

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPÇILIĞINDA
PP MALZEMEYE KATILAN ABS ve CAM
ELYAFIN MEKANİK ÖZELLİKLERE
ETKİSİ

ÇETİN BİTİRGİÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2010

T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ

ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPÇILIĞINDA

PP MALZEMEYE KATILAN ABS ve CAM

ELYAFIN MEKANİK ÖZELLİKLERE

ETKİSİ

ÇETİN BİTİRĞİÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI

DOÇ. DR. BABÜR ÖZÇELİK

GEBZE

2010



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 05.07.2010 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Çetin BİTİRGİÇ'in tez çalışması Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali ARSLAN

ÜYE

: Doç. Dr. Faruk YILMAZ

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZ KONUSU: PLASTİK ENJEKSİYON KALIPÇILIĞINDA PP MALZEMEYE KATILAN ABS ve CAM ELYAFIN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

YAZAR ADI: ÇETİN BİTİRGİÇ

Bu çalışmada plastik enjeksiyon kalıplığında PP malzeme içerisine farklı oranlarda katılan ABS ve cam elyaf malzemelerinin mekanik özelliklere etkisi deneysel olarak araştırılmıştır.

PP içerisine toplamda 1 kg karışım için ABS ve cam elyaf malzemeleri %15, %22.5 ve %30 oranlarında katılarak karışım malzemeleri hazırlanmıştır. Üç farklı malzeme karışımında PP ve cam elyafı belirlenen oranlarda karıştırılmış, ek olarak ise 225g ABS eklenmiştir.

Hazırlanan çekme deney numuneleri ASTM D638, 3 nokta eğme deneyi numuneleri TS 985 EN ISO 178 ve izod darbe deneyi numuneleri ISO 180 standartlarında plastik enjeksiyon kalıbında basılarak elde edilmiştir. Tek enjeksiyon kalıbı ile çekme, eğme ve izod darbe numuneleri elde edilmiştir. Plastik akışkanlık testi içinse çekme test numuneleri kırıcıdan geçirilip granül hale getirilerek hazırlanmıştır.

Deneyler sonucu izod darbe enerjisi, çekme ve eğme elastiklik modülleri, çekme ve eğme maksimum yükleri, ergime akış hızları elde edilmiş ve sonuçlar birbirine göre karşılaştırılmıştır.

Kalıp malzemesi olarak Ç1040 seçilmiştir. Hammadde olarak PP ana malzeme olmak üzere, PP, ABS ve Cam elyafı belirlenmiştir. Mekanik özelliklere etki eden enjeksiyon parametreleri tüm deney setleri için sabit kullanılmıştır.

SUMMARY

TITLE OF THE THESIS: THE EFFECT of PP WHICH INVOLVES ABS AND FIBER GLASS ON MECHANICAL PROPERTIES IN PLASTIC INJECTION MOLDING.

AUTHOR: ÇETİN BİTİRĞİÇ

In this study, the effect of mechanical properties of PP which involves different ratios of ABS and fiber glass was experimentally investigated.

Mixed materials were prepared by joining the ABS and fiber glass into the PP with different ratios. ABS was added by 225g into the material which consists of PP and fiber glass in specific ratios for mixture of the three different type material PP/FG/ABS (FG: Fiber Glass).

According to ASTM D683 tensile test specimens, according to TS 985 EN ISO 178 3-point bending test specimens, according to ISO 180 izod impact test specimens obtained by plastic injection molding. Some of the tensile test specimens were converted to the granules by breaking for melt flow index test.

Izod impact energy, the tensile and bending flexibility modules, maximum tensile and bending loads, melt flow indexes were obtained as the results of the tests, and the results were compared with each other.

In this study, the mechanical properties are investigated by using just one injection mould and 3 different materials (2 of them are polymers) those are mixed in different proportions. As main material PP partial crystalline, as strengthening materials ABS amorphous polymer, Fiber Glass and mix both of them are chosen.

C1040 is chosen as injection mould. On condition that PP is main material; PP, ABS and fiber glass are determined as raw materials. The injection parameters those effect on mechanical properties are fixed for all each tests.

TEŞEKKÜR

GYTE'deki öğrenimim boyunca tüm çalışmalarında beni destekleyen, tez çalışmamda bana daima yol gösteren Sayın Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK'e, malzeme temini ve bilgi paylaşımı konusunda PİMAŞ A.Ş.'den Mehmet ARSLANBABA ve Sümer Bey'e, CAM ELYAF A.Ş.'den Dr. Aref JAVAHERİAN'a, PAGEV Teknik Lisesi eğitimcilerine, KOMEKSMAKİNA A.Ş.'den Salih Oğuz YILMAZ'a, PETKİM A.Ş.'den Ali ÖZİŞ'e, tezimi tamamlamam konusunda gösterdikleri destek için UYARGROUP yöneticilerime ve hayatımın her anında bana daima destek olan Anıl KARADAĞ ile benim için sadece anne baba kardeş değil birer dost olan sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. MALZEME TANIMA ve SINIFLANDIRMA	4
2.1. Plastiklerin Genel Özellikleri	6
2.2. Plastiklerde Molekül Zincirlerin Şekli	7
2.3. Amorf ve Kristalin Yapılar	10
2.4. Takviyeli Plastikler	16
2.4.1. Cam Elyafı ile Kuvvetlendirme	16
2.5. Diğer Katkı Malzemeleri	17
3. PLASTİKLERİN TANITILMASI	19
3.1. Termoplastikler	19
3.1.1. ABS	19
3.1.2. Polipropilen (PP)	21
3.2. Termosetler	23
4. PLASTİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ	24
4.1. Genel Üretim Yöntemleri	24
4.2. Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması	29
5. ENJEKSİYON KALIPLAMA YÖNTEMİ	30
5.1. Enjeksiyon Makineleri	32
5.1.1. Vidalı Enjeksiyon Makineleri	32
5.1.2. Pistonlu Enjeksiyon Makineleri	34
5.2. Enjeksiyon Kalıp Konstrüksiyonu	36
6. LİTERATÜR TARAMASI	42
7. TEZ ÇALIŞMASI İÇİN KULLANILAN ARAÇLAR	52
7.1. Üretim ve Test için Kullanılan Cihazlar	52

7.1.1.	Enjeksiyon Makinesi	52
7.1.2.	Plastik İzod Darbe ‘Çentikli Darbe’ Test Cihazı	52
7.1.3.	Çentik Açma Cihazı	53
7.1.4.	Plastik Akışkanlık Test Cihazı (Melt Flow Index)	54
7.1.5.	Çekme Test Cihazı	55
7.1.6.	Eğme Test Cihazı	57
7.2.	Üretim için Kullanılan Kalıp ve Malzemeler	58
7.2.1.	Numuneler İçin Plastik Enjeksiyon Kalıbı	58
7.3.	Deneylerde Kullanılan Plastik Malzemelerin Özellikleri	61
7.3.1.	PP Malzemenin Özellikleri	61
7.3.2.	ABS Malzemenin Özellikleri	61
7.4.	Plastik Enjeksiyon Test Şartları	62
8.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	65
8.1.	Deneysel Çalışma Amacı	65
8.2.	Deneysel Çalışma Verileri ve Numuneler	65
8.3.	Deneysel Çalışma Sonuçları	66
8.3.1.	Plastik Akışkanlık Testi (Melt Flow Index)	66
8.3.2.	Eğme Testi	68
8.3.3.	İzod Darbe Testi	71
8.3.4.	Çekme Testi	73
9.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	77
	Ek-1 PP Test Malzemesi	80
	Ek-2 ABS Test Malzemesi	82
	Ek-3 %30 Cam Elyaf Katkılı PP Malzemesi	84
	Ek-4 İzod Darbe ‘Çentikli darbe’ Test Cihazı Manueeli	90
	Ek-5 Plastik Akışkanlık Test Cihazı (Melt Flow Index) Manueeli	91
	KAYNAKLAR	96
	ÖZGEÇMİŞ	98

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

PP	Polipropilen
ABS	Akrilonitril Bütadien Stirenin
SGF	Short Glass Fiber (kısa cam elyaf)
PVC	Poli Vinil Klorür
PA	Poliamin
T _g	Camsı Geçiş Sıcaklığı
T _m	Ergime Sıcaklığı
MFI	Melt Flow Index (Eriyik Akışkanlık İndeksi)
PS	Polistiren
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
LDPE	Alçak Yoğunluklu Polietilen
AISI	American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Polimerlerin çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması.	6
2.2. Moleküllerin şekilleri.	8
2.3. Polietilende zincir paketlenmesi; (a) Tipik zincir yapısı; (b) Yüksek yoğunluklu polietilen; (c) Alçak yoğunluklu polietilen.	9
2.4. (a) Yönlenmemiş (b) Yönlenmiş aorf polimer.	10
2.5. Polietilen birim hücresinin kristal yapısı.	11
2.6. (a) Kısmi kristalin polimerin “fringed micelle” gösterilişi; (b) “Katlanmış Zincir” gösterilişi.	12
2.7. Kısmikristalin polimerin yapısı.	12
4.1. Plastiklerin üretim yöntemleri.	24
4.2. Plastiklere uygulanan üretim yöntemleri.	25
4.3. İmalat yöntemlerinin amorf termoplastiklerin fiziksel hallerine göre uygulanması.	26
4.4. Cam halindeki amorf polimerin çekme diyagramı.	27
4.5. Visko-elastik halde bulunan amorf polimerin çekme diyagramı.	27
4.6. İmalat yöntemlerinin kısmikristalin termoplastiklerin fiziksel hallerine göre uygulanması.	28
4.7. Kısmikristalin bir polimerin gerilme-şekil değiştirme diyagramı.	28
5.1. Enjeksiyon prosesini gösteren makine şeması.	30
5.2. Pistonlu enjeksiyon sistemi.	31
5.3. Sonsuz vidalı enjeksiyon makinesi.	33
5.4. Tek kademeli pistonlu enjeksiyon makinesi.	34
5.5. İki kademeli pistonlu enjeksiyon makineleri.	35
5.6. Torpilli (a) ve delikli parçalı (b) sistemler.	35
5.7. Enjeksiyon prosesinde basınç-zaman diyagramı.	36
5.8. Kalıp konstrüksiyonu.	37
5.9. Akış düzenleri.	39
5.10. Yan ağız büzülmeleri ve çarpıklıklar.	40
5.11. Merkezi ağızda büzülmeler ve çarpıklıklar.	40

5.12. Elyaf Yönlemesi ve büzülmeler.	41
6.1. Enjeksiyon çevrim süreleri.	43
6.2. Çevrim sürelerinin grafiksel gösterimi.	43
6.3. Düz ve çapraz akış gerilim-gerinim grafiği.	45
6.4. (a) düz akış, (b) x çapraz akış.	45
6.5. PP/ABS karışımları: (–) ABS; (---) PP; (■) 90/10/2.5* PP/ABS/PP-g-2-HEMA; (o) 85/15/ 2.5* PP/ABS/PP-g-2-HEMA; (o) 75/25/2.5* PP/ABS/PP-g- 2-HEMA'nın gerilme-gerinim grafiği.	49
6.6. Makrografi; plastik alan içindeki beyaz noktalar (lif boyları 8.2-8.8mm aralığında, 1mm/dk'lık gerilim yükü altında EWF ölçümü ile elde edilmiştir), PA6.6 (1); SGF0 (2); SGF5 (3); SGF10 (4); SGF15 (5); SGF20 (6); SGF30 (7).	50
7.1. Enjeksiyon Makinesi.	52
7.2. İzod darbe 'Çentikli darbe' test cihazı.	53
7.3. Çentik açma cihazı.	53
7.4. Plastik akışkanlık test cihazı (Melt Flow Index).	54
7.5. Plastik akışkanlık test cihazı çalışma örneği.	55
7.6. Çekme test cihazı.	55
7.7. Çekme test cihazı ekran sayfaları.	56
7.8. Çekme test cihazı çalışması "sünek malzeme".	56
7.9. Çekme test cihazı çalışması "gevrek malzeme".	57
7.10. Eğme test cihazı.	57
7.11. Eğme test cihazı çalışması.	58
7.12. Eğme test cihazı ekran sayfaları.	58
7.13. Çekme test kalıbı.	59
7.14. Çekme numunesinin şekil ve boyutları (ASTM D638).	59
7.15. Çekme kalıp'ın 3D isometric görüntüsü.	60
7.16. 3 nokta eğilme deneyi numunesi (TS 985 EN ISO 178).	60
7.17. Izod darbe deneyi numunesi (ISO 180).	60
8.1. Plastik akışkanlık test sonuçları.	68
8.2. Eğilme elastiklik modülü.	70
8.3. Eğilme maksimum gerilme eğrisi.	71
8.4. Eğilme maksimum yük eğrisi.	71
8.5. Izod darbe test grafiği.	73

8.6. Çekme test grafiği (Kopma anında gerilme).	76
8.7. Çekme test grafiği (E-Modülü).	77
10.1. İzod darbe ‘Çentikli darbe’ test cihazı manueli.	90
10.2. Plastik akışkanlık test cihazı (Melt Flow Index) Manueli.	91
10.3. Enjeksiyon makinesi ekran sayfaları.	92
10.4. Test numuneleri.	94

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Polimer adlarının oluşturulması.	5
2.2. Termoplastiklerin kimyasal yapısı ve bazı fiziksel özellikleri.	13
5.1. Plastik enjeksiyon kalıbı için tavsiye edilen malzemeler ve mekanik özellikleri.	38
6.1. Çarpılma için ANOVA sonuçları.	44
6.2. PA6.6/PP karışımının mekanik özellikleri.	47
6.3. PA6.6/PP karışımında 123D-tipi güçlendirilmiş kısa cam elyafın mekanik özelliklere etkisi.	47
6.4. PA6.6/PP karışımında 146B-tipi güçlendirilmiş kısa cam elyaf'ın mekanik özelliklere etkisi.	48
6.5. 1mm/dk'DENT geometri ile araştırılan modeller için spesifik EWF (we) işi.	50
6.6. Kompozitlerin elyaf oranları ve mukavemet değerleri.	51
7.1. Enjeksiyon makinesi mengene koşulları.	62
7.2. Enjeksiyon makinesi mal alma koşulları.	62
7.3. Enjeksiyon makinesi enjeksiyon koşulları.	63
7.4. Enjeksiyon makinesi itici grup koşulları.	63
7.5. Enjeksiyon makinesi sıcaklık değerleri.	63
7.6. Enjeksiyon makinesinde uygulanan süreler.	64
8.1. Deneysel çalışma verileri.	65
8.2. Plastik akışkanlık test sonuçları.	67
8.3. Eğme testi sonuçları.	69
8.4. İzod darbe testi sonuçları.	72
8.5. Çekme testi sonuçları.	75
9.1 Deneysel sonuçları karşılaştırma tablosu.	78
10.1. Polipropilen ürün özelliği.	80
10.2. ABS ürün özelliği.	83

10.3. %30 Cam Elyaf katkılı PP malzemenin teknik verileri-1.	84
10.4. %30 Cam Elyaf katkılı PP malzemenin teknik verileri-2.	85

1. GİRİŞ

Eski tarihlerden bu yana kullanılan polimerik malzemelerin başında selüloz, nişasta, doğal kauçuk gibi doğal polimerler bulunuyor. Doğal polimerlerin gerek işleme zorluğu ve gerekse mekanik, kimyasal, fiziksel yönden yetersiz oluşları yerini önce yarı sentetik sonrasında sentetik polimerlere bırakmıştır. Bilinen ilk polimer malzemesi 1868 yılında J. Hyatt tarafından keşfedilen selüloittir. Yarı sentetik modern bir plastik üretimi 1909'da L. Baekeland tarafından sanayi ölçeğinde yapılmıştır. Fenol-formaldehit reçinesi olan bakalit telefon ahizeleri gibi plastik ürünlerin yapımında kullanılmıştır. Bunu 1917 1. Dünya savaşı sırasında Alman kimyacıların dimetil bütadien'den suni kauçuğu bulması takip eder. Tüm bu keşifler polimerlerin yapısı tam olarak bilinmeden yapılmıştır. 1924'e kadar polimer yapılarının "koloit agrega" halinde küçük moleküllerden oluştuğu sanılırdı. H. Staudinger'in yaptığı geniş çalışmalar sonucu plastiklerin zincir şeklinde makro moleküllerden oluştuğu ve bu moleküllerin birbirine kovalent bağlar ile bağlandığını ortaya koymuştur. Bu fikirden yola çıkılarak 1927'de selüloz asetat ve polivinilklorür, 1928'de polimetilmetakrilat, 1929'da üre-formaldehit reçineleri elde edilmiştir. Daha sonra 1932'de R.O. Gibson ve J. Swalow tarafından polietilen, 1934'de W. Carotres tarafından naylon, 1937'de R. J. Plumkett tarafından poliüretan ve 1938'de ise teflon ticari adı ile bilinen politetrafloretilen, 1942'de poliester ve orlon ticari adı ile bilinen poliakrilonitril fiber bulunmuştur [Güleç, 1985].

Kauçuk üretimi ise 1931'de Neopren (dupren) kauçuğu ve sonraki yıllarda ise stiren-butadien kopolimeri (SBR sentetik kauçuğu) üretilmeye başlanmıştır.

İkinci Dünya savaşından sonra daha düzenli ve bilime dayalı araştırmalar ile polimer araştırması devam etmiş ve yükselen bir ivme yakalanmıştır. Böylece önemli polimerler olan epoksi reçineleri 1947'de, butadien-stiren terpolimeri (ABS) 1948'de, polikarbonat 1954'de ise poliasetal yapılan çalışmalar sonucu elde edilmiştir [Akkurt, 2007].

Plastik alanında büyük potansiyel teşkil eden ülkelerin plastik alanındaki gelişmişliği ile dünyadaki oluşum genellenebilir. 1977 yılında 50.6 milyon ton olan toplam üretim kapasitesi %37 artarak günümüzde 69.5 milyon ton'a ulaşmıştır.

Buradaki en büyük artış %61.7 oranı ile polipropilende görülmüştür. Plastik üretiminde ABD (%26.8), Japonya (%12.2), Almanya (%8.4), Fransa (%6.8), İtalya (%6.1), İngiltere (%3.7), Hollanda (%3.7), Belçika (%3.4) ve Brezilya (%2.6) dağılımla üretim yapmaktadır [Akkurt, 2007].

Tez çalışmasında ana polimer malzeme olarak Polipropilen seçilmiştir. PP içerisine ABS ve cam elyaf malzemeleri %15, %22.5 ve %30 oranlarında katılarak karışım malzemeleri hazırlanmıştır. Üç farkı malzeme karışımında ise PP ve cam elyafı belirlenen oranlarda karıştırılmış ek olarak ise 225g ABS eklenmiştir. Tüm numunelerde 1kg sabit tutulmuştur.

Hazırlanan çekme deney numuneleri ASTM D638, 3 nokta eğme deneyi numuneleri TS 985-EN ISO 178 ve izod darbe deneyi numuneleri ISO 180 standartlarında plastik enjeksiyon kalıbında basılarak elde edilmiştir. Plastik akışkanlık testi içinse çekme test numuneleri kırıcıdan geçirilip granül hale getirilerek hazırlanmıştır.

Deneyler sonucu izod darbe enerjisi, çekme ve eğme elastiklik modülleri, çekme ve eğme maksimum yükleri, ergime akış hızları elde edilmiş ve sonuçlar birbirine göre karşılaştırılmıştır.

İlk bölümde plastik malzeme çeşitlerine bir giriş yapılmış ve tarihçesinden söz edilmiştir. İkinci bölümde polimer malzemelerin özelliklerine değinilmiş, polimerler sınıflandırılarak aralarındaki farklar yapısal ve fiziksel olarak ortaya konmuştur. Ayrıca takviye olarak eklenen diğer malzemelere değinilmiştir. Özellikle tez çalışmasında da kullanılan cam elyafın yapısı ortaya konmaya çalışılmıştır. Üçüncü bölümde ise polimer malzemeler sınıflandırılmış ve bunların özellikleri sıralanmıştır. Tez çalışmasında yer alan malzemeler ABS ve PP'nin mekaniksel ve diğer özellikleri ortaya konmuştur. Dördüncü bölümde genel üretim yöntemleri incelenmiş sakınca, üstünlük ve olumsuzluklar yönünden değerlendirilmiştir. Bu üretim yöntemleri basınçlı kalıplama, enjeksiyon, ekstrüzyon, transfer kalıplama ve şişirme kalıplamadır. Beşinci bölümde tez deneylerinde kullanılan enjeksiyon makinesini daha iyi belirtmesi açısından enjeksiyon makinelerinin genel özellikleri, yapısı, çalışma prensibi, çeşitleri açısından incelenmiştir. Altıncı bölümde farklı, benzer ve detaylı yapılmış başka tez çalışmaları, literatürde yer alan kitap ve makale

alışmaları incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Yedinci bölümde tez deneyi için kullanılan tüm malzemeler ortaya konmuştur; kullanılan makineler, kullanılan malzemeler, araçlar. Sekizinci bölümde deneysel çalışma verileri ve sonuçları ortaya konmuştur. Dokuzuncu bölümde ise sonuç olarak elde edilenler beklentiler ve aradaki farklar yönünden inceleme yapılarak yorumlanmış ve öneriler sunulmuştur. Son bölümde ise gereken ekler verilmiştir.

2. MALZEME TANIMA ve SINIFLANDIRMA

Organik ve seramik malzemeler metal dışı mühendislik malzemeleridir. Kompozit malzemeler ise metalik veya metal dışı malzemeler olabilmektedirler. Organik malzemeler, polimer olarak bilinen plastikler, elastomerler ve fiberlerdir. Bunlar karbonun (C) metal olmayan elementler ile (H, O, Cl, N) meydana getirdiği büyük moleküllü organik bileşiklerdir. Kompozit malzemeler en az iki malzemenin bileşiminden oluşan malzemelerdir ve metal-metal, metal-seramik, metal-organik esaslı olabilmektedir.

Malzemeler en genel şekilde aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Metalik malzemeler
- Organik malzemeler
- Seramik malzemeler
- Kompozit malzemeler

Polimerler molekül ağırlığı yüksek olan kompleks organik molekül zincirlerdir; doğal ve yapay olarak iki ana gruba ayrılabilirler.

Endüstriyel uygulamada kullanılan plastikler genellikle sentetik polimerlerdir. Yapay polimerler gibi tekrarlanan ünitelerden oluşan doğal polimerlere örnek olarak selüloz, nişasta ve doğal kauçuk verilebilir. Tablo 2.1'de polimer adlarının mono ve çoklu şekli gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Polimer adlarının oluşturulması.

Tekrarlanan Birim	Birimin Kimyasal Adı	Polimer Adı
$\begin{array}{c} -O-C- \\ \\ O \end{array}$	Ester	Poliester
$\begin{array}{c} -C-NH- \\ \\ O \end{array}$	Amid	Poliamid
$\begin{array}{c} \quad \\ -C-C- \\ \quad \\ \quad Cl \end{array}$	Vinilklorür	Polivinilklorür
$\begin{array}{c} F \quad F \\ \quad \\ -C-C- \\ \quad \\ F \quad F \end{array}$	Tetrafluoretilen	Politetrafluoretilen

Polimerlerin sınıflandırılmasında en çok kullanılan yöntem şekillendirme özelliklerini ortaya koyması açısından esas işleme yöntemlerine göre yapılan sınıflandırmadır.

1. Termoplastikler

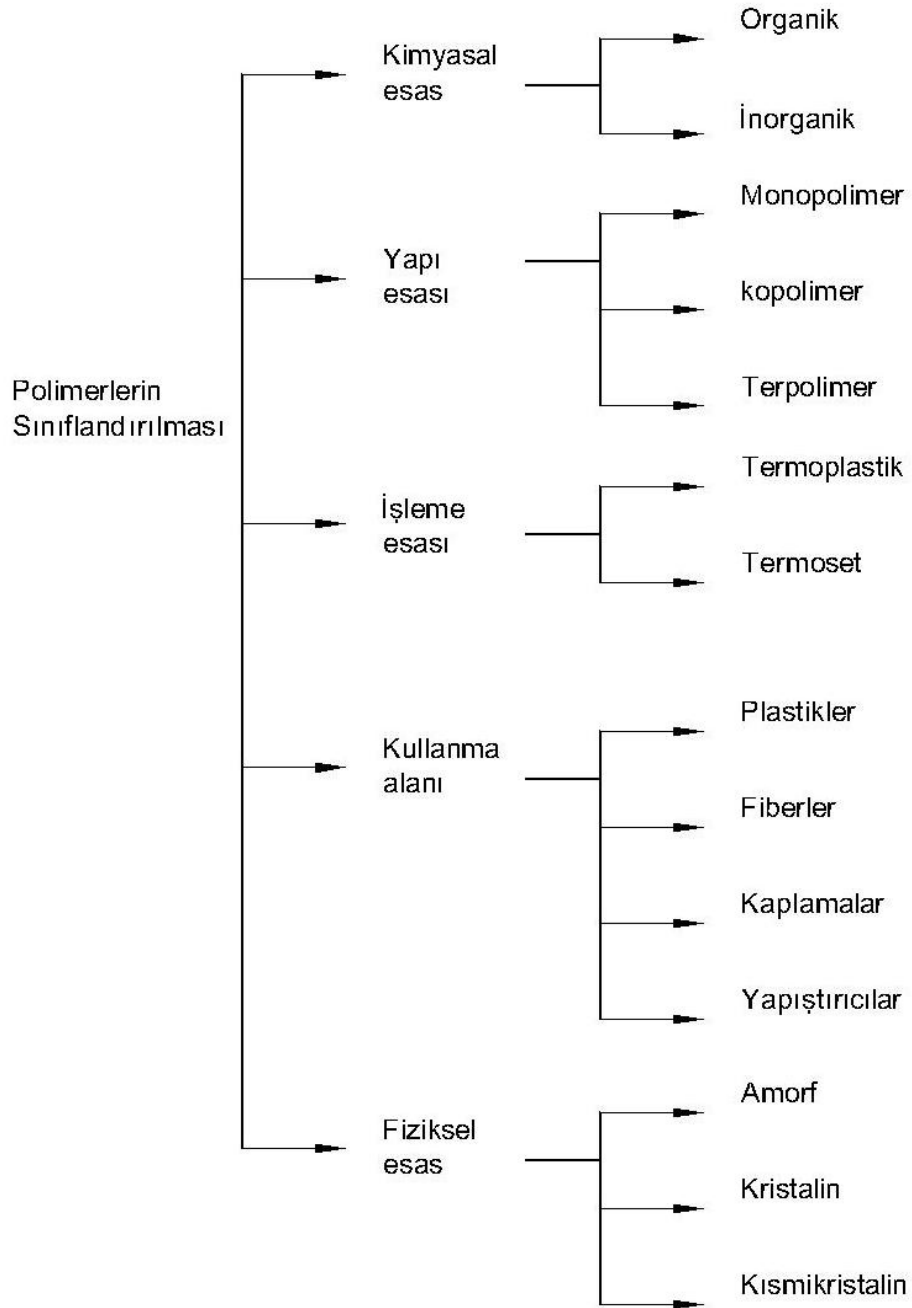
2. Termosetler

Termoplastikler, ısı ve basınç altında yumuşayan, akan ve böylece şekillendirilip soğutulularak katılaştırılan plastiklerdir. Ayrıca tekrar ısıtıldıklarında yeniden yumuşarlar ve şekillendirilirler. Yeniden şekillendirme sırasında hiçbir kimyasal değişikliğe uğramazlar.

Genellikle polimerler reaktör denilen tesiste polimerizasyon yolu ile üretilirler. Yoğunlaşma polimerizasyonu yöntemi ile üretilen termoplastiklerin polimerizasyonu reaktörde tamamen bitmiş olur. Bu işlem sonunda zincir veya grup şeklinde uzun zincir molekülleri oluşur. Termoplastik grubundaki en önemli plastikler; naylon, akrilikler, polistiren, polietilen, karbonflorür, selülozikler ve vinillerdir.

