

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

PLASTİKLERDE MALZEME MUAYENESİ VE
ÇEKME ÇUBUĞU ÜRETİMİ

Arif Tekin ÇAKMAKCI

Yönetici : Doç. Dr. Mehmet YÜKSEL

ÖNSÖZ

Plastik malzemeler çağımızda en yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Teknik kullanımı bir yana bırakılırsa plastikler günlük kullanımda her an karşımıza çıkmaktadır. Bu bakımdan bizler için oldukça değerli ve kullanışlı olan ve de gittikçe önem kazanan bu malzemeleri daha yakından tanımamız gereklidir.

Bu çalışmada plastik malzemelerin çeşitli yönden sınıflandırılmaları yapılmış, bir konstrüksiyon malzemesi olarak metallere göre üstünlük ve sakıncaları belirtilmiş ve plastik malzemelerin mekanik, termik, elektriksel malzeme muayene yöntemleri ile tüm diğer özelliklerinden bahsedilmiştir. Son aşamada ise, dizaynı ve üretimi yapılmış olan basma kalıbı ile Petkim tarafından üretilen polietilenden, mekanik malzeme muayene yöntemlerinin temeli olan çekme deneyi için çekme çubuğunun üretimi hedef alınmıştır.

Çalışmamda değerli yardımlarını esirgemeyen ve daima yol gösterici olan Sayın hocam Doç. Dr. Mehmet Yüksel ve yardımını gördüğüm tüm arkadaşlara teşekkürü bir borç bilirim.

Arif Tekin Çakmakçı
Trabzon-Kasım 1985

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

1.GİRİŞ	1
2.PLASTİKLERİN SINIFLANDIRILMASI ve GENEL KONSTRÜKSİYON ÖZELLİKLERİ	6
2.1 Plastiklerin Sınıflandırılması	7
2.1.1 Yapıları Yönünden Sınıflandırma	7
2.1.2 Hammaddeleri Yönünden Sınıflandırma	8
2.1.3 Üretim Yöntemleri Bakımından Sınıflandırma ...	9
2.2 Metallere Göre Plastiklerin Üstünlük ve Sakıncaları	10
2.2.1 Plastik Malzemelerin Metallere Göre Üstünlükleri	11
2.2.2 Plastik Malzemelerin Metallere Göre Olan Sakıncaları	12
3.PLASTİKLERDE MALZEME MUAYENESİ	14
3.1 Mekanik Özellikler	16
3.1.1 Gerilme-Uzamaya Bağlı Deneylerle Tesbit Edilen Özellikler	17
3.1.1.1 Çekme deneyi	17
3.1.1.2 Eğme deneyi	27
3.1.1.3 Basma deneyi	29
3.1.1.4 Sertlik deneyi	30
3.1.1.5 Elastizite modülünün tesbiti	32
3.1.1.6 Torsiyon-Salınım deneyi	34
3.1.1.7 Yarma deneyi	35
3.1.2 Darbe Etkisine Göre Tesbit Edilen Özellikler..	35
3.1.2.1 Çentiksiz numunelerde darbe deneyi	35
3.1.2.2 Çentikli numunelerde darbe deneyi	36
3.1.2.3 Darbeli çekme deneyi	37
3.1.2.4 Düşürme deneyi	38
3.1.3 Zamana Bağlı Özellikler	38
3.1.3.1 Sünme deneyi	38
3.1.3.2 Gerilme-gevşeme deneyi	41
3.1.3.3 Yorulma deneyi	42

3.2 Termik Özellikler	44
3.2.1 Temel Tanımların Belirlenmesi	44
3.2.1.1 Isı iletim katsayısı	45
3.2.1.2 Isı geçirgenliği	45
3.2.1.3 Isı geçirgenlik direnci	45
3.2.1.4 Toplam ısı transfer katsayısı	46
3.2.1.5 Toplam ısıl direnç	46
3.2.1.6 Isı taşınım katsayısı	46
3.2.1.7 Isı taşınım direnci	47
3.2.1.8 Linear uzama katsayısı	47
3.2.1.9 Sıcaklık yayılım ve ısıl yayınma katsayısı..	47
3.2.2 Üst Sınır Kullanım Sıcaklıklarının Belirlenmesi	48
3.2.2.1 Martens'e göre şekil dayanım sıcaklığı	48
3.2.2.2 Vicat iğnesi ile şekil dayanım sıcaklığının belirlenmesi	49
3.2.2.3 ISO/R 75'e göre sıcakta şekil dayanımı	49
3.2.3 Yanma ve Alevlenmenin İncelenmesi	50
3.2.3.1 Alevlenme ve yanabilirlik	50
3.2.3.2 Kızgın konik uç deneyi	50
3.2.3.3 Akkor direnci	50
3.3 Elektriksel Özellikler	51
3.3.1 İzolasyon Etkisinin Araştırılması	52
3.3.1.1 Geçiş direnci	52
3.3.1.2 Özgül geçiş direnci	52
3.3.1.3 Yüzey direnci	53
3.3.1.4 Tıpa elektrodlar arasındaki direnç	54
3.3.1.5 Ark direnci	54
3.3.2 Dielektrik Özelliklerinin Araştırılması	56
3.3.2.1 Dielektrik sabiti	56
3.3.2.2 Dielektrik kayıp faktörü	57
3.3.3 Elektriksel Mukavemet Değerlerinin Araştırılması	58
3.3.3.1 Delme alan şiddeti	58
3.3.3.2 Yüzey arkı	59

3.3.4 Özel Deneyler	59
3.3.4.1 Elektrik ark kararlılığı	59
3.3.4.2 Elektrostatik yüklenme	60
3.4 Plastik Malzemelerin Diğer Özellikleri	61
3.4.1 Optik özellikler	61
3.4.2 Kimyasal özellikler	61
3.4.3 Erozyon, Kavitasyon ve Gerilmeli korozyon ...	62
3.4.4 Yaşlanma	63
3.4.5 Biyolojik etki	63
3.4.6 Su soğurumu	64
4.KALIP YAPIMI ve ÇEKME ÇUBUĞU ELDE EDİLMESİ	64
5.DENEY SONUÇLARI	67
EK 1 : Plastiklerin Kısa Gösterişleri	72
KAYNAKÇA	74

Plastik Basma Kalıbının Montaj ve Parça Resimleri

1.GİRİŞ

Bütün dünyada petrokimya sektörü çok hızlı gelişme temposunu yıllardır sürdürmektedir. İstatistiklere göre bu gelişme dünya'da %15 civarında bir ortalama sahiptir. Bugün içinde bulunduğumuz petrol krizi plastik hammadde üretimini her ne kadar olumsuz yönde etkilese de plastik malzemelere olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bugün plastikler bilinen birçok malzemenin yerini almış ve almaya da devam etmektedir. Plastik endüstrisi bilinen plastiklere yeni uygulama sahaları bulmak ve yeni plastik türleri geliştirmek için sürekli araştırma yapmakta ve bunun için çok para harcanmaktadır.)

(Plastik malzemeler özellik ve iyi işlenebilmelerinden dolayı diğer malzeme grupları arasında kendilerine sağlam bir yer edinmişlerdir.)

(Plastikler özellikleri gereği bilinen diğer malzemelere göre daha uygun ve işlenmelerinin daha ekonomik olduğu durumlarda kullanılmalıdırlar. Plastiklerin en belirgin özellikleri düşük özgül ağırlıkları, iyi izolasyon özellikleri, dış etkilere ve kimyasal maddelere karşı dayanımları, düşük ısı iletim özelliği ve kısmen iyi sayılabilecek mekanik özellikleridir. Buna karşın ısı etkisinde düşük şekil dayanımları, düşük elastizite modülü değerleri ve mekanik özelliklerin zaman'a (sünme) bağımlılığı dezavantajlarıdır.

Bu tipik özelliklerinden dolayı (plastikler yapılarda, makina yapımında, taşıt araçlarında, elektroteknikde, kimya aletleri yapımında, her türlü boru kullanımında, yiyecek ve her türlü maddenin paketlenmesi ve daha birçok alanda kullanılır.)

Bu özelliklerinin yanında (plastik malzemelerin iyi şekillendirilebilmeleri bütün sektörlerdeki kullanımının artmasını sağlayan bir başka nedendir. Özellikle ekstrüzyon, enjeksiyon, presleme, döküm, merkezkaç kuvveti ile şekillendirme, süngerleştirme (köpürtme), şekil değiştirme gibi talaşsız işlemler diğer malzemelerde hiç veya kısmen büyük enerji harcanarak gerçekleştirilebilmektedir. Aynı zamanda plastiklerin talaşlı imalatı için gerekli olan kuvvetler metallerin talaşlı imalatı için harcanan kuvvetlerden çok daha azdır. Bilinen

vidalama, perçinleme ve kaynak etme gibi birleştirme yöntemleri yanında plastik malzemeler çok rahatlıkla yapıştırılabilirler. Şekil verme işleminin diğer malzemelere göre daha kolay gerçekleşmesi plastik malzemelerin çok değişik amaçlar için şekillendirilme olanağını sağlar.

Plastik sınıfı kapsamına giren malzemelerin özelliklerinde türlerine göre büyük farklılıklar görülür. Bu nedenle plastiklerin bir malzeme grubu olarak üstünlük ve sakıncalarının diğer malzemelerle karşılaştırılması oldukça güçtür. Bazı genelleştirmeler yapmak mümkün ise de bunlar her plastik türü için geçerli olmayabilirler.

Örneğin plastik malzemelerin mukavemet özellikleri ve rijidliği bunların daha yüksek mukavemetli malzemelerle takviye edilmesi ile oldukça artar, cam takviyeli plastiklerle yapılan kayıklar buna örnek gösterilebilir.

Polyester üzerine sürülen yumuşatılmış Polivinilklorür göze hoş gelen, sızdırmaz ve suni deri olarak da adlandırılan malzemeyi meydana getirir. Bu malzeme kombinasyonu özellikle çanta ve bavul yapımında, taşıt araçlarının tavan ve koltuk kaplanmasında, kamyon tentelerinde, çadır ve şişirme çadırların örtülerinde kullanılmaktadır.

Yüksek sürtünme aşınması dayanımı plastik malzemelerin dişli, yatak ve sürtünen elemanların yapımında kullanılmasını sağlamaktadır. Bu özelliği yanında sessiz çalışmaları, az ve kolay bakımları plastik malzemelerin bu alandaki kullanımını daha da arttırmaktadır.

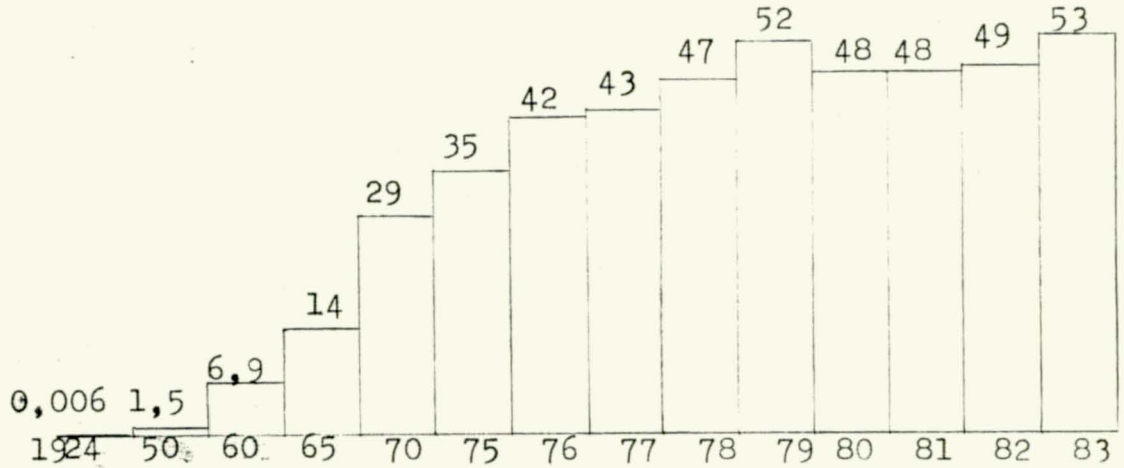
Plastik malzemelerin bir diğer belirgin özelliği de darbe dayanımları ve yüksek titreşim söndürme özelliğidir. Baret yapımında, kırılmaz saydam parçalarda ve taşıt araçlarının tamponlarında geniş bir kullanım alanı vardır.

Plastik endüstrisi hammadde üretimi, mamul madde üretimi ve plastik işleme makinaları sektöründen meydana gelmektedir. Bu üç sektör birbirine sıkı sıkıya bağlıdır fakat bağımsız olarak çalışırlar. Plastik malzeme kullanımının artmasında bu üç sektör de önemli bir rol oynamaktadır. Üretilen yeni bir plastik hammadde mamul madde üreticileri tarafından,

plastik işleme makinaları sektörü tarafından kullanıma sunulan en son yenilikleri içeren özel makinalarla, en optimal ve istenilen fonksiyonları sağlayan mamul haline getirilir.

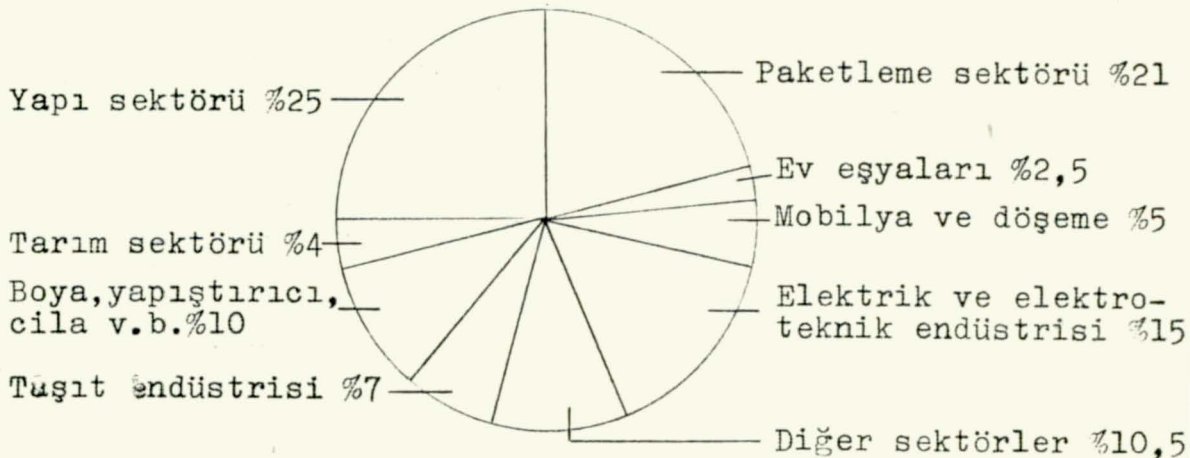
Dünya'daki plastik malzeme üretimi şekilde de görülebileceği gibi sürekli olarak artmaktadır.¹

(Milyon ton olarak)



1980-1982 yılları arasındaki düşüş o yıllarda meydana gelen petrol krizinden kaynaklanmaktadır.

Plastiklerin kullanıldığı sektörler göre dağılımı şöyle gösterilebilir.²



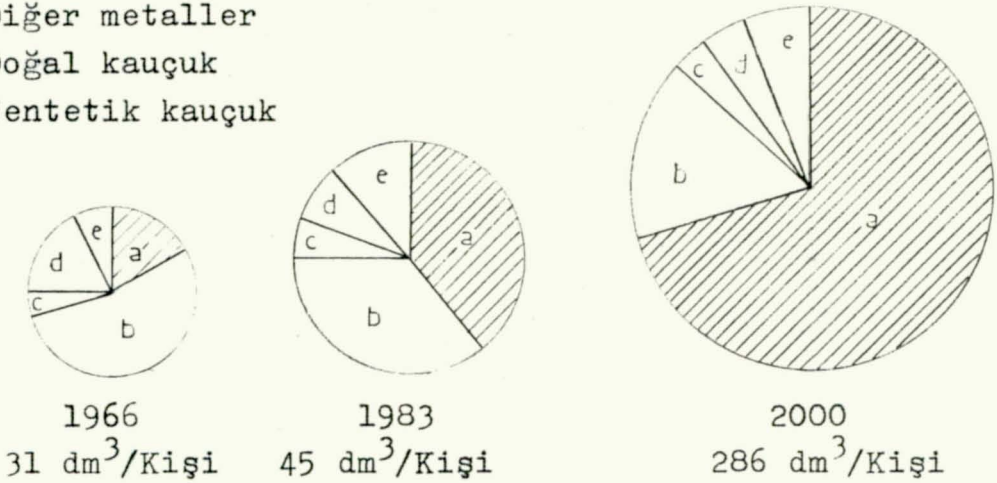
¹, Verband Kunststoffherzeugende Industrie e.V., Kunststoff-Industrie auf einen Blick.

Dünya'daki gelişmişlik göstergelerinden biri olan kişi başına elektrik tüketimi veya çelik tüketimi yanında yakın bir gelecekte kişi başına plastik malzeme tüketimi de bir gösterge olacaktır.

Houwink'e göre konstrüksiyon malzemeleri için bir tahmin yapılırsa 2000 yılında kişi başına düşen plastik malzeme tüketim miktarı diğer bilinen bütün malzemelerden fazla olacaktır.³

Konstrüksiyon malzemeleri:

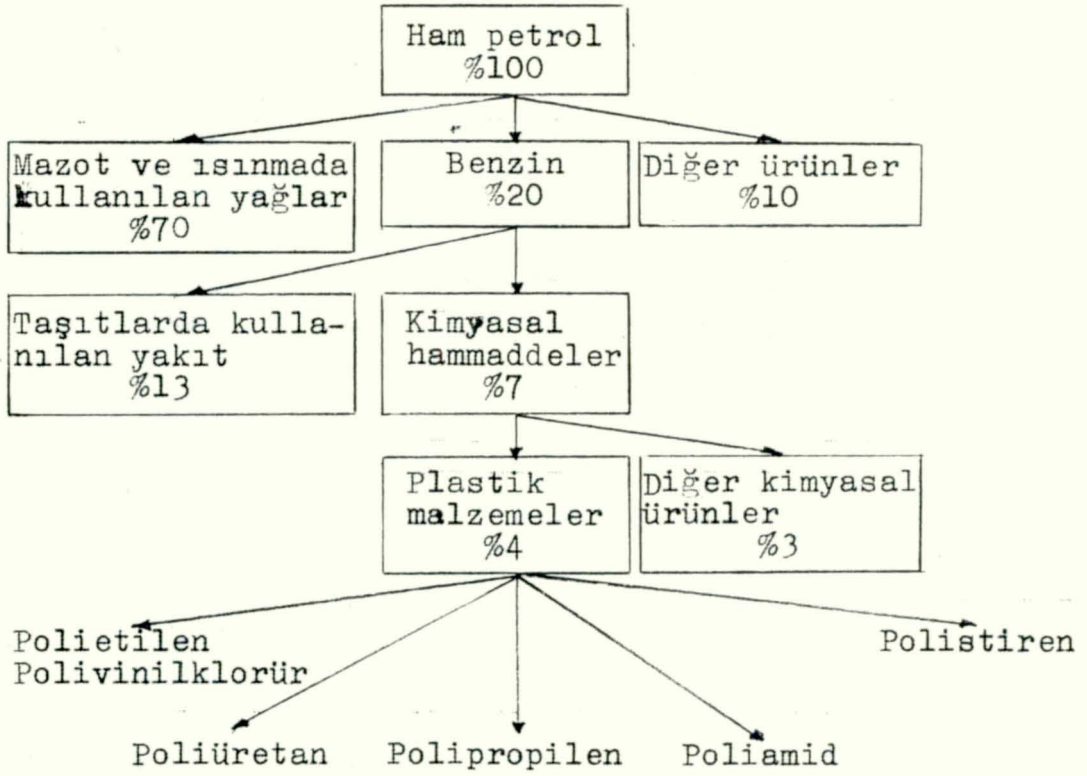
- a-Plastik malzemeler
- b-Demir-Çelik
- c-Diğer metaller
- d-Doğal kauçuk
- e-Sentetik kauçuk



Ham petrol üretiminin yaklaşık %4'ü plastik malzeme üretimine harcanmaktadır. Plastik malzemelerin tekrar değerlendirilebilme özelliğinden dolayı plastiklerin %65'i sekiz yıldan daha fazla bir süre için tekrar kullanıma sunulabilmektedir, bu da plastik malzemelerin ekonomikliğinin bir göstergesidir.⁴

³Georg Menges, Werkstoffkunde der Kunststoffe, Berlin: Sammlung Göschen Band 3002-Walter de Gruyter und Co., 1970, s.8.

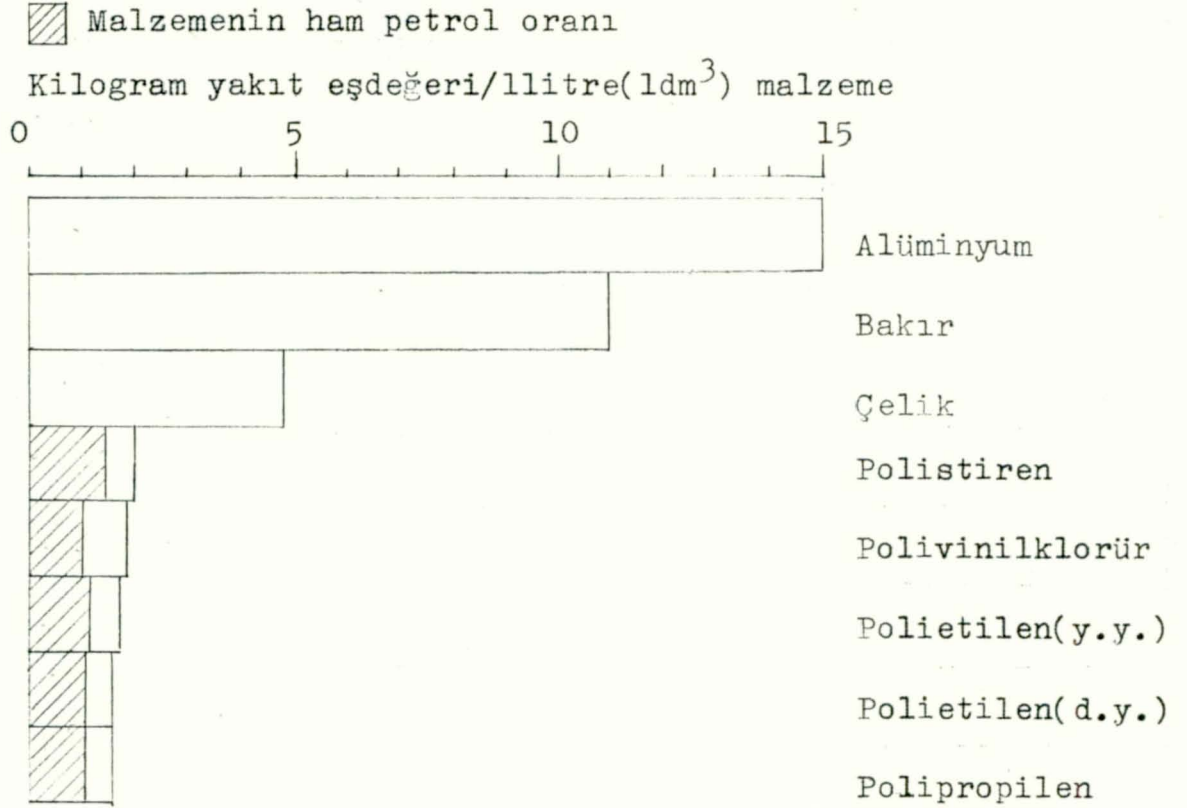
⁴Verband Kunststoffherzeugende Industrie e.V., Kunststoff-Industrie auf einen Blick.



Ayrıca plastik malzemeler enerji tasarrufunda önemli bir rol oynarlar bu hem üretim aşamasında hem de çeşitli kullanım alanlarında geçerlidir. Plastik malzemelerden yapılan birçok ürün diğer malzemelere göre daha az enerji harcanarak daha ekonomik olarak üretilebilir. Örneğin plastik malzemelerin taşıtlar ve uçaklarda kullanılmaları ağırlık azalması, dolayısı ile enerji tasarrufu sağlamaktadır.

(Çeşitli malzemelerin üretimleri için gerekli olan enerji miktarları karşılaştırıldığında plastiklerin diğer malzemelere göre oldukça az enerji harcanarak üretilebileceği görülmektedir.⁵)

⁵Verband Kunststoffherzeugende Industrie e.V., Kunststoff-Industrie auf einen Blick.



Bütün bu bilgiler plastik malzemelerin artık günlük ve teknik kullanımda vazgeçilemeyecek ekonomik malzemeler olduğunu göstermektedir.

2. PLASTİKLERİN SINIFLANDIRILMASI ve GENEL KONSTRÜKSİYON ÖZELLİKLERİ

Plastik malzemeler organik makromoleküler malzemelerdir. Genellikle düşük moleküler maddelerden sentetik olarak üretilirler.

Organik malzeme olarak plastikler genellikle Karbon(C), Hidrojen(H), Oksijen(O) ve Azot(N) dan meydana gelirler. Ayrıca yapılarında Klor(Cl), Flor(F), Kükürt(S) ve Silisyum(Si) bulunur. Bütün bu elemanlar kimyasal bileşik olarak doğal maddelerde örneğin kömür, petrol, tabii gaz, su, kireç, quarz kumu veya havada bulunurlar.

Bütün plastik malzemelerde genellikle şu ortak özellikler bulunur :

1-Silikonlar dışında hepsi Karbon(C) ihtiva eder

- 2-Düşük yoğunluğa sahiptirler ($\rho = 0,9-1,5 \text{ g/cm}^3$)
- 3-Düşük ısı iletim özelliği ($\lambda = 0,1-0,6 \text{ kcal/m}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}$)
özellikle Poliüretan(köpük) malzemelerde ($\lambda = 0,02 \text{ kcal/ms}\cdot^\circ\text{C}$)
- 4- İyi elektrik izolasyon özellikleri
- 5-İstenildiği gibi renklendirilebilme
- 6-Yaygın mekanik özellikler (konstrüksiyona göre malzeme seçilebilir)
- 7-Kolayca ve az enerji harcanarak işlenebilirler
- 8-Isı etkisinde sınırlı şekil dayanımı (malzemeye göre $90-250^\circ\text{C}$)
- 9-Yaşlanmaya karşı duyarlılık
- 10-Su alma özelliği
- 11-Büyük lineer ısıl genleşme katsayısı

2.1 Plastiklerin Sınıflandırılması⁶

2.1.1 Yapıları Yönünden Sınıflandırma

Plastik malzemeler molekül yapıları bakımından dört gruba ayrılır:

2.1.1.1 Plastomerler (veya Termoplastlar)

Plastomerler küçük moleküllerin (monomer) iki uçlarından birbirlerine bağlanarak yaptıkları uzun büyük moleküllerden (polimer) oluşurlar. Bu büyük moleküller (makromolekül) diğer makromoleküllerle kuvvetli bağlarla bağlı değildirler. Makromolekülün atomları arasındaki bağ, kuvvetli bir bağ olan kovalent bağ olmasına karşın, makromoleküller arasındaki bağ, sadece zayıf bir bağ olan Van der Waals bağıdır. Bu yüzden plastomerleri tekrar tekrar ısıtıp şekillendirmek, kaynak etmek mümkündür. Örnek: PE, PVC, PS, v.b.

2.1.1.2 Düromerler (veya Düroplastlar, veya Termosetler)

Düromerler de plastomerler gibi makromoleküllü organik malzemelerdir. Yanlız, bunların makromolekülleri arasında da kuvvetli bağlar mevcuttur. Makromoleküller çeşitli

⁶ Mehmet Yüksel ve A. Tekin Çakmakçı, "Plastik Malzemeler ve Türlerinin Deneysel Yollarla Belirlenmesi", Akdeniz Üniversitesi-Isparta Mühendislik Fakültesi 111. Mühendislik Haftasına sunulan bildiri, Isparta, 2.11.1988

yerlerinden kısa aralıklarla birbirlerine kovalent bağlarla bağlanmışlardır. Bu ağlaşma işlemi sıcaklık ve basınç altında olur (sertleştirme) ve tekrar çözülmez. O nedenle ki, düromerleri bir defa şekillendirdikten ve ağlaştırdıktan sonra ısıtıp tekrar yumuşatmak ve tekrar başka bir şekle geçirmek ve yumuşatıp kaynak etmek mümkün değildir. Sıcak ortamda kimyasal yapıları bozulana kadar önemli ölçüde yumuşamadıkları için sığağa çok dayanırlar. Örnek: EP, PUR, PF, UF, MF, v. b.

