

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

**POLİVİNİLKORÜR VE POLİETİLEN ÇİFT
KATMANLI AMBALAJ MALZEMESİNİN
ÖZELLİKLERİNE TERMOFORM KALIPLAMA
PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ**

Cafer ALSAÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
METAL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Doç.Dr. Mustafa ÖKSÜZ**

İSTANBUL 2008

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

**POLİVİNİLKORÜR VE POLİETİLEN ÇİFT
KATMANLI AMBALAJ MALZEMESİNİN
ÖZELLİKLERİNE TERMOFORM KALIPLAMA
PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ**

**Cafer ALSAÇ
(141102220050002)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
METAL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Doç.Dr. Mustafa ÖKSÜZ**

İSTANBUL 2008

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL ve ONAY BELGESİ

Cafer ALSAÇ'ın Polivinilklorür Ve Polietilen Çift Katmanlı Ambalaj Malzemesinin Özelliklerine Termoform Kalıplama Parametrelerinin Etkileri başlıklı Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 14 / 07 / 2008 tarih ve B.30.2.MAR.0.C1.00.00.sek./ 2035 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Metal Eğitimi Anabilim Dalı Metal Programında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Danışman : (Doç.Dr.Mustafa ÖKSÜZ)(Marmara Üniversitesi)
1. Üye : (Prof.Dr. Hüseyin YILDIRIM) (Yıldız Teknik Üniversitesi).....
2. Üye : (Yrd.Doç.Dr.Halil DEMİRER)(Marmara Üniversitesi)

Tezin Savunulduğu Tarih : 04 / 09 / 2008

ONAY

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun..... tarih ve sayılı kararı ile Cafer ALSAÇ'ın Metal Eğitimi. Anabilim Dalı Metal Programında Y.Lisans (MSc.) derecesi alması onanmıştır.

Enstitüsü Müdürü
Prof.Dr. Sevil ÜNAL

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmaları sırasında bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren, saygıdeğer hocam Doç. Dr. Mustafa ÖKSÜZ'e,

Bizlerin yetişmesinde büyük emek ve katkıları bulunan saygıdeğer hocam Prof. Dr. A. İrfan YÜKLER'e

Yüksek lisans çalışmalarımın yapılmasında olanak sağlayan ve destek veren ve tecrübelerini esirgemeyen PAK- FORM firmasının çalışanlarına,

Deneysel çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan ve tecrübelerini esirgemeyen Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi çalışanlarına,

Beni yetiştirip, bu günlere gelmemde gösterdikleri her türlü özveri ve desteklerinden dolayı annem Cevahir ALSAÇ ve babam Haydar ALSAÇ'a

Son olarak benden manevi desteklerini esirgemeyen nişanlım Merzat KARADAŞ'a

SONSUZ TEŞEKKÜRLERİMİ SUNARIM...

Haziran, 2008

Cafer ALSAÇ

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
KISALTMALAR	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xviii
BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ	1
I.1. GİRİŞ	1
I.2. AMAÇ	2
BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER.....	3
II.1. PLASTİKLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	3
II.1.1. Termosetler	4
II.1.2. Termoplastikler	5
II.1.3. Zincir Yapılarının Geometrik Dizilişine Göre Polimerlerin Sınıflandırılması	7
II.1.3.1. Amorf Polimerler	7
II.1.3.2. Kristalin Yapılı Polimerler	8
II.1.4. Termoplastik Malzemeler	10
II.1.4.1. ABS ve SAN	10
II.1.4.2. Asetal	10
II.1.4.3. Akrilik	10
II.1.4.4. Selülozikler	10
II.1.4.5. Naylon (Poliamid)	11
II.1.4.6. Polistiren (PS)	11

II.1.4.7. Polikarbonat (PC)	11
II.1.4.8. Polietilen (PE)	12
II.1.4.9. Polipropilen (PP)	12
II.1.4.10. Polivinil klorür (PVC)	13
II.1.5. Polimerlerin Geri Dönüşüm Sembolleri	13
II.1.6. Levha İçin Kullanılan Plastik Malzemeler	14
II.1.7. Termoplastik Levha Ekstrüzyonu (Kalenderleme)	16
II.1.7.1. İşlem	16
II.1.8. Termoplastik Levhada Çekme	20
II.1.8.1. İşlem	20
II.2. PLASTİKLERİN ISIL ŞEKİLLENDİRME İLE	
KALIPLANMASI	20
II.2.1. Şekillendirme Yöntemleri	24
II.2.1.1. Dişi Kalıplar	24
II.2.1.2. Erkek Kalıplar	25
II.2.1.3. Karşılıklı (Eş) Kalıplar	27
II.2.1.4. Tamamen Eş (Karşılıklı) Kalıplar	28
II.2.1.5. Kısmen Eş (Karşılıklı) Kalıplar	28
II.2.2. Şekillendirme Kuvvetleri	29
II.2.2.1. Vakumla Kalıplama	30
II.2.2.2. İşlem	32
II.2.2.3. Vakumla Şekillendirme	32
II.2.2.4. Şekillendirme Metotları	35
II.2.2.4.1 Gererek Şekillendirme	35
II.2.2.4.2. Presle Şekillendirme	36
II.2.2.4.3. Basınçlı-Pistonlu-Vakum Şekillendirme	37
II.2.2.4.4. Vakumla Kapmak Suretiyle Şekillendirme	38
II.2.2.4.5. Sürekli Olarak Vakumla Şekillendirme	39
II.2.2.4.6. Basınçla Şekillendirme	39
II.2.2.4.7. Eşleştirilmiş Kalıplı Şekillendirme	43
II.2.3. MEKANİKSEL (GERME) KALIPLAMA	47

II.2.3.1. İşlem.....	47
II.2.3.2. Zımbalı Mekaniksel Kalıplama.....	47
II.2.3.3. Oyulmuş Plaka ve Erkek Kalıplama.....	48
II.2.4. ÜFLEMELİ KALIPLARLA KALIPLAMA.....	49
II.2.4.1. İşlem.....	50
II.2.5. ISITILMIŞ PLASTİKLERE ŞEKİL VERME.....	52
II.2.5.1. Kalıpsız Şekillendirme.....	52
II.2.5.2. Temel Dişi Şekillendirme.....	53
II.2.5.3. Temel Erkek Şekillendirme.....	56
II.2.5.4. Uygun Kalıpta Şekillendirme.....	58
II.2.5.5. Sıcak Şekillendirme Metotları.....	59
II.2.5.5.1. Sıkıştırılmış Tabaka Şekillendirilmesi.....	60
II.2.5.5.2. Yöntem Aşamaları.....	63
II.2.5.5.3. Teknik Ekipmanlar.....	65
II.2.5.6. Isıl Şekillendirmenin Avantaj ve Dezavantajları.....	67
II.2.5.6.1. Isıl Şekillendirme Yöntemini Kullanmanın Avantajları.....	67
II.2.5.6.2. Isıl Şekillendirme Yöntemini Kullanmanın Dezavantajları.....	67
II.3. KALIP TASARIMINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR.....	67
II.3.1. Levha Kalıplama Hesaplamaları.....	68
II.3.2. Kalıp Boşluğu.....	68
II.3.3. Duvar Kalınlığı ve Açısı.....	68
II.3.4. Radüs Dizaynı.....	68
II.3.5. Hava Kanalları.....	69
II.3.6. Soğutma Sistemleri.....	69
II.3.7. Malzeme Seçimi.....	70
II.3.7.1. Plastik Malzeme Seçimi.....	70
II.3.7.2. Kalıp Malzemesi Seçimi.....	70
II.3.8. Ekonomiklik.....	71
II.4. KALIP ELEMANLARI.....	71
II.4.1. Şekil Verme Kalıbın Montaj Gösterimi.....	71
II.4.2. Kalıp Elemanları Gösterimi.....	72

II.5. TERMOFORM KALIPLAMADA PROBLEM GIDERME	74
II.5.1. Hata Kontrol Listesi.....	74
II.5.2. Termoform Hata Kontrol Rehberi	74
II.6. TERMOFORM ÜRÜNLERİ	78
BÖLÜM III. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	79
III.1. MALZEME	79
III.1.1. Üst Folyo.....	79
III.1.2. Alt Folyo	79
III.2. MAKİNA	80
III.2.1. Makinenin Kullanım Alanları	81
III.2.2. Makinenin İstasyonları Ve Çalışma Prensipleri.....	82
III.2.2.1. Makinenin Isı Ve Şekil Verme Grupları	83
III.2.2.2. Yapıştırma Grubu	84
III.3. CİHAZLAR.....	84
III.3.1. Çekme Deneyi Cihazı	84
III.3.2. Yırtilma Deneyi Cihazı	88
III.3.3. Yaşlandırma Fırını	88
III.3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	89
III.3.4.1. Çekme Deney İçin Numunenin Hazırlanması.....	90
III.3.4.2. Yırtilma Deneyi İçin Numunenin Hazırlanma Aşaması.....	93
BÖLÜM IV. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	94
IV.1. ÇEKME DENEYİ SONUÇLARI.....	94
IV.1.1. Polivinilklorür Ve Polietilen Çift Katmanlı Ambalaj Malzemesinin Çekme Özellikleri.....	94
IV.1.2. Kap Derinliği 25mm Ve Şekil Alma sıcaklığı 150 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri	98
IV.1.3. Kap Derinliği 35mm Ve Şekil Alma sıcaklığı 150 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri	101
IV.1.4. Kap Derinliği 25mm Ve Şekil Alma sıcaklığı 165 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri	103
IV.1.5. Kap Derinliği 35mm Ve Şekil Alma sıcaklığı 165 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri	106

IV.1.6. Kap Derinliği 35mm Ve Şekil Alma sıcaklığı 173 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri	108
IV.1.7. Kap Derinliği 25mm Ve Şekil Alma sıcaklığı 155 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri	111
IV.1.8. Kap Derinliği 35mm Ve Şekil Alma sıcaklığı 185 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri	113
IV.2. YIRTILMA DENEYİ	116
IV.2.1. Polivinilklorür Ve Polietilen Çift Katmanlı Ambalaj Malzemesinin Yırtılma Özellikleri	116
IV.2.2. Kap Derinliği 25mm Ve Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık 150 oC Olan Numunenin Yırtılma Özellikleri	119
IV.2.3. Kap Derinliği 35mm Ve Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık 150 oC Olan Numunenin Yırtılma Özellikleri	121
IV.2.4. Kap Derinliği 35mm Ve Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık 185 oC Olan Numunenin Yırtılma Özellikleri	123
IV.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU(SEM) YÜZEY MORFOLOJİSİ SONUÇLARI	125
BÖLÜM V. SON DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER.....	131
KAYNAKLAR.....	132
ÖZGEÇMİŞ	134

ÖZET

POLİVİNİLKORÜR VE POLİETİLEN ÇİFT KATMANLI AMBALAJ MALZEMESİNİN ÖZELLİKLERİNE TERMOFORM KALIPLAMA PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ

Bu tez çalışmasının amacı; ambalaj sektöründe yaygın olarak kullanılan PVC+PE çift katmanlı malzemenin değişik kalıplama şartlarındaki özelliklerini incelemektir. Bu inceleme ile birlikte PVC+PE çift katmanlı ambalaj malzemesinin çekme, kopma, uzama özellikleri, yırtılma özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca değişik şartlarda ve derinliklerde üretilmiş olan ambalaj malzemeleri bir gün, üç gün, yedi gün 60 °C de ısıtılarak yaşlandırılmaya tabi tutularak çekme ve yırtılma özellikleri belirlendi. Genel olarak bu malzemelerin çok düşük oksijen geçirgenliği, çekme mukavemeti, iyi kimyasal direnci olması bu malzemeleri ambalaj sektöründe aranan bir malzeme konumuna getirmiştir. Bu malzemeler genel olarak birbirleri ile çok uyumlu malzemeler değildir. Ancak iki katman arasında kullanılan uygun bir bağlayıcı ile yapıştırılarak hem dayanımları hemde yapışkanlıkları yükseltilmektedir.

Çalışmada kullanılan malzemeler önce kalenderleme yöntemi ile folyo haline getirilmiştir. Kalenderleme işleminden sonra ısıtılarak kalıplama yöntemi ile (termoform) uygun kalıp kullanılarak kalıplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde kalıplama esnasında sabit kalınlıkta (0.7 mm), farklı sıcaklık (150 °C, 165 °C, 173 °C, 185 °C) ve farklı derinliklerde (25 mm, 35 mm) kalıplama yapılmıştır. Bu işlemden sonra şekillendirilmiş olan ambalaj kutusunun taban kısmından belirli standartlara göre çekme ve yırtılma deneyleri için numuneler alınmıştır. Yapılan incelemelerde kutu ambalaj yapımında kullanılan malzemeye her hangi bir ısıtma işlemi yapılmadan çekme mukavemetlerinde önemli bir azalma olmazken çekme uzamalarında önemli oranda düşme olduğu tespit edilmiştir. Özellikle gerek çekme ve gerekse yırtılma testlerinde sıcaklık ve yönlendirme durumuna bağlı olarak çekme ve yırtılma mukavemetlerinde artış yükselme meydana geldi.

Haziran 2008

Cafer ALSAÇ

ABSTRACT

THE EFFECTS OF PARAMETER OF THERMAL MOULDING PROCESS CHARACTERISTICS OF POLYVINYL CHLORIDE AND POLYTHENE DOUBLE LAYER PACKAGE MATERIALS

The goal of this research; we examine that PVC+PE double layer package materials characteristics on different moulding conditions. In addition this research PVC+PE double layer package's tensile strength, breaking strength, extension strength and torn features are determined. Furthermore, package materials, which are produced in different conditions and depth, tensile strength and torn features are determined by putting into thermal ageing 1day, 3days, and 7days the temperature of 60°C. Generally these materials are mostly used in package sector because of its low oxygen permeability, excellent tensile strength and chemical resistance features. These materials generally are not compatible with each other but; their stickiness can be increased by sticking with proper binder between two layers.

First of all, the materials, which are used in this research, are made foil by the process of calender. After this process moulding is performed by using proper mould via thermal moulding process. During this process, moulding is performed at stable thickness, different temperatures and different depth. After this process different samples are taken under the shaped package box in order to tensile and torn test. The result of this research we determined that materials, which are used in package production, resistance is not declined but tensile strength. Particularly in real tensile strength and torn test this feature resistances are increased by the conditions of temperature and orientation.

June 2008

Cafer ALSAÇ

SEMBOL LİSTESİ

s	: Saniye
kg	: Kilogram (ağırlık birimi)
kJ/m²	: Darbe mukavemeti birimi
g/cm³	: Yoğunluk birimi
MPa	: Gerilme birimi (mega paskal)
T_g	: Camsı geçiş sıcaklığı (°C)
T_m	: Erime sıcaklığı (°C)
g/10 dk.	: Ergiyik akış indisi
C	: Karbon
N	: Azot
Cl	: Klor
O	: Oksijen
H	: Hidrojen
L/D	: Boy/çap
J	: Joule (enerji birimi)
°C	: Sıcaklık birimi (Celcius derece)
μ	: Mikro
kN	: Kilo Newton
rpm	: Devir (1 dakikadaki dönüş sayısı)
in	: Uzunluk birimi- Inch (İnç)

KISALTMA LİSTESİ

PA	: Poliamid
PA6	: Poliamid 6
PA6.6	: Poliamid 6.6
N6	: Naylon 6 (poliamid 6)
PP	: Polipropilen
PP-H	: Homopolimer polipropilen
EPDM	: Etilen propilen dien ter polimer
PE	: Polietilen
HDPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen
LDPE	: Düşük yoğunluklu polietilen
PS	: Polistiren
PF	: Fenol
MF	: Melamine
UF	: Üre reçine
EP	: Epoksi
PUR	: Poliüretanlar
Si	: Silikon
PVC	: Polivinilklorür
PET	: Polietilenteraftalat
PC	: Polikarbonat
ABS	: Akrilonitril – butadien – stiren kopolimeri
SAN	: Stiren - akrilonitril
HDT	: Heat distortion temperature (ısı ile bozunma sıcaklığı)
SEM	: Scanning electron microscopy (taramalı elektron mikroskobu)
DSC	: Differential scanning calorimetry (diferansiyel taramalı kalorimetre)
ISO	: Uluslararası standartlar kurumu
ASTM D	: American society for testing and material (Amerikan Normu)

ŞEKİL LİSTESİ

	SAYFA NO
Şekil II.1. Termosetlerin Zincir Yapısı.....	5
Şekil II.2 Termoplastiklerin Zincir Yapısı	5
Şekil II.3. Amorf Plastiklerin Zincir Yapısı	8
Şekil II.4. Kristalin Plastiklerin Zincir Yapısı.....	9
Şekil II.5. Levha Ekstrüzyon	17
Şekil II.6. Kalenderleme Sistemi.....	18
Şekil II.7. Basit Film Ekstrüzyonu Sistemi	18
Şekil II.8. Basit Kalenderleme Sistemi.....	18
Şekil II.9. Basit Kalenderleme Yöntemi.....	19
Şekil II.10. Isıl Şekillendirmede Kullanılan Dişi Kalıp	23
Şekil II.11. Isıl Şekillendirmede Kullanılan Erkek Kalıp.....	26
Şekil II.12. Isıl Şekillendirmede Kullanılan Karşılıklı Kalıplar.....	27
Şekil II.13. Vakumla Kalıplama Metodu	30
Şekil II.14. Vakumla Kalıplama Metodu	31
Şekil II.15. Et Kalınlığı Farkı	32
Şekil II.16. Vakumla Şekillendirme Yöntemi	34
Şekil II.17. Vakum Kalıplamada Et Kalınlığı Farkı.....	35
Şekil II.18. Gererek Şekillendirme	36
Şekil II.19. Presle Şekillendirme	37
Şekil II.20. Basınçlı, Pistonlu Vakum Şekillendirme.....	37
Şekil II.21. Vakumla Kapmak Suretiyle Şekillendirme	38
Şekil II.22. Sürekli Olarak Vakumla Şekillendirme Operasyonu	39
Şekil II.23. Basınçla Şekillendirme	40
Şekil II.24. Eşleştirilmiş Kalıplı Şekillendirme.....	44
Şekil II.25. Zımbalı Mekaniksel Kalıplama	48
Şekil II.26. Oyulmuş Plaka Ve Erkek Kalıplama Mekaniksel Kalıplama	48
Şekil II.27. Üfleli Kalıplarla Kalıplama Yöntemi	51
Şekil II.28. Dişi Kalıplamanın Şematik Şekli	53
Şekil II.29. Erkek Kalıplamanın Şematik Şekli	56

Şekil II.30. Folyonun Sıkıştırılması	61
Şekil II.31. Folyonun Isıtılması	61
Şekil II.32. Folyonun Şekillendirilmesi	62
Şekil II.33. Folyonun Kesilmesi.....	62
Şekil II.34. Hatalı üretim Yöntemi	64
Şekil II.35. Doğru Gerdirme Yöntemiyle Sıcak Şekillendirme İşlemi	65
Şekil II.36. Tek İstasyonlu Makine	65
Şekil II.37. Çok İstasyonlu Makine.....	66
Şekil II.38. Termoform Sistemi.....	66
Şekil II.39. Alt Çelik Soğutma Sistemleri.....	69
Şekil II.40. Vakum Kalıbı Montaj Gösterimi.....	71
Şekil II.41. Alt İtici Plaka Ve Alt Plaka	72
Şekil II.42. Alt İtici Mili Ve Dip Şekillendirme.....	72
Şekil II.43. Yatak Ve Alt Çelik Altı	72
Şekil II.44. Kolon Milleri Ve Alt Plakanın Kolon Milleri Yükselticisi	73
Şekil II.45. Alt Döküm Ve Üst Çelik Altı.....	73
Şekil II.46. Üst İtici Mili Ve Üst İtici Laması.....	73
Şekil II.47. Üst Plaka Yükselticisi Ve Üst Çelik.....	73
Şekil II.48. Termoform İle Şekillendirilmiş Ürünler.....	78
Şekil III.1. Vakumlu Makinenin Ölçülü Şekli	81
Şekil III.2. Vakumlu Makinenin Gruplarının Gösterimi.....	82
Şekil III.3. Vakumlu Makinenin Son Halinin Gösterimi	82
Şekil III.4. Isı Ve Şekil Vermenin Gösterimi.....	83
Şekil III.5. Yapıştırma İstasyonunun Gösterimi.....	84
Şekil III.6. Çekme Deneyi Cihazı	85
Şekil III.7. Çekme Deneyi Cihazı ve Elde Edilen Yük – Uzama Eğrisi.....	86
Şekil III.8. Çekme Deneyi İle Elde Edilen Yük – Uzama Eğrisi	87
Şekil III.9. Yırtılma Deneyinin Şematik Olarak Gösterimi	88
Şekil III.10. Deneylerde Kullanılan Etüv.....	89
Şekil III.11. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	90
Şekil III.12. Termoform Kalıpta Alınan Şeklin Derinliklerinin Gösterilmesi	90
Şekil III.13. Termoform Kalıbından Alınan Şekil	91
Şekil III.14. Şeklin Tabanından Alınan Numunenin Çekme Deneyi İçin Çıkarılan Numunenin Görünümü.....	91

Şekil III.15. Deneylerde Kullanılan TS 1398 İkinci Tip Çekme Deneyi Numuneleri.....	91
Şekil III.16. Deneylerde Kullanılan TS 1398 İkinci Tip Çekme Deneyi Numunesi	92
Şekil III.17. PVC + PE 0.7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin Gösterimi	92
Şekil III.18. Deneylerde Kullanılan Yırtılma Deneyi Numunesi.....	93
Şekil IV.1. PVC + PE ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği.....	96
Şekil IV.2. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	96
Şekil IV.3. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	97
Şekil IV.4. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	97
Şekil IV.5. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği	99
Şekil IV.6. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	99
Şekil IV.7. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	100
Şekil IV.8. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	100
Şekil IV.9. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği	101

Şekil IV.10. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	102
Şekil IV.11. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	102
Şekil IV.12. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	103
Şekil IV.13. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği	104
Şekil IV.14. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	104
Şekil IV.15. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi	105
Şekil IV.16. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	105
Şekil IV.17. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği	107
Şekil IV.18. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	107
Şekil IV.19. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	107
Şekil IV.20. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	108

Şekil IV.21. PVC + PE 173 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği	109
Şekil IV.22. PVC + PE 173 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	109
Şekil IV.23. PVC + PE 173 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	110
Şekil IV.24. PVC + PE 173 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	110
Şekil IV.25. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği	112
Şekil IV.26. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	112
Şekil IV.27. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	112
Şekil IV.28. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	113
Şekil IV.29. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği	114
Şekil IV.30. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	114
Şekil IV.31. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	115

Şekil IV.32. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği	115
Şekil IV.33. PVC + PE ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Yırtılma Deneyi Grafiği.....	117
Şekil IV.34. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği.....	117
Şekil IV.35. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği.....	118
Şekil IV.36. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği.....	118
Şekil IV.37. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Yırtılma Deneyi Grafiği	119
Şekil IV.38. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği.....	120
Şekil IV.39. PVC + PE 150 °C , 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği.....	120
Şekil IV.40. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği.....	120
Şekil IV.41. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Yırtılma Deneyi.....	121
Şekil IV.42. PVC + PE 150 °C , 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği	122
Şekil IV.43. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği	122

Şekil IV.44. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği	122
Şekil IV.45. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği	123
Şekil IV.46. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği	124
Şekil IV.47. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği	124
Şekil IV.48. PVC + PE şekil verme sıcaklığı 185 °C, 35 mm derinlikteki çekme numunenin normal hava sıcaklığındaki 150, 250 ve 500 büyütmelelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi	125
Şekil IV.49. PVC + PE şekil verme sıcaklığı 150 °C, 35 mm derinlikteki çekme numunenin 60 °C de 1 gün yaşlandırma yapılarak, 150, 250 ve 500 büyütmelelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi	126
Şekil IV.50. PVC + PE şekil verme sıcaklığı 173 °C, 35 mm derinlikteki çekme numunenin 60 °C de 7 gün yaşlandırma yapılarak, 150, 250 ve 500 büyütmelelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi	127
Şekil IV.51. PVC + PE yırtılma ana numunenin normal hava sıcaklığındaki 150, 250 ve 500 büyütmelelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi.....	128
Şekil IV.52. PVC + PE yırtılma ana numunenin 60 °C de 3 gün yaşlandırma yapılarak, 150, 250 ve 500 büyütmelelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi.....	129
Şekil IV.53. PVC + PE yırtılma ana numunenin 60 °C de 7 gün yaşlandırma yapılarak, 150, 250 ve 500 büyütmelelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi	130

TABLO LİSTESİ

	SAYFA NO
Tablo II.1. Termosetlerin Kullanım Alanları	4
Tablo II.2. Termoplastiklerde Sertlik Ve Bükülebilirlik Arasındaki Denge.....	7
Tablo II.3. Polimerlerin Geri Dönüşüm Sembollerin Gösterimi	13
Tablo II.4. Bazı Termoplastik Malzemelerin Darbe Davranışı	14
Tablo II.5. Isıl Şekillendirme İle İşlemede En Yaygın Kullanılan Bazı Termoplastikler	16
Tablo II.6. Hata Bulma Rehberi.....	75
Tablo II.7. Hata Bulma Rehberi 2.....	76
Tablo III.1. Polivinilklorür (PVC) Malzemenin Mekanik Özellikleri.....	80
Tablo III.2. Çalışmamızda Kullanılan Vakumlu Makinenin Teknik Özellikleri.....	81
Tablo IV.1. Ana Numunenin Çekme Deney Sonuçları.....	95
Tablo IV.2. PVC + PE Malzemesinin 150 °C'de Ve Kap Derinliği 25mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları.....	99
Tablo IV.3. PVC + PE Malzemesinin 150 °C'de Ve Kap Derinliği 35mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları.....	101
Tablo IV.4. PVC + PE Malzemesinin 165 °C'de Ve Kap Derinliği 25mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları.....	104
Tablo IV.5. PVC + PE Malzemesinin 165 °C'de Ve Kap Derinliği 35mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları.....	106
Tablo IV.6. PVC + PE Malzemesinin 173 °C'de Ve Kap Derinliği 35mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları.....	109
Tablo IV.7. PVC + PE Malzemesinin 185 °C'de Ve Kap Derinliği 25mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları.....	111
Tablo IV.8. PVC + PE Malzemesinin 185 °C 'de Ve Kap Derinliği 35mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları.....	114
Tablo IV.9. Ana Numunenin Yırtılma Çekme Deney Sonuçları	117
Tablo IV.10. PVC + PE Malzemesinin 150 °C'de Ve Kap Derinliği 25mm olan Numunenin Yırtılma Deney Sonuçları.....	119

Tablo IV.11. PVC + PE Malzemesinin 150 °C 'de Ve Kap Derinliği 35mm olan Numunenin Yırtılma Deney Sonuçları.....	121
Tablo IV.12. PVC + PE Malzemesinin 185 °C'de Ve Kap Derinliği 35mm olan Numunenin Yırtılma Deney Sonuçları.....	123

BÖLÜM I

GİRİŞ VE AMAÇ

I.1. GİRİŞ

Termoform yöntemi, plastik tabaka yada film'in form sıcaklığında kalıp yada kalıplar arasında hava basıncı yada mekanik kuvvet birleşimiyle meydana gelir. Bu birleşme esnasında kalıp soğumaya başlar ve rijitlik tamamlanmış olur. Bu yöntem sadece termoplastikler de uygulanır [1].

Termoform kalıplama yöntemi ile elde edilen plastik levhalardan, değişik kalıplama metotlarıyla arzu edilen form ve boyutlarda parçalar üretilmektedir.

Plastik levhadan kalıplama işlemlerine "Sıcak Biçimlendirme Metodu" da denilir. Çünkü plastik levha, kalıplama sıcaklığına kadar ısıtılmakta ve değişik üretim metotları ile parçalar kalıplanmaktadır [2].

Biçimlendirme esnasında, daha önce veya kalenderleme gibi bir teknikle üretilen termoplastik levhayı ısıtıp istenilen şekli vermede kullanılan tipik bir işleme tekniği olup, sadece bozunma aralığındaki termoplastik maddeler için geçerlidir ve visko-elastik aralıkta cereyan eder. Yarı mamullerin ön ısıtması ise kondüksiyon, konveksiyon veya radyasyon yoluyla ısı transferi ile sağlanır [2].

Isıtılmış plastik levhaların gerdirilerek biçimlendirilmesi esasına dayalı olan dört çeşit biçimlendirme vardır.

1. Vakumla Kalıplama
2. Mekanik Kalıplama
3. Birbirine Uyan Kalıplarla Kalıplama
4. Üfleli Kalıplama

Oldukça karışık birçok parçalar bu dört işlemin birleşimi veya biraz değişik olanlarının uygulanması ile yapılabilmektedir.

Bu bölümde işlemler teker teker ele alınacak, yöntemlerin genel özellikleri incelenecek, kullanılan temel araçlar tanıtılacak ve nelere, nasıl uygulandıkları anlatılacaktır.

I.2. AMAÇ

Hazırlanan bu çalışmada, Vakumla Kalıplama ile elde edilen numunelerin mikro yapısal ve mekanik özellikleri incelenecek. Elde edilen numuneler normal hava sıcaklığında ve yaşlandırma yapılarak standart çekme ve yırtılma deneyi numunesi haline getirilerek, çekme ve yırtılma deneyleri yapılacaktır. Sonrasında numuneler yaşlandırılarak, çekme ve yırtılma deneyi tekrardan yapılacak ikisi arasındaki mekanik ve mikro yapısal ve mekanik özellikleri birbiri arasında karşılaştırılacaktır

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

II.1. PLASTİKLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Modern dünyayı plastiksiz düşünmek çok zordur. Plastikler günümüzde genel ev eşyalarında tıbbi ve bilimsel donatılara kadar değişken uygulamaları ile yaşantımızla bütünleşik haldedir. Son zamanlarda mühendis ve tasarımcılar diğer hiçbir malzemede elde edilmeyen bazı özelliklerin kombinasyonunu sunması nedeniyle plastiğe yönelmeye hazırdır. Plastikler hafiflik, esneklik, korozyona karşı dayanıklılık renk saflığı, şeffaflık, işleme kolaylığı vb. avantajlar sunmaktadır buna rağmen bunların işletilebilmelerinin tasarımcıların becerisiyle sınırlı olması da plastiklerin bir sınırlılığıdır [3]

Plastik uygulamalarına tasarımcı ve mühendislerce kullanımı artışı istenen performans karakteristiklerinin ve kullanılabilen benzer plastik dizisinin varolması ve böylece en iyi avantaj için kullanılabilmelerinin can alıcı özellikte olmasından dolayıdır [4].

Bu bölümde termoplastik malzemelerin genel özellikleri ile ilgili kısaca bir giriş yapılmıştır. Bu bölüm kullanılabilen plastik dizilerini belirtir,gösterdikleri davranış tiplerini tanıtır ve özel uygulamalar için en iyi plastik seçiminde gerekli tasarım işlemlerini gösterir [5].

II.1.1. Termosetler

Isı verilmesi sonrasında yalnız bir defa istenilen şekli alabilen plastiklerdir. Şekillendirilmiş bir termoset plastiğe yeniden ısı verilerek tekrar şekillendirmek mümkün değildir. Termoset malzeme tekrar ısıtılırsa bozunmaya uğrar. Termosetler çapraz bağlı bir yapıya sahiptir. Bu plastiklerde polimerizasyon işlemi malzemeyi ihtiva eden monomerlerin bir araya getirildiği reaktörde başlar ve kalıplama işlemi sırasında biter. Termosetler oda sıcaklığında sıvı halde bulunurlar. Geçirdikleri çeşitli kimyasal işlemlerden sonra katı hal alabilirler. Isıtıldıklarında sertleşirler. Termosetlerin kullanım alanları tabloda verilmiştir.

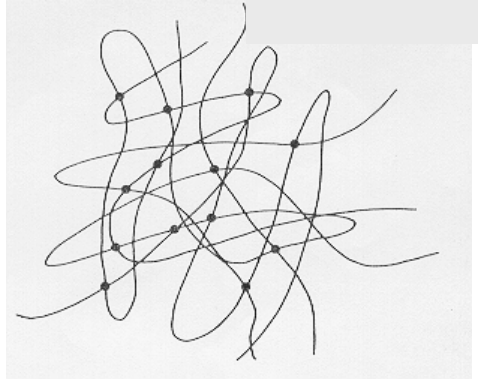
Tablo II.1. Termosetlerin Kullanım Alanları

	Kısa gösterimi	Kullanım alanları
Fenoller	PF	Isıya dayanıklı tutamaklar (tava, ütü, tost makinası)
Melamine	MF, MPF	Dekoratif, ısıya dayanıklı mutfak eşyaları
Üre reçine (ürel_formaldehit)	UF	Endüstriyel parçalar
Epoksi	EP	Yapıştırıcı, cam elyaf kompozitlerde matris
Üretanlar	PUR	Yapıştırıcı
Silikon	SI	Conta, yapıştırıcı

Termosetlerdeki polimer zincirleri arasında kuvvetli bağlar oluşur ve bunun neticesinde üç boyutlu ağ yapısı meydana gelir. Bu da termosetleri termoplastiklere göre daha dayanımlı ve rijit yapar. Termosetler de polimerizasyon işlemi ile elde edilirler. Termosetlerin polimerizasyonu genelde iki aşamalı bir süreçtir.

İlk aşamada termoseti oluşturacak monomerler bir araya getirilir. İkinci aşama ise üretim sürecinin içerdiği kalıpta meydana gelir. Yüksek basınç ve sıcaklıkta monomerler reaksiyona girer ve polimer zincirleri oluşur. Bu durumda polimer zincirlerinde reaksiyona girmemiş birimler bulunmaktadır.

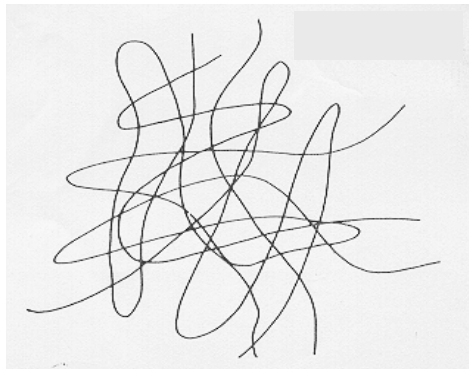
Basınç ve sıcaklık etkisi ile polimer zincirleri arasında yan bağlar meydana gelir ve kalıplanmış bir termoseti oluşturan polimer zincirleri arasında ağ yapısında bağlar oluşur [6-8]. Şekil II.1.'de termoset polimerlerin zincir şekli verilmektedir.



Şekil II.1. Termosetlerin Zincir Yapısı [9]

II.1.2. Termoplastikler

Termoplastik malzemelerde çok uzun zincir benzeri moleküller nispeten daha zayıf Van der Waals bağlarının kuvvetleri ile birbirlerine tutunmuşlardır. Bunların yapılarının anlaşılabilmesi için rastgele dağıtılmış uzun yapışkan yün kütlesi göz önüne getirilebilir. Malzeme ısıtıldığında moleküler arası zayıflar ve bu nedenle yumuşak ve esnek hale gelirler ve hatta yüksek sıcaklıklara eriştiklerinde ise bunlar birer viskoz eriyik hale gelirler. Malzeme soğutulduğunda ise tekrar katılaştır [10]. Şekil II.2. de termoplastik polimerlerin zincir şekli verilmektedir



Şekil II.2. Termoplastiklerin Zincir Yapısı[9]

Bu, ısı ile yumuŝatma ve soğutarak katılaŝtırma işlemi çok defa tekrarlanabilir ve bu durum bu malzemeler için çoğ u işleme yöntemi için en önemli avantajdır. Bu arada bir çıkarımda bulunabilir. Çünkü bu termoplastiklerin ısı hassasiyetlerini gösterir. Bu malzemelerin tanıtılmasında kullanılan bir benzerlik mum gibi bunlarında tekrar tekrar ısıyla yumuŝatılıp soğutularak katılaŝtırılmasıdır [10].

Termoplastiklere örnek olarak polietilen, polivinil klorür, polisitiren, naylon, selüloz asetat, asetal, polikarbonat, polimetilmetraklit ve polipropilen gösterebilir [6].

Termoplastikler ısı ve basıncın altında yumuŝayan, akan bu durumda herhangi bir şekil alabilen ve soğutulduğ unda sertleŝebilen malzemelerdir. Bu şekillendirme sırasında hiçbir kimyasal değı ŝime uğ ramazlar. Bunun yanı sıra uygun çözücülerde çözünebilirler ve bu şekilde “çözücü döküm” gibi yöntemlerle çeşitli şekiller alabilirler [6,7].

Genelde polimer reaktör denilen tesiste polimerizasyon yoluyla elde edilirler. Çoğ unlukla yoğ unlaŝma polimerizasyonu ile elde edilen termoplastiklerin polimerizasyon işlemi reaktörde tamamen bitmiş olur. Bu işlemin sonucu olarak yan zincir veya gruplar ihtiva eden uzun zincir molekülleri meydana gelir. Termoplastik grubunu oluşturan en önemli plastikler; akrilikler, naylon, polisitiren, polietilen, karbonflorür, selülozikler ve vinillerdir [10].

Termoplastik malzeme grubunda önemli bir alt bölünme bunların kristalin veya amorf yapıya sahip olmaları ile ilgilidir. Uygulama ŝüphesiz ki tamamen kristalin yapıya sahip plastiklerin kalıplanması moleküler zincirlerin kompleks yapıya sahip olmaları nedeniyle imkansızdır. Polietilen ve bazı naylon gibi bazı plastikler yüksek derecede kristaliniteye sahip olabilirler. Fakat bunların yarı kristalin veya bölgesel kristalin tanımlanması daha doğ ru olacaktır. Akrilik ve polisitiren gibi diğ er plastikler ise daima amorf yapıdadır. Bu plastiklerdeki kristaliniteye yatkınlık bunların ısıl geçmişlerine ve buna bağı lı olarak üretilecek ürünlerin sonuçta kalıplanacak ürünlerin mekaniksel özellikleri plastiklerin kristaliniteye sahip olup olmamasında hassas bir şekilde bağı ldır [7].

Tablo II.2. Termoplastiklerde Sertlik Ve Bükülebilirlik Arasındaki Denge [10]

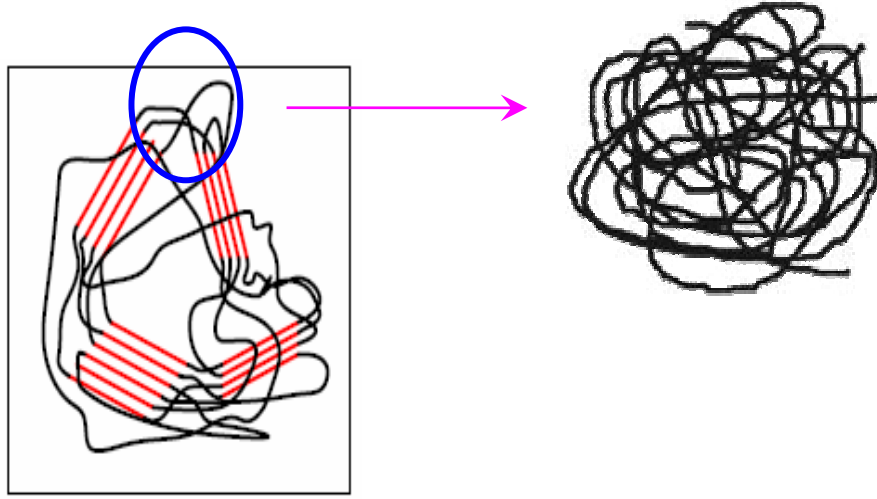
	ETKİ	
	Sertlik	Bükülebilirlik
Azaltılmış sıcaklık	Artma	Azalma
Artırılmış basınç oranı	Artma	Azalma
Çok eksenli gerilim oranı	Artma	Azalma
Plastiğin birleşimi	Azalma	Artma
Lastik birleşim safhası	Azalma	Artma
Cam fiberlerinin birleşimi	Artma	Azalma
Katkı maddesi birleşimi	Artma	Azalma

II.1.3. Zincir Yapılarının Geometrik Dizilişine Göre Polimerlerin Sınıflandırılması

Polimer zincirlerinin geometrik yapısı, polimerlerin fiziksel özelliklerini etkileyen değişkenlerden biridir. Böylelikle polimerleri, zincir yapılarının geometrik şekline göre amorf polimerler ve kristal yapı polimerler olarak iki ana bölümde inceleyebiliriz[11].

II.1.3.1. Amorf Polimerler

Amorf polimerlerde, polimer zincirleri bir düzen içinde bulunmaz. Moleküller arasında tekrarlı ve düzenli boşluklar oluşmaz. Bu tür polimerler, düzenli bir biçimde bir araya gelerek dizilemeyen, karışık ve dağınık olarak bir arada bulunan polimer zincirlerden oluşmaktadır. Şekil II.3. Amorf Kristalin plastiklerin zincir yapısı verilmektedir[11].



Şekil II.3. Amorf Plastiklerin Zincir Yapısı [9].

II.1.3.2. Kristalin Yapılı Polimerler

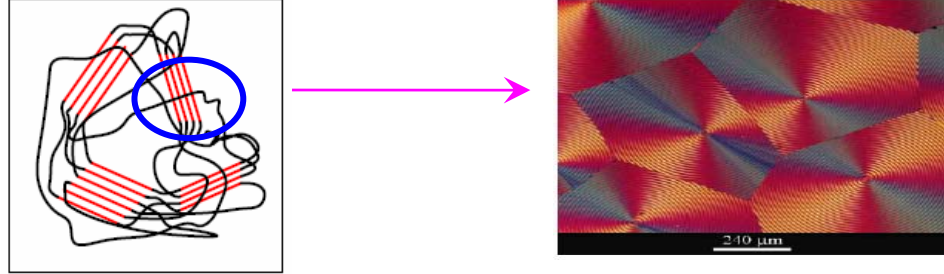
Kristal yapılı polimerlerde ise, polimer zincirlerinin bir bölümü bir araya gelerek düzenli bir biçimde dizilebilmekte, moleküler arasında tekrarlı ve düzenli boşluklar, mesafeler oluşabilmektedir. Böylece polimer yapı içinde üç boyutlu ve düzenli yapılar meydana gelebilmektedir.

Polimerlerde, diğer organik malzemelerdeki tam düzenli yapıya ulaşamaz. Bunun nedeni polimer zincirlerinin uzunluğudur. Zincir dolanmaları, üst üste binmeler gibi nedenlerle kristal derecesi yüksek polimerlerde bile belirli miktarda düzensiz bölgeler bulunmaktadır. Polimer madde içindeki bu düzensiz bölgeler toplam hacmin %10 ile % 15'ini oluşturur.

Ancak polimer, polimer zincirlerinin küçük veya büyük parçalar halinde hareketine olanak sağlayan bir şekilde camsı geçiş sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklıkta bekletilirse, zamanla polimer zincirleri düzenli biçimde dizilmeye başlayabilir. Böylelikle polimer malzemenin kristal yapısı geliştirilebilir.

Polimerlerde, kristalli kısmın büyüklüğü, şekli ve miktarı polimerlerin fiziksel özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Bazı polimerlerde ise çekme ve gerdirme sonrasında polimer zincirlerinin yönlenmesi sağlanmaktadır. Polimerlerin bir yönde çekilme ve gerdirilmesi, polimer zincirlerinin gerdirme yönüne paralel olarak yönlenmesinin sağlar. Hem amorf hem de kristalli polimerlerde gerdirme işlemi sonrasında polimer zincirlerinin yönlenmesini mümkündür. Gerdirme işlemi sonrasında gerdirme yönüne dik boyutta malzeme

özellikleri önemli boyutta değişmektedir. Bu işlem elyaflarda kullanılarak, elyafın kopma dayanımının geliştirilmesi sağlanmıştır. Şekil II.3. Kristalin plastiklerin yapısı verilmektedir[11].



Şekil II.4. Kristalin Plastiklerin Zincir Yapısı

Genelde plastikler, molekülerin daha yakın bir şekilde paketlenmesinden dolayı kristalleştikleri zaman daha yüksek yoğunluğa sahiptirler. Kristalin plastik tipik karakteristikleri şunlardır;

1. Rijitlik genelde yüksek sıcaklıklarda,
2. Düşük sürtünme aşınmaya karşı yüksek direnç,
3. Sertlik,
4. Çevresel gerilim çatlamlarına direnç,
5. Etkili bir biçimde takviye edilebilirler.
6. Gerilebilme,
7. Daha yüksek sürünme direnci,

Bu avantajlara karşı kristalin plastiklerin daima ışık geçirmez ve nispeten kalıplama süresince daha yüksek çekme göstermesi özelliklerine de dikkat edilmelidir [10].

II.1.4. Termoplastik Malzemeler

II.1.4.1. ABS ve SAN

ABS plastikleri lastik gibi tok ve butadien ihtiva eden bir fazın, stiren – akrilonitril kopolimerden oluşan sürekli fazın içinde tanecikler şeklinde dağılmasından meydana gelmektedir. ABS düşük sıcaklıklarda dahi sert, rijit ve tok bir malzemedir [12].

II.1.4.2. Asetal

Yüksek kristalinite derecesine sahip olan bu malzeme formaldehidin polimerizasyonu ile elde edilir. Mühendislik plastikler grubuna giren asetal plastiği, sert, rijid ve iyi nem, ısı ve solvent mukavemetine sahiptir. Bu reçineler homopolimer ve kopolimer şeklinde elde edilir [12].

II.1.4.3. Akrilik

Akrilik termoplastikleri, akrilik ester monomerlerin ve özellikle metil metakrilatın polimerizasyonu ile elde edilen plastiklerdir [12].

Çok iyi optik özellikleri ve yüzey kalitesi vardır. Çeşitli renkte ve bileşimde bulunabilirler. Yüksek molekül ağırlıklı çeşidi , düşük bir akma hızına fakat yüksek bir ısı mukavemetine sahiptir. Alçak molekül ağırlıklı çeşidi , kolay akabilen ve dolayısıyla karışık parçaların yapımında kullanılan ancak ısı mukavemeti düşük olan bir reçinedir [12].

II.1.4.4. Selülozikler

Selülozik plastikleri selüloz esterleri olan selüloz asetat, selüloz asetat bütirat ve selüloz propionat ve selüloz eter olan etil selülozdan elde edilir. Bunlar pratikte “asetat”, “butirat”, “propionat” ve “etil selüloz” gibi isimler taşır. Saydam, yarı saydam, opak veya inci renginde olabilirler. Açık sarı olan etil selüloz hariç, diğer selülozikler berrak şekilde imal edilebilirler [12].

II.1.4.5. Naylon (Poliamid)

İlk mühendislik plastiği olan naylonun, pratikte naylon 6, naylon 6/6, naylon 6/10 naylon 6/12, naylon 11 ve döküm naylon gibi çeşitleri vardır. Naylonun en önemli mahsuru su emme özelliğinin oldukça yüksek olmasıdır. Bu bakımdan plastiklerden en çok kullanılanı naylon 6/6'nın %50 izafi nemde % 2.5 su emme özelliği vardır. Genellikle %1 emilen neme % 0,2 ila % 0,3 boyut büyümesi karşılık gelmektedir [12].

Naylonun özellikleri çeşitlerine bağlı olarak çok geniştir. Genelde bu malzemelerin çok iyi yorulma mukavemeti, düşük sürtünme katsayısı ve oldukça iyi darbe mukavemeti, iyi kimyasal dirençleri ve elektrik özellikleri vardır. Polimerizasyon sırasında kontrol edilebilen kristalinite derecesi naylonun rijitliğini, mukavemetini ve ısıya karşı dayanıklılığını etkiler. Genellikle düşük kristalinite derecesi tokluğu, uzamayı ve darbe mukavemetini yükseltir, fakat çekme mukavemetini ve rijitliğini azaltır [12].