Termosetler, ısı işlemi ile bir kez istenen şekli alabilen plastiklerdir, tekrar ısıtılarak şekillendirilemezler. Bu malzemeler çözünmezler. Bu plastiklerde polimerizasyon reaktörde başlar kalıplama işleminde sona erer. Ayrıca genellikle

çapraz bağlı bir yapıya sahiptir. Şekil 2.1’de polimerlerin kimyasal, yapı, işleme, kullanma alanı ve fiziki olarak sınıflandırılması yapılmıştır.



Şekil 2.1. Polimerlerin çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması.

2.1. Plastiklerin Genel Özellikleri

Plastikler gün geçtikçe her alanda hayatımız içindeki yerini arttırmaktadır. Hafif, kolay işlenebilirlik, korozyona karşı dayanıklılık, iyi elektrik ve ısı yalıtkanlığı, iyi yüzey kalitesi ve görünüş bazı polimerlerin, makine, uçak, elektrik, elektronik, ev

aletleri gibi sanayinin neredeyse bütün dallarında kullanılması olanağını sağlamıştır. Ayrıca kolay işlenebilme, dayanıklılık gibi özellikleri sebebi ile tekstil, mobilya, inşaat, kırtasiye alanlarında kaplama, yapıştırıcı, ambalaj vs. işlerinde kullanılırlar.

Plastik seçiminde önemli kriterler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Plastiklerin görünüşü
- Plastiklerin yüzey sertliği
- Plastiklerin yoğunluğu
- Isısal özellikler
- Kimyasal özellikler
- Alevlenme (yanma) özellikleri
- Hava etkisiyle bozulma
- Elektriksel özellikler

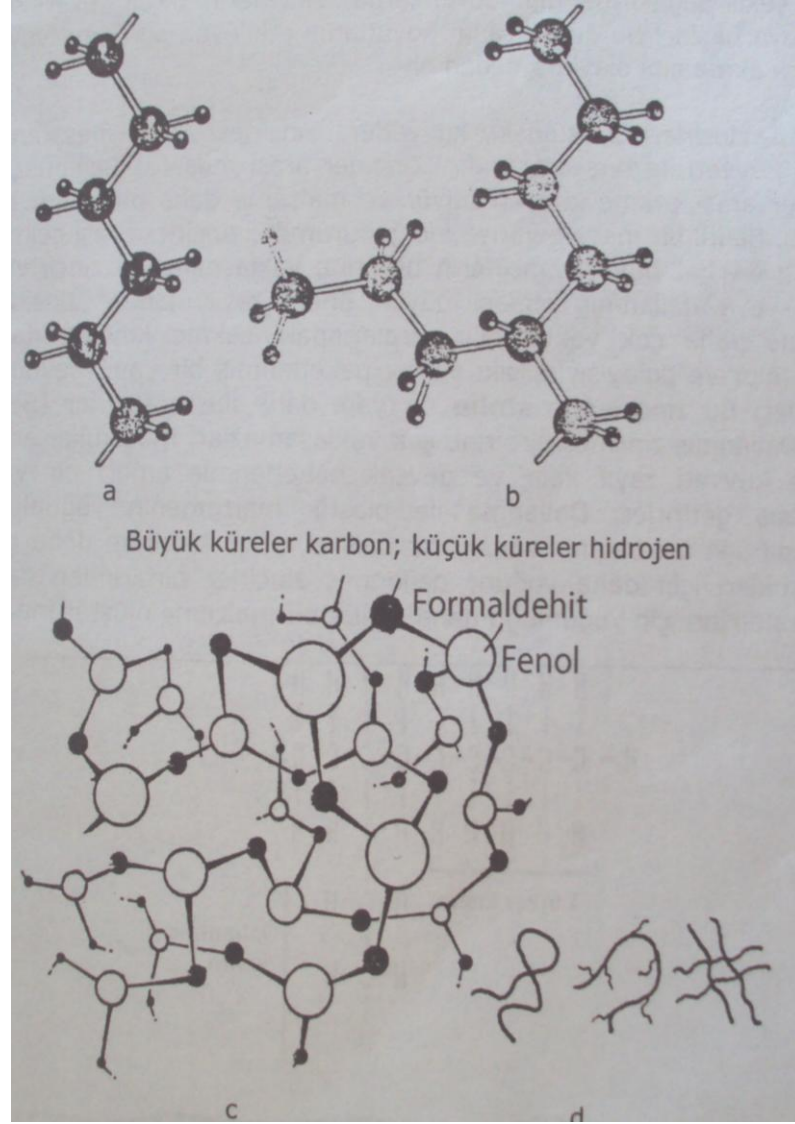
2.2. Plastiklerde Molekül Zincirlerin Şekli

Monomerler başka monomerler ile her iki tarafında bulunan birer serbest bağ ile bağlanırlar. Bu tip monomerlere “bifonksiyonel” denir. Her iki tarafında birden fazla bağ bulunan monomerlere ise “polifonksiyonel” denir.

Bifonksiyonel monomerler lineer veya zincir şeklinde moleküllerden meydana gelmektedir. Polifonksiyonel monomerler ise üç boyutlu çapraz bağlı yapıyı oluştururlar.

Şekil 2.2’de düz lineer a, zincir yapı b, üç boyutlu çapraz bağ ise c’de gösterilmiştir.

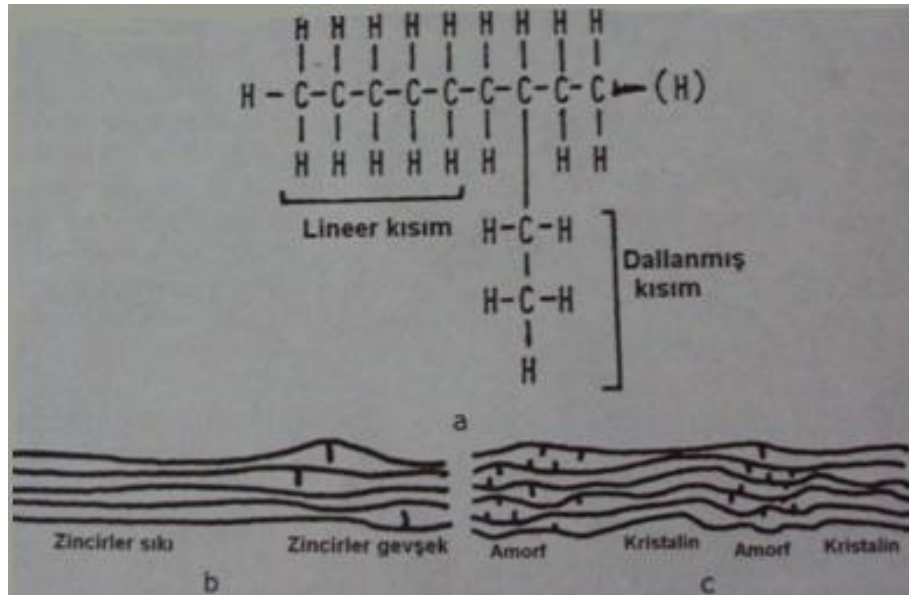
Termoset ve termoplastikler arasındaki ayrım molekül şekline göre yapılır. Termoplastikler lineer moleküllere, termosetler ise üç boyutlu çapraz bağlı moleküllere sahiptirler.



Şekil 2.2. Moleküllerin şekilleri.

Lineer moleküllerde zinciri oluşturan üniteler arasında çok kuvvetli kovalent bağ vardır. Bu şekilde zincir mukavemeti sağlanır. Moleküller arasında ise zincirleri birbirine göre yakın tutan zayıf elektrostatik çekme (Van der Waal's kuvvetler) kuvvetleri bulunmaktadır. Bu kuvvet moleküllerin birbirine hareketlerini engeller ancak ısıya çok duyarlıdır; ısıtıldığında zayıflar soğutulduğunda kuvvetlenir. Yani termoplastiklerde ısı ile moleküller arası kuvvet azalır ve molekül zincirleri sıvı gibi akıcı hale gelir. Soğuma ile ise yeni bir toparlanma görülür. Tekrar ısıtılarak bu işlem yenilenebilir. Ama yüksek sıcaklıkta molekül zincirleri kopabilir. Veya sürekli basınç altında tutma ile zincirler birbiri üzerine kayar ve sürünme, soğuk-akma olaylarına neden olabilir.

Molekül zinciri arasındaki kuvvetler zincirler arasındaki mesafenin altıncı kuvveti(üçü) ile ters orantılıdır. Zincirler arası mesafe kısaltıldıkça malzemenin çekme dayanımı artar ve daha mukavim bir hal alır. Zincirler arası mesafe yarıya inerse çekme kuvveti 64 kat artar. Lineer zincirler birbirine çok yaklaşırlar ve çekme kuvveti çok büyüktür, böylece kristalin bir yapı oluştururlar. Dallanmış zincirler ise birbirlerine çok yaklaşmazlar ve moleküller arası çekme kuvveti zayıf kalır. Bu durum Şekil 2.3'de görülmektedir. Az dallı zincirler birbirlerine daha yakın olduklarından yüksek yoğunluktadır. Aynı şekilde dallı olan zincirlerin birbirine göre mesafeleri fazla olduğundan yoğunlukları düşüktür.



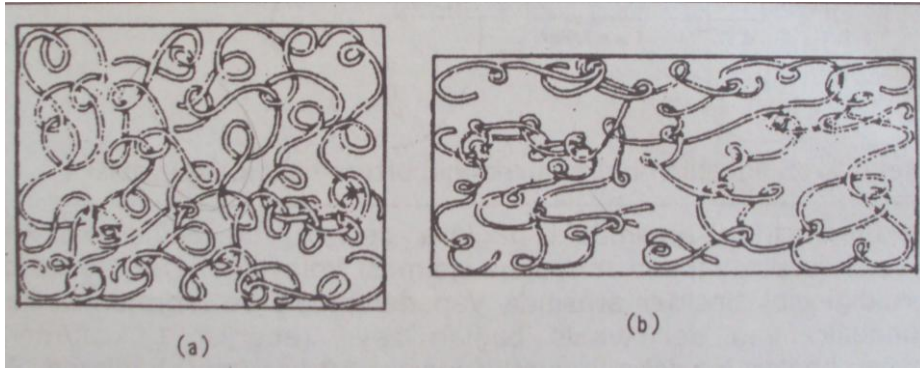
Şekil 2.3. Polietilende zincir paketlenmesi; (a) Tipik zincir yapısı; (b) Yüksek yoğunluklu polietilen; (c) Alçak yoğunluklu polietilen.

Üç boyutlu çapraz bağlı bir yapıya sahip olan termoset plastiklerin polimerizasyonu iki kademe meydana gelir; birincisi reaktörde ikincisi kalıpta. Polimerizasyonun birinci kademesinde lineer zincirlerin çoğunluğu oluşturulur sonra reaksiyon durdurulur. Daha sonra kalıpta ikinci polimerizasyon meydana gelir. Burada sıcaklık ve basınç etkisi ile lineer zincirlerde reaksiyona girmeyen kısımlar sıvı hale gelir ve moleküller arası çapraz bağlar oluşur. Böylece molekül zincirleri arasında çok kuvvetli kovalent bağ oluşur. Molekül zincirleri arasında oluşan bu yüksek çapraz bağlar ancak yüksek sıcaklıklarda kopabilir. Bu kopma aynı zamanda

malzemenin yıpranması anlamına gelir. Çünkü büyük bağlar ile bağlanmış bu yapı tek bir molekül gibi davranır. Termosetler genellikle yüksek sıcaklıklara dayanırlar.

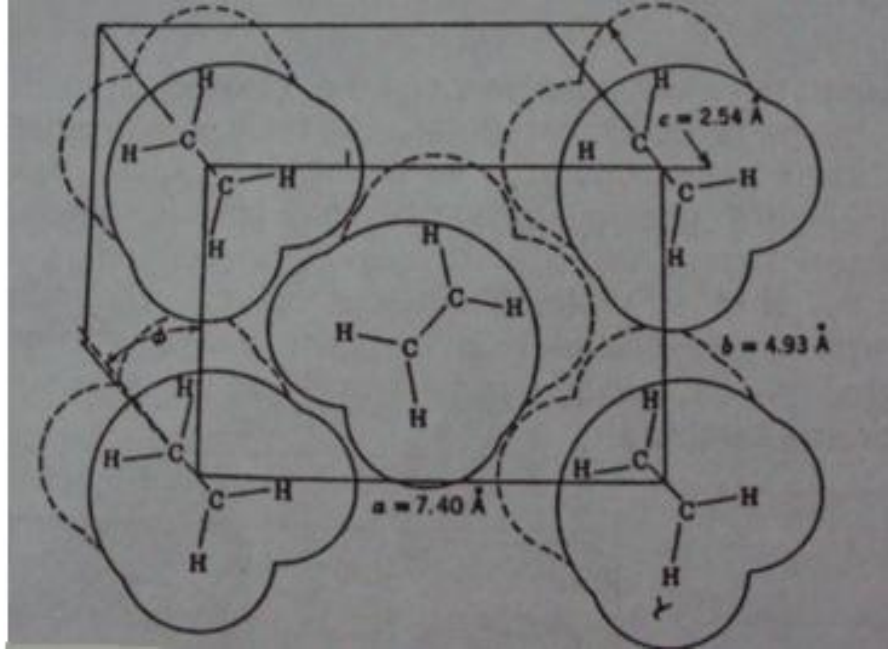
2.3. Amorf ve Kristalin Yapılar

Molekül zincirlerinin toparlanması plastiklerin fiziksel yapısını meydana getirmektedir. Bu bakımdan amorf ve kristalin olmak üzere temelde iki yapı vardır. Amorf yapıda molekül zincirleri, gelişigüzel bir dağılım gösterirler. Amorf yapıların çoğunda molekül zincirleri çekme yönünde yönelme gösterirler. Böylece çekme mukavemetleri artar. Bu durum Şekil 2.4'de açıkça ortaya konmuştur.



Şekil 2.4. (a) Yönlenmemiş (b) Yönlenmiş amorf polimer.

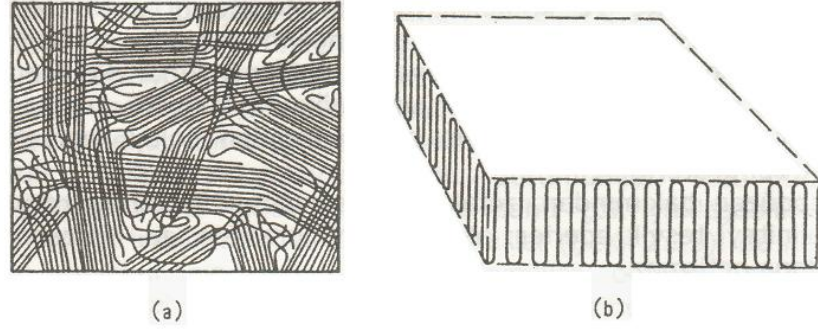
Kristalin yapıda molekül zincirleri birbirine göre üç boyutlu bir düzeni gösterir şekilde dizilirler. Kristalin yapı oluşumu molekül zincirlerin şekline (lineer, dallanmış, çapraz bağlı), molekül zincirleri arasındaki kuvvetlere ve düzene bağlıdır. Soğutma sırasında katılaşma başlarken lineer zincirler birbirine çok yakın olduğundan kolayca kristalin yapı oluştururlar ancak dallanmış zincir yapılar birbirine yaklaşmadığı için daha çok amorf bir yapı alırlar. Kristalin yapı örneği için Şekil 2.5'de polietilen birim hücresi görülmektedir.



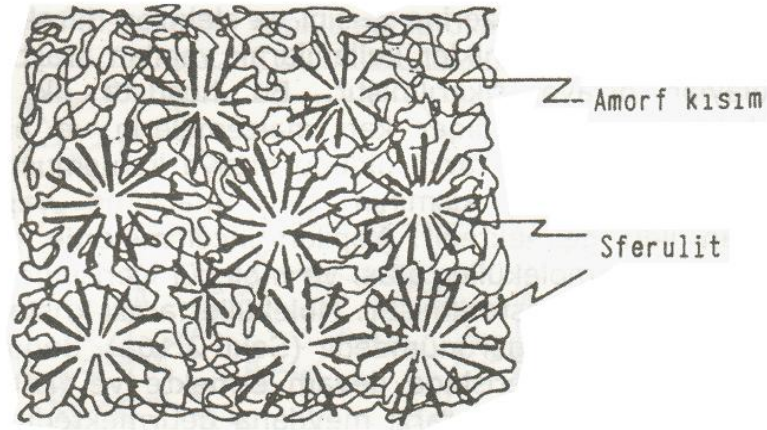
Şekil 2.5. Polietilen birim hücresinin kristal yapısı.

Moleküller arası bağ kuvveti arttıkça kristalin yapının oluşması kolaylaşır. Polimer kristalleşmesi moleküller arası ve molekül içinde olmak üzere iki esasa dayanır. Ayrıca kristalin yapı tüm malzeme içinde bulunmaz. Şekil 2.6'da gösterildiği üzere moleküller arası kristalleşme “fringed micelle”, moleküller içindeki kristalleşme “katlanmış zincir” şeklini alır. Kristalin polimerler **sferulit** denilen merkezden çembere doğru lamellere sahiptir. Sferulit'lerin etrafında gerilmeler, boşluklar ve hatalar vardır. Gerilme altında malzemede oluşan çatlığa bu neden olmaktadır.

Polimerlerin kristalin yapısı esasen tek fazlı bir yapı olmayıp hatalı kristalin, alçak yoğunluklu amorf vb. şekilde çok fazlı bir yapıdan meydana gelir. Bu nedenle buna kısmi kristalin yapı demek daha doğru olur. Bu durum Şekil 2.7'de görülmektedir.



Şekil 2.6. (a) Kısmi kristalin polimerin "fringed micelle" gösterilişi; (b) "Katlanmış Zincir" gösterilişi.



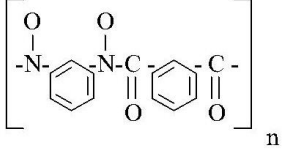
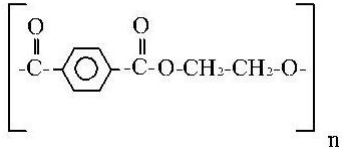
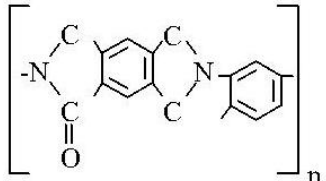
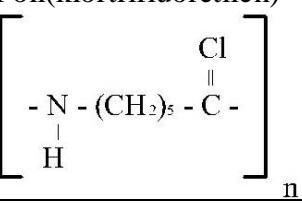
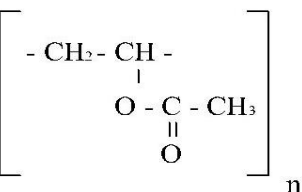
Şekil 2.7. Kısmikristalin polimerin yapısı.

Kristalin yapının özellikleri amorf yapınınkinden çok farklıdır. Kristalin yapı daha rijit, daha yüksek ergime sıcaklığına sahiptir. Ayrıca büyük çekme mukavemeti, sürünme, ısı mukavemeti, ergime viskozitesi nedeni ile teknolojisi zordur. Cam lifleri gibi başka katkı maddeleri ile kristalin yapı özellikleri büyük ölçüde değişir. Amorf yapı ise daha yumuşak ve tok, ergime sıcaklığı, çekme mukavemeti ve yoğunluğu düşüktür. Teknolojisi gereği üretimi daha kolaydır. Tablo 2.2'de termoplastiklerden bazılarının kimyasal ve fiziksel yapı özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.2. Termoplastiklerin kimyasal yapısı ve bazı fiziksel özellikleri.

Polimer ve tekrarlanan ünite	Durumu	T _g °C	T _m °C	Yoğunluk (g/cm ³)
Polietilen [-CH ₂ -CH ₂ -] _n	Dallanmış (%60 kristalin)	-120	115	0.91-0.93
	Lineer (%95 kristalin)	-120	138	0.94-0.969
Polipropilen $\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	İzotaktik %60 kristalin	-10	176	0.90-0.91
Polistiren $\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$	Ataktik (amorf)	100	-	1.04-1.09
	İzotaktik %50 kristalin		239	
Poli (vinil klorür) $\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$	Genellikle amorf kristalin-syndiotaktik	87	212 273	1.35-1.45
Poli (viniliden klorür) [-CH ₂ -CCl ₂ -] _n	%75 kristalin	-19	190	1.65-1.72
Politetrafluoretilen [-CF ₂ -CF ₂ -] _n	%85 kristalin	-120	327	2.13-2.18
Polikaprolaktum (Naylon) $\left[\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ -\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{C}- \\ \\ \text{H} \end{array} \right]_n$	Kristalleşme		225	1.13-1.14

Tablo 2.2. Termoplastiklerin kimyasal yapısı ve bazı fiziksel özellikleri (devamı).

Polimer ve tekrarlanan ünite	Durumu	T _g °C	T _m °C	Yoğunluk (g/cm ³)
Poli (m-fenilen izoftalamid) Aromatik Naylon (Komex) 	Kristalin		360	1.3
Poli (etilen tereftalat) 	%60 kristalinite	69	267	1.10-1.16
Polioksimetilen (Asetal reçine) [-CH ₂ -O-] _n	Kristalin	-76	180	1.425
ABS Akrlonitril-butadien-stiren	Amorf	71-112	180	1.02-1.06
SAN Stiren-akrlonitril	Amorf			1.07-1.08
Poliamid 	Kristalleşme		377	
Poli(klortrifluoretilen) 	Kısmi kristalin	45	210	2.09-2.14
Poli (vinil asetat) 	Amorf	29		

Tablo 2.2. Termoplastiklerin kimyasal yapısı ve bazı fiziksel özellikleri (devamı).

Polimer ve tekrarlanan ünite	Durumu	T _g °C	T _m °C	Yoğunluk (g/cm ³)
Poli (vinil alkol) $\left[\begin{array}{c} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \\ \\ \text{OH} \end{array} \right]_n$	Amorf	85		1.19-1.31
Poli (metilmetakrilat) $\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ - \text{CH}_2 - \text{C} - \\ \\ \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array} \right]_n$	Ataktik (amorf) Syndiotaktik (kristalin) İzotaktik (kristalin)	105 120 45	200 160	1.17-1.20
Poli (hexametilen sebakamid) $\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ - \text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{N} - \text{C} - (\text{CH}_2)_8 - \text{C} - \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	Kristalleşme	50	228	1.07-1.09
Poli (hexametilen sebakamid) $\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ - \text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{N} - \text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{C} - \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	Kristalleşme gösterebilir.	57	265	1.13-1.15

Plastiklerin fiziksel halleri sıcaklığa ve yapının amorf, kısmi kristalin ve kristalin olmasına bağlıdır. Sıcaklık, molekül zincirlerinin oluştuğu üniteleri tetikler, daha hızlı dönme sağlayarak zincirler arasındaki bağları zayıflatır. Bu şekilde zincirler daha bağımsız hale gelir. Sıcaklık azalması ile ünitelerin dönme hareketleri yavaşlar ve atomların sadece titreşim hareketi yapmasına sebep olan sıcaklık oluşur; bu **camsı duruma geçiş sıcaklığıdır (T_g)**. T_g sıcaklığının altında malzeme camsı hal denilen sert, rijit ve gevrek bir hal alır. Camsı hal malzeme yapısına değil soğutma hızına bağlıdır. Eğer soğutma hızı, kristalleşme hızından büyük ise malzeme camsı hal alabilir.

2.4. Takviyeli Plastikler

Plastiklerde çekme, darbe, ısı mukavemeti, boyut kararlılığı gibi özelliklerini arttırmak amacı ile başka malzemeler takviye edilir. Bu katkı maddeleri **elyaf** (fiber) ve **dolgu** (filler) şeklindedir. Elyaf takviyesi saydığımız özelliklerde iyileştirmeler yapmak amacı ile uygulanır ancak pahalı bir sistemdir. Dolgu takviyeli sistemler ise plastikte maliyet azaltıcı maddelerdir. Dolgu malzemeleri başta çekme kuvveti olmak üzere mekanik özelliklerde azalmalara sebep olur. Bu durum dolgu malzemesiyle orantılı olarak azalmaya sebep olur.

Kuvvetlendirici olarak genellikle elyaf şeklinde **cam, karbon ve aramid** gibi bileşikler kullanılmaktadır. Dolgu malzemesi olarak ise lifli olan asbest, kağıt ve lifli olmayan mika, talk, kil, silikatlar, CaCO_3 gibi bileşikler kullanılır.

Elyaf kuvvetlendirici olarak kullanılacak ise üç faktör dikkate alınmalıdır.

- Elyafın matris etrafında iyi ıslanma kabiliyeti
- Matris ile elyafın temas yüzeyinde kimyasal reaksiyonda olmaması
- Elyafın iyi karakteristik özelliklere sahip olması

Kullanılan elyaflar;

- a- Cam elyafı ile kuvvetlendirme
- b- Karbon elyafı ile kuvvetlendirme
- c- Aramid elyafı ile kuvvetlendirme

2.4.1. Cam Elyafı ile Kuvvetlendirme

Genellikle kuvvetlendirici olarak %55.5 SiO_2 ; %14.8 Al_2O_3 ve %7.3 B_2O_3 'den oluşan E camı kullanılır. Bu cam 1500-1550°C sıcaklıkta platin kovanlara dökülür ve kovan deliklerinden akmaya başlamasından sonra sabit bir hızda çekilip demetler halinde sarılır.

Cam elyafı **fıtil, dokuma ve keçe** şeklinde olmak üzere üç kullanma şekli vardır. Cam fıtil, elyaf demetlerinin fıtil şeklinde sarılması, cam dokuma cam

fitillerinin hasır şeklinde sarılması, cam keçe cam demetlerinin kırılmış halde birim alana homojen şekilde dağılması ile elde edilir. Cam fitil takviyesi en büyük çekme mukavemeti sağlar onu cam dokuma ve cam keçe izler. Cam fitil tek yönde, cam dokuma iki yönde, cam keçe ise üç yönde mukavemet artışına neden olur.

E camı yanı sıra çekme mukavemeti 1/3 oranında daha büyük olan fakat maliyeti çok yüksek olan “S” camı ve “R” camı da kullanılır. Ancak maliyet yüksekliği nedeni ile uçak ve askeri alanda elverişli olan “S” camına yakın özellikte fiyatı ise “S” ve “E” camı arasında olan “S-2” camı kullanılır.

Genelde tüm termoplastikler cam elyafı ile kuvvetlendirmeye müsaittirler. Ancak yaygın olarak kullanılanlar Naylon, **Polipropilen**, Polistiren, **ABS** ve SAN’dır [Akkurt, 2007].

Cam elyafı ile kuvvetlendirme plastiğin mekanik özelliklerini 2-3 kez artırır. Cam elyafı ne kadar uzun ise o kadar mukavemeti artırır. Buradan da anlaşılacağı üzere sürekli elyaf en yüksek mukavemeti sağlar. Ayrıca çekme elastiklik modülü, boyut kararlılığı ve yorulma mukavemeti iyileşir [Akkurt, 2007].

Cam ve mineral ile kuvvetlendirilmiş plastikler sanayide makine elemanları şeklinde yaygın olarak kullanılır. Örneğin cam ile kuvvetlendirilmiş naylon dişli çark yapımında, polipropilen otomobillerin havalandırma gövdeleri ile kapıların iç kısımlarında, kuvvetlendirilmiş polyester elektrik motorlarının fırça tutucuları, vantilatör, yüksek voltajlı elemanlar ve araba çamurlukları, yüksek yoğunluklu polietilen el bagajları, palet gibi elemanların üretiminde kullanılır.

