

PLASTİKLERİ ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ

1. Polimer eriyiklerinin özellikleri
2. Ekstrüzyon
3. Enjeksiyon
4. Kalıplama yöntemleri
5. Isıl şekillendirme (Termoforming)
6. Haddeleme (Kalenderleme)
7. Döküm
8. Köpükleme Yöntemleri
9. Talaşlı İmalat
10. Birleştirme
11. Parça tasarım ilkeleri

1

Plastik Ürünler

- Plastiklerden değişik ürünler elde edilebilir:
 - Kalıplanmış parçalar
 - Ekstrüzyonla elde edilen kesitler
 - Filmler
 - İnce levhalar
 - Tel gibi ürünlerin üzerine yalıtkan kaplamalar
 - Tekstil lifleri v.b.
- Ayrıca plastikler birçok malzemenin ana bileşenidir
 - Boyalar
 - Yapışkanlar
 - Birçok kompozitin matrisi

2

Polimer Malzeme Kullanımı

- Son 50 yılda plastik malzeme kullanımı hızla yaygınlaşmış ve birçok diğer malzemenin yerini almıştır, örneğin
 - Daha önce metal olarak üretilen birçok parça artık plastiklerden yapılmaktadır
 - Cam şişe ve kavanozların büyük çoğunluğunun yerini plastik kaplar almıştır
- Kullanılan polimerlerin (plastik ve lastikler) toplam hacmi, günümüzde metallerden fazladır (plastiklerin yoğunluğu düşük olduğundan, ağırlık olarak metal kullanımı daha yüksektir)

3

Plastiklerin Üstünlükleri

- Hemen hemen tüm biçimler elde edilebilir
- Kalıplanarak elde edilen ürünler boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi bakımından ek işlemler gerektirmezler
- İşlem sıcaklıkları düşük olduğundan metallerden daha az enerji gerektirirler. Düşük sıcaklıklarda yapıldığından birçok imalat işlemi daha kolaydır.
- Yüzeylerin boyanması veya kaplanması gerekmez

4

Plastik Türleri

1. Termoplastikler

- Isıtma ve biçimlendirme sırasında kimyasal yapı değişmez
- Toplam plastik üretiminin %70 ini oluşturur, ticari bakımdan en önemli gruptur

2. Termosetler

- Isıtma ve biçimlendirme sırasında uzun zincir moleküller çapraz bağlarla bağlanır ve üç boyutlu rijit bir yapı oluşur.
- İşlem sonrasında ısıtılarak tekrar yumuşatılmaları veya eritilmeleri mümkün değildir

5

Plastik Biçimlendirme Yöntemlerinin Ürün Geometrisine Göre Sınıflandırılması

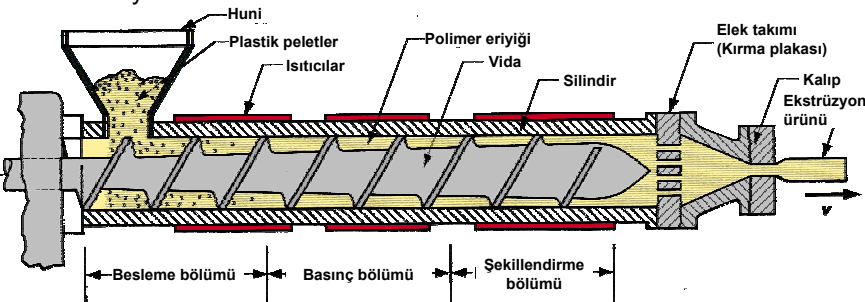
- Sabit kesitli ekstrüzyon ürünleri
- Sürekli levha ve filmler
- Sürekli lifler
- Kalıplanmış dolu parçalar
- İnce cidarlı içi boş kalıplanmış parçalar
- Levha ve filmlerin biçimlendirilmesi ile oluşan parçalar
- Döküm parçalar
- Köpükten yapılan ürünler

6

Ekstrüzyon

Kapalı bir bölmede bulunan malzemeye basınç uygulanarak bir kalıp açıklığından akışa zorlanır; bu sırada malzeme kalıp boşluğunun belirlediği biçimde, sabit kesitli bir sürekli ürün oluşur

- Bu yöntemle termoplastik ve elastomer malzemelerden boru, hortum, profiller, film&levha, sürekli lifler, kaplı elektrik telleri vb üretilebilir
- Sürekli bir proses olarak uygulanır; daha sonra ürün istenilen boylara kesilir



Şekil 13.4-Plastik ve elastomerler için tek vidalı bir ekstrüzyon makinasının (ekstrüder'in) elemanları ve özellikleri

7

Bir Ekstrüderin İki Önemli Bölümü

1. Silindiri

2. Vida

- **Kalıp** – ekstrüderin parçası değildir
- Bu belirli bir profil elde etmek için üretilmiş özel bir takımdır

Ekstrüder Silindiri

- İç çapı tipik olarak 25 ila 150 mm arasındadır
- **L/D oranı** genellikle 10 ila 30 arasındadır: termoplastikler için yüksek, elastomerler için düşük değerler alınır
- Malzeme vida yardımıyla silindir içinden ötelenir
- Beslenen malzeme elektrikli ısıtıcılar yardımıyla yumuşatılır ve eritilir, karıştırma ve mekanik zorlama ile oluşan ısı, eriyiğin ısınmasına katkıda bulunur.

8

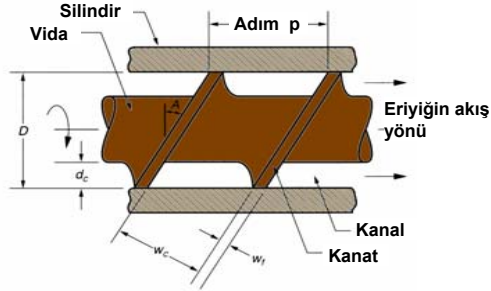
Ekstrüder Vidası

Değişik işlevlere sahip bölümlerden oluşur:

Besleme bölümü – malzeme besleme hunisinden alınır ve ısıtılır

Basınç bölümü – polimer sıvıya dönüştürülür, karıştırılır ve malzeme basınç altında kalır

Şekillendirme bölümü – eriyik homojenize edilir ve kalıp boşluğuna doldurulmak için yeterli basınç oluşturulur



Şekil 13.5-Silindir içindeki bir ekstrüder vidasının ayrıntıları

9

Ekstrüder Uç Kalıbı

- Eriyik halindeki polimer silindir içinde ilerleyerek kalıp bölgesine ulaşır.
- Kalıba ulaşmadan önce, eriyik bir eleme takımından geçer. Burada aksel delikler içeren bir dizi elek ve bunu destekleyen rijit bir levha bulunur
- Bu elek takımının işlevi:
 - Eriyik içindeki katışı ve sert parçacıkları filtre eder
 - Polimer akışını düzgünleştirir ve vida tarafından oluşturulan dairesel harekete ait “hatırlama”yı yok eder

10

Kalıp Şekli ve Ekstrüzyon Ürünleri

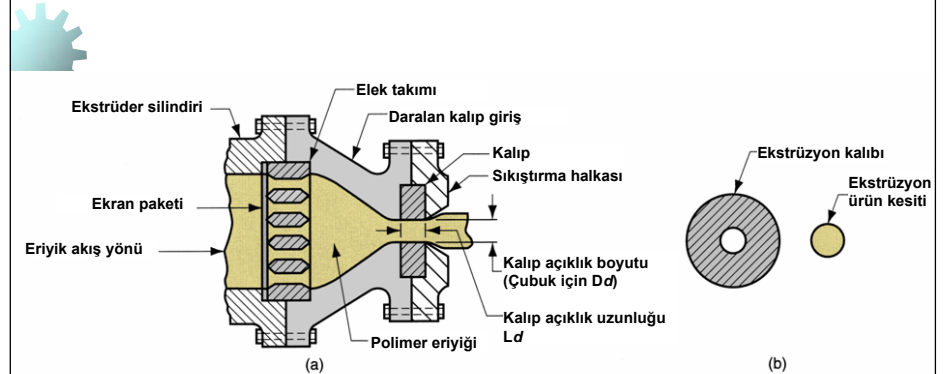
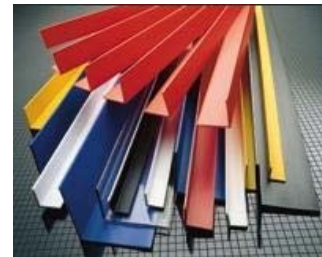
Ekstrüzyon ürününün sabit olan kesitinin şeklini kalıp açıklığının biçimi belirler

Üretilen ürün biçimleri:

