

MIKELL P. GROOVER

Çeviri Editörleri: Mustafa Yurdakul - Yusuf Tansel İç

4th EDITION

4. BASIMDAN ÇEVİRİ



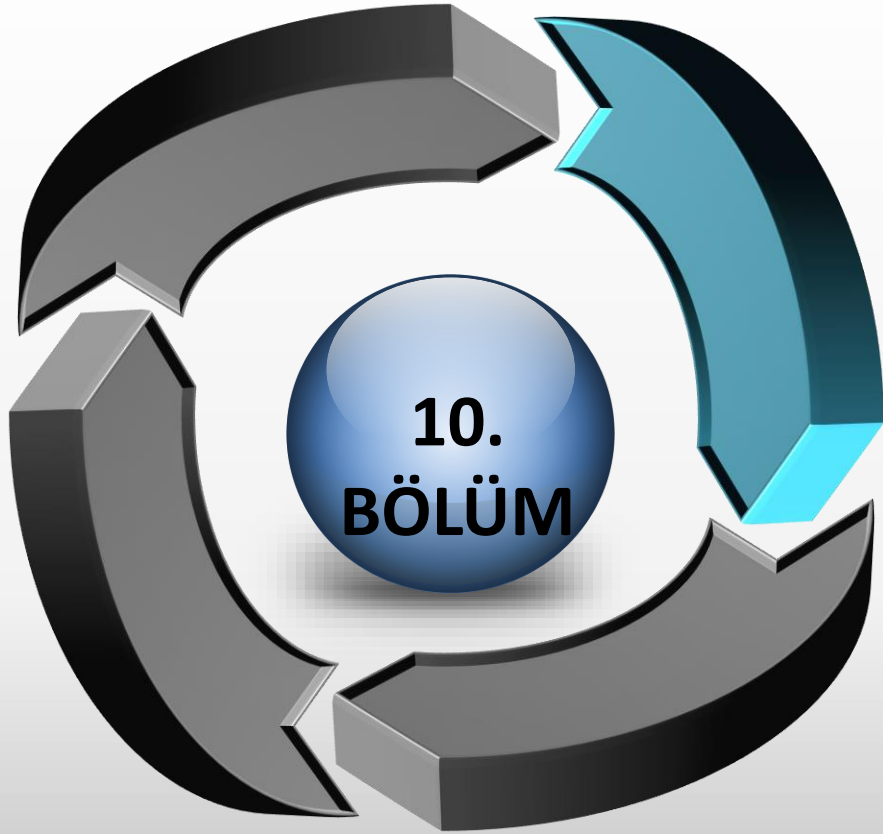
PRINCIPLES of **MODERN MANUFACTURING**

MODERN İMALATIN

PRENSİPLERİ

Gözden Geçirilmiş Yeni Basım





Döküm Yöntemleri

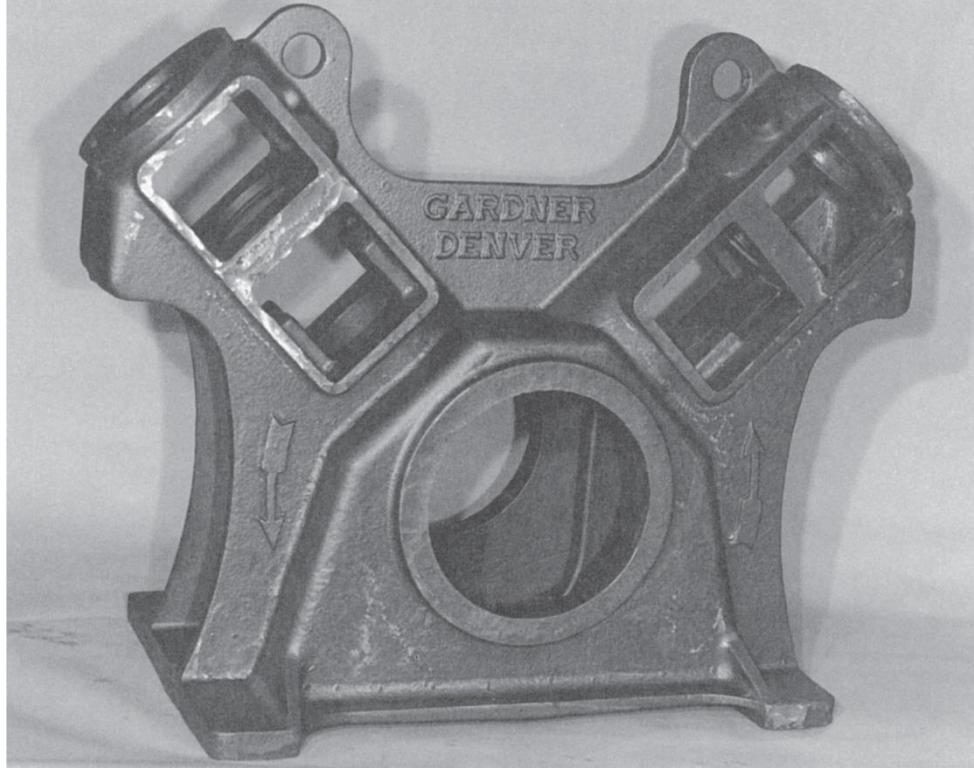
Döküm Yöntemleri

1. Bozulabilir Kalıba Döküm: Döküm parçasını kalıptan çıkarmak için kalıp bozular.
 - Üretim hızı: Kalıbın hazırlanması için geçen zamana bağlı
2. Kalıcı Kalıba Döküm: Kalıp metalden yapılır. Birçok kez kullanılabilir.
 - Üretim hızı: Kalıbın hazır olmasından dolayı yüksektir.

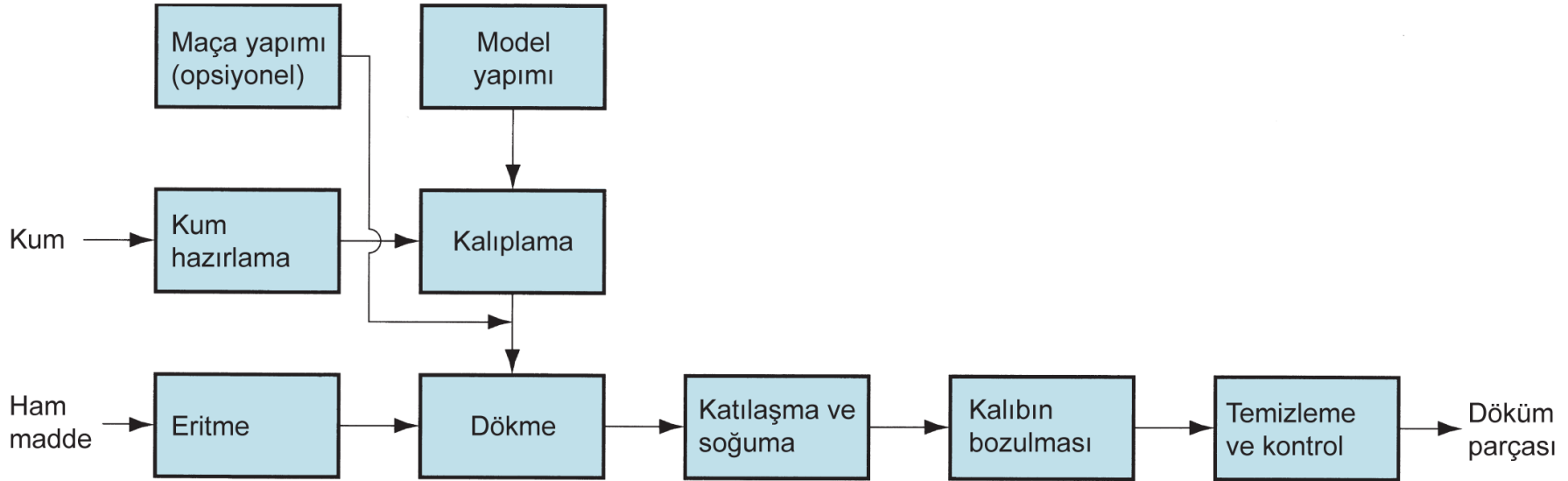
KUM KALIBA DÖKÜM

Kum kalıba döküm yöntemi,

- sıvı metalin kalıba dökümü (boşaltılması)
- katılaşma için bekleme
- döküm parçasını çıkarmak için kalıbın bozulması adımlarını içerir.



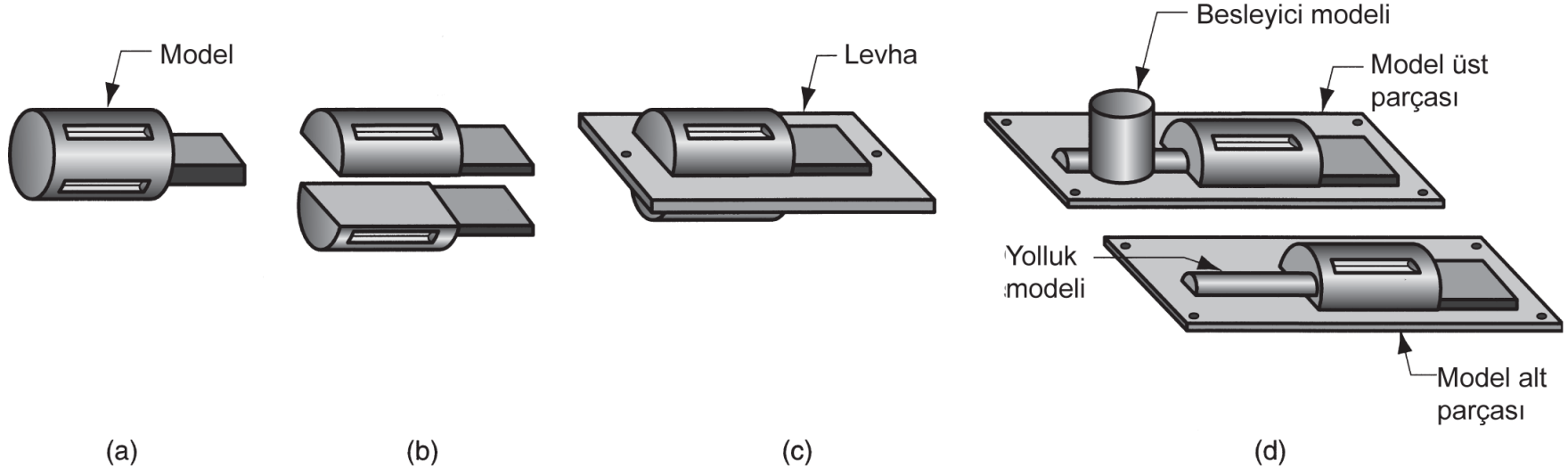
Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilmiş 680 kg ağırlığında oldukça büyük bir hava kompresörü gövdesi



Kum kalıba döküm işleminin üretim aşamaları. Üretim aşamaları sadece döküm işlemini değil aynı zamanda model ve kalıp yapımını da içermektedir

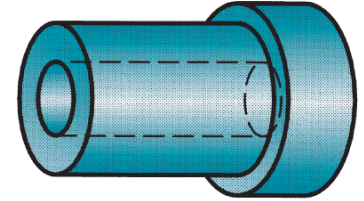
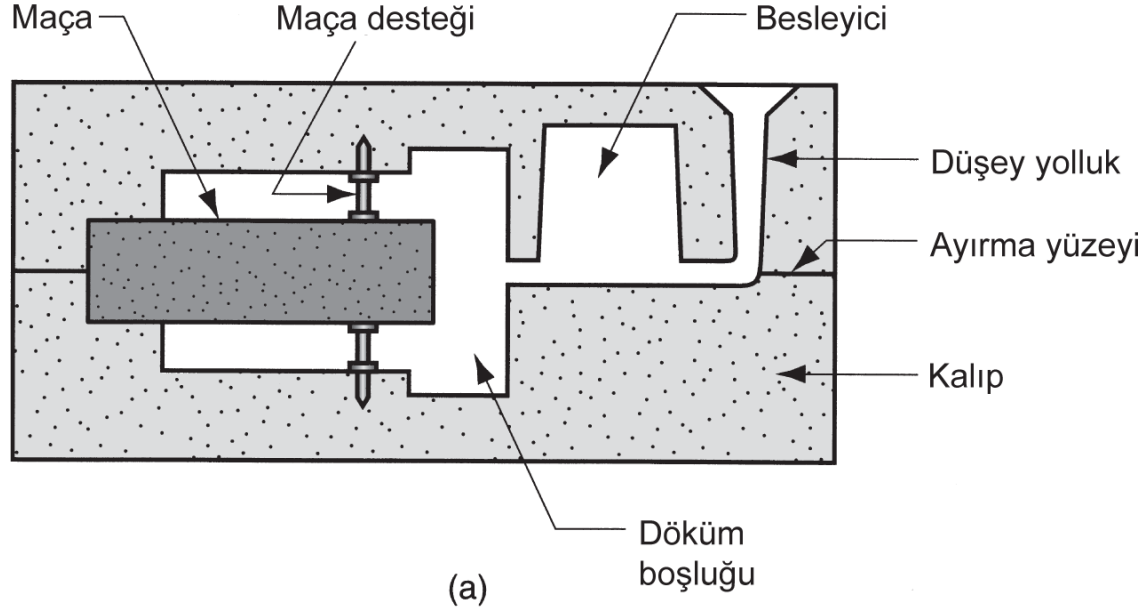
Model ve Maçalar

Model, dökülecek parçanın bir kopyasıdır ve döküm parçasından büzülme ve işleme payları kadar büyüktür. Model malzemeleri ;ahşap, plastik ve metaller...