2.1.1.3 Elastomerler (veya Elastoplastlar, veya Kauçuklar)

Elastomerler de düromerler gibi ağlaşmış makromoleküllerden oluşurlar. Bunların ağlaşması da sıcaklık ve basınç altında olur. Yanlız elastomerlerde ağ aralıkları düromerlere göre çok daha geniştir. Yani makromoleküller daha az yerlerinden birbirleriyle kenetlenmişlerdir. Bunları ağlaştırdıktan (vulkanizasyon) sonra geçici olarak şekillendirmek (elastik şekillendirme) mümkündür, fakat bu şekillendirme kalıcı değildir. Şekillendirmeye neden olan yük kalkınca tekrar eski şekillerini alırlar. Isıtıp şeklini kalıcı olarak değiştirmek mümkün değildir. Bunlar lastik, kauçuk grubunu oluştururlar. Örnek: Yumuşak doğal ve yapay kauçuk, bazı poliamidler, katı izobutilen plastlar, v. b.

2.1.1.4 Fluidoplastlar (veya Sıvı Plastikler)

Fluidoplastlar, 20 C de akıcı olan, vizkozitesi yüksek sıvılardır. Yapıları plastomerlere benzer, makromolekülleri ağlaşmamıştır. Plastomerlerden farkı bunların makromolekülleri çok daha kısadır. Örnek: Sıvı izobutilen plastlar, sıvı vinileter plastlar, yumuşak bitumen, v. b.

2.1.2 Hammaddeleri Yönünden Sınıflandırma

Diğer bir sınıflandırma da hammaddeleri yönünden yapılır:

2.1.2.1 Doğal Kökenli Plastikler

Bunlar büyük (makro) moleküllü doğal maddelerin kimyasal

dönüşümüyle kazanılan plastiklerdir.Örneğin selüloz esaslı olanlar: selüloz asetat(CA),selüloz nitrat(CN),selüloz propinat(CP),selüloz aseto butirat(CAB) gibi.Süt esaslı olanlar: yapay boynuz,kazein yünü gibi.

2.1.2.2 Yapay Kökenli Plastikler

Bunlar ise anorganik ve organik temel maddelerden üretilirler.Esas büyük plastikler grubunu bunlar oluşturur.Polivinil klorür(PVC),polietilen(PE),teflon(PTFE) ve naylon (PA) gibi plastikler bu gruba girer.

2.1.3 Üretim Yöntemleri Bakımından Sınıflandırma

Elastomerler dışındaki plastikleri,üretim yöntemleri bakımından da sınıflandırmak mümkündür:

2.1.3.1 Polimerizatlar

Makromolekülleri oluşturan temel moleküllerin (monomer) binlercesinin yan yana bileşerek zincir şeklinde büyük moleküller yapmasıyla üretilen plastiklerdir.Bu arada açığa hiçbir yan ürün çıkmaz.Zincir bağları karbon-karbon (C-C) bağıyla olur.Polietilen(PE),polivinilklorür(PVC), polistiren(PS) bu gruptadır.

2.1.3.2 Polikondenzatlar

Aynı cins veya farklı monomerlerin birleşmesi ve bu arada su,amonyak,hidrojenklorür,alkol,v.s. gibi yan ürünlerin açığa çıkmasıyla oluşan plastiklerdir.Fenol reçineleri, üre reçineleri,melamin reçineleri,epoksit reçineleri, doymamış poliester reçineleri bu gruba girer.

2.1.3.3 Poliadüktler

Aynı cins veya farklı monomerlerin yan ürün çıkarmadan birleşmesi yoluyla üretilen plastiklerdir.Bu bileşim sürecinde bir hidrojen atomu yer değiştirir.Zincir bağlantıları C-C bağı yanında O-,S- ve N- bağları ile de olabilir. Lineer ve ağlaşmış poliüretanlar,epoksit reçineleri,klorlu polieter bu gruba dahildir.

ÇİZELGE-1 : Plastiklerin Sınıflandırılması .
(Elastomerler ve Sıvı Plastikler dışında)

Doğal Kökenli Plastikler	Düroplast (Termoset)	Kazein Plastikleri (CS)	
	Termoplast	Vulkan Fiber (VF)	
		<ul style="list-style-type: none"> •Selüloz nitrat (CN) •Selülozasetat (CA) •Selülozasetobütirat (CAB) •Selülozpropinat (CP) •Metilselüloz (MC) •Etilselüloz (EC) 	
Yapay Kökenli Plastikler	Polimerizat	Düroplast (Termoset)	
		Termoplast <ul style="list-style-type: none"> •P0:PE, PP, PB, PMP, PIB •VP:PVC, PVDC •PS, ABS, SB, SAN •AP:PAAE, PMMA, PAN •POM •FP:PTFE, PCTFE, PFEP, PVF, PVDF •Polivinilkarbazol •PVAC •PVAL 	
	Polikondenzat	Düroplast (Termoset)	PF, UF, MF, UP, SI Alküd reçineleri, Allül reç. PI, PBI, Pinonlar, PPX
		Termoplast	PA, PC, PET, PPO, Fenoksi reçineleri, Polisülfon, Aromatik Polieter
	Poliadükt	Düroplast (Termoset)	EP, PUR
		Termoplast	Lineer Poliüretanlar, Klorlu Polieter

2.2 Metallere Göre Plastiklerin Üstünlük ve Sakıncaları
Aşağıda belirtilen önemli faktörler konstrüktör için plastik malzemedden yapılacak olan bir parça için karar verileceği zaman önem taşımaktadır.⁷

⁷ Th. Krist, Formeln und Tabellen für Kunststoffe und Kunststoffverarbeitung, 3., verbesserte und erweiterte Auflage, Darmstadt: Technik-Tabellen-Verlag, 1972. ss KG/1.

2.2.1 Plastik Malzemelerin Metallere Göre Üstünlükleri

1-Düşük yoğunluk: Düşük yoğunluktan dolayı plastiklerden yapılan parçaların ağırlığı azalmaktadır. Plastiklerin yoğunluğu $0,83\text{g/cm}^3$ (Metilpenten) ve $2,2\text{g/cm}^3$ (Politetrafloretillen) arasında değişir. Plastik malzemeler seramik ve metallerin birkaç katı daha hafiftirler.

2-Kolay ve basit şekil verilebilme: Plastik malzemelere kolay ve basit şekil verilebilmesi zaman ve işten tasarruf sağlamaktadır. Düşük sıcaklık ve basınç veya vakum altında karışık şekilli parçalar dahi ekstrüzyon, enjeksiyon, presleme, şişirme, kaynak etme ve talaşlı imalat yöntemleri ile kolayca şekillendirilebilir. Üretim yöntemlerinde düşük parça maliyetleri elde edilebildiğinden plastikler seri üretim için çok uygundur. Genellikle yarı mamul (folye, plaka, profil, boru v.b.) ve mamul maddeler olarak üretilirler.

3-İyi bir korozyon dayanımı: Hemen hemen bütün plastik malzemeler kimyasal maddeler, asit çözeltileri ve oksidasyona karşı dayanıklıdırlar. Bütün plastik malzemeler ise elektrokimyasal bozunmalara karşı dayanıklıdır. Plastiklerin kimyasal dayanımları şimdiye kadar bilinen öteki malzemelerin bir çoğundan daha iyidir.

4-İyi bir erozyon dayanımı: Plastik malzemelerin çoğu neme ve rutubete karşı duyarlıdır, fakat buna karşı havanın etkilerine ve böceklere karşı geniş çapta dayanıklıdırlar.

5-İyi elektriksel izolasyon özelliği: Birçok plastik malzemenin özgül izolasyon direnci $10^{10}\ \Omega\text{cm}$ nin üzerindedir.

6-İyi elektriksel özellikler: Plastik malzemeler yüksek atlama direnci ve genelde iyi dielektrik özellikleri ile kendini belli ederler.

7-Titreşim söndürme özelliği:

a-iyi bir ses izolasyonu sağlarlar, yani plastikler kötü bir ses ileticisidir (çeliklerden on kat daha fazla titreşim söndürme özelliğine sahiptirler)

b-iyi ısı izolasyonu sağlarlar, ısı geçişini engellerler

c-titreşimlere karşı dayanıklı değildirler,dönen parçalar ve makina elemanlarında bu özellik dikkate alınmalıdır. d-darbe ve vurmaya karşı dayanıklıdırlar,kısmen kırılmazlar

8-Boya ve cilalama gerekmez: Plastiklerin dış yüzeyinin boyanması ve cilanması gerekmez,bu ise erozyon dayanımı için gerekli değildir.

9.-Kolaylıkla renklendirilebilirler: Hemen hemen bütün plastikler istenilen renklerle renklendirilebilirler, veya saydam olarak kullanılabilirler.

10-Üretimden sonra bir işlem gerekmez: Özellikle enjeksiyon ile elde edilmiş plastomerlerde yüzey işlenmesi gerekmez.

11-Mükemmel sürtünme özelliği: Özellikle plastomerlerin sürtünme katsayısı yüksektir.

12-Ekonomik üretim: Artıklar plastik malzeme üretiminde en aza indirilebilir,seri üretimde düşük üretim masrafları.

13-Hatasız parçalar: Aynı tür plastiklerin yapıları genelde eşittir,normal koşullarda hatasız ve aynı tip parçalar elde edilir.

14-Düzgün ve eşit yüzey: Bu özelliğinden dolayı plastiklerden yapılmış parçaların temiz tutulması ve kolay bakımı mümkündür.

15-Yüksek aşınma direnci: Cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş plastiklerin mukavemet değerleri kısmen çeliklerin mukavemet değerlerine ulaşabilir.

16-Uzun kullanım süresi: Kullanım amacına uygun malzeme seçildiğinde istenilen kullanma süresi sağlanabilir.

17-Tekrar kullanım: Plastomerler ısıtılıp tekrar şekillendirilebilirler.

2.2.2 Plastik Malzemelerin Metallere Göre Olan Sakıncaları

1-Düşük mukavemet: Özellikle metallere göre daha düşük mukavemet değerine sahiptirler.

2-Düşük sıcaklık dayanımı: En kullanışlı plastiklerin üst kullanım sıcaklığı genellikle 100°C civarındadır.Ayrıca

birçok plastik malzeme yanabilir veya yanmaya eğilimidir.

3-Boyut hassasiyeti yok: Boyut değiştirme, büzülme ve sünme'ye olan eğilim özellikle simetrik olmıyan parçalarda belirgin-dir. Ayrıca plastik malzemeler çizilmeye karşı hassasdır.

4-Yaşlanmaya eğilidirlere: Güneş ışınlarının veya havanın etkisinden bazı plastik malzemelerde makromoleküllerin çözülmesi eğilimi belirlemekte ve bu da iyi özelliklerin azalmasına neden olmaktadır.

5-Koku ve yiyeceklerin tadına etki ederler: Plastiklerin yiyecek maddeleri ile ilgili kullanımında ilgili kurallara dikkat etmek gerekir.

6-Tamirat zorlukla yapılabilir: Özellikle enjeksiyon döküm ve presleme ile üretilen plastik parçalar zor tamir edilebilirler. Kırılmış parçalar için tamirat nadiren uygundur.

7-Kısmen yüksek hammadde fiyatları: Genellikle iyi özellikleri olan plastik malzemelerin hammadde fiyatları yüksektir. Bunun için plastik parçaları ekonomik olarak üretmek için şekil verme işlemi ucuz olmalıdır. Normal olarak plastik malzeme üretimi için sadece seri üretim uygundur.

Eğer bu üstünlük ve sakıncalarından sonra yine de plastik malzeme kullanımı uygun ise mevcut olan çok sayıdaki plastik malzeme türlerinden uygun olanı seçilmelidir.

Çeşitli katkı maddeleri ve üretim yöntemleri ile birçok farklı türde plastik malzeme elde edilebilir. Örneğin Polivinilklorür (PVC) piyasaya sert ve yumuşak PVC olarak sunulmaktadır. Bu malzemeye istenilen kullanma sıcaklığındaki esneklik içine katılan yumuşatıcılarla sağlanabilir.

Poliyeten (PE) alçak veya yüksek basınçla elde edilebilir, bu da malzemenin özelliklerini etkiler. Yüksek basınç yöntemi ile elde edilen PE yüksek yoğunluğundan dolayı düşük basınç ile elde edilen PE'ye göre daha serttir. Duromerlerde mamul maddenin sertleşme sırasındaki özelliklerinin artması ancak sınırlı bir sıcaklık-zaman değişmesi ile olur. Bununla beraber dolgu maddelerinin değiştirilmesi ile sıcaklık daya-

yanımı ve mukavemet değerleri büyük ölçüde değiştirilebilir. Buna göre istenilen konstrüksiyon amacına uygun olarak çok farklı özelliklerde plastik malzemeler elde edilebilir.

3. PLASTİKLERDE MALZEME MUAYENESİ

Malzemelerin fiziksel özellikleri ve mukavemet değerleri hakkında bilgi edinmek için uygulanması gereken temel deneyler malzeme muayenesi deneyleridir.

Plastik malzemelerin mekanik özellikleri çoğu zaman öbür malzemelere uygulanan metodlarla belirlenmekteydi, ancak son zamanlarda plastik malzemelerin mukavemet değerlerinin yüklenme süresi ve sıcaklığa önemli ölçüde bağlı olduğu tesbit edilmiştir. Bu bakımdan çekme deneyi, eğme deneyi gibi belirli bir yüklenme hızı ile yapılan klasik malzeme muayeneleri sadece plastiklerin kendi aralarındaki karşılaştırılmaları için uygundur ve öteki malzemelerle olan mukavemet değerleri veya boyut karşılaştırmaları için doğrudan uygun değildir. Plastik malzemelerin gerçek mukavemet değerlerini belirlemek için pratikte etkisinde kalacağı bütün koşullar altında uzun süreli deneyler yapılmalıdır.

Plastik malzemelerin özellikleri genellikle dört ana grupta belirlenebilir: mekanik, termik, elektriksel ve diğer özellikler.

3.1 Mekanik Özellikler

3.1.1 Gerilme-Uzamaya Bağlı Deneylerle Tesbit Edilen Özellikler

3.1.1.1 Çekme deneyi

3.1.1.2 Eğme deneyi

3.1.1.3 Basma deneyi

3.1.1.4 Sertlik deneyi

3.1.1.5 Elastizite modülünün tesbiti

3.1.1.6 Torsiyon-Salınım deneyi

3.1.1.7 Yarma deneyi

3.1.2. Darbe Etkisine Göre Tesbit Edilen Özellikler

3.1.2.1 Çentiksiz numunelerde darbe deneyi

3.1.2.2 Çentikli numunelerde darbe deneyi

3.1.2.3 Darbeli çekme deneyi

3.1.2.4 Düşürme deneyi

3.1.3 Zaman'a bağlı özellikler

3.1.3.1 Sünme deneyi

3.1.3.2 Gerilme-gevşeme deneyi

3.1.3.3 Yorulma deneyi

3.2 Termik Özellikler

3.2.1 Temel Tanımların Belirlenmesi

3.2.1.1 Isı iletim katsayısı

3.2.1.2 Isı geçirgenliği

3.2.1.3 Isı geçirgenlik direnci

3.2.1.4 Toplam ısı transfer katsayısı

3.2.1.5 Toplam ısı direnci

3.2.1.6 Isı taşınım katsayısı

3.2.1.7 Isı taşınım direnci

3.2.1.8 Linear uzama katsayısı

3.2.1.9 Sıcaklık yayılım ve ısı yayınma katsayısı

3.2.2 Üst Sınır Kullanım Sıcaklıklarının Belirlenmesi

3.2.2.1 Martens'e göre şekil dayanım sıcaklığı

3.2.2.2 Vicat iğnesi ile şekil dayanım sıcaklığının belirlenmesi

3.2.2.3 ISO/R 75'ye göre sıcakta şekil dayanımı

3.2.3 Yanma ve Alevlenmenin İncelenmesi

3.2.3.1 Alevlenme ve yanabilirlik

3.2.3.2 Kızgın konik uç deneyi

3.2.3.3 Akkor direnci

3.3 Elektriksel özellikler

3.3.1 İzolasyon Etkisinin Araştırılması

- 3.3.1.1 Geçiş direnci
- 3.3.1.2 Özgül geçiş direnci
- 3.3.1.3 Yüzey direnci
- 3.3.1.4 Tıpa elektrodlar arasındaki direnç
- 3.3.1.5 Ark direnci
- 3.3.2 Dielektrik Özelliklerin Araştırılması
 - 3.3.2.1 Dielektrik sabiti
 - 3.3.2.2 Dielektrik kayıp faktörü
- 3.3.3 Elektriksel Mukavemet Değerlerinin Araştırılması
 - 3.3.3.1 Delme alan şiddeti
 - 3.3.3.2 Yüzey arki
- 3.3.4 Özel Deneyler
 - 3.3.4.1 Elektrik ark kararlığı
 - 3.3.4.2 Elektrostatik yüklenme
- 3.4 Plastik Malzemelerin Diğer Özellikleri
 - 3.4.1 Optik özellikler
 - 3.4.2 Kimyasal özellikler
 - 3.4.3 Erozyon, kavitasyon ve Gerilmeli korozyon
 - 3.4.4 Yaşlanma
 - 3.4.5 Biyolojik etki
 - 3.4.6 Su soğurumu

3.1 Mekanik Özellikler

Bir malzemenin boyutlandırılmasında en önemli mukavemet değerleri mekanik özelliklerin belirlenmesi ile elde edilir.

Plastik malzemelerin sayı ve çeşitlerinin çokluğu karşılaştırma amaçları için kullanılabilecek testlerin tanımlanmasını çok güçleştirir. Belirli bir plastik malzeme için elde edilen sonuçlar üretim metodu, test parçasının hazırlanma metodu ve numunenin tarihçesi ile büyük ölçüde değişir. Bir plastiğin mekanik özellikleri sıcaklıkla çok değişir, problem mekanik teste tabi tutulan plastik malze-

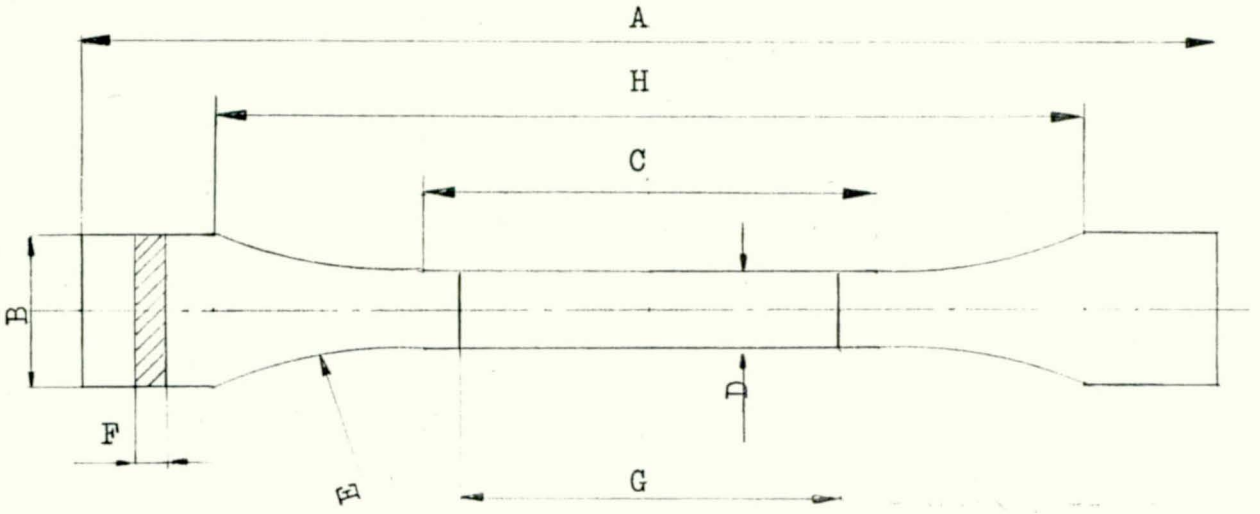
medeki değişikliklerin zamana bağımlılığı dolayısı ile daha da karmaşık bir hal alır.

3.1.1 Gerilme - Uzamaya Bağlı Deneylerle Tesbit Edilen Özellikler

3.1.1.1 Çekme deneyi

Metalik malzemelerde olduğu gibi plastik malzemelerde'de çekme deneyi bütün mekanik deney yöntemlerinin temelini oluşturur.Çekme deneyi en azından büyük şekil değiştirme özelliğine sahip olan plastik malzemeler için geçerlidir. Sertleşebilen plastik malzemelerde yani duromerlerde mukavemet değerlerini belirlemek için çekme deneyi yerine eğme deneyi uygulanır.Burda metallere uygulanan deney yöntemlerine göre bir paralellik söz konusudur çünkü duromerlerde olduğu gibi dökme demir malzemelere az olan şekil değiştirme özelliğinden dolayı genellikle eğme deneyi uygulanır.

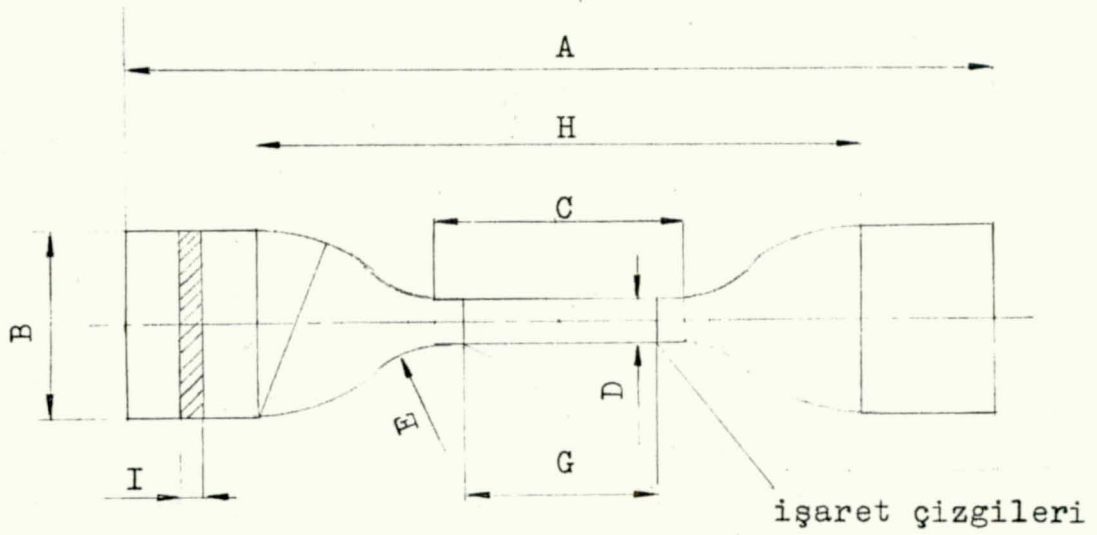
Plastik malzemelerin çekme deneyi TS-1398 'Plastikler - Çekme Özelliklerinin Tayini' de standartlaştırılmıştır. Plastik malzemeler için üç değişik deney numunesi öngörölmüştür.Deneyde kullanılacak deney parçası bu parçanın alındığı plastik malzemenin özel standardında belirtildiği şekilde olmalıdır.Birinci tip deney numunesi (Şekil 1) genel olarak reçine esaslı tabakalı duromer malzemeler ve kopma noktasında uygun bir uzama özelliğine sahip birçok katı plastomer kalıplama malzemeleri için,ikinci tip (Şekil 2) kopma noktasında yüksek uzama özelliğinde olan plastomerler (polietilen ve plastikleştirici katılmış polivinilklorür gibi) için ve üçüncü tip deney numunesi (Şekil 3) ise duromer kalıplama malzemeleri için uygundur.



işaret çizgileri

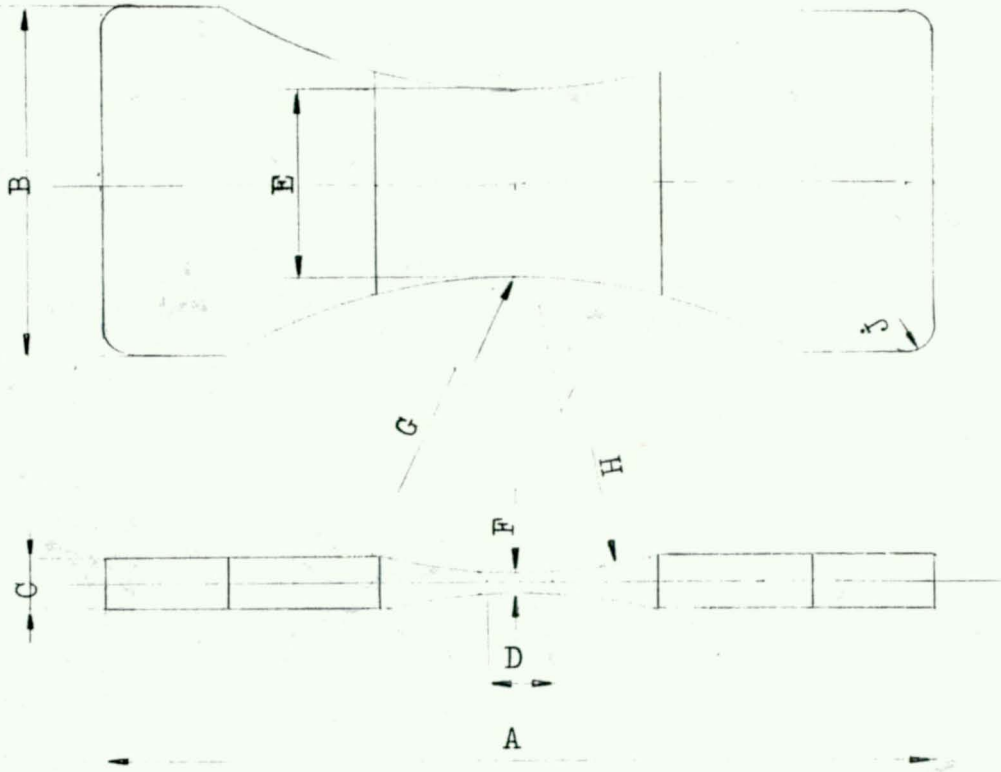
A - Toplam uzunluk, minimum	150	mm
B - Uçlarda genişlik	$20 \pm 0,5$	mm
C - Dar paralel kısmın uzunluğu	$60 \pm 0,5$	mm
D - Dar paralel kısmın genişliği	$10 \pm 0,5$	mm
E - Yarıçap, minimum	60	mm
F - Kalınlık	3-4	mm
G - İşaret çizgileri arasındaki uzaklık	$50 \pm 0,5$	mm
H - Çeneler arasındaki ilk uzaklık	115 ± 5	mm

Şekil 1 - Birinci tip deney parçası ve işaret çizgileri



A - Toplam uzunluk minimum	115	mm
B - Uçlarda genişlik	25±1	mm
C - Dar paralel kısmın uzunluğu	33±2	mm
D - Dar paralel kısmın genişliği	6±0,4	mm
E - Küçük yarıçap	6±0,0	mm
F - Büyük yarıçap	14±1	mm
G - İşaret çizgileri arasındaki uzaklık	25±1	mm
H - Çeneler arasındaki ilk uzaklık	80±5	mm
I - Kalınlık	1-2	mm

Şekil-2 - İkinci tip deney parçası işaret çizgileri ve kalıbın kesme kenarları



A - Toplam uzunluk	110	mm
B - Uçlarda genişlik	45	mm
C - Uçlarda kalınlık	6,5	mm
D - Dar paralel kısmın uzunluğu	9,5	mm
E - Dar paralel kısmın genişliği	25	mm
F - Dar paralel kısmın kalınlığı	3,2	mm
G - Yan kenar	75	mm
H - Yüzey yarıçapı	75	mm
J - Uç yarıçapı	6,5	mm

Şekil 3 - Üçüncü tip deney parçası

Kopma anında oldukça yüksek uzama gösteren plastik malzemeler için ikinci tip deney numunesi genellikle uygundur. Kalıplama ve ekstrüzyon bileşiklerinin denenmesi için deney numunesi kalıplanarak 1-2 mm kalınlıkta şekillendirilir, veya kalıplanarak elde edilen levhadan kesme kenarları şekil 2 de gösterilen şekil ve boyutlarda 1-2 mm kalınlığında olacak şekilde keskin kenarlı bir kalıp ile kesilerek çıkarılır. Levha malzemelerinin denenmesi için deney numunesi keskin kenarlı bir kalıp ile levhadan kesilir.

Duromer kalıplama maddeleri ve kopma noktasında oldukça yüksek uzama gösteren plastomerler dışındaki (kopma anında düşük uzama gösteren) malzemeler için genellikle birinci tip deney numunesi kullanılır. Kalıplama ve ekstrüzyon bileşiklerinin denenmesi için deney numunesi kalıplanarak 3-4 mm kalınlıkta şekillendirilir, veya bileşiklerin kalıplanarak elde edilen levhadan makina ile işlenerek kalınlığı 3-4 mm ye getirilir.

Kopma anında az uzama gösteren duromer kalıplama maddeleri için genellikle üçüncü tip deney numunesi uygundur. Deney numunesi şekil 3 de gösterilen şekil ve boyutlara uygun olarak kalıplanır. Bu deney numunesi yalnız çekme dayanımının ölçülmesi için uygundur ve esneklik modülü veya son uzama miktarının tesbiti için kullanılmamalıdır.

Plastik malzemelerin çekme deneyinde önemli bir kriter de yükleme hızının sabit olmasıdır.