II.1.4.6. Polistiren (PS)

Amorf bir polimer olan polistirenin dikkat çeken özellikleri parlayan bir berraklık, sertlik, kolay işlenebilme ve çok iyi renklendirme kabiliyetidir. Bu özelliklere bağlı olarak homopolimer ve kopolimer şeklinde imal edilir. Homopolimer genel-amaçlı ve darbe mukavemetli; kopolimerler ise kristal berraklığında, darbe mukavemetli ve cam ile kuvvetlendirilmiş şekilde üretilmektedirler. Bu reçinelere enjeksiyon kalıplama levha ve profil ekstrüzyonu, köpük kalıplama gibi birçok teknolojik yöntemler uygulanabilir. Kullanım alanları ambalaj, oyuncak, içecek şişeleri ve paketleme malzemesi [12].

II.1.4.7. Polikarbonat (PC)

Amorf bir mühendislik termoplastiği olan polikarbonatın, genel amaçlı kalıplama ve ekstrüzyon çeşidinin yanı sıra bazı özellikler ve işleme karakteristiklerini sağlayan çeşitleri vardır. Bu son çeşitler arasına aleve dayanıklı, besin maddeleri ve ilaçlarla temasta bulunan ; hava ve ultraviyole ışınlarına mukavim, cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş ve köpük çeşitleri girmektedir. Polikarbonat reçineleri çeşitli sıcaklarda çok iyi bir tokluğa, ısı ve ateşe karşı

mukavemete, boyut kararlılığına ve saydamlığa sahiptirler. Darbe mukavemeti parça kalınlığına bağılıdır ve kalınlık arttıkça darbe mukavemeti azalmakta, ancak 6,5 mm kalınlıkta dahi hala yüksek kalmaktadır. Kullanım alanları damacana su bidonları, gözlük camı, cd yapımında [12].

II.1.4.8. Polietilen (PE)

En çok kullanılan termoplastik olan polietilenin çok değişik özellikleri vardır. Genellikle polietilenler tok, fevkalade elektriksel ve kimyasal özellikleri, düşük sürtünme katsayısı , sıfıra yakın nem ve kimyasal özellikleri, düşük sürtünme katsayısı, sıfıra yakın nem emme özelliği olan ve kolay işlenebilen reçinelerdir. Çalışma sıcaklıkları - 4,5 °C ile + 90 °C arasındadır. Polietilenler yoğunluklarına göre alçak orta ve yüksek olmak üzere üç grubu ayrılır; bunlara çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen denilen bir dördüncü grup ilave edilebilir. Çok yüksek molekül ağırlıklı polietilenin yoğunluğu orta ila yüksek yoğunluk arasındadır [12].

II.1.4.9. Polipropilen (PP)

Alçak yoğunluklu bir reçine olan polipropilen tabii olarak yarı saydam ve süt beyaz rengindedir. Ayrıca çok iyi boyanma kabiliyeti vardır. Genellikle malzemenin sınırlı ısısal; kimyasal ve elektriksel özellikleri ve orta derecede mukavemet vardır; bu son özellik camı elyafı ile kuvvetlendirme ile iyileştirilebilir. Polipropilenden yapılan elyafı ile kuvvetlendirme ile iyileştirilebilir polipropilenden yapılan parçaların ömrü 120 °C' de beş sene, 110 °C' de 10 senedir. Pratikte saf, cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş, darbe mukavemetli ve köpük çeşitleri vardır. Polipropilen ilaç, kozmetik ve besin alanında kutu, şişe, kap vb. parçaların; köpük çeşidi ise mobilya veya koltuk yastıklarının yapımında kullanılır [12].











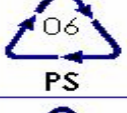
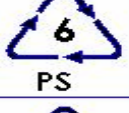
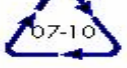
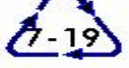
II.1.4.10. Polivinil klorür (PVC)

Vinil polimer ve kopolimerleri arasında polivinilklorür (PVC) en çok kullanılanıdır. PVC çeşitli yumuşatıcı, kuvvetlendirici stabilizatör, darbe değiştirici ve yağlayıcı maddelerle takviye edilerek değişik özelliklere sahip olarak elde edilir. Bu bakımdan rijid ve esnek olmak üzere iki önemli sınıf oluştururlar; ayrıca saydam ve opak gibi çeşitleri vardır. Bunun yanı sıra darbe ve yırtılma mukavemetini, eğilme sıcaklığını ve işlenme kabiliyetini iyileştirmek için ABS, akrilik, poliüretan gibi polimerlerle harmanlanır. Kullanım alanları; bilgisayar disket kabı ve kredi kartları, suda yüzen malzemeler verilebilir.

II.1.5. Polimerlerin Geri Dönüşüm Sembolleri

Tablo II.3.'de polimerlerin geri dönüşümleri şekilleri ve rakamların ne anlam ifade ettiği gösterilmiştir. [13].

Tablo II.3. Polimerlerin Geri Dönüşüm Sembollerin Gösterimi

	CEN Kurulu Kararı CEN WI 261 070	EU Kurulu Kararı 97/129/EC	APME Durumu
Polietilen Teraftalat		1 PET	
Yüksek Yoğunluklu Polietilen		2 HDPE	
Polivinil Klorür		3 PVC	
Alçak Yoğunluklu Polietilen		4 LDPE	
Polipropilen		5 PP	
Polistiren		6 PS	
Diğer Polimerler		7-19	

Tablo II.4. Bazı Termoplastik Malzemelerin Darbe Davranışı [12]

Malzeme	- 20	- 10	0	+10	+20	+30	+40	+50
Polistiren	A	A	A	A	A	A	A	A
Polipropilen	A	A	A	A	B	B	B	B
Akrilikler	A	A	A	A	B	B	B	B
Poliasetal	B	B	B	B	B	B	C	C
ABS	B	D	D	CD	CD	CD	CD	D
Alçak yoğunluklu- polietilen	D	D	D	D	D	D	D	D

1. A Gevrek : Çentiksiz numuneler dahi kırılır.
2. B (Çentikli Gevrek) : Sivri olmayan çentikli numuneler gevrek olmakla beraber çentiksiz durumda kırılmaz.
3. C (Çentikli Gevrek) : Sivri çentikli numuneler gevrek davranır.
4. D Tok : Sivri çentikli numuneler dahi kırılmaz.

II.1.6. Levha İçin Kullanılan Plastik Malzemeler

Sıcak biçimlendirme işleminde imalatın yapısı bakımından yalnız levha halindeki termoplastikler kullanılabilir. Fakat daha ziyade değişik özelliklere sahip belirli olanlar kullanılır. İmal edilen levha plastiklerin biçimlendirme özelliği büyük rol oynar. Pek çok biçimlendirme işlemleri, haddeden geçirilmiş veya basılmış levhalardan yapılır. Çünkü bunların fiyatı çok düşüktür. Bu gibi levhaların ısıtıldığı zaman bir doğrultuda çekme eğilimi vardır. Bunları ısıtırken ve biçimlendirirken bir çerçeve veya plaka içinde kuvvetle tutmak gerekir. Dökülmüş levhalar, ısıtılma esnasında çok az veya hiç biçim değiştiremezler ve bunlarla yüzey görüntüsü çok

berrak ve iç gerginlileri daha az olan parçalar imal edilir. Ancak bunlar pahalıdır. yalnız bu özelliklerin önemli olduğu yerde kullanılır.

Sıcak biçimlendirmede en çok kullanılan plastik yüksek tesirli polisitirendir. Bu levhanın fiyatı çok düşüktür ve fevkalade biçimlendirme özelliği vardır. Saydam parçalar için her ne kadar elverişli değilse de, yarım saydam olmayan bütün renkli parçalar yapılabilir.

Selülozlar, yüzey görüntüsü berrak, havaya karşı dayanıklı olduğu için ambalaj ve teşhir etme işlerinde geniş çapta kullanılır.

Akrilikler, bilhassa döküm akrilikler fevkalade berrak, havaya karşı dayanıklı ve parlak renkli olduklarından otomobillerin ön camlarında açık havadaki ilanlarda en çok kullanılan malzemelerdir. Pahalı olduklarından bu özelliklerinden istenmediği yerlerde kullanılmazlar [12].

Rijit vinillerin, çok iyi uzama özelliği ve plastik hatırası vardır. Bunlar prototip çalışmalar için kullanılır ve bozulmuş modeller tekrar sıcak biçimlendirilebilir.

ABS plastikleri, sıcak biçimlendirmede kullanılan gereçlerin belki de en dayanıklı olanlardır. Bunlar çoğunlukla, taşıma kaplarının, otomobil çamurluklarının ve kayıkların yapımında kullanılır.

Isıl şekillendirme ile, hemen her türlü termoplastikler işlenebilir. Ancak;

1. Çabuk ısınma ve soğuma sağlayan, özgül ısı değeri düşük, tercihen amorf plastikler.
2. Yüksek ısı iletkenliği olan köpük malzemeler bu teknik için uygun değildir. Buna karşılık,
3. Yüksek molekül ağırlıklı (böylece yüksek viskozite değerli olup aşırı inceleme ve yırtılma yapmayan) polimerlerin bu yöntem için en uygun olduklarını belirtmek gerekir.

Isıl şekillendirme ile işlemede en çok kullanılan bazı termoplastikler ve kullanım önerileri, Tablo II.5.' de verilmektedir [10].

Tablo II.5. Isıl Şekillendirme İle İşlemede En Yaygın Kullanılan Bazı Termoplastikler [10]

Termoplastikler	Kullanım / Bazı Öneriler
PS	Kristal PS'de mekanik ve optik özelliklerde iki yönlü yönlendirme olur. Antişok PS'de işleme kolaydır ancak yüzey, işleme sonucu matlaşır ve çevre koşullarına uyum azalır, köpük PS, mekanik işlenmelidir.
Akrilonitril-S	Antişok PS'den daha yüksek darbe dayanımlıdır.
PVC	Kolay işlenir.
Polimetilmetakrilat	Kolay işlenir, çok iyi saydamlık derecesi ve çevresel koşullara iyi uyumu vardır.
PE	Yüksek spesifik ısıları, kristal yapıları ve küçük ısıl geçirgenlik değerleri ile ; zor işlenirler.

II.1.7. Termoplastik Levha Ekstrüzyonu (Kalenderleme)

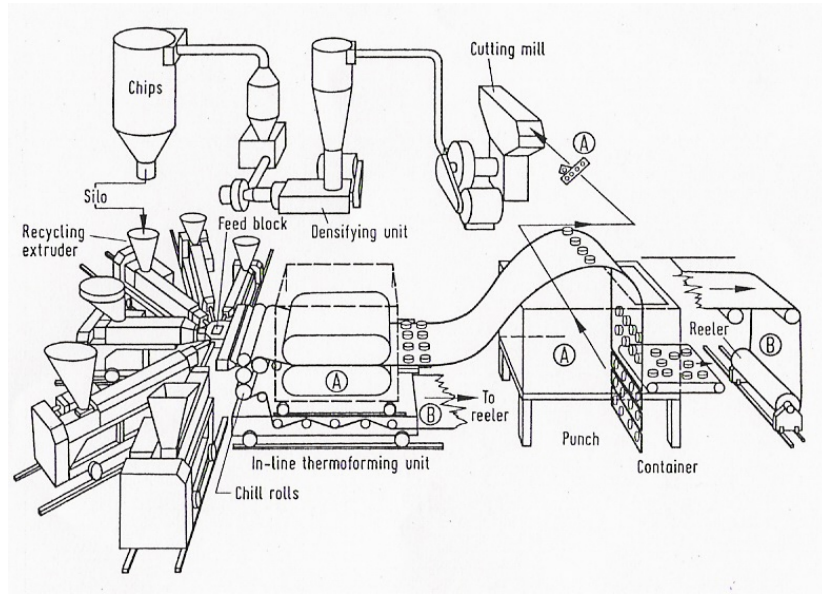
II.1.7.1. İşlem

Plastik sanayiinde pekiştiricisiz film ve levhaların üretimi ile cam veya kumaş dokuların kaplanması için uygulanan bir yöntemdir. Günlük yaşamda görülen duvar kağıtları gösteri ekranları , bagaj ve kredi kartları , çeşitli ambalaj malzemeleri, reklam panoları kalıpsız ekstrüzyonun tipik örnekleridir [8].

Esnek ve rijit PVC birleşimleri ile ABS, PE, PC gibi polimerler bu yöntemde kullanılan başlıca malzemelerdir.

Kalıpsız ekstrüzyon süreci karıştırıcılı bir eritme cihazından alınan termoplast hamurunun gittikçe sıklaşan merdane çiftleri arasından geçirilmesi ve sabit gergili bir sarma mekanizması ile elde edilen ince levha filmin sarılmasından ibarettir [8].

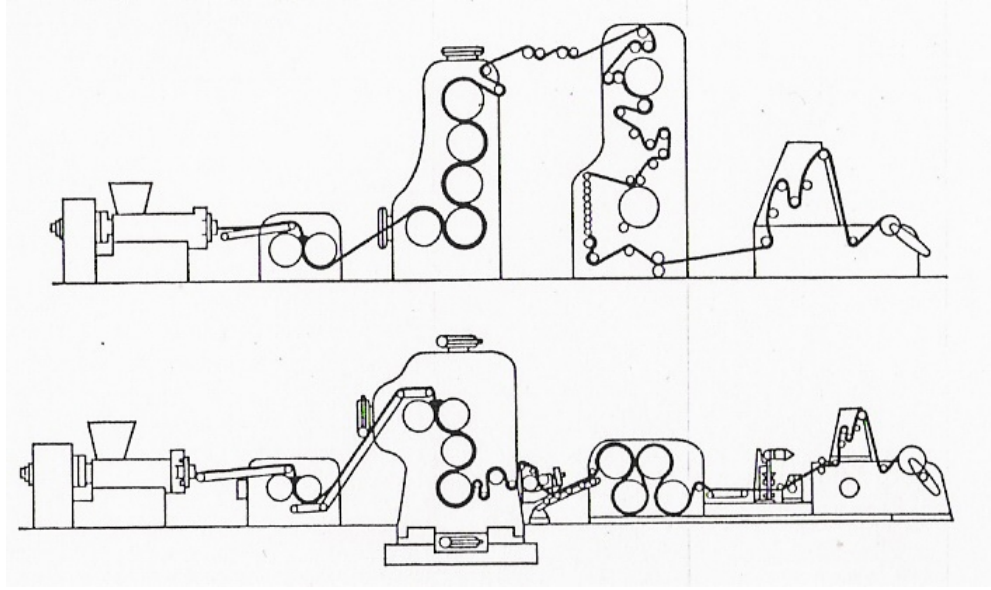
İşlemede genel olarak dörtlü veya yedili merdane sistemleri kullanılır. dörtlü sistem “Z” düzeninde, yedili sistemde üçü dik, dördü yatay olan “L” düzeninde merdaneler dizisinden ibarettir. Şekil II.5.’de dört merdaneli tesis şeması görülmektedir. Kullanılan merdane çapları 70-80 cm, merdane boyu 213-254 cm olup merdaneler arası basınç cm başına 200-900 kg kadardır. Merdaneler dökme demirden, iç kısmında sıcaklığın kontrol altında tutulması için akışkan dolacak şekilde kanallar açılarak yapılmışlardır. Bu kanallar merdane ortasındaki ana kanala bağlanmışlardır [8].



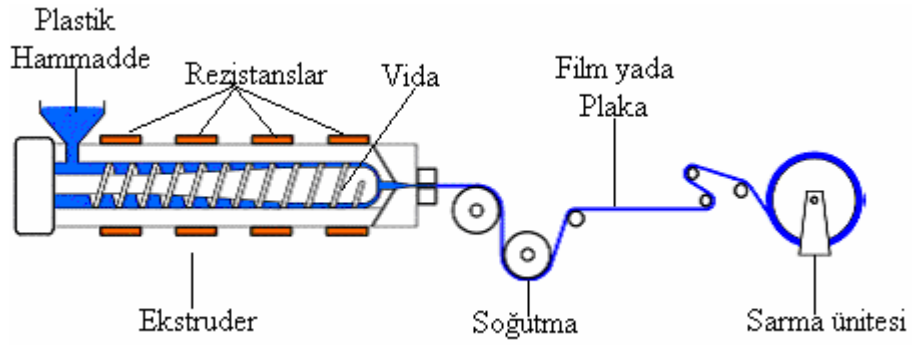
Şekil II.5. Levha Ekstrüzyon [14]

PVC için merdane yüzey sıcaklığı 160-230 °C arasında tutulur. Merdane hızları ve güç esnek PVC için tipik bir makinada karşılıklı olarak 100-110 metre / dakika ve $559.5 \text{ kJ} / \text{s} \rightarrow (750 \text{ HP})$ dir [8].

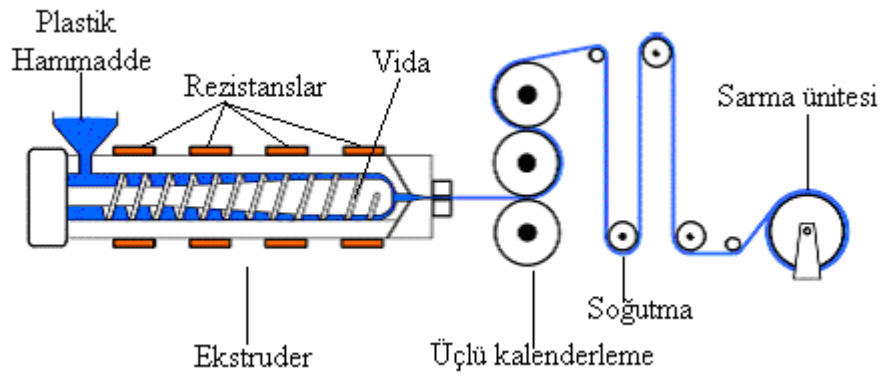
Kalıpsız ekstrüzyon ile 0.05-1.3 mm kalınlık aralığında, 200 cm eninde film ve levha yapmak mümkün olmakla beraber cidar değişimi tolerans dışına çıkar [15].



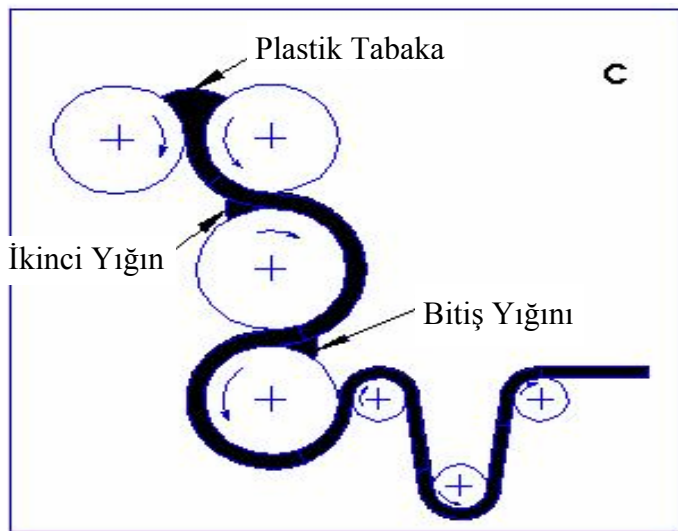
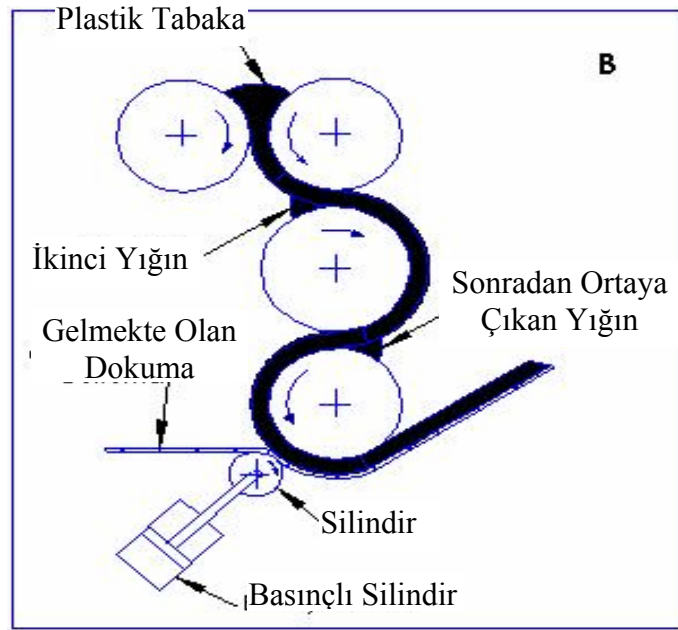
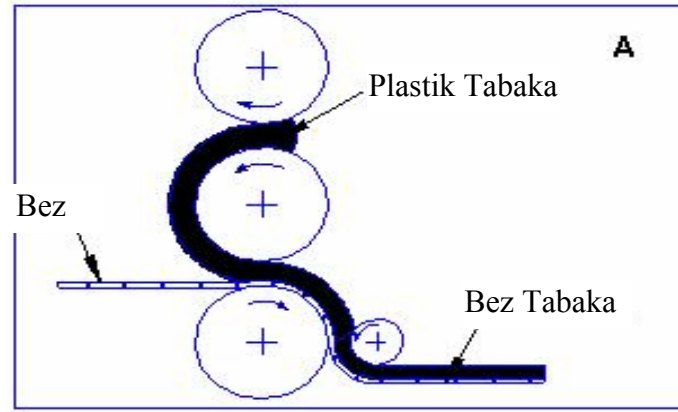
Şekil II.6. Kalenderleme Sistemi [10]



Şekil II.7. Basit Film Ekstrüzyonu Sistemi [14]



Şekil II.8. Basit Kalenderleme Sistemi [14]



Şekil II.9. Basit Kalenderleme Yöntemi[10]

II.1.8. Termoplastik Levhada Çekme

II.1.8.1. İşlem

Belli termoplastik gereçler, aynı saclar gibi, hatta saclardan daha iyi olarak preste çekilebilir. Bu amaçla plastik gereç, önce kuru veya ıslak olarak, örneğin, sıcak suya daldırılarak veya doymuş buhara tutularak ısıtılır. Bundan sonra plaka halindeki bu gereç çekme kalıbına yerleştirilir ve çekme işlemi sonunda istenen biçimde parça elde edilir. Soğutma, su püskürtülerek veya kalıpta bulunan kanalların içinden soğuk su dolaştırılarak yapılır. Gereç sertleşince biraz büzülür ve parça kalıptan kolayca dışarı alınır [2].

II.2. PLASTİKLERİN ISIL ŞEKİLLENDİRME İLE KALIPLANMASI

Termoform kalıplama plastiklerin şekillendirilmesinde kullanılan önemli yöntemlerden biri olup yöntem her geçen daha da genişlemektedir[16].

Bu yöntemle özellikle levha şeklindeki plastikler şekillendirilmektedir. Özellikle ilk yatırım maliyetlerinin diğer yöntemlere göre (enjeksiyon vb.) daha yüksek olması ve kullanım kolaylığı bu yönetime olan ilgiyi artırmaktadır[17, 18].

Birçok termoplastik levha, folyo türü plastikler yumuşayacakları bir sıcaklıkta esnek ve şekillenebilecek duruma getirilmek suretiyle kalıplamaya hazırlanır. Kalıplama tek tek besleme şeklinde yapılırken, sürekli besleme şeklinde de ısıll şekillendirme ile (termoform) kalıplama yapılmaktadır [19, 20].

Isıl şekillendirme işleminin kalıplama aşamasında, kalıbın şekil ve kenarlarının şekli, yumuşatılmış plastik malzemeye aktarılır. Isı kalıp tarafından emildiği ve plastik soğuduğu zaman, plastik yeni elde edilen şekle yerleşecektir. Kalıbın kendisi plastiğin son şekli için belirleyici faktördür. Hava kabarcıklarının şekillendirilmesinde olduğu gibi, gerçek kalıp kullanılmadan şekillendirme yapılabilir. Ancak var olan termoform metotlarının % 95'i kalıp kullanımı gerektirir.

Kalıplama şekilleri olarak tek plastik levha, ko-extrüzyon ve laminatlar bu sistemde kalıplanabilmektedir. Özellikle enjeksiyonla kalıplama ile şekillendirilmesi zor olan çok katlı (katmanlı) plastik parçalar kolayca bu yöntemle üretilebilmektedir. Bu şekilde fiziksel ve kimyasal özellikleri

değiştirilebilen parçalar elde edilebilmektedir. Bu tip parçaların üretimi ısıll şekillendirme yöntemiyle daha ucuza imal edilir. Isıl şekillendirme yöntemiyle yarı otomatik, tam otomatik şekillendirme yapılabilmektedir. İnce, esnek plastik levha, folyolar mekanik olarak, vakumlu basınçla beraber veya diğere değişkenler vasıtasıyla şekillendirilir. Şekillendirilecek parçanın yüzey kalitesi ve parça et kalınlığı ayarlanabilir [19, 20].

Isıl şekillendirme termoplastik levha, folyo vb. yarı mamul haldeki plastiklerin şekillendirilmesinde kullanılan yaygın bir kalıplama yöntemidir. Malzemenin kalıpta dağılımı, parça, kalıp geometrisi ve şekillendirilecek yöntemle bağılıdır. Bu yöntemle levha, folyo ölçüsü ve kalıp toleranslarında önemli parametrelerdendir. Bu yöntemde kullanılan kalıplar;

1. Dişi kalıp,
2. Erkek kalıp,
3. Eşleştirilmiş kalıp olarak üç gruba ayrılır.

Bu üç temel kalıp tipinin kullanımı, bazı kalıcı farklılıklarla plastiğin şekillenmesini sağlar. Bu farklılıklar sadece kalıplama tekniğini etkilemez bunun yanında formlaşmış ürünlerin sonucunda da temel farklılıklar yaratır. Ürünlerin şekillendirilmesinde ne tip kalıp kullanacağına dair fikirler verir [21].

Her kalıp tipi, şekillendirilen parçaya aktardığı özel karakteristiklere sahiptir. Bu kalıplanan ürüne avantaj ve dezavantaj sağlar. Bu karakteristikler, kalıplanacak ürünün parçaları için, ne çeşit kalıp tiplerinin kullanılacağına karar verilmesini etkileyebilir.

Geçici veya deneysel kalıplar düşük maliyetle ürün üretmeyi zorlaştırabilir. Başka amaçlar için kalıplar uzun ömürlü, yüksek hacimli ürünlerin yapımında kullanılır.

Diğere endüstriyel işlemler gibi sıcak biçimlendirme, özellikler nedeni ile, belli bazı işler için uygundur. Her işlemin ekonomi ve tasarımı yönünden kendine özgü üstünlükleri vardır.

Ekonomik yönden düşünülürse sıcak biçimlendirme, düşük fiyatlı makineleri ve pahalı olmayan hızlı yapılabilen kalıpları gerektirir. Tasarım işleri tamamlanır tamamlanmaz imalata başlanılabilir. Tasarımda yapılması gerekli değişiklikler hızla bitirilebilir. Öte yandan, enjeksiyonla biçimlendirme çok pahalı

makineleri ve üzerinde kolaylıkla değişiklik yapılamayan kalıpları gerektirir. İmalata başlamak için bazen uzun zaman geçer. Enjeksiyonla kalıplamanın üstünlüğü ise; bu işlemde, biçimlemenin ham maddesi olan nispeten pahalı levha yerine daha ucuz olan toz veya granül halindeki plastik kullanılmasıdır. Kısaca denilebilir ki; eğer parça her iki işlemde de üretilebiliyorsa, çok sayıda yapım için enjeksiyonlu kalıplama ile, nispeten daha az sayıda yapılacaksa sıcak şekillendirme daha uygun olabilir.

Sıcak şekillendirme genel olarak, ileride çok sayıda kalıplanarak yapılacak işlere başlangıç olarak prototiplerin yapımında çok işe yarar. Biçimleri dolayısıyla seçilecek tek veya en uygun üretim metodunun sıcak biçimlendirme olduğu bir çok parçalar vardır. Buzdolabı kapak içleri gibi geniş alanlı parçalar için en uygun ve ekonomik olan işlem metodu sıcak şekillendirme değildir.

Kalıplanarak yapılmış bir ürüne daha önceden bir süsleme yapmak mümkün değildir. Halbuki biçimlendirilmeden önce plastik levha üzerine çeşitli işaretler, kabartmalar veya baskı yapmak, levhayı biçimlendirdikten sonra bunları bitirilmiş parça üzerinde bırakabilmek mümkündür. Biçimlendirilmiş parçalar iç gerilmelerden arınmış olurlar [12].

Isıl şekillendirme işlemindeki kalıplar iki fonksiyona sahiptir. Bunlar ısıtma, termoplastik levhanın şeklini alması için bir temel sağlamaktır. Şekillendirilecek levhanın kalınlığı, termal iletkenliği, özgül ısı, plastikteki nem miktarı ve ısıyla bozunma sıcaklığı şekillendirme işlemini etkiler. Plastiğin bu yöntemlerle şekillendirilmesini;

1. Infraruj radyon ısıtıcılarla,
2. Konveksiyonla ısıtma ile gerçekleştirilir.

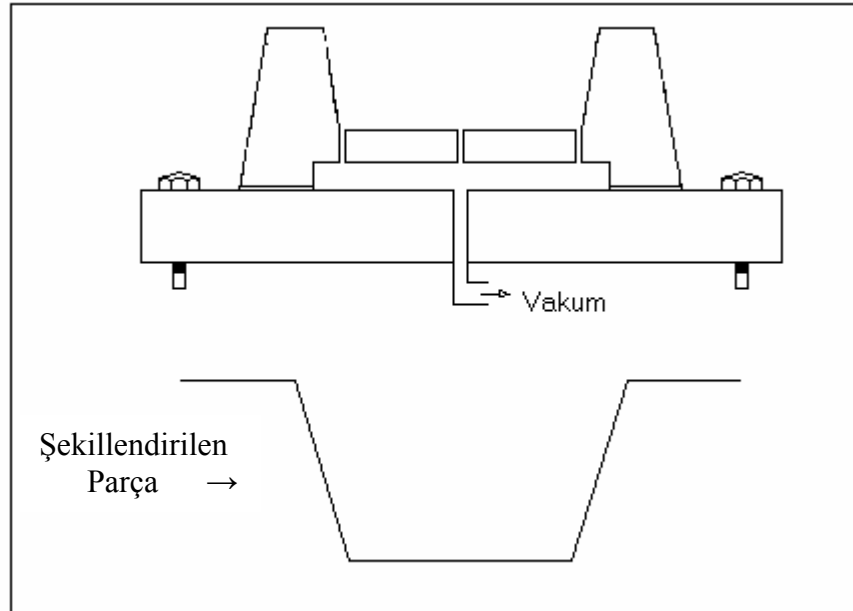
Diğeri ise soğutma olup, şekillendirilen plastikten ısıyı uzaklaştırılmasıdır. Her iki durumda da ısıl şekillendirmenin en iyi amacı kalıp ile max. yüzey temasına ulaşmaktır. En iyi yüzey kontakına sahip olmak, kalıplamada en ayrıntılı transfer ve soğutmada en yüksek verimi sağlar.

Isıl işlemde kullanılan kalıpların tekil ünitelerde kullanılmalarına tek kalıplar, belirli konfigürasyon gruplarında kullanılanlarına çoklu kalıplar adı verilir. Çoklu kalıpların en az iki üniteye, en çok 81 ünite veya fazlası gruba sahip

olabilirler. Kalıplar farklı kalıp konfigürasyonlarına sahip bir grup içerebilirler. Bunlara aile kalıpları adı verilir. Bir aile kalıbın içine birkaç farklı konfigürasyon kalıpları dahil etmek, benzer şartlar gerektiren ısıl şekillendirme işleminde bunların boyutları ve konfigürasyonlarında bazı benzerlikler olacağından önemlidir. Ayrıca aile kalıp ile üretilen çeşitli ürünlerin aynı müşteri isteklerine sahip olmaları da önemlidir. Eğer bu şekil bir durum yoksa, üründe bir oransızlık olacaktır. İstenmeyen çok fazla madde ayrılacaktır [19].

Otomatik ve işlem parametrelerinin kontrol edildiği üretimlerde, elle yapılan kalıplama işlemine göre daha hassas parçalar elde edilir. Elle yapılan kalıplama işleminde kalıplama parametreleri iyi kontrol edilememektedir.

Termoformla şekillendirilmiş parçaların kalıptan kolayca alınabilmesi, kalıplanması ve yüzeyinde kolay kayması için erkek ve dişi kalıba açı verilir.



Şekil II.10. Isıl Şekillendirmede Kullanılan Dişi Kalıp

Çıkma (kayma) açısı parçanın geometrisine bağlıdır. Derin bir parça için açının fazla olması gerekir. Bu açı parça geometrisine bağlı olarak 2-8 derece arasında değişir [20].

II.2.1. Şekillendirme Yöntemleri

Isıl şekillendirme işleminde çukur yapıyla oluşturulan bir kalıp ‘**dişi**’ kalıp olarak adlandırılır. Dişi kalıp kullanılarak ısıtılmış bir termoplastiğin ısıl şekillendirme işleminde termoplastik levha daima çukurun içine doğru itilir. Gerçek şekillendirme levhanın dış yüzeyine hava basıncı veya vakum kuvvetiyle, ya da aynı anda her iki kuvvetin uygulanmasıyla yapılır. En basit ısıl şekillendirme metodu, termoplastik maddeyi kalıp çukuruna itecek kadar bir vakum kuvveti uygulanmasıdır.

II.2.1.1. Dişi Kalıplar

Dişi kalıp kullanımı ısıtılmış parça üzerinde daima kalıbın karakteristik özelliğini bırakır. Dişi kalıplar genellikle açık ve alt kısmı geniş bir çukur şeklindedir. Bu tipik dişi kalıp yapısı ve ısıl şekil verilmiş parça *Şekil 1*’de gösterilmektedir. Plastik levhanın gerçek şekillendirilmesi, levhanın belirli bir alanının daha büyük kalıp çukuru alanı içine gerdirilmesi ile oluşturulur. Temel olarak termoplastik levha maddesinin gerçek gerginliği çukur çevresinin dışı ile sınırlandırılır. Bu soğutma etkileri ve kalıbın levhayı tutma yeteneğinden dolayıdır.

Aynı anda levhadaki tüm gerginlik kalıp çukurunun çevresi boyunca olacak ve bunun sonucu sağlam ölçekli bir azalma olacaktır. Şekillenen kısmın dudak payı ölçek kalınlığıyla ölçüldüğü zaman, ölçümün çok ince olduğu farz edilebilir. Şekillendirmedeki gerginlikten dolayı olan ölçek azalması kalıbın derinliği ile orantılıdır. Kalıp çukurunun daha derin olması ısıl şekillendirme işleminde plastiğin kaplayacağı yüzey alanının daha büyük olması demektir.

Daha büyük yüzey alanı yan taraflarının daha incelmesine neden olacaktır. En son olarak dişi çukurun derinliği, gerginleşen plastik levhanın bir film zar görünüşüne ulaştığı noktaya (max. derinlik- çizgi oranının limiti) erişebilir. Hat safhada gergin plastik tamamen kopacaktır. Basit kalıp tipinde ideal derinlik-çizim oranı 1/1’de sınırlandırılmalıdır. 1/3 veya 1/4 oranları da mümkündür. Bu oran son zamanlarda 1/7 sınırına dayanmıştır. Isıtılmış plastik levha dişi kalıpla şekillendirilip kalıp tarafından soğutulduğunda hacmi büzülecektir. Değişik tip plastiklerin farklı büzülme oranları vardır. Büzülme şekillenen kısmı gerçek

kalıptan daha küçük hale getirir. Boyuttaki bu azalma genellikle şekillenen kısmı kalıp çeperlerinden dışarı iter. Bu büzülmenin etkisinden dolayı dişi kalıplar çok küçük çeper duvarı açılımlarına sahiptirler [19, 21].

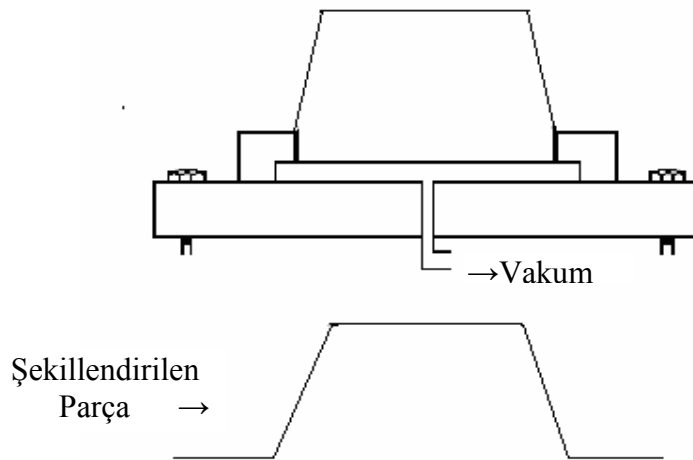
II.2.1.2. Erkek Kalıplar

Erkek kalıp, dişi kalıbın tamamen tersi bir şekildedir. Çukur konfigürasyonu yerine, çıkıntılı şekildedir. Erkek kalıplar dişi kalıplara göre daha çok seçilirler, çünkü bu kalıbın şekillendirilmesi ve üretimi daha ucuz ve daha kolaydır. Çoğu durumda, erkek bir kalıba şekil vermek bir çukur oluşturmaktan daha az maliyetlidir. Erkek kalıp kullanarak yapılan ısıl şekil verme işlemi genellikle serme (kaplama) formlama ile yapılır. Isıtılan termoplastik levha kalıp çıkıntısı üzerine serilir ve sonra onun şeklini alması için bir kuvvet uygulanır. Erkek kalıp kullanarak yapılan ısıl şekil verme, dişi kalıbın tersi bir madde dağılımı üretir. Tipik erkek kalıp ve bunun sonucu olan madde dağılımı Şekil 2'deki gibidir. Şekillendirilen parçanın üst kısmı orijinal levhanın kalınlığına en yakın kısım olacaktır. Çoğu levhanın gerilmesi ve incilmesi yan taraflarda ve kenarlarda meydana gelecektir. Gerginlik arttığı zaman levha gerilir ve üst taraf yan satırlara doğru hareket eder. Üst tarafta yayılan levha miktarı yan tarafların kalınlığını dağılım ideal olacağı noktaya kadar artırır. En iyi madde dağılımı erişimi genellikle belirli bir kalıp şekliyle ve kalıp yüksekliğiyle sınırlıdır.

Erkek kalıpların kullanımı kabartı ambalaj üreticileri arasında çok kullanılır. Erkek kalıp kullanımıyla yapılan şekillendirme tekniği, dişi kalıplara göre daha ekonomiktir ve hızlı değiştirmeye olanak verir. Formlanmış kabartıda, baloncuğun en üstteki yüzey alanında en yüksek dayanım ve kenarlarında da minimum kalınlık elde edilir. Kenarların düşük dayanımı paketi zayıflatır. Erkek kalıplama birkaç ısıl işlem metoduyla sınırlı değildir. Hemen hemen tüm şekillendirmeler ya dişi ya erkek kalıp tipleriyle yapılır. Erkek kalıplarda, çoklu kalıp desenleri kullanıldığı takdirde ısıl şekil verme işlemi zorlaşacaktır. Bireysel erkek kalıplar arasındaki boşluk bulunmalıdır. Eğer yeterli boşluktan daha az boşluk kullanılırsa, istenmeyen karışıklıklar veya kırışıklıklar kalıplar arasında oluşur. Erkek kalıplar arasındaki boşlukların artırılması veya yardımcı dayanakların kullanılması erkek kalıplar arasındaki istenmeyen kırışmaların etkisini azaltacaktır. Erkek kalıpların diğer bir dezavantajı, şekillendirilen parçanın

serbest bırakılmamasındaki hassasiyettir. Erkek kalıpla şekillendirmede, derinlik mesafesi ve küçük sivrilme açıları belirli sorunlar oluşturur. Gerçek boyutsal büzülme, şekillenen parçanın kalıp üzerinde sıkıştırılmasına neden olacaktır. Kenar incilmesi olmaması ve derinlik mesafe konfigürasyonu, yapışma o kadar sıkı olacaktır ki şekillenen plastik parçanın kalıptan ayrılması kolay olmaz. Şekillenen parçanın ayrılmasındaki zorluk derecesi erkek kalıbın yükseklik veya derinliği ve kenar açılarıyla doğru orantılıdır. Genellikle 10 dan küçük açılar, soyulma ve ayrılma zorlukları ortaya çıkarır. Bazı durumda erkek kalıptan parçanın ayrılması mekanik iticiler veya soyma çubukları yardımıyla gerçekleştirilir. Basınçlı hava da sık sık şekillendirilen parçayı erkek kalıptan ayırmak için kullanılır. Basınçlı hava kullanıldığında, bu işlemin sonuçlandırılması için ayrıntılı olarak her şeyi göz önünde bulundurmak gerekir.

Vakumlama için yapılan üflemede (basınçlı havanın üflenmesi), aynı delik ve tesisatın kullanımında genellikle zayıf ve kısmi üfleme sonucunu doğurur. Üflenen hava parçanın ayrılması için çok az faydası olan en az dirençli ve konsantreye sahip delik yollar arayacaktır. Bu durumda aşırı bir gürültü meydana getirdiği gibi bunun parçanın kalıptan ayrılması için hiçbir faydası olmayacaktır. Ayrı bir üfleme deliğine sahip sistem zayıf soyulma ve kalkma değişimini büyük oranda düşürür. Şekillendirilen plastik parçanın soyulmasında kullanıldığı zaman hava basıncının seviyesi de ayarlanmalıdır. Tabii ki bu istenmeyen etkilerin tümü kuvvetli oranda kalıp konfigürasyonuna ve kenar açlarına bağlıdır [19].

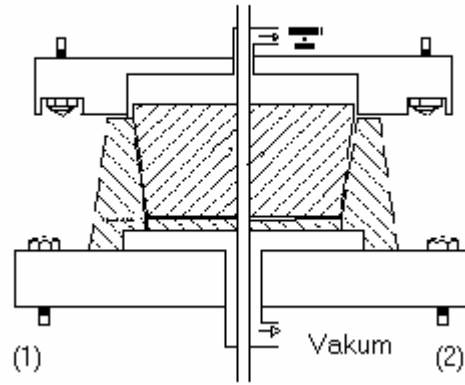


Şekil II.11. Isıl Şekillendirmede Kullanılan Erkek Kalıp

II.2.1.3. Karşılıklı (Eş) Kalıplar

Isıtılmış termoplastik levha bir eş erkek kalıp tarafından dişi kalıp içerisine sıkıştırılıp bir kuvvet uygulanır. Erkek ve dişi kalıplar arası kalıp aralığı üretilecek ürüne göre önceden tespit edilir ve termoplastik levha tarafından bu aralık doldurulur. Şekillendirme aynen çelik levha preslemesi gibi yapılır. Şekillendirme erkek kalıba sahip dişi bir kalıpla yapılır. Erkek ve dişi kalıp arasındaki ısıtılmış termoplastik levhayı presler ve plastik ortak bir kuvvetle kalıp aralığının şeklini alır. Karşılıklı kalıp ısıll şekillendirme işlemiyle yapılabilecek şekillerin ve şekil derinliklerinin bir sınırı vardır.

İki tip eş (karşılıklı) kalıplar vardır. Bunlar tamamen eş (karşılıklı) ve kısmi (karşılıklı) kalıplardır. Şekil II.10.'de bunlara ait kalıplar görülmektedir. Her bir kalıp tipinin kendisine ait yeri vardır. her biri farklı amaçlar için ürün çıkarırlar ve her biri farklı tip maddeler için yapılırlar. Her iki tip eş kalıplar erkek ve dişi kısımlar arasında mükemmel ayarlar olmalıdır. Bu ayarlar çok önemli olduğundan dolayı kalıplama adımları uygun paralel hareketlere sahip ekipman üzerinde yapılmalıdır [19].



Şekil II.12. Isıl Şekillendirmede Kullanılan Karşılıklı Kalıplar

1. Tamamen Eşleşmiş Kalıp
2. Kısmen Eşleşmiş Kalıp

II.2.1.4. Tamamen Eş (Karşılıklı) Kalıplar

Bu tip karşılıklı kalıpta, kalıbın erkek tarafı dişi tarafın ters kenar çizgilerini takip eder. Erkek ve dişi kalıplar arasında hacim farklılığı vardır. Bu, ölçülebilir bir aralık oluşturur. Genellikle ‘kalıp aralığı’ adı verilen bu aralık ısıtılmış termoplastik yaprak tarafından doldurulacak olan boşluktur. Erkek kalıp, mekanik olarak ısıtılmış düz termoplastik levhayı dişi kalıbın içine doğru bir kuvvet uygular. İki zıt kalıbın ezme hareketiyle, plastik levha kalıp aralığını doldurur ve kalıp kenarlarının desenlerine ve yüzey boyutlarına erişir. Bu tip karşılıklı kalıp uygulaması genellikle katı termoplastik levhalarda yapılmaktadır [19].

II.2.1.5. Kısmen Eş (Karşılıklı) Kalıplar

Kalıpların bu grubu, ısıl şekil alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Burada kalıp kenarları zıt kenarların şekilleriyle karşılaşmaz. Kalıpların konfigürasyonlarındaki farklılıkların sonucu büyük oranda değişebilir. Doğal olarak erkek ve dişi kalıplar arasındaki boyut değişimlerinin sınırları vardır. Bu ısıl şekil verme işlemini engellemez.

Kısmen karşılıklı kalıplar köpük termoplastik levhalar ve çiftli levha formlaşmasında daha popülerdir. Bir ısıl şekil verilmiş köpük ürünün her iki tarafında çok ayrıntılı yüzey oluşturmak için karşılıklı kalıp kullanılmalıdır. Aynı kenar şekillerini paylaşmayan kalıplarla, şekillenen parçanın iç ve dış tarafları için farklı dizaynların yapılması mümkündür. Örneğin; dışı yivli, içi pürüzsüz desene sahip bir köpük levha ile küçük bir pakete ısıl şekil verme işlemi yapılabilir. Bu durumda erkek kalıp düz satıha, dişi kalıp ise yivli desene sahip olacaktır. Bu paketin duvar kesiti köpük yoğunluğu farkını gösterir. Az olan yoğunluk yivleri oluşturur. Aynı anda yiv desenleri arasındaki köpüklü alan sıkışacak ve bu yüzeyde en büyük yoğunluğu gösterecektir. Kalıp aralığı o kadar küçülür ki orijinal köpük madde esnek bir maddeden biraz daha fazla sıkışır. Yumurta kartonunun yumurta çukuru kısmında erkek ve dişi kalıplar daha geniş kalıp aralıkları oluştururlar.

Çıkıntı yapılan veya oyulan harflere sahip bir kalıp kısmen karşılıklı kalıptır. Oyulan yüzeydeki işaretler genellikle zıt kalıp yüzeyiyle karşılıklı

değildir. Ve bu oyulmuş alanda aralığın (iki kalıp arası boşluğun) geri kalan kısmında daha büyük bir boşluk yaratır. Çıkıntılı işaretlerin olduğu durumda, kalıp aralığı desen tasarımının veya harflerin yüksekliği tarafından düşülür.

