

7.2. TERMOPLASTİKLERİN ŞEKİLLENDİRİLMESİ

Termoplastikler, üretimlerinin yapıldığı fabrikalarda genelde granül (veya pelet, tanecik, talaş, kırpıntı) veya toz halinde 25 kg lık paketler halinde paketlenirler ve satışa sunulurlar. Polimer işleyicisi, polimer granüllerini eriterek şekillendirir ve kullanılabilir bir malzeme haline getirir. Termoplastiklerden yapılan ürünlerin

Termoplastikler daha çok,

- ekstruzyon (ekstrüzyon)
- enjeksiyon
- şişirerek kalıplama
- vakum şekillendirme
- dönerek kalıplama

adları verilen yöntemlerle işlenerek son ürüne dönüştürülürler. Bu yöntemlerin bazıları ile termosetler ve elastomer karakterli polimerler de şekillendirilmektedir.

7.2.1 EKSTRUZYON

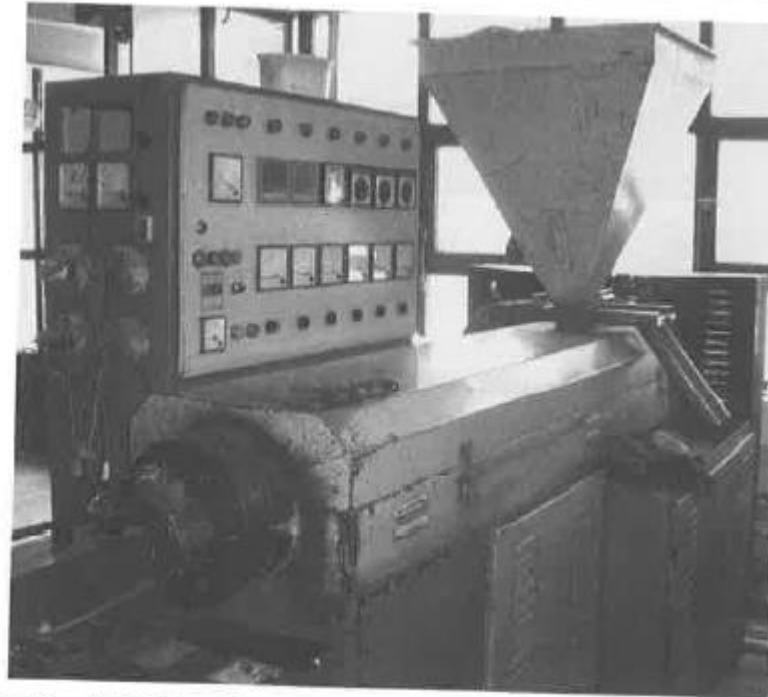
Ekstruzyon işlemi genel anlamda, akışkan hale getirilen bir maddenin, amaca uygun şekillendirilmiş bir kafadan (başlık, kalıp), basınç altında sürekli geçirilerek biçimlendirilmesidir. Ekstruzyon uzun yıllardır özellikle metal boruların yapımında kullanılmış, daha sonraları polimerlere uyarlanmış ve polimerlerden belli geometrilerde sürekli ürünlerin hazırlanmasında yararlanılan önemli ve yaygın bir yöntem olmuştur.

Ekstruzyon işlemi, ayrıntıları aşağıda verilecek olan *ekstruder* (Fotoğraf 7.2)

denilen makinelerde yapılır ve başlıca,

- film (kalınlığı yaklaşık 0,04-0,4 mm arasında değişen düz plastik tabaka)
- levha (kalınlığı 0,4 mm den büyük düz plastik tabaka)
- boru
- çubuk
- profil (farklı kesit geometrilerinde ürünler)

ürünler hazırlanır.

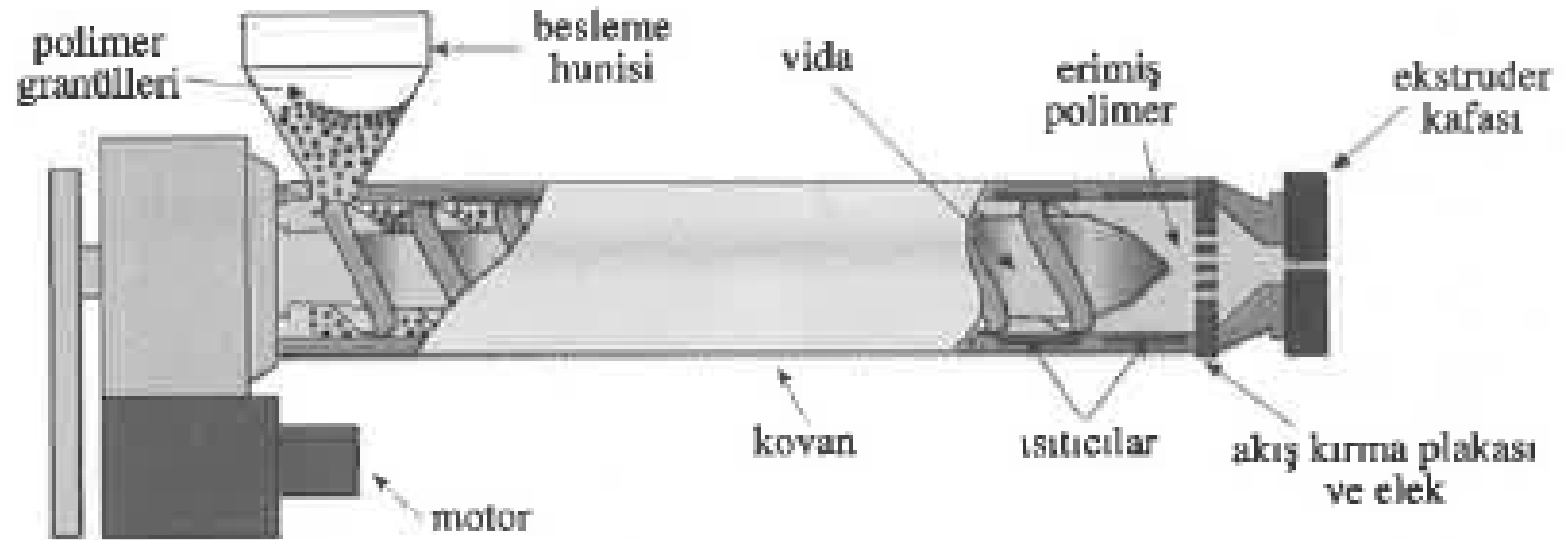


Fotoğraf 7.2 Ekstruder makinesi.

Bir ekstruder makinesi,

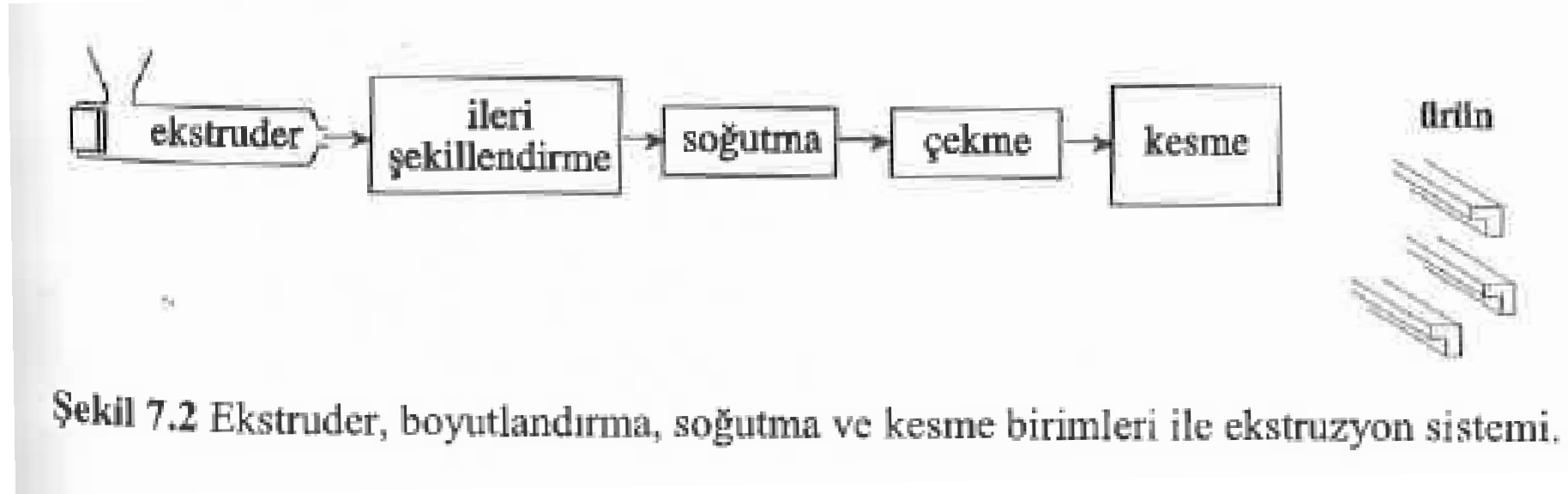
- besleme hunisi
- vida (sonsuz vida, Archimet vidası)
- kovan (içinde vida bulunur)
- kafa

olmak üzere 4 ana kısımdan oluşur (Şekil 7.1a).

