



**PROTOTİP BİR SARKAÇ TİPİ DARBE TEST
CİHAZI TASARIMI VE FARKLI
ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ KIRILMA
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mustafa ÜNAL

Yüksek Lisans Tezi

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş
DALMIŞ
2021**

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PROTOTİP BİR SARKAÇ TİPİ DARBE TEST CİHAZI
TASARIMI VE FARKLI ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ KIRILMA
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mustafa ÜNAL

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PROTOTİP BİR SARKAÇ TİPİ DARBE TEST CİHAZI TASARIMI VE FARKLI
ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ KIRILMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Mustafa ÜNAL

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

Bu yüksek lisans çalışmasında ASTM E23 ve TS EN ISO 148-1 standartlarına uygun 32 ve 33,3 J kapasiteli prototip bir Charpy, Izod darbe cihazı tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Araştırmada geliştirilen darbe test cihazı ile ETİAL-160, ETİAL-171, ETİAL-177, ETİAL-195 ve AC2A alüminyum alaşımlarının testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucunda sırasıyla Charpy ve Izod test sonuçları ETİAL-160 için 2,4 J ve 6 J, ETİAL-171 için 2,3 J ve 6,5 J, ETİAL-177 için 2,9 J ve 6,2 J, ETİAL-195 için 4,9 J ve kırılmadı, AC2A için 1,65 J ve 3,6 J olarak ölçülmüştür. Yapılan testler darbe cihazının doğru çalıştığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Darbe testi, Kırılma enerjisi, Charpy darbe testi, Izod darbe testi, Çentik

2021, 72 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

A PROTOTYPE PENDULUM TYPE IMPACT TESTER DESIGN AND DETERMINATION OF FRACTURE PROPERTIES OF DIFFERENT ALUMINIUM ALLOYS

Mustafa ÜNAL

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Dr. İbrahim Savaş DALMIŞ

In this study, a prototype Charpy and Izod with 32 and 33,2 J capacity impact device have been designed and manufactured in accordance with ASTM E23 and TS EN ISO 148-1 standards. ETIAL-160, ETIAL-171, ETIAL-177, ETIAL-195 and, AC2A aluminum alloys have been tested with the impact test device developed in the research. As a result of the tests, Charpy and Izod test results have been measured respectively: ETIAL-160, 2.4 J, 6 J; ETIAL-171, 2.3J , 6.5 J; ETIAL-177,2.9J, 6.2J; ETIAL-195 4.9J and Izod samples weren't broken. The tests have shown that impact device is working accurately.

Key words: Impact test, Refraction energy, Charpy impact test, Izod impact test, Notch

2021, 72 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Malzemelere Uygulanan Mekanik Deneyler	2
1.2. Statik Yükler Altında Yapılan Deneyler.....	3
1.2.1. Çekme Deneyi	3
1.2.2. Basma Deneyi.....	6
1.2.3. Eğme Testi.....	7
1.2.4. Burulma Deneyi.....	8
1.2.5. Sertlik Deneyi	9
1.2.6. Sürünme Deneyi	10
1.3. Dinamik Yükler Altında Yapılan Deneyler.....	11
1.3.1. Yorulma Deneyi.....	11
1.3.2. Çentik Darbe Deneyi	14
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	23
3. MATERYAL ve YÖNTEM	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Solidworks Çizim Programı	27
3.1.2. Kullanılan İmalat malzemeleri	27
3.1.3. Standart Makine Elemanları	27
3.1.4. Köger Charpy Darbe Test Makinesi	30
3.2. Yöntem	31
3.2.1. Charpy ve Izod test düzeneğinin cihazının amacı	31
3.2.2. Charpy ve Izod test düzeneğinin tasarımı ve çalışma prensibi.....	31
3.3. Üretim.....	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	45
4.1. Referans Makine Karşılaştırmaları	50

4.2. Charpy Test Denemeleri	52
4.3. Izod Test Denemeleri.....	55
4.4. Test Numunelerinin Optik İncelemesi	58
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ	Error! Bookmark not defined.



ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1. Yorulma yük oranları ve yorulma biçimleri (Şahin, 2011).....	13
Çizelge 3.1. Prototip düzeneğin parça listesi.....	38
Çizelge 4.1. Araştırma yapılan malzemelerin kimyasal kompozisyonu	46
Çizelge 4.2. Test numunlerinin sertlik değerleri	49
Çizelge 4.3. Charpy test numunelerinin Joule cinsinden kırılma değeri.....	53
Çizelge 4.4. Izod test numunelerinin Joule cinsinden kırılma değeri.....	56



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Çekme deneyi numuneleri.....	3
Şekil 1.2. Çekme deney makinesi.....	4
Şekil 1.3. Çekme numunesinde gerilme bölgeleri.....	5
Şekil 1.4. Çekme testi gerilim-gerinim grafikleri.....	5
Şekil 1.5. Basma deneyi şematik görünümü.....	7
Şekil 1.6. Basma deneyi uygulama görünümü.....	7
Şekil 1.7. Eğme testi.....	8
Şekil 1.8. Burulma momenti (T)-burulma açısı (\emptyset) diyagramı.....	8
Şekil 1.9. Burulma deneyi şematik görünümü (Anonim, t.y.).....	9
Şekil 1.10. Webster sertlik.....	9
Şekil 1.11. Shore sertlik ölçer.....	10
Şekil 1.12. Rockwell sertlik ölçer,.....	10
Şekil 1.13 Sürünme test cihazı.....	11
Şekil 1.14.Yorulma hasarları (Anonim, t.y.).....	12
Şekil 1.15. Gerilme-Zaman Grafiği (Şahin, 2011).....	13
Şekil 1.16. Şematik darbe test düzeneği (Aktaş, 2018).....	15
Şekil 1.17. Darbe deneyi cihazının çalışma prensibine ait şema.....	15
Şekil 1.18. Charpy test düzeneği (Anonim, t.y.).....	16
Şekil 1.19. Izod test düzeneği (Anonim, t.y.).....	17
Şekil 1.20. a) Charpy ve b) İzod darbe deneyinde numunenin cihaza yerleştirilme şekli (Anonim, t.y.).....	17
Şekil 1.21. Çeşitli standartlara göre hazırlanmış darbe deneyi numuneleri (Çelik, 2017).....	18
Şekil 1.22. Kırılmış darbe testi numeleri.....	19
Şekil 1.23. Darbe direncinin sıcaklıkla değişimi.....	19
Şekil 1.24. Geçiş aralığında kırılma yüzeylerinin değişik görünüşleri (Anonim, t.y.).....	21
Şekil 1.25. Haddelenmiş bir levhada değişik yönlerde alınmış numunelerin kırılma enerjisi-sıcaklık eğrileri (Anonim, t.y.).....	22
Şekil 3.1. 6006 2RS Rulman.....	27
Şekil 3.2. Vibrasyon takozu.....	28
Şekil 3.3. Kama.....	28
Şekil 3.4. Yay.....	29
Şekil 3.5. a)Civata, b)Somun, c)Pul, d)Segman.....	29
Şekil 3.6. Köger KGS 15 Charpy Test Makinesi.....	30
Şekil 3.7. Mekanizma iskeleti.....	32
Şekil 3.8. a) Darbe kolu b) Charpy çekici c) Izod çekici d) Çekiçlerin montajlı gösterimi.....	33
Şekil 3.9. Charpy numune bağlama aparatı.....	33
Şekil 3.10. Izod numune bağlama aparatı.....	34
Şekil 3.11. Darbe kolu merkezleme mili ve rulman flanşı.....	34
Şekil 3.12. Darbe kolu kilit mekanizması.....	35
Şekil 3.13. Değer okuma ibre ve Joule göstergesi.....	35
Şekil 3.14. Fren kolu.....	36
Şekil 3.15. Fren bağlantı mili.....	36
Şekil 3.16. Fren dayama mili.....	36

Şekil 3.17. Fren kolu şase bağlantı pulu.....	37
Şekil 3.18. Mekanizma Solidworks tasarım patlatılmış modeli -1-	37
Şekil 3.19. Mekanizma Solidworks tasarım modeli -2-	38
Şekil 4.1. Tez kapsamında tasarlanan ve üretilen prototibin tanıtım görseli-1	40
Şekil 4.2. Tez kapsamında tasarlanan ve üretilen prototibin tanıtım görseli-2	41
Şekil 4.3. Tez kapsamında tasarlanan ve üretilen prototibin tanıtım görseli-3	42
Şekil 4.4. Prototibe ait Charpy çekici detayları	43
Şekil 4.5. Prototibe ait izod çekiç detayları	43
Şekil 4.6. Charpy ve izod numunesi bağlama aparatları	44
Şekil 5.1. V çentik çakısı ve bağlama aparatları.....	47
Şekil 5.2. Çakı ve aparatın montajlı gösterimi	48
Şekil 5.3. V çentik çakısı ile hazırlanmış numune görselleri	48
Şekil 5.4. Numunelerin sertlik değerleri.....	49
Şekil 5.5. Test numuneleri sertlik değerleri ölçümü.....	50
Şekil 6.1. Tez kapsamında tasarım ve üretimi yapılan darbe test düzeneği ve mevcut darbe test düzeneği.....	51
Şekil 6.2. Test düzeneklerinin charpy çekiçleri.....	52
Şekil 6.3. Charpy çekici ile kırma test görseli	53
Şekil 6.4. Charpy kırma test değerleri	54
Şekil 6.5. Charpy kırılma enerjisi ve sertlik karşılaştırılması.....	54
Şekil 6.6. Kırılmış charpy test numunesi görseli.....	55
Şekil 6.7. Izod çekici ile kırma test görseli.....	55
Şekil 6.8. Izod numune kırma test değerleri.....	56
Şekil 6.9. Izod numune kırılma enerjisi ve sertlik karşılaştırılması	57
Şekil 6.10. Kırılmış izod numunesi görseli	57
Şekil 6.11. Kırılmayan izod numunesi görseli	58
Şekil 6.12 Test numunelerinin kırılma yüzeylerinin fotoğraf ve sırasıyla 2000X, 600x optik görüntüleri	59

SİMGELER VE KISALTMALAR

E_e	: Elastisite modülü
M_e	: Eğilme momenti
δ	: Eğilme miktarı
T	: Burulma momenti
kT	: Burulma rijitliği
\emptyset	: Burulma açısı
$G_{r\theta}$: Kayma modülü
σ	: Gerilme
β	: Yükseliş açısı
α	: Çıkış açısı
T_x	: Sıcaklık
CTOD	: Çatlak ucu açıklığı

TEŞEKKÜR

Tez sunumunda ve tezin hazırlanmasında, konu ile ilgili çalışmalarında beni yönlendiren, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ'a, tez yazımındaki yönlendirmelerinden dolayı Araştırma Görevlisi Kenan Can'a ve tüm imkan ve olanakları, desteklerini esirgemeyen Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanları'na teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2021

Mustafa ÜNAL
Makine Mühendisi



1. GİRİŞ

Malzemelerin mekanik yükler altında göstermiş oldukları davranışlarına “Mekanik özellikler” adı verilir. Mekanik özellikler temelde atomlar arası bağ kuvvetlerinden kaynaklanır. Ancak ek olarak malzemenin iç yapısı da etkilidir. Bu sayede iç yapıyı değiştirerek aynı malzemedeki farklı mekanik özellikler elde etmek mümkün olur.

Belirli bir uygulama alanı için malzeme seçimi, o malzemenin mekanik özelliklerine bağlı olduğundan, bu özelliklerin ölçülmesinde kullanılan standart deneyleri tanımak ve bu deneylerden elde edilen sonuçları farklı değişkenlere bağlı olarak değerlendirmek önemlidir. Bir malzemenin statik yüklerle dayanma kapasitesi, çekme ve basma deneyleri ölçülür. Kalıcı şekil değiştirmelere karşı direnç hakkındaki bilgi statik deneyler ile belirlenebilir. Bir malzemenin çizilmeye ve aşınmaya karşı direnci ise sertlik değeri ile belirlenebilir. Darbe deneyi malzemenin darbe şeklindeki zorlanmalara dayanımını belirleyebilmek için kullanılır. Bu deneyler, değişik sıcaklıklarda yapılarak bir malzemenin sünek ve gevrek geçiş sıcaklıkları belirlenebilir. Yorulma deneyi ile bir malzemenin değişken ve tekrarlı zorlanmalar altındaki davranışları ve bu etkiler altındaki faal ömrü belirlenebilir. Sürünme deneyleri, malzemenin yüksek sıcaklıkta uzun süreli yüklemeler altındaki davranışlarının belirlenebilmesi için uygulanır. (Anonim, t.y.)

Malzemelerin mekanik özellikleri, çekme mukavemeti, sertlik, akma mukavemeti, tokluk, aşınma direnci, süneklik ve yorulma direnci şeklinde sıralanabilir. Bir makine elemanının tasarımında ve boyutlandırılmasında yapılan hesaplamalarda doğrudan kullanılabilirler gibi, tasarımı yapan kişi malzeme hakkında da fikir sahibi olabilmektedir. Bu nedenle hemen hemen bütün mühendislik dalları ve özellikle malzeme bilimiyle ilgilenenler, malzemeleri ve mekanik özelliklerini tespit etmek zorundadırlar. (Çelik, 2017)

Belirtilen mekanik özelliklere ek olarak darbe dayanımı da malzemelerin mekanik özelliklerindedir. Tasarımcı ya da üretici, hesaplama ve tasarımlarına tamamen yön veremiyor olsa da seçimi yapılacak olan malzeme hakkında önceden bilgi sahibi olmasını ve malzemeler arası ön eleme yapabilmelerini sağlamaktadır.

Bu tezde bahsedilecek olan Charpy ve Izod test düzeneği tasarım ve üretimi, hangi standartlara göre bir tasarım yapıldığını, buna ek olarak malzemelerin kırılma

enerjilerinin nasıl test edildiğini, belirli bir standart ve kimyasal kompozisyonda üretilmiş olan alüminyum numuneler ile gösterilecektir.

1.1. Malzemelere Uygulanan Mekanik Deneyler

Malzeme seçimi, malzemelerin mekanik özelliklerine bağlı olduğundan dolayı bu malzemelerin ölçümü ve seçiminde uygulanan testler farklılık göstermektedir.

Malzemeye bir kuvvet etki ettiğinde malzemede gerilmeler meydana gelir. Değişik gerilmeler altındaki kalıcı olmayan şekil değiştirmelerine elastik, yüksek olan ve belirli bir sınırın üzerine çıkan kalıcı etkiler gösteren değiştirmelere de plastik şekil değiştirme adı verilir.

Mekanik testlerde statik ve dinamik yükler altında uygulama yapılır.

Statik yükler altında yapılan deneyler;

1. Çekme deneyi
2. Basma deneyi
3. Eğme deneyi
4. Burulma deneyi
5. Sertlik deneyi
6. Sürünme deneyi

Dinamik yükler altında yapılan deneyler;

1. Yorulma deneyi
2. Çentik darbe deneyi

1.2. Statik Y¼kler Altında Yapılan Deneyler

1.2.1. Çekme Deneyi

Çekme deneyleri malzemelerin tasarım değerlerini ve malzeme ¼zelliklerini belirlemek için yapılmaktadır. Çekme deneyi, standartlara g¼re hazırlanmış deney numunesinin, tek ekseninde, sabit sıcaklıkta, belirlenmiş bir çekme hızında koparılanaya kadar çekilmesi ile gerçekleşir. Koparılanaya kadar uygulanan kuvvet ve buna bağlı uzama miktarı değerleri kayıt altına alınır. Çekme deneyi ile aşağıda belirtilen mekanik ¼zellikler tespit edilebilir.

Akma gerilmesi

Çekme gerilmesi

Kopma uzaması

Kesit daralması

Tokluk

Elastisite mod¼l¼

Rezilyans (P¼rek, 2014)



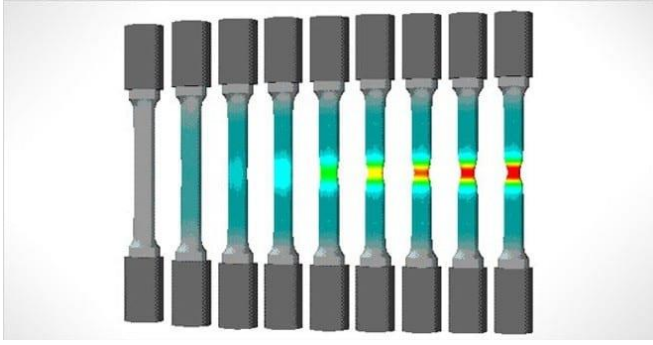
Şekil 1.1. Çekme deneyi numuneleri

Çekme testi uygulamak istediğimiz numune, makinenin çene kısımlarına yerleştirilip sıkıştırılarak bağlanır. Çoğunlukla bilgisayarlarla entegre olarak çalışan bu sistemler sayesinde uygulanan kuvvetler ile uzama miktarı bir grafik üzerinde gösterilebilir.