Birbirine karşı çok büyük farklılık gösteren şekilli kalıplar, iki çift levhanın ısıtılma işlemi için çok sık kullanılmaktadır. Bu tip ısıtılma işlemi için iki zıt kalıbın en uçları tamamen farklı konfigürasyona sahip olmalıdır. İkiz levhalı ısıtılma işlemi tek bir levha yerine iki levha ile başlar. İki levha birbirinin tam üzerindedir ve mengene ile sıkıştırılmıştır. Birlikte yerleştirildiklerinden dolayı ısıtılmaları, bir levhanın ısıtılmasından daha uzun zaman almaktadır. İkiz levhaların şekillendirme işlemi için uygun ısıtıldıkları zaman, iki zıt kalıp yapısı bunlara yaklaşır. İki levha arasına şırınga yerleştirilir. Bu şırınga atmosfere açılır veya basınçlı hava harflerine bağlanır. Kalıplara vakum uygulandığı zaman bu şırınga ikiz levhayı kendi tarafına çekecektir. Şırınga boyunca basınç uygulanırsa aynı sonuç oluşacak ve plastik kendi etrafındaki kalp kenarlarına doğru kuvvet uygulayacaktır. İki şekillendirme tekniği arasındaki tek fark şudur; Basınçlı şekillendirme yaklaşımı iki levha maddeyi birlikte ve hava geçirmez halde tutmak için iyi bir sıkıştırma ve güçlü kuvvet gerektirir.

II.2.2. Şekillendirme Kuvvetleri

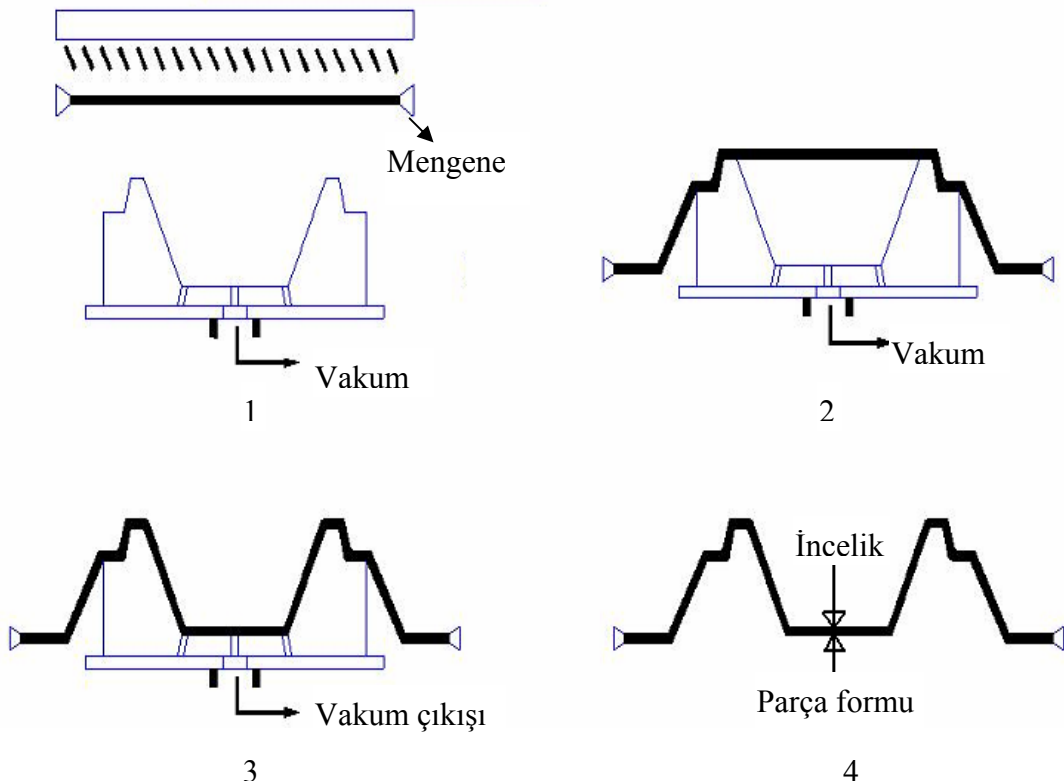
Isıtılmış termoplastik levhayı kullanışlı bir ürün şekline dönüştürme işlemi, operatör levhayı gerçek kalıp konfigürasyonu farz etmek için zorlar. Düz bir levhayı farklı bir şekle dönüştürmek için harici kuvvetler uygulamak zorundadır. Bu kuvvetlerin enerji seviyeleri ayarlanabilir olmalıdır ki plastik levhaya zorlanmış şekil alabilsin yada yeni şekline şiddetle sokulsun. Bu şekillendirme kuvveti hafif bir kuvvetten, artan güçlü bir şekillendirme enerjisi boyunca uygulanabilmesine izin veren bir orana sahip olmalıdır. Doğal olarak güç, kalıbın ve ekipmanların yüksek kuvvetlere dayanabilme ve uygulanabilme yetenekleriyle sınırlıdır.

Isıtılma işlemi için yaygın olarak kullanılan kuvvetler vakum, basınç, karşılıklı (eş) kalıplar ve bu üçünün kombinasyonudur. Belirli bir ısıtılma işlemi için kullanılacak kuvvet seçiminde ürünün boyutu, üretim adedi ve istenen işlem hızı belirleyici rol oynar. Yukarıdaki kriterlere ek olarak

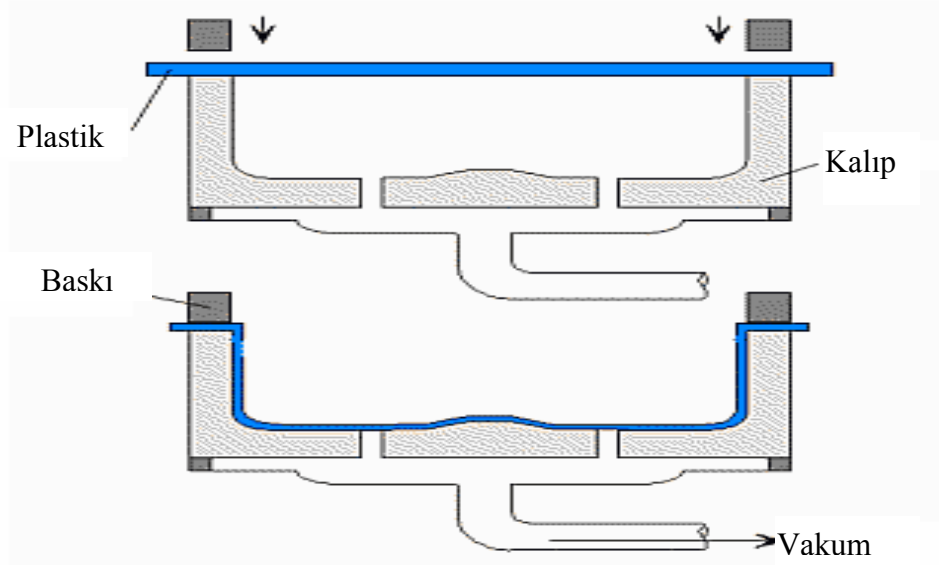
aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı termoplastik levha, maddenin limitleri, kalıp maddenin dayanımı ve kullanılabilir ısı şekil ekipmanları bunlardan herhangi biri kuvvet seçiminde bir değişikliğe yol açabilir [19,21].

II.2.2.1. Vakumla Kalıplama

Vakumla kalıplama sıcak biçimlendirmenin en çok kullanılan türüdür. Vakumla kalıplama genellikle girintili ve çıkıntılı olup da diğer metotlarda kalıplanmayan parçaların üretilmesinde kullanılır. Önce, kalıplanacak parça biçimine uygun olarak hazırlanan kalıp üzerine ısıtılan plastik levha gerdirilir. Gergin ve kalıba yapışık haldeki plastik levha, kalıp içerisindeki hava emilerek istenilen biçime gelmesi sağlanır Şekil II.9. gösterilmektedir [22].



Şekil II.13. Vakumla Kalıplama Metodu [1]

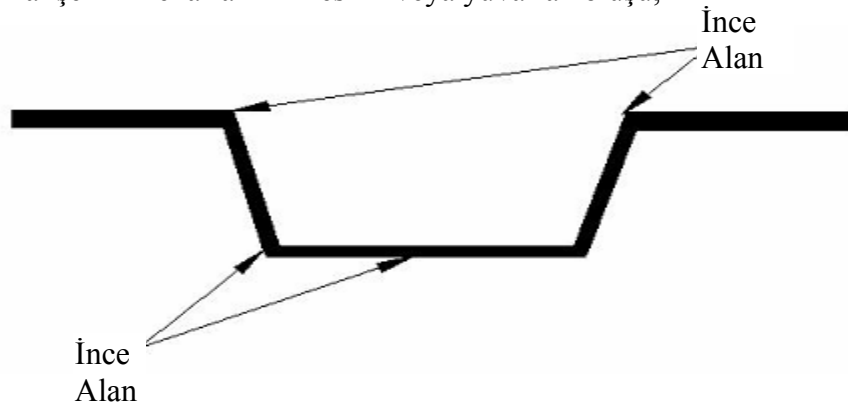


Şekil II.14. Vakumla Kalıplama Metodu [9]

Kalıplanan parça soğutulduktan sonra kalıptan alınır ve kenarlarında meydana gelen artık plastik düzeltme kalıplarıyla düzeltilir.

Vakum kalıplama metodu ile üretilen parçaların keskin köşelerindeki et kalınlığı, yan yüzeylerdeki et kalınlığından azdır Şekil II.10. gösterilmektedir. Vakumla şekillendirmede aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir [22] ;

1. İşlem aralığı, gerdirerek sündürmenin levha yüzeyine etkisi,
2. Hassasiyet ve malzemenin büzülmesi,
3. Yüzey kalitesi,
4. Kalıba vakum tatbik edildiği yarıkların düzeni,
5. Nihai şeklin kenarlarının keskin veya yuvarlak oluşu,



Şekil II.15. Et Kalınlığı Farkı [1]

II.2.2.2. İşlem

Isıyla yumuşamayan plastik bir levha bir çerçeve içine, ya etrafından sıkılarak bağlanır veya yalnızca kalıbın üzerine oturtularak tespit edilir. Levha yumuşayınca kadar yani plastik levha malzemesinin özelliğine uygun sıcaklığına kadar ısıtılır. Yumuşak plastik levha kalıbın çevresine iyice yapıştırılarak sızdırmazlık sağlanır. Kalıp boşluğundaki hava emilerek vakum elde edilir. Atmosfer basıncı, ısıtılmış levha bastırılarak onun kalıbın şeklini almasına sebep olur. Levha soğuyup sertleşinceye kadar vakum uygulanır. Kalıptan alınarak düzeltilir [1].

II.2.2.3. Vakumla Şekillendirme

Levha haline getirilmiş plastikler ısıtıldıkları zaman yumuşarlar ve yeniden şekillendirilirler. Bu şekillendirme mekanikli veya pnömatik olarak yapılabilir. Yeni verilen şekil termoplastik soğuduktan sonra, olduğu gibi kalır. Ve istenirse yeniden tekrar tekrar şekillendirilebilir. Mekanikli proses kalıp, hareket eden ve sabit makineleri içerir. Pnömatik proses ise vakum ve basınçlandırma işlemlerini içerir. Vakumla şekillendirme için malzeme ya granül veya levha halinde olabilir. Granül halindeki termoplastik ekstrüzyonla levha haline getirilebilir. Toz halindeki malzemeler ise ekstrüzyon, haddeleme, pres veya çekme ile levha haline getirilir [1].

Termoplastiklerin tümü ısıtıldıklarında yumuşayarak uzarlar: bu her plastik ve her şartta farklıdır. Plastiğin uzaması sıcaklığa, ısıtma metoduna, uzatma metoduna, kalıp malzemesinin seçimine ve kalıpta soğutma metodlarına bağlıdır. Bazı termoplastik levhaları esas alanları üzerinden % 500–600 uzayabilir. Bazı plastiklerde ise uzama ancak %15–20 arasındadır. Plastiğin uzama özelliğinden hareketle hangi malzemenin hangi plastiklerden ne kalitede yapılacağı anlaşılır.

Bazı plastikler şekillendirme sıcaklığında macunumsu bir şekil alırlar. Bu yüzden çok az bir basınçla kalıbın şeklini almaları mümkündür. Bazıları şekillendirilmelerinde direnç gösterirler. Bu tür plastikleri işlemek için kuvvetli ekipman ve makinelere ihtiyaç duyulur [22].

Termoplastiklerin erime sıcaklıkları bakımından ikiye ayırmak mümkündür. Bazıları yumuşadıktan sonra erirler. Bazıları ise yumuşamadan erirler. Yumuşamadan eriyen termoplastikleri vakumla şekillendirmek güçtür. Belirli bir noktadan sonra birkaç derece daha yüksek bir sıcaklıkta plastik eriyerek akar. Bu yüzden plastiği ısıtmak çok önemlidir.

Plastik levhanın sıcakken uzaması, kuvveti, direnci ve bozulması sıcaklıkla etkilendiğine göre, sıcaklık levhanın tüm alanı üzerinde düzgün bir şekilde dağılmalı ve optimum sıcaklık levhanın tüm kalınlığında aynı olmalıdır [22].

Plastik maddeler genellikle 20-25 °C sıcaklıkta depolanırlar. Şekillenecek malzemenin ısıtılması mümkün mertebe çabuk olmalıdır. Şekillendirilecek olan plastiğin ısıtılma hızı;

1. Levhanın kalınlığına,
2. Malzemenin termal iletkenliğine,
3. Malzemenin özgül ısısına,
4. İnfraruj ısıtıcısı kullanılıyorsa rutubet miktarı ve suyu emme özelliklerine,
5. Isısıyla bozunma özelliğine dayanmaktadır.

Vakum işlemi için levhaya hazır olarak alınır ve ısıtıldıktan sonra işlenir veya granül halindeki plastik ekstruderden levha haline getirildikten sonra işlenir. Bu son işleme şekli bazı problemler yaratır. Sistemin sürekli çalışması için levhanın ekstruderden çıktıktan sonra hemen kullanılması gerekir. Aksi halde birikme meydana gelir. Stok haline getirilen levhanın stoktan alınıp ısıtılarak kullanılması en uygun olan işlemdir. Levhanın ısıtılması iki şekilde yapılır;

1. İnfraruj radyant ısıtıcıyla ısıtma,
2. Konveksiyonla ısıtma [2].

Vakumla şekillendirmede kullanılan makineleri iki grupta toplamaktadır [22].

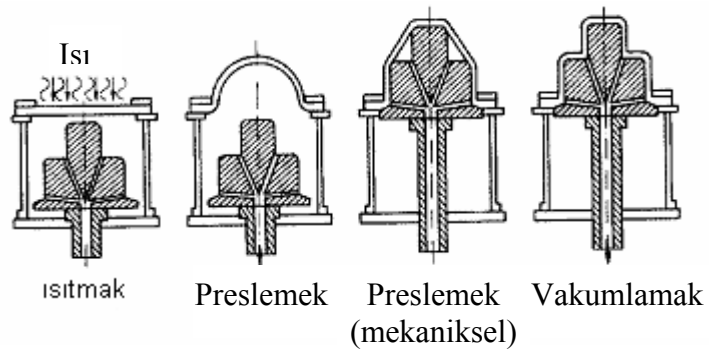
1. İnce rulo halindeki termoplastikleri işleyen sürekli rulo besleme makineleri,
2. Büyük ağır levhaları keserek işleyen makineler,

Keserek işleyen makineler 1.5 mm'den 13 mm'ye kadar olan levhaları şekillendirir. Bu tür makineler genellikle döner makinelerdir. Ve üç istasyonlu olanları en çok kullanılan tiplerdir. Bunlar yükleme, ısıtma ve şekillendirme istasyonlarıdır. Plastik madde döner yatay bir tablo üzerinden bir istasyondan diğerine aralıklı hareketlerle geçer. İkinci bir makinede tek istasyonlu olanıdır. Bu tür makinenin bir fırını ve bir de şekillendirme istasyonuna bir ray üzerinde otomatik veya elle ileri ve geri harekât eden bir pistonla taşınır. Sürekli rulo besleme makinesinde tabakalar, tepsiler, kutular vb. malzemeler yapılır. Rulo besleme makinesinde üretim daha fazladır. Fakat bu makinelerin kullanılmasında bazı sınırlamalar vardır. Bu sınırlamalar şunlardır;

1. 3 mm'den fazla kalınlıkta olan levha ve şeritler şekillendirilemez.
2. Malzemenin büyüklüğü ve ağırlığı sınırlıdır.

Rulo besleme makinesiyle şekillendirme iki türlü yapılır. Rulo halindeki hazır şerit veya levha makinenin merdanesine takılır ve ısıtıldıktan sonra şekillendirilir. İkinci metot ise şekillendirme makinesinin yanı başında levha çekimi için bir ekstruder bulunur. Ekstruderden çıkan levha soğutulmadan levha şekillendirme ünitesine nakledilir [1].

Levha birden fazla olan ısıtma istasyonlarına otomatik ve aralıklı olarak verilir. Isıtıldıktan sonra levhaya son şeklini verildiği istasyona aktarılır. Burada şekillenen levha, parça düzeltme istasyonuna alınır. Düzeltme istasyonunda çapak ve fazlalıklar alınır. Şekillendirme ve düzeltme istasyonları birbiriyle uyumlu olarak otomatik çalışırlar. Bazen düzeltme ve çapak elle de yapılabilir. Çok geniş çapta kullanılan bu işlem gayet ekonomiktir. Yarım kalıba ihtiyaç olduğu için bu kalıp çok ucuz malzemeden yapılabilir [14].

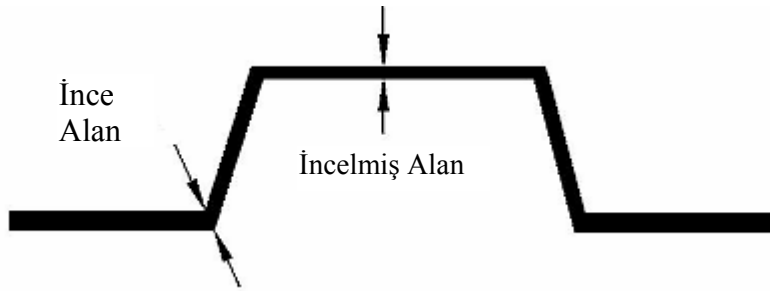


Şekil II.16.Vakumla Şekillendirme Yöntemi

II.2.2.4. Şekillendirme Metotları

Şekillendirmede kullanılan kalıplar erkek ve dişi olmak üzere ikiye ayrılırlar. Genellikle erkek kalıp piston gibi hareket eder. Vakum ve basınç, kullanılan şekillendirme vasıtalarındandır. Basınç ve vakum birer piston gibi hareket ederler ve levhayı dişi ve erkek kalıba doğru iter veya çekerler. Genel bir metot olarak vakum sadece dişi kalıp tarafından tatbik edilir. Vakum kalıba bir delikle bağlıdır. Bu deliğin büyüklüğü kalıplanarak şekillenecek termoplastiğin cinsine bağlıdır. Vakum ayrıca, kalıp üzerinde birikebilen havayı alarak şekillenecek levhanın, kalıbın yüzeyine iyi bir şekilde yapışmasını, oturmasını sağlar. Böylece kalıpla levha arasında iyi bir ısı transferi mümkün olur [23].

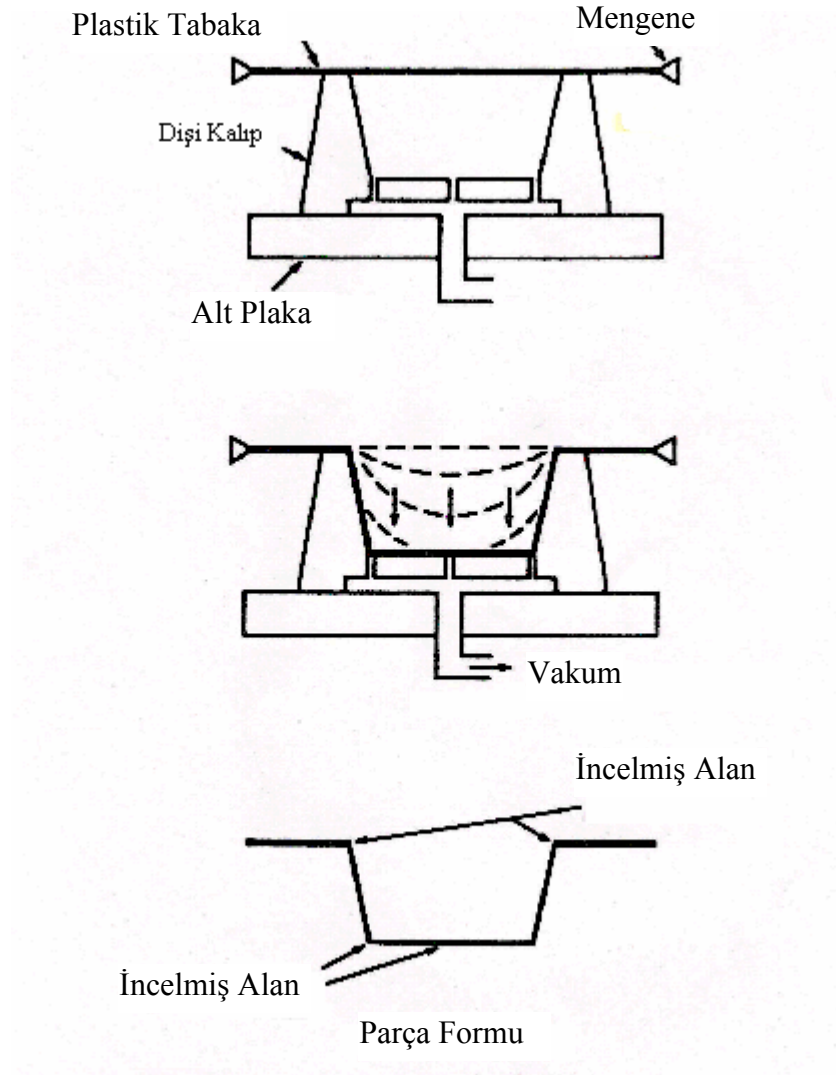
Kalıplar genellikle, ısıyı çabuk iletmesi bakımından alüminyumdan yapılırlar. Şekillendikten sonra plastiğin ısısı en kısa zamanda soğutulmalıdır. Soğutma işlemi, kalıp tabanına su vermekle yapılabildiği gibi, şekillendirme cihazının içerisinde su geçirmekle de mümkün olur [23].



Şekil II.17. Vakum Kalıplamada Et Kalınlığı Farkı [1]

II.2.2.4.1. Gererek Şekillendirme

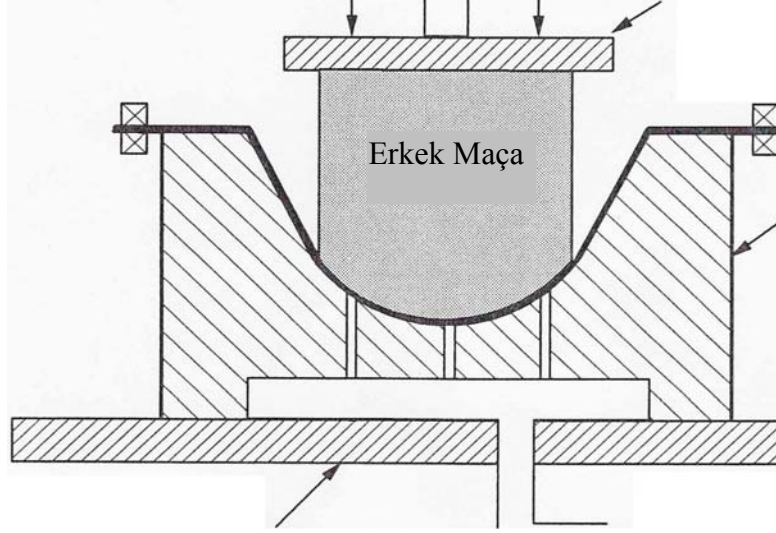
Plastik levha menteşelerle tutturulur ve ısıtılır. Levha erkek kalıp üzerine gerdirilir. Levha erkek kalıba doğru çekilir veya kalıp levhaya doğru itilir. Kalıp sıcaklığının kontrolü ve levhanın ısıtılması çok önemli ve dikkat edilmesi gereken hususlardır. Kalıp levhaya doğru itildiği zaman bir kalıplama (şekillendirme) meydana gelir. Erkek kalıbın altına vakum tatbik edilir. Levhanın kalıp üzerine gerilen kısmının kalınlığı orijinal kalınlığını muhafaza eder. Parçanın cidarları kalıbın üzerine gerilen levha ile alt kalıplama (şekillendirme) alanı arasında şekillenir [2].



Şekil II.18. Gererek Şekillendirme [1]

II.2.2.4.2. Presle Şekillendirme

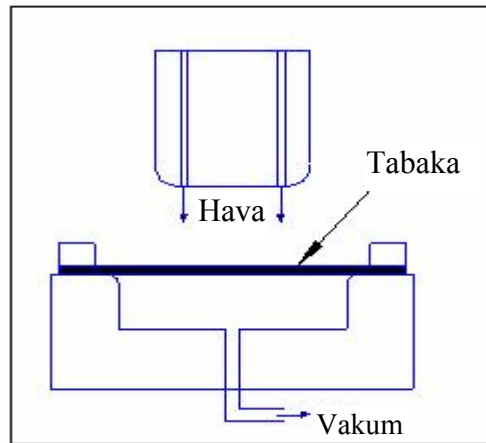
Birbirine benzer dişi ve erkek kalıplardan erkek kalıbın baskısıyla yapılan şekillendirmedir. Ağaçtan, metalden ve epoksi reçinesinden yapılan kalıpların arasına konulan levhanın preslenmesiyle şekillendirme yapılır. Isıtılmış plastik levha dişi kalıp üzerine yerleştirilir ve tutturulur. Kalıp kapanınca-erkek kalıp tarafından istenen şekil levhaya verilmiş olur. Sıkışan hava kalıp tahliye sisteminde dışarı atılır. Presle şekillendirmeyeyle istenilen hassaslıkta parça elde edilir. Ayrıca parça üzerine yazı yazmak mümkündür [2].



Şekil II.19. Presle Şekillendirme [1]

II.2.2.4.3. Basınçlı-Pistonlu-Vakum Şekillendirme

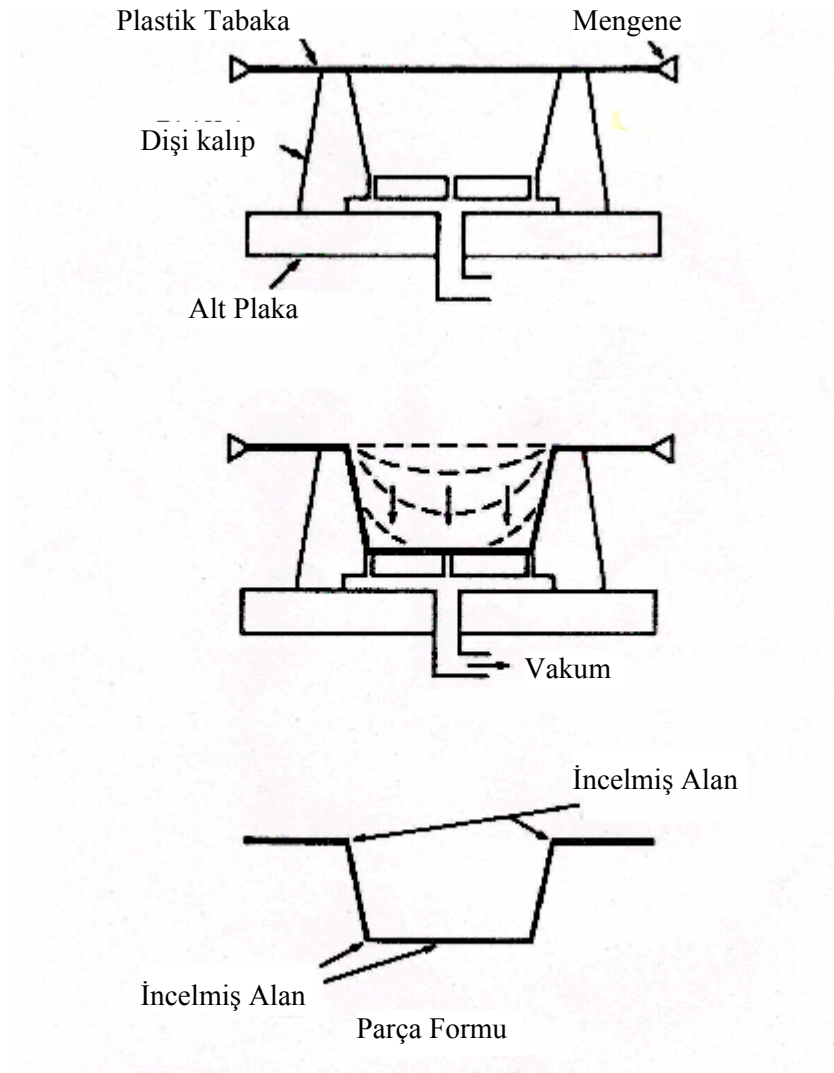
Plastik levha ısıtıldıktan ve dişi kalıp üzerine kalıplama (şekillendirme) yapacak şekilde yerleştirildikten sonra kalıp içerisine hava verilir. Basınçla levha bombeleşir. Bombenin şekli ve yüksekliği kontrol edilir. Bombe üzerine bir pistonla basılır. Piston en alt noktaya gelince, vakum tatbik edilerek parçanın son şeklini alması sağlanır [22].



Şekil II.20. Basınçlı, Pistonlu Vakum Şekillendirme [23]

II.2.2.4.4. Vakumla Kapmak Suretiyle Şekillendirme

Plastik levha ısıtıldıktan sonra, vakum kutusu üzerine yerleştirilir ve tutturulur. Alttan vakum tatbik edilerek plastik levhanın (parçanın) konkav bir şekil alması sağlanır. Vakum azaltılıp çoğaltılarak veya kapatılarak istenilen konkav şekil verilir. Erkek kalıp kapanırken vakum tatbik edilir. Dişi kalıbın altındaki vakum bozulur ve yerine atmosferik veya çok az pozitif bir basınç tatbik edilir. Bu şekilde bavul ve otomobil parçası gibi malzeme yapılır [23].



Şekil II.21. Vakumla Kapmak Suretiyle Şekillendirme [1]

II.2.2.4.5. Sürekli Olarak Vakumla Şekillendirme

Vakumla şekillendirme sürekli olarak, plastik madde ekstruderden geçirilip levha haline getirilerek yapılabilir. Levha ekstruderi terk ederken yumuşak ve vakum şekillendirmesinin istediği kıvamdadır. Vakumla şekillendirme kalıbı mümkün mertebe ekstruder ağzına yakın yerleştirilir. Kalıba vakum tatbik edilir, levha kalıbın şeklini alır ve soğur. Kalıp açılır. Operasyonun devamlılığı ekstruderden ağzına yerleştirilirken başka kalıplarla sağlanır. Kalıptan çıkan parçanın, düzeltme kısmında kalıp fazlalıkları alınır. Hurda malzeme tekrar kullanılır [24].

Vakumla şekillendirmeden önce, ekstruderden çıkan levha üzerine kabartma ve laminasyon yapılabilir [24].



Şekil II.22. Sürekli Olarak Vakumla Şekillendirme Operasyonu [25]

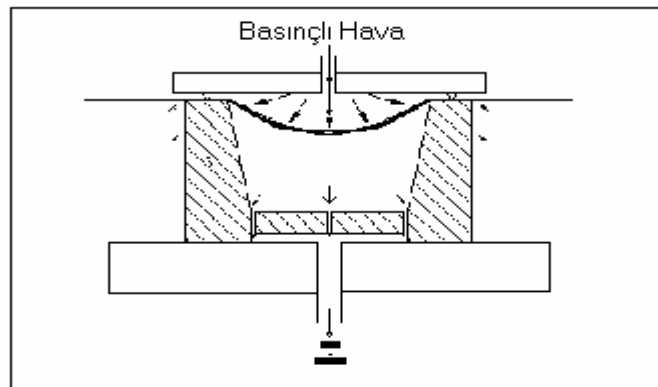
II.2.2.4.6. Basınçla Şekillendirme

Şekillendirme işlemini daha hızlı bir şekilde gerçekleştirmek için, vakum şekillendirmesinin uyguladığı kuvvetten daha büyük bir kuvvet uygulanmalıdır. Çünkü bazı plastikler (polistiren gibi) düşük vakum gücüyle şekillendirilmezler. Bu tür maddelerin şekillendirilmesi için yüksek dozda güç ve hız gerekir. Vakum şekillendirmesi bu tür maddelerin şekillendirilmesi esnasında çok zaman alacağı

gibi, maddenin tam şekillendirilmesi yüksek dozda hava basıncı uygulanarak elde edilir. Isıl şekillendirmeler, basınçlı şekillendirmenin kolaylıklarını kullanabilmek için gerekli olan birinci koşul, uygulanan basınç gücüne karşı dayanıklı kalıplar kullanmaktır. Zayıf maddelerden üretilmiş ya da uygulanan basınca karşı koyabilmesi için yeterince dayanıklı yapılmamış kalıplar basınçlı şekillendirmelerde kullanılmamalıdır. Aksi takdirde dayanıksız bir şekilde yapılan bu kalıplar basınçlı şekillendirme esnasında uygulanan basınç kuvvetine dayanamayarak patlayarak infilak edebilirler. Dökme alüminyum yada makineden şekillendirilmiş metal kalıplar istenilen dayanıklılığı sağlamaları açısından en çok tercih edilenlerdir. Ağaçtan ve alçıdan yapılmış kalıplar basınçlı şekillendirmede kullanılmamalıdır.

Basınçlı şekillendirme için gereksinim duyulan ikinci koşul ise; kapatılabilir basınç bölmeleri oluşturmaktır. Basınç bölmeleri, basınç levhaları ile kapatılan kalıp ağızlarının arasında elde edilebilir. Yumuşatılmış termoplastik levhanın kendisi basınç için bir conta olarak kullanılabilir.

Çok yüksek kalıplarda her kalıp boşluğu için bir basınç bölmesi yapmak gerekli olmayabilir. Bütün kalıp ortak bir basınç kutusuyla temin edilebilir. Bu kutular kalıbın içindeki bütün çukurlar için eksiksiz bir basınç bölmesi oluşturabilirler. Bunların, kalıbın parametresinin içinde oluşan ve kalıbı çevreleyen kapağın basınçlı şekillendirmelerde uygulanan hava basıncı kuvvetine dayanabilecek güçte olması gerekmektedir.



Şekil II.23. Basınçla Şekillendirme

Üçüncü koşul ise; ısı şekillendirme mekanizmasının, makine tahtalarını basınç kutusu kapağının ve kalıp tabanının arasında oluşan basınç kuvvetine dayanabilecek kadar güçlü bir şekilde tutmasıdır. Eğer makine tahtaları yeterli kuvvet uygulanarak tutulmuyorsa, oluşan basınç onları birbirinden ayırabilir. Daha aşırı durumlarda bu, ısı şekillendirmeye engel olabilir; daha düşük seviyelerde ısı sadece yüksek derecede ısıklık sesi oluşturur. Bu basınç kaybı ısıl şekillendirmenin kalitesini etkileyerek daha iyi ayrıntı elde edilmesini zorlaştırabilir. Kısacası şekillendirilmiş parçanın ayrıntılarını geliştirmek için daha yüksek basınç uygulamak durumu düzeltmez, çünkü yüksek basınç makine tahtalarının birbirinden ayrılmasına neden olur. Basınçlı şekillendirmelerde en iyi sonuç için basınç kullanarak başlanılmalı ve şekillendirme basıncını yavaş yavaş arttırılmalıdır. Tatmin edici parçalar elde edildiği zaman, basıncı daha fazla arttırmaya gerek yoktur. Bu metotla operatör, alet tertibatını minimum seviyeye indireceği gibi, basınçlı şekillendirmelerde yüksek dozda güç kullanımıyla yapılan şekillendirme işlemi termoplastiğin dişi çukur, elde etmek için aşırı dozda hava basıncı kullanarak zorlanmasıyla oluşur. İçerdeki havanın dışarı yeteri kadar çabuk çıkamamasından ve hava basıncının çok hızlı ve şiddetli olmasından dolayı, yüksek güç kullanımının etkisi sona erer. Kalıbın içine aralıktan doğru itilen levha, şişe ya da armut benzeri bir şekil olacaktır. Bu armut benzeri şeklin çıkıntı yapan kısmı, kalıp çukurunun taban kısmının karşısında, bütün deliklerini tıkayarak şekillenecektir. Bu çıkıntı ile şeklin dar kısmında hapsedilen havanın dışarı çıkması için hiçbir ihtimal yoktur. Bu hadise şekillendirilmiş parçanın üst kısmında çok önemsiz bir biçim bozukluğu yada eksik ayrıntının oluşmasına neden olacaktır. Ama yine de sonuç aynıdır. Hapsedilmiş hava yassı yastığa benzer bir şekil oluşturacaktır. Hava basıncının uyguladığı kuvvet azaltıldığı ve aşırı dozda uyguladığı kuvvet ortadan kaldırıldığı zaman ise bu istenmeyen sonuç tamamıyla ortadan kalkacaktır.

Basınçlı şekillendirme tekniğinin pratikteki en büyük avantajı, şekillendirme hızıdır. Basınçlı şekillendirme, şekillendirmeyi sadece kuvvetli hava akımının etkisiyle elde etmekle kalmaz, aynı zamanda bu etkiyi plastik levha kalıbının yüzeyinde ayrılmaya çalıştığı vakit de devam ettirir. Basınçlı şekillendirme çoğunlukla hapsedtiği havayı çıkarması için bir kenarı açık çukurla yapılır. Buna rağmen daha iyi sonuç ve daha hızlı hava boşaltımı için vakum tekniğine başvurmak en uygun olanıdır. Havanın çukurdan boşaltılması için

vakum kullanarak daha az güç harcanır ve daha ucuza mal olur. Basınçlı şekillendirme tekniklerinin, vakum boşaltımıyla birlikte kullanılmasıyla elde edilen şekiller daha standart ölçülerde olur [19].

Günümüzde yüksek hacimli ve daha hızlı üretimler sadece basınçlı şekillendirmelerde elde edilebilir. Daha iyi basınç şekillendirme koşulları elde etmek için ve üretici firmanın standart şekillendirme koşullarını elde edebilmesi için havaya ihtiyacı vardır. Basınçlı hava gereksinimini karşılayan hava kompresörü gerekli olan havayı fazlasıyla karşılamalıdır. Isı şekillendirme işleminin bir tane büyük kompresörle mi yoksa aynı basınç hattında iki aynı ve küçük kompresörle mi gerçekleştirilmesi gerekliliği hala tartışılan bir konudur. Uygun boyutlarda ve problemleri göz önünde tutulmalıdır. İşlemin gidişatında meydana gelecek herhangi bir değişime, bu esnada yanlış hava basınç sisteminin uygulanmasına neden olacaktır

Bir adet büyük kompresör tek bir kaynak sağlayacaktır, bununla beraber bir bozulma yada düzenli bakım esnasında işler tamamıyla duracaktır. Fakat iki adet küçük kompresör ünitesi kullanıldığında bir tanesi bozulsa bile sadece kısmi bir ekipman sıkıntısı yaşamayacaktır. Diğer kompresör ise en azından ekipmanın bir bölümüne gerekli havayı sağlayacaktır.

Basınçlı şekillendirmede kullanılan basınçlı havanın kuru olması da kesinlikle gerekli olan şartlardan birisidir. Çünkü kullanılan havadaki nem kullanılan teçhizatlarda paslanmaya neden olabilir. Sonuç olarak nem basınçlı hava ile işleyen silindirlerde birikir ve zamanla çoğalarak bu silindirlerin hareketini etkileyebilir. Harekette meydana gelen bu değişime ise silindirin içindeki pistonların dolaşımını sınırlar. Önceden tayin edilmiş hareketler, hapsedilmiş nem tabakası yüzünden değiştirildiğinde yada sınırlandırıldığında ısı şekillendirme makinesinin fonksiyonları, hatalı işlem koşullarına karşı koymak için değiştirilir.

Basınçlı havadaki nemin aynı zamanda kalıpların üzerinde de istenmeyen etkileri olacaktır. Kalıbın içine ve dışına doğru hareket eden hava, kalıbın metal parçalarının parçalanmasına da sebep olabilir. Bu paslanma özellikle alüminyum kalıplarda, beyaz toza benzer alüminyum oksit oluşarak gerçekleşir. Kalıba doğru onun küçük deliklerine ve vakum deliğine doğru gelen sabit hava hareketi bu pas artığını hapseder. Bundan başka, havadan taşınan yağ ve toz bu küçük deliklerde toplanır. Gerçekte tıkanma o kadar çoktur ki, kısa bir zamanda bütün delikler

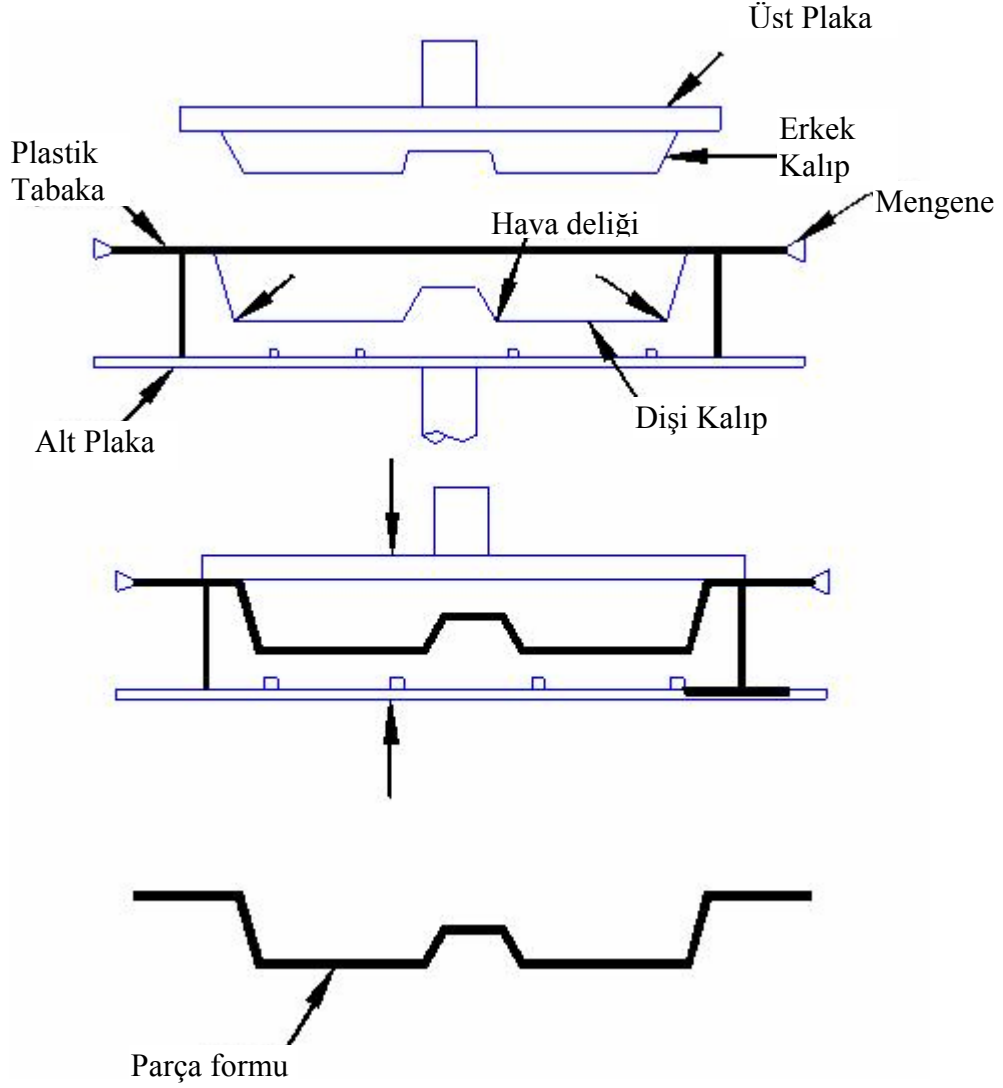
tamamıyla tıkanır. Deliklerdeki madde o kadar iyi birleşmiştir ki betona benzer bir şekil alarak deliklerin yeniden açılması imkansız hale gelir.

Böyle istenmeyen etkilerle ilgili önceki deneyimler, kalıplara ekstra delik açılması, periyodik buharlı temizleme, kalıpların bakımı ve onarımı, basınçlı havanın dolaştığı yerlere havayı kurutucu teçhizatlar yerleştirme gibi koruyucu önlemler alınmasını sağlamıştır. Isıl şekillendirme işleminde basınç kuvveti kullanılması bu üretim tekniğinin günümüzdeki halini almasını sağlamıştır [21].

II.2.2.4.7. Eşleştirilmiş Kalıplı Şekillendirme

Eşleştirilmiş kalıplı şekillendirme adıyla bilinen ısıl şekillendirme işleminde ısıtılmış ve yumuşatılmış plastik levha, şekilleri aynı olan ve karşılıklı duran iki adet yarım kalıbın arasında şekillendirilir. Eşleştirilmiş kalıplı şekillendirmelerde, ısıl şekillendirici, sabit metal saç presleme işlemini taklit eder. İki kalıp birbirine doğru kapanmaya başladığı zaman, onların hatları belirli bir şekil almasını sağlayacaktır.

Birbirine uyan kalıplarla kalıplamada kullanılan dişi kalıp ve dalıca zımba, arzu edilen ölçü tamlığında yapılır. Dişi kalıp ve dalıcı zımba, arasında kalan boşluk parça boyutlarında esas ana ölçüdür. Kalıplanacak plastik levha kalıp ağzına yerleştirilir ve gerdirilir. Dişi kalıp ve dalıcı zımba arasında sertleşen parça kalıptan alınır ve kenarları düzeltilir Şekil II.19. gösterilmektedir [14].



Şekil II.24. Eşleştirilmiş Kalıplı Şekillendirme

Kalıbın bir tarafındaki herhangi bir erkek çıkıntı plastiğin karşıdaki dişi tarafta şekillenmesi için mekanik olarak zorlayacaktır. Metal sac şekillendirme ve ısıllı şekillendirme Parça Formu en belirgin farklılık ısıllı şekillendirmelerde derinlemesine çekilmenin sınırlandırılmasının daha çok gelişmesidir. Isıllı şekillendirmelerdeki bu derinliğin gelişmesi, ısıtılmış termoplastik malzemenin bir çok metal levhaya nazaran daha yüksek boyutlarda gerilme özelliğine sahip olmasıdır. Isıllı şekillendirme, eşleştirilmiş kalıplı şekillendirme tekniğiyle yapılırken, şekillendirme makine merdanelerinin uyguladığı mekanik güçle elde edilir. Bu teknikte başarılı bir ısıllı şekillendirme yapabilmek için üç temel kriter göz önünde bulundurulmalıdır. Birincisi; makine merdanelerinin tasarlanmış

plastik parçasının şekillendirilebilmesi için yeterli mekanik enerji gücüne ihtiyaç duymalarıdır.

Makine merdanelerini hareket ettiren gücün, plastiği şekillenmeye teşvik etmek için yeterli kuvvete sahip olmaları gerekir. Doğal olarak daha geniş yüzey ya da daha karışık kalıp şekilleri yüksek merdane gücüne ihtiyaç duyarlar. Bu iki koşulda sağlandığı zaman işlem daha yüksek merdane gücüne gereksinim duyar. Plastik levhayı sıkıştırmak ve şekillendirme için kullanılan güç köpüren maddelerin ısı şekillendirilmesi yapılırken özellikle önem kazanır. Köpüren bir termoplastik levhanın, ısı şekillendirilmesi yapılırken çoğunlukla istenilen şekli alması için sıkıştırılması ve kalınlığının giderilmesi gerekir. Birçok kapalı hücreli köpüren termoplastik levha, bir ısıya maruz kaldıkları zaman infilak edecekler ve orijinal hallerinden daha kalın bir hale geleceklerdir. Bu artan kalınlık köpüren maddenin sıkıştırılmasına ve kalıptaki boşluğu doldurması için zorlanmasına izin verecektir.