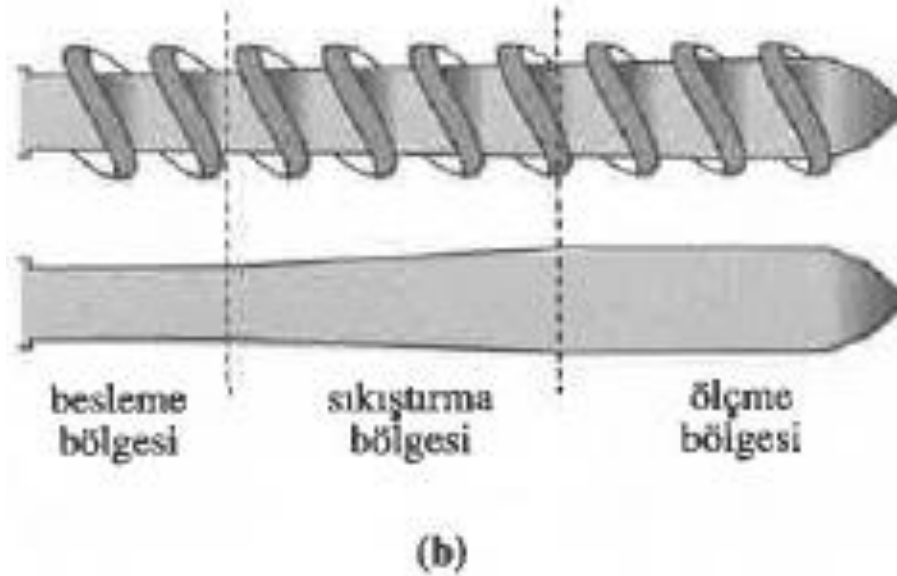


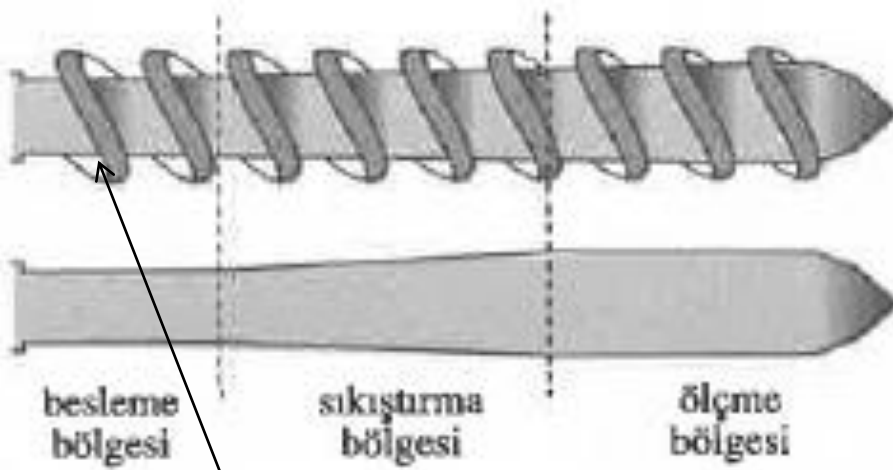
(a)

Polimer kafa çıkışında yumuşaktır. Bu nedenle bir çekme sistemi ile sürekli çekilir ve boyutlandırma elemanından geçtikten sonra su dolu kanaldan geçirilerek (veya su püskürtme) soğutulup katılaştırılır. Son aşamada uygun boyutlarda kesilir. Şekil 7.2 de ekstruder, boyutlandırma, soğutma ve kesme birimlerini kapsayan ekstruzyon sistemi yeniden toplu halde verilmiştir.

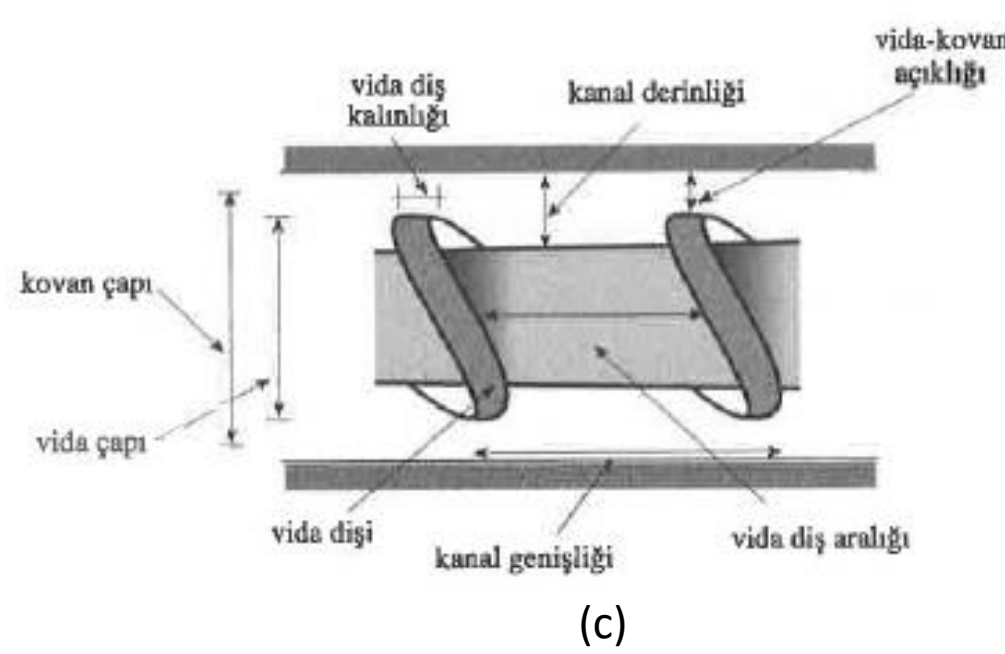


Kovan içerisinde bulunan sonsuz vida, polimeri kovan girişinden kafaya doğru taşıyan elemandır. Normal ekstruder vidalarında genelde besleme bölgesi, sıkıştırma (geçiş) bölgesi ve ölçme bölgesi olmak üzere üç bölge bulunur (Şekil 7.1b) ve polimer vidanın her bölgesinde farklı işlemlerle karşılaşır. Besleme





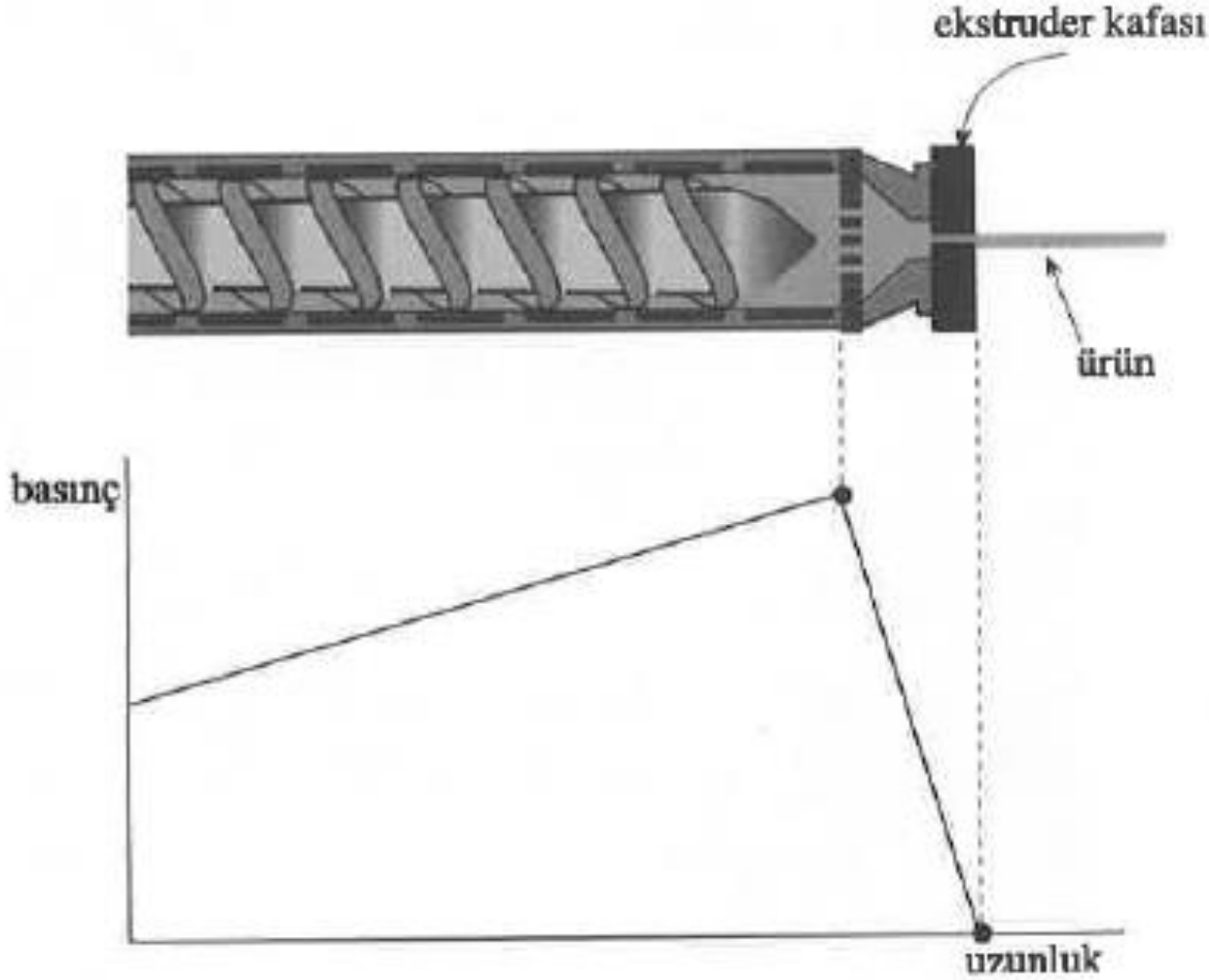
Diş yüksekliği (b)



(c)