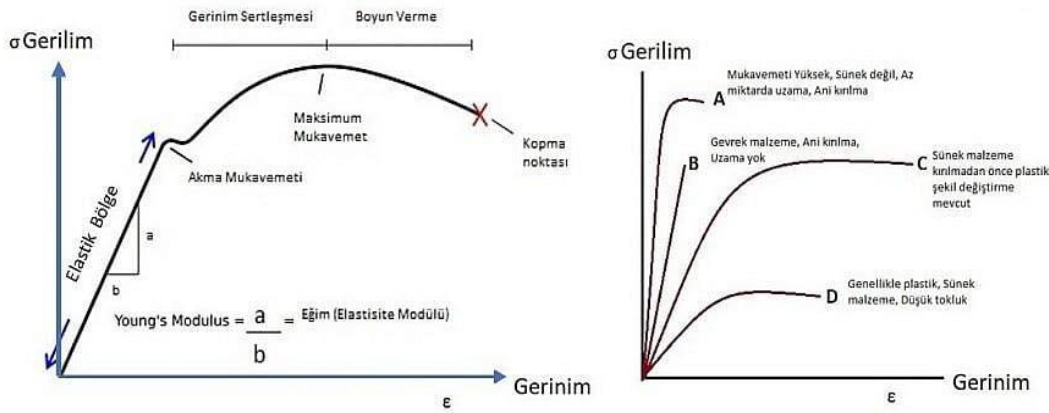
Şekil 1.2. Çekme deney makinesi

Tüm malzemeler, bir atom topluluğundan meydana gelir. Elastikiyet, atomların yaylarla bağlı olduğu görüntüleme yoluyla en iyi şekilde anlaşılabilir. Malzemeyi çekerken, atomlar arasındaki yaylar uzayarak malzemede uzama gerçekleşir. Eğrinin elastik kısmı düz bir çizgi şeklindedir. Düz bir çizgi, yük kaldırıldığında malzemenin başlangıçtaki şekline geri geleceğini belirtir. Yani elastik bölge içerisinde malzemeye uygulanan yükü kaldırırsanız dahi, malzeme başlangıçtaki yani ilk haline geri döner. Aşağıda görmüş olduğunuz görsel bir numunenin zamanla artan kuvvete maruz kaldığı durumda, malzemenin üzerindeki gerinim bölgelerini göstermektedir.



Şekil 1.3. Çekme numunesinde gerilme bölgeleri

Elastik bölgeden sonraki bölgeye de plastik bölge denir. Bu bölgede malzeme artık kendisine uygulanan yük kalksa dahi, başlangıçtaki eski haline geri dönemez. Plastik bölge biz malzeme mühendislerine çokça bilgi verir. Malzeme koştuktan sonra uzama miktarına bağlı olarak süneklik, gevreklik hakkında bilgi edimiş oluruz. Buna ek olarak malzemenin tokluğu hakkında da bilgi edinme şansımız vardır. Şekil 1.4. belirtilen grafiklerde çekme testi ardından oluşan gerilim–gerinim grafiğinden istifade ederek malzemenin mekanik özellikleri ve karakteri hakkında bilgi edinebilmek mümkündür.



Şekil 1.4. Çekme testi gerilim-gerinim grafikleri

Çekme testi sonuçları şunları içerir:

Maksimum yük

Maksimum yük sapması

Maksimum yükte çalışma

Maksimum uzama

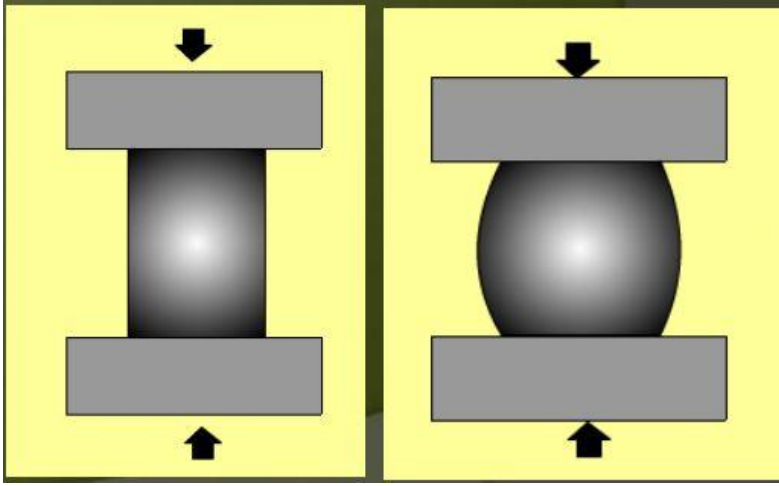
Kırılma yükü

Kırılma sapması

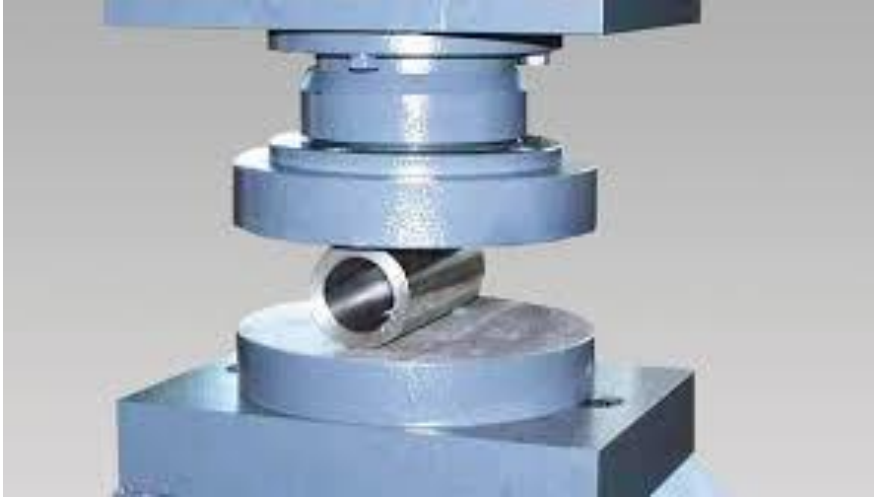
Elastik modülü

1.2.2. Basma Deneyi

Mühendislik materyallerinin birçoğu, tatbik edilen gerilme altında şekillerini kalıcı biçimde değiştirir, açıkçası plastik şekil değişimine maruz kalır. Burada materyallerin hangi şartlarda ve hangi anda kalıcı olarak biçim değişmesine maruz kalacaklarını anlamak çok önemlidir. Basma testi, çekme testinin zıttı olarak kabul edilmektedir. Test cihazlarında basma yükünün tatbik edilmesiyle uygulanır. Basma yükünün aktif bulunduğu tatbik alanlarında kullanılmış gevrek malzemeler için mukavemet değeri basma testi ile tespit edilir. Bu sebeple basma testinden alınan neticeler gevrek malzemelerden oluşturulan tasarımlarda direkt uygulanabilirler. Basma yükünün etkili olacağı tasarımlarda uygulanacak malzeme çoğunlukla gevrek malzemedir ve hususiyetleri basma testi ile tespit edilir. Döküm, alaşımlar ve benzeri metal malzemelerle tuğlalar, betonlar ve benzeri metalik olmayan materyallerin basma dayanımları, çekme dayanımından fazla olması sebebiyle buna benzer materyaller basma yüklerinin etkili olduğu alanlarda kullanılırlar. Bundan dolayı basma testi ile bunun gibi malzemeler için mekanik özelliklerin tespiti yapılır. Basma testi esnasında malzemenin kesitinde devamlı artış olmasından, çekme testinde ortaya çıkan “Boyun” sorunu oluşmaz. Basma testi özellikle gevrek, yarı gevrek numunelerin süneklik ölçümünde fayda gösterir. Bu sebeple bu malzemeler için süneklik değeri çekme testiyle hassas belirlenemez. Bunun gibi malzemelerde çekme için % uzama ve % kesit daralma değeri neredeyse sifıra yakındır. Basma testinin başka avantajı ise çok ufak numunelerde bile kullanılabilir. Bu üstünlük, özellikle aşırı değerli materyallerle çalışma durumunda veya malzemenin fazla olmaması durumlarında ziyadesiyle yararlıdır. Basma testi, standardına bağlı olarak hazırlanılan test numunesi, sabit sıcaklık, bir eksen için, sabit hızda, malzemede dağılma başlayıncaya dek (yükü kaldıramaz hale gelinceye dek) basmanın tatbik işlemine denir. Basma cihazlarında basma levhaları aracılığında malzemeye kuvvet tatbik edilir. Kuvvet tatbik edilen levhaların aşağı ve yukarı tarafları, malzemenin düşey yönüne 90 derece ve levha yüzeylerinin birbirine paralelliği sağlanmalıdır. Basma testinde, malzemenin kesit alanının devamlı artmasından dolayı, çekme testinde gözlenen boyun verme durumuna rastlanmaz. (Çamlıca, 2019)



Şekil 1.5. Basma deneyi şematik görünümü



Şekil 1.6. Basma deneyi uygulama görünümü

1.2.3. Eğme Testi

Eğme, iki desteğe serbest bir şekilde oturtulan, genellikle daire ya da dikdörtgen kesite sahip düz bir deney parçasının, yön değiştirmeden ortasına bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan şekil değişimidir. Eğme deneyi, malzemenin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile yapılır. Enine yük taşıyan kiriş gibi elemanlar eğilme yüküne maruz kalırlar. Kirişin her bir bölgesinde eğilme momentleri meydana gelir. Bu durum da eğilme gerilmesi ile alakalıdır. Klasik eğilme denklemlerinin geçerli sayılabilmesi için malzemenin homojen ve Hook Kanunlarına uyması gerekir. Eğme deneyi için TSE'nin TS 205 tanımlarına bakılacak olursa; iki desteğe serbest olarak oturtulan, genellikle daire veya dikdörtgen kesite sahip düz bir deney parçasının yön

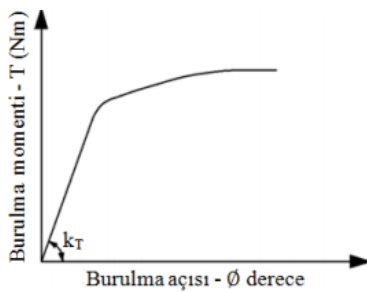
değiştirmeksizin ortasına bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan şekil değişimi olarak tanımlanır. Eğme deneyi kalitatif sonucun yanında, eğme momenti (M_e), eğilme dayanımı (σ_e), elastisite modülü (E_e) ve eğilme miktarı (δ) gibi değerlerde hesaplanır. Bu deney genellikle kırılğan ve gevrek malzemeler için uygulanır. (Anonim, t.y.)



Şekil 1.7. Eğme testi

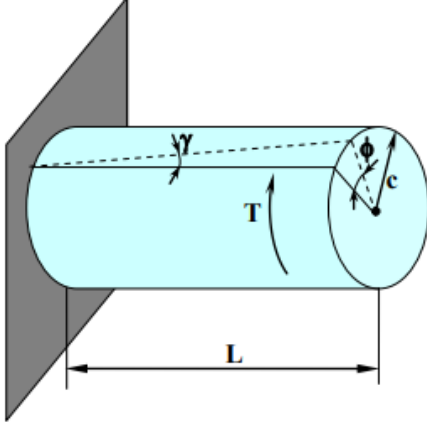
1.2.4. Burulma Deneyi

Burulma deneylerinin temel amacı, malzemelerin maksimum burulma dayanımlarını karakterize etmek ve aynı zamanda karşılık gelen maksimum burulma açılarını ölçmektir. Testler sırasında, uygulanan burulma momenti adım adım artırılır ve numunelerin uç kısımlarındaki dönme açıları eş zamanlı olarak kaydedilir. Elde edilen verilere göre tork ve burulma açısı ($T-\theta$) eğrileri oluşturulmuştur. Oluşturulan eğrilerin lineer kısmının eğimi, Denklemden tanımlanan burulma rijitliği (k_T) değerini verir. (Şekil 1.8). (Özcan, 2018).



Şekil 1.8. Burulma momenti (T)-burulma açısı (θ) diyagramı.

Burada, İp boru kesitinin polar atalet momentini, L ölçü uzunluğunu ve $Gr\theta$ polar koordinatlarda kompozit malzemenin düzlem kayma modülünü sembolize etmektedir. Dairesel içi boş tüplerde burulma deneyleri yapılarak, bilinen bir tork (T) tarafından üretilen burulma açısı (ϕ) kolayca ölçülebilir ve daha sonra kayma modülü ($Gr\theta$) değeri kullanılarak hesaplanabilir.



Şekil 1.9. Burulma deneyi şematik görünümü (Anonim, t.y.)

1.2.5. Sertlik Deneyi

Sertlik, akma ve çekme dayanımı, elastisite modülü gibi özelliklerin bir sonucu olarak malzemelerin plastik deformasyona karşı göstermiş oldukları direncin bir ölçüsüdür. Malzemenin sertliği arttıkça, çizilmeye, ezilmeye veya şekil değişimine karşı olan direnci de artar. Sertlik, malzemeye uygulanan kuvvetin büyüklüğüne göre makro veya mikro ölçekte incelenebilmektedir. Makro ölçekte uygulanan sertlik ölçümü hızlı ve basittir, kalite kontrol uygulamalarında sıklıkla kullanılır. Mikro ölçekte uygulanan sertlik ölçümü genelde 1 kilogramı aşmayan statik yüklemelerle yapılır. Malzemenin mikro yapıdaki fazları ve yüzey özelliklerini incelemesi için daha verimlidir.



Şekil 1.10. Webster sertlik



Şekil 1.11. Shore sertlik ölçer



Şekil 1.12. Rockwell sertlik ölçer,

1.2.6. Sürünme Deneyi

Bazı malzemeler yüksek sıcaklık değerlerinde ve statik yük gerilmeleri altında çalışır. Malzemeler zorlu çalışma koşullarında belirli bir yüke uzun süreler boyunca maruz kalmak zorunda olabilirler. Bu durumda da malzeme zamana bağlı olarak bir deformasyona uğrar. Ortaya çıkan bu deformasyona sürünme denir.

Sürünme düşük sıcaklıklardan olduğu gibi yüksek sıcaklıklarda da meydana gelebilir. Bu sebeple sürünme, yüksek sıcaklık değerlerinde çalışan malzemeler için de önemlidir. Düşük deney sıcaklık değerlerinde kopma tane içinde olurken, yüksek sıcaklıklarda ise tane sınırında olur.

Her iki durumun da beraber görüleceği sıcaklığa ise eş sıcaklık adı verilir. Eş sıcaklık altında sürünme daha çok tane içi elastik hareketlerle meydana gelir ve bu durumda malzeme elastik özellik gösterir.

Sabit bir yük altında malzemelerin zamana bağlı, kalıcı deformasyona uğraması, istenmeyen bir durumdur ve parçanın servis ömrünü sona erdirebilmektedir. Sürünmeye tüm malzemelerde rastlanır.



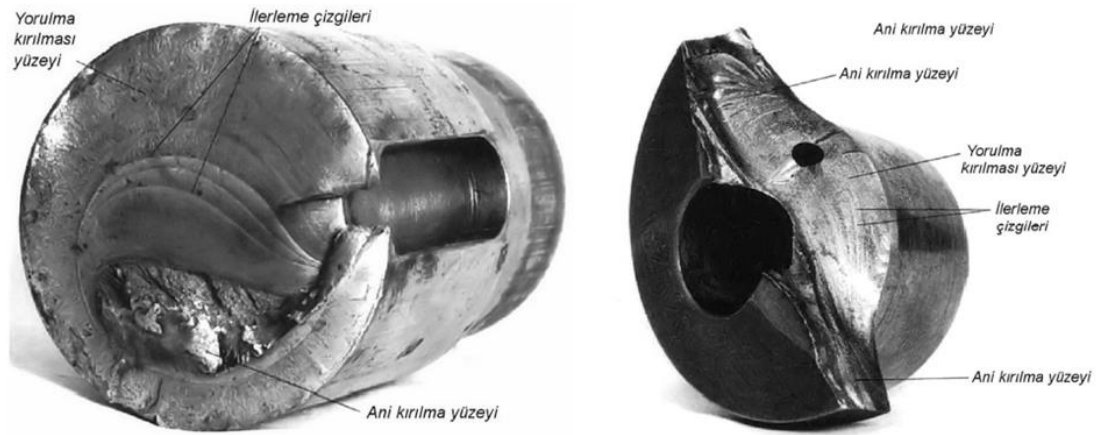
Şekil 1.13 Sürünme test cihazı

1.3. Dinamik Yükler Altında Yapılan Deneyler

1.3.1. Yorulma Deneyi

Yorulma ASTM 1823-10a'ya göre, tekarlı gerilme ve uzamalara maruz kalan malzemelerin, belirli bir tekrar sayısı ardından, çatlaklarda büyüme ve bunun sonucunda da kırılmaya sebebiyet veren kalıcı yapı değişimi olarak tanımlanmıştır.

Yorulma, malzemelerin tekrarlı gerilme veya uzama etkisindeki davranışlarını belirlemektedir. Yorulmanın gerçekleşebilmesi için malzemelerin tekrarlı gerilmeler altında çalışıyor olması gerekmektedir. Yorulmanın en önemli özelliği, sürekliliği, bölgesel meydana gelmesi ve oluşan çatlakların büyüyerek ilerlemesinden dolayı kopma olayının meydana gelmesidir. (Şahin, 2011)



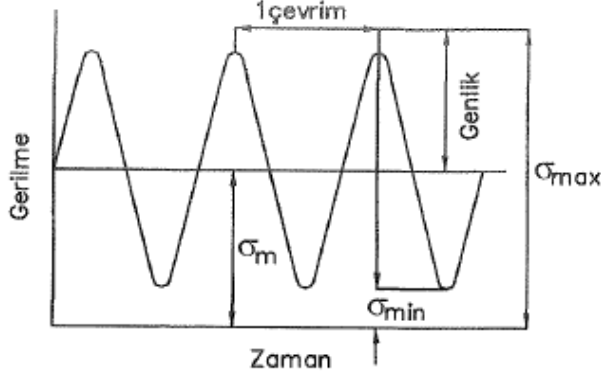
Şekil 1.14.Yorulma hasarları (Anonim, t.y.)

Malzemelerde yorulma testi, yorulma cihazı adı verilen makinelerde gerçekleştirilir. Bu makinelerde malzemeye zamana bağlı, değişken sinüzoidal dalgalı gerilmeler uygulanır. Bu gerilmeler artarak ve azalarak maksimum ve minimum değerlere ulaşır.

