

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI TÜR SIVI ORTAMLARDA TUTULAN KESTAMİD
MALZEMELERDE DARBE DAYANIMININ DENEYSEL İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Didem TURGUT**

Anabilim Dalı : Makine Eğitimi

Programı : Makine

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa BOZDEMİR

HAZİRAN 2012

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 091501006 nolu öğrencisi Didem TURGUT tarafından hazırlanan “**FARKLI TÜR SIVI ORTAMLARDA TUTULAN KESTAMİD MALZEMELERDE DARBE DAYANIMININ DENEYSEL İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mustafa BOZDEMİR (PAÜ)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hasan ÇALLIOĞLU (PAÜ)
(Jüri Başkanı)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hilal CAN (PAÜ)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
20/06/12 tarih ve ...16/41... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Nuri KOLSUZ

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İmza

: 

Öğrenci Adı Soyadı : Didem TURGUT

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, son yıllarda makine imalatında geniş bir kullanım alanı bulmuş olan kestamid malzemelerin farklı sıvı ortamlarında, önceden belirlenmiş farklı zaman aralıklarında bekletilmesi sonucunda oluşan nem ve su absorbu değerleri belirlenmiştir. Belirlenen değerlerle, nem etkisinin kestamidin darbe dayanımı üzerindeki etkisi darbe deneyi yapılarak incelenmiştir. Makine yağı, saf su ve tuzlu su absorbe etmiş numuneler üzerinde yapılan darbe dayanımı etkisinin belirlendiği çalışma bulunmadığı için, yapılan çalışma bilimsel olarak katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkıda bulunan sayın Doç. Dr. Mustafa BOZDEMİR'e teşekkür ederim.

Haziran 2012

Didem TURGUT

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	x
SUMMARY	xi
1.GİRİŞ	1
2.PLASTİKLER	7
2.1 Plastiklerin Yapısı	10
2.2 Mühendislik Plastikleri	11
2.3 Poliamidlerin Yapısı ve Kullanılma Yerleri	12
2.4 Döküm Poliamid (Cast polyamide – Kestamid)	17
3.DENEY STANDARDI	20
3.1 Plâstikler - Izod Darbe Mukavemetinin Tayini.....	20
3.2 Atıf Yapılan Standartlar	21
3.3 Tarifler	22
3.3.1 Çentiksiz numunelerin izod darbe mukavemetleri (aiu)	22
3.3.2 Çentikli numunelerin izod darbe mukavemetleri (aiN)	22
3.3.3 Çentikli deney parçalarının zıt yönde izod darbe mukavemeti (aiR)	22
3.3.4 Paralel darbe (p) (Lâminer Takviyeli Plâstiklerde).....	22
3.3.5 Dik darbe (n) (Lâminer Takviyeli Plâstiklerde).....	22
3.4 Prensip	23
3.5 Cihazlar.....	24
3.5.1 Deney Cihazı.....	24
3.5.2 Mikrometreler ve diğer boyut ölçerler.....	26
3.6 Deney Numuneleri.....	26
3.6.1 Kalıplama ve ekstrüzyon hamurları hazırlama.....	26
3.6.2 Levhaları hazırlama.....	27
3.6.3 Uzun elyaf takviyeli polimerler hazırlama.....	27
3.6.4 Deney numunelerinin kontrolü.....	27
3.6.5 Çentik açma.....	27
3.7 Anizotropi.....	28
3.8 Şekil ve Boyutlar.....	28
3.8.1 Kalıplama veya ekstrüzyon hamurları.....	28
3.8.2 Uzun elyaf takviye edilmiş polimerler dahil levhalar.....	29
3.9 Deney Numunelerinin Sayısı.....	29
3.10 Kondisyonlama.....	29
3.11 İşlem.....	30
3.12 Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi.....	31
3.12.1 Çentiksiz deney numuneleri.....	31
3.12.2 Çentikli deney numuneleri.....	31
3.13 İstatistiksel Parametreler.....	32
3.14 Anlamlı Rakamlar.....	32
3.15 Kesinlik.....	32
3.16 Deney Raporu.....	32

3.17 Ek A.....	34
3.17.1 Tip 2, Tip 3 ve Tip 4 Deney parçalarıyla izod darbe deneyi.....	34
3.17.2 Deney numuneleri.....	34
3.18 Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi.....	34
3.18.1 Çentikli numuneler.....	34
3.18.2 Zıt yönde çentikli numuneler.....	35
4. YÖNTEM.....	37
4.1 Deneyin Amacı	37
4.2 Deney Düzenegi	38
4.3 Deneyde Kullanılan Materyaller	40
4.4 Deney Numuneleri ve Özellikleri	41
4.5 Deney İşlemi	44
4.6 Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar	46
4.6.1 Deney grupları.....	46
4.6.2 Kuru olan numuneleri referans alıp diğer bekletme durumlarıyla karşılaştırılması.....	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
6. KAYNAKLAR	61

TABLO LİSTESİ

Tablolar

1.1: Nemin bazı PA türlerinin fiziksel özelliklerine etkisi.....	3
2.1: Poliamidlerin bazı özellikleri.....	17
2.2: Kestamidin özellikleri.....	18
3.1: Sarkaç tipli darbe cihazlarının karakteristikleri.....	24
3.2: Deney metodunun kodlanması, deney numunesi tipleri, çentik tipleri ve çentik boyutları.....	29
3.3: Numunenin tipleri ve boyutları.....	34
3.4: Zıt yönlü deney metodunun kodlanması, deney numunesi tipleri, çentik tipleri ve çentik boyutları.....	35
4.1: Kestamid malzemenin özellikleri.....	42
4.2: Kestoil malzemenin özellikleri.....	43

ŞEKİL LİSTESİ

Şekiller

2.1: PVC Polimer zincirinin yapısı.....	7
2.2: Poliamidin yapısı.....	10
2.3:PA6 ve PA6G düz ve cam elyaf takviyeli tiplerinin nem doyma oranları... 14	
2.4: PA6 ve PA6G düz ve cam elyaf takviyeli tiplerinin denge nem oranları....	15
2.5: Kestamid malzemeyle yapılan bazı makine parçaları.....	19
3.1: Darbe yönlerinin şematik gösterilmesi.....	23
3.2:Mengeneye tutturulmuş çentikli deney numune ve sarkacın darbe kenarı ...	25
3.3: Çentik tipleri.....	28
4.1: Deneylerde kullanılan izod darbe cihazı.....	39
4.2: Deney numunesinin çentik (izod) darbe test cihazına bağlanması.....	39
4.3: Nem ölçüm cihazı.....	40
4.4: Hassas tartı.....	40
4.5: Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.....	41
4.6: Çentik tipi.....	44
4.7: Çentik açılmış numune.....	44
4.8: Numunenin cihaza bağlanış şekli.....	45
4.9: Tam kırılma gerçekleşen numune.....	45
4.10: Kırılmayıp deforme olmuş numune.....	45
4.11: Deney düzeneğinin şematik resmi	46
4.12:Saf suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi.....	47
4.13: Saf suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi.....	47
4.14:Tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi.....	48
4.15:Tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi.....	48
4.16:Aşırı tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi.....	49
4.17:Aşırı tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi.....	49
4.18:Makine yağında bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi.....	50
4.19:Makine yağında bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi.....	50
4.20: Kuru numuneyle 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması.....	51
4.21: Kuru numuneyle 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması.....	51
4.22:Kuru numuneyle 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması.....	52
4.23:Kuru numuneyle 2 Gün Farklı Ortamlarda Beklemiş Numunelerin Darbe Dirençlerinin Karşılaştırılması.....	53
4.24:Kuru numuneyle 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması.....	52
4.25:Kuru numuneyle 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması.....	54

4.26: Kuru numuneyle 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması.....	54
4.27: Kuru numuneyle 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması.....	55
4.28: Kuru numuneyle 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması.....	56
4.29: Kuru numuneyle 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması.....	56
4.30: Kuru numuneyle 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması.....	57
4.31: Kuru numuneyle 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması.....	57

SEMBOL LİSTESİ

g_n : Standard yerçekimi ivmesi, (9,81 m/s²)

T : Birbirini kesintisiz olarak takip eden en az 50 salınımdan yararlanılarak tayin edilen tam bir salınımın (bir geliş gidişin) saniye cinsinden 1/2000 doğrulukla süresi

W : Deney numunesi tarafından kırılma esnasında absorbe edilen düzeltilmiş enerji, joule

h : Deney numunesinin kalınlığı, mm

b : Deney numunesinin genişliği, mm

ÖZET

FARKLI TÜR SIVI ORTAMLARDA TUTULAN KESTAMİD MALZEMELERDE DARBE DAYANIMININ DENEYSEL İNCELENMESİ

Kestamid malzemelerin dayanımlarının diğer benzer polyamid ve plastik malzeme cinslerine göre daha yüksek olması, daha kolay işlenmesi, pasa dayanıklı olması sebebiyle havacılık sanayinden, tekstil sanayine kadar birçok endüstri alanında yoğun bir kullanım alanı vardır. Sanayide birçok makine parçasının imalatında alüminyum, bronz, bakır vb. pahalı ve işlenmesi zor malzemelerin yerine kestamid malzemeler tercih edilmeye başlanmıştır. Bu üstün özelliklerine rağmen kestamid malzemeler için nem faktörü ciddi olarak göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur.

Kestamid malzemelerin talaşlı imalat öncesi ve sonrasında bekletildiği depo ya da istif alanlarında karşılaştıkları ortam şartlarındaki nem oranları, dayanım değerlerini etkilemektedir. Bu etkinin araştırılması için CNC tezgâhında aynı işleme şartlarında imal edilen 80x10x4 mm boyutundaki numune örnekleri hazırlanmış bu numuneler farklı nem yapıcı ortamlarda değişik sürelerde bekletilerek nem alması sağlanmıştır. Bu bekleme sonucunda oluşan su absorbu değerleri belirlenmiştir. Belirlenen değerlerde yapılan darbe deneyi sonrasında, nem etkisinin darbe dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Makine yağı, saf su ve tuzlu su absorbe etmiş numuneler üzerinde yapılan darbe deneyi etkisi ile elde edilen değerler, sıvı ortamın durumu, bekleme süresi, malzeme tipi gibi girdi değişkenleriyle, ölçülen darbe dayanımı değeriyle ilişkilendirilerek tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kestamid Malzeme, Nem Çekme, Dayanım

SUMMARY

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE IMPACT RESISTANCE OF CESTAMIDE MATERIALS IN DIFFERENT LIQUID ENVIRONMENTS

There are frequently used in many industrial area in the aviation industry, textile industry because of cestamide material's easier processing, resistant to rust resistance higher than other similar polyamide, plastic materials types. In the industry lots of machine tools manufacturing over the aluminum, bronze, copper etc. Are expensive and difficult to handle materials because of begun to prefer. Despite the superior properties of these materials of cestamide humidity should not be ignored as a factor in serious condition.

Cestamide materials before and after machining rates, affects the resistance values faced by is held for warehouse or stacking are as moisture absorption. For this effect to investigation, CNC manufactured from the same processing conditions, 80x10x4 mm the sample size to take moisture, samples were kept at different durations in different humidity environments has been constructive. As a result of this waiting were determined water absorb values. After the impact test with values determined, the effect of moisture on the impact strength were investigated. On the samples absorbed Machine oil, pure water and salt water the effect of impact test values obtained with measured in relation to the value strength the liquid medium condition, waiting period, the input variables are presented in tables and graphs.

Key Words: Cestamide Material, Moisture Absorbing, Strength

1. GİRİŞ

Son 50 yıldan beri plastik malzemelerin günlük hayatımızın her alanında kullanımı sürekli artmaktadır. Üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve ticari rekabet gibi faktörler plastiğin tüm sektörlerde yaygın olarak kullanımını sağlamıştır. Plastik malzemelerin her türlü şekle getirilebilmesi, kalıplanabilmesi, metallere göre daha kolay işlenebilmesi, boya ve kaplama gerektirmemesi gibi özellikleri nedeniyle, tüm sanayi alanlarında kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Mühendislik plastiklerinin kullanımı da, teknolojik yeniliklerle birlikte sürekli artmaktadır. Günümüzde uzay endüstrisinden inşaat sanayisine kadar farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Mühendislik plastiklerinin farklı çeşitleri ve özellikleri bulunmaktadır. Poliamidler, en yaygın kullanılan mühendislik plastik türlerinden biridir [1].

Poliamidlerin mühendislik plastiği olarak kullanılmaya başlandığı 1960'lardan bu güne birçok farklı özelliklerine dair araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalardan büyük kısmı poliamid malzemelerin mekanik özellikleri ve sürtünme durumlarının araştırılmasına yöneliktir [2].

Döküm yoluyla elde edilen ve bazı katkılarla mekanik özellikleri iyileştirilmiş türüne, döküm poliamid ya da diğer endüstriyel özel adıyla Kestamid adı verilmektedir. Kestamidler ucuz, kolay işlenebilir, hafif, dayanımı yüksek, aşınmaya dirençli ve sessiz çalışabilen bir mühendislik malzemesi olarak birçok metalin yerini almaktadır. Alüminyum, bakır, bronz ve pirinç gibi metallerden çok daha ucuz olması cazibesini artırmaktadır.

İçerisinde herhangi bir yağlayıcı bulunmayan kuru kestamidlerde sürtünme kuvveti metallere göre düşüktür. Bu sürtünme kuvvetlerinin daha da azaltılması amacıyla kestamid malzemelerin içerisine farklı yağlayıcıların katıldığı çalışmalar yapılmıştır. Bu sayede malzeme dışarıdan bir yağ eklemeye gerek kalmaksızın, kendi kendini sürekli yağlayabilmektedir [3–6]. Kestamid malzemelerin içerisine yağ eklenebilme özelliği sayesinde, özellikle sürtünmeli yataklar, miller, kızaklar ve kamlar gibi makine elemanlarının çalışma ömrü uzamaktadır.

Kestamid malzemeler talaşlı imalat yöntemleri kullanılarak işlenebilirler. Farklı türlerinin işlenebilirliği, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi diğer bir yoğun araştırma alanıdır. Kesici türleri, kesme hızı, talaş derinliği, kullanılan malzeme niteliği vb., gibi bir çok parametre kesme kuvvetleri ve yüzey kalitesi üzerine etkili olmaktadır [1-7].

Poliamidler yüksek mol kütleli, doğrusal yapıli bir polimer sınıfıdır. Katı, opak, bazen de saydam görünümlü, bağıl yoğunluğu 1,07-1,18 arasında değişebilen termoplast bir malzemedir. Saydam türleri ışığı % 85-90 oranında geçirirler. Açık hava koşullarına bırakılan poliamid hafif sarararak mekanik özelliklerinden biraz kaybeder. Petrol yağları, alifatik ve aromatik hidrokarbonlar, keton ve esterlere karşı direnci iyidir. Fenol, krezol ve formik asit oda sıcaklığında polimeri çözerler. Bundan da yararlanılarak mol kütlesi tayini yapılır. Alkalilere dayanan polimer, kuvvetli asitler ve oksitleyici maddelerden etkilenir. Poliamid granüllerine istenilen çeşitli özellikleri vermek üzere rahatlıkla kabul ettiği pigment, cam elyafı gibi dolgu maddeleri katılabilir. PA 6.6'da olduğu gibi mühendislik plastiklerinin çoğu nem alır. Bu değer %8.5'e ulaştığında malzemenin mekanik özellikleri kayba uğrar. PA 6.10, 11 ve 12 ise az nem aldıklarından teknik ve ticari değerleri yüksektir. %50 bağıl nemli bir atmosferde kondisyonlama, su veya sulu çözelti ile kıyaslanmayacak kadar uzun zaman alır. Tablo 1.1' de bazı PA tiplerinin nem ve mekanik özellik bağıntıları görülmektedir [8].

Tablo 1.1: Nemin bazı PA türlerinin fiziksel özelliklerine etkisi [9]

PA tipi	Nem Ortamı			Akma Dayanımı		Esneklik Modülü	
	Erime °C	%50 BN(*)	Doygun	Kuru N/mm ²	% 50 NN(**) N/mm ²	Kuru N/mm ² x10 ³	% 50 NN N/mm ² x10 ³
6/6	255	2,5	8,5	82,6	58,5	282	120
6	218	2,7	9,5	81,2	44,1	272	96
6/9	210	1,6	5,0	58,5	50,9	199	107
6/10	215	1,5	3,5	58,5	49	192	110
6/12	212	1,3	3,0	60,6	51	203	124
11	185	0,8	1,9	58,5	53,7	131	100
12	174	0,7	1,4	55	52,3	134	103

*Bağıl Nem **Normal Nem

Poliamidlerin nem alma özelliklerinden dolayı %1'e yakın boyut artışına uğrayabileceği, bu nedenle de kalıp tasarım ve üretiminde bu özelliğin göz ardı edilmemesi gerekir [9].

Özellikle nemim etkili olduğu dış hava koşullarında ve deniz araçları tasarımında kullanılan plastik malzemelerin nemden etkilenme ve mekanik özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle poliamid türü malzemelerin nem alma etkileri ve farklı çevresel ortamlardaki mekanik özelliklerinin belirlenmesi için deneysel çalışmaların sayısında artış gözlenmektedir.

Bu konuda yapılan çalışmalardan biri olan ve döküm PA6G malzemelerin nem alma faktörünün, üretim aşamasında veya sonrasında elde edilen ürün üzerinde farklı boyutsal ve yüzey pürüzlülüğü değişiminin etkilerinin araştırıldığı Bozdemir'in [10] çalışmasıdır. Bozdemir yaptığı deneysel çalışma nemli ve kuru kestamid malzemeler üzerinde aynı işleme şartlarında deneyler yapmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar nemli ve kuru kestamid malzemelerin farklı pürüzlülük değerleri oluşturduğu üzerinedir. Oluşan nem miktarı, kesme hızı, ilerleme hızı, talaş derinliği, kesicinin çapı ve türü gibi tüm kesme şartları değişkenleri nemli ve kuru malzemeler üzerinde farklı etkiler koymuştur. Yüksek talaş derinliği olmadığı durumlarda aynı kesme şartlarında kuru malzemedan daha iyi ortalama yüzey pürüzlülüğü elde edilmektedir. Nemli kestamid malzemelerde ise, yüksek kesme hızı ve 2 mm üzeri

talaş derinliğinde daha iyi ortalama yüzey pürüzlüğü elde edilmektedir. Yüksek talaş derinliklerinde yapılan işlemlerde nemli kestamid malzeme soğutma sıvısı etkisi yaparak, özellikle karbür kesicilerde daha iyi ortalama yüzey pürüzlüğü oluşturduğu vurgulanmıştır. Elde edilen sonuçlarının yapay sinir ağı modelleri yapılarak, hata miktarı istenilen memnuniyet oranına geldiğinde en iyi sonuçların tahmininin yapıldığı yapay sinir ağı modelleri kurulmuştur. Nemli ve kuru kestamid malzeme pürüzlülük oluşumu bu yapay sinir ağı modelleriyle matematiksel olarak analiz edilmiştir [11-12].

Nem alma özelliği polimerin içine su almasından dolayı ağırlık artış yüzdesi olarak tarif edilir. 24 saat su içinde tutmak gibi standart deney teknikleri ilgili standartlarda tarif edilmiştir. Deneyler farklı sıcaklıklarda farklı zaman süreleri için de tatbik edilebilmektedir. Sıvı olarak su kullanma zorunluluğu da yoktur. Nem alma özelliği polimerin mekanik, elektriksel özelliklerinin yanında boyutlarını da etkileyebileceği için oldukça önemli bir büyüklüktür. Nem alma oranları çok az olan polimerler boyut stabilizesi açısından diğerlerinden daha üstündürler [13].

Poliamidlerin su alması tersinirdir. Emilen suyun miktarı şunlara bağlıdır:

- İzafi nem oranı ve çevre sıcaklığı,
- Neme maruz kalma süresi,
- Poliamid tipi, kristalinitesi ve takviye veya dolgu maddeleri.

