



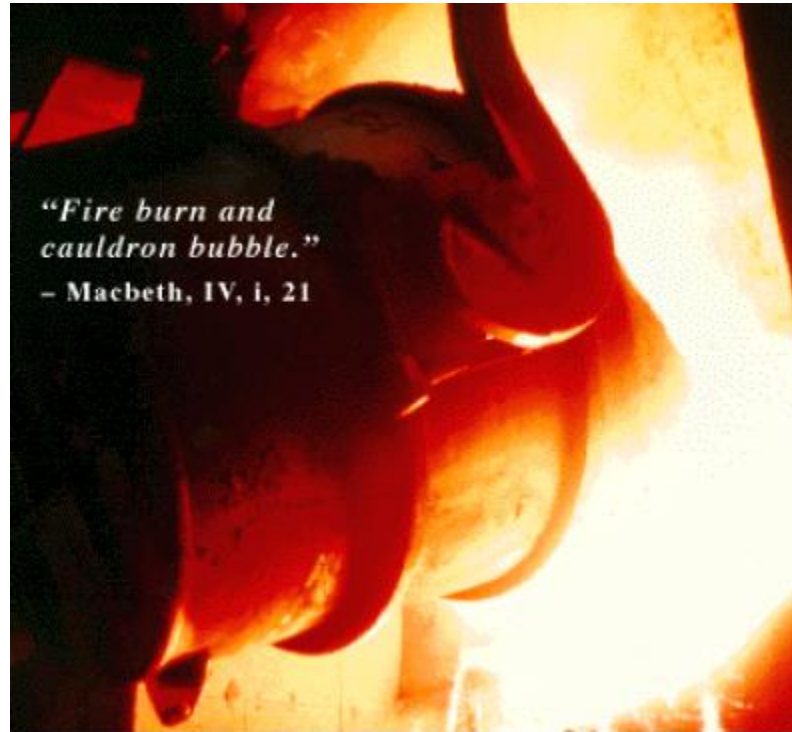
Mühendislik Fakültesi

temiz enerji ve enerji verimliliğinde en önemli adres

İMALAT YÖNTEMLERİ-I

Doç. Dr. Bülent AKTAŞ

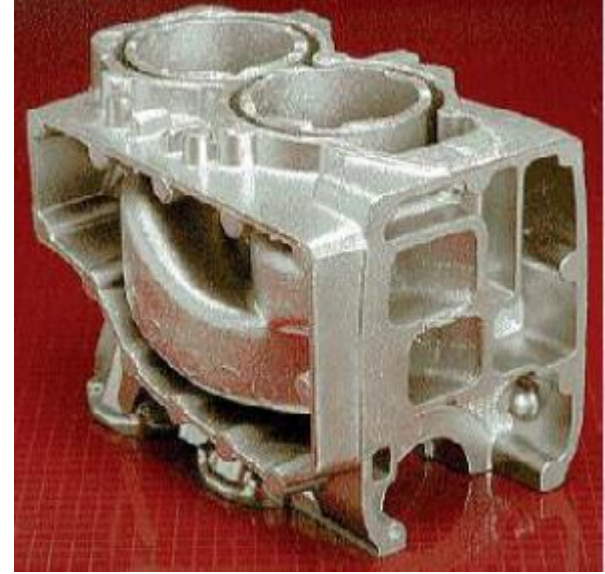
DÖKÜM



GİRİŞ

- Metal dökümü, arzu edilen şekilleri elde etmek amacıyla metalleri ergiterek kalıp adı verilen boşluklara dökerek katılaştırma işlemidir.
- Parçanın şeklini kalıbın şekli tayin eder.
- Döküm yöntemi yarı mamül ve mamül parçaların üretiminde kullanılır.
- Döküm metallerin kullanılabilir hale dönüştürülmesinin çeşitli kademelerinde yer alabilir.





Cevherden elde edilen metal ve alaşımların ingot adı verilen bloklar halinde dökülmesi, çok girintili çıkıntılı parçaların tek işleme kullanılabilir hale getirilmesi gibi işlemlerde dökümden faydalanılır.

Döküm yönteminin üstünlükleri

- İçten ve dıştan çok karışık şekilli parçalar dökülebilir. Böylece, bazı imal usulleri azaltılabilir veya tamamen kaldırılabilir.
- Bazı metaller metalurjik tabiatlarından dolayı sıcak işleme tabi tutulamayıp sadece dökülebilir.
- Yapı basitleştirilebilir.
- Parçalar tek bir dökümle imal edilebildiği halde, diğer usullerde bazı parçaların birleştirilmesi gerekir.

- Çok sayıda ve hızlı üretim yapılabilir.
- Diğer usullerle yapımı zor ve ekonomik bakımdan uygun olmayan büyük ve ağır parçalar dökülebilir.
- Ekonomik yönden üstündür.
- Dökme metallerde bazı mühendislik özellikler daha iyi elde edilebilir;
 - Dökme demirde işlenebilme ve titreşim sönümlenme yüksektir.
 - Aşınmaya daha iyi özellikler elde edilebilir.

Döküm İşlemlerinde Kullanılan Ocaklar

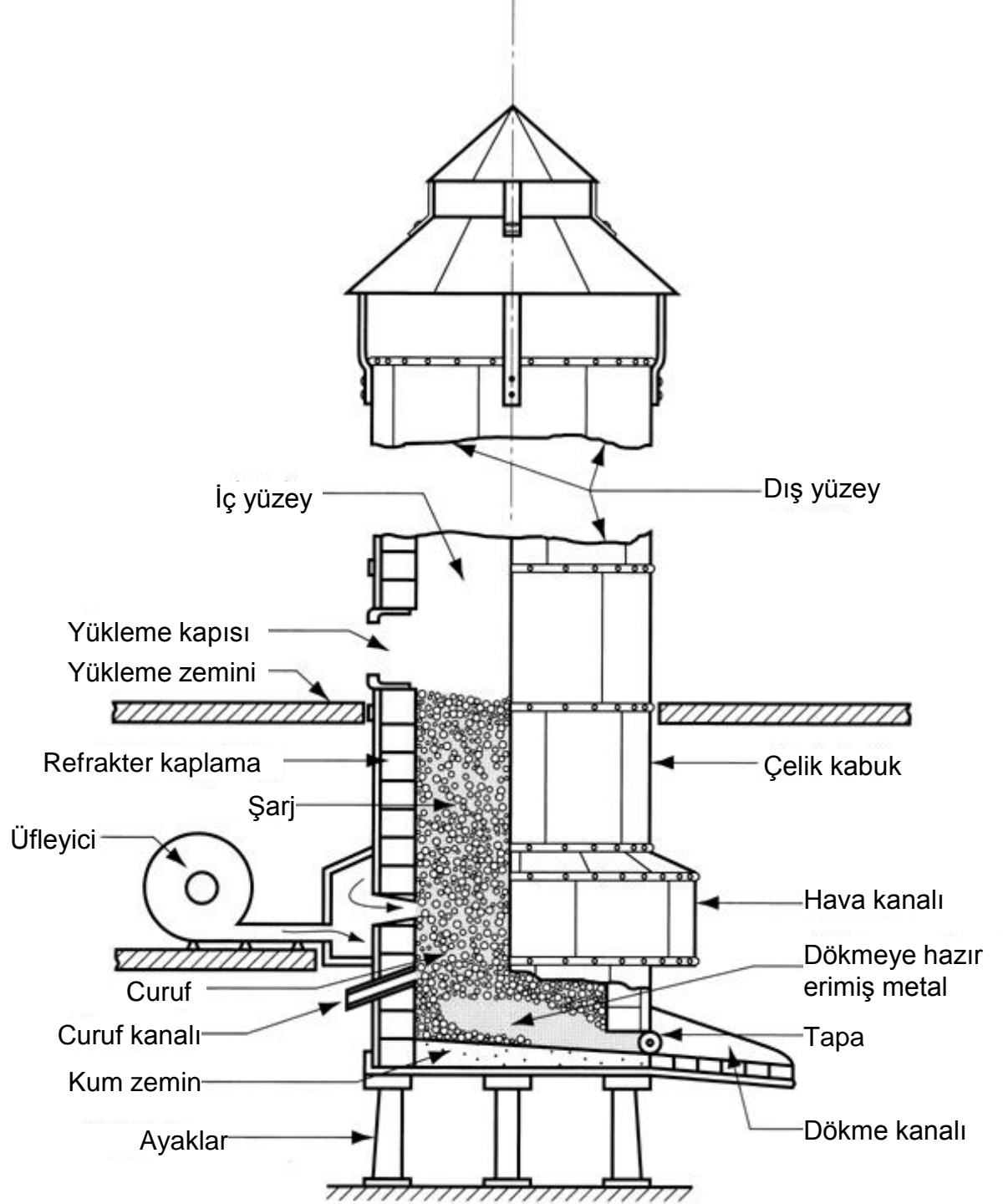
- Dökümhanelerde en yaygın kullanılan ocaklar şunlardır:
 - Kupol ocakları
 - Doğrudan yakıt yakan ocaklar
 - Potalı ocaklar
 - Elektrik ark ocakları
 - Endüksiyon ocakları

Kupol Ocakları

Tabanına yakın yerde döküm ağızı olan dikey silindirik ocaklardır

- Sadece dökme demir için kullanılırlar
 - Diğer ocaklar da kullanılmasına rağmen, en büyük tonajlı dökme demirler kupol ocağında eritilir
- Demir, kok kömürü, kireçtaşı ve diğer muhtemel alaşımları içeren “şarj”, kupol yüksekliğinin yarısından daha aşağıya yerleştirilen bir şarj kapısından üst üste tabakalar halinde yüklenir
- Alt bölümde bulunan pencerelerden(tüyer) basınçlı hava üflenerek tutuşturulmuş kokun yanması hızlandırılır. Eriyerek kok yatağına süzülen sıvı demir belli aralıklarla dökme kanalından alınır

Şekil 1. Kupol ocağının kesiti

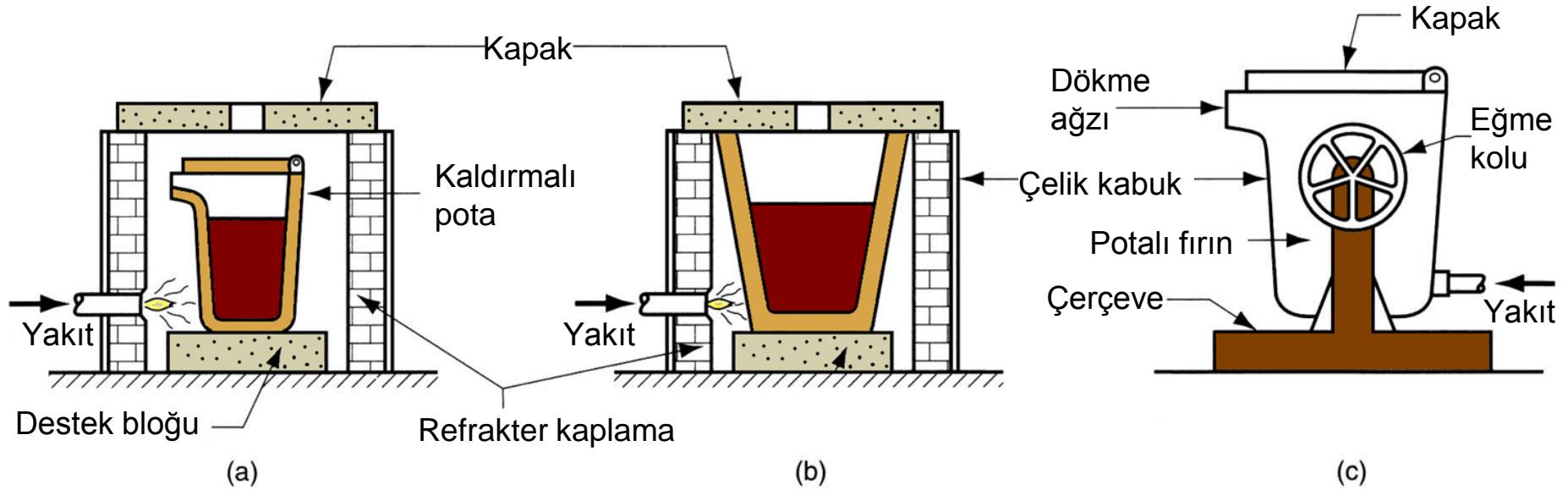


Potalı Ocaklar

Metal, yanan yakıt karışımı ile doğrudan temas etmeden erir

- Çok eskiden beri kullanılan basit yapılı ocaklardır
- Kap (pota), refrakter malzemedan (grafit SiC veya yüksek alaşımlı çelikten yapılır.
- Bronz, pirinç ve çinko ve alüminyum alaşımları gibi demirdışı metaller için kullanılır.
- Dökümhanelerde üç türü kullanılır:
 - (a) Kaldırmalı tip,
 - (b) sabit,
 - (c) Devrilebilen potalı ocak

Potalı Ocaklar

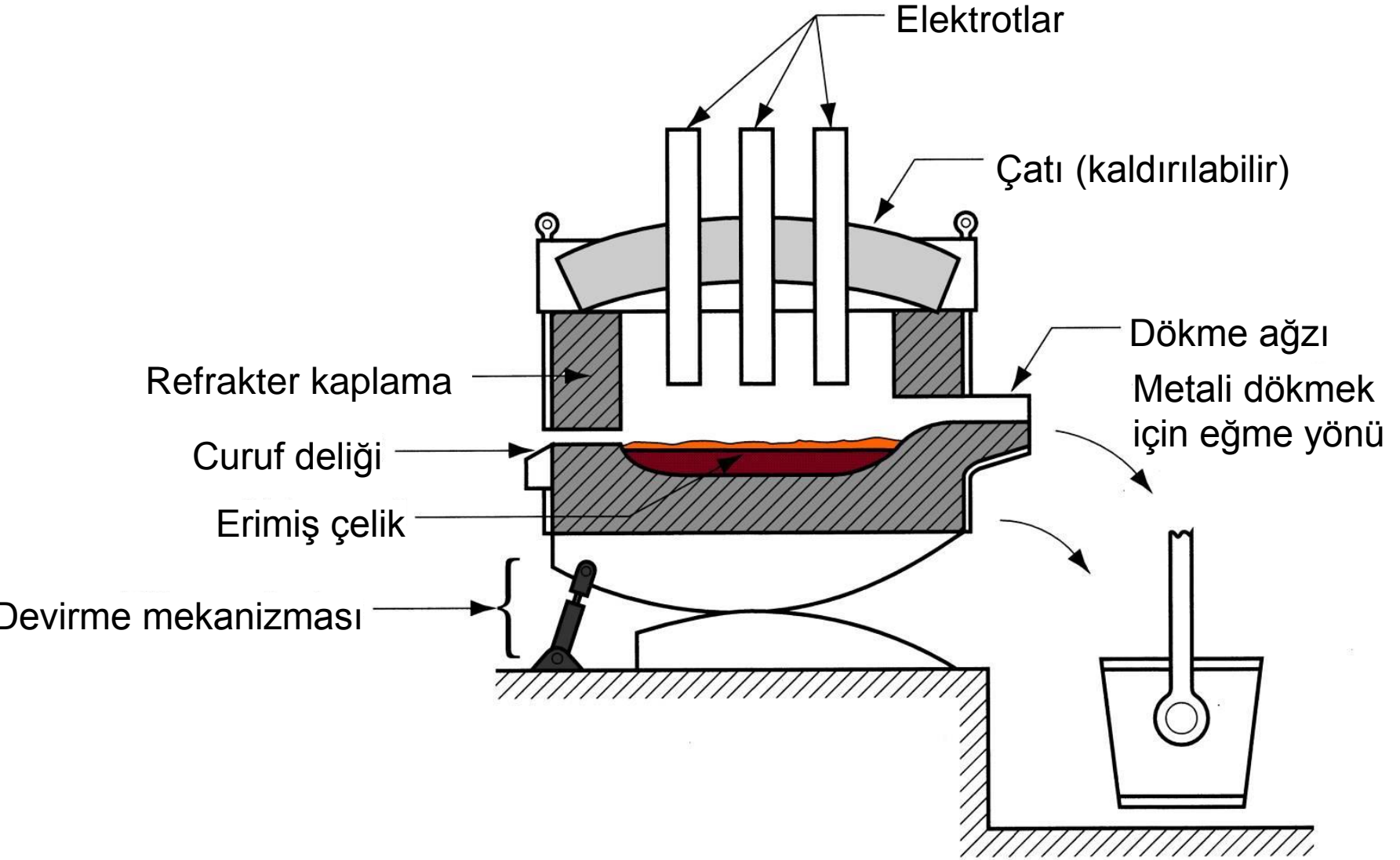


Şekil 2. Potalı ocakların üç türü: **(a)** kaldırmalı pota, **(b)** erimiş metalin kepçeyle alınması gereken sabit tip, ve **(c)** Devrilen potalı ocak.

Elektrik Ark Ocakları

Şarj, bir elektrik arkının ürettiği ısı tarafından eritilir

- Yüksek güç tüketimi vardır,
- Elektrik ark ocakları yüksek eritme kapasiteleri için kullanılır (25-50 ton/saat)
- Öncelikle çelik eritme için kullanılır
- İki yada üç elektrotlu tipleri vardır
- Hemen her kapasitede bulmak mümkün
- Temiz ve özelliklerin kontrolü kolay
- Yüksek sıcaklık(3000 °C)



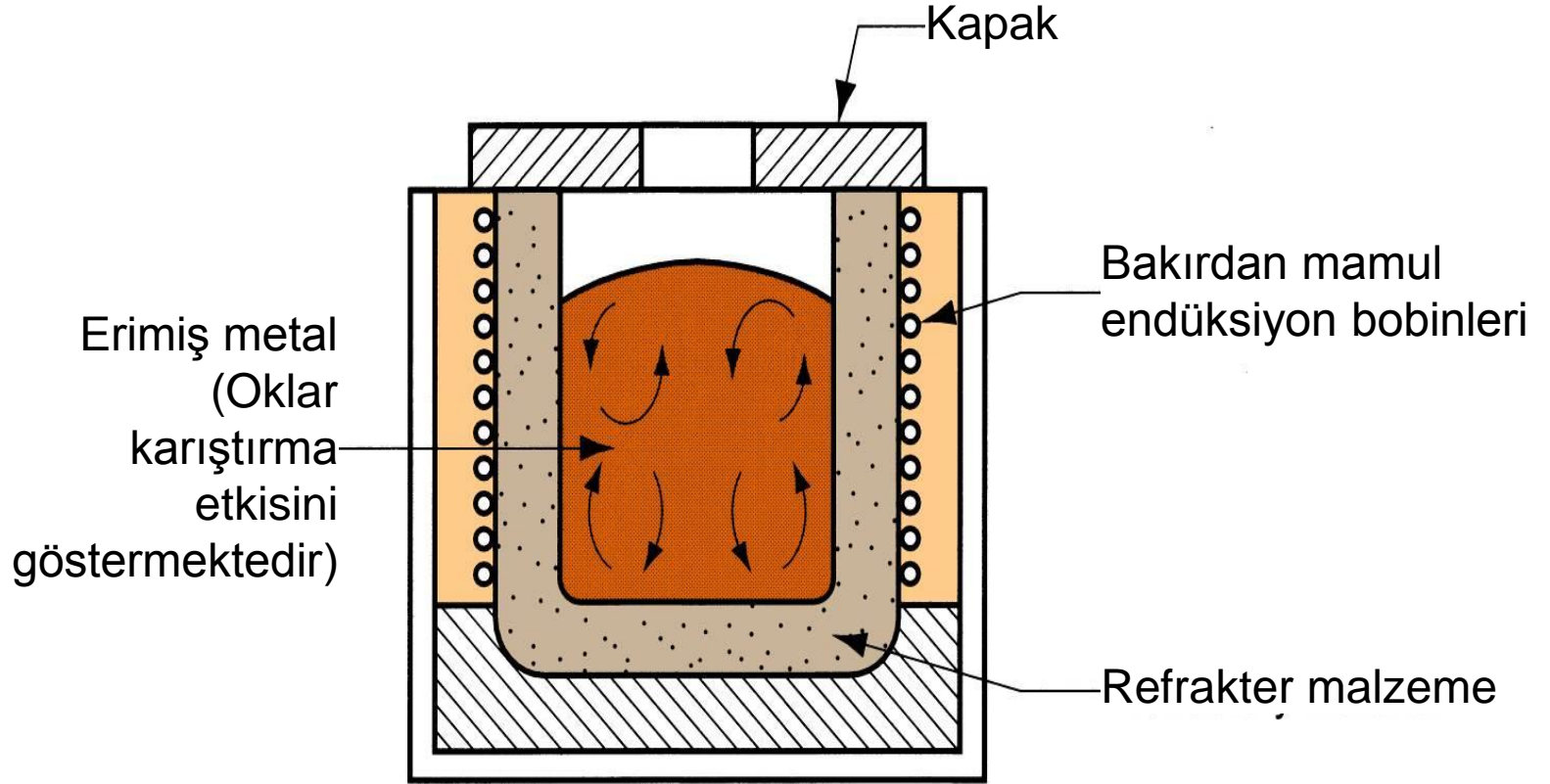
Şekil 3. Çelik üretimi için elektrik ark ocağı.

Endüksiyon Ocakları

Metal içinde manyetik alan oluşturmak için bir bobinden geçen alternatif akım kullanır.

- Endüklenen akım, hızlı ısıtma ve eritme sağlar.
- Elektromanyetik kuvvet alanı, ayrıca sıvı metalde karıştırma etkisi oluşturur.
- Metal, ısıtıcı elemanlarla temas halinde olmadığından, yüksek kalitede ve saflıkta erimiş metaller üretmek için ortam sıkı şekilde kontrol edilebilir.
- Erimiş çelik, dökme demir ve alüminyum alaşımları, döküm işlerindeki yaygın uygulamalardır.

