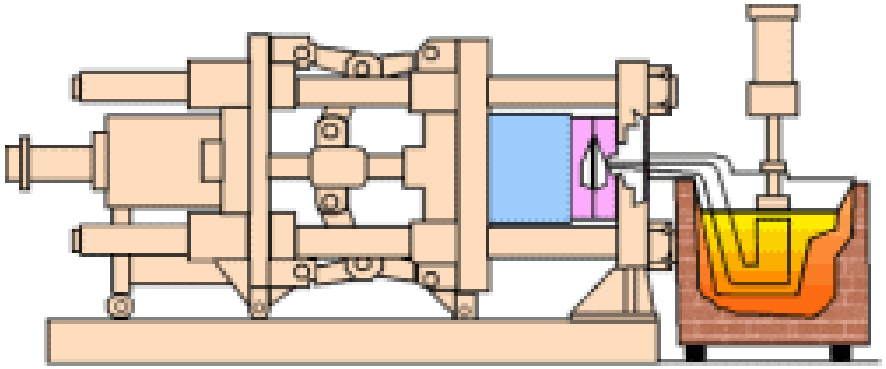
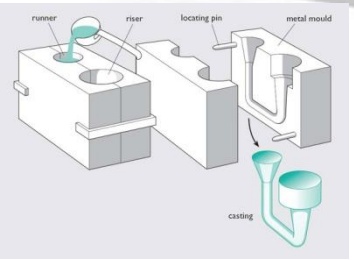
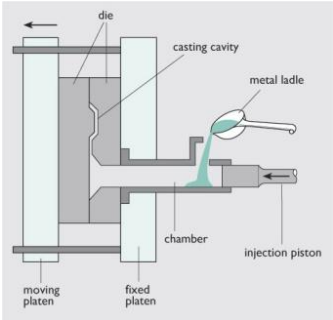
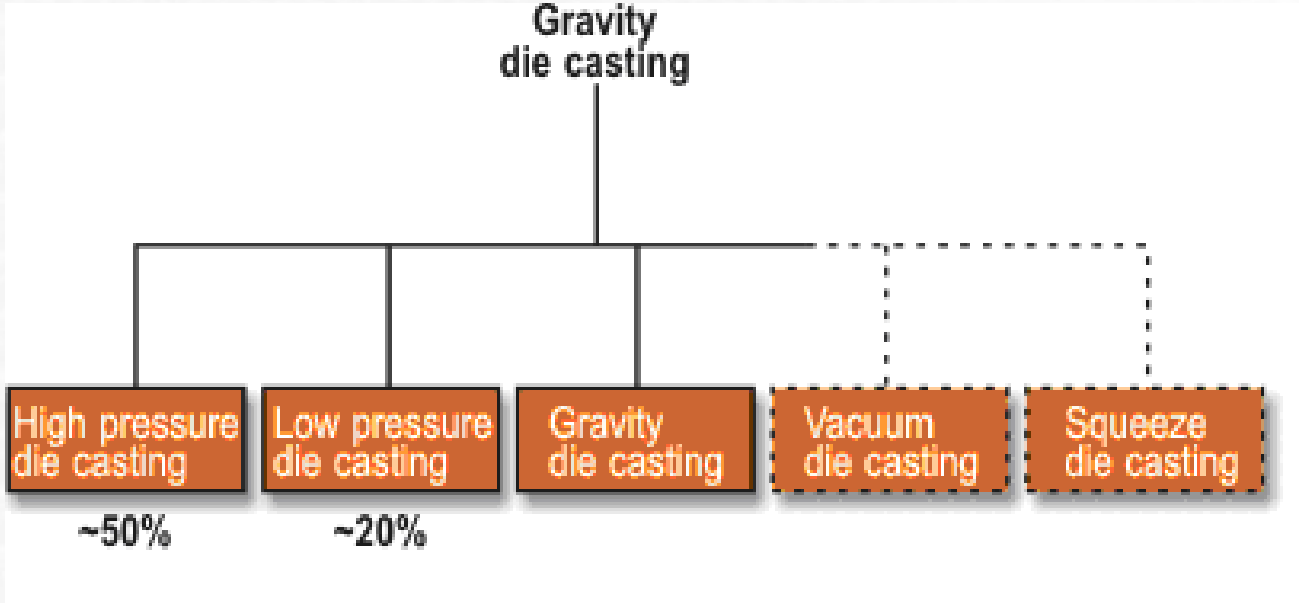
KALICI KALIPLARA DÖKÜM







Kalıcı kalıplara dökümü beş grupta inceleyebiliriz



Gravity Casting

High Pressure Die Casting

Low Pressure Die Casting

Vacuum Die Casting

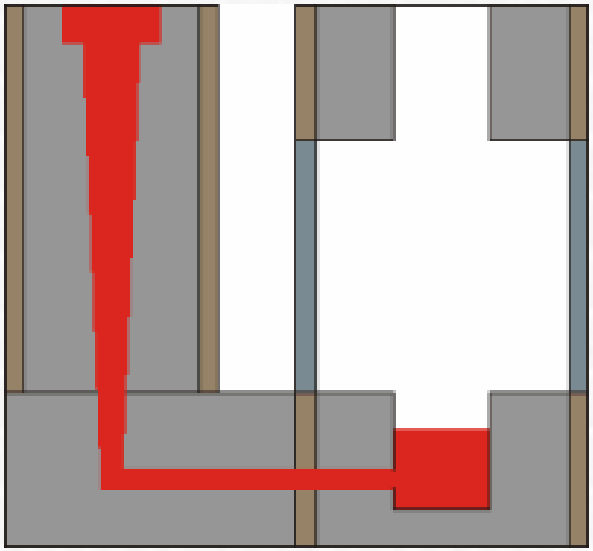
Squeeze Casting or Squeeze Forming

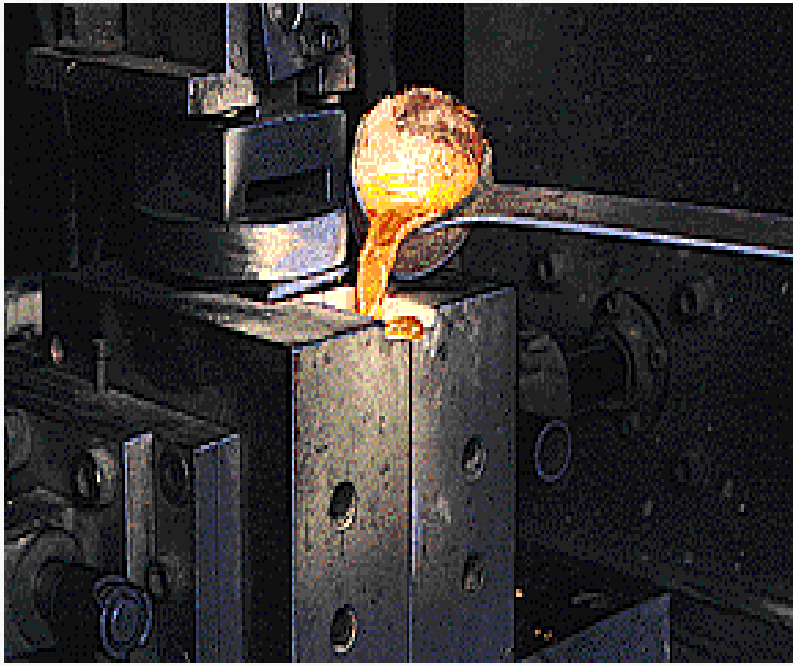
KOKİL DÖKÜM

- Karmaşık biçimli, boyut toleransları dar ve çok sayıda üretilecek parçalar için tercih edilir. Dökülecek metalin gerektirdiği refrakterliğe sahip olması gereken kalıp malzemesi olarak genellikle özel kalite dökme demir veya çelik kullanılır. Düşük sıcaklıkta eriyen metallerin dökümü için bronz da kullanılmaktadır. Kokil dökümde tek bir kalıpla demir esaslı malzemelerden 3.000-10.000, alüminyum gibi düşük sıcaklıkta eriyen malzemelerden ise 100.000’e kadar parça dökülebilir.

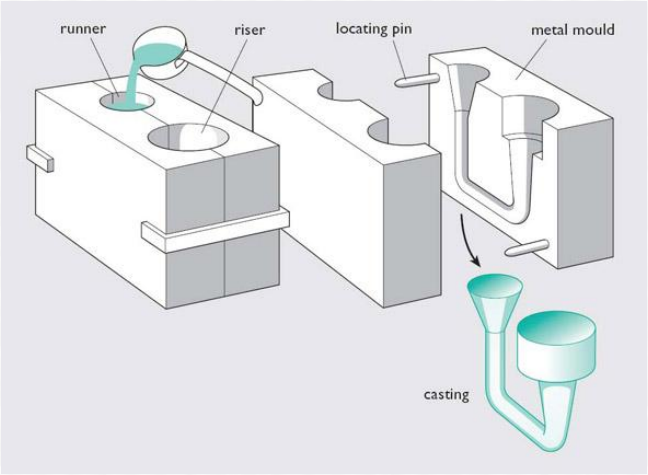
- Metal kalıcı kalıba döküm yönteminde katılaşma sırasındaki soğuma, kum kalıplardan daha hızlı olduğu için iç yapı daha ince tanelidir. Boyut hassasiyeti 0,25 mm olup, parça yüzeyleri temizleme işlemi gerektirmeyecek kadar yüksek kalitelidir. Metal kalıplarda kullanılan maçalar metal, kum veya alçıdan yapılabilir. Metal olmayan maçaların kullanılması halinde yöntem yarı kalıcı kalıba döküm olarak adlandırılır. Kalıp ömrünü arttırmak için kalıp boşluğu refrakter malzemelerle kaplanır ve bu sayede parçanın kalıptan çıkarılması da kolaylaşır.

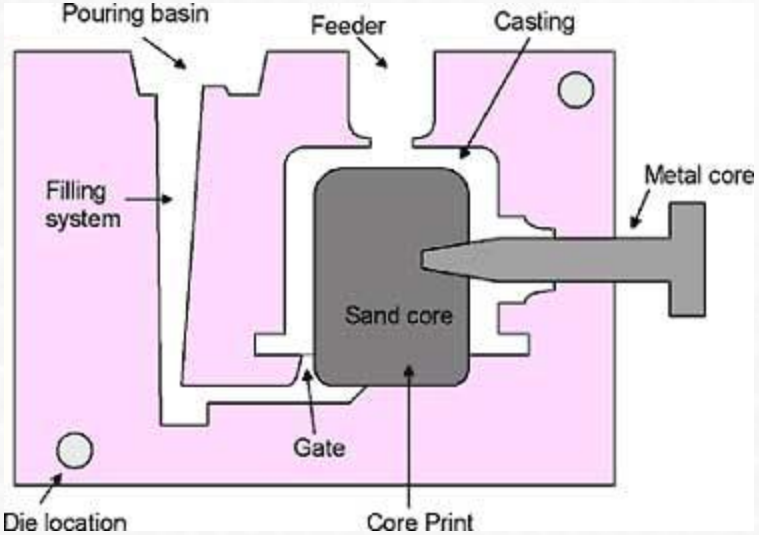
- Kokil kalıplar genellikle açılıp kapanan iki veya daha çok parçadan oluşur. Kalıp kapandıktan sonra oluşan boşluğa erimiş metal dökülür ve katılaşma beklendikten sonra kalıp açılarak parça çıkarılır. Bu işlemler elle yapılabileceği gibi, bir tertibat yardımıyla veya mekanizasyona geçilmesi halinde makinalar tarafından da yapılabilir. soğutulabilir.

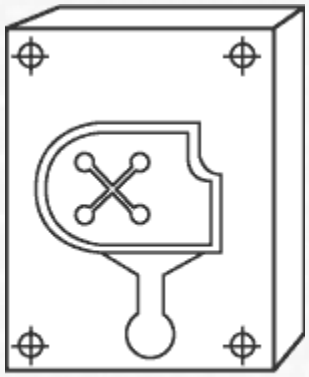




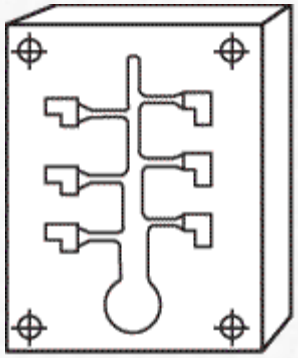
- Kalıp üretiminde kalıp boşluğu ve diğer kanallar işlenerek açılır. Kalıp malzemesi geçirgen olmadığından hava kanallarının da açılması zorunludur. Kokil kalıp tasarımı büyük deneyim ister. Metal kalıpların kesit kalınlığının belirlenmesinde ısı girdi ve çıktılarının dikkate alınması gerekir. Çünkü bu yöntemlerin başarısı kalıbın sürekli çalışma sıcaklığına bağlıdır. Kalıp kesit kalınlıkları genellikle 18-50 mm arasında seçilir.







Single-Cavity Die



Multiple-Cavity Die

- Metaller
  - Aluminyum, Çinko, Magnezyum, Bakır,ve Prinç Alaşımları
- Tolerances
  - +/- .012” first inch (add .002” per inch)
  - Wall section .125”

SPIN-O-LIZER

SCHOOL BUS
SCHOOL BUS

Metal	Döküm sıcaklığı C	Yaklaşık kalıp ömrü (döküm parça sayısı)	Kalıp çalışma sıcaklığı C
Alüminyum Esaslı	704-760	10.000 e kadar	343-427
Bakır Esaslı	1038-1149	5000 – 20.000	121-260
Magnezyum Esaslı	649-704	20.000 – 100.000	149-316
Çinko Esaslı	388-427	100.000 +	204-260
Gri Dökme Demir	1260-1482	5000 – 20.000	316-427

Avantaj ve Dezavantajları

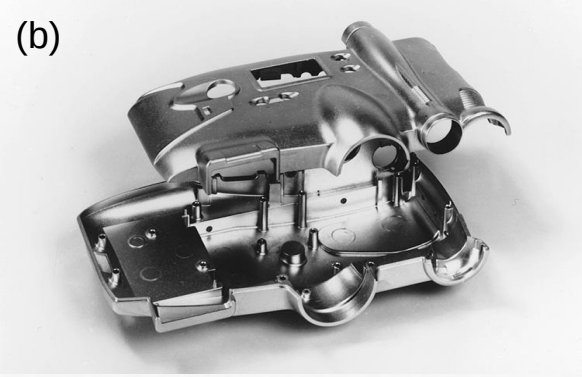
Avantajları

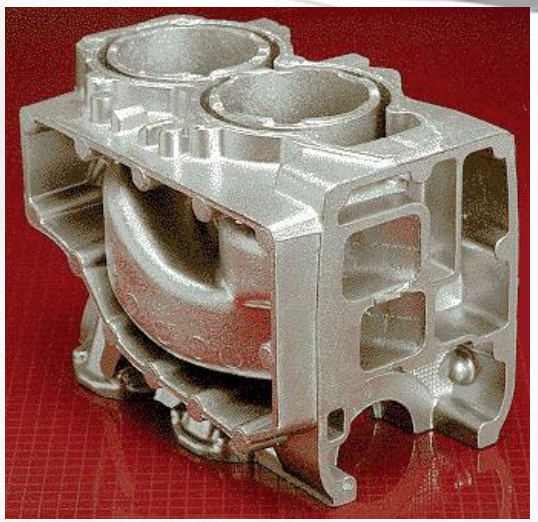
- İnce taneli iç yapı sayesinde mekanik özellikleri daha iyidir. Katılaşmanın ve soğumanın çok hızlı oluşu , daha sık ve ince bir yapının elde edilmesini sağlar. Çekme gerilmesi ve akma sınırı artar. Daha fazla sertlik ve tokluk elde edilir. Döküm süresi kısalır.
- Hassas boyut toleransları sağlanabilir.
- Karmaşık parçaların üretimi mümkündür.
- Parçanın yüzey kalitesi iyi olup, temizleme masrafları düşüktür.
- Seri üretim için ekonomik bir uygulamadır. Çok fazla parça dökmek maliyeti düşürür
- Gaz kabarcığı ve karıncalanma gibi hatalar meydana gelmez .
- Ölçü değişimi daha az olduğu için hassas toleranslar ve işleme payları verilir .
- Kokil ile alaşımların sıcaklıklarının ayarlanması ile elde edilecek parça sertlikleri ayarlanabilir .
- Küçük bir alanda fazla miktarda üretim sağlanır .

Dezavantajları

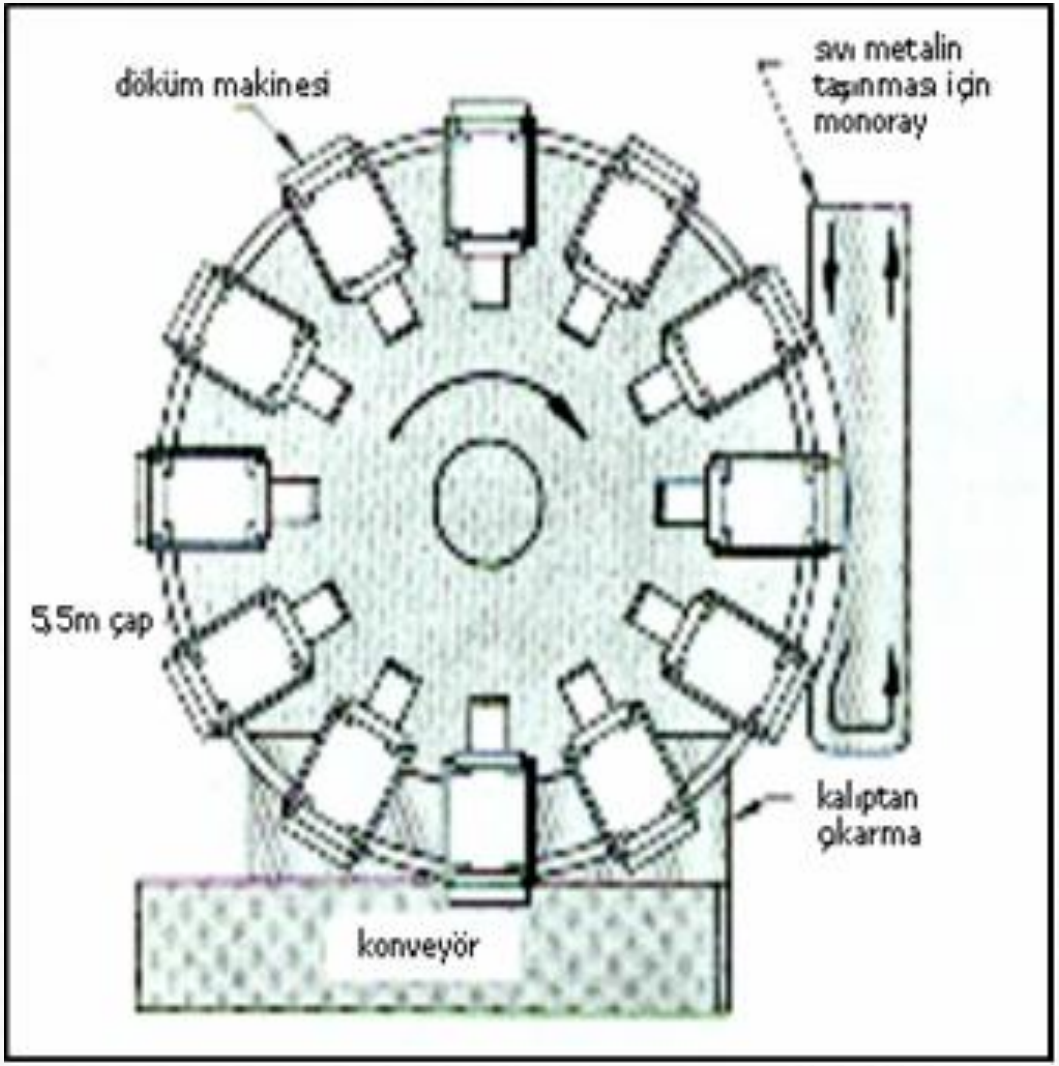
- Kokil kalıp pahalı olduğundan yöntem ancak seri üretimde ekonomiktir. Yöntem düşük sayıda parça üretiminde çok pahalı hale gelir .
- Bu yöntemle her malzeme dökülemez. Bütün alaşımlar metal kalıpta dökülmeye uygun değildir .
- Sadece küçük parçaların üretimi için uygundur.
- Bazı şekillerin bu yöntemle üretimi olanaksızdır , buna ya mala yüzeyinin (ayırma yüzeyi) yeri veya dökümün kalıptan çıkarılışındaki zorluk neden olmaktadır .