Kum kalıba dökümde kullanılan model tipleri:

(a) tek model, (b) parçalı model, (c) çift taraflı levhalı model ve (d) tek taraflı levhalı model



(a) Maça destekleri yardımı ile maçanın kalıp boşluğunda sabitlenmesi,
 (b) bir maça desteği örneği ve (c) içi boş bir döküm parçası

KALIP VE KALIP YAPIMI

Kalıp yapımında kum taneleri, su ve bağlayıcı kil ile karıştırılarak kullanılır.

Tipik bir kum-kil-su karışımı %90 kum, %3 su ve %7 kilden ibarettir.

Kum kalıplamada kullanılan geleneksel dereceli sistemlere alternatif olarak ***derecesiz kalıplama*** yapılabilir.

Kumun özellikleri:

1. Mukavemet
2. Geçirgenlik
3. Isıl Kararlılık
4. Yeniden Kullanılabilirlik

TABLO 10.1 Bazı döküm alaşımlarının yoğunlukları [7].

Metal	Yoğunluk (g/cm ³)	Metal	Yoğunluk (g/cm ³)
Alüminyum (%99 saf)	2.70	Gri dökme demir*	7.16
Al-Si alaşımı	2.65	Bakır (%99 saf)	8.73
Al-Cu (%92 Al)	2.81	Kurşun (saf)	11.30
Pirinç*	8.62	Çelik	7.82

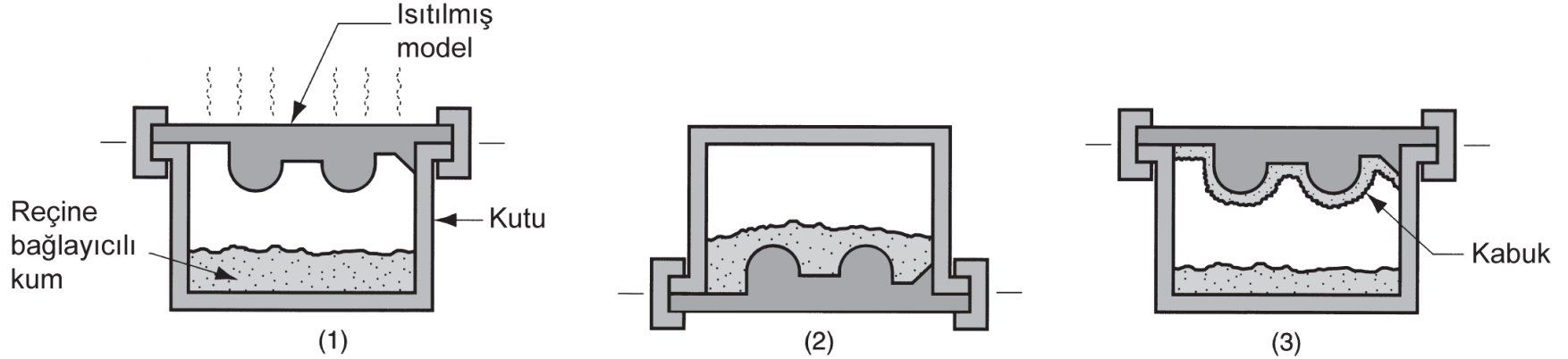
DİĞER BOZULABİLİR KALIBA DÖKÜM YÖNTEMLERİ

Özel gereksinimleri karşılamak üzere geliştirilmiş kum kalıp kadar çok yönlü (esnek) diğer döküm yöntemleri de bulunmaktadır.

DİĞER BOZULABİLİR KALIBA DÖKÜM YÖNTEMLERİ

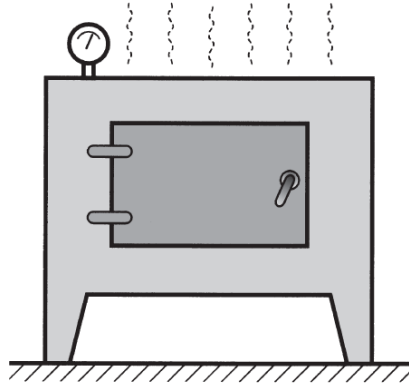
- **Kabuk kalıplama**
- **Vakum kalıplama**
- **Köpük polistiren yöntemi**
- **Hassas döküm**
- **Alçı kalıba ve seramik kalıba döküm**

Kabuk Kalıplama

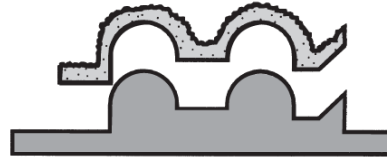


Kabuk kalıplamanın işlem basamakları: (1) çift veya tek taraflı levhalı model ısıtılır ve içerisinde sıcaklıkla sertleşen reçine ile karıştırılmış kum bulunan bir kutu üzerine yerleştirilir; (2) kutu ters çevrilerek kum-reçine karışımı sıcak model üzerine dökülür ve bir süre beklenerek model yüzeyinde sert bir kabuk oluşturulur; (3) kutu tekrar ilk haline döndürülerek sertleşmemiş ve bağlanmamış kum ayrılır;

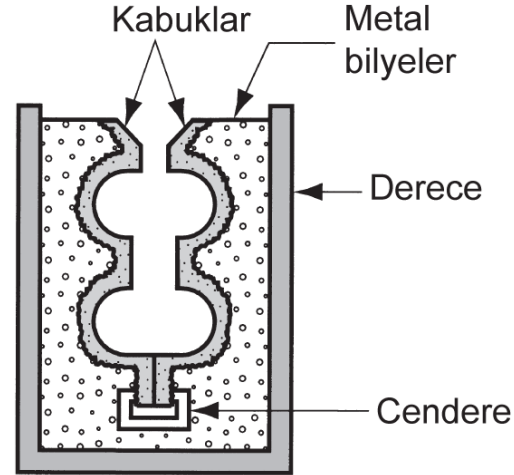
Kabuk Kalıplama



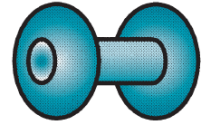
(4)



(5)



(6)

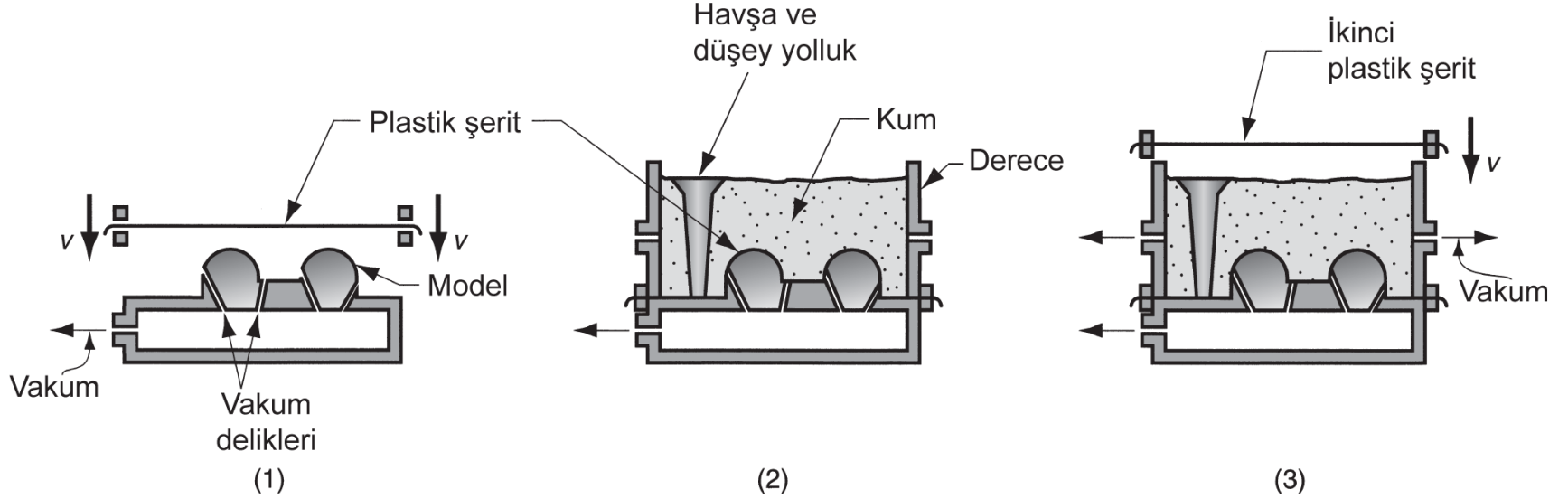


(7)

Kabuk kalıplamanın işlem basamakları:

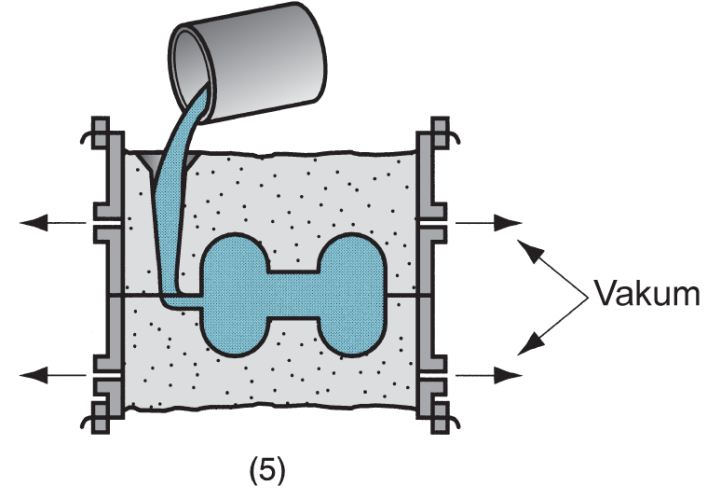
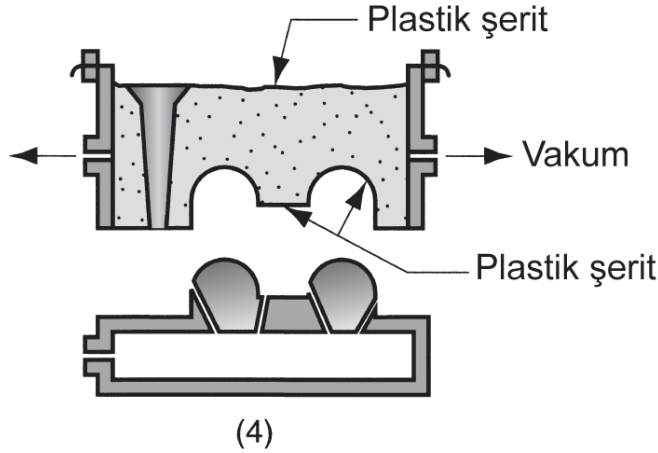
- (4) kum kabuk bir fırında ısıtılarak sertleştirme işlemi tamamlanır; (5) kabuk kalıp modelden sıyrılarak ayrılır;
 (6) kalıbın iki parçasının montajı yapılır ve kum veya metal bilye dolu bir derece içerisine gömülerek desteklenir ve sıvı metalin dökümü yapılır; (7) döküm parçası kalıptan çıkarılır.

