirme <<lı yapılmaktadır. Üreticilerin ürün kalitesini ve son ürünlerinin tasarım standartlarına uygunluğunu kontrol etmesi için kullanılan bir yöntemdir.

Numune, test cihazının plakaları arasına yerleştirilir ve üst plakanın sabit bir hızda hareketi ile üzerine yük uygulanır. Bu sayede numunenin üst yüzeyi aşağı doğru sıkıştırılır. Basınç yükleri, belli bir hızda artırılır ve numunenin çökme değeri kaydedilir. Makinede bulunan hassas yük hücresi, numuneye temas edildikten sonra yük değerlerini alır ve kontrol ünitesine iletir. Sıkıştırma kuvveti ile kritik değere ulaşıldığında test sonlandırılır. (Anonim 3 2025)

Kutu Sıkıştırma Test Cihazı, hassas doğrusal hareketi ve kuvveti uygulamak için bir servo elektrik sistemi içerir. Kutuları sıkıştırarak sağlamlığını test eder. Bu, kutuların dayanımının tahmin edilmesini sağlar ve ticari kutuları test etmek için oldukça

kullanışlıdır. Örneğin; oluklu kutular, kartonlar ve kasalar. Test, sıkıştırma kuvveti altında kutunun kalitesinin net bir şekilde anlaşılmasını sağlar. (Anonim 4 2025)



Şekil 2.3. ZwickRoell kutu ve istifleme testi (Anonim 5 2025)



Şekil 2.4. IDM Instruments kutu sıkıştırma test cihazları (Anonim 4 2025)

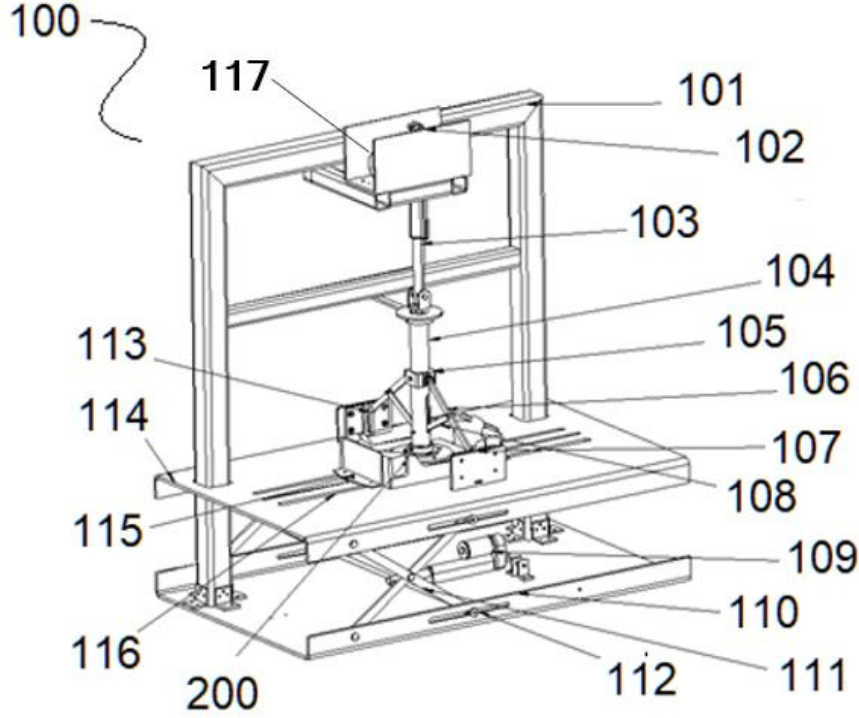


Şekil 2.5. DVT Devotrans kutu ezilme dayanımı test cihazı (Anonim 6 2025)

3. MATERYAL VE METOT

Kullanılan bileşenler aşağıdaki alt başlıklarda detaylandırılmıştır.

3.1. Test Cihazı Bileşenleri ve Fonksiyonları



Şekil 3.1. Test cihazının izometrik görünümü

Şekil 3.1.'de verilen şematik çizim aşağıda detaylandırılmıştır.

Poz. 100: Test Cihazı: Yapışma performansı için parametre optimizasyonu sağlamak ve tutkal verimliliğini daha kesin bir şekilde değerlendirmek amacıyla sayısal veri çıktısı sunan bir sistem olarak geliştirilmiştir.

Poz. 101: Profil Destek: Baskı motorunun ve açma mekanizmasının güvenli bir şekilde sabitlenmesi için tasarlanmıştır.

Poz. 102: Motor Bloğu: Baskı motorunun profil desteğe monte edildiği birimdir.

Poz. 103: Motor Hareket Mili: Motor bloğun alt kısmında yer alır ve açma mekanizmasının kızıağının doğrusal hareketini mümkün kılar.

Poz. 104: Merkezleme Burcu: Hareketin hassasiyetini artırır ve doğru hizalama sağlar.

Poz. 105: Kızak: Merkezleme burcuna dıştan bağlıdır ve doğrusal hareketi X çubuk mekanizmaları aracılığıyla kutuya iletir.

Poz. 106: Krank: Kutunun üst kısmından gelen dikey hareketi, yanal bölgelere doğru yatay bir kuvvete dönüştürür.

Poz. 107: Pabuç: Kuvvet uygulandığında sensörü sıkıştırarak kuvvetin ölçülmesini sağlar. Merkezi eksenleri boyunca hareket edebilen iki ayrı plaka ve aralarındaki kuvvet sensörü ile kutunun yan yüzeyleriyle daha iyi temas kurmak için kullanılır.

Poz. 108: Ara Çubuk: Merkezleme burcu ile krank arasında bağlantı kurar.

Poz. 109: Platform Motoru: Test başlamadan önce kutunun üst tablaya yerleştirilmesi ve sonrasında kutunun üst mekanizmaya temas ederek sabitlenmesi amacıyla üst tablanın X çubuk mekanizmasını çalıştırır.

Poz. 110: Alt Tabaka: Test cihazının tüm bileşenlerinin sabitlenmesi için kullanılır.

Poz. 111: X Çubuk Mekanizması: Üst tablanın dikey yönde hareketini sağlayan alt kısımdaki yapıdır.

Poz. 112: Birinci Yuva: X çubuk mekanizmasının işlevini yerine getirmesi için kullanılır.

Poz. 113: Sabit Sensör Bloğu: İçerisindeki sensörler aracılığıyla kenar ayrılınca kadar elde edilen mukavemet ölçümünü gerçekleştirir.

Poz. 114: Üst Tabla: Kutunun yerleştirildiği alan olup, otomatik merkezlenen sıkıştırma aparatı için ikinci bir yuva barındırır.

Poz. 115: Sıkıştırma Aparatı: İkinci yuva içinde doğrusal olarak hareket eder ve üst tablada bulunan X çubuk mekanizması ile karşılıklı çalışır.

Poz. 116: İkinci Yuva: Üst tablaya entegre edilmiş olup sıkıştırma aparatının işleyişini destekler.

Poz. 117: Baskı Motoru: Yukarıdan uygulanan kuvveti sağlar.

Poz. 200: Kutu: Teste tabi tutulan malzemedir.