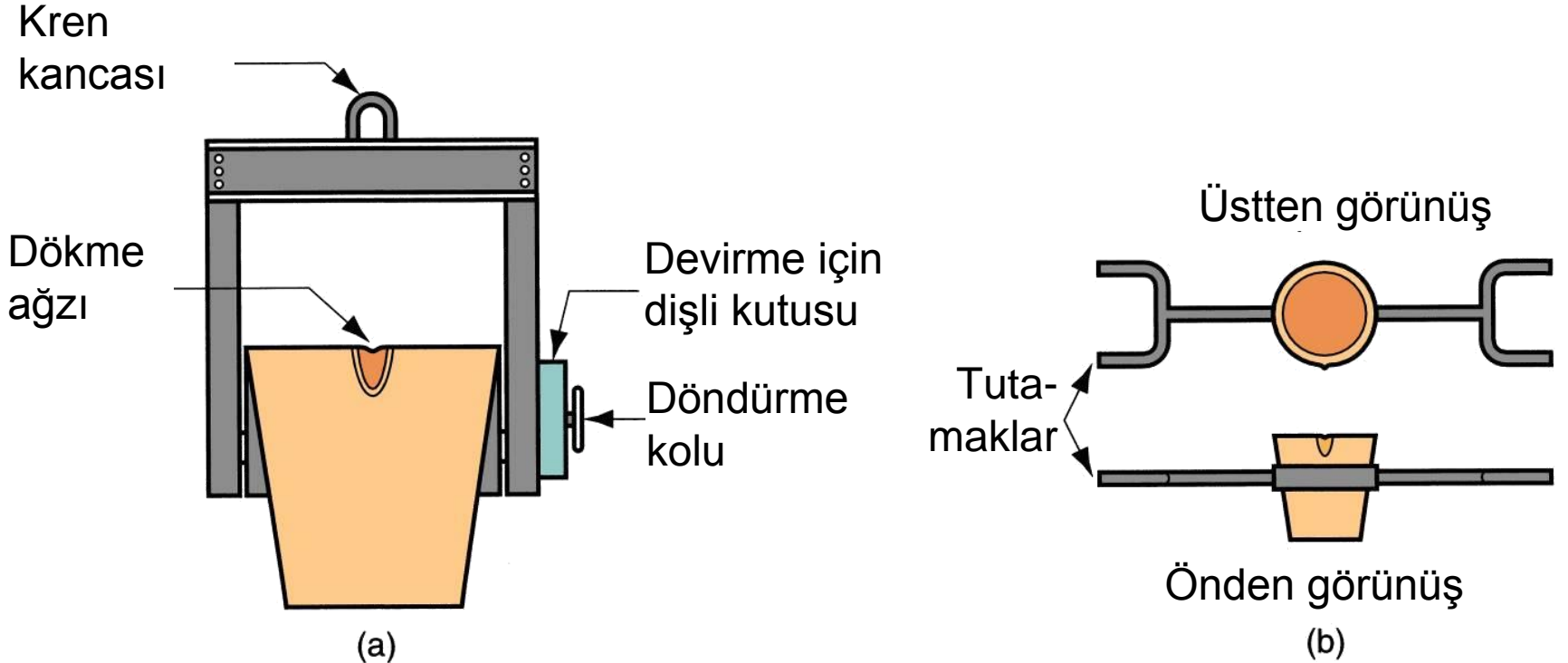
Endüksiyon Ocağı



Şekil 4. Endüksiyon ocağı.

Kepçeler

- Erimiş metalin, eritme fırınından kalıba sevki, bazen potaları kullanarak yapılır
- Transfer, daha çok da, *kepçeler* yardımıyla yapılır



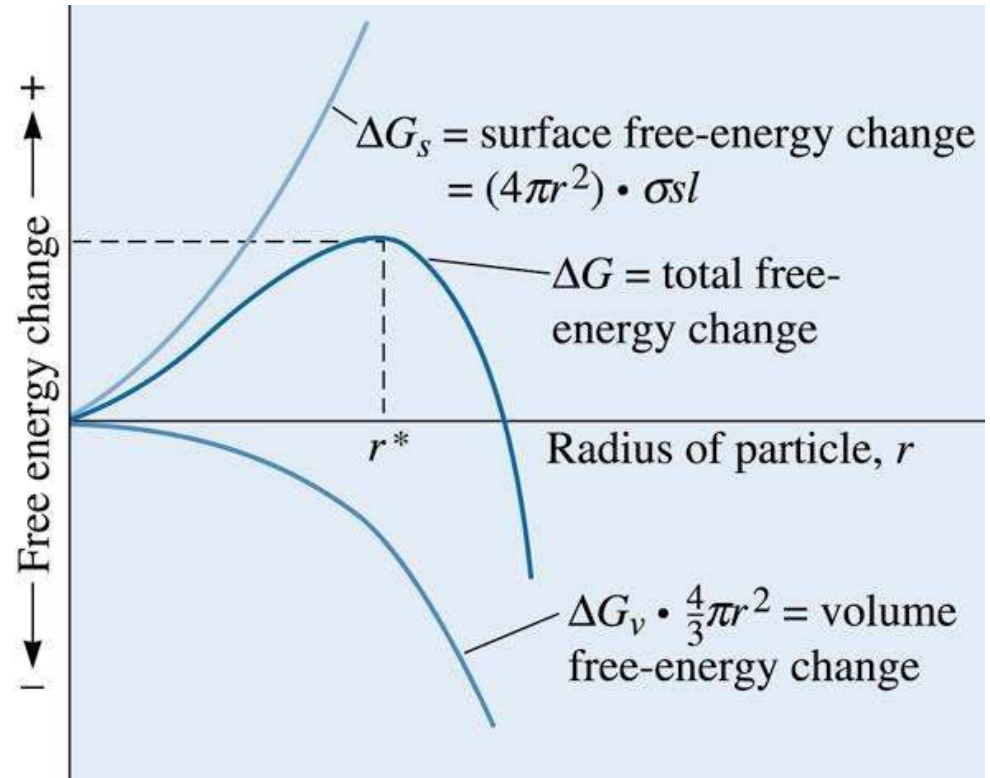
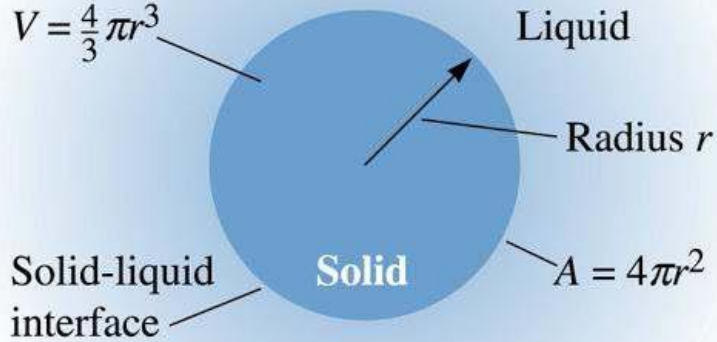
Şekil 5. İki yaygın kepçe türü: (a) kren kepçe ve (b) iki kişiyle taşınan kepçe

KATILAŞMA

ÇEKİRDEKLENME

- ❑ Çekirdeklenme : Bir malzeme içinde yeni bir fazın oluşmaya başlaması prosesi.
- ❑ Kritik yarıçap (r^*) : Sıvı \rightarrow Katı dönüşümünde katının kararlı bir şekilde oluşması ve daha sonra büyüebilmesi için gerekli olan minimum çekirdek yarıçapı.
- ❑ Ergime sıcaklığının altına soğutma (undercooling):
Çekirdeklenmenin oluşabilmesi için, sıvı metalin soğutulması gereken sıcaklık.
- ❑ Homojen çekirdeklenme : Kritik yarıçapa sahip çekirdeklerin herhangi bir empürite kullanmadan sıvı atomlarının bir araya gelerek oluşması.
- ❑ Heterojen çekirdeklenme : Kritik yarıçapa sahip çekirdeklerin empürite yüzeyleri üzerinde sıvı atomlarının bir araya gelerek oluşması.

Çekirdeklenme



Çekirdeklenme

Toplam Gibbs serbest enerjisi değişimi:

$$\Delta G = 4\pi r^2 \sigma_{sk} + \frac{4}{3} \pi r^3 \Delta G_v$$

$$\frac{\partial \Delta G}{\partial r} = 0$$

$$8\pi r \sigma_{sk} + 4\pi r^2 \Delta G_v = 0$$

Kritik yarıçap:

$$r^* = -\frac{2\sigma_{sk}}{\Delta G_v}$$

Ergime sıcaklığında;

$$\Delta G = 0 = \Delta H_f - T_{erg} \Delta S_f$$

$$\Delta S_f = \frac{\Delta H_f}{T_{erg}}$$

Kritik yarıçap:

$$r^* = -\frac{2\sigma_{sk} T_{erg}}{\Delta H_f \Delta T}$$

olur

Herhangi bir sıcaklıkta

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

ΔH_f in ve ΔS_f in sıcaklıktan bağımsız olduğunu kabul edersek:

$$\Delta G = \Delta H_f - T \frac{\Delta H_f}{T_{erg}}$$

$$\Delta G = \Delta H_f \left(1 - \frac{T}{T_{erg}} \right)$$

$$\Delta G = \Delta H_f \left(\frac{T_{erg} - T}{T_{erg}} \right)$$

$$\Delta G = \Delta H_f \left(\frac{\Delta T}{T_{erg}} \right)$$

Çekirdeklenme

	Ergime Sıcaklığı T_{erg}	Füzyon enerjisi ΔH_f	Sıvı-katı Yüzey enerjisi σ_{sk}	Homojen çekirdeklenme için gerekli tipik soğutma miktarı ΔT
Metal	(°C)	(J/cm ³)	(J/cm ²)	(°C)
Ga	30	488	56×10^{-7}	76
Bi	271	543	54×10^{-7}	90
Pb	327	237	33×10^{-7}	80
Ag	962	965	126×10^{-7}	250
Cu	1085	1628	177×10^{-7}	236
Ni	1453	2756	255×10^{-7}	480
Fe	1538	1737	204×10^{-7}	420
NaCl	801			169
CsCl	645			152
H ₂ O	0			40

Örnek:

Bakır için kritik 236 °C değerinde bir soğutma uygulandığında, kritik çekirdek yarıçapını hesaplayınız.

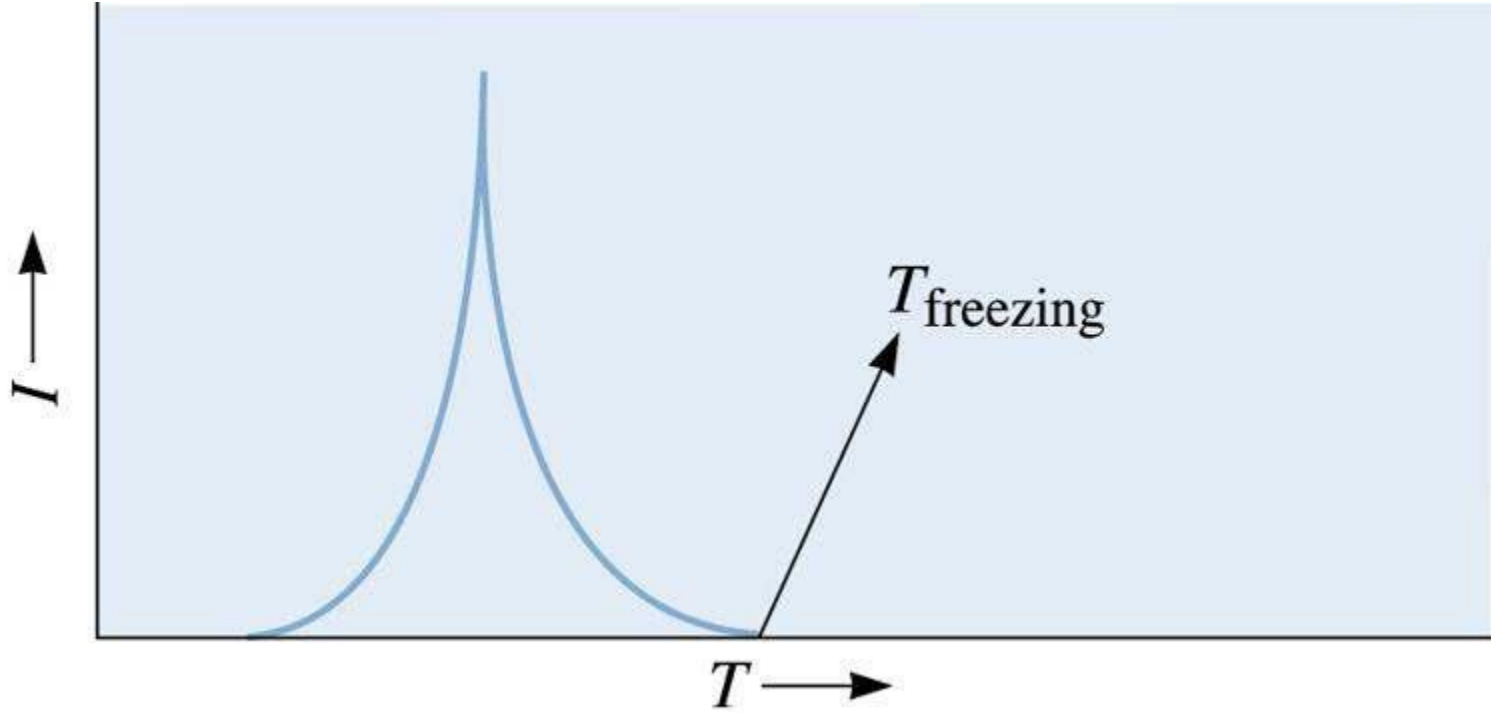
$$\Delta T = 236^{\circ}\text{C} \quad T_m = 1085 + 273 = 1358 \text{ K}$$

$$\Delta H_f = 1628 \text{ J/cm}^3$$

$$\sigma_{sl} = 177 \times 10^{-7} \text{ J/cm}^2$$

$$r^* = \frac{2\sigma_{sl}T_m}{\Delta H_f\Delta T} = \frac{(2)(177 \times 10^{-7})(1358)}{(1628)(236)} = 12.51 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

Çekirdeklenme Hızı



Kontröllü Çekirdeklenme

Tane boyutunun küçültülmesi: Kontrollü bir şekilde heterojen çekirdeklerin sıvıya eklenmesi sayesinde, sıvı→katı dönüşümü sayesinde oluşan tanelerin sayısı artmış olur. Böylece ortalama tane boyutu küçülmüş olur ki bu özellikle mekanik özellikler açısından avantajlı bir durumdur.

Dispersion sertlestirmesi: Disperse halde fazların dışarıdan eklenmesi ile mekanik dayanımı oldukça yüksek malzemeler elde edilebilir.

Katı hal faz dönüşümü: Katı halde oluşan faz dönüşümlerinin kontrol edilmesi elde edilen malzemenin özelliklerini oldukça büyük oranda etkiler.

Hızlı soğutma: Çekirdeklenmenin engellenmesi sayesinde cazip özelliklere sahip amorf malzemeler elde edilebilir.

Katılaşma Yapısı

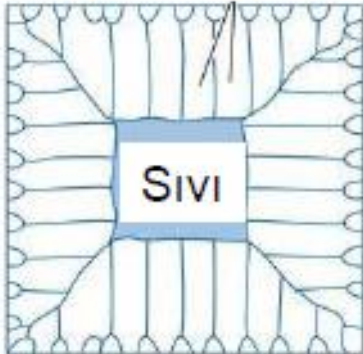
Çekirdeklenme başlar



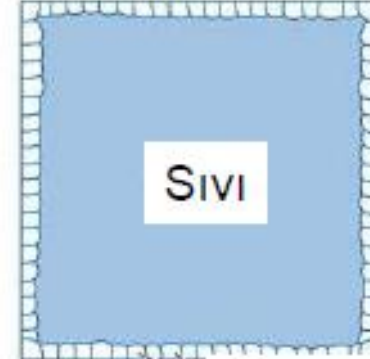
Çekirdekler

Bu taneler kalıbın merkezine doğru kolonsal bir şekilde büyümeye devam eder

Kolonsal taneler



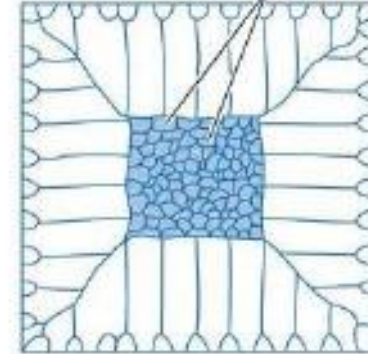
Soğuk kalıp yüzeyinden taneler büyür



Kenar taneleri

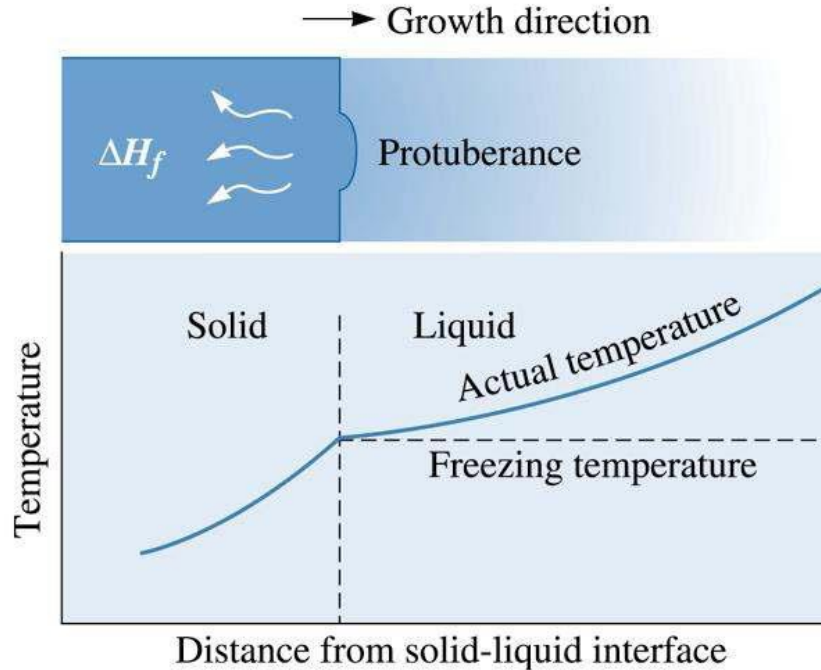
Kalıbın merkezinde meydana gelen çekirdeklenmeden dolayı eş eksenli taneler büyür

Eş eksenli taneler



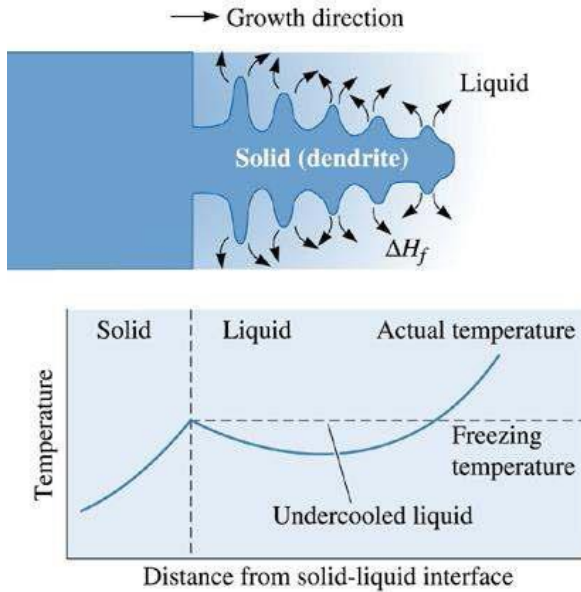
Büyüme Mekanizması-Saf Metaller

- ❑ Sıvının sıcaklığı katılaşıma sıcaklığının üzerinde olduğunda, katı-sıvı yüzeyinde bulunan düzensizlik büyüyecektir.
- ❑ Bunun sebebi düzensizliğe sıvıdan giren ısı enerjisinin düzensizlikten çıkan ısı enerjisinden fazla olmasıdır.
- ❑ Böylece düzensizlikte birim zamanda biriken ısı enerjisi pozitif olacağından düzensizlik ergiyecektir.

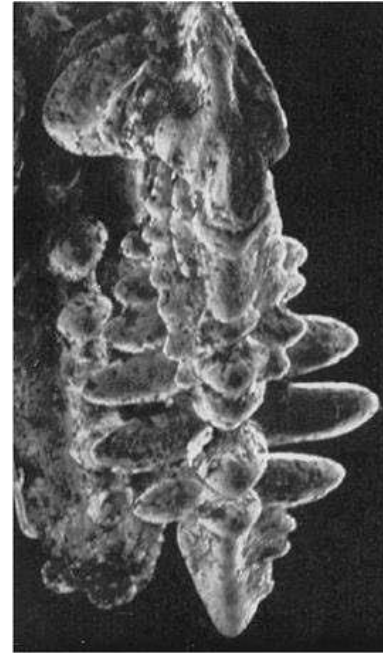


Büyüme Mekanizması-Alaşımlar

- ❑ Eğer sıvı ergime sıcaklığının altına soğutulursa katı-sıvı yüzeyindeki düzensizlik hızlı bir şekilde dendrit olarak katılaşacaktır.
- ❑ Füzyon ısı dışarıya verildiği için sıvının sıcaklığı tekrar katılma sıcaklığına çıkacaktır.



(a)



(b)

Çelik-SEM fotoğrafı

Katılaşma Yapısı

□ Saf metallerde (a-b)

-Kalıp yüzeyinden merkeze doğru kolonsal ve düz yüzeyli (dendritik değil!) taneler büyür.

-Kalıp merkezinden kalıp kenarlarına doğru eş eksenli taneler büyür.

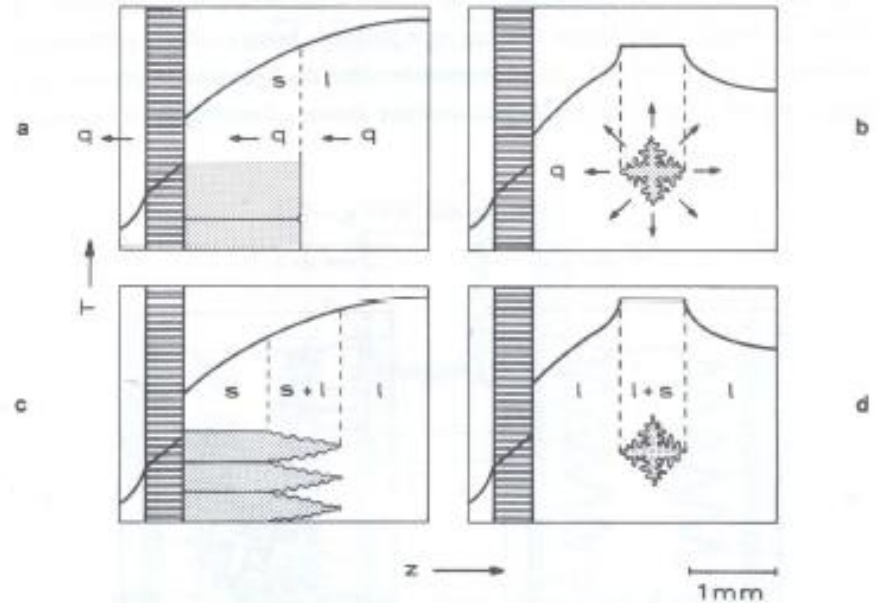
□ Alaşımlarda veya empürite içeren saf metallerde (c-d)

-Kolonsal kristaller dendritik olarak oluşur

-Kalıp merkezinden kenarlara doğru büyüyen eşeksenli taneler ise saf metallerdeki durum ile aynıdır.