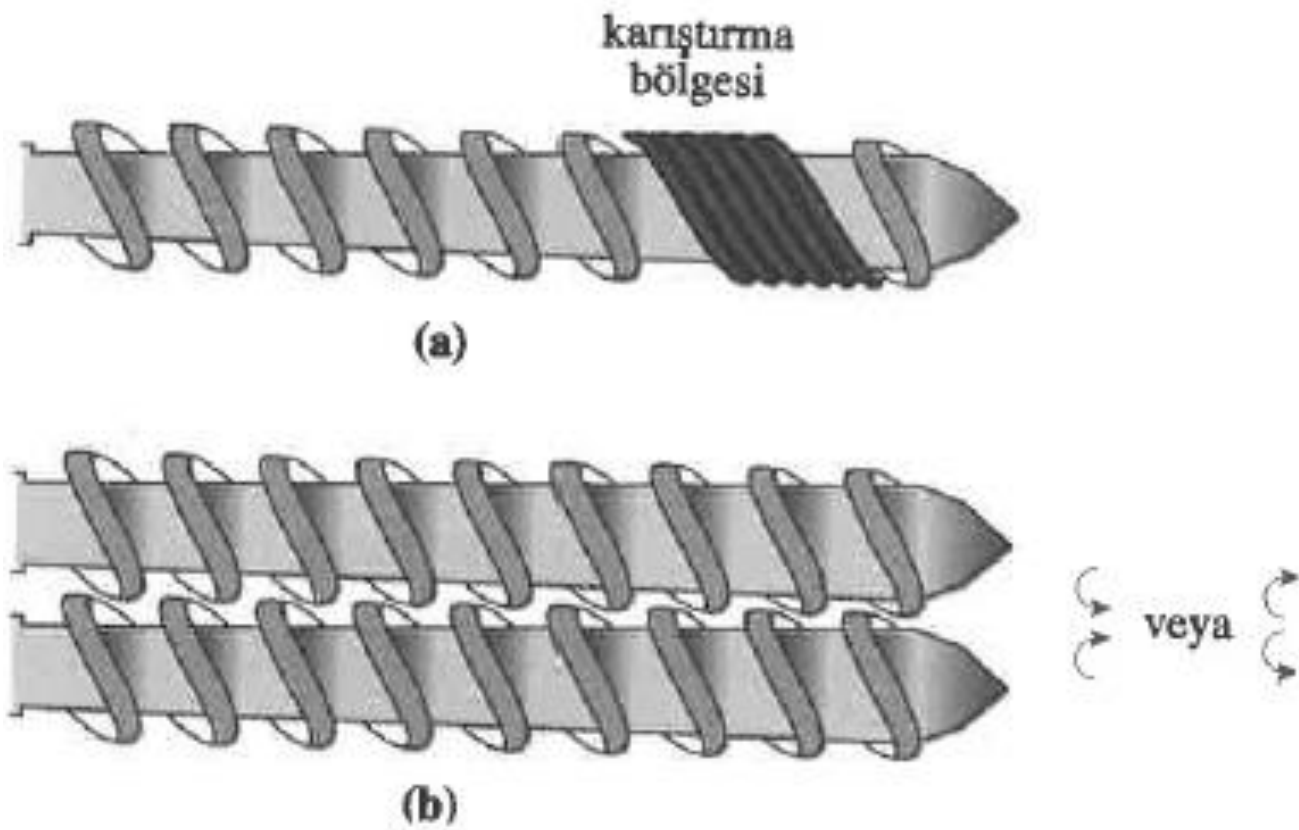
Şekil 7.1 a) Ekstruder ve kısımları, b) ekstruder vidasının bölgeleri ve c) vida karakteristikleri.

7.1b) ve polimer vidanın her bölgesinde farklı işlemlerle karşılaşır. Besleme bölgesi, granüllerin ön ısıtıldığı ve taşındığı kısımdır. Bu bölgede vidanın diş yüksekliği en büyüktür ve polimer besleme bölgesi boyunca granül ya da toz halini korur. Polimerin erimesi sıkıştırma bölgesi yakınlığında başlar. Sıkıştırma bölgesi boyunca diş yüksekliği dereceli artar ve daha sonra diş yüksekliğinin en küçük, basıncın en yüksek olduğu ölçme bölgesine geçilir. Erimiş polimer ölçme bölgesi bitiminde basınç altında kafaya basılır. Ekstruder vidalarının karakteristikleri Şekil 7.1c de verilmiştir.



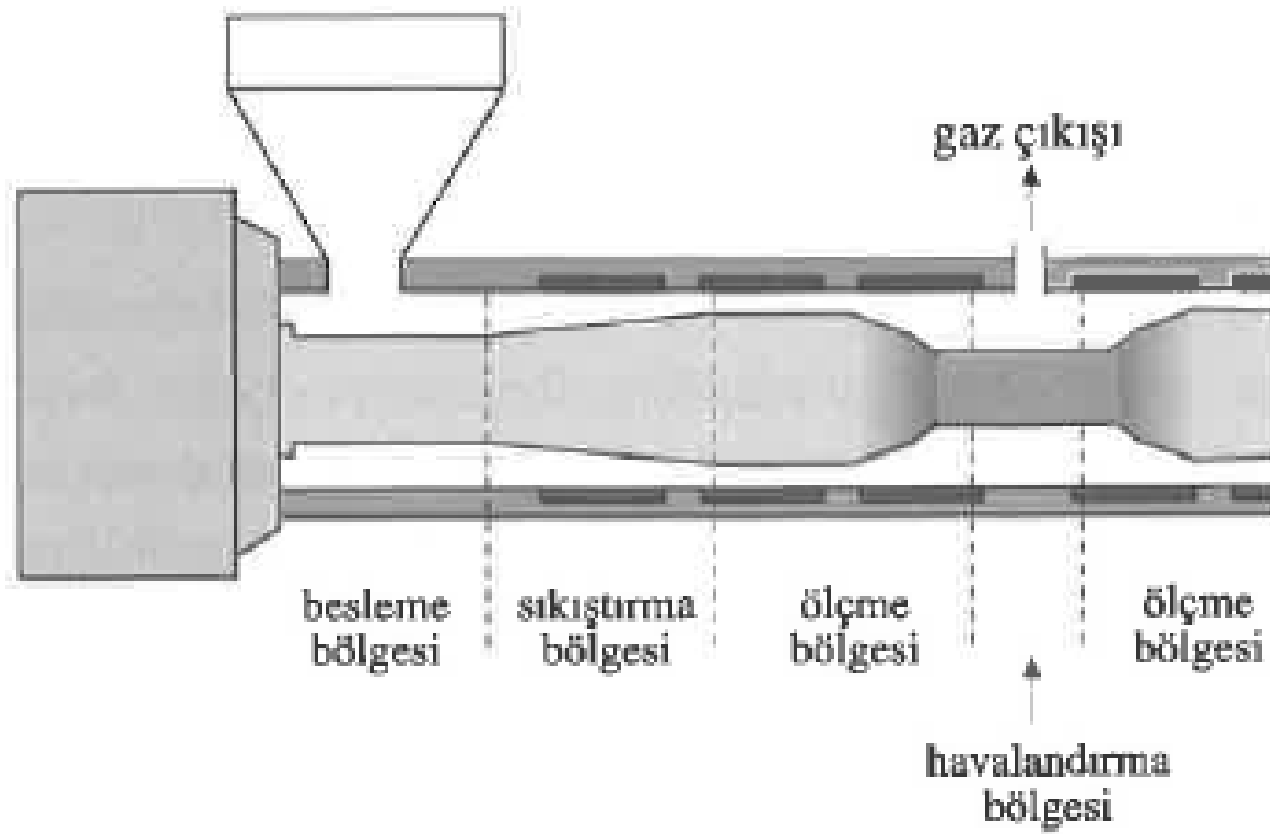
Şekil 7.3 Ekstruder vidası boyunca basıncın değişimi.

Şekil 7.3 de ekstruzyon vidası boyunca basınç değişimi görülmektedir. Polimer beslemesi yapıldıktan sonra sürekli artan basınç, kalıp bölgesinde hızla azalarak ürünün ekstruderden ayrıldığı noktada sıfıra iner.



Şekil 7.4 (a) Karıştırma bölgesi ve (b) ikili ekstruder vidaları.

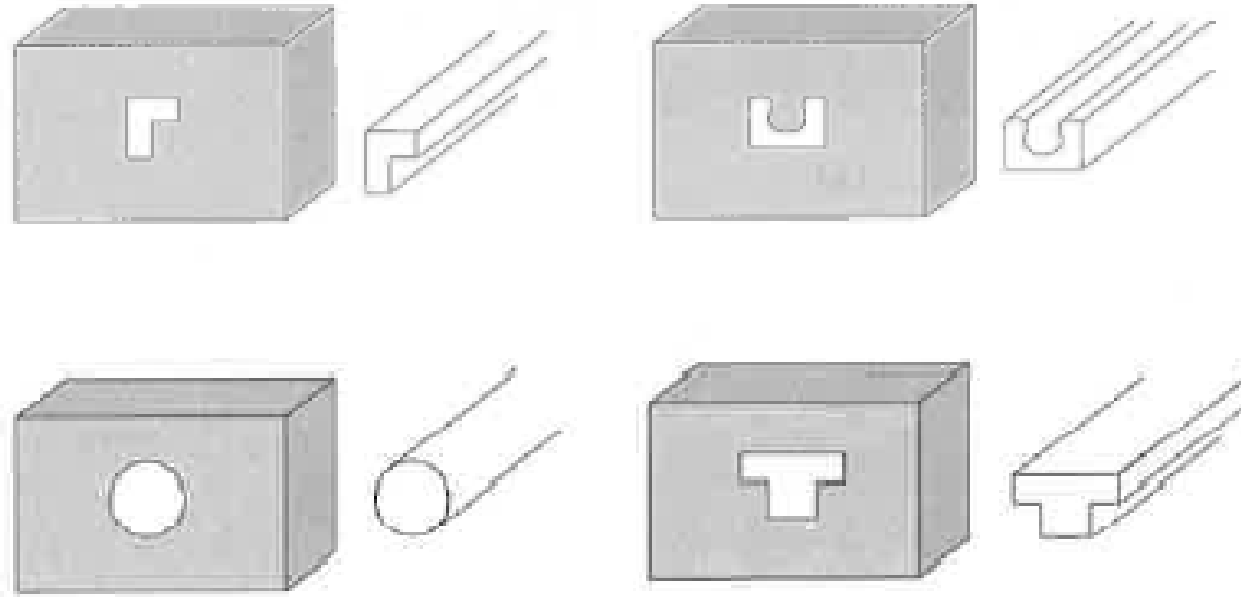
İyi karışma istendiğinde ayrıca bir karışma bölgesi eklenmiş Şekil 7.4a da gösterilen türden vidalardan yararlanılır. Polimerler çoğu kez boya, dolgu, antioksidant, stabilizatörler vb katkı maddeleri ile karıştırılarak ekstrudere verilirler. Bu tür uygulamalarda erime sonrası yeterli karışmanın sağlanabilmesi için aynı ya da ters yönlerde dönebilen vidaların bulunduğu ikili veya daha fazla vidalı ekstruderler de kullanılmaktadır (Şekil 7.4b).



Şekil 7.5 Gaz uzaklaşmasına olanak sağlayan ekstruder vidakovan tasarımı.

Erime sırasında veya polimer içerisinde önceden tutulmuş gazların açığa çıkma olasılığında, silindir/vida dizaynı Şekil 7.5 de gösterildiği gibi değiştirilir.

Sonsuz vida uzunluğunun vida çapına oranı, ekstruderi tanımlayan bir veridir ve ticari amaçla kullanılan ekstruderlerde bu oran 15/1-35/1 arasındadır. Vidanın kesleme bölgesi konel vidalardan farklıdır.