3.1.1 Motorlar

Projede kullanılan 2 farklı lineer motor vardır. Bunlar baskı motoru ve platform motoru. Lineer motorlar ve özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Lineer Motorlar ve Özellikleri

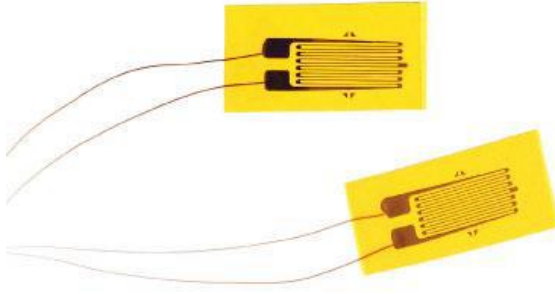
Parça Adı	Parça Adı	Özellikleri
Platform Motoru		24 V DC lineer motor, strok boyu 125 mm, hızı 5 mm/s, güç 800 N
Baskı Motoru		24 V DC lineer motor, strok boyu 100 mm, hızı 20 mm/s, güç 1000 N

3.1.2 Yük Hücresi

Mekanik kuvvetleri elektriksel sinyallere dönüştürme işlevi gören yük hücreleri, bu özellikleriyle kuvvet, ağırlık, basınç gibi değerlerin ölçülmesini olanaklı kılar.

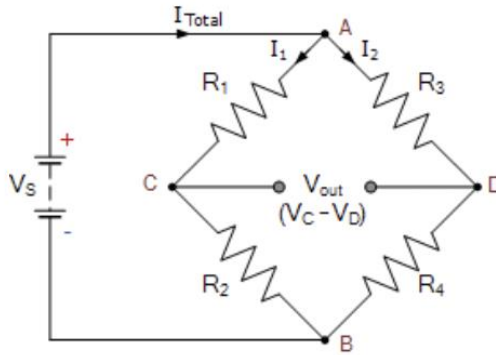
**Şekil 3.2.** Yük hücresi

Yük hücreleri genellikle, metal bir gövdeye ve bu gövdenin içine özel bir düzende yerleştirilmiş gerinim ölçerlere sahiptir.



Şekil 3.3. Strain gauge

Gerinim ölçerlerin işleyişi, Wheatstone Köprüsü ilkesine dayanmaktadır.



Şekil 3.4. Wheatstone köprüsü (Anonymous 1 2025)

Şekil 3.4'te sunulan Wheatstone köprüsünün işleyiş prensibi gereği, R_1 , R_2 , R_3 ve R_4 direnç değerleri eşit olduğunda, V_S güç kaynağı köprü girişine uygulandığında C ve D çıkış noktaları arasındaki potansiyel farkı sıfır olur ve bu durumda herhangi bir okuma alınmaz.

Yük hücresinin R_3 terminaline bağlı olan kolda bir yük uygulandığında, gerinim ölçerin direnci değişir ve bu durum çıkış terminalindeki voltajın yükselmesine neden olur. Gerinim ölçerlerin Wheatstone köprüsüne tekli veya birden fazla şekilde bağlanması mümkündür.

Dört yük hücresi, bir çelik iskelet üzerine yerleştirilmiştir. Bu yapı, yukarı-aşağı ve ileri-geri yönlerdeki tüm hareket ve kuvvetleri ölçebilecek kapasitededir. Bunun nedeni, bu bölgelerden kaynaklanan herhangi bir gerilime karşı dört yük hücresinden herhangi birinin kesinlikle tepki verecek olmasıdır. Ayrıca, bu dört yük hücresi Wheatstone köprüsünün her bir koluna monte edildiğinden, ortam sıcaklığındaki küçük artışlar bile hepsini aynı oranda etkileyerek direnç dengesizliğini ortadan kaldırır.

Yük hücreleri, atomlar arası güçlü moleküler bağlara sahip iletken filmlerden üretilmiş hassas algılayıcılardır. Bu filmler, epoksi reçine ile kaplanarak ve sıcak eriyik

püskürtme tekniğiyle kalıplanarak imal edilmektedir. Böylece, yük hücreleri mekanik kuvvetleri elektriksel sinyallere dönüştürme yeteneği kazanır.

3.1.3 Yük Hücresi Amplifikatörü

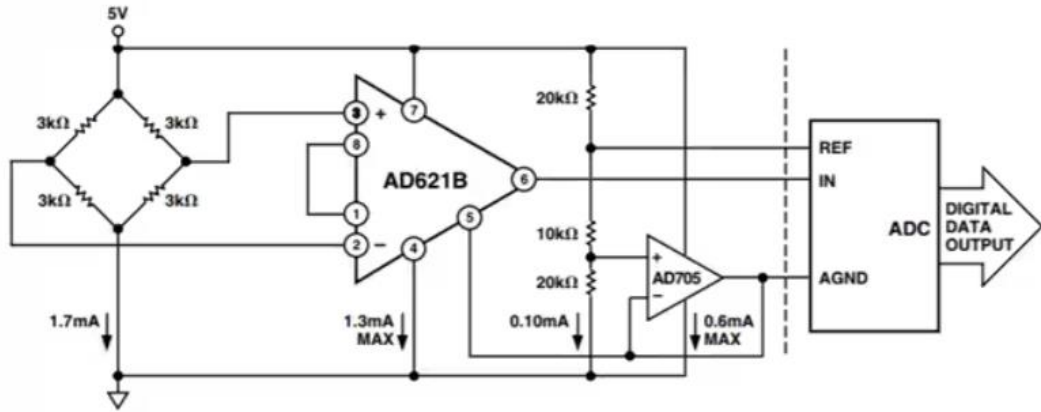
Yük hücreleri genellikle milivolt/volt (mV/V) cinsinden bir çıktı sunar. Bu çıktının değeri arttıkça, gerinim ölçerin, yani yük hücresinin ölçüm güvenilirliği yükselir. Yük hücresi bilinen bir kuvvetle yüklendiğinde, yüksüz durumdaki değerden daha yüksek ikinci bir çıktı elde edilir. Ancak, bu çıktı mV/V cinsinden olduğu ve gürültü içerdiği için, bu değer okunabilmesi için bir sinyal güçlendirici (amplifikatör) kullanılması tavsiye edilir.

Yük hücresi amplifikatörlerinin temel amacı, yük hücrelerinden gelen düşük seviyeli sinyali yükselterek işlenebilir bir duruma getirmektir. Bu sayede, yük hücresi tarafından algılanan kuvvet, ağırlık, basınç gibi parametreler doğru ve güvenilir bir şekilde ölçülebilir.

Yük hücresi amplifikatörlerinin kullanımının başlıca nedenleri şunlardır:

- 1. Hassasiyeti Artırır:** Amplifikatörler, yük hücrelerinden gelen zayıf sinyali yükselterek, ölçümün daha hassas olmasını sağlar. Bu sayede, çok küçük kuvvetler bile doğru bir şekilde ölçülebilir.
- 2. Gürültü Seviyesini Düşürür:** Amplifikatörler, yük hücrelerinden gelen sinyale filtreler uygulayarak gürültü seviyesini düşürür. Bu sayede, ölçüm daha stabil ve güvenilir hale gelir.
- 3. Doğrusallığı Artırır:** Amplifikatörler, yük hücrelerinden gelen sinyali doğrusallaştırır. Bu sayede, yük hücresinin doğrusallık hatası azalır ve ölçüm daha doğru hale gelir.
- 4. Sinyal İşleme Kolaylığı Sağlar:** Amplifikatörler, yük hücrelerinden gelen sinyali standart bir formata dönüştürür. Bu sayede, sinyal kolayca işlenebilir ve çeşitli cihazlara aktarılabilir.
- 5. Çevresel Faktörlere Karşı Koruma Sağlar:** Amplifikatörler, yük hücrelerinden gelen sinyali çevresel faktörlerin (sıcaklık, nem, titreşim vb.) etkisinden korumaya yardımcı olur.