Nem alma hızı poliamidin cinsine, sıcaklığa, poliamidin kristalinitesine ve poliamid kesitinin kalınlığına bağlıdır. Herhangi bir izafi nem oranı yüzdesine bağlı olarak nem almadaki azalmanın sonucu özellik değişimi daha az ve boyut kararlılığı daha yüksek olmaktadır. Denge nem içeriği, yüksek metil/amid poliamidler PA 11 ve PA 12 dışında sıcaklığa duyarsızdır. Örneğin, PA 11 23°C de % 100 RH (izafi nem oranı) ta %1,9 ve 100°C de %3,0 nem içerir. İlk yaklaşım olarak, dengeye ulaşma zamanı, kalınlığın karesi ile doğru orantılıdır ve artan izafi nem oranı ile azalmaktadır. Bu, amidin yüzeye yakın yerlerde bir bariyer gibi davranması sonucu iç kesimlere doğru su hareketini engellemesi ile açıklanmaktadır. Nemin dışarı verilmesi (desorpsiyon) ile nemin son kalıntılarının uzaklaştırılması zordur. Bu

durumda, yüzeye yakın yerlerdeki amid gruplarının kurutulması son nem kalıntılarının yüzeye yayılmasına izin verir [8-14].

Parçanın kalıplanması sürecinde poliamidin nem alması, gerilme azalmasından ve nem almadan dolayı genişmesinin sonucu olarak boyut değişimine neden olur. Boyut değişimi parça kalınlığına ve kalıplama şartlarına bağlıdır. Bu iki zıt etki boyutta tek bir değişime neden olur. Bu değişim oldukça düşüktür. Örnek olarak 1 yıl boyunca % 50 RH. Enjeksiyonla üretilmiş 3.2 mm kalınlığında bir PA 66 parçanın boyutundaki değişim % 0.1 den azdır. Bu örnek poliamidin dişli çark, bobin gibi kritik boyut gerektiren durumlarda neden başarıyla kullanıldığını açıklar. Nemdeki değişime bağlı olarak nem almada ya da nemin dışarı verilmesinde de değişiklik olur. Ancak nem alma/verme oranı (rate) oldukça düşüktür ve sonuç olarak boyuttaki değişimde küçüktür. Örneğin enjeksiyonla üretilmiş PA 66 parça % 50 RH da (\pm % 10RH değişimi) dengeye ulaştığında boyutlarında % 0,4 ten daha az bir değişim olmaktadır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan poliamidlerde gerilme azalması ve ısıl işlem sonucu çekme olur. Değişimin miktarı parçanın kalınlığına ve enjeksiyon sıcaklığına bağlıdır. Isıl işlem görmüş parçalarda nem almadan kaynaklanan boyut değişimi olmaktadır. İlk bakışta, gerilmesiz bir parçada nem alma sonucu boyutlardaki doğrusal değişimin nem almış olan parçanın değişiminin yaklaşık 1/3 olduğu görülmektedir [14].

Bazı poliamid tipleri yada bunların kompozit malzemeleriyle desteklenmesi sonrasında elde edilen yeni malzemelerin nem faktörlerine bağlı mekanik özelliklerinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Zhao ve arkadaşları [15] PA6 ve PA66 malzemeleri nemli ve kuru durumlarda kıyaslayarak, farklı mekanik özelliklerinin değişimini araştırmışlardır. Çekme dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı gibi mekanik özellikler nem çekme miktarı ile ilişkilendirilerek, dayanım değişimleri incelenmiştir. Yapılan charpy darbe deneyi sonuçlarında kuru ve nemli numuneler arasında çok az bir dayanım farkı olduğu belirtilmiştir.

Rajeesh ve arkadaşları [16] yaptıkları deneysel çalışmada, PA6 malzemelerin killi kompozit uygulamasında nem faktörünün etkisini araştırmışlardır. Deneyler için geliştirilen kompozit malzeme, kontrollü nem ortamında farklı değerlerde yorulma ve sertlik açısından incelenmiştir. Sonuçlar malzeme sertliğinin nem altında

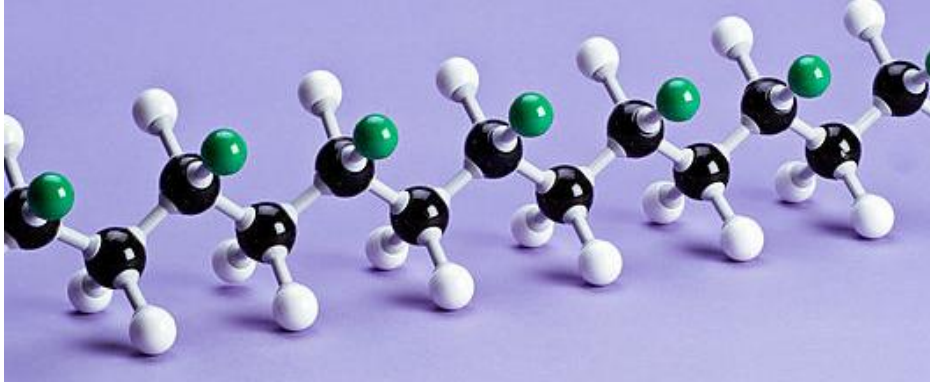
düşerken, yorulma ömrünün olumlu etkilendiği ve yorulma süresinin arttığı görülmüştür.

Srinath ve Gnanamoorthy [17] tarafından yapılan PA6 killi kompozit malzeme su altı aşınma deneyleri yapılarak, aşınma ve sürtünme katsayısı değişimleri incelenmiştir. Nemle etkileşen killi PA6 malzemenin sürtünme katsayısında düşüş görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, literatürde yapılmadığı görülen farklı tür nemlendirici ortamların kestamid malzemesi ve onun kendinden yağlamalı tipi üzerinde oluşturduğu etkinin, darbe dayanımına olan katkısı deneysel olarak incelenmesidir. Literatürde nem almış poliamid tiplerinin genel olarak çekme dayanımları bilinmesine rağmen, farklı ortamlar içinde bekletilmiş kestamid malzemelerin darbe dayanımları konusu yeteri kadar incelenmemiştir. Nemlendirme ortamı olarak saf su, deniz suyu, aşırı tuzlu su ve genel makine yağı seçilmiştir. Nemlendirme ortamında malzemenin en fazla nem alma süresi tespit edilmiş, bu nem oranı tam doygunluk durumu olarak belirlenmiştir. Deney numuneleri belirlenen sürelerde nemlendirme ortamlarında tutulduktan sonra, darbe testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafiklerle açıklanmıştır.

2. PLÂSTİKLER

Plastikler, yüksek molekül ağırlıklı organik moleküllerden ya da polimerlerden oluşurlar. Organik moleküller ve polimerler, birbirine kimyasal olarak bağlı birimlerin yinelenmesiyle ortaya çıkan zincir yapılarıdır. Plastik, istenilen biçimi alabilen anlamına gelen yunanca "plastikos" sözcüğünden gelir. Plastiklerin başlıca özelliği, kolayca biçim değiştirmeleri ve kalıplama ya da haddeleme gibi işlemlerle çeşitli biçimlere sokulabilmeleridir [18]. Şekil 2.1' de PVC polimer zincirinin yapısı görülmektedir.



Şekil 2.1: PVC polimer zincirinin yapısı

Plastik alanında 1940'tan beri görülen hızlı ilerlemenin dikkate değer en önemli özelliği, tutarlı analitik tasarım teknolojisinden yoksun olunmasına rağmen çok geniş bir alanda uygulama bulmuş olmasıdır. İstisnalar dışında bu uygulamalar, yıldırıcı denemeler, yanlışlıklar ve hatta bazen acıyla geçirilmiştir. Plastik piyasasının tamamının düşük ve önemsiz verime ihtiyaç gösteren uygulama alanlarına dönük olmasına rağmen özellikle şu son 30-40 yıl içinde gelişen ve eski sınırlarını zorlayan bugünkü plastiklerin uygulama alanları çok daha yüksek ve tüm gelişmeleriyle mükemmel diyebileceğimiz bir verim ihtiyacı göstermektedir. Tasarım teknolojisi hakkında amaca ulaşmak üzere anlatılmak istenen, malzeme seçimi işleminde hayati önem taşıyan bütün özelliklere sahip olarak verimin en hassas biçimde dile getirilmesidir. Tarihi süreç içinde plastikler tutarlı bir tasarım ve malzeme seçimi olmaksızın gelişmiş, belirli bir yere gelmiştir. Ancak bugün ise bahis konusu

madde seçimi ve tutarlı tasarıma ihtiyaç iyice benimsenmiştir. Geçmişte bu teknoloji maliyeti azaltma amacıyla uygulanmış ise de şu son birkaç yıl içinde iki eğilim bu konuya yeni bir bakış zorunluluğu getirmiştir. Bunlardan biri ürün güvenilirliği, yani kalitesi üzerinde giderek artan üstelemedir. Özellikle çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklarda plastiklerin yarış içinde buldukları metallere göre mekanik dayanım ve katılıkları daha zayıftır. Bu nedenle plastikler üst sınırlarının elverdiği şekilde tasarılanarak kullanılırlar. Dolayısıyla sözü edilen sınırların gerçek çevre koşullarındaki sayısal değerlerinin bilinmesi giderek artan bir önem kazanmaktadır. Diğer unsur enerji tasarrufudur. Metal parçaların kullanıldığı motorlu araçlarda değişik malzeme olarak plastik kullanılması, hafifleme dolayısıyla daha az yakıt sarfını gerçekleştirmektedir. Üretilen parçalarda kullanılacak plastiklerin özellikleri ve bilinen literatür özellikleri tasarımlarda göz önünde bulundurulmakla beraber parçanın işlevi açısından bütün faktörler (her türlü mekanik zorlamalar, kimyasal ve çevre koşulları, elektriksel ve ısısal etkenler vb.) muntazam bir şekilde incelenerek, gerekli güvenlik payları da verilerek seçimler ve konstrüksiyonlar yapılmalıdır. Termoplast, termoset plastiklerle bunların çeşitli dolgu maddelileri ve liflerle pekiştirilmiş tipleri mekanik bakımdan çok büyük bir dağılım gösterirler. Çekme dayanımı ve basma dayanımının yüksek olması istenen ürünler olarak akrilik, epoksi, poliamid, poliester (termoplast), poliimid, poliasetal, polikarbonat, stiren akrilonitril, termosetlerden de üre formaldehit reçinesi akla ilk gelenlerdir. Lif pekiştirmesi bu dayanımı daha da arttırır. Çekme dayanımı yanında darbe dayanımı söz konusu olursa akrilik plastiğin darbe dayanımlı tipi, epoksi, poliester (termoplast), poliamid, poliimid ve polikarbonat yerine göre iyi plastikler sayılır. Çekme dayanımı gerekmeden darbe dayanımı yüksek olan ve akla ilk gelen plastikler, polietilen, Akrilonitril butadien stiren, plastikleştirilmiş PVC, selüloz plastikleri, PP kopolimeridir. Bu arada çekme dayanımında olduğu gibi cam lifi ve diğer pekiştiricilerin darbe dayanımını önemli ölçüde arttırdığını belirtelim. Esneklik de plastik tasarımında önde gelen mühendislik özelliğidir. Esneklik modüllerinin düşük olduğu plastiklerde gerilmeler altında büyük değişiklikler görülür. Bunu önlemek üzere esneklik modülleri nispeten yüksek olan akrilik, aromatik poliamid, PA/PI kopolimeri, poliimid, poliester, selüloz asetat plastikleri, dolgulu olanlarını kullanmak kaydıyla da fenolik, melamin ve üre-formaldehit reçinelerini tasarımlarda düşünmek mümkündür. Termoplastların da dolgularına göre, örneğin %30'a kadar cam lifi alması halinde esneklik modülleri ilk değerlerinin üç misline kadar

çıkabilmektedir. Bu dolgu, plastiğin ayrıca boyut kararlılığını da arttırmaktadır. Sürünme dayanımının yüksek olarak istenildiği mamul tasarımlarında akrilik, akrilonitril butadien stiren, poliimid, polikarbonat, sert PVC gibi ürünler seçilebilir. Cam lifi veya diğer lif pekiştirmelerinde de sürünme modülü değişimi ile ürün kalitesi yükselir [9].

Plastikler, normal sıcaklıkta genellikle katı halde bulunan, basınç ve ısı kullanılarak mekanik yöntemlerle şekillendirilebilen veya kalıplanabilen organik polimerik maddelerdir. Plastikler genel anlamda iki sınıfa ayrılırlar. Bunlar,

1. Termoplastikler
2. Termosetlerdir.

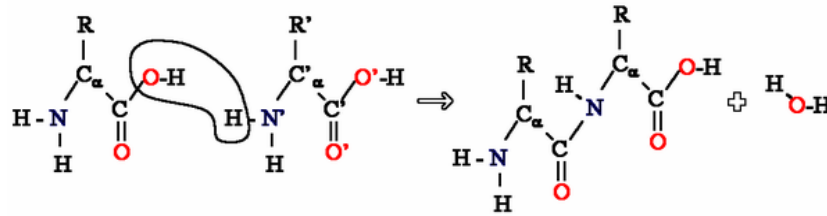
Termoplastikler; ısı ve basınç uygulandığında plastik özelliklerini kaybetmeyip koruyan plastikler olup, ısı ve basınç uygulayarak, defalarca şekillendirilebilirler. Bu özellik bir mumun eritilip, kalıplandıktan sonra soğutulup başka bir şekilde soğumasında olduğu gibidir. Termoplastiklerin kullanılma süreleri, malzemenin yorgunluğuna bağlıdır ve kendi ağırlıkları altında 54°C ile 120°C arasında, bazen de yapılarına bağlı olarak 260-270°C'ye varan sıcaklıklarda bozulurlar. Bu nedenle termoplastiği işleme sırasında sıcaklık iyi kontrol edilmelidir. Genellikle plastik olarak bilinen termoplastikler, çok geniş bir yelpazede üretim yapan petrokimya sektörünün nihai ürün gruplarından birisidir. Termoplastikler üretim teknolojisi ve kullanım alanlarına göre mühendislik plastikleri ve genel amaçlı plastikler olarak iki grupta toplanabilir. Ülkemizde üretimi yapılmayan Polikarbonat (PC), Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS), Polifenil Oksit (PPO) gibi mühendislik plastikleri mekanik ve ısı özellikleri nedeniyle metallerin yerine kullanılabilir[19].

Termosetler ise; bir kere ısı ve basınç altında şekillendirildikten sonra tekrar şekillendirilemeyen plastiklerdir. Ancak bir defa işlenebilirler, çünkü şekillendirme işlemi sırasında kimyasal değişim ile şebeke yapısına dönüşürler ve plastik özelliğini yitirerek sert bir madde haline gelirler. Bu sert madde torna, freze gibi makinelerde işlenebilir. Termosetlerin piyasada pek çok türleri vardır. Kendilerine özgü özelliklerinden dolayı termoset plastikler tek başlarına kullanılamayıp, termoplastikler gibi diğer katkı maddeleri ile karıştırılarak kullanılırlar. Termosetler yapılarına göre 60°C ile 150°C arasında, bazı termosetler ise 230°C sıcaklığa kadar

kararlıdır. Daha yüksek sıcaklıklarda bozunurlar. Plastiklerin hafif oluşları, kolay işlenebilirliği, korozyona karşı dayanıklılığı, iyi elektrik ve ısı yalıtkanlığı gibi özellikleri nedeni ile; makine, uçak, elektrik/elektronik endüstrileri gibi bir çok endüstri dalında büyük miktarlarda kullanılırlar. Ancak plastikler metalik ve diğer mühendislik malzemelerine göre farklı özelliklere sahiptirler. Plastik oluşturulan polimerlerin molekül ağırlığı, yapısı, çapraz-bağlanma derecesi ve iskeletin içerdiği fonksiyonel gruplar, plastiği fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler [19].

2.1 Plastiklerin Yapısı

Plastikler, monomerlerin polimerizasyon reaksiyonu sonucu oluşturdukları yüksek molekül ağırlıklı ve zincir yapılı sentetik makro moleküllerdir. Plastiklerde de birçok polimerlerde olduğu gibi ana iskeleti, -C-C- bağı oluşturur. Bu bağı yanında ana iskelette -C(O)O- , -C(O)N= , -C-O-C- bağlarına da rastlanır. Polimerler monomerlerine bağlı olarak lineer (düz) zincir şeklinde veya üç boyutlu çapraz bağlı (uzay ağı, şebeke) yapıda da olabilirler. Şekil 2.2’de poliamide ait bağı yapısı görülmektedir [19].



Şekil 2.2: Poliamidin yapısı [20]

Plastiklerde bu yapısal ayrılık, plastiğin termoplastik veya termoset olmasına neden olur. Termoplastikler lineer moleküler yapıya, termosetler de üç boyutlu moleküler yapıya sahip polimerlerdir. Termoplastiklerde zincirler arasındaki etkileşim zayıf elektrostatik çekme (Van der Waals kuvvetleri) kuvvetidir. Zincirlerin birbirlerine göre hareketlerini kısıtlayan ve ısıya karşı duyarlı olan bu kuvvet, plastiğin sıcaklığı yükseldikçe zayıflar. Bu nedenle termoplastikler ısıtıldıklarında moleküllerinin birbirine göre hareketliliği artar ve belli bir sıcaklığın üstünde termoplastik akışkan hale gelir. Böylece termoplastiklere istenilen şekil, kolayca verilebilir ve şekil verme defalarca tekrarlanabilir. Plastikler yapısal olarak amorf ve kristalin olmak üzere iki halde bulunabilirler. Ancak plastiklerin çoğu bu iki yapıyı da bir arada bulundurlar.

Bir başka deyimle amorf polimerik yapının içinde kristalin bölgeler çoğu zaman görülür. Bu nedenle plastiklerin çoğunluğunun yapısı "kısmi kristalin" dir. Kristalin derecesi lineer molekül zincirlerine sahip plastiklerde daha yüksektir. Dallanmış zincir yapısına sahip plastiklerde ise zincirler birbirlerine çok yaklaşamadıklarından, iyi paketlenemezler ve polimer kolayca kristalin halini alamaz ve genellikle bu tür plastikler amorf yapıdadırlar. Kristalin yapıya sahip plastikler amorf yapılı olanlara göre daha rijid olup, yüksek ve keskin ergime sıcaklığına, yüksek çekme direncine, sürtünme dayanıklılığına, ısı dayanıklılığına ve yüksek yoğunluğa sahiptirler. Yüksek ergime sıcaklığı ve viskozitesinden dolayı kristalin yapıdaki bir plastiğin teknolojisi zor olmasına karşın, kalıplandırarak şekil verilmesi kolaydır. Amorf yapıdaki bir plastikte ise, yukarıdaki özellikler daha az ve düşüktür. Daha yumuşak ve tok olan amorf plastiklerin teknolojisi kolay, fakat kalıpta şekillendirilmeleri zordur. Kristalin ve amorf yapı arasındaki kısmi kristalin yapıya sahip plastikler, camsı geçiş (T_g) ve erime sıcaklığına (T_m) sahiptirler. Camsı geçiş sıcaklığı polimerdeki amorf bölgelerin camsı, sert halden elastik hale geçme sıcaklığı; ergime sıcaklığı ise polimerdeki kristalin yapının tamamen ortadan kalkarak polimerin sıvı hale geçme sıcaklığıdır. Camsı geçiş sıcaklığı, polimer zincirleri arası kuvvetlerin, polimer molekül ağırlığının zincir içerisinde ünitelerin rijitliğinin ve çapraz bağların sayısının artması ile artar [20].

2.2 Mühendislik Plastikleri

Mühendislik plastikleri yüksek mukavemet, sertlik, kimyasallara dayanım ve ısı dayanım gibi özellikleri bünyesinde barındıran plastiklerdir. Bu grupta poliamidler, asetaller, polikarbonatlar, poliesterler sayılabilirler. Bu plastiklerin genel özellikleri aşağıda genel olarak anlatılmaktadır [21].

Asetal, formaldehitten hazırlanmış bir mühendislik polimeri olup, polioksimetilen (POM) olarak ta adlandırılır. Yüksek katılık mukavemet ve sertliğe sahiptir. Ayrıca yüksek erime sıcaklığı ve düşük nem alma özelliklerinin yanı sıra çözücüler tarafından çözülmezler. Bu özellikler asetal reçinelerini otomotiv sektörü başta olmak üzere, birçok alanda metallere alternatif malzeme yapmıştır. POM bir termoplastik polimer olup, mühendislik polimerleri sınıfındadır. Poliasetaller termoplastikler arasında en sert ve mukavemetli olma özelliğine sahiptir. Piyasada Derlin, Celcon ve Hostaform ticari adları ile bulunmaktadır. Poliasetallere ağırlıkça

% 40'a kadar cam fiber katılarak modifiye edilirler. Poliasetallere karbon fiberler, teflon ve molibden disülfid katılması antistatik özellik düşük sürtünme katsayısı ve aşınmaya dirençli olma özelliği kazandırılır [21,22].