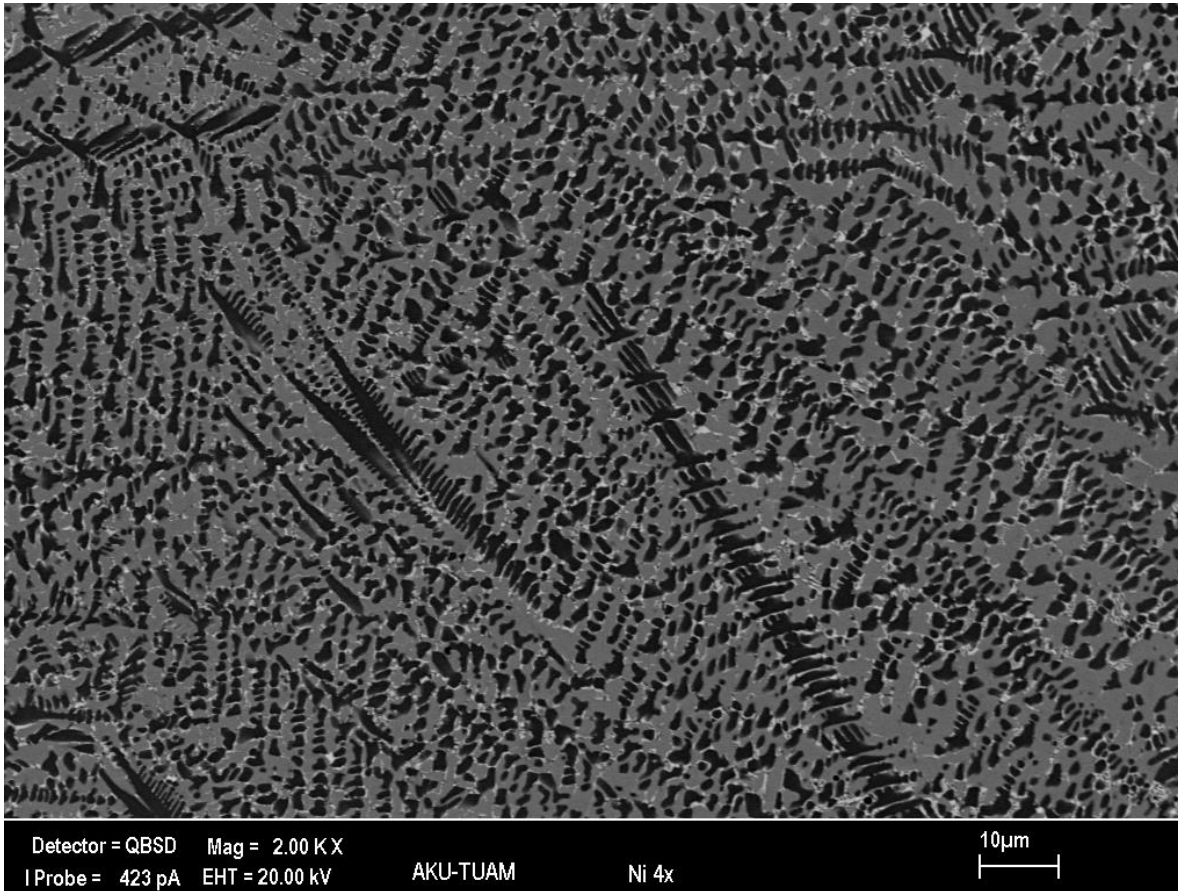
Saf metaller

Alaşımlar veya empürite içeren saf metaller



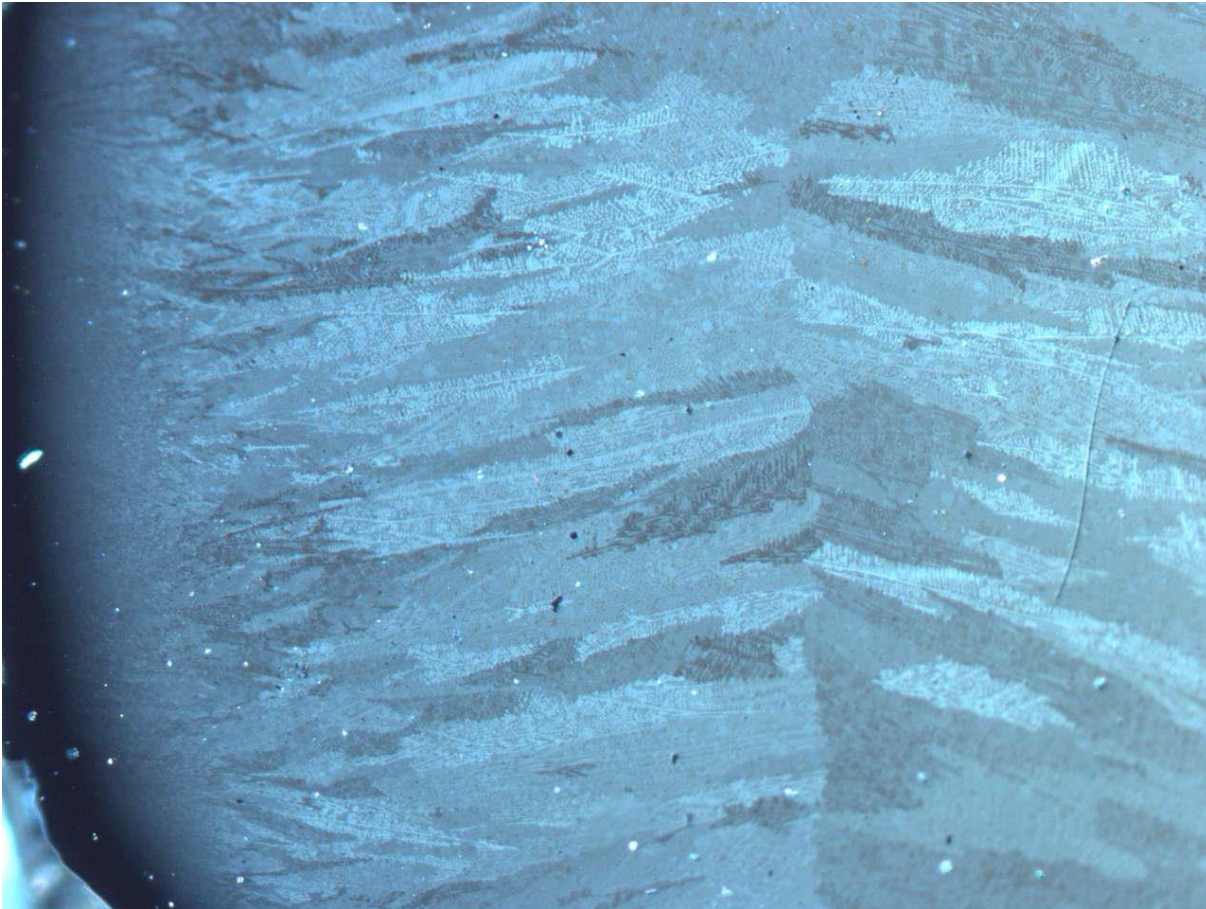
Dendritik Yapı

Bir Co-Fe-Ta-B alasımındaki dendritik yapı



Dendritik Yapı

Bir Co-Fe-Ta-B alasımındaki kolonsal dendritik yapı



Dendritik Yapı



KATILAŞMA ZAMANI

Toplam katılaşıma zamanı dökümün şekline (geometrisine) ve büyüklüğüne göre değişir.

Chvorinov bağıntısına göre toplam katılaşıma zamanı:

$$t_{top} = C_m \left(\frac{V}{A} \right)^n$$

C_m : kalıp sabiti

V : kalıbın hacmi

A : kalıbın yüzey alanı

$n \approx 2$

➤ C_m su faktörlere bağlıdır:

- Kalıp malzemesi
- Dökülen metalin termal özellikleri
- Döküm sıcaklığının ergime sıcaklığına göre farkı

➤ C_m değeri aynı kalıp malzemesi, dökülen metal ve döküm sıcaklığı için önceden belirlenmelidir. Kalıbın şekli değişse bile diğer faktörlere bağlı tespit edilen C_m değeri kullanılabilir.

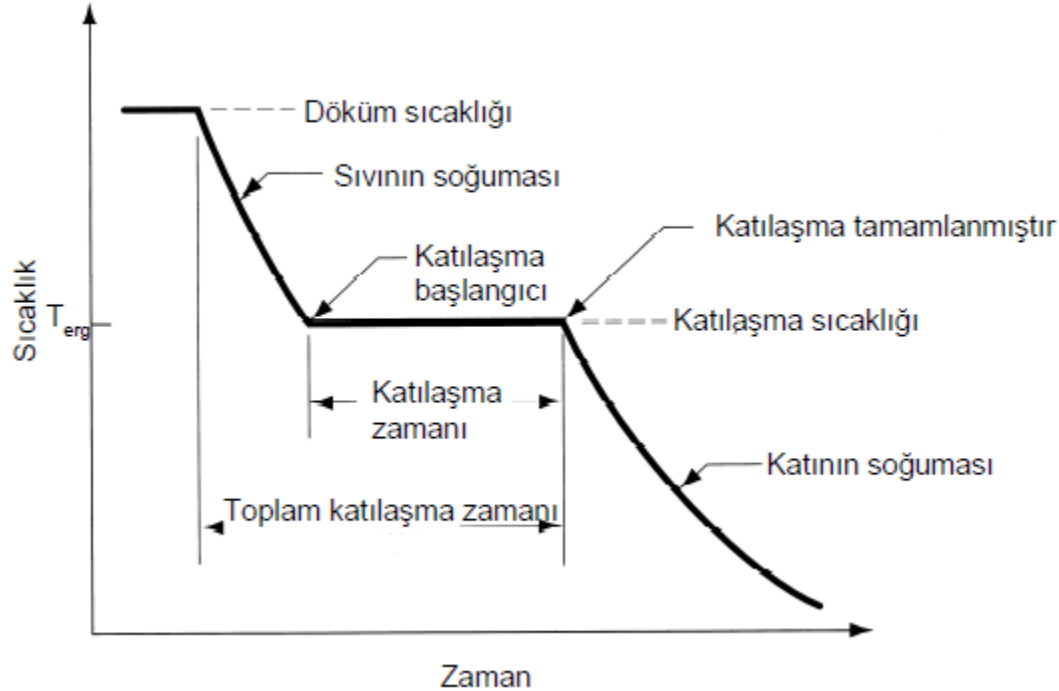
Katılma Zamanı

Chvorinov bağıntısına göre:

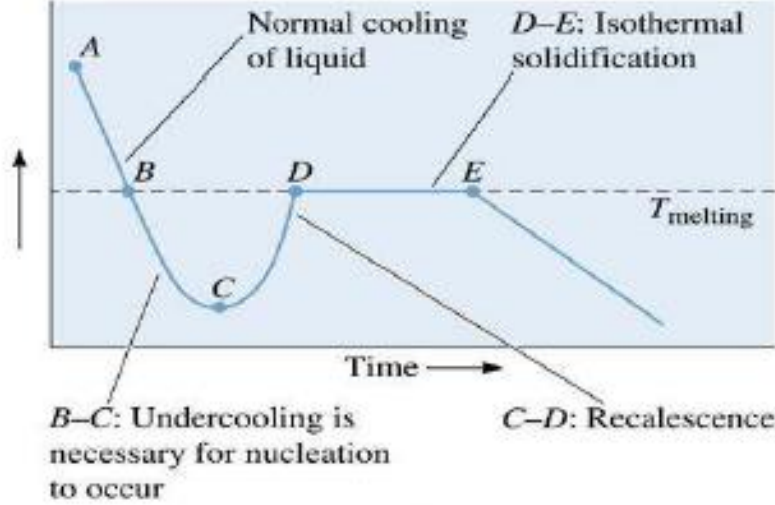
Diğer faktörler (C_m ve n) sabit olmak koşuluyla, V/A oranı büyüdükçe katılma zamanı da uzamaktadır.

SOĞUMA EĞRİLERİ

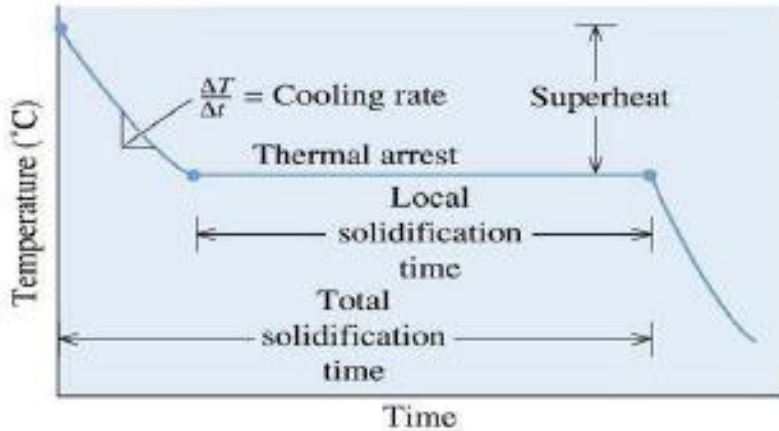
- Saf bir metal sabit sıcaklıkta (ergime sıcaklığında) katılaşır.
- Aşağıdaki şekilde saf bir metalin soğuma eğrisi görülmektedir.



Soğuma Eğrileri



(a)



(b)

(a) Dışarıdan çekirdek eklenmemiş (inoküle edilmemiş) bir saf metalin soğuma eğrisi.

- Çekirdeklenmenin olması için Ergime noktasının altına (C noktasına) inilmek zorunda.
- C noktasında çekirdeklenme başlıyor, füzyon ısı (H_f) dışarıya verildiği için bu ısı sıvının sıcaklığını artırıyor.
- Metal sabit sıcaklıkta (ergime sıcaklığında) katılaşmaya devam ediyor.
- E noktasında katılaşma tamamlanıyor.

(b) Saf fakat çekirdeklenme için harici müdahalede bulunulmuş bir ergimiş metalin soğuma eğrisi

- Ergime sıcaklığının altına soğutma gerekmiyor.
- Katılaşma, ergime sıcaklığında başlıyor.

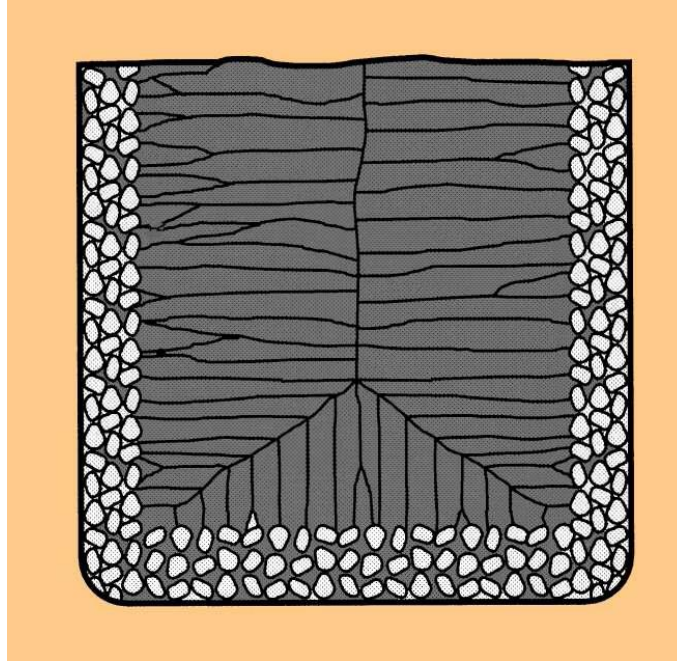
Saf Metallerin Katılaşması

- Kalıp yüzeyinin soğuk olmasından dolayı, metal kalıba doldurulur doldurulmaz kalıbın yüzeyinde ince bir tabaka oluşur.
- Bu ince tabaka gittikçe kalınlaşarak, bir kabuk oluşturur.
- Katılaşma hızı su faktörlere bağlıdır;
 - Sıvı metalin ısısının kalıba transfer edilme hızına
 - Eriyik haldeki metalin termal özelliklerine

Saf Metallerin Katılaşması

Saf bir metalin katılaşması sonucu oluşan karakteristik tane yapısı.

- Kalıp yüzeyine yakın bölgelerde gelişigüzel yerleşime sahip taneler bulunmaktadır.
- Kalıbın merkezine doğru da büyük kolonsal taneler bulunur.



Döküm Yöntemleri

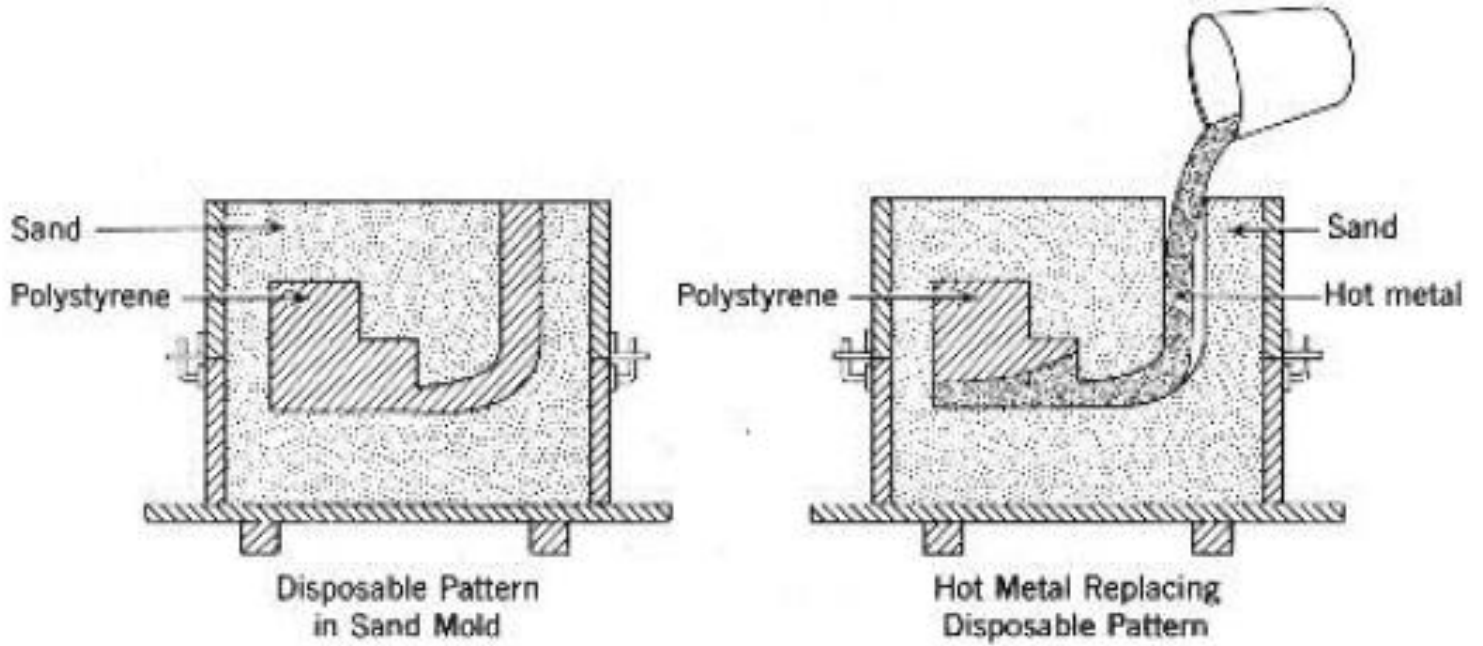
Döküm, kalıp için kullanılan malzeme ve ergimiş metalin kalıp içerisine sevk edilme şekline göre sınıflandırılabilir;

- Kum kalıba döküm
- Kokil (kalıcı veya Metal) kalıba döküm
 - Basınçlı döküm
 - Hassas döküm
 - Santrifüj döküm
 - Alçı kalıba döküm
- Seramik kalıba döküm
 - Dolu kalıba döküm
- Diğer kalıplama usulleri

KUM KALIBA DÖKÜM

- Kum kalplara yapılan ve en çok kullanılan döküm usulüdür.
- Kum kalıp ile yapılan döküm iki şekilde uygulanır;
 - a.** Çıkarılabilen model
 - b.** Bozulabilir model
- Bozulabilir model yöntemi çok yaygın değildir.
- Çıkarılabilen model yöntemi çok yaygın olarak kullanılır.
- Kum kalıba döküm denildiği zaman çıkarılabilen model yöntemi anlaşılmalıdır.

- Bozulabilir model kullanılan teknikte modeller bozulabilen maddelerden (Polystyren) yapılırlar ve kum içerisinde bırakılırlar. Maden kalıba dökülünce model sıcaklığın etkisi ile buharlaşır ve oluşan boşluğu maden doldurur.