Uygulamaları



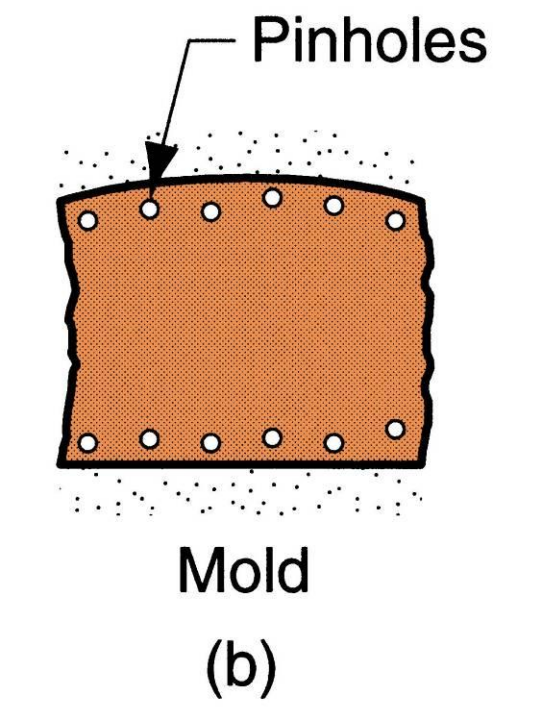


Genellikle demir dışı metallerin dökümünde kullanılan kokil döküm yöntemiyle üretilen parçalara örnek olarak soğutucu kompresör gövdeleri, hidrolik fren silindirleri, biyel kolları, oyuncaklar ve mutfak eşyaları gösterilebilir.

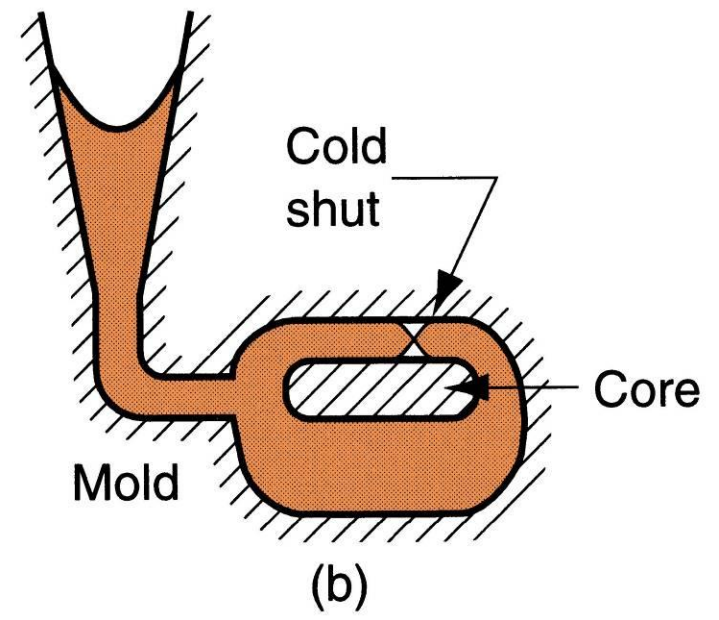

döküm makinesi
sıvı metalin taşınması için monoray
5,5m çap
kalıptan çıkarma
konveyör

Döküm Problemleri

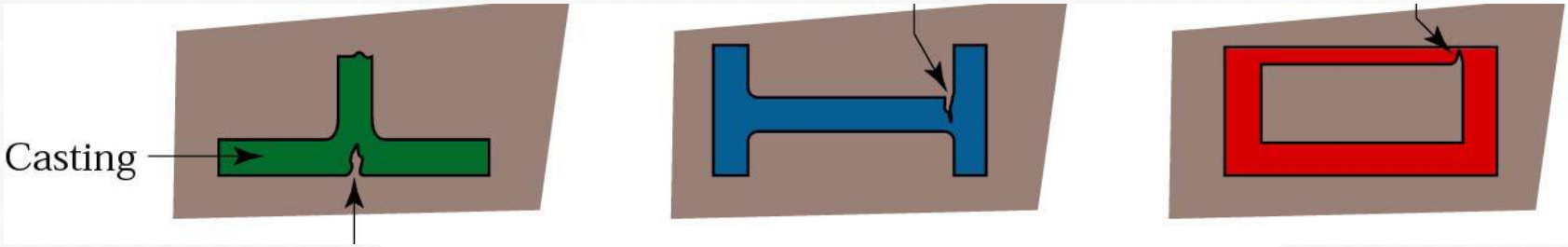
- Her üretimde olduğu gibi kokil dökümde de hatalı parçaların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Bu hataların değişik nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Kokil kalıba dökümde en çok rastlanan döküm hataları şunlardır;
- Gaz boşlukları : Kalıp boşluğunda varolan veya sıvı metal içinde çözünmüş gazların metali ve kalıbı terk edememesi sonucu parça içinde veya yüzeyinde oluşur. Bu hatayı önleyebilmek için kalıp içindeki havanın (gazların) çıkışını sağlayacak kanallar yada hava cepleri dizaynı doğru bir şekilde yapılmalı, sıvı metale potada gaz giderme işlemleri uygulanmalı, eğer üretilecek olan parça çok önemli ise kalıp içindeki hava vakum ile emilmelidir.
- .

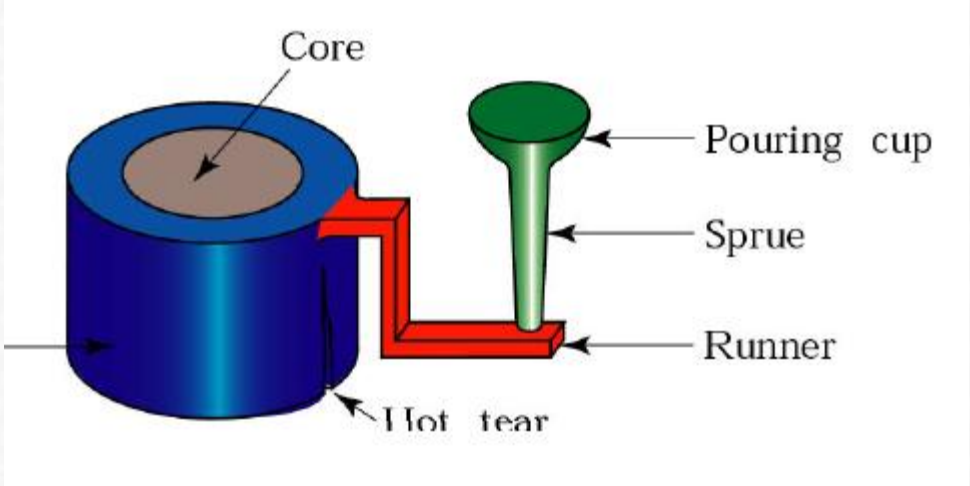


- Sıçramalar : Döküm sırasında sıçrayarak kalıp kenarlarında katılaşan ve daha sonra kalıba dolan sıvı metalle soğuk olarak birleşen metal parçacıklarıdır. Bu hatayı önlemek için yolluk dizaynı çok geniş yapılmamalı sıvı metal çok hızlı bir şekilde kalıba boşaltılmamalı ve sıvı metalin anafor yapması engellenmelidir.



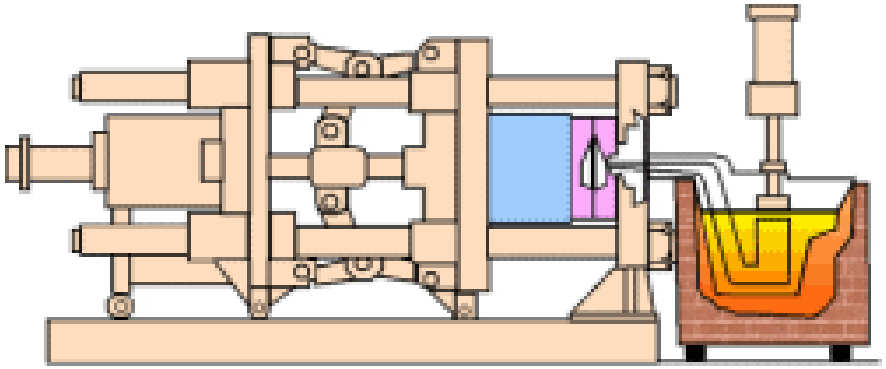
- <u>Sıcak yırtılmalar</u> : Döküm parçasının soğuması sırasında oluşan iç gerilmelerin büyük kesit farklılıklarında değişiklik göstermesi sonucu parça içinde meydana gelen yırtılmalardır. Döküm parça dizaynında bu kesit farklılıkları önlenmeli veya çil uygulaması yapılmalıdır.

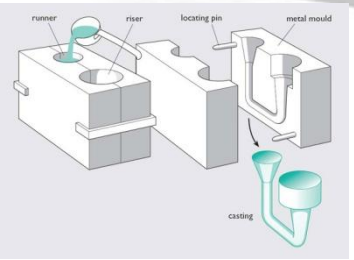


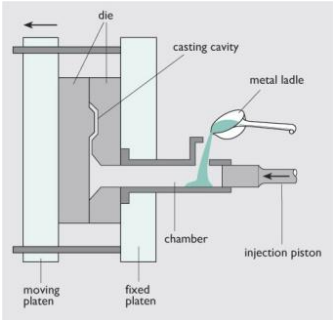


- Pislikler : Cüruf, oksit gibi yabancı maddelerin sıvı metale karışmasıyla genellikle parça yüzeyinde gözle görülebilir kusurlar ortaya çıkmasıdır. Potanın temiz olması sağlanarak, yolluk sisteminde sifonlu veya santrifüjlü yolluklar kullanarak bu hatanın önlenmesi sağlanabilir

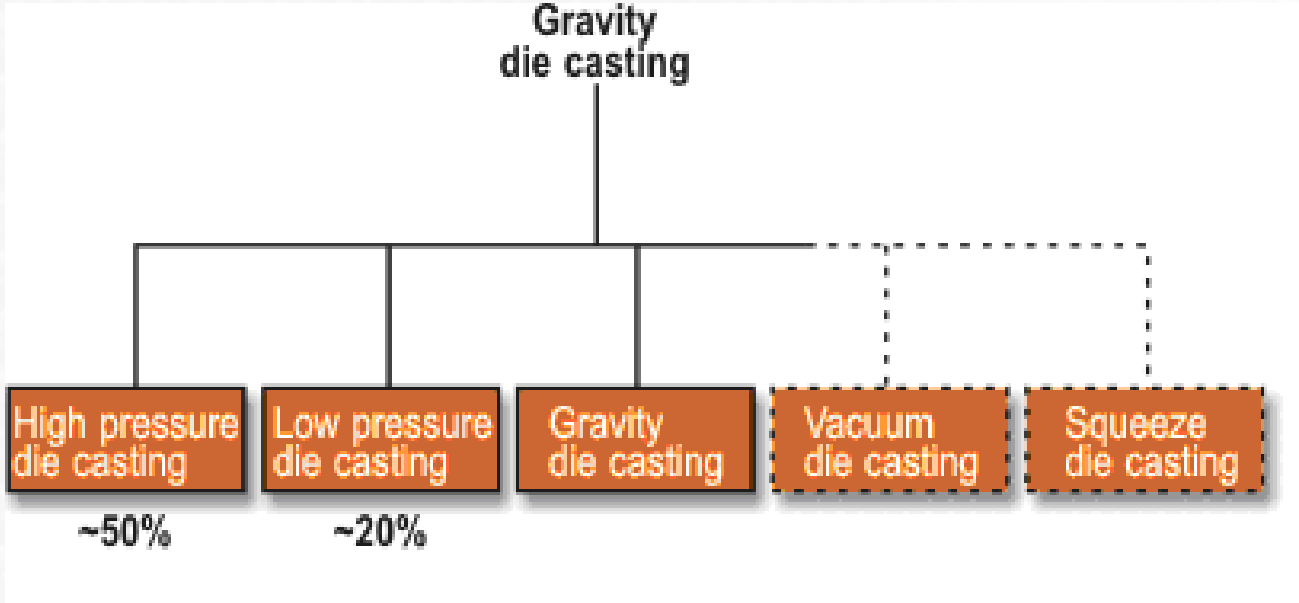
KALICI KALIPLARA DÖKÜM







Kalıcı kalıplara dökümü beş grupta inceleyebiliriz



Gravity Casting

High Pressure Die Casting

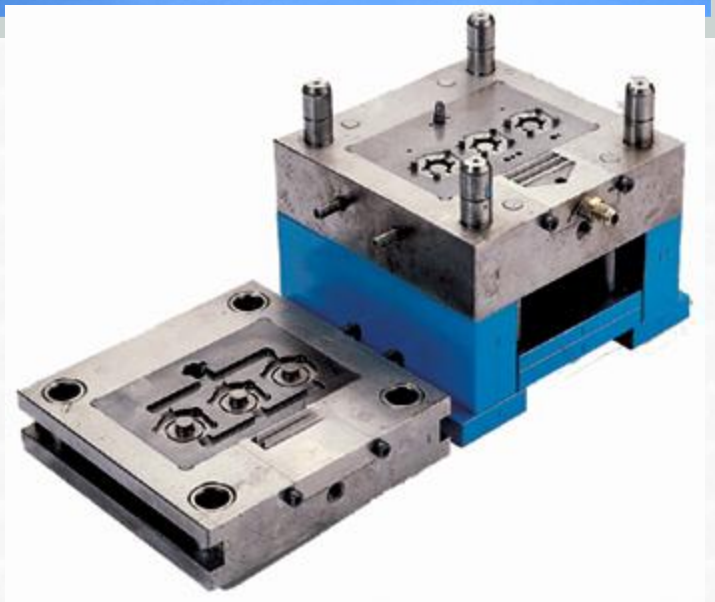
Low Pressure Die Casting

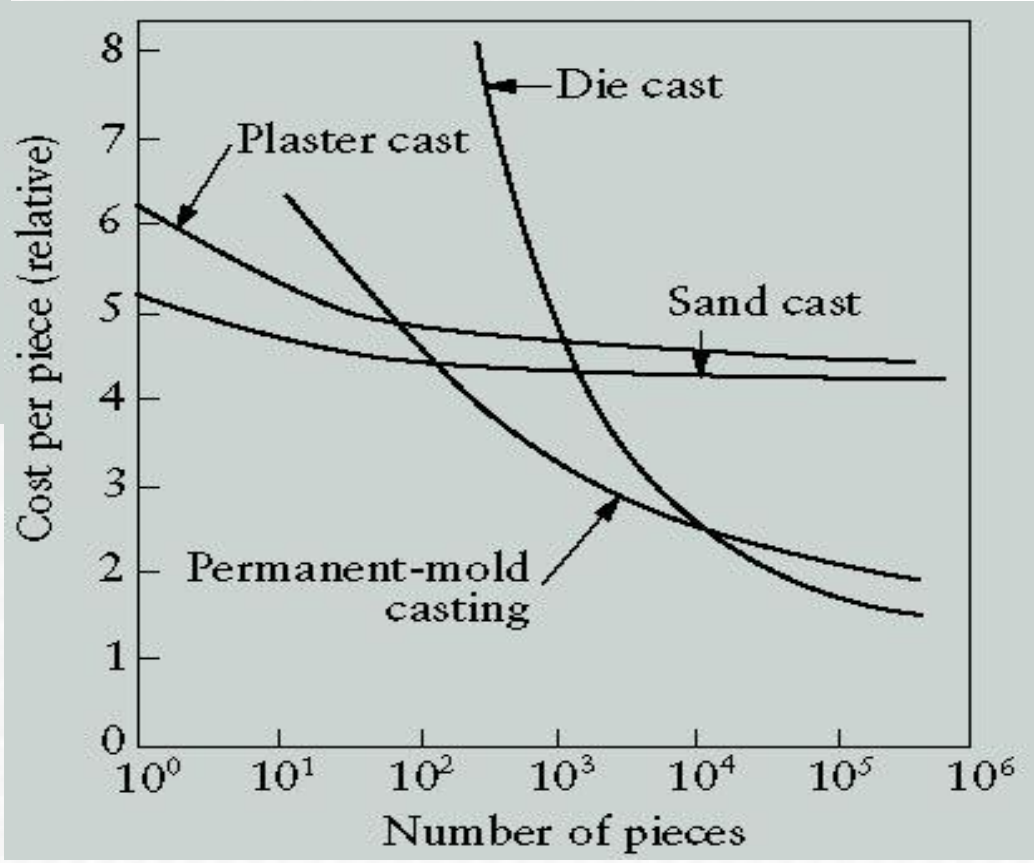
Vacuum Die Casting

Squeeze Casting or Squeeze Forming

Basınçlı Döküm

- Sıvı metalin çok yüksek basınç altında metalden yapılmış bir kalıba doldurulması esasına dayanır. Uygulanan basınç sayesinde fazla miktarda sıvı metalin kalıba çok hızlı bir şekilde doldurulması sağlanır. Katılaşma tamamlanıncaya kadar basınç uygulanmaya devam edilir ve ardından kalıp açılarak itici çubuklar yardımıyla parça kalıptan çıkarılarak işlem tamamlanır. Bu yöntem sayesinde çok karışık şekilli parçaların dökümü mümkün olur.