- Dolu profiller
- İçi boş profiller, borular gibi
- Tel ve kablo kaplamaları
- Levha ve filmler
- Lifler

Dolu Profillerin Ekstrüzyonu

- Standart biçimler, örneğin
 - Yuvarlaklar
 - Kare kesitler
- Standart olmayan biçimler
 - Yapısal profiller
 - Kapı ve pencere profilleri
 - Otomotiv profilleri
 - Ev cephe kaplamaları



Şekil 13.8-(a) Yuvarlak çubuk gibi sabit dolu kesitler için bir ekstrüzyon kalıbının yandan kesit görünüşü; (b) Ekstrüzyon ürününün kesitiyle birlikte kalıbın önden kesit görünüşü. Kalıp şişmesi, her iki görünüşte de gösterilmiştir. (Bazı kalıp konstrüksiyon detayları, açıklama için basitleştirilmiştir)

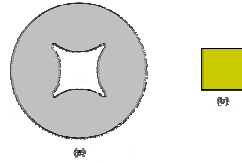
12

İçi Boş Profillerin Ekstrüzyonu

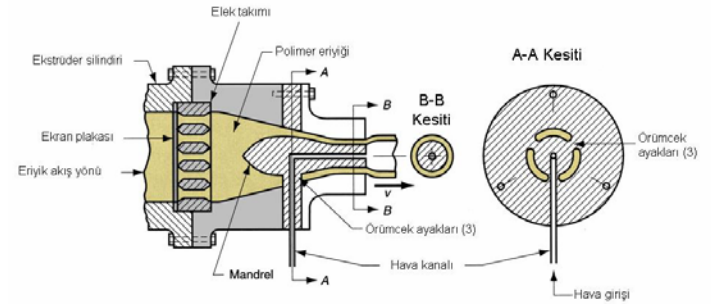
- Örnekler: borular, hortumlar ve benzeri içi boş profiller
- İçi boş profiller için mandrel kullanılır
- Mandreli sabitlemek için köprülerden yararlanır
- Mandrel içinde genellikle bir hava kanalı bulunur ve bu kanaldan üflenene hava, ekstrüzyon ürününün içindeki boşluğun kapanmasını önler

Dairesel Kesitli Ürünlerin Dışında Kalıp Kesitinin Tayini

Şekil 13.9-(a) Bir kare kesitli ekstrüzyon ürünü profil elde etmek için gerekli kalıp açıklığı kesitini gösteren kalıp kesiti; (b) Böyle bir kalıp kullanarak elde edilen ekstrüzyon ürünü profilin kesiti



13

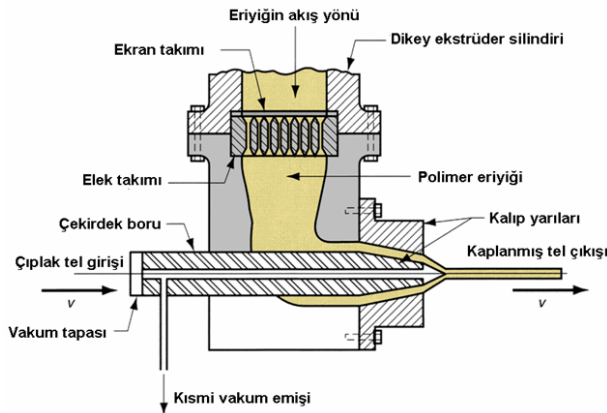


Şekil 13.10-Boru ve hortum benzeri içi boş kesitlerin şekillendirilmesinde kullanılan ekstrüzyon kalıbının yandan görünüşü; A-A kesiti, mandrelin yerinde nasıl tutulduğunu gösteren yandan kesit görünüşü; B-B kesiti ise, kalıptan çıkmadan hemen önceki borusal enkesiti göstermektedir; kalıp şişmesi, çapta büyümeye neden olur. (Bazı konstrüksiyon detayları basitleştirilmiştir.)

14

Ekstrüzyonla Kablo Kaplama

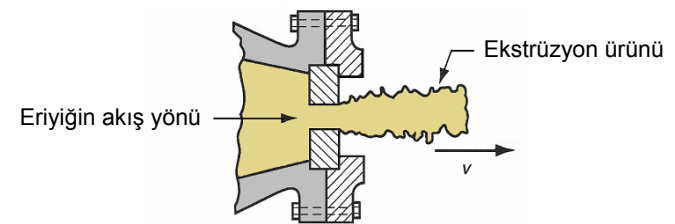
- Çıplak tele polimer eriyik giydirilir ve tel kalıptan yüksek hızla çekilir
 - Tel ile polimer arasında hafif bir vakum uygulanarak kaplamanın iyi tutunması sağlanır
- Kaplanmış tel su içinden geçirilerek soğutulur, bu sırada plastik yumuşaktır ancak tel rijitliği sağlar
- Ürün büyük makaralara 50 m/s'ye ulaşan hızlarda sarılır



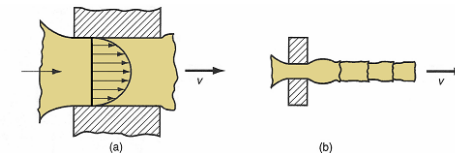
Şekil 13.11-Elektrik tellerinin ekstrüzyonla plastik kaplanması

15

Ekstrüzyon Hataları



Şekil 13.12- Keskin daralan kalıp girişinden çıkan eriyiğin türbülanslı akışı nedeniyle eriyik kırılması



Şekil 13.13- (a) Köpek balığı sırtı olarak adlandırılan hatalara yol açabilen, kalıp ağzı boyunca eriyiğin akışı sırasında hız profili; (b) Bambulanma hatası

16

Polimer Levha ve Film

- Levha
 - Kalınlıklar 0.5 mm den 12.5 mm'ye kadar
 - Yassı ürünler ve termoforming için yarı mamul malzemeler elde etmek için kullanılır
- Film
 - Kalınlıklar 0.5 mm altındadır
 - Ambalaj malzemeleri (paketleme için, alışveriş poşetleri, çöp torbaları vb)
 - Daha kalın filmler, havuz kaplamaları gibi uygulamalarda kullanılabilir
- Bütün termoplastikler
- Polietilen, çoğunlukla düşük yoğunluklu PE
 - Polipropilen (PP)
 - Polivinilklorür (PVC)
 - Sellofan

17

Levha ve Film Üretim Yöntemleri

En yaygın olarak kullanılan seri üretim yöntemleri:

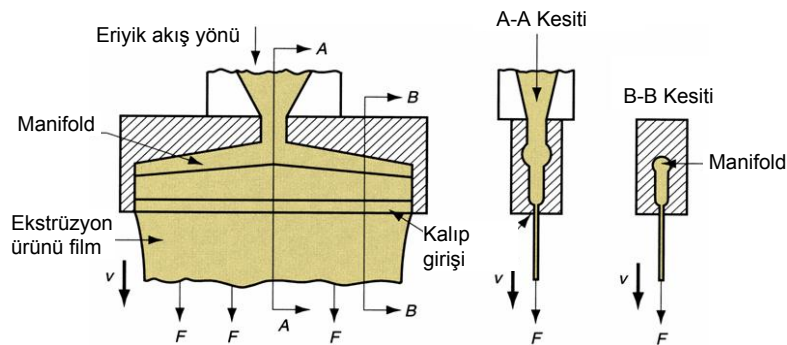
- Yarık Kalıplı Ekstrüzyon “*Slit-Die*”
- Üflemlili (Şişirmeli) Film Ekstrüzyonu
- Haddeme “Kalenderleme”

Yarık Kalıplı Ekstrüzyon

Levha ve filmler ince bir yarık içeren kalıp yardımıyla ekstrüzyon yöntemi kullanılarak üretilir

- Yarık 3 m genişliğe kadar olabilir ve 0.4 mm kadar dar olabilir
- Polimer eriyiği akış sırasında çok büyük şekil değişimlerinden geçer ve bu nedenle genişlik boyunca ürün kalınlığını sabit olarak elde edilmesi güçtür
- Kenarlar daha kalın olduğundan genellikle kenarların kesilmesi gerekir