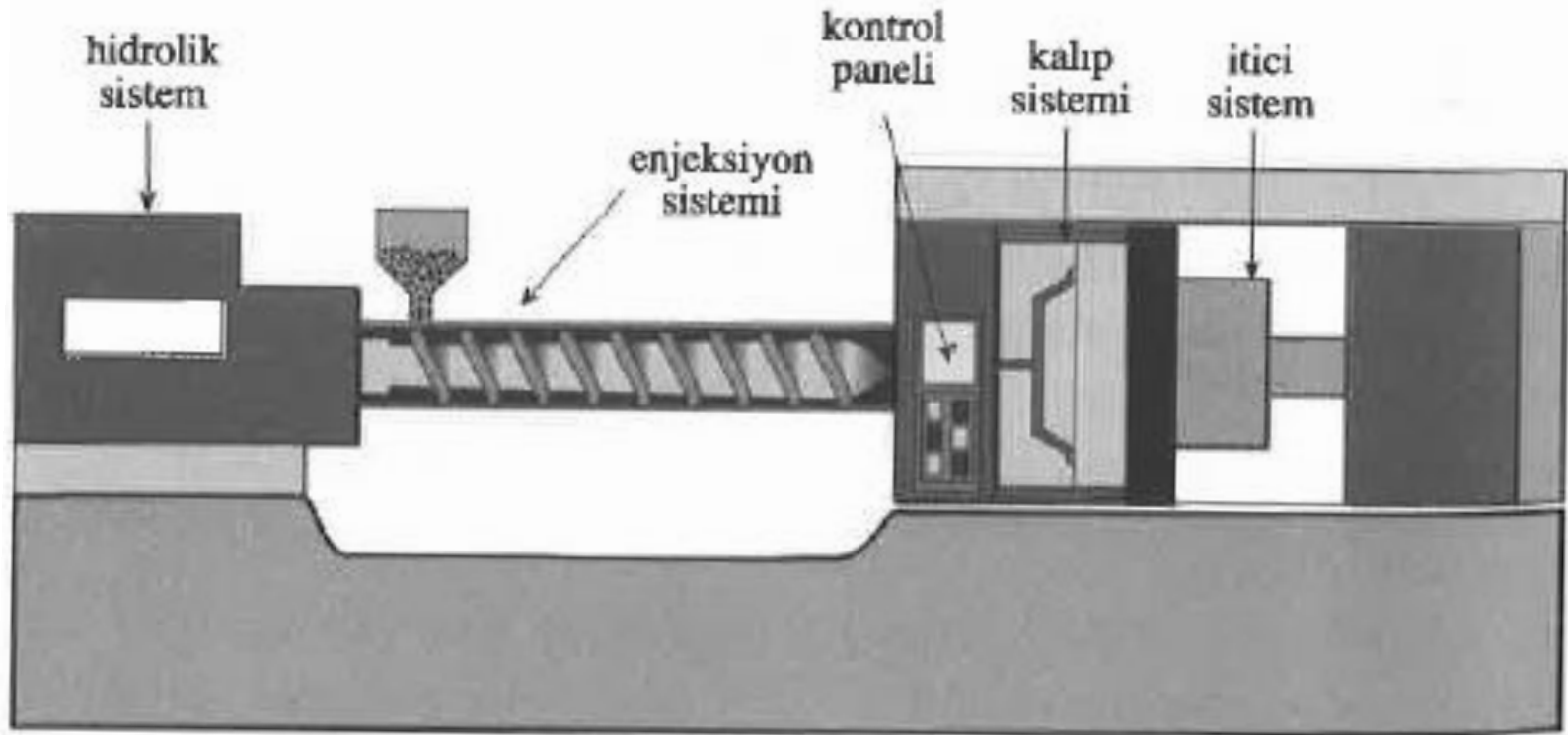
Şekil 7.6 Ekstruderlerde kafa geometrisi ürün kesit geometrisini belirler.

Bir adaptör yardımıyla ekstrudere vidalanmış olan kafa (başlık, kalıp), ekstruder çıkışında polimerik ürünün kesit geometrisini belirleyen elemandır. Kafanın şekline bağlı olarak boru, film, çubuk, levha, profil veya başka kesit geometrilerinde ürünler elde edilir (Şekil 7.6, Fotoğraf 7.9).

7.2.2 ENJEKSİYON

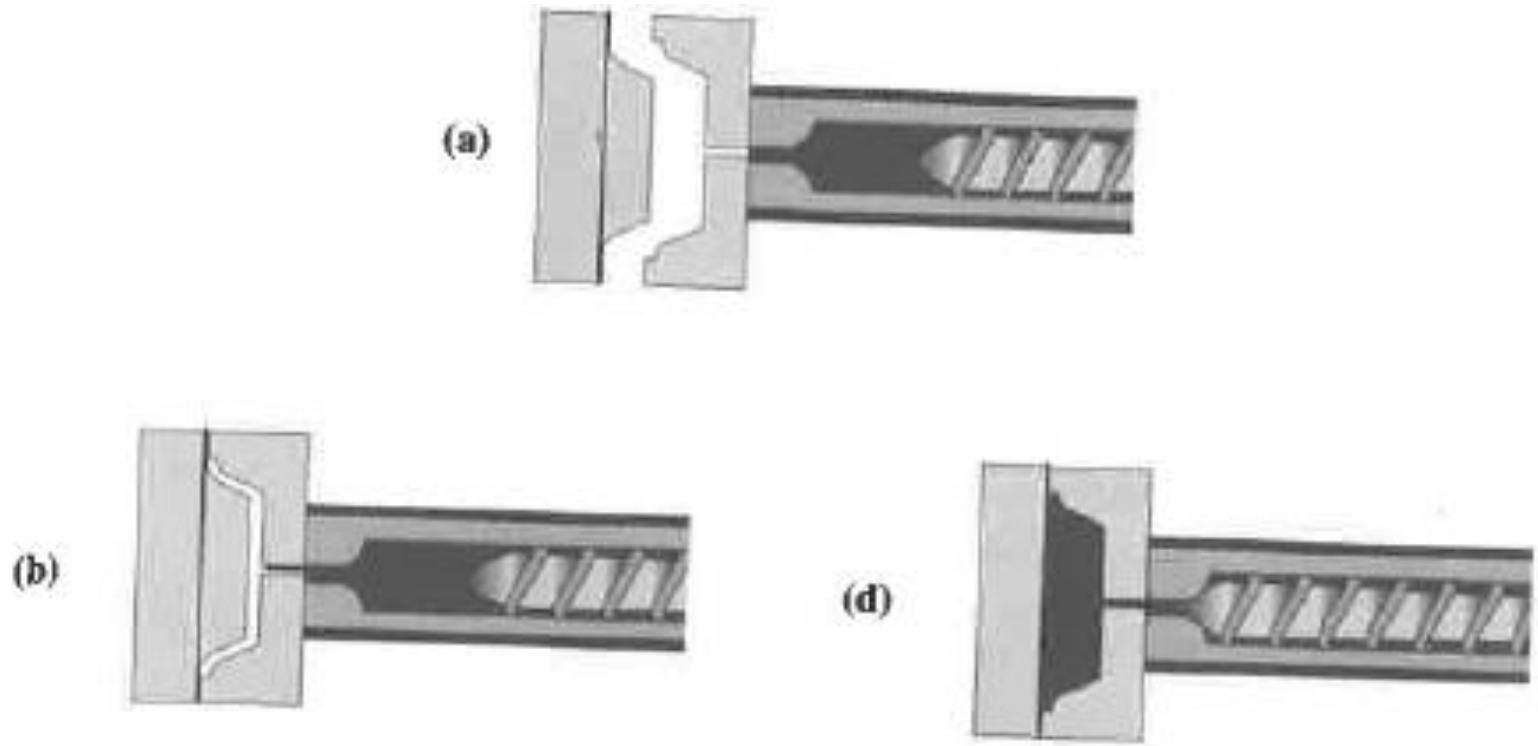
Enjeksiyon yönteminde, akışkan haldeki polimer basınç altında kapalı bir kalıp içerisine doldurulur ve soğutma işleminden sonra kalıp açılarak ürün alınır. Sözü edilen adımlar sürekli yinelenerek karmaşık geometrilerdeki parçalar, kısa sayılabilecek sürelerde üretilirler. Şekillendirilmiş parçalar, çapak alma gibi ileri işlemlerden sonra doğrudan kullanıma sunulur.

Enjeksiyon kalıplama, enjeksiyon makinesi adı verilen sistem kullanılarak yapılır (Fotoğraf 7.12) ve tipik bir enjeksiyon makinesi; enjeksiyon sistemi, hidrolik sistem, kalıp sistemi, itici sistem ve kontrol sistemi olmak üzere beş kısma ayrılır. (Şekil 7.10).



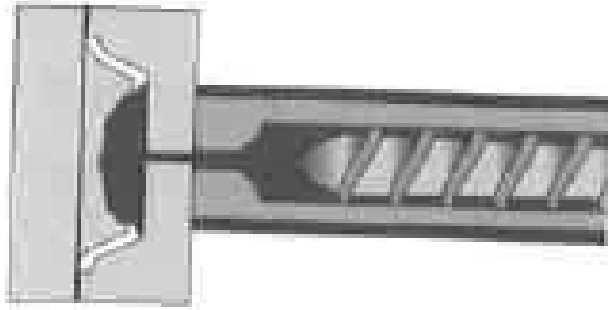
Şekil 7.10 Enjeksiyon makinesinin kısımları.

- Enjeksiyon sistemi: Besleme hunisi, kovan ve vida (veya piston) bulunur.
- Hidrolik sistem: Sonsuz vidanın dönmesi, itme sisteminin çalışarak kalıbı kapatması ve kalıbı basınç altında tutması için gerekli gücü sağlar.
- Kalıp sistemi: Kalıbın bağlantı elemanları ve parçalarını, soğutma elemanlarını, kalıp boşluğunu, enjeksiyon deliğini içerir.
- İtici sistem: Kalıbı açıp kapatır ve kalıbın hareketli parçasını taşır.
- Kontrol paneli: Sıcaklık, basınç, enjeksiyon hızı, vida konumu ve dönme hızı gibi işlem parametrelerini denetler ve ayarlar.