Vakum Kalıplama



Vakum kalıplamanın işlem basamakları: (1) çift veya tek taraflı levhalı model üzerine önceden ısıtılmış bir plastik şerit örtülür - model vakum ile şekillendirilebilmesi için küçük vakum delikleri içermektedir; (2) özel olarak tasarlanmış bir derece model üzerine yerleştirilerek kum ile doldurulur ve kum içerisinde havşa ve düşey yolluk oluşturulur; (3) Derece üzerine bir diğer ince plastik şerit yerleştirilir ve vakum uygulanarak kum taneleri sıkıştırılarak kalıp sertleştirilir;

Vakum Kalıplama



(4) model üzerine uygulanan vakum kesilerek model kalıptan sıyrılır ve (5) Vakum uygulaması devam ederken alt ve üst kalıp yarıları kapatılarak kalıp hazırlama tamamlanır ve sıvı metal kalıp boşluğuna dökülür. Plastik şerit sıvı metal ile temas eder etmez hızlı bir şekilde yanarak uzaklaşır. Katılaşma sonrası, vakum kaldırılarak kumun neredeyse tamamı yeniden kullanılabilir.



Köpük Polistiren Yöntemi

Köpüğün havşa ve düşey yolluk kısmı

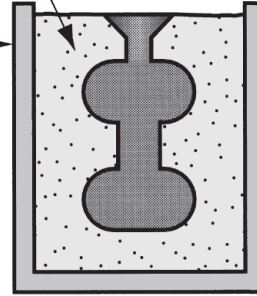
Köpük model



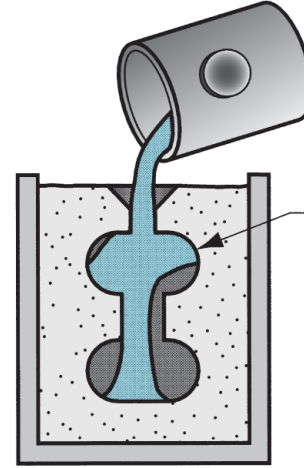
(1)

Kalıplama kutusu

Model etrafında sıkıştırılmış kum



(2)

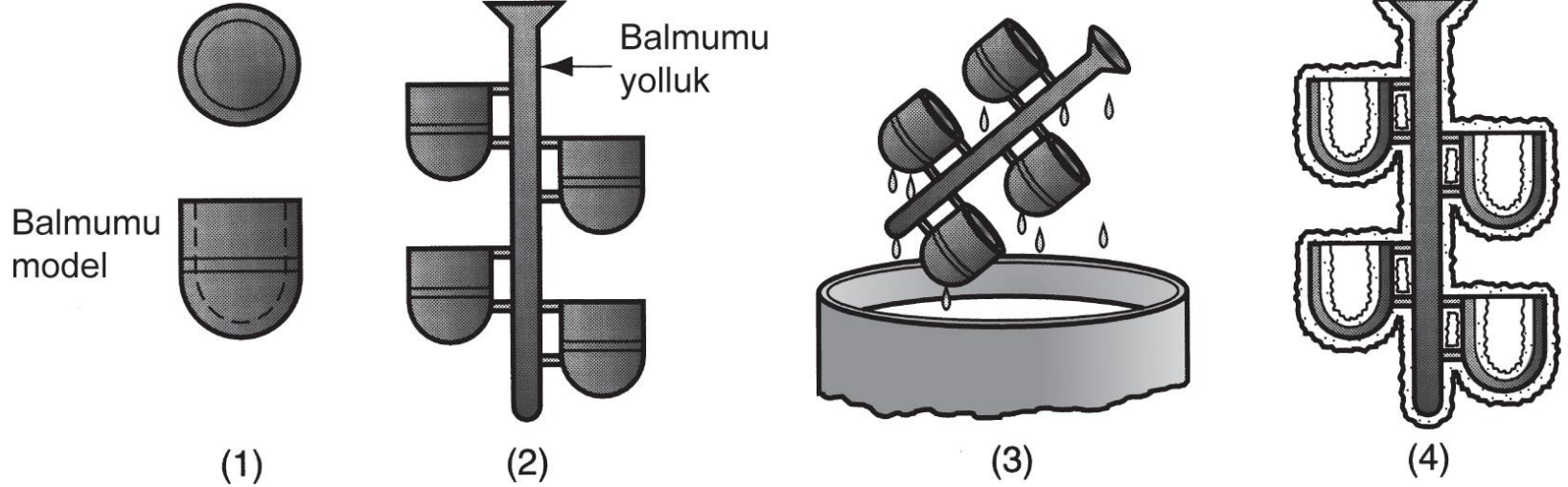


Sıvı metal köpüğü buharlaştırır ve yerini alır

(2)

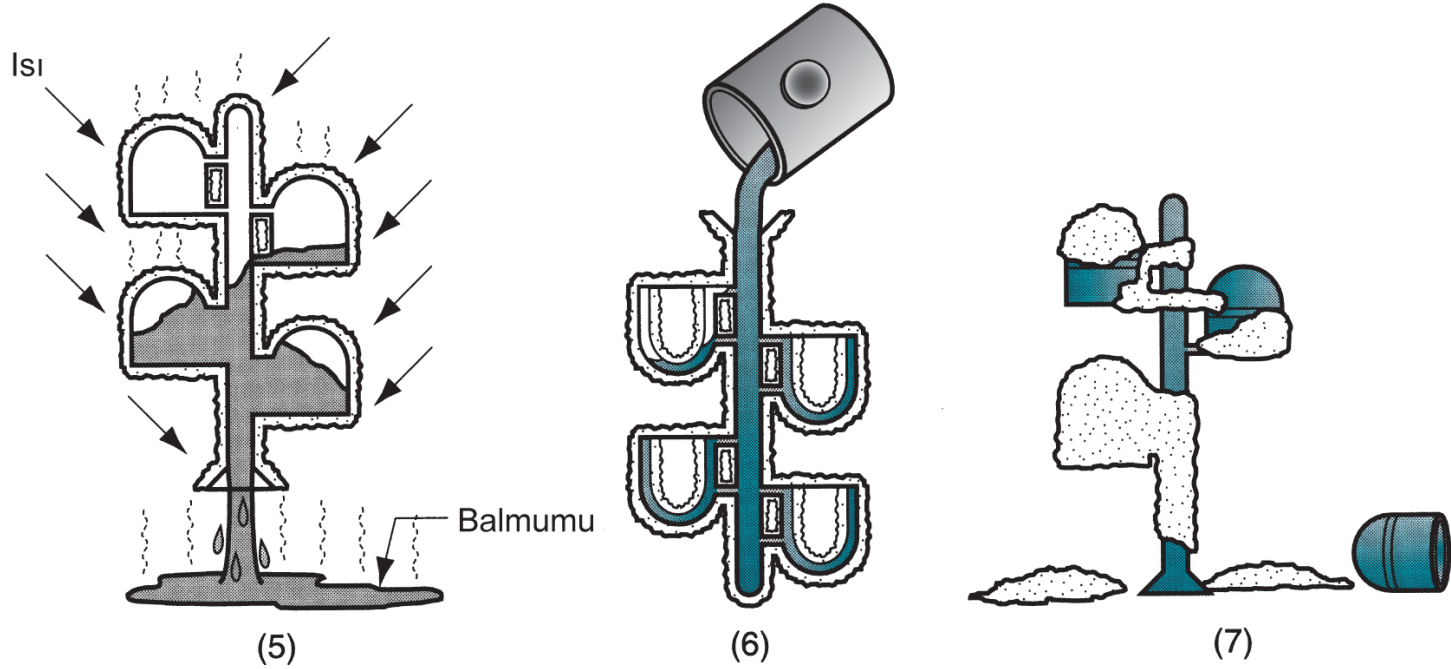
Köpük polistiren kalıba döküm yöntemi: (1) köpük polistiren model refrakter bir karışım ile kaplanır; (2) köpük model bir kalıplama kutusu içerisine yerleştirilir ve model etrafına kum doldurularak sıkıştırılır ve (3) sıvı metal köpük modelin havşa ve düşey yolluk kısmını oluşturan bölümüne dökülür. Sıvı metal ile temas eden köpük plastik model buharlaşarak ilerleyen sıvı metalin önünde boşluk oluşturur ve sıvı metal kalıp boşluğunu doldurur.

Hassas Döküm

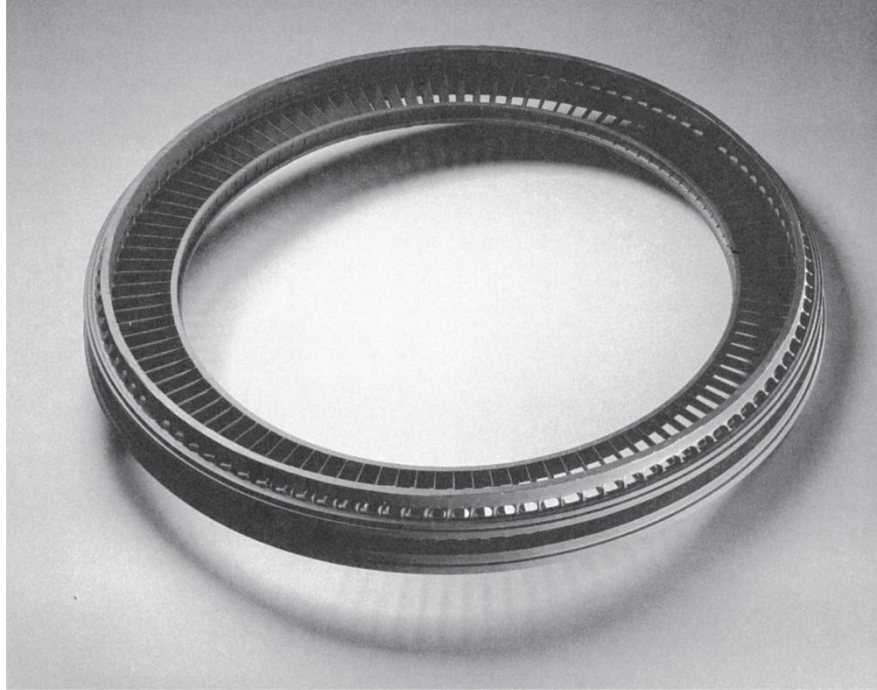


Hassas dökümün işlem basamakları: (1) balmumu modeller üretilir; (2) çok sayıda model bir yolluğa bağlanarak model salkımı oluşturulur; (3) model salkımı refrakter çamura daldırılarak yüzeyinde ince bir tabaka oluşturulur; (4) Model salkımının etrafındaki seramik kabuk istenilen kalınlığa ulaşıncaya kadar refrakter malzeme ile kaplanır ve kalıp yeterli sertliğe ulaştırılır;

Hassas Döküm



- (5) kalıp ters çevrilerek ısıtılır ve eriyen balmumu kalıptan boşaltılarak kalıp boşluğu oluşturulur;
 (6) kalıptaki tüm istenmeyen maddeleri uzaklaştırmak için kalıp yüksek bir sıcaklığa ısıtılır – ayrıca bu sayede sıvı metalin kalıp boşluğu detaylarına akması kolaylaşır; sıvı metal kalıp boşluğuna dökülür ve katılaşmaya bırakılır; (7) kalıp bozularak döküm parçaları çıkarılır.
 Döküm parçaları düşey yolluktan kesilerek ayrılır.