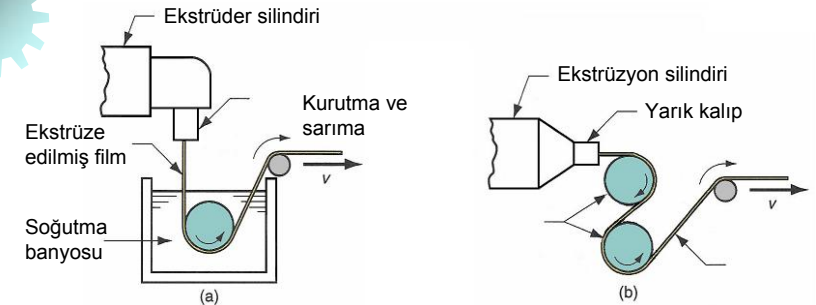
18



Şekil 13.14-Ekstrüzyonla levha ve film elde edilmesi

19

Soğutmalı Haddeme Ekstrüzyonu



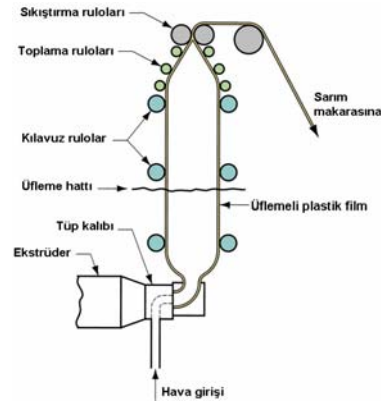
Şekil 13.15-Ekstrüzyondan sonra erimiş filmi hızlı katılaştırmak için (a) soğutma banyosunun veya (b) soğutucu makaraların kullanımı

20

Şişirmeli Film Ekstrüzyonu

Bu yöntemde ekstrüzyon ve şişirme teknikleri birleştirilmiştir

1. Yöntem bir tüpün ekstrüzyonu ile başlar , malzeme yumuşak durumdayken yukarı çekilir ve aynı anda hava ile şişirilerek mandrelli bir kalıptan geçirilir
2. Tüpün içine hava üflenerek üniform bir kalınlık ve tüp çapı elde edilir



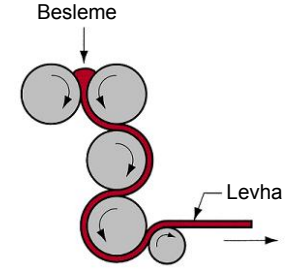
Şekil 13.16- Film şişirme yöntemi ile ince tüplerin seri olarak üretimi

21

Haddeleme - Kalenderleme

Malzeme bir dizi merdaneden geçirilerek kalınlık istenilen değere düşürülür

- Makinalar için yatırım pahalıdır, ancak üretim hızı yüksektir
- Kaliteli bir yüzey ve boyut hassasiyeti elde edilebilir
- Tipik malzemeler: lastik veya lastiksi termoplastikler, örneğin PVC
- Ürünler: PVC yer kaplamaları, duş perdeleri, vinil masa örtüleri, havuz kaplamaları, ve şişme bot ve oyuncaklar



Şekil 13.17 Haddeleme "kalenderleme" de tipik rulo konfigürasyonu

22

Lif ve Filamanlar

Lif ve filamanların en önemli kullanım alanı tekstil sektörüdür

- Lifler plastik matrisli kompozitlerin takviyesi için de kullanılmaktadır, ancak bu alandaki kullanım tekstilin yanında önemsizdir
 - **Lif** – boyu kesitinin en az 100 katı olan ince ürün
 - **Filaman** – sürekli bir lif
- Lifler doğal veya yapay olabilirler
- Sentetik (yapay) lifler bu pazarın % 75'ini oluşturur:
 - Polyester en önemlileridir
 - Diğerleri: naylon, akrilik, ve rayon
- Doğal lifler pazarın % 25'ini oluşturur:
 - Pamuk en önemlisidir
 - Yün üretimi pamuktan daha düşüktür

23

Lif ve Filaman Üretimi - Spinning

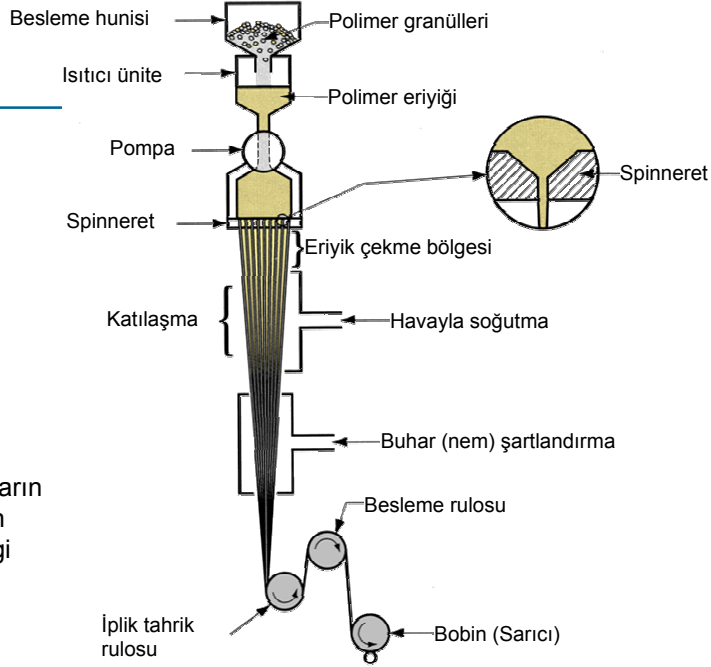
- **Spinning** kelimesi, doğal liflerden çekme ve bükme yolu iplik üretimi işleminin adıdır ve tekstil sektöründen gelmektedir.
- Sentetik lifler için , **spinning** = bir polimer eriyiğinin **spinneret** (çok sayıda delik içeren bir kalıp) içinden geçirilerek yapılan ekstrüzyonudur; bu lifler daha sonra çekilir ve bobinlere sarılır.
- Üç farklı türü vardır: Eriyikten spinning; Kuru spinning ve Yaş spinning

Eriyikten Spinning

- Polimer ısıtılır ve spinneret içinden basılarak, klasik ekstrüzyona benzer bir şekilde üretilir
- Tipik bir spinneret is 6 mm kalınlıktadır ve 0.25 mm çapında yaklaşık 50 delik içerir
 - Filamanlar bobine sarılmadan önce çekilir ve hava ile soğutulur
 - Ekstrüzyondan sonra çapta önemli azalmalar gerçekleştirilir ve bobine sarılan nihai ürünün çapı ekstrüzyon ürününün yaklaşık 1/10'u kadardır
 - Bu yöntem, polyester ve naylon üretiminde kullanılır

24

Şekil 13.18-
Sürekli
filamanların
eriyikten
spinningi



Enjeksiyonla Kalıplama

- Polimer ısıtılarak plastik şekil alabilir bir duruma getirilir ve yüksek basınç uygulanarak bir kalıp boşluğuna dolması sağlanır; burada katılaştıran parça kalıptan çıkarılır
- İstenilen son boyutlara çok yakın hassas parçalar üretmek mümkündür
- Bir parça için üretim süresi ~10 ila 30 saniyedir., ancak bazı durumlarda bu süre 1 dakika veya daha yukarı çıkabilir
- Kalıpta birden fazla boşluk bulunabilir ve her seferinde birden fazla parça üretilebilir

Enjeksiyonla Üretilmiş Parçalar

- Karmaşık biçimler elde edilebilir
- Biçim sınırları:
 - Biçim kalıptan çıkabilir olmalıdır
- Parça büyüklüğü ~ 50 g dan ~ 25 kg a kadar olabilir, örneğin otomobil tamponları
- Kalıp maliyeti çok yüksek olduğundan ancak büyük üretim sayıları için ekonomik olur



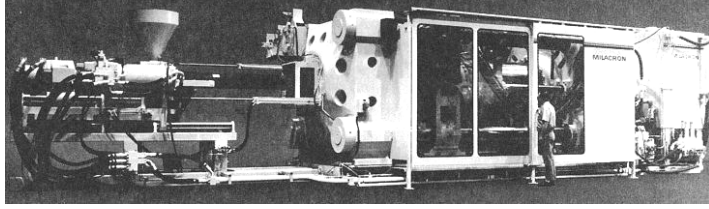
Enjeksiyonda Kullanılan Polimerler

- Termoplastik malzemeler için yaygın olarak kullanılan bir imalat yöntemidir
- Bazı *termoset* ve *elastomerler* de enjeksiyonla kalıplanabilir
 - Termosetler için kullanılan donanımlarda ve işlem parametrelerinde gerekli modifikasyonlar yapılarak çapraz bağların biçimlendirme tamamlanmadan oluşması önlenmelidir