Yükleme hızı malzemenin özelliklerine bağlı olarak aşağıdaki gibi seçilir :

Hız A	1 mm/dak \pm %50
Hız B	5 mm/dak \pm %20
Hız C	50 mm/dak \pm %10
Hız D	100 mm/dak \pm %10
Hız E	500 mm/dak \pm %10

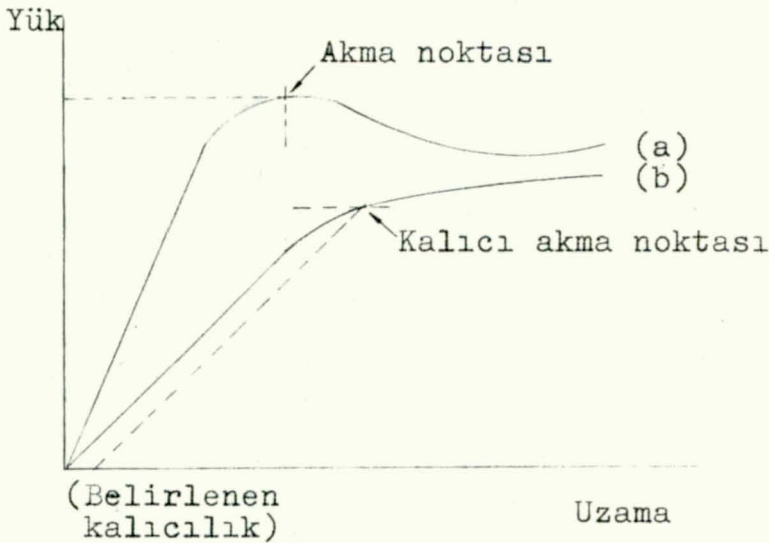
Deney numunesi veya yükleme hızı veya her ikisi de farklı ise değişik malzemeler üzerinde yapılan çekme deneylerinin sonuçları arasında geçerli bir karşılaştırma yapma olanağı

Plastik malzemeler için en genel şekilde aşağıdaki gerilme-uzama diyagramı elde edilir.



Üst akma sınırı R_{eH} [N/mm^2]: Yük-uzama eğrisinde yükte herhangi bir artış olmadan bir uzama oluşan ilk gerilme değeridir.

Yük-uzama eğrisinde akma noktasının kesin olarak belirlenemediği durumlarda kalıcı akma noktasını tayin etmek gerekir. Kalıcı akma noktası yük-uzama eğrisi üzerinde belirli uzama yüzdesini karşılayan ve eğrinin doğrusallıktan ayrıldığı bir nokta olarak tanımlanır.



(a)-Akma noktasının tayin edilebildiği malzeme

(b)-Kalıcı akma noktasının tayin edilmesi gereken

Alt akma sınırı $R_{el} [N/mm^2]$: Akma olayının sona erdiği gerilme değeridir.

Çekme dayanımı $R_m [N/mm^2]$: Çekme dayanımı gerilme uzama diyagramında görülen en yüksek çekme gerilmesidir.

Çekme deneyi sırasında çekme numunesinin taşıdığı en büyük yükün ölçü uzunluğu içindeki başlangıç kesit alanına bölünmesi ile elde edilen değerdir.

Elastik uzama $\varepsilon_e [\%]$: Akma sınırının başladığı noktadaki uzama miktarıdır.

Elastik uzama = $\frac{l - l_0}{l_0} \times 100$ olarak hesaplanır.

Toplam uzama $\varepsilon_t [\%]$: Çekme numunesinin koptuğu andaki uzama miktarıdır.

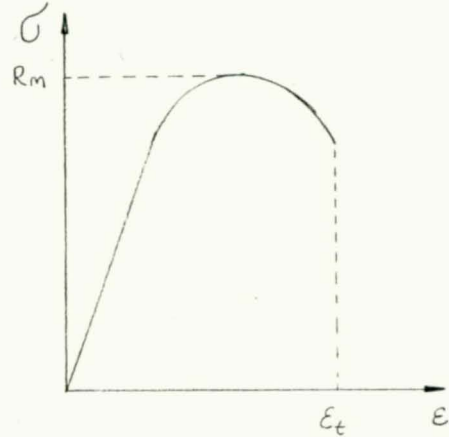
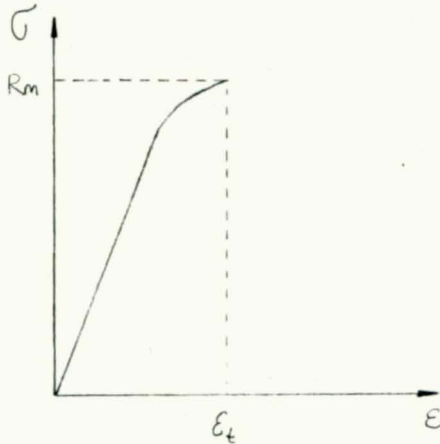
Toplam uzama = $\frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100$ olarak hesaplanır.

l_k : Numunenin koptuğu andaki ölçü uzunluğu

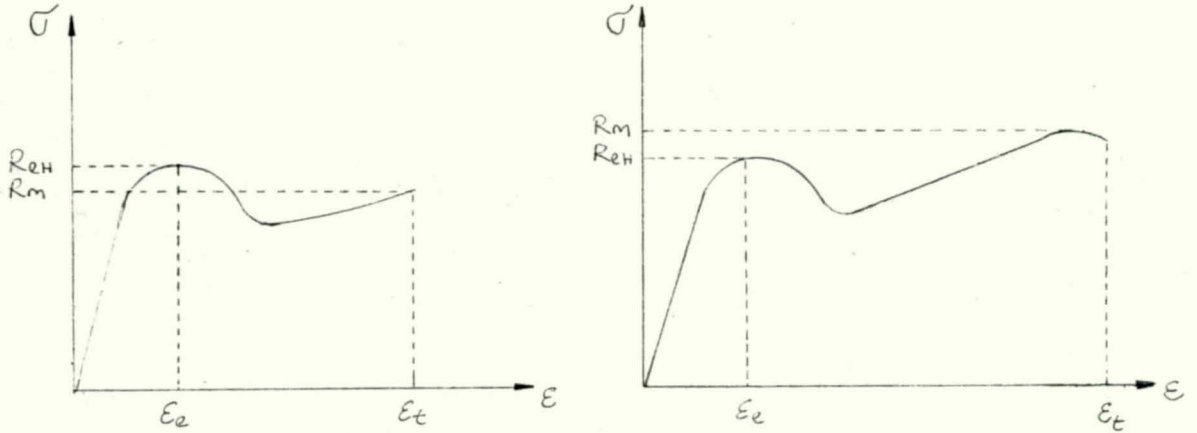
l_0 : Numunenin ilk ölçü uzunluğu

Çeşitli plastik malzemelerin gerilme uzama diyagramlarına aşağıdaki örnekler verilebilir :

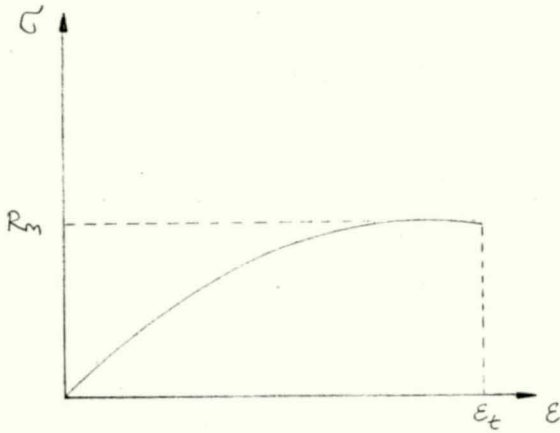
1- Yüksek mukavemetli kırılğan ve az uzama gösteren malzeler,örneğin duromerler,bazı polistiren türleri ve akril camları



2- Belirgin akma gerilmesi ve kısmen yüksek uzama gösteren yumuşak malzemeler,örneğin poliolefinler ve poliamidler



3- Düşük mukavemetli ve çok yüksek uzama yüzdesi olan kauçuk türündeki malzemeler,örneğin yumuşak polivinilklorür

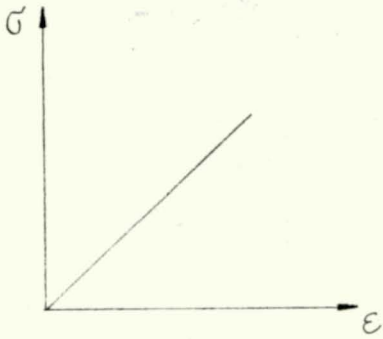
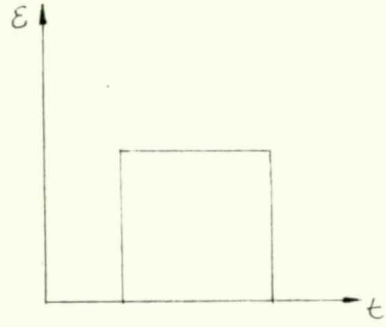
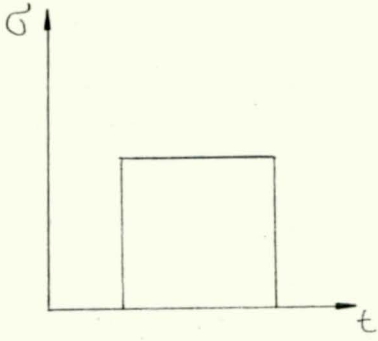


Çekme deneyinde bir malzemenin kopma mukavemeti yanında malzemenin gösterdiği deformasyon şekli konstrüksiyon için önemlidir.

Plastik malzemedan yapılmış parçalarda sıcaklık sabit tutulduğunda yük kaldırıldıktan sonra farklı deformasyon durumları elde edilir.

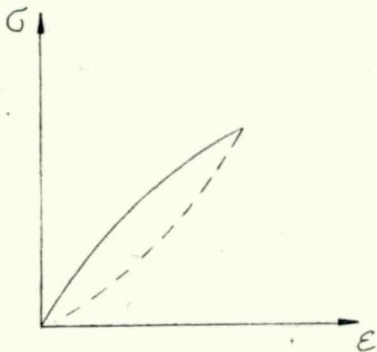
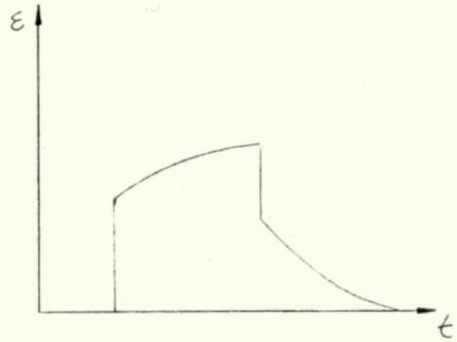
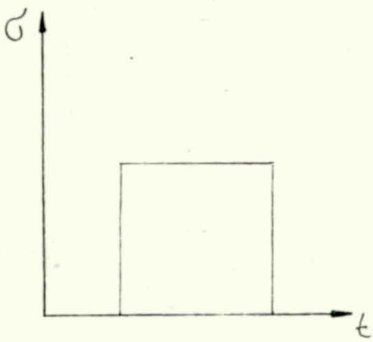
A- Elastik deformasyon

Elastik şekil değişiminde gerilme ve deformasyon arasında lineer bir bağıntı vardır.Şekil değişimi tersinir (reversibel) dir ve zaman'a bağlı değildir.



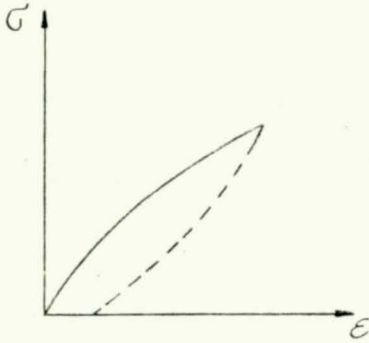
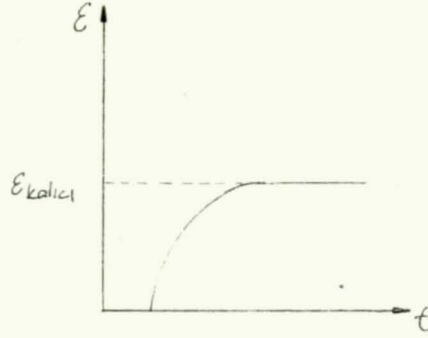
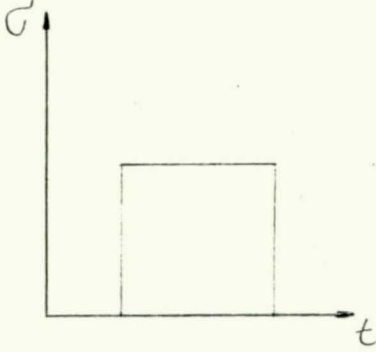
B- Akma olmıyan visko elastik deformasyon

Yük kaldırıldığında şekil değişimi zamanla veya örneğin ısıtmayla eski halini almaktadır.



C- Plastik deformasyon

Belirli bir yüklemeden sonra meydana gelen akma olayından sonraki şekil değişimi plastik deformasyon olarak adlandırılır. Akma olayı yük kalktıktan sonra kalıcı bir deformasyon ile kendini gösterir.



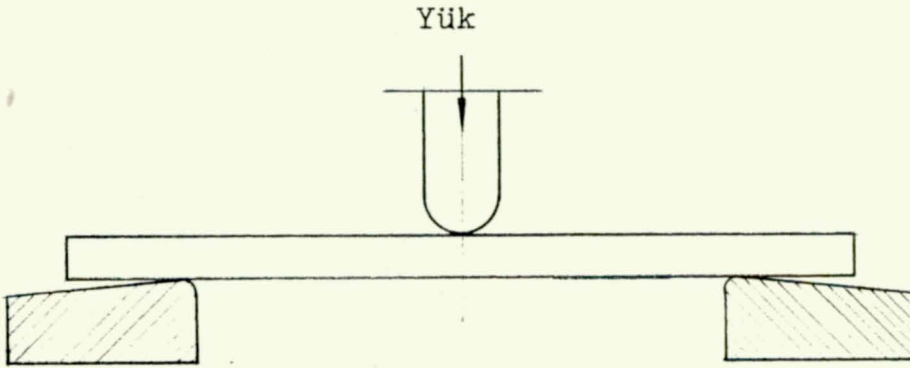
Plastik malzemelerin çekme dayanımı ve uzama miktarı deney süresi ve deney sıcaklığına metallere çok daha bağlıdır. Çekme deneylerinin değişik yükleme sürelerinde yapılması mukavemetin zamanla nasıl değiştiğini göstermektedir. Eğer zaman logaritmik ölçekte gösterilirse kopma mukavemetinin zamanla doğrusal olarak azaldığı gözlenebilir. Çekme dayanımının belirlenmesi için çok sayıda deney yapılmalıdır çünkü genellikle metal malzeme muayenesindeki gibi tek bir deney yeterli olamamaktadır.

Bütün gerilme uzama deneyleri gibi çekme deneyi de konstrüktör için kısmi birdeğere sahiptir, çünkü deney sıcaklığı ve deney süresinin değiştirilmesi ile çok farklı değerler elde edilir. Konstrüktör için uzun süreli deneyler sonucunda elde edilen değerler daha önemlidir.

Çekme deneyi ile genellikle çekme dayanımı ve uzama miktarı belirlenir. Elastizite sınırının metallerde olduğu gibi bir önemi yoktur çünkü küçük yüklemeler de kalıcı şekil değişimine neden olurlar. Elastizite modülü genellikle eğme veya torsiyon-salınım deneyi ile belirlenir.

3.1.1.2 Eğme deneyi

Gerilme uzamaya bağlı deneylerden biri olan eğme deneyi konstrüktör için en önemli olanlardan biridir. Az miktarda sünme gösteren malzemelerde eğme mukavemeti ve sınır eğilme gerilmesi konstrüksiyon için geçerli değerler vermektedir. Eğme deneyi genellikle sertleşebilen plastik malzemelere uygulanır. Sünek plastomerler için eğme deneyi uygun değildir çünkü deney esnasında deney çubuğu kırılmadan sadece eğilmektedir. Eğme deneyinde kullanılan deney düzeneği ve deney numunesi TS 985 'Plastikler-Sert Plastiklerin Eğilme Özelliklerinin Tayini' de belirtilmiştir.



Standart dikdörtgen kesitli çubuk şeklindeki deney numunesinin boyutları şu şekilde olmalıdır :

uzunluk $l=80$ mm veya daha çok

genişlik $b=10 \pm 0,5$ mm

kalınlık $h=4 \pm 0,2$ mm

Eğme deneyinden şu büyüklükler elde edilebilir :

Eğme gerilmesi σ_e [N/mm^2]: Deney numunesinin orta noktadaki kesitte oluşturulan en büyük lif gerilmesi veya numunenin kopma anındaki gerilme miktarıdır.

$$\sigma_e = \frac{M}{W}$$

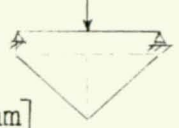
M : Eğilme momenti [Nmm]

W : Kesit modülü [mm³]

$$M = \frac{F \cdot L}{4}$$

F : Yük [N]

L : Destekler arası mesafe [mm]



Dikdörtgen bir kesit için :

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

b : Numunenin genişliği [mm]

h : Numunenin kalınlığı [mm]

Böylece dikdörtgen kesitli bir numune için

$$\sigma_e = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Çökme miktarı f [mm] : Belirli bir eğme gerilmesinde ulaşılan çökme miktarıdır.

Sınır çökme miktarı f_s [mm] : Daha önce tesbit edilmiş olan en büyük çökme miktarıdır.

Destekler arasındaki mesafe L ve numune yüksekliği h ya bağlı olarak $f_s = 0,012 \frac{L^2}{h}$ hesaplanabilir.

Görünür esneklik modülü E_b [N/mm²] : Esneklik modülü olarak deney parçası için elde yük eğilme eğrisinin ilk doğrusal kısmındaki en az beş eğilme ve yük değeri kullanılarak aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$E_b = \frac{L^3}{4 \cdot b \cdot h^3} \times \frac{F}{Y}$$

burda :

L : Destekler arası uzunluk [mm]

b : Deney numunesinin genişliği [mm]

h : Deney parçasının kalınlığı [mm]

F : Yük-eğilme eğrisinin ilk doğrusal kısmın üzerinde seçilen bir noktadaki yük [N]

Y : F yükünü karşılayan eğilme [mm]

Zaman etkisi çekme deneyinde olduğu gibi eğme deneyinde de etkilidir.

3.1.1.3 Basma deneyi

Konstrüktör için basma deneyinin büyük bir önemi yoktur çünkü pratikte malzeme üzerine etkiyen uzun süreli basma olayları ile karşılaşılır,örneğin plastik sandıkların üst üste yığılması,sızdırmazlık temin eden parçaların zorlanması gibi.Bu bakımdan daha çok uzun süreli basma etkisi altında tutulan parçalardan elde edilen sonuçlarla konstrüksiyon yapılmalıdır.

Basma deneyinden şu büyüklükler tanımlanır :

Basma akma gerilmesi σ_{ba} $[N/mm^2]$: Basma akma gerilmesi,bir basma deneyinin yük-deformasyon eğrisinde,yük herhangi bir şekilde artırılmadan ilk olarak gözlenen kısalma artışı veya deformasyon noktasını karşılayan basma gerilmesidir.

Basma dayanımı σ_b $[N/mm^2]$: Basma dayanımı,bir basma deneyinde deney numunesinin dayanabileceği en büyük basma gerilmesidir.Basma dayanımı deney numunesinin kırılma anındaki basma gerilmesine eşit olabilir veya olmayabilir.

Basma akma gerilmesindeki yüzde basma kısalması ϵ_{ba} [%] : Basma akma gerilmesindeki yüzde basma kısalması,bir basma deneyinin yük deformasyon eğrisinde,yük arttırılmadığı halde basma kısalması artışının ilk olarak gözlendiği noktadır.Basma akma gerilmesindeki yüzde basma kısalması,basma etkisi altındaki kısmın ilk yüksekliğinin yüzdesi olarak tanımlanır.

Kırılma anındaki yüzde basma kısalması ϵ_b [%] : Kırılma anındaki yüzde basma kısalması,deney parçasının kırıldığı andaki basma deformasyonudur.Kırılma anındaki yüzde basma kısalması,basma etkisi altındaki kısmın ilk yüksekliğinin yüzdesi olarak tanımlanır.

Basma deneyi numunelerinin boyutlarının hesaplanmasında incelik oranı λ bir baz olarak alınır.

$$\lambda = \frac{h}{I}$$

h : deney parçasının yüksekliği
i : en küçük atalet yarıçapı

buna göre :

a - Dik bir kare prizma veya dikdörtgen prizma için

$$h = i \cdot \lambda = \frac{\lambda \cdot a}{3,46} \quad \text{veya} \quad h = i \cdot \lambda = \frac{\lambda \cdot b}{3,46}$$

a : kare kesitin(kare bir prizma için) bir kenarı,veya dikdörtgen kesitin (dikdörtgen bir prizma için) uzun kenarı

b : dikdörtgen kesitin (dikdörtgen bir prizma için) kısa kenarı

b - Dik bir silindir için

$$h = i \cdot \lambda = \frac{\lambda \cdot d}{4} \quad d : \text{dik silindirin çapı}$$

c - Dik,dairesel,boş bir tüp için

$$h = i \cdot \lambda = \frac{\lambda}{4} \sqrt{D^2 + d_i^2}$$

d_i : tüpün iç çapı

D : tüpün dış çapı

Deney parçasının yüksekliği 10-40 mm arasında değişebilir. Öngörülen deney parçası yüksekliği 30 mm dir.

Deney numunesinin incelik oranı 10 olarak alınmalıdır.

Deney esnasında deney numunesinin büküldüğü görülürse, incelik oranı 6 ya düşürülmelidir.

Basma özelliklerinin belirlenmesinde uygulanacak deformasyon hızı,deney parçasının yüksekliğine bağlı olmalıdır.Deformasyon hızı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$S = 0,3 \times h \quad [\text{mm/dak}]$$

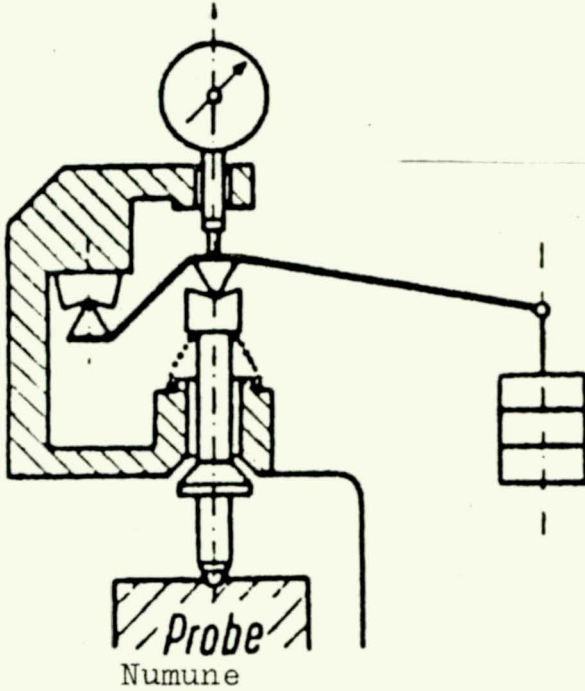
3.1.1.4 Sertlik deneyi

Kısa süreli ve küçük alanlara uygulanan basma gerilmesi etkisindeki malzemenin davranışı sertlik ölçümleri ile belirlenir.

Sertlik malzemenin kendisinden daha sert bir malzemenin batmasına karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır.Sertlik deneyi malzemenin mekanik durumu hakkında hemen bilgi verir.

Plastik malzemelerdeki sertlik ölçümü metallerdeki sertlik

ölçümünden farklıdır. Plastik malzemelerde sürekli olarak yükleme süresine bağlı olarak yük altında ölçüm yapılır. Plastiklerde genellikle basit olarak yapılabilen bilyalı sertlik ölçümü kullanılır. Bu sertlik ölçümü plastik malzeme türleri arasında iyi bir karşılaştırma olanağı sağlar. Küçük alanlara gelebilecek olan yükler için sertlik değerleri malzemenin özelliği hakkında bir fikir verir.



Şekil 4 - Bilyalı sertlik ölçümünün yapılması

Bilyalı sertlik ölçümünde baskı elemanı olarak $D = 5\text{mm}$ çapında sertleştirilmiş çelik bilya kullanılır. Yükleme kuvveti $F=50\text{ kg}$ dır. Sertlik ölçümünde yük kalktıktan sonraki bilya çapının izi yerine yük etki etmekte iken 10s ve 60s lik yükleme sürelerindeki çelik bilyanın batma derinliği h okunur.

Bilya sertliği $H = \frac{F}{\pi \cdot D \cdot h} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$ olarak hesaplanır.

10s ve 60s de alınan sertlik ölçümleri arasındaki farktan akma olayı hakkında bir fikir edinilebilir.

Bilyalı sertlik ölçümünden başka plastik malzemelerde Rockwell ve Shore sertlik ölçüm yöntemleri uygulanır.

Rockwell sertliği $H_{Rb} [-]$: Malzemenin elik bir bilyanın batmasına karşı gösterdiği dirençtir.

Shore sertliği $[-]$: Malzemenin kesik koniye karşı gösterdiği direnç (Shore A veya Shore C) veya koniye karşı gösterdiği dirençtir (Shore D).

Bir sertlik lme metodundan elde edilen değerleri diğerine dnstrmek geçerli değerdir.

Yumuşak malzemeler için değerli bir sertlik lme yöntemi uygulanır.Bu yöntemde 10mm çapındaki elik bir bilyanın 50g lık n yüklemeden 1050g lık ana yüke kadar olan batma derinliği belirlenir.Batma derinliği 1/100mm olarak belirlenir ve yumuşaklık sayısı (boyutsuz) olarak tanımlanır.

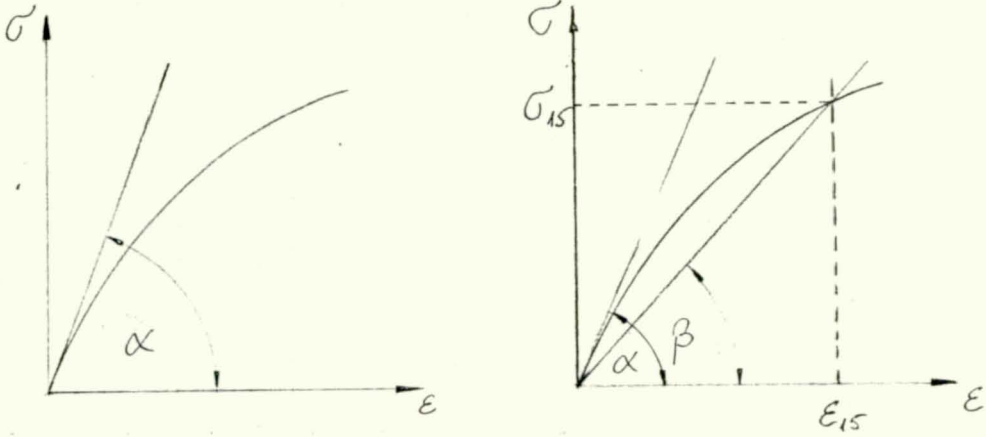
3.1.1.5 Elastizite modülünün tesbiti

Elastizite modülü $E [N/mm^2]$ gerilmeye bağlı olarak elde edilen elastik deformasyonun oranıdır.Elastizite modülü gerilme ve deformasyonun birbirine orantılı olduğu Hook bölgesi içinde geçerlidir.Hook bölgesi %0,5 in altındaki deformasyonlar için geçerlidir.Bu bölgede $\sigma = E \cdot \epsilon$ eşitliği kullanılabilir.

Diğer mekanik ölçü büyüklükleri gibi E-modülü de deney koşullarına ve özellikle deney hızına bağımlıdır.İlgili standartlarda deformasyon hızı gibi ölçü koşulları belirli olduğu için elde edilen sonuçlar farklı durumlarda elde edilen sonuçlarla karşılaştırılamazlar.Meydana gelen deformasyonların belirlenen sınırlar içinde olması durumunda E modülü değerleri konstrüksiyonda kullanılabilir.Etki eden kuvvetler kısa süreli olmalıdır,nk özellikle plastomerlerde belirgin olan gerilme-gevşeme olayından dolayı uzun süreli yük altında E modülü değerleri küçülmektedir, yani zamana bağımlıdır.

Eğer gerilme uzama diyagramı bir doğru şeklinde değilse E modülü orjinden eğriye çizilen bir teğet ile belirlenir. Deneyimler $\tan \alpha$ dan yaklaşık olarak %15 daha küçük olan $\tan \beta$ ile bulunan E modülünün konstrüksiyonda rahatlıkla

kullanılabileceğini göstermiştir.



Bulunan $\tan\beta$ ya göre konstrüksiyon için güvenilir bir temel olarak en büyük müsaade edilen gerilme σ_{15} dolayısı ile en büyük deformasyon yüzdesi olarak ϵ_{15} alınır.