Akrilikler, akrilik asitten ($C_3H_4O_2$) türetilmiş polimerlerdir. Akrilikler içindeki en önemli termoplastik, polimetilmetakrilat (PMMA) ve Plexiglas olarak tanınır. Plexiglas ile ilgili mekanik özellikler aşağıda verilmiştir. PMMA, lineer bir polimer olup sindiyotaktiktir ve bu yüzden de amorf yapıdadır. En önemli özelliklerinden birisi, optik uygulamalarda cama alternatif olmasını sağlayan saydamlık özelliğidir. Cama nazaran daha kötü bir çizilme direncine sahiptir. Diğer bir akrilik tipi, tekstil sanayisinde kullanılan poliakrilonitril (PAN)'dir ve Orlon adıyla da tanınır.

ABS, açılımı Akrlonitril-Butadien-Stiren olan bu plastik, üstün mekanik özellikleri yüzünden mühendislik alanında sıkça kullanılır. ABS iki fazlı bir termopolimer olup, bir fazı sert kopolimer stiren diğer fazı da stiren kopolimeridir. Plastiğe ismi, bu üç monomerin adından verilmiştir ve termopolimer içerisinde değişik oranlarda bulunurlar.

Polikarbonat (PC) iyi mekanik özelliklerinin yanısıra, mükemmel sürünme direncine sahiptir ve sertliği yüksek bir malzemedir. Isıl direnci en iyi olan termoplastiklerden birisidir ve $125^{\circ}C$ 'ye kadar olan sıcaklıklarda kullanılabilir. Ayrıca şeffaf olup, aleve karşı da dayanıklıdır. Aşağıda polikarbonat için mekanik değerler verilmiştir

Poliamidlerin en sık kullanılanı nypondur. Sanayide en çok kullanılan tipleri nylon 6, nylon 6,6'dır. (Sayılar monomerde bulunan karbon atomu sayısını ifade eder). Nylon kuvvetli ve oldukça elastiktir. Mekanik özelliklerini $125^{\circ}C$ 'ye kadar rahatlıkla koruyabilir. Yataklar, dişliler gibi, yüksek mukavemetin ve düşük sürtünmenin gerekli olduğu parçalarda, sıkça kullanılan bir malzemedir. Diğer bir poliamid (PA) grubu, aromatik poliamidler veya Kevlar olarak ta bilinen aramidlerdir. Kevları üstün kılan özelliği, çelikle aynı mukavemete, %20 daha az ağırlıkla sahip olmasıdır.

2.3 Poliamidlerin Yapısı ve Kullanılma Yerleri

Poliamid, peptid bağları tarafından bağlanmış monomerler içeren bir polimerdir. Doğal olarak (proteinler, yün, ipek) da oluşabilirler, suni olarak (nylon, keklar, sodyum (poli)aspertat) da yapılabilirler. Bir asit klorid grubu veya karboksilik asit ve

bir amino grubun yoğuşma reaksiyonundan amid bağı elde edilir. Kúçük molekül, (genellikle su, amonyak veya hidrojen klorid) elimine edilir. Amino grup ve karboksilik asit grubu aynı monomer üzerinde olabilir, veya biri iki amino grup ile, diğeri iki karboksilik asit veya asit klorid grubu ile iki farklı bifonksiyonel monomerden, polimer oluşabilir. Amino asitler, tekil monomer örneklerindeki gibi, benzer moleküllerle reaksiyona girip polyamid formunu alabilir [23].

Genel olarak poliamidin kimyasal formúlü aşağıdaki gibidir.



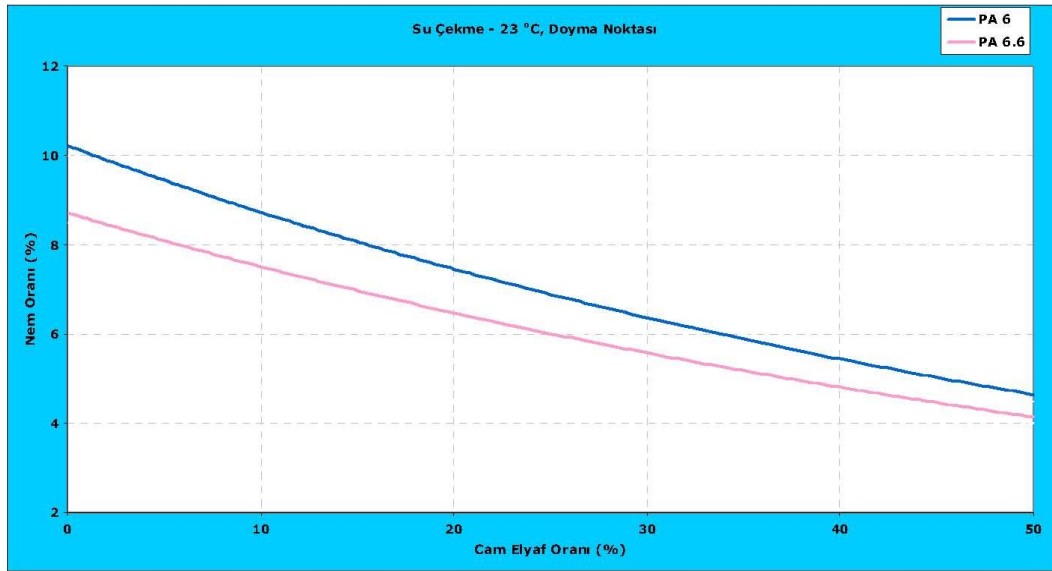
Molekül yapısındaki R1 ve R2 grupları bu geniş poliamid ailesinin cinsini tayin eder. Günümüzde bu yapıyı sağlayan değişik poliamid türleri laboratuvarlarda sentezlenmekte ve sanayinin kullanımına sunulmaktadır.

Bileşiminin, poliamidin özellikleri üzerine önemli etkisi vardır. Özellikle su alma, çok fazla etkilenir. Her CONH-grubunda ne kadar çok CH₂-grubu varsa, su alma o kadar azdır ve ölçü tamlığı da o kadar iyidir. (%1 nem alma, %0,3 boy uzamasına karşılık gelir.) Nemli atmosferde ölçü tamlığı aranan parçalar, yalnızca %1.5 su ile doymaya ulaştıklarından, tercihen poliamid 11 den yapılırlar. (Karşılaştırma için, bu değer PA 6 da %10 dur.) Poliamid, konstrüksiyon malzemesi olarak, örneğin dişli çark, çubuk, cıvata gibi mekanik yüklenen ve ölçü tamlığı aranan yerlerde tercih edilir. Mekanik özellikleri nem miktarına ve kristallik derecesine önemli ölçüde bağımlıdır. Kısmi kristalin yapı nedeniyle ve yüksek ergime sahasından dolayı daha yüksek sıcaklıklarda da kullanılabilirler. Ancak 100°C nin üzerinde, ortamda oksijen bulunması halinde, oksidasyonla tahribat meydana gelir. Bundan dolayı, atmosferde kullanım için yalnızca stabilize edilmişler seçilir[24].

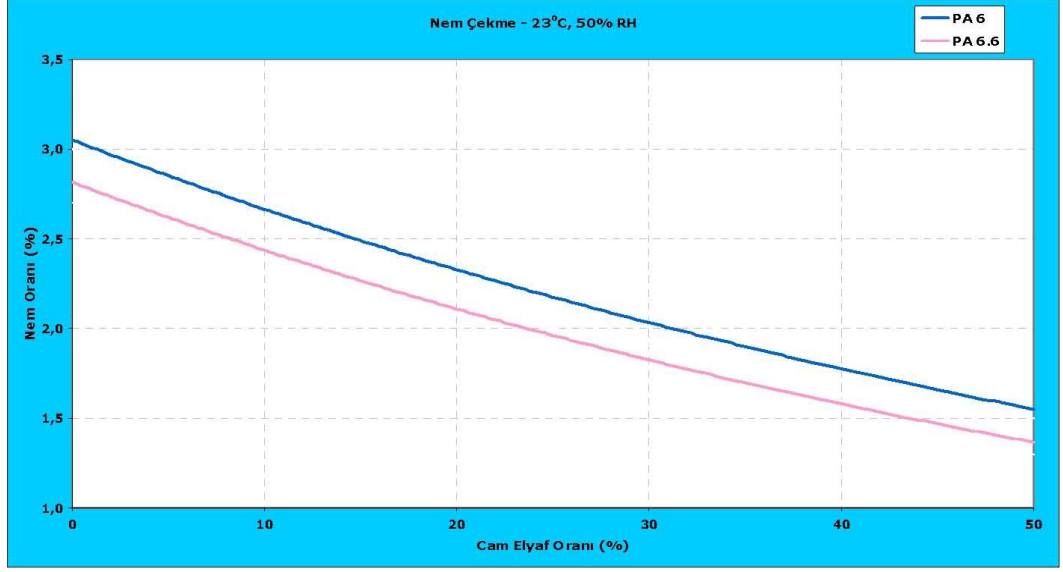
Poliamidler günümüzde en çok talep gören mühendislik plastiklerindedir. Başlıca tipleri Poliamid 6 (PA 6), Poliamid 6.6 (PA 6.6) ve bunların cam elyaf takviyeli çeşitleridir. Bu malzemeler otomotiv, elektrik ve elektronik, ev eşyaları, inşaat ve mobilya sektörlerinde kullanılmaktadır. Poliamidler kimyasal yapıları gereği higroskopik malzemelerdir. Bundan dolayı buldukları çevreye bağlı olarak ortamdaki nem çekebilmektedirler. Nem çekme oranı aşağıdaki şartlara bağlıdır [25];

- Malzemenin kristal yapısı
- Dolgu/Takviye tipi ve oranı
- Parça kalınlığı
- Ortamın sıcaklığı ve bağıl nemi
- Zaman

PA 6 moleküler yapısından dolayı PA 6.6'ya göre daha fazla nem çekmektedir. Ayrıca cam elyaf oranı arttıkça nem alma azalmaktadır. Düz ve cam elyaf takviyeli çeşitlerin doyma ve denge nem miktarına ulaşma değerleri Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de yer almaktadır [25].



Şekil 2.3: PA 6 ve PA 6.6 düz ve cam elyaf takviyeli tiplerinin nem doyma oranları.



Şekil 2.4: PA 6 ve PA 6.6 düz ve cam elyaf takviyeli tiplerinin denge nem oranları.

Parça kalınlığı arttıkça malzemenin denge nemine ulaşma zamanı artmaktadır. Ortam sıcaklığı arttıkça malzemenin denge nemine ulaşma zamanı azalmaktadır. Poliamidden üretilen parçaların nemle şartlandırılmasıyla, özelliklerinin uygulama sahasındaki koşulları yansıtmaları sağlanabilir. Bunun sonucunda[25];

- Parça ağırlığı ve boyutlarında az miktarda artış olur,
- Darbe dayanımı ve esneklik artar,
- Sertlik azalır,
- Montajda ortaya çıkabilecek kırılma sorununun önüne geçilebilir.

Ortamdan alınan her %1 oranındaki nemin, düz poliamidlerde %0.2, cam elyafli tiplerde ise %0.1 oranında boyut artışına sebep olduğu basit bir genel kural olarak kabul edilmektedir.

Poliamid, konstrüksiyon malzemesi olarak, örneğin dişli çark, çubuk, cıvata gibi mekanik yüklenen ve ölçü tamlığı aranan yerlerde tercih edilir. Mekanik özellikleri nem miktarına ve kristallik derecesine önemli ölçüde bağlıdır.

Poliamidin malzemelerin özellikleri kısaca şu başlıklar altında özetlenebilir;

- Mükemmel sertlik ve sağlamlık
- Yüksek kimyasal direnç
- Yüksek ısı ve mekanik dayanıklılık
- İyi boyutsal kararlılık
- İyi yüzey kalitesi
- Gerilmeye karşı dayanım
- Çok iyi elektriksel özellikler
- Kolay işlenebilirlik
- Düşük su emiciliği

Poliamidin malzemelerin sanayide kullanım alanlarını genel olarak;

- Otomotiv endüstrisi
- Makine endüstrisi
- Tekstil yan endüstrisi
- Elektrik ve elektronik endüstrisi
- Spor ürünleri endüstrisi
- Telekomünikasyon endüstrisi
- Gıda endüstrisi
- Gemi imalatı
- Tıbbi cihazlar
- Beyaz eşya sanayi
- İnşaat sanayi
- Büro mobilya aksesuarları
- Paketleme ve doldurma üniteleridir.

Tablo 2.1’de genel amaçla kullanılan poliamidlere ait fiziksel özellikler tablosu görülmektedir. Bu tabloda görülen fiziksel özelliklere ait plastik için yüksek sayılabilecek bu değerler, poliamidlerin neden sanayide bu kadar fazla kullanıldığının nedenini göstermektedir.

Tablo 2.1 : Poliamidlerin bazı özellikleri [26]

Fiziksel Özellikler	Birim	Değer	Test Metodu	
			DIN	ISO
Özgül Ağırlık	g/cm ³	1,135	53479	1183
Servis Sıcaklığı	0°C	100	53461	75
Ergime Noktası	0°C	220	-	-
Termal Uzama	1/K*105	6-10	53752	-
Çekme Dayanımı	N/mm ²	60-70	53455	527
Çekme Uzaması	%	-	53455	527
Kopma Dayanımı	N/mm ⁵	80	53455	527
Kopma Uzaması	%	>50	53455	527
Darbe Dayanımı	Kj/m ²	-	53453	179
Çentik Darbe Dayanımı Kj/M2	Kj/m ²	4-25	53453	179
Elastiklik Modülü	N/mm ²	3000	53452	178
Su Emme	%	9-10	53495	62
Hacimsel Direnç	Wxcm	>10 16	53482	167
Yüzeysel Direnç	W	>10 13	53482	167
Dielektrik Dayanımı	KV/mm	70-100	53481	243
Aşınma (Islak Kum Test)	%	-	58836	-
Shore	-	85	53505	
Rockwell	-	M85	-	2039-2
Bilya Çentiği 358/30	N/mm ²	70-150	53456	2039-1

2.4 Döküm Poliamid (Cast polyamide -Kestamid)

Poliamid grubundan bir malzemedir. Döküm yoluyla imal edilir. Döküm poliamid malzemeler sanayide genellikle kestamid olarak kısaca isimlendirilir. Sık bir dokuya ve sertliğe sahiptir. Mekanik dayanım değeri çok iyidir. Dişli uygulamalarında özellikle büyük çaplı dişlilerde tercih edilir. Dişlilerin yataklanmasının düzgün yapılması koşulu ile uzun süreli dayanım elde edilir. Döküm Poliamid'in diğer üstünlüğü de aşınma mukavemetinin çok yüksek olmasıdır. Metallerle sürtünerek çalışma durumunda dahi, çok yüksek aşınma dayanımına ulaşılır. Ölçü stabilizesi açısından Poliamid 6'ya (Ekstrüzyon Poliamid) nazaran daha iyi sonuç verir (daha az nem absorbe özelliği). Çok ağır yük altında çalışma gerektiren yerlerde kimi özelliklerinde iyileşmeler sağlamak amacı ile sıvı yağ katkılı, katı yağ katkılı ve

MOS katkılı türleri oluşturulmuştur. Kestamid malzemelerin bazı özellikleri şu şekilde sıralanabilir [27] :

- Çok yüksek çekme ve basma dayanımları
- Yüksek darbe dayanımı
- Aşınma ve bükülmeye karşı dayanım
- Yüksek kimyasal dayanım
- Düşük yoğunluk nedeni ile ekonomik olma
- Yağsız ve sessiz çalışabilme
- Çok büyük boyutlarda ekonomik olarak üretilebilme

Tablo 2’ de özel bir firmanın üretmiş olduğu kestamid malzemenin bazı teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.2 : Kestamidin özellikleri[26]

ÖZELLİK	STANDART	BİRİMİ	DEĞERİ
Yoğunluk	DIN 53479	gr/cm ³	1.15
Çentik Darbe	DIN 53453	J	MIN4
Sertlik	DIN 53505		MIN82
Çekme Dayanımı	DIN 53455	kg / cm ³	600-900
Kopma Uzaması	DIN 53455	%	20%
Su Emme	%50 RH Doymuş	%	%2,5-%3
Erime Noktası	DIN 53736	°C	220
Kullanma Sıcaklığı	Sürekli	°C	120
	Kısa Süreli	°C	160
Dielektrik Dayanımı	DIN 53481	KV/mm	30

Kestamid malzemeler, kimya, gıda, kağıt, tekstil, demir-çelik, demiryolları, şişeleme, iş makineleri gibi ağır sanayi sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kestamid malzemelerin bu sektörlerde kullanıldığı yerlerin başlıcalar şunlardır.

- Döner ve kayar hareketli makine parçaları
- Yağlamasız ve sessiz çalışabilen dişliler
- Aşınma plakaları
- Yatak ve burçlar
- Göbeği çelik takviyeli parçalar

Makine imalatında geniş kullanım yeri bulmuş olan kestamid malzemelerle imal edilmiş, farklı makine parçalarına ait resimler Şekil 2.5.'de görülmektedir.



Şekil 2.5 : Kestamid malzemeye yapılan bazı makine parçaları

Tezi oluşturan deneylerin yapılması sırasında döküm poliamid malzeme olan kestamid kullanılmıştır. Normal ve yağlı kestamid malzemeler CNC dik işlem tezgahında talaşlı imalat yöntemlerine göre istenilen darbe deneyi standardının boyutlarına uygun olarak hazırlanmıştır.

3. DENEY STANDARDI [28]

Ani darbelere karşı dayanımı yüksek olan malzeme seçiminde, malzemenin kopmaya karşı olan direnci darbe testi belirlenmelidir. Malzemenin ani darbelere karşı dayanımı tokluğu ile yakından ilişkilidir. Tokluk bir malzemeyi kırmak için gerekli enerji miktarı olarak tanımlanabilir. Darbe deneyi süresince malzeme tarafından soğurulan enerji, malzemenin dayanımının ve tokluğunun bir ölçüsü olarak kullanılabilir.

Charpy ve Izod darbe test yöntemlerinde çentik açılmış bir test numunesi, standart bir yükseklikten bırakılan bir sarkaç ile darbeye maruz bırakılır. Darbeden sonra sarkacın çıktığı yükseklik tespit edilerek sarkacın ilk ve son konumdaki enerji farkı numune tarafından soğurulan darbe enerjisi olarak ölçülür. Darbeden sonraki sarkacın yüksekliği ne kadar az ise, soğurulan darbe enerjisi, dolayısıyla malzemenin darbe direnci veya tokluğu da o derece yüksektir. Charpy ve Izod test yöntemleri ufak farklılıklar dışında birbirine çok benzerler. Bu farklılıklardan en önemli olanı, numunenin desteklenme şekli ile çentiğin destek ve darbe noktalarına göre konumudur.

3.1 Plâstikler - Izod Darbe Mukavemetinin Tayini

1 - Bu standart, belirli şartlarda, plâstiklerin Izod darbe mukavemetinin tayininde kullanılan bir metodu kapsar. Yapılacak izod darbe deneyi farklı tür numuneler ve bunlara uygun deney şartlarının seçilmesiyle yapılır. Bu şartlar maddenin türüne, deney numunesinin cinsine ve çentik tipine göre belirlenebilir.

2 - Bu metot, bilinen bir tür numunenin belirli darbe şartları altındaki davranışını ve kırılma direncini veya dayanıklılığını incelemek için kullanılır.

3 - Bu metot, aşağıdaki madde türlerine uygulanabilir:

– Dolgulu veya dolgusuz, takviyeli hamurlar da dahil olmak üzere sert termoplâstik kalıplama ve ekstrüzyon maddeleri; sert termoplâstik levhalar,

- Dolgulu ve takviyeli maddeler de dahil olmak üzere sert termoset kalıplama maddeleri; lâminatlar da dahil olmak üzere sert termoset levhalar,
- Kepçe, dokunmuş kumaş, dokunmuş fitil, kesilmiş iplikçilik ve bunların kombinasyonları ve hibrit takviyeler, fitil ve öğütülmüş elyaf gibi tek veya çok yönlü takviyeler ihtiva eden termoplâstik kompozitler ve elyaf takviyeli termosetler, önceden emprenye edilmiş maddelerden yapılan levhalar (prepregs),
- Termotropik sıvı kristal polimerler.