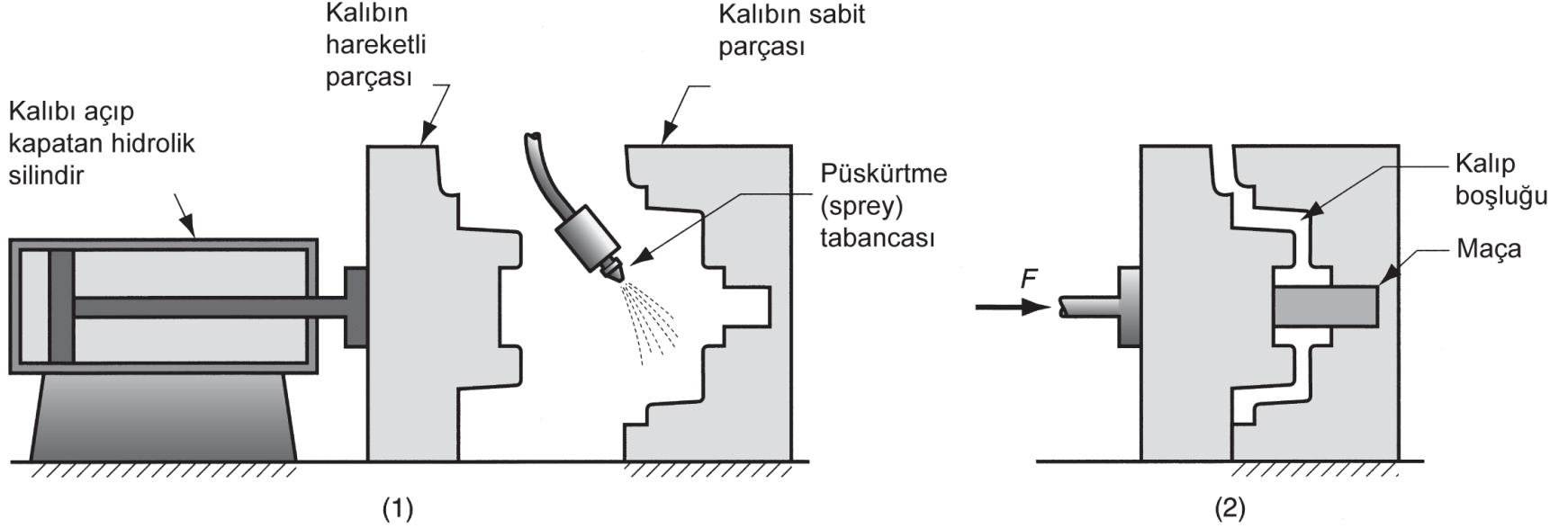


Hassas döküm ile üretilmiş 108 farklı kanatçığı olan bir kompresör parçası

KALICI KALIBA DÖKÜM YÖNTEMLERİ

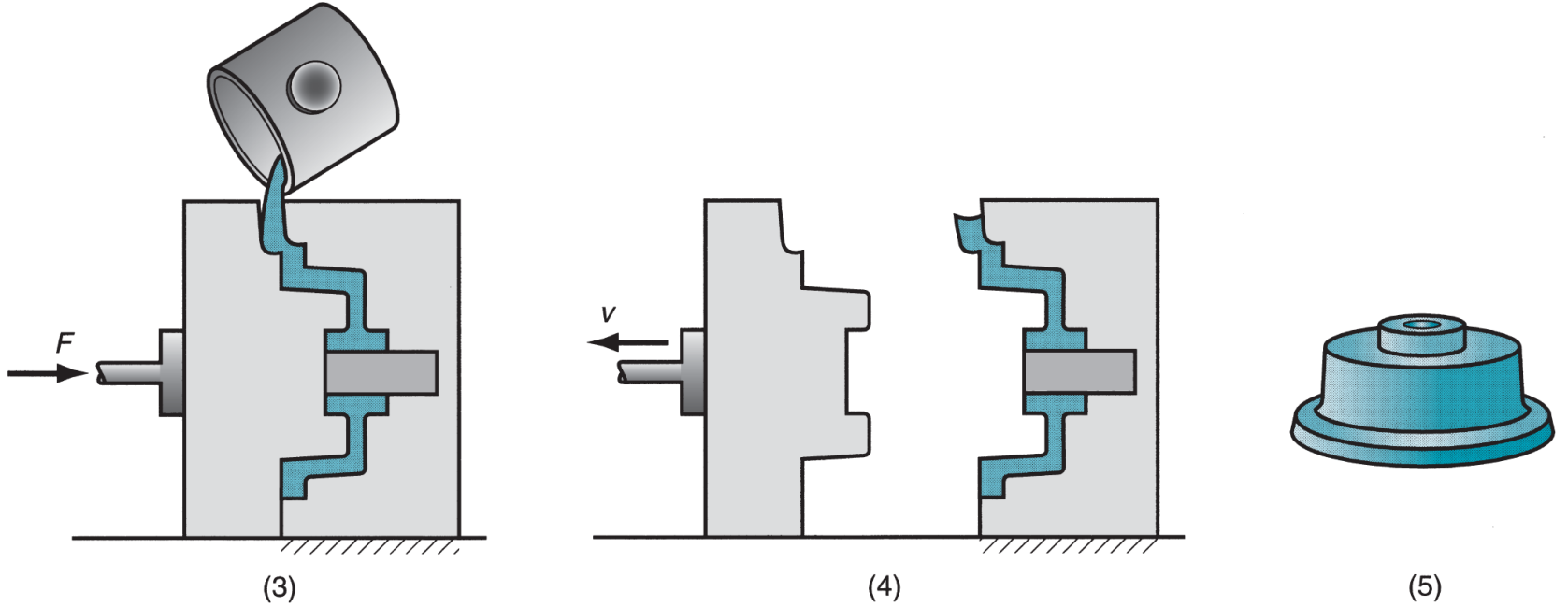
- **Metal (kokil) kalıba döküm**
- **Kalıcı kalıba döküm çeşitleri**
- **Basıncılı döküm**
- **Sıkıştırma döküm ve yarı katı metal dökümü**
- **Santrifüj (savurma) döküm**

Metal (Kokil) Kalıba Döküm



Metal (kokil) kalıba dökümün işlem basamakları: (1) kalıba ön ısıtma uygulanır ve yüzey kaplanır; (2) maçalar yerleştirilir (eğer kullanılıyorsa) ve kalıp kapatılır;

Metal (Kokil) Kalıba Döküm



Metal (kokil) kalıba dökümün işlem basamakları: (3) sıvı metal kalıba dökülür; (4) kalıp açılır ve (5) döküm parçası

Kalıcı Kalıba Döküm Yöntemi

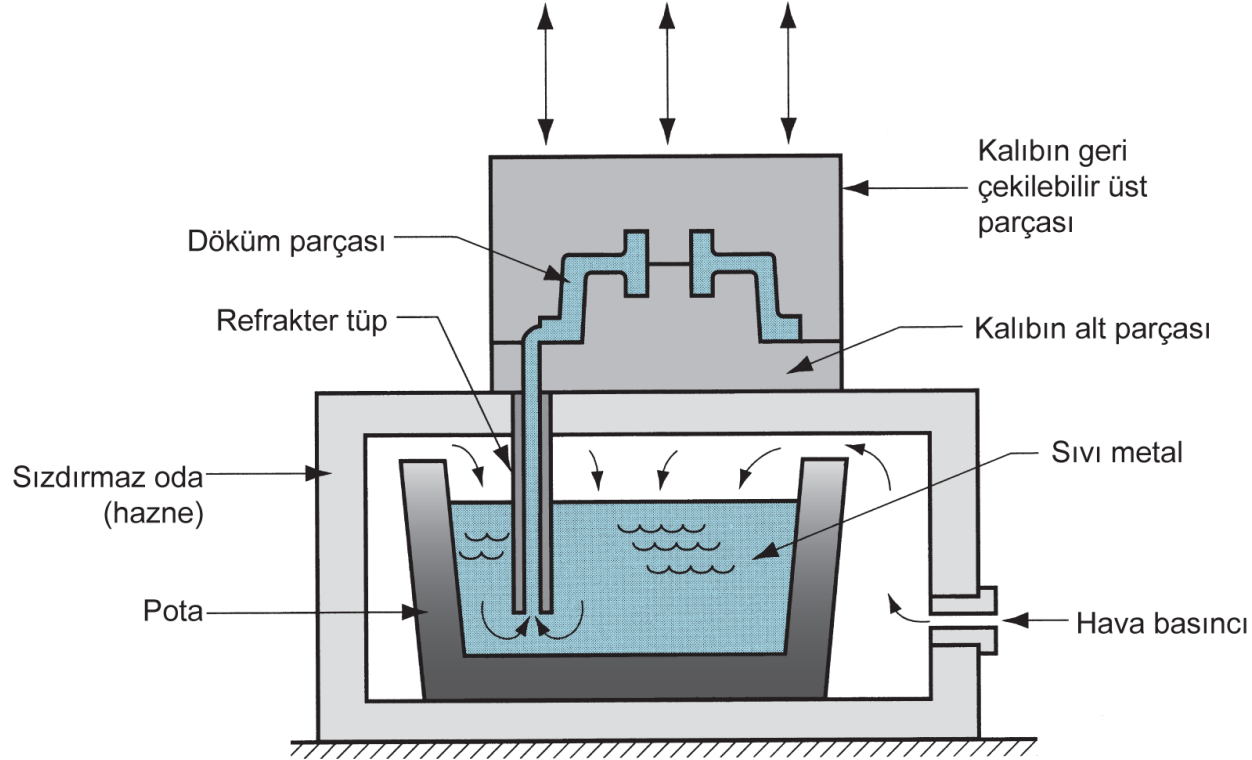
Avantajları

- Kalıp defalarca kullanılabilir
- Yüksek yüzey kalitesi
- Hassas boyut
- İnce taneli, daha yüksek Mukavemetli parçalar
(metal kalıpların yüksek soğuma hızları sayesinde)

Dezavantajları

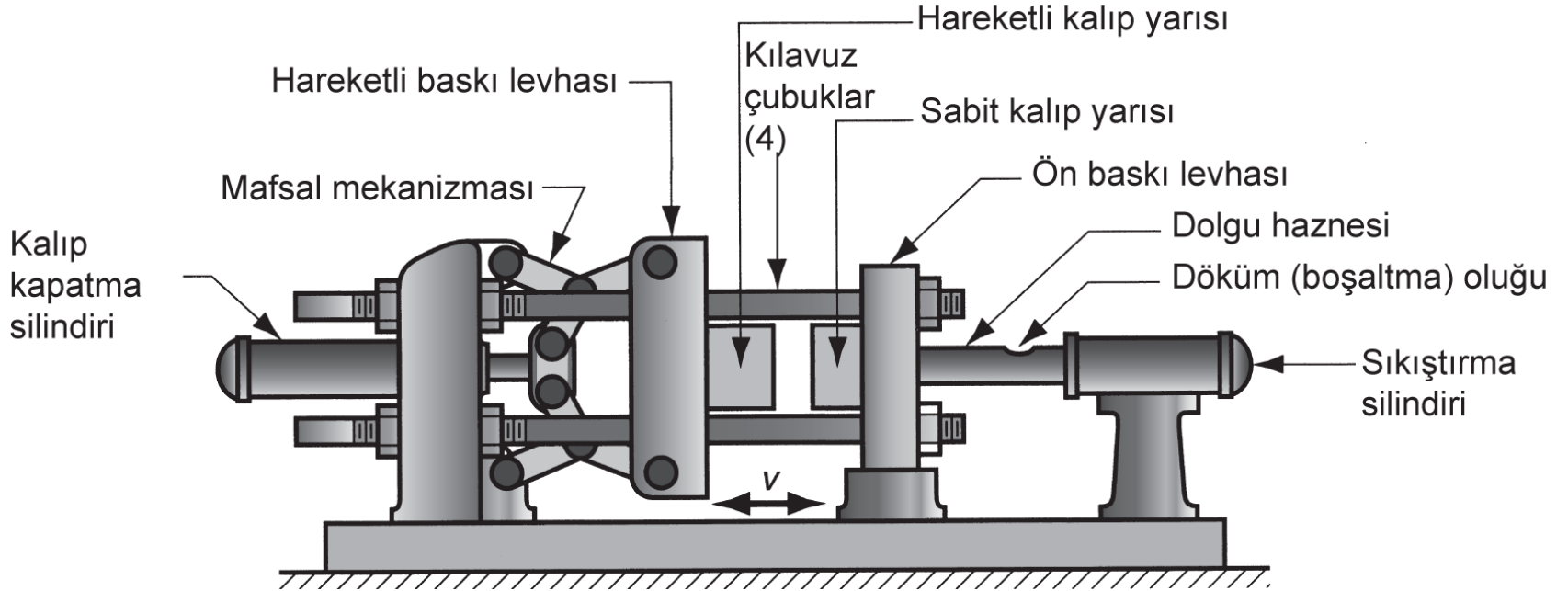
- Düşük erime derecesine sahip metaller için daha çok uygun
- Daha basit şekilli parçaların dökülebilmesi (kalıbın açılma zorunluluğundan dolayı)
- Kalıp maliyeti yüksek (seri üretim uygun)