Kum kalıba döküm işlemini iyi anlayabilmek için bir kalıbın nasıl hazırlandığını bilmek ve iyi bir döküm için hangi etkenlerin önemli olduğunu bilmek gerekir. *Bu etkenler;*

1- Kalıplama işlemi

2- Model

3- Kum

4- Maçalar

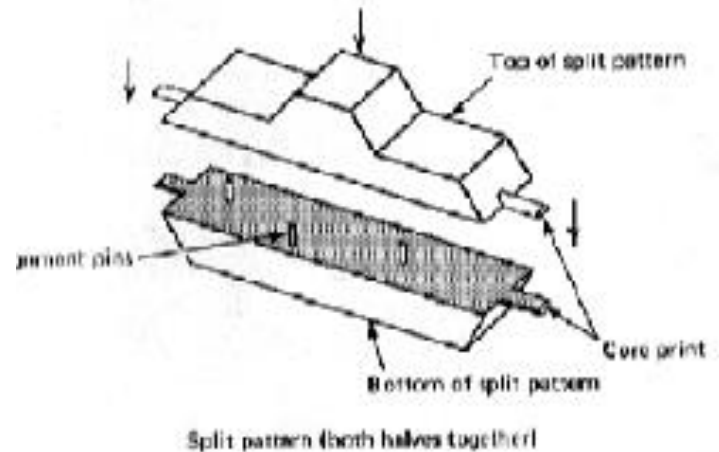
5- Mekanik teçhizat

6- Metaller

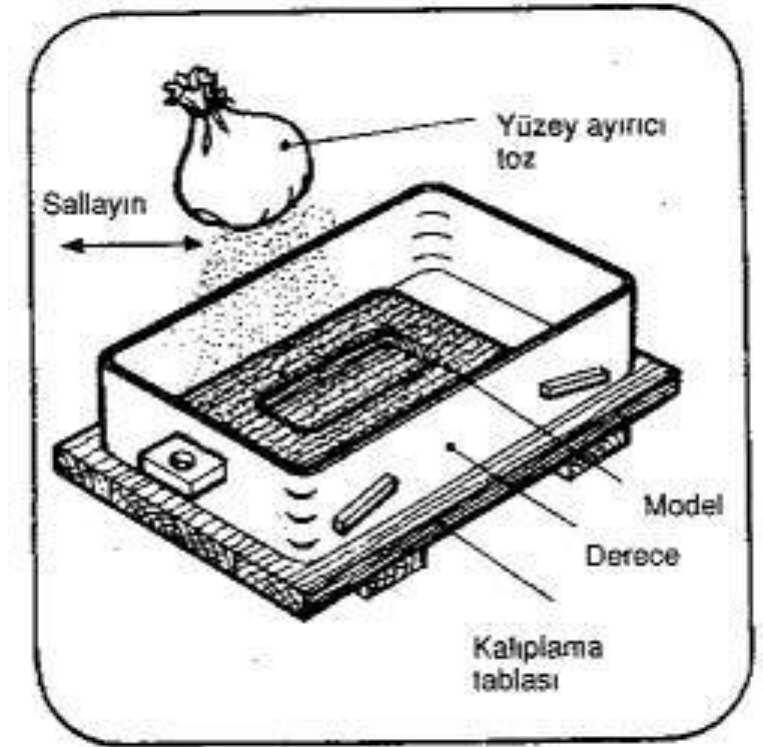
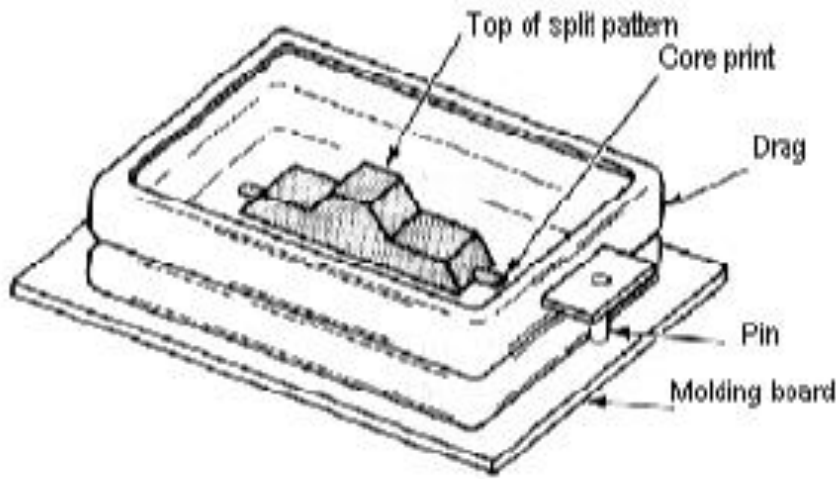
1. Kalıplama İşlemi

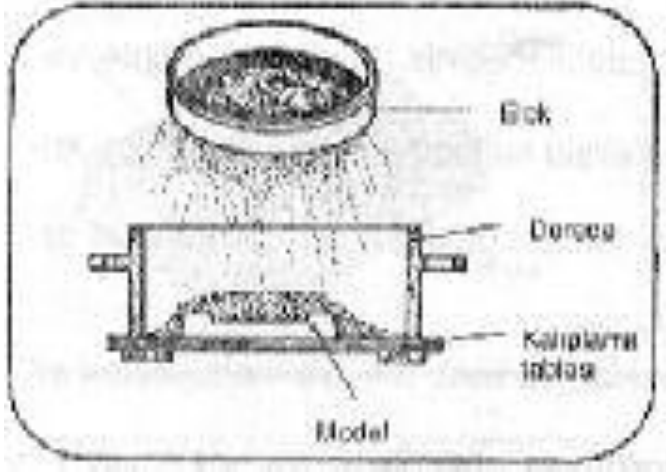
- Kalıplama işlemi kalıp kumu kullanılarak yapılır. Sıktırılan kumun içinde modelin boşluğu meydana getirilir.
- Ergitilen maden veya alaşım kalıp boşluğuna dökülerek katılaşmaya bırakılır.
- Katılaştıran parça kalıptan çıkarılır. Çapak, yolluk, çıkıcı, besleyici gibi fazla kısımlar kesilerek temizleme işlemi yapılır.

Kalıplamada parçalı model kullanılabilir. Genellikle iki parçalı model kullanılır.



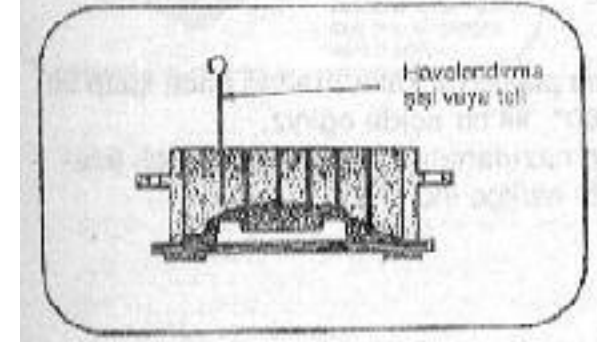
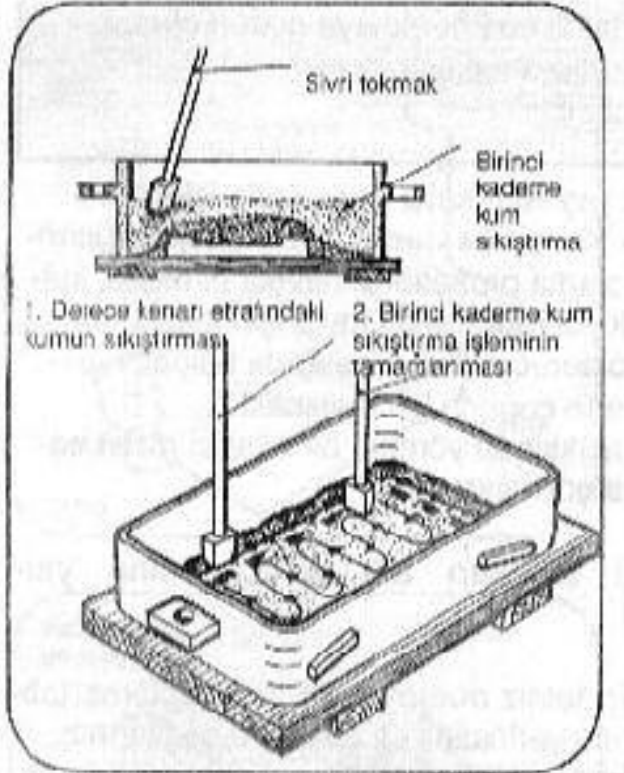
Modelin bir parçası şekilde görüldüğü üzere kalıplama tahtası üzerine konan alt derece içine ters olarak yerleştirilir. Modelin yüzeyine yüzey ayırıcı toz dökülür.

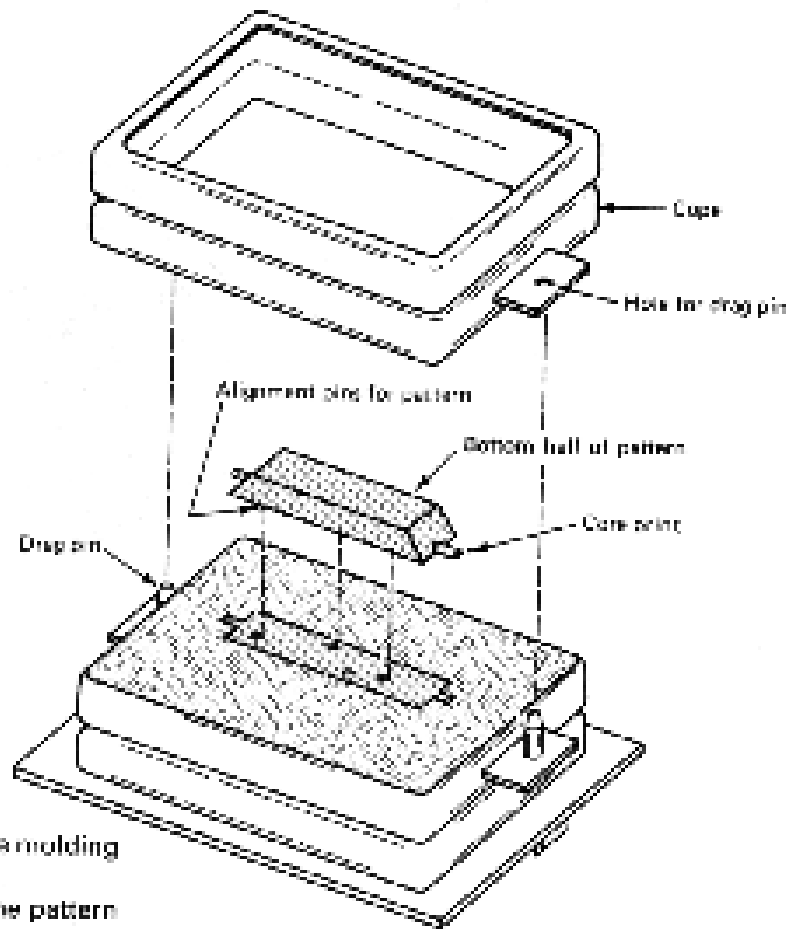




- Model etrafındaki kum kütlesi 25 mm kalınlıkta oluncaya kadar dikkatlice sıkıştırılır.

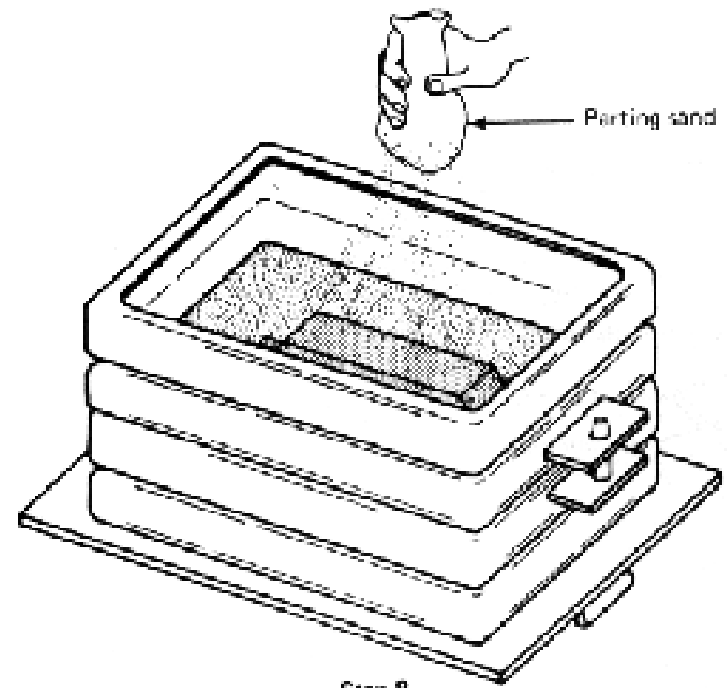
- Kum doldurma ve dolgu kumu sıkıştırma işlemi aşamalı olarak yapılır.



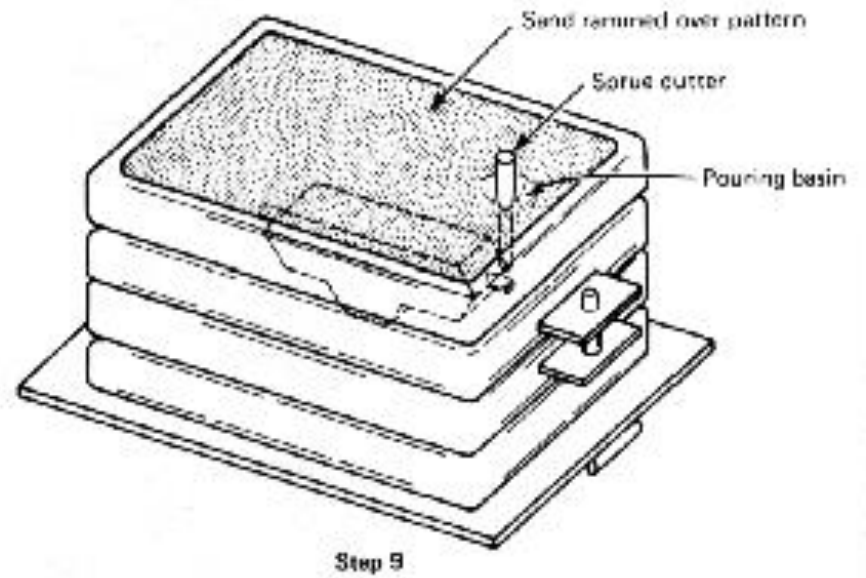
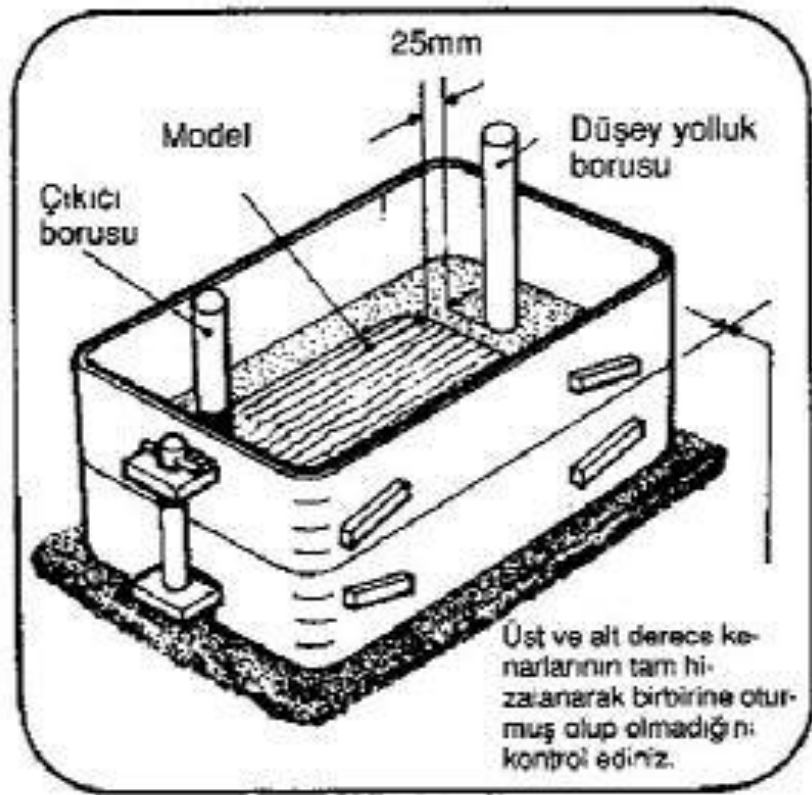


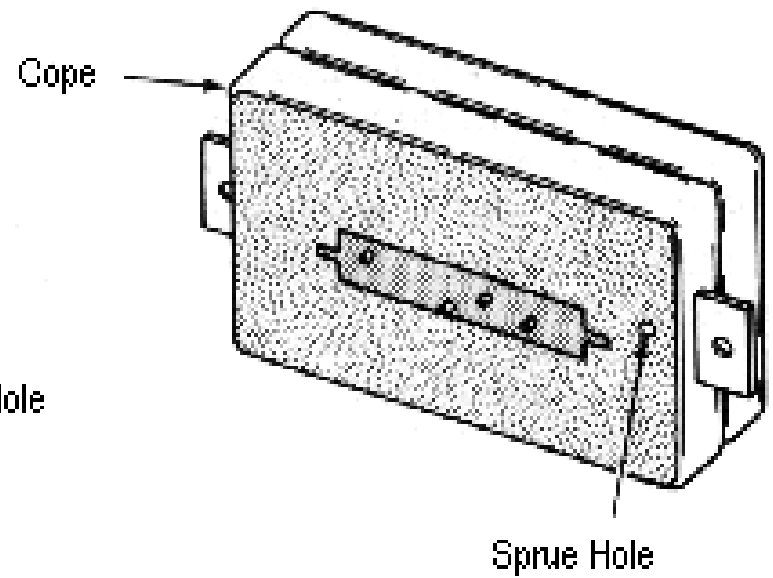
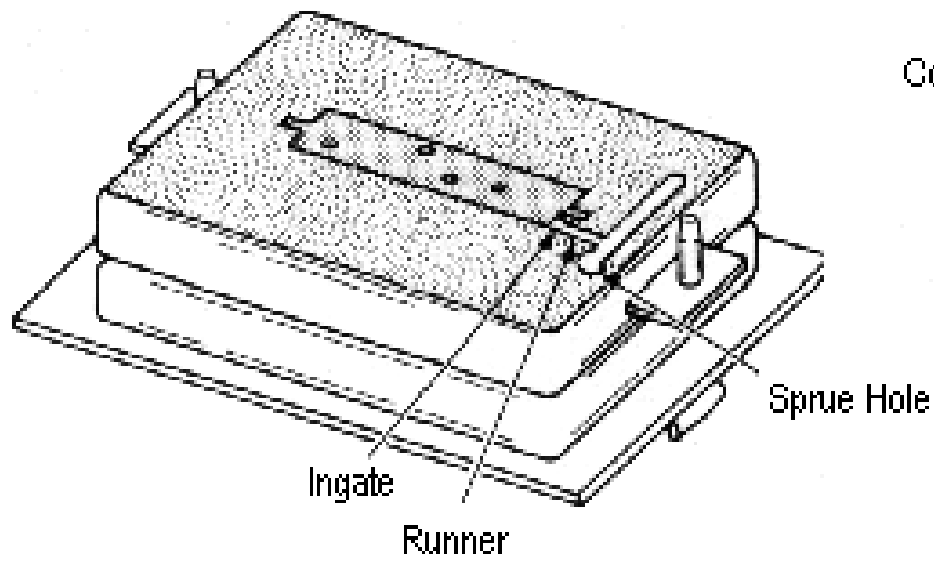
Step 7

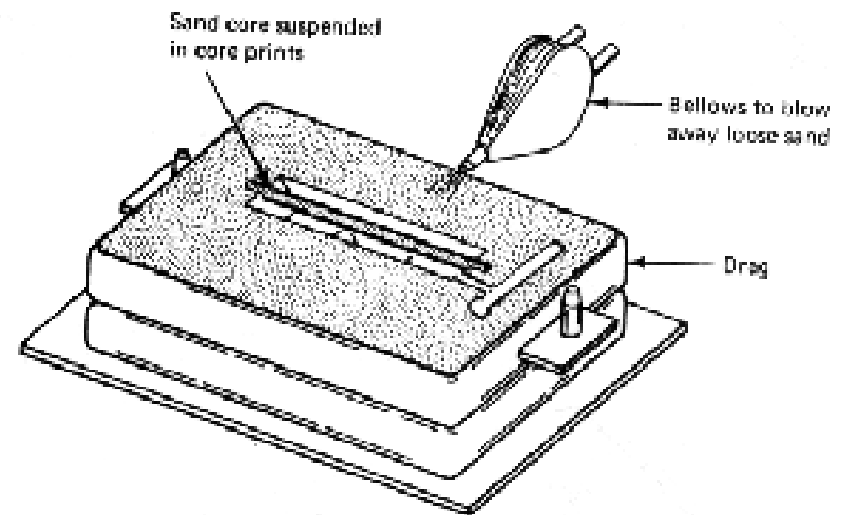
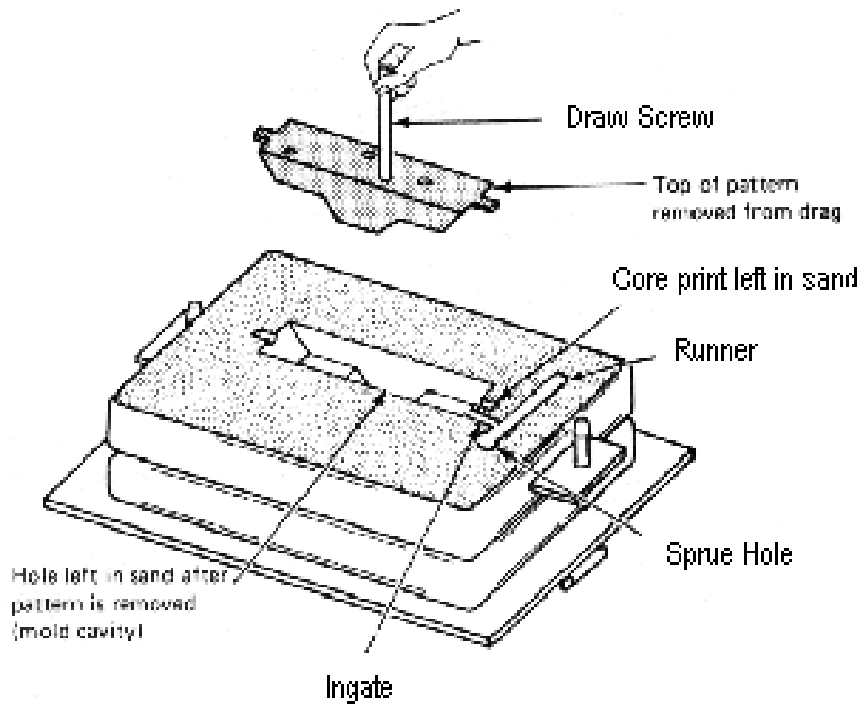
Finalizing the molding of the pattern