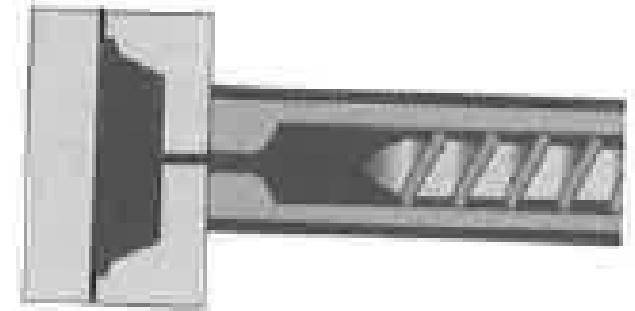


Ekstruzyon makinelerinden farklı olarak, enjeksiyon makinelerinin kovanları-
nın sonunda, erimiş malzemenin toplanabileceği bir boşluk vardır. Vida hareketiyle
getirilen erimiş polimer bu kısmı doldurur ve vidayı geri itmeye başlar. Bu aşama,
kalıplama için yeterli erimiş polimerin toplandığı andır (Şekil 7.11b). Önceden maği-

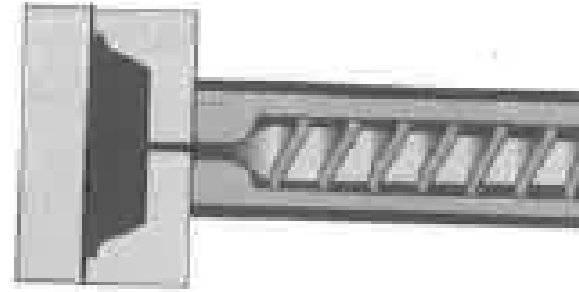
(c)



(e)

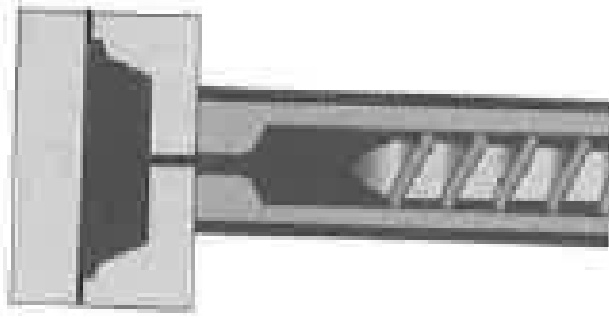


(d)

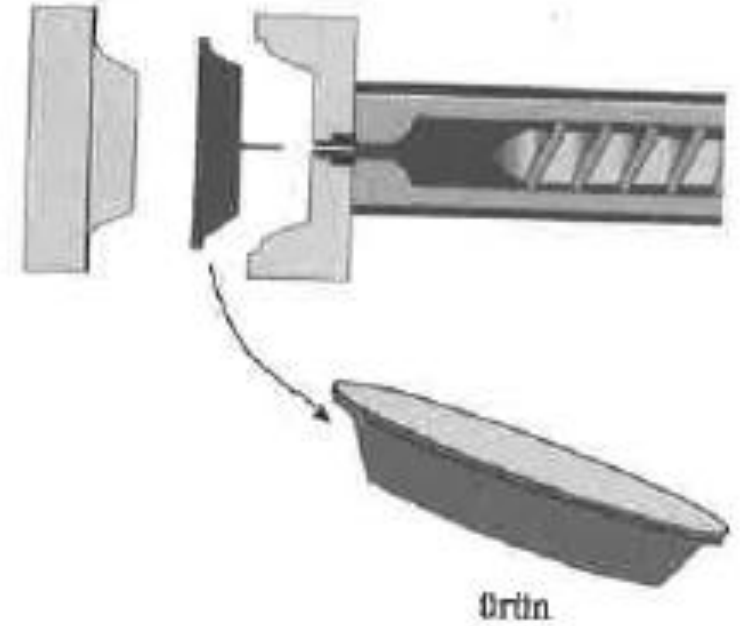


kalıplama için yeterli erimiş polimerin toplandığı andır (Şekil 7.11b). Önceden makine üzerinde yapılan ayarlamaya bağlı olarak kalıp ve kovan arasında bulunan vana açılır ve vida aniden ileri doğru hareket ederek erimiş polimeri kalıba basmaya başlar (Şekil 7.11c). Kalıp içerisi polimerle dolduktan sonra (Şekil 7.11d), vida, polimerin kalıbın içerisini tam doldurması amacıyla bir süre basınç uygulamaya devam eder

(e)

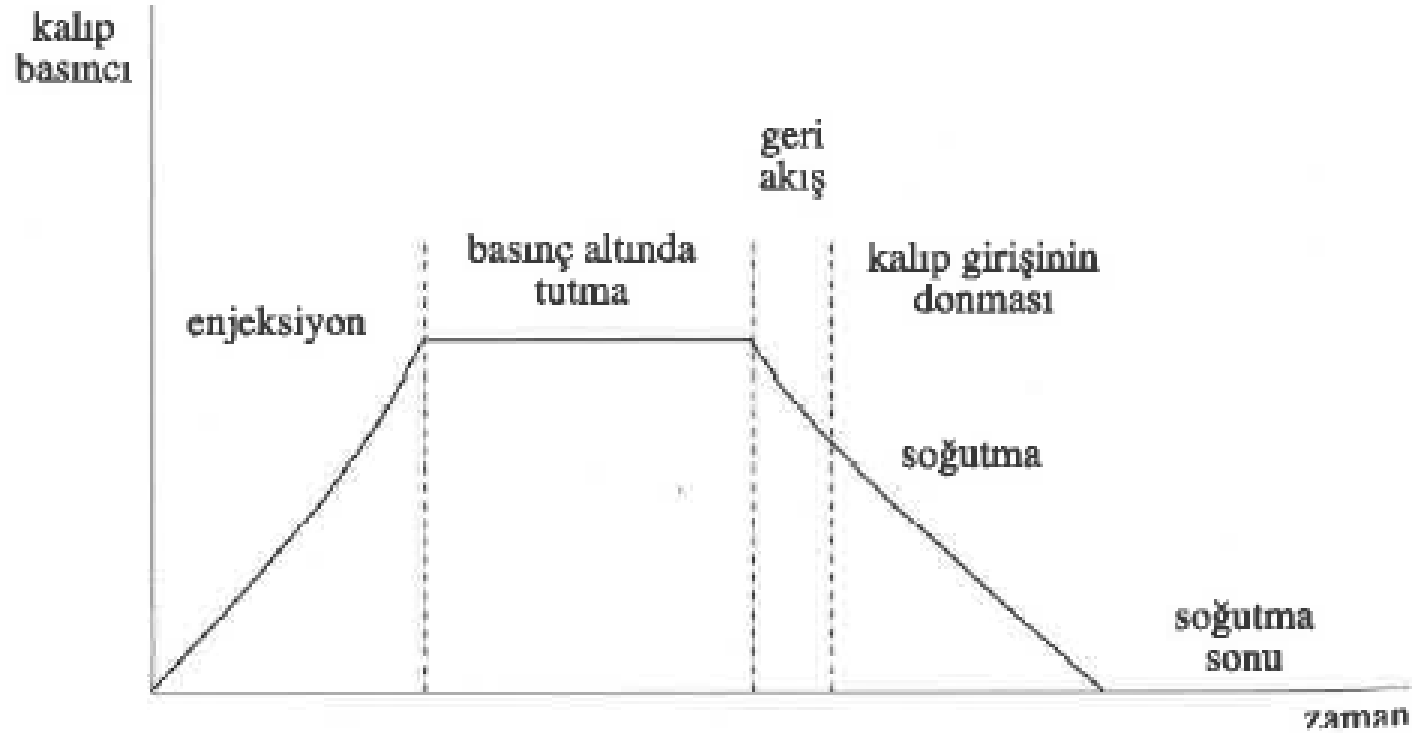


(f)



Şekil 7.11 Enjeksiyon işleminin aşamaları. (a) açık kalıp, (b) enjeksiyona hazır kalıp, (c) enjeksiyonun başlaması, (d) enjeksiyonun tamamlanması, (e) basınç altında tutma, (f) ürünün alınması.

Daha sonra vida geri çekilir ve dönme hareketiyle yeni enjeksiyon için erimiş malzemeyi biriktirmeye başlar, aynı anda kalıba soğutma işlemi uygulanır (Şekil 7.11e). Soğutulan kalıp açılarak tahliye pimleri yardımıyla ürün dışarı alınır (Şekil 7.11f) ve kalıp kapatılarak ikinci baskıya hazır hale getirilir (Şekil 7.11a).



Şekil 7.13 Enjeksiyon kalıplamada basıncın zamanla değişimi.

adımıdır. Şekil 7.13 de ise enjeksiyon işlemi sırasında kalıp içerisindeki basıncın zamanla değişimi verilmiştir.



Şekil 7.14 Enjeksiyon kalıplamada ürünün tahliye pimleriyle itilişi.

Enjeksiyon makinelerinde kullanılan kalıplar genelde iki parçalıdır. Enjeksiyon vidası tarafındaki kalıp parçası sabit, diğer kalıp parçası ise itici sisteme tutturulmuştur. İtici sistem geri çekilirken kendisine bağlı kalıp parçasını da beraberinde taşır ve bu sırada açılan kalıp içerisinden itici pimler ürünü kalıp dışına iter (Şekil 7.14).