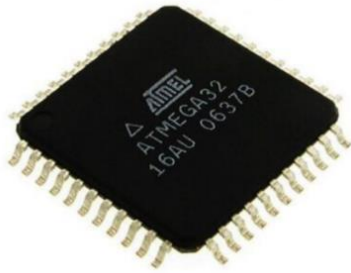
Örnek bir yük hücresi amplifikatör devresi Şekil 3.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Yük hücresi amplifikatör devresi (Anonymous 2 2025)

3.1.4 Microcontroller

Bu tez çalışmasının ihtiyaçları doğrultusunda ATMEGA 16U serisi mikrodenetleyici seçilmiştir. Mikrodenetleyici; motorların çalıştırılması, ekranın yönetilmesi ve amplifikatör çıkışının okunması gibi işlevler için kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Microcontroller (Anonim 8 2025)

3.1.5 Motor Sürücü

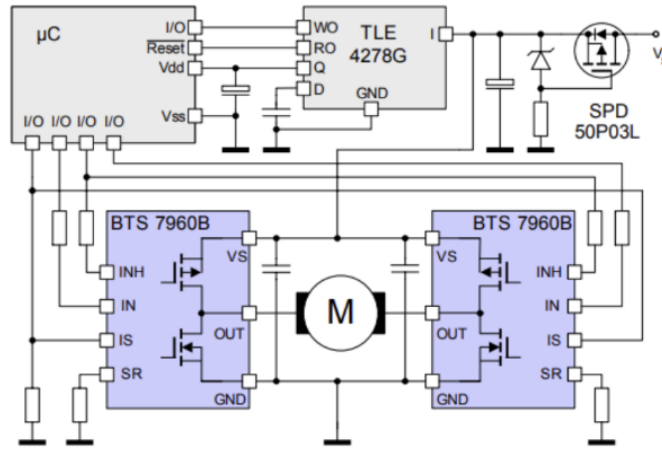
Bir motor sürücüsü, elektrik motorlarının çalışma prensiplerini düzenleyen ve denetleyen bir elektronik bileşendir. Bu cihaz, bir mikrodenetleyici veya başka bir kontrol mekanizması ile motor arasında bir arayüz görevi görerek, motorun hızını, dönme istikametini ve diğer işletim parametrelerini hassas bir şekilde yönetmeyi sağlar.

Motor sürücülerinin başlıca fonksiyonları şunlardır:

- **Hız Kontrolü:** Motor sürücüler, motora sağlanan gerilimi ve akımı ayarlayarak motorun dönüş hızını denetleyebilir. Bu, motorun belirlenen hızda çalışmasını temin eder.
- **Yön Kontrolü:** Motor sürücüler, motor sargılarına iletilen akımın yönünü değiştirerek motorun dönme istikametini yönlendirebilir. Böylece motorun ileri veya geri hareket etmesi sağlanır.

- **Tork Ayarlama:** Motor sürücüleri, motorun akımını kontrol ederek torkunu düzenleyebilir. Bu sayede motorun istenen güç seviyesine sahip olması sağlanır.
- **Motorun Koruması:** Motor sürücüleri, motoru aşırı akım, aşırı voltaj ve aşırı ısınma gibi durumlardan koruyarak ömrünü uzatır ve arıza riskini azaltır.

Bu tez çalışmasında, platform ve baskı motorlarının kontrolü için iki adet BTS7960B motor sürücü kullanılmıştır.



Şekil 3.7. BTS7960B Şematik Çizimi (Anonymous 3 2025)

Çizelge 3.2 Motor Sürücü Teknik Özellikleri

Besleme Gerilimi	Anahtarlama Gerilimi	Anlık Max Akım	Nominal Akım	Devre İç Direnci
5.5 V – 27 V	5 V	40 A	20 A	26 mΩ

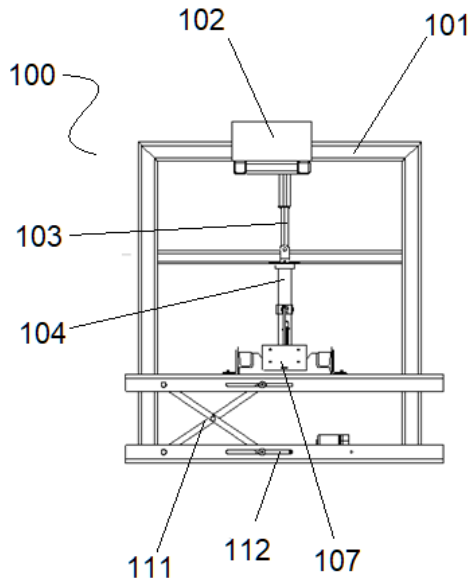
3.1.6 Ekran

Bu projede, 800 x 480 piksel çözünürlüğünde 7 inç Nextion NX2432T024 serisi bir ekran kullanılmıştır.

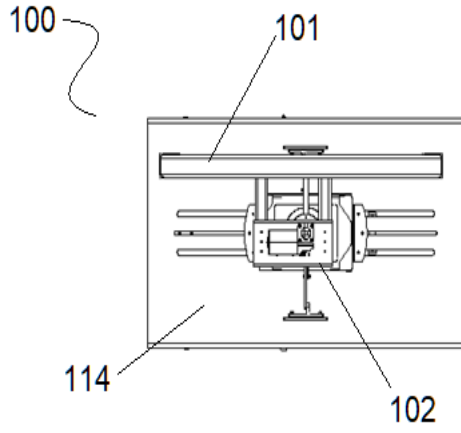


Şekil 3.8. Nextion NX2432T024 Ekran (Anonim 9 2025)

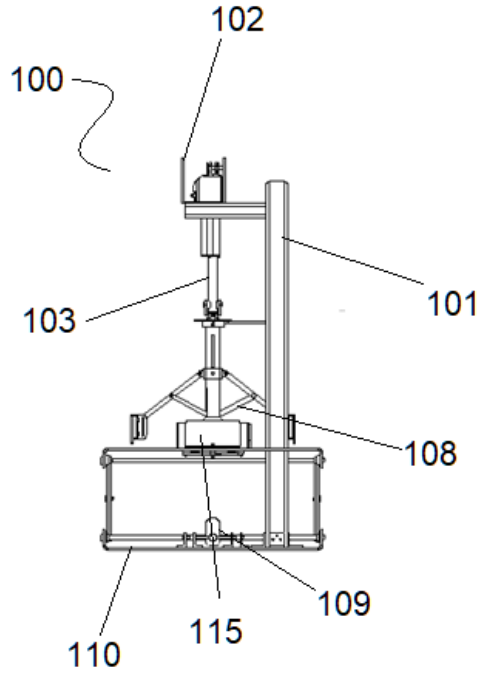
3.2. Test Cihazının Tasarımı



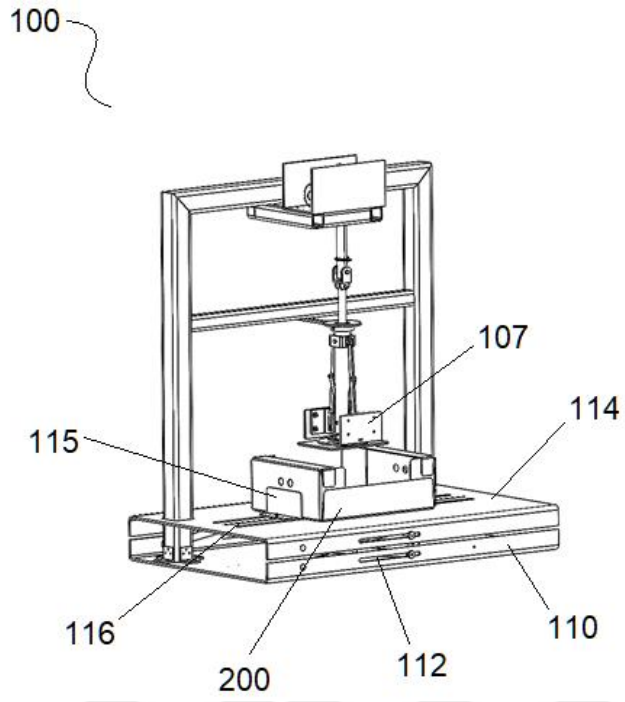
Şekil 3.9. Test cihazının önden görünümü