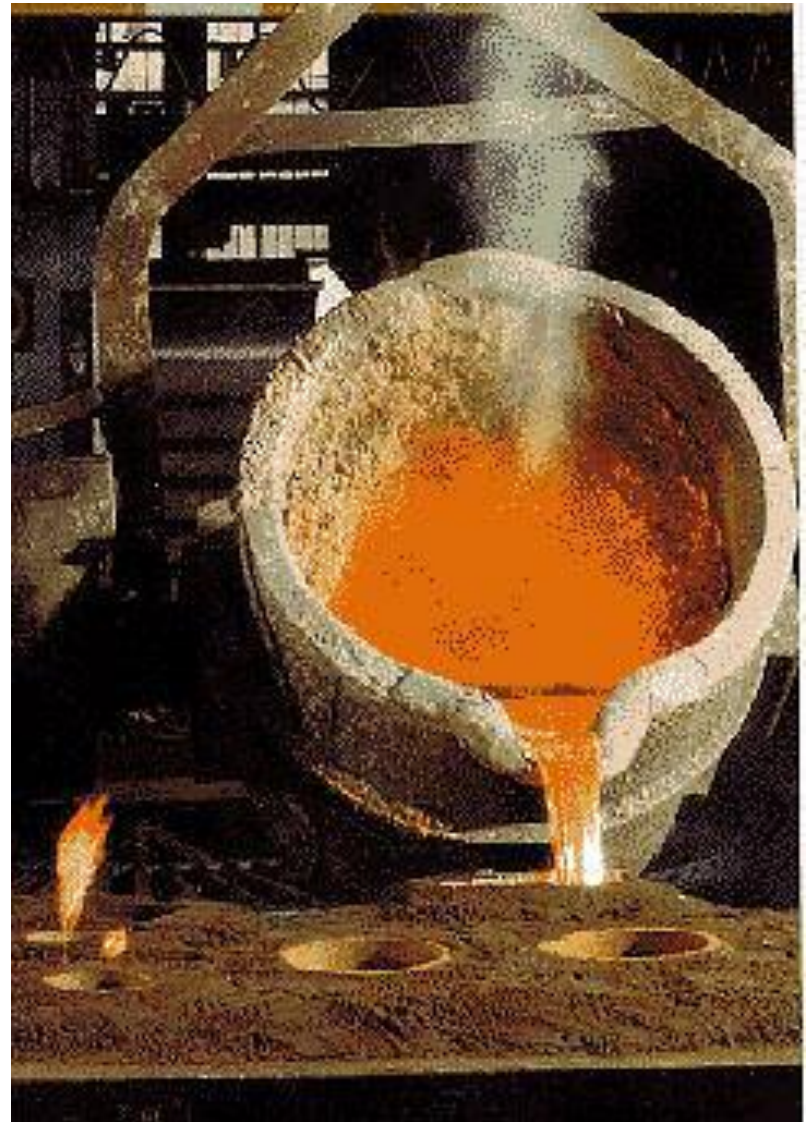
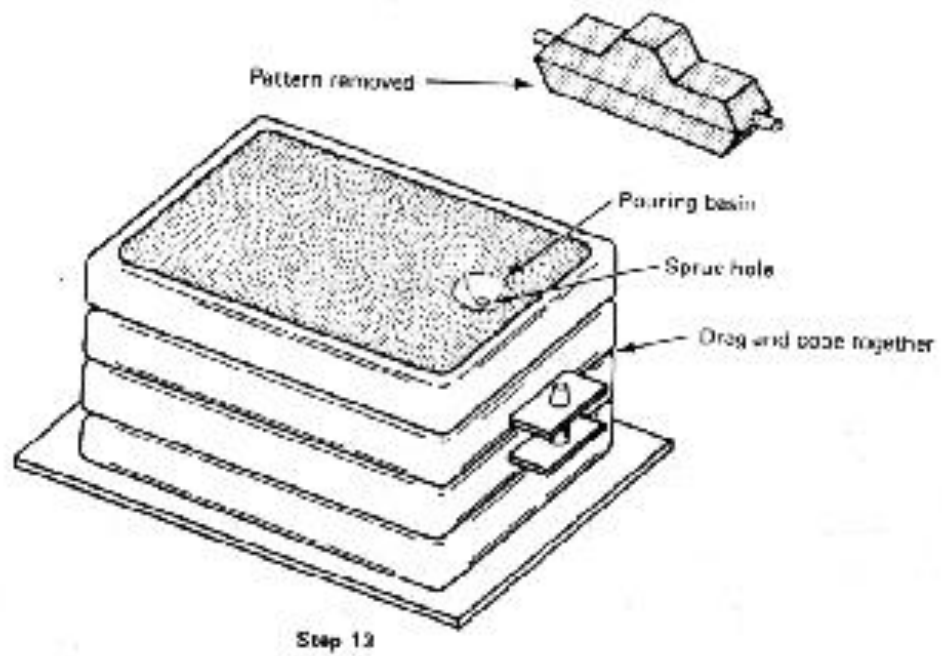


Step 8







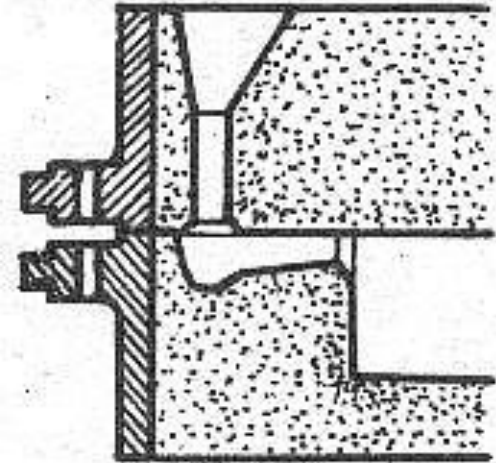
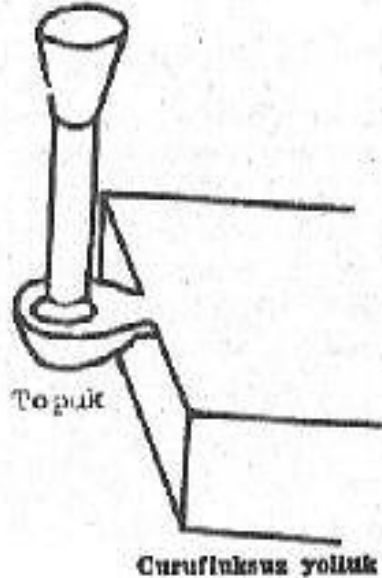
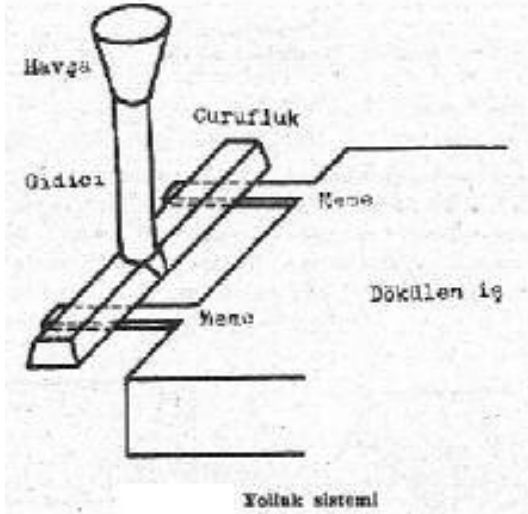


Yolluk Sistemi

Ergiyik madenin kalıp boşluğuna gidişini sağlayan kanalların toplamına **yolluk** sistemi denir.

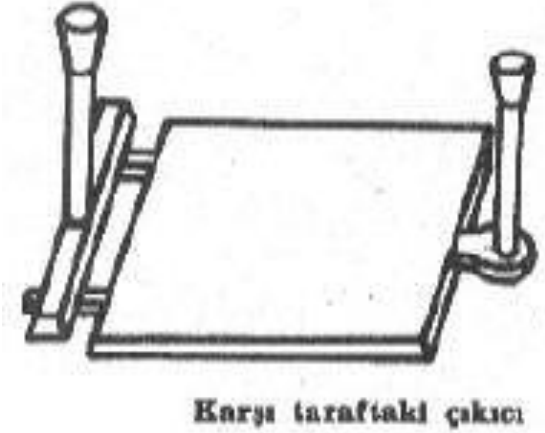
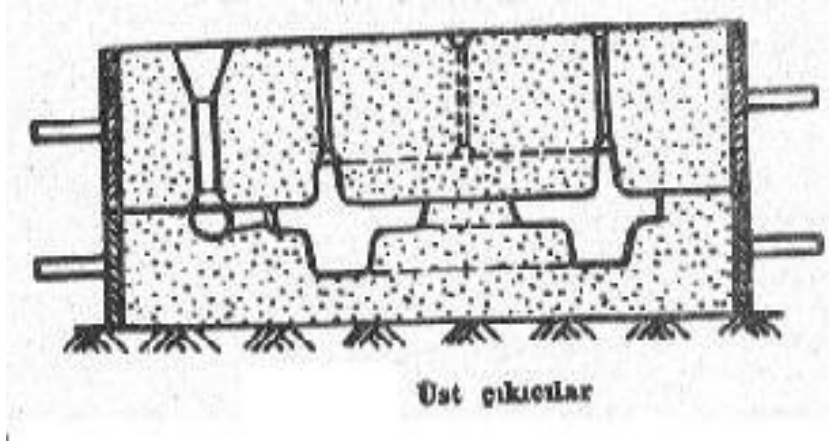
Yolluk sistemi dökülen parçanın biçim ve boyutları ile alaşımına göre çeşitli şekillerde olurlar.

Potadan dökülen ergiyik maden yolluk sistemini meydana getiren düşey ve yatay kanallardan geçerek kalıp boşluğunu doldurur.



Çıkıcı ve Besleyiciler

Çıkıcılar: Döküm sırasında kalıp gazlarının kalıptan çıkmasını sağlamak için açılan kanallara çıkıcı denir.

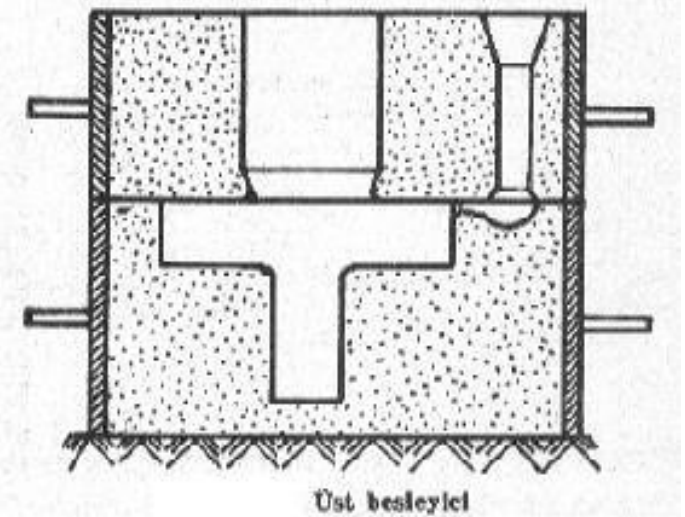
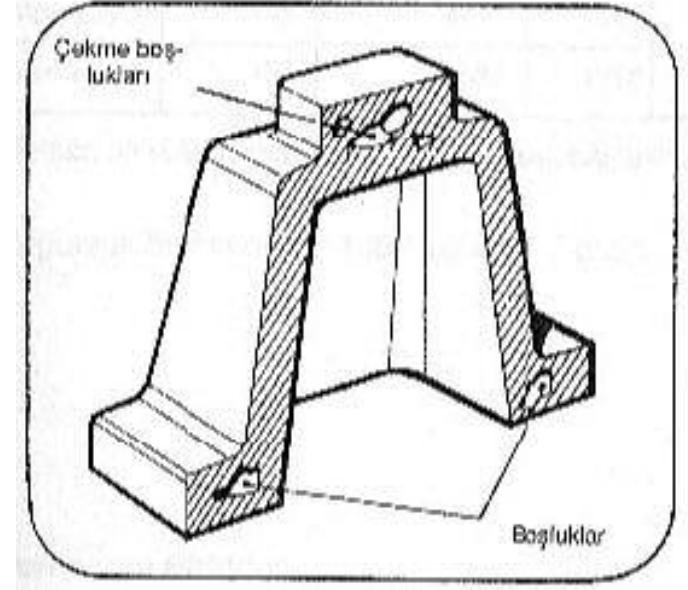


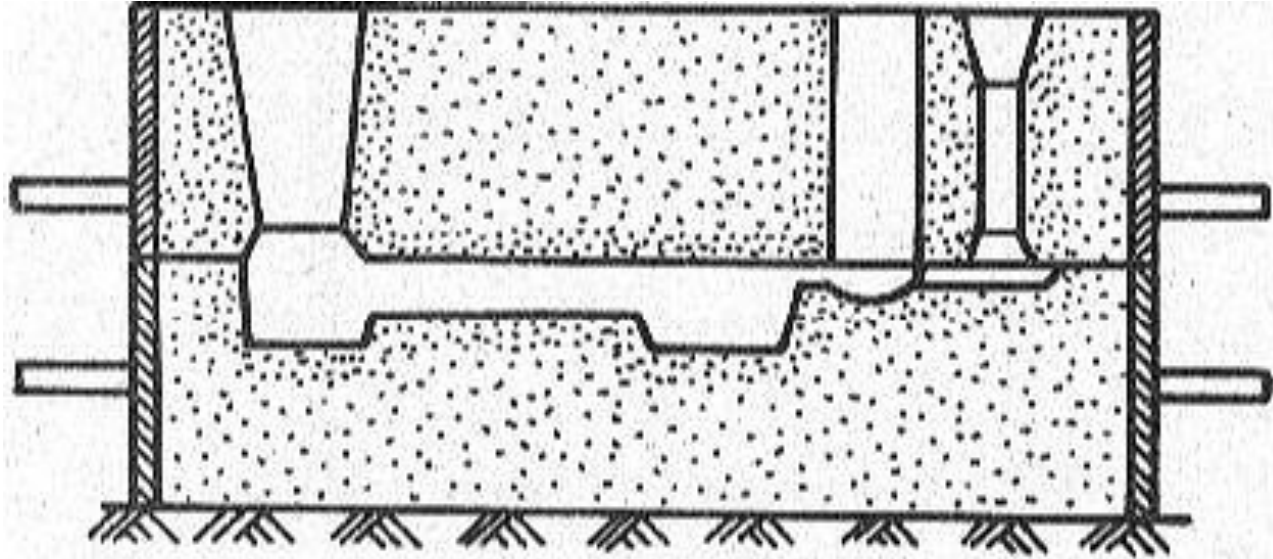
Kalıp sıvı madenle dolarken kalıp gazları giderek küçülen kalıp boşluğuna sıkışırlar. Kalıp içinde bir basınç meydana getirirler. Bu gazlar çeşitli döküm hatalarına sebep olabilir.

Çıkıcılar kalıp gazlarını boşaltma görevi yanında sıvı madenin yükselişi ve kalıbın doluşunu gözlemeye yarar.

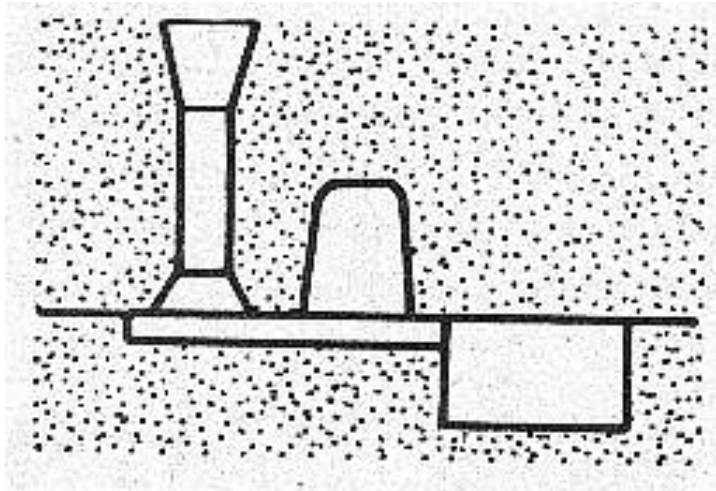
Besleyiciler:

- Kalıba dökülen sıvı maden ve alaşımlar soğuyup katılaşıırken hacimleri küçülür. Bunun sonucu olarak çöküntü adı verilen boşluklar meydana gelir.
- Çöküntüler hatalı dökümlere sebep olurlar.
- Çöküntüsüz döküm parça elde etmek için kalıbın uygun yerlerine besleyici adı verilen ergiyik maden kütleleri bağlanır.
- Besleyiciler çöküntüyü parça dışına çıkarırlar, çöküntü besleyicide oluşur.

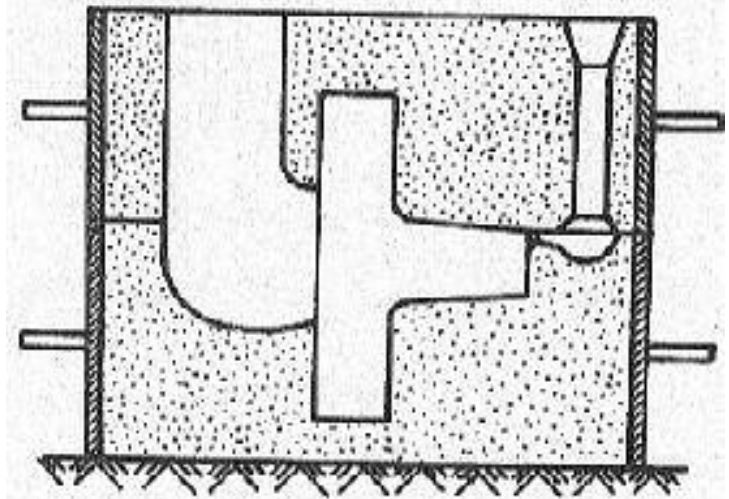




Aynı parçada üst ve yan besleyiciler



Meme üzerindeki besleyici



Yan besleyici

Kum dökümde kalıplama yöntemleri

A-Yaş Kum Kalıplama: En çok kullanılan yöntemdir. %5-10 civarında rutubet ihtiva eder. Kalıplama küçük parçalar için tezgah üzerinde, iri parçalar için yerde kum havuzlarında yapılır.

Üstünlükleri

- Kalıp malzemesi ucuz ve tazelenerek defalarca ekonomik şekilde kullanılabilir.
- Basittir ve gerektiğinde mekanizasyon da uygulanabilir.
- Değişik metallerin dökümüne elverişlidir.

Sınırlamaları

- Karmaşık biçimli ve iri parçaların dökümünde kalıp malzemesinin dayanımı yetersiz kalır.
- Kalıp taşıma sırasında bozulabilir.
- Boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi iyi değildir.

B-Kuru Kum Kalıplama: Hazırlanan yaş kalıp kurutma odalarında 150-350⁰C sıcaklıklar arasında veya sıcak hava göndermek suretiyle kurutularak kuru kalıp elde edilir. Kuru kalıp ile yapılan döküme *kuru döküm adı* verilir.

Kalıp yüzeyleri grafit, odun kömürü tozu, kil ve sudan oluşan bir bulamaç ile fırça veya püskürtme yoluyla boyanır. Kurutma işlemi boyamadan önce veya sonra yapılabilir.

C-Cidarları Kurutulmuş Kalıp: Kum yüzeyinin (5-20 mm arasında bir kum kalınlığı) bir üfleç yardımıyla kurutulması ile elde edilir. Kalıp içerisinde mevcut rutubetin yüzeye çıkmasına olanak vermeden döküm işleminin bitirilmesi istenen durumlarda kullanılır.

D- Toprak (Balçık) Kalıplama : Bu tür kalıplama yönteminde kalıba şekil verme amaca uygun şablonlarla yapılır. Örneğin büyük silindirler gibi dönele simetriye sahip ağır parçaların kalıplanmasında uygulanır. Böyle büyük parçalarda tuğla, tahta veya değişik malzemelerle hazırlanan yapı üzerine kum, kil, su ve katkı maddelerinden hazırlanmış harç sıvanarak şablonla şekil verilir; daha sonra kalıp sıcak hava veya üfleç yardımıyla kurutulur.

E- Çimentolu Kalıplama : Bu yöntemin kum kalıplamaya göre farkı yoktur. Kalıp kumu içerisine %8-12 çimento ilave edilir. Model kalıptan çıkarılmadan önce sertleşmelidir. Tam bir sertlik için yaklaşık 3 gün gereklidir. Büyük parçaların dökümünde, mukavemeti, yüzey kalitesi ve boyut hassasiyeti yüksek kalıplar elde edilir.

F- CO2 Yöntemi ile Kalıplama : Bu yöntemde kalıp ve maça kumlarına % 1,5-6 cam suyu (sodyum silikat) karıştırılır ve kalıba şekil verildikten sonra kısa bir süre CO₂ gazı geçirilir. Kimyasal reaksiyon gereği cam suyu silikajel'e dönüşerek kalıbı sertleştirir.

Bu işlem yapıldıktan sonra dökümün en geç 24 saat içinde tamamlanması gerekir.

Bu yöntemle hazırlanan döküm parçaların yüzey hassasiyetleri iyi olup, ekonomiklik için sayı önemli değildir. Her tip dökümhanede kolayca uygulanabilir.