Bu yüklemelerde yüklemenin tekrarlı olması büyük önem taşır. Belirli aralıklarla değişen gerilmeler, malzemenin iç yapısında yıpranmalara ve ayrılmalara sebebiyet verdiği için kopma olayı, statik sınırların çok altında gerçekleşir. Değişken gerilmeler nedeniyle malzemenin iç yapısındaki değişikliklere yorulma, malzeme kopuncaya kadarki dayandığı döngü sayısına ise yorulma ömrü adı verilir. Büyüklüğü ve yönü düzenli veya düzensiz olarak sürekli değişen kuvvet ve momentlerin etkisine de yorulma zorlaması adı verilir.

Yorulma testi genellikle sinüzoidal yük uygulanarak yapılmaktadır. Böylece yorulma yükünün durumu Şekil 1.15.'de gösterilen parametreler ile belirlenebilir. Maksimum ve minimum gerilmeyi belirterek diğer gerilme parametreleri, gerilme aralığı (σ_r), gerilme

genliği (σ_a), ortalama gerilme (σ_m) ve yorulma yük oranı (R) gibi büyüklükler kolayca belirlenebilmektedir. (Şahin, 2011)



Şekil 1.15. Gerilme-Zaman Grafiği (Şahin, 2011)

Şekil 1.15. de belirtilen parametreler

$$\sigma_r = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} \quad (1.1)$$

$$\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2 \quad (1.2)$$

$$\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2 \quad (1.3)$$

$$R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} \quad (1.4)$$

R değeri, yorulma yük biçiminin bir göstergesidir. Çizelge 1.1. de önemli yükleme biçiminin özetini görebilirsiniz.

Çizelge 1.1’deki R değerleri için yorulma yük biçimleri

Çizelge 1.1. Yorulma yük oranları ve yorulma biçimleri (Şahin, 2011)

Yorulma Yük Oranı	Yorulma Yük Biçimi
R=1	Sabit Yük
R=0	Çekme-Yükünü Boşaltma
0<R<1	Çekme-Çekme
R=-1	Çekme-Basma ($\sigma_m=0$)

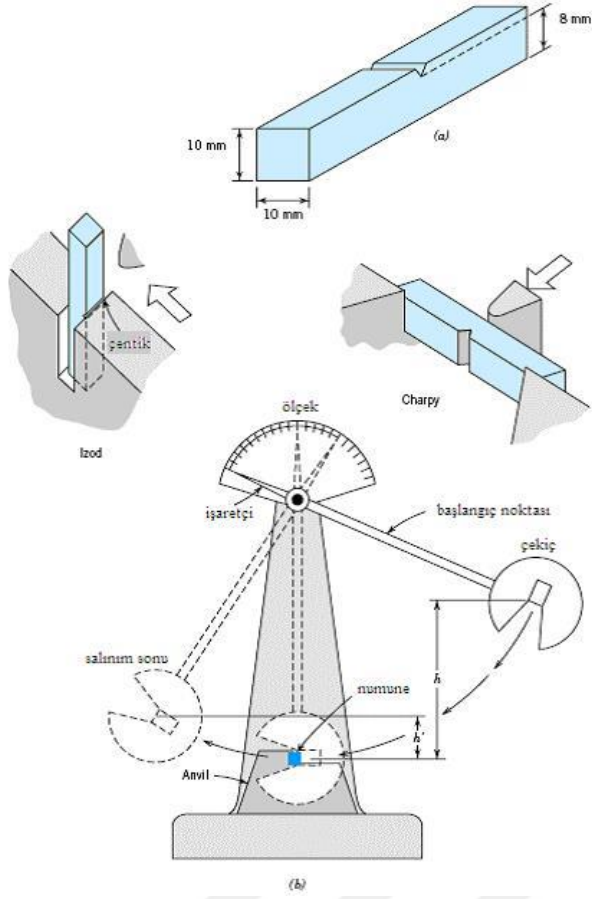
1.3.2. Çentik Darbe Deneyi

Darbe deneyleri metallerin özellikle gevrek kırılmaya uygun koşullardaki mekanik özellikleri hakkında fikir elde etme amacı ile uygulanır.

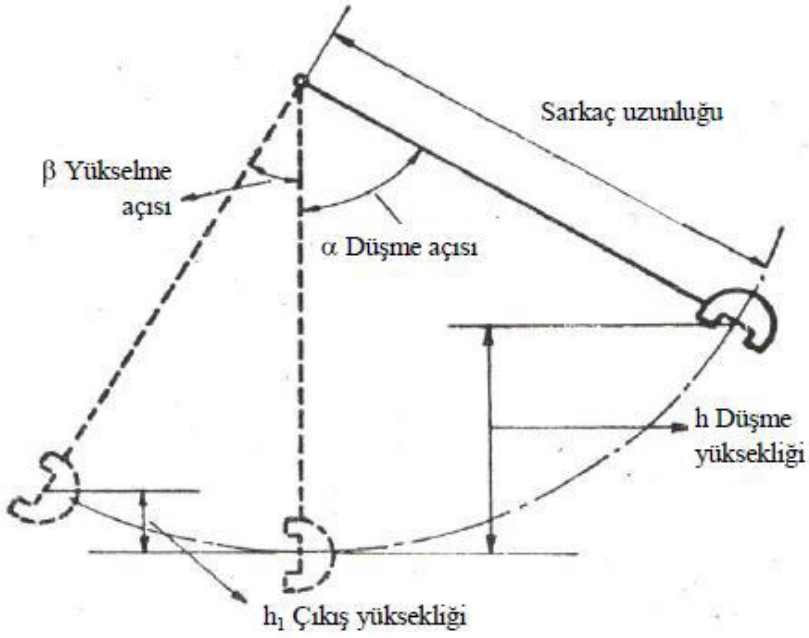
Darbe deneylerinden elde edilen sonuçlar, numune için bir karşılaştırma ve ön bilgi edinmemizi sağlamaktadır. Çekme deneylerindeki sonuçlar gibi mühendislik hesaplamalarında kullanılmazlar. Çentik darbe deneyleri genellikle Charpy ve İzod darbe deneyi olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Bu deneyler arasındaki esas fark: Charpy darbe deneyinde numune yatay şekilde mesnetler arasına yerleştirilirken, İzod darbe deneyinde ise numune dikey yönde ve konsol-kiriş halinde kavrama çenesine bağlanır. Malzemenin mekanik özellikleri hakkında bilgi edinmek için yapılan bu deneyin sonuçlarını çentik açısı, sıcaklık, malzemenin bileşimi, hadde yönü, malzemenin üretim metodu ve mikro yapısı etkilemektedir. (Aktaş, 2018)

Darbe deneyinde malzemenin dinamik yükler altında kırılması için gerekli olan enerji miktarı hesaplanır. Bulunan bu değer malzemenin darbe direnci (darbe mukavemeti) olarak adlandırılır.

Darbe deneylerinde Şekil 1.16.'da gösterilen sarkaç tipi sistemlerden yararlanır. Belirli ağırlıktaki çekiç belirli bir h yüksekliğinden serbest bırakılarak mesnet üzerine yerleştirilmiş olan numune üzerine çarptırılır. Ağırlığı G olan çekiç h yüksekliğine çıkarıldığında enerjisi (G x h) seviyesindedir. Çekiç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlemde hareket ederek numuneyi kırar ve aksi yönde h1 yüksekliğine geri çıkar. Çekiç, yörüngesi üzerindeki numuneyi zayıflatılmış kesitinden kırar ve hareketine devam eder. Çarpma sebebiyle potansiyel enerjisinin bir kısmını kaybettiğinden h den düşük bir h1 yüksekliğine geri çıkar. Numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji G x h1 seviyesindedir.



Şekil 1.16. Şematik darbe test düzeneği (Aktaş, 2018)



Şekil 1.17. Darbe deneyi cihazının çalışma prensibine ait şema

Sarkacın numune ile temas ettiği andaki potansiyel enerjisi ile numune kırıldıktan sonra kalan potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi verir ve kg.m ya da kg.m/cm² cinsinden ifade edilir. Darbe enerjisi aşağıdaki formül ile belirlenebilir.

$$\text{Kırılma enerjisi} = G \times (h-h_1) = G \times L \times (\cos \beta - \cos \alpha)$$

G = Sarkacın ağırlığı (kg),

L = Sarkacın ağırlık merkezinin sarkacın salınım merkezine uzaklığı (m),

h = Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m),

h₁ = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m),

β = Yükseliş açısı (derece)

α = Çıkış açısı (derece)

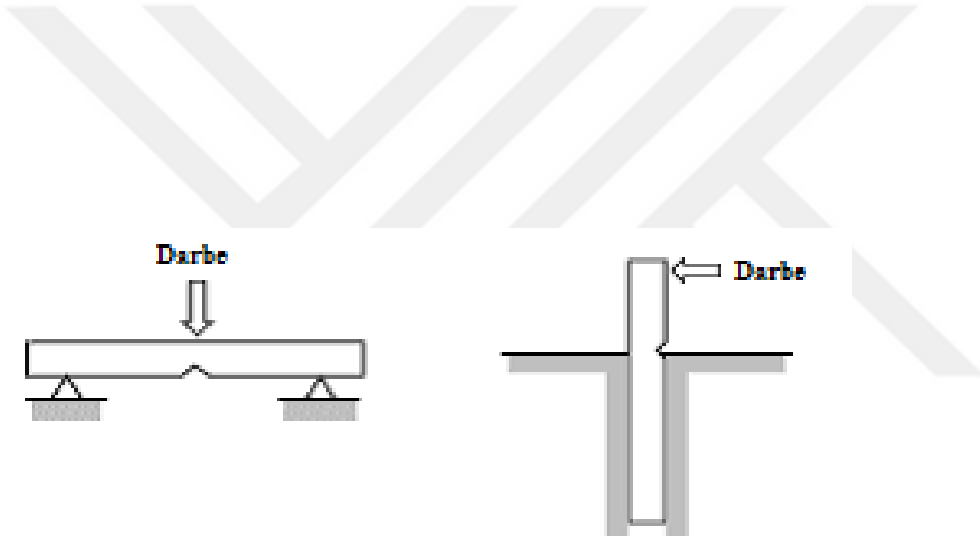
Charpy ve İzod olarak iki çeşit darbe deney yöntemi bulunmaktadır. Temel prensipler aynıdır. Charpy ve İzod deneyleri arasındaki fark, deney numunelerinin boyutu, mesnetlenme ve yükleniş (Şekil 1.20.) şekilleridir. Charpy deney numunesi yatay, İzod deney numunesi de dik olarak cihaza yerleştirilir.



Şekil 1.18. Charpy test düzeneği (Anonim, t.y.)



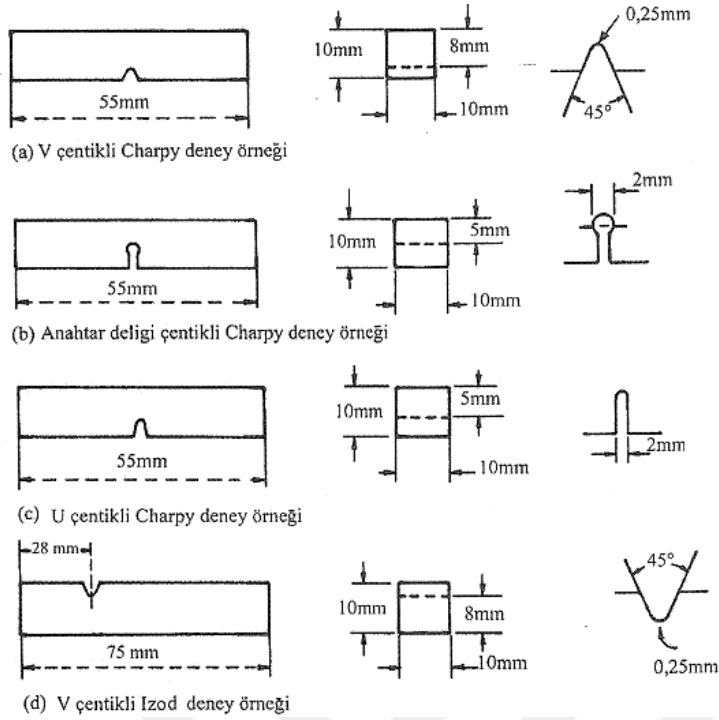
Şekil 1.19. Izod test düzeneği (Anonim, t.y.)



Şekil 1.20. a) Charpy ve b) İzod darbe deneyinde numunenin cihaza yerleştirilme şekli (Anonim, t.y.)

1.3.2.1. Çentik Darbe Deneyi Numuneleri

Darbe deney numuneleri standartlara uygun olarak hazırlanmalıdır. Darbe deney numunelerine genellikle Şekil 1.21.'de gösterilen çentikler açılmaktadır. Bu deneylerde amaç, malzemenin bünyesinde bulunacak bir gerilim konsantrasyonunun, darbe esnasında çentik tabanında suni olarak teşkil ettirilip, malzemenin bu durumda dinamik zorlamalara karşı gösterdiği direnci belirlemektir. Gri dökme demir numunelerinde malzemenin bünyesindeki grafit levhaları çentik etkisi yaptığından dolayı bu numunelere ayrıca çentik açmak gerekmez.



Şekil 1.21. Çeşitli standartlara göre hazırlanmış darbe deneyi numuneleri (Çelik, 2017)

Çentik açılmış bir numune zorlandığı zaman, çentiğin tabanında dik bir gerilim meydana gelir. Kırılmanın başlaması, bu gerilimden dolayı olur. Numunenin kırılması için bu dik gerilimin, kristalleri bir arada tutan ya da kristallerin kaymasına karşı koyan kohezif dayanımdan fazla olması gerekmektedir. Numune, plastik şekil değiştirmeye fırsat bulmadan bu hal gerçekleşirse, buna gevrek kırılma adı verilir. Burada kırılan yüzey, düz bir ayrılma yüzeyidir.

Deney esnasında çoğu zaman numune kırılmadan önce plastik şekil değişimine maruz kalır. Uygulanan kuvvet ile dik gerilimine ek olarak, yaklaşık 45° lik farklı bir kayma gerilimi etki etmeye başlar. Kayma gerilimi, kayma dayanımını aştığı anda elastik özellik son bulur ve plastik şekil değişimi başlar. Bu durumda, önce plastik şekil değiştirme, sonra da kırılma meydana gelir. Buna sünek kırılma hali adı verilir, kırılma yüzeyi girintili ve çıkıntılıdır.

Numune darbe etkisi ile,

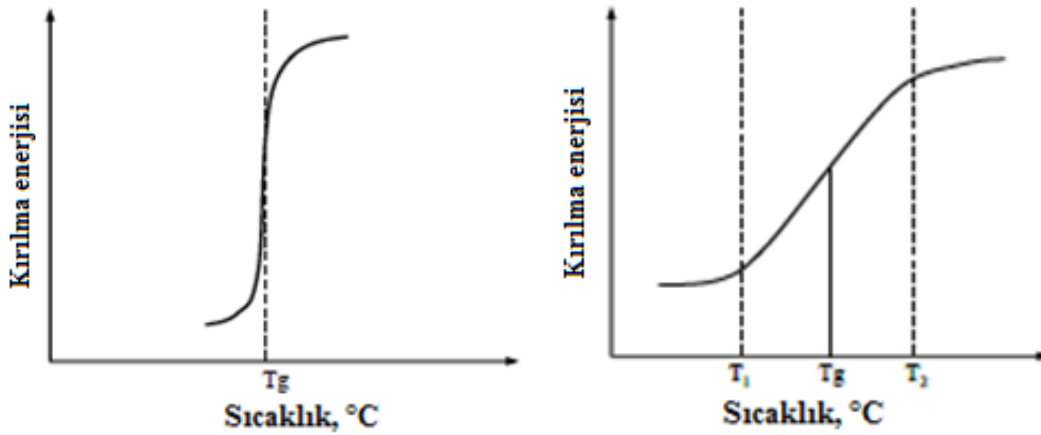
- Bazen kopabilir,
- Bazen de tamamen iki parça haline gelmez.



Şekil 1.22. Kırılmış darbe testi numeleri

1.3.2.2. Darbe Direncine Etki Eden Faktörler

Belirli bir malzemenin farklı sıcaklıklar altında yapılan darbe deneyleri, o malzemenin darbe direnci hakkında daha anlamlı bir sonuç sunmaktadır. Örneğin, sıcak iklim koşullarında kullanılması amacı ile tasarlanmış bir petrol tankeri Kuzey Buz Denizi'nde dalgaların ya da rüzgarın oluşturduğu darbe etkisi ile hasar görebilir. Sıcaklığın darbe direncine etkisini belirlemek amacı ile çeşitli sıcaklıklarda darbe deneyi yapılır. Sıcaklık azaldıkça, malzeme süneklikten gevrekliğe geçiş gösterir. Darbe direncinde düşme aniden (Şekil 1.23.) olabildiği gibi bir sıcaklık aralığı boyunca da olabilir. Darbe direncinin aniden düştüğü sıcaklığa geçiş sıcaklığı (T_g) adı verilir. Şekil 1.23.'dekine benzer bir eğri üzerinden bu sıcaklığı tespit etmek oldukça zordur. Bu durumlarda tek bir sıcaklık yerine T_1 ve T_2 gibi sıcaklıklar arasında kalan bir geçiş sıcaklığı tarif edilir.



Şekil 1.23. Darbe direncinin sıcaklıkla değişimi.

T1 sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda malzeme gevrek davranış gösterir. Kırılma, klivaj düzlemleri boyunca olup, kırılma yüzeyi kristal bir görünümündedir. Bu sıcaklıklarda darbenin etkisi ile ilk çatlak kolayca meydana gelir ve malzeme içerisinde yüksek hızla ilerler.

T2 sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda da malzeme sünek bir davranış gösterir. Bu sıcaklıklarda darbenin etkisi ile malzemede, önce bir plastik şekil değişimi ardından kopma meydana gelir. Sünek davranıştan dolayı malzemede çatlak oluşumu zorlaşır ve çatlağın yayılma hızı yavaşlar. Bu durumda kopma, yırtılma şeklinde olup, kopma yüzeyi lifli bir görünümündedir.