Cost per piece (relative)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Die cast
Plaster cast
Sand cast
Permanent-mold casting
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
10^5
10^6
Number of pieces

- Genellikle dökülecek malzemelerin erime sıcaklığı 1000 ºC nin altındadır.
- İşlemler tamamıyla makinalar tarafından gerçekleştirildiği için yüksek üretim hızlarına erişilebilir (100...800 parça/saat).
- Kullanılan basınç 10 - 80 atmosfer arasında değişir.
- İşlem sonucu elde edilen parçalara genellikle talaşlı işlemeye lüzum kalmaz. Ayrıca parçaların yüzeyleri hızlı soğuma sonucunda ince taneli ve mukavemetli olurlar.
- Kalıplar pahalı olduğundan dolayı bu yöntem genellikle 5000 parçanın üstünde üretim yapılacaksa uygundur.
- Kalıp malzemesi olarak dökme demir, karbonlu çelik, alaşımlı çelik ve bazen de demir dışı malzemeler kullanılabilir.
- Dökülen metalin erime sıcaklığı yüksek ise alaşımlı çelik kalıplar, düşük ise karbonlu çelik kalıplar kullanılır.
- Basınçlı dökümde kurşun, kalay, çinko, alüminyum ve magnezyum alaşımları kullanılır. Kalıplar genellikle çift parçalıdır ve üzerlerinde parçaları çıkarabilmek için itici çubuklar vardır. Kalıpların sıcaklığının sabit kalması için genellikle su ile soğutulur. Hem kalıp ömrü artar hem de katılaşma esnasında hızlı soğuma sağlanır

Avantaj ve Dezavantajları

Yöntemin Üstünlükleri;

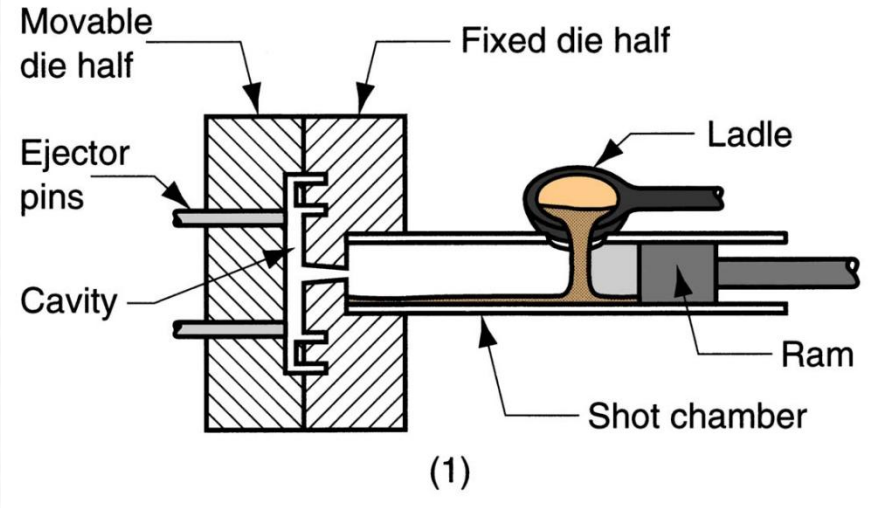
- Karmaşık biçimli küçük parçaların dökümüne uygundur.
- İnce cidarlı parçalarda kalıbın tam olarak dolması sağlanır.
- Üretim hızı yüksektir.
- Yüzey kalitesi ve boyut hassasiyeti çok yüksek olduğundan ek bitirme işlemlerine genellikle gerek kalmaz.
- Hızlı soğuma sonucu oluşan ince taneli içyapının mekanik özellikleri iyidir

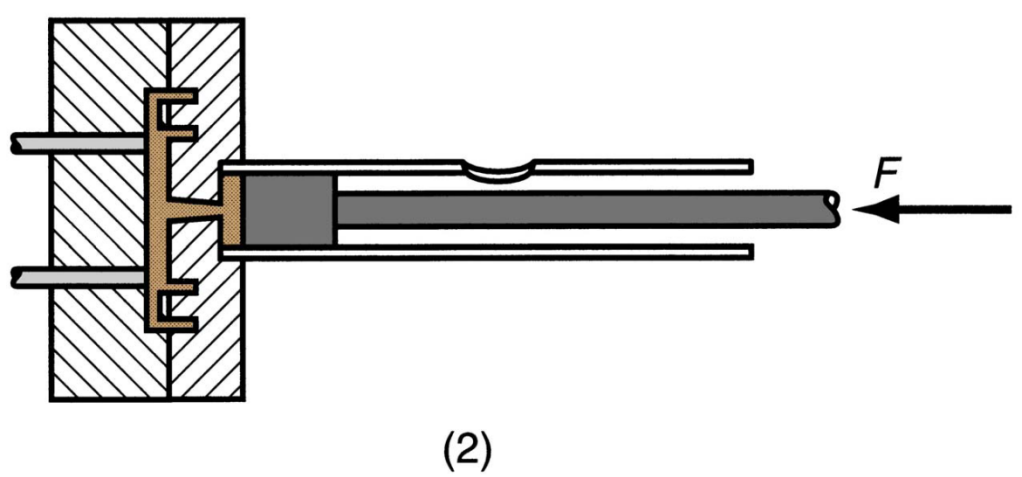
Yöntemin Sınırları;

- Sadece küçük parçaların üretimi mümkündür.
- Kalıp tasarımı güçtür.
- Döküm makinası için yüksek bir ön yatırım gereklidir.
- Kalıp masrafı nedeniyle ancak seri üretimde ve çok sayıda parça için ekonomiktir.
- Yüksek sıcaklıkta eriyen malzemelerin dökümü yapılamaz.

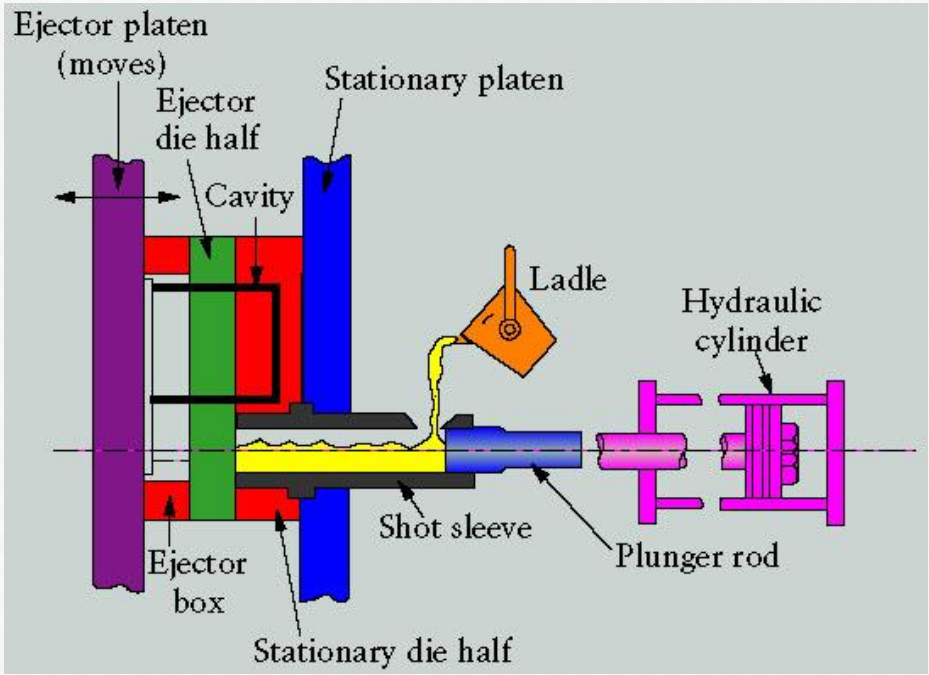
Soğuk Hazneli Basınçlı Döküm

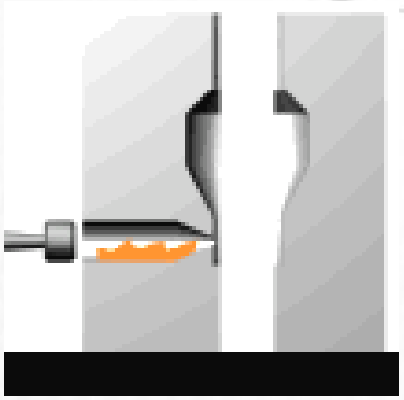
- Yüksek sıcaklıkta ergiyen ve makinanın çalışan parçaları ile sürekli temas halinde bulunması sakıncalı olan alaşımlarda (bakır, alüminyum ve magnezyum alaşımları) soğuk hazneli basınçlı döküm yöntemi kullanılır.
- Bu yöntemde ocakta eritilen metal bir kepçe yardımıyla istenilen miktarda alınarak hazneye konulur. Sonra piston bu erimiş metali sıkıştırarak kalıba doldurur ve katlaşma işleminin sonuna kadar basınç uygulanmaya devam eder. Ardından sıcak haznelide olduğu gibi kalıp ayrılır, iticiler yardımıyla parça çıkarılır ve işlem devam eder.

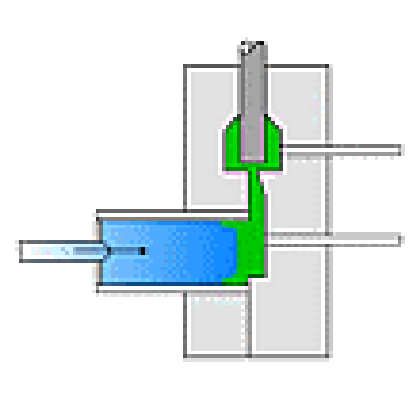

Movable
die half
Fixed die half
Ladle
Ejector
pins
Cavity
Ram
Shot chamber
(1)

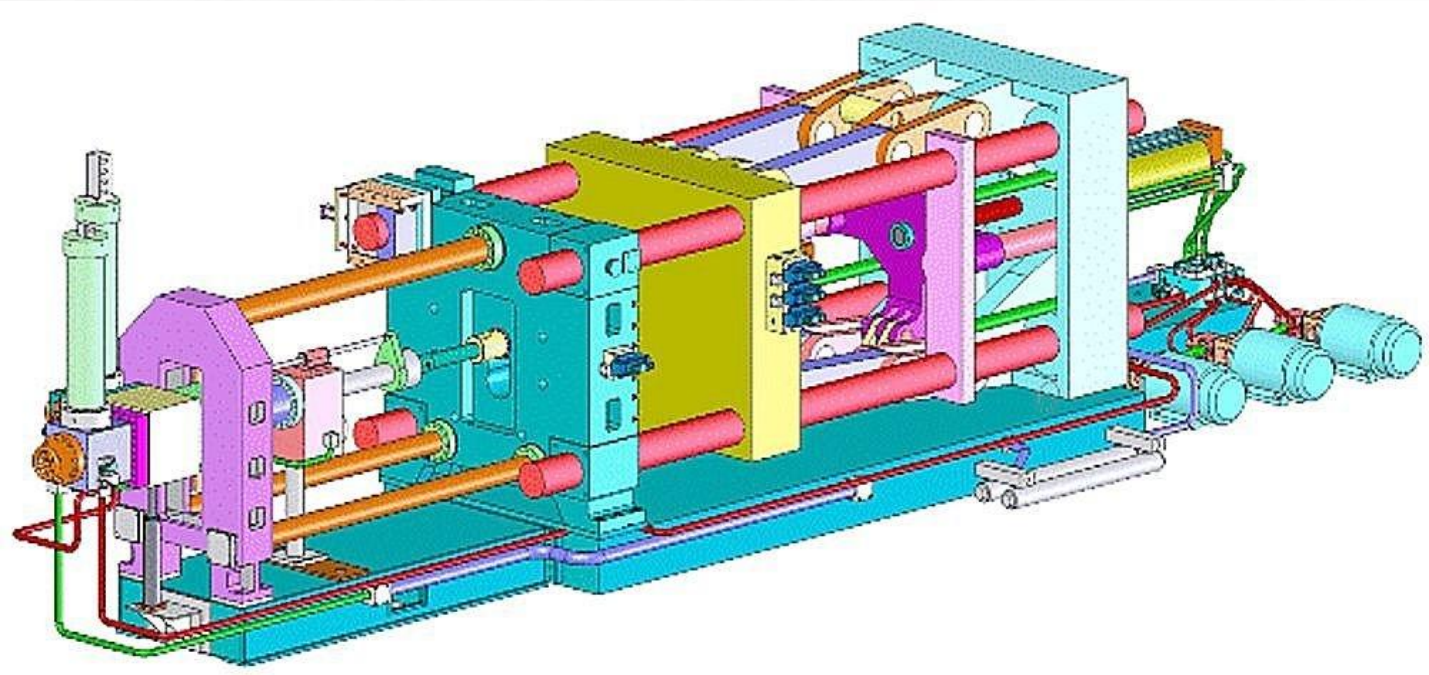

F
(2)

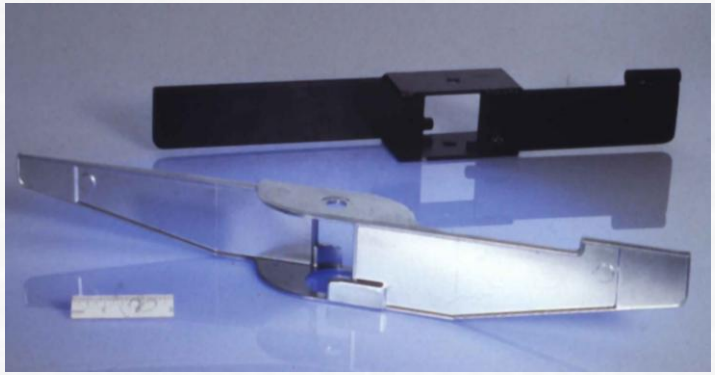
FRECH
DAK 1100-112


Ejector platen
(moves)
Ejector
die half
Stationary platen
Cavity
Ladle
Hydraulic
cylinder
Shot sleeve
Plunger rod
Ejector
box
Stationary die half

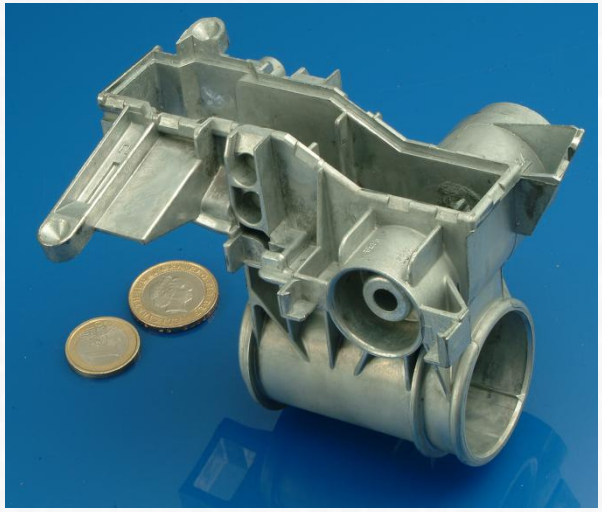


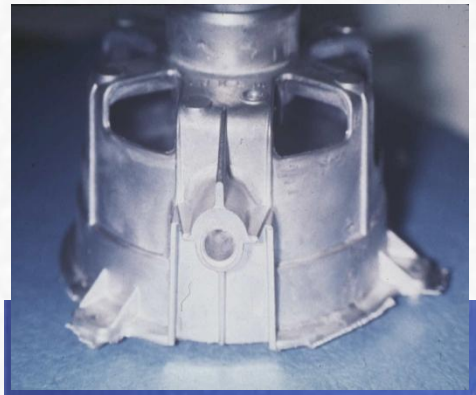


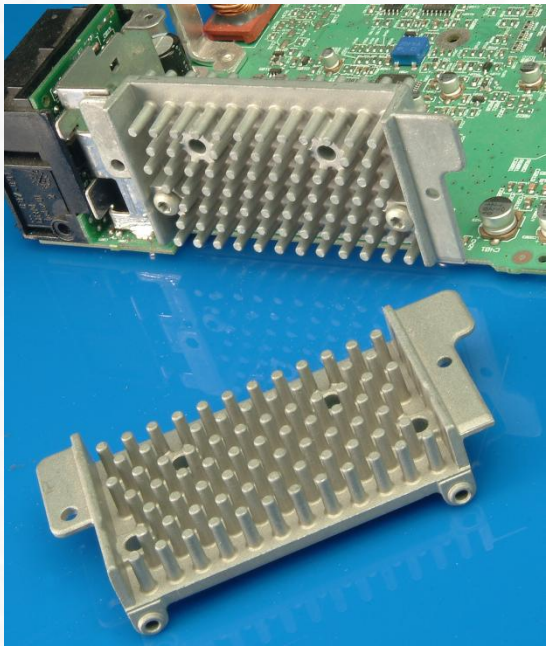




7-part welded hinge steel assembly - ZA8

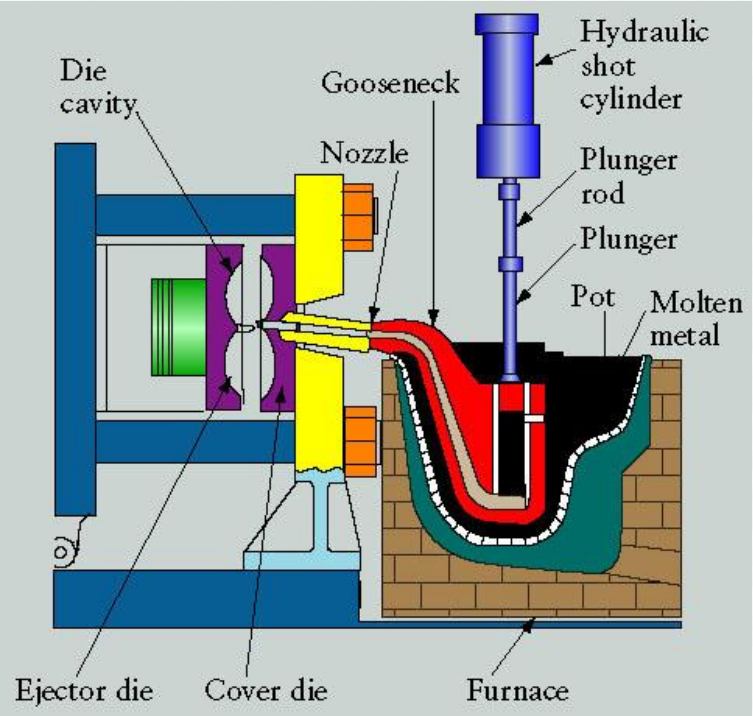


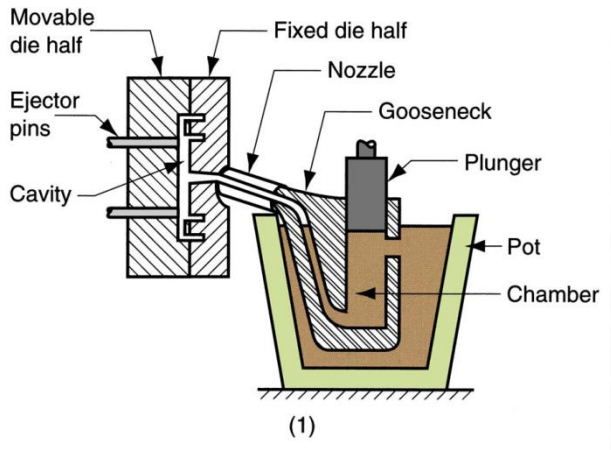


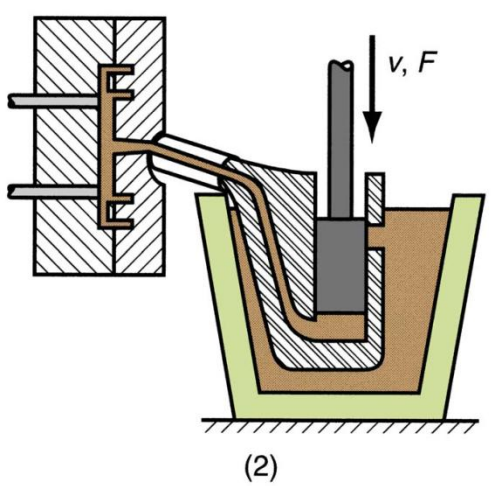


Sıcak Hazneli Basınçlı Döküm

- Kalay kurşun ve çinko gibi düşük sıcaklıkta eriyen metallerin dökümünde kullanılan yöntemdir.
- Bu yöntemde hazne potanın içinde bulunur. Erimiş metalin içindeki hazneye dolan sıvı metal bir piston veya basınçlı hava yardımıyla kalıp boşluğuna basılır. Katılaşma tamamlanıncaya kadar basınç uygulanmaya devam eder. Ardından kalıp açılır ve itici çubuklar tarafından parça kalıptan ayrılır.