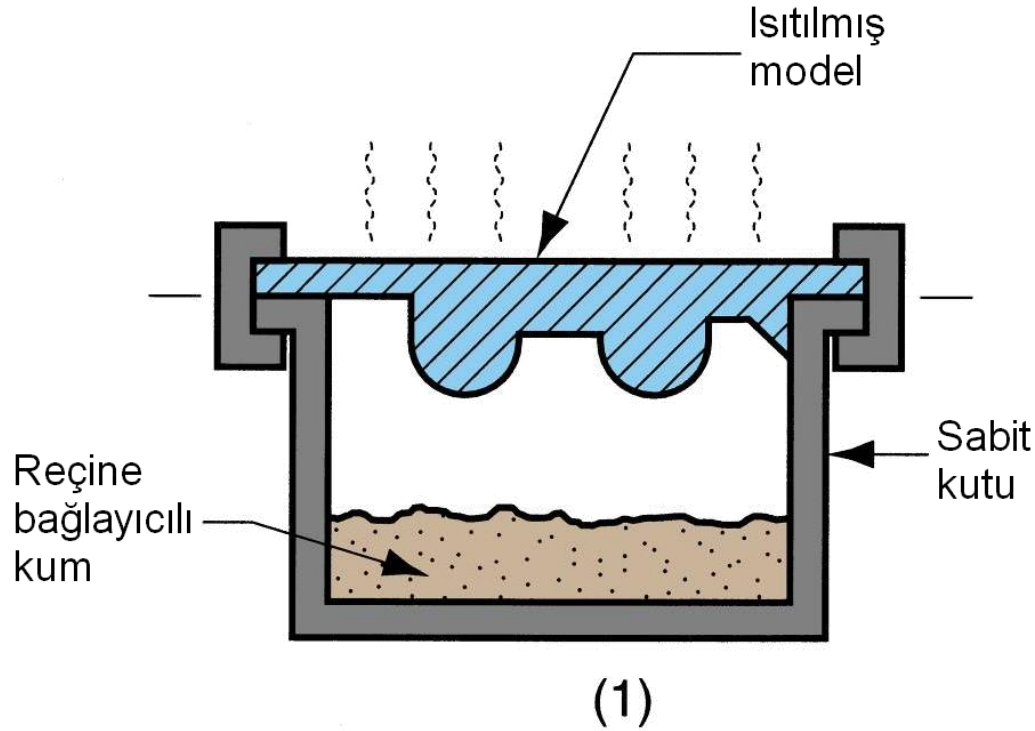
G- Çukur Kalıplama : Çukur kalıplar, derecelere boyutları nedeniyle sığamayacak parçaların dökümünde kullanılır (1-100 ton). Örneğin türbin gövdesi, gemi uskunu gibi.

H- Kabuk Kalıplama : İnce taneli kum ile yüksek sıcaklıkta sertleşen reçine karışımı kalıplama malzemesidir. Kullanılan modeller metal ve levhalı olup kalıplama işleminden önce yüzeylerine özel bir sıvı püskürtülür. Böylece modelin kalıptan çıkarılması kolaylaşır. Modeller 230 °C civarında pişirilir ve döndürme tertibatı yardımıyla üzerlerine kum reçine karışımından oluşan 5-10 mm lik bir kabuk meydana getirilir. Kabuk modelden sıyrılmadan önce 315 °C de birkaç dakika pişirilir ve modelden ayrılır. Sıvı metal dökülürken kalıbın bozulmasını önlemek için kalıp iri taneli kum, çakıl, metal bilya içine yerleştirilerek döküm yapılır.

Bu yöntemle +/-%0,2 mm'ye varan hassas toleranslar elde edilebilir. Yüzey kaliteleri çok iyidir. Model hazırlanması pahalı olduğu için çok sayıda döküm için ekonomik olur. Parça boyutları sınırlı olup altyapı yatırımı fazladır.

Kabuk Kalıplama

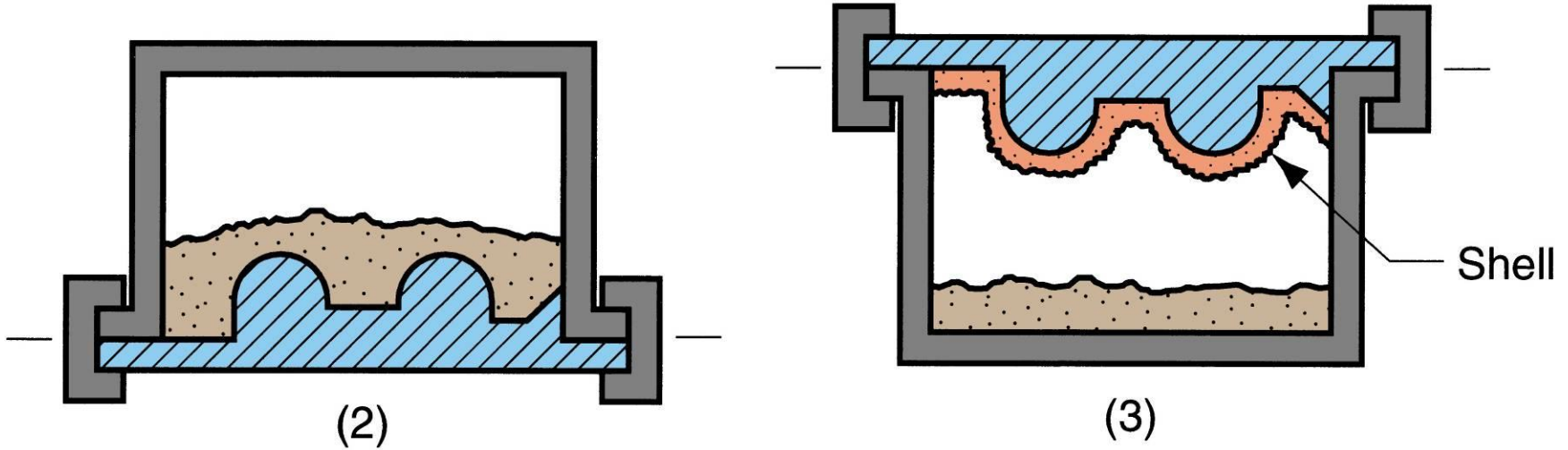
Termoset reçine bağlayıcı ile birleştirilmiş ince kum dan oluşan kabuktan yapılan kalıba döküm yöntemi



Şekil 11.5. Kabuk kalıplamada aşamalar: (1) Bir metal levhalı model veya üst ve alt derece modeli ısıtılarak, termoset reçineli ince kum içeren bir kutu üzerine yerleştirilir.

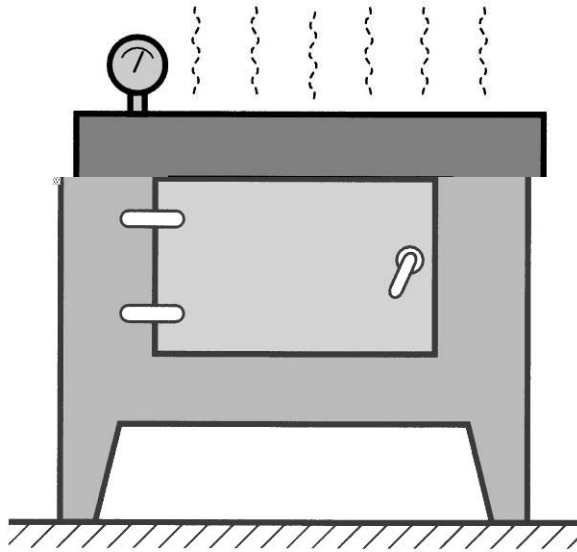
Kabuk Kalıplama

Şekil 11.5 Kabuk kalıplamada aşamalar: **(2)** kum ve reçinenin sıcak model üzerine düşerek kısmen sertleşmiş, dayanıklı bir kabuk oluşturabilmesi için kutu ters çevrilir; **(3)** gevşek, sertleşmemiş tanelerin düşerek uzaklaşması için kutu eski haline getirilir;

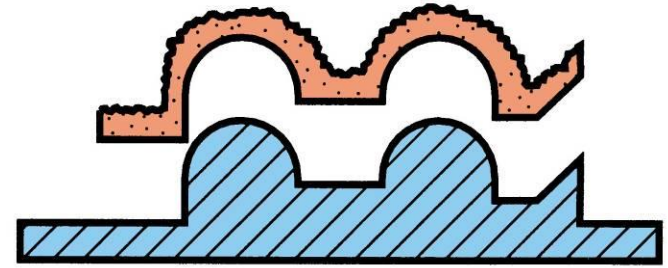


Kabuk Kalıplama

Şekil 11.5 Kabuk kalıplamada aşamalar: (4) kum kabuk, sertleştirme tamamlanana kadar fırın içinde birkaç dakika daha ısıtılır; (5) kabuk kalıp modelden sıyrılır;

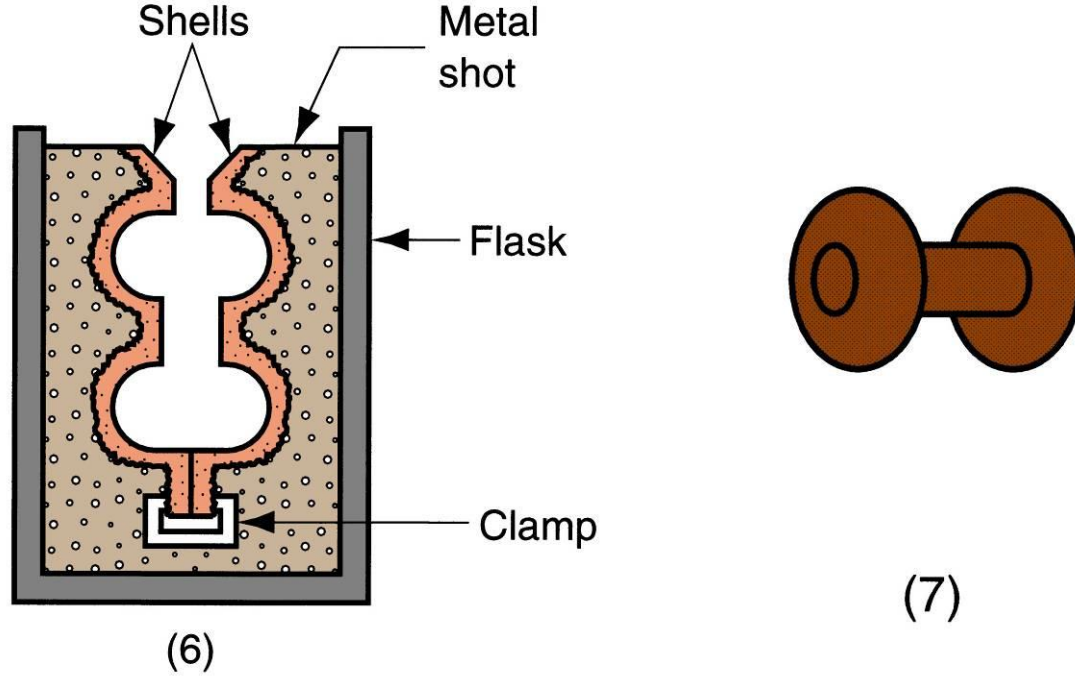


(4)



(5)

Kabuk Kalıplama



Şekil 11.5. Kabuk kalıplamada aşamalar: (6) Kabuk kalıbın iki yarısı, birleştirilir, bir kutu içinde çakıl veya metal bilyelerle desteklenir ve döküm gerçekleştirilir; (7) Yolluklu bitmiş ürün döküm çıkarılır

■ Kabuk kalıplamanın üstünlükleri:

- İnce Kum-Pürüzsüz kalıp boşluğu yüzeyi, erimiş metalin daha kolay akmasını ve daha iyi yüzey kalitesi sağlar
- Yüksek boyutsal doğruluk – genellikle talaş kaldırma gerekmez
- Kalıbın kolay esneyebilir/genleşebilir oluşu, dökümdeki çatlakları en aza indirir
- Seri üretim için mekanize edilebilir

■ Zayıflıkları:

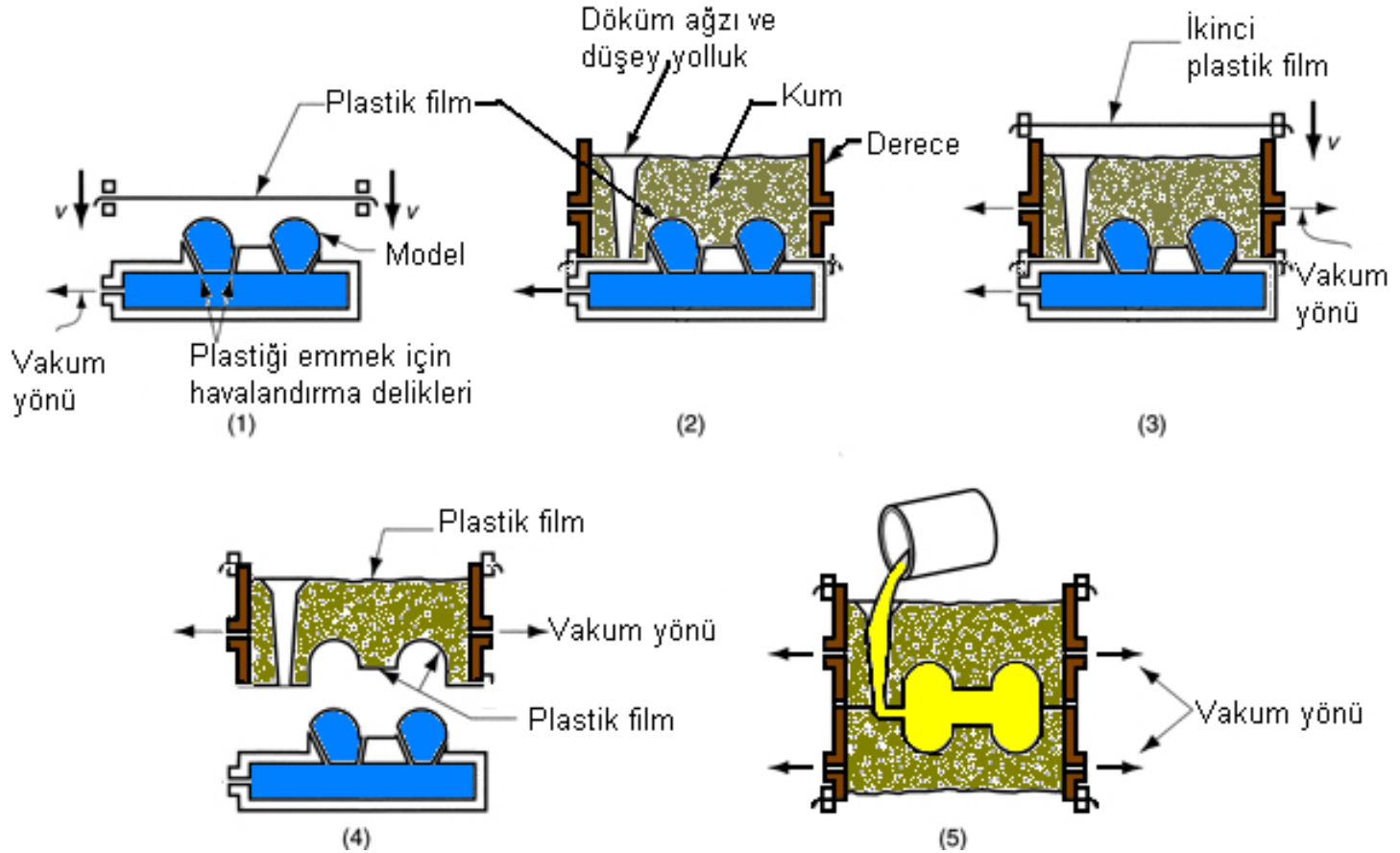
- Daha pahalı metal model ve bağlayıcı
- Az sayıda parça döküm için uygun değil
- Parça büyüklüğü sınırlı

Vakum Kalıplama

Kimyasal bağ yerine vakum basıncıyla bir arada tutulan kum kalıp kullanır.

- “*Vakum*” terimi, döküm işleminin kendisinden çok kalıp yapımı anlamındadır.
- 1970’lerde Japonya’da geliştirilmiştir.
- Bu kalıplama türünde bağlayıcı kullanılmaz.

Vakum Kalıplamada İşlem Aşamaları



Şekil 11.6. (1) Model yerleştirildikten sonra üzerine bir plastik film konur; (2) kum doldurulur; (3) en üste ikinci plastik film yerleştirilir; (4) iki plastik arasında vakum uygulanır; (5) alt ve üst kalıp yarıları aynı şekilde hazırlandıktan sonra birleştirilerek kalıp oluşturulur

■ Vakum kalıplamanın üstünlükleri:

- Bağlayıcı olmadığından, kum kolayca geri kazanılır, Kum, bağlayıcı kullanılan duruma göre mekanik yeniden şartlandırma gerektirmez
- Kuma su karıştırılmadığından, nemle ilgili hatalar oluşmaz
- İnce taneli kum ve folyo kullanımı sıvı metalin akıcılığı ile parça yüzey kalitesini olumlu etkiler
- Gürültüsü az, çevreyi kirletmeyen ve vakumdan dolayı gaz boşluğu oluşmayan bir döküm

■ Zayıflıkları:

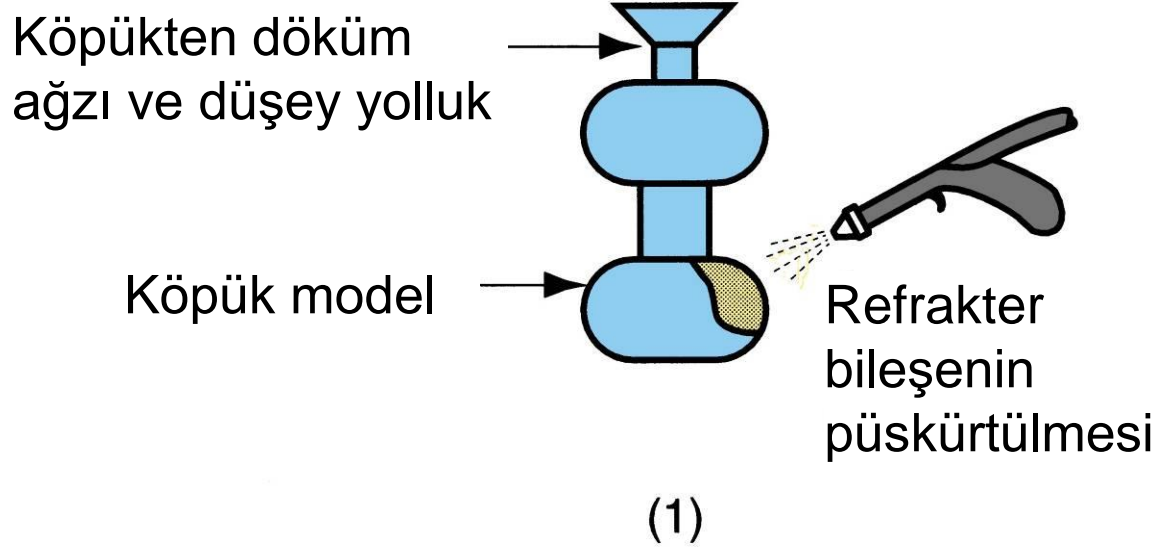
- Görece yavaş proses
- Mekanizasyona kolayca uyarlanamaz
- Parça boyutu sınırlı

Genleşen Polistiren Yöntemi (Kapalı Kalıp)

Erimiş metal kalıba döküldüğünde buharlaşan bir polistiren köpük model çevresine sıkıştırılmış kum kalıp kullanır.

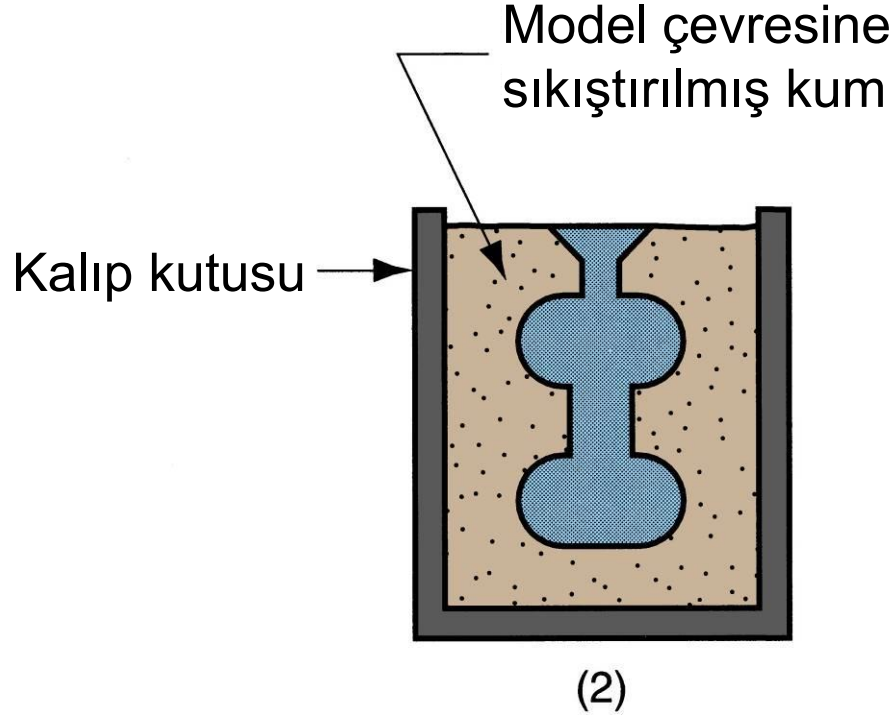
- Diğer isimleri; kayıp-köpük yöntemi, kayıp model yöntemi, buharlaşan köpük yöntemi ve dolu kalıba döküm yöntemi
- Polistiren köpük model, düşey ve yatay yolluklar, besleyiciler ve (gerekirse) iç maçalardan oluşur.
- Kalıbın alt ve üst derece kesitlerinin açılması gerekmez.
- Daha serbest parça dizaynı
- Karmaşık model hem büyük hem küçük parça
- Az sayıda büyük parça dökümüne uygundur.

Genleşen Polistiren Yöntemi



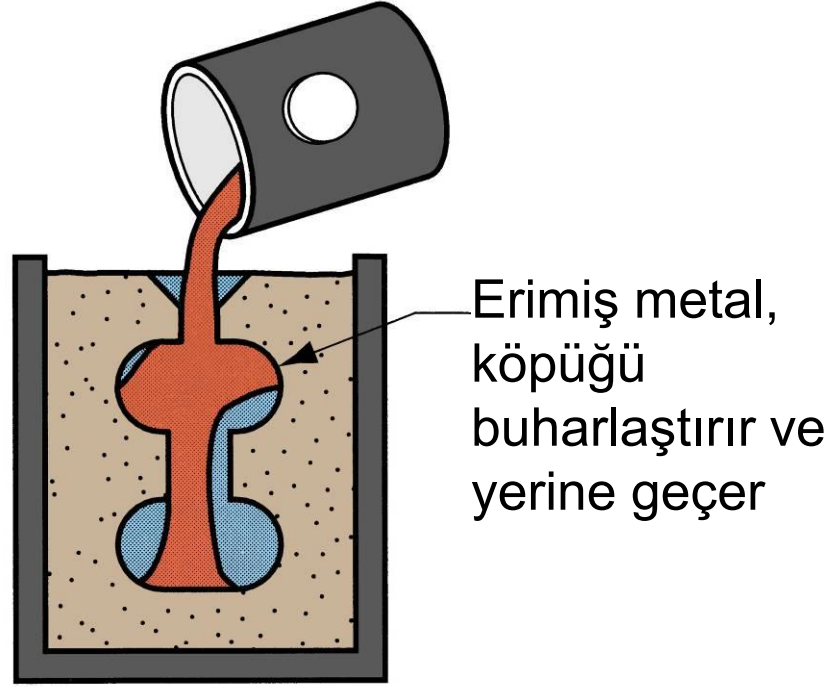
Şekil 11.7. Genleşen polistiren döküm yöntemi: (1) polistiren model, refrakter bileşenle kaplanır;

Genleşen Polistiren Yöntemi



Şekil 11.7. Genleşen polistiren döküm yöntemi: (2) köpük model bir kalıp kutusuna yerleştirilir ve modelin çevresine kum sıkıştırılır

Genleşen Polistiren Yöntemi



Şekil 11.7. Genleşen polistiren yöntemi: (3) erimiş metal, modelin döküm ağızı ve düşey yolluğu oluşturan kısmına dökülür. Metal kalıba girdikçe, ilerleyen sıvının önündeki polistiren köpük buharlaşır, böylece kalıp boşluğu dolar.