Düşük Basıncılı Döküm

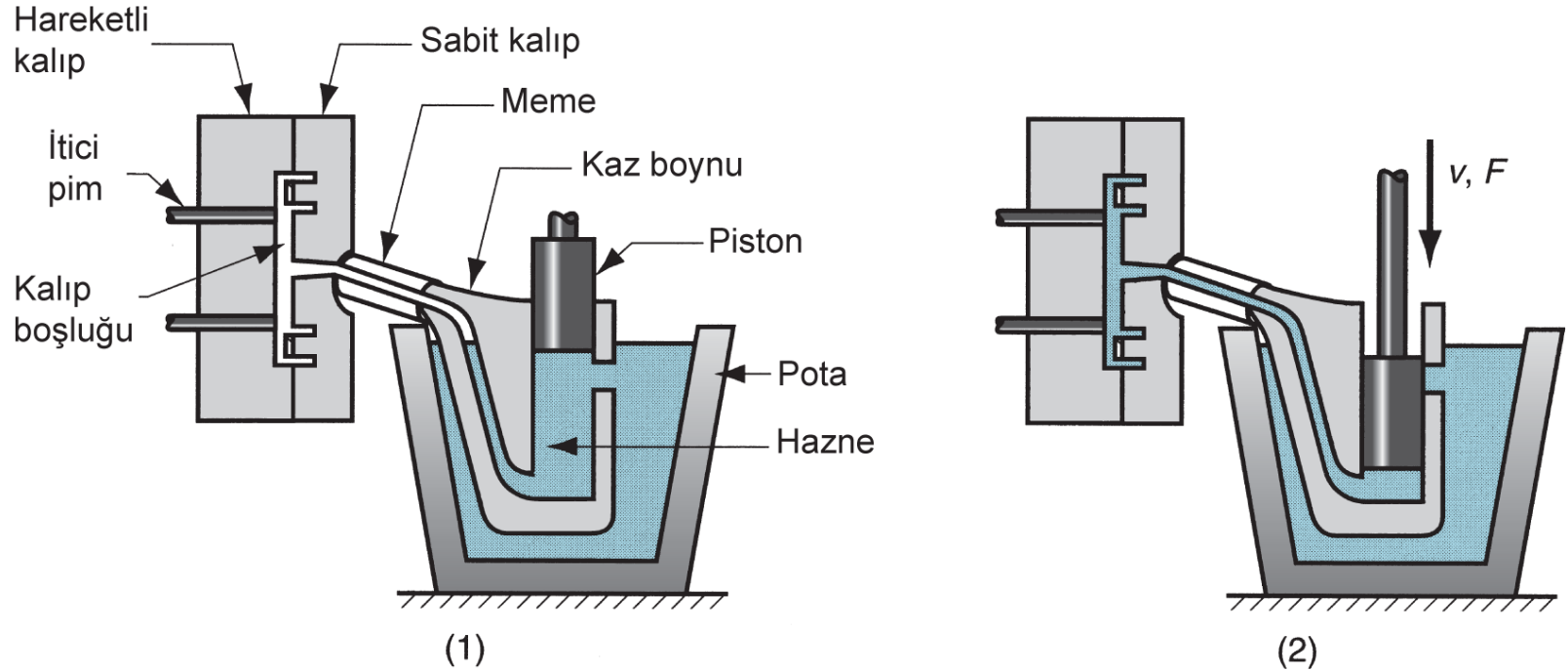


Düşük basınçlı dökümün şematik gösterimi. Diyagramda hava basıncının pota içindeki sıvı metali kalıp boşluğuna alttan nasıl zorladığı gösterilmektedir. Basınç uygulamasına döküm parçası katılaşıncaya kadar devam edilir.

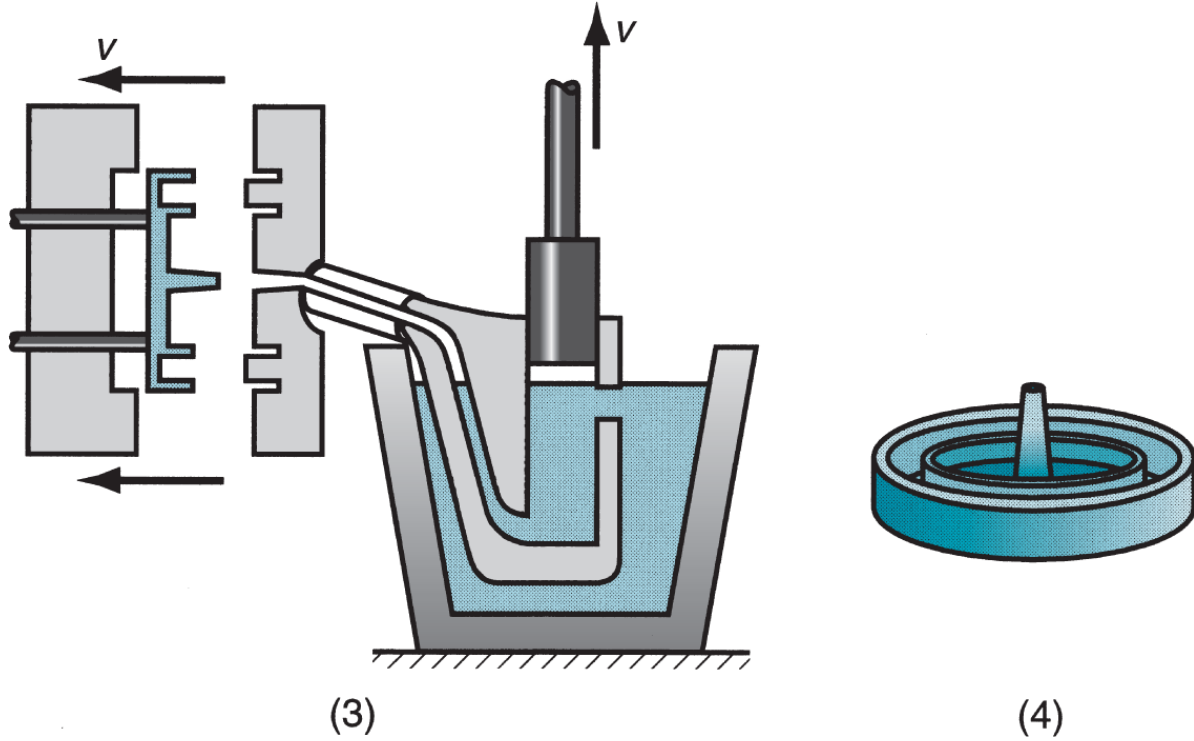
Basıncı Döküm



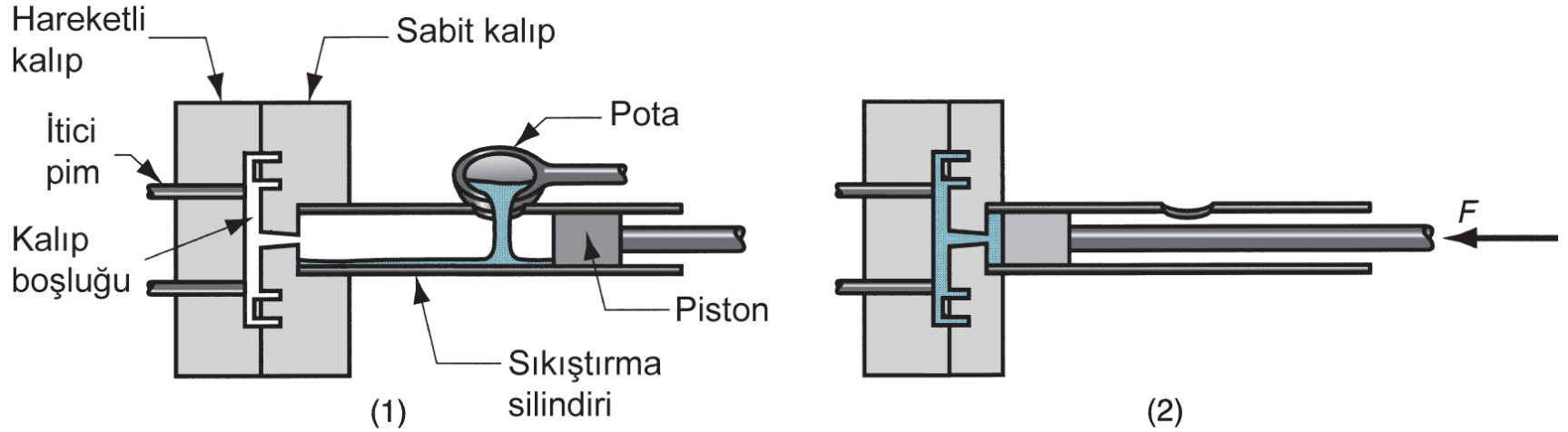
Basıncı döküm makinesinin (soğuk hazneli) genel bir görünümü



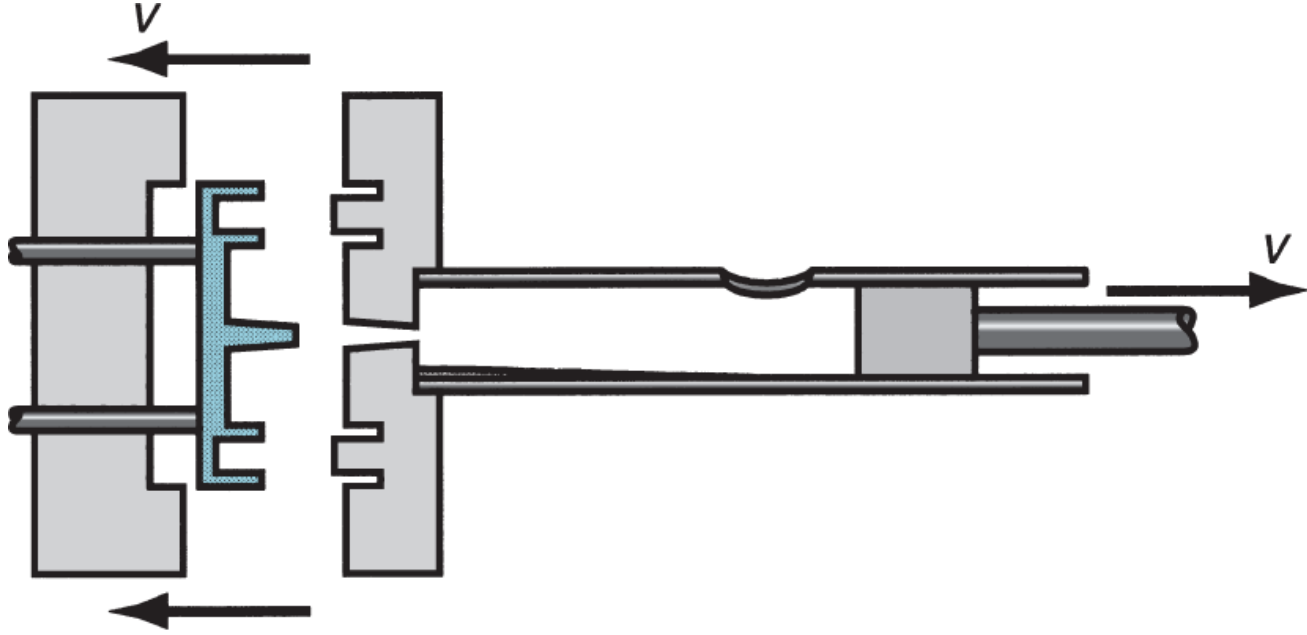
Sıcak hazneli basınçlı döküm işlemindeki döküm süreci: (1) kalıp kapanır ve dalma pistonu yukarı çekilerek sıvı metal hazneye doldurulur; (2) haznedeki sıvı metal pistonun dalması ile kalıp boşluğuna basılır (soğuma ve katılaşma esnasında basınç uygulamasına devam edilir);



Sıcak hazneli basınçlı döküm işlemindeki döküm süreci: (3) piston geri çekilir, kalıp açılır ve katılaşmış döküm parçası itilerek çıkarılır ve (4) döküm parçası.