Enjeksiyon Kalıplama Makinası

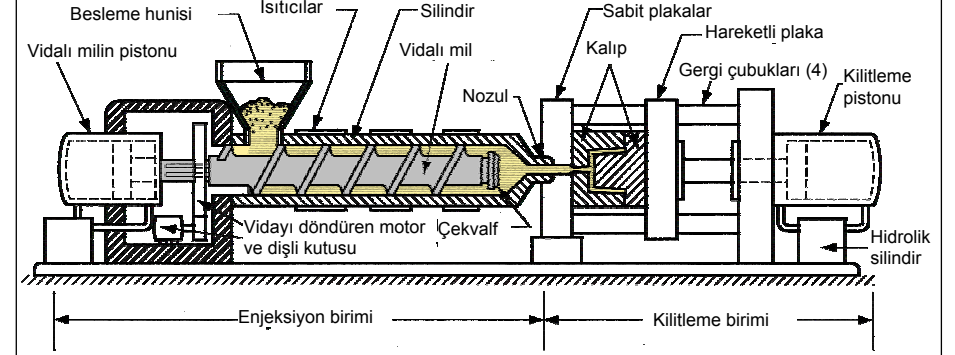
İki ana bölümden oluşur:

- **Enjeksiyon birimi** – polimeri eritir ve kalıba iletir, bir ekstrüder gibi çalışır
- **Kilitleme Birimi** – her çevrimde kalıbı açar ve kapatır



Şekil 13.20- Büyük bir enjeksiyon makinası (3000 ton)

29



Şekil 13.21- Vida tipli bir enjeksiyon makinasının kesiti

30

Enjeksiyon Birimi

- Silindirinin bir ucunda bulunan huniden plastik pelletler beslenir:
- Silindirin içinde bulunan vidanın iki işlevi vardır:
 1. Polimeri karıştırmak ve ısıtmak için döner
 2. Erimiş plastiği kalıp boşluğuna enjekte eden bir piston işlevi görür

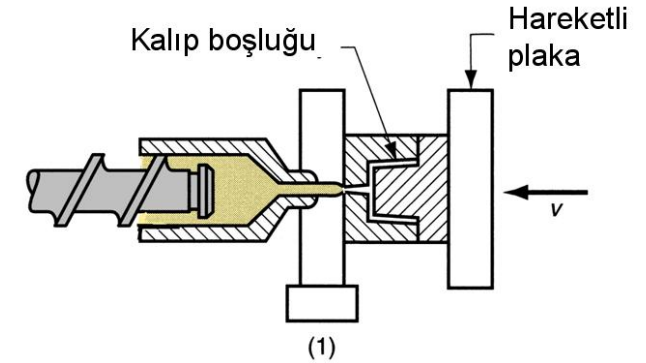
Vidanın uç kısmı eriyiğın geriye kaçmasını önler

Daha sonra başlangıç konumuna çekilerek bir sonraki çevrim için hazırlanır

Kalıp

- Enjeksiyonda her parça için özeldir. Bir parçanın imalatı bitince yeni parça için kalıp değiştirilir
- Değişik tip kalıplar vardır:
 - İki parçalı kalıp
 - Üç parçalı kalıp
 - Sıcak yolluklu kalıp

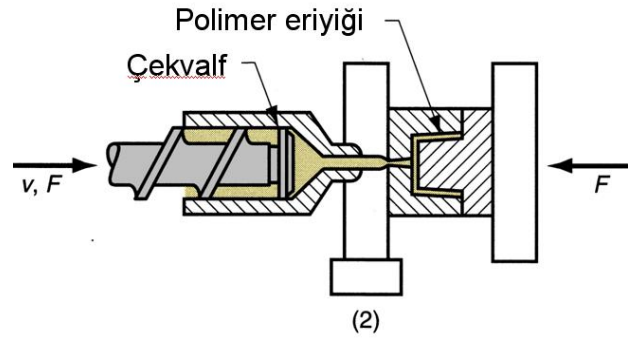
31



(1) Kalıp kapalı

Şekil 13.22- Tipik kalıplama sırası

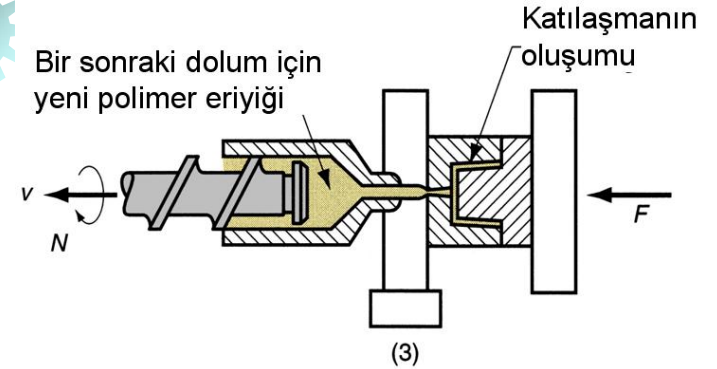
32



(2) Eriyik enjekte ediliyor

Şekil 13.22- Tipik kalıplama sırası

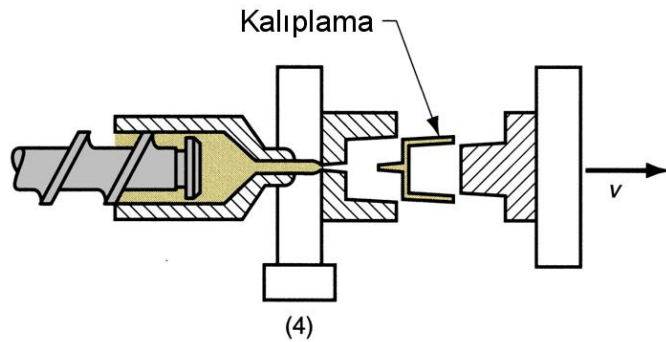
33



(3) Vida geri çekiliyor

Şekil 13.22- Tipik kalıplama sırası

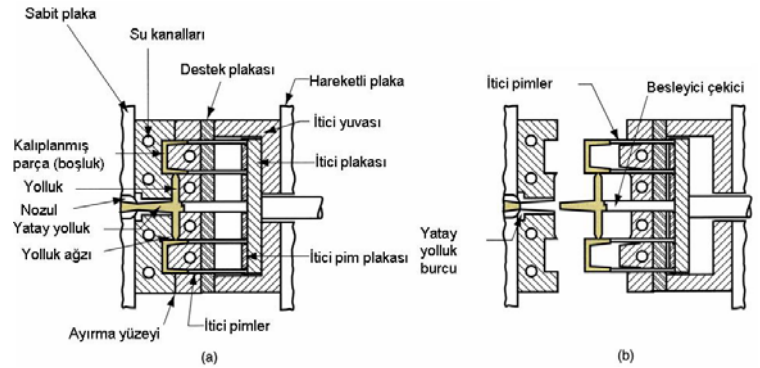
34



(4) Kalıp açılıyor ve parça çıkarılıyor

Şekil 13.22- Tipik kalıplama sırası

35



Şekil 13.23- Termoplastik enjeksiyonla kalıplama için iki parçalı kalıp ayrıntıları: (a) kapalı (b) açık. Kalıplar her bir enjeksiyon çevriminde (kesiti gösterilen) iki adet kupa şeklindeki parça üretmek için iki boşluğa sahiptir

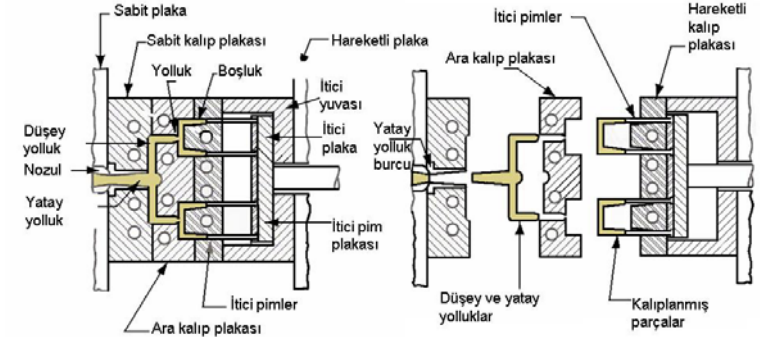
36

Sıcak Yolluklu Kalıp

- Yolluk kanalları çevresine ısıtıcılar yerleştirilerek buralardaki katılaşma önlenir.
- Parçanın katılaşması bittiğinde yolluk içindeki malzeme sıvı durumdadır ve bir sonraki enjeksiyon için hazırdır.
 - Bu yöntemde hurdaya giden malzeme miktarı azalır.

37

Diğer Kalıp Türleri



Şekil 13.24- Üç parçalı kalıp (a) kapalı ve (b) açık.