2.5. Diğer Katkı Malzemeleri

a- Yumuşatıcılar

Plastik esnekliğini, plastisitesini arttırmak için kullanılır. Bunlar; bitkisel yağlar, yüksek kaynama noktasına sahip monomer kimyasalları ve alçak molekül ağırlıklı polimer reçineleridir.

b- Stabilizatörler

Plastiklerin ışık, hava ve diğer çevre faktörleri altında yıpranmalarını önler. Antioksidantlar da bir çeşit stabilizatördür.

c- Alev Karşı Katkılar**d- Katalizör/Hızlandırıcı Sistemler**

En çok kullanılanlar;

- Metil etil keton peroksit- Kobalt naftant
- Benzoil peroksit – Amin'dir.

e- Renklendiriciler

Plastik rengini değiştirmek için en az miktarda boya ilave edilir. Az miktarda boyanın (%0.05-%0.1) mekanik özelliklere etkisi yoktur. Ancak bu oran artarsa olumsuz yönde etki gösterir.

3. PLASTİKLERİN TANITILMASI

3.1. Termoplastikler

3.1.1. ABS

ABS düşük sıcaklıklarda dahi sert, rijit ve tok bir malzemedir. ABS plastikleri lastik gibi tok ve butadien içeren bir fazın, stiren-akrilonitril kopolimerinden oluşan sürekli fazın içinde tanecikler şeklinde dağıtılmasından meydana gelmektedir. Pratikte standart ve özel amaçlı olmak üzere iki grupta üretilir. Standart olanı çok yüksek, yüksek ve orta darbe mukavemetlidir. Özel amaçlı olanı ise yüksek ısı dayanıklılığı, alev dayanıklılığı, berraklık ve genişleyebilirlik sağlar.

Opak ve yarı saydam olabildikleri gibi çeşitli renkte olabilenleri de vardır. Ayrıca ekstrüzyon, enjeksiyon, üfleme ve köpük kalıplama için uygun çeşitleri vardır.

Isı ve darbe gibi mekanik özelliklerde iyileştirmeler için başka plastiklerle örneğin, polipropilen ve polikarbonatla harmanlanabilir ayrıca PVC'nin rijitliğini arttırır. Kuvvetlendirilmiş çeşidinde %40'a kadar cam elyafı bulunabilir.

ABS plastiklerin iyi çekme, darbe, abrazyon mukavemeti, boyut kararlılığı, yüzey sertliği, rijitliği, kimyasal mukavemeti ve elektriksel özelliği vardır. Yüksek gerilmelerde plastik akma gösterirler; bu nedenle elastik sınırın ötesinde kırılmadan bükülebilirler. Uzun süre güneş ışığı etkisi altında kaldığında, rengi değişir, darbe mukavemeti ve sünekliği azalır. Bu nedenle çeşitli kaplama ve boya teknikleri kullanılır. ABS ve % 30 Cam Elyaf katkılı ABS (30CD)'in özellikleri aşağıdaki gibidir.

	ABS	ABS (30CD)
Yoğunluk (kg/m ³)	1020-1060	1270-1290
Çekme kopma mukavemeti (N/mm ²)	30-60	90-105
Çekme elastiklik modülü (N/mm ²)	1500-3500	5000-6000

Çekme kopma uzaması (%)	15-30	3-4
Eğilme kopma mukavemeti (N/mm ²)	63...90	120-130
Eğilme elastiklik modülü (N/mm ²)	2000-3000	7000-9000
Çentikli darbe (N/mm)	7-20	-
Eğilmede bükülme sıcaklığı (°C)	80-120	100-115
Lineer ısıl genleşme (°C.10 ⁻⁵)	8-12	2.6-3.0
Isıl iletkenlik (W/m.K)	0.13-0.3	-
Su emme (%; 24 saatte)	0.2-0.6	0.11

ABS (30CD)= %30 cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş **ABS**

Yapı	amorf
T _g	105...125°C
Üretim	polimerizasyon (Akrilik-Budadien-Stiren)
Kullanma sıcaklıkları	
Kısa süreli	95°C
Uzun süreli	85°C

Uygulamalar

- Makine parçaları
- Otomotiv parçaları
- Hesap makineleri, bilgisayar kasaları ve parçaları
- Kutu ve bidonlar

3.1.2. Polipropilen (PP)

Alçak yoğunluklu bir reçine olan polipropilen yarı saydam ve süt beyazı rengindedir. Ayrıca çok iyi boyanma kabiliyeti vardır. Genellikle malzemenin sınırlı ısısal, kimyasal ve elektriksel özellikleri ile orta derecede mukavemeti vardır. Cam elyafı ile mukavemetlerinde çok yüksek iyileştirmeler sağlanabilir. Polipropilden yapılan parçaların ömrü 120°C’de 5 sene, 110°C’de 10 senedir. Pratikte saf, cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş, darbe mukavemetli ve köpük çeşitleri vardır. Genellikle polipropilene enjeksiyon, ekstrüzyon ve üfleme gibi yöntemler uygulanır. Polipropilen ilaç, kozmetik ve besin alanında kutu, şişe, kap vb. parçaların; köpük çeşidi ise mobilya veya koltuk yastıklarının yapımında kullanılır. PP ile %30 Cam Elyaf katkılı PP (30CD)’nin özellikleri aşağıdaki gibidir.

	PP	PP (30CD)
Yoğunluk (kg/m ³)	900-910	1110-1130
Çekme kopma mukavemeti (N/mm ²)	25-40	50-100
Çekme elastiklik modülü (N/mm ²)	1000-1600	5000-6000
Çekme kopma uzaması (%)	100-1000	2-3
Eğilme kopma mukavemeti (N/mm ²)	48...75	56-75
Eğilme elastiklik modülü (N/mm ²)	800-2100	4500-6000
Çentikli darbe (N/mm)	3-17	-
Eğilmede bükülme sıcaklığı (°C)	45-60	138-148
Lineer ısı genleşme (°C.10 ⁻⁵)	8-15	3-4
Isıl iletkenlik (W/m.K)	0.16-0.24	0.36
Su emme (%; 24 saatte)	0.02	0.02-0.03

PP (30CD)= %30 cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş Polipropilen (PP)

Yapı kısmikristalin

Kristalinite derecesi	%70-80
T _g	5°C
T _m	160-165°C
Kullanma sıcaklıkları	
Kısa süreli	140°C
Uzun süreli	90°C

Uygulamalar

- Kimyasallara karşı dirençli depo, tank ve kaplamalar
- Laboratuvar tutamaçları, lavabo ve borular
- Kaplanmış fiçılar ve bidonlar
- Laboratuvar aksesuarları
- Pompa parçaları ve gövdeleri
- Termo şekillendirme ürünleri

Diğer termoplastikler ise aşağıda verilmiştir.

- SAN
- ASETAL
- AKRİLİK
- SELÜLOZİKLER
- FLUOROPLASTİKLER
- SIVI KRİSTAL POLİMERLER (PLC)
- NAYLON (POLİAMİD)

- POLİ (AMİD-İMİD)
- POLİKARBONAT (PC)
- POLİETERETERKETON
- POLİETERİMİD
- POLİOLEFİNLER
- POLİETİLEN (PE)
- POLİSTİREN (PS)
- POLİVİNİLKORÜR (PVC)

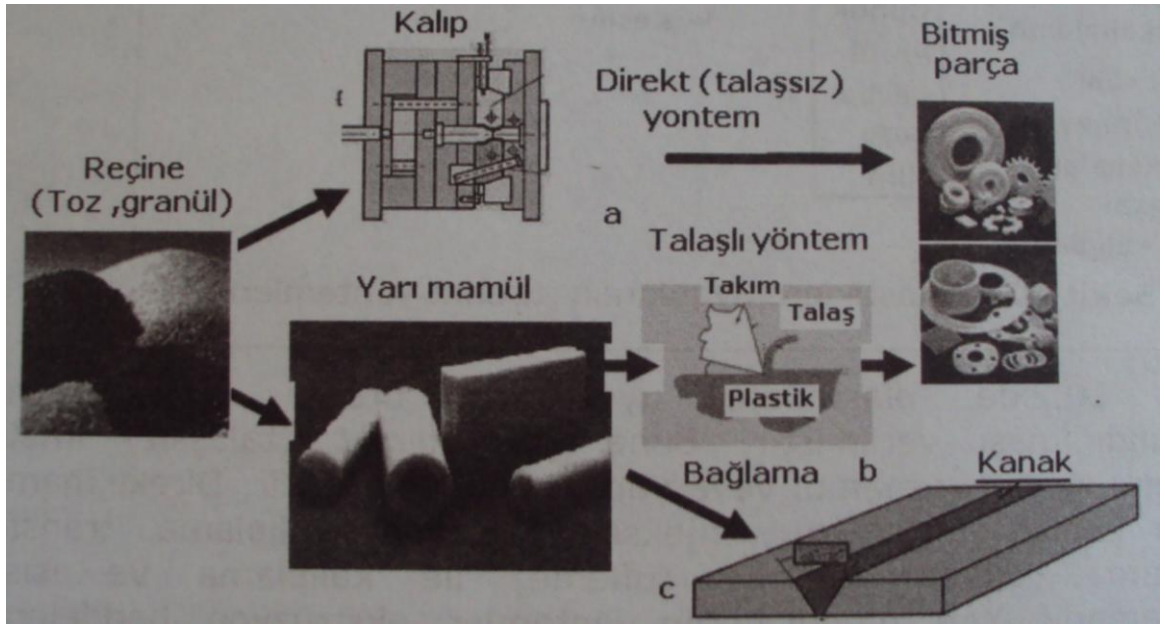
3.2. Termosetler

- ALKİD
- AMİNO (MELAMİN, ÜRE)
- EPOKSİ
- FENOLİKLER
- POLİESTER
- POLİÜRETAN

4. PLASTİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

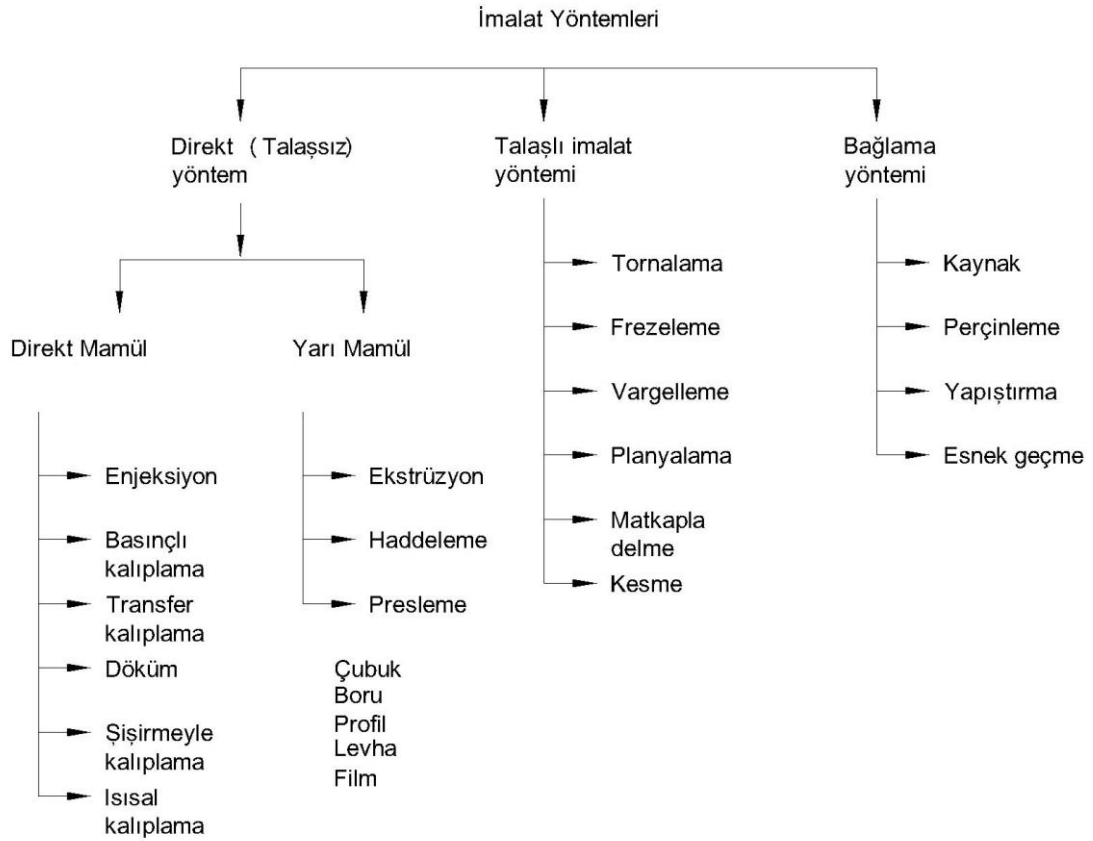
4.1. Genel Üretim Yöntemleri

Plastik parça üretiminde iki ana unsur vardır; birincisi kimyasal proses olan polimerizasyon, ikincisi ise plastik parçanın meydana getirildiği kısımdır. İkinci unsur termoplastikler için mekanik işlemlerin yapıldığı kısım iken, termosetler için kimyasal işlemin de devam ettiği kısımdır. Çünkü termosetlerde mekanik işlemden önce kalıplamada polimerizasyon devam etmektedir.



Şekil 4.1. Plastiklerin üretim yöntemleri.

Plastiklerde bitmiş ürün şeklinde şekil verilmesi için talaşsız şekil verme, talaşlı şekil verme ve bağlama yöntemleri uygulanmaktadır. Şekil 4.1'de görüldüğü üzere talaşsız şekil verme yönteminde reçine biçimindeki plastik yumuşatılır ve basınç ile parça şeklini alacağı kalıba itilir. Talaşlı şekil vermede tornalama frezeleme vs. uygulanır. Bağlama yönteminde ise kaynak, perçin vs. yapılır.



Şekil 4.2. Plastiklere uygulanan üretim yöntemleri.

Şekil 4.2’de plastiklere uygulanan üretim yöntemleri görülmektedir. Ekstrüzyon, haddeme, presleme gibi yöntemlerle yarı mamül elde edilir. Yarı mamullerden bağlama, talaş kaldırma veya ısıl şekillendirme yöntemleri ile çeşitli parçalar üretilir.

Tüm imalat yöntemleri tüm plastiklere kullanılmaz. Bir plastik için imalat yöntemi, plastiğin cinsine, parçanın şekline, parça sayısına ve maliyetine bağlıdır. Ancak genellikle termoplastikler için enjeksiyon ve ekstrüzyon, termosetler içinse basınçlı veya transfer kalıplama uygulanmaktadır.

Plastik malzemelerin imalatında dikkate alınması gereken bir husus sıcaklığa bağlı olarak gösterilen fiziksel durumdur. Camı geçiş sıcaklığına sahip plastikler cam, plastik veya viskoz hallerde bulunabilirler. Amorf termoplastiklerin fiziksel durumlarına göre uygulanan imalat yöntemi Şekil 4.3’de, kısmikristalin termoplastikler içinse Şekil 4.6’da görülmektedir.

$E_T = T_g$ camlaşma geçiş sıcaklığı,

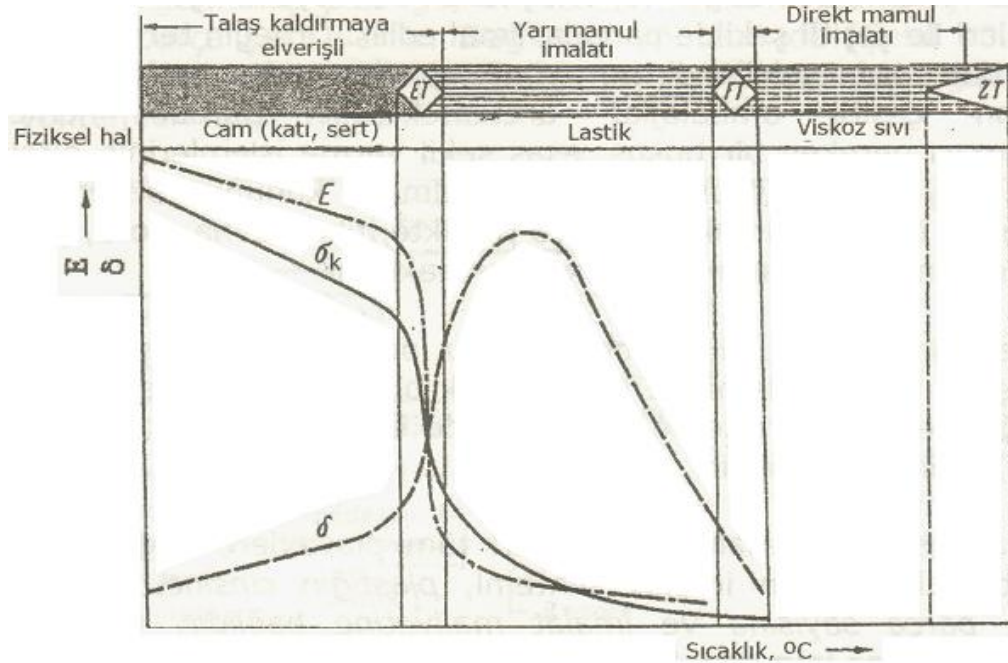
F_T viskoz sıvı haline geçiş sıcaklığı

$K_T = T_m$ ergime sıcaklığı

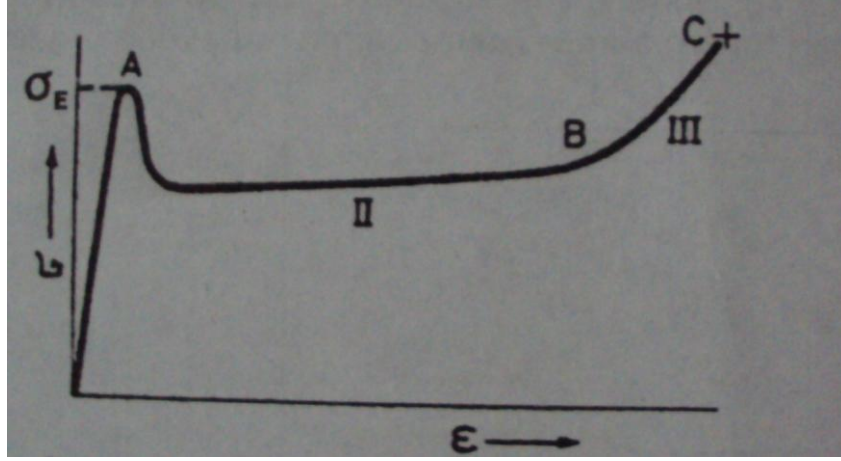
Z_T çözülme sıcaklığıdır.

Kısmi kristalin plastikler, kristalin yapının bozulduğu T_m ergime sıcaklığı altında katı, üstünde ise viskoz sıvı haldedir. Bu malzemeler T_g camlaşma geçiş sıcaklığı altında gevrek ve set, üstünde ise tok ve sert bir yapı gösterirler. Sıcaklık ergime sıcaklığına yaklaştıkça yumuşama görülür, T_m ergime sıcaklığı lastiksi bir hal alır ve sonra viskoz bir akışkan olur. Z_T çözülme sıcaklığında bağlar kopar ve yapı tamamen bozunur.

Amorf plastiklerde ise $T < F_T$ sıcaklığında viskoz sıvı özelliğindedir.

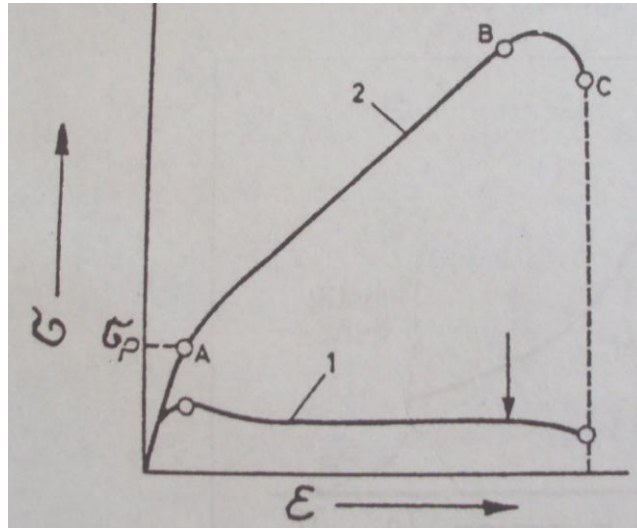


Şekil 4.3. İmalat yöntemlerinin amorf termoplastiklerin fiziksel hallerine göre uygulanması.

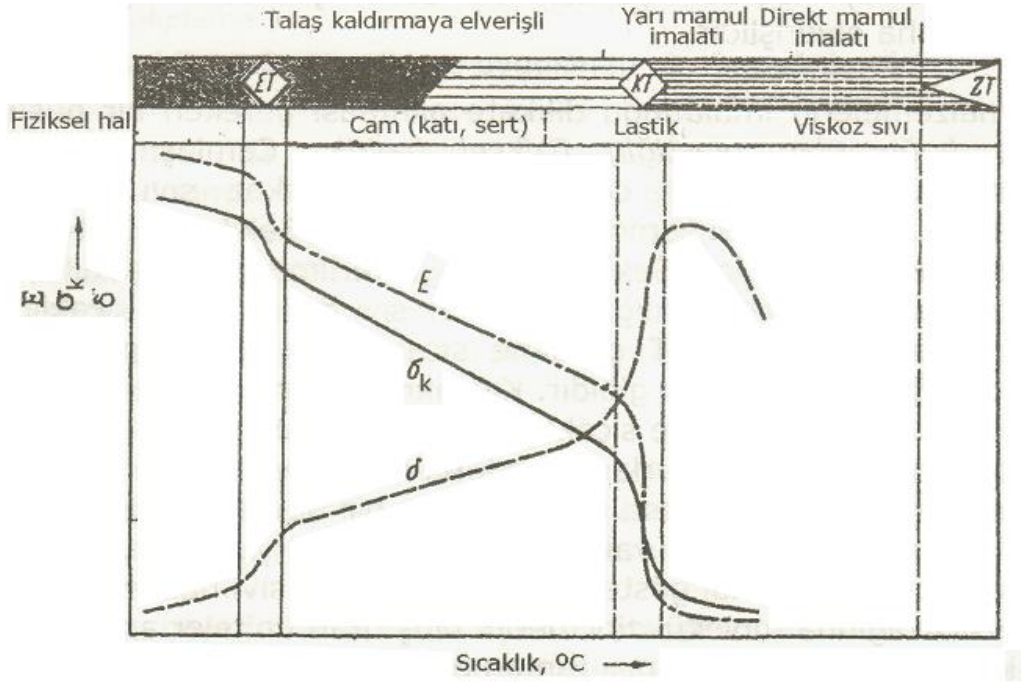


Şekil 4.4. Cam halindeki amorf polimerin çekme diyagramı.

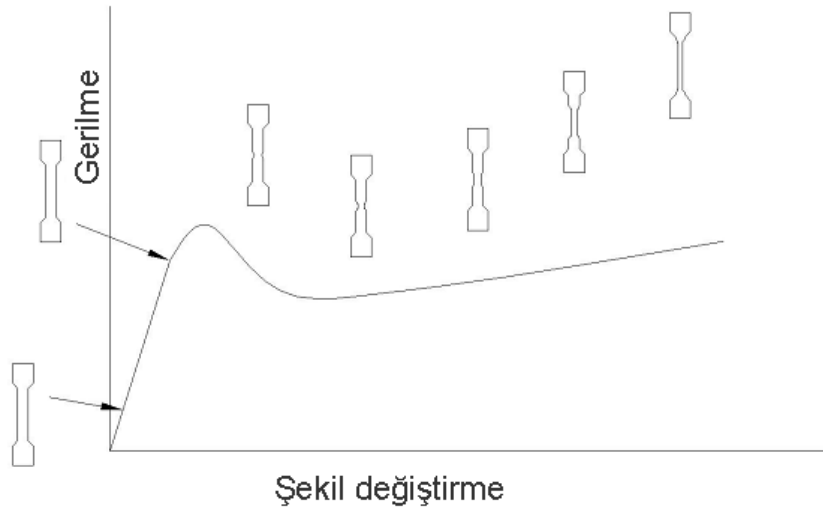
Şekil 4.4'de cam haldeki amorf polimerin, Şekil 4.5'de visko-elastik haldeki polimerin çekme, Şekil 4.7'de ise kısmi kristalin polimerin çekme diyagramı verilmiştir. Bu şekilde çekme eğrisinde oluşan fiziki farklar direk ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.5. Visko-elastik halde bulunan amorf polimerin çekme diyagramı.



Şekil 4.6. İmalat yöntemlerinin kısmikristalin termoplastiklerin fiziksel hallerine göre uygulanması.



Şekil 4.7. Kısmi kristalin bir polimerin gerilme-şekil değiştirme diyagramı.

- Direkt mamul imalatı plastiğin viskoz sıvı halinde
- Yarı mamul imalatı plastiğin lastik gibi halinde
- Talaşlı şekil verme yöntemleri plastiğin cam yani katı halinde uygulanır.

4.2. Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Enjeksiyon, genelde termoplastiklere uygulanırken, termosetlere de uygulanabilirler.

Üstünlükleri; en iyi boyut ve şekil kararlılığı, yüksek otomasyon, hızlı iş tamamlama zamanı geniş malzeme çalışma aralığı.

Sakıncalar; yüksek maliyet, yüksek basınçlara duyulan ihtiyaç (138N/mm²).

Basınçlı Kalıplama, termosetler için uygulanır.

Üstünlükleri; düşük kalıp basıncı (7N/mm²), büyük parça çıkarabilme kabiliyeti, fiber uygulamalarında en az zarar verme özelliği.

Sakıncaları; enjeksiyon yöntemine göre daha çok iş ister, uzun iş tamamlama süresi ve az şekil esnekliği.

Transfer kalıplama, termosetler için uygundur.

Üstünlükleri; metal parçaları elektronik devreleri içeren parçalar için uygundur.

Sakıncaları; her parçada ufak kırıntı ve dökülmelere sebep olur ve her parça el ile yüklenmek zorundadır.

Şişirme ile kalıplama, termoplastikleri için uygundur.

Üstünlükleri; şişe bidon vs. gibi parçalar için çok uygundur. Çok hızlı iş bitirir ve işlem ihtiyacı çok azdır.

Sakıncaları; cidar kalınlıklarını direkt kontrol edemez. Küçük ayrıntıları yüksek hassasiyetle çıkaramaz ve yüksek ergime mukavemeti olan plastiklere ihtiyaç duyar.

Ekstrüzyon, termoplastikleri için uygundur.

Üstünlükleri; film, örtü, boru gibi sürekli parçalarda kullanılır.

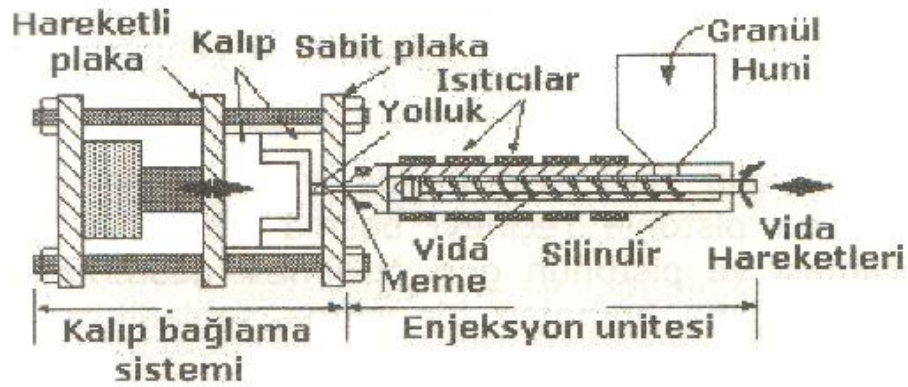
Sakıncaları; kararlılık sağlamak için parça soğutulması cam geçiş sıcaklığının altında yapılmalıdır.