Bununla beraber eğer köpüklü maddenin kalınlığı çok küçükse ya da doğal gerilme yoluyla kalınlığı düşürülmüşse, kalıptaki boşluk doldurulamaz. Bu olay meydana geldiği zaman şekillendirilmiş köpüklü nesnenin en azından bir kenarında kısmi ya da tam bir ayrıntı eksikliği ortaya çıkacaktır. Yarım kalıpların birbirine doğru yaklaşmalarına izin verildiği zaman, kalıptaki boşluk azalmış olacak ve azaldıkça ısı şekillendirilmesi yapılmış köpüklü maddenin duvar kalınlığı da en az seviyeye indirgenmiş olacaktır. Isıl şekillendirme işlemi tamamlanmış köpüklü ürünün duvar kalınlığının azaltılmasının, onun daha esnek olmasına ve yapısal gücünün azalmasına neden olduğu çok iyi bilinmektedir.

Ortaya çıkan bir problemi çözmek için bulunan çareler, aynı işlemin diğer yönlerinde farklı sonuçlara sebep olabilir. Modern aletlerin kullanılması bu tür problemlerin ortaya çıkmasını önleyecektir, çünkü günümüzde kullanılan ısı şekillendirme makineleri kendi boyutları için yeterli merdane tonajına sahiptirler ve her çeşit ısı şekillendirmeyi idare edebilirler.

Eşli kalıp şekillendirmesi için gerekli olan ikinci kriter ise hapsedilmiş havanın dışarı çıkmasına izin verilmesidir. Havanın çıkışının sağlanmaması, hava kabarcıklarının oluşmasına sebep olacaktır ki bu da ısı şekillendirmeyi engelleyeceği gibi kalıbın kapanmasına da izin vermeyecektir. Hapsedilmiş hava, daha fazla baskı uygulanamayacak duruma gelene kadar bastırılmalıdır. Isıtılmış ve yumuşatılmış termoplastik levha, kalıpların yüzeylerinin arasındaki hava çıkışı

çok düşük ve değişken miktardadır. Çukurdaki (boşluktaki) havanın çıkmasını sağlamak için, kalıbın çukur tarafına yeni hava delikleri eklenmelidir. Delikler genellikle direk olarak atmosfere açılırlar, fakat bununla beraber hava boşaltımında daha kesin sonuçlar elde edebilmek için, hava deliği kanallarına bir vakum eklenebilir.

Eşli kalıp ısı şekillendirmelerinde göz önünde bulundurulması gereken üçüncü kriter ise onun derinlemesine çekilmesinin sınırlandırılmasıyla ilgilidir. Şu çok açık bir şekilde görülecektir ki karşılıklı kalıpların arasında sınırlı bir gerilme elde edilir. Bu sınırlı gerilme ise sadece kalıp, geniş ve gittikçe incelen açılara sahip olduğu zaman gerçekleşebilir. Daha sık açılara sahip olan kalıplar termoplastik gerilmeyi, yırtılmayla sonuçlanacağı noktada sınırlandırılırlar, kalıp açılarındaki daha az diklikle, yırtılma ihtimali daha az olacaktır.

Eşli kalıplarda çok açık bir şekilde görülecektir ki, sınırlı gerilme sadece karşılıklı kalıpların arasında elde edilebilir.

Eşli kalıplarla, ısıl şekillendirmeyi yapan kimse, baskıyla şekillendirme tekniğini benimseyecektir. Bu tip ısıl şekillendirmelerde, şekillendirmeyi yapan operatör temel olarak basınçlı kalıplamayı taklit edecektir. Bu termoplastiğin bir noktaya kadar ısıtılarak, ısıtılmış plastik materyalin kalıp boşluğuna doğru sızmasıyla meydana gelir. Tıpkı basınçlı kalıplamada olduğu gibi, akıcı madde kalıptaki boşluğu doldurarak ve onun yüzey ayrıntılarının tamamı olarak şekillenecektir. Bu tip kalıplama tekniği çok kullanışlıdır ve normal bir ısı şekillendirmenin gerçekleştiremediği yüzey ayrıntılarının oluşmasını sağlayacaktır. Bu ısıl şekillendirme metodu bütün kalıp şekillendirmelerinde kullanılmak zorunda değildir. Bunun kullanımı sadece belirli bir kalıbın özellikleriyle sınırlandırılabilir. Bu tip durumlarda belirli yüzeylerin basınçlı şekillendirilmesi hedeflenen sonuçlara ulaşabilmesinin tek yoludur.

Eşli kalıplı şekillendirme büyük hacimli, ince duvarlı, ısı şekillendirme yoluyla elde edilmiş konteylerin ısı şekillendirmesi için kullanılan en ideal yoludur. Eşli kalıp tasarımında değişikliklerin çokluğu sayesinde, ısı şekillendirmelerde büyük çeşitlilikler meydana gelir.

Eşli kalıplı ısı şekillendirmelerde göz önünde tutulması gereken üçüncü kriter ise onun derinlemesine çekilmesinin sınırlandırılmasıyla ilgilidir [12].

Eşleştirilmiş kalıplı şekillendirme plastik levhadan seri üretimi gerektiren çöp sepeti, piknik tabakları, kahve ve su bardakları, margarin yağı kutusu, yumurta kartonu, teyp kaseti ve benzeri parçalar kalıplanır.

II.2.3. MEKANİKSEL (GERME) KALIPLAMA

Mekaniksel biçimlendirmeye bazen kıvrımlı biçimlendirmede denilebilir. Adından da anlaşılacağı gibi, mekaniksel biçimlendirmede ısıtılarak yumuşatılmış plastik, mekaniksel araçlar aracılığı ile istenilen biçime getirilir [22].

Biçimlendirme sıcaklığına kadar ısıtılan plastik levha, uçlarından gerdirilerek uygun profildeki zımba üzerine bastırılır. Soğutulduktan sonra parça kalıptan alınır ve kesme kalıplarıyla çevresi düzeltilir [22].

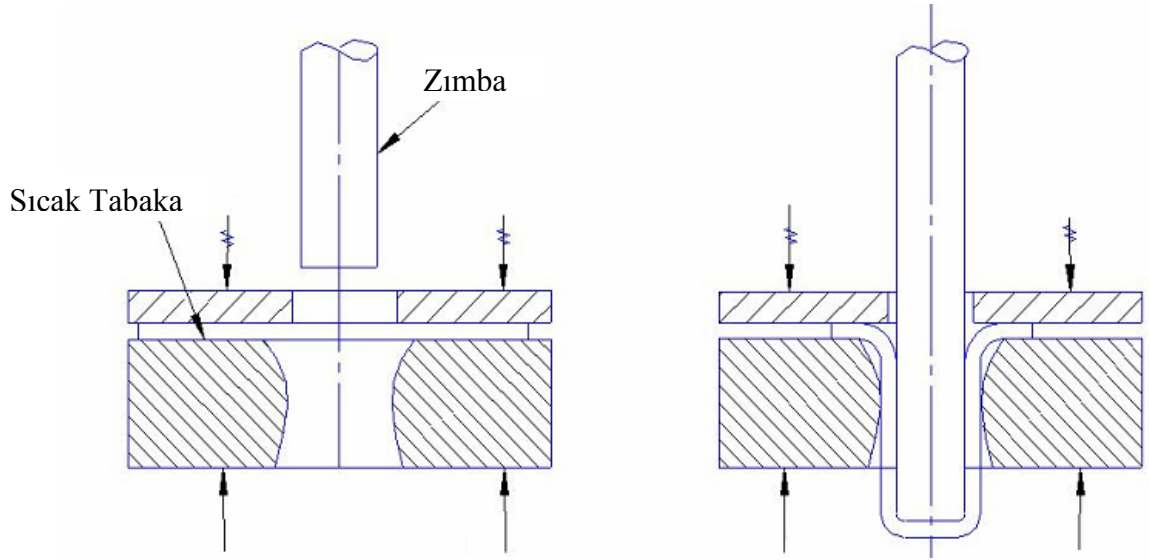
II.2.3.1. İşlem

Termoplastik levha bir çerçeve içine bağlanır. Plastik sıvı hale gelmeyecek fakat yeterince yumuşayacak kadar ısıtılır. Levhaların çoğu 135°-200°C arasında yeterince yumuşarlar. Yumuşatılmış levha, bir kalıp üzerine bastırılır. Biçimlendirilmiş veya kalıplanmış levha soğuyup sertleşene kadar burada bekletilir. Sonra parça kalıp üzerinden alınarak etrafı düzeltilir [24].

II.2.3.2. Zımbalı Mekaniksel Kalıplama

Derin çekme işleminde olduğu gibi, plastik levha evvela alt plakaya tutturulur ve sonra üst kalıp aşağıya bastırılır. Bu şekilde herhangi bir buruşmanın önüne geçilir. Bu işleme çok mütecanis cidarlı eşya elde edilebilir [14].

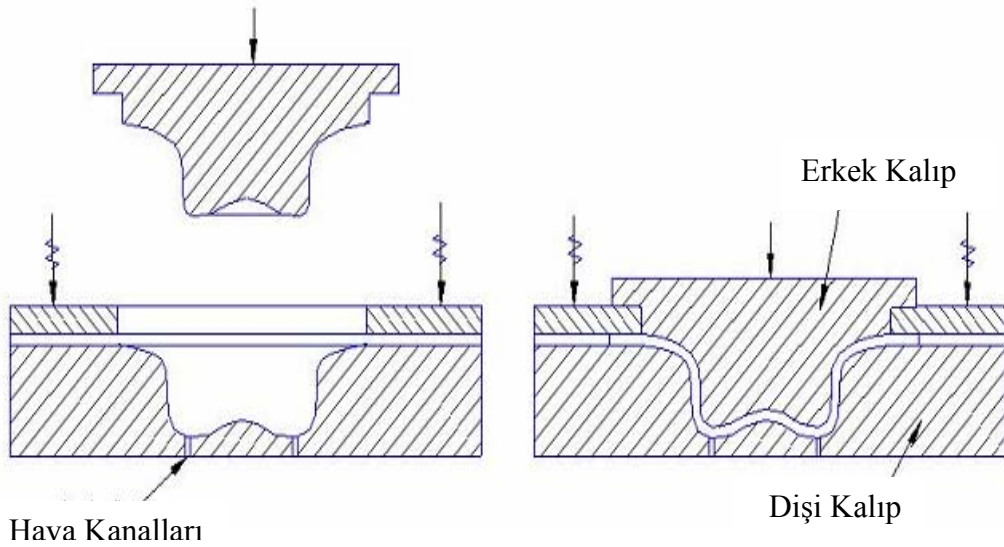
Uygulama: Kalın cidarlı ürünler, bombeli ve gayri mütecanis ürünler elde edilmektedir.



Şekil II.25. Zımbalı Mekaniksel Kalıplama [14]

II.2.3.3. Oyulmuş Plaka ve Erkek Kalıplama

Bu metotla daha ziyade düz veya dış bükey (konveks) yüzeyler ve yalnız çok hafif iç bükey (konkav) yüzeyler biçimlendirilebilir. Parçanın yüksekliği, minimum taban ölçüsünü aşmamalıdır. Biçimlendirilmiş parçanın iç kısmında çizgiler meydana gelecektir [14].



Şekil II.26. Oyulmuş Plaka Ve Erkek Kalıplama Mekaniksel Kalıplama [14]

II.2.4. ÜFLEMELİ KALIPLARLA KALIPLAMA

Yöntemin aslı levha haline getirilmiş termoplast plastiklerin belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılarak kalıba yerleştirilmesi, daha sonra da basınçlı hava uygulanarak biçimlendirilmesidir. Basınçlı hava veya vakum uygulaması yerine, ısıtılmış levhanın doğrudan doğruya kalıp alt ve üst parçalar arasında sıkıştırılarak biçimlendirilmesi bu yöntemin değişik bir şeklidir [8].

Levha haline getirilmiş plastikler ısıtıldıkları zaman yumuşarlar ve yeniden şekillendirilirler. Bu şekillendirmede vakumlama işleminde olduğu gibi mekanikli veya pnömatik olarak yapılabilir. Mekanikli proses kalıp, hareket eden ve sabit makineleri içerir. Pnömatik proses ise vakum ve basınçlandırma işlemlerini içerir. Üflemeli şekillendirme için malzeme ya granül veya levha halinde olabilir. Granül halindeki termoplastik ekstrüzyonla levha haline getirilebilir. Toz halindeki malzemeler ise ekstrüzyon, haddeleme, pres veya çekme ile levha haline getirilir. Bu yöntem ile genellikle derin hacimli ürünler imal edilir. Mesela, kahve ve çay bardağı, yoğurt kâsesi gibi...

Bu yöntemin uygulandığı plastikler, basınçlı hava ile PMMA, PS-PVC, ABS, CA tır. Sonuncusu vakumla da biçimlendirilebilir [8].

Kalıplar büyük iş parçaları için iyi bir iletken olan alüminyumdan yapılır. Özellikle iç yüzeyin pürüzlülüğü kum püskürtülerek giderilir, böylece soğumaya etken olan plastikte metalin intibakı sağlanır. Kalıp tasarımında su dolaşım kanalları iyi ve çabuk bir soğutma için düşünülmelidir. Isıtma sistemi elektrik veya gaz yakıtla temiz ve etkili biçimde mümkün olur.

Basınçta ısı ile biçimlendirmede sürekli ve kesilmiş levha kullanımı olmak üzere iki yol vardır. Birincisi daha çok ambalajlamada uygulanır. Bazen bir levha besleme bobininden, bazen de levha ekstrüzyon cihazından alınan ve sisteme bağlantılı olan malzeme ısıtılarak (infrared, kuvars lambası veya direnç telli biçimlendirilir.) bu arada tesise ait hidrolik, hava akış dizeni, vakum pompaları biçimlendirme tesisinin önemli kısımları olduğu belirtilebilir.

Biçimlendirmenin yapılması ısıtma, biçim verme, soğutma ve çıkan iş parçasının gerekliyse tesviye edilmesi olmak üzere dört kademede tamamlanır.

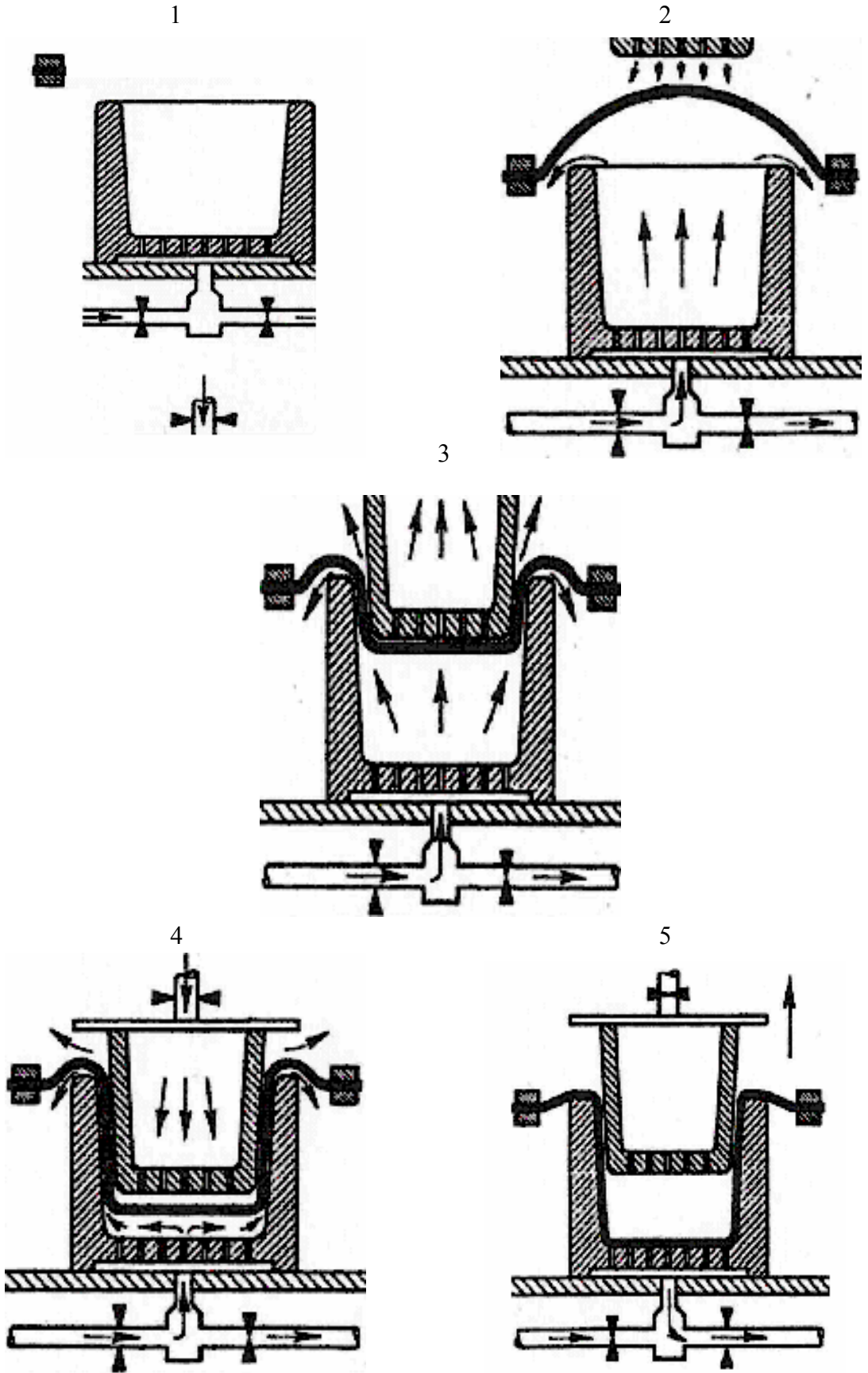
Bu tür üretimde plastik seçiminde göz önünde tutulacak birçok husus vardır. En önemlileri mekanik özellikler, malzeme ekonomisi, yüksek ve düşük sıcaklık özellikleri, bağıl yoğunluk, darbe dayanımlı, neme ve çatlamaya karşı

direnci, oksijen veya hava geçirgenliği, saydamlık ve berraklık, ambalajlamaya uygunluk, süreç kolaylığı ve maliyettir. Bu hususları çok iyi bir şekilde karşılayan polistiren bu tür biçimlendirmede fazla miktarda kullanılmaktadır. Gıda konusunda hacimli konteynerlerden porsiyonluk yoğurt kapları ve benzeri maddelerin küçük ambalajlama kadar uygulama bulur. Yiyecek ve içecek kapları normal polistirenden, buzdolabı i zarfı, bekletilecek gıda maddeleri ambalajları ve otomotiv sanayi parçaları darbe dayanımlı polistirenden yapılırlar. Çok iyi optik özelliklerle darbe dayanıma sahip akrilik plastikler ve polikarbonatlar bot ve otomotiv sanayisinde, özellikle ışıklandırma elemanları ve pencere yapımında kullanılırlar. Akrilikler ayrıca gama ışınlarına dirençli ve saydam olduğundan bundan yapılmış ambalajlar sterilize edilebilir. Polivinilklorid çok defa saydam türüyle et, tavuk, peynir gibi gıda ambalajları ile soğutma kulesi elemanları, kozmetik sanayi gibi kullanım alanlarına sahip, her bakımdan uyan bir plastiktir.

Bu yöntemle daha birçok termoplast plastikler az oranda olmakla beraber, biçimlendirilmektedirler[8].

II.2.4.1. İşlem

Bu yöntemde levha yeterince ısıtılarak gerekli yumuşaklığa getirilir. Daha sonra levha kalıbın üstüne gerdirilerek ya da levha sürücülerini kullanılarak uygun konuma getirilir. Daha sonra kalıp kapanır. Ve aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi genellikle polistiren'den yapılmış olan üst iticiler ile bastırılır. Bu işlem genellikle büyük hacimli ambalaj kalıplarında kullanılır. Burada üst iticinin kullanılmasının sebebi levhayı uygun kıvama getirip hem levhanın kırılımasını önlemek hem de gerekli üretimi gerçekleştirmektir. Üst itici burada zemine 8 mm kalana kadar çekme yaptırır. Daha sonra makinenin özelliğine bağlı olarak üst iticinin üstündeki hava kanallarından üfleme yapılarak levhanın kalıbın şeklinin alması sağlanır. Daha sonra alt elik etrafına yapılmış soğutucu kanalları sayesinde soğutma işlemi yapılarak ürünün soğuması sağlanır. Yani oluşan termoplastik şekil soğuduktan sonra, olduğu gibi kalır. İstenirse yeniden tekrar tekrar şekillendirilebilir [23].



Şekil II.27. Üflemlü Kalıplarla Kalıplama Yöntemi [10]

II.2.5. ISITILMIŞ PLASTİKLERE ŞEKİL VERME

II.2.5.1. Kalıpsız Şekillendirme

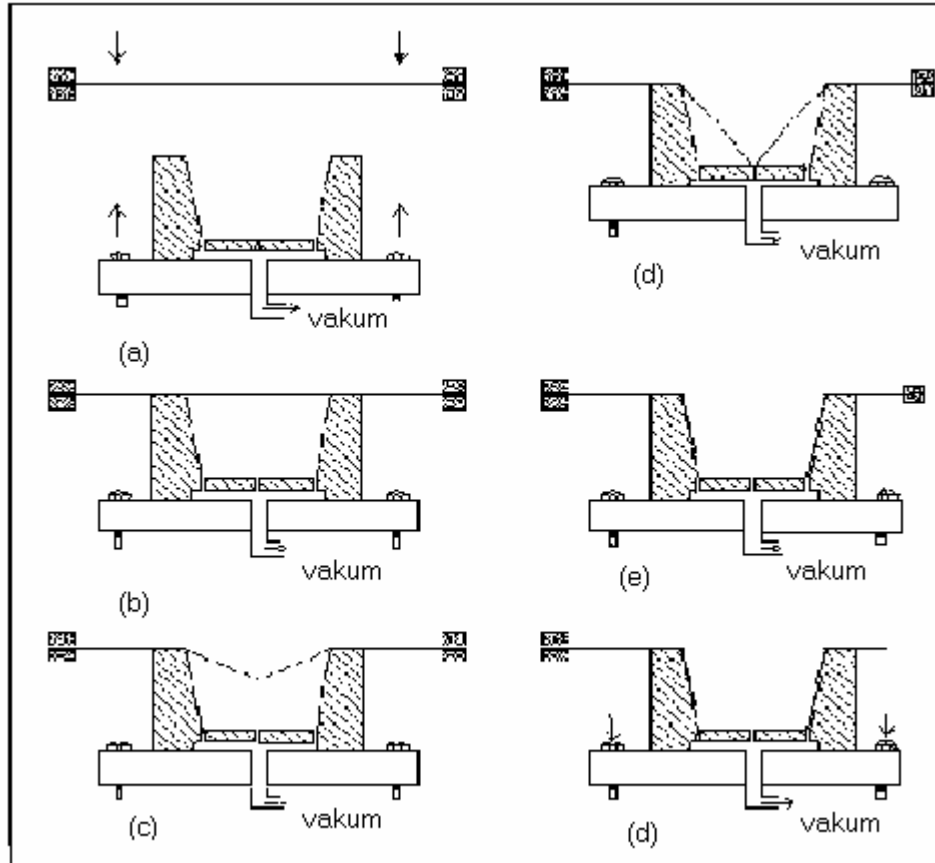
Bir kâsenin ısı (termal) şekillendirilmesi çok kolay bir şekilde yapılabilir. Esasen bu tür şekiller kalıp kullanmadan daha çok rahat bir şekilde elde edilebilir. Plastiği kalıpsız olarak şekillendirmek için iki temel yol vardır. Birinci ve daha az karmaşık olan yola göre tespit edilen levhada bir çöküntü oluşturulmasıdır. Kaseye benzer şekil istenilen ölçülere yaklaştığı zaman derhal ısı kaynağından uzaklaştırılarak soğutulmalıdır, bu metotla kase şekli çok uzun zaman alacak ve ortaya çıkan şeklin standart bir eğriliği olmayacaktır.

Kalıp kullanmadan kasaya da kubbe şekilleri oluşturmak için kullanılan diğer bir yöntem ise; basınç kutusu benzeri ekipmanlar geliştirmektir. Kutunun bir duvarı kıskaç ile sıkıştırılmış ve ısıtılmış plastikten meydana gelir. Plastik levha yumuşamaya başladığı zaman kutu içe doğru bastırılmalıdır. Uygulanan basınç kuvveti, kubbe şekli oluşması için yumuşak levhayı yukarı doğru çıkıntı yapacak şekilde iter. Düşük basınç seviyelerinde, yumuşatılmış plastik eğilmeyebilir ve böylece düz ve yassı kalabilir. Basınç seviyesi arttıkça da akıntı oluşur, basınç daha da arttırıldığında ise buna bağlı olarak çıkıntının boyutları da daha fazla artar. Hava basıncının uyguladığı kuvvetle de plastik daha da gerilecek ve kubbeye benzer bir şekil olacaktır. İstenilen şekle ulaşıldığı zaman ise ısı ve basınç kesilmelidir. Elde edilen yeni şeklin kalıcı olması için de şekillendirilen madde soğutulmalıdır. Arzu edildiği takdirde ise vantilatör soğutması uygulanabilir.

Basıncılı hava yöntemi kullanılarak elde edilen kubbe şekilleri, çöküntü yoluyla elde edilenlere göre çok daha hızlıdır ve oluşan şekiller karşılaştırıldığında daha standart ölçülere sahip olduğu görülür. Fakat bilindiği gibi bu tip şekillendirme teknikleriyle elde edilen şekiller, kullanılan tekniklerin ilerlemesine rağmen, kalıp yöntemiyle elde edilen şekiller kadar standart ölçülere sahip olamazlar. Buna rağmen bu şekillendirme tekniği benimsenmiştir ve kullanılmaktadır.

II.2.5.2. Temel Dişi Şekillendirme

Isıtılmış plastik tabakasının dişi kalıp kullanılarak elde edilen ve termal şekillendirmesi, en basit şekillendirme metotlarından biridir. Önceden şekillendirilmiş dişi çukur kalıp olarak kullanmak böyle bir ısıl şekillendirmeyi mümkün kılar. Önceden ısıtılmış plastik levha kalıbın üzerine yerleştirildiği zaman, şekillendirme dönemi başlamaya hazır hale gelmiştir. Eksiksiz bir şekillendirme işleminin tamamlanması sadece bir dakika alır. Bu kısa şekillendirme işlemini anlayabilmek ve işin daha şaşırtıcı boyutlarını görebilmek için, bu şekilde meydana gelen bu şekillendirme, denemek için altı ana zaman dilimine ayrılabilir. Her bir zaman diliminde bütün şekillendirme işlemlerini bireysel olarak etkileyebilecek etkileri vardır. Bu zaman dilimleri birbirlerini takip ederek daima aynı sıra içinde oluşur. Bu şekillendirme işlemi Şekil II.28.'de görüldüğü gibi altı kısma ayrılır.



Şekil II.28. Dişi Kalıplamanın Şematik Şekli

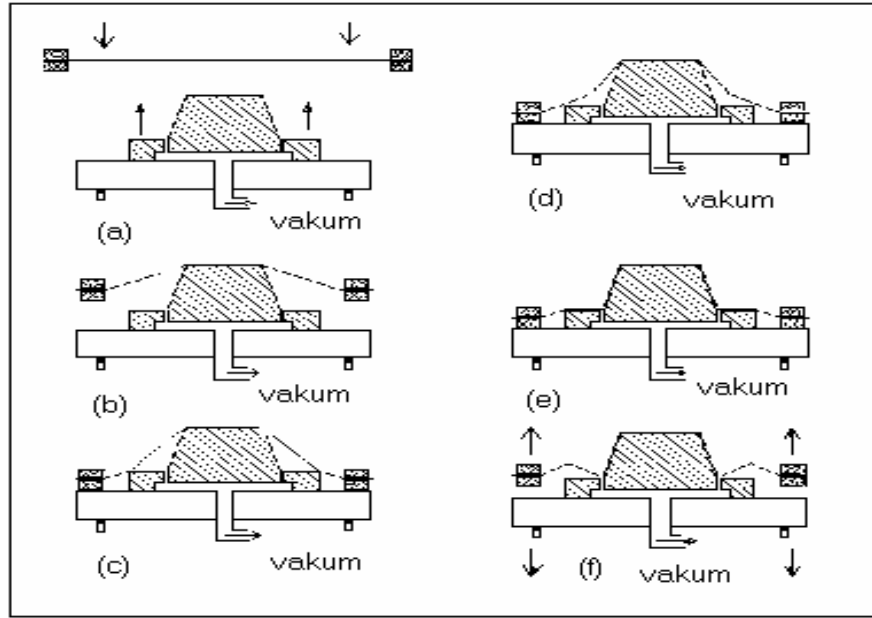
1. Uygun bir şekilde tutturulmuş levha, uygun bir dereceye kadar ısıtılır. Hazırlanmış olan levha dişi kalıp boşluğunun üzerine yerleştirilir. Kalıp ve levha birbirine doğru hareket ettirilir. Zamansız harekete geçirilen vakum kuvveti burada zararsız olacağı gibi zararlı da olabilir. Çünkü yüksek dozda vakum enerjisi kaybından dolayı şekillendirme maksimum gücüne ulaşamaz. Sonuç olarak ısıtılmış levha, vakum deliklerinden emilen havanın hareketiyle soğutulabilir.
2. Levhanın ve dişi kalıbın üst yatay yüzeyinin temas ettiği noktada vakum harekete geçirilmelidir. Yumuşak plastik levha kalıbın üst yüzeyiyle temas etmesiyle kendiliğinden kapanır. Doğal olarak da çukura uygulanan vakum bunu daha da hava geçirmez hale getirecektir. Bu noktada yumuşak levhanın kendisini çukura doğru çeken vakuma karşı direnci kalmayacaktır.
3. Zira benzeyen yumuşak levha çukura doğru çekildikçe gerilmenin etkisiyle incelecektir. Levhanın ve kalıbın üst yüzeyinin birleştiği yerde çok az bir gerilme mevcuttur. Maddenin gerilme ve incelme olaylarının bir çoğu levhanın zira benzeyen kısmında ortaya çıkar. Eğer levha ısıtma sırasında yeterli ısıyı alamayıp yumuşaklaşmazsa gerilme ihtimali sınırlı olacaktır. Levhanın önceden ısıtma derecesine bağlı olarak şekillendirme olayının tamamlanamaması ya çok önemli boyutlarda fazla ya da az olacaktır. Daha ciddi durumlarda şekillendirme işlemi öyle yarı kalmıştır ki, plastik levhada sadece bir çıkıntı oluşmuştur. Bu durumun sebeplerinin tespit edilmesi ve saptanması çok karmaşık ve zordur. Bunun sebeplerinden biri levhanın yeteri kadar ısıtılmamış olmasıdır, fakat yetersiz vakum gücü ya da aşırı soğutulmuş kalıp gibi nedenler de aynı şekilde sonuçlanır.
4. Plastik şekillendirilmesi esnasında vakum deliklerinin konumu da çok önemli ve kritiktir. Vakum kanal delikleri çukura çok merkezi bir şekilde yerleştirildiği takdirde tam olarak şekillenmeyen plastik deliklere doğru yaslanıp onları tıkayacak ve şekillendirme olayını imkânsız kılacaktır. Böylece de hava baloncukları çukurun içinde kalacaktır. Düzgün bir şekilde yayılmış ve kalıp çukurunun en derin köşelerine yerleştirilmiş vakum delikleri ise bu hava baloncuklarını ortadan kaldıracaktır.

5. Termoplastik sıcaklıkları normal seviyelerinde ise şekillendirme için yeterli kuvvet uygulanacak ve tam detaylı bir şekillendirme gerçekleşecektir. Levhanın kalınlığının azalarak normal ölçüsünden daha ince bir hale gelmesi normal bir fiziksel sonuçtu. Düz bir plastik levhadan üç boyutlu bir şekil ortaya çıkarabilmek için onun yüzey alanının artırılması ve gerilmesi gerekir. Maddenin ölçülerindeki eksilmeyi hesaplayabilmek için kalıbın yüzey alanı hesaplanmalı ve onun oranı levhanın boyutları ile karşılaştırılmalıdır. Yüzey alanındaki artışın hesaplanması, levhanın kalınlığındaki azalma hakkında ortalama bir tahmin yapabilmeyi sağlayacaktır. Tabii ki bu tahmin yalnızca maddenin yaklaşık inceliği hakkında bilgi verir. Hakiki ısı şekillendirmelerde belirli parçaların ısı şekillendirme yoluyla elde etmiş şekillerine bağlı olarak önemli farklılıklar görülür. Ölçülerdeki azalma o kadar ciddi boyutlardadır ki şekillendirilmiş parçanın belirli bölgeleri istenmeyecek boyutlarda incelmeler gösterir. Böyle durumlarda bu parçaların yapılabilmesinin imkânsız olduğu fikrine kapılmadan önce, ısı şekillendirme işleminin bütününde de birçok makul değişiklikler yapılabilir. Önceki konularda bahsedilen programlanmış ısıtma metodu böyle bir ısı şekillendirmeyi düzeltmek için kullanılacak uygun seçeneklerden biridir.
6. Eğer ısı şekillendirme bütün koşullar uygun olarak yapılırsa sonuç tatmin edici olacak, şekillendirilen plastik kalıbın iç yüzeyiyle tam bir temas içinde olacaktır. Bu noktada kalıbın soğutma etkisi devreye girer. Şekillendirilen plastik levhadan daha soğuk olan kalıp, ısıyı plastikten yüzey temasına doğru çıkaracaktır. Şekillendirilmiş parçanın soğutulması onun sadece kalıcı bir şekil almasını sağlamakla kalmayıp, boyutlarında bir daralmaya da neden olacaktır. Bu daralma şekillendirilmiş parçanın kalıptan çok kolay bir şekilde çıkarılmasını sağlayacaktır. Doğal daralma dişi kalıplarda normal karşılanan bir fenomettir ve bütün plastik maddelerde gerçekleşir. Fakat daralma oranı değişik plastik çeşitlerinde farklılıklar gösterir. Daralma oranının saptanması genellikle en düşük noktadan en yüksek noktaya kadar belirli bir sıra dahilinde gerçekleştirilir. Herhangi bir plastik cinsi için yapılan dâşiler, o cinsin

bütün üyelerini temsil edecektir. Daralma oranında görülen gerçek farklar bir plastik cinsinden diğerine değişebilir [19].

II.2.5.3. Temel Erkek Şekillendirme

Isıtılmış plastik levhanın ısı şekillendirmesi erkek kalıp kullanarak gerçekleştirilirken, dişi şekillendirmenin ‘Stop- Action’ sırası yakından takip edilir. Her iki sıra içinde aynı kritere dayanılır. Buna rağmen sonucun bazı halleri farklı şeyler gösterebilir. Bu dizilişin gerçek basamakları Şekil II.29’da gösterilmiştir [19].



Şekil II.29. Erkek Kalıplamanın Şematik Şekli

1. Önceden ısıtılmış termoplastik levha erkek kalıbın üzerine yerleştirilir. Levhayı tutan bağlama mekanizması, ısı şekillendirmede erkek kalıp kullanıldığı zaman gerekli olan tutma hareketini sağlar. Bu tür ısı şekillendirme, ısıtılmış plastiğin kalıbın üzerini kaplamasından dolayı, genellikle ‘kaplama şekillendirmesi’ adıyla anılır. Şekillendirmenin sonuçları aynı olacaktır, fakat tek fark kalıbın levhaya doğru ya da levhaya kalıbın birbirine doğru onu kaplayacak şekilde hareket ettirilir.

2. Dişı kalıptakinin tersine, levha kalıbın yüzeyine temas ettiği an vakum sistemi harekete geçirilirse plastik şekillendirme yetecektir. Eğer kalıp, şekillendirilen plastik levhadan çok daha soğuk olursa, ona temas ettiği an soğutacaktır. Eğer bu soğutma geniş çaplı ise ana yüzeydeki malzeme streç olarak şekillendirmeye uygun olmayacaktır.
3. Kilitleme mekanizması ve erkek kalıbın yüzeyi o şekilde kapanmalıdır ki kalıbın alt yüzeyini iyice örtebilmelidir. Plastik folyo ile dış yüzey köşesi kapanır kapanmaz vakum kuvveti etkir ve şekillendirme işlemini bitirir. Kapanma problemi olduğu zaman bu vakumda da kayba sebep olacak ve plastiğin şekillenmesini etkileyecektir.
4. Yumuşatılmış plastik ile kalıp yüzeyi arasında iyi bir kapama işlemi başarılı olduğunda, vakumdan dolayı oluşan şekillendirme kuvveti de etkin hale gelecektir. Bu durumda erkek kalıp ile şekillendirme prosesi, dışı kalıpla şekillendirme prosesinin pek çok karakteristiğini taşıyacaktır. Kalıbı perdelemiş plastik folyonun içinde vakum vasıtası ile hava geçer. Bu hava plastiğe direkt olarak etkir. Erkek kalıplama ile dışı kalıplama arasındaki bir diğer benzerlik, plastik folyonun yumuşatmak amacıyla yeterli ısıtılmadığı durumda şekillendirmenin tam olarak yapılamayacağıdır. Eğer vakum deliği konstrüksiyonun en alt noktasında yer almazsa şekillendirme bitip hava cepleri ayrıldığı zaman tüm detayların olmadığı görülür.
5. Şekillendirme için gerekli tüm şartlar sağlandığında termoplastik erkek kalıbın üzerine tamamen kalıplanıp şekillenecektir. Plastik folyonun ısısı kalıbın tüm üst yüzeyi boyunca absorbe edilir ve folyo kalıcı şeklini alır. Bu durumda vakum kapatılmalıdır.
6. Soğutucu kalıp vasıtasıyla şekillendirilmiş parça soğutulurken, plastik kendini çeker (büzülür). Kalıp erkek olduğundan bu büzülme plastiği kalıp üzerine sıkıştıracaktır. Genel olarak bu büzülme sonrası kalıba yapışma çok büyük bir problem değildir. Ama bazen şekillendirilmiş parçanın kalıptan uzaklaştırılması zor olabilir. Şekil II.29'de görüldüğü gibi bileşenlerin (elemanların) açıları yeterlidir ve şekillendirmenin gösterildiği yer biraz abartılarak çizilmiştir. Bununla beraber açının küçük olması durumunda flanş ve yan duvarların eğilme (çarpılma) tehlikesi vardır. Bir çok ekstrem halde bu kendini çekme çok şiddetli ve kalıptan

bir parça uzaklaştırılması neredeyse imkansız hale gelir. Şekillenmiş parçada hasar oluşabilir.

Dizayn edilen parçalardan herhangi birinde hafifçe azalan bir açılı durum söz konusu ise büzülme olduğunda, bu parçaların uzaklaştırılmasını güçleştirir. En iyi yol daima erkek kalıplama yerine dişi kalıplama seçmektir. Bu seçim şekillendirme, malzeme ve cidar kalınlığı dağılımı belirlemede de yol gösterecektir. Dişi kalıplama yöntemi zor durumlarda (pozisyonlarda) bile en az erkek kalıplama kadar iyi şekiller verir. Termoforumlar kullanıcısı en iyi sonucu alabilmek amacıyla şekillendirme yöntemini kendi seçecektir.

II.2.5.4. Uygun Kalıpta Şekillendirme

Isıtılmış termoplastik folyonun termal şekillendirilmesi yalnızca dişi ve erkek kalıpta ıstampa kuvveti ile olur. Bu tip şekillendirme işleminde dişi kalıbın erkek parçası ısıtılmış folyoyu dişi kalıp boşluğuna doğru itecektir. Pek çok halde bu işlem çok net olarak basma tipi kalıplamaya benzer. Bu tip uyuşmuş (birbirine göre konumları geçmeli olarak ayarlanabilen) kalıp konfigürasyonlarında sınırlamalar kalıp konfigürasyonuna termoplastik malzemenin uzayabilmesi (incelik folyo haline gelebilmesine) ve akış (malzemenin) karakteristiklerine bağlıdır. Bu metodu kullanarak dişi ve erkek kalıplar arasındaki boşluğa malzemeyi sokmak aslında o kadar kolay bir iş değildir. Malzemenin şekillendirilebilme limiti bilinmediği takdirde malzeme yırtılabilir ve delikler açılabilir. Bazı malzemelerin yırtılmaya karşı dirençleri diğerlerine göre daha iyidir. Kalıp konfigürasyonu ve termoplastik malzemenin özellikleri öylesine sınırlayıcı iki faktördür ki, bunlar aktif çalışma ortamlarına da test edip etkilerinin bilinmesi gerekir. Bunların bilinmemesi durumunda olabilecek hasarlar hakkında yalnızca fikir yürütülebilir. Yine de aslında tüm termoplastik köpük malzemeleri bu üretim tekniği kullanılarak üretilir. Yöntem tamamen yada kısmen uyumlu kalıplar kullanılarak, detaylar dahi şekillenmiş ve her iki yüzeyi düzgün ürünler elde etmek için tek yoldur. Yumurta kartonlarının imali buna en güzel örneklerden biridir. Kartonlar nispeten büyük kalıplarda üretilir. Üretim esnasında kullanılan köpükler yastıklayıcı bir etki yapar. Köpüklerin kalınlık değişimi yumurta kartonunun dizaynıyla ilgilidir [12].

Bu yöntemle ilgili iki temel uygulama metodu vardır;

1. Erkek kalıp dışının üstüne monte edilir ve dışının içinde parça şekillenir. Burada temel bir sorun hammaddenin kalıba sarkmasıdır. Bundan kaçınmak amacıyla ön inceltme, daha iyi malzeme kullanma, cidar kalınlığını daha iyi ayarlama ve dağıtma gibi önlemler alınabilir. Sarkmanın artması az miktarda aşırı ısınma durumu yaratacak ve ekstra soğutma zamanına ihtiyaç duyulacaktır.
2. Erkek kalıbın altına yerleştirmek ve hammaddeyi aşağıdan dışı kalıba doğru itmektir. Bu yöntemde erkek kalıp ince bir plastik tabaka (streç - folyo) ile kaplanır. Bu yöntemde erkek kalıp hareketi daha kısadır. Aşırı kaplamadan kaçınmak gerekir, çünkü bu iyi olacağı yerde zarar verir. Dışı kalıp erkek üzerine kapandığında buruşma olayı görülebilir. Bu istenmeyen durumu ön kaplama ile önlemek ve buruşmayı görmemek mümkündür.

Her iki tipte de şekillendirmenin başarısı termoplastik malzemenin akış karakteristiklerine bağlıdır. Bu karakteristikler parçanın yumuşayarak kalıplanmasını sağlayan sıcaklığa bağlıdır. Öyle ki bazı sıcaklığa duyarlı plastikler de sıcaklıktaki küçük bir değişiklik bile kalıplama güçlüğüne yol açar. Testler yapmak ve her plastiğin sınırlarını tespit etmek çok önemlidir.

Bu proses yalnızca birbiri üzerine kapanan kalıplarla sınırlı değildir. Modern şekillendirme proseslerinde erkek kalıp parçaları kullanarak kolay bir şekilde kalıplamakta mümkündür.

II.2.5.5. Sıcak Şekillendirme Metotları

Bu proses yalnızca 3 temel metot ve bunların basit kalıplama metotları ile sınırlı değildir. Pek çok durumda şekillenen plastik tartışılması gereken değişkenlere göre şekillendirilir. Bu değişkenler basit ilişkilerle açıklanamaz, şekillendirme tekniğini ve bitmiş ürün özelliklerini etkiler. Bazı aşırı hassas termoplastik malzemeler özel geliştirilmiş teknikler olmadan kullanılamaz [19].

II.2.5.5.1. Sıkıştırılmış Tabaka Şekillendirilmesi

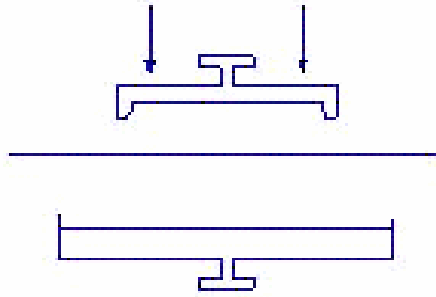
Bu yöntem sıcak tabaka (folyo) şekillendirmenin özel bir tipi olarak ele alınmalıdır. Bununla birlikte yöntem herhangi bir şekillendirme prosesine benzerdir.

Şekillendirme işlemi, plaka bir yere kısıtılarak yapıldığı için bu ismi almıştır. Proseste aynı zamanda üç temel adım aynı yerde gerçekleştiği için (ısıtma, şekillendirme ve kesme) buna 'ısıt-şekillendir-kes' de denir. İlk isim daha doğrudur çünkü proseste asıl işlem, sıkıştırmadır. İşin nasıl yapıldığını ve kademeleri görmek için Şekil II.30'a bakmak gerekir. Bu proseste şekillendirme işlemi daima ısıtılmamış tabaka ile başlar ve 4 temel aşamada bitirilir. Yöntemin kolayca tanımlanabilir avantajları ve kusurları vardır. Önce kusurları ele alınır. çünkü yöntemin uygulanabilirlik sınırlarını bunlar belirler.

Yöntemi uygulamak amacıyla, termoplastik tabaka temas yoluyla ısıtıcı mükemmel bir ısı kontrolü sağlar ama çok yavaş ısıtır. Çünkü temas yalnızca tabakanın altında olur. Amaç tabakaların yapımında kullanılan bu proseste 25 mil'den daha fazla malzeme kalınlıklarında ısıtıcı temas yüzeyinin daha uzun olması gerekir. İkinci ana sınırlayıcı etmenin dişi kalıp kullanımı olduğu söylenmiştir. Bu, şekillendirme oranını kısıtlar. Bu yöntemin ideal olarak yüksek üretim kapasitelerinde kullanılmasını sağlayan avantajları vardır. Pek çok ürün, sınırları içinde kolaylıkla üretilir. Sonuçta ve en önemli olarak ta yöntemle beraber kullanılan kesme bıçakları yöntemi karşılaştırılmalı olarak ucuz kılar. Yeni kalıplar kalıptaki değişimleri ve bıçağın değiştirilmesi masraflara etkilidir. Kalıp boşlukları kum kalıba dökülmüş alüminyumdur ve çevresi kesme bıçakları ya çekilir ya da döve ile üretilmiştir. 4 Proses adımı, bu şekillendirme metoduyla nasıl çalıştığını maddeler halinde sıralayabiliriz.

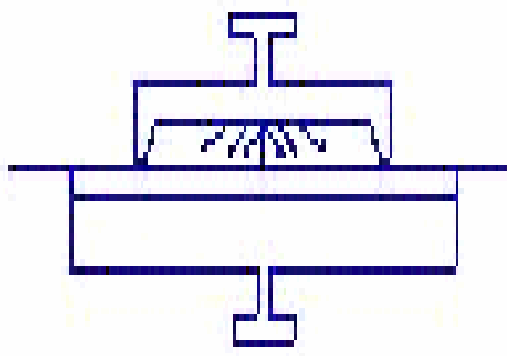
1. Folyonun sıkıştırılması,
2. Folyonun Isıtılması,
3. Şekillendirilmesi,
4. Kesme.