Deney metodu, normal olarak sert gözenekli maddelerle, gözenekli maddeler ihtiva eden sandviç yapılar için uygun değildir. Ayrıca, uzun elyaf takviyeli kompozitler veya termotropik sıvı – kristal polimerler için çentikli deney parçaları uygun değildir.

4 - Deney metodu, belirli boyutlarda kalıplanmış deney parçalarına veya TS 3861 (ISO 3167) e uygun çok amaçlı standard deney parçasının orta kısmından işlenerek alınmış deney parçalarına veya kalıplanmış malzemelerden, lâminatlardan, ekstrüzyonla veya dökümle imal edilmiş levhalardan kesilerek hazırlanmış deney parçalarına da bazı değişikliklerle uygulanabilir.

5 - Bu metot, deney numunesinin tercih edilen boyutlarını belirler. Boyutları ve çentikleri farklı olan numuneler veya farklı şartlar altındaki numuneler ile yürütülen deneylerde elde edilen sonuçlar karşılaştırılamayabilir. Sarkacın enerji kapasitesi, darbe enerjisi ve numunelerin şartlandırılması gibi diğer faktörler de sonuçları etkileyebilir. Karşılaştırılabilir sonuçlar istendiğinde bu faktörler çok dikkatli kontrol edilmeli ve kaydedilmelidir.

6 - Bu metot, bileşenlerin tasarımındaki hesaplamalar için bir veri kaynağı olarak kullanılmaz. Ancak, farklı sıcaklıklarda deney yaparak, çentik çapını ve/veya derinliğini değiştirerek ve farklı şartlar altında hazırlanmış deney numuneleri kullanılarak bir maddenin tipik davranışı hakkında bilgi edinilebilir.

3.2 Atıf Yapılan Standartlar

Plastik malzemelerin izod darbe dayanımı, TS 1005 EN ISO 180 Plastikler- İzod Darbe Mukavemetinin Tayini isimli standartla belirlenmiştir.

3.3 Tarifler

Standart içerisinde geçen terimlerin tarifleri aşağıda verilmiştir.

3.3.1 Çentiksiz numunelerin izod darbe mukavemetleri (aiu)

Çentiksiz numunelerin Izod darbe mukavemeti, darbeye kırılan numunenin orijinal enine kesit alanı başına absorbe edilen enerjidir. Bu enerji metrekare başına kilojul olarak verilir (kJ/m^2).

3.3.2 Çentikli numunelerin izod darbe mukavemetleri (aiN)

Çentikli deney parçalarının Izod darbe mukavemeti, çentiğin bulunduğu yüzeye yapılan darbeye kırılan numunede, çentikteki orijinal enine kesit alanı başına absorbe edilen enerjidir.

Bu enerji metrekare başına kilojul olarak verilir (kJ/m^2).

3.3.3 Çentikli deney parçalarının zıt yönde izod darbe mukavemeti (aiR)

Çentikli deney parçalarının zıt yönde Izod darbe mukavemeti, çentiğin bulunduğu yüzeyin zıt yönündeki yüzeye yapılan darbeye kırılan deney parçasında, çentik yerindeki orijinal enine kesit alanı başına absorbe edilen enerjidir. Bu enerji metrekare başına kilojul olarak verilir (kJ/m^2).

3.3.4 Paralel darbe (p) (Lâminer Takviyeli Plâstiklerde)

Paralel darbe, levha halindeki malzemelerde lâminat düzlemine paralel doğrultudaki darbedir. Izod deneyinde darbe, dar yüzeye (e) yapılıdır (Şekil 3.1 - Dar yüzeye paralel darbe).

3.3.5 Dik darbe (n) (Lâminer Takviyeli Plâstiklerde)

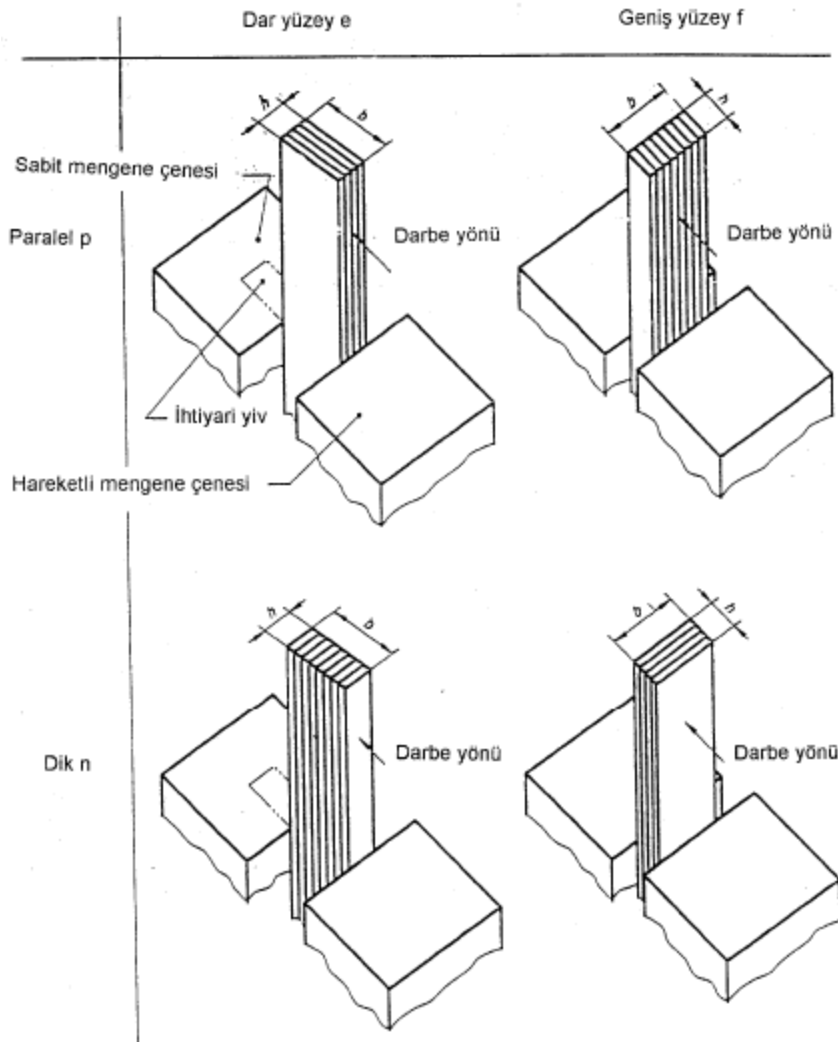
Dik darbe, levha halindeki malzemelerde lâminat düzlemine dik doğrultudaki darbedir (Şekil 3.1 Dar yüzeye dik darbe).

3.4. Prensip

Dik olarak sıkıştırılmış çubuk şeklindeki deney parçası, darbe hattı darbe yönündeki mengene çizgisinden (veya çentikli deney parçalarında çentiğin merkez çizgisinden) sabit bir uzaklıkta olmak kaydıyla, sarkacın tek bir salınımıyla kırılır (Şekil 3.2) ve çubuğun absorbe ettiği enerji ölçülür.

Numunenin kalınlığı h ve genişliği b ye göre darbe yönü: dar yüzey (e) ve geniş yüzey (f); Lâminat düzlemine göre darbe yönü: paralel (p) ve dik (n).

Izod deneyinde genellikle darbe dar yüzeye paralel yöndedir. $h = b$ olduğunda her iki yönden de darbe uygulanabilir.



Şekil 3.1 : Darbe yönlerinin şematik gösterilmesi

3.5. Cihazlar

3.5.1 Deney cihazı

1 - Deney cihazı, sarkaç ihtiva eden tipte ve sağlam bir yapıda olmalıdır. Deney parçasının kırılması esnasında absorplanan darbe enerjisi W yi ölçmeye uygun olmalıdır. Bu enerjinin büyüklüğü, sarkacın başlangıçtaki enerjisi, E , ile deney parçası kırıldıktan sonra sarkaçta kalan enerjinin farkına eşittir. Bu enerji sürtünme ve hava direnci dolayısıyla meydana gelen kayıplar bakımından düzeltilmelidir (Tablo 3.1).

2 - Cihaz, Tablo3.1’de de verilen özelliklere sahip olmalıdır. Belirlenen plastik maddelerin tamamının deneye tâbi tutulabilmesi için bir dizi değiştirilebilir sarkaç kullanmak gerekir. Farklı sarkaçlarla elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmamalıdır. Sürtünme kayıpları düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir.

Tablo 3.1.de verilen enerjilere sahip sarkaçlardan farklı enerjilere sahip olan sarkaçlar da kullanılabilir.

Tablo 3.1 : Sarkaç tipli darbe cihazlarının karakteristikleri

Enerji (E) (anma) J	Darbe anındaki hız v_0 m/s	Numune olmaksızın müsaade edilebilen en büyük sürtünme kaybı J	Numune düzeltmesi yapıldıktan sonra müsaade edilebilen hata ¹⁾ J
1,00	3,5 (\pm % 10)	0,02	0,01
2,75		0,03	0,01
5,50		0,03	0,02
11,00		0,05	0,05
22,00		0,10	0,10
1) Müsaade edilebilir hata, sarkaç kapasitesinin (enerjisinin) % 10 ilâ % 80’i aralığında, çizelgede verilenleri aşmamalıdır.			

3 - Cihaz, kullanılan en büyük kütleli sarkacın kütesinden 40 defa daha fazla olan bir zemine sıkıca tespit edilmelidir. Zemin, standartta belirtildiği gibi sarkaç ve mengene çenesinin durumunu ayarlayabilmeye uygun olmalıdır.

4 - Sarkacın darbe ucu, sertleştirilmiş çelikten yapılmış ve silindir şeklindeki darbe yüzeyinin bombe yarıçapı $R1 = 0,8 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ olmalıdır.

Darbe ucu eksenini yatay ve sarkacın hareket düzlemine dik olmalıdır. Darbe ucunun tamamı deney numunesinin yüzeyine temas edecek şekilde ayarlanmalıdır. Temas hattı, deney numunesinin uzunlama eksenine $\pm 2^\circ$ toleransla dik olmalıdır.

5 - Dönme eksenini ile darbe noktası arasındaki mesafe, sarkaç uzunluğu L_p ' nin $\pm 1\%$ i içerisinde olmalıdır.

Metre cinsinden sarkaç uzunluğu L_p , sarkacın küçük genlikli salınımlarından aşağıdaki bağıntıyla deneysel olarak tayin edilebilir:

$$L_p = g_n / 4\pi^2 \times T^2 \quad (3.1)$$

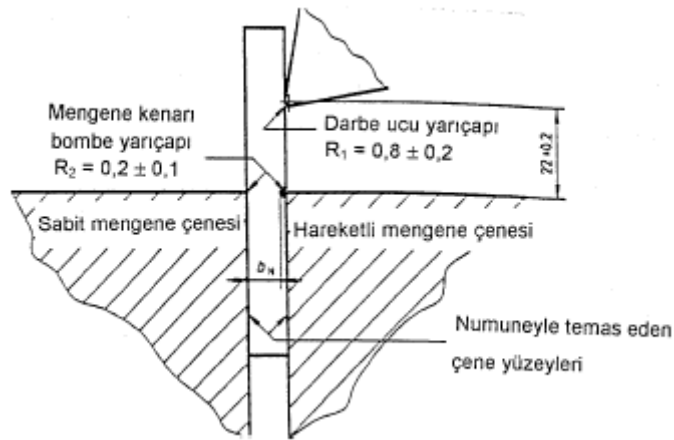
Burada ;

g_n : Standard yerçekimi ivmesi, ($9,81 \text{ m/s}^2$);

T : Birbirini kesintisiz olarak takip eden en az 50 salınımdan yararlanılarak tayin edilen tam bir salınımın (bir geliş gidişin) saniye cinsinden $1/2000$ doğrulukla süresidir. Salınımın, merkezin her iki tarafıyla yaptığı açı 5° den az olmamalıdır.

6 - Deney numunesi desteği olarak, sabit ve hareketli çeneleri olan bir mengene kullanılır.

Çenelerin sıkıştırma yüzeyleri paralel ve paralellikten sapma $0,025 \text{ mm}$ den fazla olmamalıdır. Mengene deney numunesini dikey olarak ve mengene yüzeyine 90° açı ile tutacak şekilde yerleştirilmelidir (Şekil 3.2). Mengene çenelerinin üst köşeleri yarıçapı $0,2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ olacak şekilde yuvarlatılmış olmalıdır. Boyutlar mm dir.



Şekil 3.2 : Mengeneye tutturulmuş çentikli bir deney numunesi ve sarkacın darbe kenarı

Çentikli deney parçalarında mengene üst yüzeyiyle çentiği ikiye ayıran hat $\pm 0,1$ mm toleransla aynı düzlem üzerinde olmalıdır. Deney parçasının darbeye maruz kalan yüzeyi darbe ucunu $\pm 0,5$ mm toleransla merkezlemeli ve darbe ucunun merkezi mengene üst düzleminden $22,0$ mm $\pm 0,2$ mm yükseklikte olmalıdır, (Şekil 3.2). Deney parçaları, mengene sıkıştırılırken veya deneyler esnasında çeneler arasında hareket etmemelidir.

Deney parçasının mengeneyle kolaylıkla takılıp çıkarılması ve konumunun ayarlanabilmesi amacıyla mengenin sabit çenesinde yivler bulunabilir (Şekil 3.1).

7 - Bazı plâstikler sıkıştırma basıncına duyarlıdır. Bu tür malzemelerde yapılan deneylerde sıkıştırma kuvveti belli bir değerde tutulmalı ve bu değer deney raporunda belirtilmelidir. Sıkıştırma kuvveti kalibre edilmiş bir tork anahtarıyla veya pnömatik veya hidrolik bir düzenele kontrol edilebilir.

3.5.2. Mikrometreler ve diğer boyut ölçerler

Kullanılan mikrometreler ve diğer boyut ölçerler deney parçasının boyutlarını en az $0,02$ mm doğrulukla ölçmeye uygun olmalıdır. Çentikli deney parçasının bN boyutunun ölçülmesinde kullanılan mikrometre 2 mm - 3 mm genişliğinde bir ayağa sahip ve çentiğin yapısına uygun bir şekilde ölçüm yapmaya elverişli olmalıdır.

3. 6 Deney Numuneleri

3.6.1 Kalıplama ve ekstrüzyon hamurları hazırlama

Deney numuneleri, ilgili madde standardına göre hazırlanmalıdır. Böyle bir standard yoksa veya aksi belirtilmemişse, deney parçaları TS 1148 ISO 293 (ISO 293), TS 1149 (ISO 294), TS 1408 (ISO 295), TS 3460 (ISO 2557-1) veya TS 3780 ISO 2557-2 (ISO 2557-2)'e (hangisi uygunsa) göre malzemenin direkt olarak basınçla veya enjeksiyonla kalıplaması yoluyla veya TS 3779 (ISO 2818) 'a göre hamurun basınçla veya enjeksiyonla kalıplanması yoluyla elde edilmiş levhalardan işlenerek hazırlanmalıdır.

Tip 1 deney numuneleri TS 3861 EN ISO 3167 (EN ISO 3167)'de verilen Tip A deney numunesinin orta kısmından alınarak da hazırlanabilir.

3.6.2 Levhaları hazırlama

Levhalarından deney parçası hazırlanması TS 3779 (ISO 2818)'a göre yapılır. Mümkünse Tip 1 A çentikli deney numuneleri kullanılır. Çentiksiz numuneler işlenmiş yüzeyleri üzerinden deneye tâbi tutulmamalıdır.

3.6.3 Uzun elyaf takviyeli polimerler hazırlama

TS 3783 (ISO 1268)'e veya başka bir standard veya önceden belirlenen bir hazırlama işlemine uygun olarak bir levha hazırlanır. Numuneler TS 3779 (ISO 2818)'a uygun olarak makineyle işlenir.

3.6.4 Deney numunelerinin kontrolü

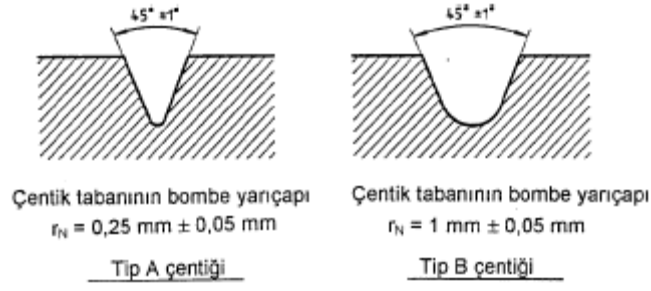
Deney numuneleri düzgün bir dikdörtgen prizma şeklinde olmalı ve eğrilik bulunmamalıdır. Karşılıklı yüzeyler birbirine paralel ve bitişik yüzeyler dik olmalıdır. Yüzeylerde ve kenarlarda çizik, çukur, çökme (büzülme) izleri ve kalıplama taşmaları olmamalıdır.

Numunelerin bu beklentilere uygun olup olmadığı cetvel, gönye, düz plâka ve mikrometre kullanılarak yapılabilir. Numunelerin yukarıda verilen özelliklerden bir veya bir kaçına uymaması durumunda bu parça atılır veya mümkünse işlenerek istenilen büyüklük ve şekle getirilir.

3.6.5 Çentik açma

1 - İşlenerek hazırlanması gereken çentikler, TS 3779 (ISO 2818)'a göre hazırlanır. Çentik açma dışının yapısı, Şekil 3.3'de gösterildiği gibi numunenin uzunlamasına eksenine dik, çentik şekil ve derinliğini yapmaya uygun olmalıdır.

2 - Deneyde kullanılan malzeme için ilgili standardında belirtilmemişse, kalıptan çentikli olarak elde edilmiş deney parçaları da kullanılabilir. Bunlardan elde edilen deney sonuçları, çentikleri sonradan açılmış olan deney parçalarından elde edilen sonuçlarla mukayese edilmemelidir.



Şekil 3.3 : Çentik tipleri

3.7 Anizotropi

Bazı levha veya panel malzemeleri, düzlemlerindeki yönlenme nedeniyle farklı darbe özellikleri gösterebilirler. Böyle durumlarda deney numuneleri malzeme düzlemindeki yönlenmeye paralel ve dik doğrultuda kesilerek hazırlanır. Yönlenme gözle görülebileceği gibi imalât metodundan da belirlenebilir.

3.8 Şekil Ve Boyutlar

Aşağıdaki boyutlara uygun (mm olarak), Tip 1 numuneler tercih edilir.

Uzunluk : $l = 80 \pm 2$

Genişlik : $b = 10,0 \pm 0,2$

Kalınlık : $h = 4,0 \pm 0,2$

Mevcut cihaza uyum sağlayabilmek amacıyla, uzunluk her iki uçtan simetrik olarak kesilerek 63,5 mm ye kısaltılabilir.

Ek A da Tip 2, Tip 3 ve Tip 4 deney numuneleriyle ilgili bilgiler verilmiştir.

Çentiğin uzunlamasına doğrultusu daima kalınlığa (h) paralel olmalıdır.

3.8.1 Kalıplama veya ekstrüzyon hamurları

Özellikleri Tablo 3.2 ve Şekil 3.3' de belirtilen ve iki farklı tipte çentik ihtiva eden Tip 1 deney numuneleri kullanılmalıdır. Çentik numunenin merkezinde olmalıdır. Tercihan Tip A çentiği kullanılır. Malzemenin çentik duyarlılığı hakkında bilgi isteniyorsa, A ve B tipi çentikleri olan numuneler deneye tâbi tutulur.

3.8.2 Uzun elyafla takviye edilmiş polimerler dahil levhalar

Tavsiye edilen kalınlık, $h=4$ mm dir. Deney parçası bir levhadan veya bir malzemedan alınmış parçadan kesilecekse, kalınlık 10,2 mm ye kadar levha veya parçanın kalınlığı olarak alınır. Levhanın homojen bir kalınlığa sahip olması ve çok düzgün dağılmış, sadece bir takviye malzemesi içermiş olması halinde 10,2 mmden daha kalın levhalardan alınan deney parçaları sadece bir yüzeyden işlenerek $10 \text{ mm} \pm 0,2$ mmye kadar inceltir. Çentiksiz deney numunelerinde yüzey etkilerinden kaçınmak için darbe orijinal yüzeye yapılmalıdır. Deney numuneleri normal olarak dar yüzeyden paralel olarak darbeye maruz bırakılır (Şekil 3.1). Deney numunelerinde $h = b = 10$ mm olması durumunda darbe, levha düzlemine paralel ve dik yönde yapılabilir.