- Genleşen polistiren yönteminin üstünlükleri:
 - Modelin kalıptan çıkarılması gerekmez.
 - Geleneksel yaş kum kalıptaki gibi iki yarı kalıp gerekmediğinden, kalıp yapımı basitleşir ve hızlanır.

- Zayıflıkları:
 - Her döküm için yeni bir model gerekir.
 - Yöntemin ekonomikliği, büyük oranda model yapım maliyetine bağlıdır.

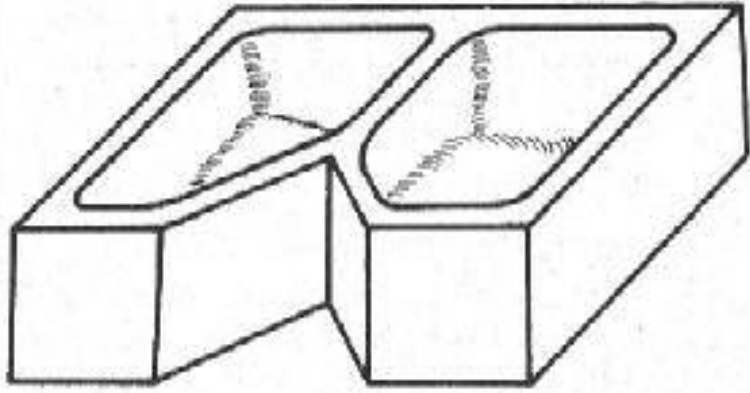
- Genleşen Polistiren Yönteminin Uygulamaları:
 - Otomobil motorlarının dökümünde seri üretim
 - Otomatikleştirilmiş ve entegre edilmiş imalat sistemlerinin kullanımında:
 1. Polistiren köpük numuneler kalıplanır ve daha sonra
 2. İlerleyen döküm işlemine doğru beslenir

2. Model Yapımı

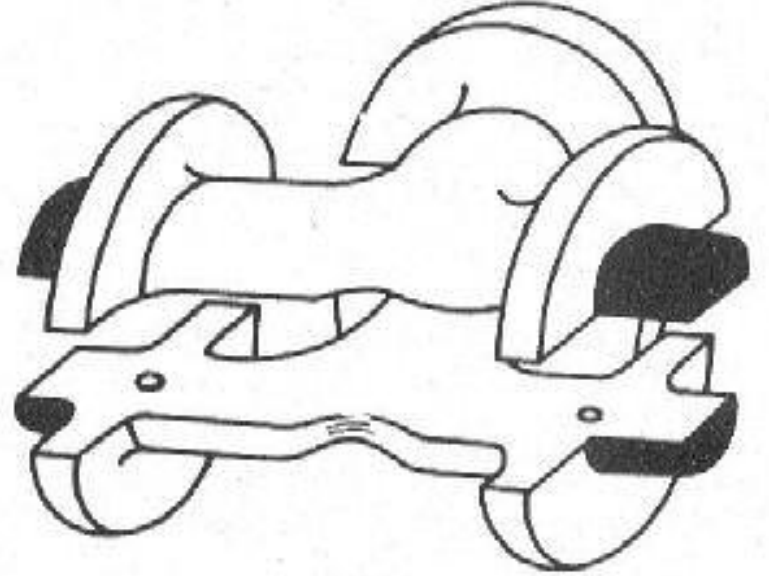
Model, dökülecek şeklin genellikle tahtadan bazı durumlarda metalden veya uygun bir malzemedен hazırlanmış kopyasıdır.

Modeller genellikle şu şekilde yapılırlar;

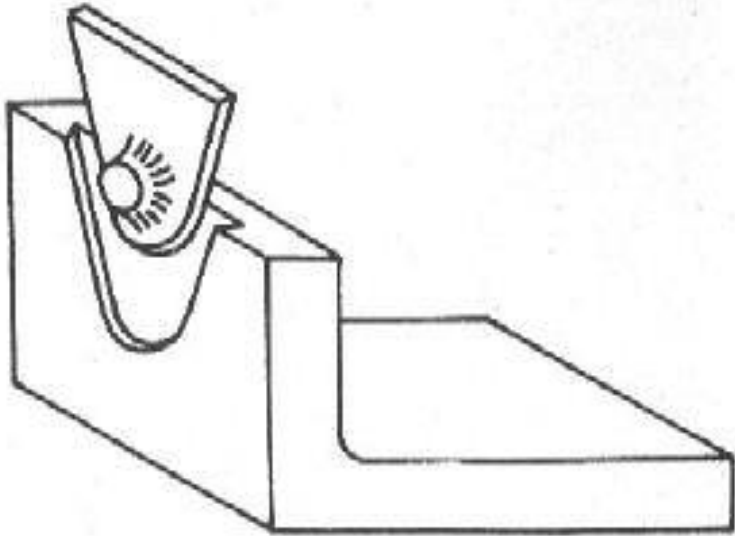
- Tek parçalı modeller
- İki ve daha çok parçalı modeller
- Eğreti parçalı modeller
- Plak modeller
- Tersinir (simetrik) plak modeller



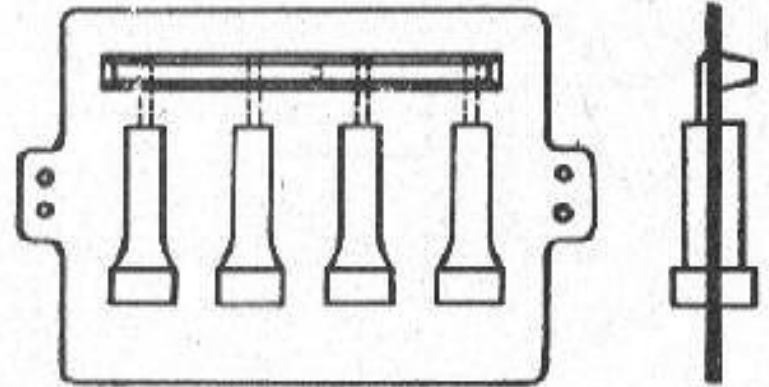
Tek parça model



İki parçalı model



Eğretli parçalı model



Çift taraflı plâkmodel

Model Yapımında Gözönüne Alınacak Hususlar

a) İşleme Payı : Dökümden sonra elde edilen yüzeylerin istenen yüzey düzgünlüğünde olması için talaşlı işleme yapılır. Bu nedenle işlenecek yüzeylere işleme payı bırakılır.

İşleme payı dökülecek malzeme cinsi ve parça boyutuna göre değişir. Örneğin çelikte dökme demire göre daha fazla, büyük parçalarda da küçük parçalara göre daha büyük işleme payı bırakılır.

b) Çekme Payı : Metalik malzemelerin dökümü ergimiş halde yapıldığından katılaştıklarında kendilerini çekmeleri (hacimlerinin küçülmesi) sebebiyle model yapılırken esas parçadan bir miktar büyük olarak yapılır.

Model boyutları ve kesit kalınlıkları arttıkça çekme miktarları azalmaktadır.

Çekme payının hesaplanmasında özel cetveller kullanılır.

Örneğin kır dökme demir için 101 cm'lik sarı cetvel hazırlanıp 100'e bölünür.

Bazı malzemelerin çekme payları;

Kır dökme demir : %1

Dökme çelik : %2

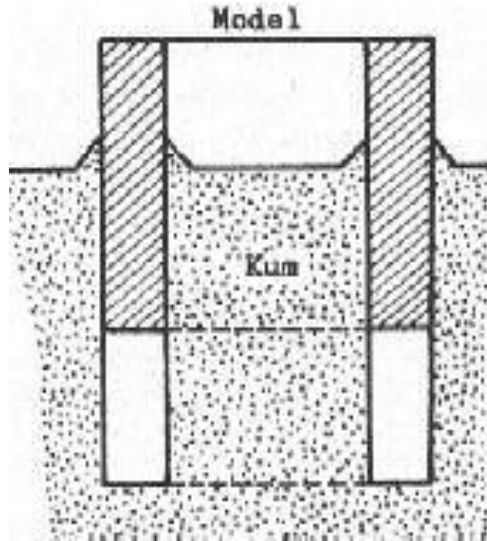
Saf alüminyum : %1,8

Pirinç : %1,1 - 1,7

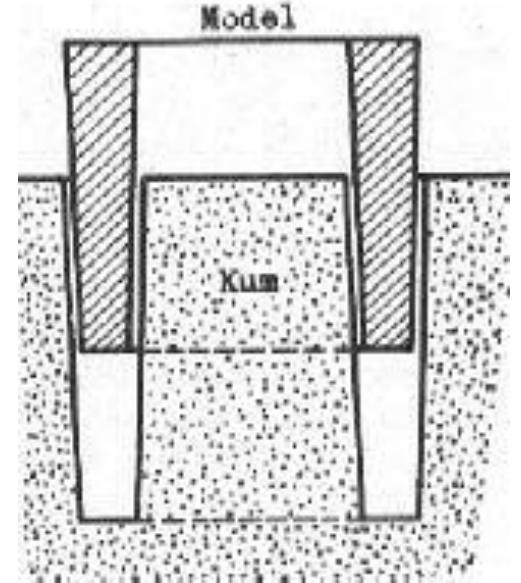
Bronz : %1,4

Magnezyum : %1,3

c) Model Konikliği : Kenarları dik modelin sıkışmış kum kalıptan çıkarılması zordur. Kalıba zarar vermeden modeli çıkarabilmek için dik yüzeylere belirli bir koniklik verilir.



Koniklik miktarı dış yüzeylerde %1-2, iç deliklerde %6 civarındadır.



d) Çarpılma payı: Soğuma sırasında metalin çekmesinden kaynaklanan çarpılmaları önlemek için çarpılma payı verilir.

3. Döküm Kumu

Kalıp kumları silis (kum), kil, su ve yabancı maddelerden meydana gelir.

Silis: Kalıp kumunun ana maddesidir. %50-95 oranında katılır. Silis çok serttir ve yüksek sıcaklıklara (1700 °C) dayanıklıdır. Şekli yuvarlak, köşeli veya yarı köşeli olabilir. Tutuculuk özelliği yoktur, bir tür akışkan sayılabilir.

Kil: Kil içinde su bulunan bir alüminyum silikattır ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Saf iken rengi beyazdır. Isıya karşı dayanımı yüksektir. Kil su alınca yapışkan bir hal alarak kum tanelerini birbirine kenetler. Kalıp kumuna şekil alma özelliği verir. %2-50 oranında katılır. Kalıp kumundaki kil 1000-1400 °C arasında yumuşar.

Su: Kalıp kumu rutubetsiz veya çok az rutubetli olunca kuru halde görülür. Bu durumdaki kil bağlayıcılık özelliği gösteremez. Bunun için döküm kumlarına %2-8 arasında su katılır. Fazla miktarda su katılırsa kalıbın mukavetini azaltır.

Diğer maddeler: Kalıp kumunun özelliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli oksitler ve organik maddeler de katılabilir; mısır unu, öğütülmüş zift, yumuşak kömür tozu, talaş, silis tozu, demir oksit gibi.

Kalıp Kumu Özellikleri

Döküm işleminin emniyetli bir şekilde yapılabilmesi ve elde edilecek iş parçasının arzu edilen nitelikte olması için kalıplama kumunun şu özelliklere sahip olması istenir:

a) Mukavemet: Kalıp kumu ihtiva ettiği nem miktarına göre ya, kuru veya cidarları kurutulmuş kalıp ismini alır.

Kalıp kumunun yaş, kuru ve sıcak mukavemete sahip olması arzu edilir.

Kalıp kumunun 150 °C'n üzerinde metal basıncı ile büyümemesi, sıcaklığın etkisi ile çatlayıp kırılmaması gerekir (kuru mukavemet).

b) Plastiklik: Şekil alma ve aldığı şekli koruma kabiliyetidir. Kalıp kumunun plastikliği bünyesinde mevcut kil ve su miktarına göre değişir.

c) Gaz geçirme kabiliyeti: Döküm sırasında meydana gelen gazların kolayca kalıbı terk etmeleri gerekir. Aksi takdirde dökülen parçanın içinde veya yüzeyinde boşluklar meydana gelir.

d) Ateşe dayanıklılık: Kalıbın sıcak metalle temas sırasında çatlamaması ve ergiyip parçaya yapışmaması lazımdır.

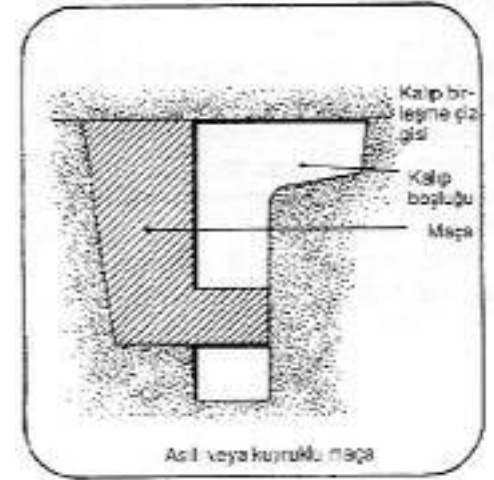
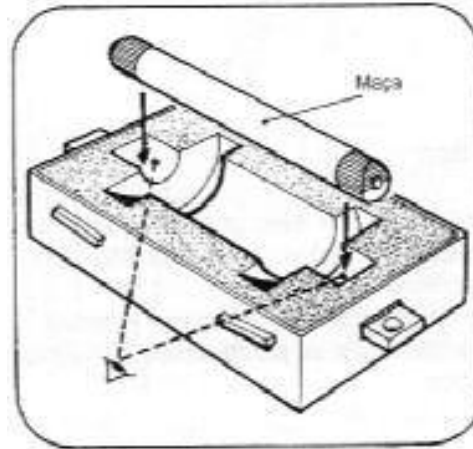
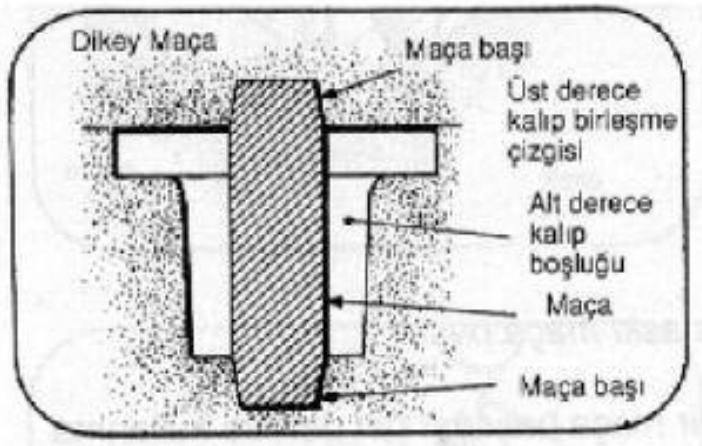
e) Tekrar kullanılabilme: Kolay bir şekilde ergiyip topraklanmaya yol açmamalı ve çatlayıp ufalanmamalıdır.

f) Ucuz olma: Kalıp hazırlama masraflarının yüksek olmaması için kumun kolay ve ucuz şekilde temin edilebilmesi gerekir.

4. Maça

Dökülecek parçanın boş veya delik çıkması istenen kısımları için uygun ölçülerde hazırlanarak kalıba konan kum kütlesine maça denir.

Maça yapımında doğal kalıp kumu veya yıkanmış silis kumu kullanılır. Maça kumlarının hazırlanmasında kalıp kumlarındaki katkı maddeleri ile özel bağlayıcılar kullanılır.



Maça kumlarında aranan özellikler, kalıp kumlarındaki özelliklerin benzeridir.

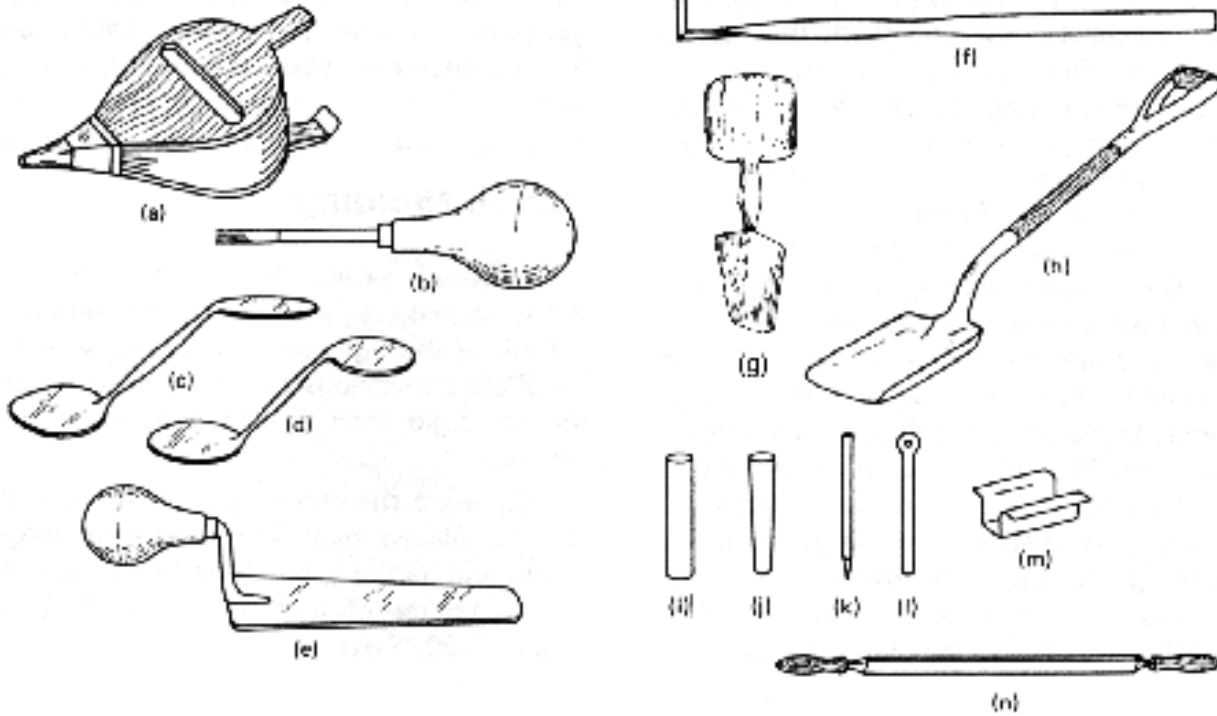
**MODEL VE MAÇA SANDIKLARININ BOYANMASINDA
KULLANILAN BOYA STANDARTI (DIN 5381)**

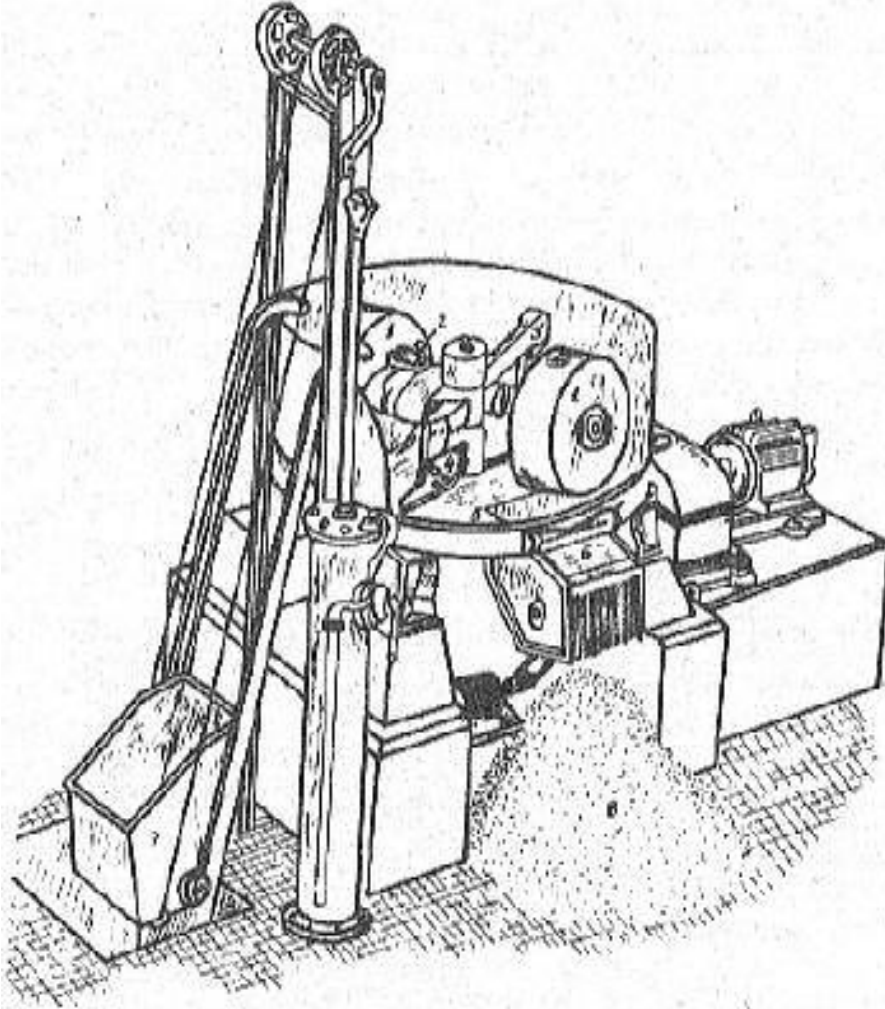
TABLO 4.1

Boyanaacak yüzey veya kısımlar	Esmer dökme demir	Çelik döküm	Temper döküm	Ağır alaşım dökümü	Hafif alaşım dökümü
Döküm kısmı işlenmeden kalan yüzeylerin model ve maça sandıklarındaki temel renk	Kırmızı	Mavi	Gri	Sarı	Yeşil
İşlenecek yüzeyler	Sarı çizgi	Sarı çizgi	Sarı çizgi	Kırmızı çizgi	Sarı çizgi
Modelden veya maça sandığından sökülebilir parçaların civata ve geçme yerleri	Siyah daire içine alınır veya ufak parçaların bağlandığı yüzeyler «yeşil»				
Soğutucu kullanılacak kısımlar	Mavi	Kırmızı	Kırmızı	Mavi	Mavi
Maçabaşları	Siyah				
	Boşluk bırakılacak kısımlar özel hallerde				