1. Isıtılmamış tabaka kesici bıçak kenarları tarafından kısıtılır. Bu tip şekillendirmede bıçağın iki görevi vardır. Operasyonun büyük bölümünde bıçak bir kilitleyici çerçeve görevi görür. Doğal olarak ikinci görevi de işlem bittikten sonra artıkları kesmektir. Sıkıştırılmış plaka termal şekillendirme işleminde her kalıp boşluğu bıçağı tarafından çevrilmiştir. Üst pleyt kalıpla beraber ve bıçakla doğru hareket eder, ısıtılmamış plaka (folyo) ısıtılmış alanın karşısındadır. Şekillendirme plakası ısıtıcı plakaya monte edilmiştir. Isıtma plakası ile şekillendirme plakası arasında ince bir tampon plaka vardır. Bu üç plaka da üst üstedir ve iler yollu valf sistemi ile bağlantılıdır. Şekil II.30 da folyonun sıkıştırılması verilmektedir.



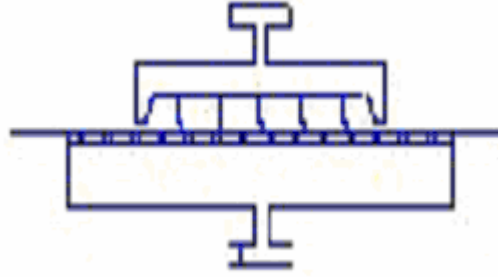
Şekil II.30. Folyonun Sıkıştırılması

2. Kalıp şekillendirilecek tabakanın üstüne kapanırken bıçak kenarları hafifçe tabakaya dokunur, sıkıştırma pozisyonu alır. Valf açılır ve kalıba hava yollar. Aynı anda tabaka ısıtılmış kesme plakasına temas ettirilir. Pleytin sıcaklığı plastik tabakaya transfer olur ve onu şekil verecek hale getirir. Isıtma çevirme düzenidir ve şekillendirme işlemi boyunca devam eder. Şekil II.31 de folyonun ısıtılması verilmektedir.



Şekil II.31. Folyonun Isıtılması

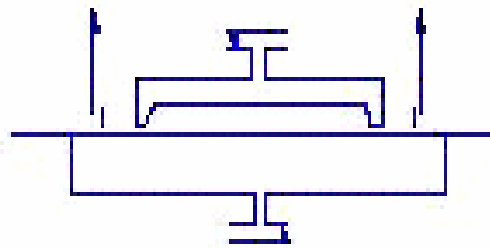
3. Tabaka ideal şekillendirme şartlarında ısıtıldığında valfler akış yönünü değiştirir ve hava basıncı şekillendirici pleyte yönelir. Aynı zamanda kalıp tarafındaki hava basıncı kesilir ve valf açık konuma gelir. Hava basınca etkisiyle biraz evvel ısınmış olan plastik folyo kalıp boşluğuna dolar. Folyo kalıp boşluğunu doldurup yeni şeklini almakla kalmaz aynı zamanda kalıp daha soğuk olduğu ısı transferi sonucu soğur. Şekil II.32 de folyonun şekillendirilmesi verilmektedir.



Şekil II.32. Folyonun Şekillendirilmesi

4. Termoform çevriminin bu safhasında üst pleyt aşağıya doğru bıçakların kesme kuvvetine yetecek gücü sağlayacak şekilde iner. Isıtılmış pleyt kesme işlemini kolaylaştırır. Kesme olur olmaz üst pleyt kalıpla beraber yukarı kalkar ve içerideki hava dışarı atılır.

Şekillendirilmiş parçanın ısınmış kesme plakasına yapışmasını önlemek için kesici kenarların sürekliliği üzerine açılmış çentiklerle kesilir. Bu çentikler şekillendirilmiş parçanın etrafında kesilmemiş kırpıntılar bırakır. Kırpıntı kalıplama alanının dışına doğru çok az hareketi tablodan uzaklaşmasına yetecektir. Şekil II.33 de folyonun kesilmesi verilmektedir.



Şekil II.33. Folyonun Kesilmesi

Bu şekilde bir şekillendirme işleminde süreklilik esastır ve termoplastik folyo bir merdaneden sürekli olarak beslenir. Kırpıntılar ise (kesilmeyen) sadece şekillendirilmiş parçanın kalıptan uzaklaşmasına yardım etmekle kalmaz aynı zamanda, yeni folyo malzemesinin şekillendirme alanına gelmesine yardım eder.

Bu tip sıcak şekillendirme kalıpları yalnızca tek kalıp boşluğuyla sınırlanmamıştır. Aynı zamanda birden fazla boşluk formatında kullanılabilir. Bunların sayısı sıcak şekillendirme makinesinin boyutlarıyla belirlenir. Küçük makineler 10–12 inç pleyt boyutlarına sahipken büyük olanları 42–48 arasındadır. Isıl şekil verilecek ürün sayısı izin verilecek minimum boşluk ve kenar kesme ihtiyacına göre belirlenir.

Dikdörtgen veya kare şeklindeki üretimlerde her türlü bıçak kullanılamaz. Bu yöntem sıcak şekillendirilmiş parçalar arasındaki boşluğu elimine eder. Boşlukların eliminasyonu tabakanın genişliği ile birlikte azalır.

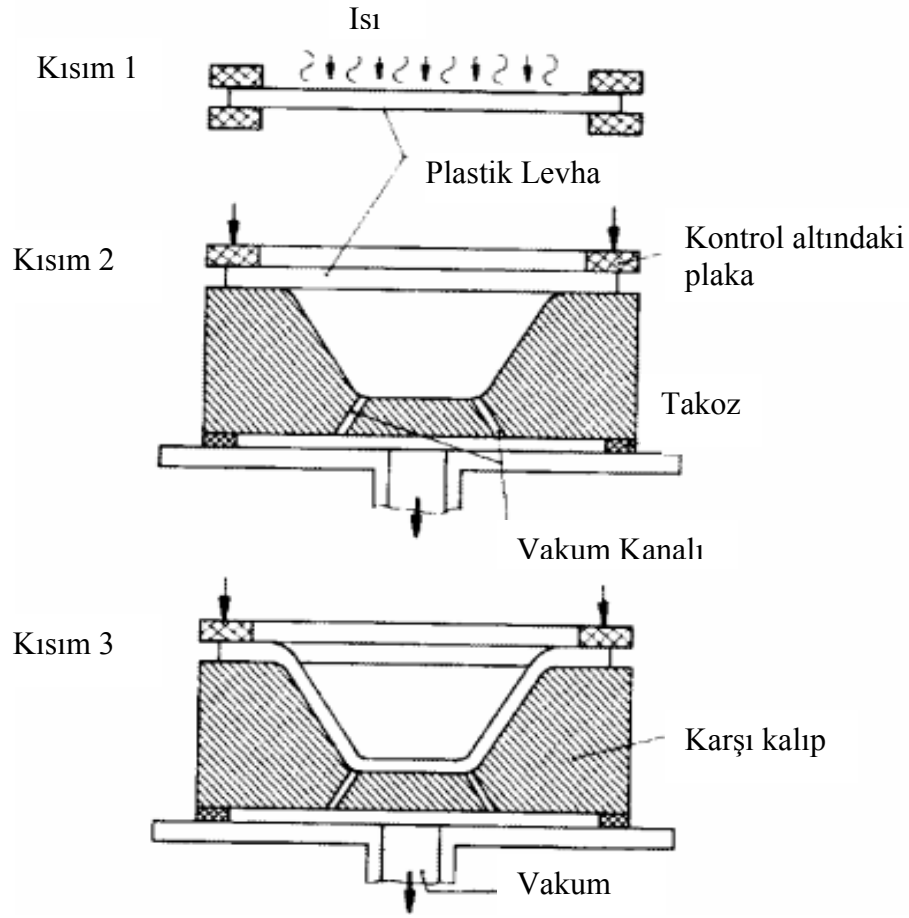
Isıl şekil verme yöntemi ile üretilen ürünler çoğunlukla paketlenme ve kısmen de gıda işlerinde kullanılır. Birçok kek ve besin servis tepsi bu yöntemle üretilir. Sıkıştırılan tabakanın ısıl şekillendirme metodu yavaş bir çevrimdir. Çevrim hızı 6–15 sn/üründür. Geçmişte bu yöntem günümüze göre daha ekonomiktir. Doğrusu sıkıştırılmış tabakanın asıl şekil verildiği makineler o kadar hızlı satılmaz, çünkü beraberinde yüklü bir masrafı vardır [21].

II.2.5.5.2. Yöntem Aşamaları

Yöntem meydana gelirken üç aşamadan geçer; ısınma, şekil verme, soğutma. Birinci aşamada, yarı işlenmiş mamul ısıtılır. Bu gerçekleştirilmede, çok yönlü bir temas veya taşınım kızılötesi ışınla temas kurulur. En çok kızılötesi ışın yöntemi kullanılır çünkü amaç enerjiyi direk içine işlemek plastiği bölgesel işlemektir. Plastik böylece çok çabuk ve düzenli bir şekilde, yüzeye zarar vermeden üzerinden ısıtır [10].

İkinci aşamada ise şekil vermedir. Plastik çekip uzatılır bu aşamada. Yarı işlenmiş mamul ısıtılarak mengeneyle sıkıştırılıp altında veya üstündeki kalıba orta hava basıncıyla vakumlanır. Bu yöntemin dezavantajı, sadece bir kısmın kalıbın tam şeklini alabilmesidir, yani tek yüzlü kalıp olmasıdır. Bundan çıkan sonuç, ayırt edici olan arada yapılmış kesin ve kesin olmayan yöntemler, uygun olup

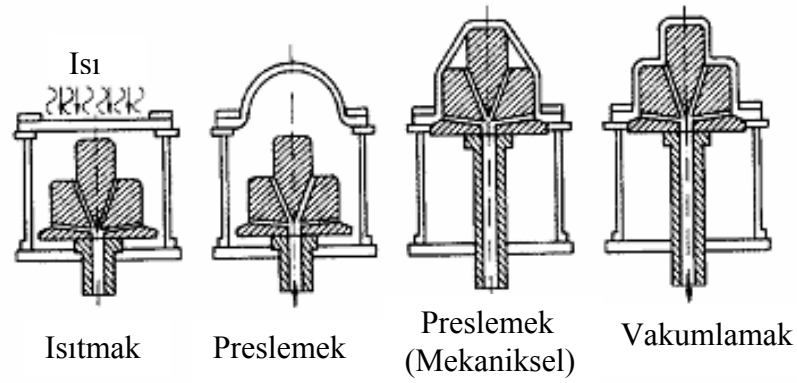
olmadığı içine veya dışına verilen formla doğrudur. Hatalı yöntem aşağıda gösterilmiştir [10].



Şekil II.34. Hatalı Üretim Yöntemi [10]

Hatalı yöntemde, yarı işlenmiş mamul kalıp gözünün(çukuru) içindedir. Doğrusunda yarı işlenmiş ürün kalıp çukurunun üstünde olmalıdır. İşlem süresince yarı işlenmiş mamul mengenedeyken ve gerdirilirken tutturulmalıdır. Bu olmazsa parçalarda eşit olmayan et kalınlıklarına neden olur. Biçimlendirmede adımdan önce Et kalınlıkları özellikle ince olur [10].

Etkiyi en aza indirmek için, yarı işlenmiş mamulü çoğunlukla gerdirmeden önce asıl profil aşamasına geçilir. Hatalı yöntem, ram ile (koç ile)gerdirme yapmaktır. Hatalı yöntem önle, yarı işlenmiş ürün çoğunlukla ön uzatmaya gerdirilmeye tabii tutulur. Şekil II.35 doğru gerdirme yöntemini göstermektedir.

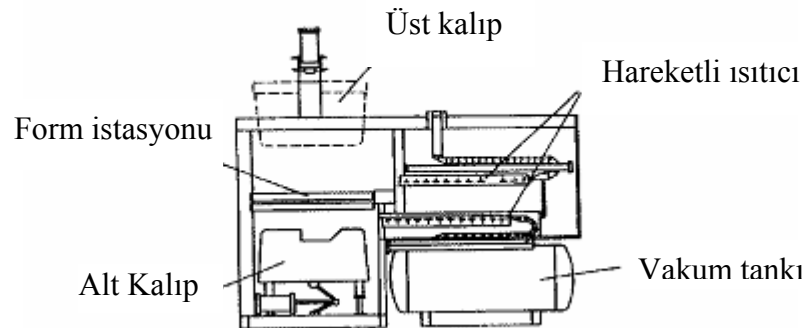


Şekil II.35. Doğru Gerdirme Yöntemiyle Sıcak Şekillendirme İşlemi [10]

Üçüncü aşama olan soğutma, ısıtılmış yarı işlenmiş mamulün soğutucu kalıba temas etmesidir. Kısa zamanda soğutma bize kalıbın mekanizmalarının ekstra soğumasına imkân tanır.(örneğin, seri üretimdeki tasarımlar için). Soğutmayı hızlandırmak için ilaveten kalıbın soğuyan tarafları ile uzakta kısımlarına bakılır. Bu soğutma bir hava üfleciyle gerçekleştirilebilir [10].

II.2.5.5.3. Teknik Ekipmanlar

Yöntem aşamaları ve teknikler yerine getirildiğinde tek-istasyon veya çok istasyonlu makinelerle olur. Tek-istasyonlu makinede, yarı işlenmiş mamulün tüm yüzeyleri ısıtılıp sürdürülerek kalıp alanı kadar bir mesafede teknik aygıtların hareketi ile yapılan işlemdir [10].

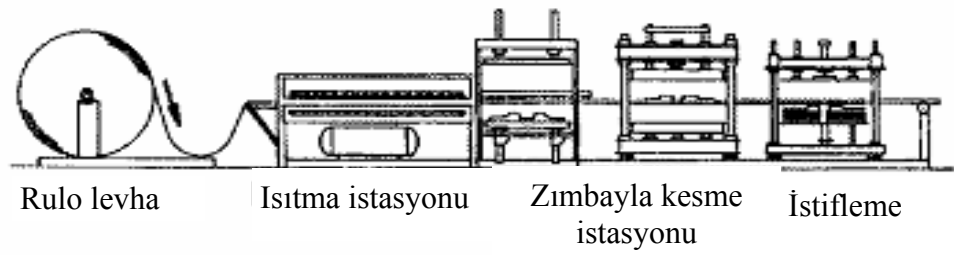


Şekil II.36. Tek İstasyonlu Makine [10]

Çok istasyonlu Makinede, yarı işlenmiş mamul hareketi devamlı olarak bir istasyondan diğerine geçer. [10].

Tek istasyonlu makineye göre dezavantajı uzun dönme zamanı ile toplam eşdeğer zamanda için uzun aşamalar gerekir. Dönme zamanı olarak çok istasyonlu makinede eşit zamanda verim için uzun çalışmalar gerekir [10].

Sıcak şekillendirme yöntemini paketleme(yoğurt kapları), yüzme havuzları veya motor gövde parçaları gibi büyük parçalar üreten büyük ölçekli işletmeler kullanır [10].



Şekil II.37. Çok İstasyonlu Makine [10]



Şekil II.38. Termoform Sistemi [25]

II.2.5.6. Isıl Şekillendirmenin Avantaj ve Dezavantajları

II.2.5.6.1. Isıl Şekillendirme Yöntemini Kullanmanın Avantajları

1. Kullanılan sistemin ucuz olması,
2. Kullanılan kalıpların, yüksek basınç ve sıcaklıklar söz konusu olmadığından; özel olmaları gereğinin olmaması ve ucuz olmaları,
3. Enjeksiyonla kalıplanamayan büyük ölçülerdeki parçaların ekonomik olarak kalıplanması'dır.

II.2.5.6.2. Isıl Şekillendirme Yöntemini Kullanmanın Dezavantajları

1. Ürünlerde özellikle köşe kısımlarda incelme oluşmaktadır.
2. Yönlenme nedeni ile yine özellikle köşelerde yoğunlaşan “gerilim birikmesi” sorunu bulunmaktadır.
3. Sadece levha şeklindeki hammadde kullanılabilir ve bu nedenle bir ön işlemle levhanın hazırlanması gerekir.
4. Parçanın eldesinden sonra, tıraşlama ve yüzey işleme gerekir ve buda atık ve talaş oluşturur, dolayısıyla, malzeme kaybına yol açar, “emek yoğun” ve işlem süreleri uzun bir tekniktir.

II.3. KALIP TASARIMINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

1. Kalıbın çalışacağı makine'ye uygunluğuna dikkat edilmeli.
2. Mümkün olduğunca ekonomikliğe dikkat edilmeli.
3. Plastik levha malzemesinin uygun seçilmesi,
4. Plastik levhanın ısı kontrolünün sağlanması,
5. Hassasiyet ve malzemenin büzülmesi,
6. Yüzey kalitesi
7. Kalıpta vakumun tatbik edildiği yerlerin uygun tasarlanması,
8. Çok yönlü ve komplike kalıplarda pnömatik ve mekanik iticilerin uyum içinde çalışması sağlanmalı,
9. İşleme uygun malzeme seçimi yapılmalı,
10. Hava delikleri levha kalınlıklarına göre belirlenmeli,

11. Radüs dizaynı malzemenin şekillenmesine yardımcı olacak şekilde yapılmalı,
12. Kalıp soğutmasında üretim yöntemine ve çalışma düzenine uygun soğutma şekli belirlenmeli.
13. Uygun kalıp boşluğu belirlenmeli,
14. Uygun duvar kalınlığı ve açısı belirlenmeli.

II.3.1. Levha Kalıplama Hesaplamaları

Sıcak biçimlendirme işleminde levha kalıplama hesaplamaları kullanılacak olan plastik tabakanın malzemenin kalınlığına ve sıcaklığına göre ayarlanmalıdır [22].

II.3.2. Kalıp Boşluğu

Sıcak biçimlendirme kalıplarında, tasarım aşamasında dikkat edilecek bir diğer hususta kalıp boşluğudur. Kalıp boşluğu, oluşturulacak olan kesme ağzın tek tarafından 0.005mm gelecek şekilde ayarlanmalıdır [22].

II.3.3. Duvar Kalınlığı ve Açısı

Sıcak biçimlendirme kalıplarında, bir diğer tasarım aşaması ve dikkat edilecek bir diğer hususta duvar kalınlığı ve açısıdır. İşlenecek olan lokmaların minimum kalınlığı 8mm olmalıdır [22].

II.3.4. Radüs Dizaynı

Sıcak biçimlendirme kalıplarında dikkat edilecek bir hususta radüs dizaynıdır. Radüs, köşeli kaplarda köşelerin kolay şekillenmesine, alıştırma ve şekillenme yüzeylerine yardımcı olur [22].

II.3.5. Hava Kanalları

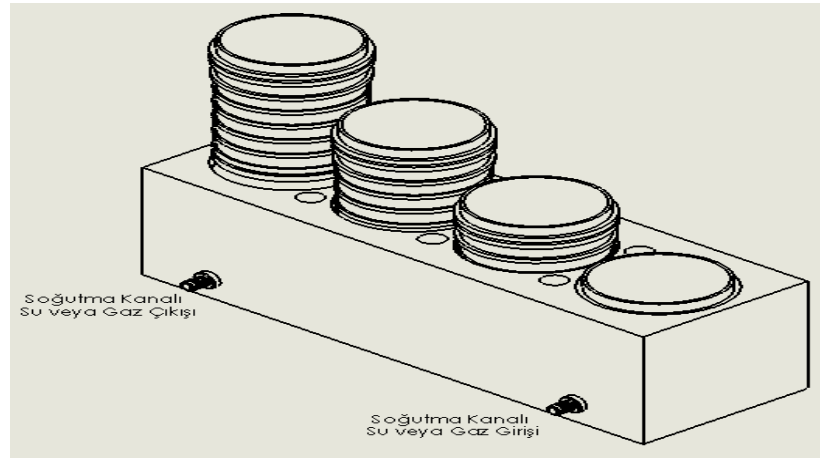
Hava Kanalları sıcak biçimlendirme yönteminde iki amaçla kullanılır.

1. Vakumlamak
2. Üfleme sisteminde hava tahliyesi olarak

Hava tahliye kanalları levha kalınlıklarına göre değişmektedir. Genel olarak kullanılan delik çap aralığı 0.50 mm – 1 mm olarak belirlenir [22].

II.3.6. Soğutma Sistemleri

Kalıplar büyük iş parçaları için iyi bir iletken olan alüminyumdan yapılır. Özellikle iç yüzeyin pürüzlülüğü kum püskürtülerek giderilir, böylece soğumaya etken olan plastikte metalin intibakı sağlanır. Kalıp tasarımında su dolaşım kanalları iyi ve çabuk bir soğutma için düşünülmelidir. Soğutma sistemi Su veya gaz ile sağlanmaktadır. Soğutma sistemlerinde gazın tercih edilmesinin sebebi seri üretim gerektiren sistemlerde performansının yüksek olmasıdır. Tabii diğer bir sebebi de bilindiği üzere su kullanılan kalıplarda su kanallarında belli bir zamandan sonra paslanmalar oluşturacaktır. Gaz ile bunu da engellemiş oluruz. Vakum kalıplama kalıplarında Gövde Alüminyum ve Demir'den oluşmaktadır. Ancak Alüminyum hem iletkenlik hem de işleme kolaylığı bakımından demir'e göre daha ergonomik olduğundan demire göre daha çok tercih edilir. Kalıpta soğutma Alüminyum Gövdenin içine monte edilen Alt Çelik Lokmalarının üzerine açılan oluklarla bir yerden diğerine doğru zincirleme olarak devam eder.



Şekil II.39. Alt Çelik Soğutma Sistemleri [23]

II.3.7. Malzeme Seçimi

II.3.7.1. Plastik Malzeme Seçimi

Bu tür üretimde plastik seçiminde göz önünde tutulacak birçok husus vardır. En önemlileri mekanik özellikler, malzeme ekonomisi, yüksek ve düşük sıcaklık özellikleri, bağıl yoğunluk, darbe dayanımlı, neme ve çatlama karşı direnci, oksijen veya hava geçirgenliği, saydamlık ve berraklık, ambalajlamaya uygunluk, süreç kolaylığı ve maliyettir.

Bu hususları çok iyi bir şekilde karşılayan polistiren bu tür biçimlendirmede fazla miktarda kullanılmaktadır. Gıda konusunda hacimli konteynırlardan porsiyonluk yoğurt kapları ve benzeri maddelerin küçük ambalajlama kadar uygulama bulur. Yiyecek ve içecek kapları normal polistirenden, buzdolabı iç zarfı, bekletilecek gıda maddeleri ambalajları ve otomotiv sanayi parçaları darbe dayanımlı polistirenden yapılırlar. Çok iyi optik özelliklerle darbe dayanıma sahip akrilik plastikler ve polikarbonatlar bot ve otomotiv sanayinde, özellikle ışıklandırma elemanları ve pencere yapımında kullanılırlar [8].

Akrilikler ayrıca gama ışınlarına dirençli ve saydam olduğundan bundan yapılmış ambalajlar sterilize edilebilir. Polivinilkloril çok defa saydam türüyle et, tavuk, zeytin, peynir gibi gıda ambalajları ile soğutma kulesi elemanları, kozmetik sanayi gibi kullanım alanlarına sahip, her bakımdan uyan bir plastiktir [8].

II.3.7.2. Kalıp Malzemesi Seçimi

Sıcak Biçilendirme kalıplarında , kalıp imalatı esnasında en önemli unsurlardan bir tanesinde uygun malzeme belirlemek. Malzeme belirlerken tabii ki önemli olan bazı hususlar vardır. Bunların başlıcaları kalıbın ekonomikliği , işleme kolaylığı , ısı iletim oranı vs şeklinde verilebilir.

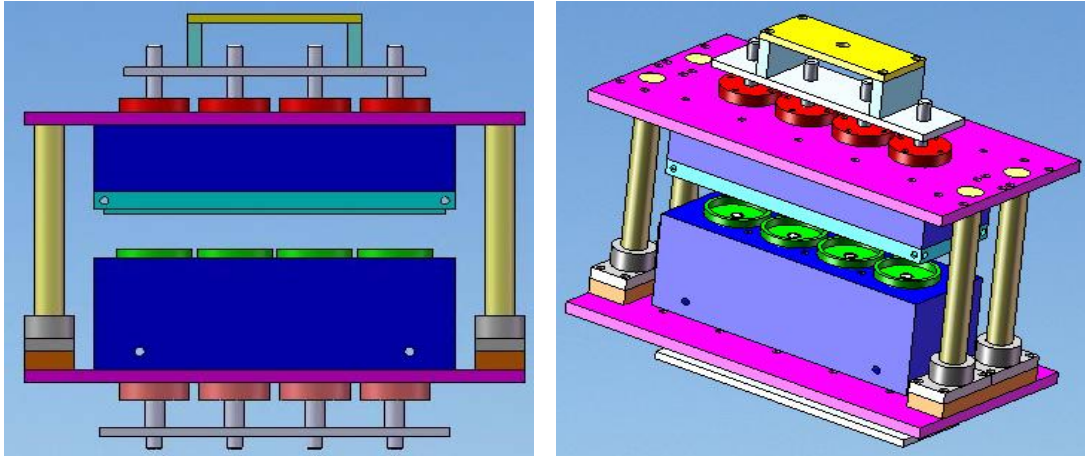
Piyasada genelde istenilen özelliklere uygunluğu bakımından tercih sırası alüminyum, demir olarak belirlenir. Tabii bu malzemeler kalıbın her elemanın imalatında kullanılamaz. Örneğin kesme ağızlarını çelik malzeme olarak imal edilmesi zorunludur.

II.3.8. Ekonomiklik

Sıcak Biçimlendirme yöntemi üretilecek ürüne göre kullanılan araç gereç ve teçhizat yükü fazla olmayan bunun yanında kalıp imalatındaki elverişli maddi koşullar tabii bunun yanında tasarım değişikliğinin üretime kolaylıkla aktarılma özelliği sayesinde üretici firmaya çok fazla pratiklik ve ekonomiklik kazandırmaktadır. Bunun sayesinde hem piyasaya daha kolay tutunma olanağı hem de yeni tasarım oluşturma aşamasında yanında getirmiş olur [22].

II.4. KALIP ELEMANLARI

II.4.1. Şekil Verme Kalıbın Montaj Gösterimi



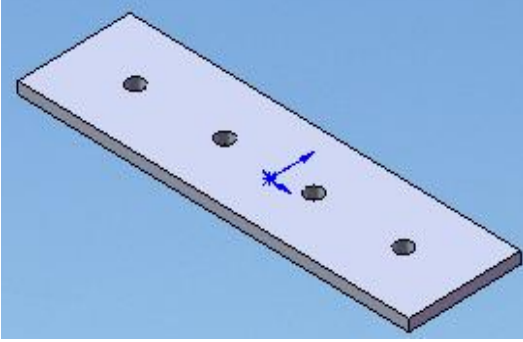
Şekil II.40. Vakum Kalıbı Montaj Gösterimi

Montaj Sırasına Göre Dizilişi;

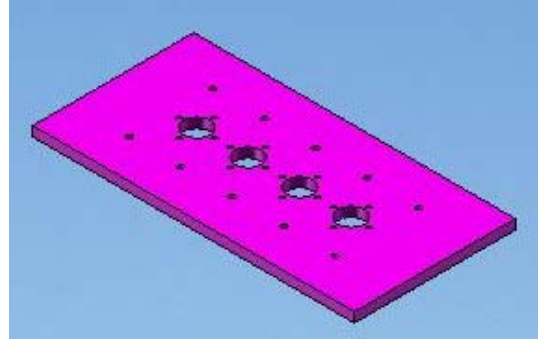
- | | |
|----------------------|---|
| 1. Alt İtici Plaka | 8. Alt Plakanın Kolon Milleri Yükselticis |
| 2. Alt İtici Mili | 9. Alt Döküm |
| 3. Yatak | 10. Üst Çelik Altı |
| 4. Alt Plaka | 11. Üst İtici Mili |
| 5. Dip Şekillendirme | 12. Üst İtici Laması |
| 6. Alt Çelik Altı | 13. Üst Plaka Yükselticisi |
| 7. Kolon milleri | 14. Üst Çelik |

II.4.2. Kalıp Elemanları Gösterimi

1.Alt İtici Plaka

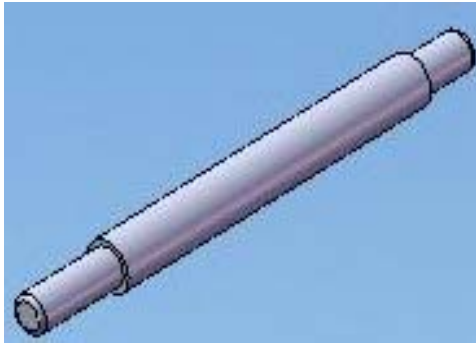


4.Alt Plaka

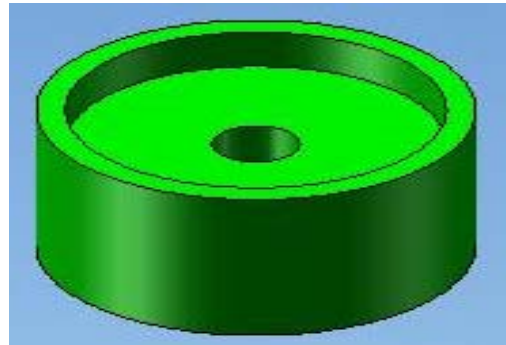


Şekil II.41. Alt İtici Plaka Ve Alt Plaka

2.Alt İtici Mili

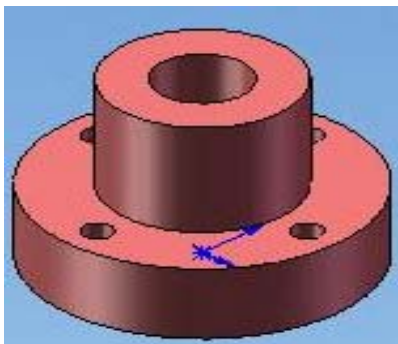


5. Dip Şekillendirme

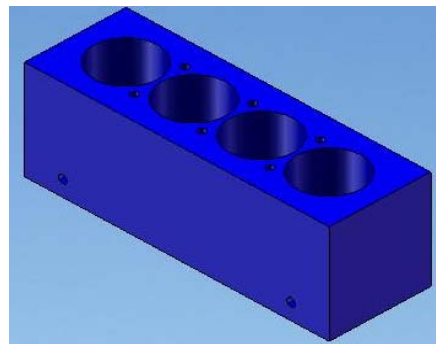


Şekil II.42. Alt İtici Mili Ve Dip Şekillendirme

3.Yatak

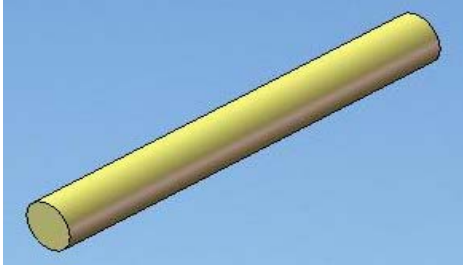


6.Alt Çelik Altı

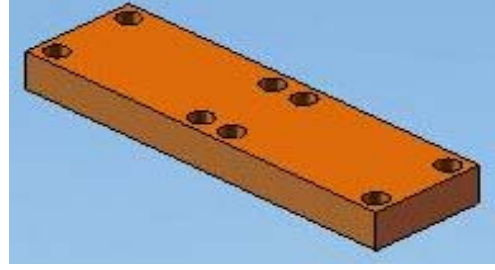


Şekil II.43. Yatak Ve Alt Çelik Altı

7.Kolon Milleri

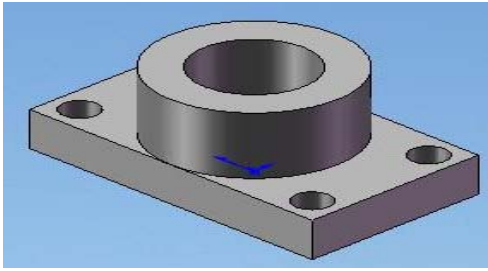


8.Alt Plakanın Kolon Milleri Yükselticisi

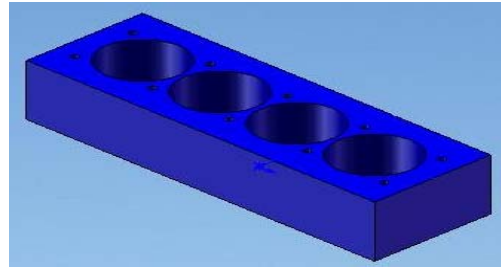


Şekil II.44. Kolon Milleri Ve Alt Plakanın Kolon Milleri Yükselticisi

9. Alt Döküm

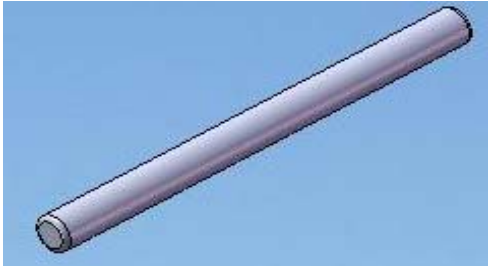


10. Üst Çelik Altı

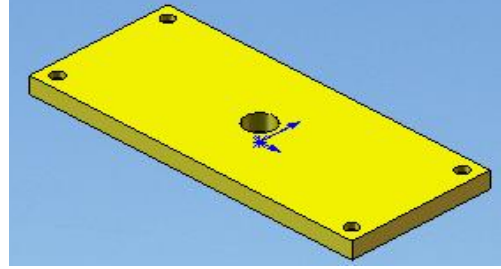


Şekil II.45. Alt Döküm Ve Üst Çelik Altı

11. Üst İtici Mili

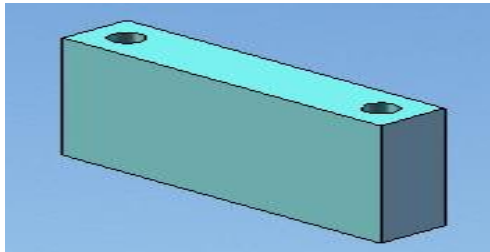


12. Üst İtici Laması

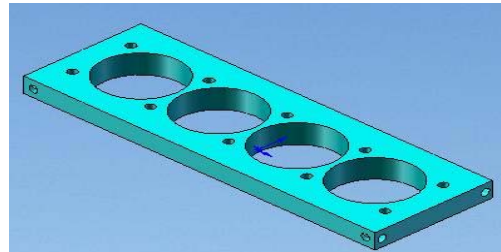


Şekil II.46. Üst İtici Mili Ve Üst İtici Laması

13.Üst Plaka Yükselticisi



14.Üst Çelik



Şekil II.47. Üst Plaka Yükselticisi Ve Üst Çelik

II.5. TERMOFORM KALIPLAMADA PROBLEM GIDERME

II.5.1. Hata Kontrol Listesi

Her hangi bir hata durumunda makineyi kapatarak hataya müdahale et. Ancak öncelikle fırında yada ısıtmada malzeme olmadığını yada içerde malzeme olmadığını kontrol ederek, olabilecek sorunları gözden geçir. Öncelikle aşağıdaki potansiyel hata başlıklarını incele;

1. Kullanıcı hatası
2. Mekanik problem
3. Levha yada filmde problem
4. Isıtma
5. Vakum yada basınçlı hava
6. Elektrik yada kontrol sistemleri

Hatalarının bulunup ortaya çıkarılmasında sıra ile sadece bir anda tek değişiklik yaparak hataları bul.

II.5.2. Termoform Hata Kontrol Rehberi

Eğer yukarıdaki araştırmalar sonunda problem giderilemedi ise aşağıdaki soruların cevabı olup olmadığına bak. Olabilecek hataların listesi aşağıdaki gibidir.

1. Kabarcık yada hava sorunu
2. Tamamlanmamış kalıplama, zayıf detay
3. Levhanın, yanması
4. Renk değişikliği
5. Levhanın beyazlanması
6. Kırışıklık
7. Kalıplanan parçanın yüzeyinde meme
8. Aşırı çökme, bükülme
9. Levhada çökme, akma
10. Soğuk izler.
11. Yüzeyde kötü izler.

12. Parça yüzeyinde parlak çizgiler
13. Parçanın kalıptan çıktıktan sonra aşırı çekmeler veya kalıcı deformasyon
14. Parçada büzölmeler.
15. Zayıf parça kalınlığı ve bazı yerlerde çok ince kalınlıklar
16. Homojen olmayan baloncuklar
17. Parçada çekme izleri, özellikle köşelerde (parçanın iç köşelerinde)
18. Çok ince köşeler
19. Parçanın kalıba yapışması
20. Kalıplama esnasında parçanın yırtılması
21. Servis esnasında yada kullanım esnasında parçanın köşelerinde çatlak

Tablo II.6. Hata Bulma Rehberi [9]

PROBLEM	OLABİLECEK NEDEN	TAVSİYE
Bister veya baloncuklar	A. Isıtmanın çok hızlı yapılması	1. Düşük ısıtma sıcaklığı 2. Yavaş ısıtma yapılmalı 3. Rezistanslar ile parça arasındaki mesafeyi artır.
	B. Aşırı nem	1. Predity 2. Ön ısıtma 3. Her iki yüzeyi ısıt 4. Düşük ısıtma sıcaklığı 5. Malzeme kullanılacağı ortama getirildikten sonra bekletilmeden şekillendirilmeli 6. Tedarikçiden kuru malzeme alınması
	C. Düzgün olmayan ısıtma	1. Isıtmanın uniform olduğunu kontrol et 2. Isıtıcıları kontrol et. 3. Isıtıcıların sıcaklıklarını ayarla.
	D. Hatalı levha yada formülasyon	1. Doğru formülasyon malzeme alın.

Tablo II.7. Hata Bulma Rehberi 2 [9]

Tamamlanmamış kalıplama, zayıf detay	A. Levha çok soğuk	1. Levhaya daha uzun süre ısıt. 2. Isıtıcıların sıcaklığını yükselt. 3. Daha fazla ısıtıcı kullan. Eğer sorun hep aynı noktada ise ısıtıcıların gücünü kontrol et.
	B. Levha aktarılmadan önce kalıp soğuk	1. Kalıba ön ısıtma uygula
	C. Yetersiz vakum veya basınçlı hava	1. Vakum bağlantıları tıkalı kontrol et. 2. Vakum çapını artır. 3. Vakum boşluğunu arttır. 4. Vakum sisteminde 90 derece açılardan kaçın.
	D. Vakum yeterince hızlı değil	1. Vakum kapasitesini arttır. 2. Daha geniş vakum vana yada elemanları kullan. 3. Sistemi basınçlı hava ile kontrol et.
	E. İlave basınç gerekli	1. İlave basınç sağlayıcı kullan.
Levhanın, yanması	A. levhanın dış yüzeyi çok sıcak	1. Kısa ısıtma süresi kullan. 2. Düşük sıcaklıkta ısıtma yap. 3. Isıtma bandını parçadan uzaklaştır.
4. Kızarma, renk yoğunluğunda değişikliği	A. Yetersiz ısıtma	1. Isıtma süresini uzat. 2. Isıtıcıların sıcaklığını yükselt.
	B Aşırı ısıtma	1. Sıcaklığı azalt. 2. Daha kısa sürede ısıtmayı sağlayın. 3. Hep aynı noktalarda lekeler oluyorsa ısıtıcıları kontrol et.
	C. Kalıp çok soğuk ya da sıcak	1. Kalıbı ısıt veya sıcaklığı düşür.
	D. Kötü kalıp tasarımı	Kalıp derinliğini azalt. Yarıçapı büyüt.

	E. Levha malzeme bu iş için uygun değil	Farklı formulasyona sahip levha dene.
Levhanın beyazlanması	A. Soğuk şekillendirme	Isıtıcıları sıcaklığını yükselt. Vakum hızını yükselt.
	B. Levha malzeme kuru olarak renklenmesi	1.Tedarikçiye durumu ilet.
Kırıxıklık	A. Levha çok sıcak olup, aşırı deformasyona neden oluyor	1. Kısa çevrim süresinde çalış. 2. Isıtma mesafesini yükselt. 3. Düşük ısıtma sıcaklığı.
	B. Plastiğın ergiyik mukavemeti çok düşük	1.Düşük melt indeksli malzeme kullan. 2. Mümkünse düşük sıcaklıkta kalıplama yap.
	C. Aşırı yada az yönlenme	Tedarikçi yönlenmeyi azaltsın yada arttırsın. Vakum sistemini kontrol et.
Kalıplanan parçanın yüzeyinde meme	A. Levha çok sıcaktır	Isıtma çevrimini azalt. Isıtıcının sıcaklığını azalt. Levhanın ısıtıcı ile olan yüzey sıcaklığını azalt.
	B. Vakum boşluğu çok geniştir	Çağını küçültücü eleman tak. Düşük vakum sağlayacak parça tak.
Aşırı çökme, bükülme	A.Levha çok sıcaktır	Isıtma çevrimini azalt. Isıtıcının sıcaklığını azalt.
	B. MFI çok yüksektir	Düşük MFI malzeme kullanan yada farklı malzeme.

II.6. TERMOFORM ÜRÜNLERİ

Şekillerden de anlaşılacağı gibi, genellikle gıda ürünlerin kalıplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar krem peynir, kaşar peynir, sucuk bisküvi, çikolata, su kapları, yumurta kapları, gofret, et, salam, tavuk, sosis, balık, zeytin ve helva kalıplanmasında genellikle termoform makineleri kullanılmaktadır



Şekil II.48. Termoform İle Şekillendirilmiş Ürünler

BÖLÜM III

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

III.1. MALZEME

Zincirli makinede ürün oluşumu iki farklı folyo gruplarından oluşur. Bunlar;

1. Üst folyo
2. Alt folyo

III.1.1. Üst Folyo

Üst kısmı müşteri logosu taşıyan baskılı folyo özel kalıpla kesilip şekil alan alt folyoya yapıştırılır. Bu folyonun malzemesi polietilen (PE)+poliamid (PA),alüminyum (Al)+ poliamid PA vb. gibi ürünlerden oluşur. Ancak bu çalışmada üst folyo kullanılmamıştır.

III.1.2. Alt Folyo

Müşterinin istediği logoyu taşıyan özel tasarımla yapılan büyük rulo halindeki folyo ürün dolununun yapıldığı folyodur. Makineye hazır olarak alt kapak grubundan dahil edilir. Polivinilklorür (PVC) + polietilen (PE), polistiren (PS)+ polietilen (PE) vb. malzemelerden oluşur. Bu çalışmada alt folyo malzemesi olarak polivinilklorür (PVC) + polietilen (PE) kopolimer malzemesini kullanıldı. Neme, yağa ve oksijene karşı bariyer özelliği vardır. Ayrıca laminasyon kaplarının üst kısımlarındaki kapakları polietilen olduğu için bunların tutkalsız olarak Polivinilklorür'e yapışması imkânsızdır. Kullanılan tutkalında kabın içindeki ürüne zarar vermesinden dolayı polivinilklorür ile polietileni birbirine lamine edip daha sonra üst kapak kısmının polietilen ısıyla kaba yapışması sağlanır. Yani yapışan kısımların polietilen olması sağlanır. Aşağıda verilen tablo III.1. Polivinilklorür malzemenin mekanik özelliklerini gösterilmektedir.

Tablo III.1. Polivinilklorür (PVC) Malzemenin Mekanik Özellikleri

Özellik	Standart	Değer
Yoğunluk	DIN EN ISO 1183	1,47 g/cm ³
Çekme akma gerilmesi	DIN EN ISO 527-1	55 N/mm ²
Kopmada % uzama	DIN EN ISO 527-1	20
Elastisite modülü	DIN EN ISO 527-1	3100 N/mm ²
Basma dayanımı	ISO 3597-3	78 N/mm ²
Sertlik (Shore D)	DIN EN ISO 868	85

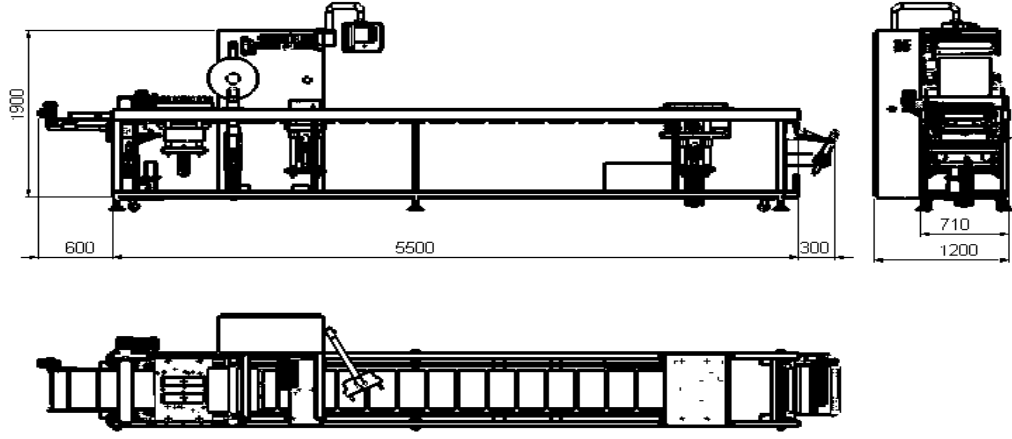
III.2. MAKİNA

TFZ 1000/2000 AISI 304 paslanmaz çelik iskelet üzerine kurulmuş yüksek mekanik dayanıklılığa sahip, en zorlu çalışma ortamında bile uzun ömürlü, ileri teknoloji ürünü bir ambalaj makinesidir.

Isı ve şekil verme istasyonu, alt ve üst bobin grubu ve zincir hareket grubu, kesme istasyonları, yapıştırma istasyonu makinenin temel üniteleridir. Ambalaj folyosunun sistemi ile taşınması, malzeme kullanımına olanak vererek, ekonomik ve yüksek performans sağlanmaktadır.

Bütün parametrelerin izlenip, istenilen değişikliklerin kolayca yapılabildiği en son teknoloji ürünü PLC mikro işlemci kumanda sistemi, kullanımı kolay olan dokunmatik operatör paneli ile rahat çalışma ortamı sağlar.

Müşteri isteğine veya ürün gerekliliğine bağlı olarak, otomatik dolum ünitesi ile vakum ve gaz uygulaması da yapılabilmektedir[25].