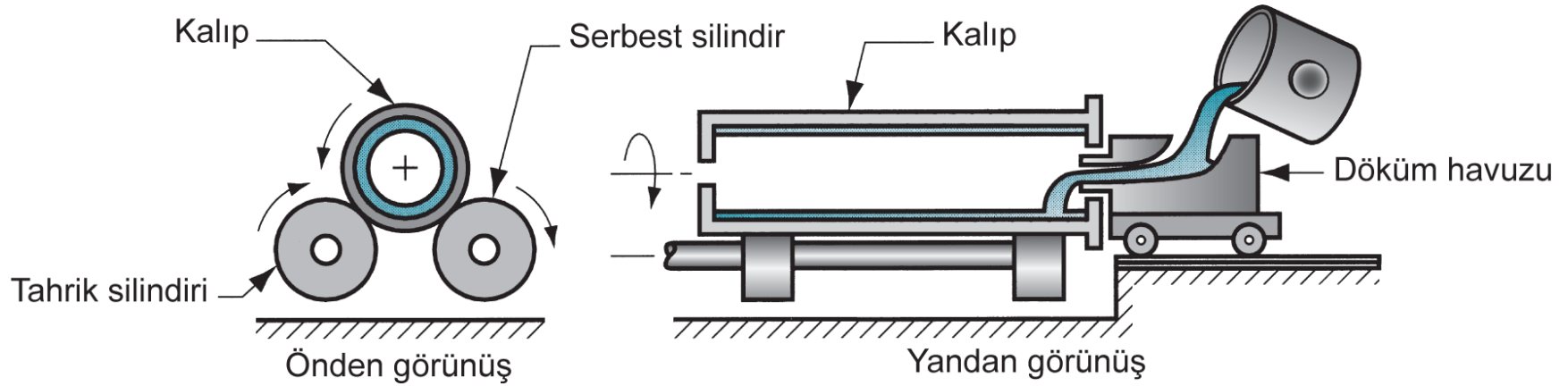


Soğuk hazneli basınçlı döküm işlemindeki döküm süreci: (1) kalıp kapanır ve piston çekili iken sıvı metal bir pota ile hazneye dökülür; (2) piston sıkıştırma odasındaki sıvı metal piston vasıtasıyla kalıba basılır (soğuma ve katılaşma esnasında basınç uygulamasına devam edilir)

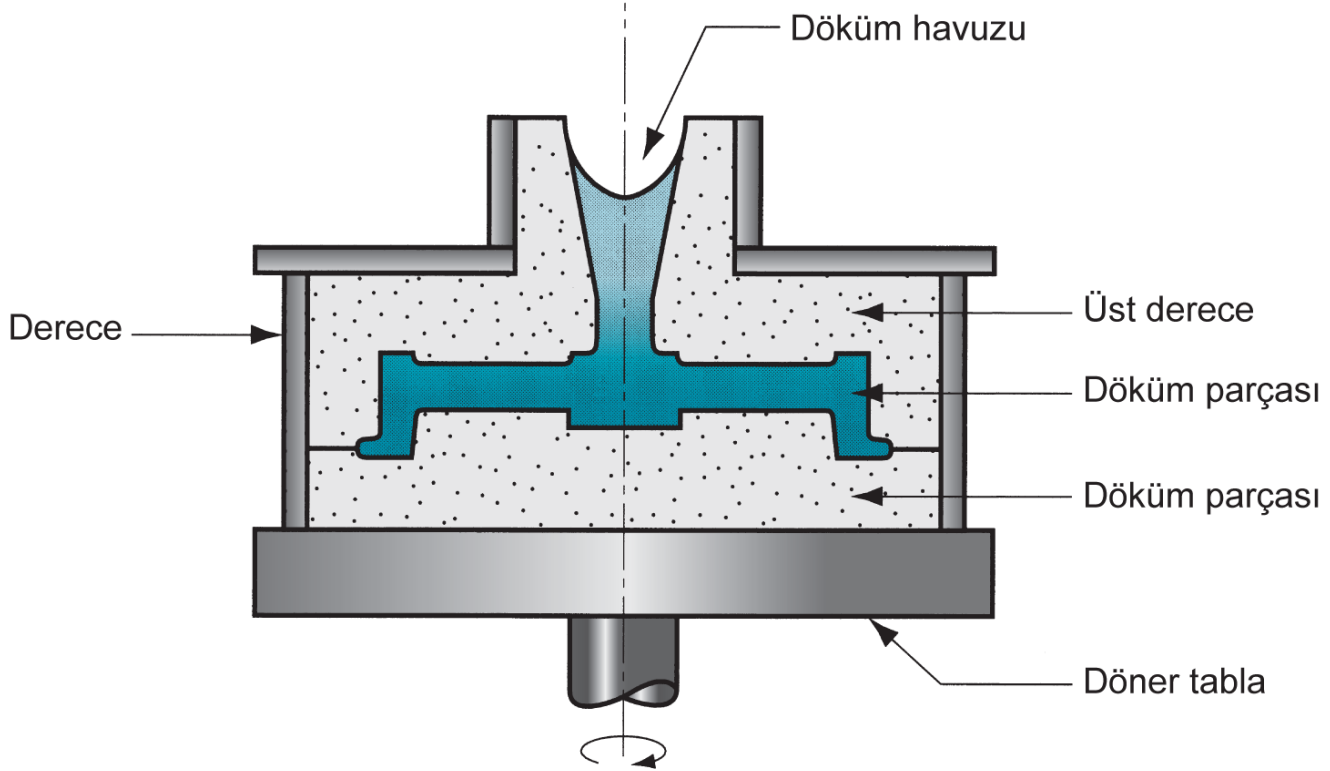


(3)

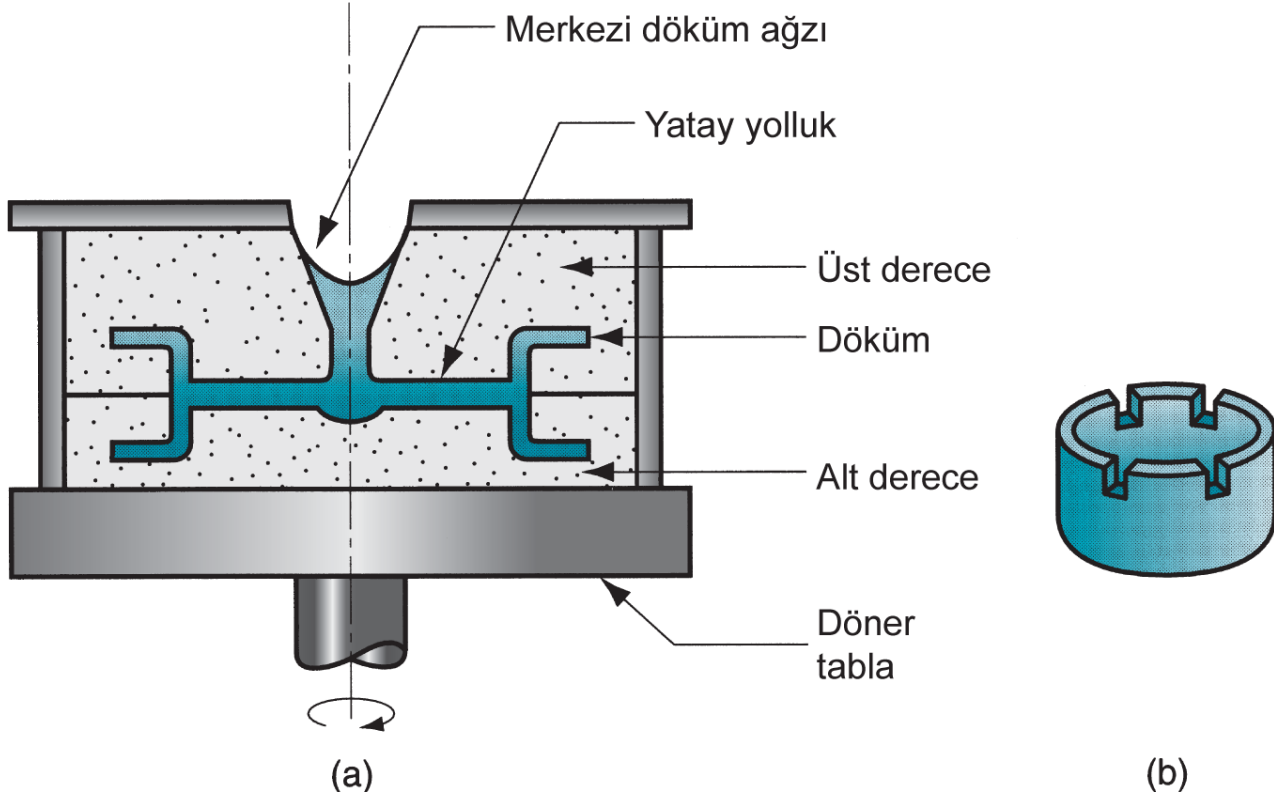
(3) piston geri çekilir, kalıp açılır ve döküm parçası itilerek çıkarılır



Gerçek savurma döküm yönteminin şematik gösterimi



Yarı savurma döküm yönteminin şematik gösterimi



(a) Savurmalı dökümün şematik gösterimi-sıvı metal santrifüj kuvveti sayesinde dönme ekseninden kalıp boşluklarına doğru akar ve (b) döküm parçası

DÖKÜMCÜLÜK UYGULAMALARI s.237

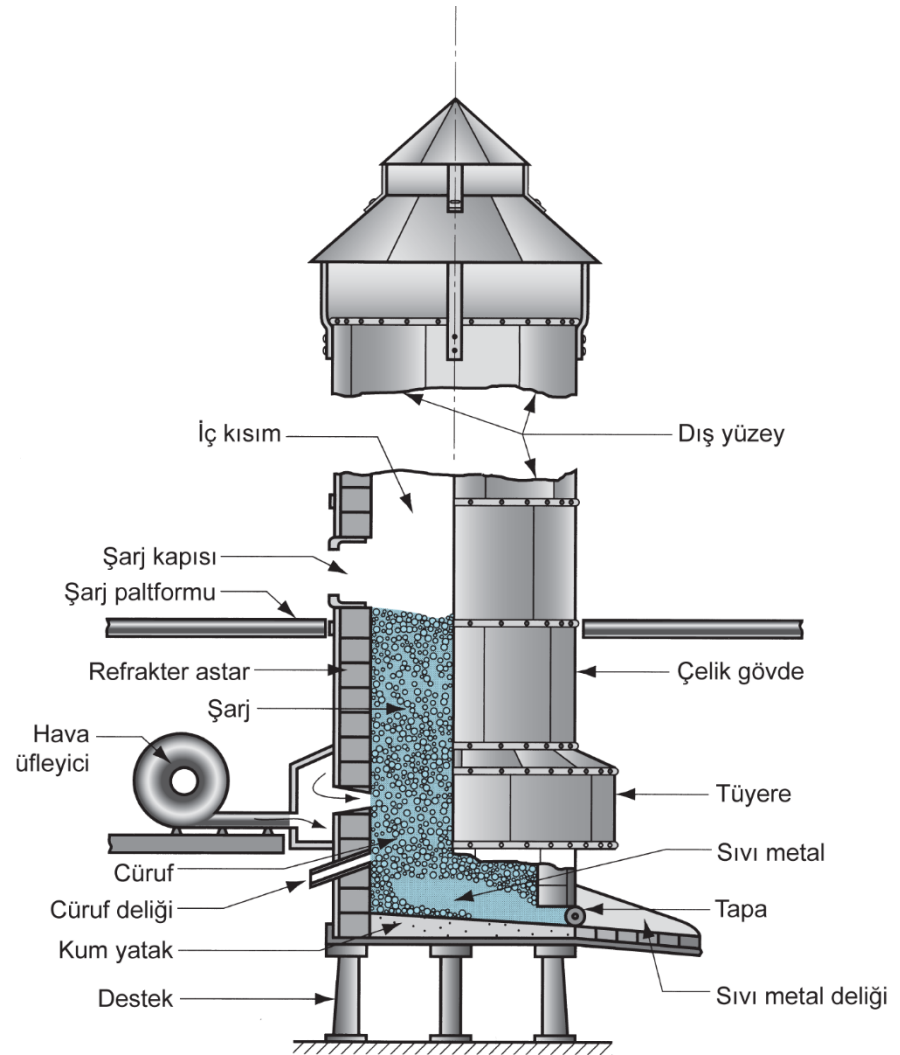
ERİTME FIRINLARI

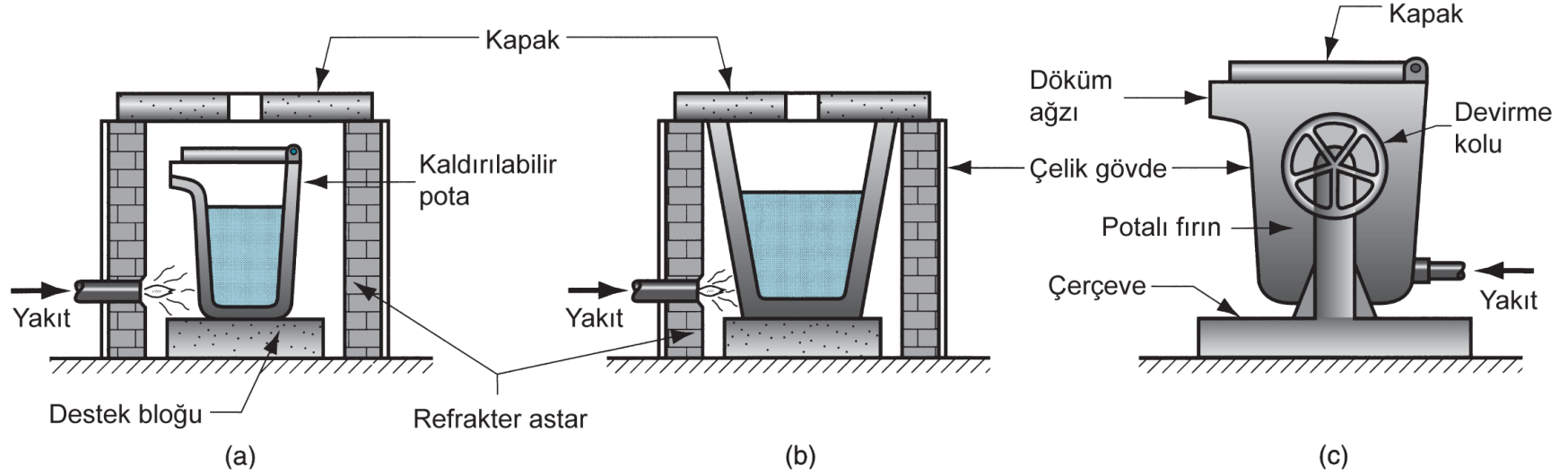
En yaygın fırın tipleri:

- **Kupol Ocakları**
- **Alevli Fırınlr**
- **Potalı Fırınlr**
- **Elektrik Ark Fırınları**
- **Endüksiyon Fırınları**

Dökme demirin eritilmesinde kullanılan **kupol ocağı**.