3.9 Deney Numunelerinin Sayısı

1 - Deneye tâbi tutulacak numunenin standardında aksi belirtilmedikçe, en az 10 deney parçası kullanılmalıdır. Varyasyon kat sayısı (TS 2629 ISO 2602) % 5 den daha küçükse en az 5 deney parçası yeterlidir.

Tablo 3.2 : Deney metodunun kodlanması, deney numunesi tipleri, çentik tipleri ve çentik boyutları

Deney metodunun kodlanması ¹⁾	Deney numunesi tipi	Çentik tipi ¹⁾	Çentik taban yarıçapı r_N	Çentik tabanından itibaren numune genişliği, b_N
TS 1005/1U ²⁾ (ISO 180/1U)	1 ³⁾	Çentiksiz	-	-
TS 1005/1A (ISO 180/1A)		A	$0,25 \pm 0,05$	$8,0 \pm 0,2$
TS 1005/1B (ISO 180/1B)		B	$1,00 \pm 0,05$	$8,0 \pm 0,2$

1) TS 1005 : 1994 (ISO 180:1982)'de kullanılan deney metodu kodlaması ve çentik tipi kodlamasına dikkat edilmelidir.
2) Deney numuneleri levhalardan veya mamullerden alınmışsa, levha veya mamul kalınlığı kodlamaya ilâve edilmeli ve takviyesiz deney parçaları işlenmiş yüzeylerinden darbeye maruz bırakılmamalıdır.
3) Levhanın kalınlığı (h) ve genişliği (b) eşit ise darbe yönü (dik n, veya paralel p) kodlamaya ilâve edilmelidir.

2- Paralel ve dik yönde darbeye maruz bırakılacak lâminatlarda her iki yön için en az 10 deney numunesi kullanılmalıdır.

3.10 Kondisyonlama

Deneyde kullanılan malzemenin standardında aksi belirtilmedikçe ve taraflarca farklı kondisyonlama şartlarında anlaşmaya varılmamışsa, deney numuneleri TS 720 (ISO 2919) e göre en az 16 saat 23°C ve % 50 bağıl nemde kondisyonlanır.

3.11 İşlem

1 - Yüksek veya düşük sıcaklıklar gibi, farklı şartlar taraflarca istenmedikçe deneyler yukarıda verilen kondisyonlama şartlarında yürütülür.

2 - Her bir deney numunesinin merkezinde, kalınlığı h ve genişliği b 0,02 mm doğrulukla ölçülür. Çentikli numunelerde, çentiğin tabanından geriye kalan kalınlık b_N 0,02 mm doğrulukla ölçülmelidir.

Enjeksiyonla kalıplanmış deney numunelerinde sadece bir deney numunesinin boyutları ölçülür ve sonuçlar verilen değerlere uygunsuzsa diğer deney numunelerinin boyutları ölçülmeyebilir. Çoklu kalıplarda üretilen deney numunelerinin boyutlarının aynı olup olmadığına dikkat edilmelidir.

3 - Cihazın Tablo 3.1’de verilen darbe hızına sahip olup olmadığı ve absorbe edilen enerjinin (W) sarkaç enerjisinin (E) % 10’u ile % 80’i arasında kalıp kalmadığı kontrol edilmelidir. Tablo 3.1’de verilen sarkaçlardan birden fazlası bu özellikleri sağlıyorsa en yüksek enerjiye sahip olanı kullanılmalıdır.

4 - Deney numunesi takılmadan cihaz çalıştırılarak bir şahit deney yapılır ve sürtünme enerjisi kaybı kaydedilir. Bu enerji kaybı Tablo 3.1’de verilen değeri geçmemelidir. Sürtünme kuvvetleri Tablo 3.1’de verilen değerlere eşit veya daha küçük ise bunlar absorbe edilen enerjinin düzeltilmiş değerinin hesaplanmasında kullanılabilir. Sürtünme kuvvetleri Tablo 3.1’de verilen değerleri aşıyorsa bunun nedeni araştırılmalı ve gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.

5 - Sarkaç kaldırılır ve yerine tutturulur. Numune Madde 6’ya uygun olarak ve Şekil 3.2 ‘de gösterildiği gibi mengeneye yerleştirilir ve sıkıştırılır. Çentikli numunelerin Izod darbe mukavemeti tayininde, çentikli yüzey sarkacın darbe yönüne gelecek şekilde mengeneye tutturulur (Şekil 3.2).

6 - Sarkaç serbest bırakılır. Numune tarafından absorplanan darbe enerjisi kaydedilir. Sürtünme kayıpları için gerekli düzeltmeler yapılır (Tablo 3.1).

7 - Aşağıdaki kodlamaya göre dört tip hasar meydana gelebilir.

C, Tam kırılma : Numunenin iki veya daha fazla parçaya ayrılması.

H, Mentеше kırılma : İki parçaya ayrılan deney parçasının her iki kısmının menteşe şeklinde çok ince ve zayıf bir yüzey tabakasıyla bir arada tutulması.

P, Kısmî kırılma : Menteşe kırılması tarifine uymayan tamam olmayan bir kırılma.

NB, Kırılmama : Bir kırılmanın olmadığı durum. Numune sadece eğilir ve muhtemelen de gerginlik ağarması olur.

Tam (C) ve menteşe (H) şeklindeki kırılmalarda ölçülen değerler hasar şekli belirtilmeden doğrudan ortalama değer hesaplanmasında kullanılabilir. Kısmî kırılmalarda bir değer verilmesi isteniyorsa, bu değer P koduyla verilir. Kırılmayan deney numuneleri (NB) için darbe mukavemeti değeri verilmez.

8 - Bir örnekten alınan deney numuneleri P ve C (veya H) tipi hasarlanmalar göstermişse, her hasar tipi için ayrı bir ortalama değer verilir.

3.12. Hesaplama Ve Sonuçların Gösterilmesi

3.12.1 - Çentiksiz deney numuneleri

Çentiksiz numuneler için Izod darbe mukavemeti a_{iu} , kJ/m² cinsinden, aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır:

$$a_{iu} = W / h.b \times 10^3 \quad (3.2)$$

Burada;

W : Deney numunesi tarafından kırılma esnasında absorbe edilen düzeltilmiş enerji, jul,

h : Deney numunesinin kalınlığı, mm,

b : Deney numunesinin genişliği, mm, dir.

3.12.2 - Çentikli deney numuneleri

Çentiği A veya B tipi (N=A veya B) olan çentikli numunelerin Izod darbe mukavemeti a_{iN} kJ/m² cinsinden aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanır:

$$a_{iN} = W / h.b_N \times 10^3 \quad (3.3)$$

Burada;

W : Deney numunesi tarafından kırılma esnasında absorbe edilen düzeltilmiş enerji, jul,

h : Deney numunesinin kalınlığı, mm,

b_N : Deney numunesinin çentik tabanından geriye kalan genişliği, mm, dir.

3.13 İstatistiksel Parametreler

Deney sonuçlarının aritmetik ortalaması hesaplanır. Arzu edildiğinde, standard sapma ve güven aralığı % 95 seviyesinde TS 2629 (ISO 2602).a göre ortalama değerden hesaplanır. Bir tür örnekten alınan deney numunelerinde farklı hasarlanma şekilleri meydana gelmişse, her hasar tipine ait deney parçasının sayısı ile bu parçalara ait darbe mukavemeti değerlerinin ortalaması ayrı ayrı verilir.

3.14 Anlamlı Rakamlar

Hesaplanan bütün ortalama değerler iki anlamlı rakamla verilir.

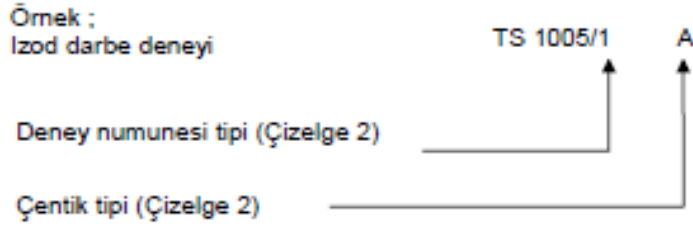
3.15 Kesinlik

Lâboratuvarlar arası veriler sağlanamadığı için bu deney metodunun kesinliği bilinmemektedir. Lâboratuvarlar arası veriler temin edilebilirse kesinlik, bu standardın gelecek revizyonuna ilâve edilecektir.

3.16 Deney Raporu

Deney raporu en az aşağıdaki bilgileri ihtiva etmelidir:

- a) Bu standardın işareti ve numarası (TS 1005 EN ISO 180)
- b) Tablo 3.2 ye uygun olarak deney metodunun kodlanması,



- c) Deneye tâbi tutulan madde hakkında gerekli bütün bilgiler; tipi, kaynağı, imalâtçının kodu, sınıfı ve şekli, geçirdiği safhalar,
- d) Deneye tâbi tutulan maddenin şekli ve yapısıyla ilgili bütün bilgiler; mamul mü yarı mamul mü, deney plâkası veya numune mi olduğu, başlıca boyutları, şekli ve imalât metodu,
- e) Darbe hızı,
- f) Sarkacın anma enerjisi,
- g) Sıkıştırma basıncı
- h) Deney numunesinin hazırlanma metodu,
- i) Mamul veya yarı mamul şeklindeki malzemelerden kesilen deney parçalarındaki yönlenme (anizotropi),
- j) Deneye tâbi tutulan numune sayısı,
- k) Kondisyonlama ve deney için standart atmosfer şartları ve ilgili madde mamul standardında önerilmiş ise kondisyonlamadaki farklılıklar,
- l) Gözlenen hasar türleri,
- m) Her bir deneyin sonucu,
- n) Her deney parçasının tipi ve hasar tipi (uygunsa) için ortalama darbe mukavemeti,
- o) İstendiği takdirde, bu ortalama değerlerin standart sapmaları ve % 95 seviyesinde güven aralıkları,
- p) Deney tarihi.

3.17 Ek A

3.17.1 Tip 2, Tip 3 ve Tip 4 deney parçalarıyla izod darbe deneyi

Tip 2, Tip 3 ve Tip 4 türü numuneler için Izod darbe deneyi verilmiştir. Mümkünse, standartta belirtildiği gibi Tip 1 numunelerin kullanılması tavsiye edilir.

3.17.2 Deney numuneleri (Tablo 3.3)

Levha şeklindeki malzemeler için kullanılacak Tip 2, Tip 3 ve Tip 4 deney numuneleri, çentik yüzeyi darbe yüzeyiyle zıt yönde olacak şekilde deneye tâbi tutulmalıdır (Tablo 3.4).

Deney numunesi bir malzemedan veya bir parçadan kesilmişse, Tip 4 için tavsiye edilen kalınlık (h) 3,2 mm dir. 12,9 mm lik kalınlığa kadar parça veya malzeme mevcut kalınlığıyla deneye tâbi tutulur. Malzemenin çok iyi karıştırılmış sadece bir tip takviye malzemesi ihtiva etmesi kaydıyla 12,9 mmden daha kalın parçalardan alınan deney numuneleri, bir yüzlerinden işlenerek $12,7 \pm 0,2$ mm kalınlığa kadar inceltmelidir.

Çentikli deney parçaları, zıt yönde darbeye maruz bırakılacaksa, yüzey etkilerinden kaçınmak için darbe orijinal yüzeye uygulanmalıdır. Deney numuneleri normal olarak dar yüzey üzerinden paralel darbeye maruz bırakılır. Kalınlığı ve genişliği $h = b = 12,7$ mm olan deney numuneleri ise levha düzlemine dik ve paralel yönde darbeye maruz bırakılır (Şekil 3.1).

Tablo 3.3 : Numune tipleri ve boyutları (Boyutlar mm dir)

Numune tipi	Uzunluk l	Genişlik b	Kalınlık h
2	$63,5 \pm 2$	$12,7 \pm 2$	$12,7 \pm 0,2$
3	$63,5 \pm 2$	$12,7 \pm 2$	$6,4 \pm 0,2$
4	$63,5 \pm 2$	$12,7 \pm 2$	$3,2 \pm 0,2$

3.18 Hesaplama Ve Sonuçların Gösterilmesi

3.18.1 - Çentikli numuneler

Standart ile nasıl yapılacağı düzenlenmiştir.

3.18.2 - Zıt yönde çentikli numuneler

Çentik yüzeyine zıt yönde yüzeyden darbeye maruz bırakılan deney numuneleri için Izod darbe mukavemeti aiR , kJ/m^2 olarak aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$aiR = W / h \cdot b_N \times 10^3 \quad (3.4)$$

Burada ;

W : Deney numunesi tarafından kırılma esnasında absorbe edilen düzeltilmiş enerji, jul,

h : Deney numunesinin kalınlığı, mm,

b_N : Deney numunesinin çentik tabanından geriye kalan genişliği, mm dir.

Tablo 3.4 : Zıt yönlü deney metodunun kodlanması, numune tipleri, çentik tipleri ve çentik boyutları (Boyutlar mm dir)

Metodun kodlanması ¹⁾	Numune tipi	Çentik tipi ²⁾	Çentik taban yarıçapı	Çentik tabanından geriye kalan genişlik, b_N
TS 1005/2AR TS 1005/2BR TS 1005/2A TS 1005/2B	2 ³⁾	A zıt yönde B zıt yönde A B	0,25 ± 0,05 1,00 ± 0,05 0,25 ± 0,05 1,00 ± 0,05	10,2 ± 0,2
TS 1005/3AR TS 1005/3BR TS 1005/3A TS 1005/3B	3	A zıt yönde B zıt yönde A B	0,25 ± 0,05 1,00 ± 0,05 0,25 ± 0,05 1,00 ± 0,05	
TS 1005/4AR TS 1005/4BR TS 1005/4A TS 1005/4B	4	A zıt yönde B zıt yönde A B	0,25 ± 0,05 1,00 ± 0,05 0,25 ± 0,05 1,00 ± 0,05	
1) Deney numuneleri levha veya mamullerden alınmışsa, levha veya mamulün kalınlığı kodlamaya dahil edilmeli ve takviyesiz deney parçaları işlenmiş yüzeyinden darbeye maruz bırakılmamalıdır. 2) Çentikli deney parçalarında zıt yöndeki Izod darbe mukavemetinin tayininde, darbe çentiğinin bulunduğu yüzeyin zıt yönündeki yüzeyde yapılır. 3) Levhanın kalınlığı (h) genişliğine (b) eşitse, darbe yönü (paralel veya dik) kodlamaya dahil edilmelidir.				

- 1) Dar yüzey e
- 2) Geniş yüzey f
- 3) Sabit mengene çenesi
- 4) Darbe yönü
- 5) İhtiyari yiv
- 6) Paralel p
- 7) Hareketli mengene çenesi

- 8) Darbe yönü
- 9) Darbe yönü
- 10) Darbe yönü
- 11) Dik n
- 12) Mengene kenarı bombe yarıçapı $R2 = 0,2 \pm 0,1$
- 13) Darbe ucu yarıçapı $R1 = 0,8 \pm 0,2$
- 14) Sabit mengene çenesi
- 15) Hareketli mengene çenesi
- 16) Numuneye temas eden çene yüzeyleri
- 17) Çentik tabanının bombe yarıçapı

$$rN = 0,25 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$$

Tip A çentiği

- 18) Çentik tabanının bombe yarıçapı

$$rN = 1 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$$

Tip B çentiği

4. YÖNTEM

4.1 Deneyin Amacı

Kestamid malzemeler, takım tezgâhlarında kolay işlenebilirlik, sürtünme katsayısının düşük olması, dayanımının yüksek olması gibi nedenlerden dolayı son zamanlarda çok tercih edilen bir malzeme türüdür. Sanayide birçok makine parçasının imalatında kestamid malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Kestamid malzemelerden yapılan makine parçalarının avantajlı yönlerine karşılık, nem çekme özelliğinin yüksek olması bazı yerlerde olumsuz bir etki olmaktadır. Özellikle dişli yapımında ve çalışma yüzey pürüzlülük değerinin hassas olması gereken yerlerde kullanımın çok yönlü ele alınması gerekmektedir.

Polyamid türü endüstriyel plastiklerin nem almaları sonrasında oluşan yüzey pürüzlüğü ve kopma dayanımı değerlerine ait çalışmalar bulunmasına rağmen, tuzlu su, makine yağı gibi nem etkisi bulunan ortamların ve çalışma sürelerinin darbe dayanımı etkisi üzerinde nasıl katkı sağladığı araştırılmamıştır. Bu çalışmada, farklı sıvı ortamlarında farklı sürelerde bulundurulmuş nem alması sağlanmış kestamid malzemelerin, darbe dayanımı değişimine etkisi deneysel olarak bulunması amaçlanmıştır. Özellikle dişli çarklar gibi yoğun kullanım alanı olan kestamid malzemelerin, dişli çarkların dişlerindeki aşırı yüklenme sonrasında oluşacak kırılma gibi hasarların önlenmesi ve nem ile ilişkisinin bulunması için darbe deneyi düzeneği planlanmıştır.

Kestamid (PA6G) malzemelerin dayanımlarının diğer benzer polyamid ve plastik malzeme cinslerine göre daha yüksek olması, daha kolay işlenmesi, pas ve kimyasal olaylara da dayanıklı olması sebebiyle havacılık sanayinden, tekstil sanayine kadar birçok endüstri alanında yoğun bir kullanım alanı vardır. Sanayide birçok makine parçasının imalatında alüminyum, bronz, bakır vb. pahalı ve işlenmesi zor malzemelerin yerine kestamid (PA6G) malzemeler tercih edilmeye başlanmıştır. Bu üstün özelliklerine rağmen kestamid malzemeler için nem faktörü ciddi olarak göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur. Nem çekmiş kestamid malzemeler üzerine

yapılan çalışmalarda, talaşlı imalat işlemi sırasında ve sonrasında yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %10-15 arasında değişimler görülmektedir. Özellikle dişli çark, kaymalı yatak imalatı gibi hassas yüzey işleme durumları gerektiren yerlerde kestamid malzemelerin kullanılması durumunda, nem faktörü tasarım ve imalatta dikkate alınmaz ise, yüzey pürüzlülüğünü arttırabilir ve kestamidden üretilen makine elemanının çalışma ömrünü kısaltacaktır. Malzemelerde gevrek (ani) kırılma dediğimiz söz konusu olay mevcuttur. Gevrek kırılma; malzemeye sürekli, yavaş artan ve tek eksenli yüklenilen gerilmenin, akma gerilmesini geçmemesine rağmen, verilen gerilmenin sonucunda malzemenin vermiş olduğu kırılma tepkisidir. Malzemenin böyle bir tepki göstermesi istenmez. Mühendisler çalışmalarında kullandığı malzemeleri kendi kontrolleri altına almak isterler. Bu yüzden kullanacağı malzemeyi yeterli ekonomikliğe, tokluğa ve sünekliliğe sahip seçer. Bu seçimi yaparken de en sık kullandıkları deney; çentik darbe deneyidir.

Bu amaçla, kestamid (PA6G) malzemenin tuzlu su, saf su ve makine yağı sıvılarında belirli sürelerde bekletilmesinin ardından darbe dayanımları ölçülmüştür. Ölçülen değerler kestamid malzemelerin nem faktöründen ne derece etkilendiği, farklı sıvılar içerisinde nem faktörünün nasıl değişiklik gösterdiği, farklı süre ve farklı sıvı ortamlarda beklemiş kestamidin tokluğu ve sünekliliği vb. birçok faktör deneysel olarak ölçülmüştür. Ayrıca farklı tip kestamid malzemelerin, farklı sıvı ortamlarında farklı sürelerde bekletilmesi sonrasında oluşan nemlenme oranları bulunarak, bu değerlerde yapılacak darbe deneyi sonuçları ile kuru şartlarda yapılan darbe deneyi sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerler, sıvı ortamın durumu, bekleme süresi, malzeme tipi gibi girdi değişkenleriyle, ölçülen darbe dayanımı değeriyle ilişkilendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, makine imalatında kestamid malzeme kullanan işletmelere büyük bir fayda sağlayacaktır. İşletmeler için yeterli tokluğa ve sünekliliğe sahip kestamidin çalışma ömrünün daha uzun olması imkânı ortaya çıkacaktır.