Çekme deneyinden elde edilen E-modülü $[N/mm^2]$: Çekme çubuğunun kesit alanında bir daralma olmadan ölçülen gerilmenin deformasyona oranıdır.

Eğme deneyinden elde edilen E-modülü $[N/mm^2]$: Gerilmenin numunenin uzunluğu boyundaki herhangi bir lifin deformasyonuna oranıdır.

Basma deneyinden elde edilen E-modülü $[N/mm^2]$: Gerilmenin boy kısalmasına oranıdır. Numunenin boy kısalması sırasında kesit alanının büyümesi önlenmelidir.

Kayma modülü $G [N/mm^2]$:

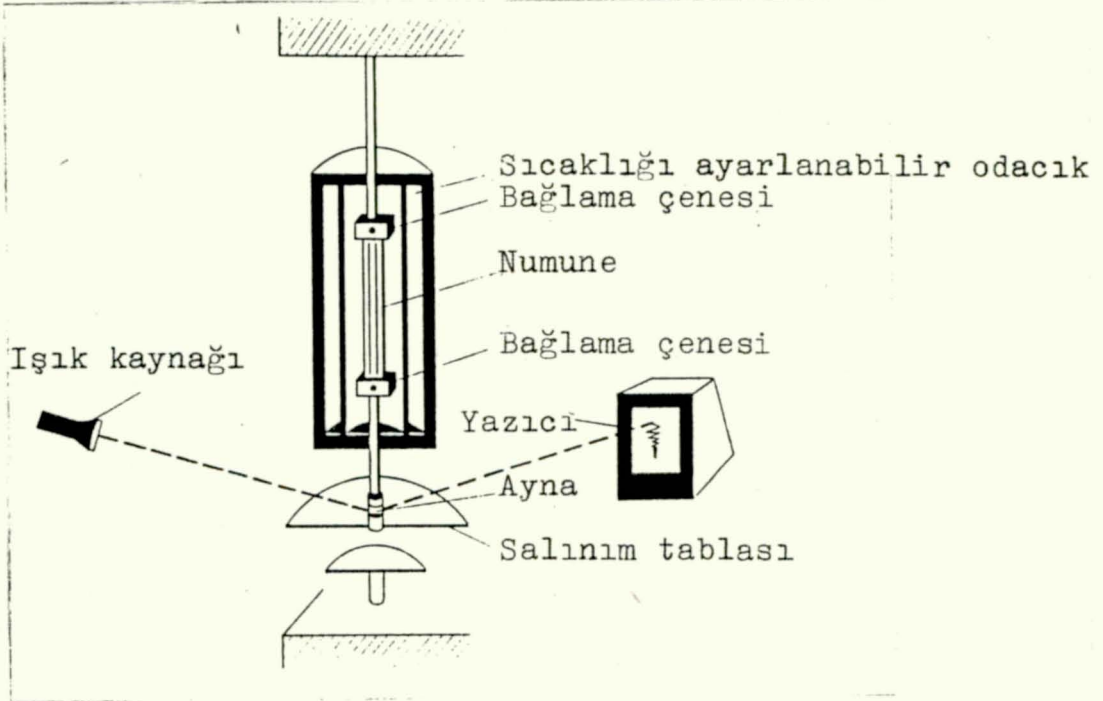
$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Çok eksenli gerilme altındaki deformasyon hesabı için ayrıca poisson sayısı μ bilinmelidir.

Plastik malzemeler için poisson sayısı μ plastik malzeme türü, yükleme süresi ve sıcaklığa bağlı olarak genellikle 0,35 ve 0,50 arasında değişir. Alt sınır sert malzemeler, kısa yükleme süresi ve düşük sıcaklıklar için, üst sınır ise yumuşak malzemeler, uzun süreli yükleme ve yüksek sıcaklıklar için geçerlidir.

3.1.1.6 Torsiyon - Salınım deneyi

Genel olarak statik eğme veya çekme deneylerinde uygulanan gerilmeye bağlı olarak meydana gelen uzama miktarının elastik bölgedeki oranına göre belirlenen elastizite modülü plastik malzemeler için pek uygun değildir, çünkü plastik malzemeler yüklemeye zamana bağlı olarak uzama gösterirler. Bunun için dinamik torsiyon-salınım deneyi numune şekli ve deney aletinden bağımsız olarak, bütün plastik malzemeler için kısa yüklemeye süreleri ve çok küçük deformasyonlar için, kayma modülünün ve sönümün sıcaklığa bağlı olarak belirlenmesine yarar.



Şekil 5 - Şematik olarak torsiyon-salınım deneyinin yapılması

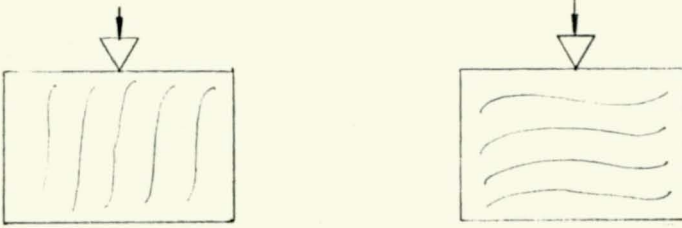
Şematik olarak gösterilen ve sadece üst taraftan sabit olarak bağlı olan çubuk şeklindeki numune alt taraftan atalet momenti bilinen ve serbest olarak dönebilen bir salınım tablasına bağlıdır. Sistemin küçük bir açı ile hareket ettirilmesi onun sönümlü titreşimler yapmasına neden olur. Optik olarak kaydedilen salınım hareketi ve numune şeklinden kayma modülü ve sönüm miktarı dolayısı ile mekanik kayıp faktörü $\tan \delta$ hesaplanabilir. Sönüm miktarı periyodik şekil değiştirmede ısıya dönüştürülerek harcanan

enerjinin bir ölçüsüdür. E-modülü poisson katsayısının kullanılması ile (plastik malzemelerde 0,35 ile 0,50 arası) kayma modülünden hesaplanır ve yaklaşık olarak kayma modülünün 3 katıdır. Deneye tabi tutulan plastik malzemenin sertlik ve rijidliği ne kadar fazla ise titreşim söndürme özelliği de o kadar azdır.

Kayma modülünün sıcaklıkla değişimi malzemenin mekanik-termik davranışı hakkında bir fikir verir ve camlaşma (donma) bölgesinden hangi sıcaklıkta plastik bölgeye geçildiğini gösterir.

3.1.1.7 Yarma deneyi

Birçok plastik malzemenin inhomojen olduğu yarma deneyi ile rahatlıkla belirlenebilir. Bu deney özellikle tabakalı malzemeler ve duromerler için geçerlidir.



Numune üzerine bir çelik keski konarak yük bindirilir ve numunenin yarılmaya başladığı andaki kuvvet ölçülür. Tabakaların çelik keskiye göre olan konumlarına göre farklı değerler elde edilir.

3.1.2 Darbe Etkisine Göre Tesbit Edilen Özellikler

3.1.2.1 Çentiksiz numunelerde darbe deneyi

Çekme dayanımı, uzama, sertlik gibi öteki mekanik özelliklerle birlikte aynı üretim grubu için karşılaştırılabilir işleme koşullarında çentik darbe işi ve çentik darbe sünekliliği bir konstrüksiyon elemanının darbeli yükler altındaki muhtemel davranışı hakkında bir fikir verir.

Çentiksiz numunelerle yapılan deneylerin sonucunda birçok

plastik malzeme türü kırılmamaktadır.

Deney sonunda en önemli özellik olan darbe sünekliliği belirlenir :

Charpy'e göre darbe sünekliliği $K_{\text{çentiksiz}} \left[\frac{\text{Ncm}}{\text{cm}^2} \right]$: Numunenin kırılması için harcanan darbe işinin numunenin deneyden önceki kesit alanına oranıdır. Charpy deneyinde numune çift taraftan yataklanmaktadır.

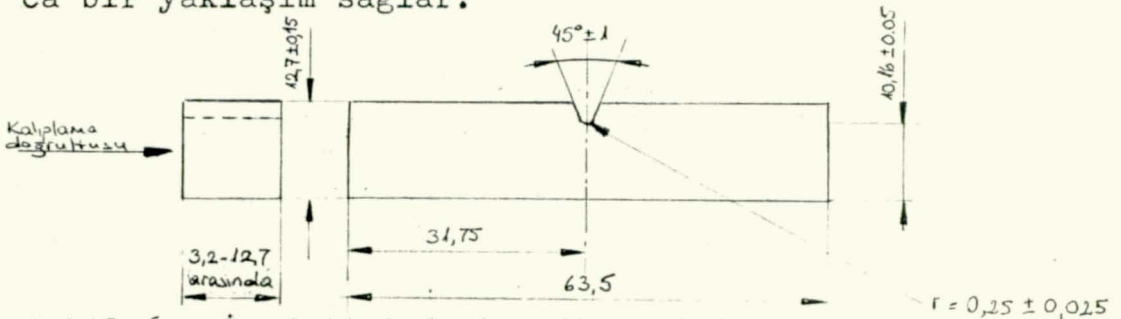
İzod'a göre darbe sünekliliği $K_{\text{çentiksiz}} \left[\frac{\text{Ncm}}{\text{cm}^2} \right]$: İzod darbe deneylerinde numune tek taraftan yataklanmaktadır.

Plastiklerdeki çentiksiz ve çentikli numunelere uygulanan darbe deneyleri için genellikle 100,400 ve 1500 cmN luk darbe işi yapabilen sarkaç çekiçleri kullanılır. Örneğin PVC gibi yüksek şekil değiştirme özelliğine sahip plastik malzemeler için bu değerler yeterli değildir, bu yüzden metal malzemeler için kullanılan 50 veya 100 mN lık darbe işi yapabilen sarkaç çekiçler kullanılır.

Farklı darbe hızına ait sarkaç çekiçleri ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması ancak sınırlı olarak olasıdır, çünkü elde edilen deney sonuçları darbe hızına çok bağımlıdır.

3.1.2.2 Çentikli numunelerde darbe deneyi

Çentikli numunelere uygulanan darbe deneylerinden elde edilen değerler pratikte karşılaşılan durumlara daha gerçekçi bir yaklaşım sağlar, çünkü birçok makina elemanında fatura gibi boyut farklılıklarının bulunması çentik etkisi yaratmaktadır. Fakat standart deneylerle elde edilen değerler işlenmiş bir parçanın çentik darbe sünekliliğine kabaca bir yaklaşım sağlar.



Şekil 6 - İzod tipi darbe cihazı için numune

Deney sonunda en önemli özellik olan çentik darbe sünekliliği belirlenir :

Charpy'e göre çentik darbe sünekliliği KV $[Ncm/cm^2]$:

Numunenin kırılması için harcanan darbe işinin numunenin deneyden önceki kesit alanına oranıdır. Charpy deneyinde numune çift taraftan yataklanmaktadır.

İzod'a göre çentik darbe sünekliliği KV $[Ncm/cm^2]$: İzod darbe deneyinde numune tek taraftan yataklanmaktadır.

Standart deney numunesini kırdıktan sonra cihazın verdiği enerji aşağıdakilerin toplamı olarak bulunur :

- a - Numuneye şekil değiştiren enerji
- b - Numunede çatlamaı başlatan enerji
- c - Numunede çatlağı yayan enerji
- d - Kırılan numunenin serbest ucunu fırlatan enerji
- e - Cihaz üzerinde ve tabanında sürtünme ve titreşim ile kaybolan enerji

Deney numunesinde bulunan çentik gerilme birikimini sağlar ve plastik deformasyonu büyük ölçüde önler. Sürtünme kayıpları deney cihazının dikkatli ayarlanması ve uygun bir çalışma düzeni ile büyük ölçüde önlenabilir. Böylece malzemenin belirtilen darbe dayanımı pratik olarak a,b,c,d maddelerine bağlıdır.

3.1.2.3 Darbeli çekme deneyi

Darbeli eğme deneyi ile çentikli veya çentiksiz numunelerin darbe deneyi ile kırılmayan numuneleri test edilir, fakat bu deneyde deformasyon ölçümlerinin zor olması ile genellikle darbeli çekme deneyi uygulanır.

Darbeli çekme deneyinden şu büyüklükler elde edilir :

Darbeli çekme sünekliliği $K_{darbeli çekme}$ $[Ncm/cm^2]$: Numune tarafından harcanmış olan darbe işinin numunenin deneyden önceki en küçük kesit alanına oranıdır.

Kalıcı kopma uzaması A_{kal} [%] : Kopan parçaların birleştirilmesi ile okunan uzunluğun numunenin ilk uzunluğuna oranıdır.

$$A_{kal} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100$$

Darbeli çekme sünekliliği ve kalıcı kopma uzamasının sıcaklıkla değişimine göre çizilen eğrilere göre sünek kopmadan gevrek kopmaya olan geçiş gözlenebilir. Fakat bu geçiş bölgesinin darbe hızına bağlı olduğuna dikkat edilmelidir.

3.1.2.4 Düşürme deneyi

Bu deney basit olarak yapılabilen bir deneydir. Düşme deneyinde numune belli bir yükseklikten yere bırakılır ve düşme anındaki gözleme göre düşme etkisi ve hasar gören kısım yüzde olarak belirlenir. Standart bir deney olmadığından deney sonuçlarının geçerliliği tartışılabilir.

3.1.3 Zaman'a Bağlı Özellikler

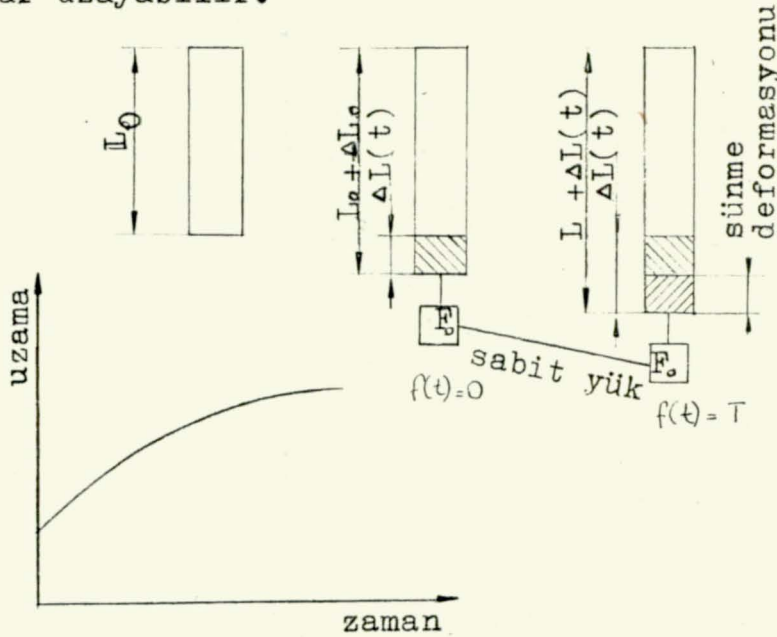
3.1.3.1 Sünme deneyi

Plastik malzemelerden yapılmış yarı mamul ve teknik amaçlı parçaların mukavemet ve kullanım sürelerine ilişkin konstrüksiyon değerleri ve malzeme kriterleri için çekme, basma gibi deformasyona bağlı mekanik deneylerden elde edilen özellikler yeterli olmamaktadır. Bu özellikler deneye tabi tutulan plastik malzemenin uzun süreli mekanik zorlamalar altındaki davranışı hakkında bilgi vermezler.

Metal malzeme muayenesinde zamana bağlı deneyler konstrüktöre malzemenin uzun süreli yüklemeler altındaki davranışı hakkında eskiden beri bir fikir vermektedir. Plastiklerdeki zamana bağlı deneyler de uzun yıllardan beri yapılmaktadır, fakat ancak son yıllarda ölçü yöntemlerini belli bir temele oturtmak mümkün olmuştur. Temel olarak metal malzeme muayenesinde kullanılan yöntemler alınmıştır.

Çeşitli yükleme koşulları altında incelenen çekme özelliklerinde zaman skalası oldukça kısadır ve sonuçlar uzun süreli gerilmeler altında plastiklerde meydana gelen değişiklikleri göstermek bakımından pek geçerli sayılmazlar.

Pratikte yükleme süreleri saatlerden yıllara kadar değişir. Plastiklerdeki değişimler zaman etkisinde çok büyük olabilir ve yük taşıyan plastiklerin kullanımını sınırlayan en önemli konstrüksiyon faktörü uzun süreli gerilmeler altındaki yavaş deformasyondur. Bu olayın incelenmesi için kullanılan standart metod sabit yük altındaki standart bir test parçasında zamanın fonksiyonu olarak uzamanın gözlenmesidir. Test süresi plastiğin karakterine bağlı olarak birkaç yıla kadar uzayabilir.



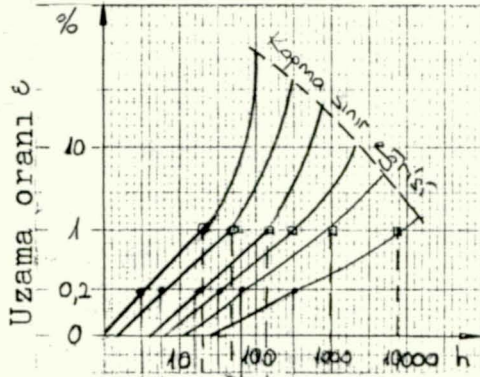
Şekil 7 - Sünme deneyinin şematik olarak gösterilmesi

Plastiklerle yapılan uzun süreli deneylerde sıcaklık ve nem miktarı gibi çevre koşullarının sabit kalmasına dikkat edilmelidir, çünkü küçük bir ortam değişikliği bile uzun süreli deney sonuçlarını etkileyebilmektedir. Özellikle yüksek sıcaklıklardaki sünme olayında çevre koşullarına dikkat edilmelidir.

Konstrüktör için önemli olan sünme deneyleri uzun süreli çekme, uzun süreli eğme, uzun süreli basma ve plastik borular için geçerli olan uzun süreli iç basınç deneyleridir.

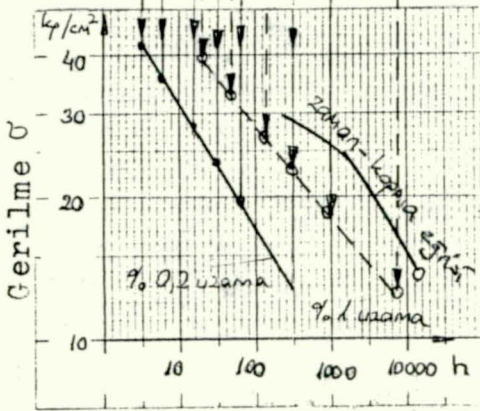
Değişik malzemelerin sünme eğrilerinin karşılaştırılmasından malzeme seçimi için gerekli olan ilk bilgiler elde edilir.

Sünme eğrileri ve zaman gerilme grafikleri genel olarak logaritmik ölçekte çizilir, logaritmik ölçek sayesinde eğriler doğrusallaşmaktadır.



Şekil 8 - Sünme eğrileri

Deney süresi



Şekil 9 - Zaman gerilme grafiği

Deney süresi

Sünme eğrileri sünme deneyindeki zaman ve deformasyon bağıntılarını göstermektedir. Deneyden elde edilen sünme eğrileri konstrüktör için daha kullanışlı olan zaman gerilme grafiğine dönüştürülebilir.

Sünme deneyinden şu büyüklükler elde edilir :

Nukavemet değeri : Belirli bir yükleme süresi sonunda numunenin kopmasına neden olan yüklemenin numunenin ilk kesit alanına oranıdır.

Süresiz dayanma yükü : Numunenin kırılmadan sonsuza dek taşıyabileceği en büyük yükleme değeridir.

Ani uzama oranı ϵ_0 [%] : Gerilmenin hemen uygulanmasından sonra ölçülebilen uzama oranıdır. Pratikte genellikle bir dakikalık süre sonundaki uzama oranı olarak tanımlanır ve ϵ_{1dak} olarak gösterilir.

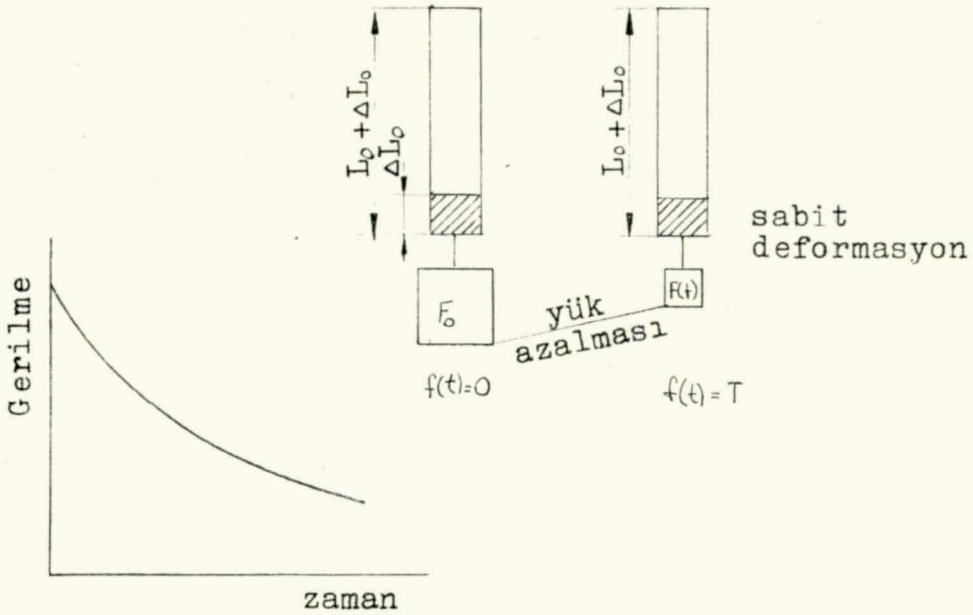
Zaman gerilme grafiğinden elde edilen değerler belirli yük-

leme süreleri için geçerlidir. Sonsuz dayanma mukavemeti hemen hemen hiç bir metal ve özellikle hiçbir plastik malzeme için kolay kolay verilemez. Fakat bugün, özellikle plastik boruların uzun süreli mukavemet değerlerinin belirlenmesi için birkaç yıldan elli yıla kadar olan zamana bağlı gerilme uzama eğrilerinin ekstrapolasyonları yapılmaktadır.

3.1.3.2. Gerilme - Gevşeme deneyi

(Sabit deformasyon altında gerilme deneyi)

Gerilme gevşeme deneyi $t=0$ anında ϵ_0 kadar bir uzama miktarı altında bırakılan numunenin bu uzama miktarı sabit tutularak gerilmenin azalmasını ölçen bir deneydir.



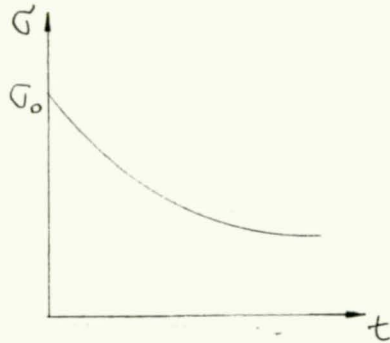
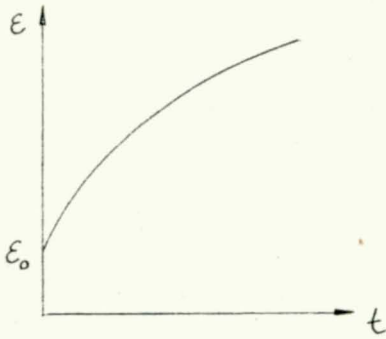
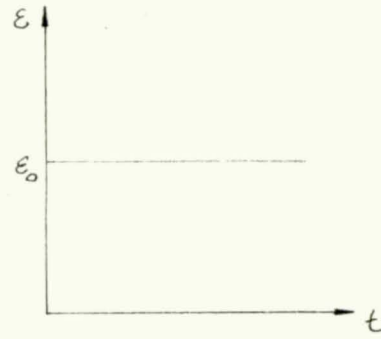
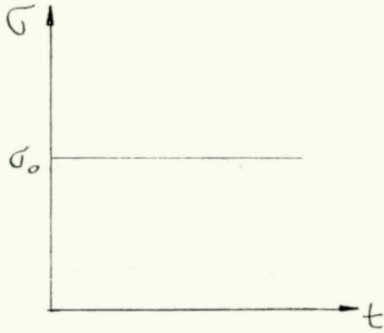
Şekil 10 - Gerilme-gevşeme deneyinin şematik olarak gösterilmesi

Uzun süreli sabit uzama miktarı altında bırakılan konstrüksiyon malzemesinde bir gerilme azalması gözlenmektedir. Bu gerilme düşüşü malzemenin mukavemetinin azalmasına neden olmaktadır.

Gerekli hesaplamalar için gerilme-gevşeme deneyinden elde edilen zamana bağlı olan gevşeme-modülü $E_G(t)$ kullanılır.

$$E_G(t) = \frac{\sigma(t)}{\epsilon(t)}$$

Sünme ve gerilme-gevşeme deneyleri grafik olarak aşağıdaki gibi karşılaştırılabilir.



Sünme deneyi

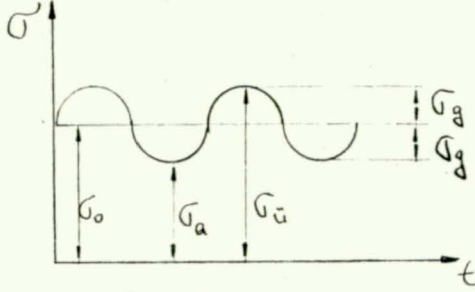
Gerilme-gevşeme deneyi

3.1.3.3. Yorulma deneyi (Wöhler eğrisi)

Plastik malzemelerdeki yorulma deneyleri büyük deneysel zorluklar doğurmaktadır, çünkü plastiklerin gevşeme özelliğinden dolayı deney başlangıcında ayarlanan dalga boyu metaller gibi zaman süreci içinde sabit kalmamaktadır. Ayrıca düşük ısı iletim özelliğinden dolayı plastik malzemelerdeki yüksek titreşim söndürme özelliği numunenin kontrolü çok zor olan ısınmasına neden olmaktadır. Sıcaklık etkisi her deneyde olduğu gibi yorulma deneyinde de ön plana çıkmaktadır. Bu özellikler dikkate alınarak deneyde ölçümler yapılmalıdır.

Yorulma deneyinde numuneye genellikle verilen bir ön çekme kuvveti üzerine daha küçük değişken bir yük etki ettirilmektedir. Çekme kuvveti yerine numune basma kuvvetinin etkisi altında da yorulma deneyine tabi tutularak dayanabileceği gerilmeye bağlı olarak en büyük yük tekrar sayısı

bulunabilir.

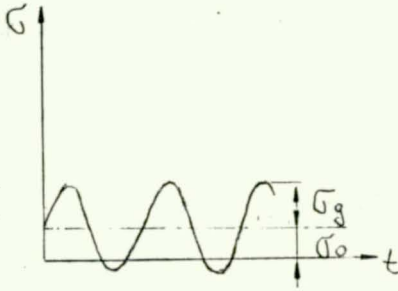


$\sigma_{\ddot{u}}$: üst gerilme
 σ_a : alt gerilme
 σ_o : ortalama gerilme
 σ_g : gerilme genliği
 $2\sigma_g$: salınım genliği

$$\sigma_o = \frac{\sigma_{\ddot{u}} + \sigma_a}{2}$$

$$\sigma_g = \frac{\sigma_{\ddot{u}} - \sigma_a}{2}$$

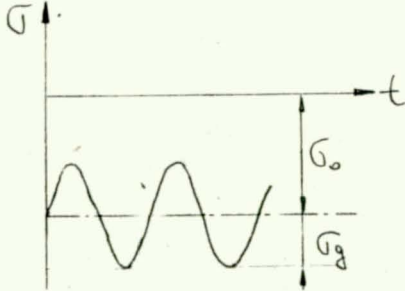
Değişken gerilme :



$\sigma_{\ddot{u}}$ ve σ_a zıt işaretli

$$\sigma_o < \sigma_g$$

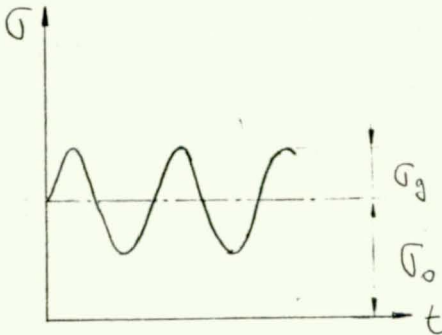
Titreşimli gerilme (Basınç) :



$\sigma_{\ddot{u}}$ ve σ_a negatif işaretli

$$|\sigma_o| \geq |\sigma_g|$$

Titreşimli gerilme (Çekme) :

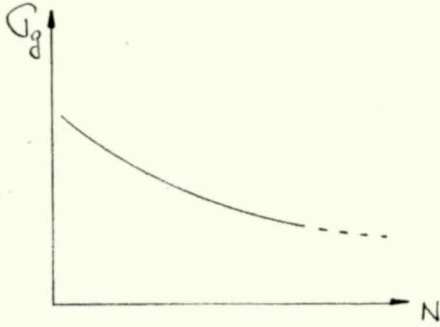


$\sigma_{\ddot{u}}$ ve σ_a pozitif işaretli

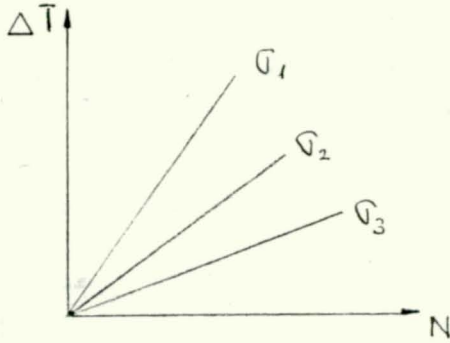
$$\sigma_o \geq \sigma_g$$

Yorulma deneyi ile malzemenin hangi gerilme genliğinde ne kadar yük tekrarına dayanabileceği tesbit edilir. Bunu belirtmek için genellikle Wöhler eğrisi veya Smith diyagramı kullanılır. Wöhler eğrisinde gerilim genliğinin kırılma için

gerekli olan yük tekrar sayısı N_f 'ye göre grafiği çizilir. Yük tekrar sayısı skalası genellikle logaritmiktir.