Şematik olarak gösterilen bu ocak küçük bir atölyede kullanılan tipik bir ocaktır ve modern bir kupol ocağında bulunması gerekli baca gazı kontrol sistemlerinin detayları gösterilmemiştir.

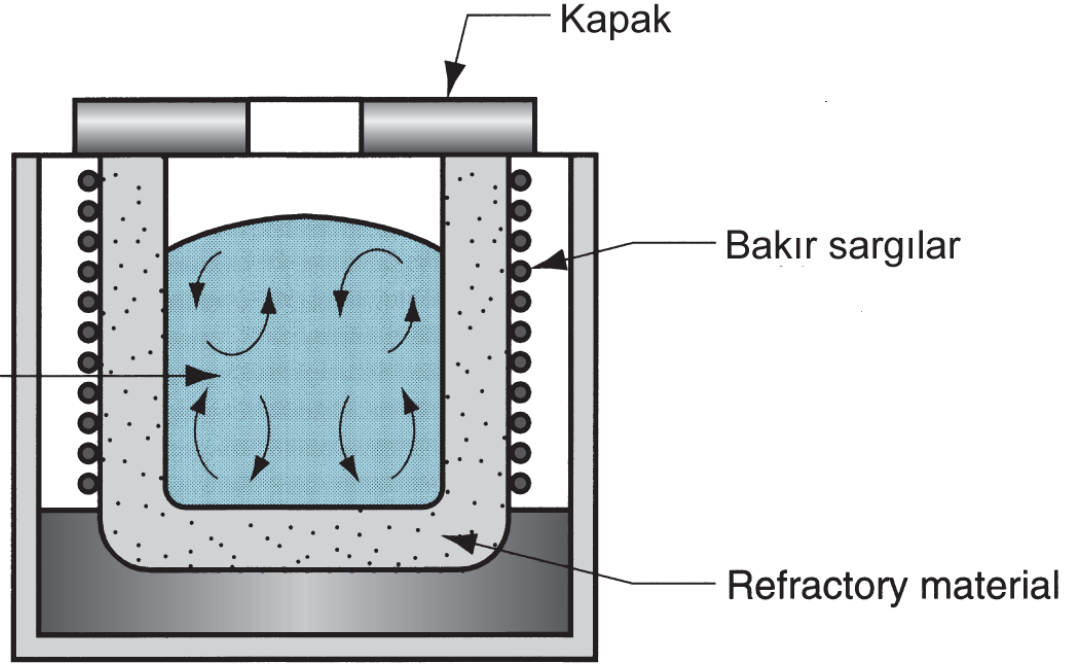




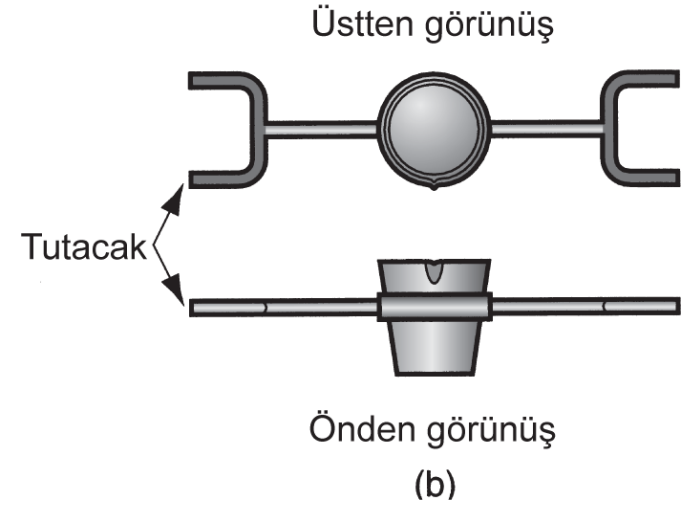
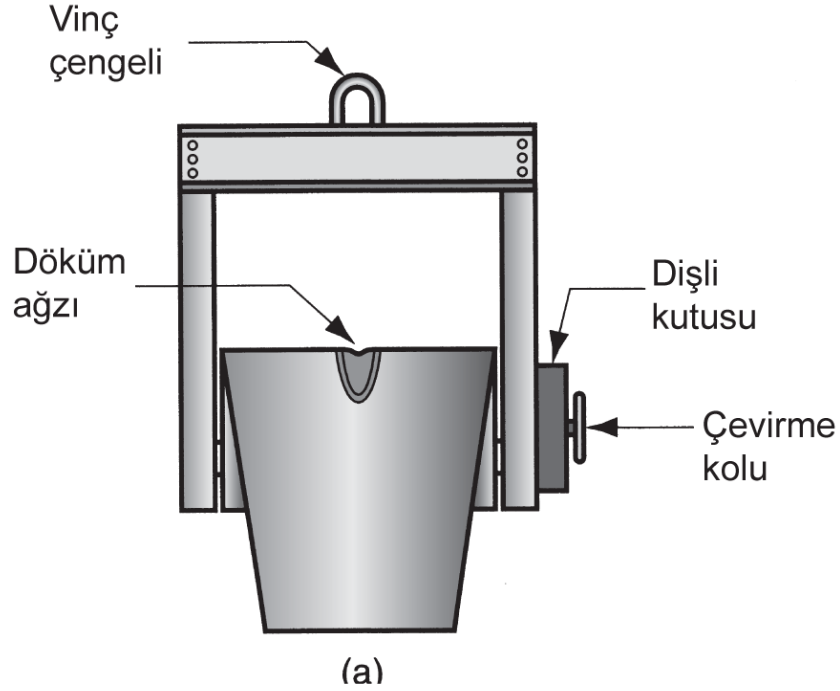
Üç tip potalı ocak: (a) kaldırmalı, (b) sabit ve (c) devrilen potalı ocak



Sıvı metal
(oklar karıştırma
etkisini
gösteriyor)

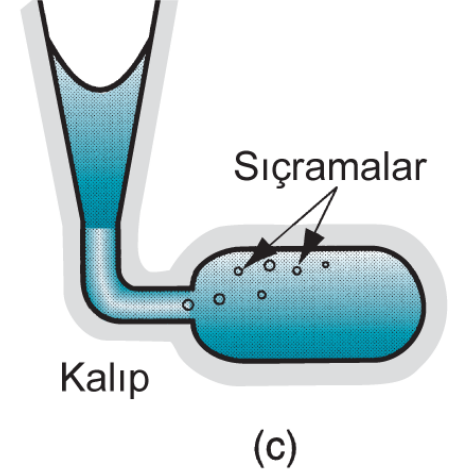
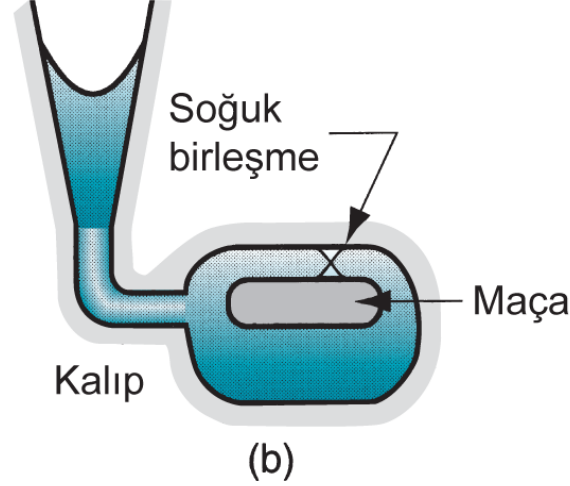
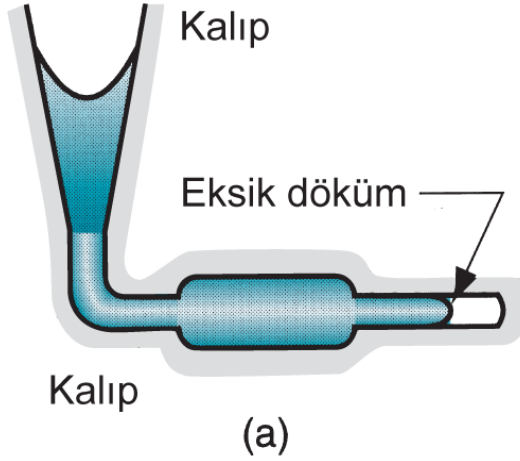


Endüksiyon fırını

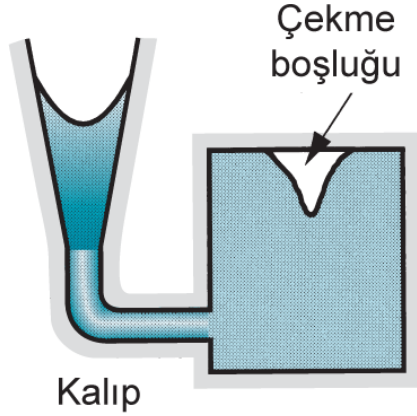


İki yaygın pota türü: (a) vinç ile taşınan pota ve (b) elle taşınan pota

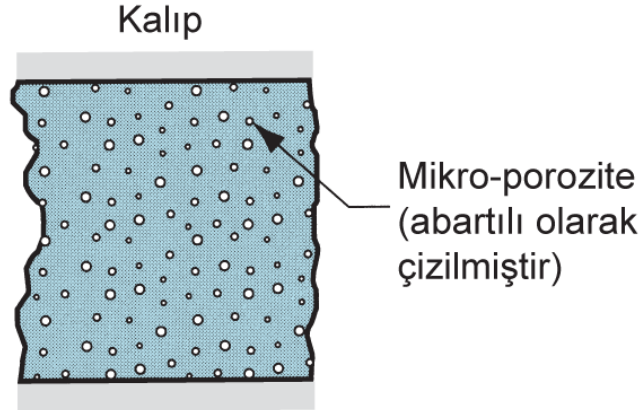
DÖKÜM HATALARI



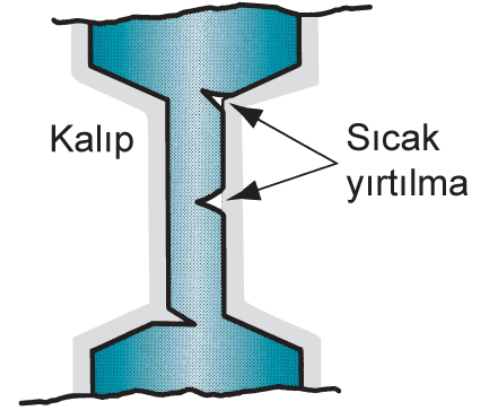
Pratikte karşılaşılan yaygın döküm hataları:
(a) eksik döküm, (b) soğuk birleşme, (c) sıçrama



(d)