5. ENJEKSİYON KALIPLAMA YÖNTEMİ

Plastik enjeksiyon kalıplama seri üretim için çok uygundur. Genelde termoplastiklere uygulanan bu yöntem, **PE, PS, PP, ABS, SAN, Naylon** başta olmak üzere birçok polimere uygulanabilmektedir.

Üretimi için dört aşama kullanılır;

- Toz veya granül biçiminde olan plastik reçinesi sıvı haline gelinceye kadar ısıtılır.
- Basınç uygulanan ergimiş polimer, memeden geçerek akışı kontrol eden yolluk eşliğinde kalıp içine enjekte edilir.
- Kalıp içindeki malzeme katılaşmaya kadar basınç altında tutulur.
- Kalıp açılır ve itici pimler ile parça kalıptan çıkarılır.



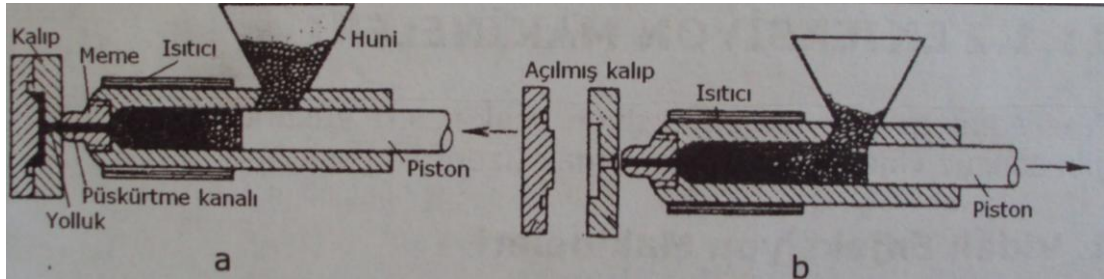
Şekil 5.1. Enjeksiyon prosesini gösteren makine şeması.

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere enjeksiyon makinesi enjeksiyon ünitesi ve kalıp bağlama ünitesi olmak üzere iki üniteden oluşur. Enjeksiyon ünitesi reçineyi yüklediğimiz huni ve silindirden oluşmaktadır. Silindir içinde bir sonsuz vida yerleşmiştir, bu şekilde reçine içeri alınır ve ileri itilir. Dış yüzeyinde ise reçineyi ısıtmak ve eritmek için ısıtıcılar mevcuttur. Silindirin ön kısmında dar bir geçit sağlayan uç kısım bulunur. Bu kısım meme olarak adlandırılır ve ayrı bir parça da olabilir.

Kalıp bağlama ünitesi silindirin ön kısmında bulunmaktadır ve kalıbın bağlanması, açılması, kapanması için kullanılır. Kalıbın yarısı sabit plakaya diğer yarısı hareketli plakaya bağlanır. Hareketli plakanın hareketi sonucu kalıp açma-kapama hareketini yapar. Kalıbın sabit plakasından kalıp boşluğuna kadar plastiğin geçeceği yolluk bulunmaktadır. Yolluk memenin iç kısmı ile eş eksenli ve birbirinin devamı şeklindedir, ergimiş reçine memeden yolluğa oradan da kalıp boşluğuna geçer.

Toz ve granül şeklindeki reçine iş için yetecek kadar besleme hunisinden silindire alınır, burada ısıtma ile ergitilir. Sonsuz vida dönerek plastiği ön kısma taşır. Vida hareketi ile yüksek basınç elde edilir, bu basınç ile silindirden geçen plastik memeden çıkar ve yolluktan kalıp boşluğuna geçer. Plastik parça halini alana karar basınç altında tutulur. Soğuduktan sonra hareketli plaka geri çekilerek parçayı dışarı çıkarır. Daha sonra itici pimler yardımı ile parça kalıptan dışarı alınır. Kalıp açılırken vida geriye doğru çekilir ve kalıp kapanır. Daha sonra yeni iş için reçine alınır.

Şekil 5.2’de de görüldüğü üzere bazı sistemlerde vida yerine hidrolik piston kullanılır.



Şekil 5.2. Pistonlu enjeksiyon sistemi.

Enjeksiyon işlemi ısı ve basınçla gerçekleştirilir. Isı elektrik enerjisinden elde edilmektedir. Plastiklerin ısı iletin katsayıları çok düşük olduğu için kolay ve çabuk ısıtma için temas yüzeyi büyütülmelidir.

Her plastiğin optimum bir enjeksiyon sıcaklığı bulunur. Bu sıcaklık malzemenin yeterli derecede viskoz olmadığı ve bir bozunma göstermediği sıcaklıktır.

Aşağıda farklı plastik malzemeler için optimum enjeksiyon sıcaklık değerleri verilmiştir.

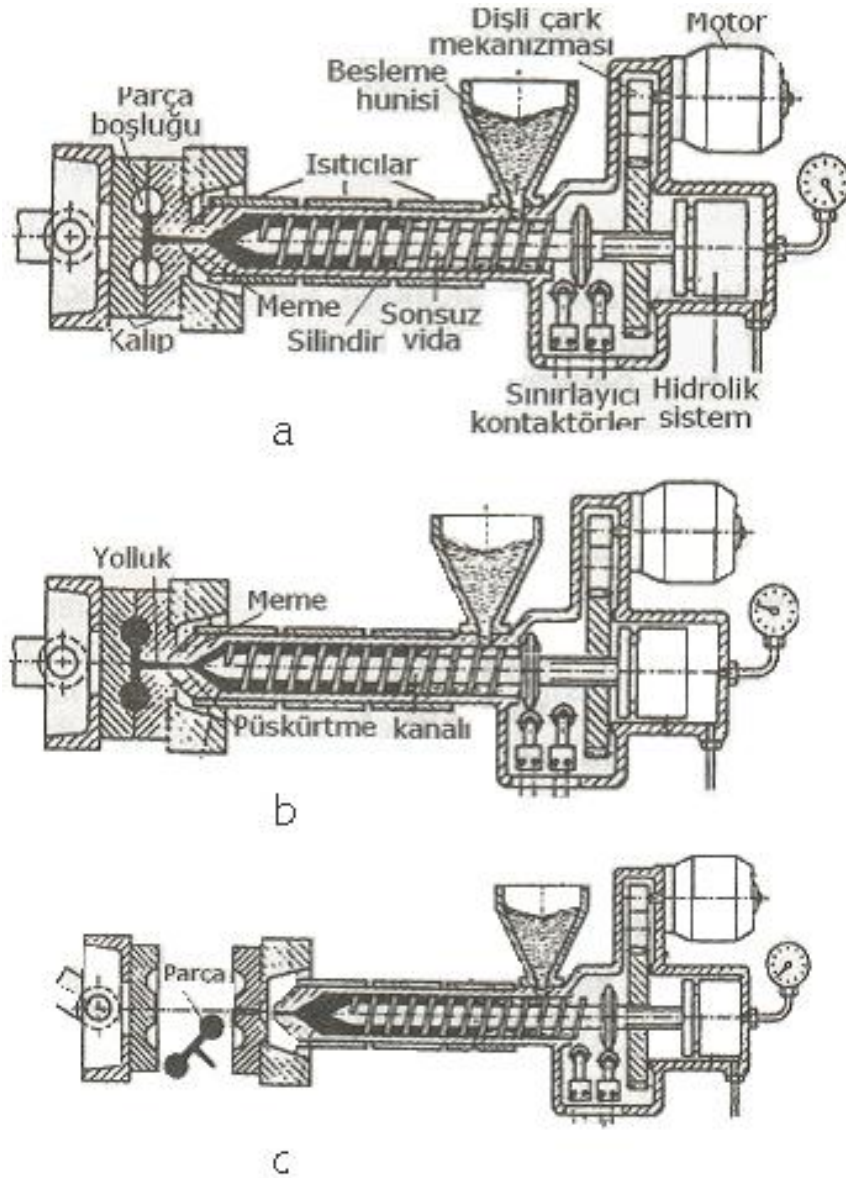
Genel amaçlı polistiren	163-260°C
Darbeye dayanıklı polistiren	177-316°C
SAN	191-270°C
ABS	193-280°C
Polipropilen	204-288°C
AY ve OY polietilen	149-260°C
YY polietilen	260-816°C

Genelde pistonlu enjeksiyon makinelerinde 1000-2000bar (kg/cm²), vidalı enjeksiyon makinelerinde ise 500-1200 bar civarı basınç kullanılmaktadır. Adı geçen bu basınç değeri meme deliği önündeki basınçtır.

5.1. Enjeksiyon Makineleri

5.1.1. Vidalı Enjeksiyon Makineleri

Şekil 5.3'de de görüldüğü üzere vidanın dönme hareketini sağlayan motoru ve ona bağlı dişli mekanizması vardır. Vidanın ileri geri hareketi hidrolik sistem ile sağlanır ve kontaktörler ile sınırlandırılır. Ayrıca sonsuz vida, silindir etrafındaki elektrikli ısıtıcılar, püskürtme memesi ve kalıp yer almaktadır.



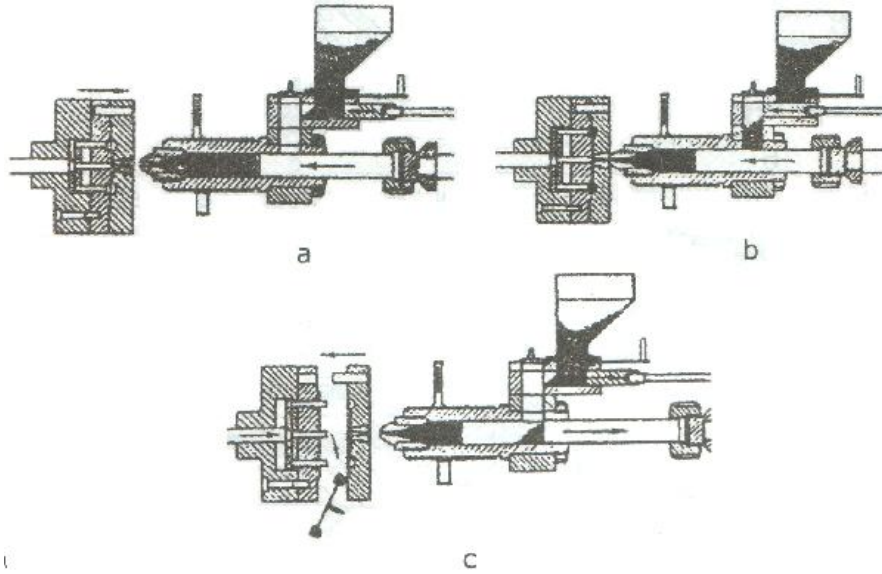
Şekil 5.3. Sonsuz vidalı enjeksiyon makinesi.

Öncelikle besleme hunisinden silindir içine reçine geçer, motor dişli çark mekanizması ile sonsuz vida döner ve reçine ileri doğru itilir. Aynı zamanda ısıtıcılar vasıtası ile erir ve ergimiş halde silindirin ön kısmına gelir. Daha sonra sonsuz vida hidrolikten hareket alıp ilerler ve ergimiş reçine püskürme memesinden ve yolluktan geçerek kalıp boşluğuna ulaşır. Reçinenin basınç altında tutulması için vida burada belli süre tutulur. Soğuma işlemi sonunda vida geri döner. Aynı zamanda kalıp açılır ve itici pimler, burçlar vs. ile parça dışarı çıkarılır. Bu işlem sırasında huniden silindire yeni iş için reçine alınır.

- Enjeksiyon prosesinde sıcaklık silindir boyunca, kalıpta ve püskürtme memesinde farklı değerlerdedir. İyi bir işlem için reçine bozulmayacak şekilde maksimum sıcaklıklarda enjeksiyon işlemi yapılmalıdır.
- Vida dönme hızı çok yüksek tutulursa reçineye zarar verebilecek kesme gerilmeleri oluşabilir. Bu nedenle dönme hızı $6500/D$ (d/d)'dan az olmalıdır. D; mm olarak vidanın nominal çapı.
- Kalıp içinde plastik kristalizasyonu, cam elyafı yönlendirmesi ve iyi yüzey kalitesi için enjeksiyon hızı yüksek tutulmalıdır.
- İşlem öncesi reçinenin nemi alınmalıdır. (<0.05)

5.1.2. Pistonlu Enjeksiyon Makineleri

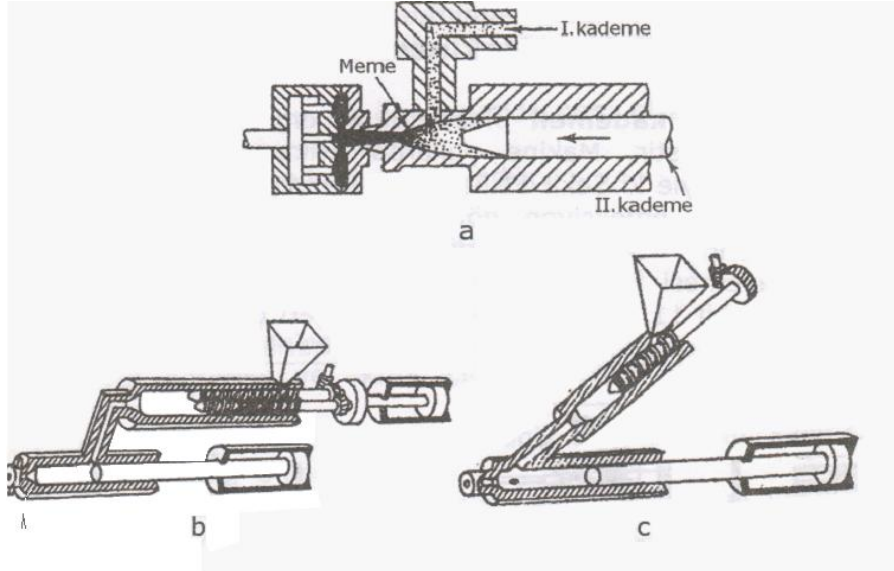
Tek kademeli enjeksiyon makinelerinde reçine ayrı bir odaya yüklenir, enjeksiyona gönderilir ve ısıtılarak kalıp boşluğuna ilerletilir. Soğutma sonrası piston geri çekilir. Şekil 5.4'de tek kademeli enjeksiyon makinesi görülmektedir.



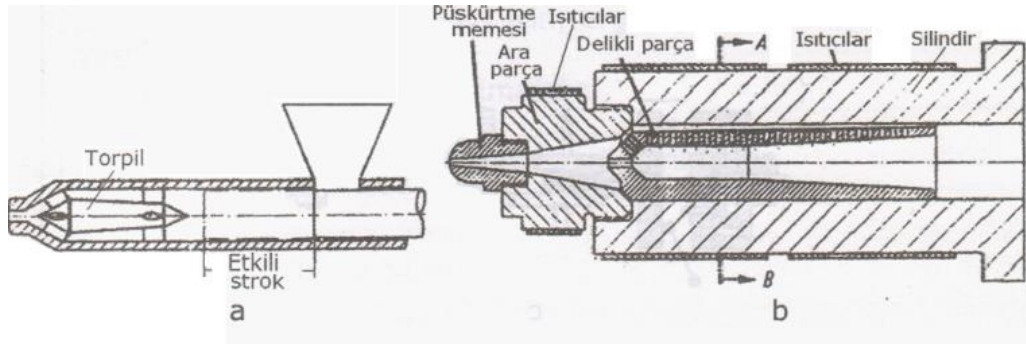
Şekil 5.4. Tek kademeli pistonlu enjeksiyon makinesi.

Pistonlu enjeksiyon makinesindeki kusur reçinenin düzenli bir şekilde ısıtılamamasıdır. Bunu ortadan kaldırmak için Şekil 5.5'de görüldüğü üzere iki kademeli enjeksiyon makineleri geliştirilmiştir. Burada reçine ayrı bir silindir ile

plastikleştirilir ve sonra sonsuz vida veya piston ile ikinci kademe silindire ulaştırılır. Buradan ise bir piston ile ergimiş reçine kalıp içine gönderilir.



Şekil 5.5. İki kademeli pistonlu enjeksiyon makineleri.



Şekil 5.6. Torpilli (a) ve delikli parçalı (b) sistemler.

Pistonlu enjeksiyon makinelerinde reçinenin homojen bir şekilde ısınması için uygulanan başka bir yöntem ise Şekil 5.6'daki gibi pistonun ön kısmına torpil denilen bir parça veya delikli bir parça koyarak plastik ile metal yüzeyi arasındaki temas yüzeyini arttırmaktır.

Enjeksiyon prosesinde basıncın önemli bir yeri vardır.

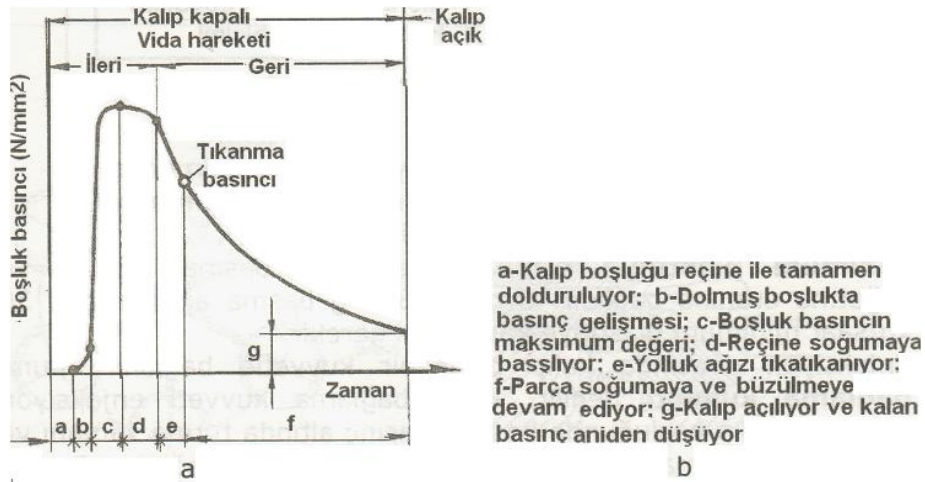
Kalıplama Basıncı; enjeksiyon makinesinin oluşturduğu basınçtır.

Boşluk Basıncı; reçine yolluk ve ağızlardan geçtikten sonra kalıp boşluğunda kalan basınçtır.

Tutma Basıncı; Enjeksiyon işlemi bittikten sonra, soğuma ve büzülme önlemek amacıyla kalıp belli bir süre basınç altında tutulur. Buna tutma basıncı denir.

Kalan Boşluk Basıncı; reçine tamamen katılaştıktan sonra boşlukta kalan basınçtır.

Tıkanma Basıncı; reçine ilk başta yolluk ve ağızlarda katılaşır. Buralarda etkili olan basınca tıkanma basıncı denir.



Şekil 5.7. Enjeksiyon prosesinde basınç-zaman diyagramı.

5.2. Enjeksiyon Kalıp Konstrüksiyonu

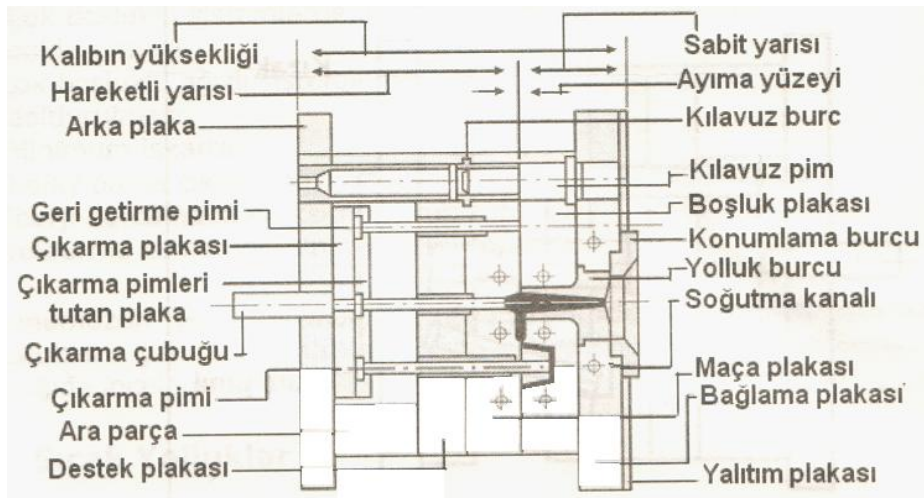
Enjeksiyon kalıplarında ortak olan noktalar vardır. Bu noktalar iki kısımdan oluşmaktadır; sabit enjeksiyon kısmı ve hareketli çıkarma sistemidir.

Standart bir kalıpta yer alan parçalar sırası ile;

- Kalıp malzemesinin sabit yarısı
- Kalıp malzemesinin hareketli yarısı
- Çıkarma pimleri, çubuğu ve burçlarını tutan plaka ve çıkarma plakası

- Çıkarma sisteminin bağlandığı arka plaka
- İki yarı kalıbı merkezleyen merkezleme burcu ve içindeki merkezleme pimi
- Parça boşluğunun bulunduğu kalıbın sabit yarısı olan boşluk plakası
- Boşluk plakasının bağlandığı bağlama plakası
- Yalıtım plakası
- Enjeksiyon memesini merkezleyen konumlama bileziği veya burcu
- Yolluk burcu
- Soğutma kanalları (gerek duyuluyorsa)
- Hareketli maça plakası
- Destekleyici destek plakası
- Parça çıkarmak için itici pimler, çıkarma çubuğu ve geri getirme pimleridir.

Şekil 5.8’de enjeksiyon makinesinde kullanılan standart bir kalıbın konstrüksiyon şekli verilmiştir. Tablo 5.1’de ise standart bir kalıbın olası malzemeleri sıralanmıştır.



Şekil 5.8. Kalıp konstrüksiyonu.

Tablo 5.1. Plastik enjeksiyon kalıbı için tavsiye edilen malzemeler ve mekanik özellikleri.

KALIP	MALZEME NO (DIN)	SERTLİK veya ÇEKME MUKAVEMETİ
Malzeme plakası	1.1730	yaklaşık 650 N/mm ²
Burç	1.2083	56-56 HRC
Destekleme plakası	1.1730	yaklaşık 650 N/mm ²
Üst kalıp elemanı (Boşluk plakası)	1.2316	yaklaşık 1000 N/mm ²
Klavuz kolonu (pimi)	1.2842	56-56 HRC
Alt kalıp elemanı (maça plakası)	1.2316	yaklaşık 1000 N/mm ²
İtici pim	1.2344	yaklaşık 650 N/mm ²
İtici plaka	1.1730	yaklaşık 650 N/mm ²

a) Yolluklar

Ergimiş reçineyi enjeksiyon memesinden alıp kalıp boşluğuna dağıtan kanal sistemidir. Bu kısımda basınç düşüşü görüleceği için yolluk burcu ve yolluklar mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.

b) Ağızlar

Ağızlar meme kanalının yolluğa ve yolluğun kalıp boşluğuna giriş yeridir. Bu giriş açık veya daralmış şekilde olabilir. Açık ağızlarda meme kanalından yolluğa ve yolluktan kalıp boşluğuna direkt gidilir. Daralmış ağızlarda ise memeden yolluğa ve yolluktan boşluğa girişlerde bir daralma olur. Açık ağızlarda yolluk kalıptan parça ile beraber yekpare olarak çıkar. Ve parçayı yolluktan çıkarmak için bir de kesme işlemi uygulanmalıdır. Ayrıca ağzın yerinde büyük bir iz kalır. Daralmış ağızlarda ise

yolluk ağızdan kendiliğinden veya çok kolay koparılarak ayrılır. Ayrıca burada ağzın bıraktığı iz de çok daha küçüktür.

Görünüş; ağızlar mümkün olduğunca görünmeyen yüzeylere konulmalıdır. Böylece parçadan ayrılırken bıraktığı iz görünmez.

Gerilmeler; ağız alanında oluşan yüksek artık gerilmeler nedeni ile parçanın yüksek mekanik gerilmeler ve darbelere maruz kalan yerlerine yerleştirilmemelidir.

Basınç; ağızlar parçanın en kalın kısmına yerleştirilmelidir. Bu şekilde parça yüzeyindeki büzülme ve boşluklar görülmez.

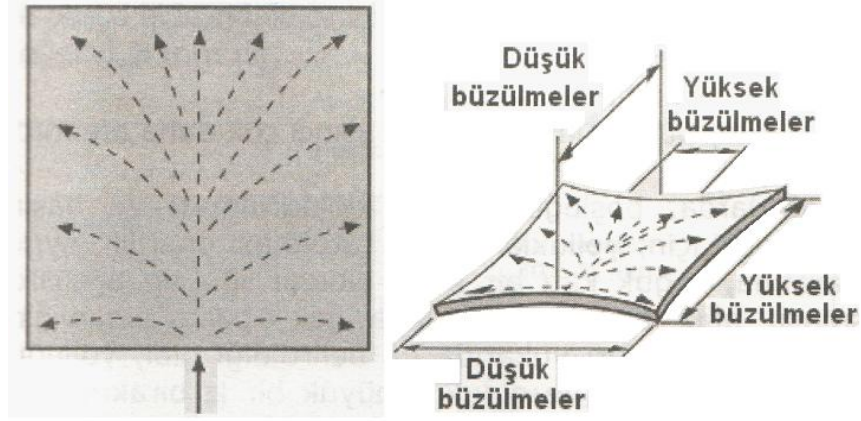
Yönlenme; reçine molekülleri akış yönüne doğru hareketlenir. Bu ise tek yönlü mukavemet sağlar. Bu nedenle ağız akışı saptıran bir yere konumlandırılmalıdır; boşluk cidarı veya çıkarma pimine doğru olabilir.

Kaynak çizgileri; kaynak çizgilerinin uzunluk ve sayısını azaltan noktaya yerleştirilmelidir. Kaynak çizgileri Şekil 5.9'da görülmektedir.

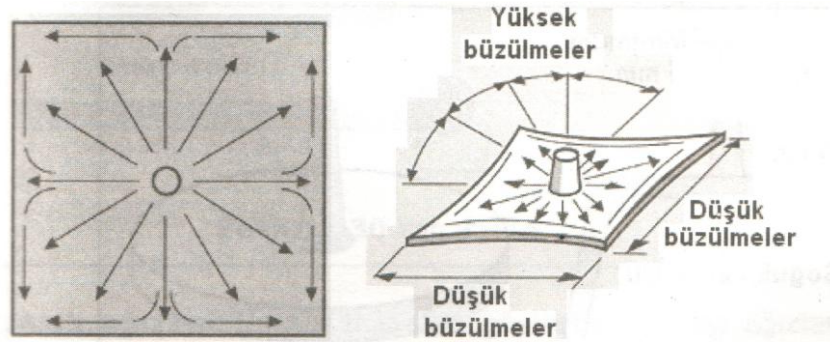
Çarpıklık olayı; yanlış boyutlandırılan veya konumlandırılan ağızlar, kalıp boşluğunda uygun olmayan bir akış düzenine neden olur. Bu ise Şekil 5.10 ve 5.11'de görüldüğü üzere kaynak çizgilerine ve boyutta çarpımalara sebep olur.



Şekil 5.9. Akış düzenleri.