Sıcaklık değişimi de yük tekrar sayısını etkiler :



$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

Plastik malzemelerde 500-3000 yük tekrarı/dak uygulanabilir. Sürekli gerilim genliği mukavemeti bir malzemenin kırılmadan taşıyabileceği belirli bir ortalama gerilme etrafında titreşen gerilme genliğidir. Plastikler 10^9 yük tekrarına dayanabilirler.

Belirtilen özellikler dikkate alındığında deneysel olarak belirlenen mukavemet değerleri plastik malzemelerin dinamik etkiler altındaki davranışı hakkında bir fikir verir.

3.2 TERMİK ÖZELLİKLER

3.2.1 Temel Tanımların Belirlenmesi

Plastik malzemeler ve özellikle köpürtülerek elde edilen plastiklerin (örneğin köpürtülmüş polistiren) bilhassa yapılarda kullanımının sürekli artması bunların sıcaklıkla ilgili özelliklerinin bilinmesi açısından önem kazanmaktadır. Aynı zamanda plastiklerin makina mühendisliğindeki

kullanımlarının artması bunların ısı karakterlerini belirleyen sayıların tam ve güvenilir olarak tesbit edilmesini zorunlu kılmıştır.

3.2.1.1 Isı iletim katsayısı (λ)

Isı iletim katsayısı λ [$\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$] veya [$\text{Watt/m}\cdot^\circ\text{C}$] bir saatlik süre içinde lm^2 lik alandan lm kalınlığındaki bir malzemenin iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı 1° olduğu zaman geçen ısı miktarıdır.

Plastiklerin ısı iletimi genellikle kötüdür ve bu genelde, yalıtıcı olarak kullanılacak plastiklerin dışında istenmeyen bir durumdur, çünkü malzemenin ısındığı durumlarda metallerde olduğu gibi ısı çabuk olarak yayılmıyacağından bölgesel olarak yüksek sıcaklık farkları meydana gelecektir.

Plastiklerin ısı iletim katsayısı $0,1-0,5$ [$\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$] arasındadır. Köpürtülmüş polistirenin ısı iletim katsayısı $0,02$ civarındadır, (Bakırın ısı iletim katsayısı $\lambda=300$ [$\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$], altının $\lambda=360$ [$\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$], çeliğin $\lambda=50$ [$\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$]) köpürtülerek elde edilen plastikler düşük ısı iletim özelliklerinden dolayı ideal izolasyon malzemeleridirler.

Isı iletim katsayısı teknik açıdan önem taşıyan 20°C ile 100°C lık bölgede sıcaklığa pek bağlı değildir (polietilen hariç).

Bütün türetilmiş ısı büyüklüklerinin temeli ısı iletim katsayısıdır.

3.2.1.2 Isı geçirgenliği (\wedge)

Isı geçirgenliği \wedge [$\text{kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$] ısı iletim katsayısının malzeme kalınlığı d ve oranıdır.

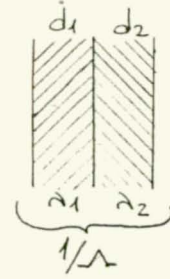
$$\wedge = \frac{\lambda}{d}$$

3.2.1.3 Isı geçirgenlik direnci ($1/\wedge$)

Isı geçirgenlik direnci $1/\wedge$ [$\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}/\text{kcal}$] ısı geçirgenliği-

nin ters orantısıdır.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$



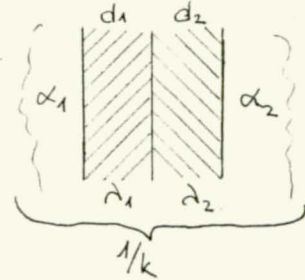
3.2.1.4 Toplam ısı transfer katsayısı (k)

Toplam ısı transfer katsayısı k [$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$] lm^2 lik alandan 1 saat içinde iki dış yüzeyin baktığı ortam arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğu zaman geçen toplam ısı miktarını belirtmektedir.

3.2.1.5 Toplam ısı direnci (1/k)

Toplam ısı direnci $1/k$ [$\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal}$] dış yüzeylerdeki ısı transfer katsayısını da dikkate alarak malzemenin toplam ısı direncini belirler.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$



3.2.1.6 Isı taşınım katsayısı (α)

Isı taşınım katsayısı α [$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$] 1saatlik süre içinde lm^2 lik alandan ortam ve dış yüzey arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğu durumda dış yüzey ve ortam arasında meydana gelen ısı değişim miktarını belirtir.

Isı taşınım katsayısı malzemenin bir fonksiyonu değildir. Isı taşınım katsayısı sadece yüzey, yüzeyin rengi ve çevre koşullarına bağlıdır.

Yapılarda normal hava akışının olduğu durumlarda $20-100^\circ\text{C}$ arasında düz alanlar için $\alpha=7$ [$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$] ve iç alanlarda üstten alta doğru olan ısı akışı için $\alpha=5$ [$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$] olarak alınır.

3.2.1.7. Isı taşınım direnci ($1/\alpha$)

Isı taşınım direnci $1/\alpha$ [$m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/kcal$] ısı taşınım katsayısının ters orantısıdır.

3.2.1.8 Linear uzama katsayısı (α)

Linear uzama katsayısı α [$1/^\circ C$] ergime noktası ile sıkı sıkıya bağlantılıdır. Kullanım sıcaklığı bölgesinde linear uzama katsayısı sıcaklık tarafından pek etkilenmez. Elyaf ve dolgu maddelerinin katılması ile linear uzama katsayısı düşürülebilir.

$$\alpha = \frac{\Delta l}{L_0 \cdot \Delta T}$$

L_0 : ölçü uzunluğu
 ΔT : sıcaklık farkı
 Δl : boyut değişimi

$\alpha=f(T)$ yanında konstrüktör için daha uygun olan $\Delta l=f(T)$ değişimi kullanılır.

Plastiklerin genleşme katsayıları yüksektir, doğrusal genleşme katsayıları metallerden on kez daha büyük olabilir. Sıkı geçme gibi bazı işlemlerde bu özellikten yararlanılır.

3.2.1.9 Sıcaklık yayılım ve ısı yayınma katsayısı

Sıcaklık yayılım katsayısı ısı yayılım olaylarının zamanla olan akışını göstermektedir. Bu değer özgül ısı c , yoğunluk ρ ve ısı iletim katsayısı λ dan

$$a = \frac{\lambda \cdot c}{\rho} \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

Isıl yayınma katsayısı ise $b = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho}$ olarak hesaplanır.

Isıl yayınma katsayısının bilinmesi ile A ve B gibi iki cismin teması sonunda meydana gelen temas sıcaklığı ν_t hesaplanabilir.

$$\nu_t = \frac{b_A \cdot \nu_A + b_B \cdot \nu_B}{b_A + b_B}$$

$\nu_{A,B}$: birbirine temas eden cisimlerin sıcaklıkları
 $b_{A,B}$: malzemelerin ısı yayınma katsayıları

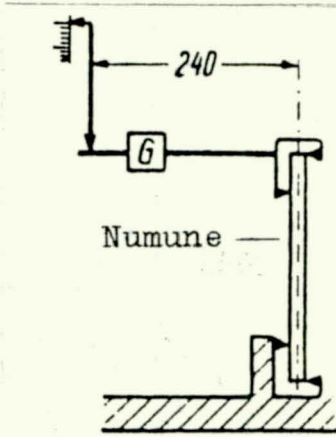
Temas sıcaklığının hesaplanması günlük kullanımda kullanılan bir çok cisim için geçerlidir,örneğin plastikden yapılmış ısınan cisimlerin sapları,icine sıcak sıvı konan fincanlar,alın yüzeyleri plastik malzeme ile kaplı olan uzay cisimlerinin koruyucu kalkanları.

3.2.2 Üst Sınır Kullanım Sıcaklıklarının Belirlenmesi

Plastik malzemelerin büyük bir kısmı -40°C den 200°C kadar olan sıcaklık aralığında kullanılabilir.Metallere göre bu sınırlı sıcaklık dayanımı plastiklerin en büyük dezavantajıdır.Bu yüzden plastik malzemelerin sıcak bir ortamdaki şekil dayanımlarını belirlemek için üç test yöntemi geliştirilmiştir.Yöntemler arasında değer dönüştürülmesi mümkün değildir.

3.2.2.1 Martens'e göre şekil dayanım sıcaklığı

Martens yöntemi yüksek sıcaklıklarda belli bir dayanma gösteren sertleştirilebilen ve sertleştirilemeyen malzemeler için uygundur.



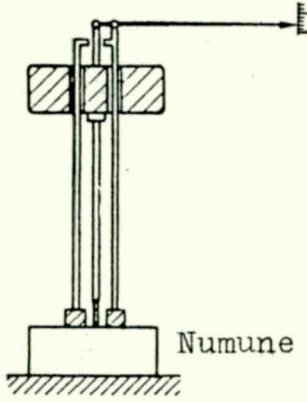
Şekil 11 - Marten'e göre şekil dayanım sıcaklığının belirlenmesi

Martens'e göre $120 \times 15 \times 10$ mm boyutundaki bir çubuk eğmeye zorlanır.Deney düzeneği kapalı bir ortam içinde saatte 50° lık dengeli bir sıcaklık artışı sağlayacak şekilde olmalıdır.Koldaki ağırlık ile deney çubuğuna 50 kp/cm^2 lik bir eğme gerilmesi uygulanır,ve kolun 6mm çökmesi durumundaki sıcaklık Martens sıcaklığı olarak okunur.

Numune eğme gerilmesi altında deneye tabi tutulduğundan ölçülen değerler tartışılabilir.

3.2.2.2 Vicat iğnesi ile şekil dayanım sıcaklığının belirlenmesi

Vicat yöntemi termoplastik malzemelerin şekil dayanım sıcaklığının belirlenmesinde kullanılır.



Şekil 12 - Vicat iğnesi ile şekil dayanım sıcaklığının belirlenmesi

Bu yöntemde de sistem kapalı bir ortam içinde saatte 50° lik dengeli bir sıcaklık artışı sağlayacak şekilde olmalıdır. 1mm^2 kesit alanlı çelik bir iğne 5 kp luk bir yükü numuneye etki ettirilir. Vicat şekil dayanım sıcaklığı olarak iğnenin numuneye 1mm batdığı andaki sıcaklık okunur.

Bu metod bir eğme gerilmesi meydana getirmeden dolayı daha uygundur, fakat tek eksenli gerilmelerden dolayı ancak yüzey hakkında bir fikir verir.

3.2.2.3 ISO/R 75'e göre sıcakta şekil dayanımı

ISO/R 75'e göre sıcakta şekil dayanımı sürekli olarak ısıtılan eğme gerilmesi etkisindeki numunenin orta noktadan etkileyen yük etkisinde bir miktar deforme olmasıdır.

ISO/R 75'e göre sıcakta şekil dayanımının belirlenmesinde en büyük eğme gerilmeleri farklı olan iki yöntem kullanılmaktadır, bunlar A yönteminde $18,5\text{ kp/cm}^2$ ve B yönteminde $4,6\text{ kp/cm}^2$ lik eğme gerilmeleridir.

3.2.3 Yanma ve Alevlenmenin İncelenmesi

3.2.3.1 Alevlenme ve yanabilirlik

Her malzemenin olduğu gibi plastik malzemelerin de bir alevlenme sıcaklığı vardır. Bu alevlenme sıcaklığı malzemenin türüne göre 300-500 °C arasında değişir ve bazı durumlarda ciddi bir teknik problem yaratır.

Alevlenme sıcaklığı ve yanar, yanmaz gibi özelliklerin yanında yanma esnasında meydana gelen reaksiyon ürünleri, alev yayılma hızı gibi özelliklerin de malzemenin kullanım yerine göre bilinmesi gerekir.

Bir malzemenin uygun bir düzenek ile yanması sağlanabiliyorsa bu malzemeye alevlenebilir malzeme denir. Eğer numune alevlendikten sonra ek ısı verilmediği takdirde yanmaya devam ederse bu malzemeye yanabilir, alevlenmeden sonra yanmaya devam etmeyip sönyorsa bu malzemeye yanmayan malzeme denir.

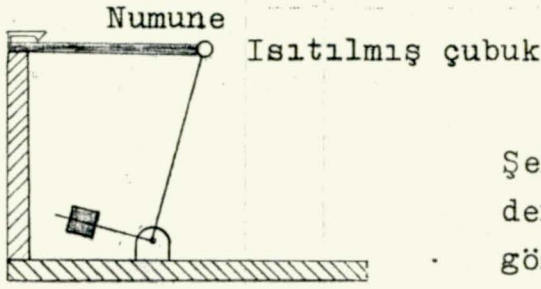
Özellikle yapılarda kullanılan plastiklerin zor alevlenip yanmaması istenir. Plastiklerin yapısında bulunan karbon ve hidrojen atomları bunların kolaylıkla yanmasını sağlar. Malzemenin iç yapısına halojen atomlarının karıştırılması ile malzemeye yanmazlık özelliği kazandırılır.

3.2.3.2 Kızgın konik uç deneyi

300 veya 500 °C sıcaklığındaki çelik bir konik uç numunede açılmış olan konik deliğe sokulur ve belirli bir süre sonunda konik ucun malzeme içinde mm olarak kayması (veya deşirtmesi) ölçülür.

3.2.3.3 Akkor direnci

Bir plastik malzemenin akkor direnci bugün yanma özelliğinin belirlenmesi için Schramm-Zebrowski yöntemine göre yapılmaktadır.



Şekil 13 - Akkor direnci deneyinin şematik olarak gösterilmesi

Burda Silit veya Globalar'dan yapılmış ve elektrikle 950°C 'e ısıtılmış bir çubuk $120 \times 15 \times 3$ mm boyutundaki numunenin en küçük alanına $0,3\text{N}$ (30p) lık bir yükü üç dakika süreyle bastırılmaktadır. Meydana gelen alevin kuru bir söndürücü ile söndürülmesinden sonra deney çubuğundaki ağırlık kaybı mg olarak ve çubuk üzerindeki alev yayılması (izi) cm olarak ölçülür. Akkor direncinin ölçüsü olarak ağırlık kaybı ve alev yayılmasının çarpımı alınır. Tabloda görüldüğü gibi plastik malzemeler akkor direnci bakımından altı gruba ayrılır.

Ağırlık kaybı(mg) x Alev yayılması(cm)	Grup
100000 in üzerinde	0
100000 - 10000 arası	1
10000 - 1000 arası	2
1000 - 100 arası	3
100 - 10 arası	4
10 in altında	5

0. cı gruba dahil olan malzemeler tamamıyla yanan, 5. cı gruba dahil olan malzemeler ise hiç yanmayan malzemelerdir.

3.3. ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER

Plastiklerin elektrik ve elektronik mühendisliğindeki en geniş uygulama alanı yalıtıcı olarak kullanılmalarıdır. Plastikler iyi yalıtıcı olmakla beraber çeşitli türlerin elektriksel özellikleri arasında büyük farklar vardır. Elektriksel özelliklerinden yararlanılmak üzere bir plastik malzeme seçilmeden önce bu özelliklerin ve farkların

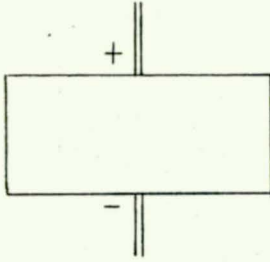
çok iyi bilinmesi gereklidir. Eşdeğer elektriksel performanslı diğer malzemelere göre plastiklerin başlıca üstünlükleri ucuzluk ve üretim kolaylığıdır. Bükülebilir bir yalıtkan gerekiyorsa hemen hemen başka bir alternatif yoktur. Rijid yalıtıcılarda, özellikle yüksek sıcaklıklarda seramikler plastiklerden daha uygun olabilir.

3.3.1. İzolasyon Etkisinin Araştırılması

Bir izolasyon malzemesinin izolasyon direnci malzeme ile temas halinde bulunan iki elektrod arasında ölçülen dirençtir.

İzolasyon direnci bilhassa elektrik kablosu malzemelerinin seçiminde rol oynar.

3.3.1.1. Geçiş direnci



Geçiş direnci fiziksel olarak tanımlanan bir büyüklüktür. Bir plastik malzemenin geçiş direnci plastiğin alt ve üst yüzeylerine yerleştirilen elektrodalara uygulanan doğru gerilimin bu gerilim altında plastik malzemedeki geçen akıma oranıdır.

İzolasyon malzemelerinde gerilim uygulandığında uygulanan gerilime bağlı olarak meydana gelen akım yanında ilk anlarda oldukça kuvvetli bir iç akım meydana gelir. Ancak uzun saatler sonra gerçek sabit akım ölçülebilir.

3.3.1.2. Özgül geçiş direnci

Özgül geçiş direnci ρ_g [$\Omega \cdot \text{cm}$] 1 cm^2 kesit alanındaki telde 1 cm için ölçülen dirençtir.

$$\rho_g = \frac{R \cdot A}{l}$$

R : Ölçülen geçirme direnci [Ω]

A : telin kesit alanı [cm^2]

l : telin uzunluğu [cm]

Özgül geçiş direncini belirlemek için uygulanan gerilim 100 veya 1000 V dır.

Yüksek yoğunluklu plastik malzemeler katı halde bir iyon iletim özelliğine sahip olmadıklarından özgül geçiş dirençleri çok yüksektir. Plastik malzemelerin özgül geçiş dirençleri 10^{10} - 10^{20} Ω -cm arasında değişir. Uygun koşullarda 10^{20} Ω -cm ye kadar özgül geçirme direnci elde edilebilir, fakat birçok teknik uygulama için $\rho_g > 10^{14}$ Ω -cm lik değerler fazlası ile yeterlidir.

Konstrüktör için özgül geçiş direncinin ölçülmesinde malzemenin sıcak hava, su veya yağda uzun süreli bekletilmesinden doğan farklılıklar önemlidir. Su almış plastiklerin özgül geçiş dirençleri iki ondalık kadar düşüktür.

Örneğin tek damarlı bir kablonun özgül izolasyon direnci şöyle hesaplanır :

$$\rho_g = \frac{2\pi \cdot R \cdot L}{\ln \frac{d_d}{d_i}}$$

R : geçiş direnci

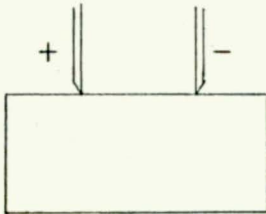
L : silindirin uzunluğu

d_d : dış çap

d_i : iç çap

Kablolarda genellikle $M\Omega$ km birimi kullanılır. Bulunan değer lkm uzunluğundaki kablonun özgül geçiş direncidir.

3.3.1.3 Yüzey direnci



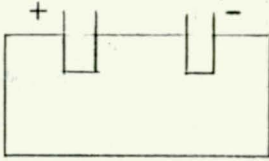
Bir plastik malzemenin yüzey direnci deney numunesinin üzerine lcm aralıkla yerleştirilen iki paralel 10cm uzunluğundaki keskin uçlu elektrod arasında ölçülen

dirençtir.

Yüzey direnci izolasyon malzemesinin yüzeyindeki izolasyon özelliği hakkında bir fikir verir. Yüzey direnci yüzeyin havanın neminden etkilenmesinden ve yüzeyde oluşan kirlenme gibi faktörlere sıkı sıkıya bağlıdır. Malzemenin ön işlenmesi, kondisyonlanması, numune kalınlığı, elektrodların şekli ve yerleştirilmesi gibi etkiler yüzey direnç ölçümünü önemli şekilde etkiler. Bu bakımdan yüzey direnç ölçümünden elde edilen değerler diğer direnç ölçümlerinden elde edilen

değerler kadar hassas değildir. Yüzey direnci su veya başka sıvıların absorpsiyonundan dolayı geçiş direncinden oldukça düşüktür.

3.3.1.4. Tıpa elektrodlar arasındaki direnç



İzolasyon malzemesinin tıpa elektrodlar arasındaki direnci normlandırılmış iki tıpa elektrodu arasında ölçülen dirençtir.

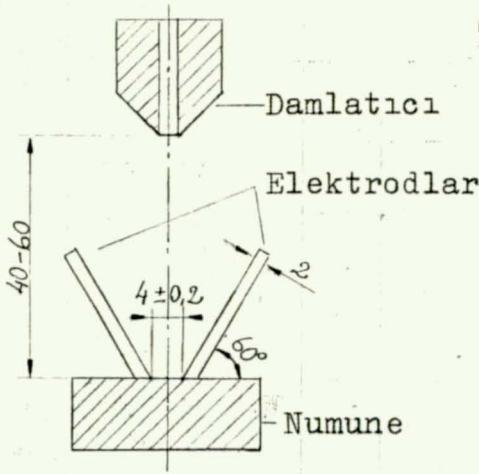
Tıpa elektrodlar arasındaki direnç malzemenin izolasyon özelliği yanında malzemede olabilecek olan homojensizlikler hakkında bilgi verir. Uygun ölçü düzeneği ile aynı zamanda yüzey direnci tesbit edilebilir.

3.3.1.5 Ark direnci

İyi izolasyon özelliğine sahip malzemelerin yüzeyinde meydana gelen kirlenmelerin nemlenmesi ile iki elektrod arasında ark meydana gelebilir.

Dış tabakadan geçen akım zaman zaman plastik malzemeyi termik olarak etkileyen ve malzemenin bileşimine göre etki noktalarında kömürleşme, gaz oluşumu ve ergimenin meydana gelmesine yol açan, yerel olarak değişken küçük ışık hüzmelerine neden olur. İlk önce yüzeyde elektriği ileten ve kısa devre oluşmasına neden olan karbon izleri meydana gelir. Gaz oluşumu sırasında çukurlaşmalar ve çok daha az iletken karbon izleri meydana gelir (örneğin melamin reçine esaslı malzemelerde). Özellikle plastomerlerde meydana gelen ergime başlangıcı da ark oluşumunu zorlaştırır. Bazı durumlarda izolasyon malzemesi tamamiyle harap olabilir.

Ark direncinin belirlenmesi 1KV'ın altındaki gerilimlerde damlatma yöntemine göre yapılır.



Şekil 14 - Ark direncinin ölçülmesi

Bunun için şekilde görüldüğü gibi 50Hz lik alternatif akım uygulanan iki platin elektrod numune yüzeyine yerleştirilir ve %1 ağırlık yüzdeli ammoniumklorid ile %0,5 ağırlık yüzdeli sodyumtuzu ile hafifçe iletken hale getirilen sulu naphthalinsulfoasidi damlalar halinde yüzeye damlatılır. Ark direncini belirlemek için iki yöntem kullanılır, bunlardan KA yönteminde 380V gerilim uygulandığında kaç damladan sonra kısa devrenin oluştuğu veya 101 damladan sonra karbon izlerinin derinliği belirlenir. KB yönteminde ise 100-600V luk ölçü bölgesinde 50ci damladan sonra meydana gelen kısa devreye neden olan en yüksek gerilim tesbit edilir. KA yöntemi izolasyon malzemelerinin sınıflandırılması, KB yöntemi ise araştırma çalışmalarında izolasyon malzemelerinin daha hassas olarak ayırt edilmesinde kullanılır.

KA yöntemine göre aşağıdaki sınıflandırma yapılabilir :

Ark direnci sınıfı		Damla sayısı		En büyük çukurlaşma mm
yeni	eski	yeni	eski	
KA1	T ₁	1-10	1-3	--
KA2	T ₂	11-100	4-10	--
KA3a	T ₃	101	11-30	2mm in üzerinde
KA3b	T ₄	101	31-100	1-2 arasında
KA3c	T ₅	101	100	1'e kadar

KA3c en iyi ark direnci sınıfını göstermektedir.

3.3.2 Dielektrik Özelliklerin Araştırılması

Dielektrik sabiti ϵ , dielektrik kayıp faktörü $\tan \delta$ ve özgül geçiş direnci \int_g izolasyon malzemelerinin sınıflandırılmasında kullanılan temel malzeme sabitleridir.

Dielektrik sabiti ϵ ve dielektrik kayıp faktörü $\tan \delta$ frekansa (15Hz den 10^{10} Hz'e kadar), sıcaklığa (kullanım sıcaklığı bölgesi), gerilime ve malzemenin bulunduğu ortamdaki nem oranına bağlı olarak belirlenir. Elde edilen değerler konstrüktöre o plastik malzemenin kondensatör yapımı, kablo endüstrisi ve yüksek frekans tekniğindeki kullanımları hakkında bir fikir verir.

3.3.2.1 Dielektrik sabiti

Bir plastiğin dielektrik sabiti ϵ içi bu plastik malzeme ile dolu bir kondensatör kapasitesinin aynı kondansörün havalı kapasitesine oranıdır.

Bir kondensatörün kapasitesi C şöyle belirlenir :

$$C = \epsilon \cdot \frac{F}{a}$$

ϵ : dielektrik sabiti
 F : kondensatörün alanı
 a : kondensatör plakaları arasındaki uzaklık

Dielektrik sabiti elektrik alanı içindeki bir plastiğin elektrostatik enerji depolama kabiliyetinin bir ölçüsüdür.

Uygun bir folyenin iki tarafına buharlaştırılmış metal çökertilebilir ve folye sarılabildiğinden alan çok küçük bir hacimde dahi büyük olmaktadır ve sarım halindeki metal plakalar arasında çok küçük bir a mesafesi kalır. Seramiğin dielektrik sabiti plastiklerden büyük olduğu halde plastiklerin sarılabilmelerinden dolayı kondensatörlerde daha iyi sonuçlar alınmaktadır.

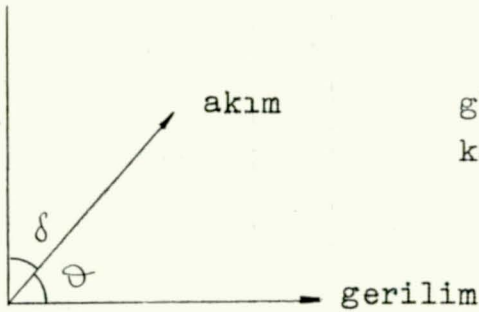
Plastiklerin dielektrik sabitleri belirtildiğinde hangi frekansta geçerli olduğu belirtilmelidir. Bu değer için geçerli sıcaklığın belirtilmesi gerekirse de genellikle normal (kullanım) sıcaklıklar anlaşıldığından belirtilmez.

Dielektrik sabitleri düşük olan plastikler özellikle

yüksek frekanslarda enerji iletimi ve yalıtımında kullanılırlar. Yüksek dielektrik sabitli plastikler kondansatör yapımında önemlidirler.

3.3.2.2 Dielektrik kayıp faktörü

Dielektrik kayıp faktörü $\text{tg } \delta$ dielektrikum tamamıyla izolasyon malzemesinden oluştuğunda şekilde görüldüğü gibi gerilim ve akım arasındaki açıyı 90° ye tamamlayan açının tanjant değeridir.



$$\text{güç faktörü} = \cos \vartheta$$

$$\text{kayıp faktörü} = \cot \vartheta = \tan \delta$$

Alternatif akımda güç akım, gerilim ve faz açısının çarpımından meydana gelir

$$N = U \cdot I \cdot \cos \vartheta$$

Bir kondansatör için burdan etki gücü:

$$N_w = E^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C \cdot \varepsilon \cdot \text{tg } \delta$$

olarak bulunur. Burda

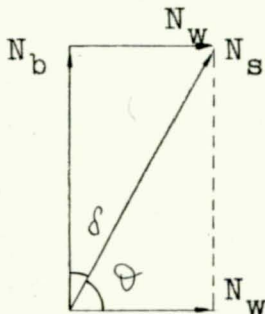
E : alan şiddeti

f : frekans

C : kapasite

ε : dielektrik sabiti

$\text{tg } \delta$: kayıp faktörü



N_s : görünen güç

N_b : kullanılmayan güç

N_w : etki gücü

Şekil 15 - Bir kondansatörün güç diyagramı

Bir kondansatörün plakaları arasında hemen hemen hiç elektrik iletkenliği olmaması gerektiğinden etki gücü N_w yani ısıya dönüştürülen elektrik gücü δ açısı ne kadar küçükse o kadar küçülür, δ açısı ne kadar büyük olursa dielektrikumun ısınması da o kadar çok olur. Kayıp açısı δ hem malzemeye hem de malzemenin sıcaklığına bağlıdır. Polistiren ve polietilen gibi polar olmayan plastik malzemelerde kayıp açısı küçük, özellikle polivinilklorür gibi polar malzemelerde kayıp açısı büyüktür. Polar malzemelerde molekular dipoller elektriksel alternatif alanda titreşime zorlandıklarından kayıp açıları büyüktür.