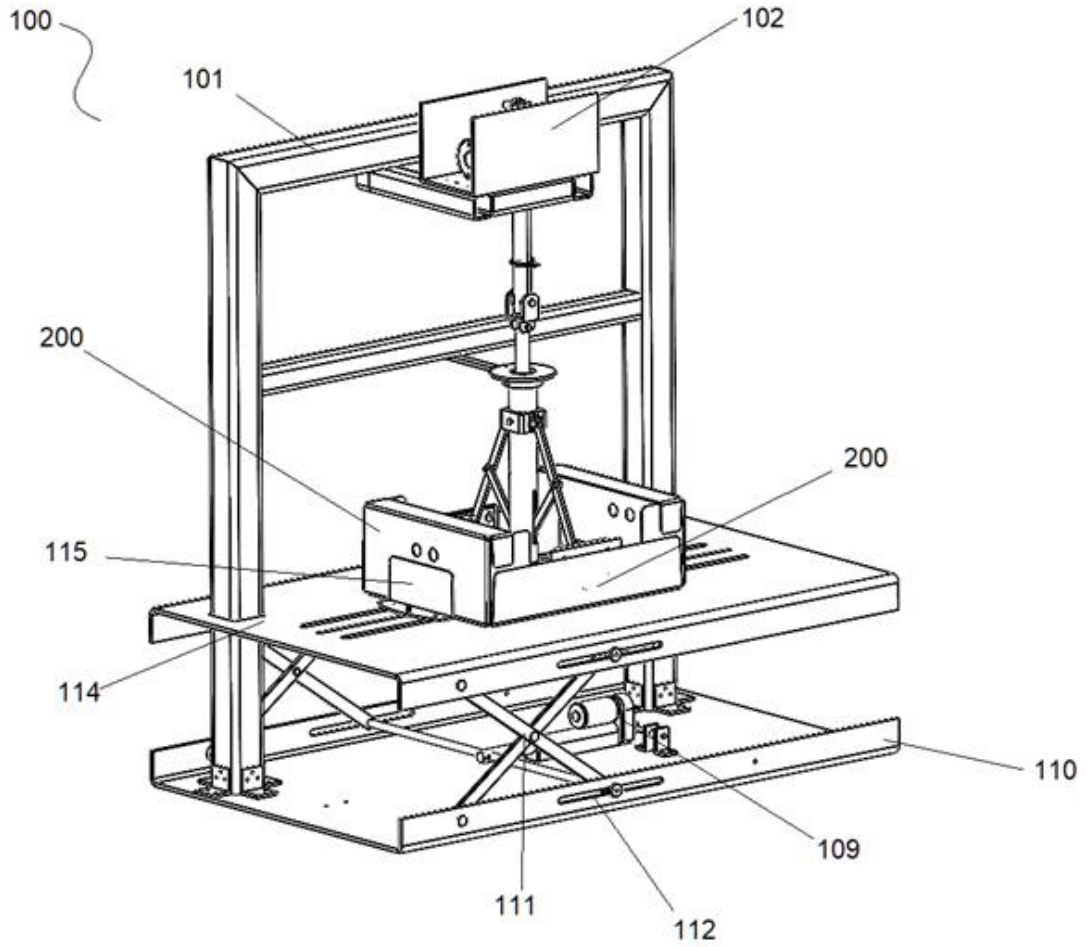
Şekil 3.10. Test cihazının üstten görünümü



Şekil 3.11. Test cihazının sağdan görünümü



Şekil 3.12. Test cihazının izometrik görünümü



Şekil 3.13. Test cihazının önden görünümü

Bu bölümde, tutkallı oluklu mukavva kutuların (200) yanal iç ve dış yüzeylerinin yapışma mukavemetini ölçmek üzere geliştirilen test cihazı (100) detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Sunulan bu açıklama, konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik bir örnek teşkil etmekte olup, herhangi bir sınırlayıcı etki oluşturmamaktadır.

Şekil 3.1.'de gösterilen test cihazı (100), özellikle yapışma süreçleri için parametre optimizasyonu sağlamak ve tutkal performansını daha güvenilir bir şekilde değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Cihaz (100), aynı zamanda tutkalın kağıt liflerine nüfuz etmesiyle sağlanan yapışma mekanizmasında, kutu (200) üretiminde kullanılan kağıtların yüzey özelliklerinin yapışma mukavemetine etkilerini de tespit etme yeteneğine sahiptir. Bu sayede, elde edilen sayısal veriler ile yapışma performansı objektif olarak analiz edilebilmektedir.

Şekil 3.9.'da detayları verilen test cihazı (100), bir dizi temel bileşenden oluşmaktadır:

Alt Tabla (110): Cihazın en alt kısmında konumlandırılmış olup, tüm yapısal elemanların sabitlendiği ana zemini oluşturur.

Profil Destek (101): Alt tablaya (110) bağlı olarak yükselen bu eleman, motor ve açma mekanizması gibi kilit bileşenlerin monte edildiği dikey taşıyıcıdır.

Üst Tabla (114): Alt tablanın (110) üzerinde ve profil desteğe (101) bağlı olarak yer alan bu tabla, kutunun (200) yerleştirilmesini ve otomatik olarak merkezlenmesini sağlayan ikinci yuvayı (116) ve sıkıştırma aparatını (115) içerir.

Motor Blok (102): Profil desteğin (101) üst kısmında yer alan bu blok, sistemin hareketini sağlayan motoru barındırır ve ona sabitlenmiştir.

Motor Hareket Mili (103): Motor bloktaki (102) motorun aktüatör ucuna döner bir bağlantıyla bağlı olan bu mil, merkezleme burcu (104) aracılığıyla açma mekanizmasının kızığının (105) doğrusal hareketini sağlar.

Test cihazının (100) hassas mekanizmasını çalıştırmak için merkezleme burcuna (104); açma mekanizmasının kızığı (105), motor hareket mili (103), krank (106) ve ara çubuk (108) gibi elemanlar bağlantılıdır. Merkezleme burcuna (104) dıştan bağlı ve doğrusal hareket kabiliyetine sahip olan kızak (105), bu doğrusal hareketi x çubuk mekanizmaları (111) aracılığıyla kutuya (200) iletir.

Kızığa (105) karşılıklı olarak, tercihen iki adet krank (106) bağlanmıştır. Bu kranklar, kutunun (200) üst kısmından gelen dikey hareketi, yanal yüzeylere doğru yatay bir kuvvete dönüştürür. Merkezleme burcu (104) ve krank (106) arasındaki bağlantı ise ara çubuk (108) vasıtasıyla sağlanır.