Geçiş sıcaklık aralığında her iki davranış birlikte görülür. Deney sıcaklığı T1 sıcaklığına yaklaştıkça gevrek davranış hakimiyet gösterir. Mühendislik uygulamalarında geçiş sıcaklığı T1 ve T2 sıcaklıklarının arasında bir değer olarak kabul edilir.

Tg sıcaklığının tespiti için üç kriterden yararlanılır. Bunlar;

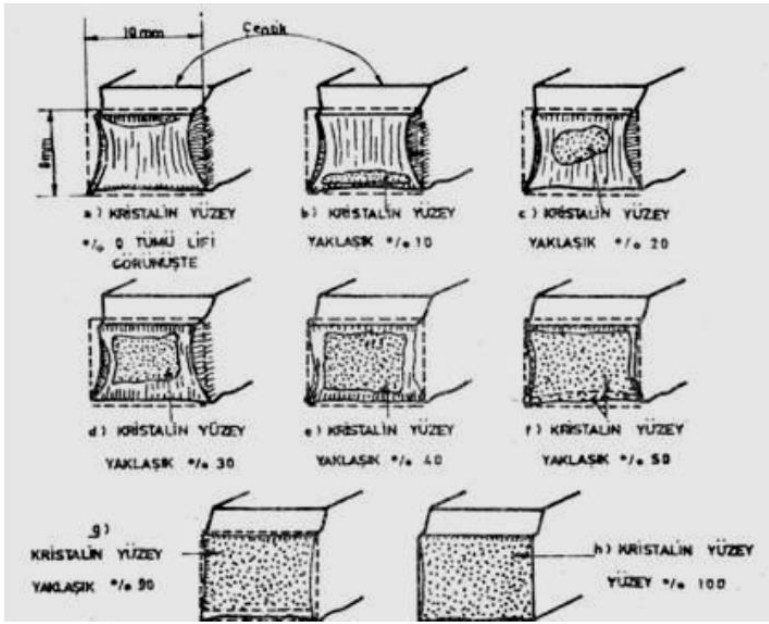
- Kırılma enerjisi,
- Kırılma yüzeyinin görünüşü,
- Kırılmadan sonra çentik tabanında meydana gelen enlemesine büzülme miktarı.

Kırılma enerjisi kriter olarak seçildiğinde, genellikle 2-3 kg-m'lik kırılma enerjisine karşılık gelen sıcaklık, geçiş sıcaklığı olarak kabul edilir.

Kırılma yüzeyi görünüşü kriter olarak alındığında, kırılma yüzeyinde kristal olarak görülen bölgenin, tüm kesit alanına oranı belirlenmeye çalışılır. Şekil 1.24. kırılma sonrası çeşitli kesit yüzeylerini göstermektedir. Kesitte %50 kristal görünüşü veren sıcaklık geçiş sıcaklığı olarak kabul edilebilir.

Şekil 1.24. incelendiğinde sünek davranış halinde çentik tabanında belirli miktarda enlemesine büzülme görülür. Gevrek davranış halinde ise plastik şekil değişimi olmadığından çentik tabanında enlemesine büzülme görülmez. Bu büzülme miktarı, kriter olarak seçildiğinde %1 seviyesinde büzülme gösteren sıcaklık, geçiş sıcaklığı olarak kabul edilir. Malzemenin geçiş sıcaklığı, mühendislik uygulamalarında özellikle de malzeme seçiminde

oldukça önemlidir. Geçiş sıcaklığı düşük olan malzemeler daha çok tercih edilirler. Düşük sıcaklıklarda çalışacak malzemelerde bu özellik oldukça önemlidir.



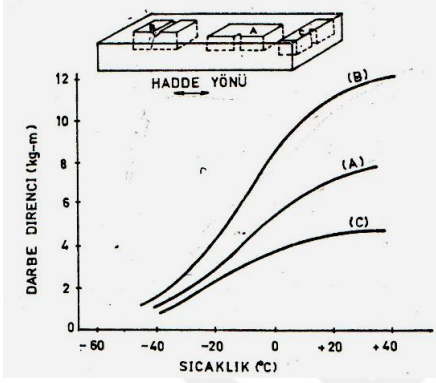
Şekil 1.24. Geçiş aralığında kırılma yüzeylerinin değişik görünüşleri (Anonim, t.y.)

Geçiş sıcaklığı malzemedeki malzemeye değişiklik gösterebileceği gibi aynı tip malzemede kimyasal bileşim, tane boyutu, mikro yapı, soğuk işlem derecesi gibi faktörlerle de değişebilir.

Çeliklerde karbon ve diğer alaşım elementleri belirli bir sıcaklıkta çentik tokluğunu etkiledikleri gibi geçiş sıcaklığını da etkilerler. Karbon miktarı arttıkça süneklik azalmakta geçiş sıcaklığı artmaktadır. Diğer alaşım elementlerinden manganezin etkisi ise artan manganez miktarı ile geçiş sıcaklığının düşmesidir.

Dövülmüş veya haddelenmiş malzemelerde çentik darbe direnci, çubuğun ya da levhanın değişik yönlerinde farklı değerlerde meydana gelir. Şekil 1.25.'de bir levhadan haddeme yönünde ve haddemeye dik yönde çıkarılan numunelerin darbe direnci-sıcaklık eğrileri görülmektedir. A ve B numuneleri hadde yönünde alınmıştır. Ancak A numunesinde çentiki levhaya diktir, B numunesinde ise levhaya paraleldir. A tipindeki numuneler daha çok tercih edilir. C numunesi haddelenmeye dik yönde alınmış olup, çentik levhaya dik gelecek şekilde seçilmiştir. Gerilim dağılımının numunenin haddeme yönüne paralel çatlaklar oluşturabileceği durumlarda C tipi numuneler kullanılır.

Şekil 1.25. bakacak olursak, nispeten yüksek sıcaklıklarda, değişik yönlerde alınmış numunelerin kırılma enerjisi birbirinden oldukça farklıdır. Düşük sıcaklıklarda ise bu fark ihmal edilebilecek kadar azdır. Geçiş sıcaklığı, düşük sıcaklıklar bölgesinde olduğundan bu sıcaklığın tespitinde değişik yönlerde alınmış numunelerin kullanılması, büyük bir sorun oluşturmaz. Ancak malzemeler nispeten yüksek sıcaklıklardaki özellikleri açısından incelendiğinde, numunenin alındığı yönün etkisi büyüktür.



Şekil 1.25. Haddelenmiş bir levhada değişik yönlerde alınmış numunelerin kırılma enerjisi-sıcaklık eğrileri (Anonim, t.y.)

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Akdoğan (2008), çalışmasında düşük enerjili serbest düşme test düzeneği tasarım ve imalatını ele almış olup, yapılan düzenekle düşük enerjili darbe testleri yapmıştır. Düşme yüksekliğini 4-4,5 metre, serbest düşme için tasarlanan çekicinin ağırlığını 7 kg olarak tasarlayıp üretmiştir. Bu veriler doğrultusunda 8 m/s lik maksimum bir çizgisel hız elde etmiştir. Bu test düzeneğini ayrıca talaşsız çubuk kesme, sac çekme ve şişirme gibi metal şekillendirme yöntemleri için de kullanıma sunmuş ve buna göre tasarlamıştır.

Buradaki çalışmada serbest düşme doğrudan tek eksenli olarak tasarlanmış olup bir sarkaç mantığında değil lineer bir çalışma şeklindedir. Bir elektrik ve otomasyon sistemi ile hızı ölçülebilmektedir. Bir beton kaideye yerleştirilmiş olan düzenek bir serbest bırakma aparatına, darbeyi sağlayan ağırlığa (koç başı), hız ölçümü için gerekli elektrik ve otomasyon sistemine ve darbe anında zemine iletilecek yükü azaltmak için kauçuk levhalardan elde edilmiş bir sönümlenme sistemi bulunmaktadır. Çalışmalarını alüminyum boru ve dolu millerle, alüminyum ve çelik sac levhalara uygulamıştır. Test sonuçları doğrultusunda üniversitede kullanılmak üzere bir dest düzeneğini dışarıdan tedarik etmekten çok daha ucuza, kullanımı kolay olarak elde etmişlerdir.

Ayday (2017), çalışmasında Çinko-Alüminyum esaslı ZA-12 alaşımının mikroyapıya ve darbe direncine bor elementinin etkisini incelemiştir. Belirledikleri kriterler doğrultusunda alaşımları oluşturan çalışma sahibi, öncelikle parçaların Brinell cinsinden sertlikleri ölçüp 5'er adet numenin sertlik ortalamasını alarak çalışmasına devam etmiştir. Sonrasında standartlara uygun olarak 55x10x10 mm ölçülerinde çentikli Charpy darbe testi numuneleri hazırlamıştır. Darbe testi sonrası kırık yüzey görüntülerini SEM cihazı ile almıştır. Testin sonunda ise Bor elementinin mekanik yapıya etkisini incelemiştir.

Kaynak (2020), çalışmasında farklı sertlik değerlerindeki W360 sıcak iş takım çeliğinin yüksek aşınma davranışını ve çentik darbe dayanımını incelemiştir. Numunelerini ASTM E23 standardına uygun olarak merkezde 45°, V şeklinde çentik ile 10x10x55 mm lik parçalar hazırlamıştır. Yüksek sıcaklıklardaki darbe testleri esnasında termal kamere kullanarak aynı zamanda da sıcaklık değerlerini kontrol etmiştir. Darbe deneyi sonucunda uyguladığı farklı sertlik derecelerinde ve belirli sıcaklıklardaki aşınma genişliklerini değerlendirmiştir.

Aktaş (2018), çalışmasında alüminyum metal matrisli malzemelerde darbe dayanımını incelemiştir. Bu deneydeki amacını metallerin gevrek kırılmaya uygun şartlardaki mekanik özelliklerini belirlemek olarak nitelendirmiştir. Çalışmalarında ASTM E23 standardındaki malzeme ölçülerini ve çentik standardını değerlendirmiştir. Çalışmasını teorik olarak tamamlayıp sunmuştur.

Turgut (2012) bu çalışmada, farklı türdeki sıvı ortamlarda bulundurulan kestamid malzemelerde darbe dayanımının deneysel incelemesini yapmıştır. Kullanmış olduğu numunelerin; çentiksiz numunelerin izod darbe mukavemetleri, çentikli numunelerin izod darbe mukavemetleri, çentikli deney parçalarının zıt yönde izod darbe mukavemeti, paralel darbe (Lâminer Takviyeli Plâstiklerde), dik darbe (Lâminer Takviyeli Plâstiklerde) gibi konuları ele almıştır. Çalışmasını farklı sıvı ortamlarda bekletmiş olduğu kestamid numuneleri izod darbe cihazına bağlayarak ölçümlerini yapmıştır. Kuru deney numuneleri ile karşılaştırarak sonlandırmıştır.

Dindar (2019), bu çalışmada, elyaf takviyeli kompozitlerde nanopartikül katkısının, burkulma, yorulma ve darbe davranışlarına etkisini deneysel olarak incelemiştir. E-cam ve karbon elyaflarla güçlendirilmiş olan epoksi bazlı kompozit malzemelerin üretimi esnasında, epoksi içerisine ilave edilen karbon nanotüp (KNT) ve nanokil (NK) katkısının kompozit malzemenin mekanik özelliklerine, burkulma, yorulma ve darbe davranışlarına etkilerini incelemiştir. Numunelerine kırılma enerjileri tayini için izod ve charpy darbe testleri uygulamıştır.

Pehlivan (2020), bu çalışmada, düşük alaşımlı yüksek mukavemetli çelikler için kullanılan kaynak sarf malzemelerinin, sıfırın altındaki sıcaklıklarda çentik darbe dayanımının artırılmasını ve CTOD değerine etkisini incelemiştir. Çalışmasında en yaygın yöntem olan elektrik ark kaynağını ve akımı doğru akım olarak seçmiştir. Çalışma temelinde düşük alaşımlı yüksek mukavemetli çelikleri incelemesinden dolayı bazik elektrodu tercih etmiştir. Sonrasında literatür araştırması olarak kaynak elektrodlarına uygulanan mekanik testleri ve bu teslerden biri olarak darbe testini de ele almıştır. Standart olarak da ASTM E23 standardından bahsetmiştir. Numunelerinin darbe testlerini Zwick/Roell RKP300 cihazı ile yapmıştır. Silisyum miktarının artırılmasıyla kaynak malzemesinin mekanik özelliklerinden sadece akma ve çekme dayanımlarına olumlu olarak etki ettiği, darbe direncini de olumsuz

yönde etkilediği gözlemlemiştir. Si azaltıldığında ise darbe dayanımının arttığını tespit etmiştir.

Çifçi (2009), bu çalışmada, kayalarda çentik darbe deneyinin uygulanabilirliğini araştırmıştır. Bu çalışmada kırılma türlerini ele almış olup ayrıca da çentik darbe deneylerinin tarihsel gelişimine yer vermiştir. Çentik darbe deneylerinde, sarkaç tipi olan düzeneği ele almış olup, kırılma enerji hesabı, standart numune ölçüleri, çekiç ölçüleri gibi konulara yer vermiştir. Kırılma testlerinde 13 farklı kaya tipine farklı numune ölçüleri uygulamış, hem “U” hem de “V” tip çentikler açmıştır. Bir kısmına ise çentik açmamıştır. Bu kriterler doğrultusunda çentikli ve çentiksiz olarak numunleri kırmıştır. Çentikli numuneleri kırmak için uygulanan enerji miktarının (Joule), çentiksiz numunelerden fazla olduğunu, “U” çentikli malzemeleri kırmak için gerekli olan enerjinin de “V” çentikliye göre fazla olduğunu tespit etmiştir. Sonuç kısmında ise malzeme sertliklerinin, çentik yapılarının çıkan sonuçlar doğrultusunda yorumlarından bahsetmiştir.

Sayar (2009), bu çalışmada, hibrit kompozitlerin darbe davranışlarını incelemiştir. Çalışmasında hem cam elyaf hem de hibrit kompozitler ile ilgili araştırma çalışmalarını paylaşmıştır. Darbe testi metodlarını ve hasar değerlendirmelerini incelemiş, literatür paylaşımları yapmıştır. Testlerde yer tipi, serbest düşme prensibi ile çalışan, yüksek hızlı ve sistem kontrollü bir darbe cihazı kullanılmıştır. Testlerini farklı sıcaklıklarda hem elyaf hem de hibrit kompozitlerle yapmış ve sonuçlarını değerlendirmiştir.

Kocalmış (2014) bu çalışmada izod metodu ile beton numunelerinin çarpma dayanımını incelemiştir. Çalışmasında literatür araştırması olarak, betonun bileşenlerini, betonlara uygulanan deneyleri işlemiştir. Çarpma dayanımı altında izod ve charpy darbe deneyine yer vermiştir. Beton kırma testleri için metal malzemeler hazırlanmış test düzeneğine belirli modifikasyonlar uygulayıp yeni bir düzenek elde etmişlerdir. Deneyler sonucunda numune kesit ölçülerinin kırılma enerjisine etkilerini ele almış ve bu doğrultuda öneriler paylaşmıştır.

Karaca (2010), bu çalışmada, farklı kalınlık ve oryantasyon yüzdelilerindeki tabakalı kompozit levhaların düşük hızdaki darbe davranışlarını deneysel olarak işlemiştir. Çalışmasında kompozit malzelerin tanımlarından çeşitliliğine, kompozitlerin darbe davranışlarına ve bunlara uygulanan testlere kadar tüm detayları literatür çalışması olarak işlemiştir. Test numunelerinin imalat yöntemlerinden bahsetmiştir. Darbe testi cihazı olarak

düŖey tip, ağırlıklı düŖme darbe test cihazı kullanmıŖtır. Testler sonucunda, malzemelere, enerji, kalınlık, oryantasyon, eki kütlesi gibi deđiŖenlerin etkilerini incelemiŖtir.

Yapılan kaynak araŖtırmalarında pek çok araŖtırmacının, malzemelerin kırılma enerjileri ile ilgili alıŖmalar yaptığı görölmüŖtür. İncelenen alıŖmalar doğrultusunda makine boyutlarına ve tipine karar verilmiŖtir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Solidworks Çizim Programı

Bu tez çalışması tasarım aşamaları esnasında Solidworks programı kullanılmıştır. Tasarımda 3 boyutlu modelleme, montaj ve 2 boyutlu teknik resim oluşturma çalışmaları tümüyle Solidworks programında tamamlanmıştır.

3.1.2. Kullanılan İmalat malzemeleri

Tasarım aşamasında sac metaller için, ST37 malzeme, miller ve flanşlar için de C1040 malzeme seçimi yapılmıştır. Taşıyacakları yükler, kullanım alanı ve kullanılacak ortam koşulları göz önüne alındığında, bu malzemelerin uygunluğu öngörülmüştür.

3.1.3. Standart Makine Elemanları

Rulman

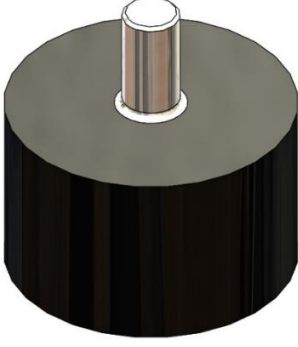
6006 2RS rulmanlar darbe test düzeneğinde, darbe kolu ve ona bağlı çekicinin yataklanmasında kullanılmaktadır. Toplam iki adet olarak kullanılmıştır. (Şekil 3.1.)