4.2 Deney Düzenegi

Deneylerde Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Malzeme Laboratuvarı'nda bulunan CEAST P/N 6958.000 marka Izod darbe cihazı kullanılmıştır. Test cihazı, maksimum 25J'lük potansiyel enerjiye sahip olup farklı enerji kapasitelerinde çekiçler kullanılabilir. Cihaz termoplastik

malzemelerin, esneklik davranışlarını standart gerilme durumlarında, darbe kırılmalıklarına bakarak değerlendirmektedir [29]. Şekil 4.1'de deney cihazı gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Deneylerde kullanılan izod darbe cihazı

Sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için deney sonuçlarında absorbe edilen enerji, kullanılan çekicinin sahip olduğu potansiyel enerjinin %20'si ile % 80'i arasında olmalıdır. Bu nedenle yapılan birkaç ön denemeden sonra deneylerde 7,5J'lük çekiçler kullanılmasına karar verilmiştir. Şekil 4.2'de çekiç bağlandıktan sonra deney numunesinin çekiç vuruş yönüne göre cihaz mengenesine bağlanması görülmektedir. Deney öncesinde, ortam sıcaklığı, kullanılan çekicinin potansiyel enerjisi, kullanılmak istenen standart, deney numunesinin eni, boyu, test hızı vb. değerler cihaz üzerindeki kontrol panelinden girilmektedir. Deney sonunda absorbe edilen enerji (J), darbe direnci (kJ/m^2), darbe test hızı (m/s) ve darbe sonrası çekicinin yükselme açısı cihazın ekranından okunmaktadır. Elde edilen verileri bilgisayara aktarmakta mümkündür.



Şekil 4.2 : Deney numunesinin çentik (izod) darbe test cihazına bağlanması

4.3 Deneyde Kullanılan Materyaller

Ortam ve malzeme nem oranların ölçümünde Trotec T2000S marka ölçüm cihazı ve hassas elektronik tartı kullanılmıştır. Şekil 4.3'de nem ölçüm cihazı, Şekil 4.4'de hassas elektronik tartı görülmektedir.



Şekil 4.3 : Nem ölçüm cihazı



Şekil 4.4 : Hassas tartı

CNC takım tezgâhlarında, kestamid malzemesinin talaş kaldırılarak işlenmesi esnasında, ortalama yüzey pürüzlülüğündeki değişimler de Pamukkale Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde bulunan Mahr, MarSurf PS1 portatif yüzey pürüzlülük cihazı kullanılarak ölçülmüştür. İşleme sonrası oluşan yüzeyler arasındaki pürüzlülük oranları karşılaştırılmalı değerlendirileceği için istatistiksel ölçüme dayalı ortalama yüzey pürüzlüğü (Ra) tercih edilmiştir. Çentik deneyi yapılmadan önce numunelerin pürüzlülükleri ölçülmüştür. Cihazın iğnesi 2µm ölçüm yarıçapında ve baskı kuvveti yaklaşık 0,7mN'dır. Pürüzlülük ölçümün tarama uzunluğu 5,6 mm olarak ayarlanmıştır. Şekil 4.5'de yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı görülmektedir.



Şekil 4.5 : Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

4.4 Deney Numuneleri ve Özellikleri

Aşağıdaki boyutlara uygun (mm olarak), Tip 1 (TS 3861 EN ISO 3167 (EN ISO 3167)) numuneler tercih edilmiştir.

$$\text{Uzunluk : } l = 80 \pm 2$$

$$\text{Genişlik : } b = 10,0 \pm 0,2$$

$$\text{Kalınlık : } h = 4,0 \pm 0,2$$

Deneyler 5'er adet numune ile gerçekleştirilmiştir. Çıkan sonuçlar 5 numunenin ortalama sonuçlarından elde edilmiştir.

Numunelerin özellikleri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1 : Kestamid malzemenin özellikleri [30]

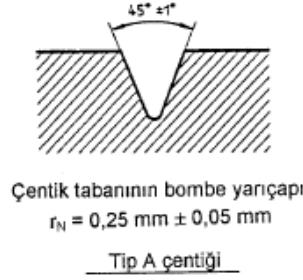
ÖZELLİKLER	Test Yöntemleri	Birimler	Değerler
Renk	-	-	Doğal(fildişi)/siyah
Yoğunluk	ISO 1183-1	g/cm ³	1.15
Su emme:			
• 23 °C'de 24/96 saat suya batırıldıktan sonra (1)	ISO 62	Mg	44/83
	ISO 62	%	0.65/1.22
• 23 °C'de hava doygunluğunda / 50 % RH	-	%	2.2
• 23 °C'de su doygunluğunda	-	%	6.5
Isıl Özellikler (2)			
Erime sıcaklığı (DSC, 10 °C/min)	ISO 11357-1/-3	°C	215
Camdan geçiş sıcaklığı (DSC, 20 °C/min)-(3)	ISO 11357-1/-2	°C	-
23 °C'de ısı iletkenlik	-	W/(K.m)	0.29
Lineer termal genişleme katsayısı			
• 23 ve 60 °C'de ortalama değer	-	m/(m.K)	80x10 ⁻⁶
• 23 ve 100 °C'de ortalama değer	-	m/(m.K)	95x10 ⁻⁶
Yük altında saptırma sıcaklığı			
• A yöntemi: 1.8 MPa	+ ISO 75-1/-2	°C	80
Havada maksimum izin verilen servis sıcaklığı			
• Kısa aralıklarda (4)	-	°C	170
• Devamlı olarak 5.000/20.000 saat (5)	-	°C	105/90
Minimum servis sıcaklığı (6)	-	°C	-30
Yanma (7)			
• "Oksijen indeksi"	ISO 4589-1/-2	%	25
• UL'ye göre 94 (3/6 mm kalınlık)	-	-	HB/HB
23 °C'de Mekanik Özellikler (8)			
Gerilme testi (9)			
• Akma çekme gerilmesi / Kopma çekme gerilmesi	+ ISO 527 -1/-2	MPa	86/-
	++ ISO 527-1/-2	MPa	55/-
• Gerilme direnci (10)	+ ISO 527 -1/-2	MPa	80
• Akma çekme gerilmesi (10)	+ ISO 527 -1/-2	%	5
• Çekme gerilmesi (10)	+ ISO 527 -1/-2	%	25
	++ ISO 527-1/-2	%	>50
• Elastik çekme modülü (11)	+ ISO 527 -1/-2	MPa	3600
	++ ISO 527-1/-2	MPa	1750
Kompresyon testi (12)			0
• Basınç gerilmesi 1/2/5 % nominal gerilme (11)	+ ISO 604	MPa	34/64/93
Çentik darbe dayanımı – Çentiksiz (13)	+ ISO 179-1/1eU	kJ/m ²	Kırılma yok
Çentik darbe dayanımı – Çentikli	+ ISO 179-1/1eA	kJ/m ²	3
Top girinti sertliği (14)	+ ISO 2039-1	N/mm ²	165
Rockwell sertliği	+ ISO 2039-2	-	M88

Tablo 4.2 : Kestoil malzemenin özellikleri [31]

ÖZELLİKLER	Test Yöntemleri	Birimler	Değerler
Renk	-	-	Gri
Yoğunluk	ISO 1183-1	g/cm ³	1.14
Su emme:			
• 23 °C'de 24/96 saat suya batırıldıktan sonra (1)	ISO 62	Mg	40/76
	ISO 62	%	0.59/1.12
• 23 °C'de hava doygunluğunda / 50 % RH	-	%	2
• 23 °C'de su doygunluğunda	-	%	6.3
Isıl Özellikler (2)			
Erime sıcaklığı (DSC, 10 °C/min)	ISO 11357-1/-3	°C	215
Camdan geçiş sıcaklığı (DSC, 20 °C/min)-(3)	ISO 11357-1/-2	°C	-
23 °C'de ısı iletkenlik	-	W/(K.m)	0.29
Lineer termal genişleme katsayısı			
• 23 ve 60 °C'de ortalama değer	-	m/(m.K)	80x10 ⁻⁶
• 23 ve 100 °C'de ortalama değer	-	m/(m.K)	95x10 ⁻⁶
Yük altında saptırma sıcaklığı			
• A yöntemi: 1.8 MPa	+ ISO 75-1/-2	°C	75
Havada maksimum izin verilen servis sıcaklığı			
• Kısa aralıklarda (4)	-	°C	165
• Devamlı olarak 5.000/20.000 saat (5)	-	°C	105/90
Minimum servis sıcaklığı (6)	-	°C	-30
Yanma (7)			
• "Oksijen indeksi"	ISO 4589-1/-2	%	-
• UL'ye göre 94 (3/6 mm kalınlık)	-	-	HB/HB
23 °C'de Mekanik Özellikler (8)			
Gerilme testi (9)			
• Akma çekme gerilmesi / Kopma çekme gerilmesi	+ ISO 527 -1/-2	MPa	78/-
	++ ISO 527-1/-2	MPa	50/-
• Gerilme direnci (10)	+ ISO 527 -1/-2	MPa	80
• Akma çekme gerilmesi (10)	+ ISO 527 -1/-2	%	5
• Çekme gerilmesi (10)	+ ISO 527 -1/-2	%	25
	++ ISO 527-1/-2	%	>50
• Elastik çekme modülü (11)	+ ISO 527 -1/-2	MPa	3150
	++ ISO 527-1/-2	MPa	1525
Kompresyon testi (12)			0
• Basınç gerilmesi 1/2/5 % nominal gerilme (11)	+ ISO 604	MPa	31/59/87
Çentik darbe dayanımı – Çentiksiz (13)	+ ISO 179-1/1eU	kJ/m ²	75
Çentik darbe dayanımı – Çentikli	+ ISO 179-1/1eA	kJ/m ²	3.5
Top girinti sertliği (14)	+ ISO 2039-1	N/mm ²	150
Rockwell sertliği	+ ISO 2039-2	-	M81

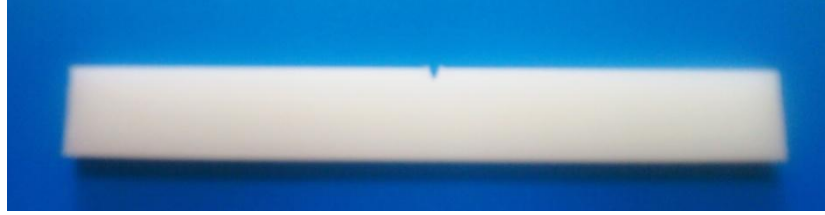
Numuneler QUADRANT PLASTICS firmasından alınmıştır. Kestamid numuneler Ertalon 6 pla, kestoisler nylatron nsm kısaltmasıyla firma ürün kataloğunda yer almaktadır.

Numuneler üzerine açılan çentikler, TS 3779 (ISO 2818)'a göre hazırlanmıştır. Şekil 4.6'de çentik tipi görülmektedir.



Şekil 4.6 : Çentik tipi

Şekil 4.7'de ise çentik açılmış bir numune görülmektedir.



Şekil 4.7 : Çentik açılmış numune

4.5 Deney İşlemi

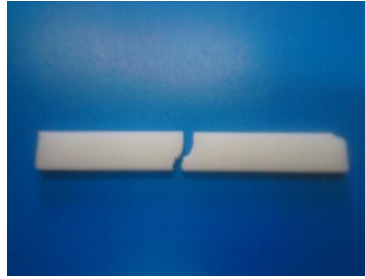
Uygun ortam şartlarındaki her bir deney numunesinin ölçümü yapılmış, ağırlıkları tartılmış ve yüzey ve nem oranları ölçülmüştür. Birkaç örnekle cihazın çekiç hızı ve çekiç ağırlığı gibi değerler belirlenmiştir. Optimum çekiç hızı, 3,46 m/s, çekiç ağırlığı 7,5 j olarak karar verilmiştir. Sarkaç kaldırıp yerine tutturulur. Numune şekilde gösterildiği gibi mengeneye yerleştirilir ve sıkıştırılır. Çentikli numunelerin Izod darbe mukavemeti tayininde, çentikli yüzey sarkacın darbe yönüne gelecek şekilde mengeneye tutturulur. Sarkaç serbest bırakılır. Numune tarafından absorplanan darbe enerjisi kaydedilir. Şekil 4.8'de numunenin cihaza bağlanma şekli gösterilmektedir.



Şekil 4.8 : Numunenin cihaza bağlanış şekli

İzod darbe deneyi cihazında yapılan deneylerde iki tip hasar meydana gelmiştir:

-**Tam kırılma** : Numune iki parçaya ayrılmıştır. Şekil 4.9’de tam kırılma gerçekleşen numune görülmektedir.



Şekil 4.9 : Tam kırılma gerçekleşen numune

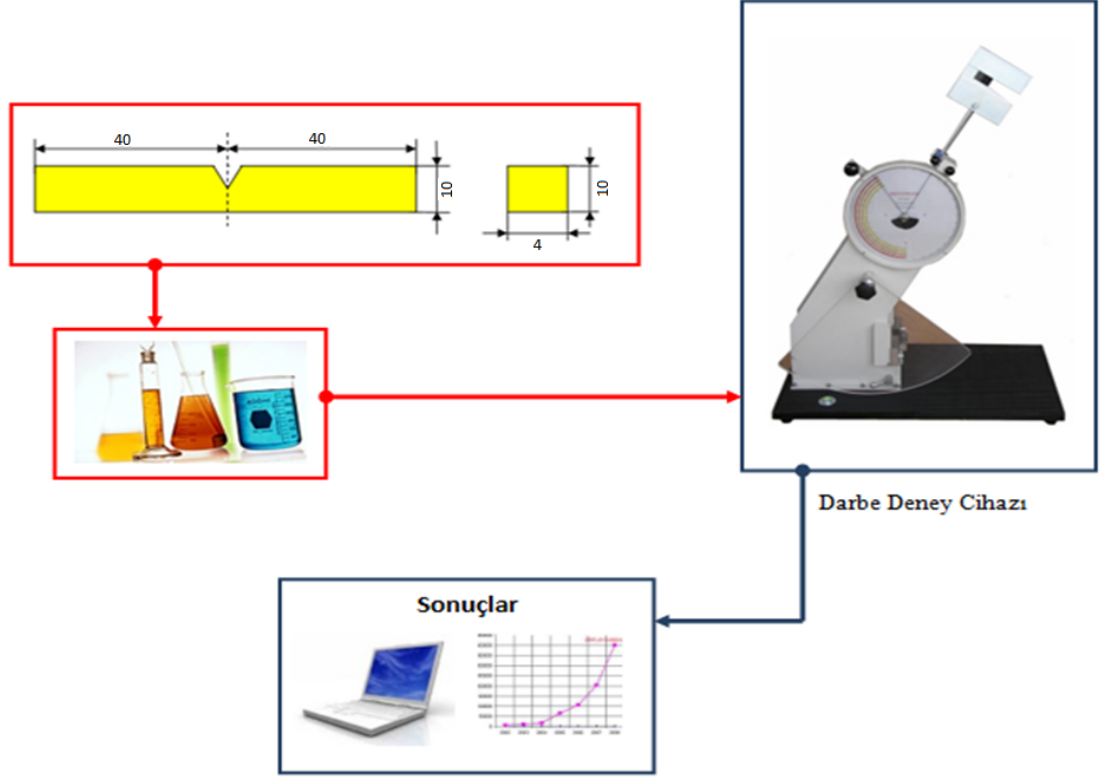
-**Kırılmama** : Bir kırılmanın olmadığı durumdur. Bu tip kırılma çentik açılmamış numunede elde edilmiştir. Şekil 4.10’da kırılmamış deforme olmuş numune görülmektedir.



Şekil 4.10 : Kırılmayıp deforme olmuş numune

4.6 Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar

Kestamid ve kestoil numuneler 1, 2 ve 3 gün farklı tür sıvı ortamlarda bekletilmiştir. Günleri belirlerken bir adet kestamid ve kestoil numune ortamlarda bekletilip saat başı hassas tartıda ağırlıkları yani nem çekme oranları ölçülmüştür. Numunenin ağırlığının aynı olduğu saat belirlenmiş, gün aralıklarına buna göre karar verilmiştir. Deneyin şematik hali Şekil 4.11'deki gibidir.



Şekil 4.11 : Deney düzeneğinin şematik resmi

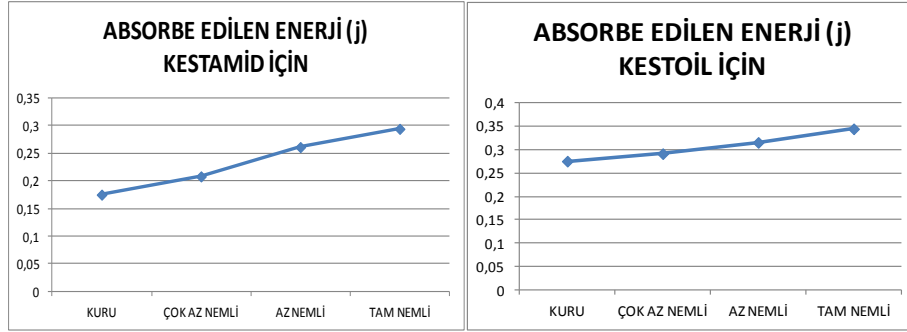
4.6.1 Deney grupları

1. Deney Grubu: Kuru kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

Kuru kestamid ve kestoiller, izod darbe cihazıyla absorbe edilen enerjileri ve darbe dirençleri belirlenmiştir. Ortalama olarak elde edilen sonuç; absorbe edilen enerji 0,175 j darbe direnci ise 5,458 kJ/m² olarak elde edilmiştir.

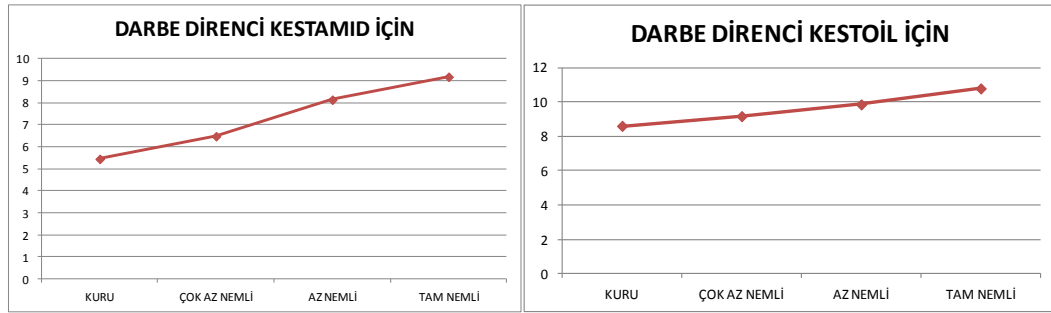
2. Deney Grubu: Saf suda bekletilen kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

Saf suda 1, 2 ve 3 gün (çok az nemli, az nemli ve tam nemli) bekletilen numuneler izod darbe deneyiyle kırılmıştır. Ortalama absorbe edilen enerjileri ve darbe dirençleri belirlenmiştir.



Şekil 4.12 :Saf suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi

Şekil 4.12'deki grafiğe göre, saf suda bekletilmiş kestamidler için absorbe edilen enerjide kestamid için %4,2'lik, kestoil için %2,2'lik bir artış görülmektedir.

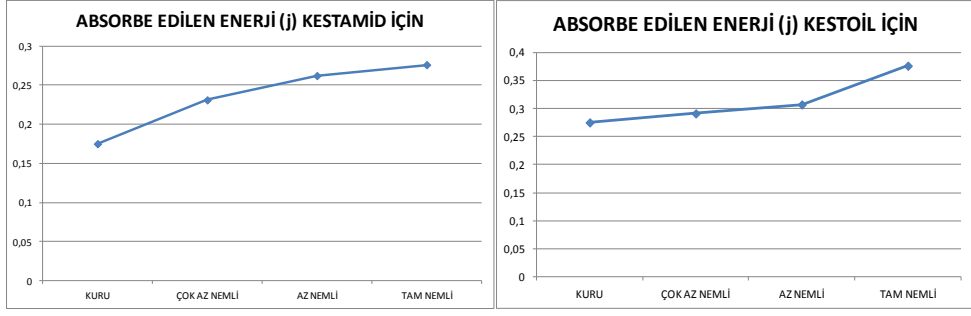


Şekil 4.13 : Saf suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi

Şekil 4.13'deki grafiğe göre, saf suda bekleyen kestamidler için darbe direncinde, kestamid için %4,1'lik, kestoil için %2,1'lik bir artış görülmektedir. Bu artışla birlikte numuneler darbelere karşı daha dirençli duruma gelmiştir.