Şekil III.1. Vakumlu Makinenin Ölçülü Şekli [25]

Tablo III.2. Çalışmamızda Kullanılan Vakumlu Makinenin Teknik Özellikleri

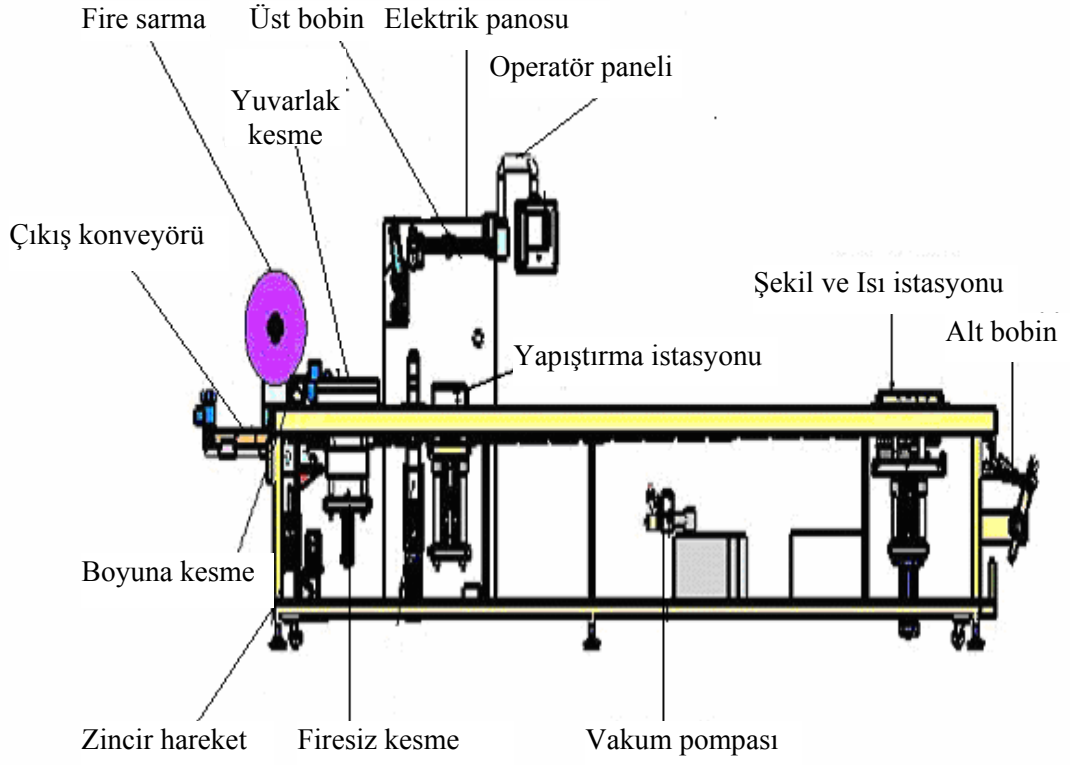
Teknik Bilgi	Özellikler
Kapasite	1-15 vuruş/dk.
Ölçüleri	5500X1900X1200mm
Ağırlık	2200kg
Elektriksel Değerler	4- 6 kW, 380 V, 3 Faz
Basınçlı Hava	6 bar, 1200 lt/dk.
Soğutma Suyu	15- 20 C, 100 lt/h.
Bobin Çapı	Alt 450-üst 300mm
Folyo Eni	Max. = 450mm
Alt Folyo	PVC+PE, PS+PE
Üst Folyo	PE+PA, AL+PA

III.2.1. Makinenin Kullanım Alanları

Söz konusu makine aşağıda belirtilen sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla;

1. Gıda Endüstrisinde; Krem peynir, kaşar peyniri, sucuk, bisküvi, çikolata, gofret, et, köfte, salam, tavuk, sosis, balık, zeytin, helva, vs.
2. Kimya Endüstrisinde; Sabun, diş fırçası, hazır tıraş bıçakları, pil, yapıştırıcı
3. Medikal Endüstrisinde; Şırınga, gazlı bez vs.
4. Diğer Endüstriler; Yedek parçalar, hırdavatlar, kırtasiye malzemeleri, oyuncaklar, bijuteri, nalburiye [25].

III.2.2. Makinenin İstasyonları Ve Çalışma Prensipleri

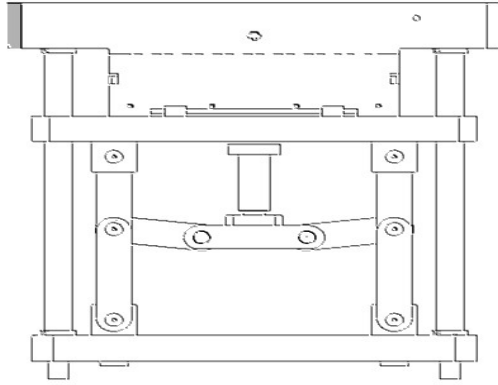


Şekil III.2. Vakumlu Makinenin Gruplarının Gösterimi



Şekil III.3. Vakumlu Makinenin Son Halinin Gösterimi [25]

III.2.2.1. Makinenin Isı Ve Şekil Verme Grupları



Şekil III.4. Isı Ve Şekil Vermenin Gösterimi [25]

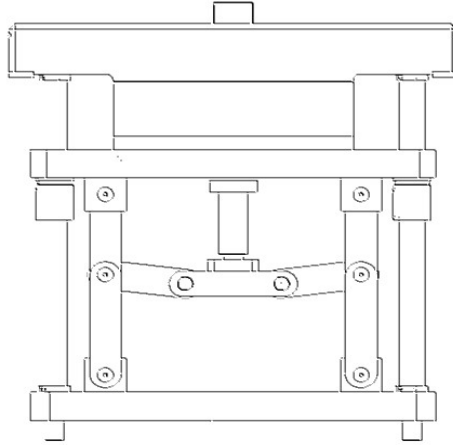
Açıklama; Yanık tehlikesine karşı uyarı işareti ve her iki istasyonun üzerini kapatacak şekilde flexyglass veya AISI 304 sac malzemedен imal edilmiş koruma kapağı monte edilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi ısı-şekil verme kalıbı aynı istasyon üzerindedir ve flexyglass veya AISI 304 sac malzemedен yapılan koruma bu bölgeye herhangi bir yabancı madde girmesine ve el sıkışmasına karşı tasarlanmıştır.

Çalışma Prensibi; Zincirin getirdiği alt folyoyu ısı ve şekil istasyonu arasına alarak önce ısıtır. Formu alabilecek ısı kapasitesine ulaşınca şekil kalıbı ısınan folyoya hava üfleyerek veya vakum yaparak istenilen formu verir.

Bu istasyonun görevi ısı istasyonunda ısıtılan alt folyonun, istenilen şekli almasını sağlamaktır.

Makas sistemi, kapalı pozisyonuna geçtikten sonra orta plaka aşağıya iner ve şekillenen folyo hatve çekme mesafesi kadar ilerler. Şekil verme sistemi, açık pozisyona geçtikten sonra pnömatik piston vasıtasıyla alt-üst plaka hareketli olmak suretiyle folyo seviyesine kadar kalkar. Bu seviyeye geldiğinde, hava üfleme kutusu ile kapalı bir kutu halini alır. Hava üfleme kutusundan üflenен hava ve inen maçalar ile alt folyoya istenilen şekil verilir [25].

III.2.2.2. Yapıştırma Grubu



Şekil III.5. Yapıştırma İstasyonunun Gösterimi

Çalışma Prensipleri; Bu grubun fonksiyonu şekil almış alt folyonun üst folyo ile üstünü kapatmaktır. Pnömatik hava pistonu ile makas kilitlenir. PLC komut sırasına göre vakum-gaz işlemi gerçekleşir. Hava yastığı çeneleri iterek folyoların yapışmasını sağlar. Yapışma işlemi bittikten sonra yine PLC komutu ile makas açılır ve zincir harekete devam eder [25].

III.3. CİHAZLAR

III.3.1. Çekme Deneyi Cihazı

Malzemelerin mukavemetlerini ve sünekliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden kullanılışlı çekme deneyidir. Çekme deneyinde, numunenin sürekli olarak artan tek eksenli çekme kuvveti etkisi ile uzaması sağlanır. Çekme deneyi sonuçları, belli bir miktar deformasyona veya uzamaya sebep olan kuvvet cinsinden bulunur. Bu veriler yardımıyla belirtilen gerilme – birim şekil değiştirme hesapları yapılabilir. Böylece daha kullanılışlı sonuçlar bulunur. Ancak, çekme deneyi ile elde edilen kuvvet – uzama (yük – uzama) eğrisini incelemek, malzemelerin deformasyon özelliklerini anlama açısından daha faydalıdır. Numune şekline bağlı kalmaksızın, deney ölçümleri gerilmenin tek eksenli bağlı kabul edilen bölgede yapılır. Bu bölgenin ilk ölçü uzunluğu L_0 ve ilk kesit alanı A_0 olarak kabul edilirse, malzemenin ilk veya yük uygulanmamış durumdaki hacmi $V_0 = A_0 L_0$ olur. Numunenin V_0 hacmi dışındaki kısmına önem verilmektedir. Çekme deneyi şekli aşağıdaki gibidir. [26].



Şekil III.6. Çekme Deneyi Cihazı

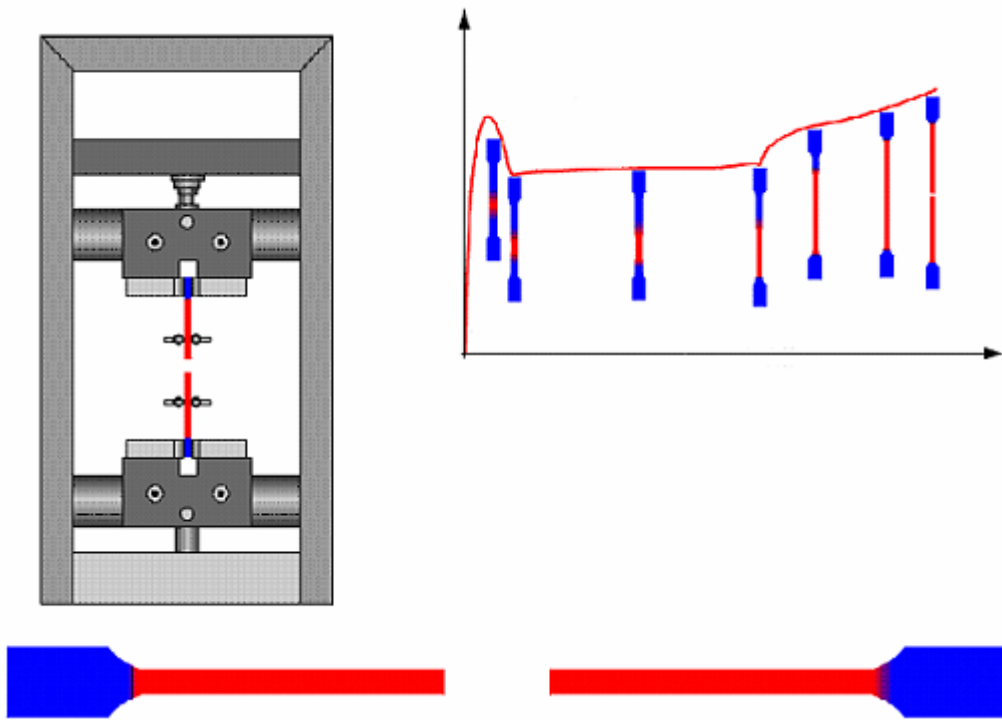
Artan F kuvveti etkisi ile, deney bölgesinin boyu uzar ve alanı küçülür. Herhangi bir F , kuvveti altında, numunenin uzunluğu L_i ve alanı A_i olur belirli bir yük seviyesine kadar numune elastik deformasyona uğradığından, kuvvetin kaldırılması ile numune orijinal boyutlarına döner. Bu kuvvet genellikle elastik sınır olarak bilinir. Söz konusu kuvvetin aşılması halinde, malzemenin plastik akışı sonucu kalıcı deformasyon meydana gelir.

Elastik deformasyon esnasında deney bölgesinin hacmi sabit kalmaz, poisson oranı (ν) 0,5' e eşit değilse, poisson etkisi nedeniyle hacim değişimi meydana gelmektedir. Çoğu metaller için $\nu \approx 0,3$ 'dür. Plastik deformasyon esnasında hacmin sabit kalması poisson oranınının 0,5 olmasını gerektirir. Elastik deformasyondan kaynaklanan hacim değişimi ihmal edilebilecek seviyededir. Deformasyonun plastik kısmı, elastik kısmından çok daha büyük olduğundan, hacim sabitliği kabulü oldukça gerçeğe uygundur, bu da analizleri çok basitleştirir.

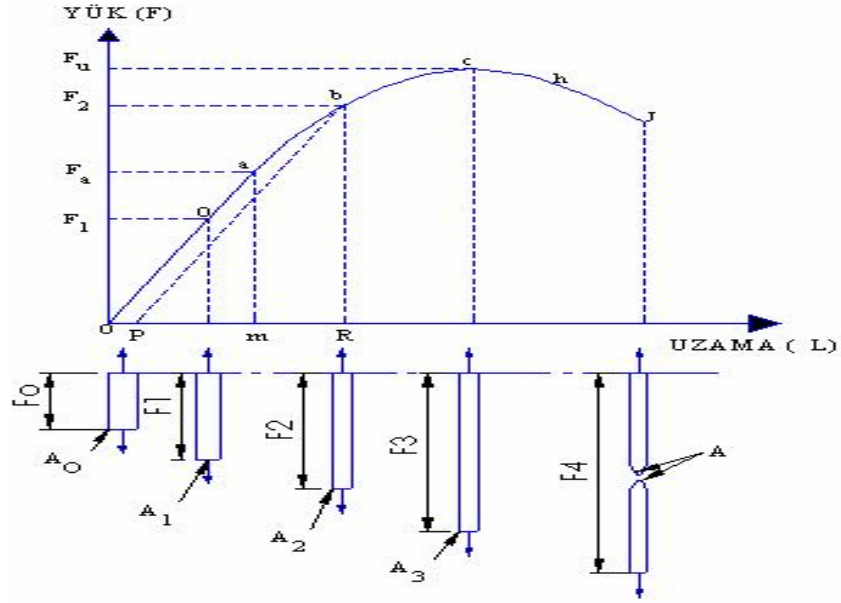
Yukarıdaki açıklamalar, şekil de görüldüğü gibi genel kalitatif olarak çizilmiş yük – uzama eğrisi yardımıyla özetlenebilir. Bu eğriden önemli sonuçlar çıkarılabilir, ancak şekil de gösterildiği gibi σ ile ϵ arasındaki bölge, daha iyi belirtilebilmek amacıyla bir hayli abartılmış olarak çizilmiştir. Gerçek metallerle yapılan deneyler,

elastik uzamanın (o_m), plastik uzamaya (m_f) göre, çok küçük olduğunu göstermiştir, yani şekil III.3’de görülen kuvvet – uzama eğrisinin o_a çizgisi, daha dik olmalıdır. Bu nokta belirtildikten sonra, aşağıdaki açıklamalar yapılabilir:

1. Eğrinin o_a olarak gösterilen kısmı elastik davranışı belirtmektedir. Bu doğru üzerindeki herhangi bir noktada uzama, kuvvet ile doğru orantılıdır. Bu bölgedeki maksimum elastik uzama o_m ’ dir.
2. Bu eğride a noktası ile belirtilen F_a akma kuvveti plastik deformasyonun başlangıcını belirtmektedir.
3. F_a ’ nın üzerinde sürekli artırılan kuvvet, maksimum F_u kuvvetine ulaşıncaya kadar abc yolunu izler. A ’dan b ’ye ve b ’den c ’ye doğru ilerleme ile, ilk ölçü uzunluğu (L_o) artarken, buna bağlı olarak tüm ölçü uzunluğu boyunca kesit alanı uniform olarak daralır.



Şekil III.7. Çekme Deneyi Cihazı ve Elde Edilen Yük – Uzama Eğrisi

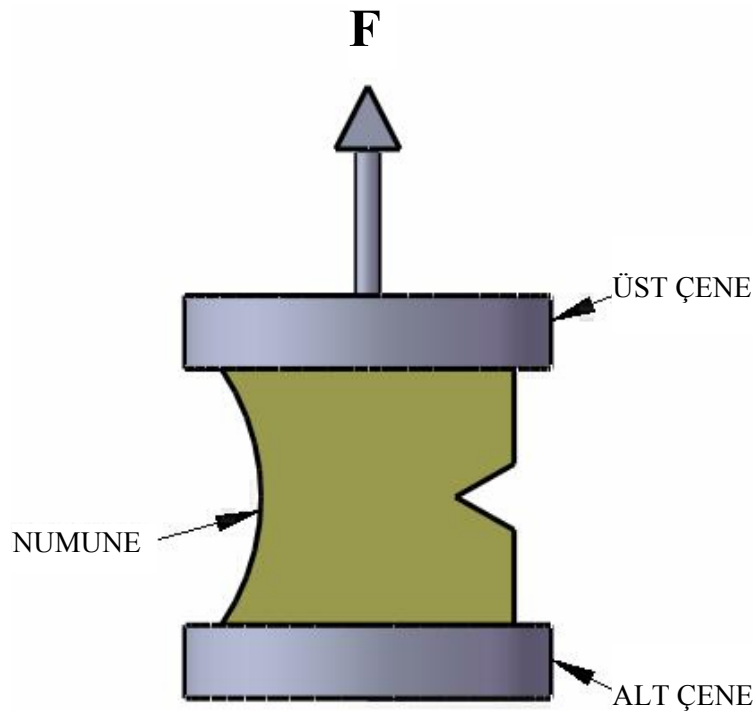


Şekil III.8. Çekme Deneyi İle Elde Edilen Yük – Uzama Eğrisi [26]

4. A'dan c'ye kadar alanın azalmasına rağmen, plastik deformasyonun devamı için uygulanan yükün sürekli artırılması gereklidir. Bu olay, metallerin, plastik olarak şekil değiştirdikçe sertleşmesinin sonucudur F_u çekme kuvvetine kadar, sertleşme hızı kesit daralmasından daha etkin olduğundan, plastik deformasyonun devamı için daha büyük kuvvete gerek vardır.
5. C noktasına ulaşıldığında, kararsızlık şartı meydana gelir ve numunenin herhangi bir kısmında bölgesel olarak kesit daralması olur. Bu olay "boyun verme" olarak bilinir ve artık kesit daralması, plastik deformasyon etkisi ile meydana gelen sertleşmeden daha etkindir. Sonuç olarak boyun civarında uzamanın devamı için gerekli kuvvet azalır.
6. Kırılma alanı A_k numune fiziksel olarak iki parçaya ayrıldıktan sonra, boyun bölgesinin nominal minimum alanı olarak alınır.
7. Eğer numune orijinal olarak o'dan b'ye kadar yüklenip sonra F_2 kuvveti tamamen kaldırılırsa, numuneden kuvvetin kaldırılması o a'ya paralel olan bp çizgisini takip eder. Tekrar kuvvet uygulandığında, kuvvet ile uzama arasındaki doğrusal ilişki b noktasına kadar geçerli olur; yani elastik bölge oa'ya kıyasla, F_2 kuvveti aşıncaya kadar genişlemiştir, yeniden plastik deformasyon söz konusu değildir. Buradan, plastik deformasyona uğramış bu numunenin mekanik davranışının pbc d yolunu izleyecek şekilde değiştiği söylenebilir. [26].

III.3.2. Yırtılma Deneyi Cihazı

Numune üzerinde bir kesik veya çentik bulunan numunenin yırtılmaya karşı gösterdiği mukavemetin N/mm tespitinde kullanılır. Uygulaması ise test yapılacak numune türünün ve cinsine göre deney numunesi oluşturulur. Hazırlanan numune çekme cihazına bağlanır ve ön görülen hızda çekmeye tabi tutulur. Cihazın göstergesindeki en yüksek kuvvetin numune için yırtılmaya devam mukavemeti olur. Enine ve boyuna üzer numune üzerinde test yapılır ve ortalama bir değer elde edilir. Yırtılma deneyi cihazı, çekme deneyi cihazıyla aynıdır. Söz konusu cihaz M.Ü. Teknik eğitim Fakültesi'nde bulunmaktadır.



Şekil III.9. Yırtılma Deneyinin Şematik Olarak Gösterimi

III.3.3. Yaşlandırma Fırını

Plastik malzemelerde ısı etkisiyle meydana gelebilecek boyutsal veya yüzeysel değişikliklerin mekanik özelliklerine etkisi tespit edilmek amacıyla kullanılmıştır. Uygulanışı plastik malzeme numuneler haline getirilerek BİNDER 115 marka fırında 60 °C de 1 gün, 3 gün ve 7 gün yaşlandırma yapılmıştır. Şekil III.10'da kurutma işlemi için kullanılan etüv cihazı gösterilmiştir. Bu süre sonunda fırından çıkarılan numunelerin özellikleri belirlenmiştir. Söz konusu cihaz M.Ü. Teknik eğitim Fakültesi'nde bulunmaktadır.



Şekil III.10. Deneylerde Kullanılan Etüv

III.3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Test, Marmara Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarında bulunan JEOL JSM 541 0 LV marka test cihazında yapılmıştır.

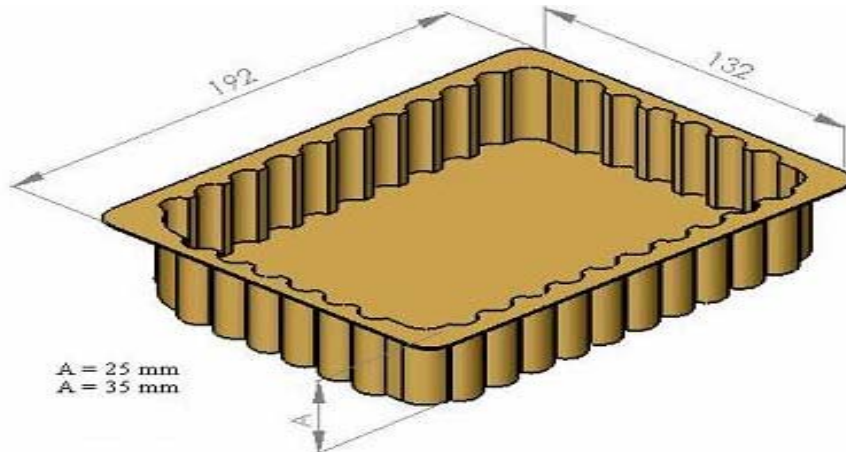
Bu test ile çift katmanlı ambalaj malzemesinin birbirleri içine dağılımı büyütülerek mikroskop yardımı ile tespit edilmektedir. Katılmış olan yapıştırıcı malzemesinin ikisi arasında birleştirici iyi olup olmadığını anlamak için yapı içi içerisindeki boyutları s^{-1} olarak büyütülüp tespit edilebilmektedir. Kırılma sonucu oluşan yüzeylerin analizi, moleküler dağılım ve fazlar arası birleşim, kristalizasyon karakteristiği ve değişik fazlara ait iç yapı belirlenir. Üretilen PVC + PE çift katlı ambalaj malzemesinin yüzey morfolojileri incelenmiştir. Şekil III.11’de Taramalı Elektron Mikroskobu cihazı gösterilmiştir.



Şekil III.11.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

III.3.4.1. Çekme Deney İçin Numunenin Hazırlanması

Deneysel çalışmada kullanılan malzemeler termoform yöntemiyle üretilmiş şekillerden ibarettir. Bu şekilleri alırken, sıcaklık ve şeklin derinliği değiştirilerek farklı sıcaklıklarda ve derinliklerde numuneler alınmıştır. Çekme numuneleri şeklin tabanından alınmışlardır. Bu çalışmada ısı sayesinde şekil verilen malzemenin özellikleri araştırıldığı için ve daha öncesinden yani şekil alınmamış ana numuneden çekme deney numunesi alınır. Böylelikle ısıl şekillendirmeye maruz olan ve olmayan malzemelerin mekanik özellikleri kıyaslandırılmıştır. Aşağıdaki şekil III.12 de termoform işleminden sonraki kabın derinlikleri gösterilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken numunenin derinliklerin farklı olmasıdır.



Şekil III.12. Termoform Kalıpta Alınan Şeklin Derinliklerinin Gösterilmesi



Şekil III.13. Termoform Kalıbından Alınan Şekil

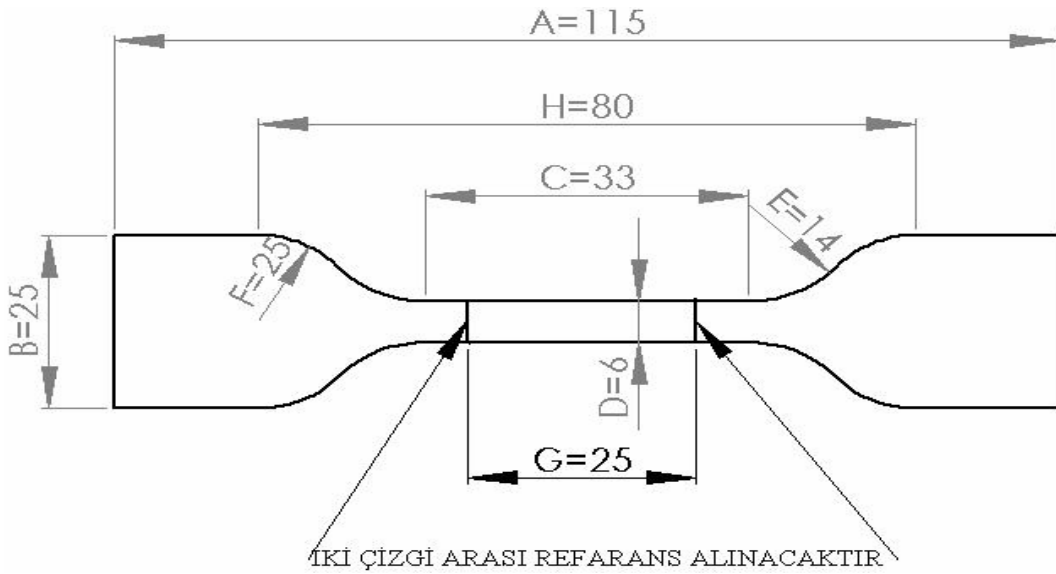


Şekil III.14. Şeklin Tabanından Alınan Numenin Çekme Deneyi İçin Çıkarılan Numunenin Görünümü



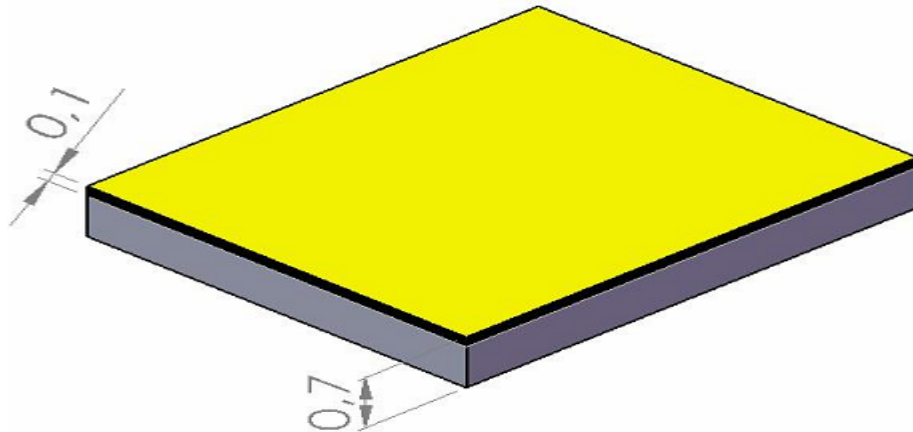
Şekil III.15. Deneylerde Kullanılan TS 1398 İkinci Tip Çekme Deneyi Numuneleri

Şekil aldıktan sonra çıkan numuneler çekme deneyi için, TS 1398 ikinci tip standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Numune boyutları Şekil III.16 'de gösterilmektedir. Çekme deneyi ZWİCK marka Z010 model 10 kN'luk üniversal test cihazında TS 138 EN 10002-1/1996 standardına göre yapılmıştır. Çenelerin birbirlerinden uzaklaşma hızı ise 50mm/dakikadır. Numuneler kopana kadar çekilmiş ve kopma gerilmesi tespit edilmiştir



Şekil III.16. Deneylerde Kullanılan TS 1398 İkinci Tip Çekme Deneyi Numunesi

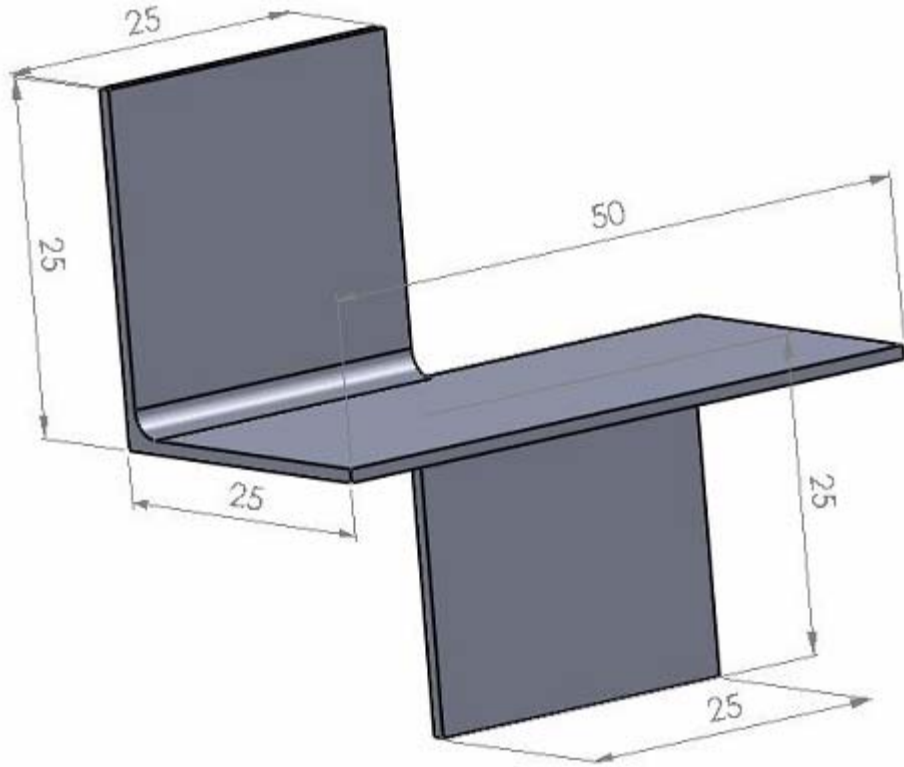
Şekil almadan önce kalınlığı 0,7 mm olan ana numunenin gösterimi şekil III.17'deki gibidir. Burada 0,6 mm kalınlığı PVC, 0,1 mm kalınlıktaki ise PE' dir.



Şekil III.17. PVC + PE 0.7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin Gösterimi

III.3.4.2. Yırtılma Deneyi İçin Numunenin Hazırlanma Aşaması

Deneyisel çalışmada kullanılan malzemeler termoform yöntemiyle üretilmiş şekillerden ibarettir. Bu şekilleri alırken, sıcaklık ve şeklin derinliği farklılaştırılarak farklı sıcaklıklarda ve derinliklerde numuneler alınmıştır. Yırtılma numuneleri, şeklin tabanından alınmışlardır. Çünkü diğer kısımlarda numune, istemiş olduğumuz boyutlarda olmadığından dolayı tabanından alınmıştır. Bu çalışmada ısı sayesinde şekil verilen malzemenin özellikleri araştırıldığı için ve daha öncesinden yani şekil alınmamış ana numunedan yırtılma deney numunesi alınır. Böylelikle ısıl şekillendirmeye maruz olan ve olmayan malzemelerin mekanik özellikleri kıyaslandırılmıştır. Yırtılma deneyi çekme cihazında yapılacaktır. Burada çenelerin çekme hızı 100mm /dakikadır. Aşağıdaki şekil III.18'de yırtılma deneyi numunesi gösterilmektedir.



Şekil III.18. Deneylerde Kullanılan Yırtılma Deneyi Numunesi

BÖLÜM IV

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

IV.1. ÇEKME DENEYİ SONUÇLARI

IV.1.1. Polivinilklorür Ve Polietilen Çift Katmanlı Ambalaj Malzemesinin Çekme Özellikleri

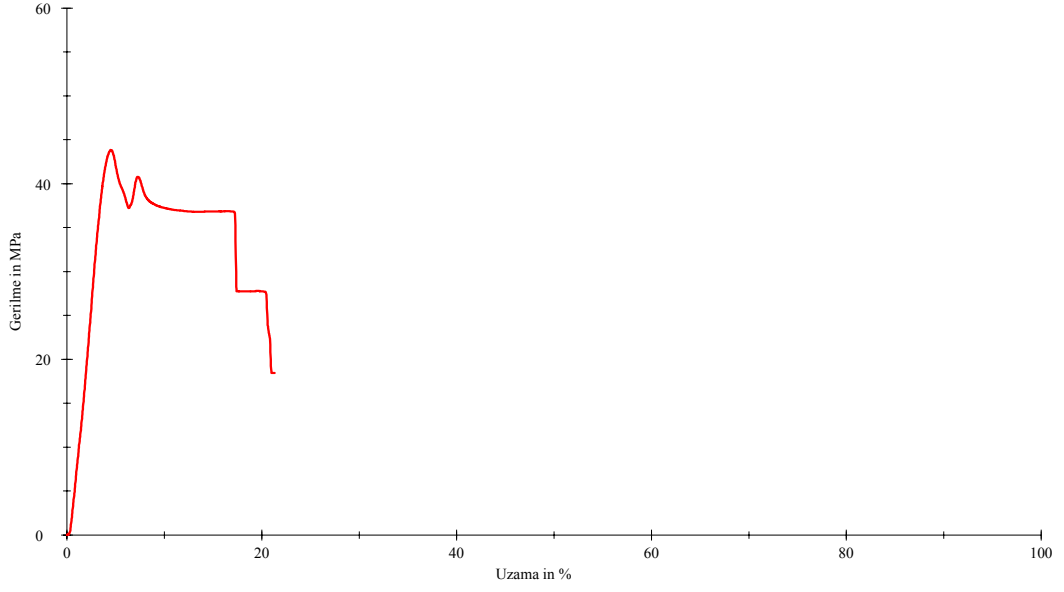
Bu çalışmada polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin termoform kalıplama ile ısı ve vakum etkisiyle şekillendirildi. Sıcaklık ve kap derinliğini değiştirilerek, malzemelerin çekme ve yırtılma özelliklerinin nasıl etkilendiğini araştırıldı. Yapılan çekme deney sonucunda ısıl şekil vermeden önce yani ana numunedan alınan numunelerin çekme dayanımı; 45 MPa ve maksimum uzama miktarı % 35 olarak belirlenmiştir. Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin ısıl şekil verme işlemi sırasında sıcaklık ve kap derinlikleri değiştirilmiş ve diğer parametreler ise (vakum, kalınlık vs..) sabit tutulmuştur. 150 °C de ve kap derinliği 25 mm olan malzemenin maksimum çekme dayanımı 48 MPa ve maksimum % uzama 70; 150 °C de ve kap derinliği 35mm olan malzemenin maksimum çekme dayanımı 42 MPa ve maksimum % uzaması 59; 165 °C de ve kap derinliği 25mm olan malzemenin maksimum çekme dayanımı 43 MPa ve maksimum % uzama 150; 165 °C de ve kap derinliği 35 mm olan malzemenin maksimum çekme dayanımı; 54 MPa ve maksimum % uzama 140; 173 °C de ve kap derinliği 35 mm olan malzemenin maksimum çekme dayanımı 54 MPa ve maksimum % uzama 145; 185 °C de ve kap derinliği 25mm olan malzemenin maksimum çekme dayanımı 50 MPa ve maksimum % uzama 40; 185 °C de ve kap derinliği 35mm olan

malzemenin maksimum çekme dayanımı 43 MPa ve maksimum % uzama 48 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda en uygun değer 173 °C ve kap derinliği 35 mm olan malzemede olduğu tespit edilmiştir.

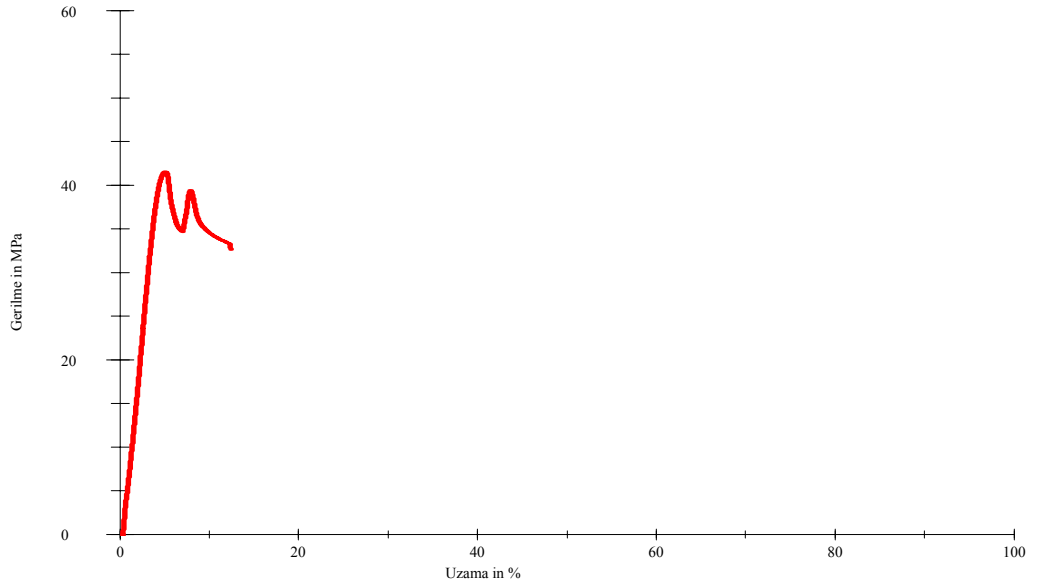
0,7 mm kalınlıktaki ana folyo numunenin çekme deney sonuçları aşağıda tablo IV.1 ve şekil IV.1-4 deki gibidir. Tablo IV.1'den de görüleceği gibi çekme mukavemetlerinde önemli bir değişiklik görülmezken % uzama değerlerinde önemli oranda düşme meydana gelmiştir. Bu durumun özellikle yaşlandırma sıcaklığı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Çünkü söz konusu incelemeye tabi tutulan malzeme her ne kadar PVC ve PE den çift bileşenli olarak yapılmış olmasına ve PVC nin amorf yapıya sahip olmasına rağmen kristallenme veya moleküllerde bir düzenlenme olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü bu malzemelerde bu işlem sıcaklığında (60°C) moleküllerde yönlendirilerek daha düzenli bir yapı oluşturması mümkündür.

Tablo IV.1. Ana Numunenin Çekme Deney Sonuçları

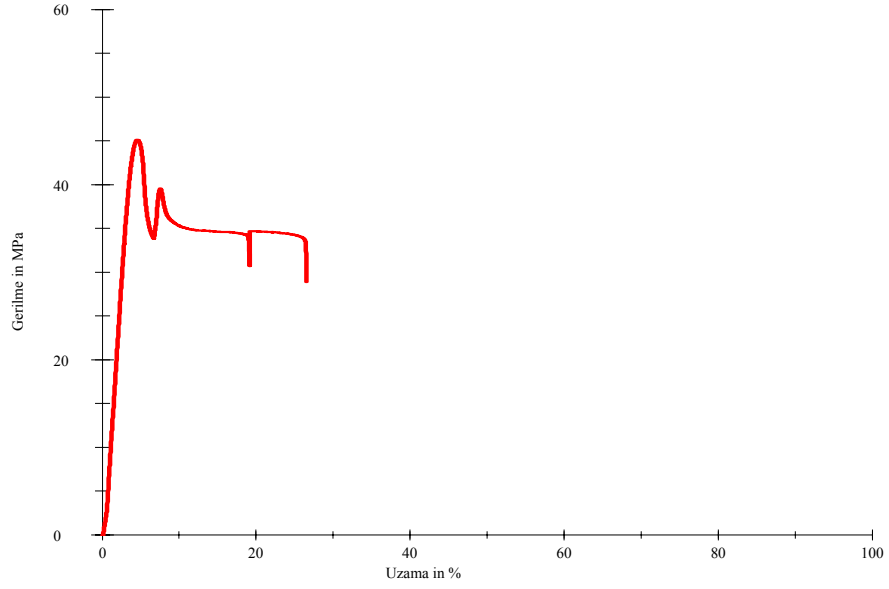
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık	Kap Derinliği	Çekme Mukavemeti (MPa)	% Kopma Uzaması
PVC+PE	-	-	-	43	35
PVC+PE	1 Gün	-	-	44	24
PVC+PE	3 Gün	-	-	45	19
PVC+PE	7 Gün	-	-	44	16



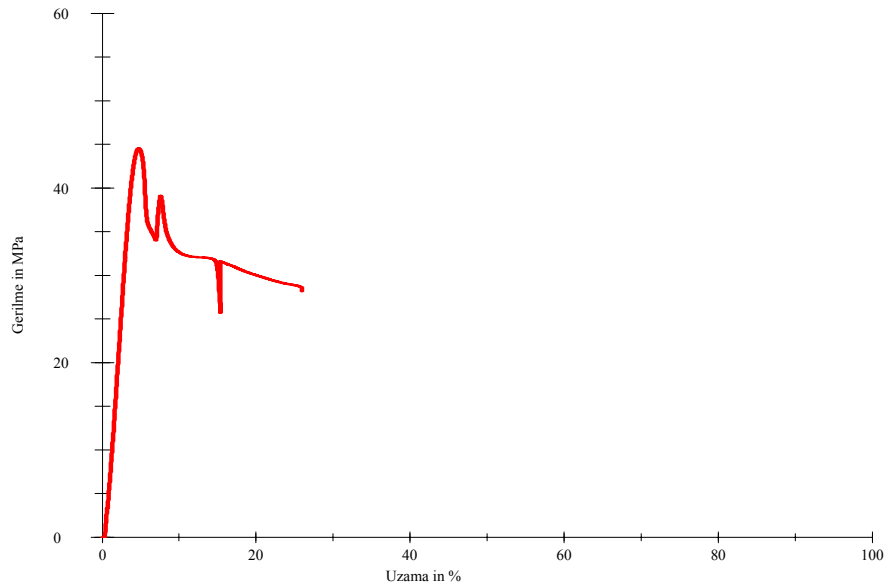
Şekil IV.1. PVC + PE ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.2. Şekil III.24. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.3. PVC + PE Ve 0,7mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.4. PVC + PE Ve 0,7mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği

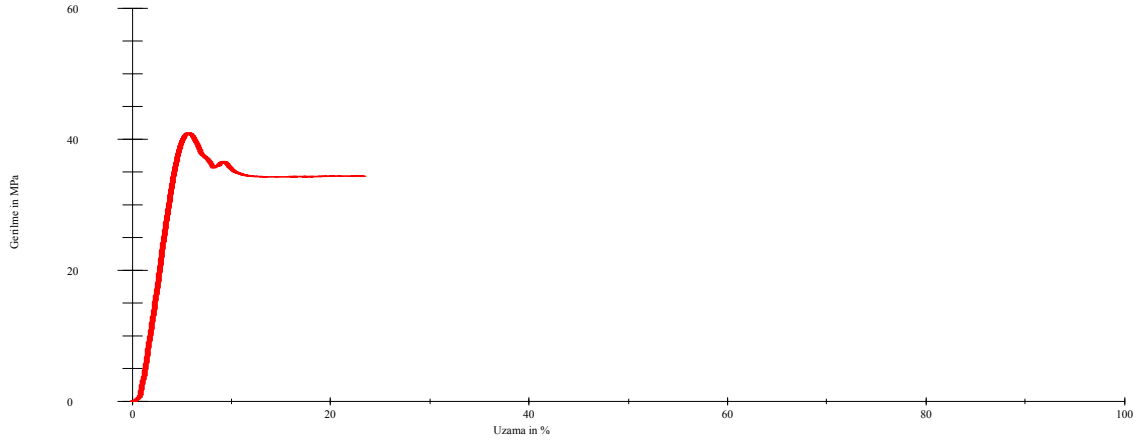
IV.1.2. Kap Derinliği 25 mm Ve Şekil Alma Sıcaklığı 150 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri

Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki ve 150 °C, deki deney sonuçları aşağıdaki tabloda ve Şekil IV.5-Şekil IV.9 arasında görölmektedir. Tablo IV.2'den de göröleceği gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C'lik yaşlandırma sonunda azda olsa bir yükselme görölürken, kopma uzamalarında değişiklik daha bariz bir Şekilde kendini göstermektedir. Gerek bu tablodan ve gerekse söz konusu Şekillerden göröleceği gibi özelliklerde değişikliklerin olduğu ortadadır. Burada hem sıcaklık hemde ısıl Şekillendirme esnasında önemli oranda yönlendirme ve buna bağlı kristalizasyon olmasının rolü önemlidir. Her ne kadar bu yapıyı oluşturan malzemelerden biri amorf yapıda ise de (PVC) genel olarak bu malzemede belli oranda kristalin bölgeler mevcuttur. Bunun yanında PE kristalin yapıda bir malzeme olduğu için sıcaklıkla yapısal düzenlemeler meydana gelir. Isı etkisiyle termoplastik yapılar genellikle ısıtma ve soğutma Şartlarına bağlı olarak yapıdaki moleküller yönlenebilir. Oysa burada çekme işleminin yanında gerdirme işlemi de olduğu için uzama sırasında da bir kristalleşmenin olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla bu Şekilde yönlendirilmiş bir yapı elde edilebilir. Plastiklerin yönlendirilmesi oldukça önemlidir. Zira bu çalışmada kullanılan malzemeler zaten yönlendirilmiş malzemelerdir. Özellikle plastiklerde yönlendirme ile elde edilecek daha düzenli bir yapı gıda ambalajında gıdanın raf ömrünü uzatmaktadır. Çünkü yönlendirme ile yapı ne kadar çok kristallenebilirse o kadar oksijen geçirgenliği düşük olur ki buda raf ömrünü yükseltici etki yapar.

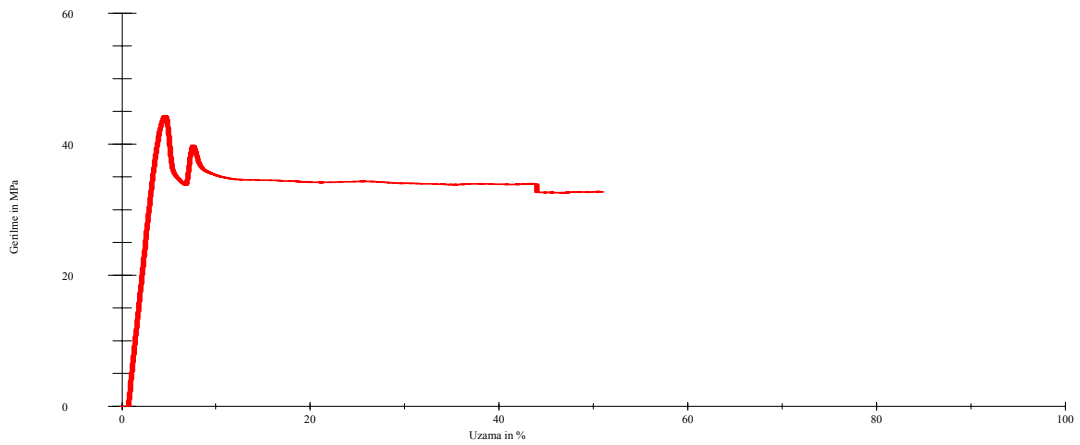
Özellikle 7 gün süreyle 60 °C de yapılan ısıl işlemde çekme mukavemeti ve % uzama değerlerinde önemli ölçüde yükselme görölmektedir. Bu durumun bu folyoların yada filmlerin üretimleri esnasında içlerinde kalmıŐ olan yönlendirilmemiş kısımların termoforming işlemi sırasında verilen ısı nedeniyle yapılan ön yönlendirme işlemi ile özelliklerde yükselmeye neden olmaktadır.