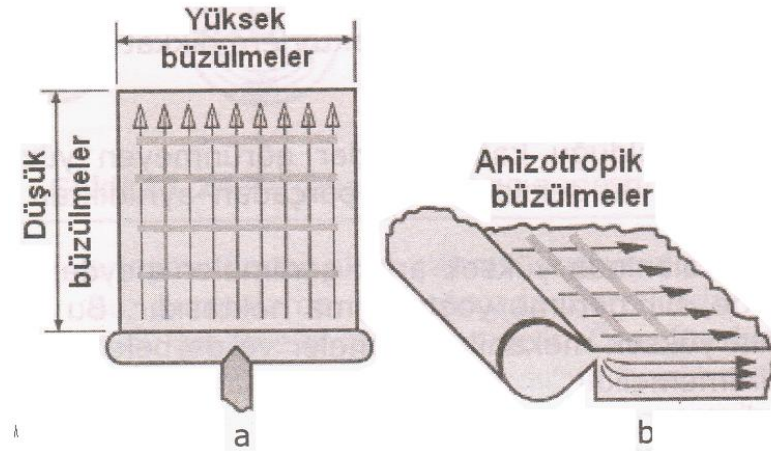


Şekil 5.10. Yan ağız büzölmeleri ve çarpıklıklar.



Şekil 5.11. Merkezi ağızda büzölmeler ve çarpıklıklar.

Cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş polimerler; elyaf ile kuvvetlendirilmiş polimerlerde, elyafın ağızdan geçerken kırılmaması için daha büyük ağızlar tasarlanır. En uygun ağız biçimi ise nokta tipi olandır. Enjeksiyon hızı arttıkça özellikle kalınlıkları 2mm'den daha az olan parça cidarlarında cam elyaf Şekil 5.12'deki gibi yüksek bir yönlenme gösterirler. Enjeksiyon hızı düzgün yüzey kalitesi istendiğinde uygulanır. Ayrıca büzölmeler yönlenme yönü, ağız şekli ve parça şekline de bağlıdır.



Şekil 5.12. Elyaf Yönlemesi ve büzölmeler.

6. LİTERATÜR TARAMASI

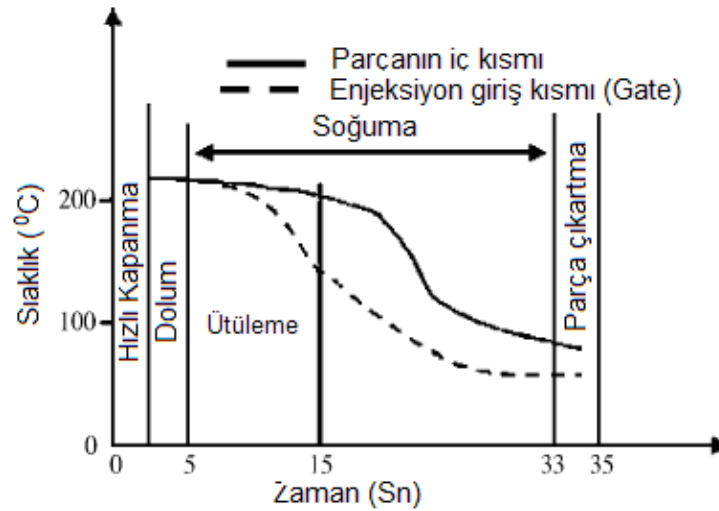
Enjeksiyon kalıpcılığında verimlilik artırımı ve optimal üretim prosesi için genelde 2 ana konu üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır.

- Mekanik, fiziksel ve kimyasal olarak uygun değerleri sağlamak üzere enjeksiyon parametrelerinin iyileştirilmesi.
- Birim zamanda çıkarılan parça sayısını kalite düzeyini koruyarak arttırmak.

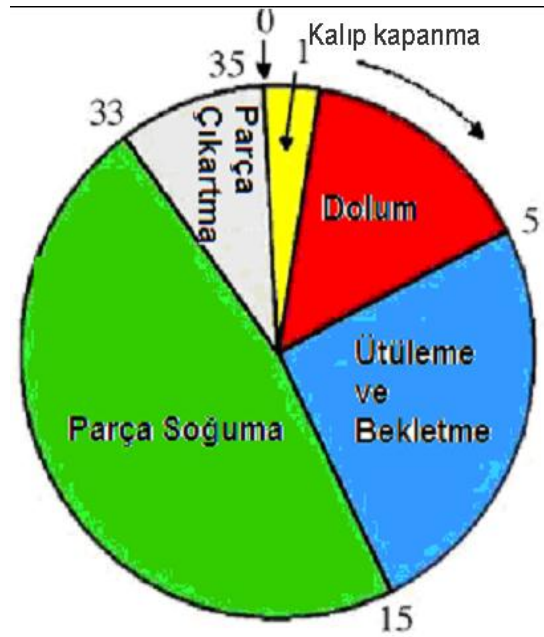
Otomotiv endüstrisinde, cam elyaf katkılı termoplastikleri emme manifoldları, radyatör tankları ve bunun gibi parçalarda kullanılır. Plastik parçaların metal parçalara göre birçok avantaja sahiptir; örneğin kütleli, dizayn esnekliği ve parça birleşimi gibi. Fakat termoplastikler üstünlükleri yanında performans ve dayanıklılık bakımından sınırlandırılmışlardır. Enjeksiyon kalıplama ile elde edilen cam elyaf takviyeli parçalarda kullanılan cam elyafın yönelimi büyük önem taşır. Bu elyaf yönelim adımı, malzemelerde elastik modülleri, dayanımı warpage (çarpılma) ve shrinkage (kendini çekme) içeren parça özelliklerini etkiler. Ayrıca eğer parça dizayn aşamasında kalıplama ve mekanik özellikler optimize edilirse zaman ve paradan önemli tasarruf sağlanır [Foss, 2004].

Parçanın mekanik özelliklerini esasen kullanılan polimerin özellikleri belirlemesine rağmen, enjeksiyon parametrelerinin de nihai ürün mukavemeti üzerinde etkisi vardır [Tomori et al, 2002]. Bundan dolayı soğuma süresi, enjeksiyon hızı, kalıp sıcaklığı gibi enjeksiyon parametreleri nihai ürünün çekme dayanımı, eğilme dayanımı, sünekliği gibi mekanik özelliklerini etkiler.

Çevrim süresi; dolum süresi, ütüleme süresi, soğutma süresi ve çıkartma süresinden oluşur. Bu sürelerin içinden en fazla zamanı Şekil 6.1’de görüleceği üzere soğutma süresi alır ve toplam çevrim süresinin %70 ini oluşturur [Dimla et al, 2005; Tang et al, 2004]. Şekil 6.2’de enjeksiyon kalıpcılığında çevrim süresini oluşturan süre dilimleri daire grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 6.1. Enjeksiyon çevrim süreleri.



Şekil 6.2. Çevrim sürelerinin grafiksel gösterimi.

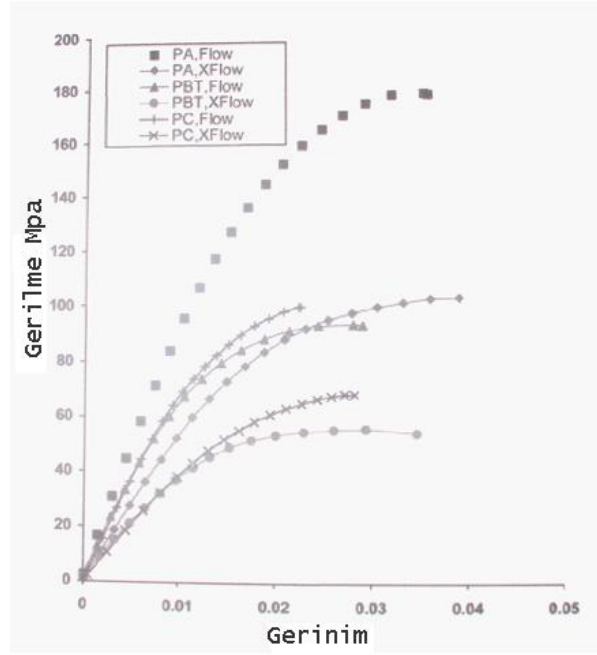
Kurtaran ve Erzurumlu'nun plastik enjeksiyon kalıplama ile elde ettikleri malzemede çarpılma (warpage) oluşumu üzerine çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada, Tablo 6.1'de görüldüğü üzere yüzde oranları olarak baskı basıncı (packing pressure; PP), kalıp sıcaklığı (mold temperature; MoT), eriyik sıcaklığı (melt temperature; MeT), baskı süresi (packing time; PPT) ve soğutma süresi (cooling time; CT)'nin warpage (çarpılma) oluşumu üzerine etkisi sırası ile Tablo

6.1'deki gibi 37.39%, 31.35%, 26.94%, 3.65%, ve 0.6% olarak elde edilmiştir. Yüzde oranlarından anlaşılacağı üzere kalıp sıcaklığı, eriyik sıcaklığı ve baskı basıncı'nın çarpılma oluşumu üzerine belirleyici etkisi bulunmaktadır. Baskı zamanı ve soğutma süresinin ise daha küçük bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır[Kurtaran ve Erzurumlu, 2005]. Bu çalışmada ortaya çıkan veriler dikkate alındığında, baskı basıncı, kalıp sıcaklığı ve eriyik sıcaklığı daima sabit tutularak çarpılma olayından kaçınılabılır. Baskı basıncı yeterli olmaz ise malzemenin kalıpta son ulaşacağı yerde düşük yoğunluk oluşabilir, bunun neticesi olarak da çarpılma oluşur. Ancak aynı zamanda elyaf liflerinin kalıpta son dolun olan bu kısma ulaşabilmesi de zor olacak ve yapıda farklılık oluşacaktır. Bu nedenle yeterli ve stabil basıncın çarpılma yanında yapıda elyaf liflerinin dağılımındaki homojenizasyona da etkisi olacaktır.

Tablo 6.1. Çarpılma için ANOVA sonuçları.

İşlem Parametreleri	Varyans	Yüzde Oran (%)
PP	29.64	37.39
MoT	37.72	31.35
MeT	20.52	26.94
PPT	1.650	3.66
CT	0.040	0.66

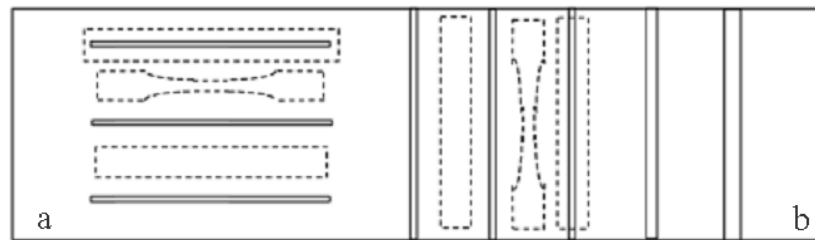
Wyzgoski ve arkadaşlarının eğme testindeki farkları ve doğruluklarını ortaya koymak için yaptıkları çalışmada, eğme test numunelerini Şekil 6.4 a ve b'deki gibi elde etmiştir.”a” düz akış (flow) “b” ise çapraz akışa (x-flow) işaret etmektedir. 3 nokta eğme testi için sırası ile %30 cam elyaf katkılı PA, PBT ve PC kullanılmıştır [Wyzgoski et al, 2004].



Şekil 6.3. Düz ve çapraz akış gerilim-gerinim grafiği

Şekil 6.3'de görüldüğü üzere 3'er farklı üründe yapılan düz ve çapraz akış eğme testlerinde malzemeler non-linear gerilme-gerinim ilişkisi göstermektedir. Nispeten yüksek modülleri ve düşük hata gerilmeleri nedeniyle karşılaştırma yapılmıştır. Bu elyaf katkılı malzemeler kesinlikle non-lineerlik olduğunu belirtmektedir. Malzeme içindeki üretim prosesi kaynaklı hataları, testlerin başlangıçtan itibaren kademeli eğrilikler oluşmasını sağlamıştır. Bu non-linear gerilme-gerinim davranışı yüzünden, lineer elastik çubuk bükme deneyinin gerilme seviyelerinin ölçümünde kullanılması yanlıştır [Wyzgoski et al, 2004].

Bu deneyden de anlaşılacağı üzere malzemelerde farklı akış yönlerinde üretilen malzemeler, eğme testi sonucunda farklı değerler çıkmasına sebep olmaktadır. Bu ise numunenin güvenilirliğini düşürmektedir.



Şekil 6.4. (a) düz akış, (b) x çapraz akış.

Demirer ve arkadaşlarının plastik enjeksiyon kalıpcılıkta soğutma üzerine yaptıkları çalışmada klasik kalıp soğutma sistemi ile modifiye edilmiş durumu göstermekte ve buna bağlı kendini çekme oranlarını belirtmektedir [Demirer ve ark, 2009].

Kalıp sıcaklığının artması ile çekme ve çarpılma değerlerinde azalma görülmüştür [Demirer ve ark, 2009].

Eriyik haldeki malzemenin kalıp boşluğuna girmesiyle, dış kabuk soğumaya başlar ve parçanın iç kısmındaki sıcaklıktan daha düşük sıcaklık değerine iner. Böylece parçanın iç kısmı ile dış kısmı arasında sıcaklık farkı oluşur. Sıcak olan iç kısımda soğuma başlarken molekül zincirleri arası da kapanmaya başlar ve malzemedeki büzülme yani kendini çekme gerçekleşir. Parçanın iç kısım-özü ile kabuk kısmı arasındaki sıcaklık farkı ne kadar küçük olursa çekme değeri de o derece küçük olur. Sıcaklık farkının küçük olması için kalıp sıcaklığının eriyik sıcaklığına yaklaşması gerekir. Bu da kalıp sıcaklığının artması ile olur. Yüksek kalıp sıcaklıklarında kristal yapılı malzemelerin kristalleşmesi daha rahat gerçekleşmektedir. Çevrim süresinin artması da bu yapının tamamlanmasına yardımcı olur [Demirer ve ark, 2009].

Fu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada farklı özellikteki 123D ve 146B tipi cam elyafın PA/PP karışımına eklenmesinde, mekanik özelliklerde sebep olduğu iyileştirmeler ve farklar ortaya konmuştur.

SEBS: %10 stiren-etilen-bütülen-stiren

MA: %10 Maleik anhidrid olarak kısaltılmıştır.

Polimer karışımları her parçanın özelliğini taşırlar. PA/PP karışımında PP tüm su soğurma işlemini yaparken PA sistemin mekanik ve termal özelliklerine katkıda bulunur [Fu et al, 2005].

Tablo 6.2'de saf halde PA6.6/PP karışımının mekanik özellikleri görülmektedir. Tablo 6.3 ve Tablo 6.4'de ise farklı oranlarda karıştırılmış ve plastik enjeksiyon makinesinde enjekte edilmiş parçaların 123D ve 146B tipi cam elyaf ile güçlendirilmiş sonuçları verilmiştir.

Tablo 6.2. PA6.6/PP karışımın mekanik özellikleri.

PA6.6/PP	Gerilme Dayanımı (Mpa)	Elastik Modülü (Gpa)	Charpy Çentik-Darbe (kJ/m ²)
100/0	40.05±0.76	1.277±0.020	79.90±7.23
75/25	32.10±0.18	0.824±0.012	39.10±4.83
50/50	20.93±0.21	0.521±0.011	22.09±1.41
25/75	14.98±0.12	0.423±0.005	17.53±1.14
0/100	19.69±0.22	0.596±0.032	7.50±0.51

Tablo 6.3. PA6.6/PP karışımında 123D-tipi güçlendirilmiş kısa cam elyafın mekanik özelliklere etkisi.

PA6.6/PP	Gerilme Dayanımı (Mpa)	Elastik Modülü (Gpa)	Charpy Çentik-Darbe (kJ/m ²)
100/0	78.25±1.50	6.41±0.17	7.28±0.16
75/25	74.57±0.73	6.70±0.15	11.35±4.32
50/50	47.28±0.57	6.94±0.20	12.09±0.41
25/75	47.36±0.55	7.57±0.26	11.51±0.68
0/100	34.55±0.46	8.01±0.28	9.01±1.36

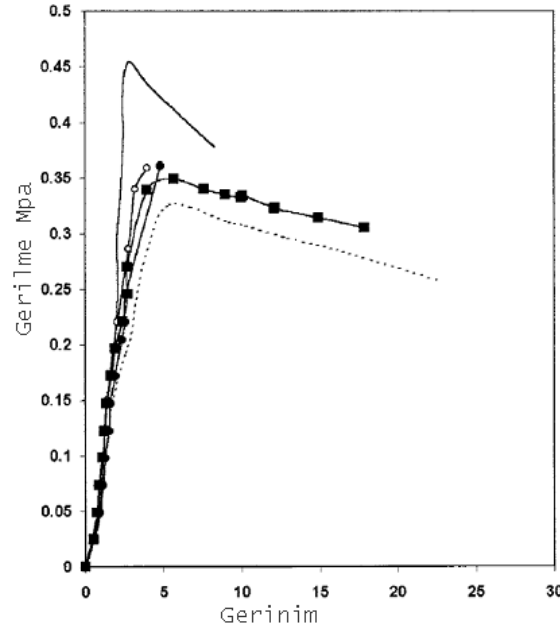
Tablo 6.4. PA6.6/PP karışımında 146B-tipi güçlendirilmiş kısa cam elyaf'ın mekanik özelliklere etkisi.

PA6.6/PP	Gerilme Dayanımı (Mpa)	Elastik Modülü (Gpa)	Charpy Çentik-Darbe (kJ/m2)
100/0	57.49+-1.17	6.08+-0.15	12.47+-0.16
75/25	55.94+-0.42	6.27+-0.14	15.77+-4.32
50/50	40.44+-0.52	6.57+-0.26	13.86+-0.41
25/75	40.87+-0.30	6.96+-0.20	9.94+-0.68
0/100	40.43+-0.30	7.22+-0.24	7.08+-1.36

Tablo 6.4'de görüldüğü üzere PA6.6/PP karışım oranının yüksek olduğu bileşiklerde elastik modül daha az diğer bir deyişle kompozit dayanımı daha yüksektir [Fu et al, 2005].

Patel ve arkadaşları çalışmalarında PP/ABS karışımına bağlayıcı olarak kattıkları PP-g-2-hydroxyethyl methacrylate (2-HEMA)'nın mekanik özelliklere etkisini göstermektedir. Phr; reçinedeki PP-g-2-hydroxyethyl methacrylate (2-HEMA)'nın her yüzde miktarı olarak grafik içinde kullanılmıştır.

PP/ABS ve PP/PP-g-2-HEMA/ABS üçlüsü için çizilmiş gerilme-gerinim eğrisi Şekil 6.5'de görülmektedir. Kırılgan karaktere sahip, %25 ve daha fazla ABS içeren bileşikler akma noktasından önce kırılırken; %10-15 ABS içeren bileşik, sünek bir davranış göstermektedir.



Şekil 6.5. PP/ABS karışımları: (—) ABS; (---) PP; (■) 90/10/2.5* PP/ABS/PP-g-2-HEMA; (○) 85/15/2.5* PP/ABS/PP-g-2-HEMA; (○) 75/25/2.5* PP/ABS/PP-g-2-HEMA'nın gerilme-gerinim grafiği.

PP'nin düşük gerilme modülü yanında, ABS gerilme modülünün ikili, üçlü bileşiminden daha düşük olduğu Şekil 6.5'de görülmektedir. Bununla birlikte, PP'nin ABS içindeki birleşiminde kayda değer bir modül değişikliği görülmemektedir, ancak PP'nin ABS içindeki birleşimi üçlü bileşimin modülünde ciddi bir artış sağlamıştır. Üçlü bileşiklerin gerilme modüllerinin tümünün ikili modüllerinkinden daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu arayüzdeki adhezyon artışı ve daha homojinize dağılıma bağlanabilir [Patel et al, 2002].

Hom ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada; ikiz vidalı ekstrüder ile farklı oranlarda karıştırılan PP ile ABS'in içine %10 oranında karıştırılan CB (Carbon Black, Karbon siyahı)'in sebep olduğu elektriksel özellikler incelenmiştir. PP malzeme içindeki ABS oranı %30'dan %60'a kadar çıkarılarak testler gerçekleştirilmiştir. CB katılması ile tüm karışımlarda elektrik iletkenliğinde iyileşme olduğu görülmüştür. Karışım içindeki ABS oranının artırılması, özellikle 40/60 oranındaki viskozitenin yeterli olmadığı yerlerde, giderek artan şekilde elektrik iletkenliğini kademeli şekilde düşürmüştür [Hom et al, 2008]. Daha yoğun olan ABS'nin yalıtım özelliğini desteklediği düşünüldüğünde, ABS katılarak kompozit malzemede arttırılan yoğunluk ile mukavemetin de arttırıldığı sonucuna varılabilir.

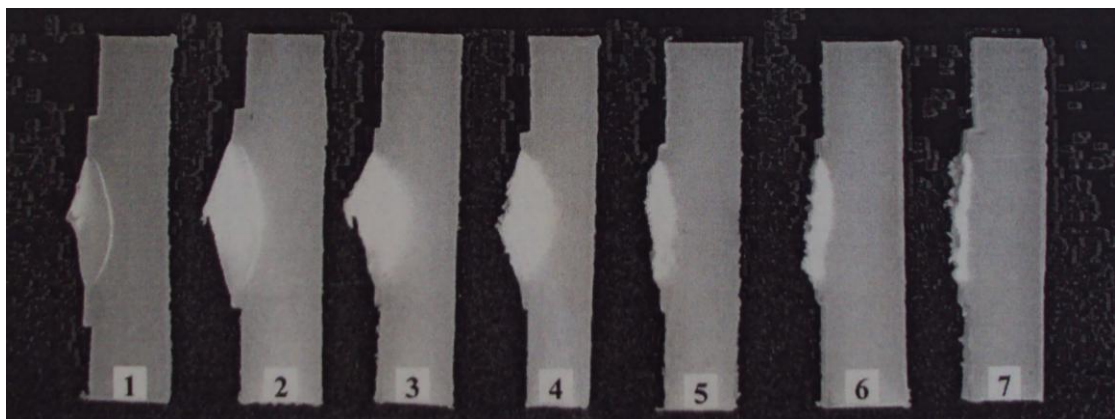
Tjong ve arkadaşlarınca Poliamid 6.6 (PA6.6) hibrit kompozitlerin Styrene-ethylene butylene –styrene (SEBS-g-MA) ile toklaştırılmış ve % 5, 10, 15, 20, 30 kısa cam elyafı (Short glass fiber, SGF) ile güçlendirilmiş karışımların, plastik enjeksiyon ile üretilerek incelenmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada özgül temel kırılma işi (The specific essential fracture work, specific EFW, w_e) ile mekanik davranışlar ortaya konmaya çalışılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için 1mm/min gerilim hızı altında, EWF'nin çift-kenar çentik gerilim (double-edge notched tension, DENT) modelleri kullanılmıştır.

Tablo 6.5. 1mm/dk DENT geometri ile araştırılan modeller için spesifik EWF (w_e) işi

Numune	PA6.6	SGF0	SGF5	SGF10	SGF15	SGF20	SGF30
w_e (kJ/m ²)	7.82	13.9	25.31	21.82	32.65	29.98	19.62

Tablo 6.5 statik yük altındaki PA6.6 ve SGF karışımları ile onların hibritleri'nin özgül EWF (w_e) işi ortaya koymaktadır. PA6.6/SEBS-g-MA 80/20'ye SGF eklenmesi w_e 'de artışa sebep olmaktadır. Diğer bir deyişle, SGF eklenmesi gerilme yükü altındaki PA6.6 hibritlerinin kırılma tokluğunu geliştirmektedir. Plastik alan içindeki gerilim beyazlaşması tüm hibrit modeller için incelenebilir (Şekil 6.6). 15%'den daha az SGF içeren hibritlerin tokluk mekanizması sünekliğin dağılmasından ve elyaflar arası ilişkinin bozulmasından oluşur. Buna karşın, 20%'den daha fazla SGF içeren hibritlerde elyafların çekimi ve bağlanma mekanizmaları baskın olmaktadır [Tjong et al, 2002].



Şekil 6.6 Makrografi; plastik alan içindeki beyaz noktalar (lif boyları 8.2-8.8mm aralığında, 1mm/dk'lık gerilim yükü altında EWF ölçümü ile elde edilmiştir), PA6.6 (1); SGF0 (2); SGF5 (3); SGF10 (4); SGF15 (5); SGF20 (6); SGF30 (7).

Güllü ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, cam elyaf (E) takviyeli plastik matris kompozit (PMK) malzeme enjeksiyon tekniğiyle üretilmiştir. Cam elyaf, polipropilen (PP) ve naylon 6 (PA6) matris içerisine, ağırlıkça % 15 ve % 30 oranlarında eklenmiştir. Takviye elemanı ile enjeksiyon hızı, sıcaklık, geri basınç ve yolluk girişleri gibi enjeksiyon parametrelerinin üretilen PMK malzemelerin mekanik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Üretilen numuneler çekme ve darbe deneylerine tabi tutulmuştur. Çekme dayanımının; enjeksiyon hızının artmasıyla azaldığı, besleme bölgesi sıcaklığı ve arka basıncın artmasıyla değişmediği, yolluk geçidinin büyümesiyle bir miktar arttığı görülmüştür. Cam elyafın, çekme dayanımını önemli ölçüde (% 100-200) artırdığı görülmüştür (Tablo 6.6).

Tablo 6.6. Kompozitlerin elyaf oranları ve mukavemet değerleri

	İzod Darbe Dayanımı (kJ/m ²)	SS	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	SS	Kopmadaki Şekil Değişirme (%)
Nylon 6 saf	10,98	0,42	64,70	3,29	51,53
Nylon 6 % 15 CT	8,575	0,36	112,38	1,53	8,83
Nylon 6 % 30 CT	11,98	0,23	136,61	3,06	8,18
PP saf	11,24	0,15	26,26	0,27	(700)
PP % 15 CT	10,7	0,20	60,04	0,82	8,15
PP % 30 CT	12,82	0,28	78,61	0,82	11,05

SS = Standard Sapma CT = Cam Takviyeli

7. TEZ ÇALIŞMASI İÇİN KULLANILAN ARAÇLAR

7.1. Üretim ve Test için Kullanılan Cihazlar

Toplamda 11 çeşit test numunesi hazırlanmış olup bu numunelerin tümü için aynı üretim ve test parametreleri kullanılmıştır.

7.1.1. Enjeksiyon Makinesi

Enjeksiyon işlemi PAGEV teknik lisesinde, Türkiye’de üretilmiş Şekil 7.1’de yer alan SARAÇ marka makine ile gerçekleştirilmiştir. Makinenin maksimum kapama kuvveti 637 KN, enjeksiyon basıncı 1480 bardır.



Şekil 7.1. Enjeksiyon Makinesi.

Ekran sayfaları eklede görülebilir.

7.1.2. Plastik İzod Darbe ‘Çentikli Darbe’ Test Cihazı

İzod darbe deneyi için çentikli test numunesi Resil Impactor marka test cihazına bağlanır ve darbe sonrası değer “joule” cinsinden elde edilir. Bu çalışma da plastik enjeksiyon makinesinin kullanıldığı PAGEV lisesinde yapılmıştır. Cihaz Şekil 7.2’de gösterildiği şekildedir.



Şekil 7.2. İzod darbe 'Çentikli darbe' test cihazı.

7.1.3. Çentik Açma Cihazı

İzod darbe deneyi için numuneye açılan çentik Şekil 7.3'de yer alan Notchvis Ceast marka çentik açma cihazı ile yapılmıştır. Mikrometre ile açılacak çentiğin ölçüsü hazırlandı ve numuneler bu ölçüye göre çentikli hale getirildi.



Şekil 7.3. Çentik açma cihazı.

7.1.4. Plastik Akışkanlık Test Cihazı (Melt Flow Index)

Test numunelerin akışkanlık testi malzemelerin hangi alanda kullanılacağı ile ilgili ipuçları verir. Plastik malzemenin tanımlanmasında belirleyici bir değerdir. Kullanılan plastik ergime sıcaklığına gelir, üzerine koyulan 2,16 kg'lık yük ile Şekil 7.5'da görüldüğü gibi akmaya başlar. Akışkanlık test cihazı Şekil 7.4'de görülmektedir. Cihaz üstündeki ağırlık sayesinde akan akışkanın miktarı ile ölçüm değerleri verir. Malzeme akışı olduğunda tel parça ile malzemede kesme yapılarak ölçüm sağlanır. Bu kesme işlemi genelde 4-5 defa tekrarlanır.