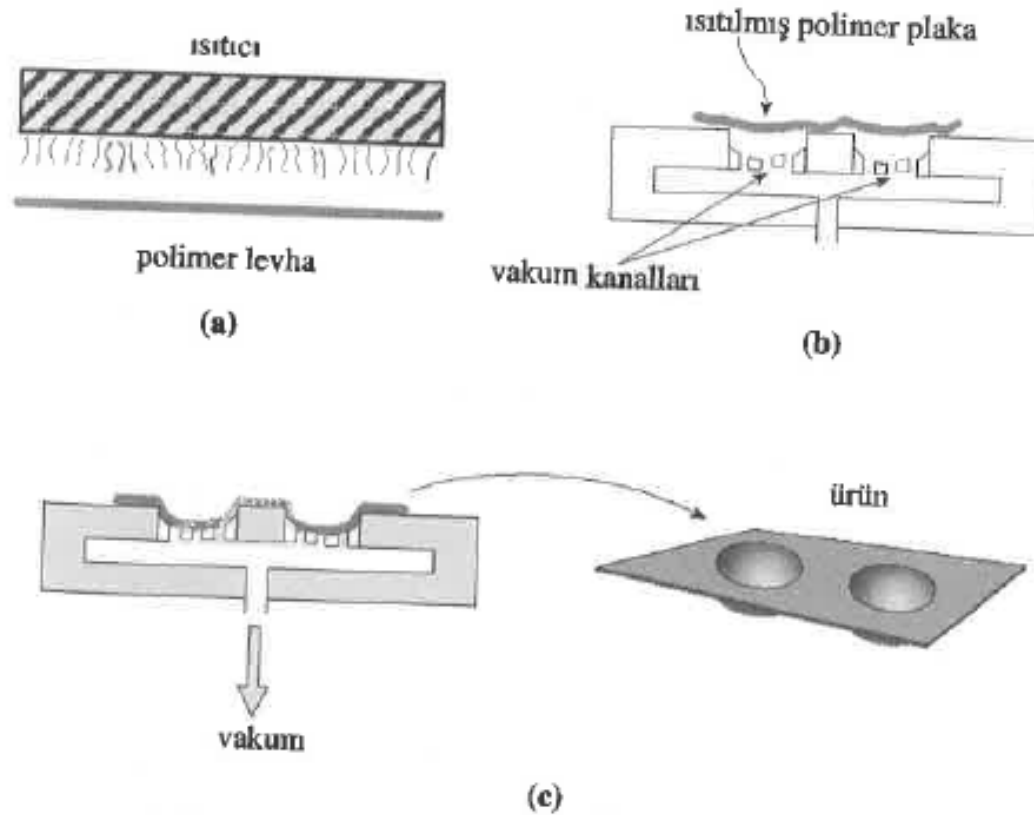


Fotoğraf 7.13 Enjeksiyon makinesine bağlı şişe kapağı yapımında kullanılan dişi (sağda) ve erkek (solda) kalıp parçaları.

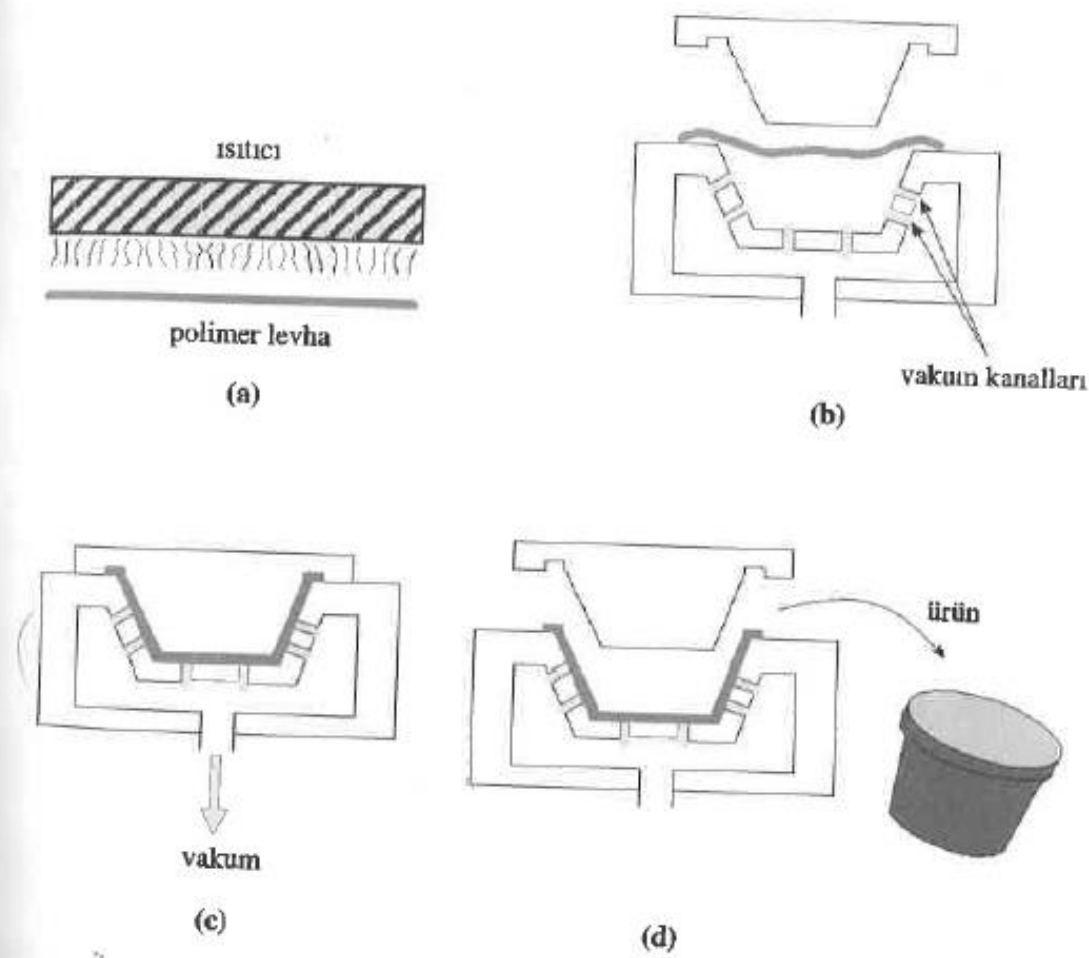
Enjeksiyonla şekillendirmede kullanılan kalıplar genelde iki parçalıdırlar ve kalıp parçaları birbirleri üzerine kapatıldığında aralarında elde edilecek ürünün şekli oluşur. İyi şekillendirilmiş ürünler, uyumlu kalıp parçaları ve enjeksiyon sırasında sızıntı yapmayan kalıplardan elde edilebilir. Fotoğraf 7.13 de enjeksiyon makinesine bağlanmış şişe kapağı yapımında kullanılan dişi ve erkek kalıp parçaları, Fotoğraf 7.14 de ise iki kalıp görülmektedir.

7.2.3 VAKUM KALIPLAMA

Vakum kalıplama yöntemi, özellikle film veya ince levha halindeki termoplastik polimerlerin şekillendirilmesine uygundur. Şekil 7.17 de en basit vakum şekillendirme yöntemi olan tek kalıp üzerinde şekillendirmenin aşamaları gösterilmiştir. Yöntem, polimerin ısıtılıp yumuşatılması, kalıp üzerinde vakumla şekillendirilmesi ve parçanın kalıptan alınması şeklinde üç adıma ayrılır.



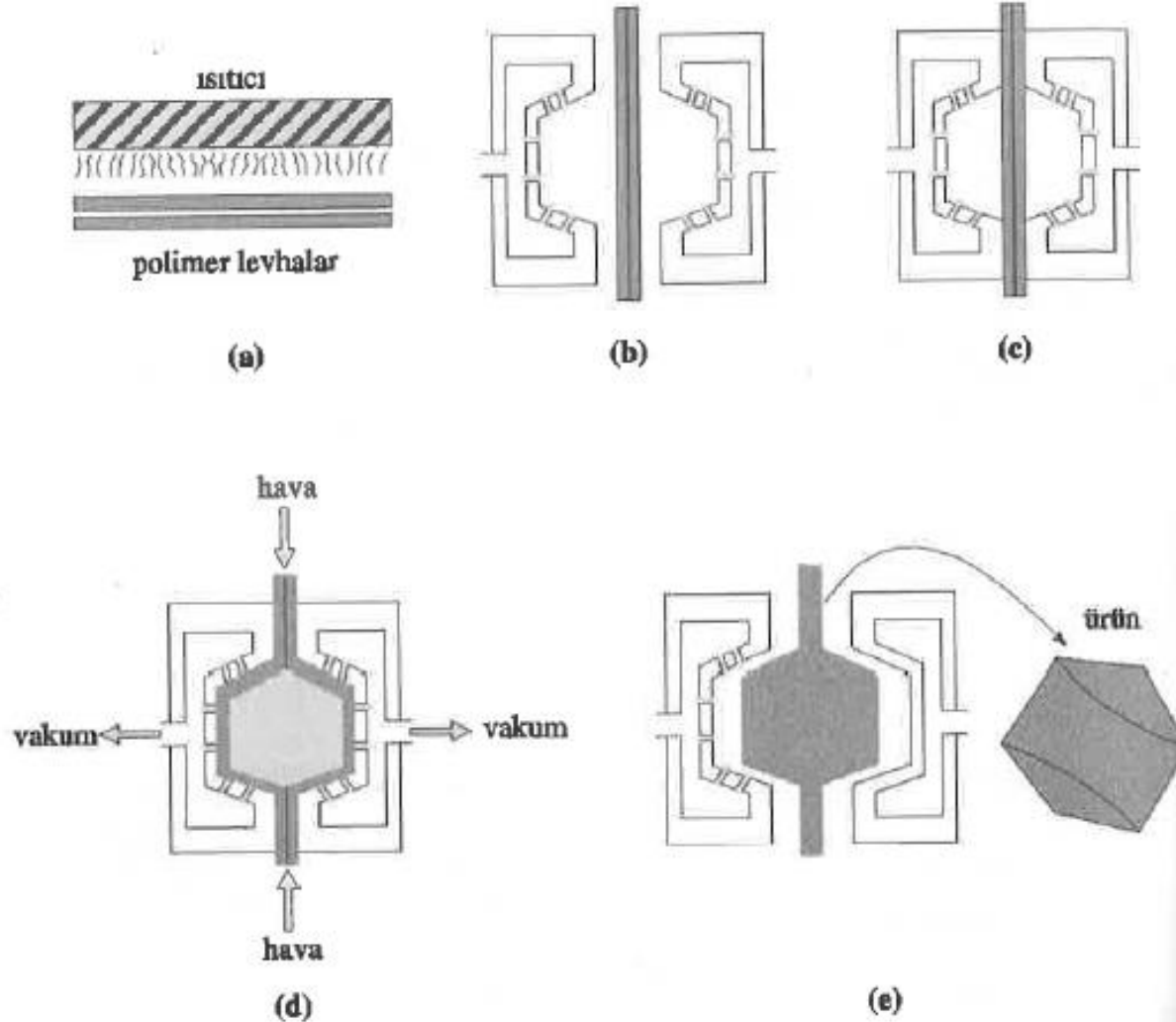
Şekil 7.17 Erkek kalıp üzerinde vakum kalıplamanın aşamaları. (a) polimer levhanın ısıtılması, (b) levhanın kalıp üzerine alınması, (c) vakum uygulama ve ürün.



Şekil 7.18 Erkek ve dişi kalıbın birlikte kullanıldığı vakum kalıplama işlemi. (a) polimer levhanın ısıtılması, (b) levhanın kalıp üzerine alınması, (c) vakum uygulama (d) erkek kalıbın kaldırılarak ürünün alınması.