Şekil 3.1. 6006 2RS Rulman

Vibrasyon Takozu

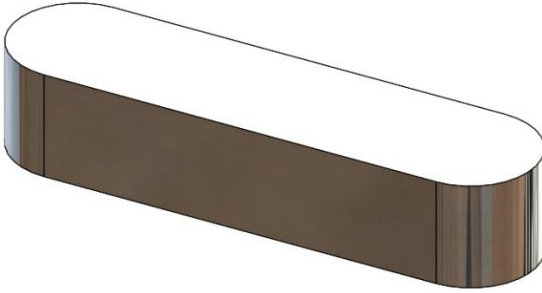
Ø80 M16 dişli vibrasyon takozları, düzeneğin zemin üzerinde dengede kalmasını ve darbe etkisinde sarsılmaların soğurulmasını sağlamaktadır. Toplam dört adet kullanılmıştır. (Şekil 3.2.)



Şekil 3.2. Vibrasyon takozu

Kama

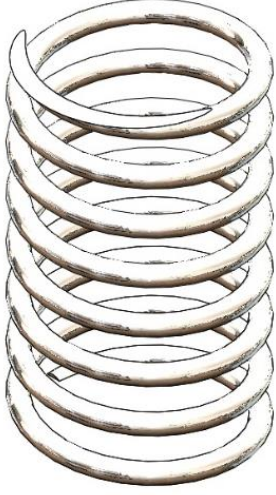
DIN 6865 A tipi 10x8x45 mm ölçülerinde olan kama darbe kolunun mil ile birlikte dairesel hareketini sağlaması için kullanılmıştır. Toplam bir adet kullanılmıştır. (Şekil 3.3.)



Şekil 3.3. Kama

Yay

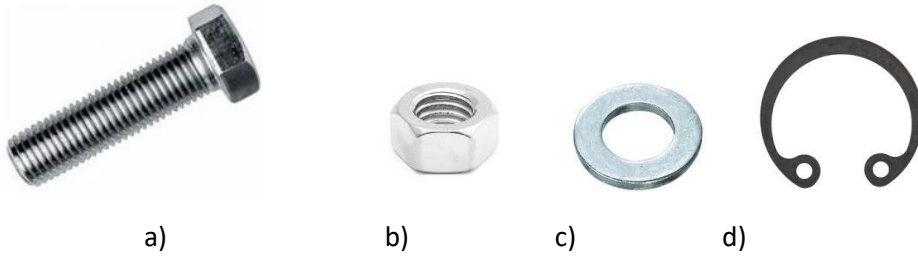
Ø20-40mm Ø2mm baskı yayı, darbe kolu kilit mekanizmasında kullanılmıştır. Toplam bir adet kullanılmıştır. (Şekil 3.4.)



Şekil 3.4. Yay

Civata, somun, pul, segman

Cihaz imalatında ağırlıklı olarak vidalı bağlantı kullanılmıştır. Sökülebilir bağlantı elemanları Şekil 3.5.'de sunulmuştur.



Şekil 3.5. a)Civata, b)Somun, c)Pul, d)Segman

3.1.4. Koger Charpy Darbe Test Makinesi

Araştırmada geliştirilen charpy/izod test makinesinin doğrulama alışmaları, Koger KGS 15 (3/70) marka standart makine ile gerçekleştirilmiştir.

Testler ISO 179/92 standartlarına gore yapılmıştır. Kullanılan makine 15 J darbe enerjisine sahiptir. (şekil 3.6.)



şekil 3.6. Koger KGS 15 Charpy Test Makinesi

3.2. Yöntem

Geliştirilen düzenek ASTM E23 ve TS EN ISO 148-1 standartlarına göre düzenlenmiştir.

3.2.1. Charpy ve Izod test düzeneğinin cihazının amacı

Bu deneyin amacı bir çekicinin darbe etkisi altında olan numunenin kırılma enerjisini “Joule” birim cinsinden bulmaktır. Charpy ve Izod olmak üzere iki farklı test modeli bulunmaktadır.

Bu araştırmada, her iki farklı model baz alarak tasarımı ve üretimi tamamlanmıştır. Tasarım esnasında kullanılan standart ekipmanlar; rulmanlar, kama, yay ve vibrasyon takozudur.

3.2.2. Charpy ve Izod test düzeneğinin tasarımı ve çalışma prensibi

Bu düzenek belirlenmiş olan, bir kilit mekanizması ile maksimum potansiyel enerjisine sahip olduğu “h₀” yüksekliğinden darbe koluna bağlanmış “m” kütledeki çekicinin serbest bırakılarak “h₁” konumunda maksimum kinetik enerjisini numuneye aktarak kırması ve buna bağlı olarak enerji skalasında kırılma enerjisini göstermesi suretiyle çalışmaktadır.

Mekanizma; iskelet, iskelet üzerinde Charpy ve Izod numunelerini bağlamak için ihtiyaç duyulan aparatlar, darbe kolu, darbe koluna ayrı ayrı bağlanabilen iki farklı tip çekiç, darbe kolunu askıda tutabilmek için gerekli olan kilit mekanizması ve darbe kolunun serbest harekete bırakıldıktan sonra, numuneyi kırmasının ardından durdurulabilmesi amacı ile kullanılan bir fren mekanizmasından oluşmaktadır.

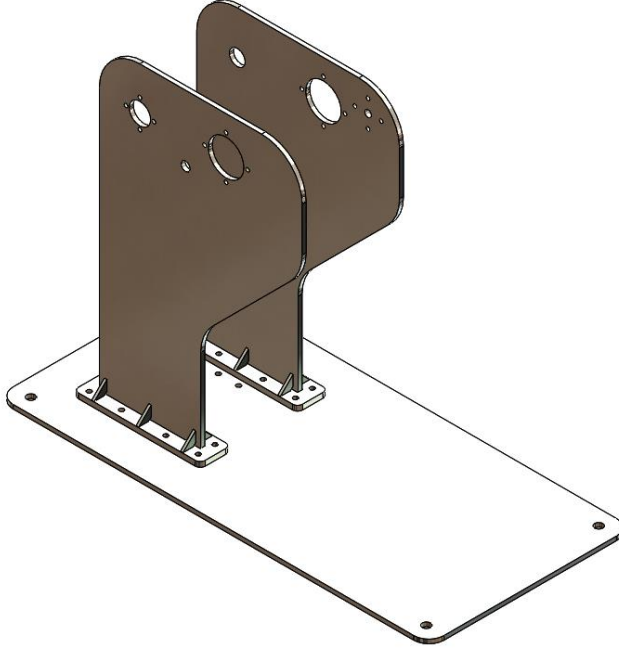
Mekanizma iskeleti; (Şekil 3.7.)

8 mm ST52 lazer kesim uygulanarak üretilen taban sacı,

8 mm ST52 lazer kesim uygulanarak üretilen iki adet kolon sacı,

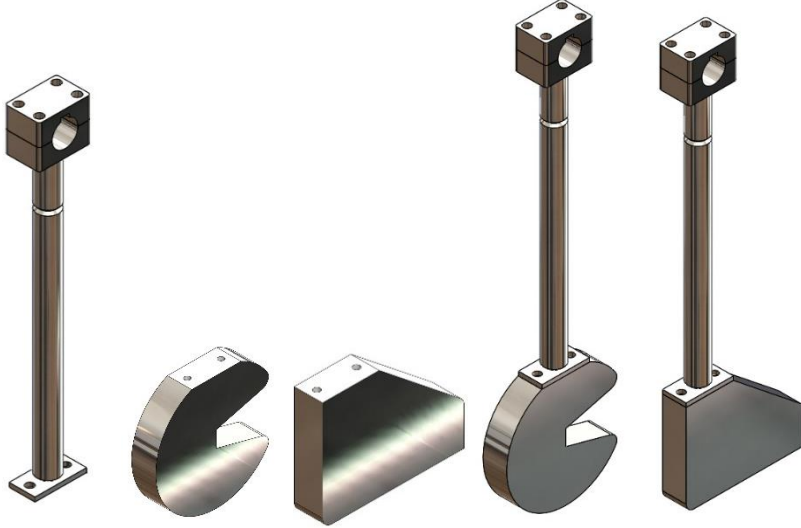
10 mm St52 lazer kesim ve ardından freze işlemi uygulanarak üretilen iki adet kolon ayakları,

5 mm ST52 lazer kesim ve ardından kaynak işlemi uygulanarak üretilen on iki adet kolon-ayak sağlamlaştırma bayrakları, M8x30 on altı adet taban sacı-kolon bağlantı civatası kullanılarak tasarlanmış ve üretilmiştir.



Şekil 3.7. Mekanizma iskeleti

Bu test mekanizmasında Charpy ve Izod numunelerini kırmak için farklı tipte iki çekiç tasarlanmış olup Şekil 3.8.a 'da belirtilen darbe koluna Şekil 3.8.b'deki Charpy çekici iki adet M8x20 altı köşe başlı civata ile bağlanarak Şekil 3.9. 'de belirtilen Charpy numune bağlama aparatına konulan numunenin kırılması sağlanmaktadır.



a)

b)

c)

d)

Şekil 3.8. a) Darbe kolu
gösterimi

b) Charphy çekici

c) Izod çekici

d) Çekiçlerin montajlı

Darbe kolu: 2 kg

Charpy çekici: 3,0 kg

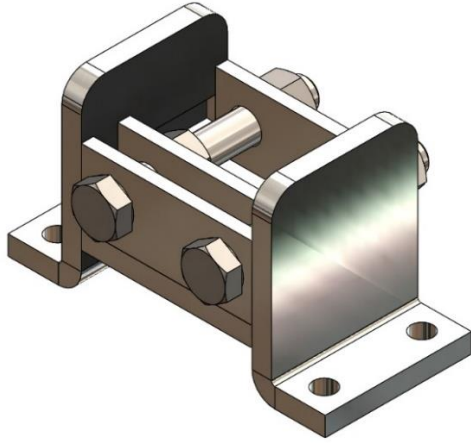
Izod Çekici: 3,0 kg

olarak tasarlanmıştır.



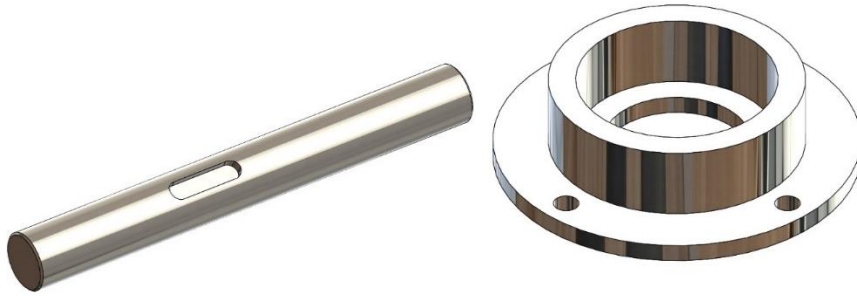
Şekil 3.9. Charpy numune bağlama aparatı

Aynı sistem izod çekici sistemi için de geçerli olup, Şekil 3.8.a 'da belirtilen darbe koluna Şekil 3.8.c 'deki izod çekici iki adet M8x20 altı köşe başlı civata ile bağlanarak Şekil 3.10. 'da belirtilen Izod numune bağlama aparatına konulan numunenin kırılması sağlanmaktadır.



Şekil 3.10. Izod numune bağlama aparatı

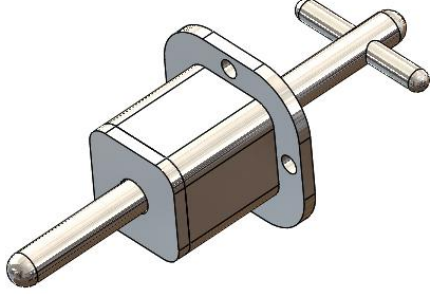
Darbe kolu Ø25 mm tornalama işleminden geçerek üretilmiş C1040 mil, lazer kesim uygulanarak 5 mm ST52 çekiç bağlama flanşı ve kolun hareketini sağlamak için Şekil 3.11.'de gösterilen merkezleme miline kamalı bağlantı sağlanan iki parçalı her biri ST52 dolu malzemedan freze ve torna işlemi görerek üretilmiş parçalardan oluşmaktadır.



Şekil 3.11. Darbe kolu merkezleme mili ve rulman flanşı

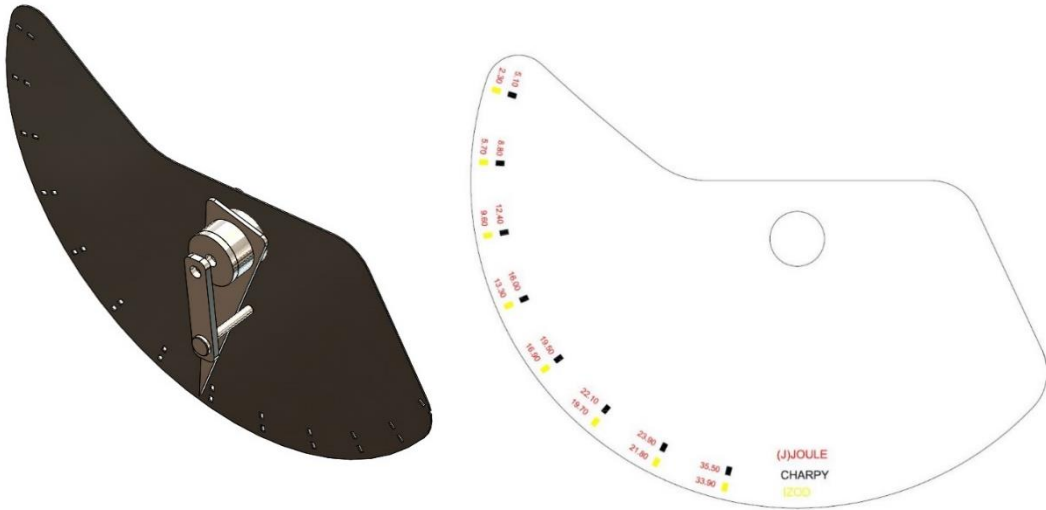
Mekanizmada darbe kolunu, “h0” yüksekliğinde askıda tutmak amacı ile Şekil 3.12.'de belirtilen kilit mekanizması tasarlanmıştır. Mekanizma içerisinde bulunan yay

vasıtasıyla kolun her serbest bırakılmasının ardında kilit pozisyonu ilk konumuna geri gelmektedir.



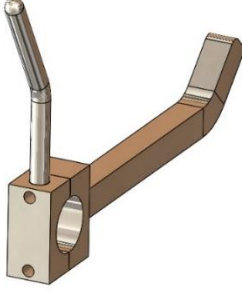
Şekil 3.12. Darbe kolu kilit mekanizması

Darbe koluna bağlı çekicinin kilit mekanizmasının açılması ile serbest bırakılması sonucu numuneye çarpma işlemi gerçekleşir ve bunun sonucunda numune kırılarak Şekil 3.13.'te gösterilen ibre ve onun gösterdiği Joule cinsinden belirlenmiş göstergede değer okunmaktadır.



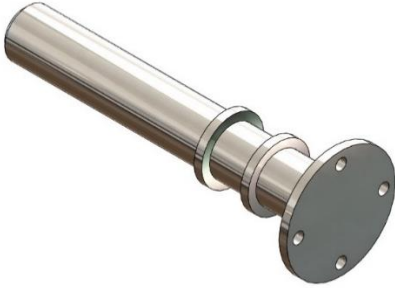
Şekil 3.13. Değer okuma ibre ve Joule göstergesi

Çekiçlerin kırma işlemini tamamladığı an serbest salınım hareketini sonlandırmak amacı ile Şekil 3.14.'de belirtilen fren kolu tasarlanmıştır. Fren kolu lazer kesim ve bir takım freze, torna işlemlerinin sonucunda elde edilmiştir. Çalışma esnasında gürültü yapmaması açısından imalat sürecinde, temas yüzeyine kavuçuk bant yerleştirilmesi uygun görülmüştür.



Şekil 3.14. Fren kolu

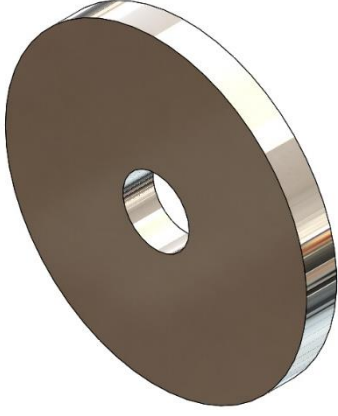
Fren kolunun iskelet üzerinde merkezlenmesini sağlamak amacı ile Şekil 3.15.'de belirtilen fren bağlantı mili ve fren kullanılmadığı zaman boşta askıda durmasını sağlamak amacı ile Şekil 3.16.'de belirtilen fren dayama mili tasarlanmıştır.



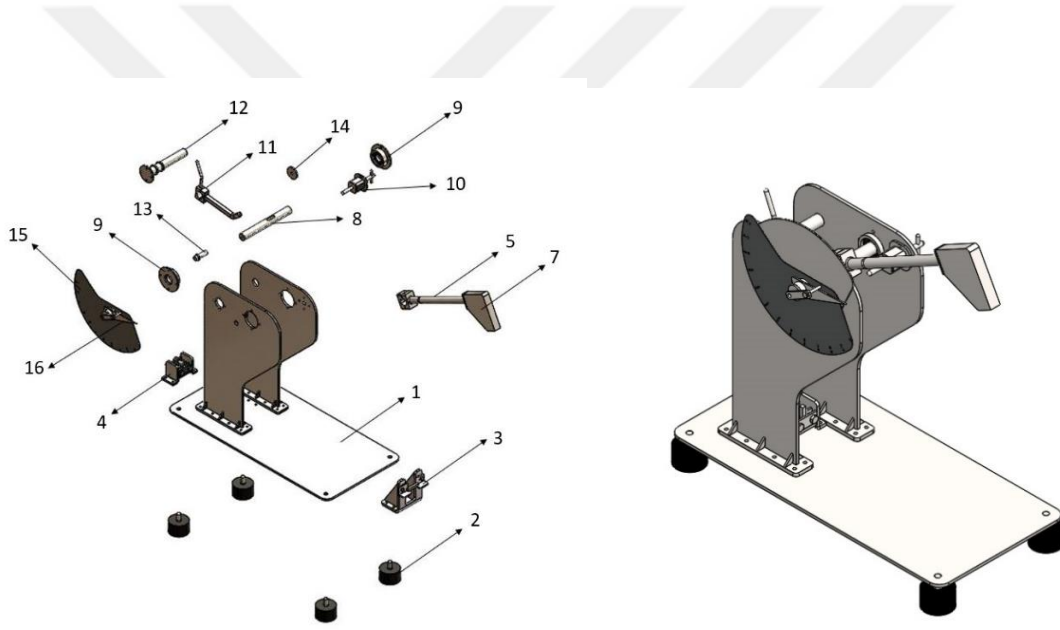
Şekil 3.15. Fren bağlantı mili



Şekil 3.16. Fren dayama mili



Şekil 3.17. Fren kolu şase bağlantı pulu



Şekil 3.18. Mekanizma Solidworks tasarım patlatılmış modeli -1-

14	Fren kolu şase bağlantı pulu	1 Adet
15	Kırılma enerji göstergesi	1 Adet
16	Gösterge ibresi	1 Adet



3.3. Üretim

Solidworks üzerinden tamamlanan tasarımların teknik resimleri oluşturularak üretime girmiştir. Üretilen parçalara üretim metodlarına göre ayrılmış ve bu doğrultuda üretimleri tamamlanmıştır.