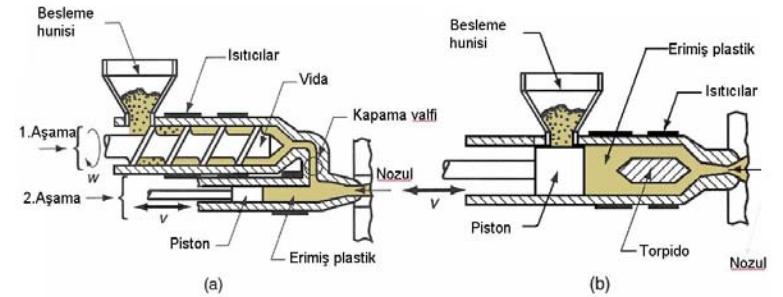
38

Kalıp Örnekleri



39

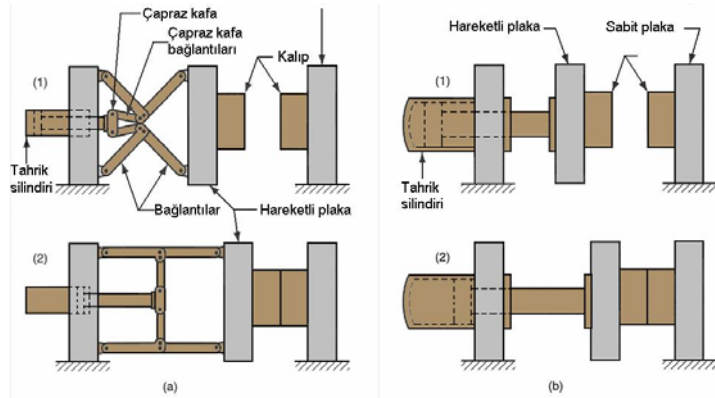
Önemli Enjeksiyonla Kalıplama Makinaları



Şekil 13.25- Şekil 13.21'de gösterilen ilerletme vidasına iki alternatif enjeksiyon sistemi; (a) vidalı ön plastikleştirici, ve (b) pistonlu tip

40

Kilitleme Birimi



Şekil 13.26- İki kilitleme tasarımı: (a) tek muhtemel makaslı kilitleme tasarımı: (1) açık, ve (2) kapalı; ve (b) hidrolik kilitleme: (1) açık, ve (2) kapalı. Hareketli plakalara kılavuzluk yapan tie rod'lar (gergi çubukları) gösterilmemiştir.

41

Boyutlardaki Çekme

Kalıp sıcaklığından oda sıcaklığına soğuma sırasında boyutlardaki değişme **ÇEKME** olarak adlandırılır

- Polimerlerin ısıl genleşme katsayıları yüksektir, dolayısıyla önemli oranda çekme oluşur
- Bazı polimerler için çekme oranları:

Plastik	Çekme, mm/mm
Naylon-6,6	0.020
Polietilen	0.025
Polistiren	0.004
PVC	0.005

42

Çekme Payı

- Kalıp boşluğunun boyutları parçanın olması gereken boyutlardan daha büyük olmalıdır:

$$D_c = D_p + D_p S + D_p S^2$$

Burada D_c = kalıp boyutları; D_p = parçanın istenen boyutları, ve S = çekme değeri

- Bu bağıntıdaki üçüncü terim eklenen çekme payının miktarının çekmesini dengelemek için eklenmiştir
- Plastik içindeki *dolgu maddeleri* çekmeyi azaltır
- Enjeksiyon basıncı* – basınç arttıkça, kalıp boşluğuna dolmaya daha fazla malzeme zorlanır, çekme azalır
- Basınç uygulama süresi* – basınçla aynı etkiye sahiptir
- Döküm sıcaklığı* – sıcaklığın yüksek olması polimer eriyiğinin viskozitesini düşürür, bu şekilde kalıba daha fazla malzeme basılabilir ve çekme azalır

43

Termoplastik Köpük Enjeksiyon Kalıplama

Bu şekilde dış yüzeyinin yoğunluğu daha fazla, iç kısmı köpük olan malzemeler dökülür

- Parça daha hafif olur
- Eriyik içine enjeksiyon biriminde gaz katılır veya pelletlere karıştırılan bir katı daha sonra reaksiyonla gaz oluşturur
- Kalıp boşluğuna daha az bir eriyik basılarak hacminin artmasıyla kalıbı doldurması sağlanır
- Soğuk kalıp yüzeyi ile temas eden köpük söner ve yoğun bir yüzey oluşturur, orta kısım ise köpüklü kalır

44

Termosetlerin Enjeksiyon Kalıplaması

- Donanım ve işlem parametreleri termoset polimerin kalıp dolmadan çapraz bağlar oluşmasını önleyecek şekilde seçilmelidir
 - Silindir boyu kısa tutulmalıdır
- Silindir içindeki sıcaklık daha düşüktür
- Eriyik ısıtılmış kalıba basılır ve çapraz bağ oluşumu orada gerçekleşir
- Kalıp açılarak parça çıkarılır
- Bu çevrimde en uzun süreyi çapraz bağ oluşumu alır

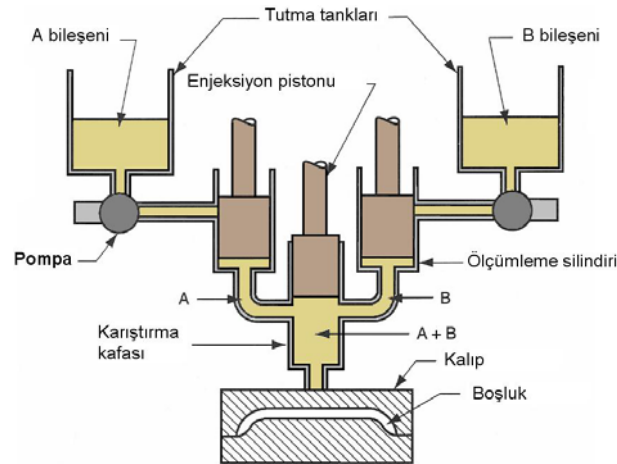
45

Reaksiyonlu Enjeksiyon Kalıplama

- Bu yöntemde iki ayrı sıvı bileşen karıştırılır ve hemen kalıp boşluğuna basılır. Kalıpta oluşan bir reaksiyonla katılaşma gerçekleşir
- Bu yöntemle mesela poliüretandan büyük otomotiv parçaları imal edilebilir (mesela tamponlar)
 - Bu tip poliüretan parçaların yoğun bir cidarı, buna karşın köpüklü bir iç yapısı vardır
- Reaksiyonlu kalıplama kullanılan diğer malzemeler: epoksiler ve üre-formaldehit

46

Reaksiyonlu Enjeksiyon Kalıplama



47

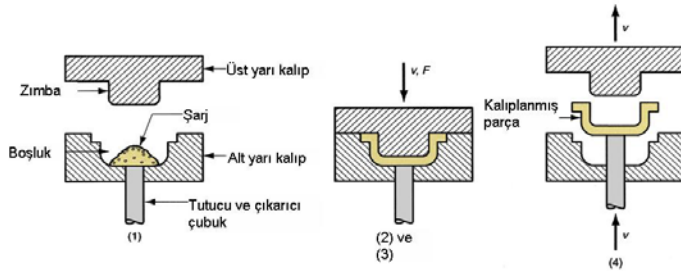
Basıncılı Kalıplama

- Termoset malzemeler için yaygın olarak kullanılan bir imalat yöntemi
- Bu uygulama aynı zamanda oto lastikleri üretimi ve polimer matrisli kompozitlerin elde edilmesinde kullanılır
- Başlangıç malzemesi değişik biçimlerde olabilir: toz, pellet, sıvı veya önbiçim
- Basılan malzemenin miktarı kalıp boşluğunu tam dolduracak şekilde çok iyi kontrol edilmelidir

48

Basınçlı Kalıplama Presleri

- Düşey tiptedir
- İki parçalı kalıpların bağlandığı iki plaka bulunur
- Presler iki şekilde tahrik edilebilir:
 1. Alt plakanın yukarı hareketi
 2. Üst plakanın aşağı hareketi



Şekil 13.28- Termoset plastikler için basınçlı Kalıplama:
(1) yükleme, (2) ve (3) basma ve sertleşme, ve (4) parça çıkarılır