İzolasyon tekniğinde yani yüksek frekans kablolarında, radar yalıtımında ve eşdeğer yerlerde küçük kayıp açısı $\text{tg } \delta$ ya sahip olan malzemeler ısınmayı minimumda tutabilmek için uygundur. Yüksek frekans izolasyonu için $\varepsilon \cdot \text{tg } \delta < 12 \times 10^{-4}$ olmalıdır. Yüksek frekans ile ısıtma sadece polar polimerlerde mümkündür ve ısıtma olayının olabilmesi için $\varepsilon \cdot \text{tg } \delta > 10^{-2}$ olmalıdır. Örneğin polivinilklorür genellikle yüksek frekansda ısıtıldıktan sonra kaynak edilmektedir.

Alternatif bir elektrik alanında bir plastikte meydana gelen ısı enerjisi dışarı atılmadığı takdirde plastiğin sıcaklığı yükselir. Sıcaklık yükselmesi kutupsal bir plastikte polarıma değiştirerek elektriksel özellikleri etkiler. Sıcaklık malzemenin cam geçiş noktasına veya kristal ergime noktasına kadar yükseldiği takdirde mekanik özellikleri de etkileyebilir. Plastik malzemelerle yapılan projelerde güç düşümünün sıcaklık yükselmesi meydana getirmeyecek şekilde düzenlenmesi çok önemlidir.

3.3.3 Elektriksel Mukavemet Değerlerinin Araştırılması

3.3.3.1, Delme alan şiddeti

Atlama gerilimi sinüs şeklindeki bir değişken gerilimde atlama olayının meydana geldiği gerilimdir.

Delme alan şiddeti atlama geriliminin numunenin elektrodlar

arasındaki en küçük kalınlığına oranıdır. Delme alan şiddeti E_d [kV/cm] olarak belirtilir.

Atlama gerilimi sürekli veya kısa kademelerde öyle arttırılmalıdır ki atlama olayı yaklaşık otuz saniye sonra meydana gelsin.

Delme alan şiddeti örneğin dielektrik sabiti veya dielektrik kayıp faktörü gibi bir malzeme sabiti değildir. Konst-rüksiyonlarda delme alan şiddetinin numune kalınlığı ve elektrod şekline bağlı olduğuna dikkat edilmelidir. Elde edilen değerler bundan dolayı sadece sınırlı olarak elektriksel mukavemet değerlerinin karşılaştırılmasında kullanılabilir. Genelde kısa süreli delme alan şiddeti değerleri belirtilir, daha uzun süreli gerilme etkisinde elde edilen değerler oldukça düşüktür.

Kablo örtülerinde ve kondansatör izolasyonlarında meydana gelen yüksek gerilimlerde atlama olayı önlenmelidir. Bu atlama olayı özellikle malzeme içinde kabarcık veya yabancı maddeler gibi daha iyi iletme özelliğine sahip noktaların olduğu yerde olur.

3.3.3.2 Yüzey arki

İzolasyon malzemelerinin yüzey arki dayanımı onların yüzeyde meydana gelebilecek olan arka karşı dayanım direncidir. Atlama olayı daima yüzey arkının oluşumu ile başlar, bundan dolayı yüzey arkının meydana geldiği gerilim de belirlenmelidir. Yüzey arkının meydana geldiği gerilimin altındaki gerilimlerde genel olarak uzun süreli gerilim etkisinde bile atlama olayı meydana gelmez. Yüzey arkının meydana geldiği gerilim frekans, elektrod şekli ve numune kalınlığına bağlıdır.

3.3.4 Özel deneyler

3.3.4.1 Elektrik ark kararlılığı

Elektrik ark kararlılığı bir izolasyon malzemesinin elek-

tirik arkına karşı göstermiş olduğu dirençtir. Bu ark kararlılığı sınıflaması L1 den L6 ya kadar olan sınıflama ile yapılır.

Elektrik ileten parçalar ile temasda olan izolasyon malzemelerinin iyi bir elektrik arki dayanımına sahip olmaları istenir.

3.3.4.2 Elektrostatik yüklenme

Yüksek yüzey ve geçiş direncine sahip iki malzeme birbirini üzerine sürtüldüğünde meydana gelen elektrostatik yük akıp dengelenemeyeceğinden burda yüksek bir yük yoğunluğuna sahip bir alan meydana gelir. Bu olaya elektrostatik yüklenme denir $[Coulomb/cm^2]$. Yük yoğunluğu sürtünme hızı ile artar. Özgül geçiş dirençleri $10^{10} \Omega \cdot cm$ den az olan plastik malzemeler genelde tehlikeli olabilecek şekilde elektrostatik olarak yüklenmezler.

Yüzeydeki bir su film tabakası ile meydana getirilen iletken yüzeyler tehlikeli yüklenmeyi önlerler. Yüzeydeki su filmi tabakası yüzeye sabun çözeltisi sürerek veya plastik malzeme içine özel katkı maddeleri katarak sürekli olarak yüzeyde tutulabilir. Ayrıca havanın iletkenliği de yüksek olursa, ki bu iyonlaşması ile sağlanabilir, elektrostatik yükün iletilmesi sağlanabilir.

Elektrostatik yüklü bir parçanın yanına iletken bir malzeme getirildiğinde ark atlaması meydana gelebilir. Bu ark atlaması gaz karışımlarının tutuşmasına veya dokunan kişinin çarpılmasına neden olabilir.

Elektrostatik yüklenmeye özellikle içinde yanıcı sıvıların bulunduğu plastik kaplar, patlama tehlikesi olan yerlerdeki plastik malzeme ile kaplı zemin gibi emniyet koşullarının dikkate alınması gereken yerlerde dikkat edilmelidir. Bir başka nokta ise elektrostatik yüklü malzemelerin tozu çekerek birikime neden olmasıdır.

3.4 PLASTİK MALZEMELERİN DİĞER ÖZELLİKLERİ

3.4.1 Optik özellikler

Birçok organik sıvılar gibi amorf plastik malzemeler renksiz ve saydamdırlar. Polimetilmetakrilat (PMMA) gibi bazı plastikler camdan daha geçirgendirler, bu nedenle kırılma tehlikesi olan yerlerde cam yerine kullanılırlar. Plastik malzemelerin çoğu cama göre ışığın daha büyük bir yüzdesini saçarlarsa da bu yüzde plastiklerin geçirgen malzemeler arasına alınmalarını sağlayamayacak kadar küçüktür. Plastiklerin renklendirilmesi harmana boya veya pigmentlerin katılması ile sağlanır.

Geçirgen plastiklerin kırılma indisleri 1,35 - 1,7 arasındadır. Birçok cam türünün kırılma indisi de bu bölgededir. Bu özelliklerine rağmen plastik malzemelerden büyüteç, gözlük gibi cisimlerde yararlanılmasına rağmen hassas optik cihazlarda kullanılmazlar. Bunun nedeni de anorganik camlara göre on kat fazla olan ısıl genleşmeleri, düşük yumuşama sıcaklığı ve çok düşük olan çizilme dirençleridir.

3.4.2 Kimyasal özellikler

Plastik malzemelerde iyon bağı olmadığından genellikle metal-lerde gözlenen elektrokimyasal korozyon olayı meydana gelmemektedir. Plastik malzemelerin özellikleri, doğal organik malzemeler gibi, değişik dış etkenler tarafından uygun olmayan anlamda etkilenir. Hemen hemen bütün pratik durumlarda kimyasal ve fiziksel etkenler ortak etki edip etki şiddetini arttıırırlar. Örneğin sıcaklık kimyasal reaksiyon hızını her zaman arttırır ve pratikte kimyasal olayları etkileyen bir fiziksel büyüklük olarak ihmal edilemez. Aynı şekilde ısıma, mekanik yüklemeler ve özellikle çekme gerilmeleri moleküller arası bağlama enerjisini azaltarak çözünmeyi hızlandırır. Plastik malzemelerdeki en önemli korozyon şekli ana molekül zincirlerin koparılması, veya yan zincirlerin etkilenerek ana molekül zincirinden kopmalar oluşması ile meydana gelir.

Plastik malzemelerin kimyasal maddeler ve yiyeceklere karşı olan dayanımları 1-12 aylık deney süresi ve pratikte yıllarca kullanım sonunda bulunan deneyimler ile belirlenir. Deneyler hiç bir gerilim ve mekanik zorlanma etkisinde olmıyan numunelere uygulanır. Pratik kullanımda sıcaklık farkından doğan ısı değişimleri, ışık etkisi, kirlenmeler ve ilave katkı maddelerinin olumlu veya olumsuz etkileri işin içine girdiğinden çeşitli tablolarda verilen bilgiler bağlayıcı kesin değerler olmayıp yol gösterici olarak alınmalıdır. Bir malzemenin istenilen özel kullanım amacına uygunluğunu belirlemek için pratikte karşılaşılan veya karşılanacak olan koşullar altında deneme yapılmalıdır. Bu bakımdan kritik koşullarda kullanılacak plastik malzemelerin hangi ortam ve koşullarda kullanılacakları önceden bilinip buna göre seçim yapılmalıdır.

Plastik malzemelerdeki kimyasal etkilenmenin metallere göre çok farklı olduğu bilinmelidir. Metaller kimyasal maddeler tarafından sadece yüzeyden etkilenmekte ve burda meydana gelen reaksiyon tabakası tarafından kimyasal etkilenme durdurulmakta veya yavaşlatılmaktadır, buna karşı plastik malzemelerde, eğer malzeme bu kimyasal maddelere karşı dirençli değilse, malzemenin bütün kesitlerine yayılmakta ve plastiğin şişmesi yanında sertlik, çekme dayanımı, eğme mukavemeti gibi mekanik özelliklerin değişmesine neden olmaktadır. Buna göre kimyasal etki altındaki plastik malzemelerde metallerin tersine bir ağırlık azalması yerine bir ağırlık artması söz konusudur.

3.4.3 Erozyon, Kavitasyon ve Gerilmeli Korozyon

Kimyasal korozyon yanında modern tekniğin artan hızıyla fiziksel korozyon da gittikçe önem kazanmaktadır. Malzemelerin kavitasyon ve erozyona karşı olan dayanımlarında düşük sertliğe sahip olan metaller yerine plastiklerle daha iyi sonuçlar alınabilmektedir. Örneğin uçak endüstrisinde, uçak parçaları erozyona karşı korunmak için elastomerlerle kaplanmıştır.

Metallerde bilinen gerilmeli korozyon plastik malzemelerde de meydana gelmektedir. Akma çizgilerinin oluştuğu anda devam eden gerilme altında çevredeki ortamdaki kimyasal maddelerin difüzyonu sonucunda gerilmeli korozyon meydana gelmektedir. Deformasyon durumunun iç veya dış kuvvetler tarafından meydana gelmesi ise önemsizdir.

3.4.4 Yaşlanma

Kimyasal korozyon olayları ve yaşlanma zamana bağlı prosesler olup özellikle oksijen ve su buharının difüzyonu ile bağlantılıdır. Fiziksel ve kimyasal yapıda meydana getirilen kalıcı değişiklikler malzemenin zamanla tahrip olmasına ve konstrüksiyonun kullanılamamasına neden olmaktadır. Bu işlem biyolojik yaşlanma ile karşılaştırılabilir ve dolayısı ile malzemelerin kullanım sürelerinden bahsedilebilir. Yaşlanma olayı hem plastik malzemeler hem de metaller için geçerlidir. Plastik malzemelerin metallere göre daha düşük olan ergime ve camlaşma (donma) sıcaklıkları bu yaşlanma olayının normal ortam sıcaklıklarında metallere göre daha çabuk gerçekleştiğinin bir göstergesidir.

Malzeme yapısında çevre koşullarının etkisi ile kalıcı değişiklikler ve dolayısı ile plastik malzemelerin özelliklerinin değişmesine yaşlanma denir, ve bu tanım malzemeye sadece hasar veren korozyon olayından daha geniştir.

3.4.5 Biyolojik etki

Saf plastik malzemelerin biyolojik olarak etkilenmesi söz konusu değildir. Fakat polivinilklorüre katılan bazı yumuşatıcılar mantar ve bakterilerin üremesini sağlamaktadır. Böylece plastik malzeme kırılğan hale gelir ve bakteriler tarafından kimyasal olarak etkilenir. Bu zamana kadar plastik malzemelerin parçalanmasını sağlayan veya bu işlemi hızlandıran bir bakteri türü bulunmamıştır.

3.4.6 Su soğurumu

Plastik malzemelerin çoğu bir miktar su soğururlar ve bu özellik plastik malzemeler için karakteristیک olup organik karakterli bir malzeme olduğunu göstermektedir. Su soğurumu malzemenin özelliklerinde değişim meydana getirerek plastiğin etkinliğini düşürebilir, örneğin elektriksel özellikler göze çarpacak kadar bozulur, mekanik dayanım ise azalır.

Su soğurumu miktarını belirlemek için ince bir plastik disk kurutulup tartıldıktan sonra belirli bir süre tamamiyle suya daldırılır ve yeniden tartılır. İki tartı arasındaki fark su soğurumu miktarını belirler. Test koşulları numune kalınlığı, daldırma süresi ve suyun sıcaklığı gibi parametrelere bağlı olarak değiştirilebilir. Bu testlerden elde edilen sonuçlar ancak eşdeğer çalışma koşulları için geçerlidir. Bir plastik malzemenin su soğurumu daldırma tipine (tam daldırma, kısmi daldırma, yağ atmosfer v.s.), parçanın büyüklük ve şekli ile diğer faktörlere bağlıdır. Yapılan deneylerde suda bekleme süresi sonunda hafifleyen plastik malzemeler de bulunmuştur. Çok ender olarak metallerde olduğu gibi su alma özelliğinin sıfır olduğu plastik malzemeler de vardır.

4. KALIP YAPIMI ve ÇEKME ÇUBUĞU ELDE EDİLMESİ

Dizaynı yapılmış olan basma kalıbının üretimi bölümümüz Takım tezgahları laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çekme deneyi numunesi olarak plastomerler esas alındığından TS 1398 de belirtilen birinci ve ikinci tip çekme numunelerinin üretimi esas alınmıştır.

Dolu malzemeye mevcut olanaklarla belirli yuvarlatmaları, yani çekme çubuğu formunu vermek mümkün olmadığından düz levha şeklinde plastik malzeme basılması ve bu levhadan standartta da belirtildiği gibi keskin kenarlı bir cisimle çekme numunesinin kenarları kesilerek çıkarılması hedef alınmıştır. Bunun için kalıbın dört yan kenar parçaları

değiştirilerek basma olayı sonunda iki veya dört milimetre kalınlığında plastik levha elde etmek mümkün olmaktadır.

Deney malzemesi olarak Petkim in Petilen adıyla ürettiği polietilen esas alınmıştır. Polietilen kopma noktasında yüksek uzama özelliğine sahip bir plastomer olduğu için polietilen çekme çubukları ikinci tip deney numunesi olarak çekme deneyine tabi tutulmaktadır.

Çalışmanın başında basılan düz levhalar içinde çok sayıda hava kabarcığı kaldığı gözlenmiştir, ve bu levhalardan çekme deneyi numunelerinin çıkarılması mümkün olmamıştır. Bunun nedeni ise daha sonra granüllerin kesilmesi sırasında içinde hava kabarcıklarının bulunması ile ortaya çıkmıştır. Bunun üzerine tartılan belirli miktarda polietilen granül metalografi laboratuvarında bulunan numune alma cihazı ile sıcaklık ve basınç etkisiyle preslenerek tablet haline getirilmiştir. Bu işlemdeki amaç granüllerin içinde bulunan hava kabarcıklarının presleme sırasında dışarı atılmasını sağlamaktır. Elde edilen bu tabletlerle basılan düz levhaların içinde hava kabarcığı kalmadığı gözlenmiştir. Bu önemli sorun çözüldükten sonra polietilen deney numunelerinin levhadan keskin kenarlı bir cisimle kesilmesi sorun çıkardığından, yani kesme olayının tam düzgün bir şekilde yapılamamasından dolayı tesviye yöntemi ile iki milimetre kalınlığındaki bir saç oyularak çekme çubuğu şeklinde bir boşluk oluşturulmuştur. Bu çekme çubuğu şeklini içeren saç basma kalıbı boşluğuna konarak tabletlenmiş polietilenin basılması sonucunda çekme deneyi numuneleri elde edilmiştir.

Plastik basma kalıbı 140 kN ezilme basıncına göre Fe 37 levha malzemedен imal edilmiştir. Kalıbın alt ve üst baskı elemanları ayrı ayrı 1000W lık ısıtıcılarla ısıtılmaktadır. Isıtıcı eleman olarak direnç teli seçilmiştir. Çeşitli ısıtıcı elemanlar için çizelge 2 deki karşılaştırma incelenirse elde edilen sonuçlara göre en iyi ısıtma yönteminin elektrik direnç teli olduğu anlaşılır.

Isıtma yöntemi	Üstünlükleri	Sakıncaları
Gaz	ucuz ve basit	eşit olmıyan sıcaklık dağılımı
Elektrik direnç teli	temiz,kolay ayarlama	uzun ısıtma süresi, hassas ölçme ve ısıtıcıların uygun yerleştirilmesi gereklidir,yoksa eşit olmıyan sıcaklık dağılımı meydana gelir
Elektriksel girdap akımı	eşit sıcaklık dağılımı ve çabuk ısıtma	sadece büyük boyutlu kalıplarda kullanılabilir
Buhar	çabuk ısıtma ve soğutma suyuna çevirme ile çabuk soğutma	yoğuşmanın meydana gelmesi ile tıkanıklar ve sistemden kaçaklar
Kızgın su	çabuk ısıtma ve soğutma, eşit sıcaklık dağılımı	sıcaklık değişimi ancak yerel olarak mümkün,korozyon tehlikesi

Çizelge 2 - Farklı ısıtma yöntemlerinin karşılaştırılması

Sıcaklık ölçülmesi Cr-CrNi termo eleman çifti ve sıcaklık kontrolü de bu termoeleman çiftinin bağlandığı ölçü cihazına bağlı bulunan kontaktörlü bir devre ile yapılmıştır. Polietilen çekme deneyi numunelerinin elde edilmesi için kalıp boşluğuna yerleştirilen iki tabletlenmiş polietilen numunesi 5000N luk bir ön yük ile sıkıştırılmakta ve ısıtılmaya bırakılmaktadır.Kontaktörlü devre ayarlanan sıcaklığa ulaşıldığında,polietilen için şekil verme sıcaklığı 110-120°C,elektrik devresini açmakta ve o anda 40-50 kN luk ana yük ani olarak yumuşamış ve şekil verme sıcaklığındaki malzemeye etki ettirilir.Bu yük etkisi ile yumuşamış olan malzeme kalıp içinde şeklini alır.

yük etkisinde ısıtıcı devre kapatılarak malzemenin soğuması sağlanır. Malzeme belli bir sıcaklığa geldiğinde kalıp açılarak çekme çubuğu alınır.

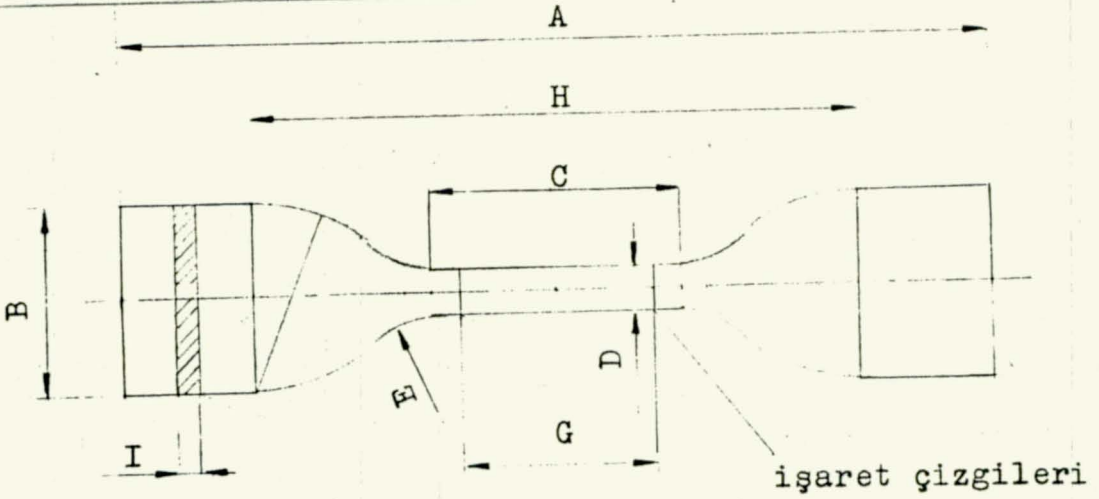
Çizelge 3 - Bazı plastik malzemelerin preslenmesi için gerekli olan sıcaklık ve basınçlar ⁸

Malzeme	Sıcaklık [°C]	Basınç [kp/cm ²]
ABS-kopolimerleri	177	215
Polimetilmetakrilat	177	215
Sellülozasetat	149	70
Sellülozasetobütirat	149	70
Melaminformaldehit	163	285
Fenolformaldehit	149	70
Poliamid	--	--
Polikarbonat	221	140
Polietilen(düş.yoğ.)	93	14
Polietilen(yük.yoğ.)	149	14
Polipropilen	180	29
Polivinilklorür-sert	190	140
Polivinildiklorür	177	140
Polistiren	163	360
Polistiren,darbeye day.	163	360
Poliüretan	--	--
Politetrafloretillen	204	540

5.DENEY SONUÇLARI

Elde edilen çekme çubukları ile bölümümüz laboratuvarında bulunan universal malzeme muayenesi cihazı ile çekme deneyleri yapılmış ve şu sonuçlar alınmıştır :

⁸Krist,Gruppen Nr. K 9.4



Çekme deneyi için Şekil 2 de boyutları verilen çekme çubuğu kullanılmıştır.

Bütün çekme deneylerinde standartta belirtilen D hızı 100 mm/dak uygulanmıştır.

1 nolu çekme çubuğu :

$$D=6,4 \text{ mm} \quad I=2,0 \text{ mm}$$

$$\text{Kopma gerilmesi } R_m = \frac{17}{6,4 \cdot 2,0} \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

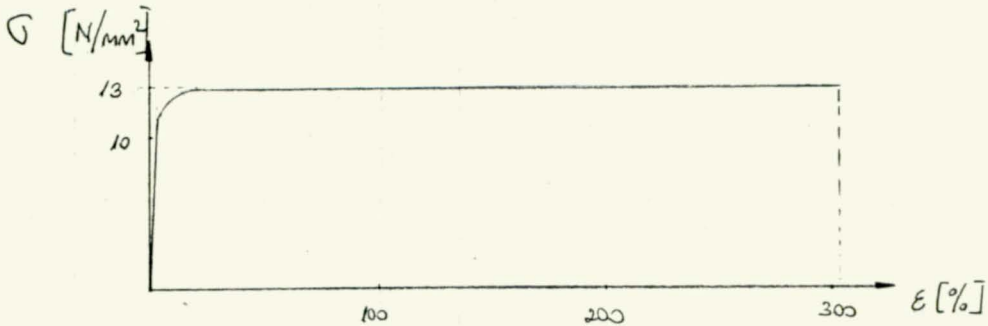
$$R_m = 1,33 \text{ kp/mm}^2 = 13,02 \text{ N/mm}^2$$

Toplam uzama (Kopma uzaması)

$$\varepsilon_t = \frac{101 - 25}{25} \cdot 100$$

$$\varepsilon_t = \% 304$$

Çekme deneyi esnasında akma olayı gözlenememiştir.



2 nolu çekme çubuğu :

$$D=6,4 \text{ mm} \quad I=2,0 \text{ mm}$$

69

$$\text{Kopma gerilmesi } R_m = \frac{16}{6,4 \cdot 2,0} \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

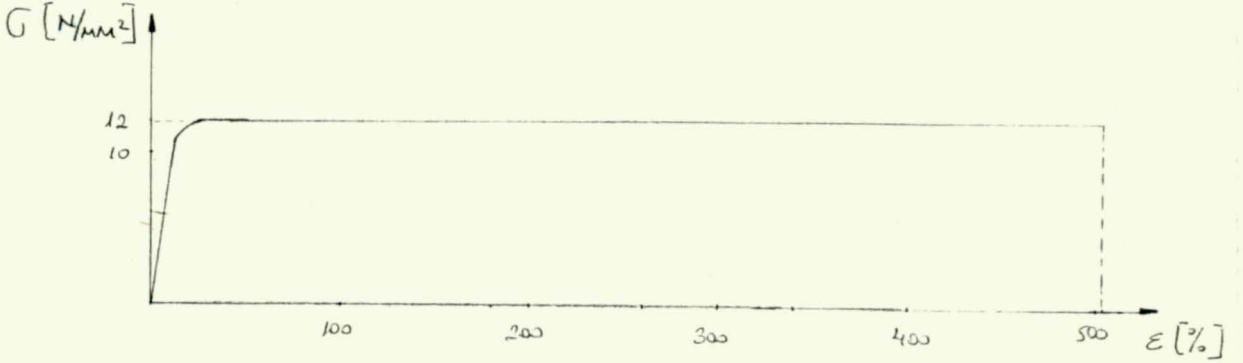
$$R_m = 1,25 \text{ kp/mm}^2 = 12,26 \text{ N/mm}^2$$

Toplam uzama

$$\varepsilon_t = \frac{152-25}{25} \cdot 100$$

$$\varepsilon_t = \%508$$

Çekme deneyi esnasında akma olayı gözlenememiştir.



3 nolu çekme çubuğu :

$$D=6,4 \text{ mm} \quad I=2,05 \text{ mm}$$

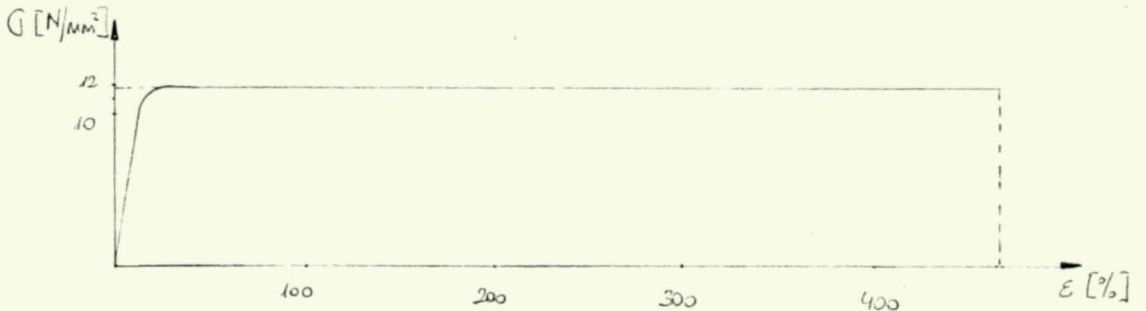
$$\text{Kopma gerilmesi } R_m = \frac{16}{6,4 \cdot 2,05} \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

$$R_m = 1,22 \text{ kp/mm}^2 = 11,96 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toplam uzama } \varepsilon_t = \frac{142-25}{25} \cdot 100$$

$$\varepsilon_t = \% 468$$

Çekme deneyi esnasında akma olayı gözlenememiştir.



4 nolu çekme çubuğu :

D=6,4mm I=2,05mm

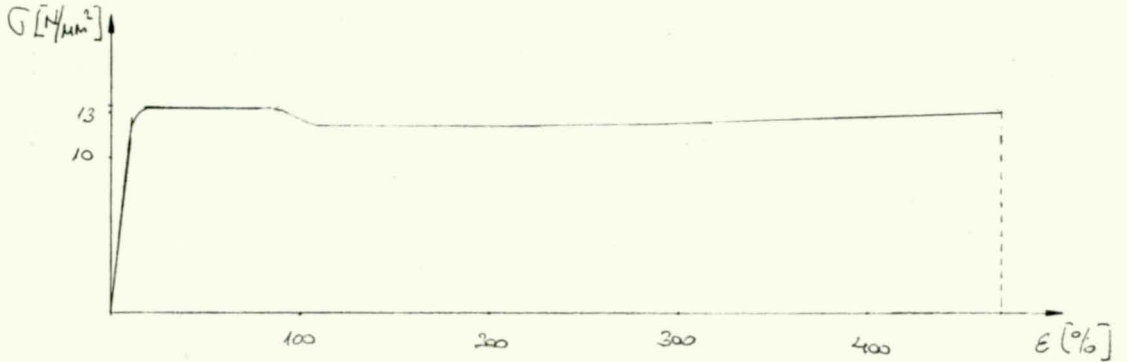
$$\text{Kopma gerilmesi } R_m = \frac{18}{2,05 \cdot 6,4} \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

$$R_m = 1,37 \text{ kp/mm}^2 = 13,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toplam uzama } \varepsilon_t = \frac{142-25}{25} \cdot 100$$

$$\varepsilon_t = \% 468$$

Çekme deneyi esnasında akma olayı gözlenmemiştir.