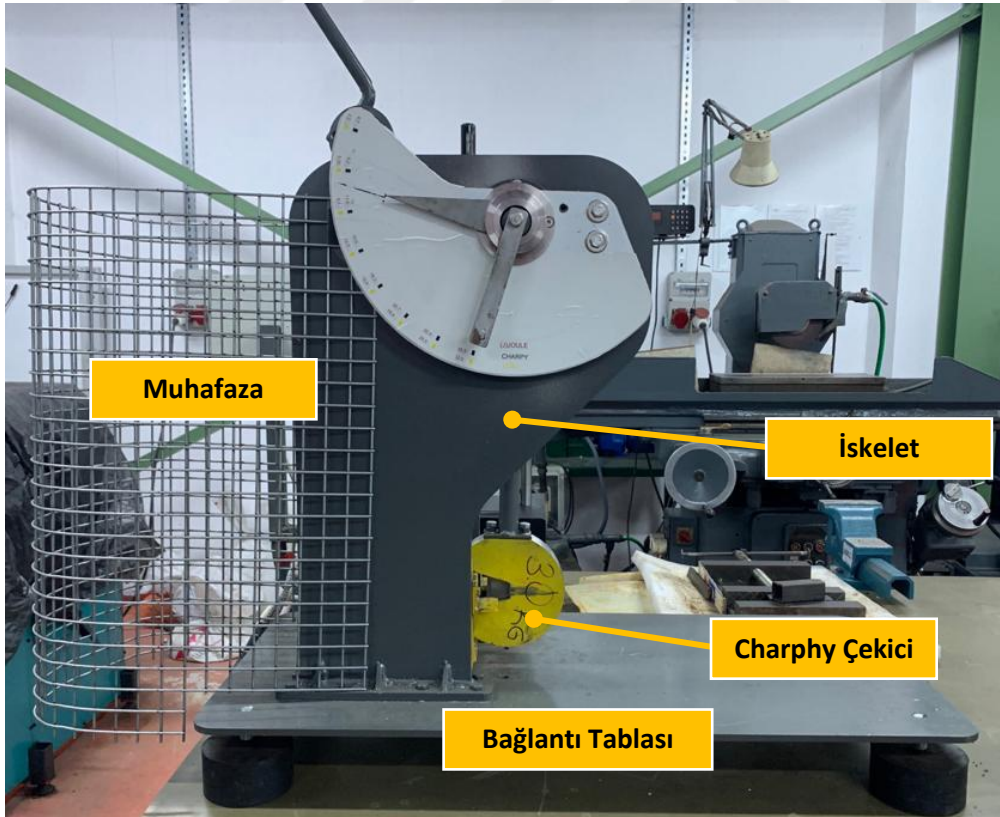
Üretim metodlarına göre parçalar;

İskelet, bağlantı tablası, indikatör tablası, indikatör ibresi, bağlantı ayaklarına lazer kesim uygulanmıştır.

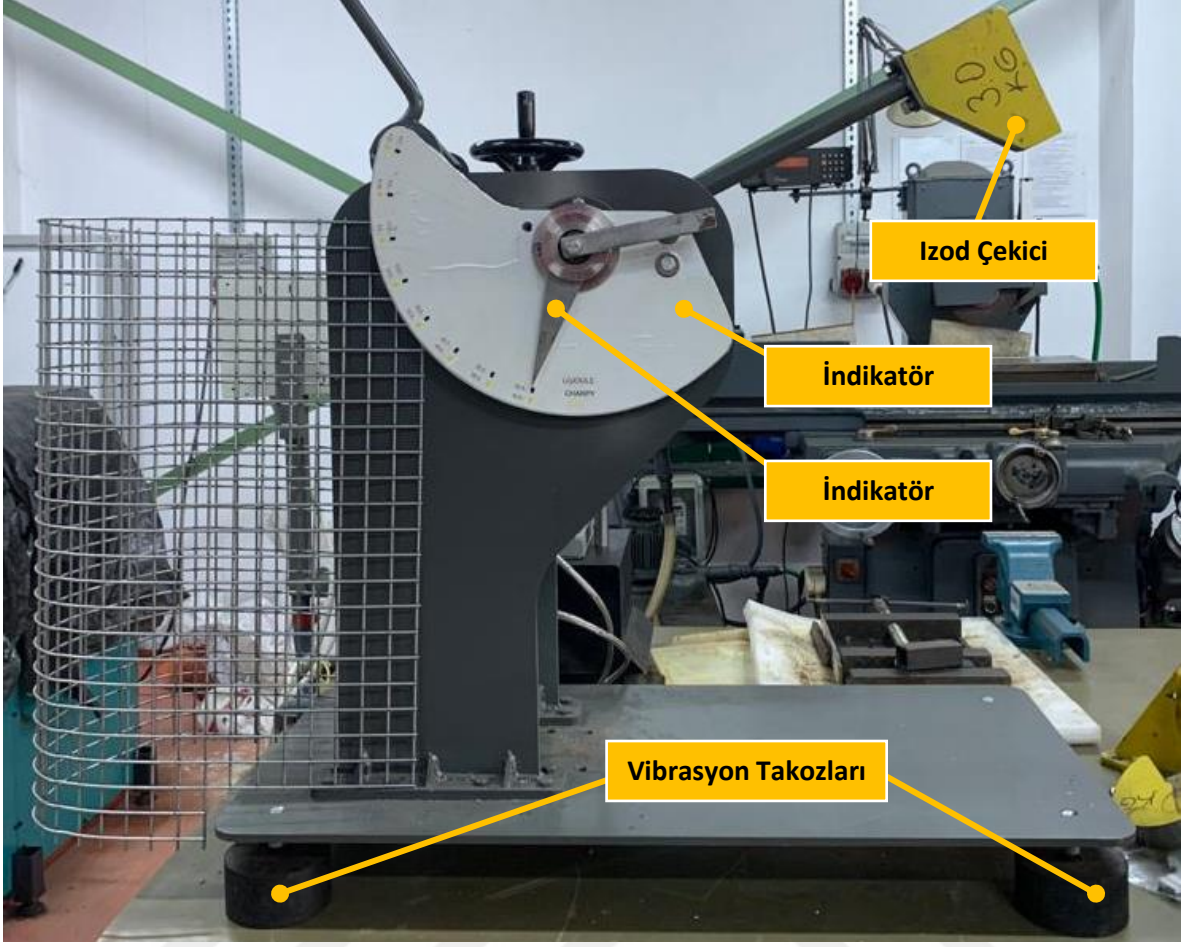
Çekiçlerin ön formları lazer kesim ile daha sonrasında cnc dik işleme ile oluşan curuflar ve eğrilikler düzeltilmiştir.

Miller, merkezleme flanşları, ibre bağlantı burçları torna tezgahında imal edilmiştir.

İndikatör, Solidworks üzerinden çıkarılıp, AutoCad üzerinde detaylandırılarak pleksi olarak kalıp çıkarılıp, hesaplama detaylarına göre sticker çıkarılarak oluşturulmuştur.



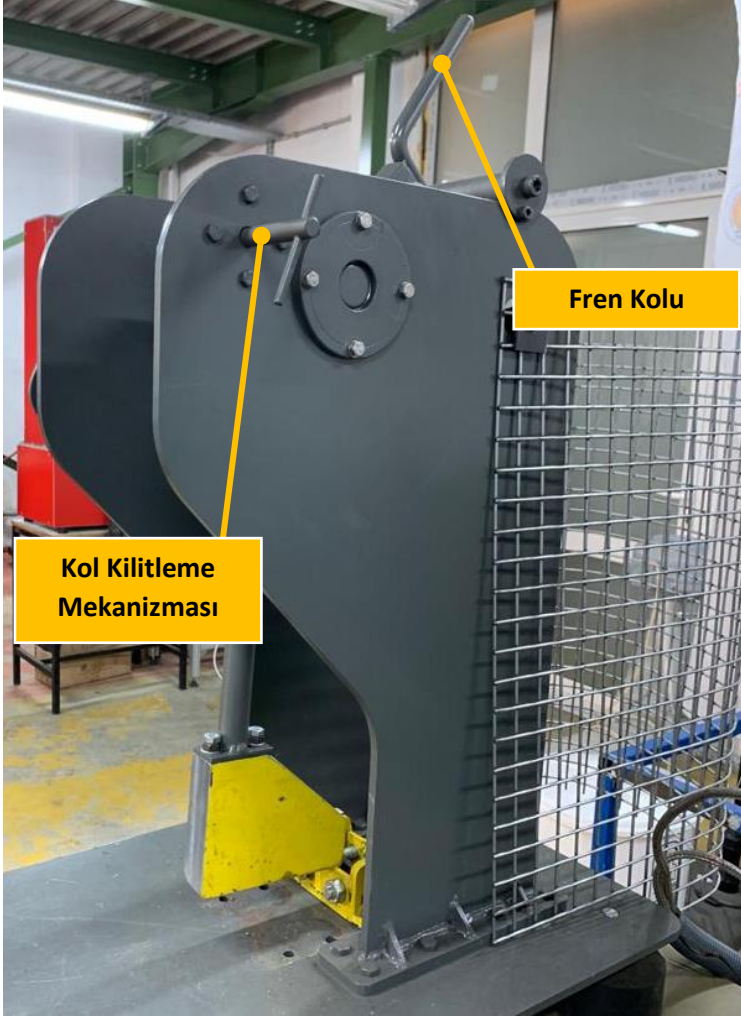
Şekil 4.1. Tez kapsamında tasarlanan ve üretilen prototibin tanıtım görseli-1



Şekil 4.2. Tez kapsamında tasarlanan ve üretilen prototibin tanıtım görseli-2

Makinenin dengede ve terazide olabilmesi, zemin koşullarına göre ayar yapılabilmesi için vibrasyon takozları kullanılmıştır.

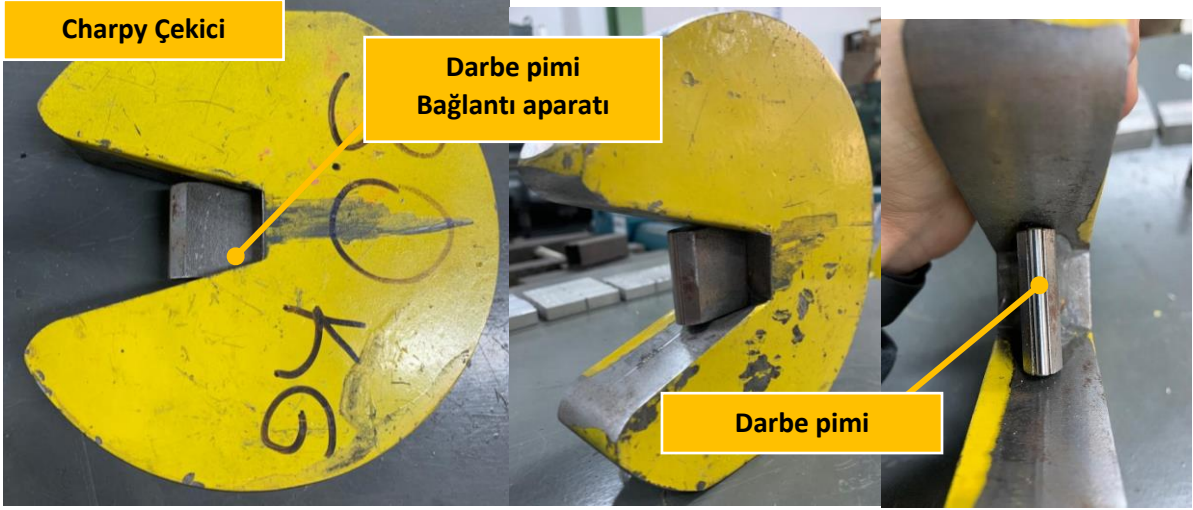
Testler öncesi parçaların etrafa saçılmasını önlemek ve ayrıca evrafındaki çalışanları korumak amacı ile muhafaza yapılmıştır. Muhafaza malzemesi olarak standart üretim çes an malzeme kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Tez kapsamında tasarlanan ve üretilen prototibin tanıtım görseli-3

Kolu ve çekici serbest düşmeye bırakmadan önce sabitlemek ve askıda tutmak amacıyla kol kilitleme mekanizması tasarlanıp üretilmiştir. İçerisinde bir yay bulunan kol dışarı yönde çekilmesi ile kolu kilitleme alanına sokmaya müsade etmektedir. Tekrar bırakmak için ise yine aynı şekilde kol dışarı yönde çekilerek serbest düşmeye bırakmaya olanak sağlamaktadır.

Serbest düşme başlatıldıktan ve kırma işleme gerçekleştirildikten sonra darbe kolunun salınımını durdurmak amacı ile bir fren kolu tasarlanmış ve uç kısmına kauçuk bir malzeme montaj edilmiştir.



Şekil 4.4. Prototibe ait Charpy çekici detayları

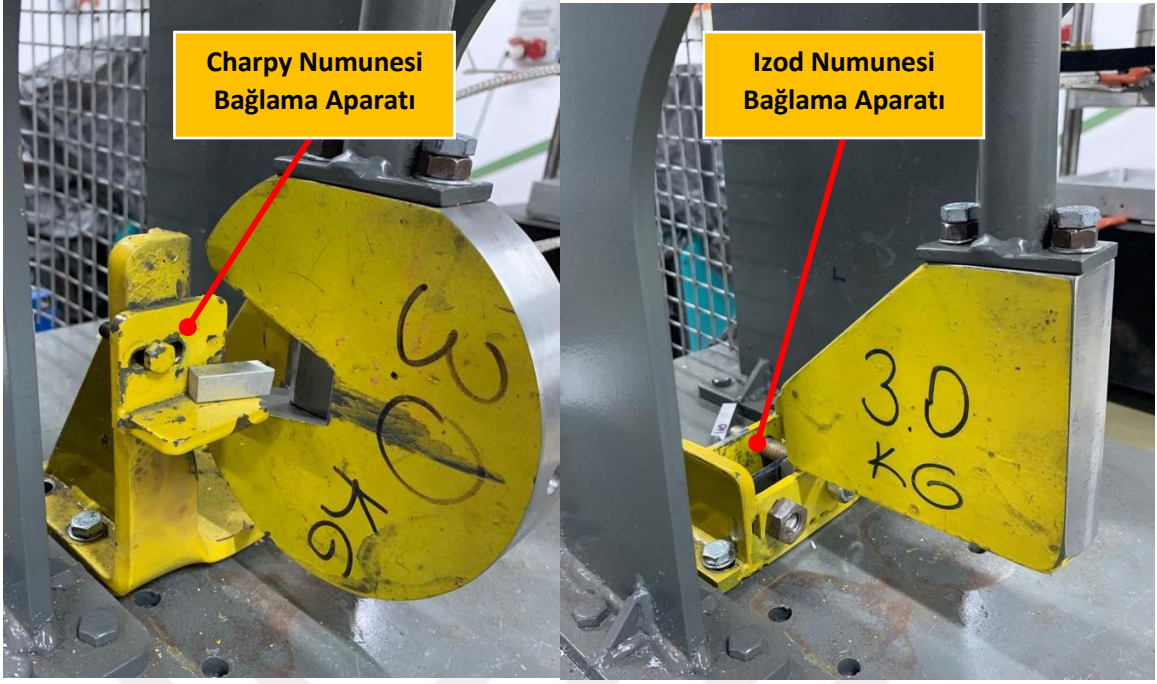
Charpy çekici içerisine tam kırma merkezini karşılayacak şekilde bir aparat yapılmış ve parça üzerine uygulanmıştır.

Burada amaç darbe uygulanan uç noktada oluşacak deformelerde yeni bir sarf malzemesi ile değiştirip deforme olan alanı kaldırmaktır. Bu nedenle uç kısmına yüksek mukavemetli bir boru pim yerleştirilmiş ve değişimini yapabilmek adına bağlantı aparatı tasarlanmıştır.

Charpy çekiç kütlesi toplam 3 kg olarak tamamlanmıştır. Aynı kütlede, tasarıma uygun olarak izod çekiç de üretilmiştir.



Şekil 4.5. Prototibe ait izod çekiç detayları



Şekil 4.6. Charpy ve izod numunesi bağlama aparatları

Ayrı ayrı üretilen charpy ve izod numunelerinin kırılma bölgeleri farklılık göstermektedir. Charpy numunesi serbest olarak kırılma alanına yerleştirilirken, izod numunesi ise bir mesnete veya mengeneye bağlanmalıdır. Bu farklılıktan dolayı her iki farklı numune bağlamak için ayrı aparatlar tasarlanıp üretilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu test düzeneği hazırlanırken farklı çentik yapılarında numuler kırılacağı ve farklı çekiçler kullanılacağı düşünülerek kolay değiştirilebilir numune tutucuları, bunlara ek olarak kolay sökölüp takılabilen çekiçler tasarlanmıştır.