Şekil 7.4. Plastik akışkanlık test cihazı (Melt Flow Index).



Şekil 7.5. Plastik akışkanlık test cihazı çalışma örneği.

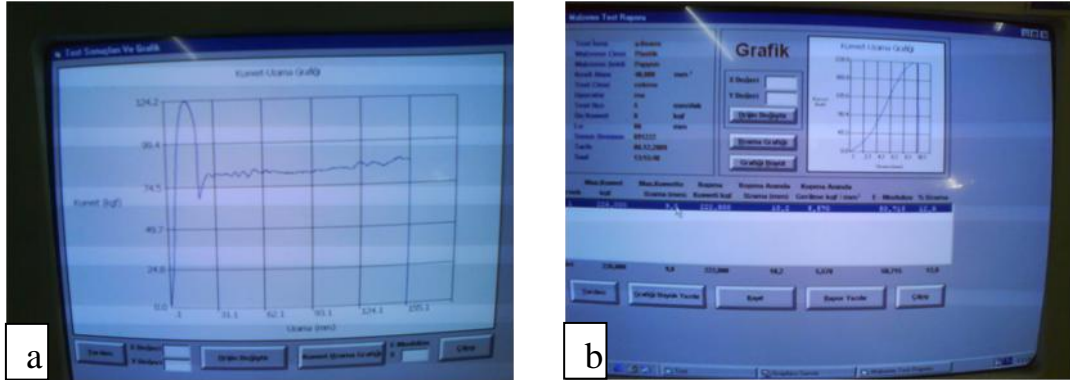
7.1.5. Çekme Test Cihazı

Çekme testi plastik malzemelerin mekanik özelliklerini ortaya çıkarmak için kullanılan temel testlerdendir. Çekme testi 50 mm/dk olacak şekilde ISO 527 standardına uygun gerçekleştirilmiştir. Çekme test cihazı Şekil 7.6'de görülmektedir.



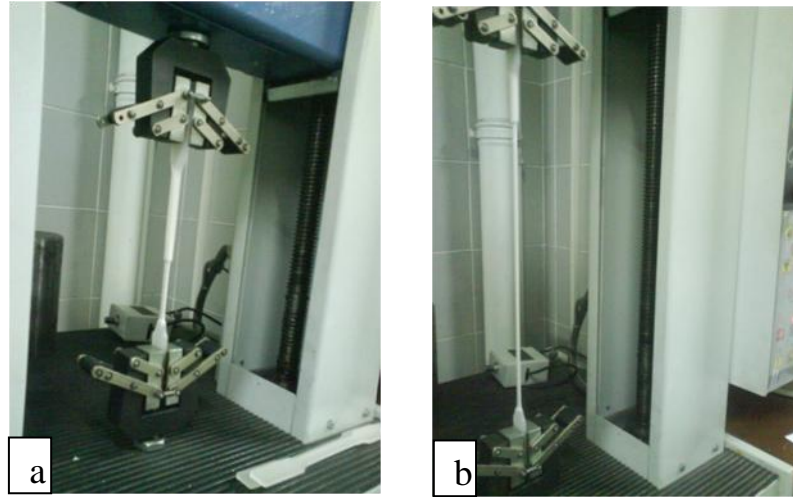
Şekil 7.6. Çekme test cihazı.

Çekme test cihazının bağlı olduğu bilgisayardaki ekran sayfaları Şekil 7.7’de görülmektedir.

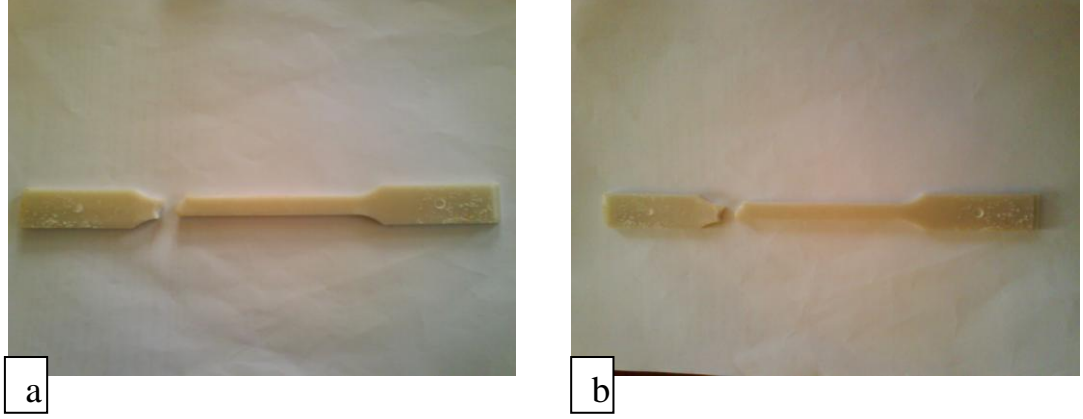


Şekil 7.7. Çekme test cihazı ekran sayfaları.

Şekil 7.8’da çekme testi sırasında saf PP malzemenin gösterdiği sünek davranış açıkça ortaya konmuştur. Şekil 7.9’da ise cam elyaf eklenmesi sonucu gevrek kırılma gösteren PP malzemenin kırılma davranışı görülmektedir.



Şekil 7.8. Çekme test cihazı çalışması “sünek malzeme”.



Şekil 7.9. Çekme test cihazı çalışması “gevrek malzeme”.

7.1.6. Eğme Test Cihazı

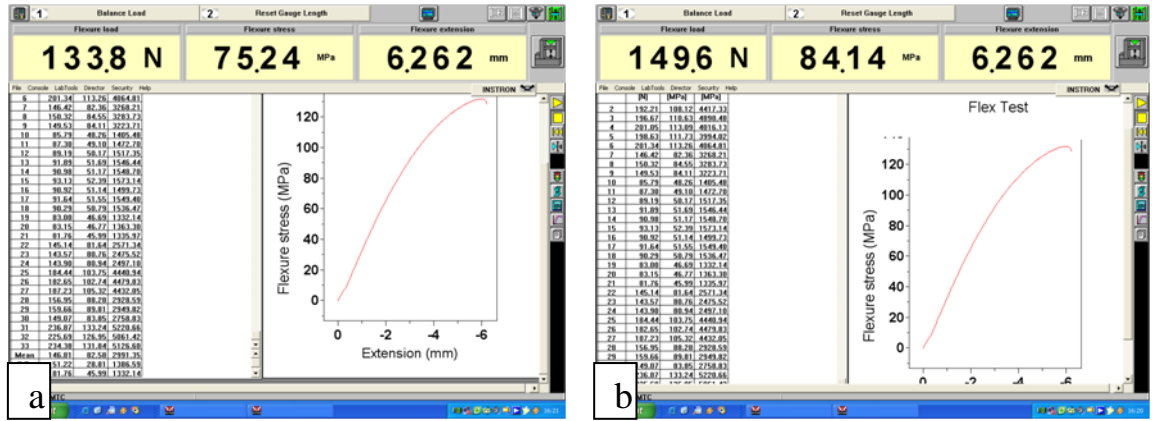
Plastik malzemelerin mekanik özelliklerini ortaya çıkarmak ve malzemeler arası kıyaslama yapmak için kullanılan diğer bir test ise eğme testidir. Eğme testi 2mm/dk olacak şekilde ASTM standardına uygun gerçekleştirilmiştir. Cihaz ve çalışma biçimi Şekil 7.10 ve Şekil 7.11’de görülmektedir. Cihazın bilgisayara bağlı olduğu ekran sayfaları ise şekil 7.12’de yer almaktadır.



Şekil 7.10. Eğme test cihazı.



Şekil 7.11. Eğme test cihazı çalışması

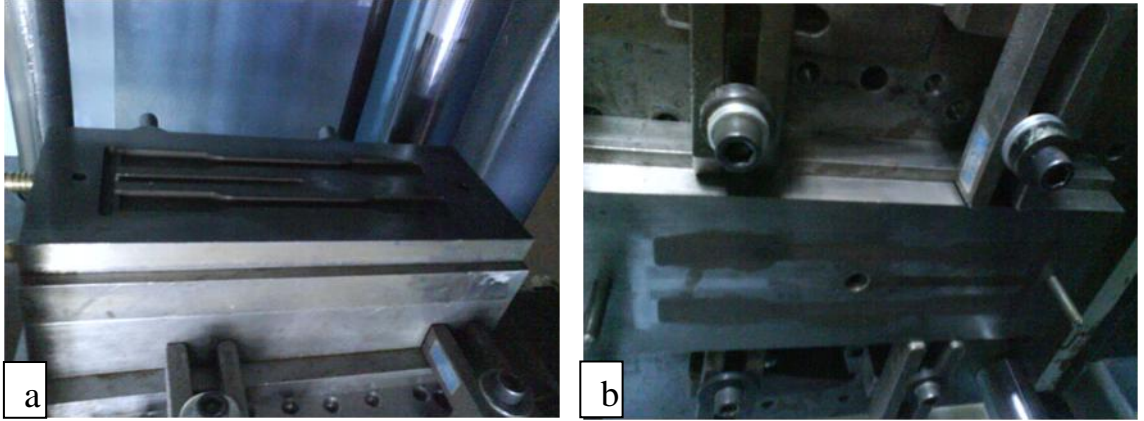


Şekil 7.12. Eğme test cihazı ekran sayfaları

7.2. Üretim için Kullanılan Kalıp ve Malzemeler

7.2.1. Numuneler İçin Plastik Enjeksiyon Kalıbı

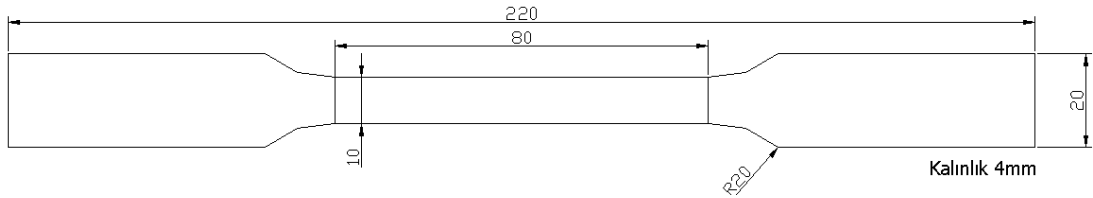
Plastik enjeksiyon makinesinde kullanılan kalıp malzemesi, piyasadaki adı “İmalat Çeliği” olan Ç1040 malzemeden üretilmiştir. Malzemede soğutma kanalları bulunmaktadır ancak çalışma sırasında kullanılmamıştır. Şekil 7.13’de de görüldüğü üzere kalıptaki her strokta 2 adet numune çıkmaktadır.



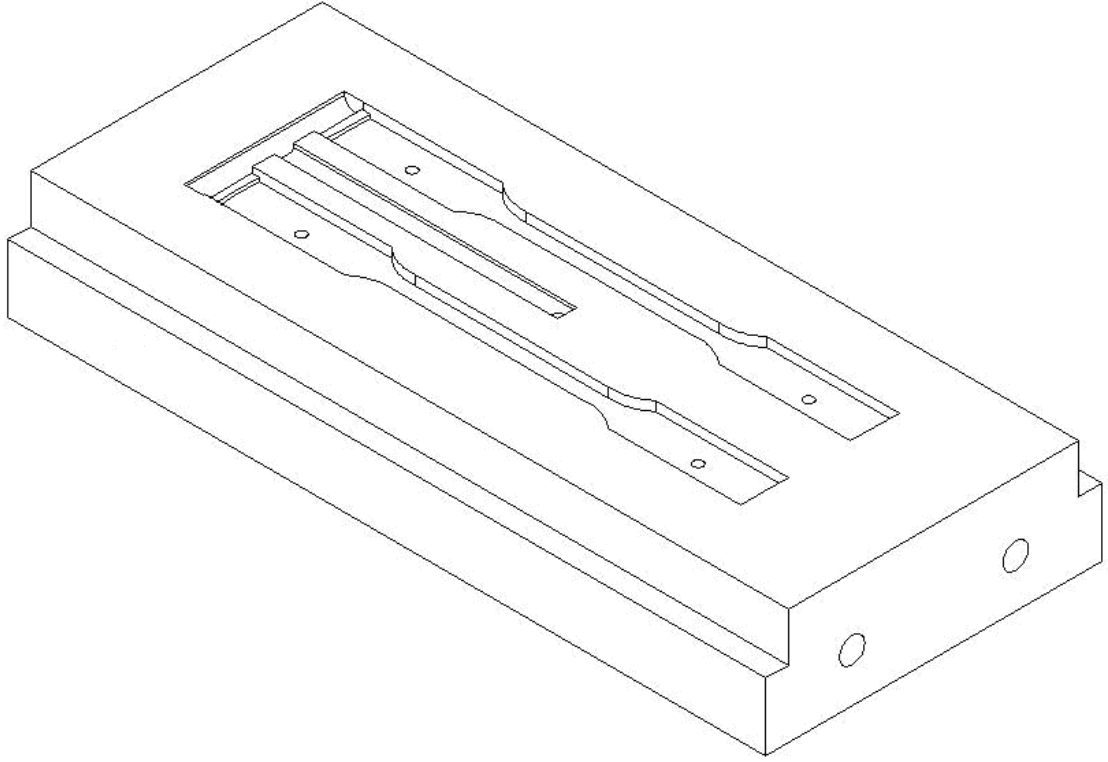
Şekil 7.13. Çekme test kalıbı.

Eğme ve İzod çentik darbe deney numuneleri bu kalıptan çıkan numunelerin kesilmesi ile elde edilmiştir. MFI numuneleri ise yine aynı kalıptan çıkan malzemelerin kırıcıdan geçirilerek tekrar granül hale getirilmesi ile elde edilmiştir.

Çekme test numuneleri ASTM D638 normuna uygun olarak Şekil 7.14'deki gibi üretilmiştir. Çekme test kalıbının 3D görünüşü ise Şekil 7.15'da gösterilmiştir.

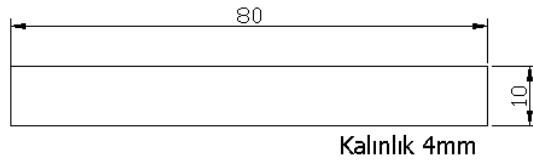


Şekil 7.14. Çekme numunesinin şekil ve boyutları (ASTM D638).

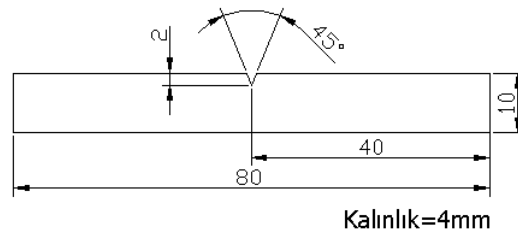


Şekil 7.15. Çekme kalıp'ın 3D isometric görüntüsü.

3 nokta eğme deneyi numunesi (TS 985 EN ISO 178) Şekil 7.16 ve izod darbe deneyi numunesi (ISO 180) ise Şekil 7.17'de gösterilmiştir.



Şekil 7.16. 3 nokta eğilme deneyi numunesi (TS 985 EN ISO 178).



Şekil 7.17. Izod darbe deneyi numunesi (ISO 180).

7.3. Deneylerde Kullanılan Plastik Malzemelerin Özellikleri

Çalışmada PP ana malzeme olarak belirlenmiş ve içerisine belli oranlarda ABS ve cam elyaf katılarak test numuneleri hazırlanmıştır.

7.3.1. PP Malzemenin Özellikleri

Araştırma konusunda ana malzemeyi oluşturan saf PP Petkim A.Ş.'den, % 30 cam elyaf içeren PP ise Özaytray A.Ş.'den temin edilmiştir.

Saf PP, ASTM D-1238 (230°C/2.16kg)'e göre 9-13 g/10d erime akış hızına, ASTM D-638'e göre 355 kg/cm² akma noktasına sahiptir.

% 30 cam elyaf katkılı PP, ASTM D-1238'e göre 6 g/10d erime akış hızına, ASTM D-638-91 (50mm/d)'e göre % 4 kopmada uzama değerine, ASTM D-256-93a'ya göre 100 j/m çentikli izod darbe değerine, ASTM D-790-92'ye göre 6000 Mpa elastisite modülüne sahiptir. Yoğunluğu 1.13 g/cm³ ve ergime sıcaklığı 140°C'dir. Bu malzemede cam elyafın homojen ve yapı içerisinde toz gibi dağılımını sağlamak için ilk üretim sonrası kırılarak yeniden granül hale getirilmiştir.

Polipropilen için optimum enjeksiyon sıcaklığı 204-288°C arasındadır. Tez çalışmasında 205°C kullanılmıştır.

7.3.2. ABS Malzemenin Özellikleri

PP ana malzemesine belli yüzde oranlarında katılan ABS Komeksmakina A.Ş.'den temin edilmiştir. ISO 180/1A'ya göre çentikli izod darbe dayanımı 14 kJ/m², ISO 527'ye göre yüzde çekme uzaması % 20 ve ISO 178'e göre elastisite modülü 2200 Mpa'dır.

ABS için optimum enjeksiyon sıcaklığı 193-280°C arasındadır. Tez çalışmasında 205°C kullanılmıştır.

7.4. Plastik Enjeksiyon Test Şartları

Tablo 7.1'de enjeksiyon makinesindeki mengene kısmına ait değerler görülmektedir. Mengenenin kapalı haldeki çalışmasında enjeksiyon basıncı oluşmakta bu ise mengene kapalı haldeki basınca eşit olmaktadır. Kilitlemedeki 60 tonluk basınç ile geri itme basıncı önlenmiştir.

Tablo 7.1. Enjeksiyon makinesi mengene koşulları

Mengene			
	Hız (%)	Strok (mm)	Basınç (bar)
Kalkış	75		80
Hızlanma	90	180.0	85
Frenleme	65	120.0	55
Kalıp koruma	25	60.0	25
Kilitleme	70	8.0	150
Mengene kapalı		0.8	100

60 ton
enjeksiyon basıncı

Tablo 7.2'de enjeksiyon makinesine alınan mal için makinedeki şartlar görülmektedir. Mal alma işlemi 4 adımda gerçekleştirilmektedir. Sonsuz vida bir miktar mal aldıktan sonra ilerledikçe yeniden mal almaktadır.

Tablo 7.2. Enjeksiyon makinesi mal alma koşulları

	Mal alma profili		Art basınç profili	
	Hız (%)	Strok (mm)	Basınç (bar)	Strok (mm)
Mal alma 1. adım	100	15.0	20	15.0
Mal alma 2. adım	90	30.0	15	35.0
Mal alma 3. adım	80	60.0	10	55.0
Mal alma 4. adım	70	65.0	10	65.0

Tablo 7.3'de enjeksiyon özellikleri verilmektedir. Enjeksiyon işleminin 5 adımda gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

Tablo 7.3. Enjeksiyon makinesi enjeksiyon koşulları

Enjeksiyon			
	Hız (%)	Strok (mm)	Basınç (bar)
Profil 1	70	75.0	80
Profil 2	75	50.0	85
Profil 3	80	35.0	90
Profil 4	75	30.0	85
Profil 5	70	20.0	60

Tablo 7.4'de enjeksiyon işlemi tamamlandıktan itici pimler ile ilgili itici grubun özellikleri verilmektedir.

Tablo 7.4. Enjeksiyon makinesi itici grup koşulları

İtici			
	hız (%)	Strok (mm)	Basınç (bar)
İtici 1. adım	30	60.0	70
İtici 2. adım	20	70.0	70
İtici geri 1. adım	35	30.0	
İtici geri 2. adım	20	55.0	40

Tablo 7.5'de enjeksiyon makinesinde uygulanan sıcaklık değerleri görülmektedir. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere optimum bir enjeksiyon için sıcaklık değeri 205°C'ye kadar çıkarılmıştır.

Tablo 7.5. Enjeksiyon makinesi sıcaklık değerleri

Sıcaklıklar	
	T (°C)
Meme	180
1.1	205
2.1	195
3.1	185

Tablo 7.6'da toplam enjeksiyon için kullanılan zamanları göstermektedir. Toplam süre 33 sn olmaktadır.

Tablo 7.6. Enjeksiyon makinesinde uygulanan süreler

Makine zamanları	
	Zaman (sn)
Mengene kademe zamanı	0.1
İtici ileride gecikmesi	0.5
İtici geri gecikmesi	0.5
1. hava zamanı	1.0
Grup ileri gecikmesi	1.0
Grup geri gecikmesi	1.0
Motor zamanı	1.0
Enjeksiyon arıza zamanı	10.0
Enjeksiyon gecikme zamanı	1.0
Mal alma gecikme zamanı	1.0
1. maça ileri zamanı	1.0
1. maça geri zamanı	1.0
2. maça ileri zamanı	1.0
2. maça geri zamanı	1.0
Ütüleme zamanı	10.0
Soğutma zamanı	1.0

8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

8.1. Deneysel Çalışma Amacı

Bu çalışmanın amacı PP ana malzeme içine katılan ABS, cam elyaf ve üçlü karışımın neden olduğu mekanik özellikler değişiminin gözlemlenmesidir. Beklenen Saf PP malzeme mukavemetinin cam elyaf ve ABS katılması sonucu iyileşmesidir. Ve bu iyileşmenin deneysel veriler ile ortaya konmasıdır.

8.2. Deneysel Çalışma Verileri ve Numuneler

Yapılan çalışmada 11 adet numune elde edildi, bu numunelerin oranları aşağıdaki Tablo 8.1’de belirtilmiştir.

Tablo 8.1. Deneysel çalışma verileri.

	PP	ABS	Cam elyaf
1 kg için % oranlar	100	-	-
	-	100	-
	85	15	-
	77.5	22.5	-
	70	30	-
	85	-	15
	77.5	-	22.5
	70	-	30
	85	225g	15
	77.5	225g	22.5
	70	225g	30

Testlerde öncelikle saf PP ve ABS kullanılmıştır. Sonrasında 1 kg için belirtilen oranlarda ABS ve PP karıştırılmıştır. Örneğin % 85 PP’de 850 g PP ve % 15 ABS’de 150 g ABS kullanılmıştır. PP ve cam elyaf karışımında da aynı yöntem uygulanmıştır. Ancak PP, ABS ve cam elyaf karışımında farklı bir yol izlenmiştir. Toplam ağırlık yine 1 kg olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu ağırlık içinde 225 g ABS kullanılmış ve geriye kalan 775 g için belirtilen oranlarda PP ve cam elyaf

eklenmiştir. Örneğin Şekil 8.1'deki 10. Satıra baktığımızda 1 kg içinde 225 g ABS, geri kalan 775 g için % 85 yani 658.75 g PP ve %15 yani 116.5 g cam elyaf karıştırılmıştır.

8.3. Deneysel Çalışma Sonuçları

Tüm deney sonuçları için minimum 3'er örnek yapıldı ve ortalama olarak sonuçlar belirtildi. Sonucun şüphe oluşturduğu durumlar içinse bu örnek sayısı 6'ya kadar çıkarıldı.

8.3.1. Plastik Akışkanlık Testi (Melt Flow Index)

Plastik Akışkanlık Test Cihazı (Melt Flow Index) ile yapılan ölçüm sonucu elde edilen değerler Tablo 8.2'de verilmiştir. Bu verilerden anlaşılacağı üzere PP malzeme içine katılan bileşenlerin akışkanlık testine önemli bir etkisi vardır. Ancak bu etki farklı oranlar için incelendiğinde oransal bir artış veya azalış sonucuna ulaşamamaktadır.

PP'nin farklı oranlarda dahi olsa ABS karışımları, cam elyaf karışımları, ABS/cam elyaf karışımları kendi içlerinde benzer oranlar göstermektedir. Bu nedenle Şekil 8.1'de gösterilen grafik, saf PP, saf ABS, PP/AB, PP/cam elyaf, PP/ABS/cam elyaf karışımlarının ortalaması olarak belirtilmiştir. Örneğin PP/ABS karışımından elde edilen 3 değer aritmetik ortalaması alınarak Şekil 8.1'de tek değer olarak işlenmiştir.

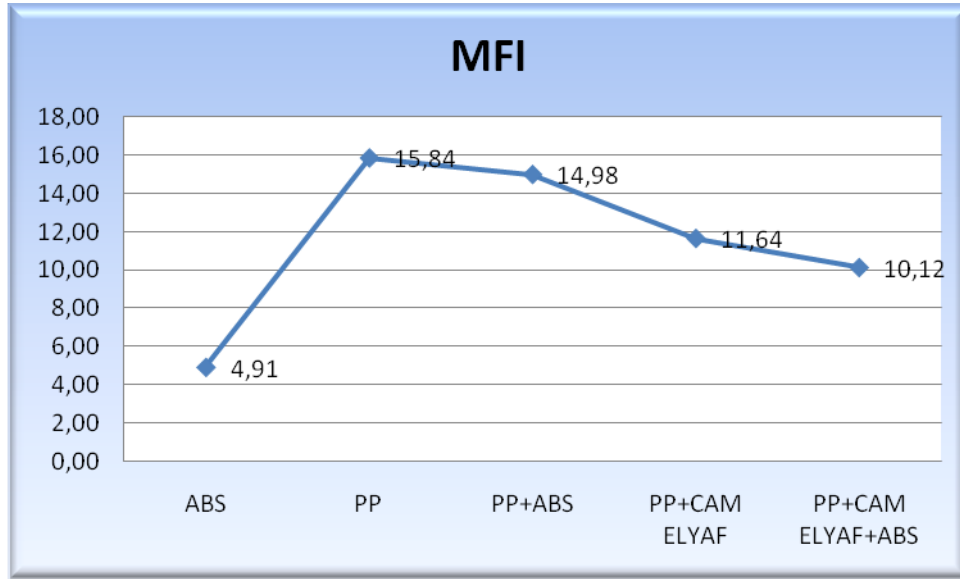
Şekil 8.1'de de görüldüğü üzere en yüksek akışkanlık PP'de en düşük akışkanlık ise ABS'de görülmektedir. Ancak akışkanlığa önemli derecede etkileyen malzemenin ise cam elyaf olduğu göze çarpmaktadır. PP ve ABS karışımında akışkanlık düşmekte, cam elyaf takviye edilmiş PP karışımında da önemli derecede akışkanlık azalmakta ancak 3 malzemenin kombinasyonunda minimum seviyenin yakalandığı görülmektedir. Zaten beklenen sonuç da budur. Zira PP içine cam elyaf takviyesinde malzeme akışı zorlanmakta, PP'den daha düşük akışkanlığa sahip ve daha yoğun ABS eklenmesinde ise daha da düşmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere cam elyaf yapı içinde iyi bir dağılım göstermiştir.

Malzemenin akışkanlığı arttıkça plastiğin kalıp içinde yürüme kolaylığı da artmaktadır. Bu sayede makine için uygulanan enjeksiyon basıncı da azalmaktadır. Böylece makinenin sağladığı kapama kuvveti de azalmaktadır.

Tablo 8.2. Plastik akışkanlık test sonuçları.

Yüzde (%) Malzeme Oranı	Erime Akış Hızı (g/10d)
% 100 PP	15.84
% 100 ABS	4.91
% 85 PP + %15 ABS	14.08
% 77.5 PP + % 22.5 ABS	15.52
% 70 PP + % 30 ABS	15.35
% 85 PP + % 15 Cam elyaf	11.89
% 77.5 PP + % 22.5 Cam elyaf	10.89
% 70 PP + % 30 Cam elyaf	12.14
% 85 PP + % 15 Cam elyaf + ABS	10.83
% 77.5 PP + % 22.5 Cam elyaf + ABS	9.70
% 70 PP + %30 Cam elyaf + ABS	9.84

Tablo 8.2'ye baktığımızda PP içerisine % 30 ABS kattığımızda % 3.1, % 30 cam elyaf kattığımızda % 23.4, % 30 cam elyaf ve 225 g ABS kattığımızda % 37.89 oranında MFI'de azalış göstermektedir.