Krankların (106) bir ucu kızığa (105) bağlıyken, diğer ucu Şekil 3.10.'da görüldüğü gibi pabuca (107) irtibatlıdır. Pabuç (107), merkez eksenleri doğrultusunda hareket edebilen iki ayrı plakadan ve bu plakalar arasında konumlanmış bir kuvvet sensöründen oluşur. Pabuçlar (107), farklı kutu (200) boyutlarına ve yanal yüzeylere daha iyi temas sağlamak amacıyla sökülüp takılabilir özelliكتedir. Üst tablanın (114) dikey hareketini sağlamak üzere alt kısımda bir x çubuk mekanizması (111) bulunur ve bu mekanizmanın çalışması için bir birinci yuva (112) mevcuttur. Pabucun (107) iki plakasından biri olan sabit sensör bloğu (113), kranka (106) sabitlenmiştir.

Şekil 3.11.'de gösterilen test cihazında (100), test öncesinde kutunun (200) üst tablaya (114) yerleştirilmesi ve ardından üst mekanizmaya temas ederek sabitlenmesi için üst tablanın (114) x çubuk mekanizmasını (111) çalıştıran bir platform motoru (109) bulunmaktadır. Üst tablaya (114) konumlandırılmış olan ikinci yuva (116), sıkıştırma aparatının (115) işleyişini sağlar. Bu sıkıştırma aparatı (115), ikinci yuva (116) içerisinde doğrusal hareket eder ve üst tablanın (114) x çubuk mekanizması (111) ile karşılıklı çalışır. Bu mekanizma, üst tablanın (114) altında bir çubuk mekanizmasına sahip olup, bir taraftaki sıkıştırma aparatı hareket ettiğinde diğerinin de otomatik olarak hareket etmesini sağlar.

Şekil 3.12.'de betimlenen test cihazının (100) operasyonunda, motor harekete geçtiğinde kızak (105) da eş zamanlı olarak hareket eder. Kızağa (105) döner bir bağlantıyla bağlı olan krank (106), ucunda kuvvet uygulayacak olan pabuç (107) bulunur. Ara çubuk (108) ise bir ucundan merkezleme burcunun (104) içine döner bağlantıyla bağlanmışken, diğer ucundan kranka (106) döner bağlantıyla bağlanmıştır.

Platform motoru (109), alt tablaya (110) döner bir bağlantıyla monte edilmiş olup, bir ucu x çubuk mekanizmasını (111) hareket ettirerek birinci yuvada (112) mekanizma piminin hareketini ve üst tablanın (114) dikeyde yükselip alçalmasını kontrol eder. Sabit sensör bloğu (113) kranka (106) döner bağlantıyla sabitlenmiş olup, ilgili kutu (200) ölçülerine göre pabuçlar (107) değiştirilerek kullanılabilir.

Şekil 3.13.'te görüldüğü üzere, üst tabla (114) yükselerek kutu (200) üst mekanizmaya temas ettikten sonra, sıkıştırma aparatı (115) ikinci yuvada (116) doğrusal hareket ederek kutuyu (200) yanlardan da sabitler. Pabuç (107), kutunun (200) yapıştırılmış kenarı ayrılana kadar hareketini sürdürür. Bu esnada, sabit sensör bloğunda (113) bulunan sensörler yardımıyla kenar ayrılana kadar uygulanan mukavemet anlık olarak ölçülür. Yapışma ayrılma noktasına ulaştığında, akım, mesafe ve açı sensörleri aracılığıyla kutunun (200) açıldığı algılanır ve motor otomatik olarak durdurularak test sonlandırılır.

3.3. Test Cihazının Üretimi



Şekil 3.14. Test cihazının üretimi

Mekanik bileşenlerin imalatında hem talaşlı hem de eklemeli imalat yöntemleri kullanılmıştır. Tasarlanan sac-levha parçalar, çelik ve alüminyum sac plakalardan lazer kesim makinesinde üretilmiştir. Şekil verilmesi gereken sac levhalar ise büküm makinesinde büküm yapılarak istenilen forma getirilmiştir. Profil destek yapısı, kutu çelik profiller kullanılarak kaynak birleştirme yöntemi ile elde edilmiştir. Lazerde kesilen parçaların delikleri ve yuvaları hassas bir şekilde frezede işlenmiştir. Pim ve burçlar sırasıyla DIN 1.4404 paslanmaz çelikten ve RG-7 pirinçten tornada işlenmiştir.

Baskı motorundan gelen kuvvetin pabuçlara iletilmesini sağlayan mekanizmanın üretimi için plakalar ve ara çubuklar lazerde işlenmiştir. Ara çubuğun bir ucu yük hücresine, diğer ucu ise merkezleme burcu üzerindeki kızığa sabitlenmiştir. Ara çubuğun ortasında bulunan delik ise, istenilen hareketi sağlamak amacıyla merkezleme burcuna bir çubuk ile monte edilmesi için açılmıştır.

Belirtilen mekanizma Şekil 3.15. ve Şekil 3.16.'da gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Kuvvet iletim mekanizması



Şekil 3.16. Pabuç montajlı iletim mekanizması

Üst tablanın hareketini sağlamak için, alt tablaya 1 adet lineer platform motoru montajlanmıştır. Üst ve alt tabla ise kenarlarından X mekanizması ile bağlıdır. Lineer motorun hareketi ile birlikte üst tabla, düşey ekseninde hem aşağı hem de yukarı yönde hareket etmektedir. Tabla sisteminin mekanizması Şekil 3.17.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.17. Üst ve alt tabla hareket mekanizması

Teste tabi tutulacak kutunun sağ ve sol yüzeylerini sabitlemek için üst tablaya monte edilen sıkıştırma aparatı ise Şekil 3.18.'de belirtilmektedir. Üst tabla üzerinde bulunan iki adet sıkıştırma plakasının eş zamanlı hareketi ise üst tablanın altında yer alan çubuk mekanizması ile sağlanmaktadır. Böylece kutuyu merkezleme daha basit hale gelmiştir.



Şekil 3.18. Üst tabla üzerindeki sıkıştırma plakaları

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

SolidWorks programı üzerinden nihai tasarımı yapılan, üretimi gerçekleştirilen ve montaj aşamaları tamamlanan oluklu mukavva kutu yandan patlatma cihazının test aşamasına geçilmiştir.