49

Basınçlı Kalıplamanın Özellikleri

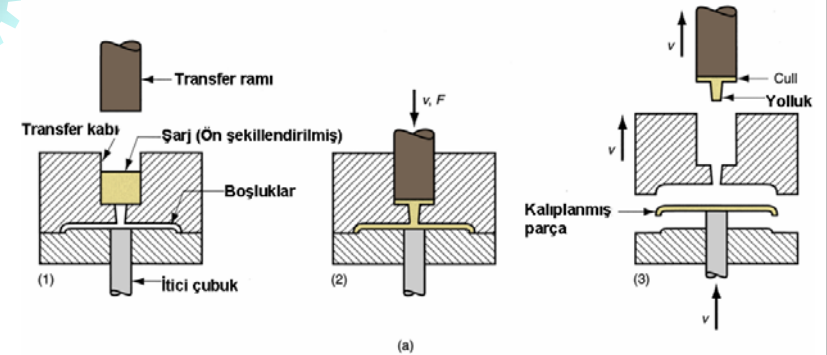
- Enjeksiyon kalıplardan daha basit uygulama
- Yolluk sistemi yok
- Genellikle daha basit geometrilerle sınırlıdır; çünkü termosetlerin akıcılığı iyi değildir
- Kalıp genellikle elektrik resistansları, buhar veya sıcak yağ sirkülasyonu ile ısıtılır
- Malzemeler: fenolikler, melamin, üre-formaldehid, epoksiler, ürethanlar, ve elastomerler
- Tipik parçalar: elektrik fişleri, soketleri, ve kutuları; kap tutamakları, yemek tabakları

50

Transfer Kalıplama

Termoset malzeme kalıp boşluğunun hemen üstündeki bir bölmeye yerleştirilir ve ısıtılır, yumuşayan polimer basınçla ısıtılmış kalıba doldurulur ve çapraz bağ oluşturarak sertleşmesi beklenir

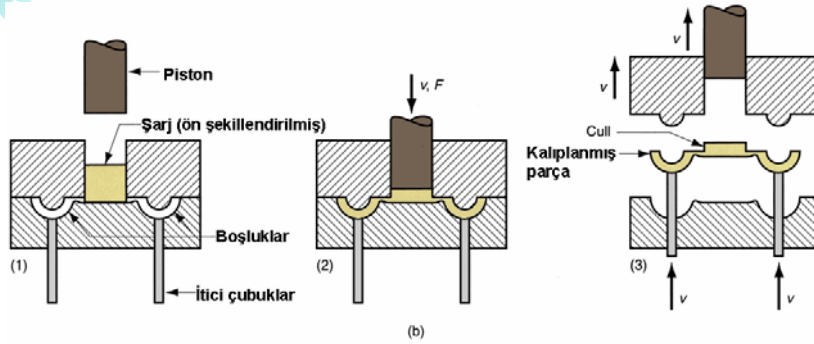
- İki farklı türü vardır:
 - *Kaplı transfer kalıplama* – malzeme doldurulduğu bir kaptan düşey bir yolluktan kalıp boşluğuna aktarılır
 - *Pistonlu transfer kalıplama* – bir piston ısıtılmış malzemeyi kanallardan kalıp boşluğuna basar



Şekil 13.29- (a) Kaplı transfer kalıplama

(1) Şarj kaba yüklenir; (2) yumuşayan polimer kalıp boşluğuna basılır ve sertleşir; ve (3) parça çıkarılır

52



Şekil 13.29- (b) Pistonlu transfer kalıplama

(1) Şarj kaba yüklenir; (2) yumuşayan polimer kalıp boşluğuna basılır ve sertleşir; ve (3) parça çıkarılır

53

Basıncı ve Transfer Kalıplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması

- Her iki yöntemde de artan malzeme nedeniyle hurda malzeme oluşabilir.
- Termoset hurdası tekrar değerlendirilemez
- Transfer kalıplamada, basıncı kalıplamadan daha karmaşık parçaların imalatı mümkündür
- Transfer kalıplamada insert kullanmak mümkün olur, kalıp boşluğuna metal veya seramik bir insert yerleştirilerek bunun plastik parça ile birleşmesi sağlanır

54

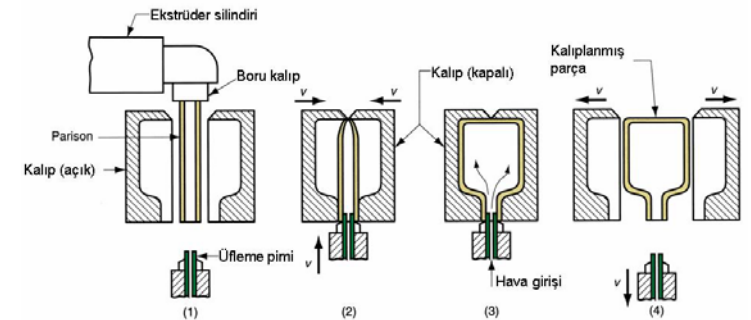
Şişirme Kalıplama

Bu yöntemde yumuşak plastik şişirilerek, hava basıncı yardımıyla bir kalıp boşluğuna doldurulur

- Şişe gibi ince cidarlı ve içi boş parçaların imal edilmesi mümkün olur
- Bu ürünler tüketicilerin büyük miktarlarda kullandıkları malların doldurulmasında kullanılır
- İki adımda gerçekleştirilir:
 - Başlangıçta bir tüp üretilir
 - Bu tüp kalıp içinde şişirilerek son biçime ulaşılır
- Başlangıç ön biçiminin üretimi iki yolla olabilir:
 - Ekstrüzyon veya
 - Enjeksiyon

55

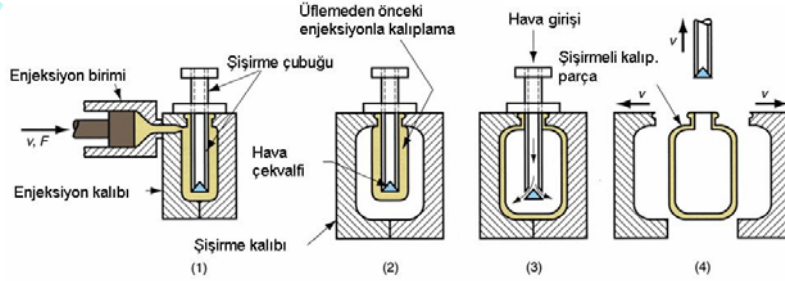
Ekstrüzyonlu Şişirme Kalıplama



Şekil 13.30- Ekstrüzyonlu şişirme kalıplama; (1) Parison'un çıkışı; (2) Kalıp yarılarının kapanışı sırasında Parison üst kısmından sıkıştırılır ve alt kısmından da, arasında metal bir üfleme pimi kalacak şekilde kapatılır

56

Enjeksiyonlu Şişirme Kalıplama



Şekil 13.32- Enjeksiyonlu şişirme kalıplama: (1) Parison, bir şişirme çubuğu etrafında kalıplanır; (2) enjeksiyon kalıbı açılır ve parison bir şişirme kalıbına aktarılır; (3) yumuşak polimer, şişirme kalıbının şeklini alacak şekilde şişirilir; ve (4) şişirme kalıbı açılarak şişirilmiş ürün dışarıya çıkarılır.

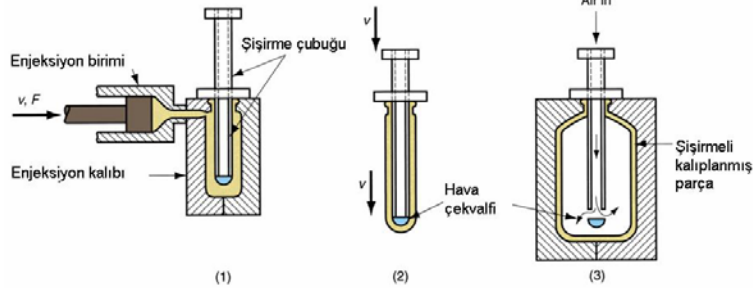
57

Germeli Şişirme Kalıplama

Enjeksiyonlu şişirme kalıplamanın değişik bir türüdür. Enjeksiyonla elde edilen **ön biçim** şişirmeden önce gerilerek uzatılır.

- Elde edilen yapı daha rijittir. Ayrıca saydamlığı ve darbe dayanımı da daha iyidir.
- Bu yöntemle biçimlendirilen malzemeler arasında en yaygın kullanılanı polietilen tereftalattır (PET).
- Bu ürünlerin özellikleri gazlı içeceklerin doldurulup pazarlanması için idealdir.