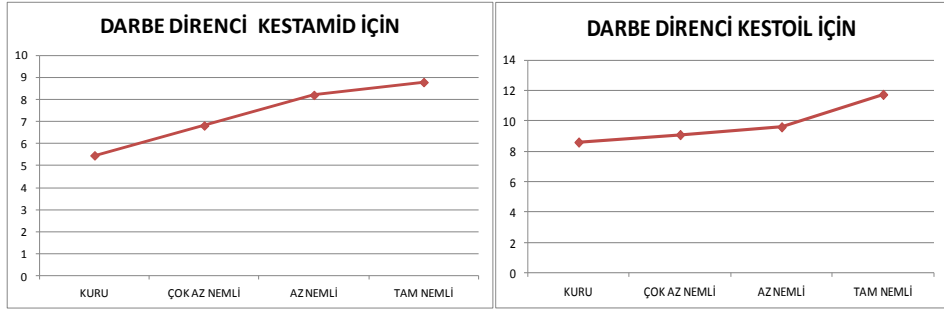
3. Deney Grubu: Tuzlu suda bekletilen kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

Numuneler 1000 gr saf suyun içerisine 35 gr deniz tuzu katılmasıyla elde edilen karışımda 1, 2 ve 3 gün bekletilmiş, izod darbe cihazıyla kırılmıştır. Ortalama absorbe edilen enerjileri ve darbe dirençleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 4.14 : Tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi

Şekil 4.14'deki grafiğe göre, deniz suyunda bekletilen numuneler için absorbe edilen enerjide, kestamid için %3,9'luk, kestoil için %2,5'lik bir artış görülmektedir.

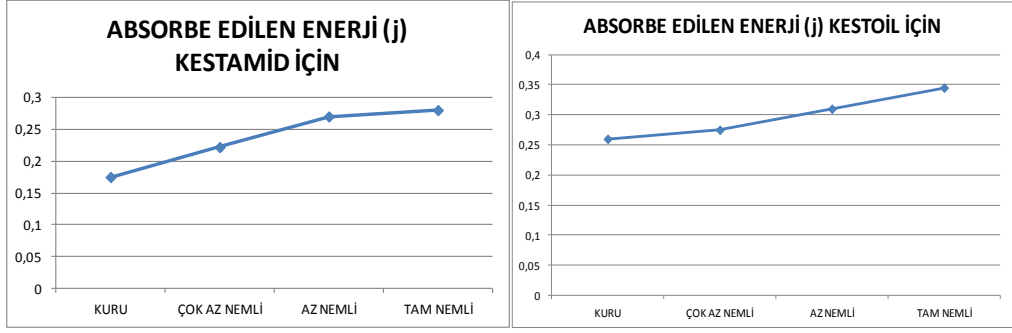


Şekil 4.15 : Tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi

Şekil 4.15'deki grafiğe göre, deniz suyunda bekletilen numunelerin darbe direncinde, kestamid için %2,9'luk, kestoil için %1,8'lik bir artış görülmektedir. Buna göre, deniz suyuna maruz kalacak yerlerde kullanılan kestamidler, darbelere daha dirençli olacaktır.

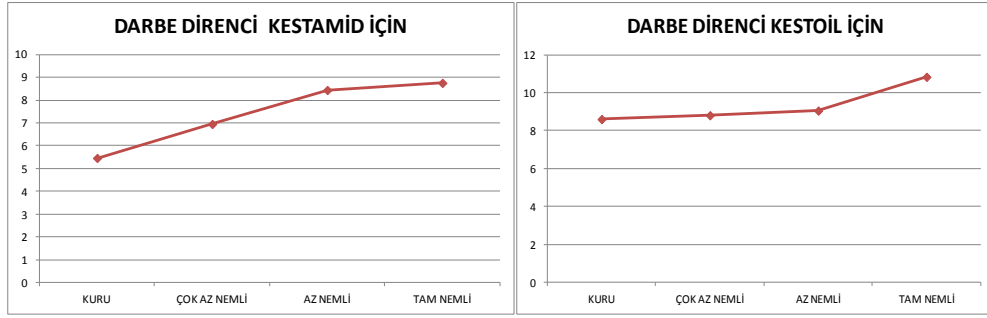
4. Deney Grubu: Aşırı tuzlu suda bekletilen kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

Kestamidler 1000 gr suda 90 gr tuz bulunan ortamda 1,2 ve 3 gün bekletilmişlerdir. İzod darbe deneyiyle kırıldıklarında elde edilen değerler aşağıdaki grafiklerdeki gibidir.



Şekil 4.16 : Aşırı tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi

Şekil 4.16'deki grafiğe göre, aşırı tuzlu suda bekletilen numuneler için absorbe edilen enerjide, kestamid için % 4,9' luk, kestoil için % 2,3' lük bir artış görülmektedir.

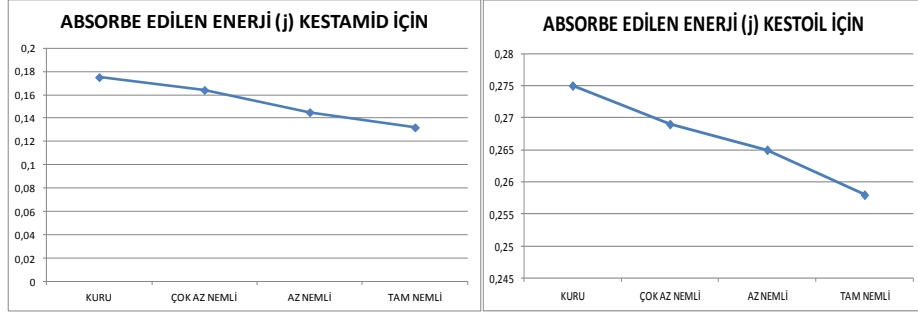


Şekil 4.17 :Aşırı tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi

Şekil 4.17'deki grafiğe göre, aşırı tuzlu suda bekletilen numunelerin darbe direncinde, kestamid için % 3,9'luk, kestoil için % 1,6'lık bir artış görülmektedir.

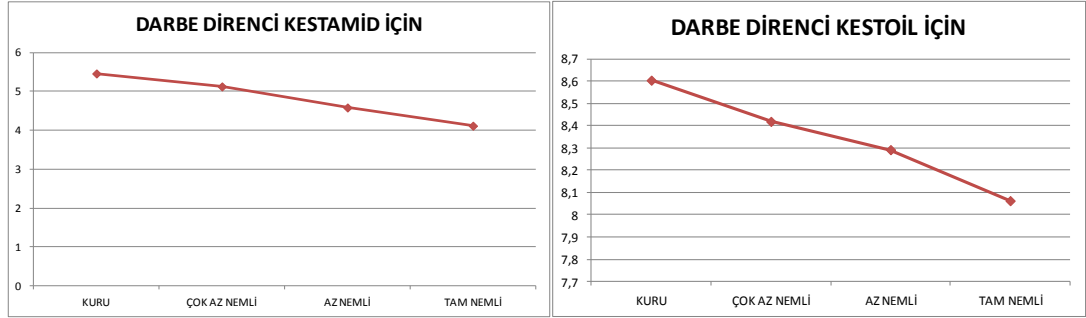
5. Deney Grubu: Makine yağında bekletilen kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

Kestamidler makine yağında 1, 2 ve 3 gün bekletilmişlerdir. İzod darbe deneyiyle kırıldıklarında elde edilen değerler aşağıdaki grafiklerdeki gibidir.



Şekil 4.18 : Makine yağında bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi

Şekil 4.18'deki grafiğe göre, makine yağında bekletilen numuneler için absorbe edilen enerjide, kestamid için % 1,5' luk, kestoil için % 5,1' lik bir azalış görülmektedir.



Şekil 4.19 :Makine yağında bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi

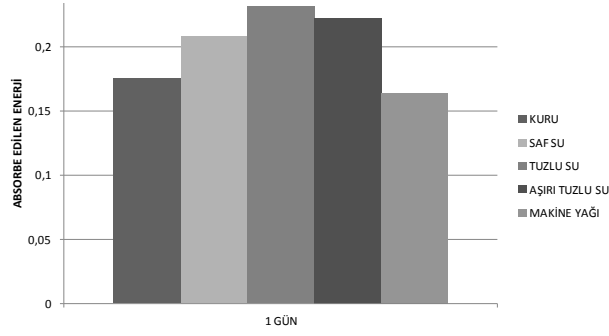
Şekil 4.19'deki grafiğe göre, makine yağında bekletilen numunelerin darbe direncinde, kestamid için % 0,5'lik, kestoil için % 0,25' lik bir azalış görülmektedir.

4.6.2 Kuru olan numuneleri referans alıp diğer bekletme durumlarıyla karşılaştırılması

A) Kestamid İçin;

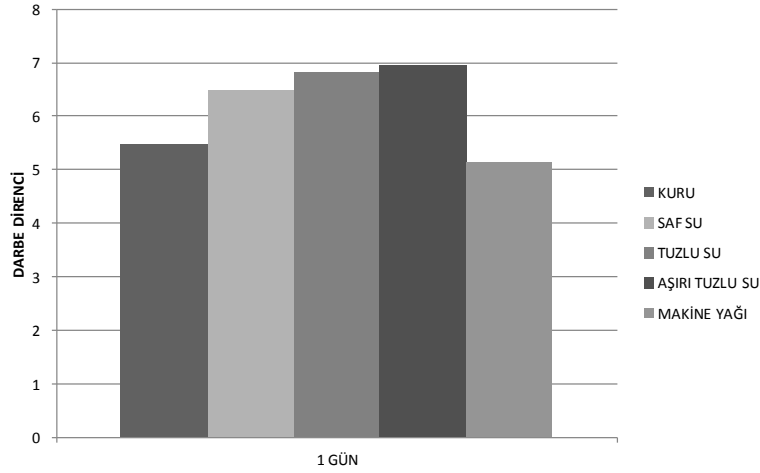
1) Kuru numuneye 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin karşılaştırılması

Kestamid numuneler saf su, tuzlu su, aşırı tuzlu su ve makine yağında 1 gün bekletilmiş, izod darbe cihazıyla kırılmıştır. Absorbe edilen enerji değerleri ölçülmüştür. Aşağıda Şekil 4.20' de kuru numuneye farklı ortamlarda 1 gün bekletilen numunelerin absorbe edilen enerji değişimi görülmektedir.



Şekil 4.20 : Kuru numuneyle 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.20'deki grafiğe göre; saf suda 1 gün bekleyen numunenin absorbe edilen enerjisi, tuzlu suda bekleyene göre % 3 oranında artmıştır. Fakat aşırı tuzlu suda bekleyen numune saf ve tuzlu suyun absorbe ettiği enerjisine oranla düşüş göstermiştir. Yani % 1,5 civarında azalma olduğu görülmektedir. Makine yağında 1 gün bekleyen numunede ise diğer ortamlara oranla % 5'e yakın bir düşüş görülmektedir.

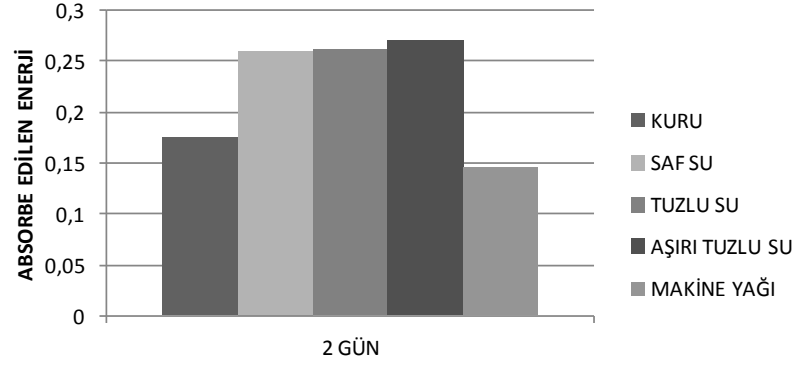


Şekil 4.21 : Kuru numuneyle 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.21'deki darbe direnci grafiğine bakılacak olursa, saf, tuzlu ve aşırı tuzlu suda 1 gün bekleyen numunede, kuruya oranla darbe direnci % 2,8 oranında artmış, fakat makine yağında % 1,2 oranında düşüş olmuştur. Saf ve tuzlu su darbe direncini doğru orantılı olarak artırırken, makine yağı ters oranda bir etki etmiş ve darbe direncini azaltmıştır.

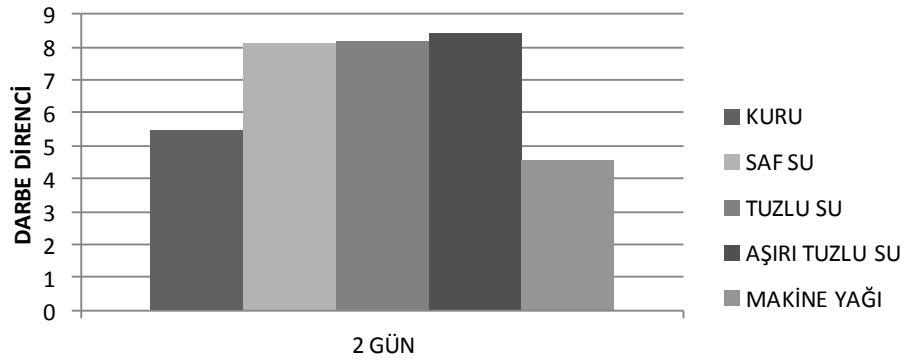
2) Kuru numuneye 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin karşılaştırılması

Kestamid numuneler saf su, tuzlu su, aşırı tuzlu su ve makine yağında 2 gün bekletilmiş, izod darbe cihazıyla kırılmıştır. Absorbe edilen enerji değerleri ölçülmüştür. Aşağıda Şekil 4.22’deki grafikte kuru numuneye farklı ortamlarda 2 gün bekletilen numunelerin absorbe edilen enerji değişimi görülmektedir.



Şekil 4.22 : Kuru numuneye 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.22’deki grafiğe göre; saf suda 2 gün bekleyen numunenin absorbe edilen enerjisi, tuzlu suda bekleyene göre çok değişiklik göstermemiştir. Fakat aşırı tuzlu suda bekleyen numune saf ve tuzlu suyun absorbe ettiği enerjisine oranla artış göstermiştir. Yani % 1,2 civarında artış olduğu görülmektedir. Makine yağında 2 gün bekleyen numunede ise diğer ortamlara oranla % 3’e yakın bir düşüş görülmektedir.

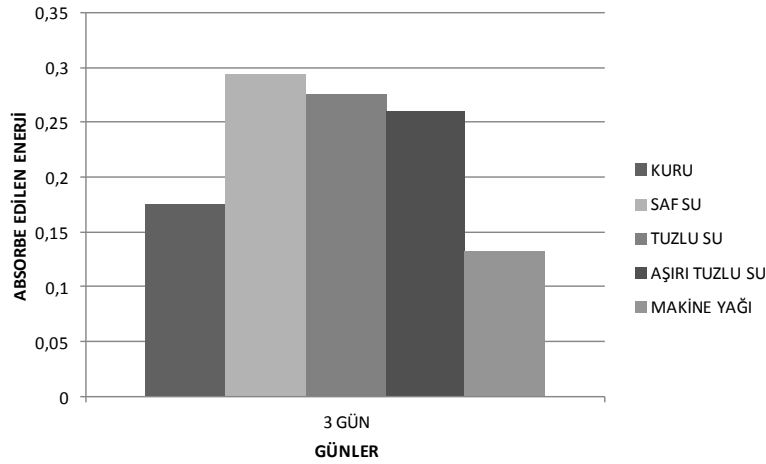


Şekil 4.23 : Kuru numuneye 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.23'deki darbe direnci grafiğine bakılacak olursa, saf, tuzlu ve aşırı tuzlu suda 2 gün bekleyen numunede, kuruya oranla darbe direnci % 3,5 oranında artmış, fakat makine yağında % 2 oranında düşüş olmuştur. Saf ve tuzlu su darbe direncini doğru orantılı olarak artırırken, makine yağı ters oranda bir etki etmiş ve darbe direncini azaltmıştır.

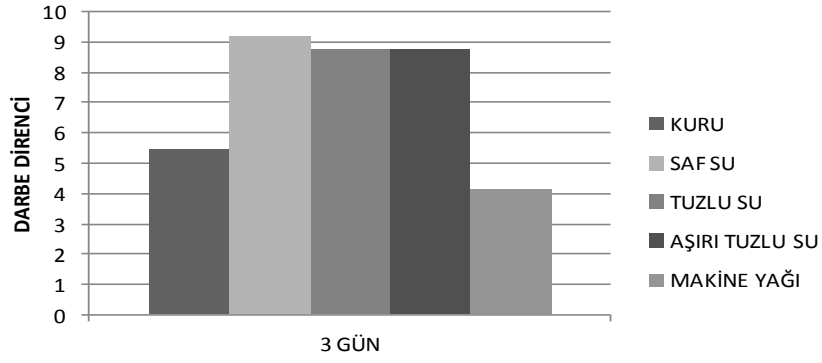
3) Kuru numuneye 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin karşılaştırılması

Kestamid numuneler saf su, tuzlu su, aşırı tuzlu su ve makine yağında 3 gün bekletilmiş, izod darbe cihazıyla kırılmıştır. Absorbe edilen enerji değerleri ölçülmüştür. Aşağıda Şekil 4.24'deki grafikte kuru numuneye farklı ortamlarda 3 gün bekletilen numunelerin absorbe edilen enerji değişimi görülmektedir.



Şekil 4.24 : Kuru numuneye 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.24'deki grafiğe göre; saf suda 3 gün bekleyen numunenin absorbe edilen enerjisi, tuzlu suda bekleyene göre azaldığı görülmektedir. Aynı şekilde aşırı tuzlu suda bekleyen numune saf ve tuzlu suyun absorbe ettiği enerjisine oranla azalma göstermiştir. Yani % 2,3 civarında düşüş olduğu görülmektedir. Makine yağında 3 gün bekleyen numunede ise diğer ortamlara oranla % 2'ye yakın bir düşüş görülmektedir.



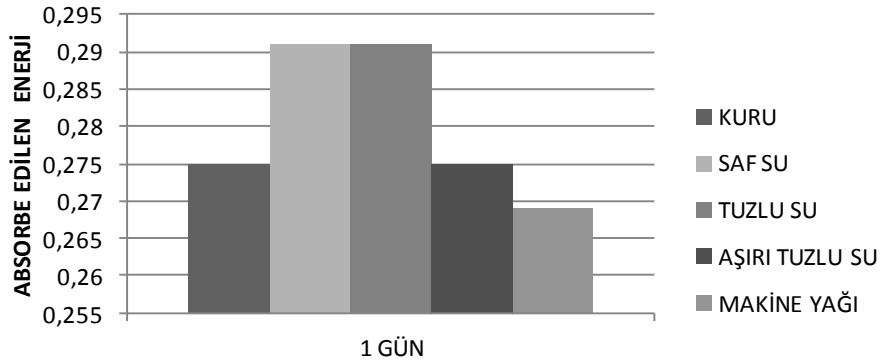
Şekil 4.25 : Kuru numuneye 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.25'deki darbe direnci grafiğine bakılacak olursa, saf, tuzlu ve aşırı tuzlu suda 3 gün bekleyen numunede, kuruya oranla darbe direnci % 4,5 oranında artmış, tuzlu ve aşırı tuzlu suda %1 oranında düşmüştür. Aynı şekilde makine yağında 3 gün bekleyen numunenin darbe direncinde %5 oranında düşüş olmuştur. Saf su darbe direncini doğru orantılı olarak artırırken, deniz suyu, aşırı tuzlu su ve makine yağı ters oranda bir etki etmiş ve darbe direncini azaltmıştır.