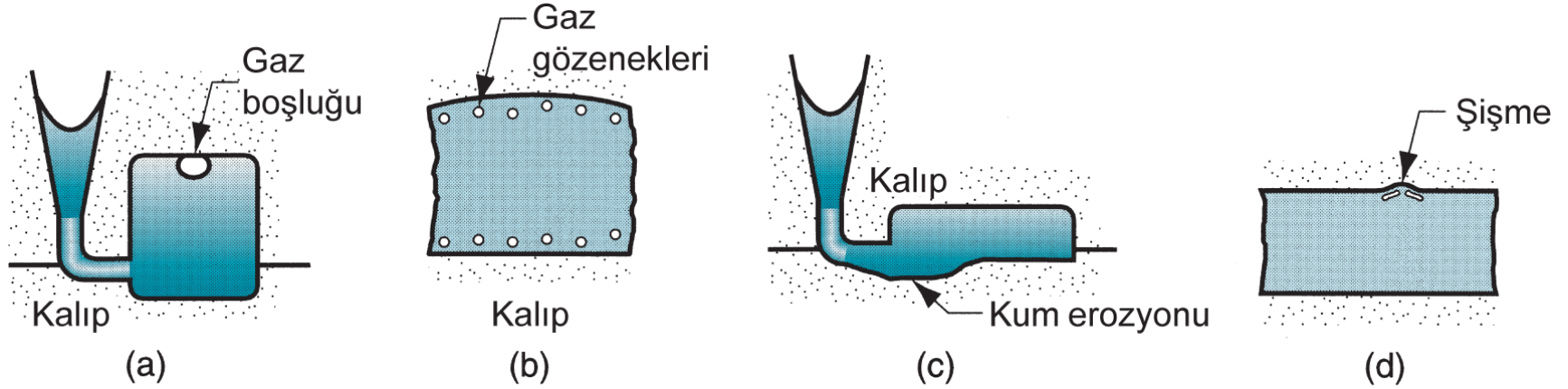


(e)

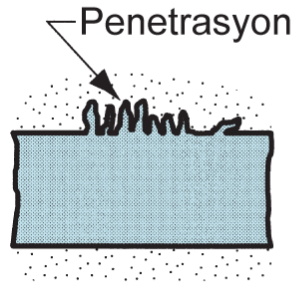


(f)

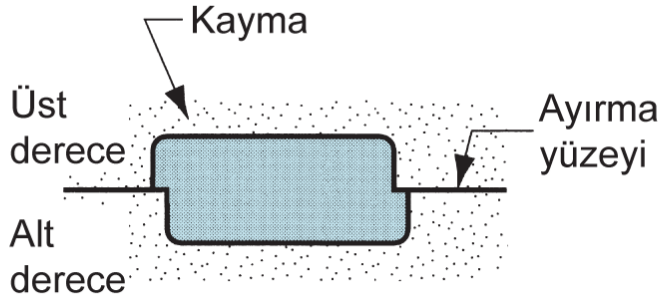
Pratikte karşılaşılan yaygın döküm hataları:
(d) çekme boşluğu, (e) mikro-porozite ve (f) sıcak yırtılma



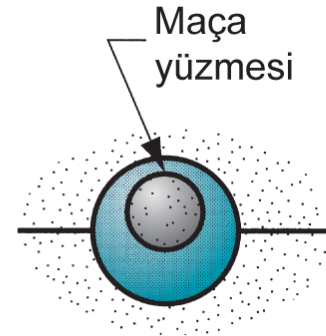
Kum kalıba dökümde sıkça karşılaşılan hatlar: (a) gaz boşluğu, (b) gaz gözenekleri, (c) kum erozyonu, (d) şişme



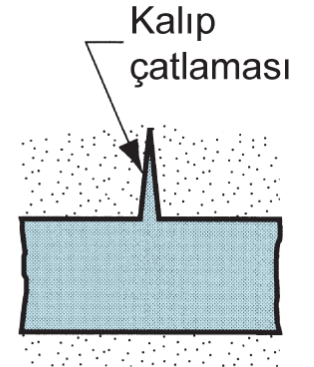
(e)



(f)



(g)



(h)

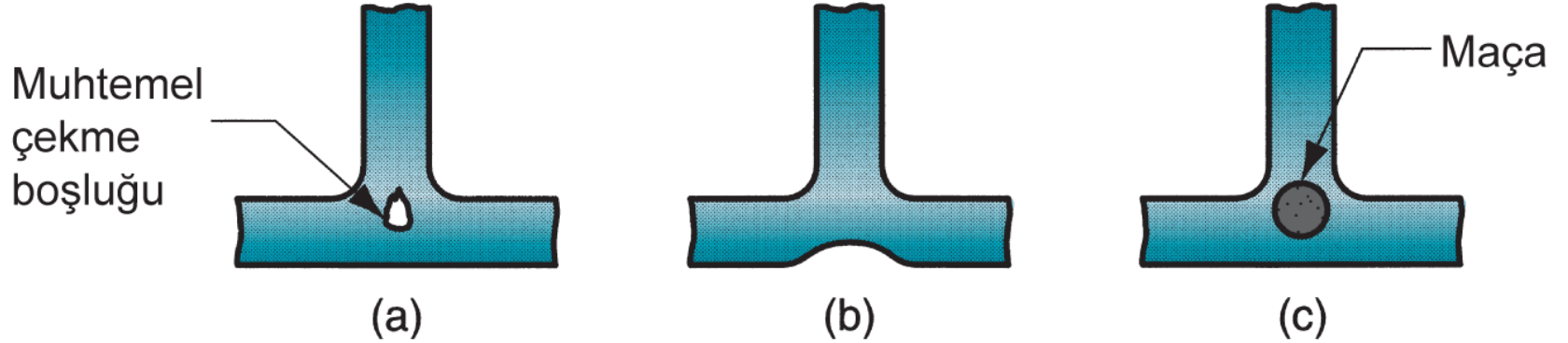
Kum kalıba dökümde sıkça karşılaşılan hatlar: (e) sıvı metal penetrasyonu (sızması), (f) kayma, (g) maça yüzmesi ve (h) kalıp çatlaması

DÖKÜM ALAŞIMLARI

- **Demir Esaslı Döküm Alaşimleri: Dökme Demir**
- **Demir Esaslı Döküm Alaşimleri: Çelik**
- **Demir Dışı Döküm Alaşimleri**

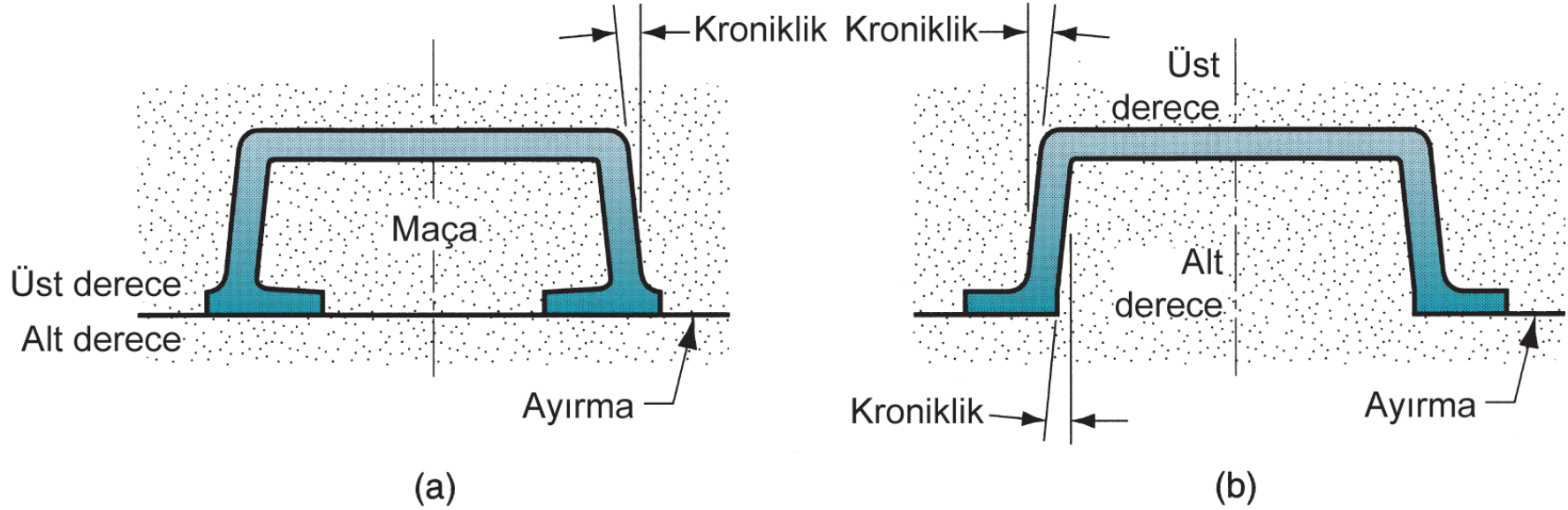
ÜRÜN TASARIM KRİTERLERİ

- ***Geometrik basitlik***
- ***Köşeler***
- ***Kesit kalınlıkları***
- ***Koniklik***
- ***Maça kullanımı***
- ***Boyut Toleransları***
- ***Yüzey kalitesi***
- ***İşleme payları***



(a) Kesişim noktasındaki kalın kesitli bölge çekme boşluğu oluşumuna yol açabilir.

Bu sorunu gidermek için alınabilecek önlemler: (b) kalınlığı azaltmak için tasarım değişikliği ve (c) maça kullanımıdır



Maça kullanımını ortadan kaldırmaya yönelik tasarım değişikliği:
(a) orijinal tasarım ve (b) yeni tasarım

TABLE 11.2 Typical dimensional tolerances for various casting processes and metals.

Casting Process	Part Size	Tolerance		Casting Process	Part Size	Tolerance	
		mm	in			mm	in
Sand casting				Permanent mold			
Aluminum ^a	Small	±0.5	±0.020	Aluminum ^a	Small	±0.25	±0.010
Cast iron	Small	±1.0	±0.040	Cast iron	Small	±0.8	±0.030
	Large	±1.5	±0.060	Copper alloys	Small	±0.4	±0.015
Copper alloys	Small	±0.4	±0.015	Steel	Small	±0.5	±0.020
Steel	Small	±1.3	±0.050	Die casting			
	Large	±2.0	±0.080	Aluminum ^a	Small	±0.12	±0.005
Shell molding				Copper alloys	Small	±0.12	±0.005
Aluminum ^a	Small	±0.25	±0.010	Investment			
Cast iron	Small	±0.5	±0.020	Aluminum ^a	Small	±0.12	±0.005
Copper alloys	Small	±0.4	±0.015	Cast iron	Small	±0.25	±0.010
Steel	Small	±0.8	±0.030	Copper alloys	Small	±0.12	±0.005
Plaster mold	Small	±0.12	±0.005	Steel	Small	±0.25	±0.010
	Large	±0.4	±0.015				

Compiled from [7], [15], and other sources.

^aValues for aluminum also apply to magnesium.

TABLE 5.5 Surface roughness values produced by the various manufacturing processes.^a

Process	Typical Finish	Roughness Range ^b	Process	Typical Finish	Roughness Range ^b
Casting:			Abrasive:		
Die casting	Good	1–2 (30–65)	Grinding	Very good	0.1–2 (5–75)
Investment	Good	1.5–3 (50–100)	Honing	Very good	0.1–1 (4–30)
Sand casting	Poor	12–25 (500–1000)	Lapping	Excellent	0.05–0.5 (2–15)
Metal forming:			Polishing	Excellent	0.1–0.5 (5–15)
Cold rolling	Good	1–3 (25–125)	Superfinish	Excellent	0.02–0.3 (1–10)
Sheet metal draw	Good	1–3 (25–125)	Nontraditional:		
Cold extrusion	Good	1–4 (30–150)	Chemical milling	Medium	1.5–5 (50–200)
Hot rolling	Poor	12–25 (500–1000)	Electrochemical	Good	0.2–2 (10–100)
Machining:			Electric discharge	Medium	1.5–15 (50–500)
Boring	Good	0.5–6 (15–250)	Electron beam	Medium	1.5–15 (50–500)
Drilling	Medium	1.5–6 (60–250)	Laser beam	Medium	1.5–15 (50–500)
Milling	Good	1–6 (30–250)	Thermal:		
Reaming	Good	1–3 (30–125)	Arc welding	Poor	5–25 (250–1000)
Shaping and planing	Medium	1.5–12 (60–500)	Flame cutting	Poor	12–25 (500–1000)
Sawing	Poor	3–25 (100–1000)	Plasma arc cutting	Poor	12–25 (500–1000)
Turning	Good	0.5–6 (15–250)			

^aCompiled from [1], [2], and other sources.

^bRoughness range values are given, μm ($\mu\text{-in}$). Roughness can vary significantly for a given process, depending on process parameters.