58



Şekil 13.33- Germeli Şişirme Kalıplama; (1) Parison'un enjeksiyon kalıplanması; (2) germe ve (3) şişirme

59

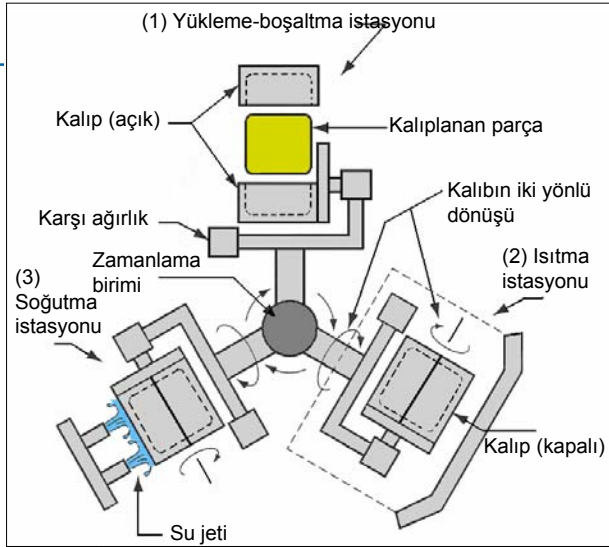
Şişirme Kalıplama Yapılan Malzemeler ve Ürünler

- Şişirme kalıplama sadece termoplastiklerde kullanılır
- Malzemeler: Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), polipropilen (PP), polivinilklorid (PVC) ve polietilen tereftalat (PET).
- Ürünler: Sıvı tüketim malzemeleri için tek kullanımlık kaplar, sıvı ve toz malzemeler için büyük variller, büyük depolama tankları, petrol tankları, oyuncaklar, sörf tahtaları ve küçük tekneler.

60

Dönel kalıplama, içi boş ürünler elde etmek için yerçekimini kullanır. Daha büyük ve boş kapların eldesinde, üfleme kalıplamanın bir alternatifidir. **Rotokalıplama** olarak da adlandırılan bu yöntem, esas olarak termoplastiklere uygulanır; ancak termosetler ve elastomerler de kalıplanabilir.

Dönel Kalıplama



Şekil 13.34- Uç istasyonlu bir makinayla yapılan bir dönel kalıplama işlem çevrimi. (1) Yükleme-boşaltma istasyonu; (2) Isıtma ve döndürme kalıbı; (3) kalıbın soğutulması

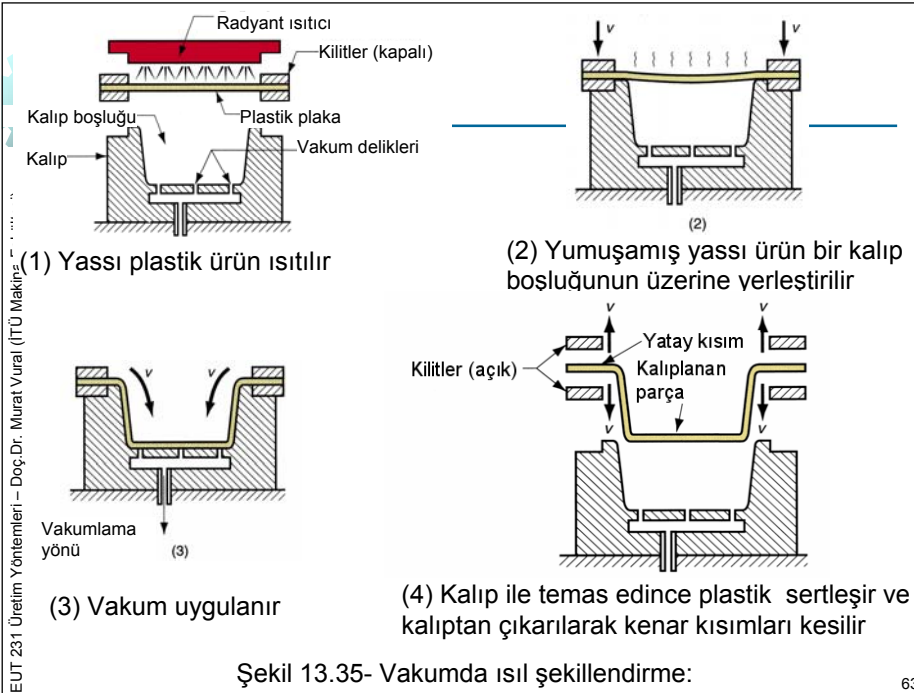
61

Isıl Şekillendirme

Bu yöntemde yassı termoplastik levha veya film ısıtılır ve bir kalıp yardımıyla istenilen biçime getirilir

- Isıtma radyasyonla elektrikli ısıtıcılar kullanılarak gerçekleştirilir. Isıtıcılar, plastik yassı ürünün bir veya her iki tarafına yerleştirilir.
- Bu yöntem ürünlerin ambalajlanması ile banyo kuvvetleri, buzdolabı kapıları gibi büyük parçaların imalatında yaygın olarak kullanılır.

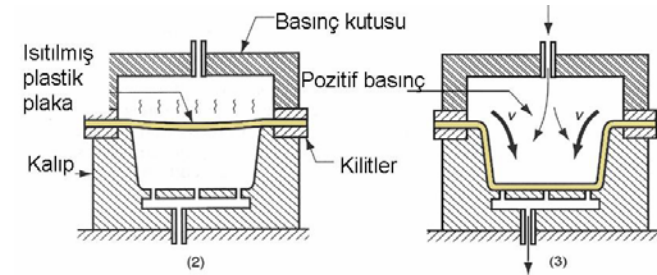
62



Şekil 13.35- Vakumda ısıl şekillendirme:

63

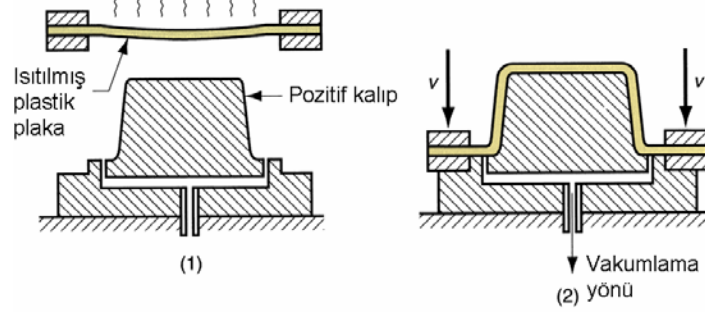
Basıncılı Isıl Şekillendirme



Şekil 13.36- Basıncılı ısıl şekillendirme. İşlem sırası, önceki şekille aynıdır; fark, (2) yassı ürün kalıp boşluğunun üzerine yerleştirilir ve (3) pozitif basınç, yassı ürünü kalıp boşluğu içine girmeye zorlar

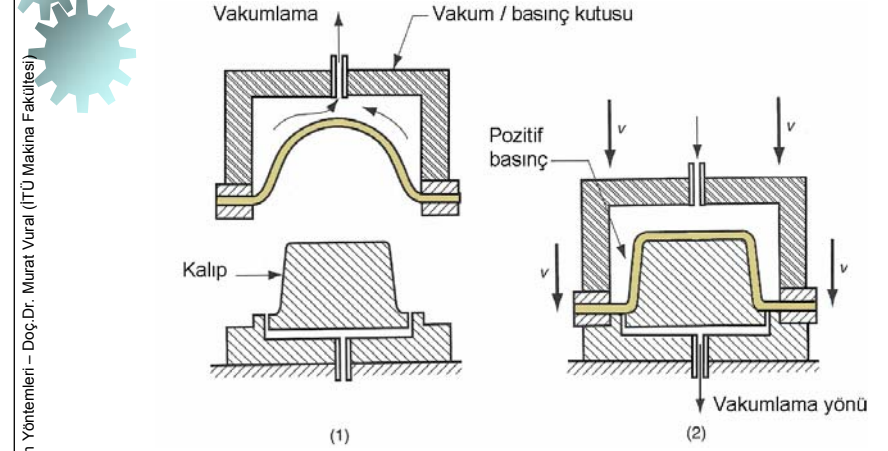
64

Pozitif Kalıp ve Vakumda Isıl Şekillendirme



Şekil 13.37- Erkek (pozitif) kalıp ve vakumda ısıl şekillendirme: (1)Plastik ısıtılır ve kalıbın üzerine yerleştirilir; (2) Tutucular aşağıya indirilir ve plastik vakum yardımıyla kalıp yüzeyine bastırılır

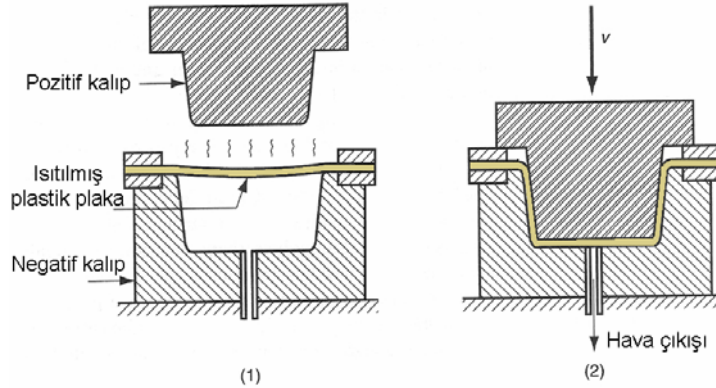
65



Şekil 13.38- (1) Plastik plakanın ön şekillendirilmesi ve (2) kalıp üzerinde vakumlanması

66

Mekanik Isıl Şekillendirme



Şekil 13.39- Mekanik ısıl şekillendirme: (1) ısıtılmış plaka negatif kalıbın üzerine yerleştirilir, ve (2) plakayı şekillendirmek üzere kalıp kapatılır

67

Isıl Şekillendirme Yöntemi Uygulanabilen Malzemeler

- Isıl şekillendirme ile sadece termoplastikler şekillendirilebilirler, çünkü ekstrüzyonla elde edilen termosetlerde çapraz bağlar oluşmuştur ve bunlar ısıtılarak yumuşatılamazlar
- Isıl şekillendirmede yaygın olarak kullanılan termoplastikler: Polistiren, selüloz asetat, selüloz asetat butirat, ABS, PVC, akrilik (polimetilmetakrilat:PMMA), polietilen ve polipropilen

Isıl Şekillendirme Uygulamaları

- İnce filmler:** Değişik ticari ürünler için blister paketler ve ince cidarlı ambalajlar (kozmetikler, makyaj malzemeleri, küçük aletler, vidalar vb.)
- Daha kalın levhalar:** tekne gövdeleri, duş kabinleri, reklam panoları, banyo küvetleri, ev aletleri, kapıları vb.