Göstergede belirtilen değerler kullanılarak numunelerin kırılma enerjilerinin bulunması amaçlanmıştır.

Burada hesaplama aşağıda belirtilen şekilde yapılmıştır.

$$\text{Kırılma enerjisi} = G \times (h-h_1) = G \times L \times (\cos \beta - \cos \alpha)$$

G = Sarkacın ağırlığı (kg),

L = Sarkacın ağırlık merkezinin sarkacın salınım merkezine uzaklığı (m),

h = Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m),

h₁ = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m),

β = Yükseliş açısı (derece)

α = Çıkış açısı (derece)

Tasarlanan ve üretilen prototipte çekiçler için kütleli değerler ve kırılma enerjilerini şu şekilde açıklamak mümkündür.

Darbe kolu: 2,00 kg

Charpy çekici: 3,0 kg

Izod Çekici: 3,0 kg

Maks. Charpy Kırılma enerjisi (J) = (G_{darbe kolu} + G_{Charpy çekici}) x h_{ağırlık merkezi maks.} x 9,81

$$= (2,0+3,0) \times 0,6794 \times 9,81$$

$$= 33,30 \text{ J}$$

(2.1)

$$\text{Maks. Izod Kırılma enerjisi (J)} = (G_{\text{darbe kolu}} + G_{\text{Charpy çekici}}) \times h_{\text{ağırlık merkezi maks.}} \times 9,81$$

$$= (2,0+3,30) \times 0,6521 \times 9,81$$

$$=32,00 \text{ J} \quad (2.2)$$

Testlerin yapılabilmesi adına 5 farklı alüminyum alaşımı temin edilmiştir. Bu malzemelerin kimyasal kompozisyonunu içeren detaylar Çizelge 4.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırma yapılan malzemelerin kimyasal kompozisyonu

ETİNOR M	JIS/DIN/TSE/USA/DIN	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Ti	Pb	Sn
ETİAL-160	AlSi 8Cu3Fe (TSE) G-AlSi 8Cu3(DIN) A-380 (USA)	1	7,50-9,00	3,00-4,00	0,5	0,3	1	0,2	0,15	0,1	0,1
ETİAL-171	AlSi10Mg (TSE) G-AlSi10Mg (DIN) A-360 (USA)	0,5	9,00-10,00	0,1	0,40-0,60	0,30-0,45	0,1	0,1	0,15	0,05	0,05
ETİAL-177	A357 (USA)	0,2	6,60-7,40	0,02	0,03	0,30-0,45	0,04	0,02	0,80-0,14	0,05	0,05
ETİAL-195	392,1 (USA)	0,6	17,00-19,00	0,8-1,5	0,2	0,80-1,30	0,2	0,80-1,30	0,1	0,1	0,05
-	AC2A (JIS)	0,8	4,00-6,00	3,0-4,5	0,55	0,25	0,55	0,3	0,2	0,15	0,05

Alaşımlı Külçelerin Standartları Karşılama Tablosu (t.y.). Erişim adresi:

<https://www.etialuminyum.com/urunler/ham-aluminyum-urunler/dokumhane-urunleri/#1518779014316-eea43910-dbd3>

Düzensiz şekilli halde temin edilen numuneler, 10x10x55mm ve 10x10x75 mm olmak üzere toplamda 5 farklı alüminyum alaşımından, 35 adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numunelere “V” çentik açmak için atölyemizde bulunan çakı kullanılmış olup, çakının CNC dik işleme tezgahına adapte edilebilmesi için kamalı bir mil ve flanş üretilmiştir.

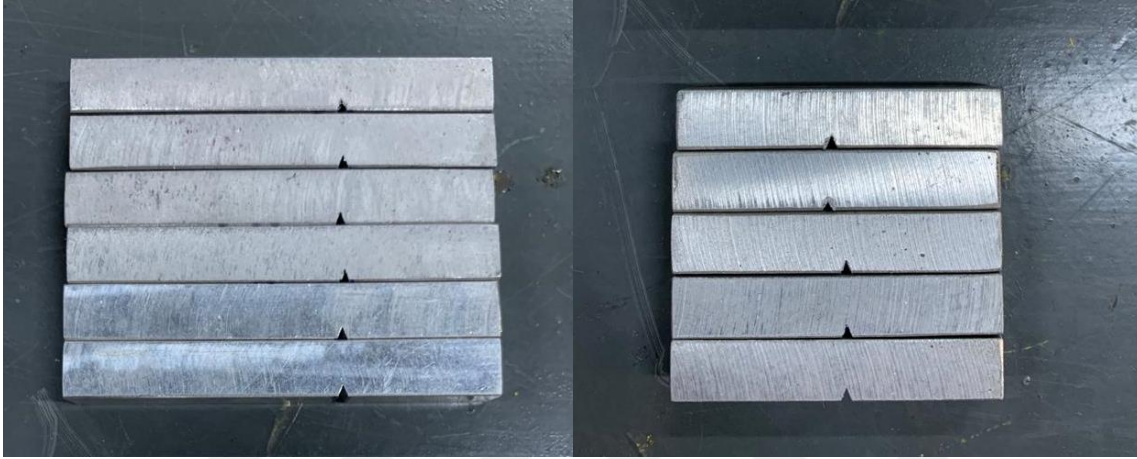


Şekil 5.1. V çentik çakısı ve bağlama aparatları



Şekil 5.2. Çakı ve aparatın montajlı gösterimi

Çakı için gerekli aparatlar tamamlandıktan sonra, Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölüm Atölyesi'nde bulunan CNC dik işleme tezgahı ile 15 Izod ve 20 Charpy numunesi hazırlanmıştır.



Şekil 5.3. V çentik çakısı ile hazırlanmış numune görselleri

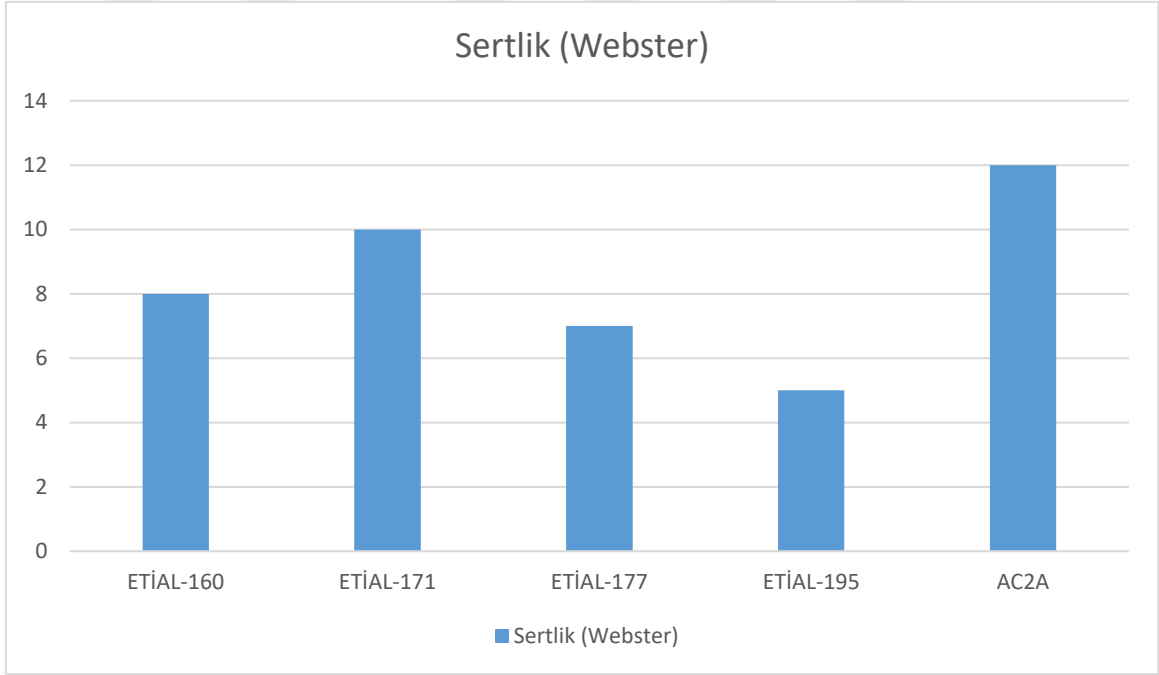
Numune detayları aşağıdaki gibidir.

- **ETİAL-160**; 4 Charphy, 3 Izod
- **ETİAL-171**; 4 Charphy, 3 Izod
- **ETİAL-177**; 4 Charphy, 3 Izod
- **ETİAL-195**; 4 Charphy, 3 Izod
- **AC2A**; 4 Charphy, 3 Izod

Hazırlanan her bir numune parçası için ayrıca sertlik ölçümü yapılmış olup, Webster cinsinden ölçüm verileri Çizelge 4.2.'de ve Şekil 5.4.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Test numunlerinin sertlik değerleri

ETİNORM	Sertlik Webster
ETİAL-160	8
ETİAL-171	10
ETİAL-177	7
ETİAL-195	5
AC2A	12



Şekil 5.4. Numunelerin sertlik değerleri



Şekil 5.5. Test numuneleri sertlik değerleri ölçümü

4.1. Referans Makine Karşılaştırmaları

Yapılan tasarım ve üretimden doğan sonuçların karşılaştırılabilmesi adına, atölyede bulunan standarda uygun olarak üretilmiş ve bir üretici firmadan satın alınmış olan Köger Charpy Darbe test makinesi kullanılmıştır.

Bu standart makine, serbest düşme ile 15 J'lik enerji üretebilmektedir. Tasarım ve üretimini yapmış olduğumuz makine ise Izod'ta 32,00 J, Charpy'de ise 33,30 J'luk bir enerji elde edebilmektedir.

Tasarlamış olduğumuz makineyi standart makineden ayıran avantajlı özellikleri;

1. Izod ve Charpy olmak üzere iki ayrı ölçüm tipi,
2. Izod ve Charpy olmak üzere iki ayrı çekiç tipi,

3. Parçaları yerleştirmek için iki ayrı aparat,
4. Standart sisteme göre iki kat daha fazla enerji elde etme,
5. Değiştirilebilir ve arttırılabilir çekici ağırlığı ve tipi,
6. Ayarlanabilir vibrasyon takozları,
7. Parçaların etrafa saçılmasını önleyen muhafaza,
8. Salınımı yavaşlatmak için fren mekanizmasıdır.



Şekil 6.1. Tez kapsamında tasarım ve üretimi yapılan darbe test düzeneği ve mevcut darbe test düzeneği

Denemeler öncesinde yapılan çalışmaları teyit etmek amacı ile standart olarak üretilmiş olan charpy düzeneği ile tasarlamış olduğumuz düzenek üzerinde karşılaştırmalar yapılmıştır.

Toplamda 6 adet, 3 farklı, 1'er numune ile yapılan denemelerde enerji sonuçları karşılaştırılmış olup sonuçların eşleştiği gözlemlenmiştir.

Bu denemelerde standart makinenin sadece charpy denemesi yapmasından dolayı tek tip kontrol sağlanmıştır. Charpy denemelerinde enerjiler eşleştiği için izod sonuçları da tasarım düzenekte doğru kabul edilmiştir.



Şekil 6.2. Test düzeneklerinin charpy çekiçleri

4.2. Charpy Test Denemeleri

Testler öncesi hazırlanmış olan charpy darbe testi kırma numunlerimizi malzeme cinsine göre gruplara ayırdıktan sonra kırma işlemlerine başlandı. Toplamda 20 adet numune kırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

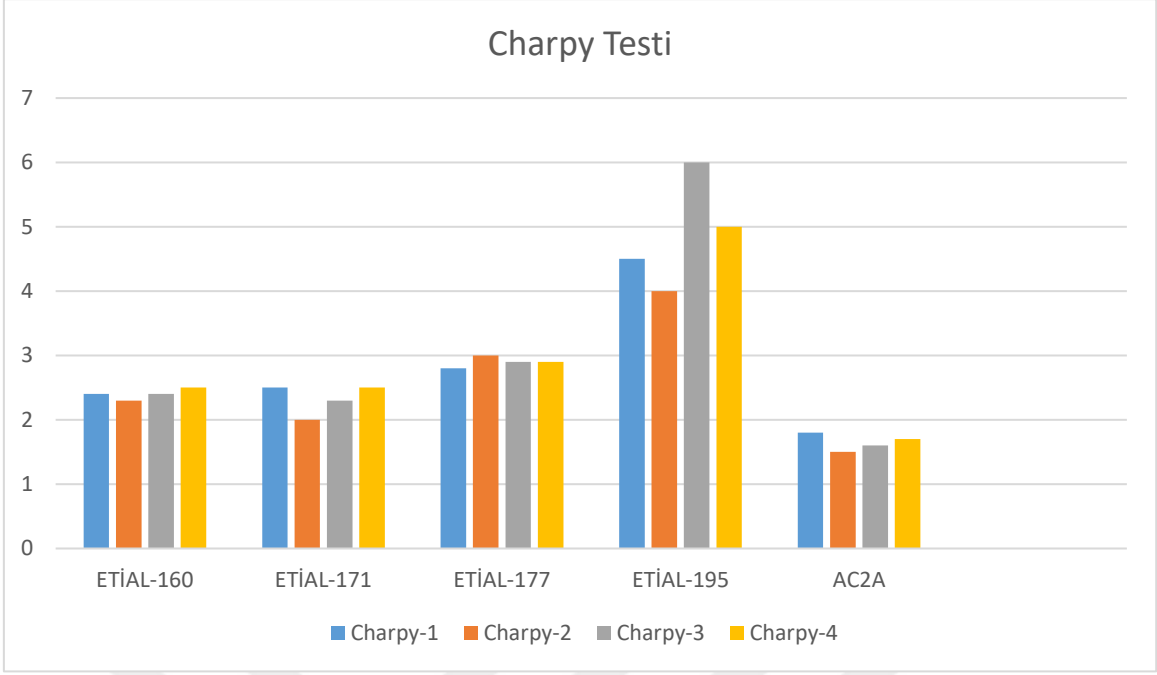


Şekil 6.3.Charpy çekici ile kırma test görseli

Yapılan testler sonucu numunelerin elde edilen kırılma enerjileri Çizelge 4.3. ve Şekil 6.4.'te belirtilmiştir. Şekil 6.5.'te ise testleri yapılan numunelerin sertlikleri ve kırılma enerjileri sunulmuştur.

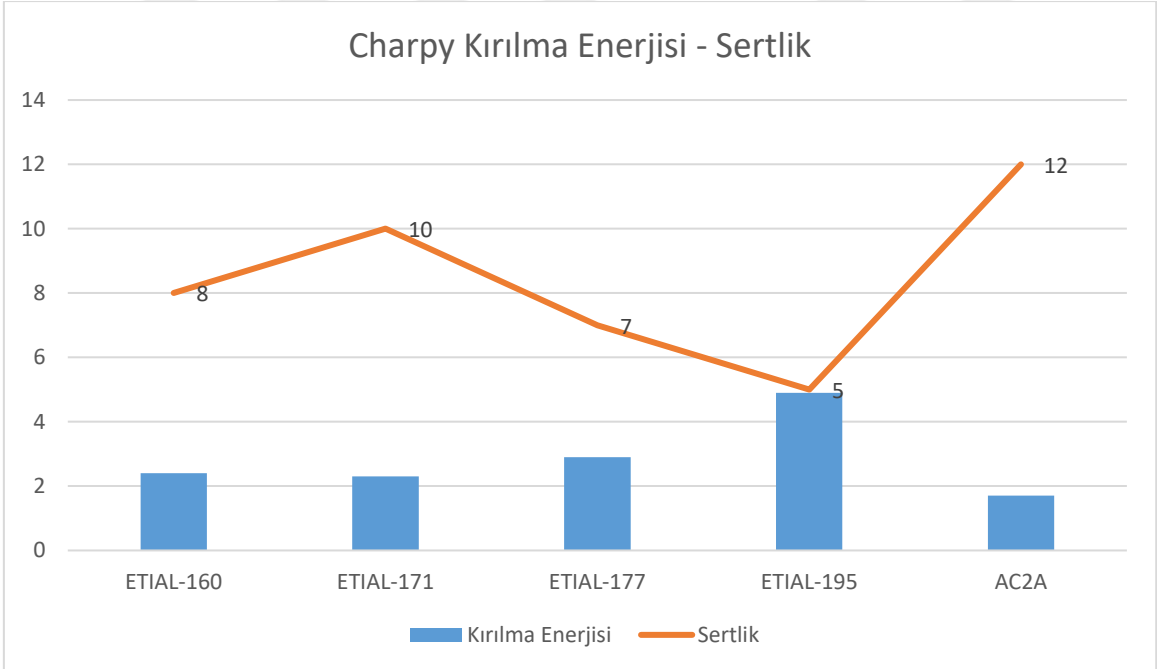
Çizelge 4.3. Charpy test numunelerinin Joule cinsinden kırılma değeri

Malzeme	Charpy-1	Charpy-2	Charpy-3	Charpy-4
ETİAL-160	2,4	2,3	2,4	2,5
ETİAL-171	2,5	2	2,3	2,5
ETİAL-177	2,8	3	2,9	2,9
ETİAL-195	4,5	4	6	5
AC2A	1,8	1,5	1,6	1,7



Şekil 6.4. Charpy kırma test değerleri

Şekil 6.5. incelendiğinde numunelerin sertlikleri arttıkça kırılma enerjilerinin düştüğü görülmektedir.