Tablo IV.2. PVC + PE Malzemesinin 150 °C'de Ve Kap Derinliği 25mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları

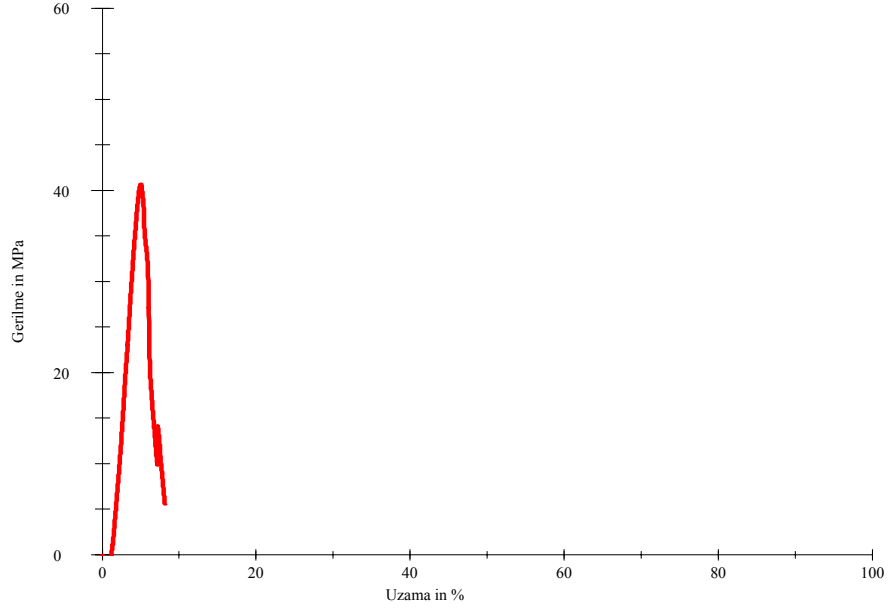
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (MPa)	% Kopma Uzaması
PVC+PE	-	150	25	42	26
PVC+PE	1 Gün	150	25	44	19
PVC+PE	3 Gün	150	25	40	51
PVC+PE	7 Gün	150	25	48	70



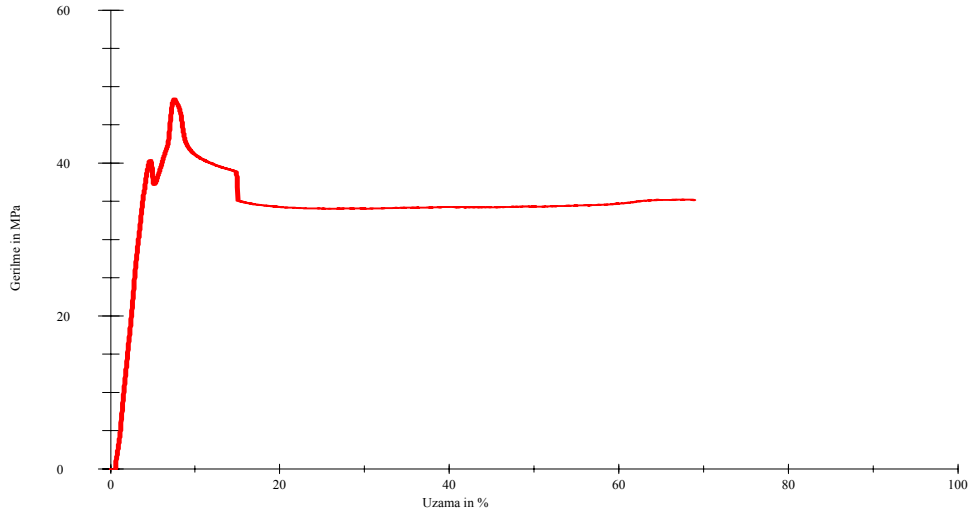
Şekil IV.5. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.6. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.7. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



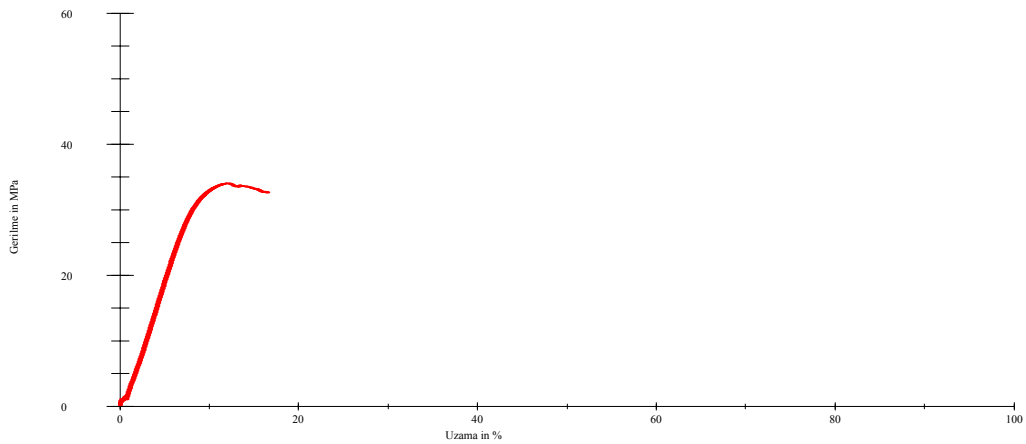
Şekil IV.8. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği

IV.1.3. Kap Derinliği 35 mm Ve Şekil Alma Sıcaklığı 150 °C Olan Numunenin ekme özellikleri

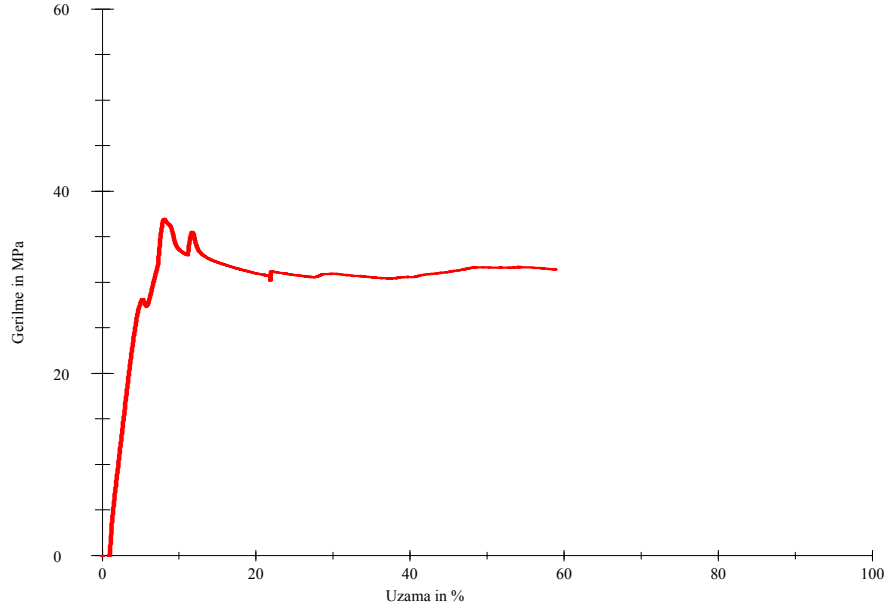
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki, 150 °C, deki deney sonuçları aşağıda IV.3 ve Şekil IV.9- Şekil IV.12 de verilmektedir. Çekme mukavemetlerinde azda olsa bir yükselme göze çarparken % uzama değerlerinde daha farklı bir durum görölmektedir. Bu söz konusu ambalaj malzemesinin yönlenme ve özellikle sıcaklığın etkisi ile kristallenme miktarında düşmeden kaynaklandığını düşündürmektedir. Çünkü folyo yada film malzemesine daha sonra uygulanan işlemler sırasında aşırı sıcaklık nedeniyle moleküllerde ısıl hareketlilik oluşabilir. Dolayısıyla bu etkinin meydana gelmesi söz konusu olabilir.

Tablo IV.3. PVC + PE Malzemesinin 150 °C'de Ve Kap Derinliği 35 mm olan Numunenin ekme Deney Sonuçları

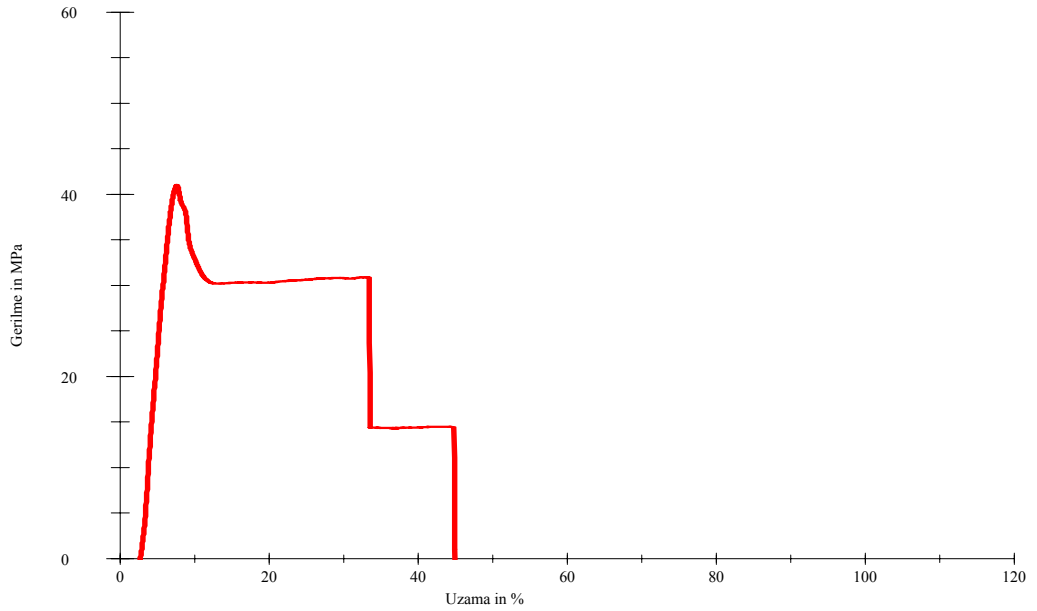
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	ekme Mukavemeti (MPa)	% Kopma Uzaması
PVC+PE	-	150	35	35	18
PVC+PE	1 Gün	150	35	38	58
PVC+PE	3 Gün	150	35	42	45
PVC+PE	7 Gün	150	35	38	59



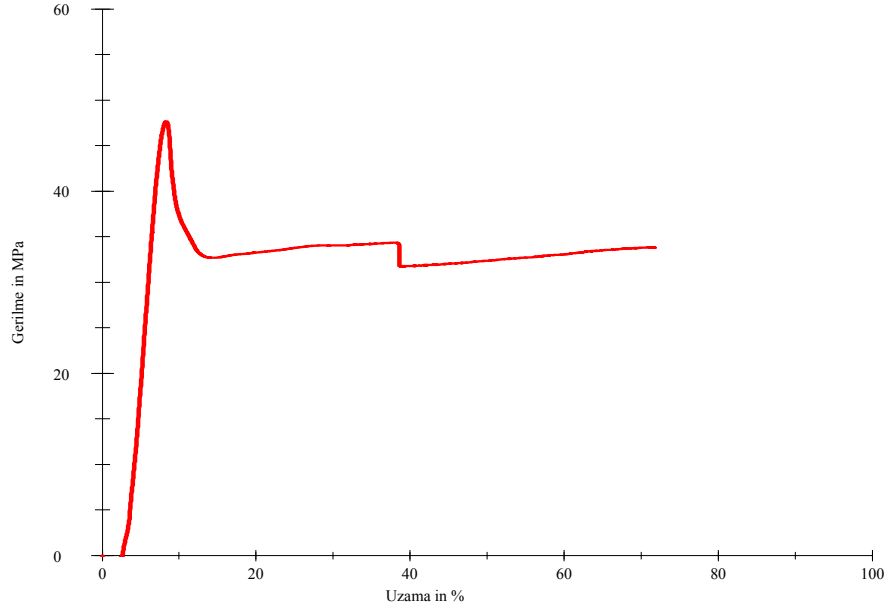
Şekil IV.9. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki ekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.10. PVC + PE 150 °C, 0,7mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.11. PVC + PE 150 °C, 0,7mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



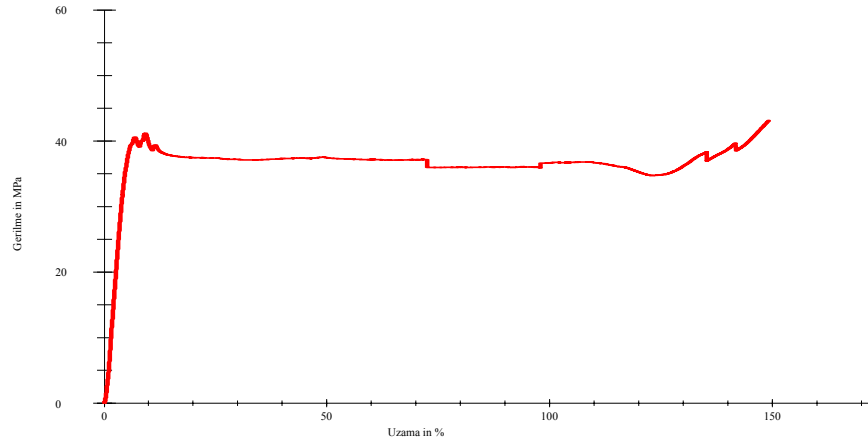
Şekil IV.12. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği

IV.1.4. Kap Derinliği 25 mm Ve Şekil Alma Sıcaklığı 165 °C Olan Numunenin Çekme Özellikler

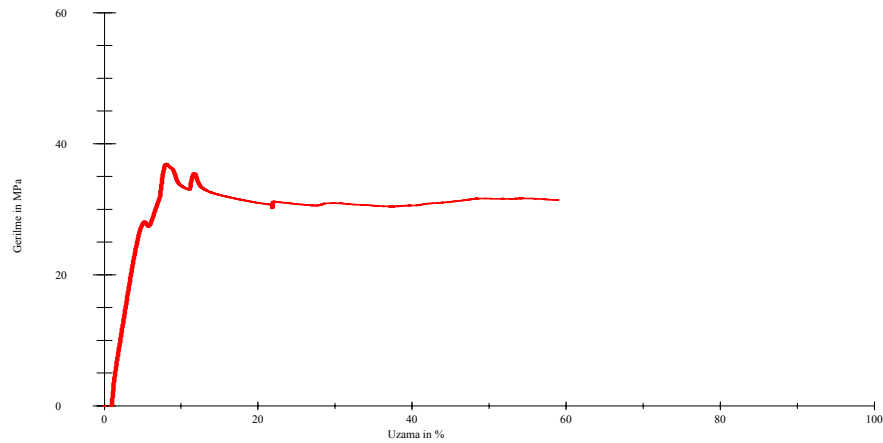
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki, 165 °C, deki deney sonuçları aşağıda tablo IV.4 ve şekil IV.13-şekil IV16 da verilmiştir. Bu tablo ve şekillerden de anlaşılacağı gibi çekme mukavemetlerinde kayda değer bir değişiklik olmazken % uzama değerlerinde önemli oranda değişiklik olduğu görülmektedir. Her ne kadar çekme mukavemetlerinde süreye bağlı olarak fazla bir değişim olmamasına rağmen yapının 165 °C deki ısı ile 1. günden sonra bozulduğu anlaşılmaktadır. Çünkü gerek PVC ve gerekse PE için 165 °C yapıyı bozabilecek bir değerdir. PE için ergime sıcaklığının 135 °C, PVC için ise 80 °C olduğu göz önüne alınırsa bu durumun zamanla yapıyı sertleştirip uzamayı azaltacağı gayet açıktır. Dolayısıyla ısı ile işlem görmemiş numunelerde özelliklerin diğerlerinden daha yüksek olması beklenen bir gelişmedir.

Tablo IV.4. PVC + PE Malzemesinin 165 °C'de Ve Kap Derinliği 25 mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları

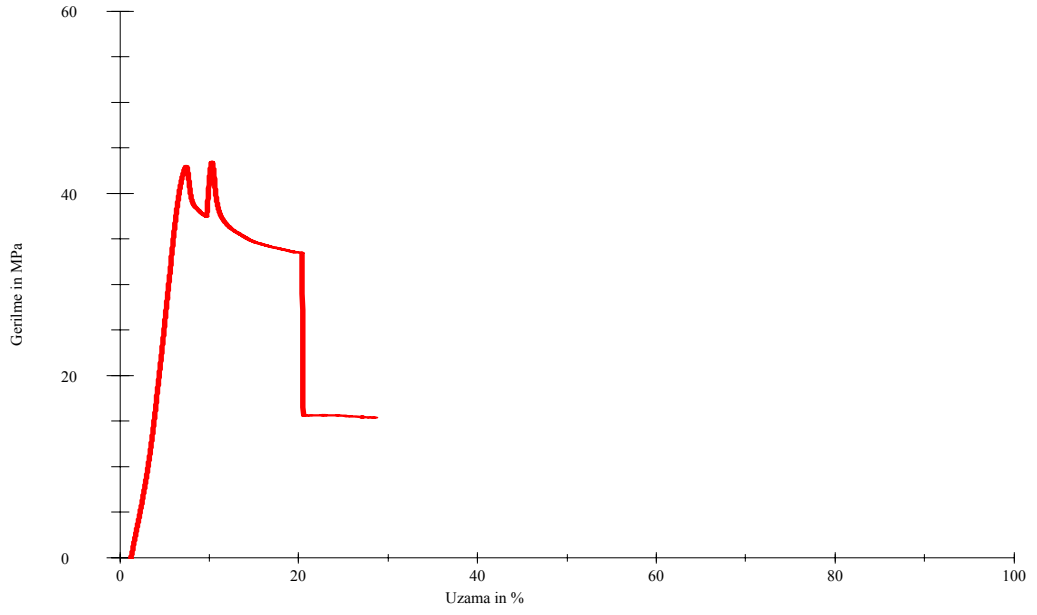
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (MPa)	% Kopma Uzaması
PVC+PE	-	165	25	42	150
PVC+PE	1 Gün	165	25	38	58
PVC+PE	3 Gün	165	25	43	30
PVC+PE	7 Gün	165	25	41	19



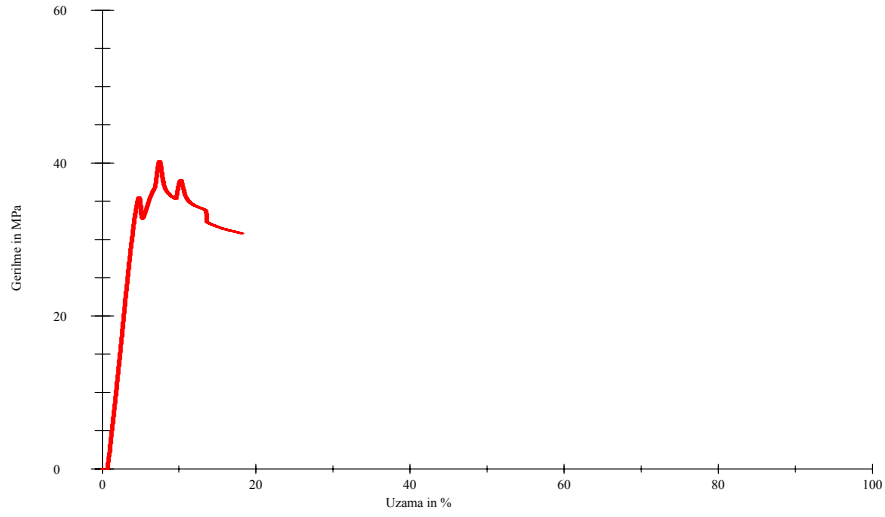
Şekil IV.13. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.14. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.15. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



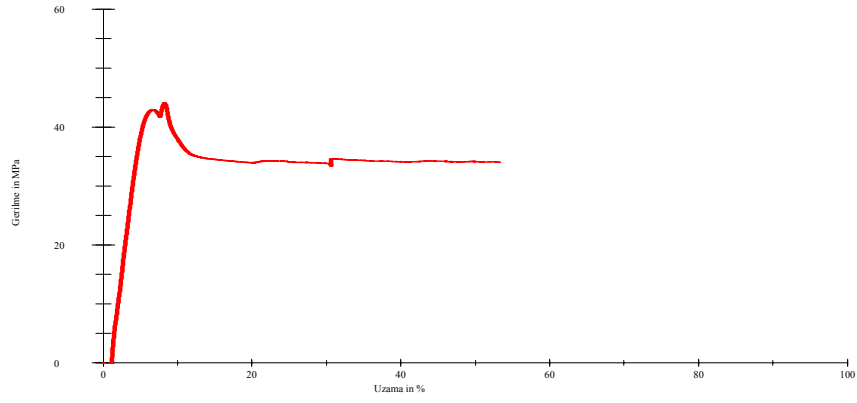
Şekil IV.16. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği

IV.1.5. Kap Derinliği 35 mm Ve Şekil Alma Sıcaklığı 165 °C Olan Numunenin ekme özellikleri

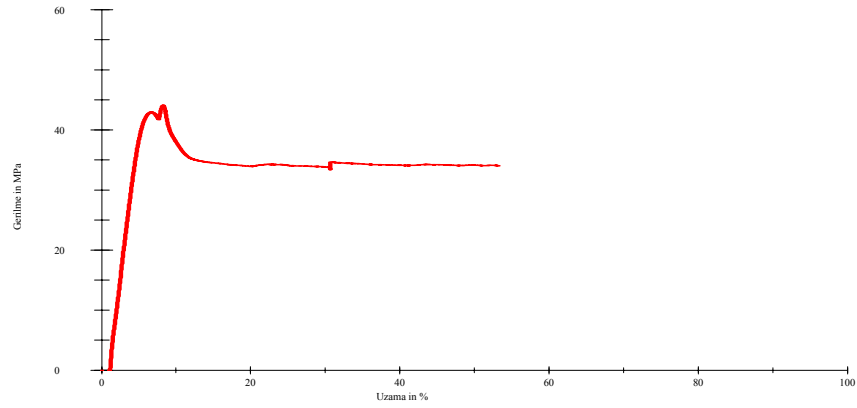
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki, 165 °C, deki deney sonuçları aşağıda tablo IV.5 ve Şekil IV.17-Şekil IV.20 de verilmiştir. Bu tablo ve Şekillerden de anlaşılacağı gibi çekme mukavemetlerinde kayda değer bir değişiklik olmazken % uzama değerlerinde önemli oranda değişiklik olduğu grlmektedir. Her ne kadar çekme mukavemetlerinde süreye bağlı olarak fazla bir değişim olmamasına rağmen yapının 165 °C deki ısıl işleme 1. günden sonra bozulduğu anlaşılmaktadır. Çünkü gerek PVC ve gerekse PE için 165 °C yapıyı bozabilecek bir değerdir. PE için ergime sıcaklığının 135 °C, PVC için ise 80 °C olduğu göz önüne alınırsa bu durumun zamanla yapıyı sertleştirip uzamayı azaltacağı gayet açıktır. Dolayısıyla ısıl işlem görmemiş numunelerde özelliklerin diğerlerinden daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur.

Tablo IV.5. PVC + PE Malzemesinin 165 °C’de Ve Kap Derinliği 35 mm olan Numunenin ekme Deney Sonuçları

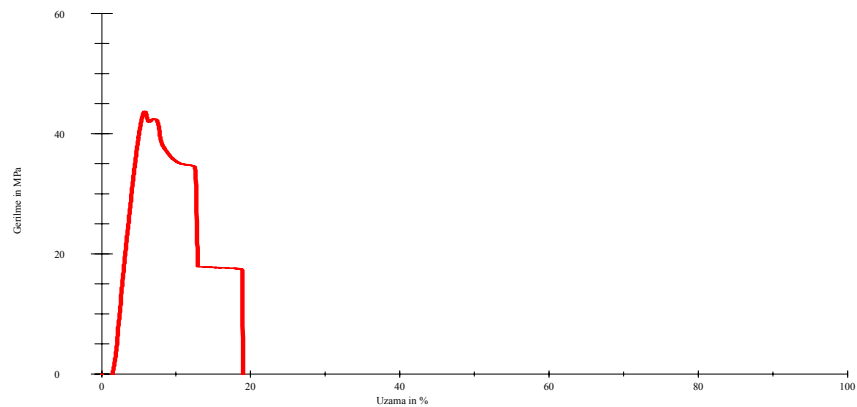
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	ekme Mukavemeti (MPa)	% Kopma Uzaması
PVC+PE	-	165	35	32	140
PVC+PE	1 Gün	165	35	44	50
PVC+PE	3 Gün	165	35	44	52
PVC+PE	7 Gün	165	35	54	19



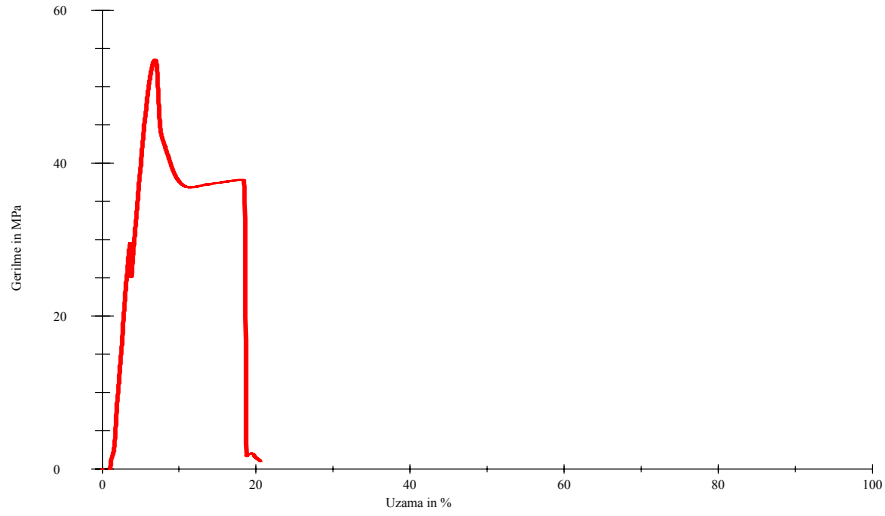
Şekil IV.17. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.18. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.19. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



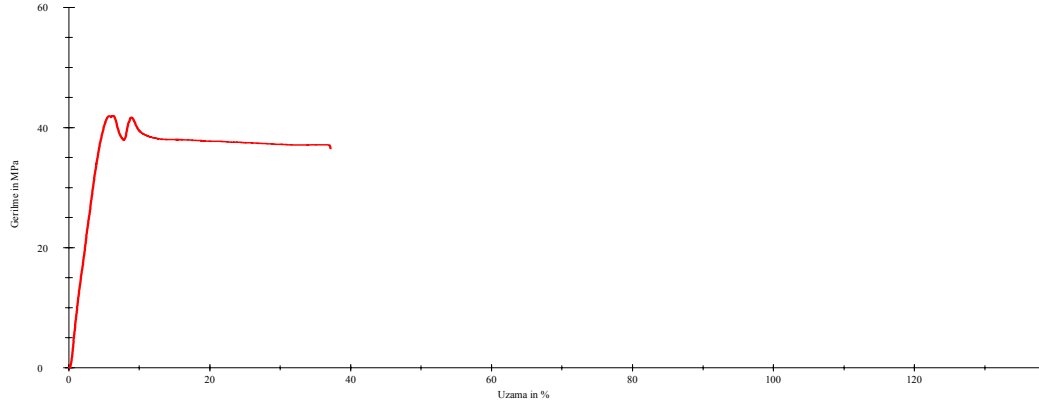
Şekil IV.20. PVC + PE 165 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği

IV.1.6. Kap Derinliği 35 mm Ve Şekil Alma Sıcaklığı 173 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri

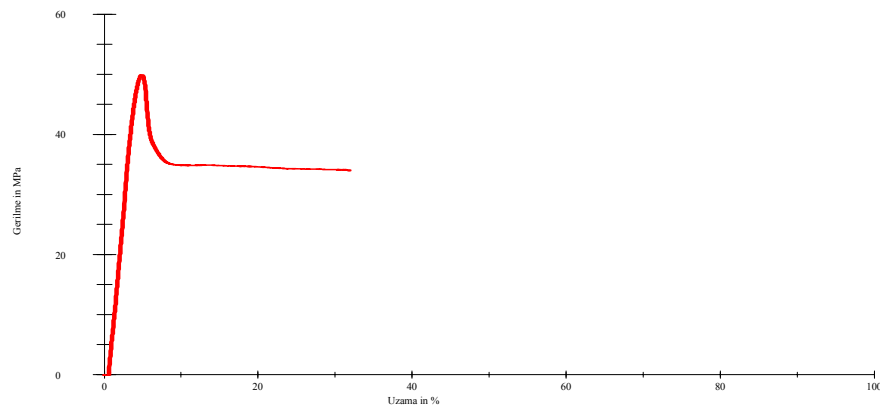
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki, 173 °C, deki deney sonuçları aşağıda tablo IV.6 ve şekil IV.21-şekil IV.24 de verilmiştir. Bu tablo ve şekillerden de anlaşılacağı gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C'lik yaşlandırma sonunda bir artma görülürken, kopma uzamalarında ise düşme kendini göstermektedir. Ancak yedi gün 60 °C'lik fırında kalan numune ise % uzaması artmaktadır. Çünkü söz konusu incelemeye tabi tutulan malzeme her ne kadar PVC ve PE den çift bileşenli olarak yapılmış olmasına ve PVC nin amorf yapıya sahip olmasına rağmen kristallenme veya moleküllerde bir düzenlenme olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü bu malzemelerde bu işlem sıcaklığında (60 °C) moleküllerde yönlenerak daha düzenli bir oluşturması mümkündür.

Tablo IV.6. PVC + PE Malzemesinin 173 °C'de Ve Kap Derinliği 35 mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları

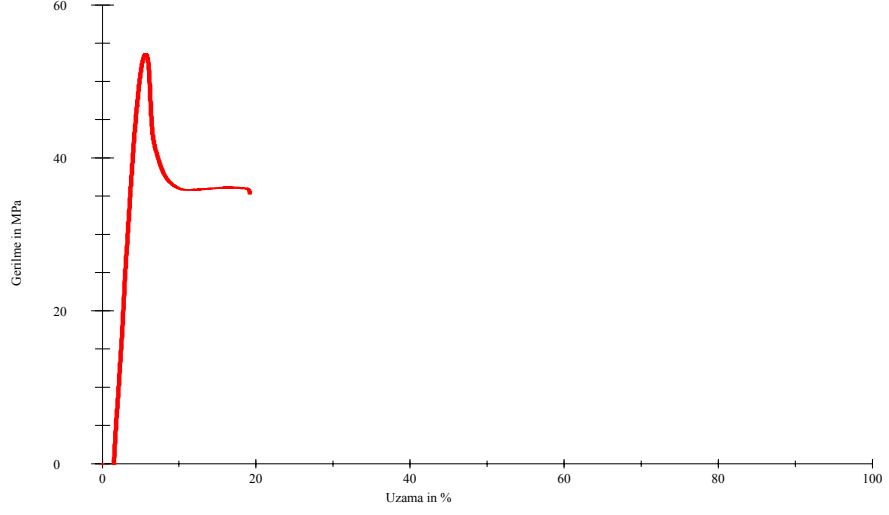
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (MPa)	% Kopma Uzaması
PVC+PE	-	173	35	42	42
PVC+PE	1 Gün	173	35	50	32
PVC+PE	3 Gün	173	35	54	19
PVC+PE	7 Gün	173	35	50	145



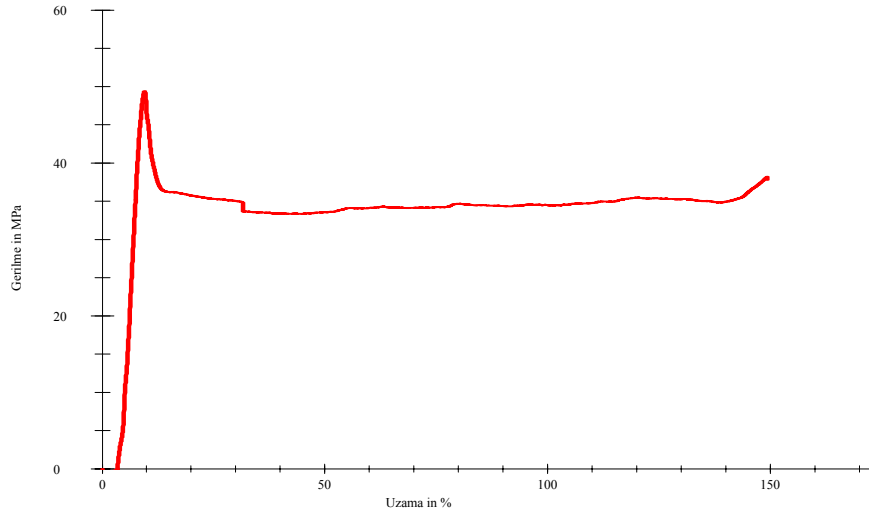
Şekil IV.21. PVC + PE 173 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.22. PVC + PE 173 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.23. PVC + PE 173 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



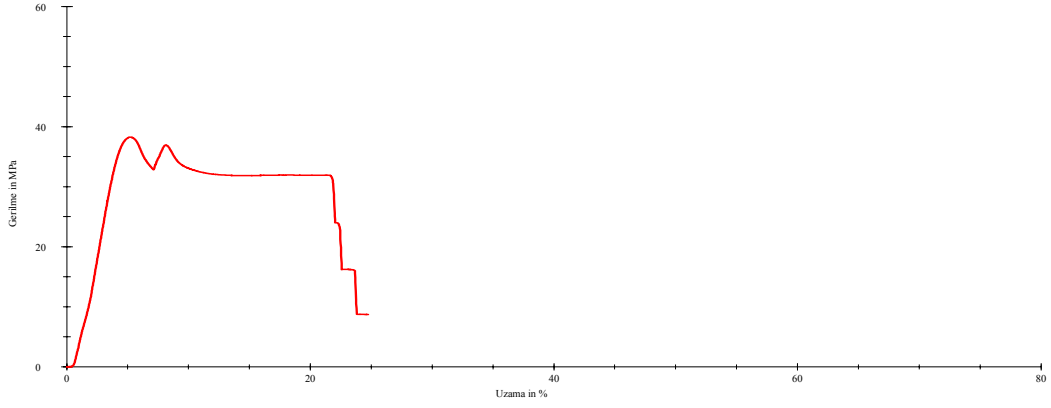
Şekil IV.24. PVC + PE 173 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği

IV.1.7. Kap Derinliği 25 mm Ve Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık 155 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri

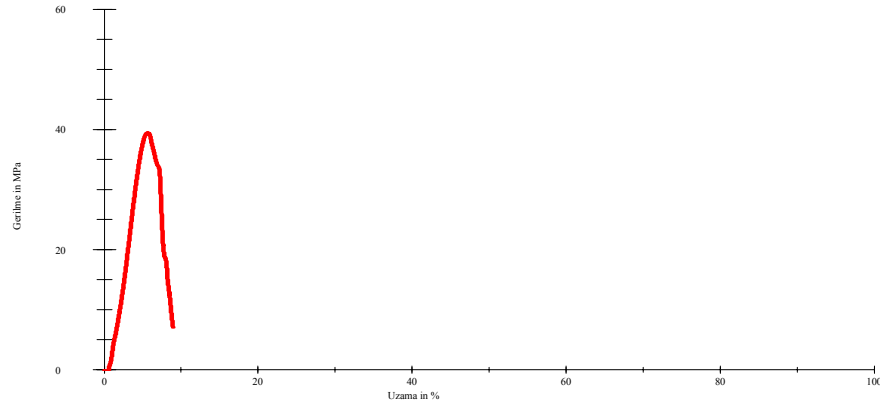
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki, 185 °C, deki deney sonuçları aşağıda tablo IV.7 ve Şekil IV.25-Şekil IV.28 de verilmiştir. Bu tablo ve Şekillerden de anlaşılacağı gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C'lik yaşlandırma sonunda bir artma görölürken, kopma uzamalarında ise düzensizlik söz konusudur. Ancak yedi gün 60 °C'lik fırında kalan numune ise % uzaması artmaktadır. Çünkü söz konusu incelemeye tabi tutulan malzeme her ne kadar PVC ve PE den çift bileşenli olarak yapılmış olmasına ve PVC nin amorf yapıya sahip olmasına rağmen kristallenme veya moleküllerde bir düzenlenme olduğundan kaynaklandığı düşünölmektedir. Çünkü bu malzemelerde bu işlem sıcaklığında (60 °C) moleküllerde yönlenerak daha düzenli bir oluşturması mümkündür. Sonuç olarak % uzaması ve çekme mukavemeti yaşlandırma sonucunda artmaktadır.

Tablo IV.7. PVC + PE Malzemesinin 185 °C'de Ve Kap Derinliği 25 mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları

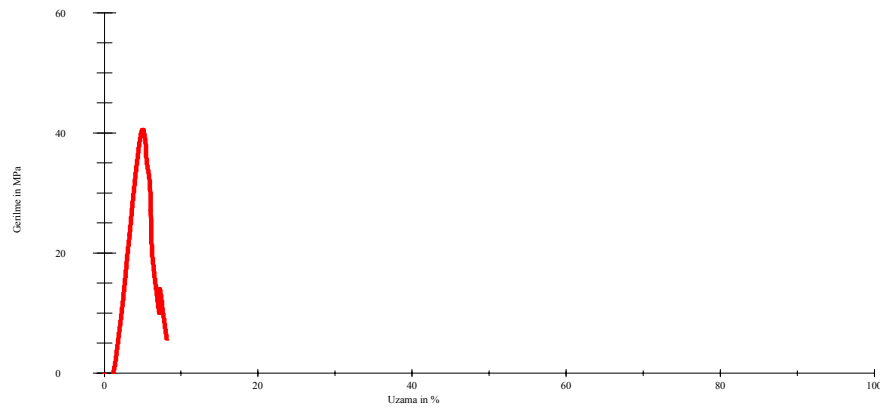
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (MPa)	% Kopma Uzaması
PVC+PE	-	185	25	39	36
PVC+PE	1 Gün	185	25	40	10
PVC+PE	3 Gün	185	25	43	10
PVC+PE	7 Gün	185	25	50	40



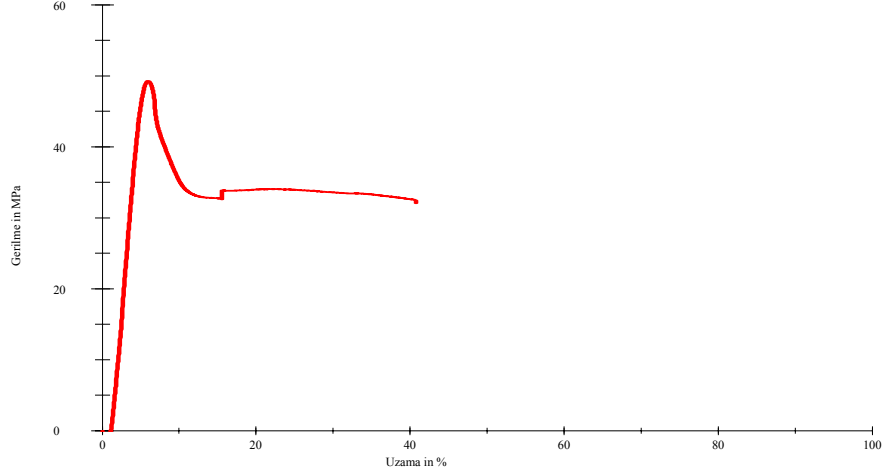
Şekil IV.25. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.26. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.27. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.28. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği

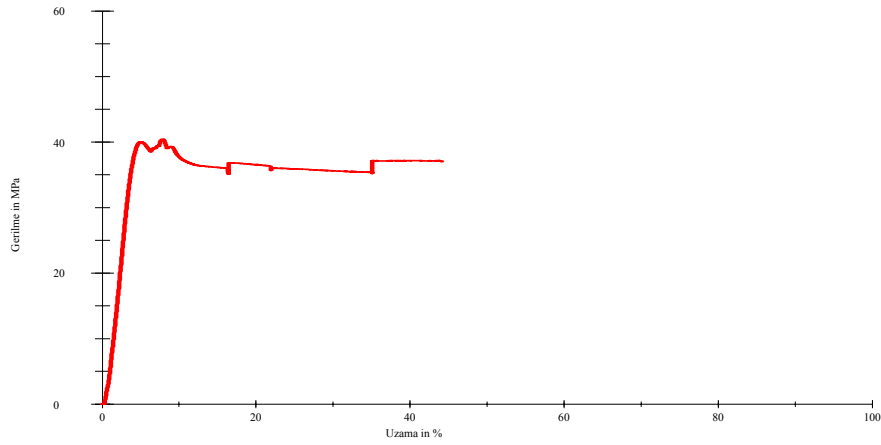
IV.1.8. Kap Derinliği 35 mm Ve Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık 185 °C Olan Numunenin Çekme Özellikleri

Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki, 185 °C, deki deney sonuçları aşağıdaki tabloda görülmektedir. Tablo IV.8’den de görüleceği gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C’lik yaşlandırma sonunda bir artma görülürken, kopma uzamalarında ise bir dengesizlik kendini göstermektedir.

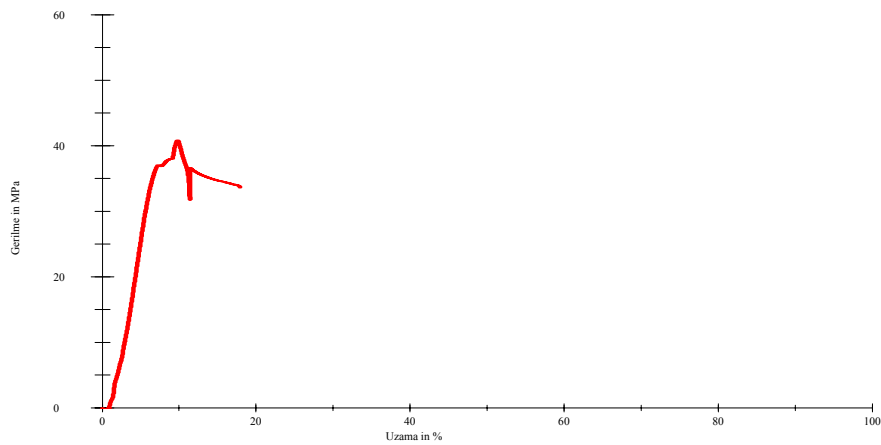
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki, 185 °C, deki deney sonuçları aşağıda tablo IV.8 ve şekil IV.29-şekil IV.32 de verilmiştir. Bu tablo ve şekillerden de anlaşılacağı gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C’lik yaşlandırma sonunda bir artma görülürken, kopma uzamalarında ise düzensizlik söz konusudur. Çünkü söz konusu incelemeye tabi tutulan yapının 185 °C deki ısı ile 1. günden sonra bozulduğu anlaşılmaktadır. Çünkü gerek PVC ve gerekse PE için 185 °C yapıyı bozabilecek bir değerdir. PE için ergime sıcaklığının 135 °C, PVC için ise 80 °C olduğu göz önüne alınırsa bu durumun zamanla yapıyı sertleştirip uzamayı azaltacağı gayet açıktır. Dolayısıyla ısı ile işlem görmemiş numunelerde özelliklerin diğerlerinden daha yüksek olması beklenen bir gelişmedir.

Tablo IV.8. PVC + PE Malzemesinin 185 °C'de Ve Kap Derinliği 35 mm olan Numunenin Çekme Deney Sonuçları

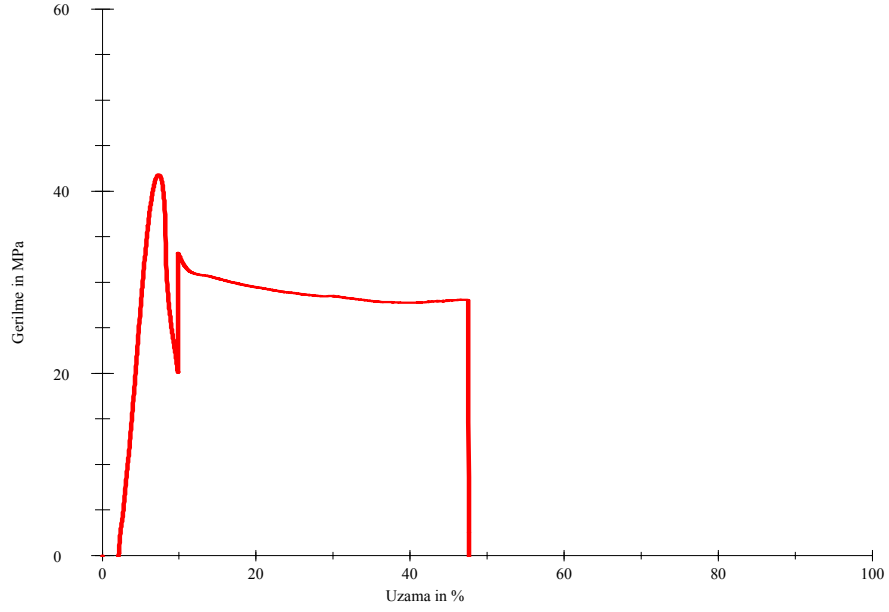
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (MPa)	% Kopma Uzaması
PVC+PE	-	185	35	39	47
PVC+PE	1 Gün	185	35	42	18
PVC+PE	3 Gün	185	35	43	48
PVC+PE	7 Gün	185	35	38	27



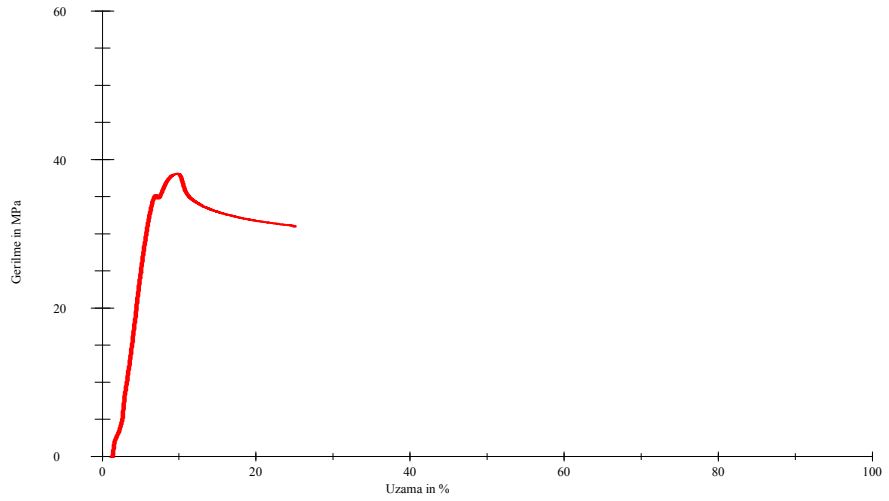
Şekil IV.29. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.30. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.31. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği



Şekil IV.32. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Çekme Deneyi Grafiği

IV.2. YIRTILMA DENEYİ

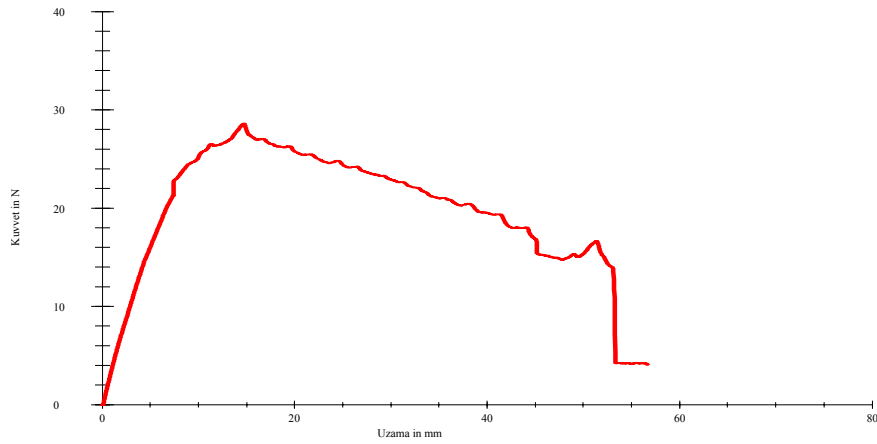
IV.2.1. Polivinilklorür Ve Polietilen Çift Katmanlı Ambalaj Malzemesinin Yırtılma Özellikleri

Yapılan yırtılma deney sonucunda ısıl şekil vermeden önce yani ana numuneden alınan numunelerle, malzemenin maksimum yırtılma dayanımı; maksimum 40 N olarak belirlenmiştir. Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin ısıl şekil verme işlemi sırasında sıcaklık ve kap derinlikleri değiştirilmiş ve diğer parametreler sabit tutulmuştur. 150 °C de ve kap derinliği 25mm olan malzemenin maksimum yırtılma dayanımı 26 N; 150 °C de ve kap derinliği 35 mm olan malzemenin maksimum yırtılma dayanımı 26 N; 185 °C de ve kap derinliği 35 mm olan malzemenin maksimum yırtılma dayanımı 26 N olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda şekil alırken sıcaklık artışı malzemenin yırtılma dayanımını düşürmektedir.