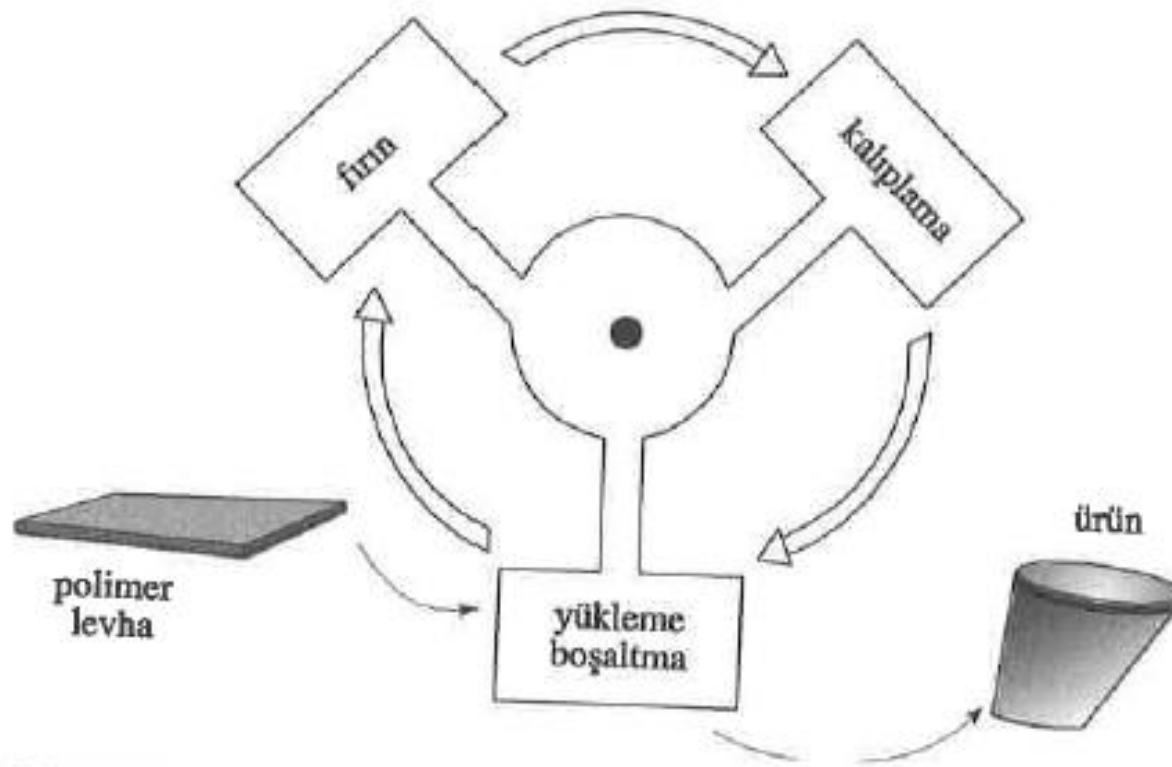
yeterlidir. Üretilcek parçanın boyutu, geometrisi ve üretim hızına bağlı olarak vakum şekillendirme yönteminin uygulama tekniği değiştirilebilir.

Bunlardan birisi, dişi erkek kalıbın birlikte kullanıldığı vakum kalıplama yöntemidir (Şekil 7.18). Yumuşamış levha vakumla dişi kalıp yüzeyine çekilirken, üzerine erkek kalıpla baskı yapılır.



Şekil 7.19 İçi boş malzemelerin üretimine uygun vakum kalıplama işlemi. (a) polimer levhaların ısıtılması, (b) levhaların iki kalıp parçası arasına alınması, (c) kalıp parçalarının kapatılması, (d) vakumla birlikte basınç uygulanması, (e) kalıbın açılıp ürünün alınması.

Yöntemin bir başka biçimi, içi boş malzemelerin üretiminde kullanılır. İki ayrı plastik levha ısıtılır ve Şekil 7.19 da gösterildiği gibi bir araya getirildikten sonra aralarına hava basılarak kalıp yüzeylerine bastırılır, aynı anda vakum uygulanarak polimerin kalıp yüzeyinde şekillenmesine yardım edilir. Vakum



Şekil 7.20 Döner vakum kalıplama sistemi.

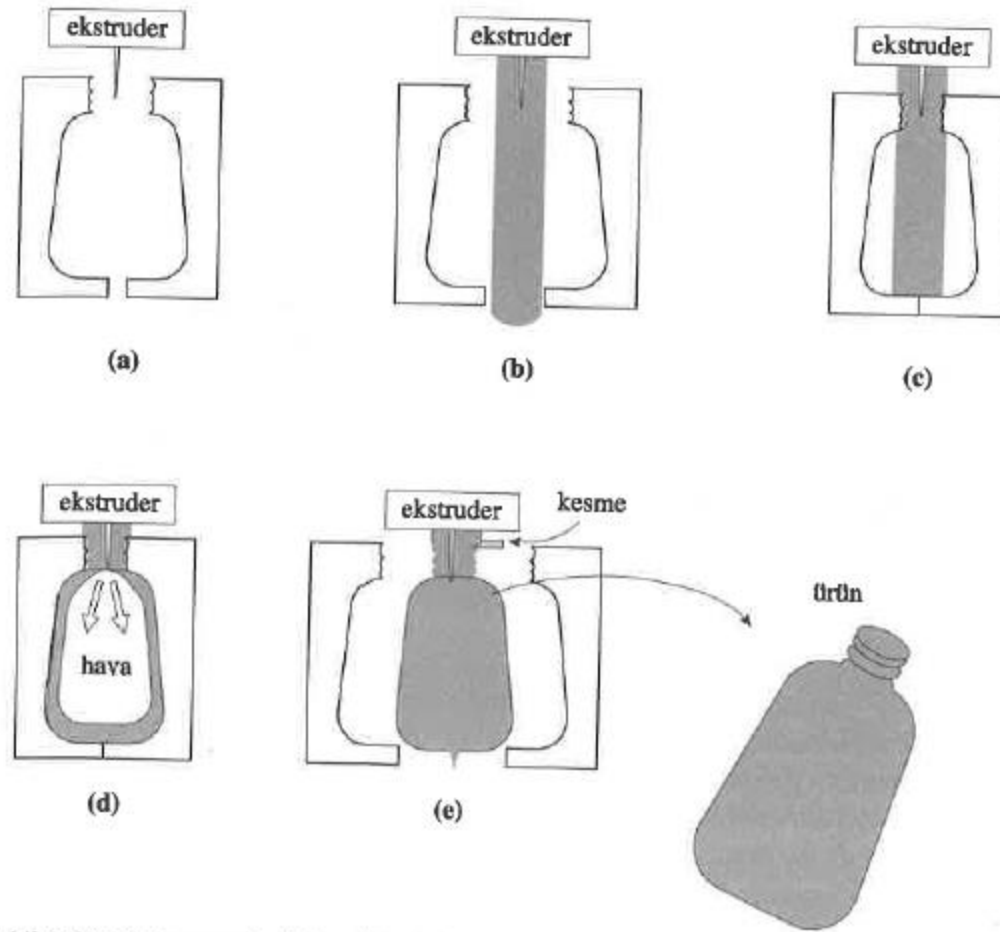
kalıplama tekniklerinden bir başkası olan döner vakum kalıplama sistemi Şekil 7.20 de ve sürekli üretime uygun bir vakum kalıplama sistemi ise Şekil 7.21 de gösterilmiştir.

7.2.4 ŞİŞİREK KALIPLAMA

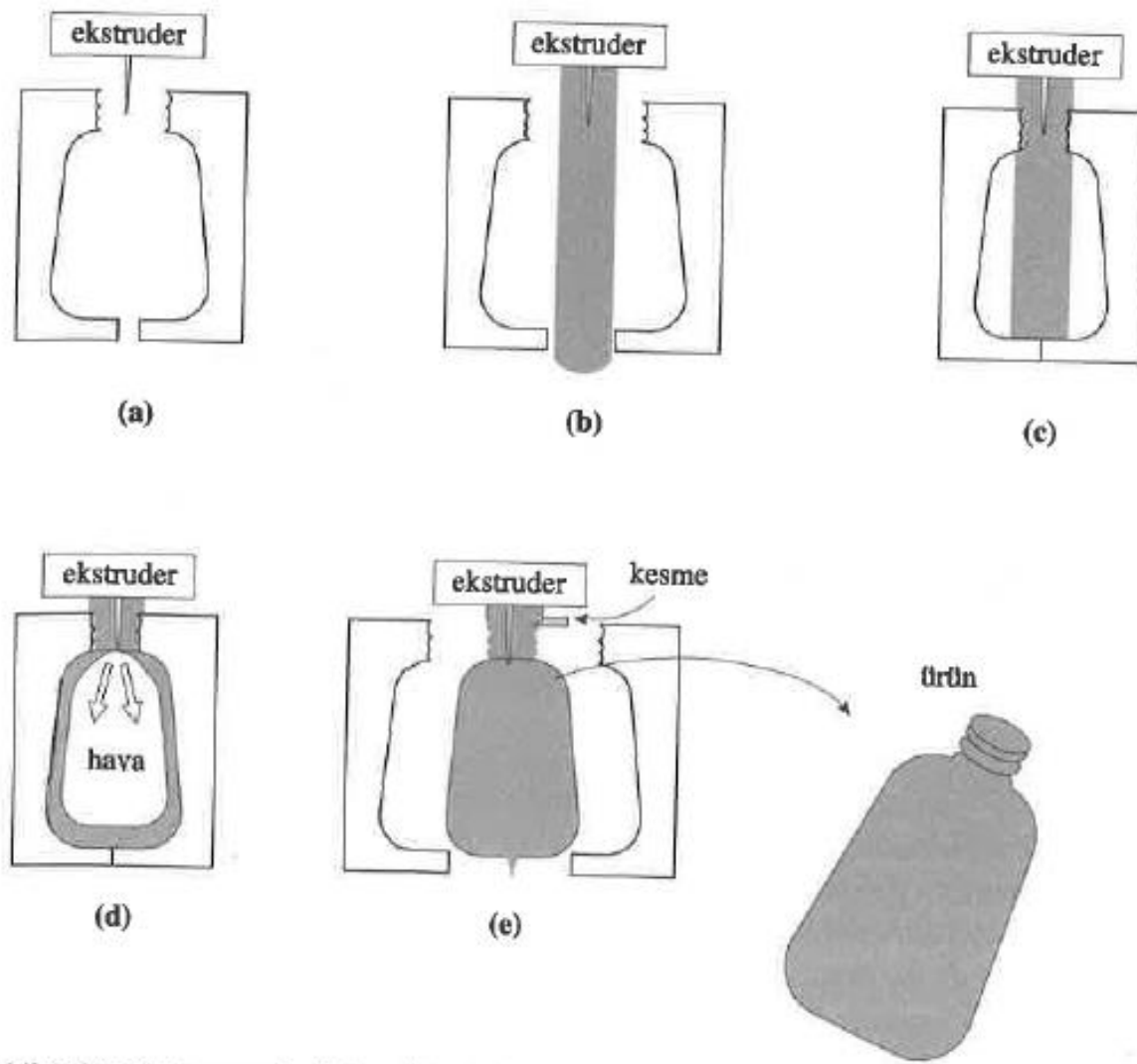
Şişirerek kalıplama, içi boş kapların (plastik şişe, bidon vb) ve parçaların üretilmesinde kullanılan önemli bir polimer işleme tekniğidir. Uygulamada, önceden şekillendirilmiş yumuşak bir polimer parçası kalıp boşluğuna alınır ve hava (veya azot) basılarak polimerin kalıp iç yüzeyine doğru genişlemesi ve kalıp iç yüzeyinin şeklini alması sağlanır. Polimer kalıp içerisine ekstruzyon makinesinden (ekstruzyon şişirerek kalıplama) veya enjeksiyon makinesinden (enjeksiyon şişirerek kalıplama) beslenir. Enjeksiyon şişirerek kalıplama daha çok küçük şişelerin, ekstruzyon şişirerek kalıplama büyük şişelerin üretiminde kullanılır.