Şekil 8.1. Plastik akışkanlık test sonuçları.

8.3.2. Eğme Testi

Tablo 8.3'den de görüldüğü üzere PP malzemenin yük, maksimum gerilme ve eğme elastiklik modül değerleri ABS malzemeninkinden azdır. Bu durum kristalin yapıya yakın olan PP içindeki Sferulit'lerin etrafında oluşan gerilmeler, boşluklar ve hatalardan kaynaklanmaktadır ve dallanmış molekül yapısı nedeni ile yoğunluğu da daha düşüktür. Amorf yapıdaki ABS'de ise gelişigüzel molekül dağılımı olmasına rağmen daha yoğundur ve kuvvet uygulanan noktaya doğru uzayan molekül yapısı vardır. PP malzeme içine Tablo 8.3'de belirtilen oranlarda katılan ABS ve Cam elyaf'ın sebep olduğu değişimler görülmektedir.

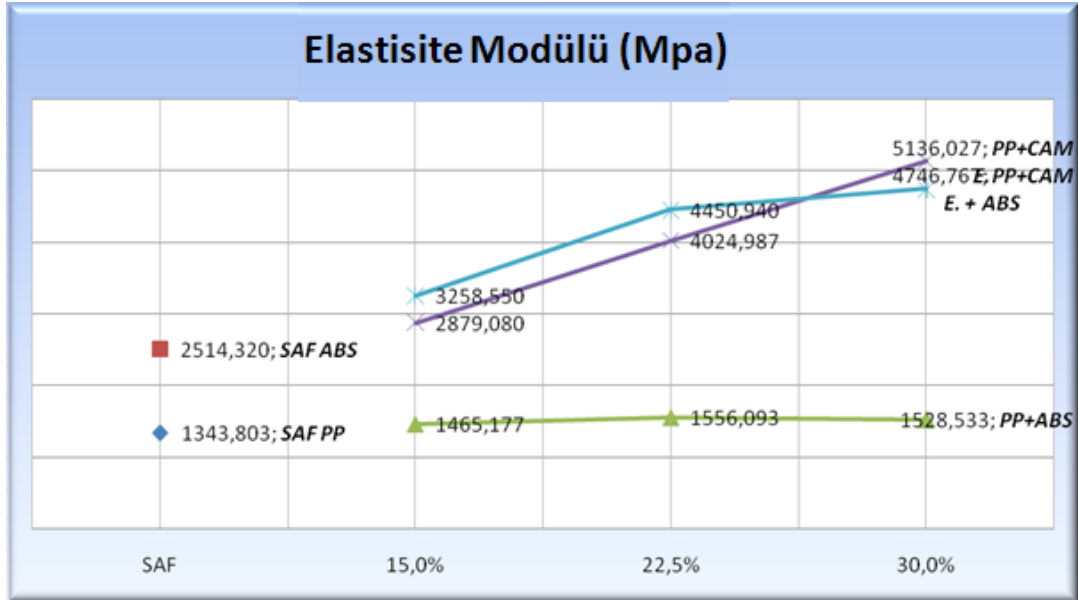
Tablo 8.3. Eğme testi sonuçları.

Yüzde (%) Malzeme Oranı	Maks. Yük(N)	Maks. Gerilme (Mpa)	Eğme Elastiklik Modülü (Mpa)
%100 PP	82.637	46.483	1343.803
%100 ABS	144.203	81.113	2514.320
%85PP + %15 ABS	87.427	49.177	1465.177
%77.5PP + %22.5 ABS	92.000	51.750	1556.093
%70 PP + %30 ABS	90.950	51.160	1528.533
%85PP + %15 Cam elyaf	155.227	87.313	2879.080
%77.5PP + %22.5 Cam elyaf	200.340	112.693	4024.987
%70PP + %30 Cam elyaf	232.313	130.677	5136.027
%85PP + %15 Cam elyaf + ABS	148.757	83.673	3258.550
%77.5PP + %22.5 Cam elyaf + ABS	184.773	103.937	4450.940
%70PP + %30 Cam elyaf + ABS	196.303	110.423	4746.767

Tablo 8.3'deki belirtilen değişimlere göre PP içerisine % 30 oranında ABS eklendiğinde % 13.74, % 30 oranında cam elyaf eklendiğinde % 282.8, % 30 oranında cam elyaf ve 225g ABS eklendiğinde ise % 253.2 kadar iyileşme sağlanmıştır.

Şekil 8.2'de görülen eğilme elastiklik modüllerinde, saf PP içerisine belli oranlarda katılan ABS ve cam elyafı etkileri açıkça ortaya konmaktadır. %22.5'lik orana kadar ABS eklenmesi mekanik özelliklerde iyileştirme yaparken, %30'luk oranda bu durum değişmektedir. Çünkü mekanik özellikler açısından daha yoğun olan ABS ilk karışımda olumlu etkiye sahiptir ancak amorf yapısı kısmi kristalin yapıdaki PP ana malzemede molekül yapısını gelişigüzel dağılıma zorlamaktadır. PP malzemeye cam elyaf eklenmesi ise beklendiği gibi oransal bir eğilimde artış olarak belirmektedir. Ancak PP+%15 cam elyaf karışımının mekanik özellikler üzerine marjinal bir artışa sebep olmadığı bunun yanında PP+%22.5 cam elyaf ve PP+%30 cam elyaf oranlarının çok iyi sonuçlar verdiği görülüyor. %20'den daha fazla SGF içeren hibritlerde elyafların çekimi ve bağlanma mekanizmalarının baskın olduğu da

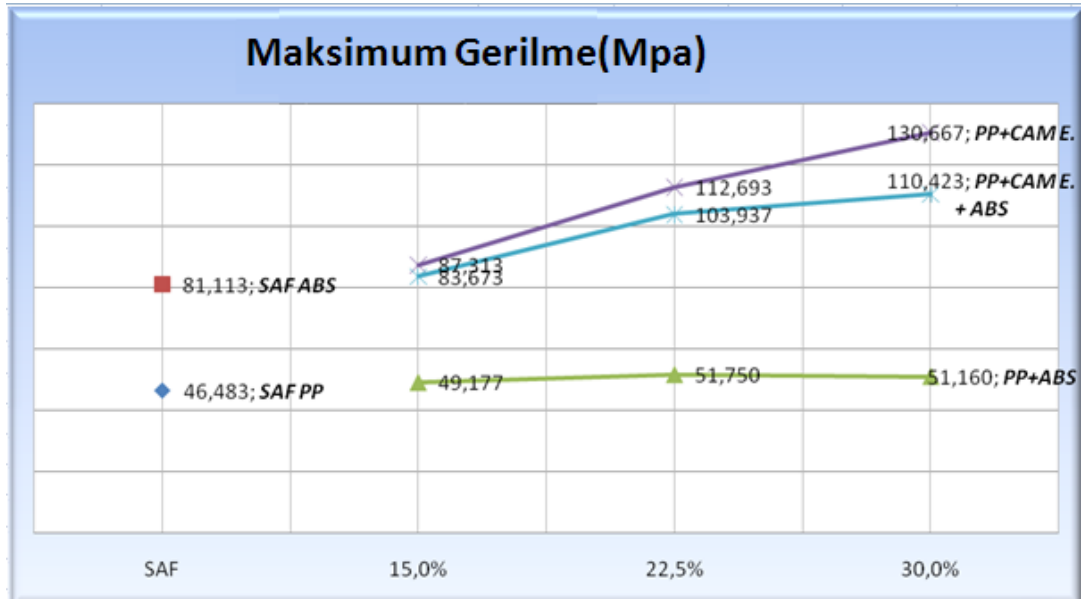
anlaşılmaktadır. [Tjong et al,2002]. Bu durum cam elyaf oranı arttıkça kısmi kristalin yapıdaki PP içine dağılımın da daha iyi sağlandığı ile açıklanabilir.



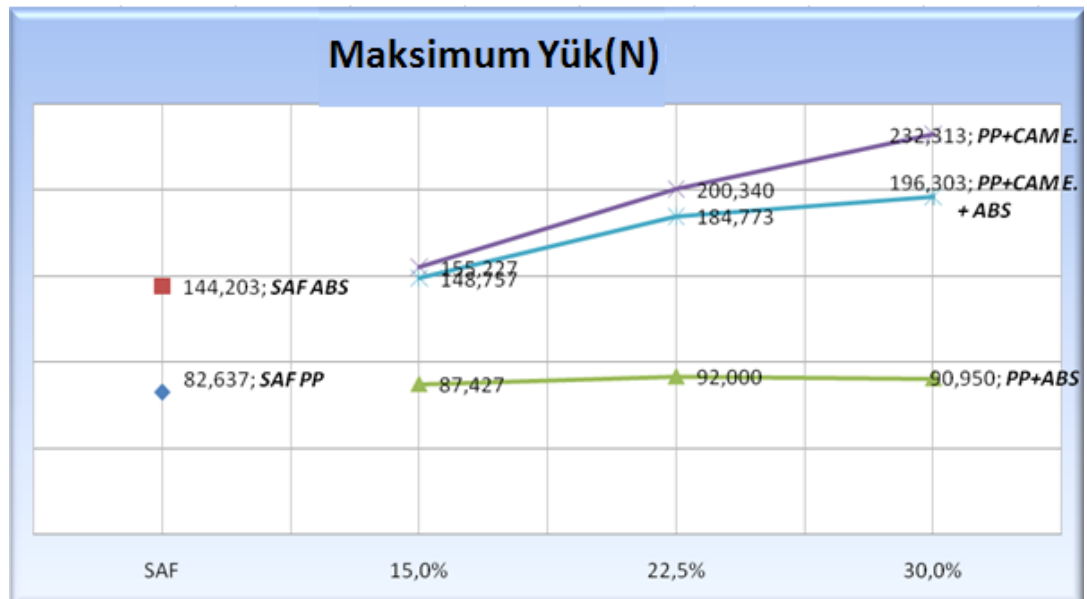
Şekil 8.2. Eğilme elastiklik modülü.

PP malzemeye göre mekanik özellikler ve dayanım açısından daha büyük değerlere sahip ABS'nin tek başına PP malzemede iyileşmeye sebep olduğu belirlenmiştir. Ancak PP+cam elyaf içine ABS eklendiğinde meydana gelen olumsuz durum Şekil 8.3 ve Şekil 8.4'de açıkça ortaya konmaktadır. Amorf yapıdaki ABS'nin gelişigüzel molekül dağılımının ve bağ yapısının, cam elyaf liflerinin lineer dağılımını engellediğini ortaya koymaktadır. Uygulanan maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri tüm oranlar için daha düşük olmuştur. Bu değerlerden anlaşılan PP malzeme içine ABS katılması ile maksimum yük ve maksimum gerilme açısından %12'lik bir iyileşme görülmektedir. Ancak bu iyileşme %22.5 oranında katılma ile sağlanmaktadır. Bu oran %30'a çıktığında aksi yönde bir değişim gözlenmektedir. Bu değişim ise amorf yapının PP malzeme içindeki lineer yapıyı olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Cam elyaf ile kuvvetlendirilmiş malzeme içine ABS katılması beklenen aksine maksimum yük, maksimum gerilme ve elastik modül açısından düşük artış değerleri elde edilmesine sebep olmuştur. Yani cam elyaf katkılı malzeme içine ABS katmak %22.5 oranından sonra mekanik özelliklerde olumsuzluğa neden olmaktadır.



Şekil 8.3. Eğilme maksimum gerilme eğrisi.



Şekil 8.4. Eğilme maksimum yük eğrisi.

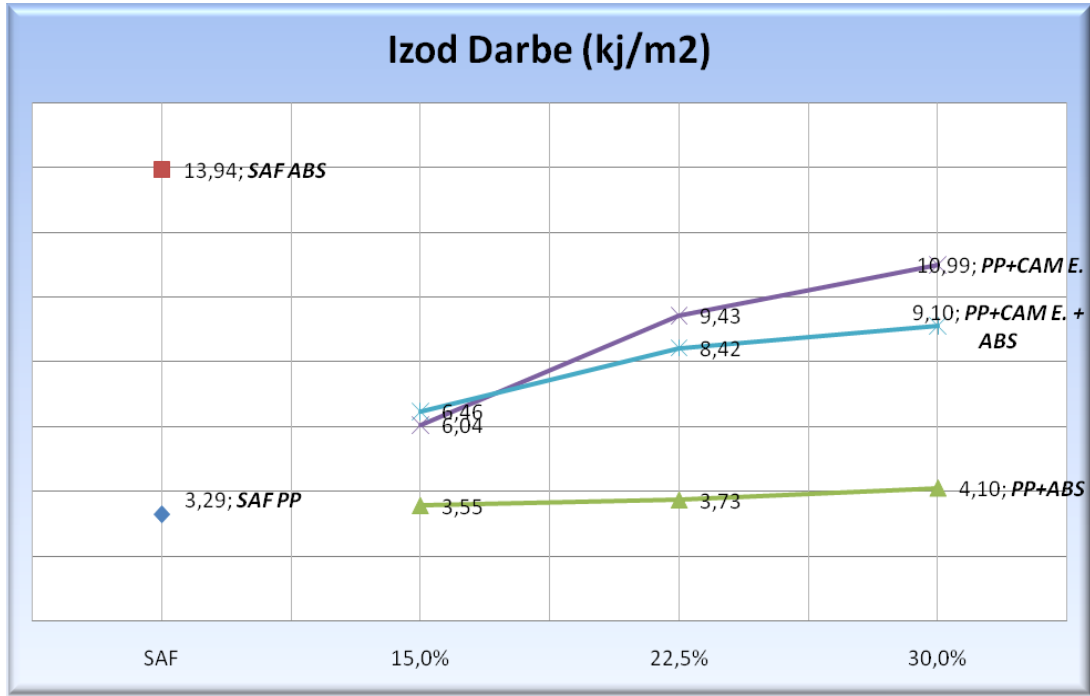
8.3.3. İzod Darbe Testi

Tablo 8.4'den görüldüğü üzere PP en düşük darbe mukavemetine sahip malzemedir. Böylece sönümleme enerjisinin azlığı ortaya çıkmaktadır. Bu ise piyasada genel eğilim olarak katkılı kullanıma sebebini açıklamaktadır. ABS'nin ise sönümleme enerjisinin büyüklüğü göze çarpmaktadır.

Tablo 8.4. İzod darbe testi sonuçları.

Yüzde (%) Malzeme Oranı	Izod Darbe (kJ/m ²)
%100 PP	3.29
%100 ABS	13.94
%85 PP + %15 ABS	3.55
%77.5 PP + % 22.5 ABS	3.73
%70 PP + % 30 ABS	4.10
%85 PP + %15 Cam elyaf	6.04
%77.5 PP + % 22.5 Cam elyaf	9.43
%70 PP + % 30 Cam elyaf	10.99
%85 PP + %15 Cam elyaf + ABS	6.46
%77.5 PP + %22.5 Cam elyaf + ABS	8.42
%70 PP + % 30 Cam elyaf + ABS	9.10

ABS'nin darbe sönümlenme enerjisi PP'den 4 kat fazla olmasına rağmen, PP/ABS karışımında; % 30 oranında dahi çok ciddi bir artış sağlanamamıştır. Bu oran % 26.4'de kalmıştır. Ancak % 30 cam elyaf eklenmesinde oran % 234.04'e, 3'lü karışımında ise 176.6'ya çıkmıştır. Değerlerden de anlaşılacağı üzere cam elyafın ABS'ye göre etkisi çok daha fazladır.



Şekil 8.5. Izod darbe test grafiği.

Şekil 8.5'den de görüldüğü üzere PP içine ABS katılması ile artan bir eğilim ortaya çıkmaktadır. Ancak bu artışın büyük değişimlere yol açmadığı da aşikârdır. PP içine artan bir şekilde kütleli olarak karıştırılan cam elyafın darbe dayanımını arttırdığı gözükmemektedir. Aynı olay PP+Cam elyaf karışımına ABS eklenmesinde de görülmektedir. Ancak 3'lü karışımın 2'li PP+Cam elyaf etkisinden daha az etkiye sahip olduğu da anlaşılmaktadır.

8.3.4. Çekme Testi

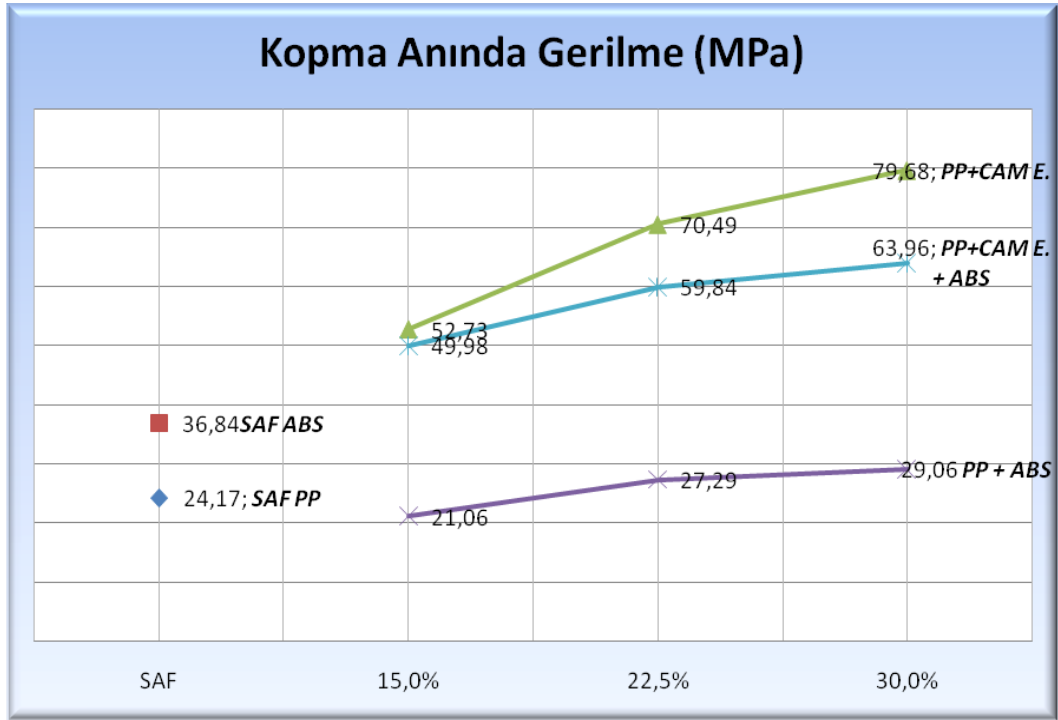
Tablo 8.5'de çekme test sonuçları gözükmemektedir. Sonuçları incelediğimiz zaman saf PP ve ABS katkılı PP malzemelerde sünek bir davranış göze çarpmaktadır. Ancak malzeme içine cam elyafı katıldığı zaman gevrek davranışlar oluşmaktadır. Ayrıca bu malzemeler maksimum çekme kuvvetinde kopma göstermektedirler. Bu gevrek yapı cam elyaf'ın lifler boyunca çekme yönünde kuvvet arttırdığını ortaya koymaktadır. Ancak cam elyaf liflerinin sünek yapıyı ortadan kaldırıp lif uçlarında çentik etkisi yaptığı da görülmektedir [www.camelyaf.com]. Bu yüzden malzeme içine koyulan cam elyaf lif boyunun dayanıma olumlu etkisi belirtilmektedir.

Diğer mekanik testleri destekler bir eğilim gösteren çekme testinden de anlaşılacağı üzere; belli oranlarda PP malzeme içine katılan ABS; mekanik özelliklerde belli oranda iyileşmeye sebep olmuştur. Böylece yaklaşık olarak %60 oranda kısmi kristalin yapıdaki PP ana malzemesinin daha yoğun ve amorf yapıdaki ABS katılması ile mukavemette iyileştirme sağlamıştır. Bu iyileşme ABS'nin daha yoğun olmasına bağlanabilir. Yani PP iç yapısında lifler dallanmış yapıda olabilir. Ayrıca ABS, PP'nin toplamda ortalama % 25 uzama gösteren sünek yapısını daraltarak toplamda uzama miktarını % 17 mertebelerine düşürmüştür. Böylece gelişigüzel molekül dağılımına sahip ABS'nin kısmi kristalin PP yapısının lineerliğini azalttığı görülmektedir. Bu durum bazı açılardan olumlu-olumsuz olabilir. Örneğin PP içine ABS katılarak daha kaygan, parlak, rijit bir yapı elde edilmiştir. Ancak malzemede şekil değiştirebilme kabiliyeti azalmıştır.

Tablo 8.5'de çekme testi sonuçları görülmektedir. Bu şekilde maksimum kuvvet, maksimum kuvvette uzama, kopma kuvveti, kopma anında uzama, kopma anında gerilme, çekme elastiklik modülü ve yüzde kopma uzama değerleri ortaya konmuştur.

Tablo 8.5. Çekme testi sonuçları

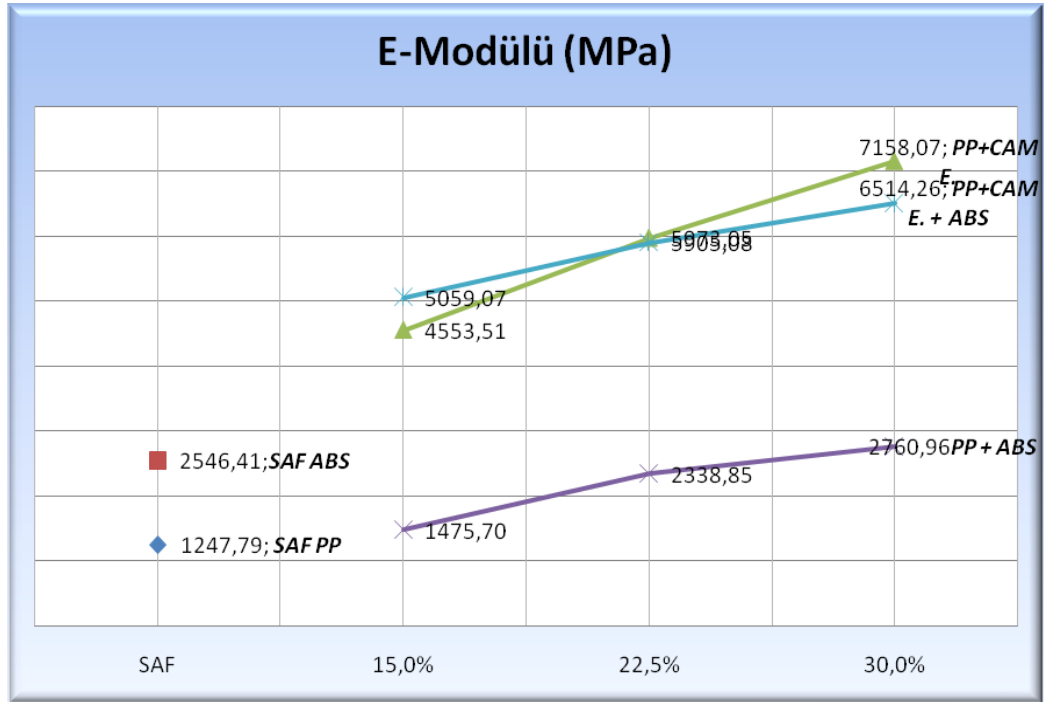
	Maksimum Kuvvet (N)	Maksimum Kuvvette Uzaman (mm)	Kopma Kuvveti (N)	Kopma Anında Uzama (mm)	Kopma Gerilme (Mpa)	E-Modülü (Mpa)	Toplam Yüzde Uzama (%)
% 100 PP	1202.28	15.10	966.93	20.20	24.17	1247.79	25.30
% 100 ABS	1878.28	9.30	1473.60	14.03	36.84	2546.41	17.53
% 85 PP + %15 ABS	1203.26	9.65	842.38	18.60	21.06	1475.70	23.30
% 77.5 PP + % 22.5 ABS	1221.24	9.87	1091.80	12.27	27.29	2338.85	15.33
% 70 PP + % 30 ABS	1210.13	8.93	1162.40	9.80	29.06	2760.96	12.23
% 85 PP + % 15 Cam elyaf	2124.75	10.43	2109.06	10.67	52.73	4553.51	13.37
% 77.5 PP + % 22.5 Cam elyaf	2819.71	11.07	2819.71	11.07	70.49	5973.05	13.83
% 70 PP + % 30 Cam elyaf	3187.13	9.90	3187.13	9.90	79.68	7158.07	12.40
% 85 PP + % 15 Cam elyaf + ABS	2001.84	8.80	1999.23	8.90	49.98	5059.07	11.17
% 77.5 PP + % 22.5 Cam elyaf + ABS	2393.78	9.00	2393.78	9.00	59.84	5905.08	11.30
% 70 PP + %30 Cam elyaf + ABS	2558.20	8.77	2558.20	8.77	63.96	6514.26	10.97



Şekil 8.6. Çekme test grafiği (Kopma anında gerilme).

Şekil 8.6'deki "Kopma anında gerilme" grafiğini incelediğimizde saf PP içine %15 oranında ABS kattığımızda gerilme dayanımını düşürmektedir. %22.5 ve %30 oranlarında ilave edildiğinde ise iyileşme görülmüştür. Ancak azalan bir eğilim olduğu göze çarpmaktadır. PP içine cam elyaf katıldığında beklendiği gibi yüksek oranda bir iyileşme meydana gelmiştir. Mekanik özelliklerde görece daha az iyileşme görülen PP/cam elyaf/ABS 3'lü karışımın da dayanımı artmaktadır. Ancak toplam dayanımda düşük bir eğilim göstermektedir.

Şekil 8.7'deki E-Modül grafiğine baktığımızda saf PP içine ABS katıldığında ortalama % 75 iyileşmeye görülmüştür. Ancak dayanılan maksimum yükte belirgin bir değişiklik oluşmamıştır. Cam elyaf eklenmesinde ise ortalama % 370 civarı artış oluşmuştur. Burada PP+ABS+Cam elyaf 3'lü kombinasyonunda ortalama % 366'lık artış ile PP+cam elyaf eğilimine benzer değer görülmüştür. Bu durum Patel'in yaptığı çalışmada olduğu gibi homojenize bir dağılımı işaret etmektedir. Ancak malzeme oranı arttıkça bu eğilim azalarak artan bir konum almıştır.



Şekil 8.7. Çekme test grafiği (E-Modülü).

%30 sütununa bakıldığında en yüksek artan eğilimdeki E-Modül PP+cam elyaf karışımından elde edilmiştir. Tjong ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da 20%'den daha fazla SGF içeren hibritlerde elyafların çekimi ve bağlanma mekanizmaları baskın olduğu görüşü bu şekilde de doğrulanmaktadır.

9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Genel olarak sonuçları irdelediğimiz zaman aşağıda yer alan Tablo 9.1'deki veriler elde edilmiştir. PP ana malzemesinin cam elyaf, ABS ve cam elyaf + ABS ile bileşikleri elde edildiğinde, mekanik dayanım açısından en iyi iyileşmeyi %70 PP + %30 cam elyaf oranı sağlamıştır. Böylece %30 Cam elyaf takviyesinin diğer oranlardan çok daha başarılı sonuç verdiğini görüyoruz. PP malzemenin ABS ile bileşiminde de yadsınamayacak bir iyileşme olduğu görülüyor.