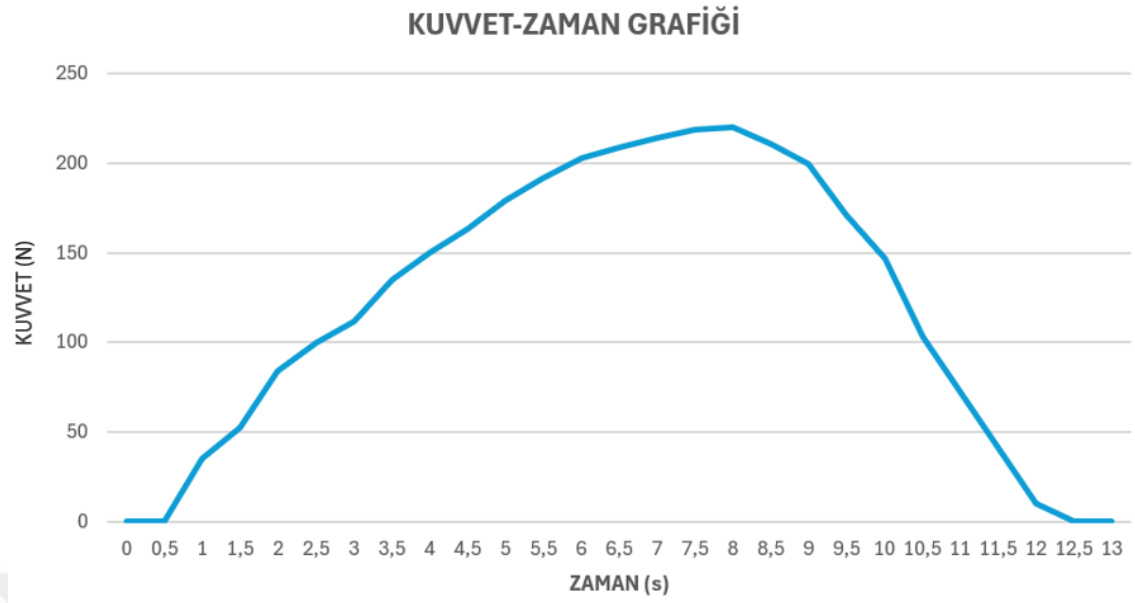
İlk test için 50 x 30 x 12,5 cm ölçülerine sahip yaş sebze meyve kutusu kullanılmıştır.



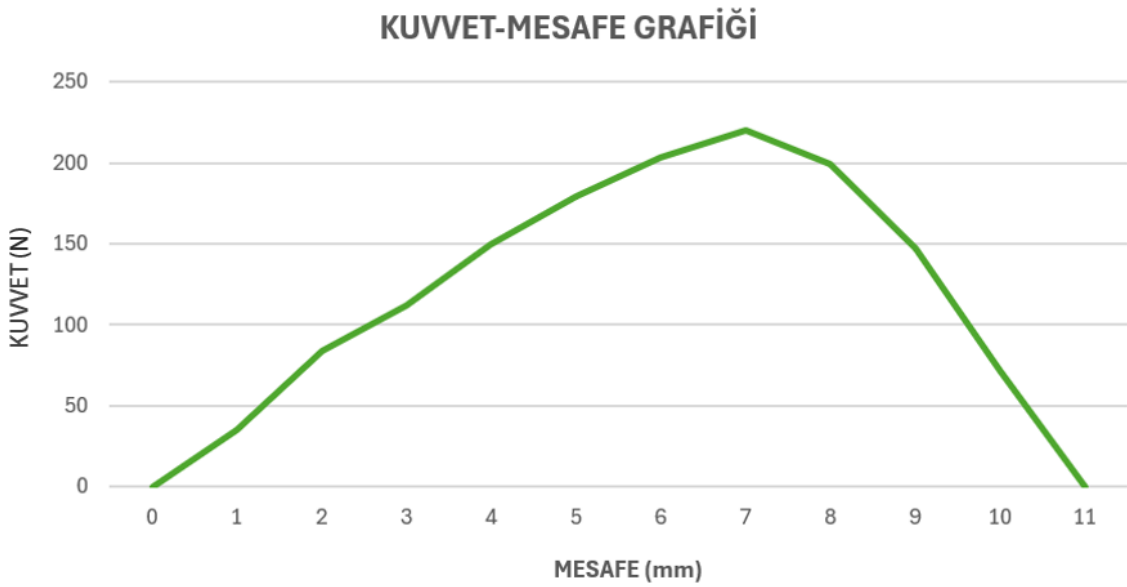
Şekil 4.1. Birinci test numunesi

Kutu öncelikle testin uygulanabilmesi için cihazın merkezine yerleştirilmiş ve sıkıştırma aparatları ile sabitlenmiştir. Üst tabla, yukarı yönde hareket ederek pabucun bağlı olduğu merkezleme burcunun tablaya oturmasını sağlamıştır. Daha sonra ise baskı motoru çalıştırılarak merkezleme burcu üzerindeki kızak aşağı yönde hareket etmeye ve kızığa montajlı olan ve pabucun ileri hareketini sağlayan ara çubuğa kuvvet iletilmiştir.

Yük hücresi, pabucun yüzeyinin kutunun yanıl yüzeyine teması ile veri toplamaya başlamıştır. Toplanan bu veriler kaydedilip Kuvvet-Zaman ve Kuvvet-Mesafe grafiğı oluşturmak üzere kullanılmıştır. Oluşturulan grafikler ise Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Birinci test sonucu Kuvvet-Zaman grafiği



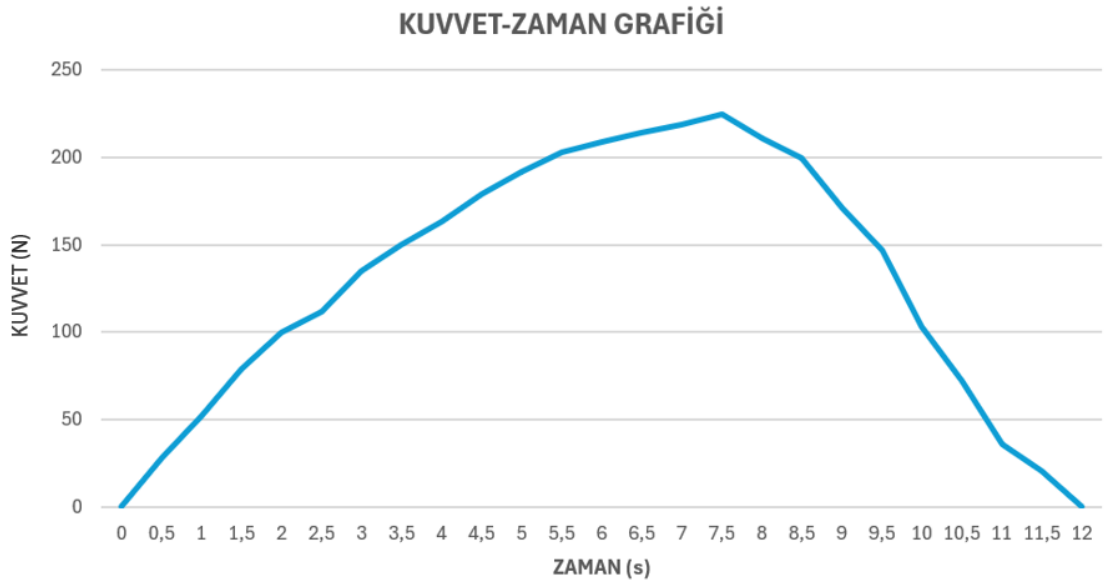
Şekil 4.3. Birinci test sonucu Kuvvet-Mesafe grafiği

Birinci testin tamamlanmasının ardından yeni bir kutuya geçilmiştir. Yeni kutunun ölçüleri ise 40 x 30 x 15 cm'dir.