ekstruzyon şişirerek kalıplama

Ekstruzyon şişirerek kalıplamanın genel işlemleri Şekil 7.22 de verilmiştir. Ekstruder kafasından tüp şeklinde çıkan yumuşamış polimer parçası (*parison*) üzerine kalıbın iki parçası kapanır ve parisonu içerisinde tutar. Kalıbın alt tarafı tamamen kapalıdır, üst tarafında ise parison içerisine uzanan bir şişirme iğnesi vardır.



Şekil 7.22 Ekstruzyonla şişirerek kalıplamanın aşamaları. (a) ekstruder kafasına yakın açık kalıp, (b) parison oluşumu, (c) kalıp parçalarının parison üzerine kapanması, (d) parisonun şişirilmesi, (e) kalıbın açılarak ürünün alınması.

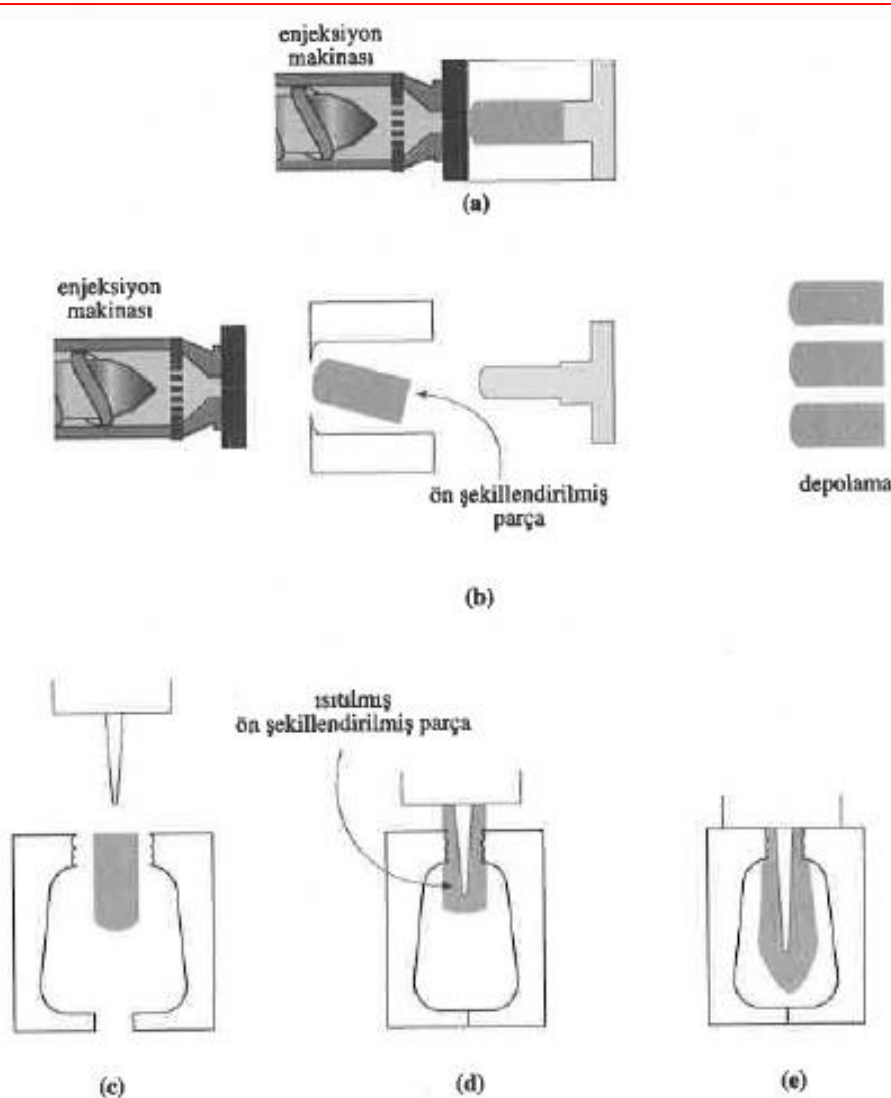


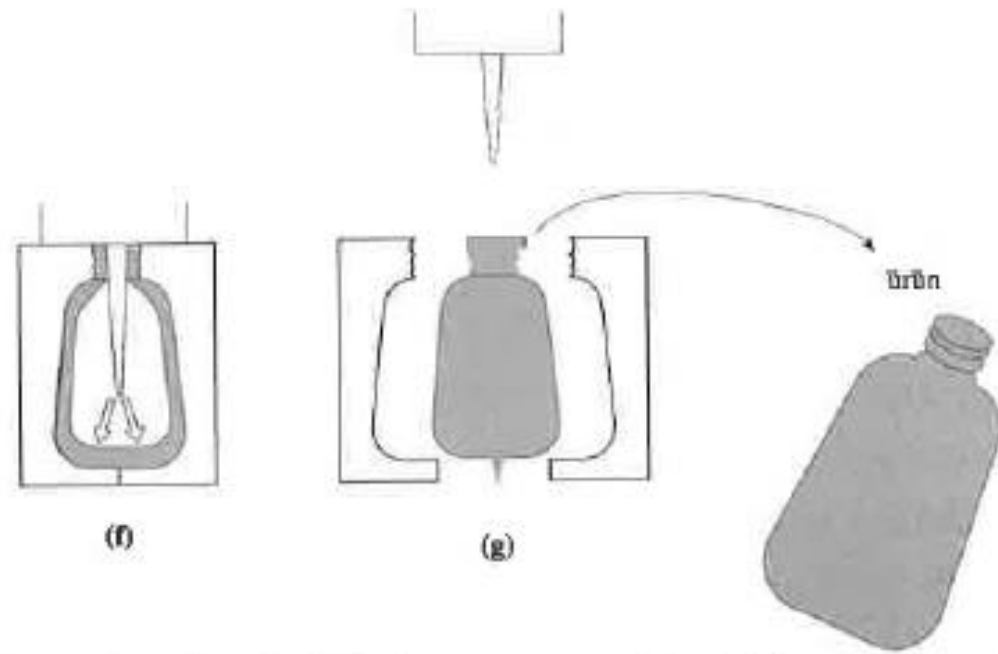
Şekil 7.22 Ekstruzyonla şişirerek kalıplamanın aşamaları. (a) ekstruder kafasına yakın açık kalıp, (b) parison oluşumu, (c) kalıp parçalarının parison üzerine kapanması, (d) parisonun şişirilmesi, (e) kalıbın açılarak ürünün alınması.

Kalıbın iç
vardır. Bu içten hava basılarak yumuşak haldeki polimer, soğutulan kalıbın iç
yüzeyine karşı şişirilir. Soğutma yapıldıktan sonra kalıp iç yüzeyinin geometrisinde
(ürünün dış yüzünün şekli) katılaşan polimer kalıp açılarak alınır. Fotoğraf 7.22'de

enjeksiyon şişirerek kalıplama

Enjeksiyon şişirerek kalıplama son yıllarda geliştirilen bir tekniktir ve temelde ekstruzyon şişirerek kalıplamaya benzerdir. İki yöntem şişirilecek polimer ara ürünün ve şişirme memesinin özellikleri noktalarında birbirinden ayrılırlar.





Şekil 7.23 Enjeksiyonla şişirerek kalıplamanın aşamaları. (a) enjeksiyon yöntemi ile polimerin ön şekillendirilmesi, (b) kalıp açılarak ön şekillendirilmiş parçanın alınması ve depolanması, (c) ön şekillendirilmiş polimerin şişirme yerine alınması, (d) kalıpların kapanması, (e) ve (f) şişirme memesinin uzayarak ve hava basıncıyla polimeri şişirmesi, (g) kalıbın açılarak ürünün alınması.

- Ekstruzyon şişirerek kalıplamada Şekil 7.22 de verildiği gibi ekstruder kafasından alınan parison soğutulmadan hemen şişirilir ve istenilen ürüne geçilir. Enjeksiyon şişirerek kalıplamada ise daha önceden şekillendirilmiş

bir parça yeniden yumuşatılarak şekillendirilir. Enjeksiyon şişirerek kalıplamada kullanılacak parçalar, önceden enjeksiyon makinası ile erimiş polimerin aşırı soğutulan bir kalıp içerisine basılmasıyla hazırlanırlar ve depolanırlar. Ani soğuma nedeniyle polimer tam amorf yapıda katılaşır.

yapıda kalmaşu.

Ekstruzyon şişirerek kalıplamada kullanılan şişirme memelerinin konumları sabittir, parison içerisine hava basılırken hareket etmezler. Enjeksiyon şişirerek kalıplamada hareketli şişirme memeleri kullanılır. Şişirme sırasında meme aşağı doğru hareket ederek yumuşamış polimeri uzatırken, aynı anda hava ile polimeri genişletir ve kalıp yüzeyinde şekillendirir.