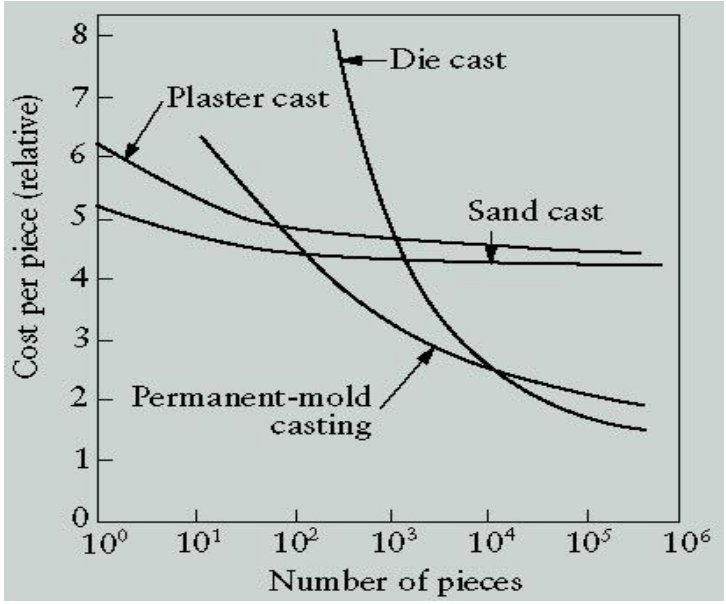

Hydraulic shot cylinder
Die cavity
Gooseneck
Nozzle
Plunger rod
Plunger
Pot
Molten metal
Ejector die
Cover die
Furnace


Movable die half
Fixed die half
Nozzle
Ejector pins
Gooseneck
Plunger
Cavity
Pot
Chamber
(1)


v, F
(2)

Döküm Prosesi Seçimi

Parça Başı Fiyat



BASINÇLI DÖKÜM

METAL KALIBA DÖKÜM

KUM KALIBA DÖKÜM

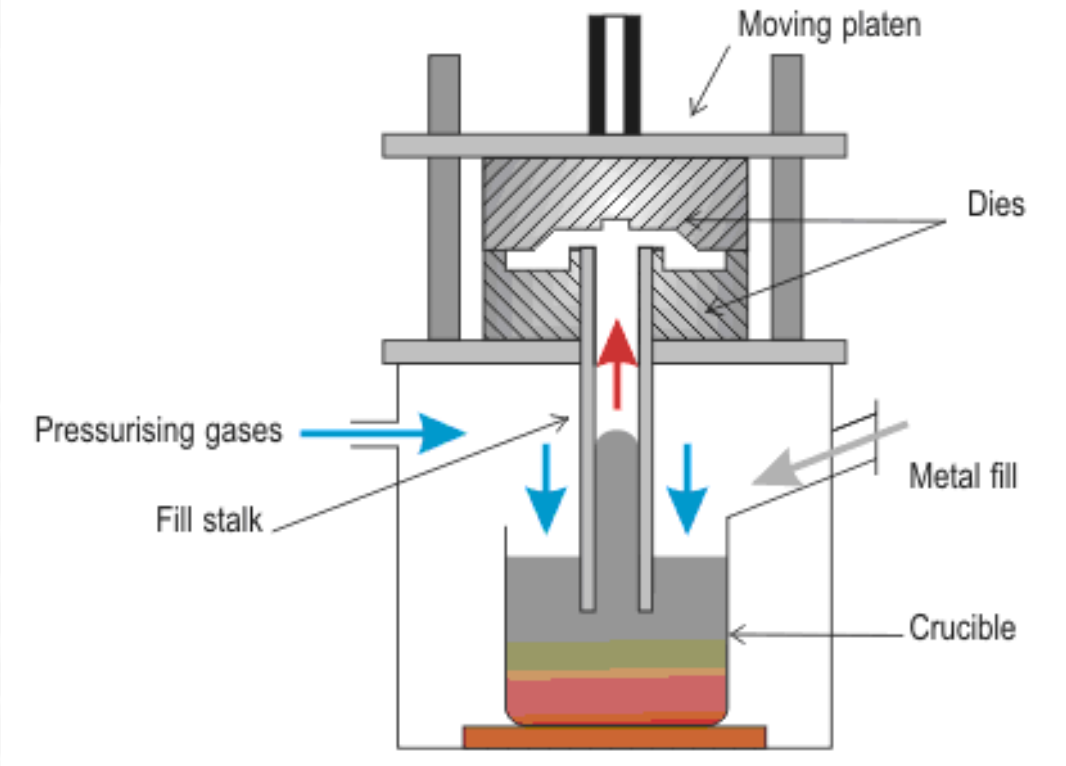
ARTIYOR

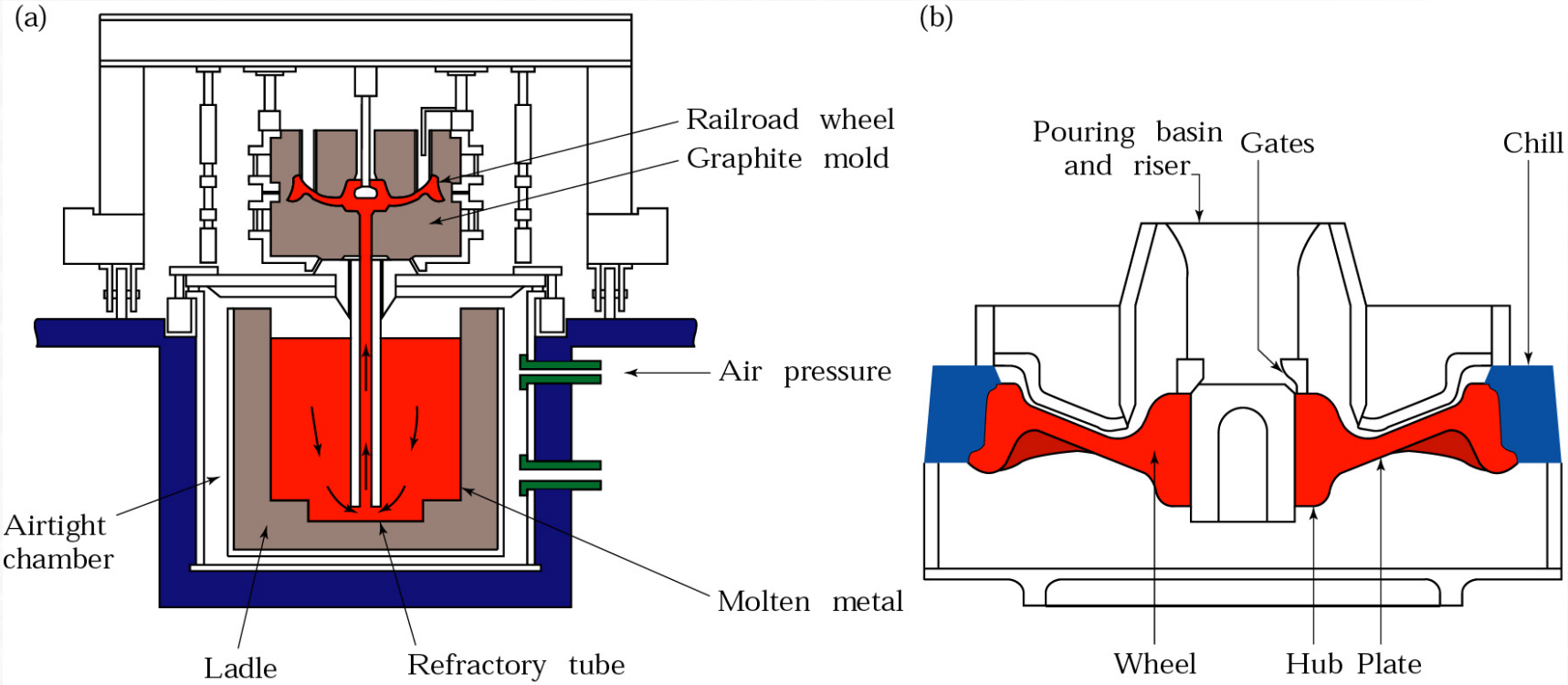
ARTIYOR

YATIRIM MALİYETİ

Alçak basınçlı döküm

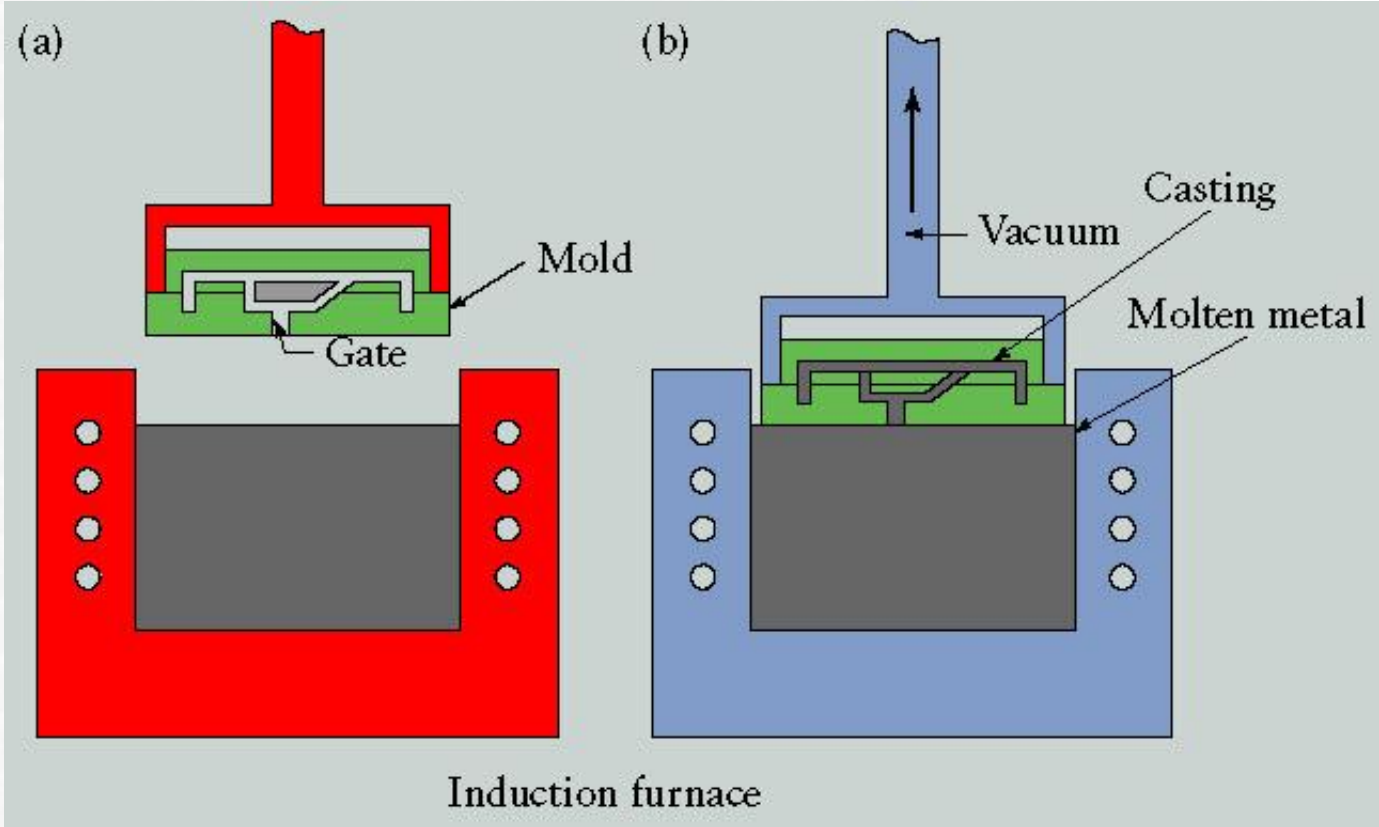
- Temel kalıcı kalıba döküm yöntemlerinde malzemenin kalıba dolmasını yerçekimi sağlar. Alçak basınçlı dökümde sıvı metal, kalıba alçak basınç sayesinde –yaklaşık 0,1 MPa (N/mm2)- aşağıdan yukarıya doğru dolar. Bu yöntemin geleneksel döküm yöntemlerine göre avantajı; hazneden kalıba dolan sıvı metalin atmosfere açık sıvı metale göre daha temiz olmasıdır. Bu sayede gaz gözenekleri ve oksitlenme asgariye indirilirken, mekanik özellikler iyileşir.


Moving platen
Dies
Pressurising gases
Fill stalk
Metal fill
Crucible


(a)
Railroad wheel
Graphite mold
Air pressure
Airtight chamber
Molten metal
Ladle
Refractory tube
(b)
Pouring basin and riser
Gates
Chill
Wheel
Hub
Plate

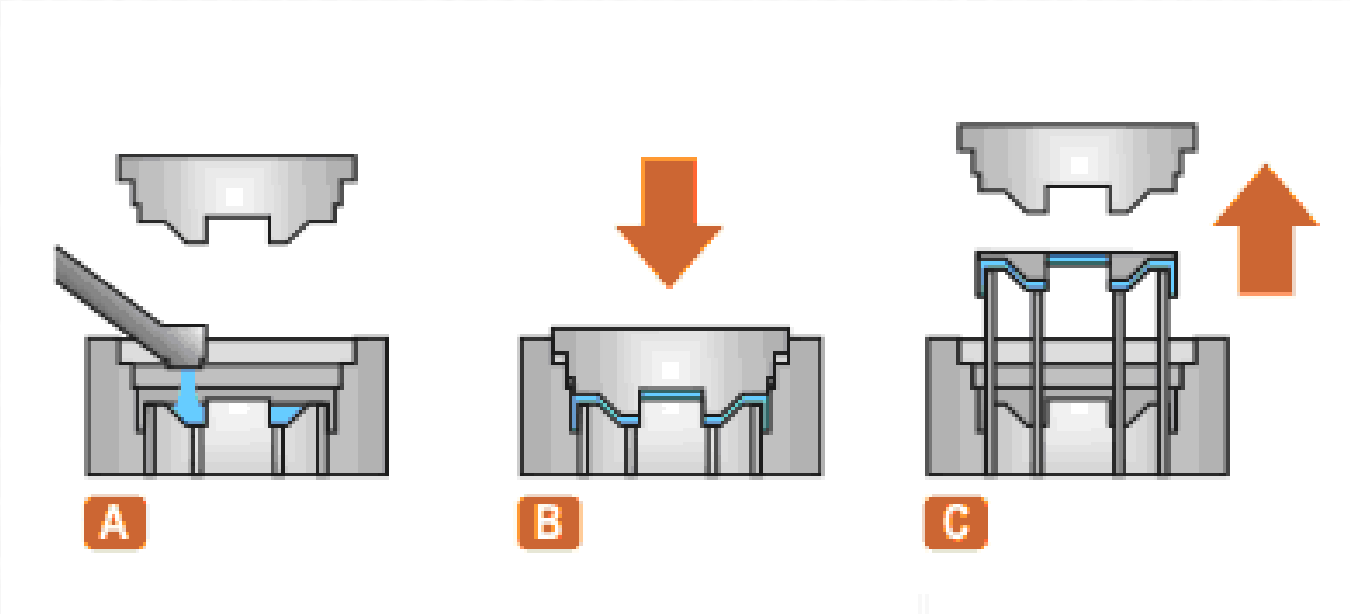
Vakum basınçlı döküm

- Alçak basınçlı dökümün bir çeşidi olan vakumlu kalıcı kalıba döküm sıvı metalin kalıba vakumla doldurulması esasına dayanır.
- Genel olarak prensibi alçak basınçlı dökümle aynıdır. Farkı; hava basıncının sıvı metalin altından pozitif yönde uygulanması yerine, kalıptaki hava basıncını vakumla düşürülmesi ve sıvı metalin kalıba dolmasının sağlanmasıdır.
- Alçak basınçlı döküm yerine vakumun kullanılmasının çeşitli avantajları vardır; gaz gözenekleri ve ilgili kusurlar azaltılır ve bu sayede daha yüksek dayanımda döküm parçası elde edilir.

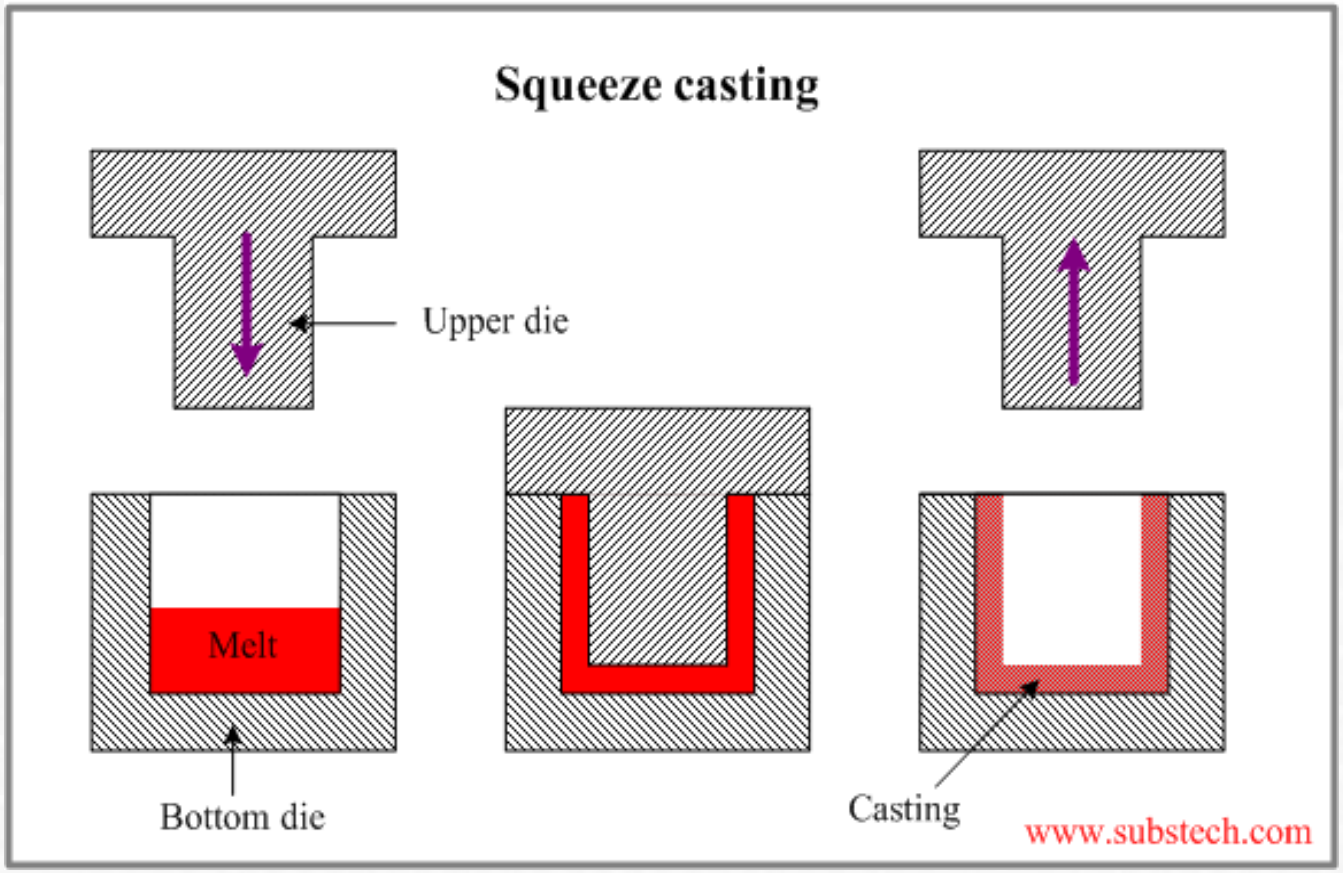

(a)
Mold
Gate
(b)
Vacuum
Casting
Molten metal
Induction furnace

Squeeze Casting

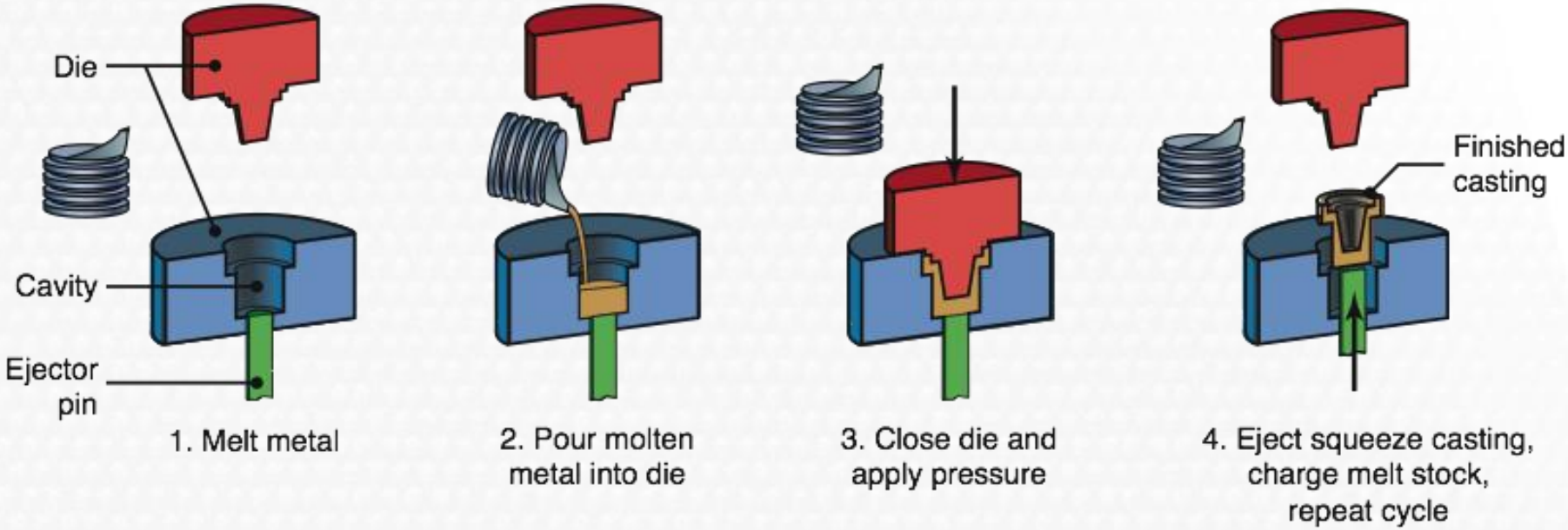
Yönteme değişik isimler verilebilirse de yöntemin uygulanışını tariflemesi açısından « DÖVME DÖKÜM » ismi verilmiştir.