5 nolu çekme çubuğu :

D=6,1 mm I=2,0 mm

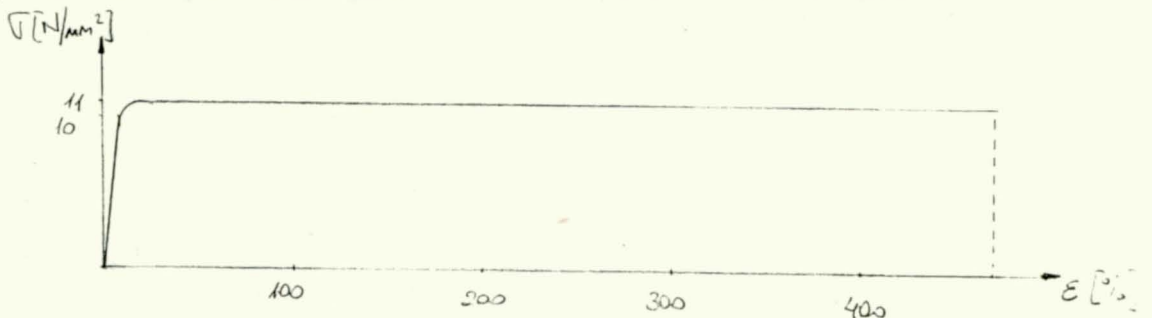
$$\text{Kopma gerilmesi } R_m = \frac{14}{6,1 \cdot 2,0} \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

$$R_m = 1,15 \text{ kp/mm}^2 = 11,26 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toplam uzama } \varepsilon_t = \frac{143-25}{25} \cdot 100$$

$$\varepsilon_t = \% 472$$

Çekme deneyi esnasında akma olayı gözlenmemiştir.



6 nolu çekme çubuğu :

$$D=6,0 \text{ mm} \quad I=2,0 \text{ mm}$$

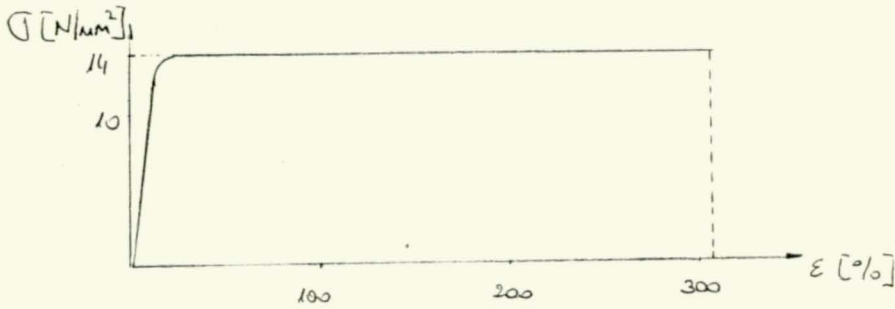
$$\text{Kopma gerilmesi} \quad R_m = \frac{17}{6,0 \cdot 2,0} \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

$$R_m = 1,42 \text{ kp/mm}^2 = 13,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toplam uzama} \quad \varepsilon_t = \frac{102-25}{25} \cdot 100$$

$$\varepsilon_t = \% 308$$

Çekme deneyi esnasında akma olayı gözlenememiştir.



Deney sonuçlarının aritmetik ortalaması alınırsa :

$$R_m = (13,02 + 12,26 + 11,96 + 13,46 + 11,26 + 13,90) / 6$$

$$R_m = 12,64 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_t = (304 + 508 + 468 + 468 + 472 + 308) / 6$$

$$\varepsilon_t = 421,33 \%$$

olarak bulunur.

Bu bulunan değerler çeşitli literatürlerde verilen kopma gerilmesi ($R_m = 10-35 \text{ N/mm}^2$) ve toplam uzama değerleri bölgesinde ($\varepsilon_t = \% 300-1000$) kaldığından oldukça uygundur.

Deneyler sırasında akma olayı gözlenememiştir. Yük belirli bir uzama olmadan artmakta ve en büyük değerine ulaştıktan sonra çekme numunesi uzamaya başlamaktadır.

EK 1 : Plastiklerin Kısa Gösterilişleri

ABS	Akrilnitril / Butadien /Stiren
AMMA	Akrilnitril /Metilmetakrilat - kopolimeri
AP	Akril polimerleri
CA	Sellülozasetat
CAB	Sellülozasetobütirat
CAP	Sellülozasetopropiyonat
CF	Kresolformaldehit
CMC	Karboksimetilsellüloz
CN	Sellüloz nitrat
CP	Sellülozpropiyonat
CS	Kazein plastikleri
CTP	Cam takviyeli plastikler
EC	Etilsellüloz
EP	Epoksit, epoksi-reçineleri
FP	Florlu polimerler
MC	Metilsellüloz
MF	Melaminformaldehit
PA	Poliamid (Naylon)
PAAE	Poliakrilasitester
PAN	Poliakrilnitril
PB	Polibuten-1
PBI	Polibenziimidazol
PBTB(PBT)	Polibutilentereftalat
PC	Polikarbonat
PCTFE	Poliklorotrifloretilen
PDAP	Polidialilftalat
PE	Poli etilen
PEO	Poli etilenoksit
PETP(PET)	Poli etilentereftalat
PF	Fenolformaldehit
PFEP	Polifloretilenpropilen
PI	Poliimid
PIB	Poliizobütillen
PMMA	Polimetilmetakrilat
PMP	Poli-4-metilpenten-1

PO	Poliiolefinler
POM	Polioksimetilen, poliformaldehit
PP	Polipropilen
PPO	Polifenilenoksit
PPOX	Polipropilenoksit
PPS	Polifenilensülfür
PPX	Poliparaksililen
PS	Polistiren
PSO	Polisülfon
PTFE	Politetrafloretillen (teflon)
PUR	Poliüretan
PVAC	Polivinilasetat
PVAL	Polivinilalkol
PVB	Polivinilbütiral
PVC-S	Polivinilklorür-sert
PVC-Y	Polivinilklorür-yumuşak
PVCA	Vinilklorid / Vinilasetat-kopolimeri
PVDC	Polivinildiklorür
PVDF	Polivinildiflorür
PVF	Polivinilflorür
PVFM	Polivinilformal
PVK	Polivinilkarbazol
PVP	Polivinilpirolidon
SAN	Stiren / Akrilnitril kopolimer
SB	Stiren / Butadien kopolimer
SI	Silikon
UF	Üre - formaldehit
UP	Doymamış poliester
VF	Vulkanfiber
VP	Vinil polimerleri

KAYNAKÇA

Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoff-Industrie. Aufbau und Verhalten von Kunststoffen. Frankfurt/Main : AV-Verlag Kurt Herrlein.

BASF-Badische Anilin und Soda Fabrik AG. Kunststoff-Physik im Gespräch. 3. unveränderte Auflage. Ludwigshafen : 1969.

Bayer Termoplaste. Prüfung, Auszug aus 'Technisches Ringbuch Thermoplaste. Leverkusen.

Çakmakçı, A. Tekin. Artık Plastik Malzemelerin Tekrar Değerlendirilmesi. K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Seminer çalışması. Trabzon : 1984.

Determann, Hermann. Nichthärtbare Kunststoffe-Thermoplaste. Werkstattbücher Heft 110. Berlin : Springer Verlag, 1953.

Domininghaus, Hans. Einführung in die Technologie der Kunststoffe. Frankfurt : Hoechst-Aktiengesellschaft.

Haferkamp, Heinz. Anhang zur Vorlesung 'Kunststoffe im Maschinenbau I und II.

Hoechst Aktiengesellschaft. Technische Kunststoffe. 3. Auflage. 1983.

Krist, Th. Formeln und Tabellen für Kunststoffe und Kunststoffverarbeitung. 3. verbesserte und erweiterte Auflage. Darmstadt : Technik-Tabellen-Verlag, 1972.

Menges, Georg. Werkstoffkunde der Kunststoffe. Sammlung Göschen Band 3002. Berlin : Walter de Gruyter und Co., 1970.

Palin, G. R. Teknolojide Plastikler. Çev. Macit Çidemoglu. Makina Mühendisleri Odası Yayın No 64. Ankara : Gürsoy Matbaacılık Sanayi, 1971.

Petkim Petrokimya A.Ş. Petilen-Alçak Yoğunluklu Polietilen. Ankara.

Plateks-Plastik ve Tekstil Sanayi Ticaret A.Ş. Plamid-Plastik Teknolojisi. Bursa.

Saechtling, Hansjürgen ve Willi Zebrowski. Kunststoff-Taschenbuch. 17. völlig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. München : Carl-Hanser Verlag, 1976.

Sandelowsky, S. Bearbeitungswerkzeuge für Kunststoffe.
Ravensburg : Otto Maier Verlag, 1956.

Thomas, Georg D. Kompresyon ve Transfer Döküm Ekipmanı
(Plastik Döküm Kalıpları). Çev. Orhan Ş. Ağan. Ankara :
Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, No 237, 1974.

Türk Standartları 985. Plastikler-Sert Plastiklerin
Eğilme Özelliklerinin Tayini. Birinci baskı. Ankara :
Yonca matbaası, 1982.

Türk Standartları 1005. Plastikler-Sert Plastiklerin İzod
Darbe Dayanımlarının Tayini. Birinci baskı. Ankara : Saim
Toraman matbaası, 1971.

Türk Standartları 1148. Plastikler-Termoplastik Maddeler-
den Deney Parçalarının Basınç Kalıplama ile Hazırlanması.
Birinci baskı. Ankara : Çağdaş basımevi, 1978.

Türk Standartları 1398. Plastikler-Çekme Özelliklerinin
Tayini. Birinci baskı. Ankara : Saim Toraman matbaası, 1974.

Türk Standartları 1678. Plastikler-Basma Özelliklerinin
Tayini. Birinci baskı. Ankara : Saim Toraman matbaası, 1974.

Türk Standartları 3823. Plastikler-Çekme Akmasının Tayini.
Birinci baskı. Ankara : İleri matbaası, 1983.

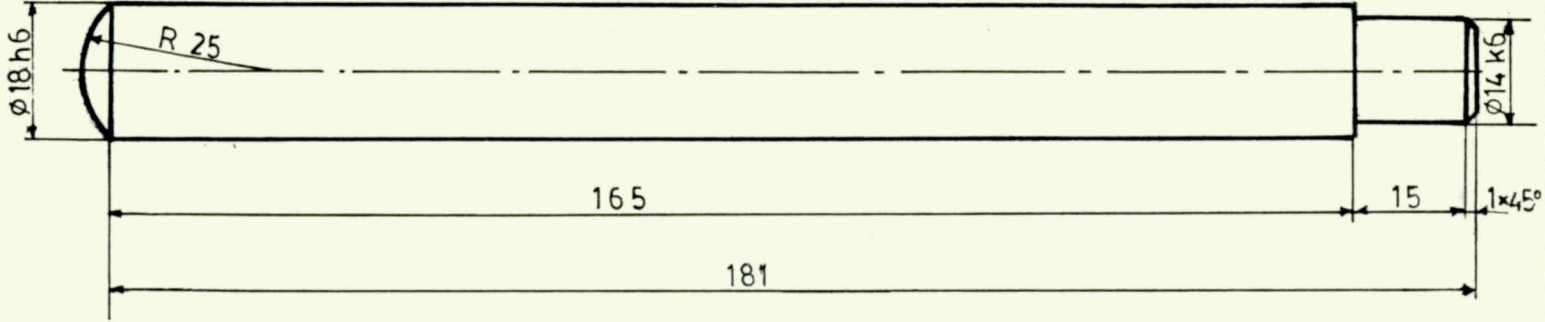
Türk Standartları 3861. Plastikler-Çok Amaçlı Deney
Parçalarının Hazırlanması. Birinci baskı. Ankara : Uzman
matbaacılık, 1983.

Verband Kunststofferzeugende Industrie E.V. Kunststoff-
Industrie auf einen Blick. Frankfurt/Main.

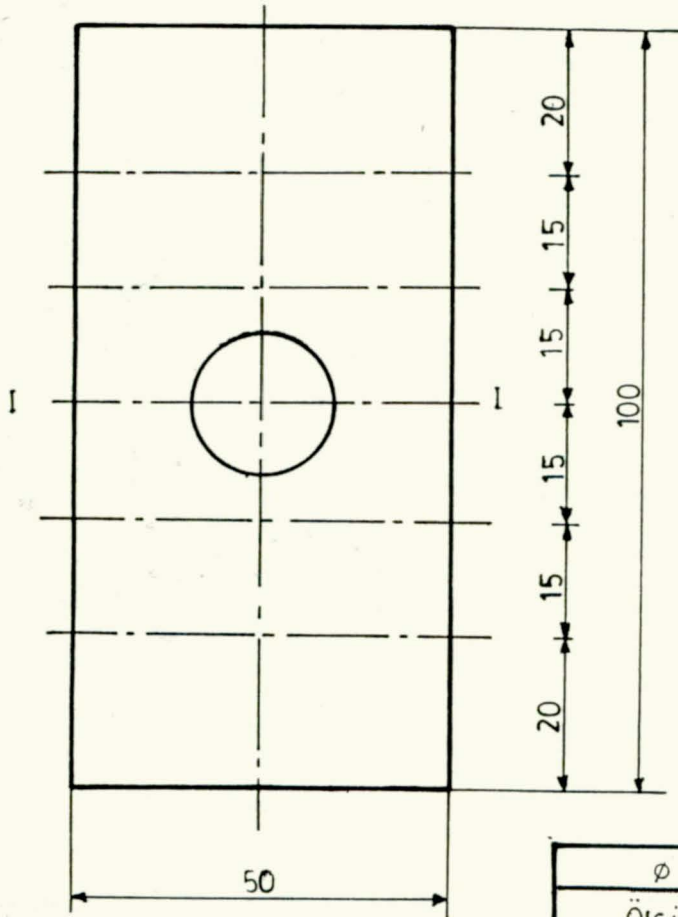
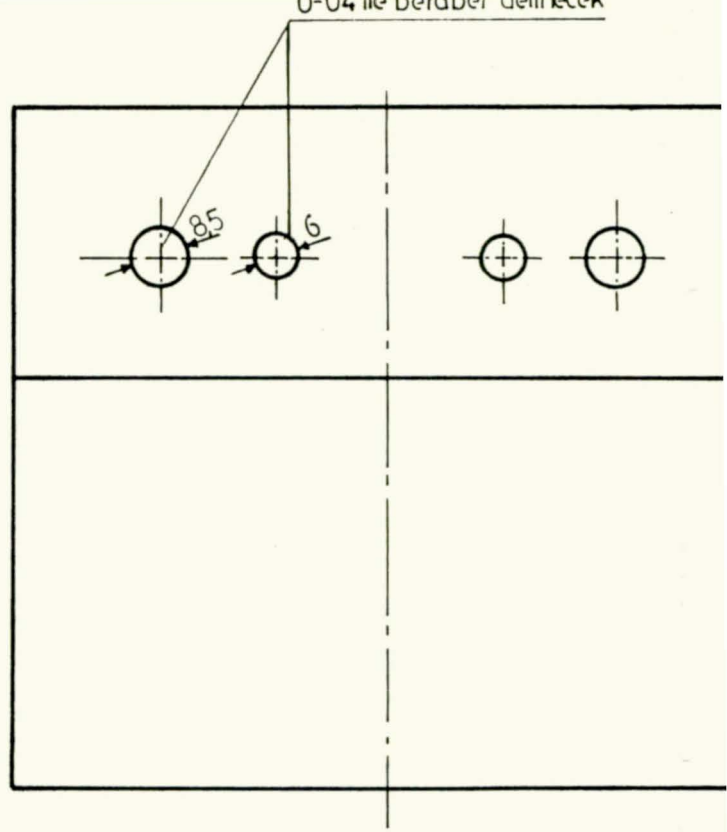
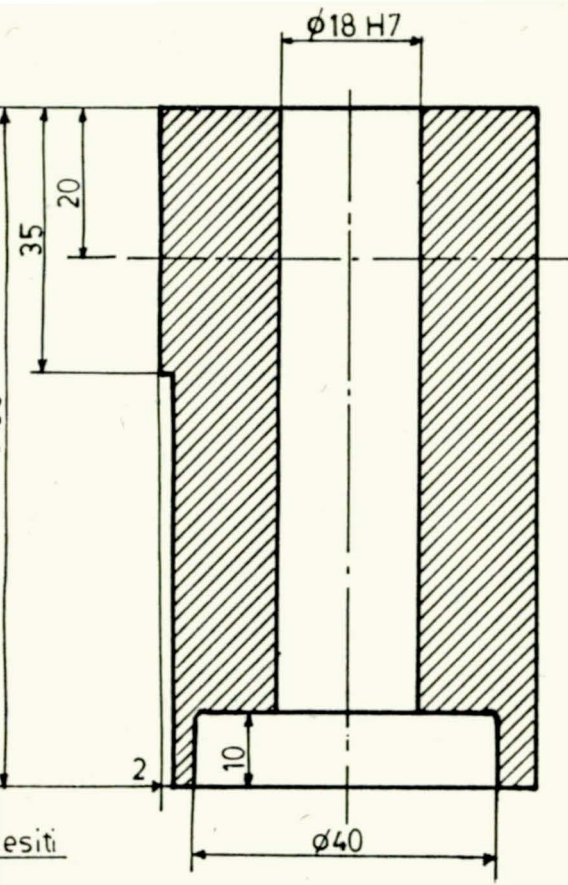
Weigelt, W. Kunststoffe im Maschinenbau I und II. Kolleg
nach den Vorlesungen. Sommer Semester 1967 und Winter-
semester 1967/68.

Yüksel, Mehmet. Plastik Malzemeler. (Basılmamış ders notları)
K.T.Ü. Trabzon : 1981.

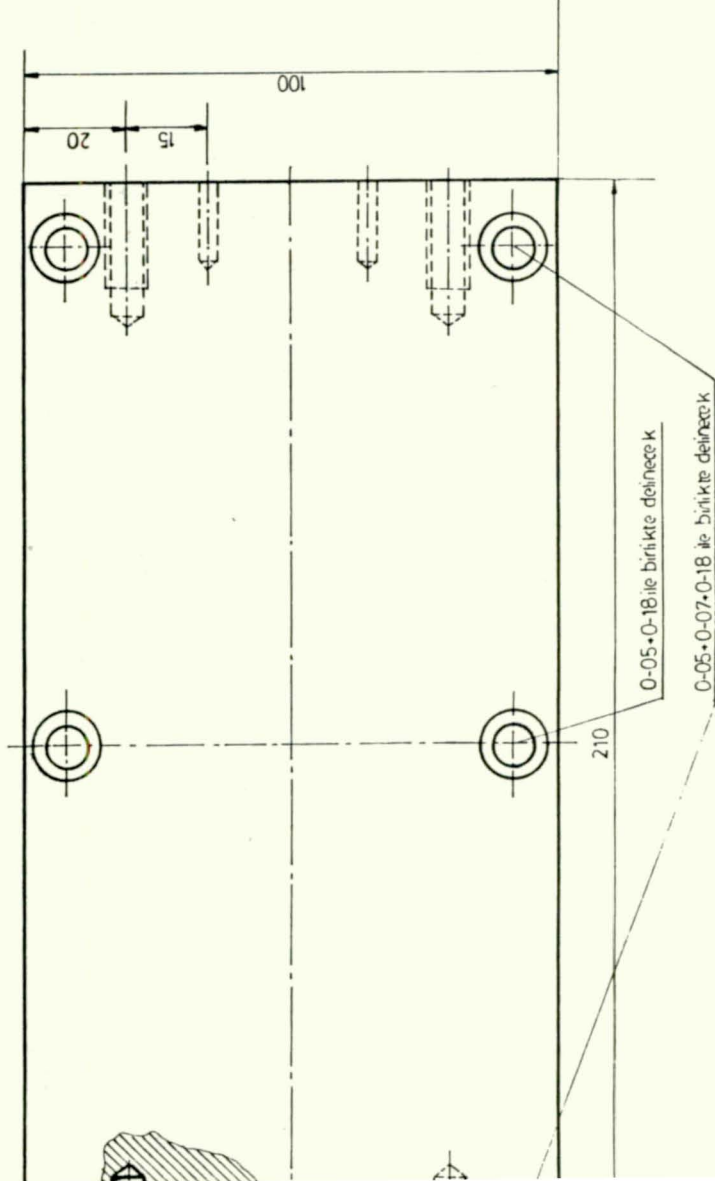
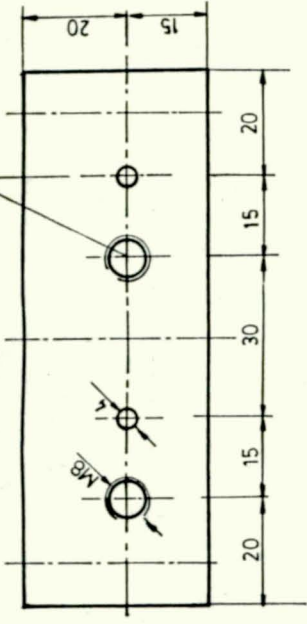
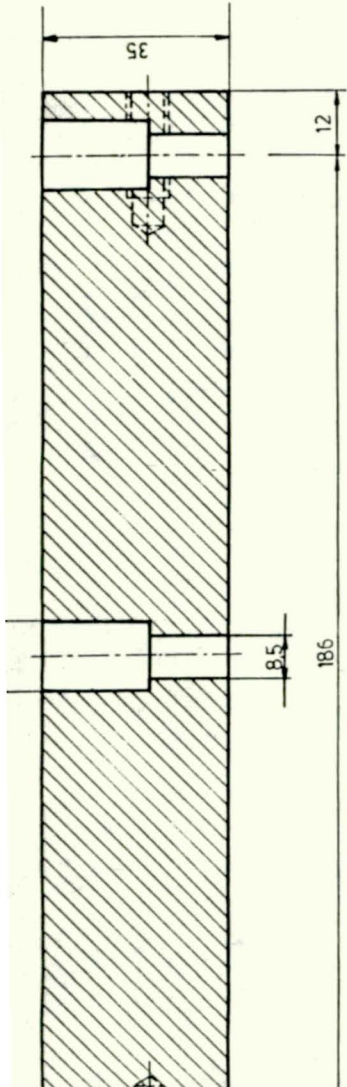
Yüksel, Mehmet ve A. Tekin Çakmakçı. Plastik Malzemeler ve Türlerinin Deneysel Yollarla Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi-Isparta Mühendislik Fakültesi III. Mühendislik haftasına sunulan bildiri. Isparta : 8-11 Mayıs 1985.



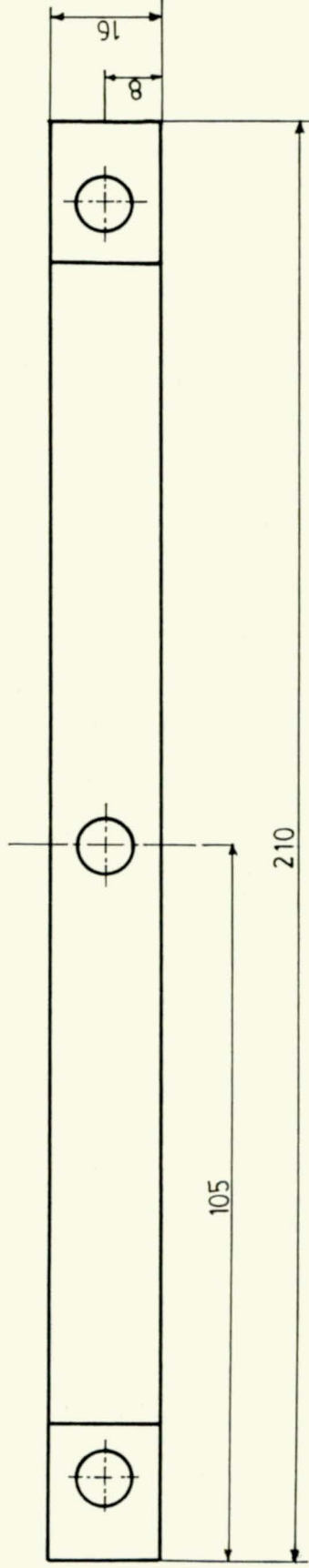
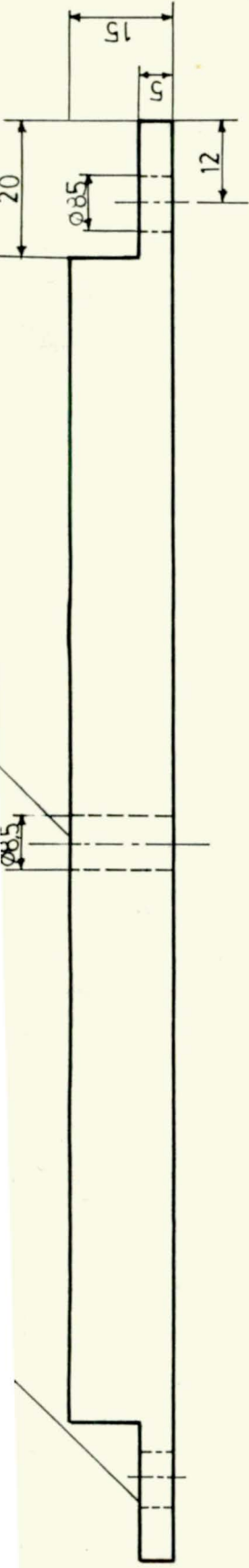
$\phi 18$	h 6	0 / -0.011		
$\phi 14$	k 6	+0.012 / + 0.001		
Ölçü	Sembol	Tolerans		
Malzeme	Yay Merkezleme Elemanı	K. Ü.		
Fe 37		Fen Bilimleri Enstitüsü		
		Resim No: 0-02		
Ölçek	Anab.D.	Söm.	No	Adı ve Soyadı
	1: 1	MakM.	IV	Y/040
	Tarih: Mart 1985			Kontrol:



$\phi 18$	H 7	+0.018 / 0
Ölçü	Sembol	Tolerans
Malzeme	Yan Baskı Flemanı	K. Ü.