68

Döküm

- Sıvı plastik yerçekimi ile kalıba dökülür ve sertleştirilir
- Hem termoplastik, hem de termosetler dökülebilir
 - Termoplastikler: akrilikler, polistiren, poliamidler (naylonlar) ve PVC
 - Termosetler: poliüretan, doymamış polyesterler, fenolik ve epoksiler
 - Basit kalıplarla sınırlıdır
 - Az sayıda üretimler için uygundur

Polimer Köpük

Bir polimer&gaz karışımı ile malzemeye köpüklü bir yapı kazandırır

- En yaygın olarak kullanılan polimer köpükler: polistiren (Stirofoam, ticari bir isim), poliüretan
- Diğer polimerler: doğal lastik ("köpük lastik") ve polivinilklorür (PVC)

69

Polimer Köpüklerin Özellikleri

- Düşük yoğunluk
- Birim ağırlık başına yüksek dayanım
- İyi bir ısı yalıtım
- İyi bir enerji sönümlenme kabiliyeti

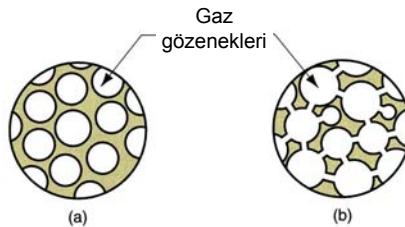
Polimer Köpüklerin Sınıflandırılması

- *Elastomerik* – matris polimeri lastiktir, büyük elastik deformasyonlar mümkün olur
- *Esnek* - matris yumuşak PVC gibi bir polimerdir
- *Rijit* - polimer polistiren veya fenolik gibi rijit bir termoplastiktir.
- Kimyasal formülasyon ve çapraz bağlamanın derecesine bağlı olarak, poliüretanlar bu üç kategorinin herhangi birine girebilir.

70

Polimer Köpüklerin Uygulamaları

- Polimer köpükler belirli uygulamalar için cazip malzemelerdir
- Uygulamalar: sıcak içecek kapları, ısı yalıtkanlık için kullanılan yapısal malzemeler, yapı panellerinin iç kısımları, ambalaj malzemeleri, mobilya ve yataklarda iç dolgu malzemeleri, otomotiv sanayi



Şekil 13.40- İki tür polimer köpük yapı: (a) Kapalı hücre ve (b) açık hücre

71

Plastikler için Tasarım İlkeleri - I

- **Dayanım ve Rijitlik**
 - Plastikler metaller kadar dayanımı yüksek ve rijit değillerdir
 - Bu nedenle yüksek gerilmelerin söz konusu olduğu yerlerde kullanılmamalıdır
 - Sürünme dayanımları da sınırlıdır
 - Ancak dayanım-ağırlık oranı bazı plastikler için rekabet edebilir seviyededir
- **Darbe Dayanımı**
 - Plastiklerin darbe sönümlenme kapasitesi genellikle iyidir; bu açıdan plastikler metallerle rekabet edebilir özelliktedir
- **İşletme Sıcaklıkları**
 - Bu bakımdan plastikler, metal ve seramiklere göre daha sınırlıdır.
- **Isıl Genleşme**
 - Sıcaklık değişimleri nedeniyle oluşan boyut değişimleri metallere oranla daha büyüktür

72

Plastikler için Tasarım İlkeleri

- Birçok plastik malzeme, güneş ışını ve diğer radyasyon türlerinden olumsuz etkilenir.
- Bazı plastikler oksijen ve ozon gibi atmosferlerden olumsuz etkilenir
- Plastikler birçok solvent içinde çözünürler
- Plastikler, metalleri etkileyen birçok korozyon mekanizmasından olumsuz etkilenmez.

Ekstrüzyon Ürünleri - I

- **Cidar kalınlığı**
 - Ekstrüzyon ürünlerinde üniform bir cidar kalınlığı sağlanmaya çalışılmalıdır.
 - Cidar kalınlıklarındaki farklılıklar malzeme akışının üniform olmasını engeller ve ayrıca soğuma da üniform olmayacağından çarpılmalar olabilir

73

Plastikler için Tasarım İlkeleri Ekstrüzyon Ürünleri - II

- **İçi boş kesitler**
 - İçi boş kesitler kalıp tasarımını güçleştirir ve malzeme akışı zorlaşır
 - İşlevsel bir gerek yok ise içi boş kesitlerden kaçınılmaya çalışılmaktadır.
- **Köşeler**
 - İçte ve dışta keskin köşelerden kaçınılmalıdır; çünkü bu durumlarda malzeme akışı bozulur ve ayrıca son üründe gerilme yığılmaları oluşabilir

74

Plastikler için Tasarım İlkeleri Kalıplanmış Ürünler - I

- **Seri üretim için uygundur**
 - Her parça için ayrı bir kalıp gerekir; ve bu yatırım özellikle enjeksiyon kalıplarında pahalıdır
 - En az üretim sayısı enjeksiyon kalıp için genellikle 10,000 civarındadır
 - Basınçlı kalıplamada bu sayı 1000 parçaya kadar düşebilir
 - Transfer kalıplamada bu sayı ikisi arasındadır
- **Parça Biçimi Karmaşıklığı**
 - Karmaşık parça geometrileri daha pahalı kalıplar gerektirmesine rağmen, bu durum genellikle aynı parçanın birçok bileşenin montajı ile elde edilmesinden ekonomik olabilir
 - Parçanın karmaşık yapılabilmesi sayesinde birçok işlevi aynı anda yapabilen tasarımlar mümkün olur.

75

Plastikler için Tasarım İlkeleri Kalıplanmış Ürünler - II

- **Cidar kalınlığı**
 - Parça cidarlarının kalın olması halinde malzeme israfı, çekme nedeniyle daha fazla çarpılma ve daha uzun sertleşme süreleri ortaya çıkacaktır
- **Takviye kanatları**
 - Cidar kalınlığını artırmadan parçanın rijitliğini artırmak mümkün olur
 - Takviyeler destekledikleri cidardan daha ince yapırlar, bu şekilde takviye ettikleri dış cidarlarda çökmeler en aza indirilir
- **Köşe yuvarlatmaları**
 - İç ve dış keskin köşeler kalıplanmış parçalarda arzu edilmezler; bunlar kalıpta malzeme akışının düzgünlüğünü bozarlar, yüzey kusurlarına neden olurlar ve bitmiş parçada gerilme yığılmalarına neden olurlar
- **Delikler**
 - Kalıplanmış plastiklerde delik oluşturmak mümkün ve ekonomiktir; ancak kalıp tasarımı ve parçanın kalıptan çıkarılması güçleşir

76

Plastikler için Tasarım İlkeleri

Kalıplanmış Ürünler - III



■ Eğimler

- Kalıptan çıkarmayı kolaylaştırmak için parça tasarımı sırasında yan yüzeylere eğimler verilir
- Bu durum özellikle kap şeklindeki parçaların iç duvarlarında önemlidir; çünkü parça çekme nedeniyle kalıp üzerinde sıkışabilir
- Önerilen eğimler
 - Termosetler için, yaklaşık 1/2° ila 1°*
 - Termoplastikler için, 1/8° ve 1/2° arasında*

■ Toleranslar

- Kontrollü şartlarda beklenen çekmeyi önceden hesaplamak mümkündür, ancak enjeksiyonla kalıplamada toleranslar, işlem parametrelerindeki değişiklikler çekme büyük miktarda değişir