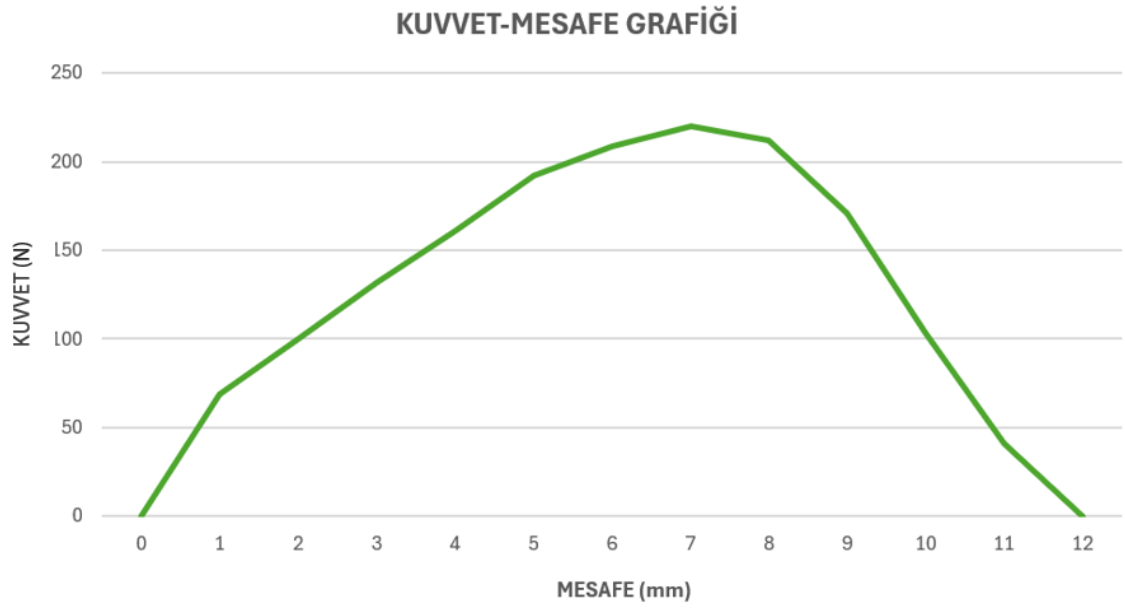


Şekil 4.4. İkinci test numunesi

İkinci test için de kutu yerleştirildikten ve sabitlendikten sonra motorun hareketi ile deney başlamıştır. İkinci deneyin sonuçlarının kaydedilmesi ile karşılaştırma için Kuvvet-Zaman ve Kuvvet-Mesafe grafikleri oluşturulmuştur. Hazırlanan grafikler Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 4.5. İkinci test sonucu Kuvvet-Zaman grafiği



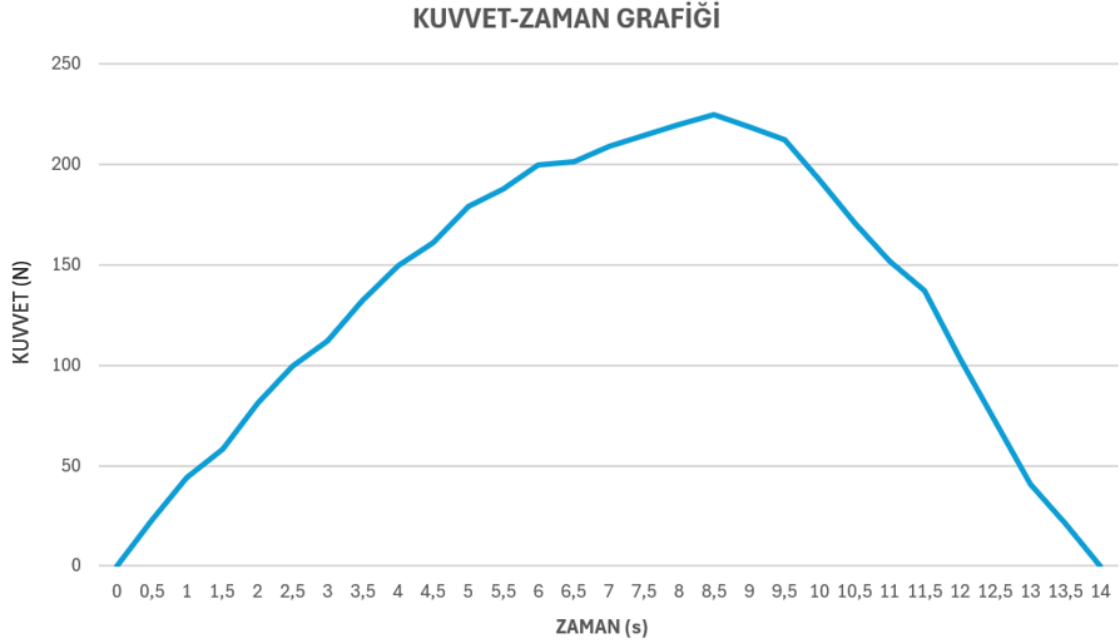
Şekil 4.6. İkinci test sonucu Kuvvet-Mesafe grafiği

Üçüncü ve son test için ise düzeneğe yeni bir mukavva kutu yerleştirilmiştir. Son deney için kullanılacak kutu ise 40 x 60 x 15 cm ölçülerine sahiptir.

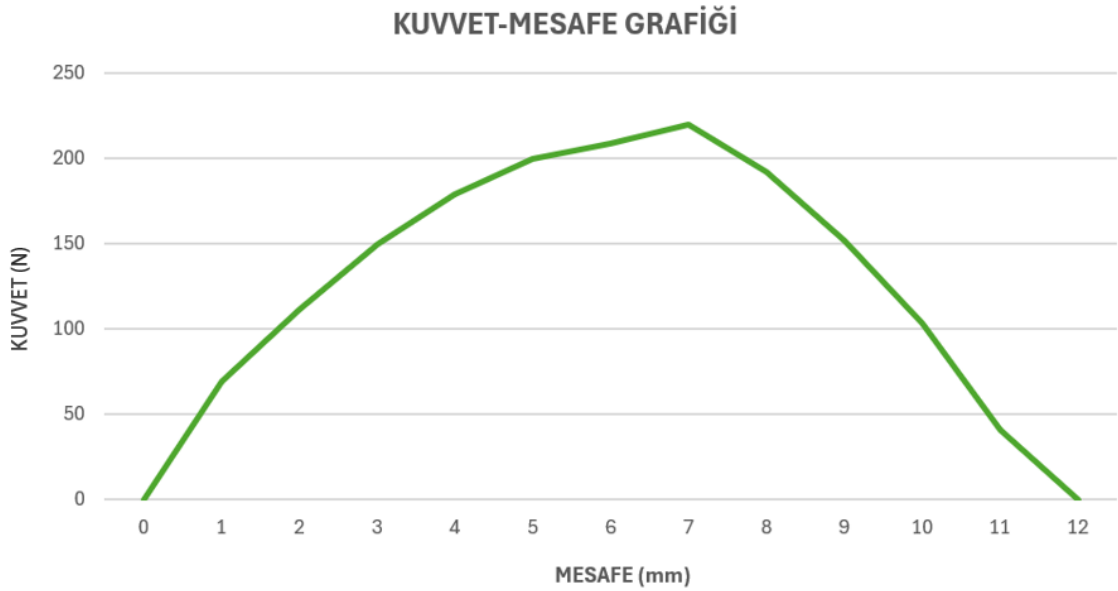


Şekil 4.7. Üçüncü test numunesi

Son test için de kutunun yerleştirilmesi ve sabitlenmesi tamamlandıktan sonra deneye başlanmış ve yük hücresinden çekilen veriler kaydedilmiştir. Önceki deneylerin sonunda elde edilen sonuç grafikleri ile karşılaştırılmak üzere son deney için hazırlanan grafikler Şekil 4.8. ve Şekil 4.9.'da gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Üçüncü test sonucu Kuvvet-Zaman grafiği