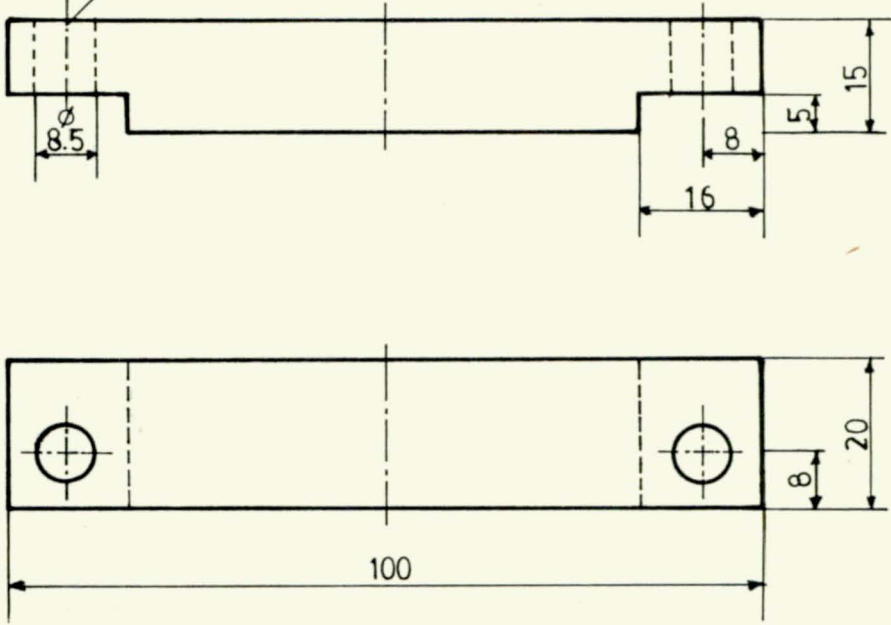


Malzeme	K. Ü.	Fen Bilimleri Enstitüsü
Fe 37	Üst Baskı Plakası	Resim No: 0-04

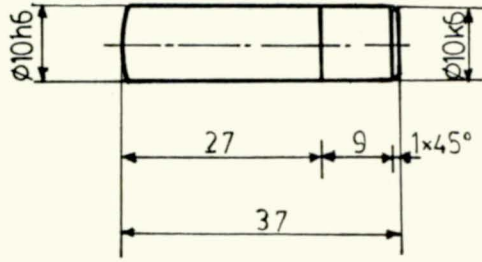


Malzeme	Üst Kalıp			K. Ü.	
Fe 37	İzolasyon Korumucu			Fen Bilimleri Enstitüsü	
Ölçek	Anab.D	Söm.	No	Resim No:0-05	
1:1	Mak.M	IV	Y/040	Adı ve Soyadı	
				A.Tekin Çakmakçı	

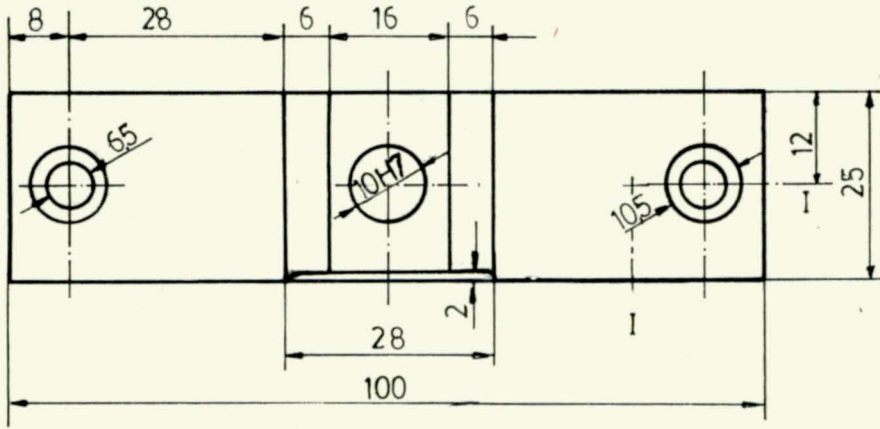
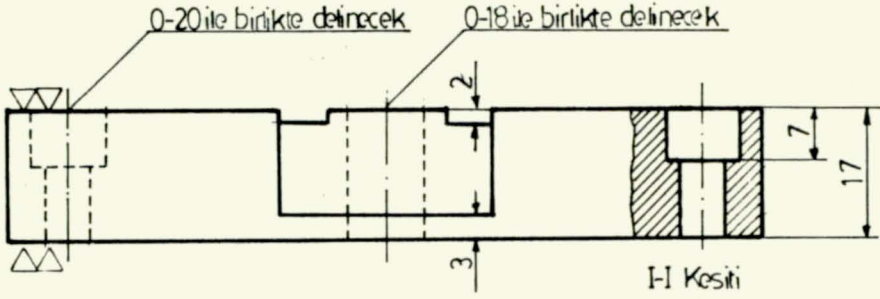
0-04+0-05+0-18 ile birlikte dâlinecek



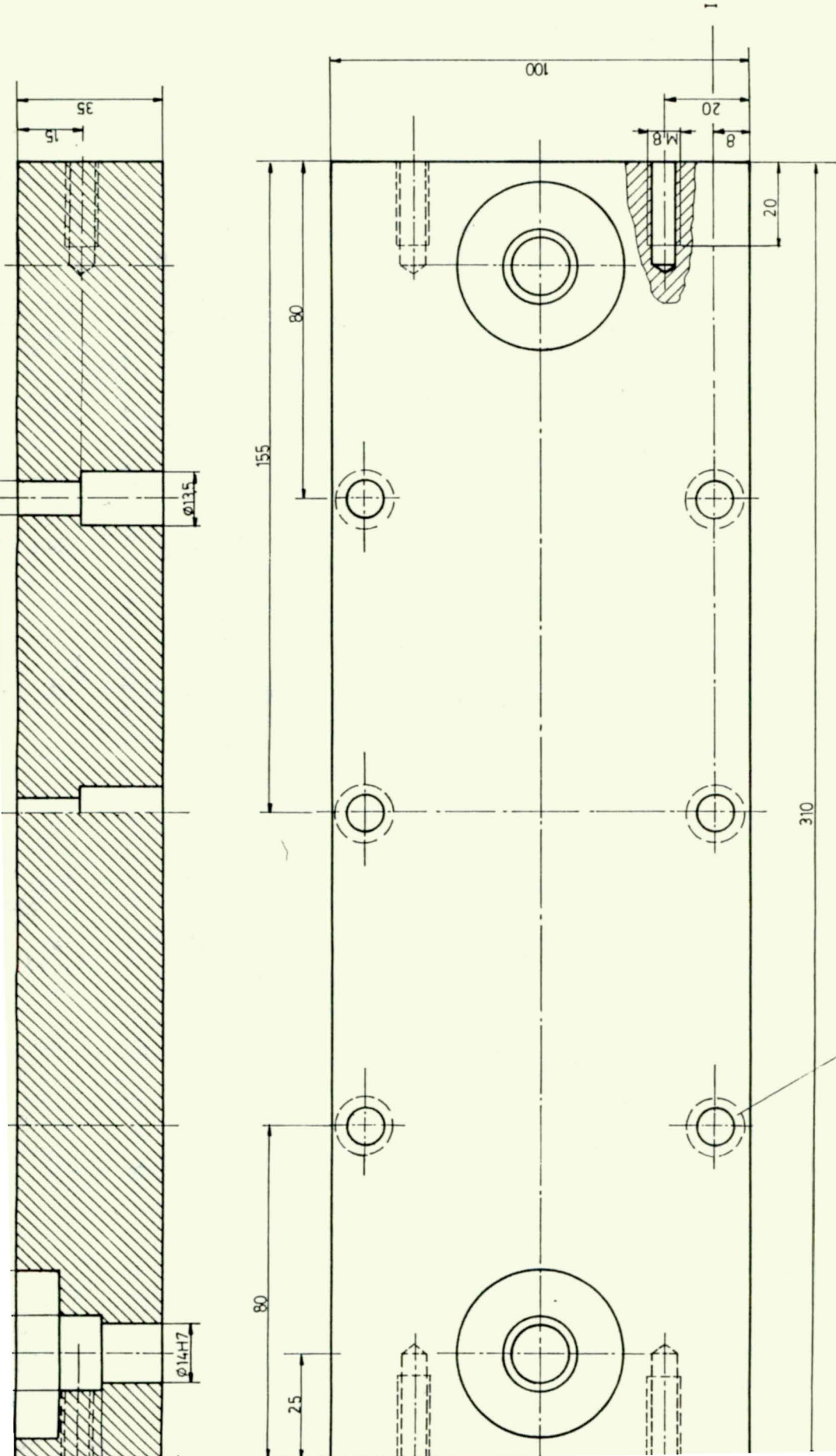
Malzeme	Üst Kalıp				K. Ü.
Fe 37	İzolasyon Koruyucusu (Yan Parça)				Fen Bilimleri Enstitüsü
					Resim No: 0-07
Ölçek	Anab.D.	Söm.	No	Adı ve Soyadı	
1 : 1	Mak.M.	IV	Y/040	A. Tekin Çakmakçı	
	Tarih: Mart 1985				Kontrol:



$\varnothing 10$	h 6	0.000 / -0.011		
$\varnothing 10$	k 6	+ 0.012 / +0.001		
Ölçü	Sembol	Tolerans		
Malzeme	Merkezleme Pimi	'K. Ü.		
Fe 37		Fen Bilimleri Enstitüsü		
		Resim No: 0-08		
Ölçek	Anab.D.	Söm	No	Adı ve Soyadı
1 : 1	Mak.M.	IV	Y/040	A. Tekin Çakmakçı
	Tarih: Mart 1985			Kontrol:

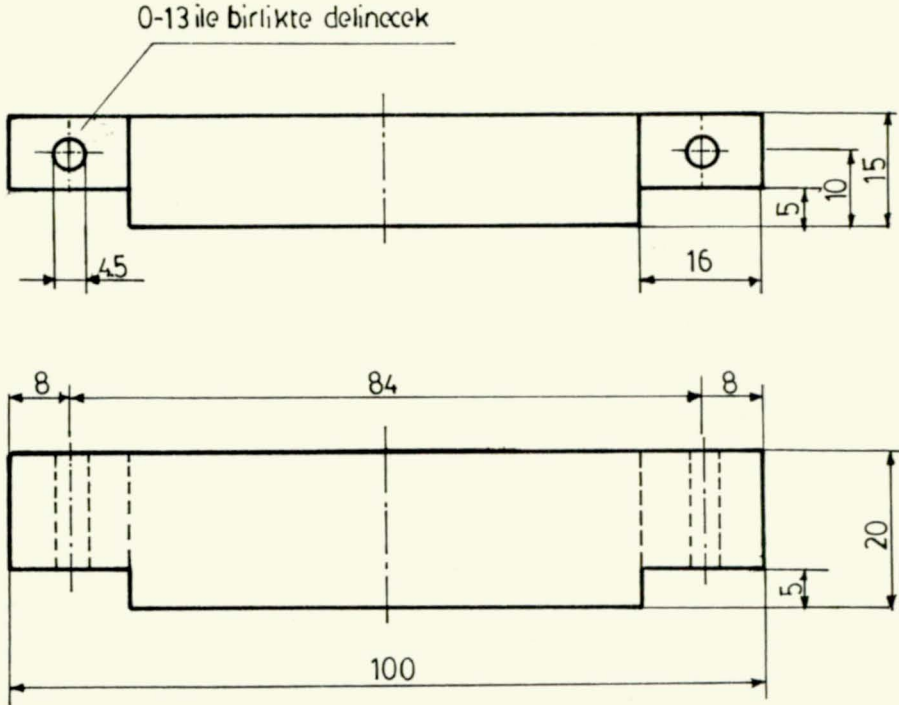


$\phi 10$	H7	+0.015/0.000		
Ölçü	Sembol	Tolerans		
Malzeme	Aıt Baskı Kalıbı	K. Ü.		
Fe 37	Yan Parçası [Kısa]	Fen Bilimleri Enstitüsü		
		Resim No: 0-09		
Ölçek	Anab.D	Söm.	No	Adı ve Soyadı
1 : 1	Mak.M.	IV	Y/040	A. Tekin Çakmakçı
	Tarih: Mart 1985			Kontrol:

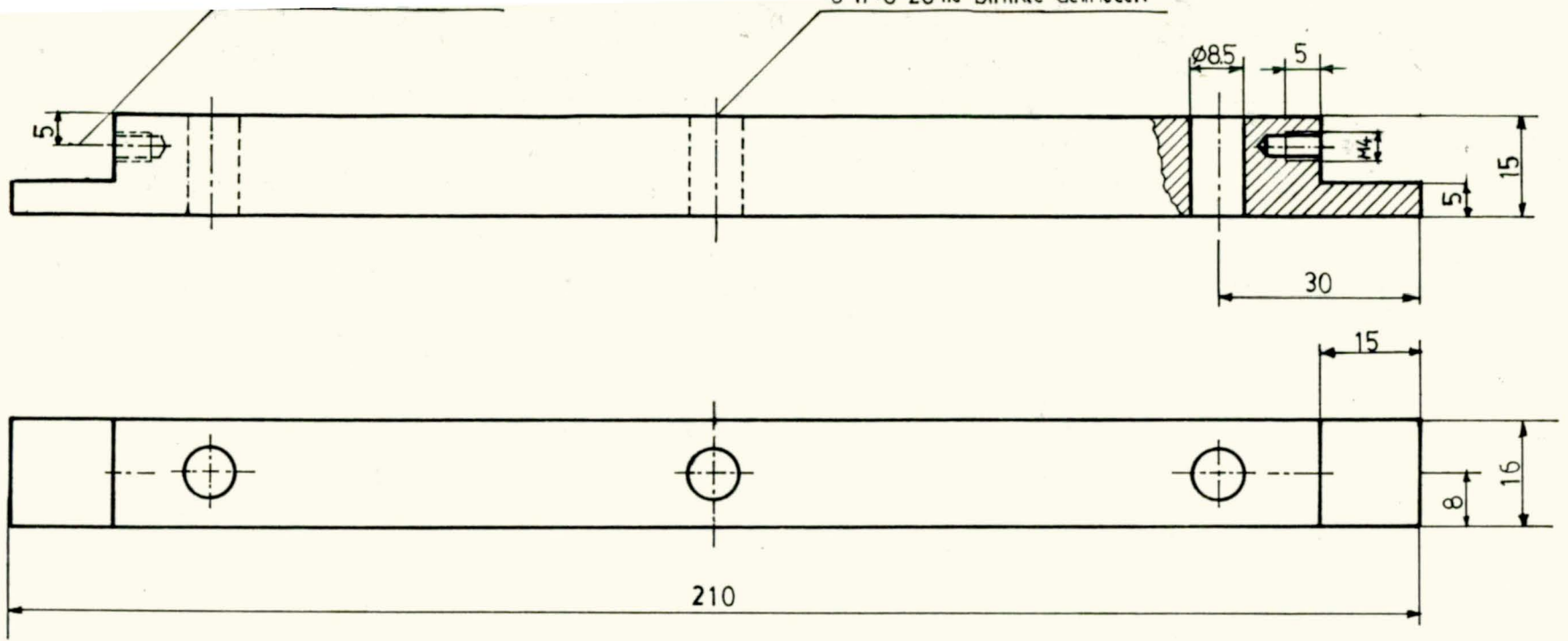


0-13•0-20 ile birlikte dâlinecek

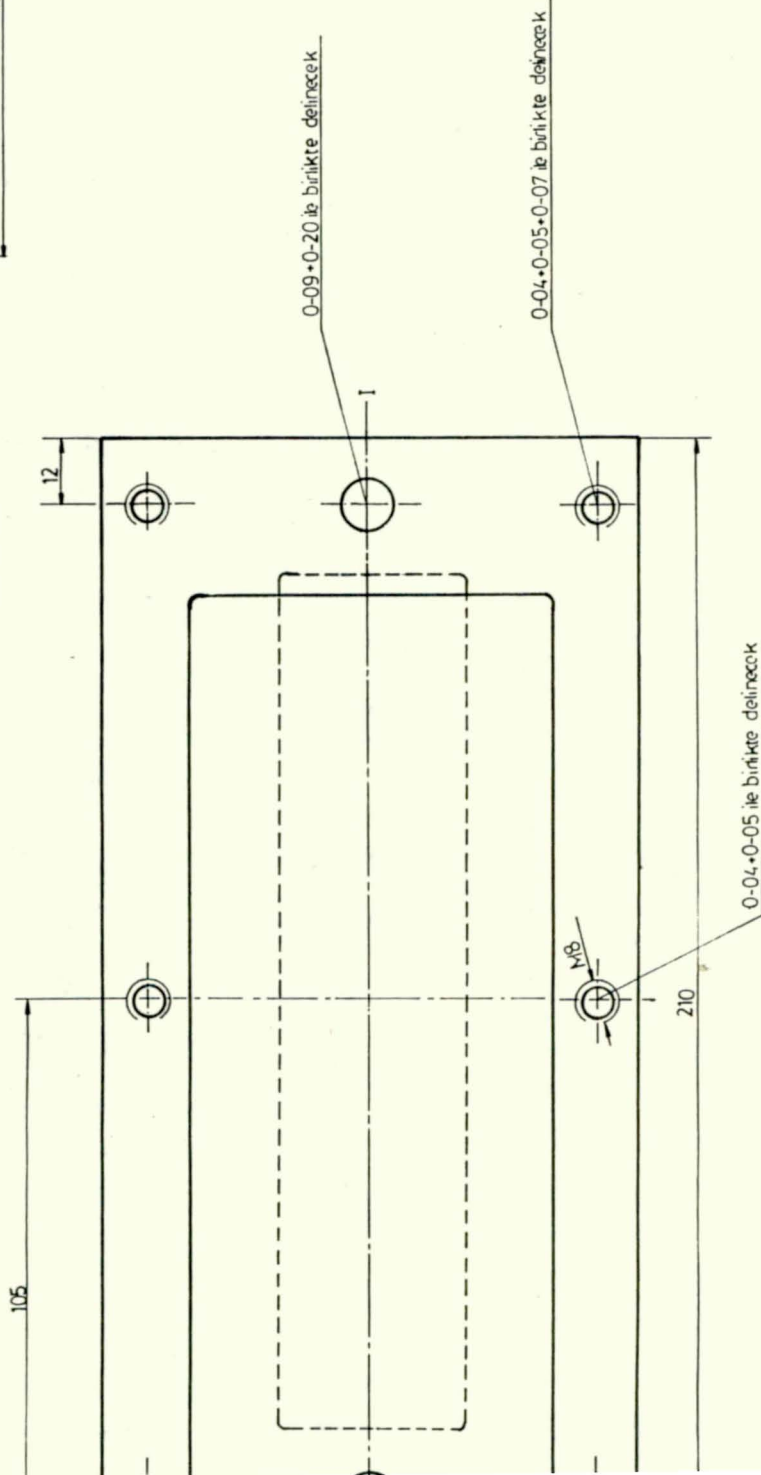
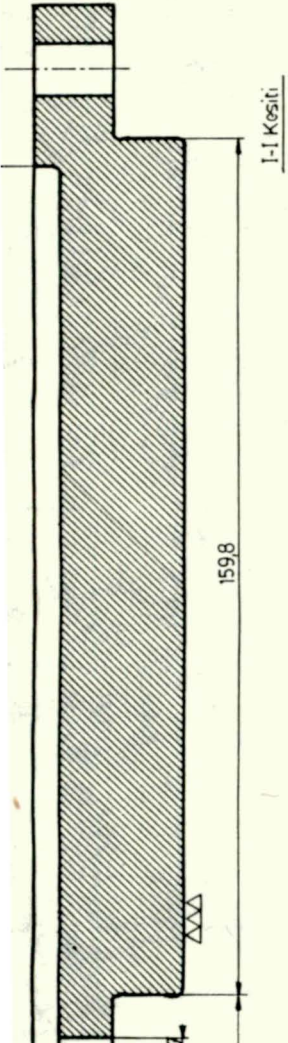
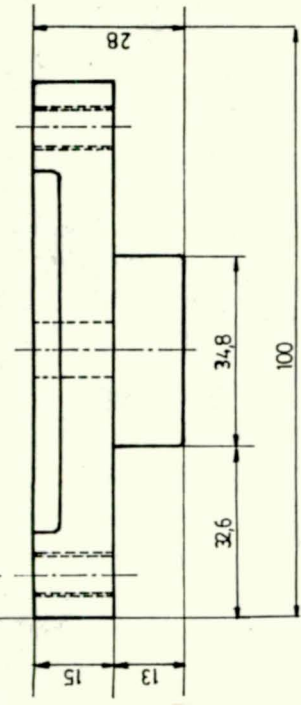
$\phi 14$	H 7	+0.018/0.000
Ökü	Sembol	Tolerans
Mazeme	Alt Baskı Plakası	K.Ü.
Fe 37	Fen Bilimleri Enstitüsü	Resim No: 0-11
Ölçek	Andi.D. Söm. No	Adı ve Soyadı



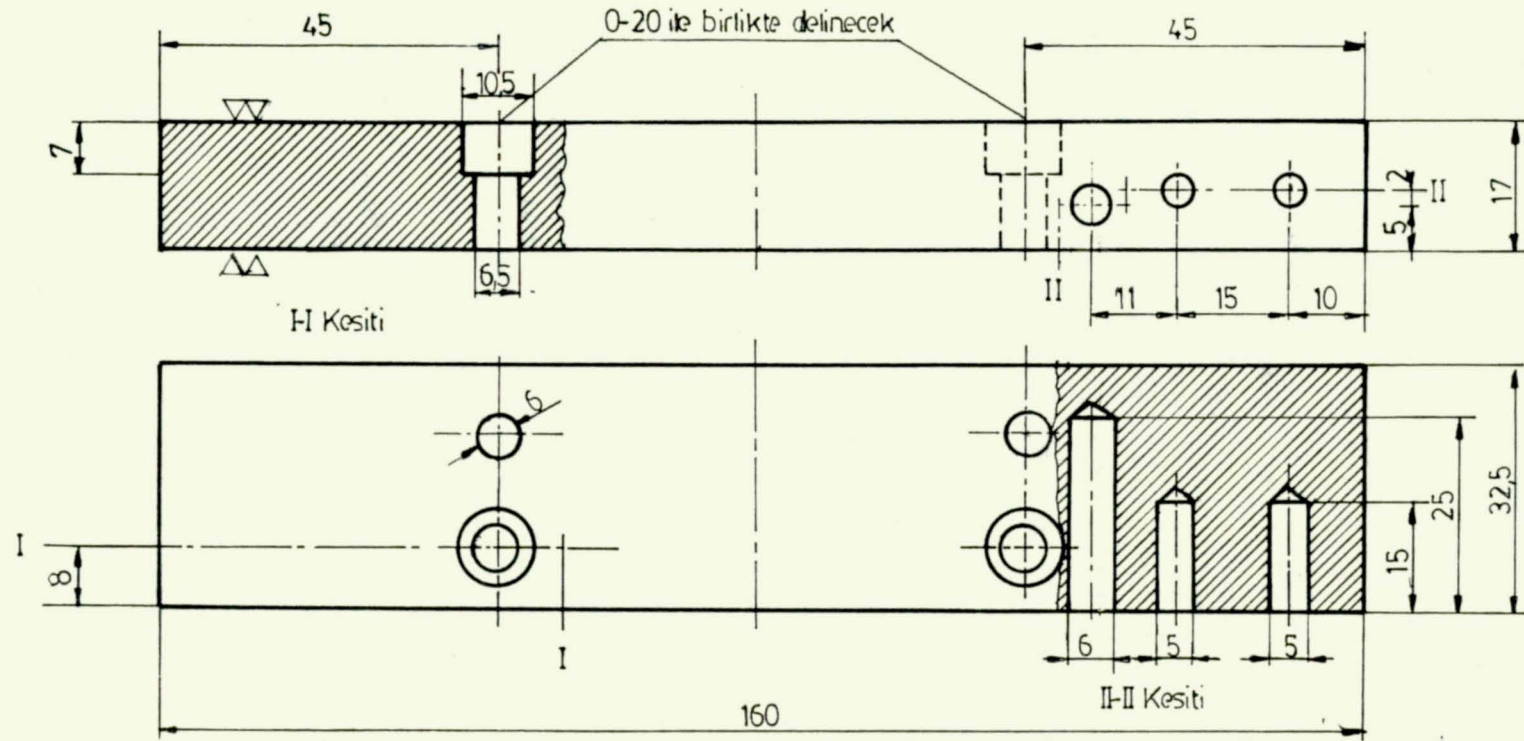
Malzeme Fe 37	Alt Kalıp İzolasyon Koruyucusu (Yan Parça)				K. Ü.
					Fen Bilimleri Enstitüsü
					Resim No: 0-12
Ölçek 1 : 1	Anab.D.	Söm.	No	Adı ve Soyadı	
	Mak.M.	IV	Y/040	A. Tekin Çakmakçı	
	Tarih: Mart 1985				Kontrol:



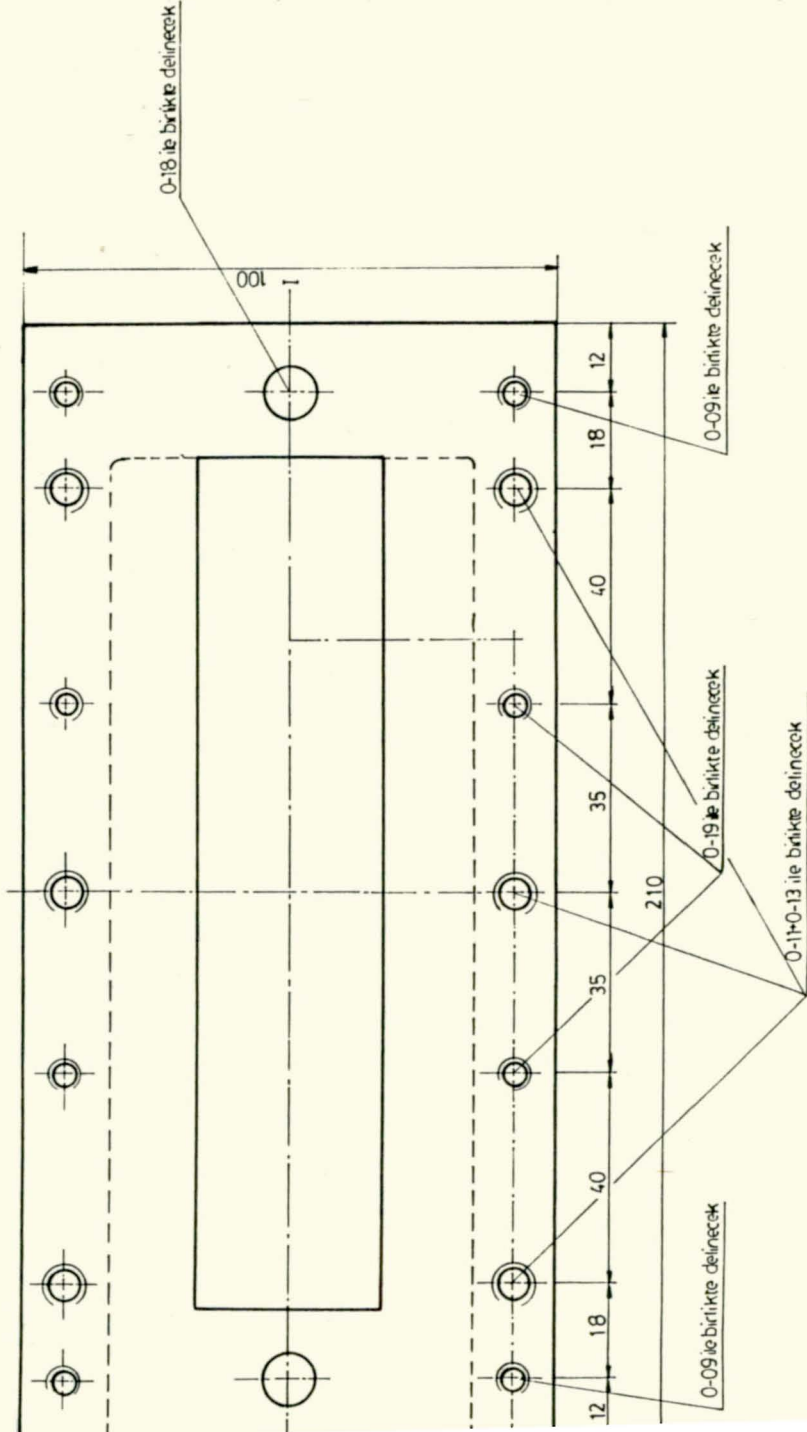
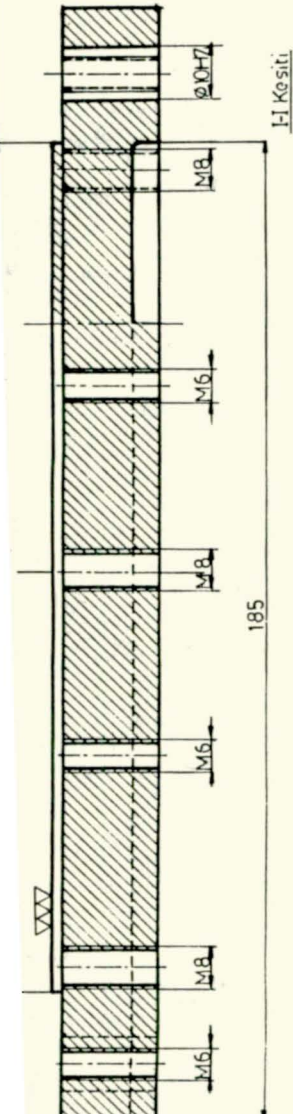
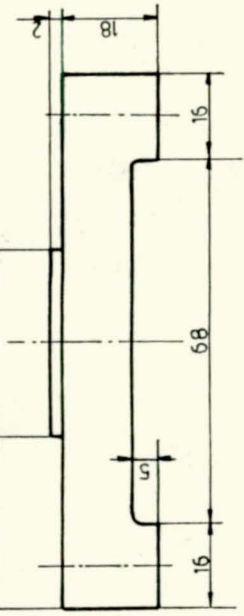
Malzeme	Alt Kalıp			K. Ü.
	Izolasyon Koruyucusu			Fen Bilimleri Enstitüsü
Fe 37				Resim No: 0-13
Öçek	Arab.D	Söm.	No	Adı ve Soyadı
	Mak.M.	IV	Y/040	A.Tekin Çakmakçı
1 : 1	Tarih : Mart : 1985			Kontrol :



Ø 10	H 7	• 0015 / 0,000
Ölçü	Sembol	Tolerans
Malzeme	Üst Baskı Kalıbı	K. Ü.
Fe 37		Fen Bilimleri Enstitüsü
Ölçek	Resim No: 0-18	
Adı, D. Sınıfı, No	Adı, Soyadı	



Malzeme	Alt Baskı Kalıbı			K. Ü.
	Fe 37 Yan Parçası [Kısa]			Fen Bilimleri Enstitüsü
Ölçek	Anab.D.	Söm	No	Adı ve Soyadı
	1 : 1	Mak.M.	IV	Y/040 A. Tekin Çakmakçı
	Tarih: Mart 1985			Kontrol:



Ölçü	Ø 10	H7	±0,015/0,000
Ölçü		Sembol	Tolerans
Malzeme	Alt Basıkı Kalıbı		
Fe 37	K. Ü.		
Ötek	Arad. D.	Söm.	Resim No.: 0-20
	Malz.	TV	Adı ve Soyadı