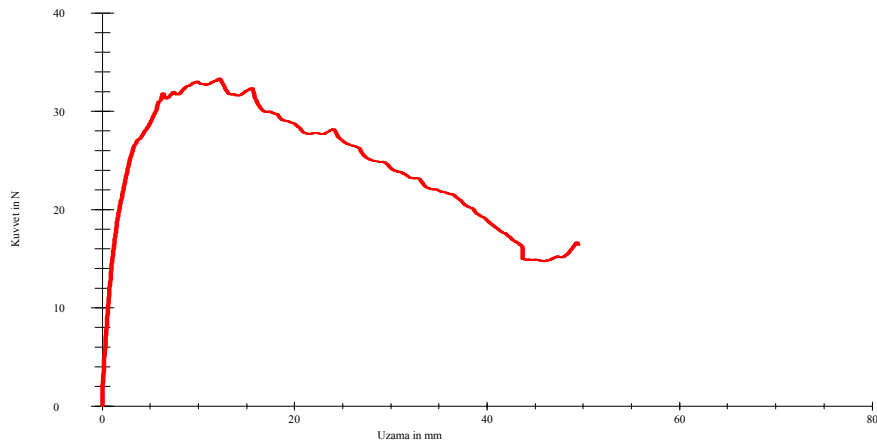
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki ve ana numunenin deney sonuçları aşağıdaki tabloda ve şekil IV.33-şekil IV.37 arasında görülmektedir. Tablo IV.9'den de görüleceği gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C'lik yaşlandırma sonunda bir yükselme görülmektedir. Burada hem sıcaklık hemde ısıl şekillendirme esnasında önemli oranda yönlenme ve buna bağlı kristalizasyon olmasının rolü önemlidir. Her ne kadar bu yapıyı oluşturan malzemelerden biri amorf yapıda ise de (PVC) genel olarak bu malzemedede belli oranda kristalin bölgeler mevcuttur. Bunun yanında PE kristalin yapıda bir malzeme olduğu için sıcaklıkla yapısal düzenlemeler meydana gelir. Isı etkisiyle termoplastik yapılar genellikle ısıtma ve soğutma şartlarına bağlı olarak yapıdaki moleküller yönlenebilir. Oysa burada çekme işleminin yanında gerdirme işlemi de olduğu için uzama sırasında da bir kristalleşmenin olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla bu şekilde yönlendirilmiş bir yapı elde edilebilir. Plastiklerin yönlenmesi oldukça önemlidir. Zira bu çalışmada kullanılan malzemeler zaten yönlendirilmiş malzemelerdir. Özellikle plastiklerde yönlenme ile elde edilecek daha düzenli bir yapı gıda ambalajında gıdanın raf ömrünü uzatmaktadır. Çünkü yönlenme ile yapı ne kadar çok kristallenebilirse o kadar oksijen geçirgenliği düşük olur ki buda raf ömrünü yükseltici etki yapar.

Tablo IV.9. Ana Numunenin Yırılma Çekme Deney Sonuçları

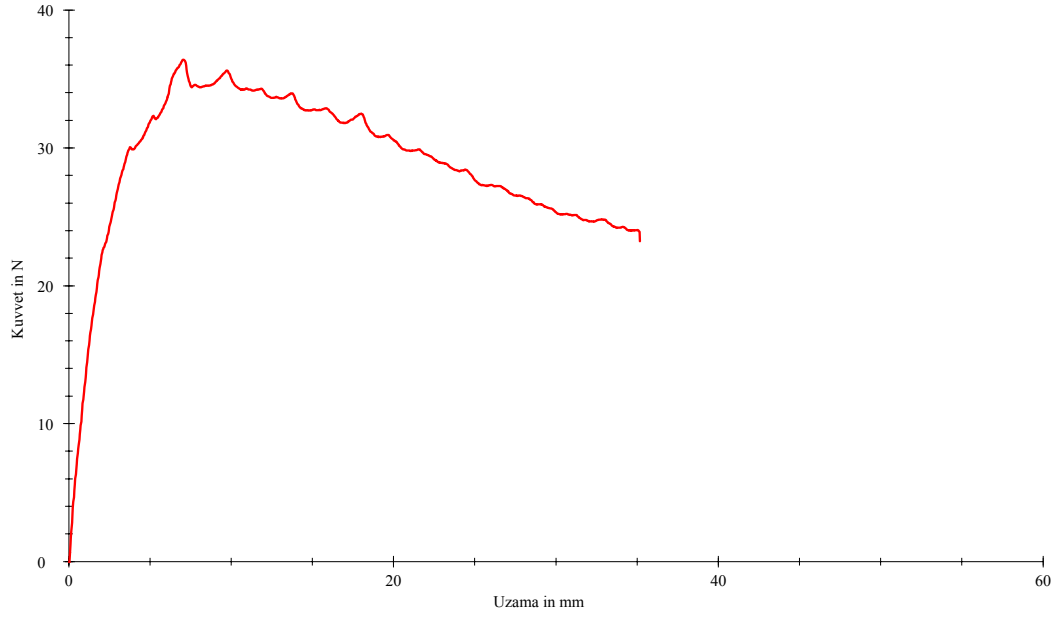
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (N)
PVC+PE	-	-	-	28
PVC+PE	1 Gün	-	-	33
PVC+PE	3 Gün	-	-	38
PVC+PE	7 Gün	-	-	40



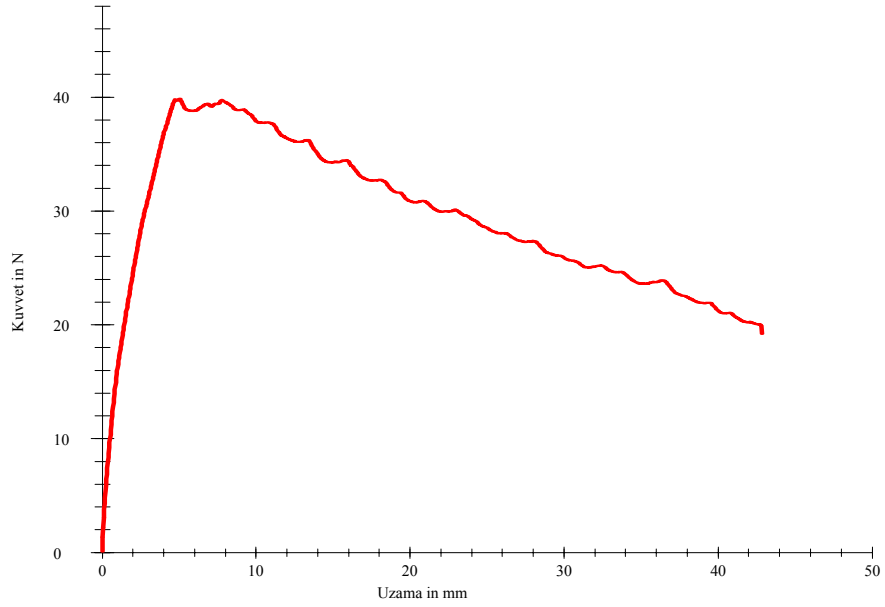
Şekil IV.33. PVC + PE ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Yırılma Deneyi Grafiği



Şekil IV.34. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırılma Deneyi Grafiği



Şekil IV.35. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği



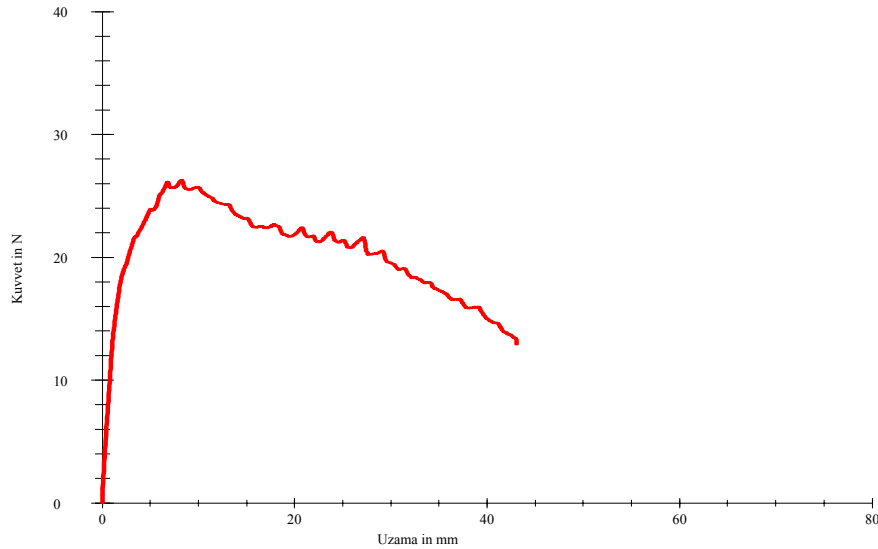
Şekil IV.36. PVC + PE Ve 0,7 mm Kalınlıktaki Ana Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği

IV.2.2. Kap Derinliği 25 mm Ve Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık 150 °C Olan Numunenin Yırılma Özellikleri

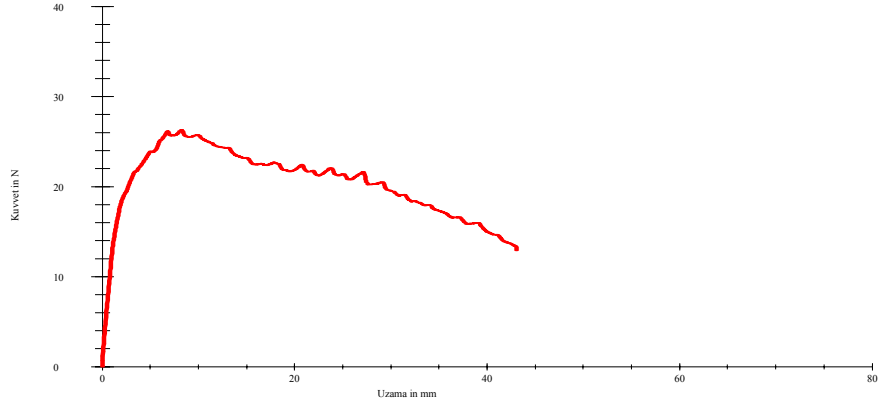
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki ve 150 °C, deki deney sonuçları aşağıdaki tablo IV.10'da ve Şekil IV.37- Şekil IV.40 arasında görölmektedir. Tablo IV.10'dan da göröleceği gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C'lik yaşlandırma sonunda bir azalma görölmektedir. Özellikle fırında üç günden sonraki günlerde numunenin yapısı bozulmuŐtur

Tablo IV.10. PVC + PE Malzemesinin 150 °C'de Ve Kap Derinliği 25mm olan Numunenin Yırılma Deney Sonuçları

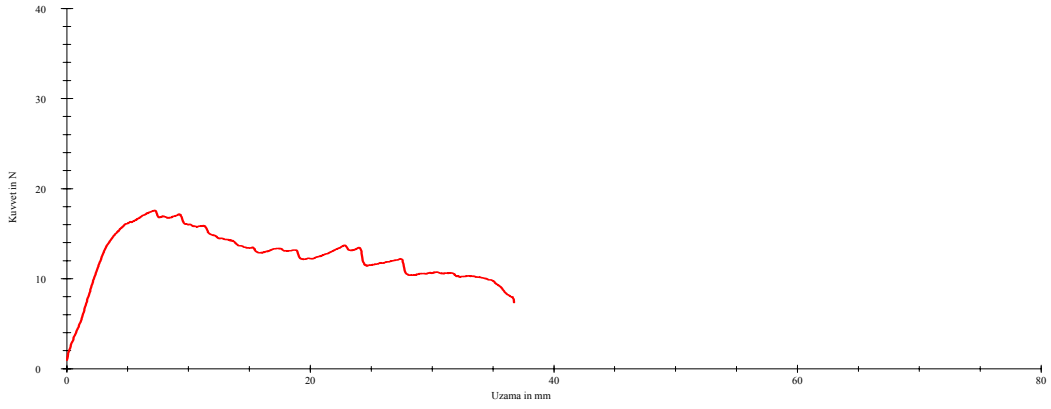
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (N)
PVC+PE	-	150	25	26
PVC+PE	1 Gün	150	25	26
PVC+PE	3 Gün	150	25	19
PVC+PE	7 Gün	150	25	18



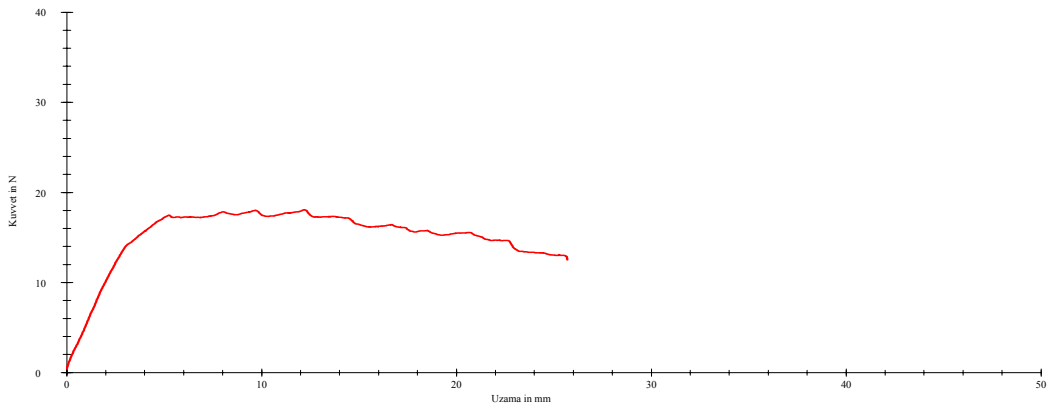
Şekil IV.37. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Yırılma Deneyi Grafiği



Şekil IV.38. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği



Şekil IV.39. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği



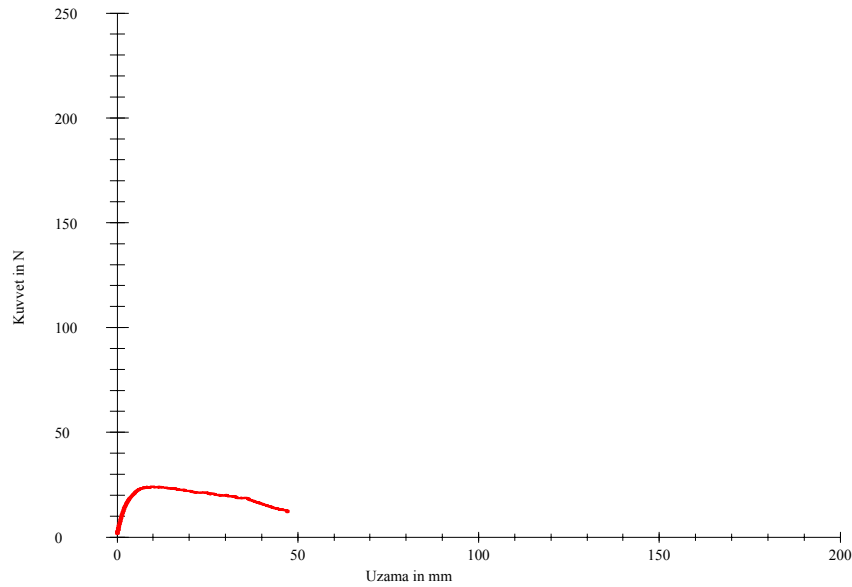
Şekil IV.40. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 25 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği

IV.2.3. Kap Derinliği 35 mm Ve Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık 150 °C Olan Numunenin Yırılma Özellikleri

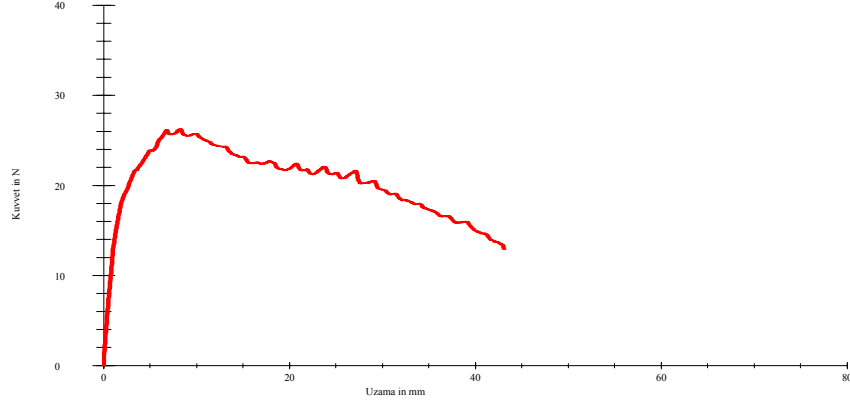
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki ve 150 °C, deki deney sonuçları aŐađıdaki tablo IV.11 ve Őekil IV.41- Őekil IV.44 arasında gürmektedir. Tablo IV.11'den de gürleceği gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C'lik yaŐlandırma sonunda bir artma gürmektedir. Özellikle fırında üç günden sonraki günlerde numunenin yapısı bozulmuş olup çekme mukavemeti dűsmektedir.

Tablo IV.11. PVC + PE Malzemesinin 150 °C'de Ve Kap Derinliği 35mm olan Numunenin Yırılma Deney Sonuçları

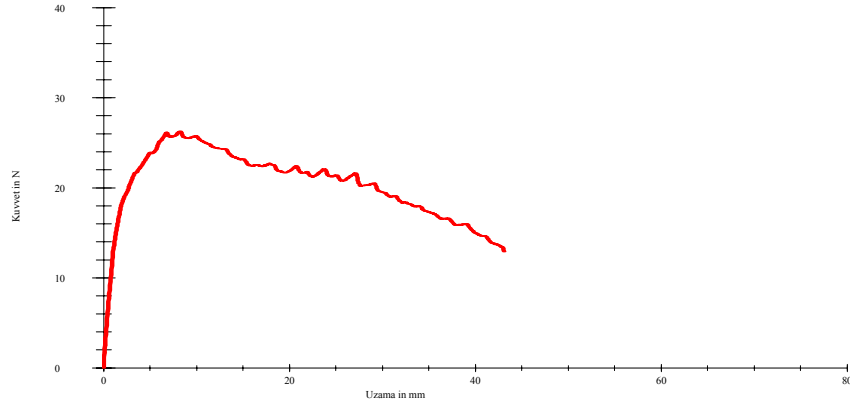
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (N)
PVC+PE	-	150	35	23
PVC+PE	1 Gün	150	35	26
PVC+PE	3 Gün	150	35	26
PVC+PE	7 Gün	150	35	19



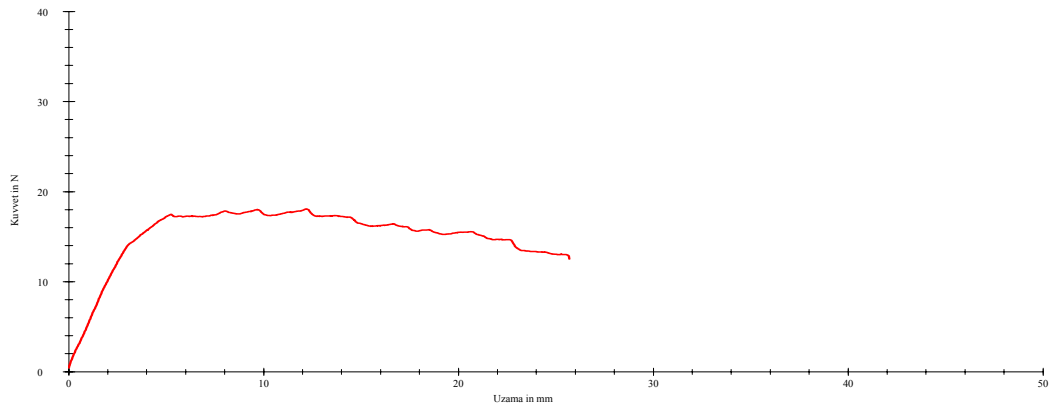
Şekil IV.41. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin Normal Hava Sıcaklığındaki Yırılma Deneyi Grafiği



Şekil IV.42. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği



Şekil IV.43. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği



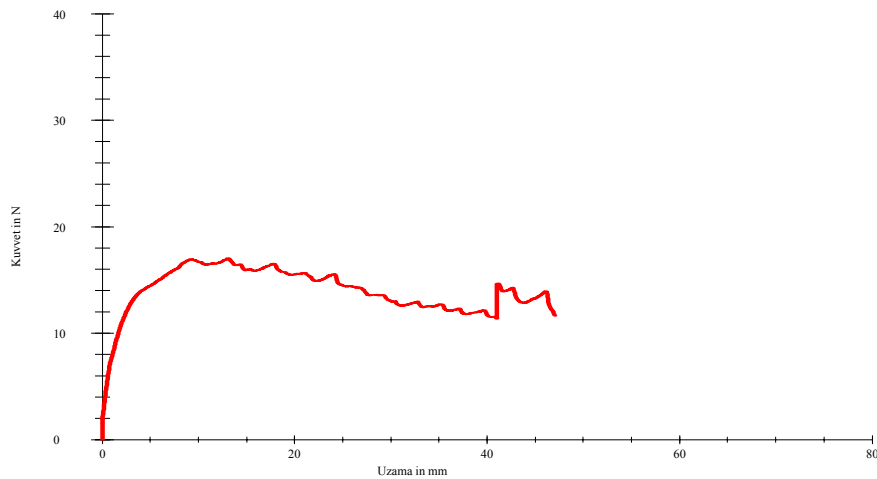
Şekil IV.44. PVC + PE 150 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği

IV.2.4. Kap Derinliği 35 mm Ve Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık 185 °C Olan Numunenin Yırılma Özellikleri

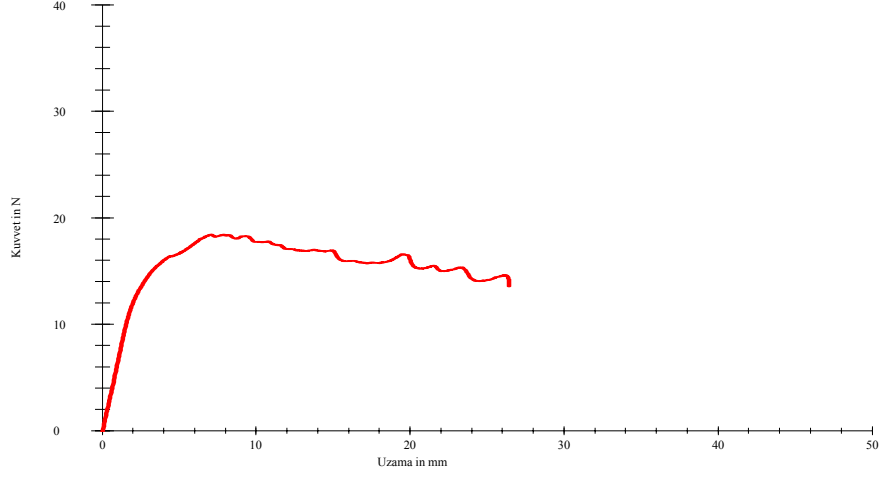
Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemesinin 0,7 mm sabit kalınlıktaki ve 185 °C, deki deney sonuçları aşağıdaki tablo IV.12 ve Şekil IV.45- Şekil IV.47 arasında görölmektedir. Tablo IV.12'den de göröleceği gibi çekme mukavemetlerinde 60 °C'lik yaşlandırma sonunda az da olsa bir artma görölmektedir. Çünkü söz konusu incelemeye tabi tutulan malzeme her ne kadar PVC ve PE den çift bileşenli olarak yapılmış olmasına ve PVC nin amorf yapıya sahip olmasına rağmen kristallenme veya moleküllerde bir düzenlenme olduğundan kaynaklandığı düşünölmektedir. Çünkü bu malzemelerde bu işlem sıcaklığında (60 °C) moleküllerde yönlenerak daha düzenli bir oluşturması mümkündür.

Tablo IV.12. PVC + PE Malzemesinin 185 °C'de Ve Kap Derinliği 35mm olan Numunenin Yırılma Deney Sonuçları

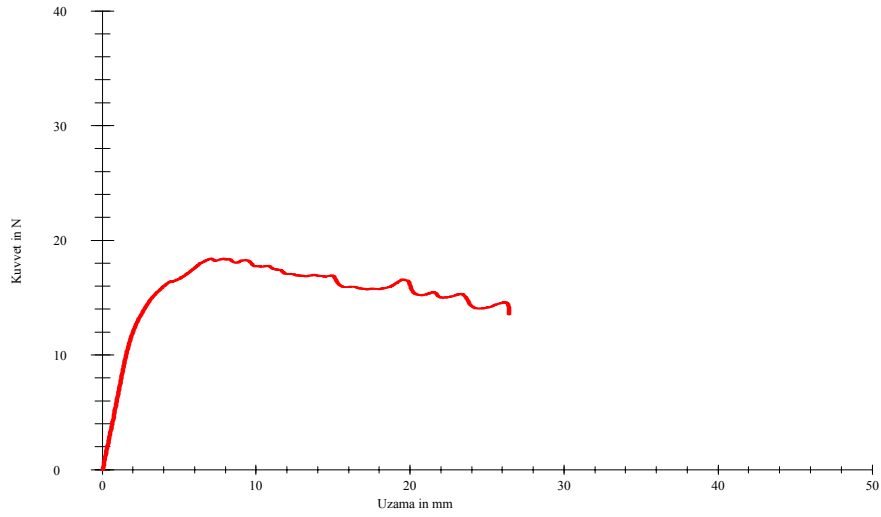
Malzeme	Numunenin 60 °C Fırında Kalma Süresi	Şekil Alırken Isıtılan Sıcaklık (°C)	Kap Derinliği (mm)	Çekme Mukavemeti (N)
PVC+PE	1 Gün	185	35	17
PVC+PE	3 Gün	185	35	18
PVC+PE	7 Gün	185	35	18



Şekil IV.45. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 1 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırılma Deneyi Grafiği



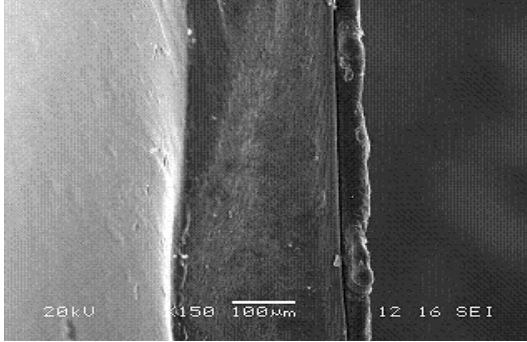
Şekil IV.46. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 3 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği



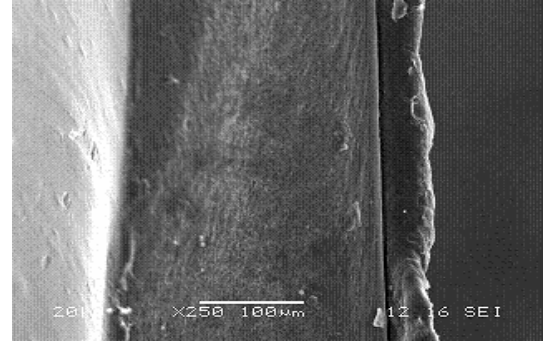
Şekil IV.47. PVC + PE 185 °C, 0,7 mm kalınlıktaki ve 35 mm Derinlikteki Numunenin 60 °C Derecedeki Fırında 7 Gün Süre Kalması İle Elde Edilen Yırtılma Deneyi Grafiği

IV.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) YÜZEY MORFOLOJİSİ SONUÇLARI

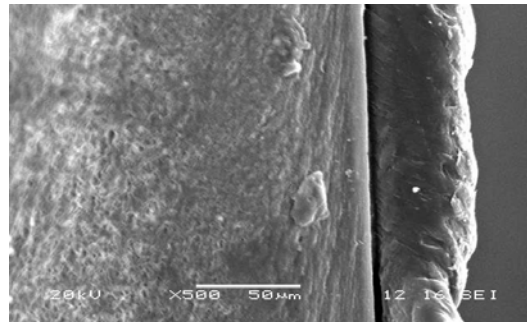
Numunelerin çekme ve yırtılma deneyleri sonucunda alınan yüzey SEM görüntüleri Şekil IV.48-, IV.53 arasında farklı büyütmelerde verilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi farklı derinlik ve yaşlandırma şartlarında numunelerin yüzey morfolojilerinin değiştiği anlaşılmaktadır. Termoform derinliğinin artmasına bağlı olarak yapılan incelemelerde yapının yönlendiği bununda mekanik özellikler üzerinde etkisi belirlenmiştir. Şekil IV.48 de çift katlı ambalaj malzemesinin yüzey morfolojisi görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi iki katman arasında belirgin bir fark vardır. Bu durum her ne kadar tesbit edilemese de oksijen geçirgenliğinin önlenmesinde oldukça önemlidir. Gıda ile temasın sağlandığı PE katman ve diğer katman olan PVC'nin yapışmanın iyi olduğu görülmektedir. Yaşlandırma ile birlikte katmanlar arasında ayrışmaların olduğu Şekil IV.49 görülmektedir. Yaşlandırma süresinin artması ile beraber bu ayrışmanın daha da arttığı (Şekil IV.49 - Şekil IV.53) arasında görülmektedir.



Normal Hava Sıcaklığında – x150

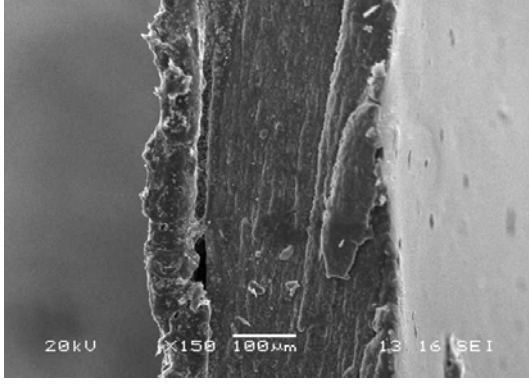


Normal Hava Sıcaklığında – x250

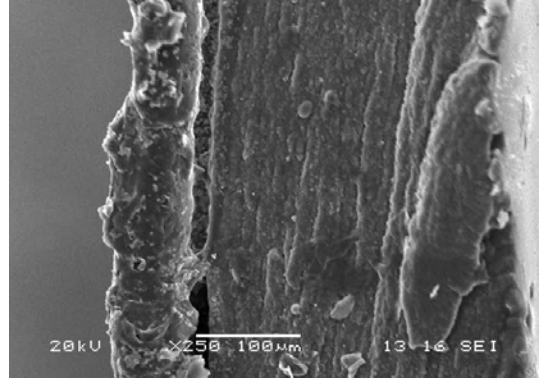


Normal Hava Sıcaklığında – x500

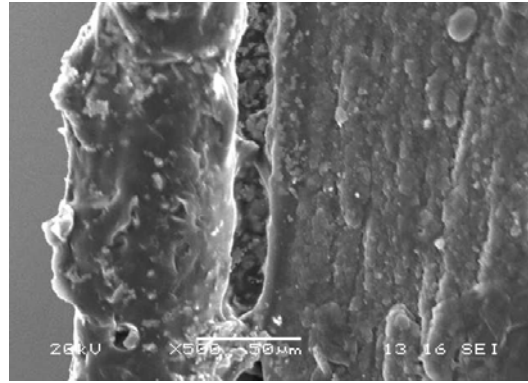
Şekil IV.48. PVC + PE şekil verme sıcaklığı 185 °C, 35mm derinlikteki çekme numunenin normal hava sıcaklığındaki 150, 250 ve 500 büyütmelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi



1 Gün Yaşlandırılmış – x150

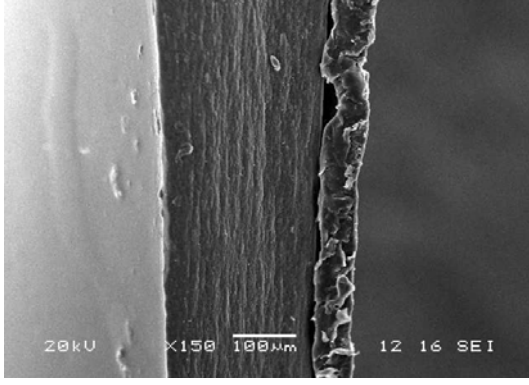


1 Gün Yaşlandırılmış – x250

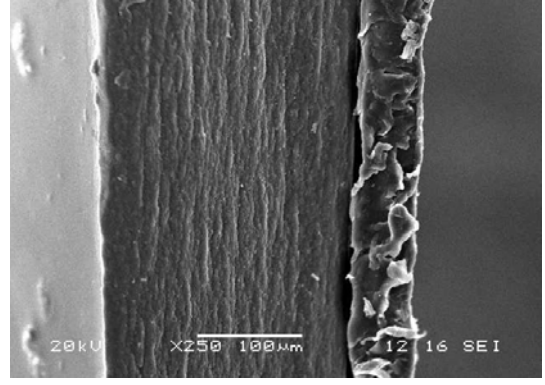


1 Gün Yaşlandırılmış – x500

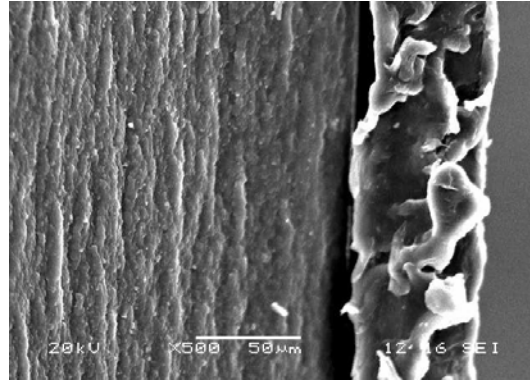
Şekil IV.49. PVC + PE şekil verme sıcaklığı 150 °C, 35mm derinlikteki çekme numunenin 60 °C de 1 gün yaşlandırma yapılarak, 150, 250 ve 500 büyütmelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi



7 Gün Yaşlandırılmış – x150

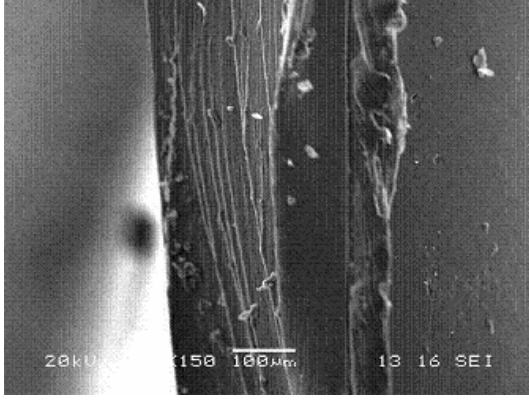


7 Gün Yaşlandırılmış – x250

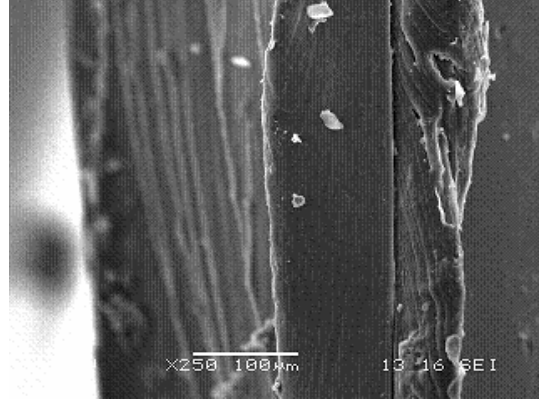


7 Gün Yaşlandırılmış – x500

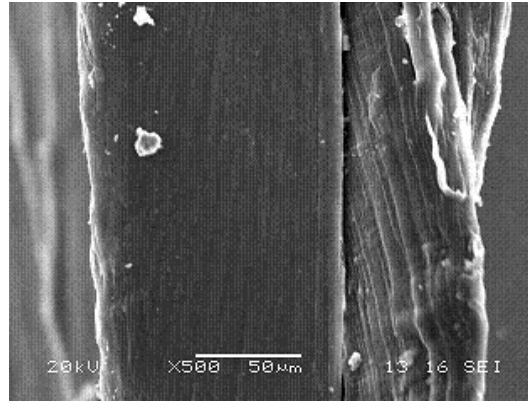
Şekil IV.50. PVC + PE şekil verme sıcaklığı 173 °C, 35mm derinlikteki çekme numunenin 60 °C de 7 gün yaşlandırma yapılarak, 150, 250 ve 500 büyütmelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi



Norma I hava sıcaklığında – x150

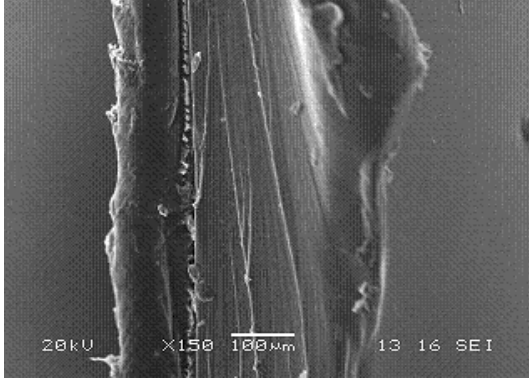


Norma I hava sıcaklığında – x250

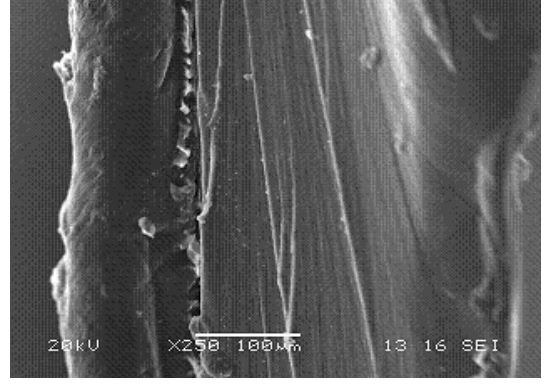


Norma I hava sıcaklığında – x500

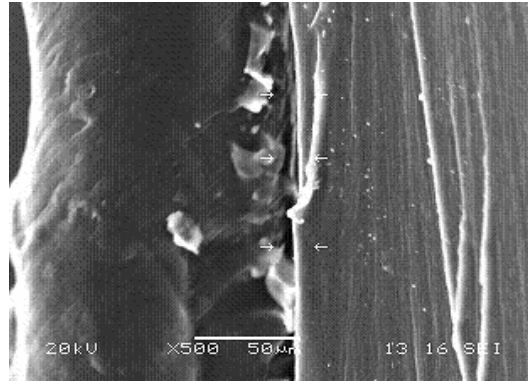
Şekil IV.51. PVC + PE yırtılma ana numunenin normal hava sıcaklığındaki 150, 250 ve 500 büyütmelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi



3 Gün Yaşlandırılmış – x150

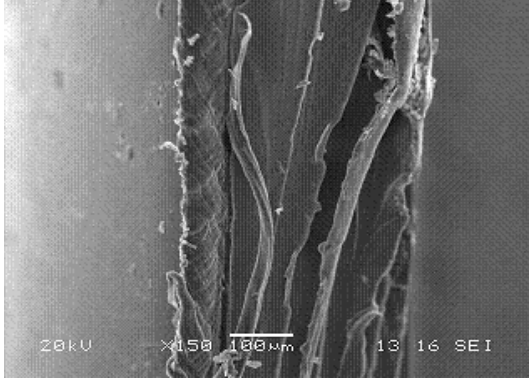


3 Gün Yaşlandırılmış – x250

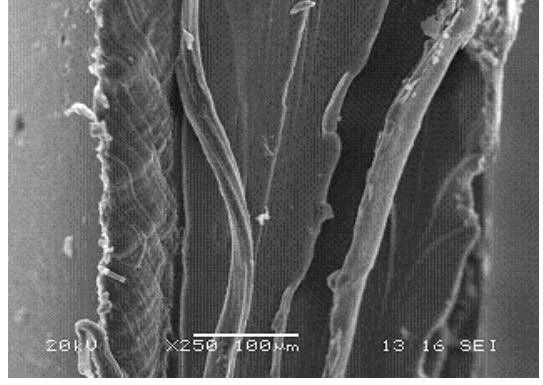


3 Gün Yaşlandırılmış – x500

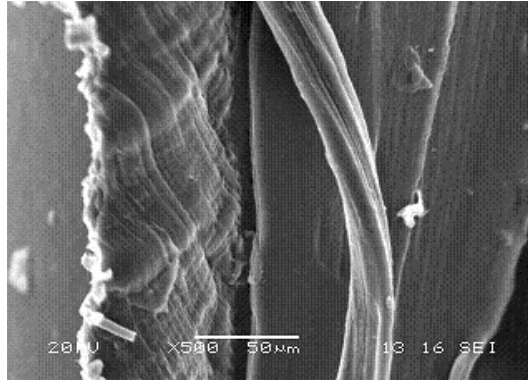
Şekil IV.52. PVC + PE yırtılma ana numunenin 60 °C de 3 gün yaşlandırma yapılarak, 150, 250 ve 500 büyütmelelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi



7 Gün Yaşlandırılmış – x150



7 Gün Yaşlandırılmış – x250



7 Gün Yaşlandırılmış – x500

Şekil IV.53. PVC + PE yırtılma ana numunenin 60 °C de 7 gün yaşlandırma yapılarak, 150, 250 ve 500 büyütmelerdeki Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Yüzey Morfolojisi

BÖLÜM V

SON DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER

Literatürdeki araştırmalar doğrultusunda ısıı Şekil verme işlemi, Polivinilklorür ve polietilen çift katmanlı ambalaj malzemelerde çekme deneyinde farklıklar görülürken, yırtılma deneylerde ise dayanımda düşme görölmektedir. Bunun nedeni sıcaklık değerleri artırıldığında polimerik zincirlerin iç gerilmeleri azılarak ve buna bağlı olarak malzemenin dayanımını düşmesine sebep olmuŐtur.

Burada hem sıcaklık hemde ısıı Şekillendirme esnasında önemli oranda yönlenme ve buna bağlı kristalizasyon olmasının rolü önemlidir. Her ne kadar bu yapıyı oluşturan malzemelerden biri amorf yapıda ise de (PVC) genel olarak bu malzemede belli oranda kristalin bölgeler mevcuttur. Bunun yanında PE kristalin yapıda bir malzeme olduğu için sıcaklıkla yapısal düzenlemeler meydana gelir. Isı etkisiyle termoplastik yapılar genellikle ısıtma ve soğutma Şartlarına bağlı olarak yapıdaki moleküller yönlenebilir. Oysa burada çekme işleminin yanında gerdirme işlemi de olduğu için uzama sırasında da bir kristalleşmenin olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla bu Şekilde yönlendirilmiş bir yapı elde edilebilir. Plastiklerin yönlenmesi oldukça önemlidir. Zira bu çalışmada kullanılan malzemeler zaten yönlendirilmiş malzemelerdir. Özellikle plastiklerde yönlenme ile elde edilecek daha düzenli bir yapı gıda ambalajında gıdanın raf ömrünü uzatmaktadır. Çünkü yönlenme ile yapı ne kadar çok kristallenebilirse o kadar oksijen geçirgenliği düşük olur ki buda gıdanın ömrünü yükseltici etki yapar.

KAYNAKLAR

- [1] BUCKLEİTNER, E.V.: “Plastics Mold Engineering Handbook” *ITP An International Thompson Publishing*, USA, (1995) 468 – 498.
- [2] ERİŞKİN, Y.; UZUN, İ.: “Hacim Kalıpcılığı”, M.E.B. Yayınevi, İstanbul, Türkiye, (1984) 120 – 124.
- [3] HAZER, B.: “Polimer Teknolojisi”, K.T.Ü Fen Edebiyat Fakültesi, Trabzon, Türkiye, (1993) 1-6.
- [4] ASHBY, M.F.; JONES, D.R.H.: “Engineering Materialsv 34”, Pergamon (1986) 1-10.
- [5] BAYSAL, B.: “Polimer Kimyası”, O.D.T.Ü, Ankara, Türkiye, (1994) 1-3.
- [6] HALL, C.: “Polymer Materials”, *Second Edition, Macmillan Education Ltd.* (1989) 153-156.
- [7] CRAWFORD, R.J.: “Plastics Engineering”, Pergamon Press, (1987)1-7.
- [8] YAŞAR, H.: “Plastikler Dünyası”, TMMOB Yayınevi, Ankara, Türkiye, (2001) 66 – 67 .
- [9] ÖKSÜZ, M.: “Polimer Alaşım ve Karışımlarına Giriş”, *Ders Notları*, Marmara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2006) 18.
- [10] BÜKER, E.: “Termoform Kalıplama”, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bitirme Tezi, İstanbul, Türkiye (2005) 1-50
- [11] EKŞİ, O.: “Plastik Esaslı Malzemelerin Isıl Şekil Verme Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, İstanbul, (2006) 7-8.
- [12] AKKURT, S.: “Plastik Malzeme Bilgisi”, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye, (1991) 96-112.
- [13] www. Packaging.net (Erişim Tarihi: Aralık 2007)
- [14] HAİM, J.; HYATT, D.: “International Plastics Handbook for the Technologist”, New York, U.S.A, (1995) 121 -164.
- [15] CRAWFORD, R.J.; FIMELHE, C.: “Department of Mechanical.Pergamon Pres”, *The Queen University of Belfast U.K* (1995) 205 – 215.
- [16] TORRES, F.G.; BUSH, S.F.: “Sheet Extrusion And Thermoforming Of Discrete Long Glass Fibre, Reinforced Polypropylene”, *Composites: Part A 31* (2000) 1289–1294.

- [17] K.W, TAM.; K.W, CHAN.: “Thermoforming Mould Design Using A Reverse Engineering Approach”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23 (2007) 305–314.
- [18] HOSSEİNİ, H.; BERDYSHEV, B. V.; ZEİNABAD, A.M.: “A Solution For Warpage İn Polymeric Products By Plug-Assisted Thermoforming”, *European Polymer Journal*, 42 (2006) 1836–1843
- [19] FLORIAN, J.: “Practical Thermoforming Principles And Applications” New York, USA, (1988)1-13.
- [20] ARDA, T.; Pak/Plast ve Teknik Dergisi “Thermoforming Kalıpları Sektörün Ambalaj Sanayinden Beklentileri”
- [21] GÜNAYDIN, S.; ŞAHİN, K.: “Plastiklerin Isıl Şekillendirilme İle Kalıplanması” *Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi , İstanbul,Türkiye (2004) 10-25
- [22] BAŞAK, T.: Kişisel Görüşme (Bayer Vakum Ambalaj San. Ltd. Şti.) (2007)
- [23] SÜTLÜ, A.: Kişisel Görüşme (Espa Plastik San. Dış Tic. Pazarlama Ltd. Şti.) (2007)
- [24] DUBOIS, J.H.; PRIBBLE, W. I.: “Plastics Mold Engineering Handbook” ~*Litton Educational Publishing* (1978) USA 12 – 27.
- [25] Pakform Otomatik Paketleme Ambalaj Makineleri “Tfz 1000-2000 Kullanma Kılavuzu”, İstanbul, Türkiye, (2007) 4-12
- [26] ÇİMENÖĞLU H.; KAYALI E.S.: “Malzemelerin Yapısı Ve Mekanik Davranışları” İ.T.Ü. Kimya – Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul, Türkiye, (1991) 90 – 94.
- [27] İNCİ, S.: “Plastiklerin Termoformla Kalıplanması”, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bitirme Tezi, İstanbul,Türkiye (2004) 15-25

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Erzincan'da doğdum. İlköğretimi ve ortaöğretimimi Aydın, Nazilli'de, Şehitler İlköğretim Okulunda tamamladım. 1999 yılında Nazilli Endüstri Meslek Lisesi Metal İşleri Bölümünü bitirdim. 2004 yılında Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümünden mezun oldum. 2005 yılında Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi Programında Yüksek Lisans eğitimime başladım. Ocak 2006 yılında Pakform Otomatik Paketleme Ambalaj Makineleri üreten firmada tasarım uzmanı olarak işe girdim. Halen burada çalışmaktayım.