B) Kestoil İçin;

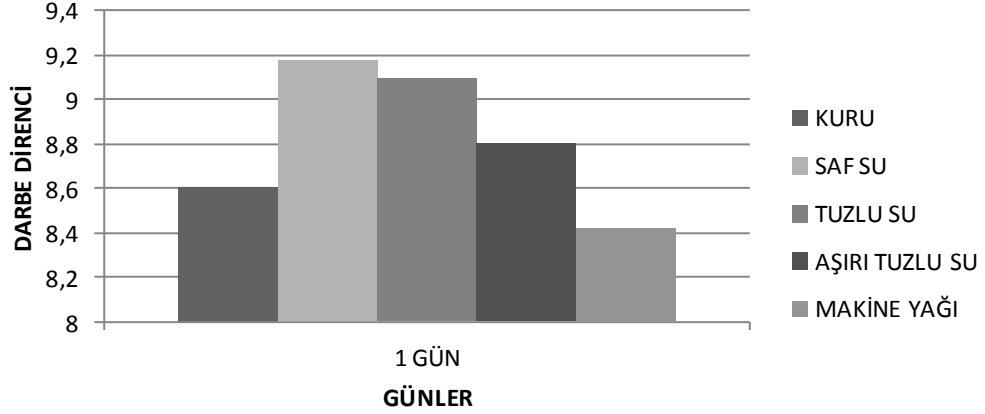
1) Kuru numuneye 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin karşılaştırılması

Kestoil numuneler saf su, tuzlu su, aşırı tuzlu su ve makine yağında 1 gün bekletilmiş, izod darbe cihazıyla kırılmıştır. Absorbe edilen enerji değerleri ölçülmüştür. Aşağıda Şekil 4.26'daki grafikte kuru numuneye farklı ortamlarda 1 gün bekletilen numunelerin absorbe edilen enerji değişimi görülmektedir.



Şekil 4.26 : Kuru numuneye 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.26'daki grafiğe göre; saf suda 1 gün bekleyen numunenin absorbe edilen enerjisi, tuzlu suda bekleyenle aynı olmuştur. Fakat aşırı tuzlu suda bekleyen numune saf ve tuzlu suyun absorbe ettiği enerjisine oranla düşüş göstermiştir. Yani %2 civarında azalma olduğu görülmektedir. Makine yağında 1 gün bekleyen numunede ise diğer ortamlara oranla % 1,8'e yakın bir düşüş görülmektedir.

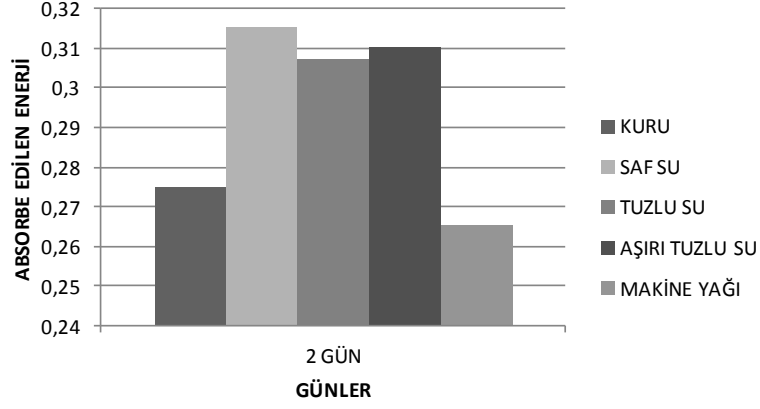


Şekil 4.27 : Kuru numuneye 1 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.27'deki darbe direnci grafiğine bakılacak olursa, saf, tuzlu ve aşırı tuzlu suda 1 gün bekleyen numunede, kuruya oranla darbe direnci % 1,8 oranında azalmış, fakat makine yağında % 1,2 oranında düşüş olmuştur. Saf su darbe direncini doğru orantılı olarak artırırken, tuzlu, aşırı tuzlu ve makine yağı ters oranda bir etki etmiş ve darbe direncini azaltmıştır.

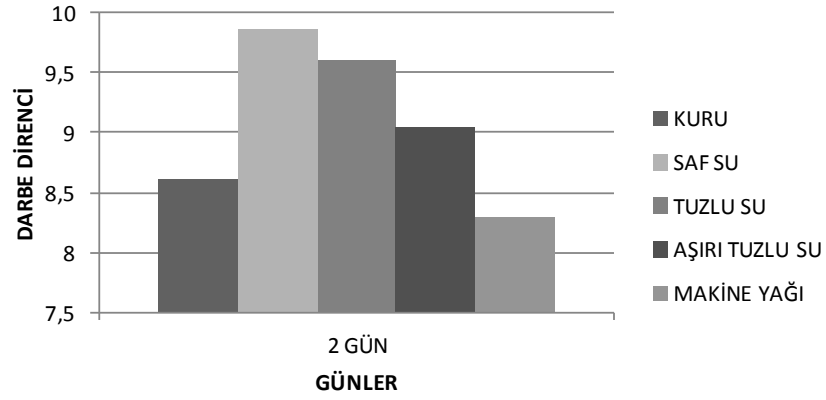
2) Kuru numuneye 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin karşılaştırılması

Kestoil numuneler saf su, tuzlu su, aşırı tuzlu su ve makine yağında 2 gün bekletilmiş, izod darbe cihazıyla kırılmıştır. Absorbe edilen enerji değerleri ölçülmüştür. Aşağıda Şekil 4.28'deki grafikte kuru numuneye farklı ortamlarda 2 gün bekletilen numunelerin absorbe edilen enerji değişimi görülmektedir.



Şekil 4.28 : Kuru numuneyle 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.28'deki grafiğe göre; saf suda 2 gün bekleyen numunenin absorbe edilen enerjisi, tuzlu suda bekleyene oranla fazladır. Fakat aşırı tuzlu suda bekleyen numune saf suyun absorbe ettiği değere oranla düşük, tuzlu suyun absorbe ettiği değere oranla yüksektir. Makine yağında 2 gün bekleyen numunede ise diğer ortamlara oranla % 1,6'ya yakın bir düşüş görülmektedir.

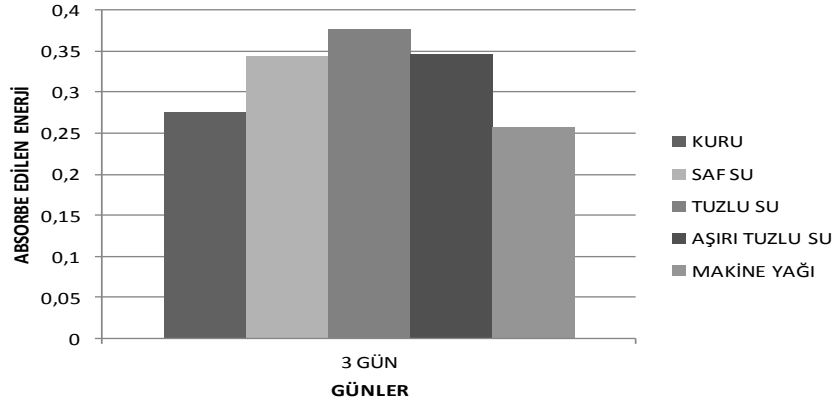


Şekil 4.29 : Kuru numuneyle 2 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.29'daki darbe direnci grafiğine bakılacak olursa, saf suda 2 gün bekleyen numunede, kuruya oranla darbe direnci % 3,8 oranında artmıştır, fakat tuzlu su, aşırı tuzlu su ve makine yağında % 3,2 oranında düşüş olmuştur. Saf su darbe direncini doğru orantılı olarak artırırken, tuzlu, aşırı tuzlu ve makine yağı ters oranda bir etki etmiş ve darbe direncini azaltmıştır.

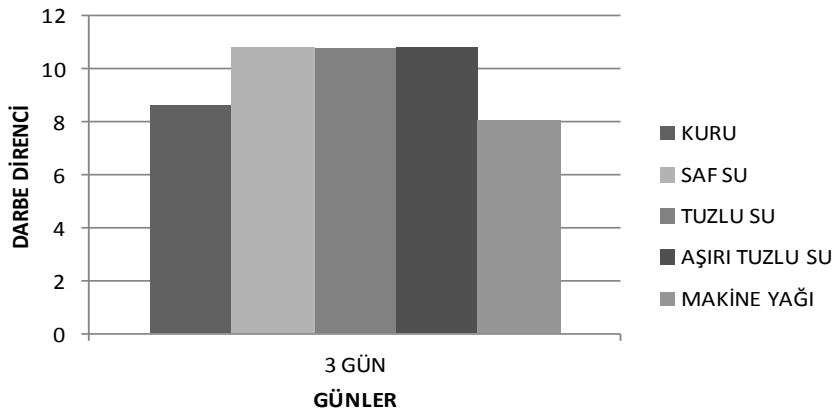
3) Kuru numuneye 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin karşılaştırılması

Kestoil numuneler saf su, tuzlu su, aşırı tuzlu su ve makine yağında 3 gün bekletilmiş, izod darbe cihazıyla kırılmıştır. Absorbe edilen enerji değerleri ölçülmüştür. Aşağıda Şekil 4.30'deki grafikte kuru numuneye farklı ortamlarda 3 gün bekletilen numunelerin absorbe edilen enerji değişimi görülmektedir.



Şekil 4.30 : Kuru numuneye 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin absorbe edilen enerjilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.30'deki grafiğe göre; saf suda ve tuzlu suda 3 gün bekleyen numunenin absorbe edilen enerjisi kuruya oranla % 1,6 oranında artmıştır. Fakat aşırı tuzlu suda ve makine yağında bekleyen numune saf ve tuzlu suyun absorbe ettiği değere oranla düşüktür. Makine yağında bekleyen numune diğer ortamlara oranla % 1,8'e yakın bir düşüş görülmektedir.



Şekil 4.31 : Kuru numuneye 3 gün farklı ortamlarda beklemiş numunelerin darbe dirençlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.31'deki darbe direnci grafiğine bakılacak olursa, saf suda, tuzlu suda ve aşırı tuzlu suda 3 gün bekleyen numunelerde, kuruya oranla darbe direnci % 2 oranında artmıştır. Grafiğe göre saf suda, tuzlu suda ve aşırı tuzlu suda bekleyen numunelerin darbe direncinde çok değişiklik olmamıştır. Makine yağında bekleyen numunelerde ise % 3,2 oranında düşüş olmuştur. Saf su, tuzlu su ve aşırı tuzlu su darbe direncini doğru orantılı olarak artırırken, makine yağı ters oranda bir etki etmiş ve darbe direncini azaltmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, kestamid malzemelerin günlük yaşantı içerisinde kullanılabileceği düşünülen alanlarda karşılaşılabileceği farklı nem durumları, laboratuvar ortamında oluşturularak deney numunelerine önceden belirlenmiş sürelerde uygulanarak, istenilen nem miktarlarının deney numunelerinde oluşması sağlanmıştır. İstenilen bekleme süresinde gerekli nem düzeyine ulaştırılan numuneler, ortam oluşturma kaplarından çıkarıldıktan hemen sonra seri halde izod darbe deneyi cihazına bağlanmış ve darbe dayanımı ölçümü yapılmıştır.

Numunelerin içinde bulunacağı nem ortamı için, saf su, deniz suyu, aşırı tuzlu su ve makine yağı tercih edilmiştir. Bu ortamlarda önceden belirlenen sürelerde bekletilerek, istenilen nem oranına getirilen numunelere yapılan ölçümler, kuru deney numunelerinin izod darbe sonuçlarıyla karşılaştırmalı değerlendirilmiştir. Bu sayede oluşturulan nem ortamı ve bekleme sürelerinin deney numuneleri üzerindeki etkisi deneysel olarak bulunmuştur. Bulunan deneysel sonuçlar tez içerisindeki ilgili bölümlerde grafiklerle sunulmuştur. Elde edilen deneysel sonuçlar genel hatlarıyla şu şekilde özetlenebilir ;

- I.** Kuru kestamidler 1 gün saf suda bekletildiğinde darbe dayanımı %1,8 artmıştır. 2 gün bekletildiğinde % 3,5 artmıştır. 3 gün bekletildiğinde ise % 4 artmıştır.
- II.** Kuru kestamidler 1 gün tuzlu suda bekletildiğinde darbe dayanımı % 2,4 artmıştır. 2 gün bekletildiğinde % 3,6 artmıştır. 3 gün bekletildiğinde ise, %3,3 artmıştır.
- III.** Kuru kestamidler 1 gün aşırı tuzlu suda bekletildiğinde darbe dayanımı %2,8 artmıştır. 2 gün bekletildiğinde %4 artmıştır. 3 gün bekletildiğinde ise, %3,2 artmıştır.
- IV.** Kuru kestamidler 1 gün makine yağında bekletildiğinde darbe dayanımı %1,6 azalmıştır. 2 gün bekletildiğinde %1,8 azalmıştır. 3 gün bekletildiğinde ise, %2 azalmıştır.

V. Kuru kestoiller 1 gün saf suda bekletildiğinde darbe dayanımı %1,7 artmıştır. 2 gün bekletildiğinde %2 artmıştır. 3 gün bekletildiğinde de % 2 artmıştır

VI. Kuru kestoiller 1 gün tuzlu suda bekletildiğinde darbe dayanımı %1,5 artmıştır. 2 gün bekletildiğinde % 1,9 artmıştır. 3 gün bekletildiğinde ise %2,1 artmıştır.

VII. Kuru kestoiller 1 gün aşırı tuzlu suda bekletildiğinde darbe dayanımı %1,4 artmıştır. 2 gün bekletildiğinde %1,8 artmıştır. 3 gün bekletildiğinde ise %2 artmıştır.

Yapılan bu çalışma sonrasında, farklı tip kestamid malzemelerin (kestamid-kestoil) tanımlanmış farklı tür sıvı ortamlarında, belirlenmiş özel sürelerde bekletilmesi sonrasında elde edilen deney numunelerine ait izod darbe deneyi sonuçları sunulmuştur. Bu ortamların ve bekletme sürelerinin deney sonuçlarına etkisi detaylı olarak ortaya konulmuştur.

Darbe kuvveti etkisi ve nem içeren ortamlarda çalışacak makine elemanı imalatında kestamid türü malzemelerin uygun olduğu görülmektedir. Nemin kestamid türü malzemelerdeki çekme mukavemeti üzerindeki olumsuz etkiside bilindiği için, darbe dayanımı artışı ile çekme dayanımındaki azalma dengesinin tasarım ve imalatta göz önünde bulundurulması gereklidir. Pa6G malzemelerden yapılmış makine elemanlarının montaj sırasında uygulanacak darbe kuvvetlerinin etkisiyle zarar görmemesi için, kestamid parçaların montaj öncesi nemlendirilmesi olumlu katkı sağlayacaktır.

Yapılan bu çalışmada numunelerin nem ortamlarında bekletme süreleri en kısa zaman mantığına göre düzenlenmiştir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda bekletme ortamlarındaki sürelerin daha uzun, örneğin 1, 6 ve 12 ay gibi seçilerek uzun zaman dilimlerindeki nem faktörünün darbe mukavemeti üzerindeki etkisinin incelenmesi önerilebilir. Uzun süreli bekletme sonrasında tuz ve makine yağı gibi ortamların kimyasal etkileri daha iyi ortaya çıkaracağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- [1] **Davim, J. P., Silva, L.R., Festas, A., Abrão, A.M.**, 2009 : Machinability study on precision turning of PA66 polyamide with and without glass fiber reinforcing, *Materials and Design*, 30: pp 228–234.
- [2] **Adams, N.**, 1963 : Friction and deformation of nylons, *J. Appl. Polym. Sci.*, 7: pp. 2075–2103 .
- [3] **Samyna, P., Baets, P., Schoukens, G., Van Driessche, I.**, 2007 : Friction, wear and transfer of pure and internally lubricated cast polyamides at various testing scales, *Wear*, 262: pp. 1433–1449.
- [4] **Palabıyık, M., Bahadur, S.**, 2000: Mechanical and tribological properties of polyamide 6 and high density polyethylene polyblends with and without compatibilizer, *Wear*, 246: pp. 149–158 .
- [5] **Samyn, P., Tuzolana T. M.**, 2007: Effect of test scale on the friction properties of pure and internal-lubricated cast polyamides at running-in”, *Polymer Testing*, 26: pp.660–675.
- [6] **Liu, C.Z., Wu, J.Q., Li, J.Q., Ren, L.Q., Tong, J., Arnell, R.D.**, 2006: Tribological behaviours of PA/UHMWPE blend under dry and lubricated condition, *Wear*, 260: pp. 109–115 .
- [7] **Mata, F., Reis, P., Davim, J.P.**, 2006: Physical cutting model of polyamide composites (PA66 GF30), *Mater Sci Forum*, 514–516: pp. 643–647.
- [8] **Atakök, G.**, 2003. Döküm polyamid malzemelerin CNC tezgahlarında işlenebilirliği, Marmara Üniv. Fen Bilimleri Enst., *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- [9] **Yaşar, H.**, 2001: Plastikler dünyası, MMO yayınları, İstanbul.
- [10] **Bozdemir, M.**, 2011 : The effect of water absorbtion in cast PA6G material on processing parameters, *Scientific Research and Essays*, Vol. 6(4), pp. 714–719

- [11] **Bozdemir, M.**, 2010: The analysis of humidity factor in cestamide materials on surface roughness with the help of artificial neural network, *Scientific Research and Essays*, Vol. 5(11), pp. 1370–1375
- [12] **Bozdemir, M. and Aykut, S.**, 2012: Optimization of surface roughness in end milling Castamide, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, DOI: 10.1007/s00170-011-3840-2
- [13] **Kohan, M.I.**, 1995: Nylon plastic handbook, Verlag, Munich, pp. 5-45.
- [14] **Herbert, R.S., Carleton, E. and Bigelow, M H.**, 1943: Handbook of plastics, D. Van Nostrand Co., New York.
- [15] **Rong-guo, Z., Wen-bo, L, Hua-ming, X, Guo-zhong, W.**, 2006: Water-absorptivity and mechanical behaviors of PTFE/PA6 and PTFE/PA66 blends, *Trans. Nonferrous Met. SOC. China* 16 , pp 498-503.
- [16] **Rajeesh, K.R., Gnanamoorthy, R., Velmurugan, R.**, 2010: Effect of humidity on the indentation hardness and flexural fatigue behavior of polyamide 6 nanocomposite, *Materials Science and Engineering*, 527, pp 2826–2830.
- [17] **Srinath, G., Gnanamoorthy, R.**, 2007: Sliding wear performance of polyamide 6–clay nanocomposites in water, *Composites Science and Technology*, 67, pp 399–405.
- [18] **Güler, Ç., Çobanoğlu, Z.**, 1997: Plastikler, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Ankara.
- [19] **Url-1** <<http://www.kolumanplastik.com/>>, alındığı tarih 16.02.2012
- [20] **Url-2** <<http://en.wikibooks.org>>, alındığı tarih 16.02.2012
- [21] **Erbay, B.**, 2006: Nemin %30 cam elyafı ile takviye edilmiş poliamid 6.6 malzemede sıkıştırılabilme mukavemeti üzerine etkisinin incelenmesi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir.

- [22] **Pişkin, E.**,1999: Polimerler II Mühendislik Polimerleri, PAGEV yayınları, s. 53-65, İstanbul.
- [23] **Url-3** <<http://www.mizanplastik.com.tr>>, alındığı tarih 16.02.2012
- [24] **Url-4** <<http://polimersan.support.com.tr>>, alındığı tarih 16.02.2012
- [25] **Url- 5** <<http://www.interplast.com.tr>>, alındığı tarih 16.02.2012
- [26] **Url- 6**<<http://www.acametal.com.tr>>, alındığı tarih 16.02.2012
- [27] **Url-7** <<http://www.korkmazmetal.com>>, alındığı tarih 16.02.2012
- [28] **TS 1005 EN ISO 180**, 1999. Plastikler- İzod Darbe Mukavemetinin Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [29] **Özenç, M.**, 2007: Yapıştırma Bağlantılarının Darbe Yükleri Altındaki Davranışlarının İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Denizli.
- [30]**Url-8**<<http://www.quadrantplastics.com/eu-en/products/machinable-plastics/engineering-80-160-c/ertalon-R-and-nylatron-R-products/ertalon-R-6-pla.html> >, alındığı tarih 16.02.2012
- [31]**Url-9**<<http://www.quadrantplastics.com/eu-en/products/machinable-plastics/engineering-80-160-c/ertalon-R-and-nylatron-R-products/nylatron-R-nsm.html>>, alındığı tarih 16.02.2012

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Didem TURGUT

Doğum Yeri ve Tarihi: Bursa 1986

Adres: Üçeylül Mah. Sedir Küme Evleri BALIKESİR

Lisans Üniversitesi: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi