Okan Üniversitesi MYO

MUTK215
HAVACILIKTA İMALAT İŞLEMLERİ

Ders Yürütücüsü:
Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 9

Havacılıkta İmalat İşlemleri

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

http://**okanuni.eren.xyz**

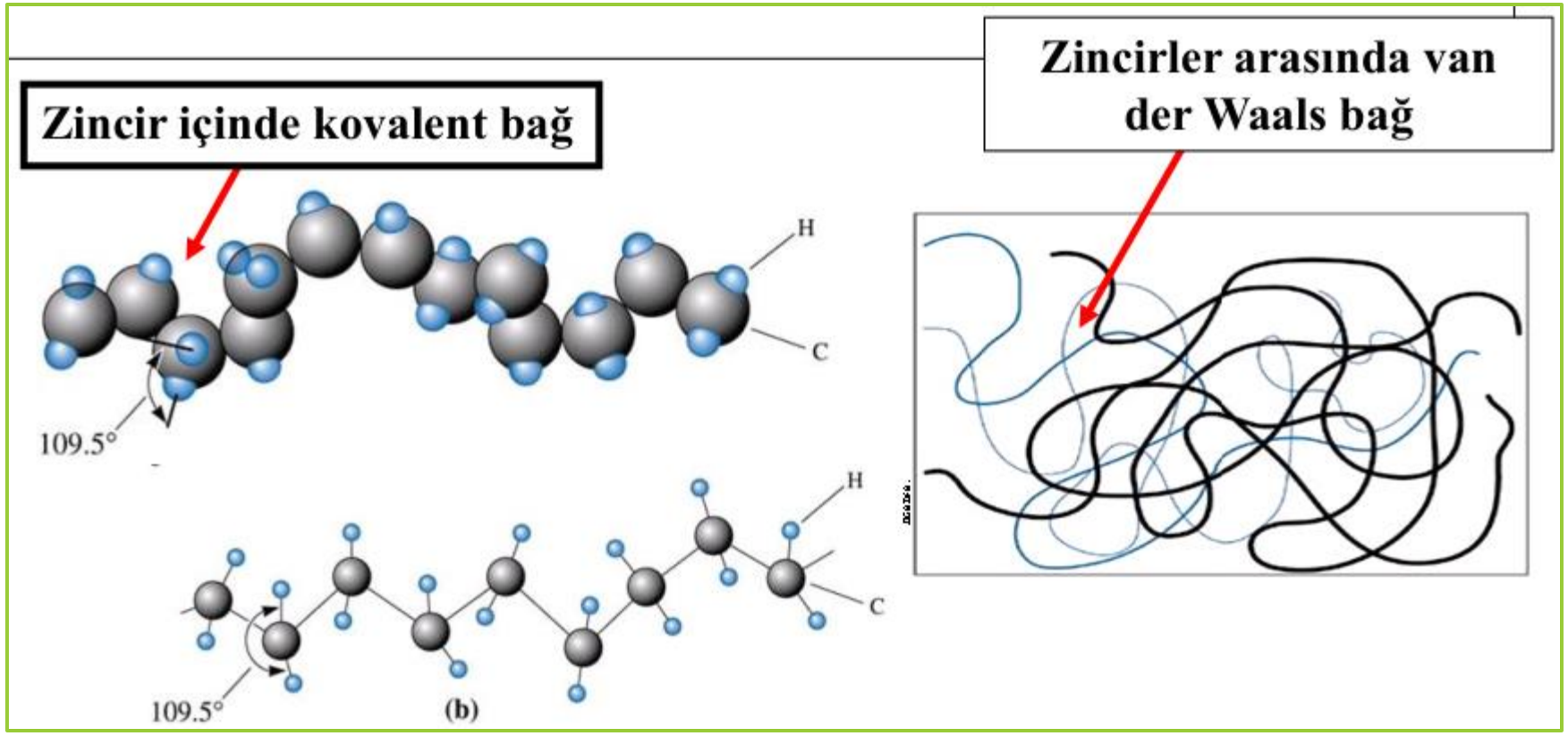
Web adresinden indirebilirsiniz.

MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

POLİMER MALZEMELER

Polimerleri/Plastikleri Şekillendirme Yöntemleri

Polimerler



Karbonun diğer C veya H, O, OH, Cl gibi element veya iyonlarla kovalent bağlar yaparak oluşturduğu molekül zincirlerinin Van der Waals bağları ile bir arada bulunması ile oluşan **malzeme grubuna verilen isim**dir.

Polimer Oluşum Reaksiyonları

Molekülleri zincir oluşturması için meydana gelen reaksiyonlar;

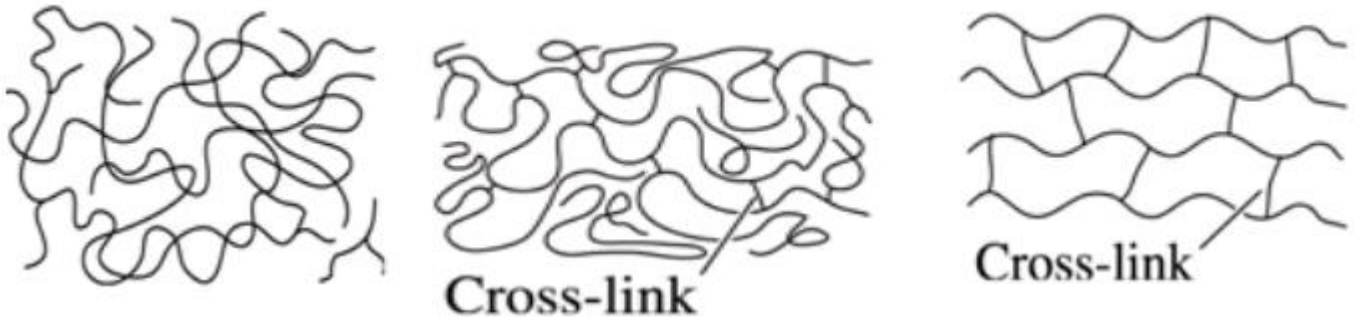
1) Polimerizasyon
2) Kopolimerizasyon
3) Poliadisyon
4) Polikondanzasyon

- Diğer mekanizmalar:
  - Harmanlama
  - Dallanma
  - Çapraz bağ oluşumu

Polimer Çeşitleri

3 tip polimer mevcuttur:

- **Termoplastikler**
- **Termosetler**
- **Elastomerler**



Termoplastikler: Elastik lineer zincirler

Termosetler: Rijit üç boyutlu zincir ağı

Elastomerler: Lineer çapraz bağlı zincirler.

Polimer Çeşitleri

Termoplastikler

*

- *Isı etkisiyle yumuşayabilirler*
- *Polimerizasyon* reaksiyonu ile üretilebilirler
- Daha çok *lineer yapı* gösterirler
- *Artan sıcaklıkla* önce *vizkoz sıvı* sonrada *sıvı* duruma geçer.
- *Camlaşma* sıcaklığının *altında gevrek* davranır.
- *Tekrar kullanılabilirler*.
- *Düşük sürtünme katsayıları* vardır.
- Pres, enjeksiyon, haddeleme, ekstrüzyon, gibi imalat yöntemleri uygundur.

- Aralarında
  - Genel amaçlı (PE, PVC, PS, ABS)
  - Mühendislik (PET, Teflon, PC, vs)
  - Elastomer polimerler.

Polimer Çeşitleri

Termosetler

**

- ***Isı ile*** yanarak *kömürleşirler*; dolayısıyla sıcaklıkla yumuşamazlar.
- *Genellikler polikondanzasyon* reaksiyonu ile imal edilirler; yan ürün verirler
- Molekül zincirleri ağ yapısında *çapraz bağlara sahiptirler*
- Camlaşma sıcaklığı alt ve üstünde *gevrek davranırlar*.
- *Gevrekliği azaltmak için dolgu malzemeleri* kullanılır.
- *Kompozit* malzemelerin *üretimine uygundur*.
- Epoksi, polyester, bakalit, vs.

Polimer Çeşitleri

Elastomerler

***

- Çok *yüksek elastik özellik* gösterirler. Uzamaları %1000 e ulaşabilir.
- *Dayanımları düşüktür*. (Doğal kauçuk, lateks, vs.)
- *Vulkanizayon* yardımıyla molekül zincirleri arasında çapraz bağlar oluşturulabilir ve lastik şeklinde üretilerek *dayanımı arttırılabilir*.
- Bütadin/isopren/Neopren/Silikon, vs.

Polimer Çeşitleri

Katkı Maddeleri

****

- Plastikleştiriciler: Yumuşatır ve camlaşma sıcaklığını düşürür
- Dolgu maddeleri: Gevrekliği azaltır/Ekonomiklik sağlar
- Takviyeler; kompozi malzeme yaparak dayanımı arttırır
- Stabilizatörler; Ortam etkisini indirgeyerek degradasyonu azaltır.
- Alevlenme Önleyiciler; Kolay alevlenme ve yanmayı önlerler
- Renklendiriciler; Polimerleri renklendirmek için kullanılır

Polimerizasyon

/

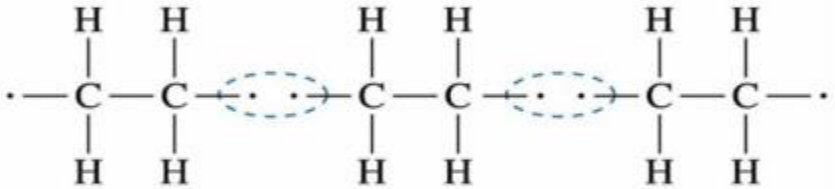
- **Polimer;** MER adı verilen çok sayıda doymamış moleküllerin bir araya gelmesi ile oluşur.
- Örneğin;
  - Etilen molekülü –basınç, ısı veya katalizör yardımıyla C’ lar arası çift bağın teki parçalanır ve Mer durumuna geçer.
  - Mer molekülleri birbirine eklenerek polimerizasyon reaksiyonu oluşur.

Polimerizasyon

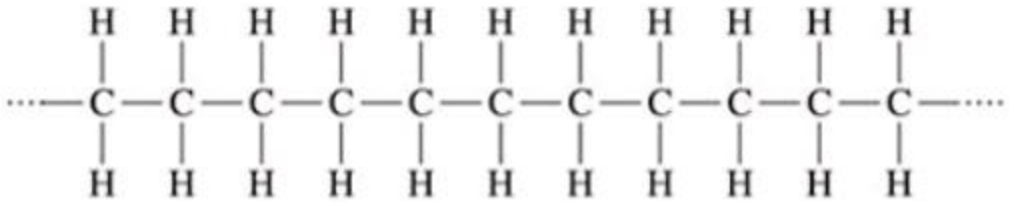
Bu şekilde n tane molekül birbirine eklenir ve Polietilen meydana gelmiş olur.

- “n” MER sayısını ve polimerizasyon derecesini gösterir. 100-1000 arasında değer alır.
- Herhangi yan ürün çıkmaz.
- Genelde termoplastikler bu reaksiyonla oluşur.

Monomer **Mer**



Polimerizasyon



Polietilen

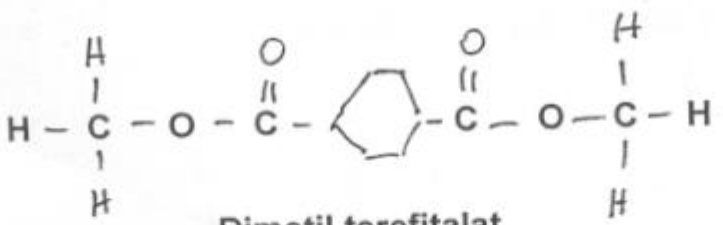
Polikondansasyon

- Farklı moleküllere sahip MER‘ler ürün vererek bir araya gelir ve zincir oluşturur.
- **Genelde termoset** oluşumunda rastlanır.
- Reaksiyonda yan ürün vardır.
- Dimethil terefilat ve etil alkolün reaksiyonu neticesi PET oluşur. Yan ürün olarak da metil alkol oluşur.

Polikondansasyon

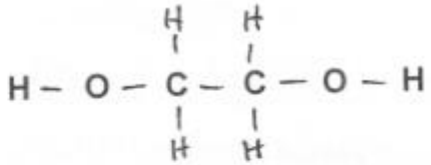
//

Reaksiyona girenler



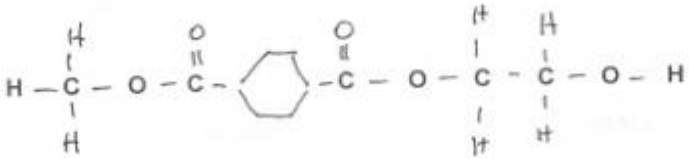
Dimetil terefitalat

+

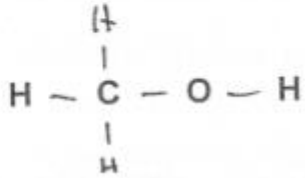


Etil Alkol

Ürünler



Polietilen tere fitalat (PET)

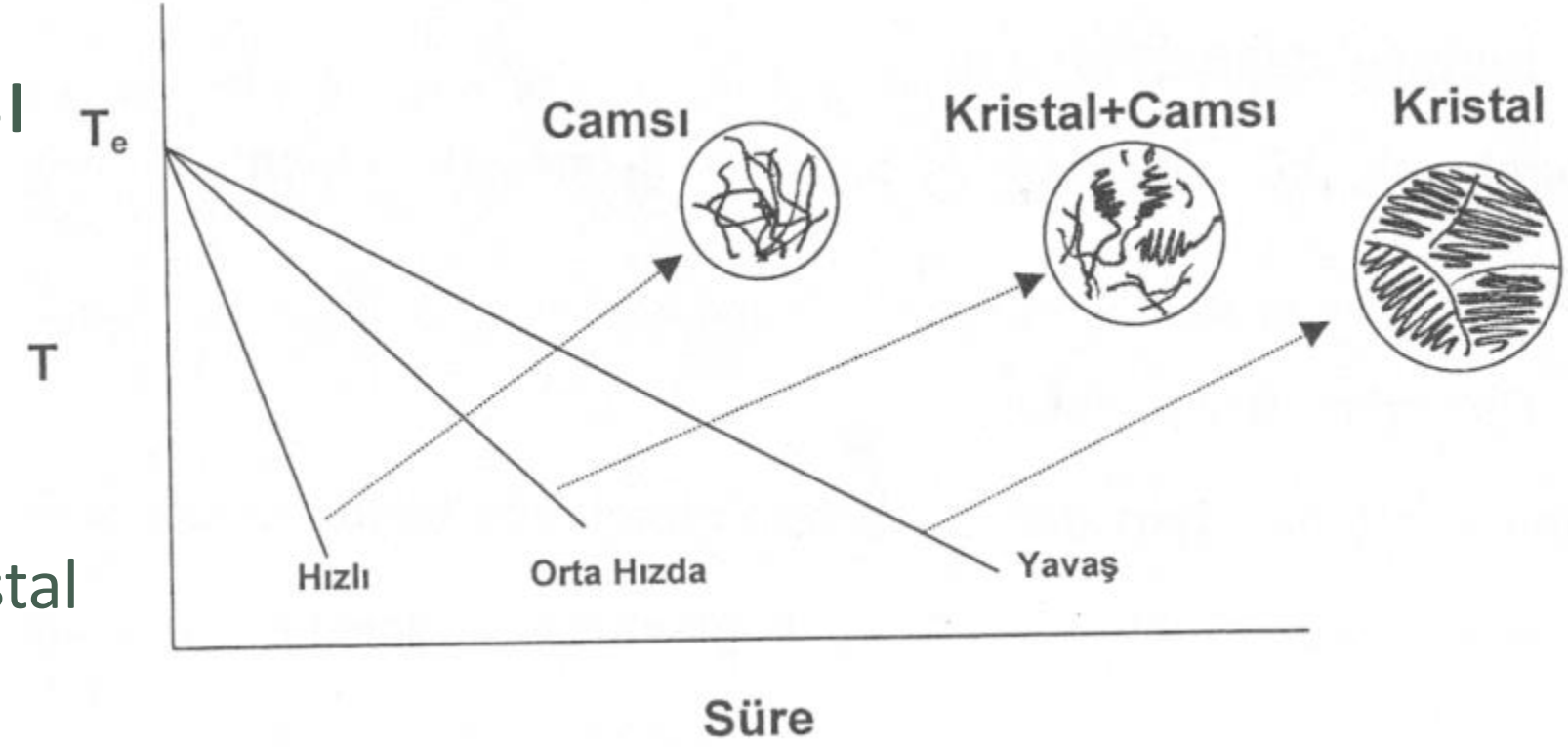


(Metil Alkol) YAN ÜRÜN

Polimerlerin Yapısı

YAPI TİPLERİ:

- Camsı: Amorf
- Kristal
- Karışık yapı: Camsı/Kristal



Tamamen kristal yapı pek görülmez; karışık yapı olabilir. Moleküllerin karmaşıklığı ve soğuma hızının artması kristal oluşumunu zorlaştırır.

Polimer Malzemeler / Plastik Ürünler

Plastiklerden değişik ürünler elde edilebilir:

- ✓ Kalıplanmış parçalar
- ✓ Ekstrüzyonla elde edilen kesitler
- ✓ Filmler
- ✓ İnce levhalar
- ✓ Tel gibi ürünlerin üzerine yalıtkan kaplamalar
- ✓ Tekstil lifleri vb.

Ayrıca plastikler birçok malzemenin ana bileşenidir:

- ✓ Boyalar
- ✓ Yapışkanlar
- ✓ Birçok **kompozitin matrisi**

Plastikleri Şekillendirme Yöntemleri

- Ekstrüzyon
- Enjeksiyon
- Kalıplama yöntemleri
- Termoforming (ısıl şekillendirme)
- Haddeleme (kalenderleme)
- Döküm
- Köpükleme yöntemleri
- Talaşlı imalat
- Birleştirme

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. Polimerler ile birçok imalat işlemi daha kolaydır.
- Yüzeylerin boyanması veya kaplanması gerekmez.

Plastikleri 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.

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

Polimer Eriyikler ve Viskozite

Bir termoplastiği biçimlendirmek için ısıtılması ve yumuşatılması gerekir. Bu durumda polimer eriyiğinden söz edilir. Önemli özellikler:

- **Viskozite**
- **Viskoelastisite**

Viskozite, uygulanan kayma gerilmesinin malzemenin kayma hızına etkisini veren bir büyüklüktür.

- Yüksek molekül ağırlığı nedeniyle polimer eriyikleri yüksek viskoziteli kalın sıvılardır.
- Plastiklerin şekillendirilmesi sırasında malzemenin kalıp içinde akması gerektiğinden önemli bir özelliktir.
- Gereken akma hızları oldukça yüksektir ve bunu sağlamak için yüksek basınçlar gereklidir.

Polimer Eriyikler ve Viskozite

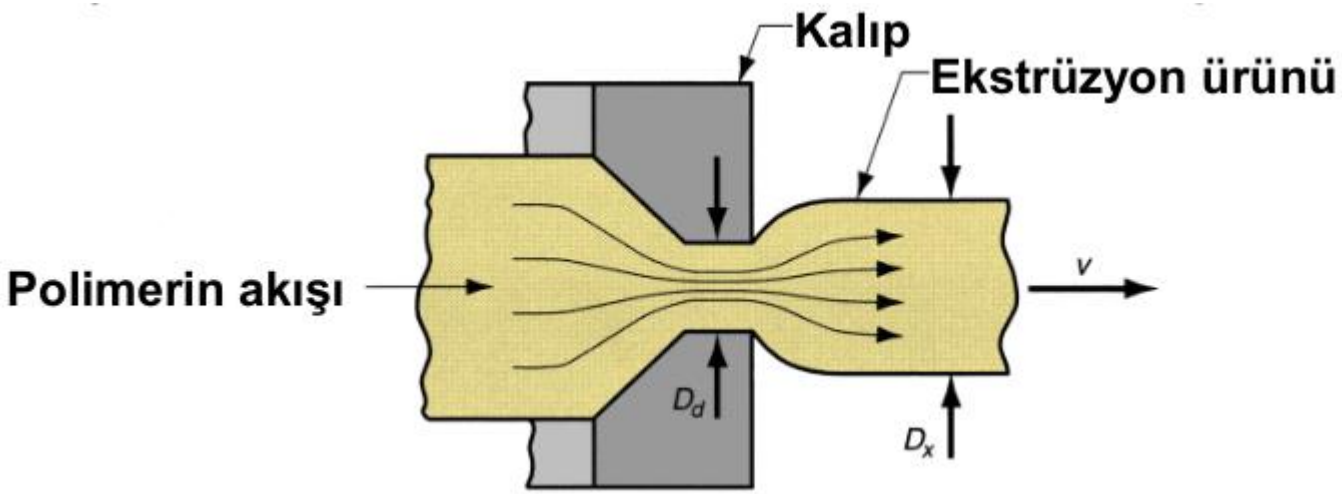
Bir polimerin viskozitesi *akış hızı* ile düşer, yani *yüksek hızlarda* malzeme daha kolay akar duruma gelir (incelir).

Bir polimerin viskozitesi *sıcaklıkla* düşer, yani *yüksek sıcaklıklarda* malzeme daha kolay akar duruma gelir (incelir).

Polimer Eriyikler ve Viskozite

Viskoelastisite

- Viskozite ve elastisitenin kombinasyonudur. Bu özellik hem katı polimerler, hem de polimer eriyikler için söz konusudur.
- Örnek: Ekstrüzyonda kalıp şişmesi, burada sıcak plastik kalıptan çıkarken genleşir.



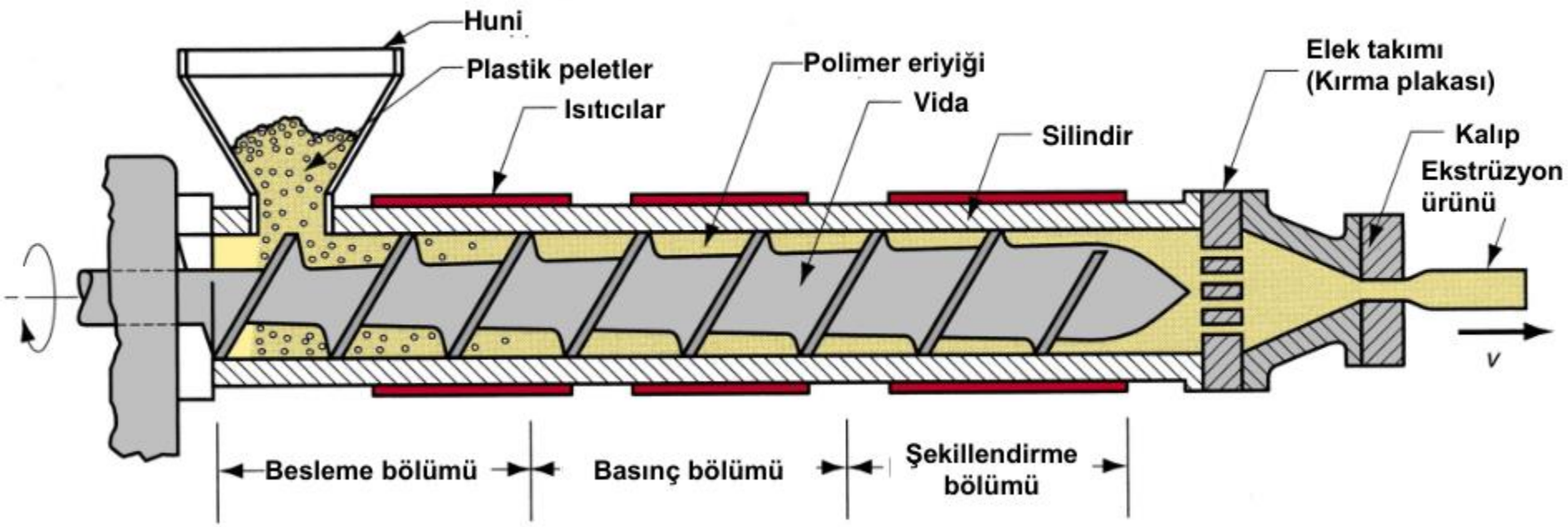
Polimer Şekillendirme / **Ekstrüzyon**

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 boylarda kesilir.

Polimer Şekillendirme / **Ekstrüzyon**

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



Polimer Şekillendirme / **Ekstrüzyon**

Kalıp Şekli ve Ekstrüzyon Ürünleri:

Ekstrüzyon ürününün sabit olan kesitinin şeklini kalıp açıklığının biçimi belirler Üretilebilen ürün biçimleri:

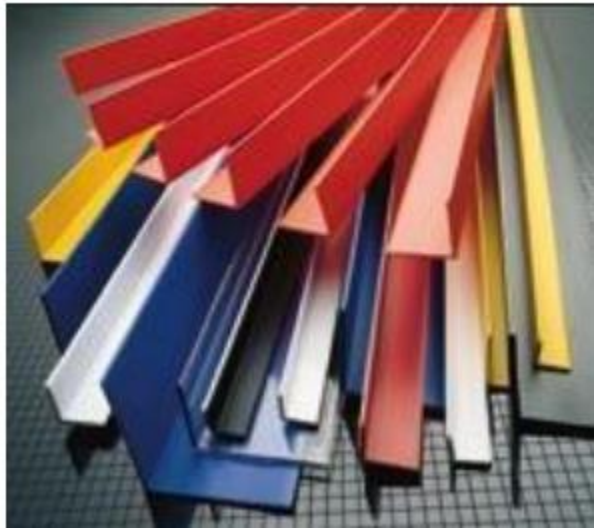
- Dolu profiller
- İçi boş profiller, borular gibi
- Tel ve kablo kaplamaları
- Levha ve filmler
- Lifler

Polimer Şekillendirme / **Ekstrüzyon**

Kalıp Şekli ve Ekstrüzyon Ürünleri:

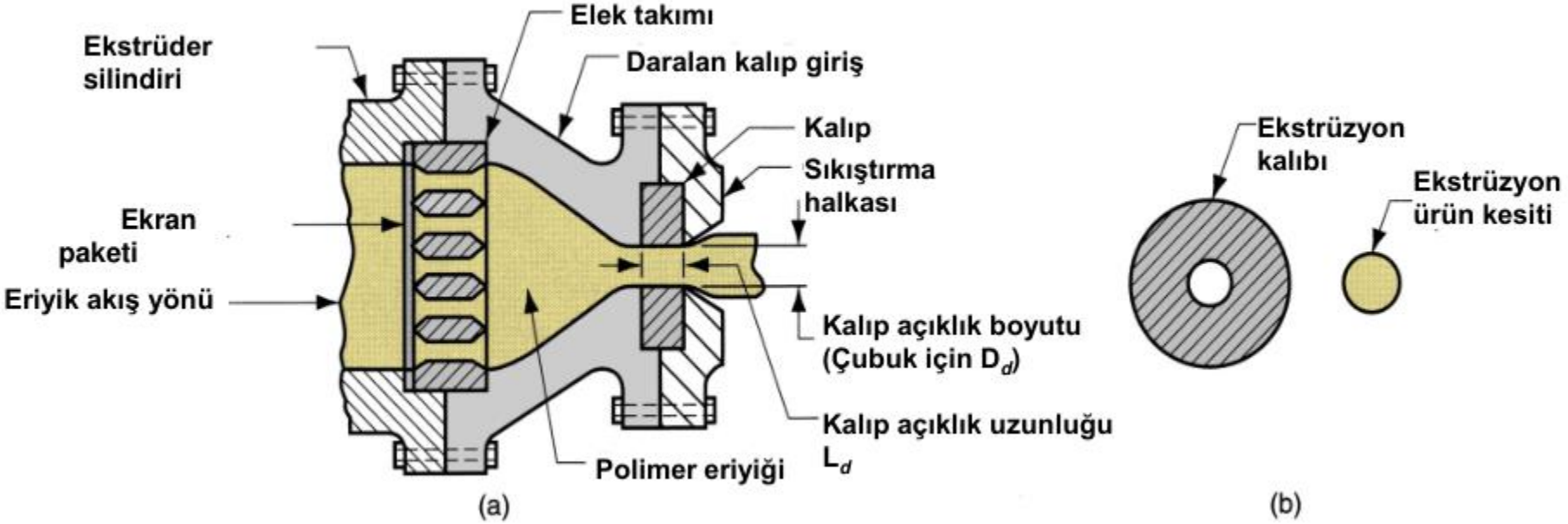
Dolu Profillerin Ekstrüzyonu

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



Polimer Şekillendirme / **Ekstrüzyon**

Dolu Profillerin Ekstrüzyonu: (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.)



Polimer Şekillendirme / **Ekstrüzyon**

Kalıp Şekli ve Ekstrüzyon Ürünleri:

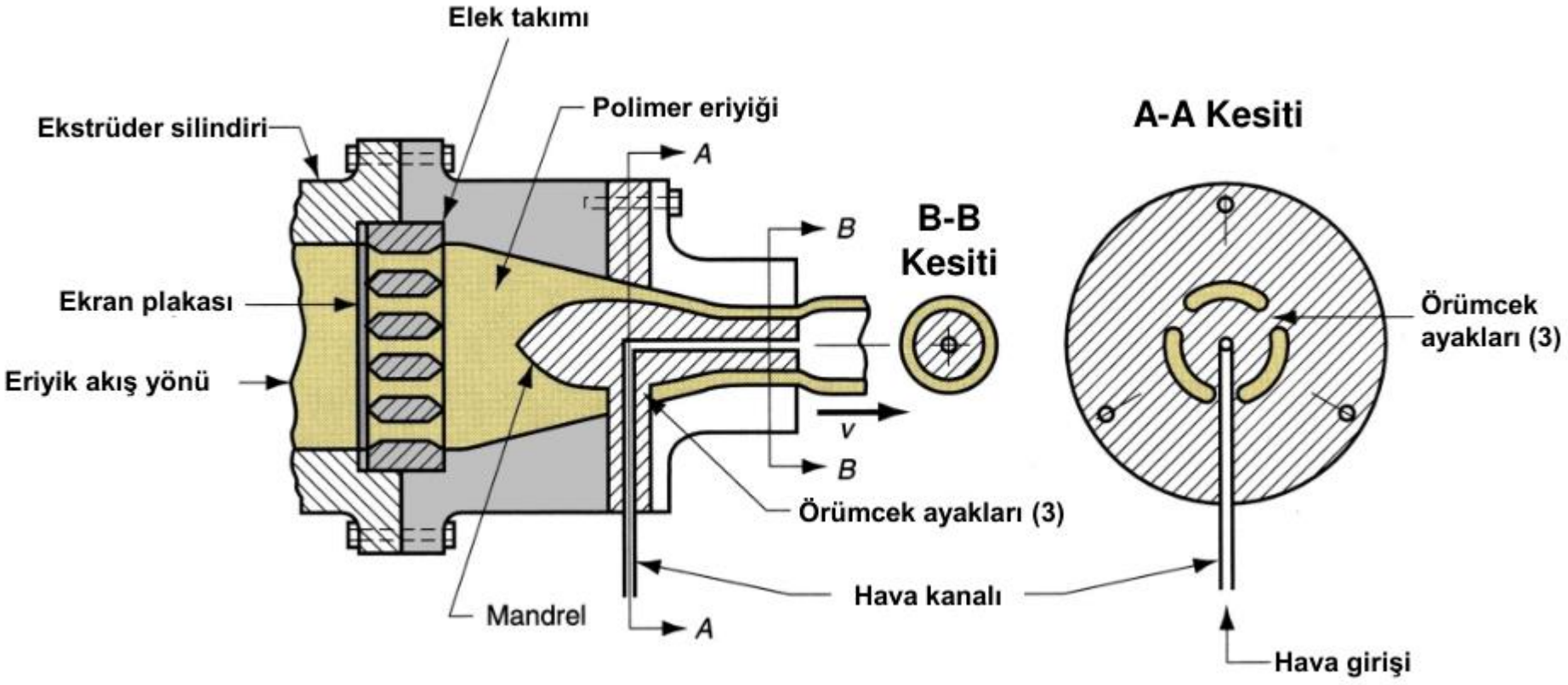
İçi Boş Profillerin Ekstrüzyonu

Örnekler: borular, hortumlar ve benzeri içi boş profiller

- İçi boş profiller için mandrel kullanılır
- Mandreli sabitlemek için köprülerden yararlanılır
- Mandrel içinde genellikle bir hava kanalı bulunur ve bu kanaldan üflenen hava, ekstrüzyon ürününün içindeki boşluğun kapanmasını önler.

Polimer Şekillendirme / **Ekstrüzyon**

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

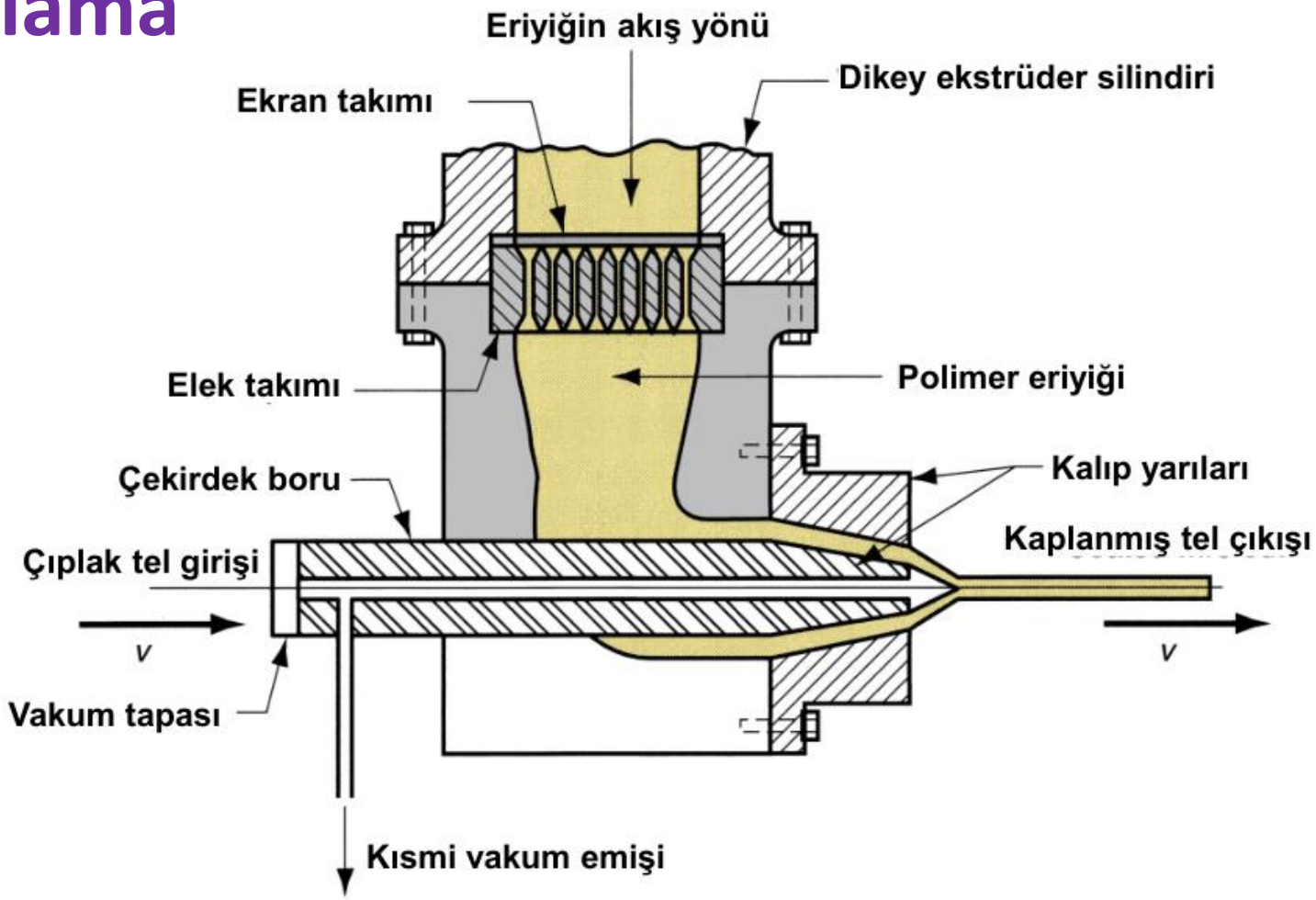


Polimer Şekillendirme / **Ekstrüzyonla Kablo Kaplama**

- 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.

Polimer Şekillendirme
Ekstrüzyonla Kablo Kaplama

- Elektrik tellerinin ekstrüzyonla plastik kaplanması.



Polimer Levha ve Film İmalatı

- *
  - Levha

    Kalınlılar 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

Polimer Levha ve Film İmalatı

Malzemeler:

Bütün termoplastikler,

- Polietilen, çoğunlukla düşük yoğunluklu (LDPE)
- Polipropilen (PP)
- Polivinilklorür (PVC)
- Sellofan

En yaygın olarak kullanılan seri üretim yöntemleri:

- *Yarık Kalıplı Ekstrüzyon “Slit-Die”*
- *Üflemeli (Şişirmeli) Film Ekstrüzyonu*
- *Haddeleme “Kalenderleme”*

Polimer Levha ve Film İmalatı

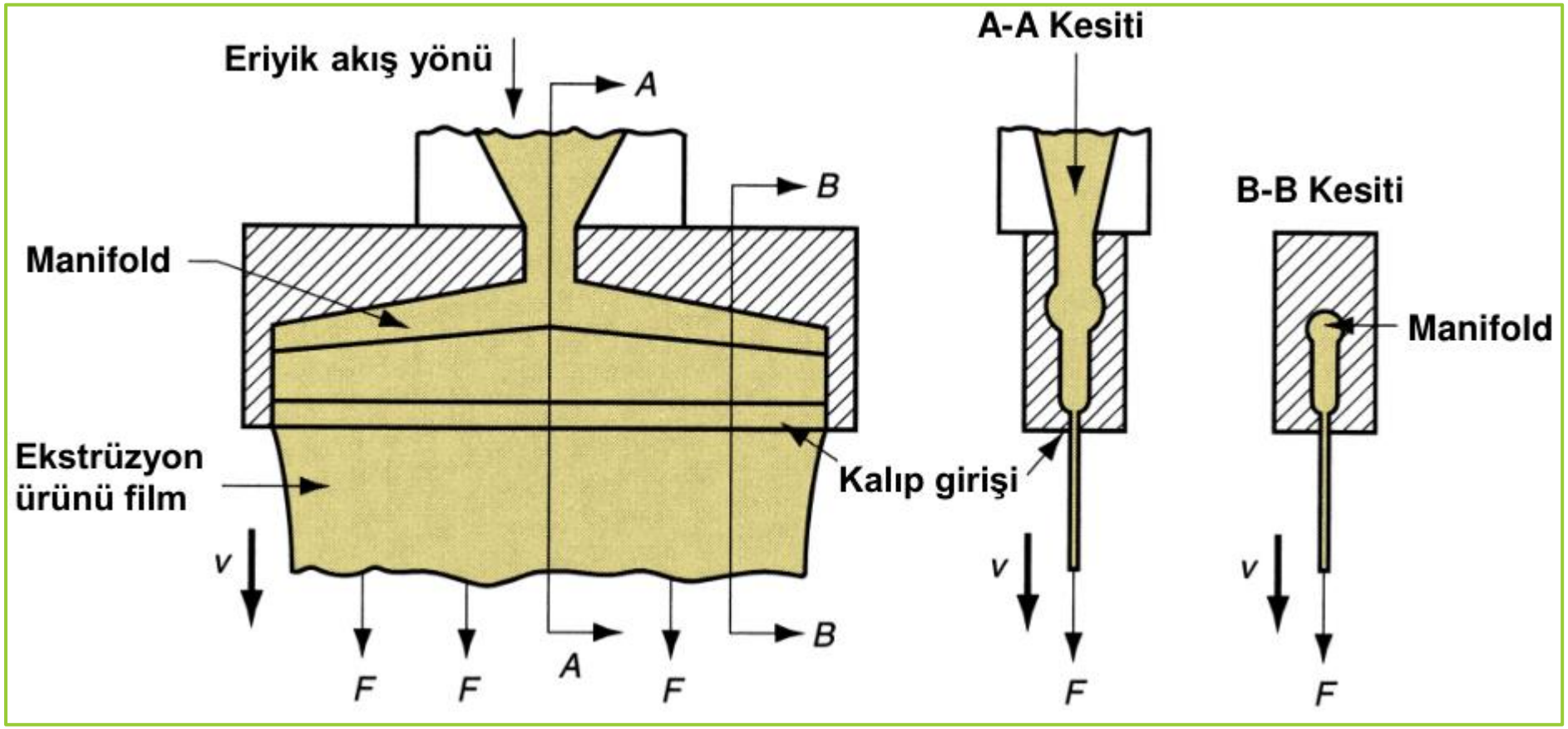
Yarık Kalıplı Ekstrüzyon

- 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.

Polimer Levha ve Film İmalatı

Yarık Kalıplı Ekstrüzyon

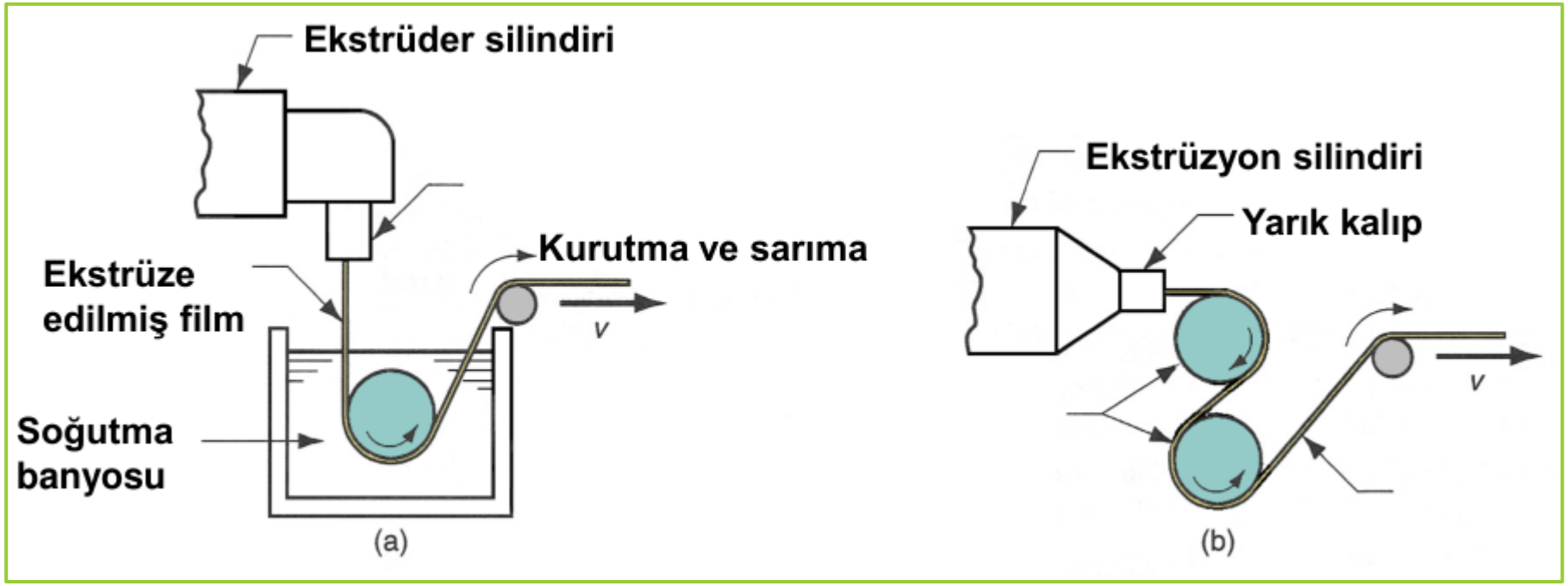
- Ekstrüzyonla levha ve film elde edilmesi



Polimer Levha ve Film İmalatı

Soğutmalı Haddeleme Ekstrüzyon

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



Polimer Levha ve Film İmalatı

Şişirmeli Film Ekstrüzyonu

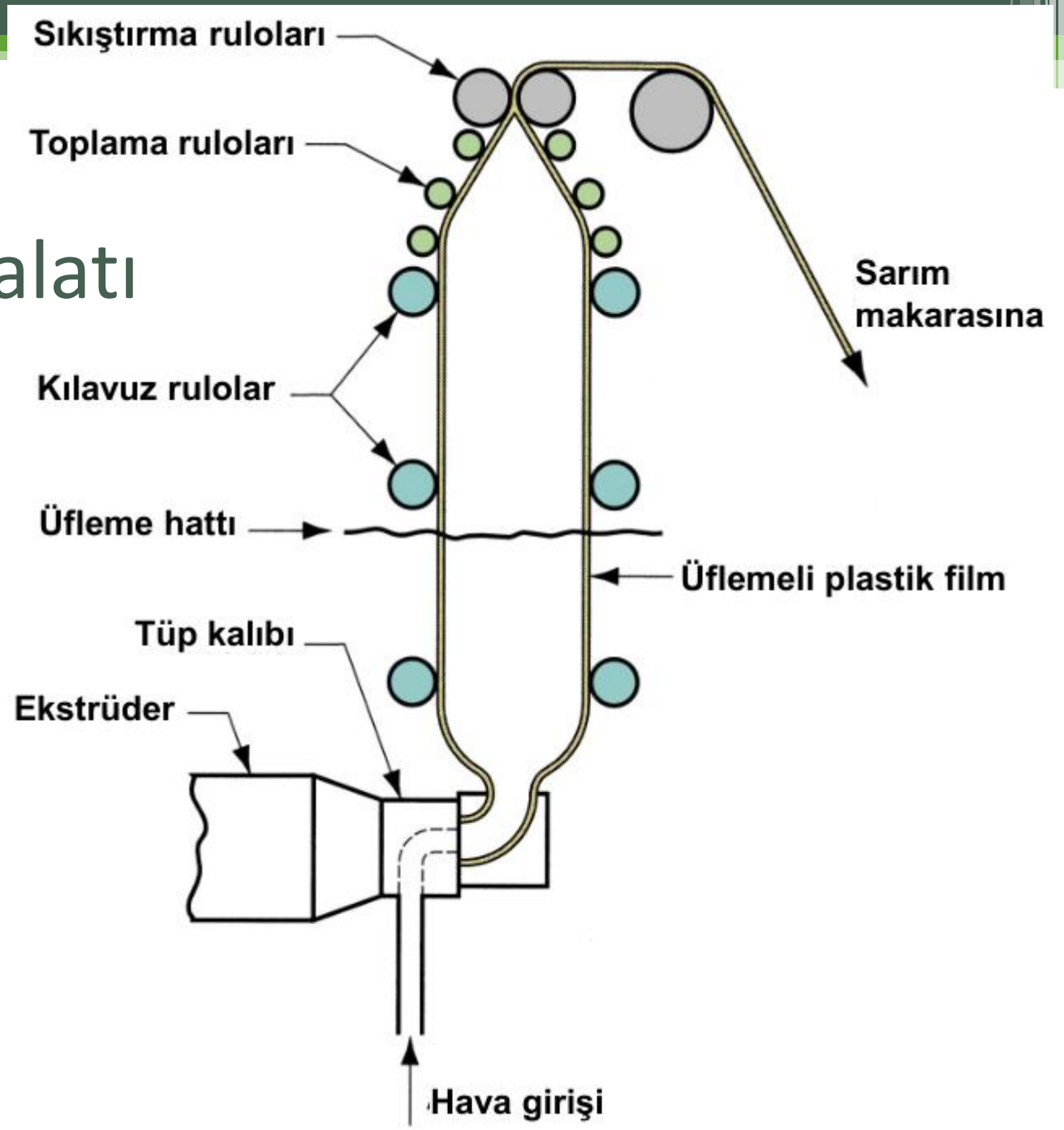
Bu yöntemde ekstrüzyon ve şişirme teknikleri birleştirilmiştir.

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.

Polimer Levha ve Film İmalatı

Şişirmeli Film Ekstrüzyonu

Film şişirme yöntemi ile ince tüplerin seri olarak üretimi



Polimer Levha ve Film İmalatı

Haddeleme - Kalenderleme

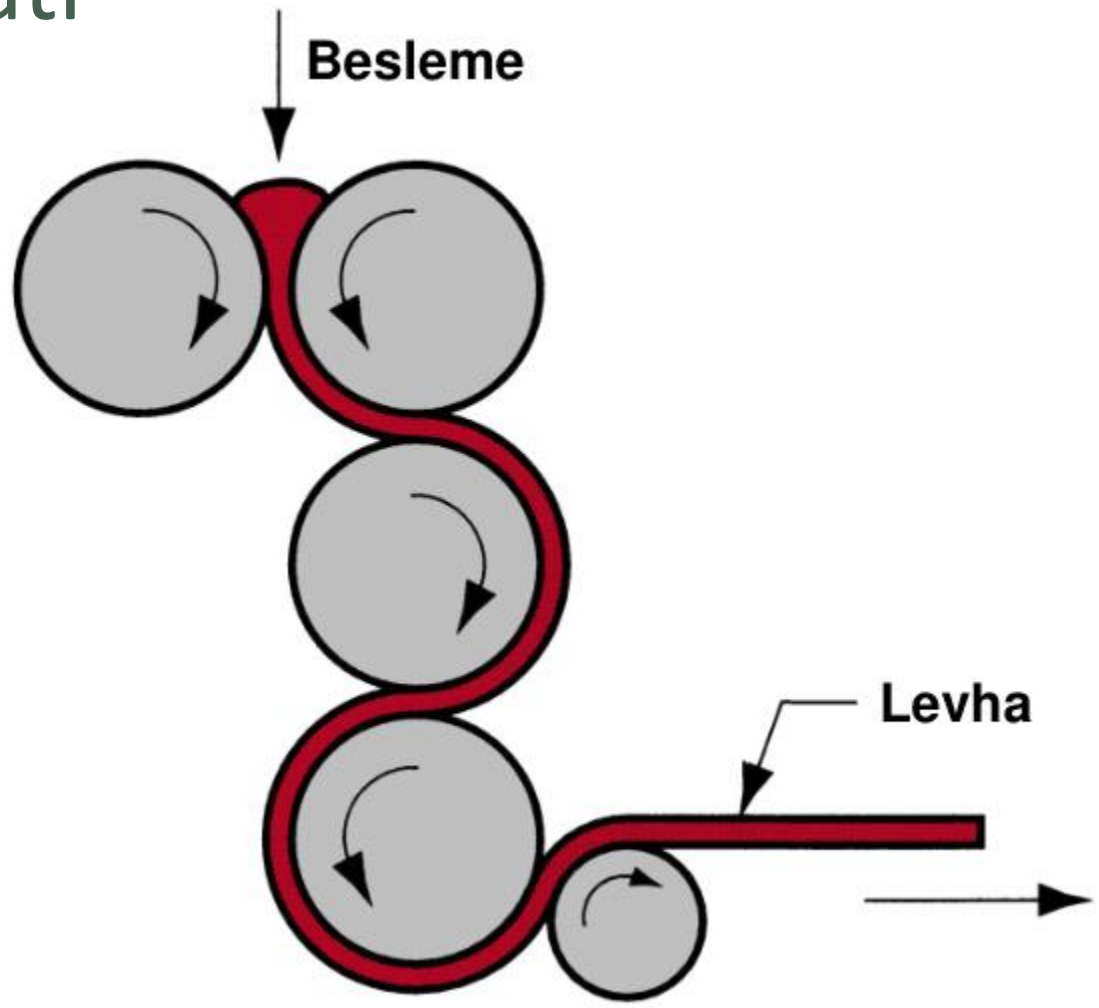
Malzeme bir dizi merdaneden geçirilerek kalınlık istenilen değere düşürülür.

- 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

Polimer Levha ve Film İmalatı

Haddeleme - Kalenderleme

Haddeleme “kalenderleme”’de tipik rulo konfigürasyonu.



Polimer Lif ve Filaman (Filament) İmalatı

Lif ve filamanların en önemli kullanım alanı tekstil sektörüdür. Lifler **plastik matrisli kompozitlerin takviyesi** için de kullanılmaktadır, ancak bu alandaki kullanım miktarı şu an için tekstilin yanında önemsizdir.

Tanımlar:

- Lif: boyu kesitinin en az 100 katı olan ince ürün
- Filaman: sürekli bir lif

Polimer Lif ve Filaman (Filament) İmalatı

Lif ve Filaman Üretilen Malzemeler

- Lifler doğal veya yapay olabilirler.
- Sentetik (yapay) lifler bu pazarın % 75'ini oluşturur:
  - Polyester en önemlileridir
  - Diğerleri: naylon, akrilik, rayon
- Doğal lifler pazarın % 25'ini oluşturur:
  - Pamuk en önemlisidir.
  - Yün üretimi pamuktan daha düşüktür.

Polimer Lif ve Filaman (Filament) İmalatı

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:

1) Eriyikten spinning
2) Kuru spinning
3) Yaş spinning

Polimer Lif ve Filaman (Filament) İmalatı

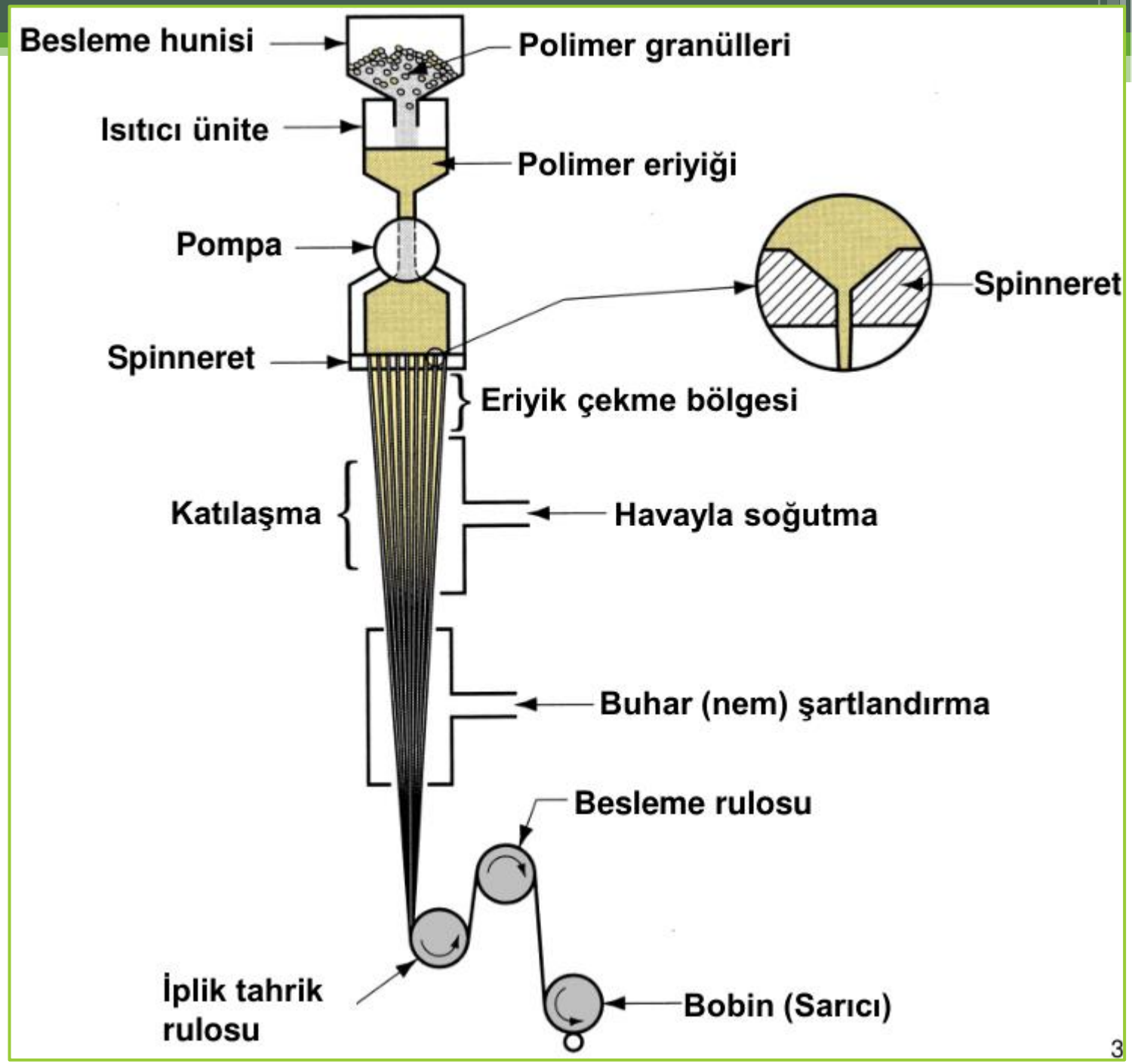
Eriyikten Spinning

- 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.

Polimer Lif ve Filaman (Filament) İmalatı

Eriyikten Spinning

Süreklin filamanların eriyikten spinning'i



Polimer Lif ve Filaman (Filament) İmalatı

Kuru Spinning

- Eriyikten spinning'e benzer, ancak başlangıçta polimer çözeltiye alınmıştır ve işlem sonrasında solvent buharlaştırılarak uzaklaştırılır.
- İlk adım spinneret içinden ekstrüzyondur.
- Ekstrüzyon ürünü sıcak bir oda içinde çekilir ve bu sırada solvent uzaklaştırılır ve geriye polimer kalır.
- Yöntem selüloz asetat ve akrilik filamanların üretiminde kullanılır.

Yaş Spinning

- Polimer burada da çözeltiye alınmıştır, ancak çözücü uçucu değildir.
- Polimeri ayırmak için ekstrüzyon ürünü sıvı bir kimyasal içinden geçirilir.
- Bu yöntem rayon üretiminde kullanılır.

Polimer Lif ve Filaman (Filament) İmalatı

Bitirme İşlemleri

- Her üç yöntemle üretilen filamanlar, genellikle son işlem olarak soğuk olarak çekilir ve zincir moleküller filaman ekseni doğrultusunda yönlenirler.
- Bu işlem sırasında ürün 2 ila 8 kat uzar.
- Bu işlem sonunda genellikle çekme dayanımında önemli artışlar görülür.
- Çekme işleminde filamana iki sarıcı arasında germe uygulanır. Bu sırada boşaltma tamburu yavaş, çekme tamburu ise daha hızlı sarılır.

Polimer İmalatında **Enjeksiyonla Kalıplama**

- Polimer ısıtılarak plastik şekil alabilir bir duruma getirilir ve yüksek basınç uygulanarak bir kalıp boşluğuna dolması sağlanır; burada katılaşan 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.

Polimer İmalatında **Enjeksiyonla Kalıplama**

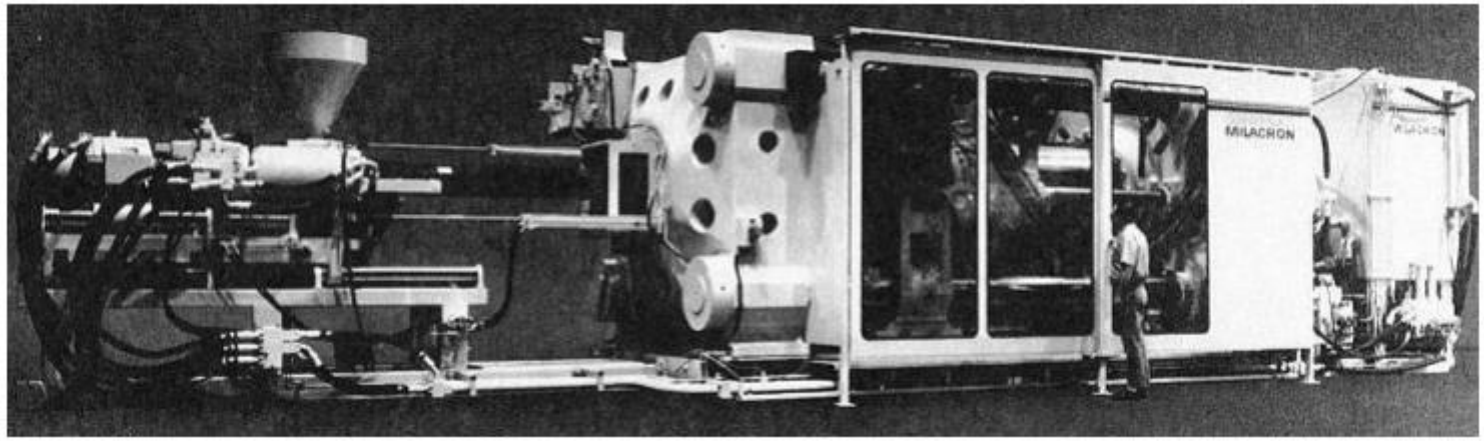
Enjeksiyonda Kullanılan Polimerler:

- 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.

Polimer İmalatında **Enjeksiyonla Kalıplama**

Enjeksiyon Kalıplama Makinası / İki ana bölümden oluşur:

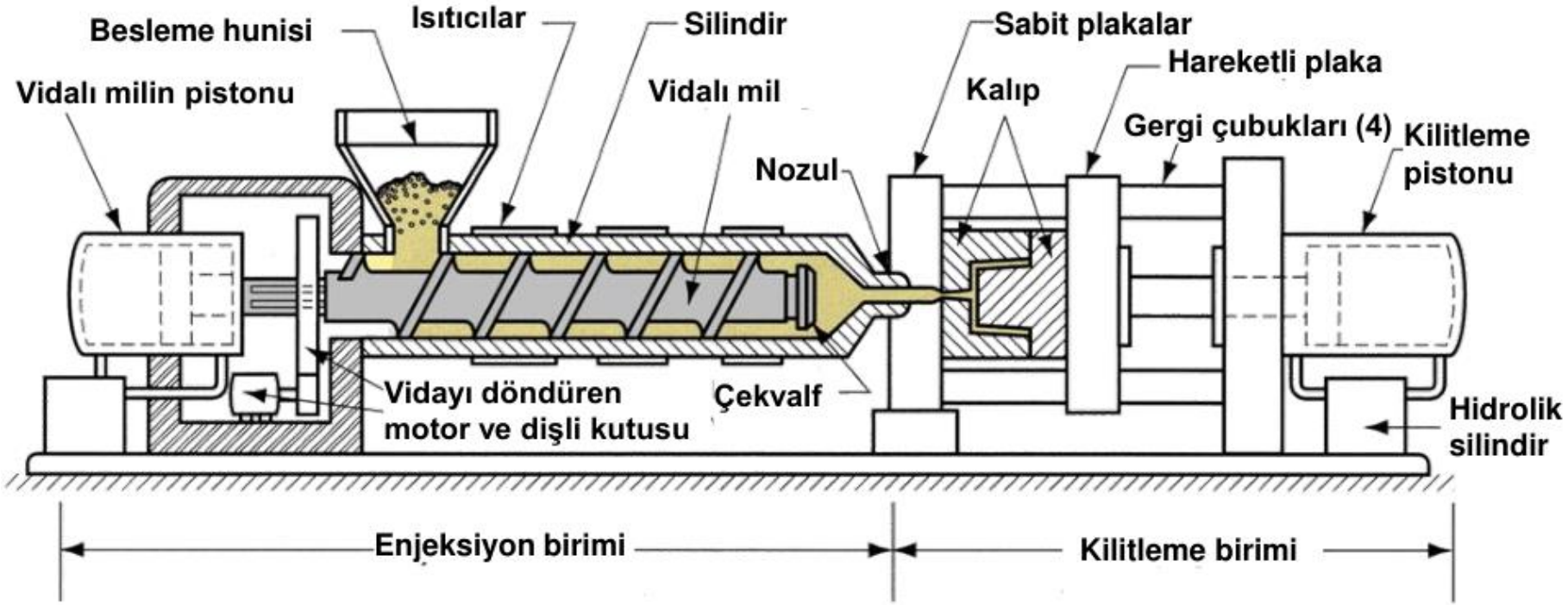
1. Enjeksiyon birimi – polimeri eritir ve kalıba iletir, bir ekstrüder gibi çalışır.
2. Kilitleme Birimi – her çevrimde kalıbı açar ve kapatır.



Büyük bir enjeksiyon makinası (3000 ton)

Polimer İmalatında **Enjeksiyonla Kalıplama**

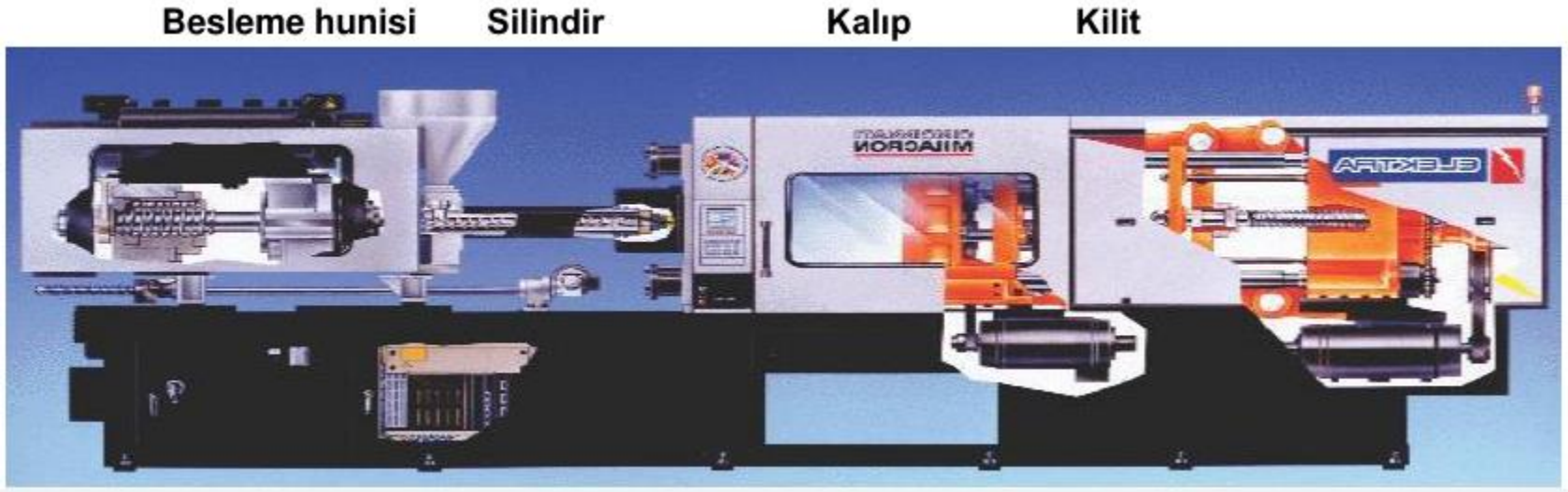
Enjeksiyon Kalıplama Makinası



Vida tipli bir enjeksiyon makinasının kesiti

Polimer İmalatında **Enjeksiyonla Kalıplama**

Enjeksiyon Kalıplama Makinası



Vida tipli bir enjeksiyon makinasının kesiti

Polimer İmalatında **Enjeksiyonla Kalıplama**

Termosetlerin Enjeksiyon Kalıplaması

- Donanım ve işlem parametreleri termoset polimerin kalıp dolmadan çapraz bağlar oluşturmasını 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.

Polimer İmalatında **Enjeksiyonla Kalıplama**

Termosetlerin Enjeksiyon Kalıplaması

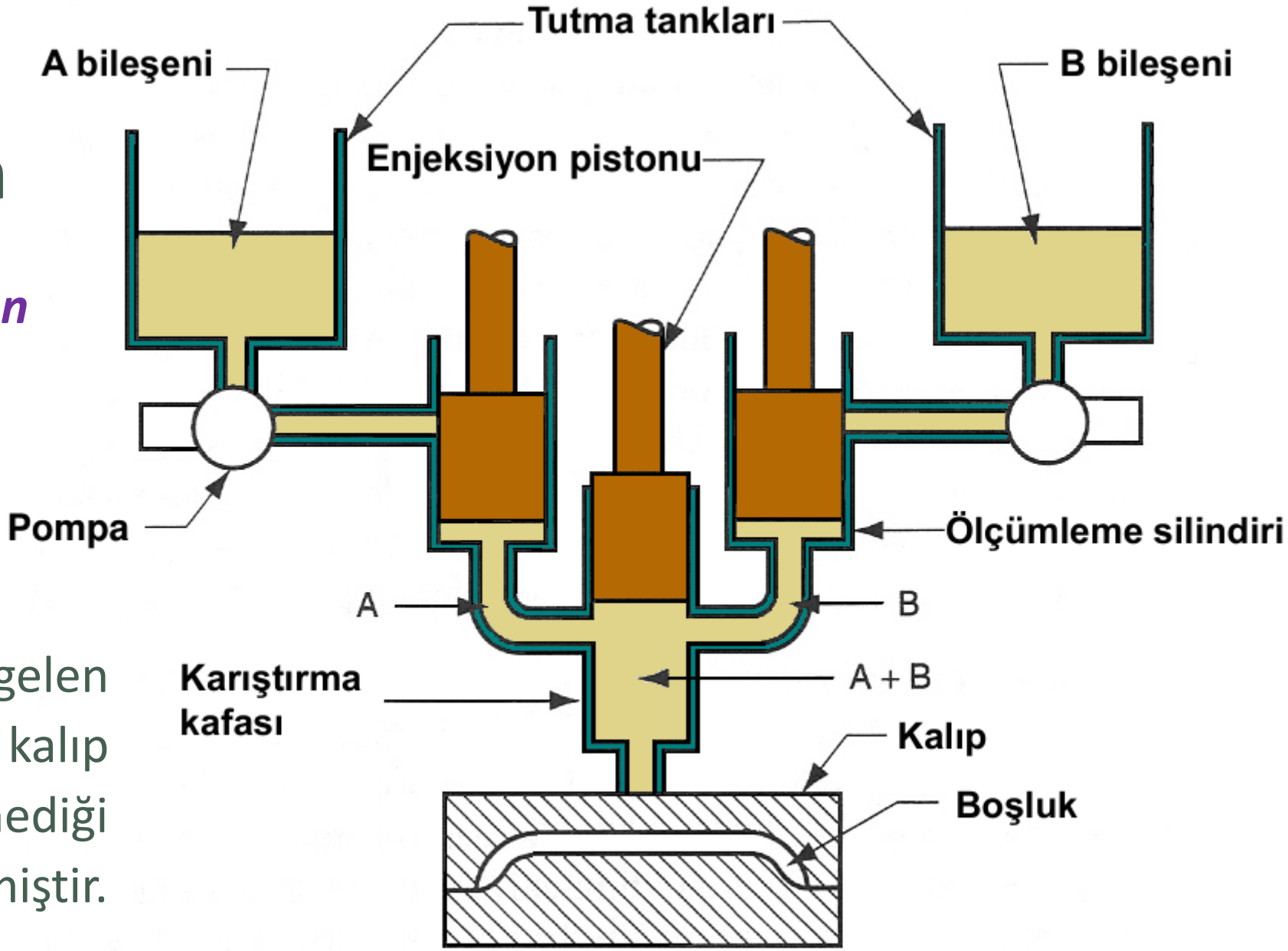
Reaksiyonlu Enjeksiyon Kalıplama

- 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 içyapısı vardır.
- Reaksiyonlu kalıplama kullanılan diğer malzemeler: **epoksi**ler ve üre-formaldehit

Polimer İmalatın

Termosetlerin Enjeksiyon Kalıplaması

Reaksiyonlu Enjeksiyon Kalıplama



A ve B pompalarından gelen bileşenlerin karıştığı ve kalıp boşluğuna henüz girmediği durum gösterilmiştir.

Polimer İmalatında **Termosetlerin Basınçlı Kalıplaması**

Termosetler Basınçlı Kalıplama

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

Polimer İmalatında **Termosetlerin Basınçlı Kalıplaması**

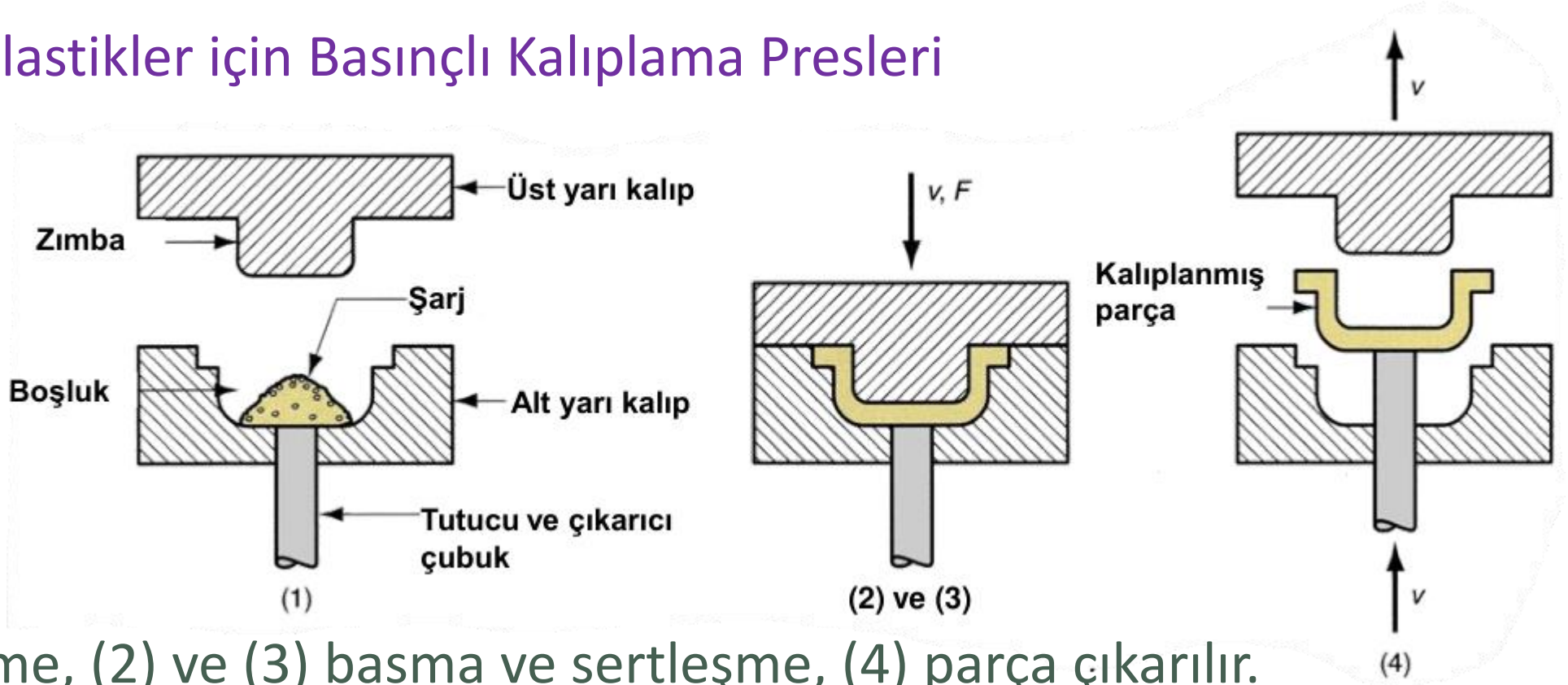
Basınçlı Kalıplama Presleri

- Düşey tiptedir
- İki parçalı kalıpların bağlandığı iki plaka bulunur.
- Presler iki şekilde tahrik edilebilir:

1. Alt plakanın yukarı hareketi
2. Üst plakanın aşağı hareketi

Polimer İmalatında **Termosetlerin Basınçlı Kalıplaması**

Termoset Plastikler için Basınçlı Kalıplama Presleri



- (1) yükleme, (2) ve (3) basma ve sertleşme, (4) parça çıkarılır.

Polimer İmalatında **Termosetlerin Basınçlı Kalıplaması**

Basınçlı Kalıplamanın Özellikleri

- Enjeksiyon kalıplardan daha basit uygulama yapılabilir.
- Yolluk sistemi yok.
- Genellikle daha basit geometrilerle sınırlıdır; çünkü termosetlerin akıcılığı iyi değildir.
- Kalıp genellikle elektrik rezistansları, buhar veya sıcak yağ sirkülasyonu ile ısıtılır.

Basınçlı Kalıplama Kullanılan Malzeme ve Ürünler

- Malzemeler: fenolikler, melamin, üre-formaldehid, epoksiler, üretanlar, ve elastomerler
- Tipik parçalar: elektrik fişleri, soketleri ve kutuları; kap ve tencere tutamakları, yemek tabakları

Polimer İmalatında **Termosetlerin Transfer Kalıplaması**

Transfer Kalıplama

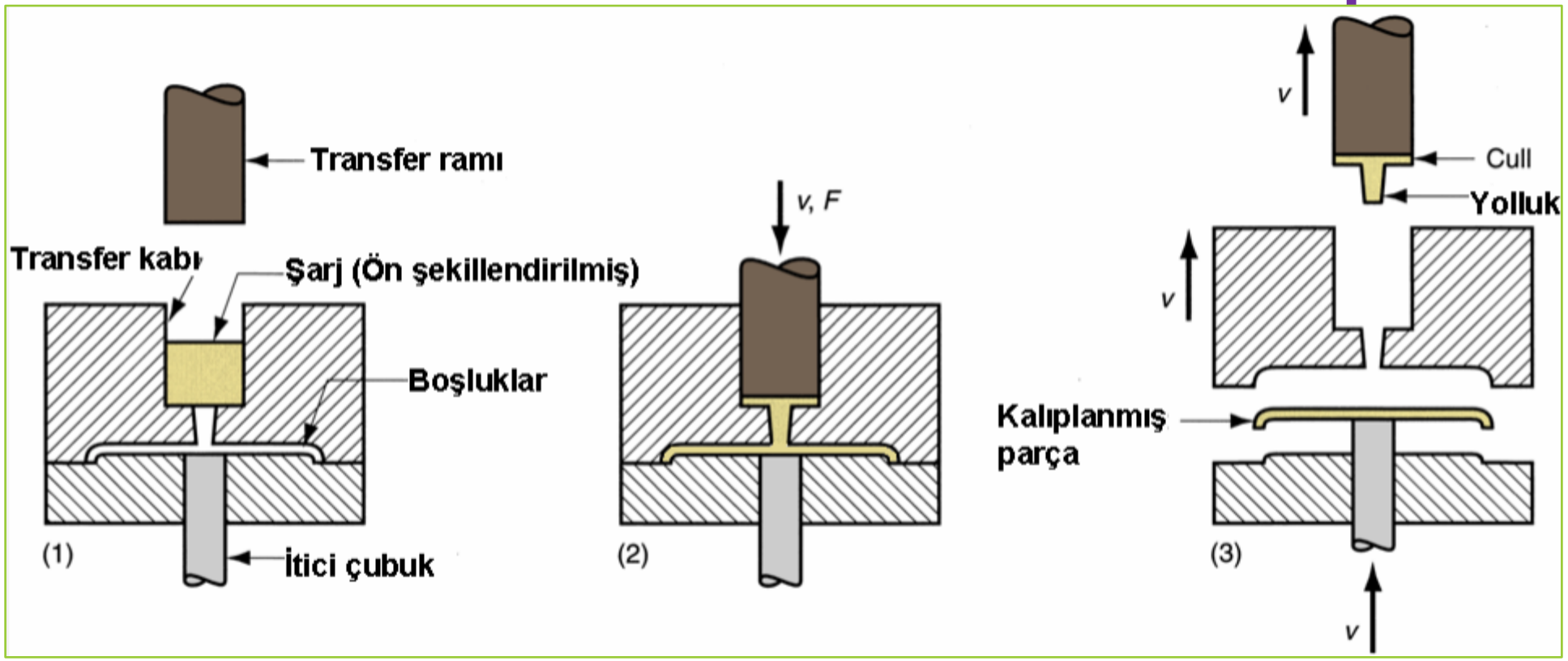
- Termoset malzeme kalıp boşluğunun hemen üstündeki bir bölmeye yerleştirilir ve ısıtılır, yumuşayan polimer basınçla ısıtılmış kalıba doldurulur ve çapraz bağ oluşturarak sertleşmesi beklenir.

İki farklı türü vardır:

i. *Kaplı transfer kalıplama* – malzeme doldurulduğu bir kaptan düşey bir yolluktan kalıp boşluğuna aktarılır.

ii. *Pistonlu transfer kalıplama* – bir piston ısıtılmış malzemeyi kanallardan kalıp boşluğuna basar.

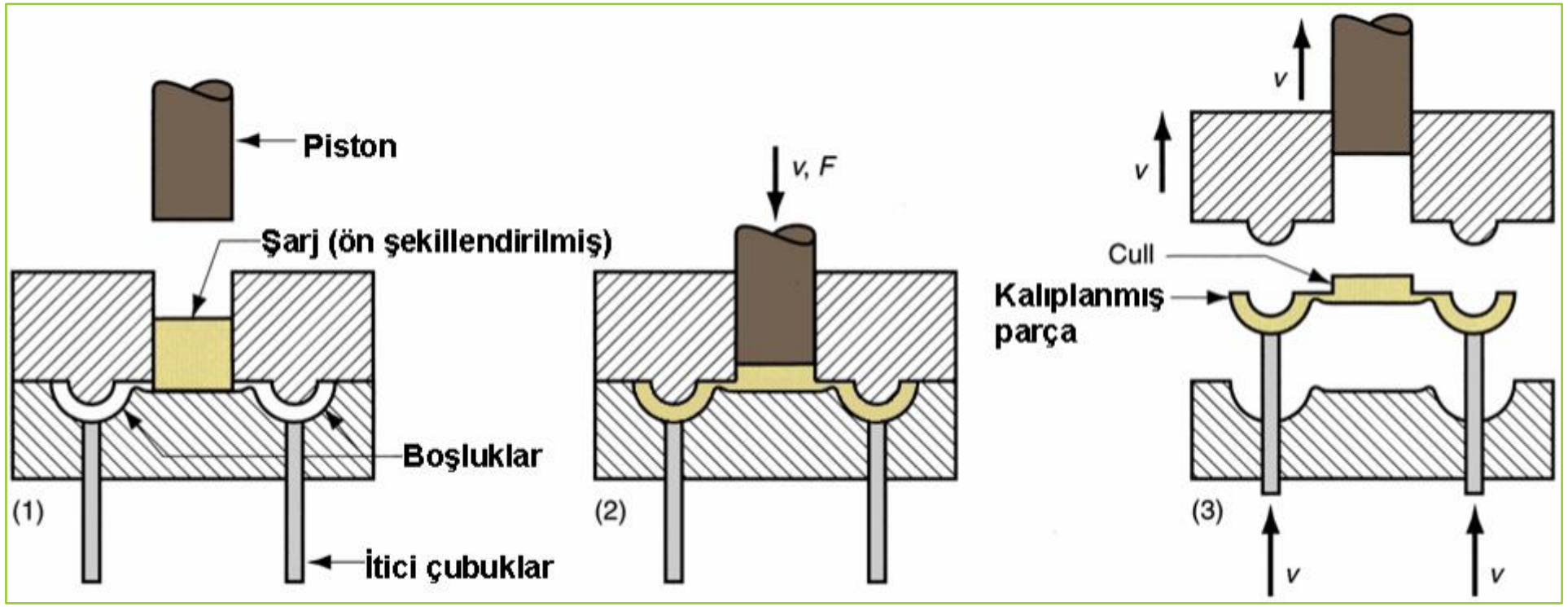
Polimer İmalatında **Termosetlerin Transfer Kalıplaması**



Kaplı transfer kalıplama:

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

Polimer İmalatında **Termosetlerin Transfer Kalıplaması**



Pistonlu transfer kalıplama:

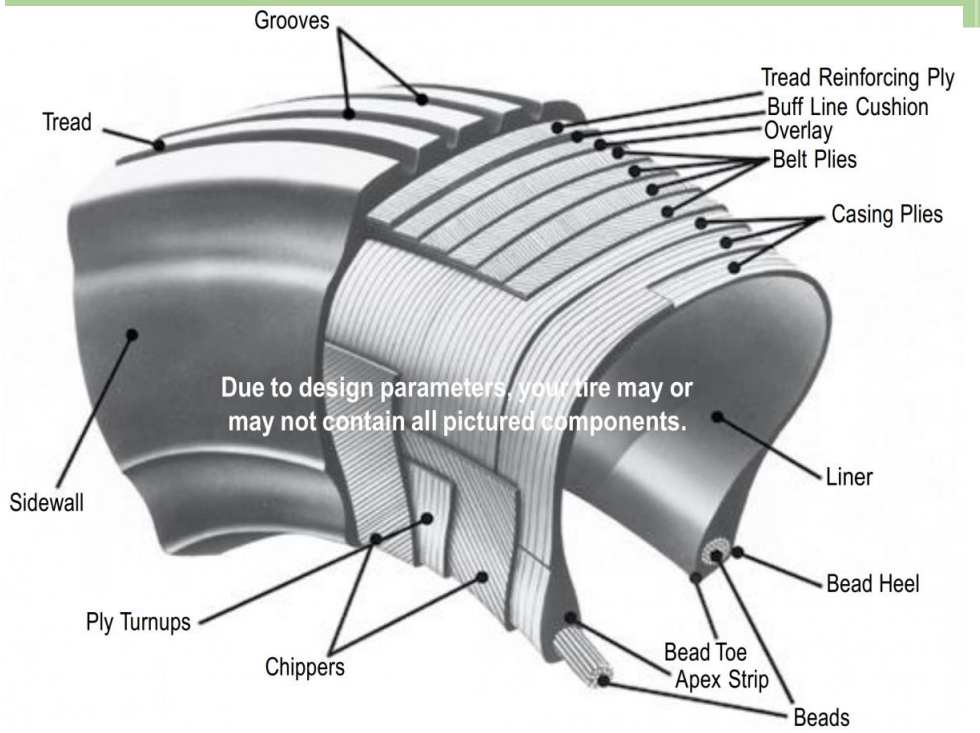
(1) Şarj kaba yüklenir; (2) yumuşayan polimer kalıp boşluğuna basılır ve sertleşir; (3) parça çıkarılır.

MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

POLİMER MALZEMELER

Lastik İşleme Teknolojisi / Lastik İmalatı

Lastik İşleme ve Şekillendirme



- Plastikler için kullanılan birçok yöntem lastikler için de kullanılır.
- Ancak birçok bakımdan farklılıklar olduğundan, lastik ve plastik sanayi ayrı olarak düşünülür.
- En önemli lastik ürünü taşıt (otomobil, kamyon, bisiklet, uçak) “lastikleridir”.

Lastik İşleme ve Şekillendirme

- Lastik İmalatı

Lastik ürünlerin imalatı genelde iki aşamada olur:

1. Lastik malzemenin üretimi
   - Doğal lastik tarımsal bir üründür
   - Sentetik (yapay) lastikler petrolden elde edilir
2. Lastikten parça üretiminin aşamaları:
   (a) Katkılar ekleme
   (b) Karıştırma
   (c) Biçimlendirme
   (d) Vulkanizasyon

Lastik Sanayi

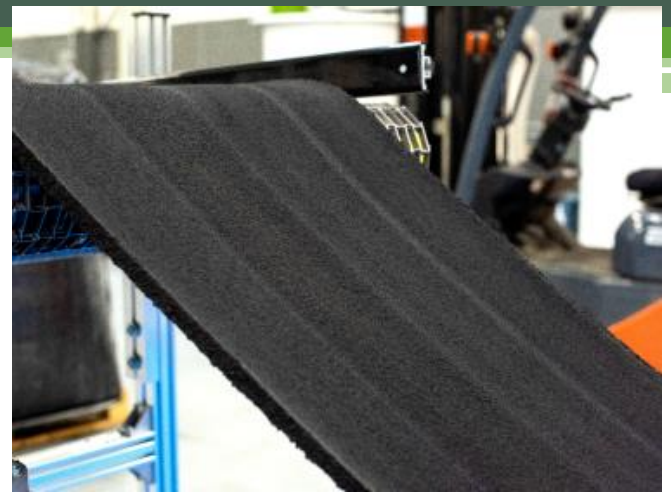
- Doğal Lastik eldesi tarımsal bir faaliyettir; hammadde olan LATEX tropik iklimlerdeki plantasyonlardan kazanılır
- Buna karşın yapay lastik petrokimya sanayinin bir ürünüdür
- Ve en sonunda bu hammaddeler, lastik sanayini oluşturan fabrikalarda ürüne dönüştürülür

Lastik İşleme ve Şekillendirme

- Doğal Lastik Üretimi

- Doğal lastik (*Hevea brasiliensis*-latex) ağaçlardan elde edilir. Bu ağaç plantasyonları Güneydoğu Asya ve benzer iklimlerde bulunur
- Latex, *polyisoprene* polimeri olan katı parçacıklarının su içinde kolloidal bir dağılımıdır
  - Polyisoprene $(C_5H_8)_n$ lastiğin ana bileşenidir, ve emülsiyonda yaklaşık % 30 bulunur
- Değişik ağaçlardan elde edilen latex büyük tanklarda toplanarak harmanlanır

Lastik İşleme ve Şekillendirme



- Doğal Lastik Üretimi

- Latex içine formik asit (HCOOH) gibi bir asit ilave edilerek 12 saatte topaklanma sağlanır
- Bu yumuşak katı topakları içeren malzeme merdaneler arasından geçirilir ve su uzaklaştırılır. Elde edilen yassı ürün yaklaşık 3 mm kalınlığındadır
- Bu tabakalar dumanda kurutulur. Koyu kahve renkteki bu yassı ürün balyalanarak sevk edilir.
- Kurutma sıcak havada da yapılabilir, daha açık renk olan bu ürün daha iyi kalite olarak kabul edilir.

Lastik İşleme ve Şekillendirme

- Sentetik (Yapay) Lastik

- Diğer polimerlere uygulanan polimerizasyon teknikleri ile elde edilirler
- Diğer polimerlerin pellet veya sıvı olarak pazarlanmasına karşın, lastikler doğal lastiğe benzer biçimlerde balyalarda sevkedilirler
  - Lastik sanayinde uzun yıllar doğal lastik kullanımından ötürü hammaddenin bu biçimde kullanımı geleneksel hale gelmiştir.

Lastik İşleme ve Şekillendirme

- Katkılar

- Lastik her zaman katkılarla birlikte kullanılır
  - Bu katkılar arasında öncelikle vulkanizasyon kimyasalları (kükürt gibi) bulunur
  - Diğer katkılar lastiğin dayanımını artırır (takviye dolguları) veya sadece maliyeti düşürmek amacıyla katılır.
  - Katkıların ilavesi ile lastik değişik uygulamalar için gerekli özelliklere kavuşur, bunun yanında maliyet ve işlenebilirlik de iyileştirilir.

Lastikte Karbon Karası

- Lastikte en önemli katkı karbon karasıdır,
  - Dayanımı artırır, lastiğin aşınma ve yırtılmaya karşı dayanımını geliştirir
  - Ultraviyole ışınlardan korur
  - Bu katkı nedeniyle lastik parçaların çoğu siyah renklidir

Lastik İşleme ve Şekillendirme

- Diğer Dolgu ve Katkılar

- Siyah renk uygun değil ise - sulu aluminyum silikatlar ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) kullanılır, ancak bunların dayanımı artırma özellikleri o kadar iyi değildir.
- Diğer polimerler, stiren, PVC ve fenolik gibi dolgu olarak katılabilir
- Geri kazanılmış lastik hurdaları, ancak en çok %10 katılır
- Antioxidanlar; yorulma ve ozona karşı koruyucular; boya pigmentleri, yumuşatıcılar; köpük elde edilmesi için katkılar ve kalıptan çıkarılmayı kolaylaştıran katkılar da kullanılmaktadır

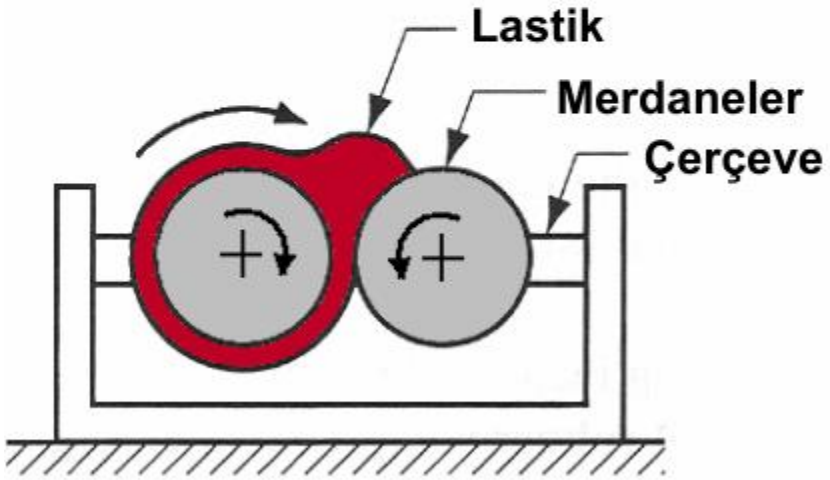
Lastik İşleme ve Şekillendirme

- Karıştırma

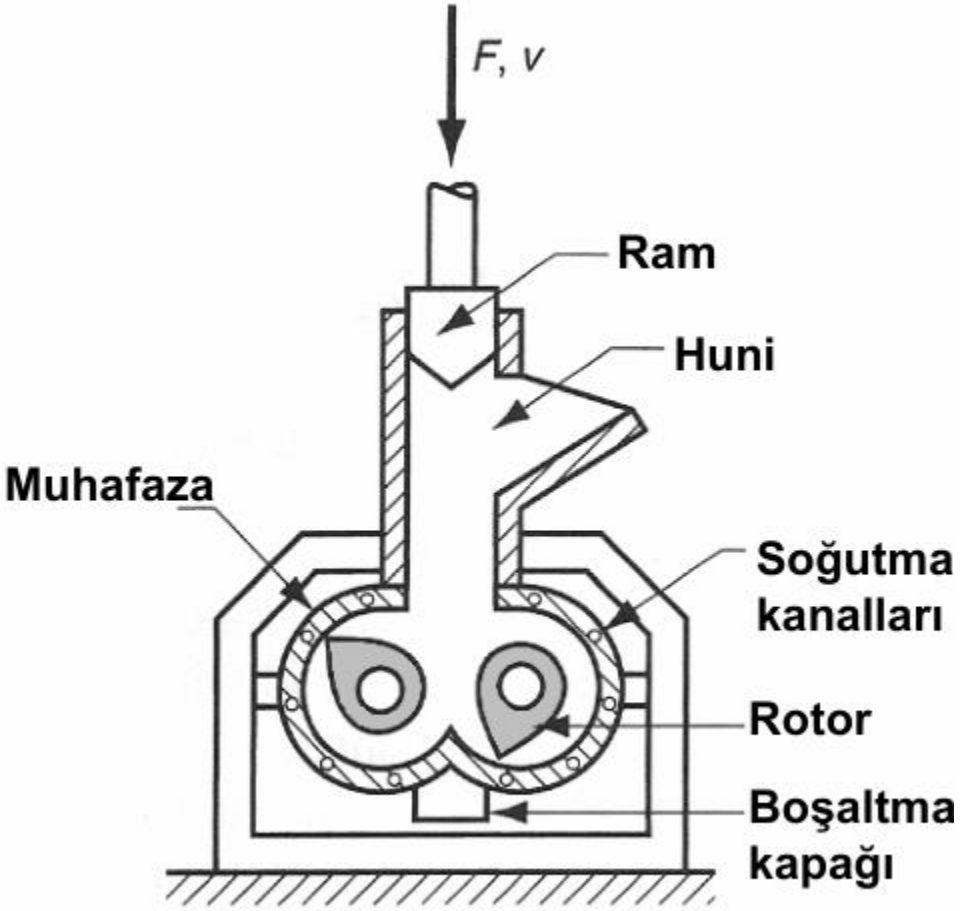
- Katkıların çok iyi karıştırılması lazımdır.
- Olgunlaşmamış lastiğin vizkozitesi çok yüksektir ve karıştırma sırasında iç sürtünme nedeniyle sıcaklığı 150°C e kadar çıkabilir
- Vulkanizasyon katkıları karışımda başlangıçtan itibaren bulunursa, bu sıcaklıklarda vulkanizasyon istenmeden başlayabilir. Lastik üreticilerinin en korktuğu durum budur.
- Erken vulkanizasyonu önlemek için karıştırma genellikle iki aşamalı yapılır. Tüm diğer katkılar karıştırılıp, karışım soğutulduktan sonra, ikinci aşamada vulkanizasyon ajanları katılır.

Lastik İşleme ve Şekillendirme

- Karıştırıcılar



(a)



(b)

Lastik işlemede kullanılan karıştırıcılar; (a) iki merdaneli değirmen ve (b) Banbury tipi iç karıştırıcı. Bu makinalar doğal lastiğin mastikasyonunda da kullanılabilir.

Lastik Ürünlerde Elyaf Takviye

- Takviyeler

- Birçok üründe takviyelerden yararlanılır:
  - Örneğin: oto lastikleri, konveyor bantlarında
  - Kullanılan lifler selüloz, naylon, poliyester…
  - Cam elyaf ve çelik de kullanılır (örneğin çelik takviyeli lastikler)
  - Sürekli elyaf malzemeler lastiğe biçimlendirme sırasında katılmalıdır; diğer katkılar gibi karıştırılmazlar

Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

- Biçimlendirme

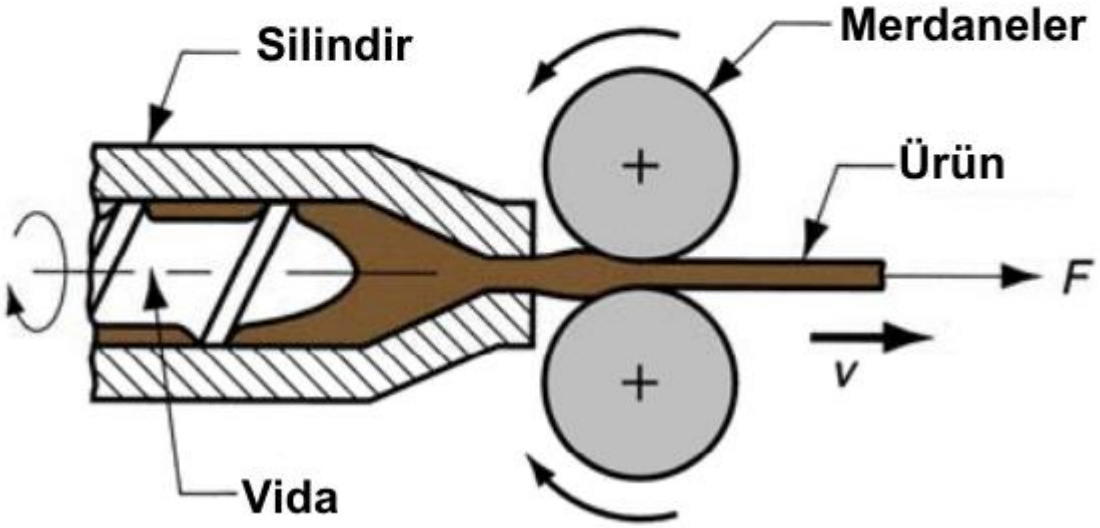
- Lastik ürünlerin biçimlendirilmesi için dört temel yöntem mevcuttur:
  1. Ekstrüzyon
  2. Kalenderleme (haddeleme)
  3. Kaplama
  4. Kalıplama ve Döküm
- Taşıt lastikleri gibi bazı ürünler aynı ürün için birçok temel yöntemin uygulanmasını gerektirir, ayrıca montaj aşaması da vardır

Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

Ekstrüzyon ve kalenderlemenin birlikte kullanımıdır.
Elde edilen ürün kalitesi daha yüksektir

- Merdaneli Kalıp Yöntemi

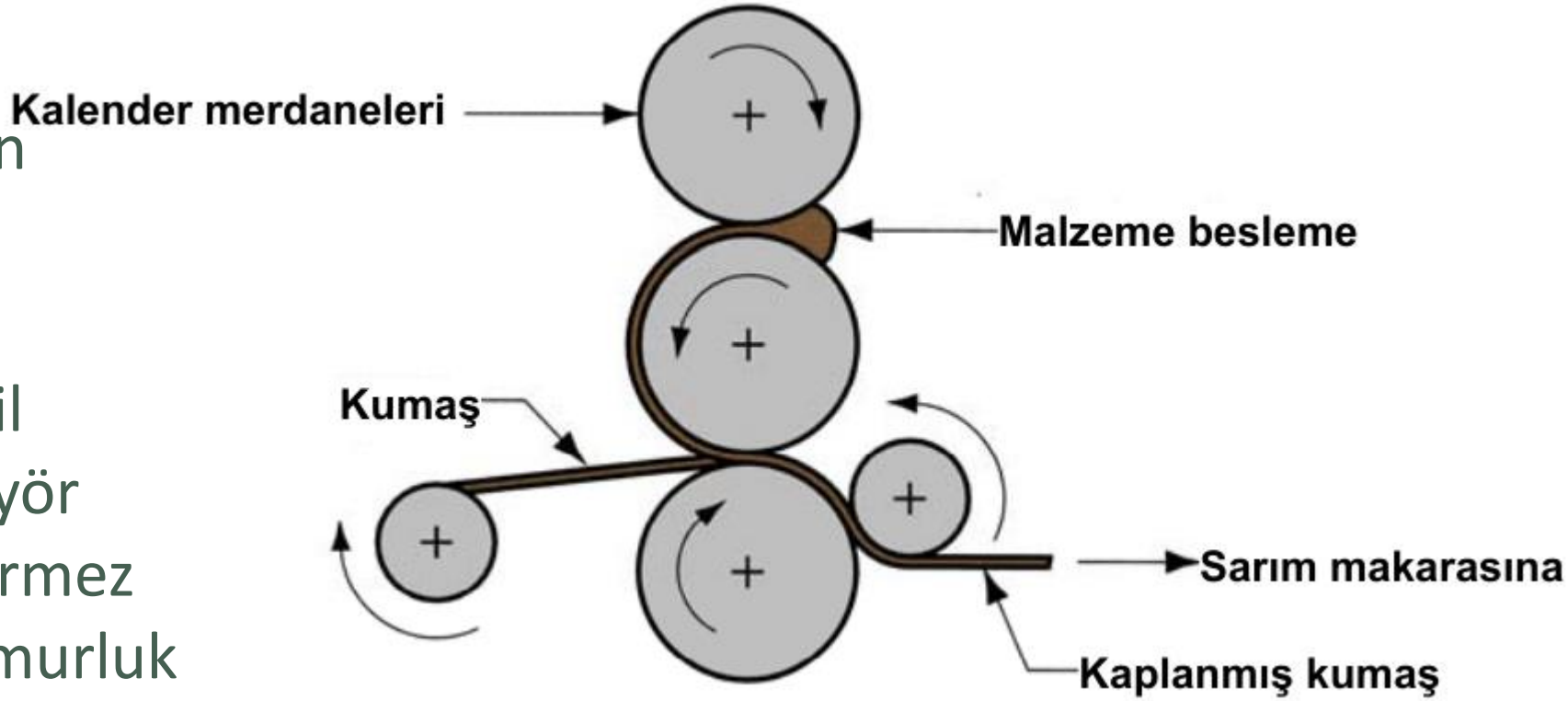
  Ekstrüzyon ve ardından haddeleme



Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

Dokunmuş Kumaşların Lastikle Kaplanması

- Bu yöntem otomobil lastiklerinde, konveyör bantlarında, su geçirmez brandalarda ve yağmurluk gibi giysilerde kullanılır.



Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

- Kalıplanmış

Lastik Ürünler

- Bu ürünlere örnek olarak, ayakkabı tabanları, contalar ve tıpalar gösterilebilir
- Bunların dışında birçok köpük-lastik parça da kalıplama ile üretilir
- Kalıplamanın oto lastiği üretiminde de önemi vardır
- Başlıca kalıplama teknikleri: (1) basınçlı kalıplama, (2) transfer kalıplama, ve (3) enjeksiyon kalıplama
  - En yaygın kullanılanı basınçlı kalıplamadır ve oto lastiği üretiminde de kullanılır
- Bu yöntemlerde vulkanizasyon kalıp içinde gerçekleşir (ayrı bir vulkanizasyon aşaması yoktur)

Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

- Vulkanizasyon

Bu işlemde elastomer molekülleri arasında çapraz bağlar oluşur, ve lastiğin rijitliği ve dayanımı artar

- Uzun moleküller belirli noktalarda bağlanır ve malzemenin kalıcı biçim değiştirmesi engellenir
  - Tipik bir yumuşak lastikte 1000 birimde (mer) 1 veya 2 çapraz bağ bulunur
  - Çapraz bağ sayısı artırılırsa, polimer rijitleşir ve giderek termoplastik gibi davranmaya başlar (sert lastik)

Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

- Oto Lastikleri ve Diğer Lastik Ürünleri

- Oto lastikleri lastik sanayinin en önemli ürünüdür, tonaj olarak tüm lastik üretiminin %75'ini oluşturulur
- Diğer önemli ürünler:
  - Ayakkabılar
  - Contalar
  - Darbe/titreşim sönümleme parçaları
  - Konveyor bantları
  - Hortumlar
  - Köpük lastik parçalar
  - Spor gereçleri

Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

- Oto Lastikleri

- Pnömatik lastikler binek ve iş araçları için önemli komponentlerdir
- Bunların işlevleri:
  - Taşıt, yolcu ve yüklerin ağırlığını taşır
  - Aracın hızlanması için motorun gücünü iletir
  - Yoldan gelen titreşimleri sönümleyerek konforlu bir yolculuk sağlar
- Bu tür pnömatik lastikler: otomobiller, kamyonlar, otobüsler, traktörler, iş makinaları, askeri araçlar, bisikletler, motorsikletler ve uçaklarda kullanılır

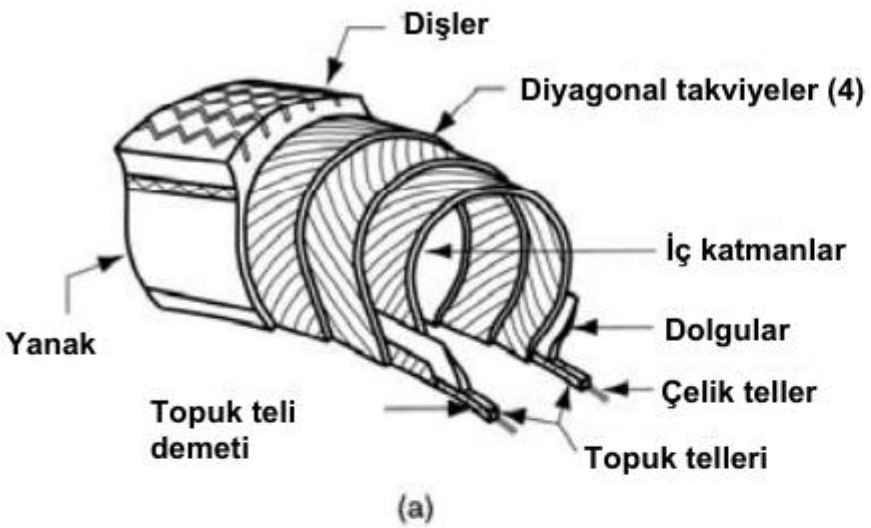
Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

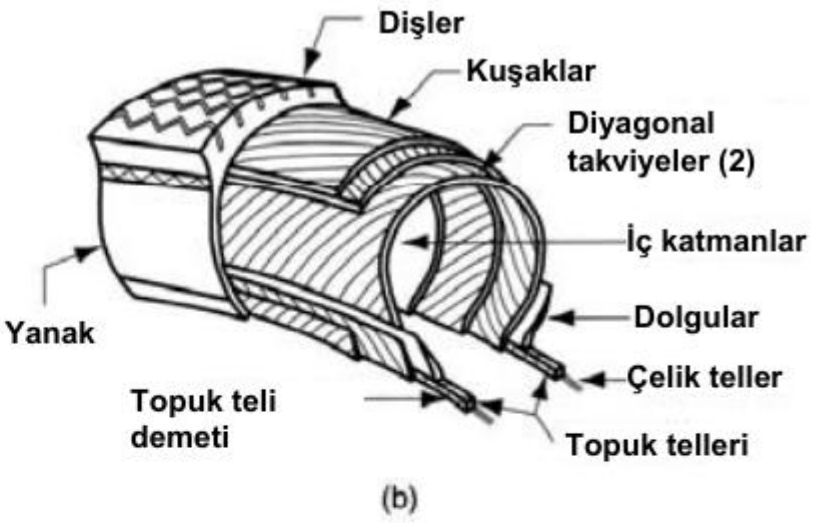
- Oto Lastiğinin Yapısı

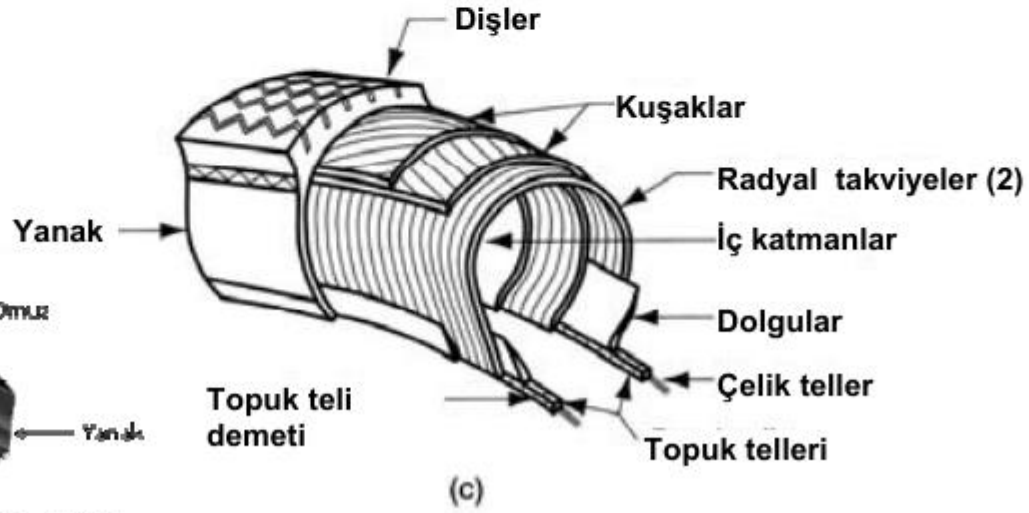
- Oto lastikleri çok sayıda parçanın yanyana getirilmesi ile oluşturulur. Bir binek otosu lastiğinde yaklaşık 50 bileşen bulunur; bu sayı bir iş makinası lastiğinde 175'e yükselir
  - Yapıda içinde lastik kaplı dokumalardan oluşan çok tabakalı bir karkas bulunur
  - Dokuma malzemesi, naylon, polyester, cam elyaf veya çelik olabilir ve karkas içindeki lastik tabakaları takviye eder
- Üç temel karkas türü vardır: (a) diyagonal takviyeli, (b) diyagonal kuşaklı ve (c) radyal takviyeli

Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

- Oto Lastiğinin Yapısı







Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

- Oto Lastiği Üretim Aşamaları

- Genelde üç kademe vardır:
  1. Yapıdaki bileşenler hazırlanır
  2. Lastik tabakalar istiflenerek karkas oluşturulur
  3. Kalıplama ve vulkanizasyonla lastik biçimlendirilir
- Karkası oluşturan malzemeler sürekli üretim yöntemleri ile elde edilir ve istenilen boylarda kesilir
- Bu bileşenler: Topuk teli, takviyeli tabakalar, iç kaplama, kuşaklar, dış sırt ve yanaklardır

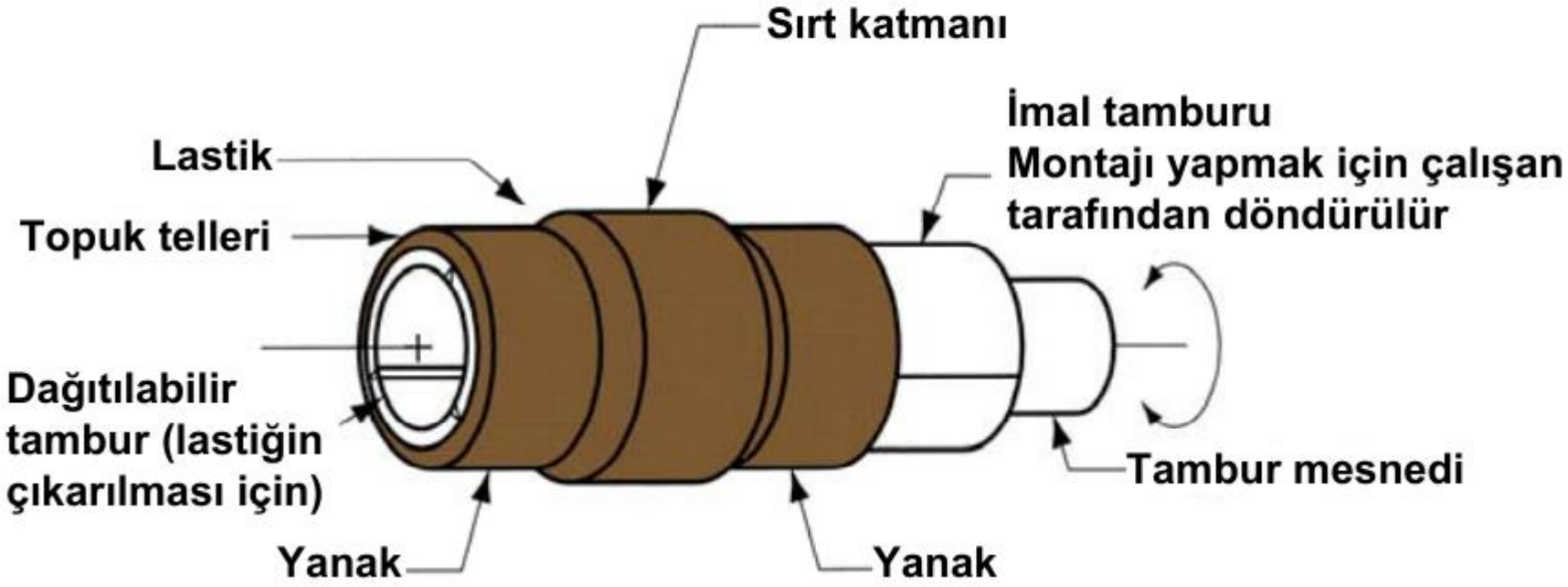
Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

- Karkas döner bir silindir üzerine monte edilir

Oto Lastiği Üretim Aşamaları

- Karkasın Oluşturulması

İmal tamburundan çıkarılmadan hemen ancak kalıplama ve sertleştirmeden önceki lastik.

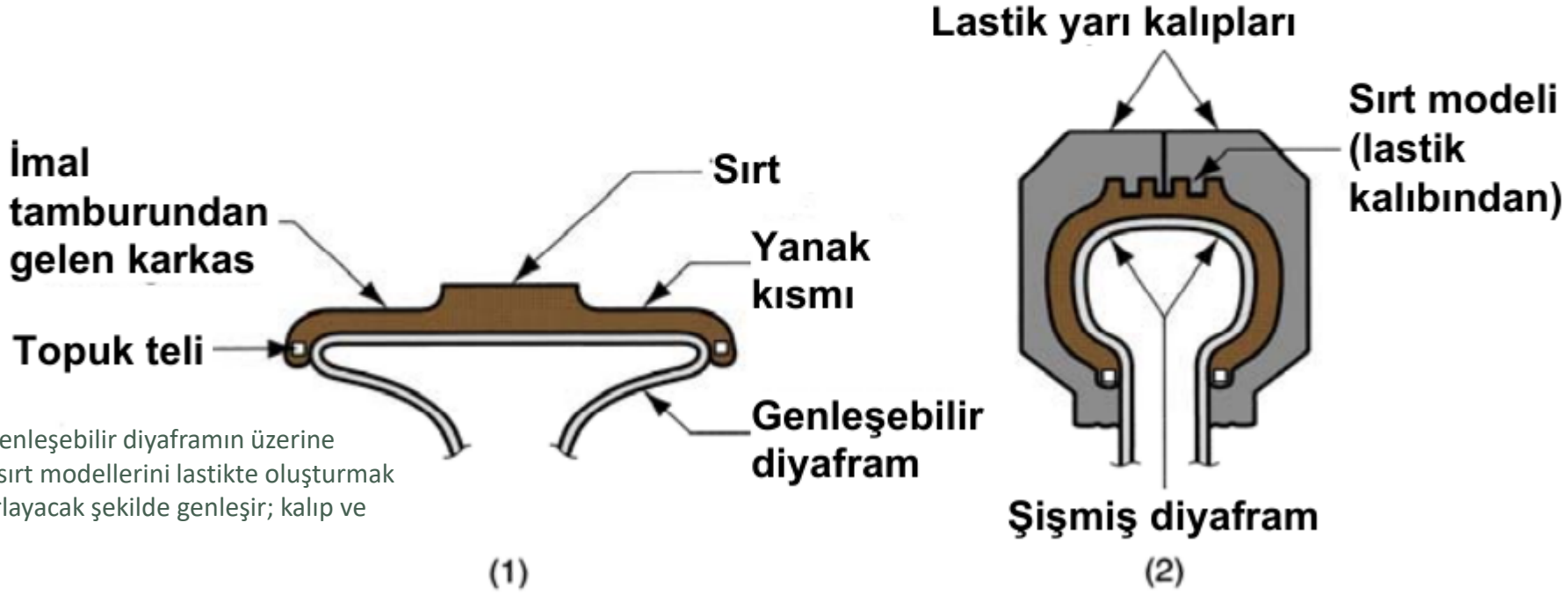


Lastik Malzemeyi Biçimlendirme

Oto Lastiği
Üretim Aşamaları
- Kalıplama

ve Sertleştirme

- Hazırlanan karkas şişirilebilir bir diyaframı üzerinde kalıba yerleştirilir. Lastik kalıpları genellikle iki parçalıdır ve lastiğin sırtını biçimlendiren profile sahiptir



Lastiğin kalıplanması: (1) yumuşak lastik genleşebilir diyaframın üzerine yerleştirilir; (2) kalıp kapanır ve diyaframı, sırt modellerini lastikte oluşturmak üzere, yumuşak lastiği kalıp boşluğuna zorlayacak şekilde genleşir; kalıp ve diyaframı lastiği sertleştirmek üzere ısıtılır.

Lastik İşleme ve Şekillendirme / Diğer Lastik Ürünleri

- Konveyör Bantları: Genellikle polyester veya naylon gibi elyafla takviye edilir. Dokumalar genellikle kalenderleme ile kaplanır ve gerekli sayıda tabaka istiflenerek sürekli bir ısıtma işlemiyle vulkanize edilir.
- Hortumlar: Değişik tipleri vardır:
  i. Basit Hortum (takviyesiz), ekstrüzyonla imal edilir.
  ii. Takviyeli Hortumlarda şu tabakalar bulunur:
  - İç hortum – ekstrüzyonla imal edilir ve hortum içinden geçecek akışkana göre seçilir
  - Takviye Tabakası
  - Dış tabaka – ekstrüzyonla imal edilir ve hortumun kullanılacağı ortama göre seçilir
- Ayakkabı imalatı: Taban, topuk, diğer üst bileşenler

Lastik / Termoplastik Elastomerler (TPE)

- Lastik özelliklerine sahip termoplastik polimerlerdir.
- TPE malzemeler termoplastikler için uygulanan yöntemlerle biçimlendirilirler. Örneğin: enjeksiyon kalıplama ve ekstrüzyon kullanılabilir; bunlar lastik için kullanılan yöntemlere oranla daha ekonomik ve hızlıdır.
- Kalıplama ile: Ayakkabı tabanları, spor ayakkabıları ve otomotiv karoseri parçaları üretilebilir (TPE malzemeden pnömatik oto lastiği üretilmez.)
- Ekstrüzyon ile: Elektrik kablo kaplamaları, tıpta kullanılan hortumlar, konveyör bantları, yassı mamuller üretilebilir.

Lastik Parça Üretimi ve Tasarımı

- Basınçlı kalıplamada üretim miktarı 1000 veya daha düşük olabilir, çünkü kalıplar diğer yöntemlere göre daha ucuzdur.
- Enjeksiyon kalıplamada, diğer plastiklerde olduğu gibi kalıp pahalıdır ve üretim sayıları daha yüksek olmalıdır.
- Lastik parçalar kalıplardan kolaylıkla çıkarılabilirler ve bu nedenle parça tasarımında eğimler (*draft angle*) kullanmak gerekmez, hatta küçük çıkıntılar dahi kalıptan çıkarmada sorun yaratmaz.

Kaynaklar: Ders Notları

- Prof. Dr. Ahmet Aran – Ders Notları / Işık Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dersnotlari.htm

- Doç. Dr. Turgut Gülmez – İmal Usulleri Ders Notları / İTÜ Makina Fakültesi
- https://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI.html

- Prof. Dr. Adnan Dikicioğlu – Ders Notları / İTÜ Makina Fakültesi
- https://akademi.itu.edu.tr/dikicioglu/

- Prof. Dr. Murat Vural – İmal Usulleri Ders Notları / İTÜ Makina Fakültesi
- https://ninova.itu.edu.tr/en/courses/faculty-of-mechanical-engineering/2624/mak-351/ekkaynaklar/