Şekil 6.5. Charpy kırılma enerjisi ve sertlik karşılaştırılması



Şekil 6.6. Kırılmış charpy test numunesi görseli

4.3. Izod Test Denemeleri

Testler öncesi hazırlanmış olan izod darbe testi kırma numunlerimizi malzeme cinsine göre gruplara ayırdıktan sonra kırma işlemlerine başlandı. Toplamda 15 adet numune kırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

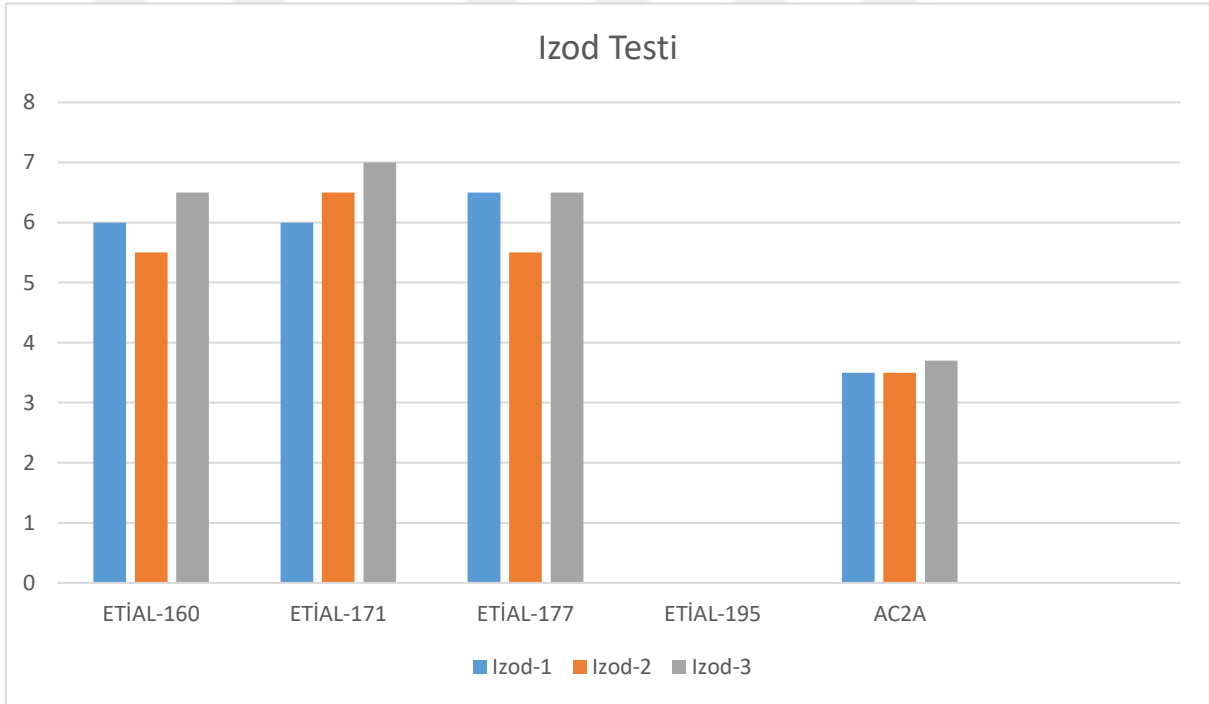


Şekil 6.7. Izod çekici ile kırma test görseli

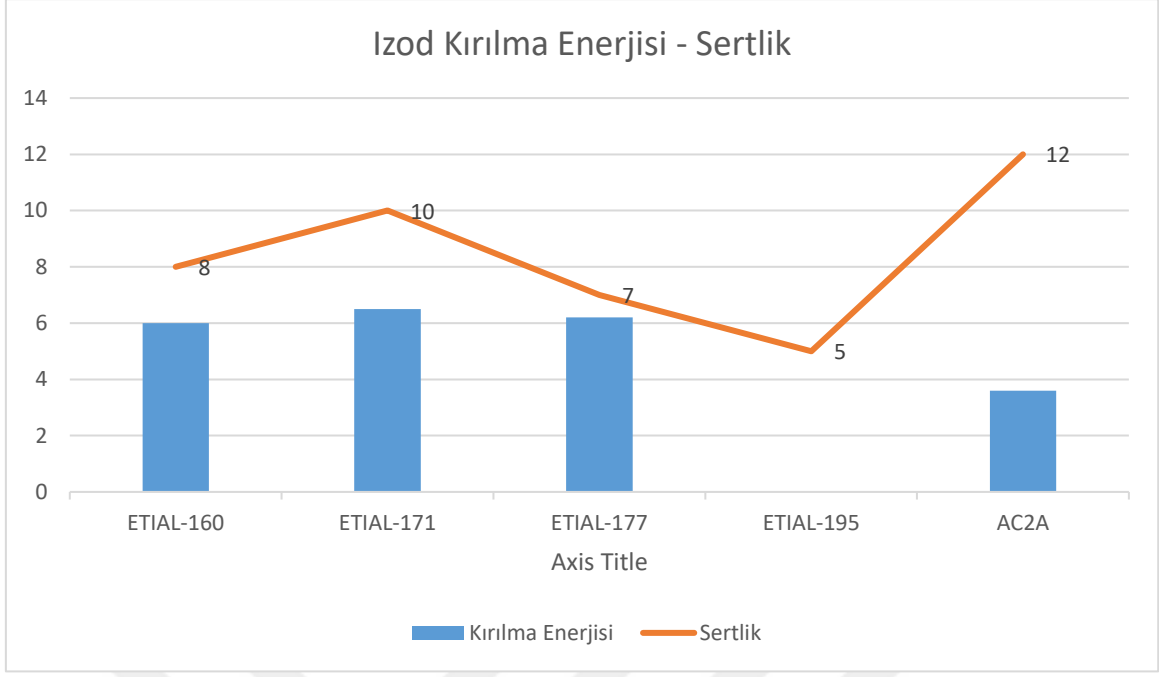
Yapılan testler sonucu elde edilen veriler Çizelge 4.4.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. Izod test numunelerinin Joule cinsinden kırılma değeri

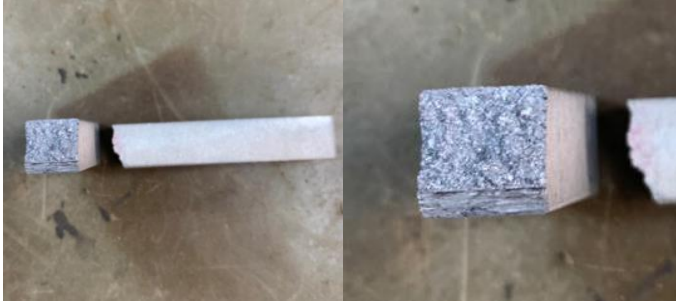
Malzeme	Izod-1	Izod-2	Izod-3
ETİAL-160	6	5,5	6,5
ETİAL-171	6	6,5	7
ETİAL-177	6,5	5,5	6,5
ETİAL-195	Kırılmadı.	Kırılmadı.	Kırılmadı.
AC2A	3,5	3,5	3,7



Şekil 6.8. Izod numune kırma test değerleri



Şekil 6.9. Izod numune kırılma enerjisi ve sertlik karşılaştırılması



Şekil 6.10. Kırılmış izod numunesi görseli

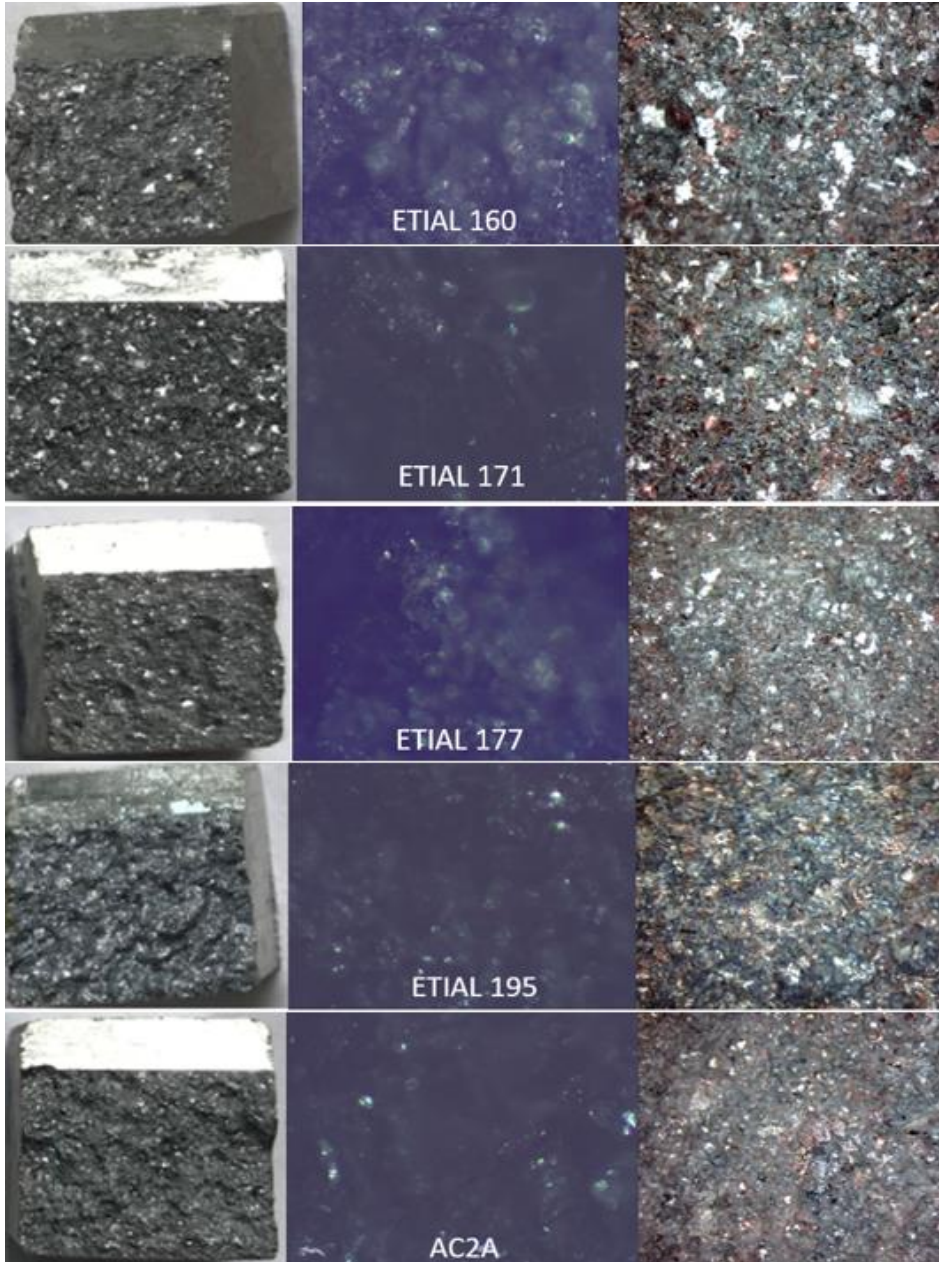
Yapılan testler sonucunda ETİAL-195 numunesi izod darbe testlerinde kırılmamıştır. Test sonucunda malzemede ayrılma başlamış fakat tamamen kırılmamıştır.



Şekil 6.11. Kırılmayan izod numunesi görseli

4.4. Test Numunelerinin Optik İncelemesi

Test numunelerinin sertlikleri ile kırılma enerjileri arasındaki ters orantının, numunelerin tokluk özelliklerinin farklılığına bağlı olduğu düşünülmektedir. Yapılan optik incelemelerde (Şekil 6.12) malzeme iç yapılarındaki gözenekli yapının da kırılma enerjisi üzerinde olumsuz etkisi olduğu görülmüştür. Yapıdaki gözeneklilik arttıkça kırılma enerjisi de düşmüştür.



Şekil 6.12 Test numunelerinin kırılma yüzeylerinin fotoğraf ve sırasıyla 2000X, 600x optik görüntüleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarımı Solidworks programında gerçekleştirilerek, prototip charpy ve izod darbe test düzeneği üretimi toleranslar dahilinde gerçekleştirilmiştir. Üretim sonrası imalatı gerçekleştirilen parçalar üç boyutlu montaja uygun olarak birleştirilmiştir. Tamamen manuel olarak çalışan düzenekte tüm tasarım kriterleri ASTM E23 ve TS EN ISO 148-1 standartları göz önünde bulundurularak tasarlanıp üretilmiştir.

Tasarımı tamamlanan bu düzenekte, ETİAL-160, ETİAL-171, ETİAL-177, ETİAL-195, AC2A numuları üzerinde testler yapılmıştır. Bu testler için toplam 35 adet numune hazırlanmış olup bunlardan 20 adedi charpy, 15 adedi ise izod testleri için hazırlanmıştır. Tüm hazırlanan numune ölçüleri yine belirtilen ASTM E23 standardında belirtilen özelliklere bire bir uygun olarak hazırlanmıştır.

Charpy darbe testi olarak yapılan denemelerde kırılma enerjisi en düşük olan numunenin AC2A olduğu ve en yüksek darbe dayanımına sahip numunenin de ETİAL-195 olduğu tespit edilmiştir.

ETİAL-160, ETİAL-171, ETİAL-177, ETİAL-195, AC2A mazlemelerinden dörder eşit adet numune kırılmıştır.

Kırılma değerlerinin ortalamaları alındığında; $AC2A < ETİAL-160 < ETİAL-171 < ETİAL-177 < ETİAL-195$ şeklinde bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Yine ortalamalar değerlendirildiğinde ETİAL-160 ile ETİAL-171'e ait ortalama değerler birbirine yakın çıkmıştır.

Izod darbe testi olarak yapılan denemelerde kırılma enerjisi en düşük olan numunenin AC2A olduğu ve en yüksek darbe dayanımına sahip numunenin de ETİAL-195 olduğu tespit edilmiştir. ETİAL-195 ürününe ait iki numunede de yırtılmalar oluşmasına rağmen ayrılma yani kırılma meydana gelmemiştir.

ETİAL-160, ETİAL-171, ETİAL-177, ETİAL-195, AC2A malzemelerinden üçer eşit adet numune kırılmıştır.

Kırılma değerlerinin ortalamaları alındığında; $AC2A < ETİAL-160 < ETİAL-171 < ETİAL-177 < ETİAL-195$ şeklinde bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Yine ortalamalar değerlendirildiğinde ETİAL-160, ETİAL-171 ve ETİAL-177'ye ait ortalama değerler birbirine yakın çıkmıştır.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde Izod numunelerini kırmak gerekli olan enerjinin charpy numunelerini kırmak için gerekli olan enerjiden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Düzeneğin iyileştirilmesi yönünde numune bağlama aparatlarının daha kolay ve efektif motaj ve demontaj edilebilir bir tasarım ile geliştirilmesi, Izod ve Charpy numune kırma dönüşümlerinde hız kazandıracaktır. Ayrı sistem pnömatik ve elektronik sistemlerle geliştirilebilir. İstenildiğin ağırlıklar eklenerek daha yüksek kırma enerjileri elde edilebilir.

KAYNAKLAR

Akdoğan, M. A. (2008). *Düşük Enerjili Serbest Ağırlık Düşme Test Düzenineği Tassarım ve İmalatı, Düşük Eneji Seviyelerinde Darbe Testi Yapılması* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Aktaş, B. (2018). *Alüminyum Metal Matrisli Malzemelerde Darbe Dayanımı Araştırmalarının İncelenmesi* (Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Ayday, A. (2017). Çinko-Alüminyum Esaslı ZA-12 Mikroyapı ve Darbe Dayanımına Bor Elementinin Etkisi *Sakarya Üniversitesi BAUN Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 20(1), 243-248

Çamlıca, S. (2019). *Taşıyünü Ürünlerinin Çekme ve Basma Özelliklerinin Test Edilebilen, Gelişmiş Bir Deney Makinesinin Tasarlanması ve Uygulanması* (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Çelik, İ. (2017). *Çentik Darbe Deney Föyü MM 402 Makine Mündendisliği Deneyler-II*, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane.

Çifçi, M. (2009). *Kayalarda Çentik-Darbe Deneyinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Dindar, B. (2019). *Elyaf Takviyeli Kompozitlerde Nanopartikül Katkısının Yorulma, Burkulma ve Darbe Davranışına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi* (Doktora Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Alaşımli Külçelerim Standartları Karşılama Tablosu (t.y.). Erişim adresi:

<https://www.etialuminyum.com/urunler/ham-aluminyum-urunler/dokumhane-urunleri/#1518779014316-eea43910-dbd3>

Karaca, D. (2010). *Farklı Kalınlık Ve Oryantasyon Yüzdelerindeki Tabakalı Kompozit Levhaların Düşük Hızlı Darbe Enerjileri Altında Davranışlarının Deneysel İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kaynak, Y. (2020). *Farklı Sertlik Değerlerindeki W360 Sıcak İş Takım Çeliğinin Yüksek Sıcaklıkta Aşınma Davranışı ve Çentik Darbe Dayanımının İncelenmesi*, Cilt 18, Sayı 2, Kasım 2020

Özcan, A. R. (2018). *Burulma Yüküne Maruz Kalmış Cam Lifi Takviyeli Filament Sargı Kompozit Boruların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

Pehlivan, A. K. (2020). *Düşük Alaşımli Yüksek Mukavemetli Çelikler İçin Kullanılan Kaynak Sarf Malzemelerinde Eksi Sıcaklıklarda Çentik Darbe Dayanımının Arttırılması Ve CTOD Değerine Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Gedik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Pürçek, G. (2014). *Metalik Malzemelere Uygulanan Deneyler* (Ders Notları), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Sayar, M. (2009). *Hibrit Kompozitlerin Darbe Davranışlarının İncelenmesi* (Doktora Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Şahin, A. (2011). *Düşük Hızlı Darbe Görmüş Filaman Sarım E-Camı/Epoksi Boruların İç Basınç Altında Yorulma Davranışlarının İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Turgut, D. (2012) *Farklı Tür Sıvı Ortamlarda Tutulan Kestamid Malzemelerde Darbe Dayanımının Deneysel İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.