- belli miktardaki sıvı metale tek bir dövme vuruşu uygulanmasıyla parça üretilebilen bir döküm tekniği olarak, tanımlanabilir.

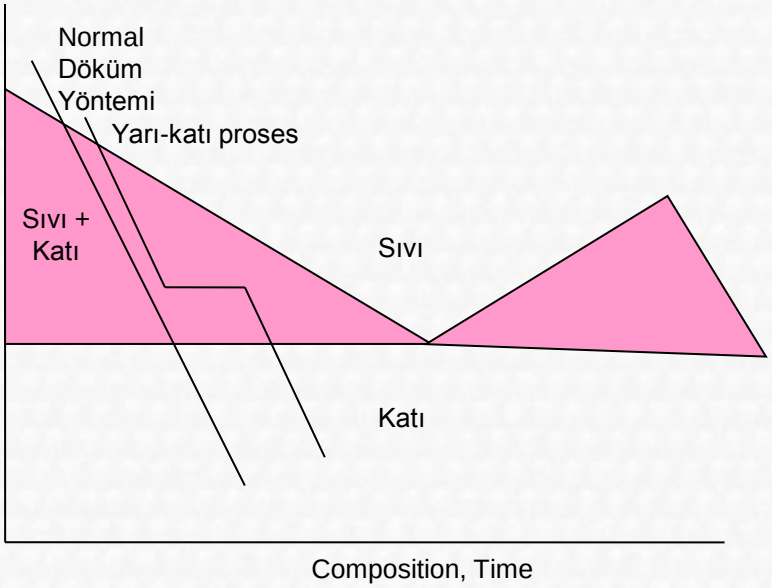


- Bu yöntemle döküm ve dövme işlemlerinin getirdiği iyi özellikler birleştirilmiş olur. Dövmeden sonraki sürekli sıkıştırma işlemi, yapıda bulunan inklüzyonların kırılmasını, mikro – gözeneklerin kaynayıp parçayı daha homojen hale getirmesini sağlar.
- Küçük boyutlu otomatik bir makinede gerçekleştirilen işlem, basıncın direkt etkisi sonucu ergimiş metalin tümünün kullanılması, daha az enerji maliyeti, yollukların ortadan kaldırılmış olması ve dolayısıyla mekanik işleme maliyetinin düşük oluşu açılarından, diğer döküm yöntemlerine göre ekonomik olmaktadır.

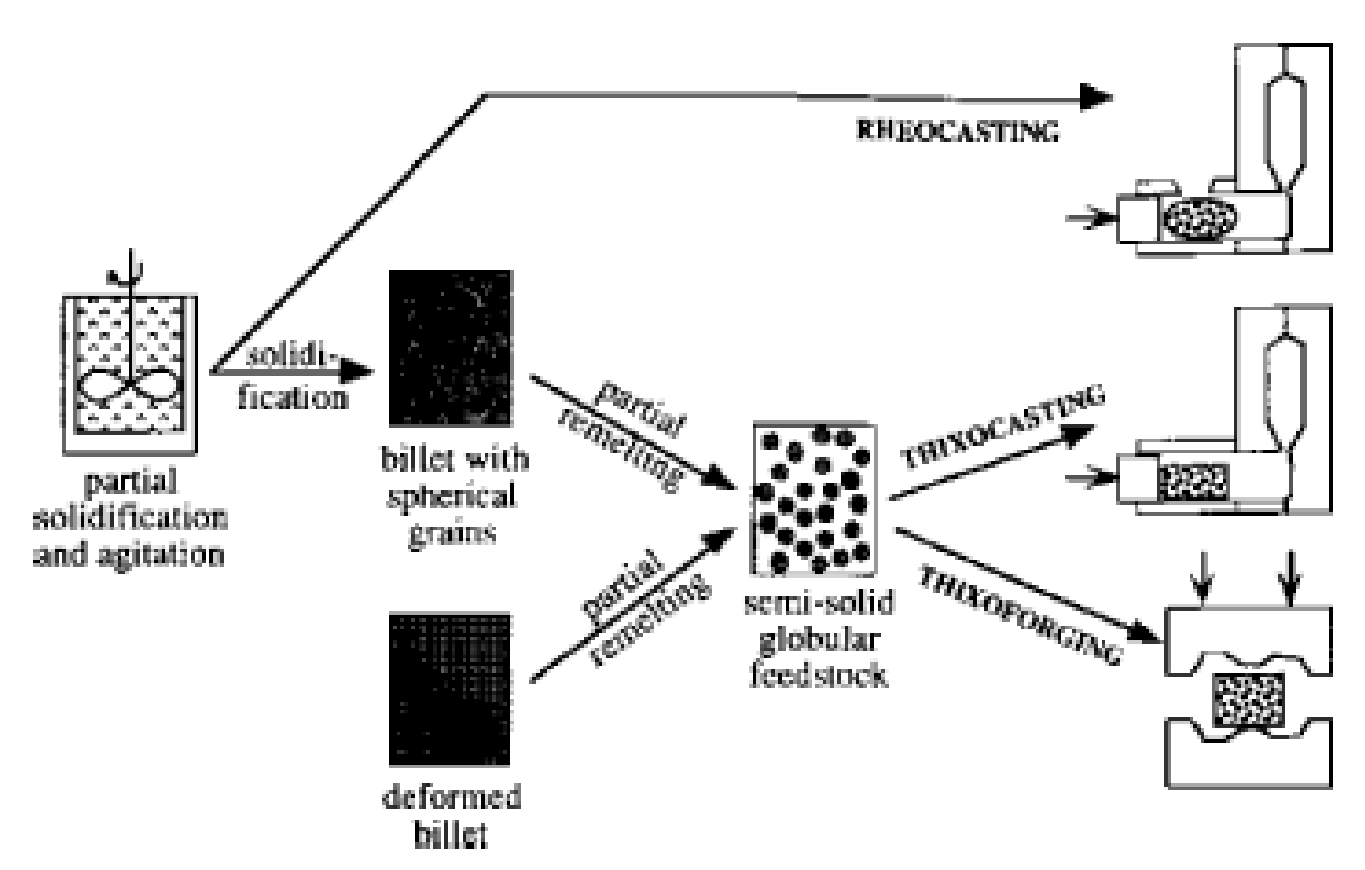

Die
Cavity
Ejector pin
1. Melt metal
2. Pour molten metal into die
3. Close die and apply pressure
Finished casting
4. Eject squeeze casting, charge melt stock, repeat cycle

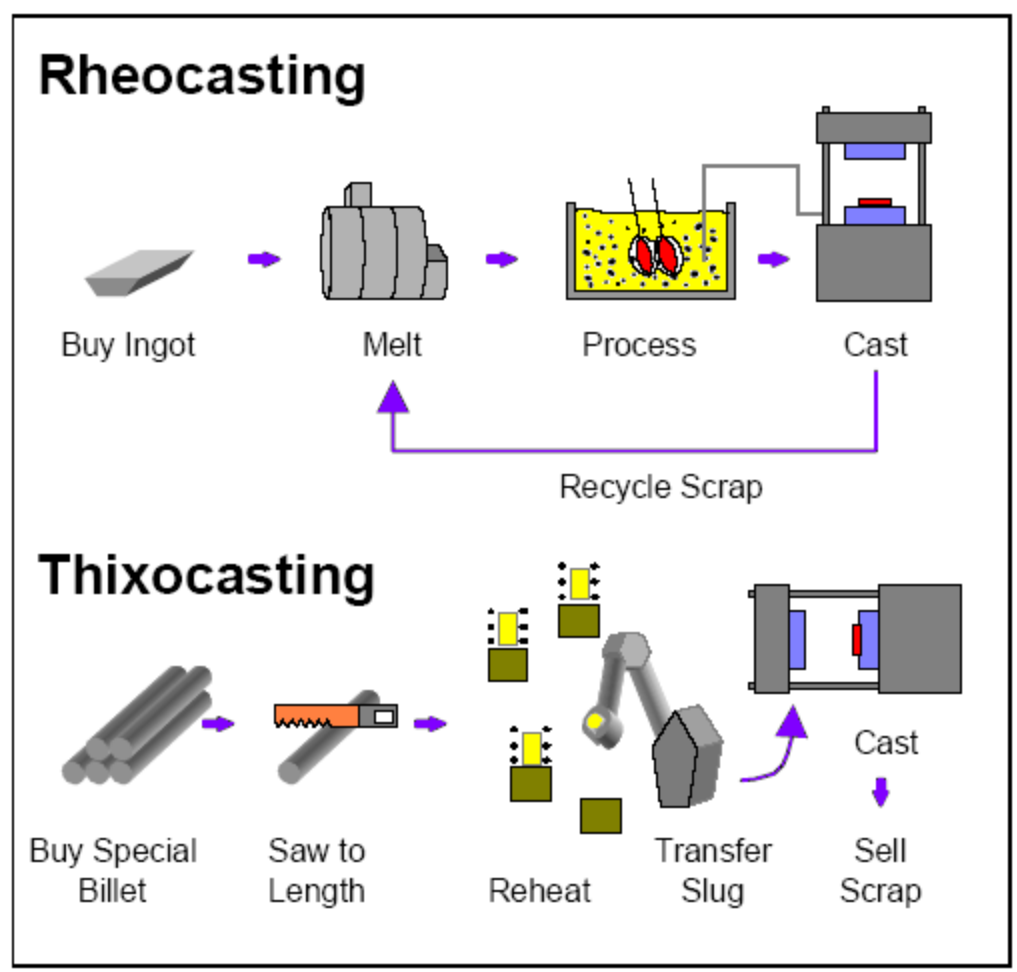
Thicocasting ve Rheocasting

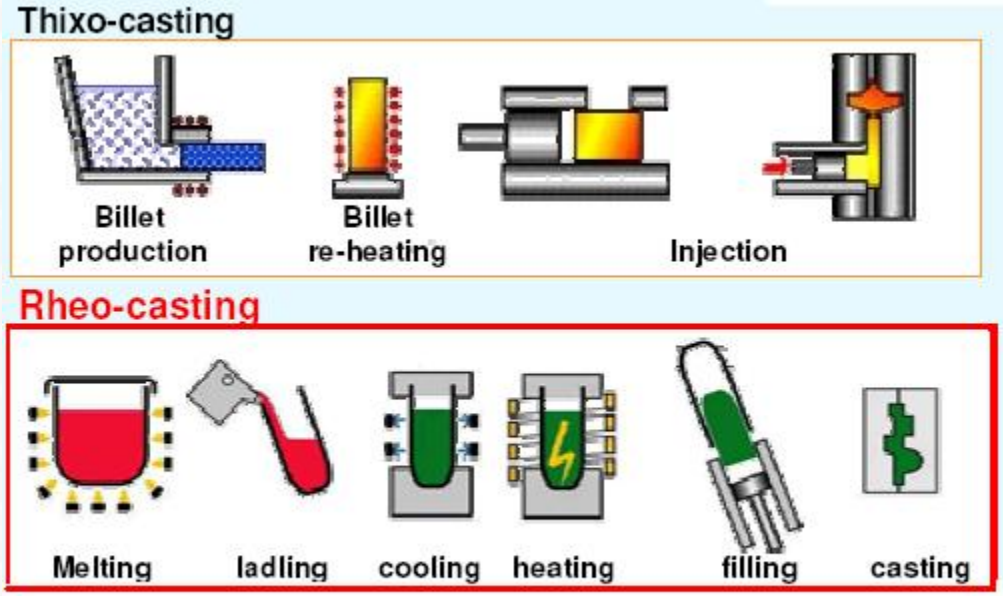
- Kısmen katılaşmış alaşımların basınçlı dökümde şarj malzemesi olarak kullanılması, döküm endüstrisinde son yılların araştırma konularından biri olmuştur.

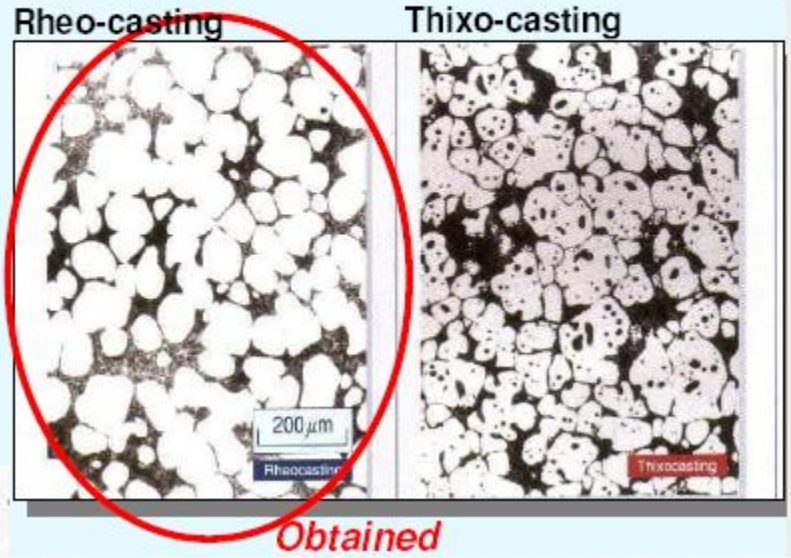

Normal
Döküm
Yöntemi
Yarı-katı proses
Sıvı +
Katı
Sıvı
Katı
Composition, Time

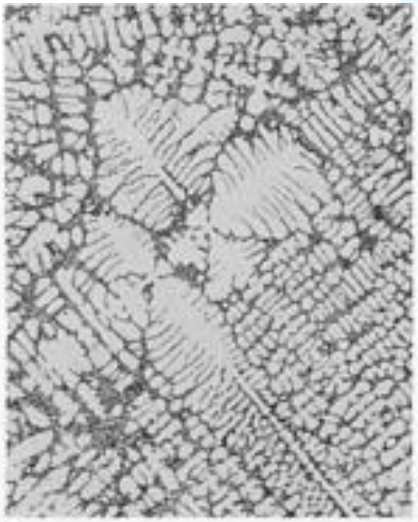
- Katı – sıvı çamurunun doğrudan basınçlı döküm makinesine beslenmesine «Rheocasting »
- çamurun önceden kalıplara dökülerek şekillendirilmesi sonra katı – sıvı sıcaklığına tekrar ısıtılarak dökülmesine « Thixocasting » adı verilir.


RHEOCASTING
solidi-
fication
partial
solidification
and agitation
billet with
spherical
grains
partial
remelting
partial
remelting
deformed
billet
semi-solid
globular
feedstock
THIXOCASTING
THIXOFORGING


Rheocasting
Buy Ingot
Melt
Process
Cast
Recycle Scrap
Thixocasting
Buy Special Billet
Saw to Length
Reheat
Transfer Slug
Cast
Sell Scrap


Thixo-casting
Billet production
Billet re-heating
Injection
Rheo-casting
Melting
ladling
cooling
heating
filling
casting

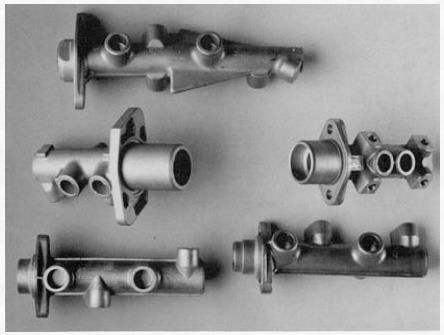

Rheo-casting
Thixo-casting
200 µm
Rheocasting
Thixocasting
Obtained



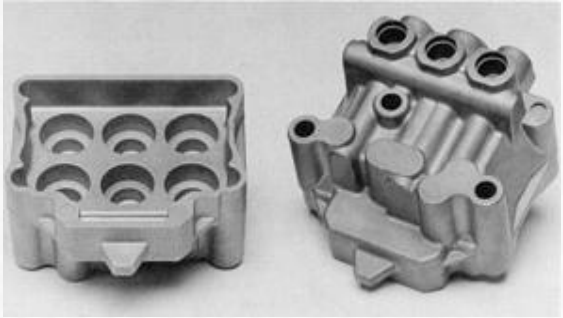
Yöntemin başlıca avantajları ise :

- Pres döküm pratiği açısında kalıp problemleri azalır.
- Kalıp ömrü artar.
- Konvansiyonel dökümde şarj bir miktar aşırı ısı ile dökülür. Bu aşırı ısı kalıbın termal aşınımını arttırır. Yarı katı metal dökümünde bu aşırı ısı yoktur ve ergime ısınsın % 40 – 50 kadarı şarjdan önce dışarı alındığından kalıp aşınımı büyük ölçüde azalır.
- Katılaşma için gerekli süre azalacağından döküm süresi kısalır, üretim hızı artar.
- Döküm kalitesi daha yüksek olur, zira ;
  - Alaşım kalıba kısmen katılaşmış durumda girdiğinden daha az çekilme porozitesi oluşur ve mevcut olan porozite üniform dağılır.
  - Kısmen katılaşmış alaşım, tamamen sıvı olandan daha viskoz olduğu için kalıp boşluğuna girerken daha az (saçılma) meydana gelir ki bu da dökümde kalan havanın azalmasına neden olur. Dolayısıyla gaz poroziteleri sorunu çok azalır veya kalmaz.

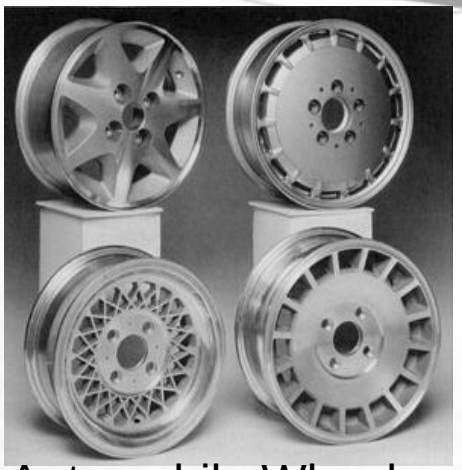
Uygulamalar



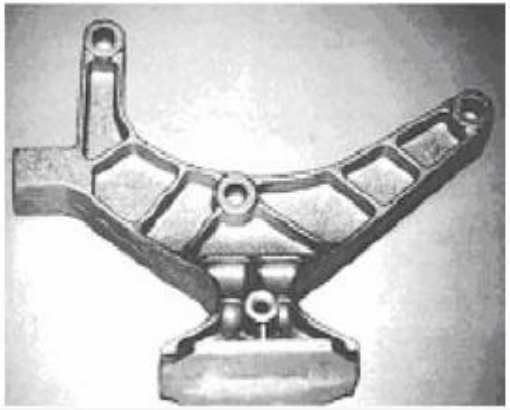
Brake master Cylinder



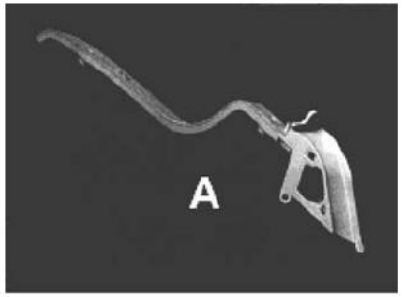
Hydraulic Brake Valve

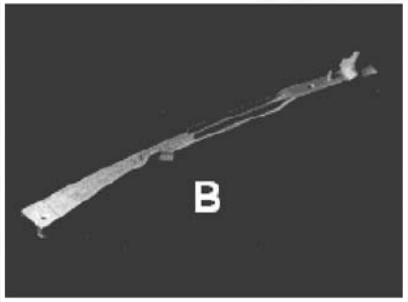


Automobile Wheels



Fiat Engine bracket

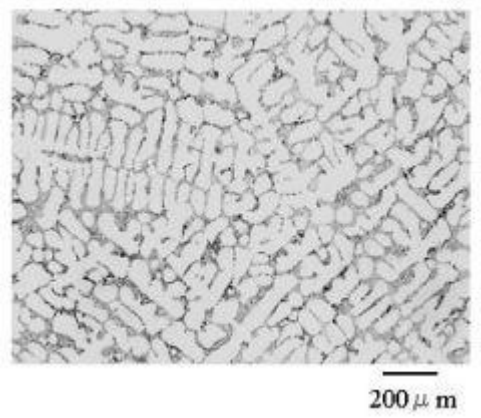


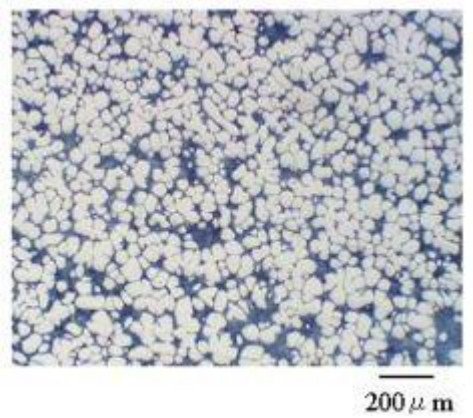


Door Pillars for Audi

Control arms for Steering

Pictured above are samples of the wide array of brass parts that are die cast at Rheocast. Copper motor rotor technology may mean a new area of business for the Wisconsin company.

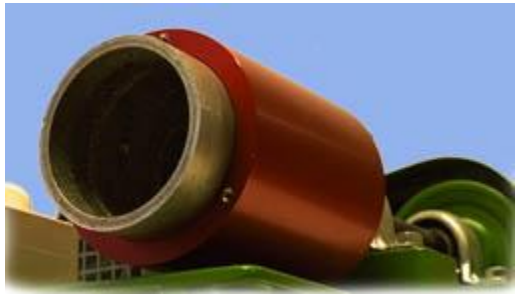




Basınçlı döküm

rheocasting

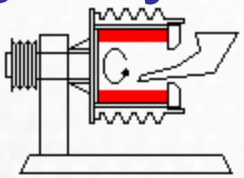
SAVURMA DÖKÜM



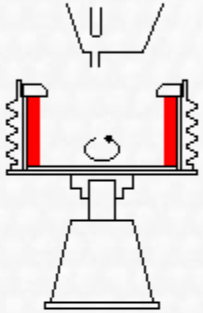
- Savurma döküm yönteminde sıvı metal, bir eksen etrafında döndürülen kalıplar içine dökülerek biçimlendirilir.
- Merkezkaç kuvvetlerinin oluşturduğu basınç, metalin kalıp cidarına homojen olarak dağılmasını, parçanın dışının kalıbın iç şeklini almasını sağlar.
- Oluşan yüksek merkezkaç kuvveti sayesinde dökülen sıvı metal içinde bulunan düşük yoğunluklu kum ve cüruf tanecikleri, metal olmayan kalıntılar ve gazlar dönme eksenine doğru sürüklenir.
- Dolayısıyla bu yöntemle parça yüzeyinin gözeneksiz temiz ve ince taneli olarak elde edilmesi mümkün olur.

Savurma döküm yöntemi üçe ayrılır:

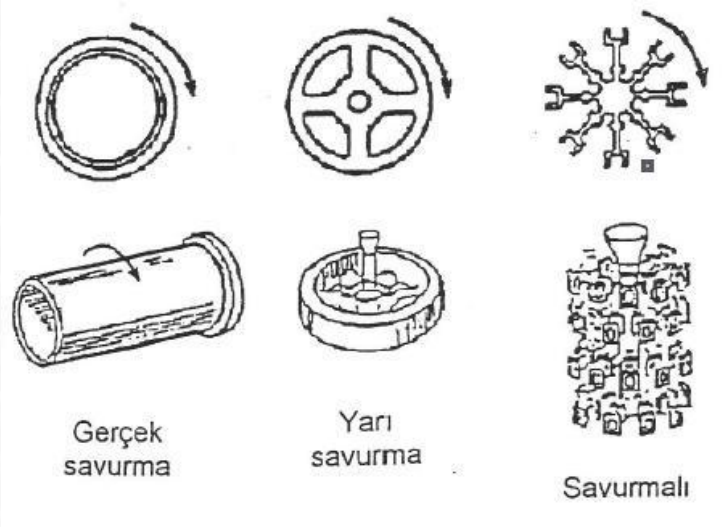
1. Gerçek Savurma Döküm
2. Yarı Savurma Döküm
3. Savurmalı Döküm

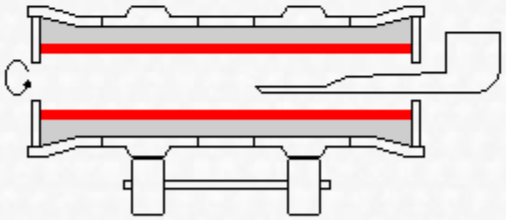


Horizontal Rotation



Vertical Rotation

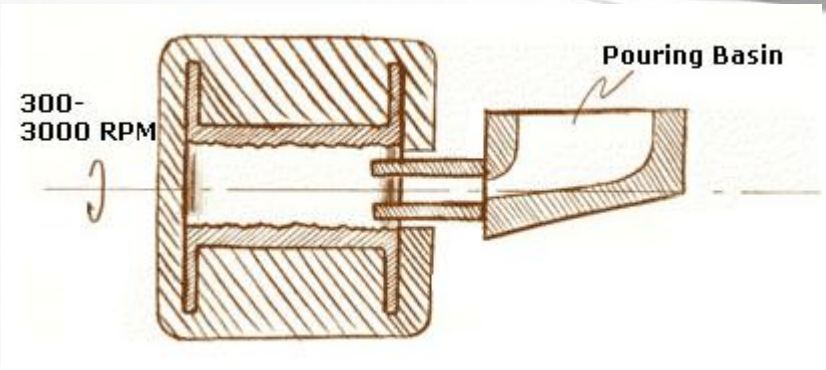


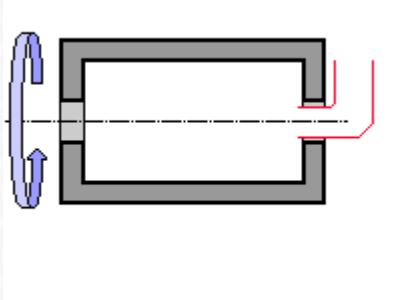


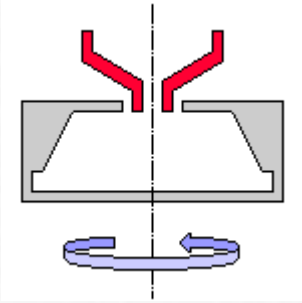
Sand Lined Mold Casting Machine

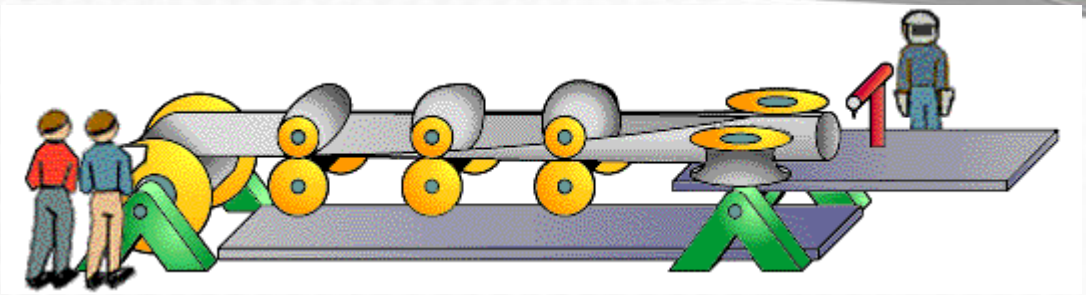
Gerçek Savurma Döküm:

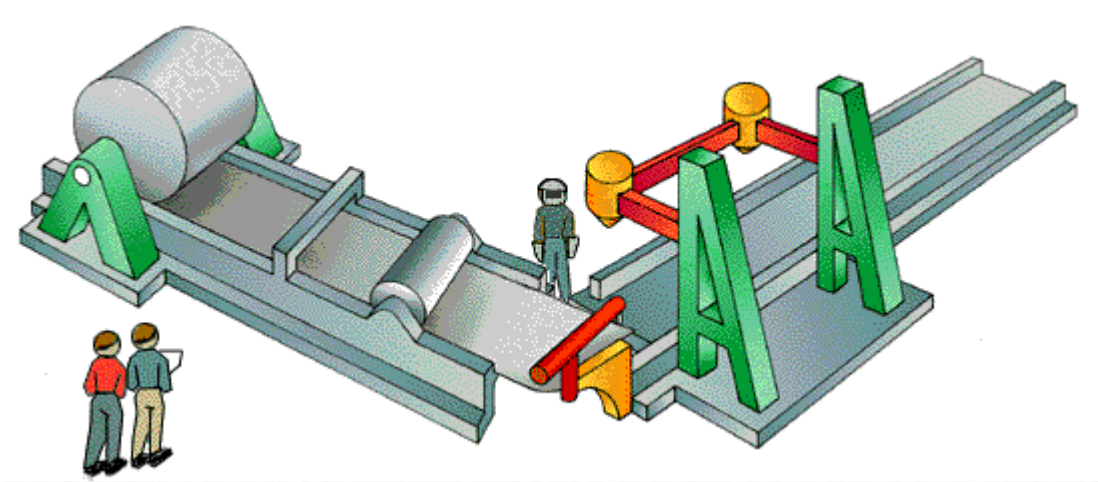
- İç boşluklar maça kullanılmadan elde edilebilir.
- Bu yöntem boru üretiminde yaygın olarak kullanılır.
- Parçanın istenilen kesit kalınlığı, kalıp içine dökülen sıvı metal miktarının ayarı ile mümkündür.
- Dönme ekseni yatay veya düşey açılı olabilir.
- Dökülecek parça sayısı az ise kalıplar kum esaslı malzemeden yapılır.
- Seri Üretimde ise su ile soğutulan metal kalıplar kullanılır.

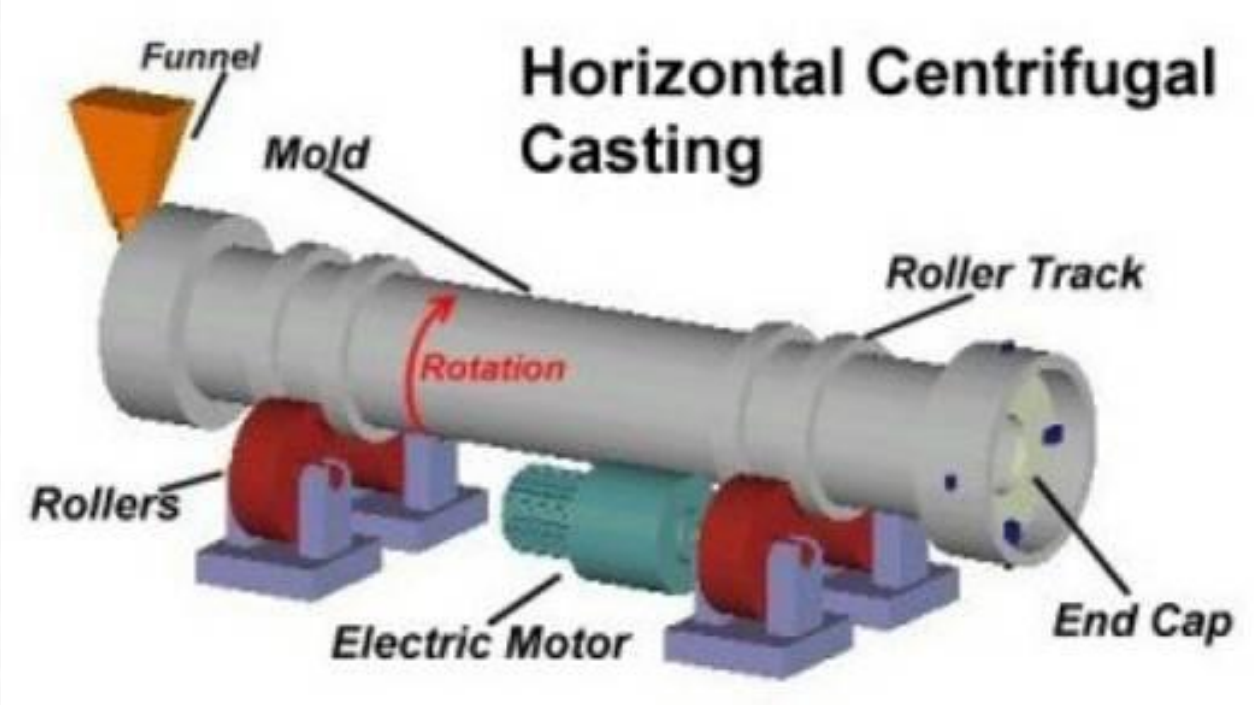


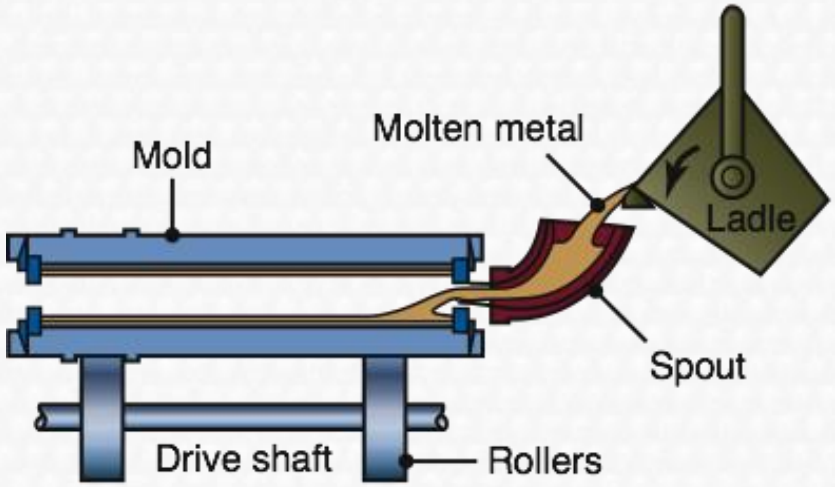




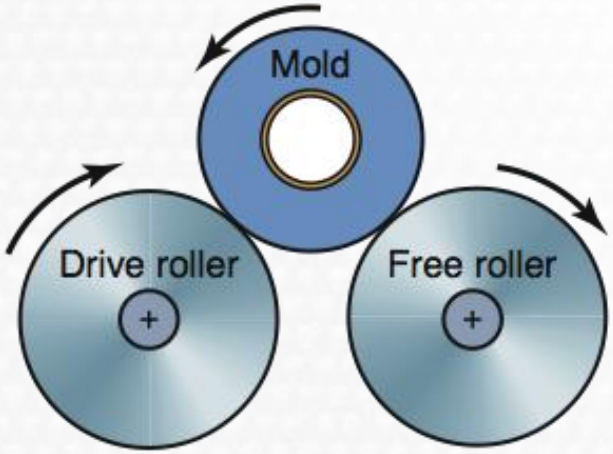





Horizontal Centrifugal Casting
Funnel
Mold
Roller Track
Rotation
Rollers
Electric Motor
End Cap


Mold
Molten metal
Ladle
Spout
Drive shaft
Rollers

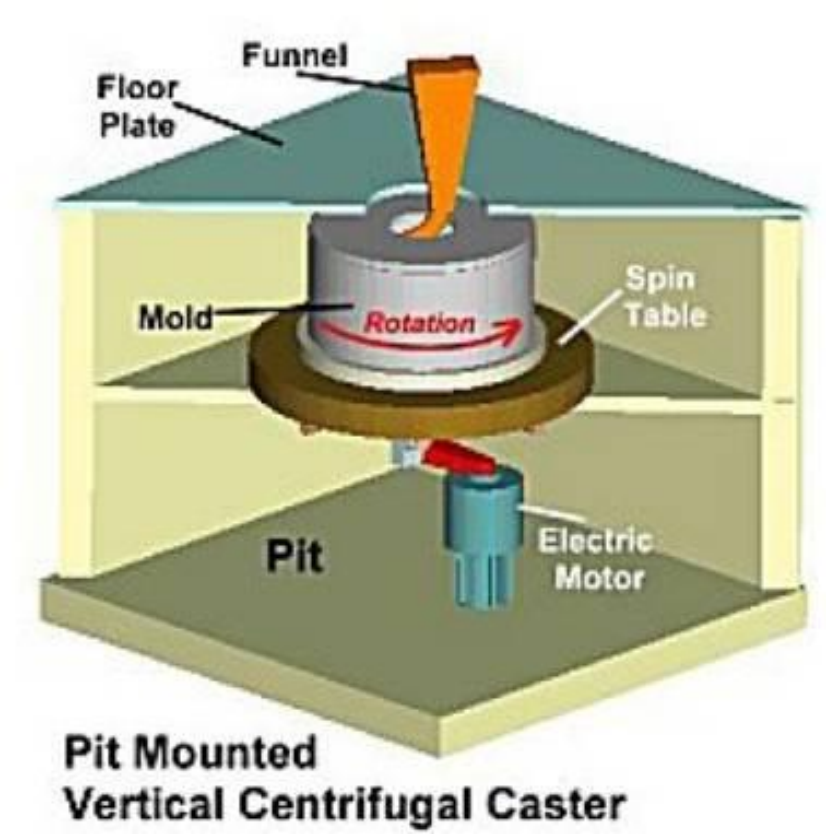
(a)

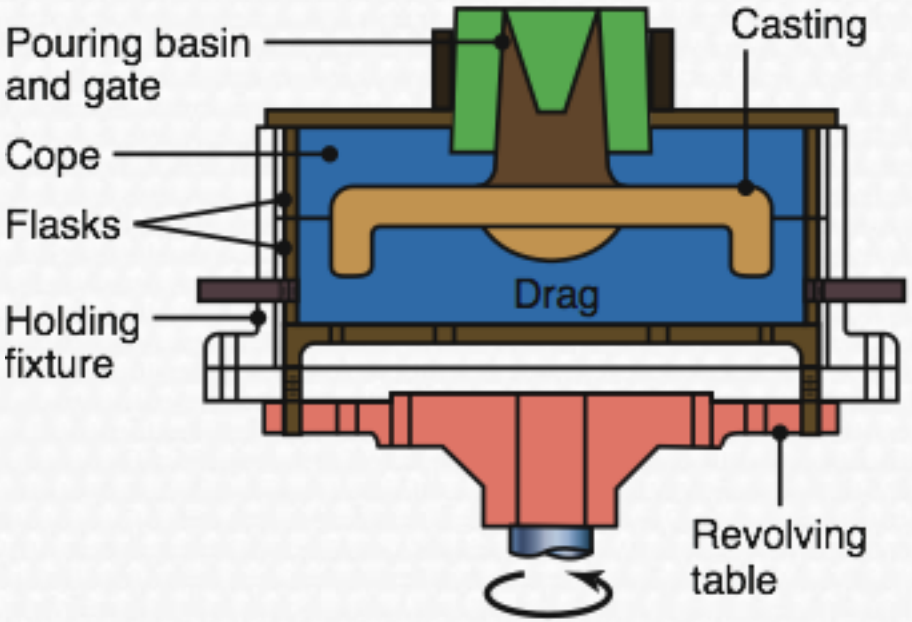

Mold
Drive roller
Free roller

(b)

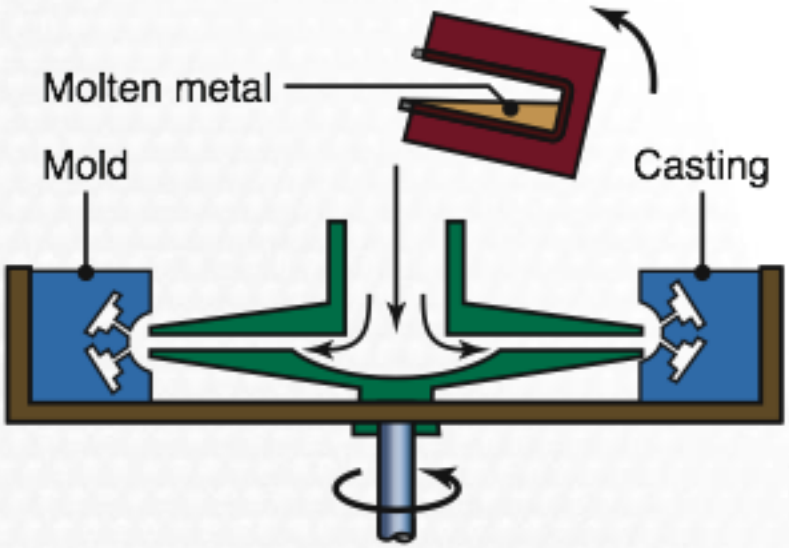
Yarı Savurma Döküm:

- Dönel simetriye sahip, ancak iç boşluk içermeyen tekerlek ve dişli taslakları gibi parçaların üretiminde kullanılır.
- Genellikle düşey olan dönme ekseni aynı zamanda parçaların dönel simetri ekseni olup, kalıplar birkaç parça üst üste dökülebileceği şekilde düzenlenebilir.
- Kalıplar yaş kum, kuru kum, metal veya diğer uygun malzemelerden yapılabilir. Cüruf, oksit, kum gibi pislikler orta kısımda toplanır. Bu olay yoğunluk farkından yararlanılarak gerçekleşir. Yoğunluğu fazla olan dışarı çıkar, az olan ise ortada toplanır.


Funnel
Floor Plate
Mold
Rotation
Spin Table
Pit
Electric Motor
Pit Mounted
Vertical Centrifugal Caster


Pouring basin
and gate
Casting
Cope
Flasks
Drag
Holding
fixture
Revolving
table

(a)


Molten metal
Mold
Casting

(b)

Savurmalı Döküm:

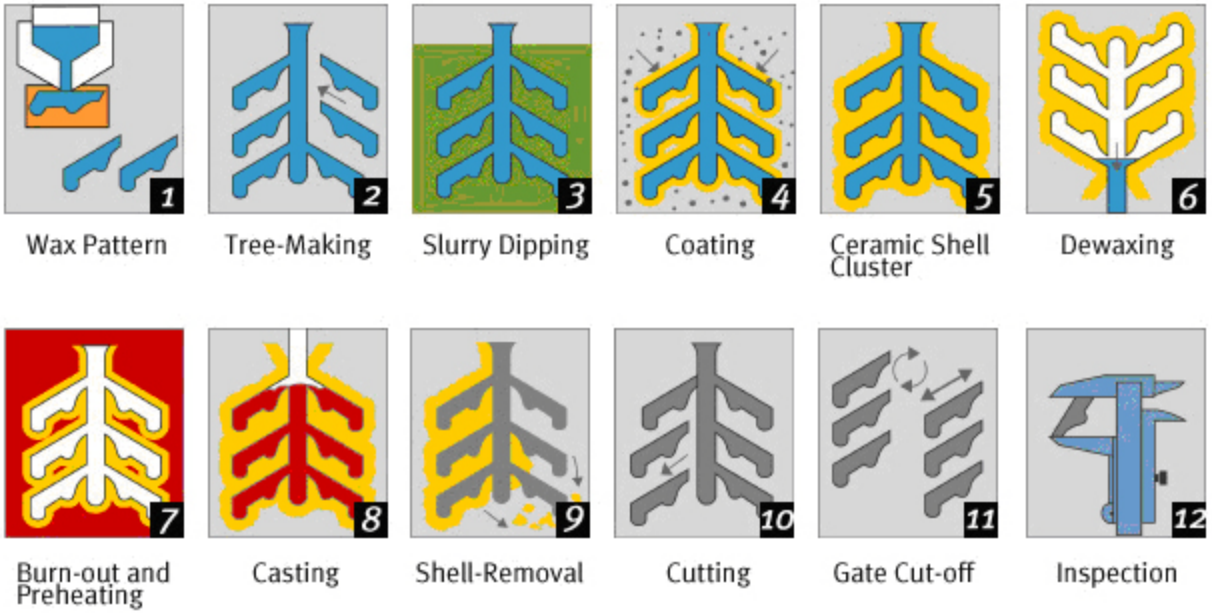
Parçalara ait kalıp boşluklarının kalıp dönme ekseninin dışına yerleştirilmesi bu tip dökümün özelliğidir. Metal, aynı zamanda dönme ekseni olan düşey bir yolluktan beslenir ve yatay yolluklardan geçerek kalıp boşluğuna ulaşır.

Avantaj ve Dezavantajları

- Boru ve bunun gibi parçalar maça kullanılmadan dökülebilir.
- Gözeneksiz ve temiz bir içyapı elde edildiğinden, bu yöntemle dökülen malzemenin mekanik özellikleri diğer yöntemlerdekinden daha üstündür.
- Parça toleransları dar, yüzeyleri kalitelidir.
- Yolluk sistemi olmadığından, hurdaya atılan malzeme çok azdır.
- Kalıbın ince kesitleri kolaylıkla dolar.
- Erimiş metali besleme hızı yüksek olduğundan, döküm sıcaklığı düşük seçilebilir.

- Dökülebilen parça biçimleri sınırlıdır.
- Döküm makinesi yüksek bir yatırım gerektirir.
- Yoğunlukları farklı olan bileşenler içeren alaşımlarda ağırlık segregasyonu görülebilir.

HASSAS DÖKÜM



- İngilizce’de “Invesment Casting” , “Ceramic Shell Casting” (seramik kabuk dökümü) veya “Lost Wax Process” (kaybedilmiş mum prosesi),
- Almanca’da “Feinguss” veya “Schalenguss”,
- Fransızca’da ise “Fonde a Cire Perdue”

ismiyle anılan hassas döküm asırlardan beri bilinen çok eski bir döküm yöntemidir. Yöntemin günümüzden 3000 yıl önce Mısır’da ve Şang Hanedanı döneminde Çin’de kullanıldığı bilinmektedir. Hassas döküm tekniğinin prensibi, mum ve benzer modeller kullanılarak hazırlanan kalıpların ısıtılması ve eriyen model malzemesinin kalıptan dışarı akıtılarak kalıp boşluğunun oluşturulmasıdır.

Hassas Döküm Teknikleri:

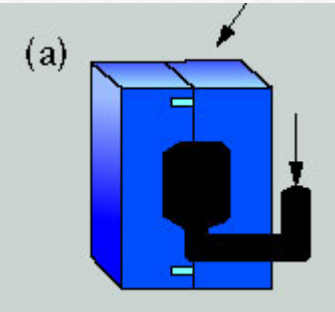
Hassas döküm teknikleri temelde ikiye ayrılır:

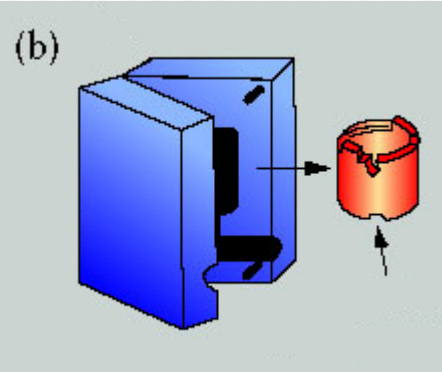
"Hassas Kabuk Döküm" **(Investment Shell Casting)** tekniğinde, seramik harç çok ince bir kabuk şeklinde modelin etrafını örterken,

"Dereceli Hassas Döküm" **(Investment Flask Casting)** tekniğinde ise bir kabın içindeki kalıp boşluğu haricindeki tüm hacim seramik/alçı malzeme ile doldurulur:

1- "Hassas Kabuk Döküm" (Investment Shell Casting):

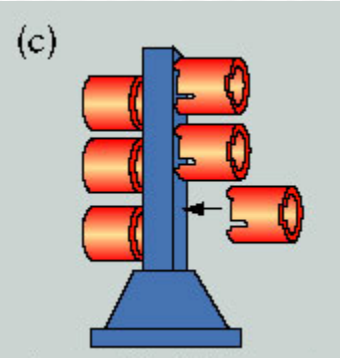
- Öncelikle, metalden dökülmesi istenilen parçanın mum veya benzeri bir malzemeden modeli hazırlanır. Genellikle alüminyum (kuyumculukda ise silikon) bir kalıp imal edilir ve plastik enjeksiyon yöntemi ile istenildiği kadar mum model elde edilir. (Döküm sonrası soğuma ve büzülme tahmini yapılarak model aslından biraz büyük imal edilebilir)



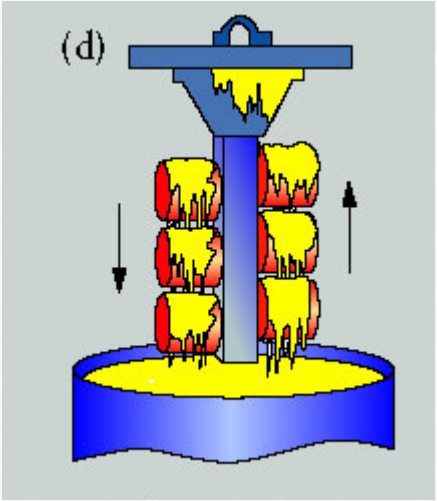


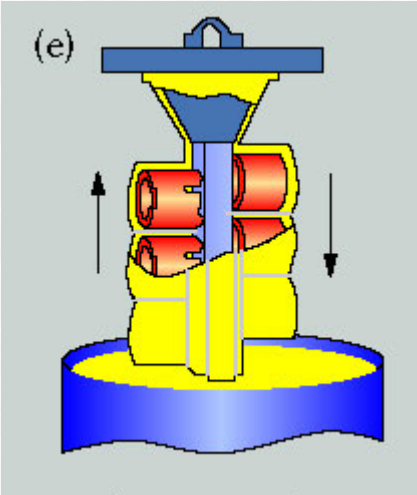
(1) Parçalar yine mumdan yapılmış bir gövdeye yapıştırılarak "mum salkım" hazırlanır. Mum malzeme, 70-90 °C arasında olabilen düşük ergime sıcaklığına sahip ve seramik kabuğu çatlatmaması için

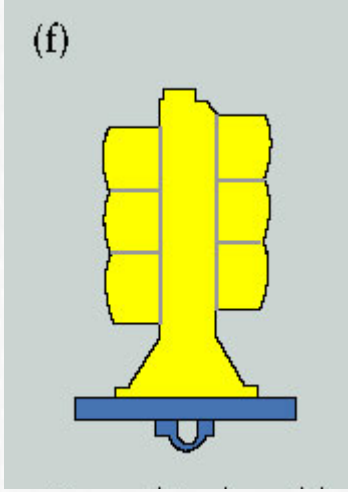
düşük ısıl genleşme özelliğine sahip bir malzemedir.



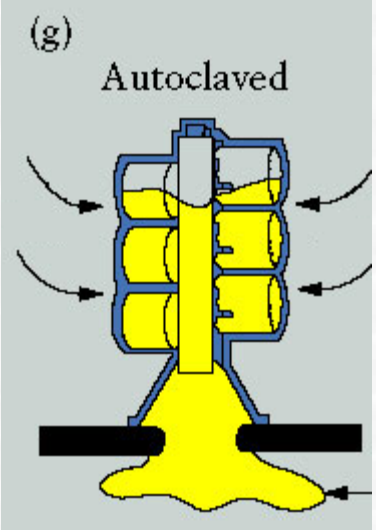
(2) Model, seramik banyosuna batırılarak (sulu alçı görünümünde bir sıvı) çevresine ince bir tabaka kaplanması sağlanır. Seramik tabaka kuruyup katılaşıncaya kadar bir fırında bekletilir. Yeteri kalınlıkta seramik kaplanıncaya kadar son iki işlem tekrarlanır. Dış tabakalarda daha kalın seramik tozu kullanılır.



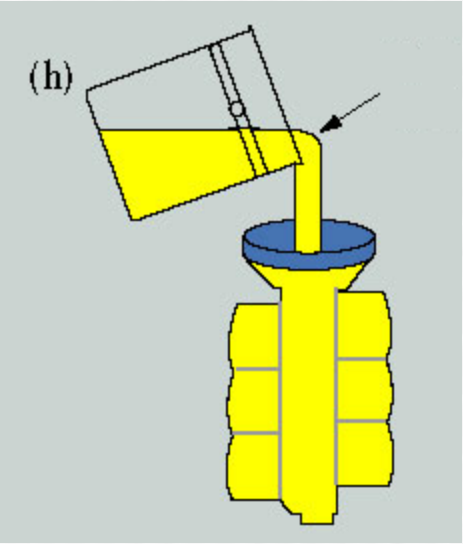




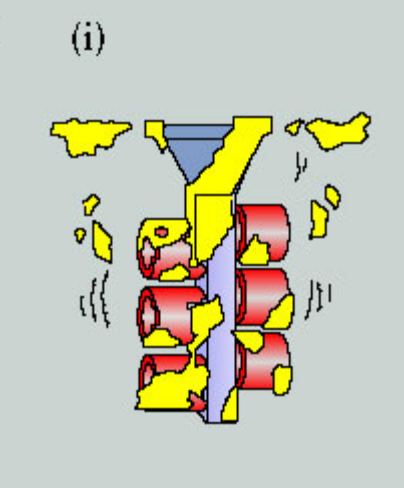
(3) Dış cidarı sert seramik kaplı parça bir fırına sokularak modelin eriyip dışarı akması sağlanır. Seramik malzeme ise yüksek sıcaklığa dayanıklı olduğundan şeklini muhafaza eder. Bu esnada mum modelin akarak çıkmayan kısımları da tamamı ile buharlaşır. Ardından, fırın sıcaklığı yükseltilerek belli bir süre içinde seramik kabuk pişirilerek sinterlenir ve sonraki döküm işlemlerine dayanacak şekilde mukavemetinin artması sağlanır.

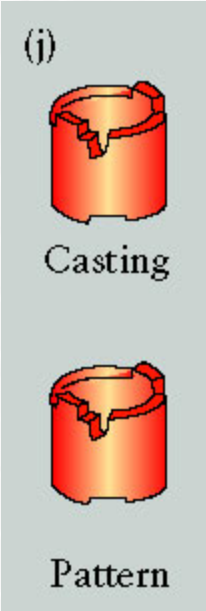


(4) Mum salkımdan kalan boşluğa (daha önce bırakılmış bulunan bir ağızdan) ergimiş halde metal dökülür.

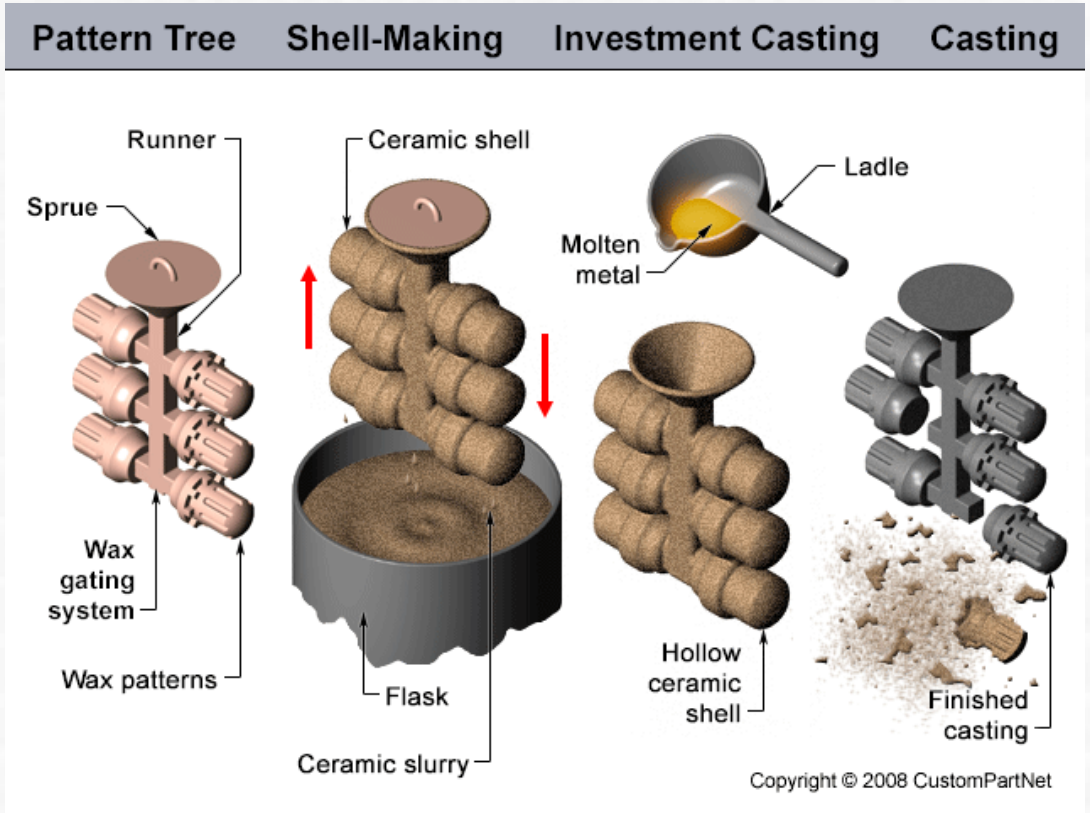


(5) Metal soğuyup katılaştıktan sonra darbe ile dış cidardaki seramik kırılarak parça ortaya çıkarılır.





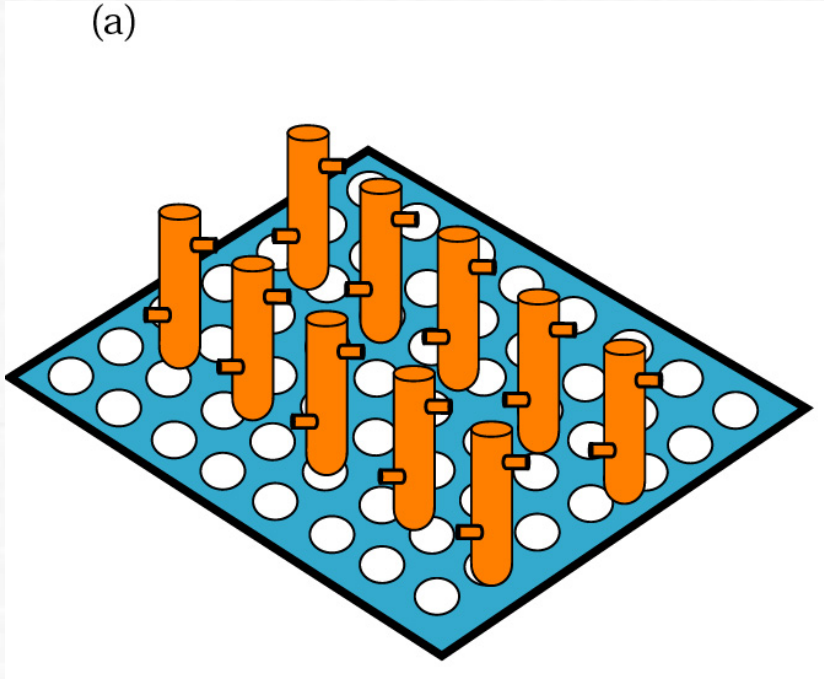
(6) Parçalar ana gövdeden dairesel bir testere ile kesilerek alınır, bir başka değişle göbek bağları kesilir.

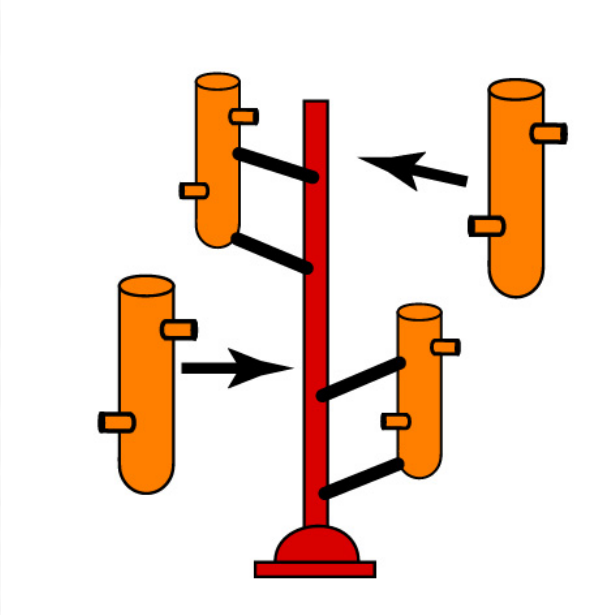


Ardından, gerekli çapak alma, temizleme ve yüzey parlatma işlemleri yapılır. Son olarak ise kalite kontrol işlemleri yapılır. Dökümde tahmin edilemeyen boyutsal çekme veya çarpılmalar varsa bunu kompanse edecek şekilde mum modeller tekrar tasarlanıp üretilebilir

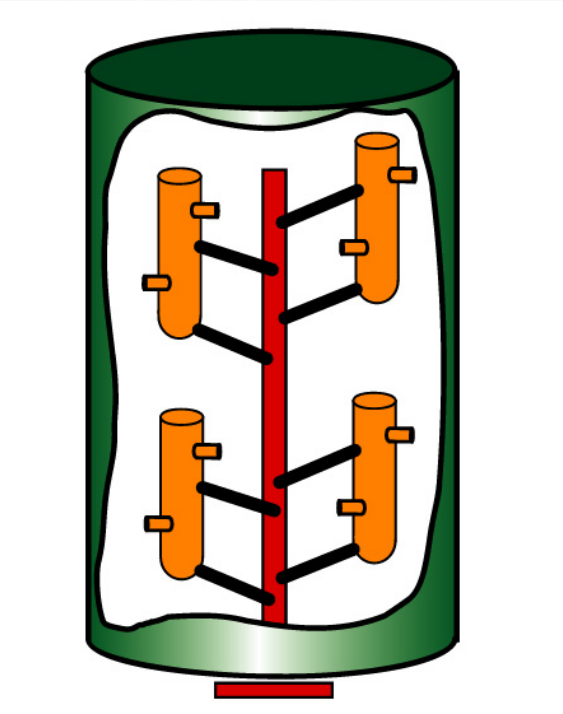
2- "Dereceli Hassas Döküm" (Investment Flask Casting):

- **1-** Mum modeller model ağacına eritilerek yapıştırılır

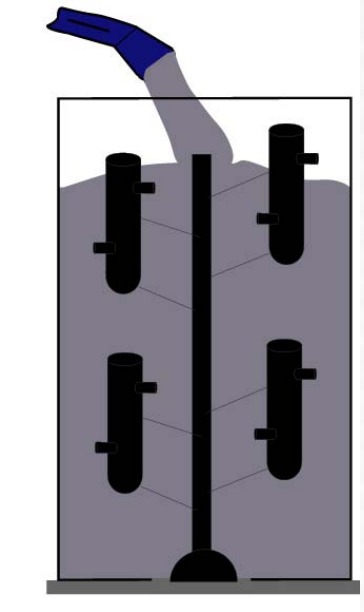




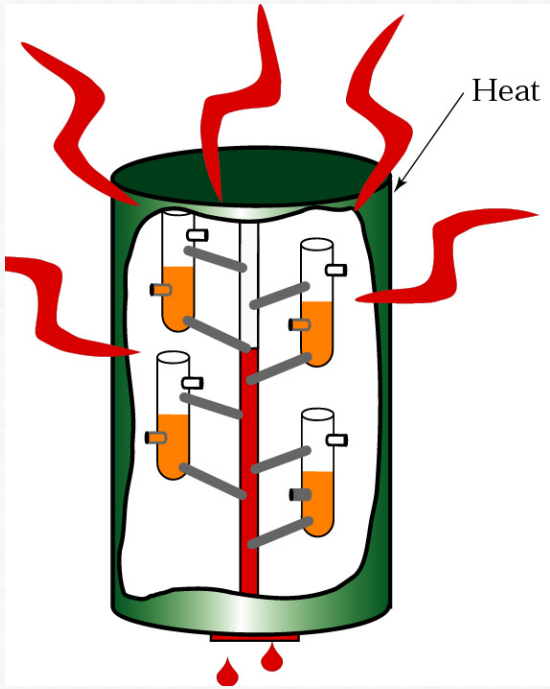
- **2-** Silindirik bir gömlek (fanus) model ağacı etrafına geçirilir.



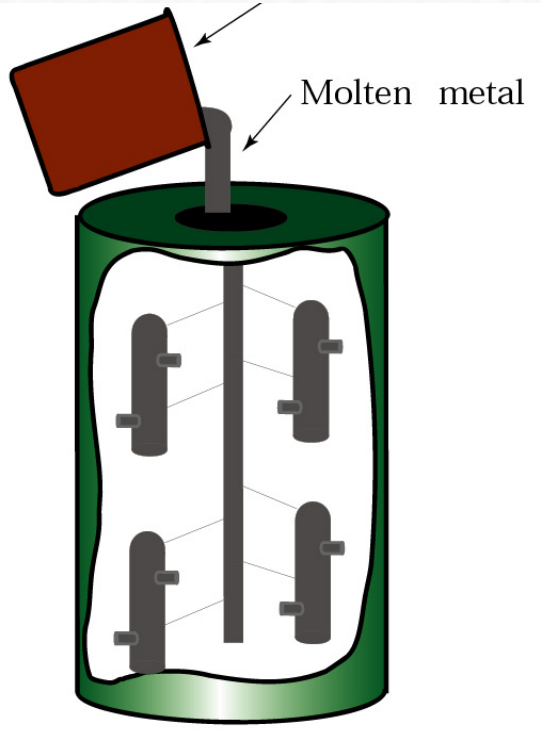
- **3-** Gömlek ile model ağacı arasındaki tüm boşuklara alçı/seramik karışımı dökülür.



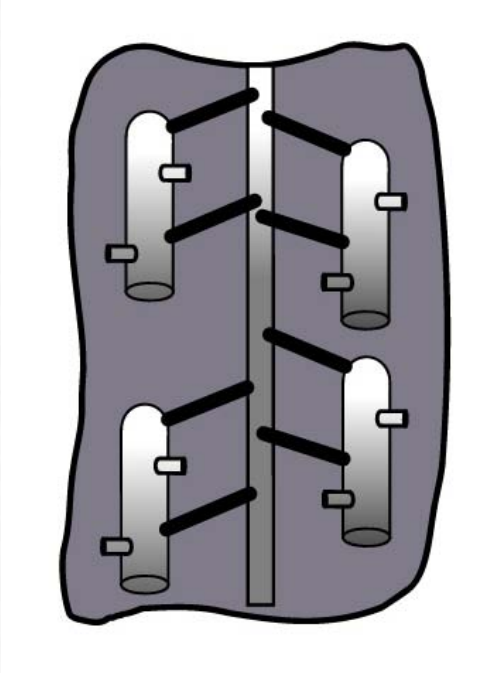
- **4-** Fırında ısıyla karışım kurutulur ve kalıp ters çevrilerek içindeki mum modellerin eriyip akması sağlanır.



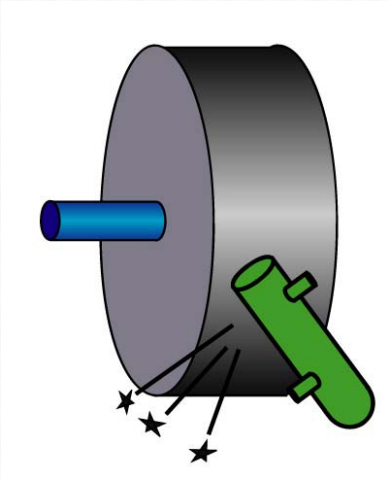
- **5-** Sıcak kalıp ergimiş metal ile doldurulur. Vakum veya merkezkaç kuvvetiyle döküm kolaylaştırılabilir.

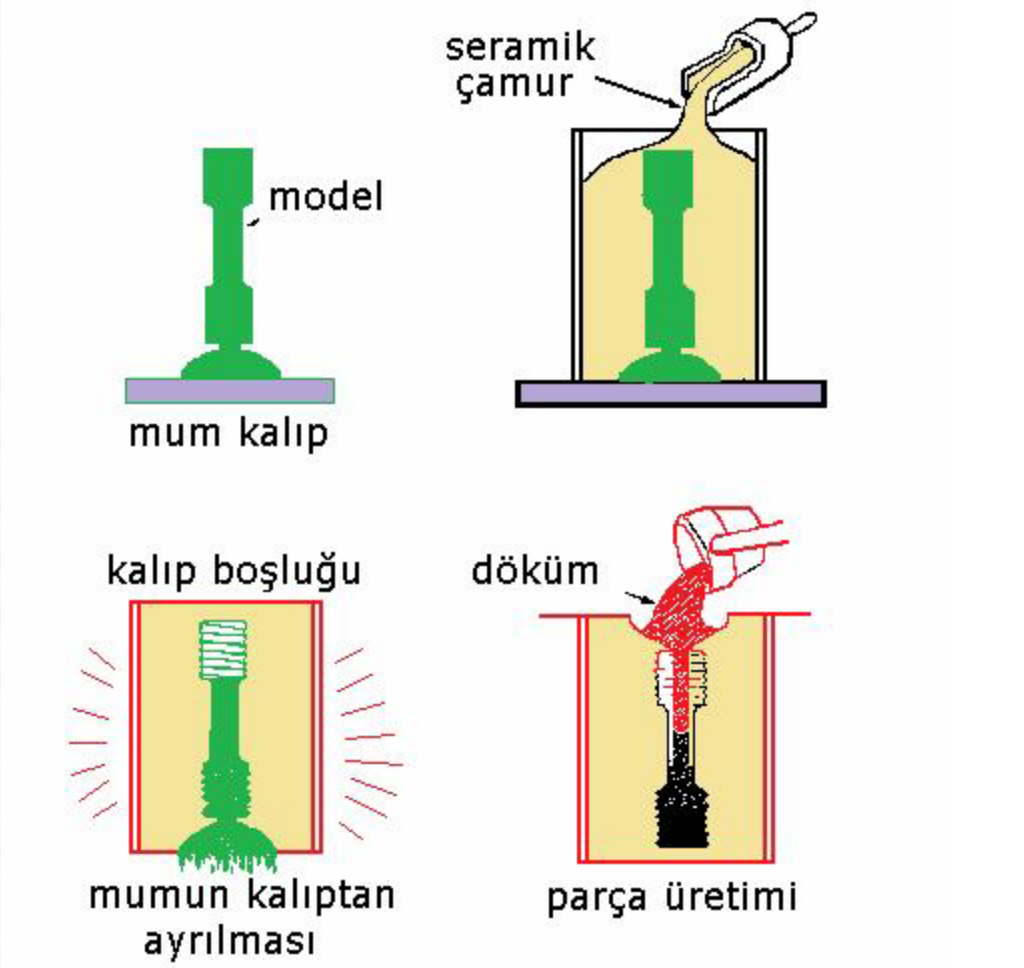


- **6-** Basınçlı su püskürterek kalıp malzemesi temizlenir ve soğutulur



- **7-** Döküm ağacından koparılan parçalar malzeme giriş çapakları temizlenerek döküm sonrası kullanıma hazır hale getirilirler.




seramik
çamur
model
mum kalıp
kalıp boşluğu
döküm
mumun kalıptan
ayrılması
parça üretimi

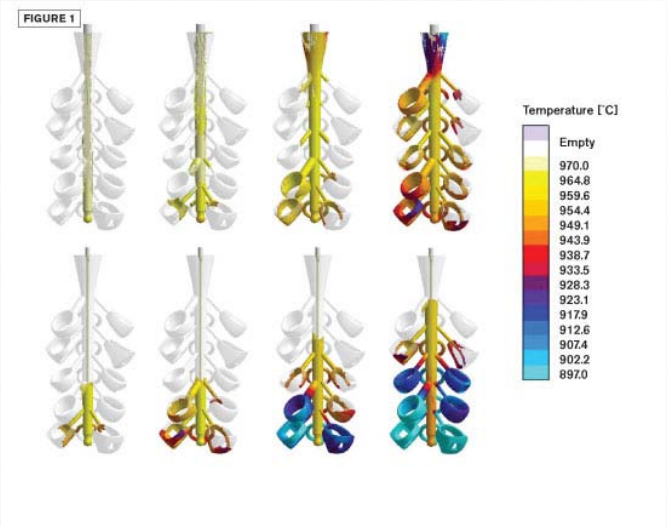
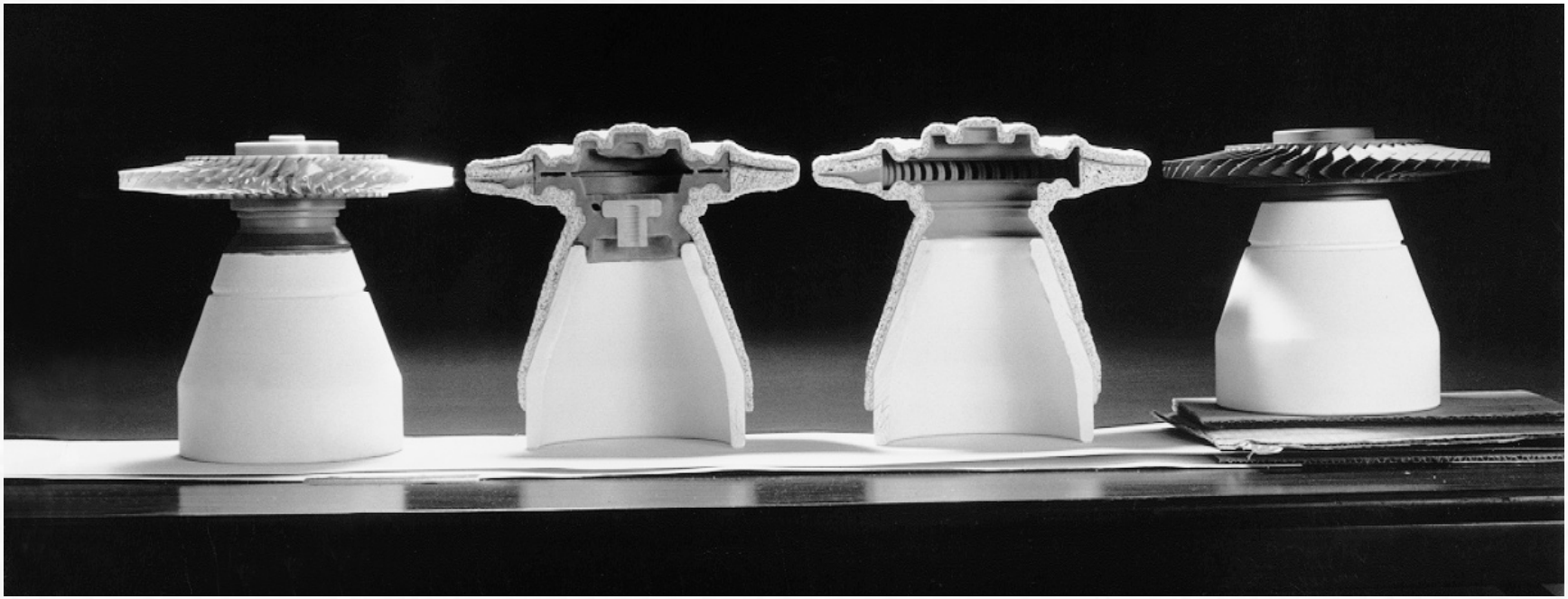


FIGURE 1
Temperature [°C]
Empty
970.0
964.8
959.6
954.4
949.1
943.9
938.7
933.5
928.3
923.1
917.9
912.6
907.4
902.2
897.0



Uygulama Alanları:

- Hassas döküm tekniği 2. Dünya Savaşına kadar ticari olarak sadece kuyumcu ve dişçiler tarafından uygulanmış; daha sonra özellikle uzay, havacılık ve savunma ,tıbbi ve ortopedik cihaz , otomotiv ve motor, tekstil, mekanik ve elektromekanik sanayinde hassas parçalara duyulan ihtiyaç, yöntemin endüstriyel uygulamasını yaygınlaştırmıştır.

Avantaj ve Dezavantajları

Hassas Dökümün Üstünlükleri:

- Küçük ve karmaşık biçimli parçaların üretimi uygundur.
- Boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi mükemmeldir.
- Genellikle ek işlemlere gerek kalmadığından, işlenmesi güç malzemelerin dökümünde tercih edilir.
- Kalıp tek parçalı olduğundan parça yüzeyinde bölüm düzleminin izi kalmaz.
- Mum tekrar tekrar kullanılabilir.

Hassas Dökümün dezavantajları:

- Her bir parça için ayrı bir modelin üretilmesi gerekir.
- Yöntem mekanizasyona uygun olmayıp, üretim hızı ve kapasitesi düşüktür.
- Model ile kalıp malzemelerinin pahalı olması ve üretimin çok sayıda işlem içermesi nedeniyle parça maliyeti yüksektir.
- Sadece 5 kg'dan küçük parçaların dökümüne uygundur.

Kaynak: Prof. Dr. Ahmet Özel, Döküm Tekenolojisi dersi notları, Sakarya Üniversitesi.