PP/ABS bileşik malzemesi bir miktar dayanım arttırmakta ve daha az çapak oluşturmaktadır. Bu nedenlerle görünüş, enerji sönümlene kabiliyeti, yüzey parlaklığı konularında iyi sonuç verdiğini söyleyebiliriz. PP/cam elyaf/ABS 3'lü bileşiminde ise PP/cam elyaf karışımına göre ara değerler veya daha kötü sonuçlar vermesi nedeni ile tavsiye edilmemektedir. Ancak bu durumun kullanım yeri ve ihtiyaca göre de değişeceği unutulmamalıdır.

Tablo 9.1 Deney sonuçları karşılaştırma tablosu

Yüzde (%) Malzeme Oranı	Izod Darbe (kJ/m ²)	Eğme Elastiklik Modülü (Mpa)	Erime Akış Hızı (g/10d)	Çekme Elastiklik Modülü (Mpa)	Eğme Maks. Yük(N)	Çekme Maks. Yük(N)
%100 PP	3.29	1343.80	15.84	1247.79	82.637	1202.28
%100 ABS	13.94	2514.32	4.91	2546.41	144.203	1878.28
%85 PP + %15 ABS	3.55	1465.18	14.08	1475.70	87.427	1203.26
%77.5 PP + %22.5 ABS	3.73	1556.09	15.52	2338.85	92.000	1221.24
%70 PP + %30 ABS	4.10	1528.53	15.35	2760.96	90.950	1210.13
%85 PP + %15 Cam elyaf	6.04	2879.08	11.89	4553.51	155.227	2124.75
%77.5 PP + %22.5 Cam elyaf	9.43	4024.99	10.89	5973.05	200.340	2819.71
%70 PP + %30 Cam elyaf	10.99	5136.03	12.14	7158.07	232.313	3187.13
%85 PP + %15 Cam elyaf + ABS	6.46	3258.55	10.83	5059.07	148.757	2001.84
%77.5 PP + %22.5 Cam elyaf + ABS	8.42	4450.94	9.70	5905.08	184.773	2393.78
%70 PP + %30 Cam elyaf + ABS	9.10	4746.77	9.84	6514.26	196.303	2555.20

% 30 oranı için PP/cam elyaf bileşiğine baktığımızda, % 230 darbe dayanımı, % 280 eğme elastiklik modülü, % 470 çekme elastiklik modülü, % 180 eğme maksimum yük, % 165 oranında ise çekme maksimum yükte iyileştirme sağlamıştır. Ancak erime akış hızında ise % 23'lük bir düşüşe sebep olmuştur. PP/cam elyaf karışım içine ABS de eklenmesinde ise mekaniksel olarak nispeten düşük değerler elde edilmektedir.

PP malzeme içine katılan cam elyafın dayanım açısından mekanik özelliklerde yaptığı iyileşmeler çok yüksektir. Ancak bu durum beraberinde kırılabilirliği getirmektedir. Malzemede sünme olayı ortadan kalkmaktadır. PP içine ABS katılması ile sünek yapı daha az sünek bir duruma gelmiş, mekanik özelliklerde bir miktar artışa sebep olmuştur. Ayrıca malzemede düzgün ve kaygan bir yüzey oluşturmuştur. Absorb ettiği enerji miktarını arttırmıştır. PP malzemeye her durumda iyileşme sağlayan destekleyici bir durum görülmüştür. Diğer yandan karışım

malzemede darbe sönümlenme enerjisini de arttırmıştır. Böylece otomobil çarpması gibi olaylarda darbe enerjisini sönümlenmede önemli görev üstlenebilmektedir. Cam elyaf karışımı ile çok yüksek dayanımlar elde edildiği için sanayide birçok alan için kullanılması normal görülmektedir.

Bu çalışma ışığında;


- Aynı oranlar için elektrik iletkenliğinde oluşan değişimler gözlemlenebilir.
- Isı ve sıcaklıktan etkilenme oranları irdelenebilir.
- Yüzey pürüzlülüğü incelenebilir.
- Kesit alınmak sureti ile mikroskop eşliğinde yapısal değişimler incelenebilir.
- Korozyon dayanımı ve işlenebilirlik durumuna bakılabilir.
- Alevlenme derecelerine bakılarak uygun kullanım alanları bu açıdan da değerlendirilebilir.

Bu şekilde verilerin yorumlanmasına katkı sağlanacaktır.

Ek-1 PP Test Malzemesi

PP malzeme Petkim A.Ş. tarafından tez çalışmasına destek için verilmiştir.

Tablo 10.1. Polipropilen ürün özelliği.

		UR.17-SD-U1732.0	
KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ		REVİZYON NO	SAY FA
PETKİM PETROKİMYA HOLDİNG A.Ş. GENEL MÜDÜRLÜĞÜ		6	1/1
EH 102 POLİPROPİLEN ÜRÜN ÖZELLİĞİ			
TİCARİ İSMİ	: PETOPL EN EH : 102		
ÜRÜN GARANTİ DEĞERLERİ	:		
DENEY ADI	BİRİM İ	DEĞE Rİ	METO DU
Erime Akış Hızı (MFR) (2160 g, 230°C)	g/10d	9.0 - 13.0	ASTM D- 1238
Kirlilik, 100 g	ad	Max. 10	TM- 113
TİPİK DEĞERLER	:		
Gerilme Dayanımı			
- Akma Noktasında	kg/cm ²	355	ASTM D- 638
Renk B 10 D 65	-	1.6	Hunter Lab. CQ
ÜRÜN ŞEKLİ	: Pellet		

AMBALAJ ŞEKLİ	25 kg'lık FFS (Form Fill Seal) beyaz renkli : PE torbalarda
	veya 1400 kg'lık big- bag'lerde.
DEPOLAMA ŞARTLARI	Güneş görmeyen kapalı ve : kuru yerlerde.
KULLANIM SAHALARI	Yüksek hızda enjeksiyon kalıplamaya : uygundur. (Şişe
	kapağı, yemek ve piknik takımları, kalem gövdesi, oyuncak,
	mutfak ve banyo malzemeleri vs.)
GÜVENLİK BİLGİ FORMU NO	: UR.17-BF-00015
NOT : Tipik Değerler ; Petkim Laboratuvarlarında yapılan analizlerin ortalama değerleri olup	
sadece bilgi içindir. Ürün garanti değerleri değildir.	
Bu ürün, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'ndan alınan 21.02.2007 tarih ve 35-00186-0006-7 sayılı	
"Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemelere Ait Üretim İzni Belgesi"'ne haizdir.	

Ek-2 ABS Test Malzemesi

ABS test malzemesinin özellikleri aşağıdaki tabloda yer alan PA-757 kod'lu sütunda yer almaktadır.

Tablo 10.2. ABS ürün özelliği.

CHI MEI CORPORATION

59-1 SAN CHIA, JEN TE, TAINAN COUNTY, TAIWAN TEL: 886-6-266-5000, FAX: 886-6-266-5555~7

General Purpose ABS, POLYLAC® Characteristics

April 27, 2006 VW

Properties	ISO	DIN	Test Condition	Unit	PA-707	PA-757	PA-717C	PA-727	PA-726	PA-747	PA-709	
MVI	1133	-	220• •40kg	ml/10min	23	22	14	19	21	13	5	
Vicat Softening Temp.	306	53460	50• #hr:1kg	• •	104	104	103	102	103	101	103	
			50• #hr:5kg	• •	100	100	98	96	94	92	94	
			120• #hr:1kg	• •	106	105	105	105	103	103	103	104
			120• #hr:5kg	• •	102	101	99	98	96	94	94	95
H.D.T / A	75	53461	1.8 MPa, unanneal	• •	88	88	87	87	87	86	88	
			1.8 MPa, anneal	• •	98	98	97	98	96	96	98	
Izod Impact Strength	180/1A	-	Notched	KJ/m ²	11	14	21	21	24	29	31	
	180/1C	-	Unnotched	KJ/m ²	90	NB	NB	NB	NB	NB	NB	
Charpy Impact	179		Notched	KJ/m ²	11	15	22	23	26	30	32	
			Unnotched	KJ/m ²	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	
Impact Flexual Test	179/2C	53453	Notched	KJ/m ²	9	11	14	18	18	20	21	
	179/2D	53453	Unnotched	KJ/m ²	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	
Tensile Strength	527	53455	50mm/min, yield	MPa	56	54	49	52	44	39	40	
			50mm/min, break	MPa	38	37	35	37	35	31	32	
Tensile Elongation	527	53455	50 mm/min	%	20	20	20	15	40	45	55	
Flexural Strength	178	53452	2 mm/min	MPa	79	76	69	73	64	58	58	
Flexural Modulus	178	53452	2 mm/min	GPa	2.3	2.2	1.9	2.1	2.1	1.8	1.8	
Ball Indentation Hardness	2039-1	53456	H358/30		115	110	97	103	99	88	86	
Flammability	-	-	-	UL-94	1/16"HB	1/16"HB	1/16"HB	1/16"HB	1/16"HB	1/16"HB	1/16"HB	
Mass Density	1183	53479-A	23• •	-	1.06	1.05	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03	

The data are intended as a general guide only and do not necessarily represent results that may be obtained elsewhere.

For further information, please contact your local agent or fax to Chi Mei Technical Services Dept. at 886-6-2665555.

Ek-3 %30 Cam Elyaf Katkılı PP Malzemesi

Cam Elyaf Katkılı PP malzemesinin teknik verileri Tablo 9.3 ve Tablo 9.4'de görülmektedir.

Tablo 10.3. %30 Cam Elyaf katkılı PP malzemenin teknik verileri-1.

Property	Test Method	Units	Value
Melt Flow Index	ASTM D - 1238-90b (230°C/2.16kg)	gr/10 min	6
Density	ASTM D - 792-91	gr/ cm ³	1.13
Tensile at Break	ASTM D - 638-91 (50 mm/min)	MPa	85
Elongation at break	ASTM D - 638-91 (50 mm/min)	%	4
Izod Impact (notched)	ASTM D - 256-93a	J/m	100
Flexural Modulus	ASTM D - 790-92	MPa	6000



TECHNICAL PRODUCT INFORMATION

Product: Glass Fiber Reinforced Polypropylene
Catalog Number: GF1436HP
Product Description: Polypropylene reinforced with 30% glass fibers chemically coupled. Increases temperature resistance, stiffness, Impact and scratch resistance.


Product Properties

Property	Test Method	Units	Value
Melt Flow Index	ASTM D - 1238-90b (230°C/2.16kg)	gr/10 min	6
Density	ASTM D - 792-91	gr/ cm ³	1.13
Tensile at Break	ASTM D - 638-91 (50 mm/min)	MPa	85
Elongation at break	ASTM D - 638-91 (50 mm/min)	%	4
Izod Impact (notched)	ASTM D - 256-93a	J/m	100
Flexural Modulus	ASTM D - 790-92	MPa	6000


Applications: Glass fibers reinforced polypropylene compound. Specially designed for injected parts. Provides good mechanical properties

Storage: It is recommended to store the material in a cool and protected place.

Tablo 10.4. %30 Cam Elyaf katkılı PP malzemenin teknik verileri-2.

	MATERIAL SAFETY DATA SHEETS (MSDS)				
	Revised: September 15, 2008				
1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION					
Product Description:	GLASS FIBER REINFORCED POLYPROPYLENE	Catalog Number:	GF 1436 HP		
Use: Glass fibers reinforced polypropylene compound, specially designed for injected parts.					
Company Identification:		Telephone: 972-4-6420419			
Tosaf Compounds Ltd.		Fax : 972-4-6420423			
Elon Tavor Industrial Zone,		Emergency telephone: 972-545-663320 / 1			
P.O.B. 2633,		E-mail: tosafcom@tosaf.com			
Afula, 18126, ISRAEL					
2. HAZARDS IDENTIFICATION					
This preparation is not classified as dangerous according to Directive 1999/45/EC.					
3. COMPOSITION AND INFORMATION ON INGREDIENTS					
<u>Hazardous ingredients</u>	<u>Chemical Formula</u>	<u>CAS No</u>	<u>% (range)</u>	<u>R-phases</u>	<u>Symbol</u>
No hazardous ingredients					
4. FIRST AID MEASURES					
In case of swallowing/ingestion:	Symptomatic treatment. Seek medical attention				
In case of inhalation:	Negligible hazard at ambient temperature.				
In case of contact with eyes:	This product is inert solid. Remove as one would be any foreign object.				
In case of contact with skin:	For hot product flush with large amount of water, don't remove hot material from skin.				
Further information:	If involved in a fire use breathing apparatus.				


Tablo 10.4. %30 Cam Elyaf katkı PP malzemenin teknik verileri-2(devamı).

 MATERIAL SAFETY DATA SHEETS (MSDS)	
5. FIRE FIGHTING MEASURES	
Suitable extinguishing media:	Water mist, foam, CO ₂ , dry agent.
Unsuitable extinguishing media:	Full jet of water.
Exposure hazards:	Extinguishing water should not come into canalization, waters and soil. See Section 10.
Protection equipment for fire-fighters:	Chemical full protective clothes with independent oxygen apparatus.
6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES	
<u>Measures at unintentional release</u>	
Environmental precautions:	Take care when running on spilled material. Collect solid and place in a suitable container for disposal. Consult specialists when disposing regained material. Pay attention to the local and state laws. Inform water protection police, if product contacts water courses and/or canalization. If possible, bring liquid under control. Skim from the surface. Consult specialists when disposing regained material. Pay attention to the local and state laws.
Personal precautions:	
Technical protective measure:	The use of good ventilation and extraction system.
<u>Personal protective equipment</u>	
Eye Protection:	If an interaction can not be excluded, wear glasses with side protection.
Skin Protection:	If contact with hot material is possible, wear heat-resistant gloves, arm protection and face protection.
Respiration protection:	When handling with this product take care of good ventilation. Dust exhausting plants are recommended to reduce process emission close to the source. Should higher concentrates in breathing occur, meet technical precautions for exhaustion; if possible, look for an oxygen apparatus.
Hygiene measures:	When using the material, do not eat, drink or smoke. Wash hands and face when works ends or in breaks.


Tablo 10.4. %30 Cam Elyaf katkılı PP malzemenin teknik verileri-2(devamı).

		MATERIAL SAFETY DATA SHEETS (MSDS)	
7. HANDLING AND STORAGE			
Handling: Protect bags and containers from damage.			
Protection against fire and explosion			
Storage and transport temperature:	Ambient temperature		
Storage and transport pressure:	Atmospheric		
Danger at electrostatic charges:	Meet measures against electrostatic charges.		
Usual kind of dispatch:	Bags, octabins or drums.		
Storage: The storage time at a maximum room temperature of 25°C is 12 months.			
8. EXPOSURE CONTROLS AND PERSONAL PROTECTION			
Technical protective measure: The use of good ventilation and extraction system.			
Personal protective equipment			
Eye Protection:	If an interaction can not be excluded, wear glasses with side protection.		
Skin Protection:	If contact with hot material is possible, wear heat-resistant gloves, arm protection and face protection.		
Respiration protection:	When handling with this product take care of good ventilation. Dust exhausting plants are recommended to reduce process emission close to the source. Should higher concentrates in breathing occur, meet technical precautions for exhaustion; if possible, look for an oxygen apparatus.		
Hygiene measures:	When using the material, do not eat, drink or smoke. Wash hands and face when works ends or in breaks.		
9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES			
Physical form:	Solid pellets	Odour 20°C:	N.D.
Color:	Natural	Density at 20°C:	1.13 g/cm ³
Melting Point:	> 140 °C	Decomposition temperature:	Above 280 °C
Solubility in water:	Practically insoluble		

Tablo 10.4. %30 Cam Elyaf katkılı PP malzemenin teknik verileri-2(devamı)

 MATERIAL SAFETY DATA SHEETS (MSDS)	
10. STABILITY AND REACTIVITY	
Stability:	Stable under normal conditions
Conditions to avoid:	Temperature over 280 °C (can start thermal decomposition)
Substances to avoid:	Strong oxidizing agent, strong acids, and reducing agents
Hazardous decomposition products:	Carbon oxides, flammable hydrocarbons and small amount of organic vapors.
Hazardous reactions:	None under normal conditions.
11. TOXICOLOGICAL INFORMATION	
Toxicological tests Practice experiences – acute	
POLYMER	
Inhalation:	Low health risk at normal ambient temperatures (-18 to 38°C). At high temperatures vapors and/or aerosols may occur which irritate eyes and respiratory tract.
Skin contact:	Can cause skin irritation during prolonged contact
Eye contact:	Particles may cause conjunctivitis and/or mechanical irritations
Swallow up:	Very low toxic effect.
12. ECOLOGICAL INFORMATION	
Information about degradability: Non degradable, practically insoluble in water.	
13. DISPOSAL CONSIDERATIONS	
Dispose in a safe manner in accordance with local/national regulations.	
14. TRANSPORT INFORMATION	
ADR/RID:	Not classified as dangerous in the meaning of road transport regulations.
IMDG:	Not classified as dangerous in the meaning of sea transport regulations.
ICAO:	Not classified as dangerous in the meaning of air transport regulations.

Tablo 10.4. %30 Cam Elyaf katkılı PP malzemenin teknik verileri-2(devamı).

	MATERIAL SAFETY DATA SHEETS (MSDS)
15. REGULATORY INFORMATION	
Labeling according to EEC-Directives 67/548: The product does not require labeling.	
16. OTHER INFORMATION	
Not Determined.	

Ek-4 İzod Darbe ‘Çentikli darbe’ Test Cihazı Manueli

Şekil 10.1’de kullanılan çentikli darbe test cihazının manuel’i bulunmaktadır.



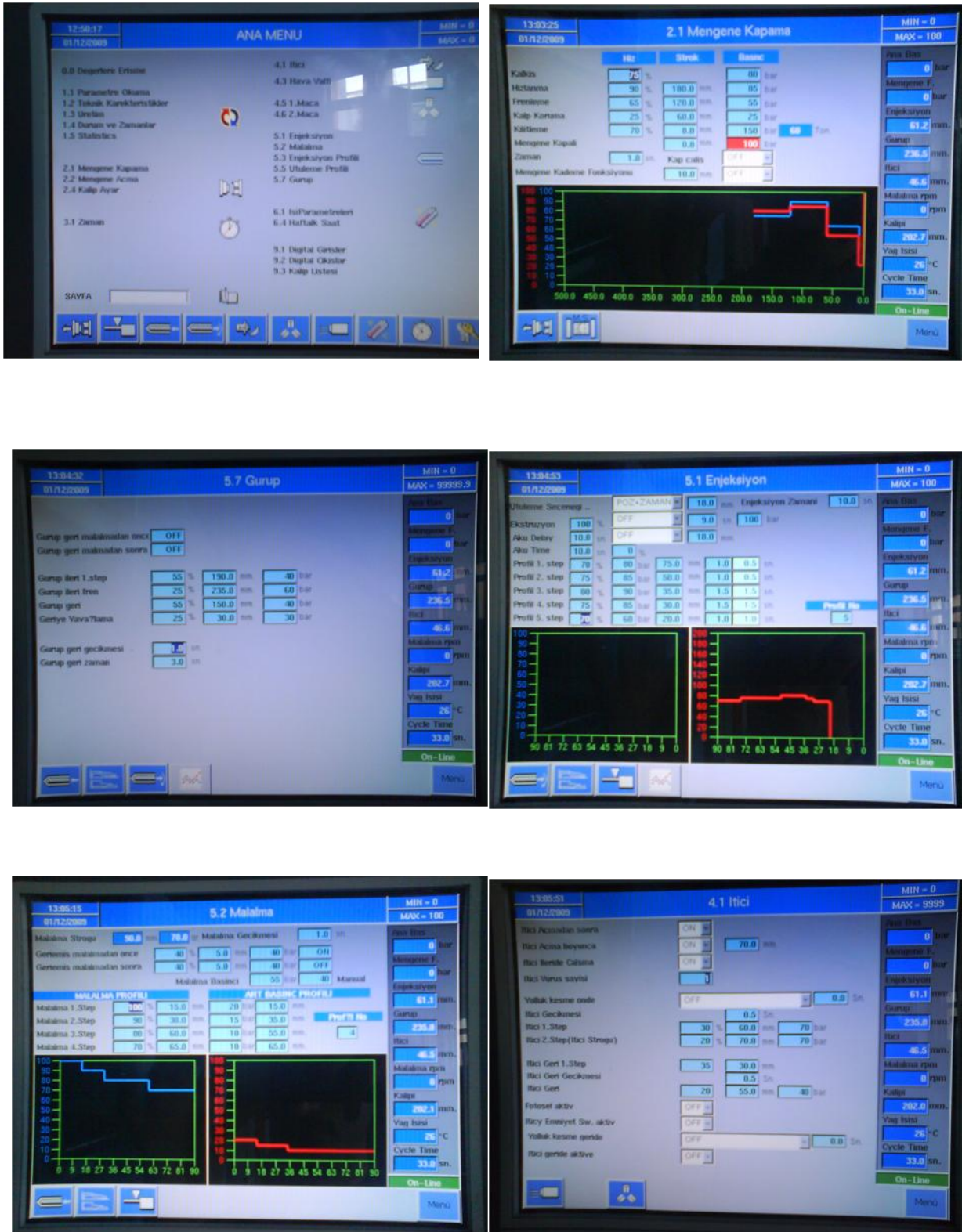
Şekil 10.1. İzod darbe ‘Çentikli darbe’ test cihazı manueli.

Ek-5 Plastik Akışkanlık Test Cihazı (Melt Flow Index) Manueli

Şekil 10.2’de kullanılan çentikli darbe test cihazının manuel’i bulunmaktadır.



Şekil 10.2. Plastik akışkanlık test cihazı (Melt Flow Index) Manueli.



Şekil 10.3. Enjeksiyon makinesi ekran sayfaları.



Şekil 10.3. Enjeksiyon makinesi ekran sayfaları (devamı).



Saf PP (%100 PP).



Saf ABS (%100 ABS).



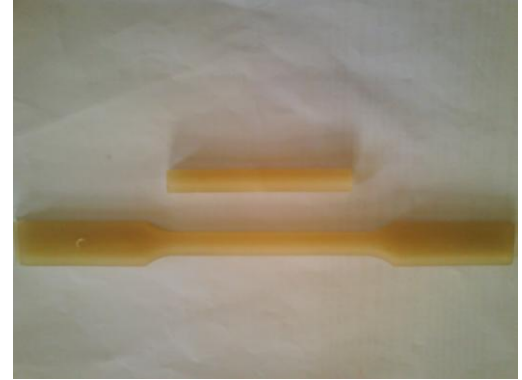
%85 PP+%15 Cam elyaf+225g ABS.



%77,5 PP+%22,5 Cam elyaf+225g ABS.



%70 PP+%30 Cam elyaf+225g ABS.



%85 PP+%15 Cam elyaf.

Şekil 10.4. Test numuneleri.



%77,5 PP+%22,5 Cam elyaf.



%70 PP+%30 Cam elyaf.



%85 PP+%15 ABS.



%77,5 PP+%22,5 ABS.



%70 PP+%30 ABS.

Şekil 10.4. Test numuneleri (devamı).

KAYNAKLAR

1. Foss, Peter H., 2004. Coupling of Flow Simulation and Structural Analysis for Glass-Filled Thermoplastics. *Polymer Composites* 25 (4), 343-354.
2. Dimla, D. E., Camilotto, M., Miani, F., 2005. Design and optimisation of conformal cooling channels in injection moulding tools. *Journal of Materials Processing Technology* 164-165, 1294-1300.
3. Tang, H., Kong, Y. M., Sapuan, S. M., Samin, R., Sulaiman, S., 2006. Design and thermal analysis of plastic injection moulds. *Journal of Materials Processing Technology* 171 (2), 259-267.
4. Kurtaran, H., Erzurumlu, T., 2006. Efficient warpage optimization of thin shell plastic parts using response surface methodology and genetic algorithm. *Int J Adv Manuf Technol* 27, 468-472
5. Wyzgoski, M. G., Krohn, J. A., Novak, G. E., 2004. Fatigue of glass fiber reinforced injection molded plastics. 2: Tensile versus flexural loading. *Polymer Composites* 25, 569-576.
6. Demirer, A., Çakırgil, E., Çoban, A., Duray, M., 2009. The effect of cooling system on part quality of PP and HDPE materials in injection molding process. *IATS'09*, 13-15.
7. Fu, S. Y., Mai, Y. W., Lauke, B., Yue, C. Y., 2001. Synergistic effect on the fracture toughness of hybrid short glass fiber and short carbon fiber reinforced polypropylene composites. *Materials Science and Engineering A323*, 326-335
8. Patel, A. C., Brahmabhatt, R. B., Sarawade, B. D., Devi, S., 2001. Morphological and Mechanical Properties of PP/ABS Blends Compatibilized with PP-g-acrylic Acid. *Journal of Applied Polymer Science* 81,1731-1741.
9. Hom S., Bhattacharyya, A. R., Khare, B. R., Kulkarni, A. R., Saroop, M., Biswas, A., 2009. PP/ABS blends with carbon black: Morphology and electrical properties. *Journal of Applied Polymer Science* 112, 998-1004.
10. Fu, S. Y., Lauke, B., Li, R. K. Y., Mai, Y. W., 2006. Effects of PA6,6/PP ratio on the mechanical properties of short glass fiber reinforced and rubber-toughened polyamide 6,6/polypropylene blends. *Science Direct, Elsevier, Composites* 37, 182-190.

11. Sung, Y. T., Kim, Y. S., Lee, Y. K., Kim, W. N., Lee, H. S., Sung J. Y., Yoon, H. G., 2007. Effects of Clay on the Morphology of Poly(acrylonitrilebutadiene-styrene) and Polypropylene Nanocomposites. Wiley InterScience, Society of Plastics Engineering.
12. Tjong, S. C., Xu, S. A., Mai, Y. W., 2003. Impact fracture roughness of short glass fiber-reinforced polyamide 6.6 hybrid composites containing elastomer particles using essential work of fracture concept. Materials Science and Engineering 347, 338-345.
13. Akkurt, S., 2007. Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı. Birsen Yayınevi.
14. Demirkaya, İ., 2007. Birleşik Kalıp Çelikleri. Edelstahlwerk Ossenbergl.
15. www.camelyaf.com.tr.
16. Çapan, L., 2003. Metallere plastik şekil verme. Çağlayan Kitapevi.
17. Michaeli W., 2003. Extrusion Dies for Plastics an Rubber, Hanser Publishers, München.
18. Kaluç, E., 2004. Plastik teknolojisi ders notları.
19. Güllü, A., Özdemir, E., Demir, H., 2001. Enjeksiyon parametrelerinin cam elyaf takviyeli polipropilen ve Naylon 6 (PA6) kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisinin araştırılması. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 51, 11-19.
20. Özbay, A., 2008. Alternatif kalıp malzemelerinin değişik parametrelerden elde edilmiş nihai ürünün mekanik özelliklerine etkilerinin araştırılması. GYTE, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
21. Tomori T., Melkote S., Kotnis M., 2002. Injection mold performance of machined ceramic filled epoxy tooling boards. Journal of Materials Processing Technology 51, 2077-2081.

ÖZGEÇMİŞ

Çetin BİTİRGİÇ 11.11.1984 yılında Kars'ta doğmuştur. İlk ve orta eğitimini İstanbul'da sırası ile Mili Eğitim Vakfı İlköğretim Okulu ve Turgut Reis İlköğretim Okulu'nda bitirmiştir. Lise öğrenimine Yabancı Dil Ağırlıklı Tuzla Lisesi'nde devam etmiştir. 2003 yılında Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'ne başlamıştır. 2004'de okulun tanıdığı hak ile çift anadaldan yararlanmış ve Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü de sürdürmüştür. 2007'de Makine Mühendisliği Bölümünden ve 2008'de Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2008'de yüksek lisans eğitimine başladığı Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda öğrenimine devam etmektedir. 2008'den beri çalıştığı Unifo Gıda A.Ş. firmasında Üretim Sorumlusu olarak görevini sürdürmektedir.