Şekil 4.9. Üçüncü test sonucu Kuvvet-Mesafe grafiği

5. SONUÇLAR

Oluklu mukavva kutular, günümüzde eşyaların transferi, depolanması ve benzeri amaçlar için sıklıkla kullanılan, özellikle yaş sebze meyve taşımacılığı sektöründe büyük öneme sahip ambalaj malzemeleridir. Yapısı gereği dayanım değeri yüksek bir malzeme olan mukavva kutu, meyve ve sebzelerin hava almasını sağlayarak tazeliğini korumakta ve taşıma ile depolama konularında büyük kolaylık sağlamaktadır. Mevcut yapışma mukavemeti ölçüm yöntemlerinin (el yordamıyla ayrılma ve görsel lif gözlemi gibi nitel yaklaşımlar) yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Sektörde yanal alanlara doğrudan kuvvet uygulayan bir cihaz bulunmamakta, bunun yerine genellikle kutunun bütünlüğüne zarar veren basma test cihazları kullanılmaktadır. Bu durum, kutunun yük taşıma şekline uygun test yapılmasını engellemektedir. Bu eksiklikler, yanal iç ve dış yüzeylerin yapışma mukavemetini ölçebilen yeni bir test cihazı geliştirme ihtiyacını ortaya koymuştur.

Bu tez kapsamında yapılan üç deneyin sonuçları, oluklu mukavva kutuların dayanım değerlerine oldukça yakın ölçümler yapabildiğini göstermektedir. Bu bulgular, tasarlanan test düzeneğinin oluklu mukavva kutuların yapışma performansını doğru bir şekilde ölçme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Gözlemlenen eksenel kaçıklık gibi tasarım üzerinde yapılacak değişiklikler ile ölçüm sonuçlarında daha da iyileşme sağlanabilir. Ayrıca, mukavva kutunun test düzeneğinin ortasına yerleştirilmesi aşamasının basitleştirilmesi, deneyler arasındaki süreyi önemli ölçüde kısaltma potansiyeli taşımaktadır.

Bu tür geliştirmeler, oluklu mukavva sektöründeki kalite kontrol süreçlerinin etkinliğini artırarak, daha güvenilir ve hızlı test imkanları sunacaktır. Bu iyileştirmeler, ürün kalitesinin sürekliliğini sağlamak ve dağıtım zinciri boyunca oluşabilecek hasarları en aza indirmek açısından büyük önem taşımaktadır. Geliştirilen bu test cihazı, yapışma için parametre optimizasyonu sağlamanın yanı sıra, tutkal performansının daha sağlıklı ve verimli bir şekilde ölçülmesine olanak tanıyacak; ayrıca tutkalın kağıda nüfuz etmesi yoluyla sağlanan yapışma işleminde kullanılan kağıtların yüzey özelliklerinin yapışma performansına etkisini de belirleyecektir.

6. KAYNAKLAR

- Frank, B. 2014. Corrugated box compression - a literature survey. *Packaging Technology and Science*, 27 (2): 105-128.
- Garbowski, T., Mrówczyński, D. and Grabski, J.K. 2023. Modified compression test of corrugated board fruit tray: numerical modeling and global sensitivity analysis. *Materials*, 16 (3): 1121.
- Garbowski, T., Knitter-Piątkowska, A. and Grabski, J.K. 2023. Estimation of the edge crush resistance of corrugated board using artificial intelligence. *Materials*, 16 (4): 1631.
- Park, J.-M., Sim, J.-M. and Jung, H.-M. 2021. Finite element simulation of the flat crush behavior of corrugated packages. *Applied Sciences*, 11 (17): 7867.
- Boacă, F. I., Cananau, S. and Chisiu, G. 2023. Basic testing and standards of corrugated board. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 85.
- Anonim 1: ZwickRoell, “Patlatma Testleri”, <https://www.zwickroell.com/tr/sektoerler/kagit-karton-dokular/kagit/patlama-testi-iso-2758/>. [Son erişim tarihi: 25.04.2025].
- Anonim 2: Devotrans, “Dokunmatik Ekranlı Oluklu ve Kağıt Patlatma Test Cihazı”, <https://devotrans.com/tr/urunler/patlama-test-cihazlari/dokunmatik-ekranli-oluklu-ve-kagit-patlama-test-cihaz-dvt-kp-dlc.html>. [Son erişim tarihi: 20.04.2025].
- Anonim 3: Devotrans, “BCT Testi (Kutu Ezilme Testi) Nedir?”, <https://devotrans.com/tr/nedir/bct-testi-kutu-ezilme-testi-nedir.html>. [Son erişim tarihi: 26.04.2025].
- Anonim 4: IDM Instruments, “Kutu Sıkıştırma Test Cihazları”, <https://idminstruments.com.au/tr/test-aletleri/Ürünler/kutu-sıkıştırma-test-cihazı-50kn.html>. [Son erişim tarihi: 26.04.2025].
- Anonim 5: ZwickRoell, “Kutu Basma ve İstif Testleri”, <https://www.zwickroell.com/tr/sektoerler/kagit-karton-dokular/oluklu-mukavva-ve-masif-mukavva/kutu-ezme-testi-yigin-ezme-testi/>. [Son erişim tarihi: 26.04.2025].
- Anonim 6: Devotrans, “BCT Kutu Basma Test Cihazları”, <https://devotrans.com/tr/blog/bct-kutu-basma-test-cihazlari.html>. [Son erişim tarihi: 26.04.2025].
- Anonim 7: WEILO, “Loadcell Nedir?”, <https://www.weilo.com.tr/loadcell-nedir>. [Son erişim tarihi: 28.04.2025].
- Anonim 8: Direnc.net, “Microcontrollers”, <https://www.direnc.net/atmega32-16au-8-bit-16mhz-smd-mikrodenetleyici-tqfp44-en>. [Son erişim tarihi: 28.04.2025].
- Anonim 9: Direnc.net, “Nextion HMI Akıllı TFT LCD Display”, https://www.direnc.net/7-inch-nextion-hmi-dokunmatik-tft-lcd-ekran-16mb?language=tr&h=867f01f9&gad_source=4&gclid=CjwKCAjwgdayBhBQEIwAXhMxtlJ5uyrzINm22PXF0NO8Gjs6V3NnFPSFVsxNVQcoUNZYBxKB IAXPIBoCAEIQAyD_BwE. [Son erişim tarihi: 28.04.2025].

Anonymous 1: Electronics Tutorials, “Wheatstone Bridge”, <https://www.electronicstutorials.ws/blog/wheatstone-bridge.html>. [Son erişim tarihi: 28.04.2025].

Anonymous 2: ADIEngineerZone, “Instrumentation Amplifiers”, <https://ez.analog.com/amplifiers/instrumentation-amplifiers/f/q-a/112248/using-ad621-with-single-supply-load-cell-adc>. [Son erişim tarihi: 28.04.2025].

Anonymous 3: Ovaga, “BTS7960 Motor Driver Datasheet and Circuit Diagram”, <https://www.ovaga.com/blog/transistor/bts7960-motor-driver-datasheet-and-circuit-diagram>. [Son erişim tarihi: 30.04.2025].



ÖZGEÇMİŞ

Onur ÖNAL

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2021-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Bahçeşehir Üniversitesi
2013-2019	Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Satınalma Uzmanı	Damen Shipyards Antalya
2024-Devam Ediyor	Satınalma, Antalya
Teknik Satınalma Yöneticisi	Ankutsan A.Ş.
2019-2024	Satınalma, Antalya

ESERLER