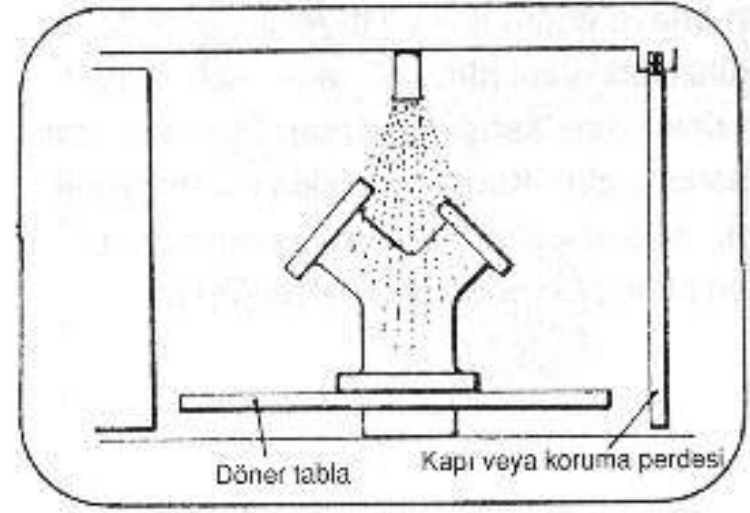
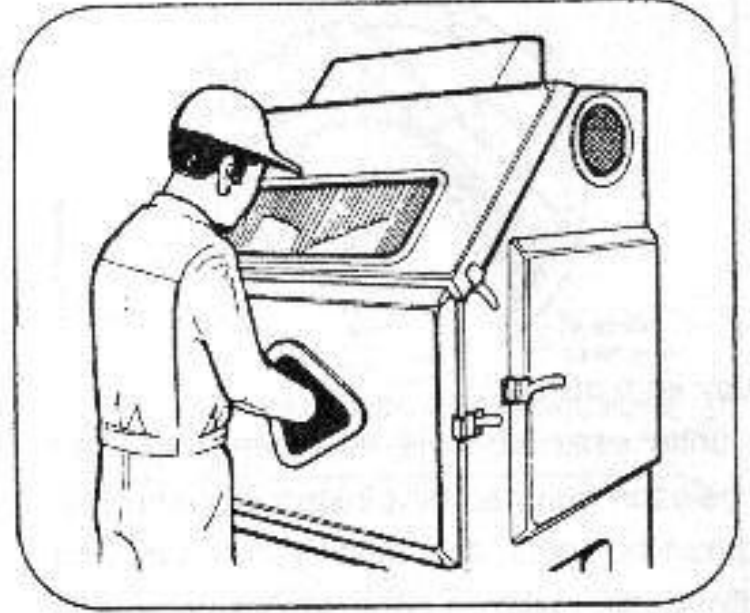
5. Mekanik Teçhizat

Dökümcülükte kullanılan bazı el aletleri şunlardır; el körüğü, düz spatül, çeşitli malalar, yolluk bıçakları, kaşık takımları, şiş ve kancalar, vs.





Kum karıştırma ve tavlama makinesi (koller)

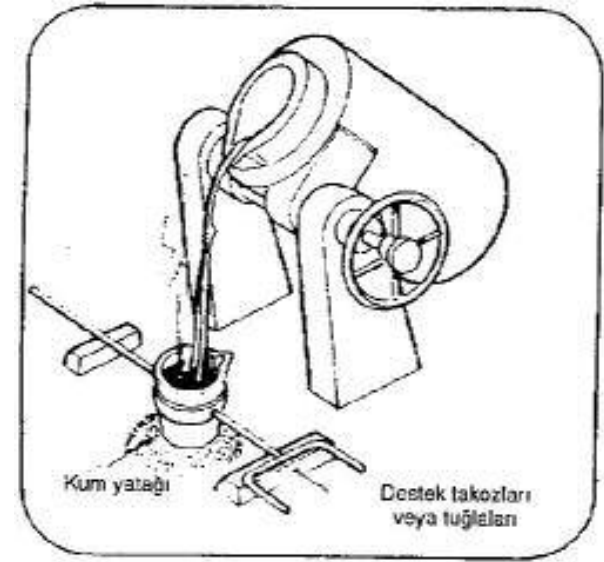
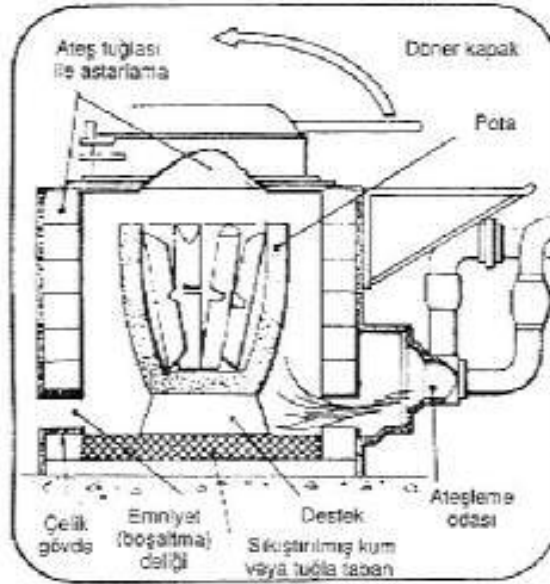
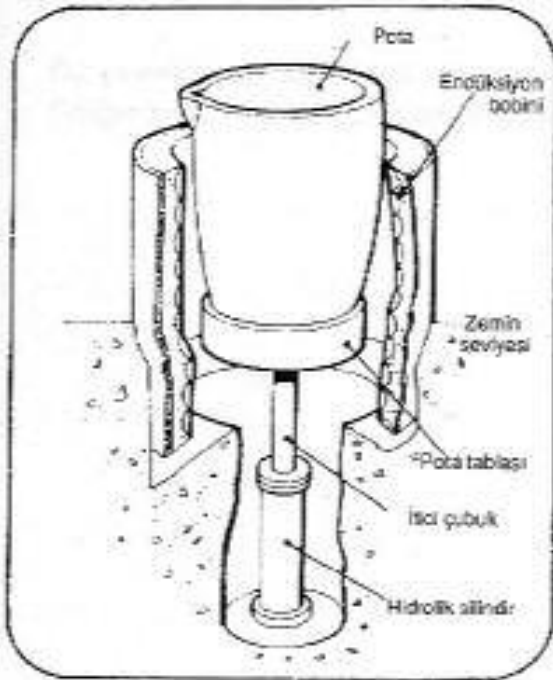


Döner tabla

Kapı veya koruma perdesi

6. Metal Ergitme

Metallerin ergitilmesi amacıyla çok çeşitli ocaklar kullanılır. Kullanılan ocak tipi, ergitilecek metalin özelliklerine bağlı olarak belirlenir.



HASSAS DÖKÜM YÖNTEMİ

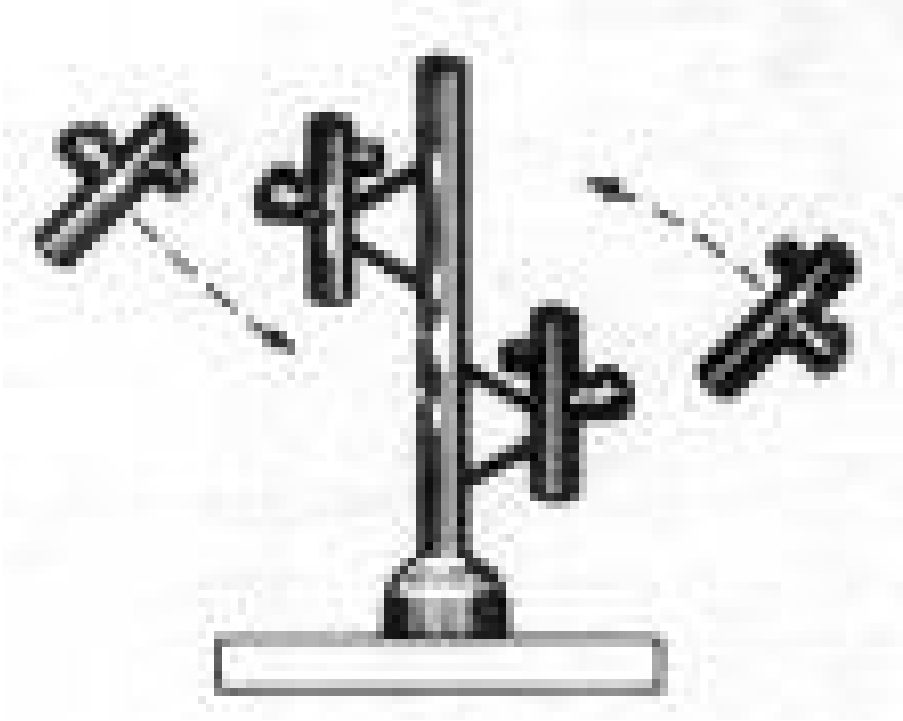
- Son derece karışık parçalar temiz ve tam bir şekilde elde edilebilir.
- Özellikle talaş kaldırılarak işlenmesi veya dövülebilmesi mümkün olmayan alaşımlardan yapılacak hassas parçalar bu yöntemle imal edilir.
- Son derece karışık şekilli parçaların dökümü kolaylıkla yapılabilir. Çünkü bu usulde koniklik verme mecburiyeti yoktur.
- Bu yöntemde en önemli husus dökülecek metalin karakterine uygun seramik malzeme ve bağlayıcının seçimidir.

**Hassas dökümle üretilmiş
parçalar**



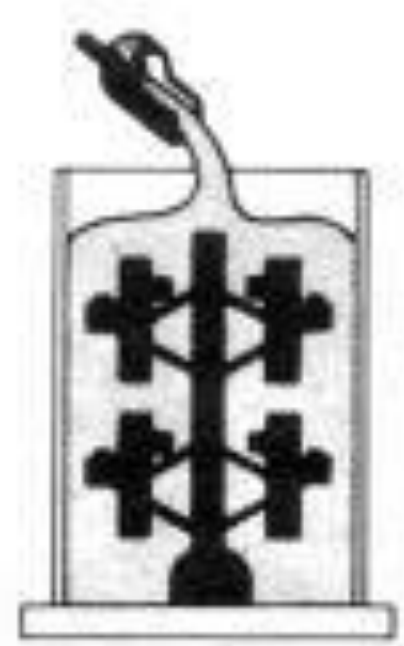
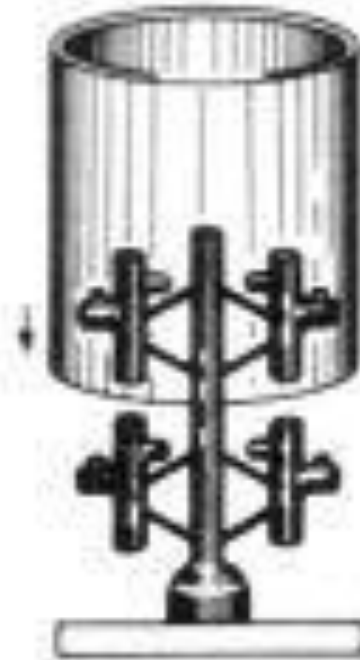
İşlem Basamakları

- Dökülecek parçanın mumdan bir modeli yapılır.
- Bu model üzerine yolluk ve çıkıcılar yerleştirilir.



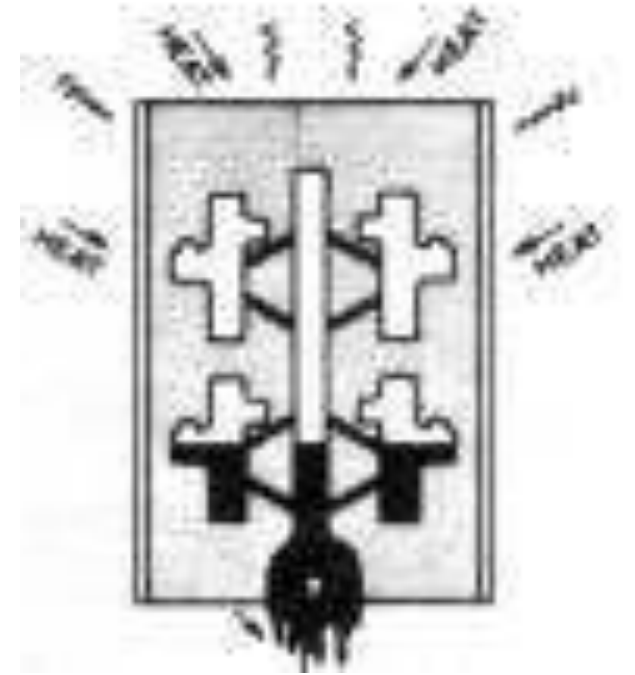
Hassas Döküm (Devam)

- Daha sonra bu model sıvı haldeki seramik malzeme içerisine yerleştirilir ve seramik malzemenin model etrafında kabuk teşkil edecek şekilde katılaşması sağlanır.



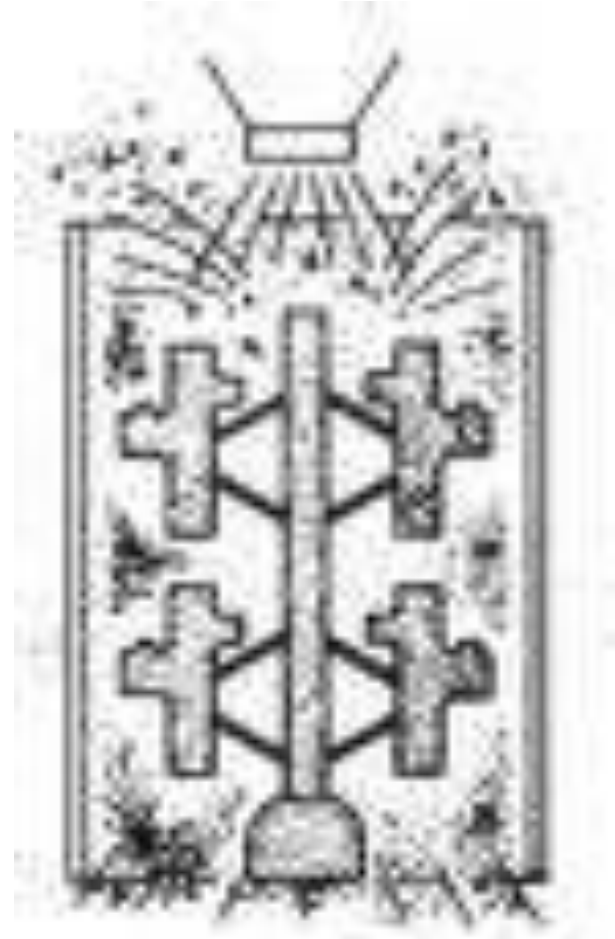
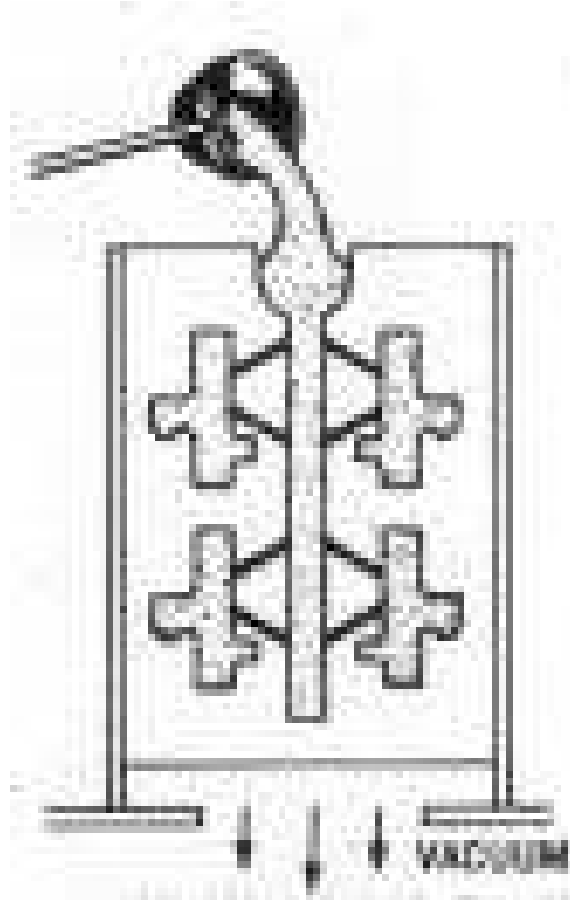
Hassas Döküm (Devam)

- İçinde mum model bulunan seramik kalıp ısıtılır.
- Böylece mum eriyerek dışarı akar ve seramik içerisinde dökülecek parçanın şeklinde bir boşluk elde edilmiş olur.



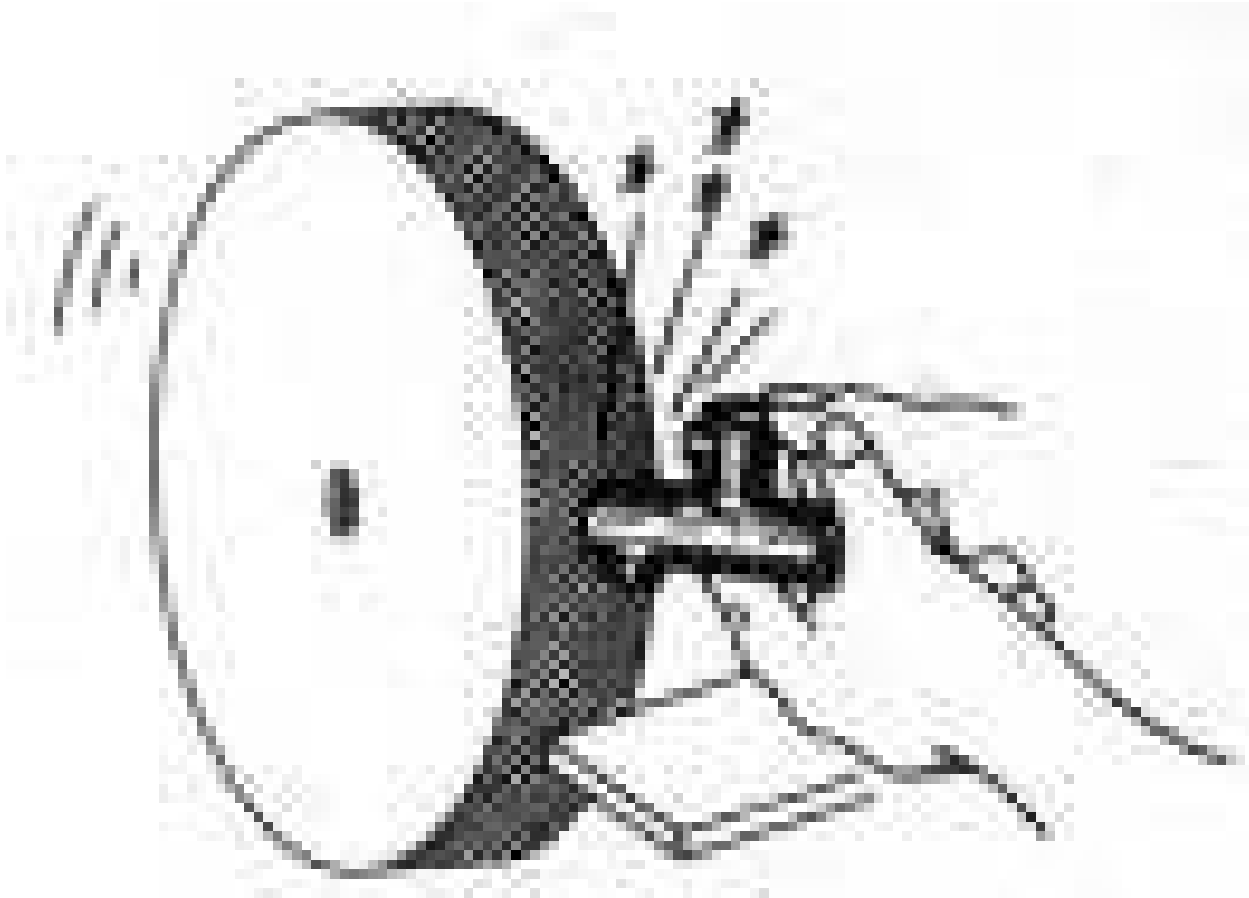
Hassas Döküm (Devam)

- Ergitilmiş metal bu boşluğa dökülür ve katılaşmadan sonra seramik kalıp kırılarak parça çıkartılır.



Hassas Döküm (Devam)

- Sonra parça üzerindeki yolluk ve çıkıcılar kesilerek temizlenir.



Örnek bir hassas döküm fabrikası

- ❑ Mum model parçalar kontrolden geçirilip monte edilerek daha karmaşık modeller oluşturuluyor: Hassas döküm sektöründe sıkça karşılaşılan karmaşık mum modelleri bir seferde bir enjeksiyon kalıbıyla üretmenin zorluğu veya imkansızlığı sebebiyle iki veya daha fazla mum model parçası ayrı enjeksiyon kalıplarında imal edilir ve manuel olarak birleştirilir.



Örnek bir hassas döküm fabrikası (Devam)

- ❑ Tam otomatik kabuk üretim hattında robot yardımıyla mum model üzerine ince seramik kaplanıyor.
- ❑ Kabuğu sağlamlaştırmak için daha kalın seramik (kum) kaplanıyor.



Örnek bir hassas döküm fabrikası (devam)

- ❑ Kabuk oluşturma işlemlerinin ara safhalarında nem ve sıcaklık kontrollü ortamda kabuklar kurutulurken.
- ❑ Seramik kabukların kür edildiği tünel fırın.(sağda)



Hassas Döküm (Devam)



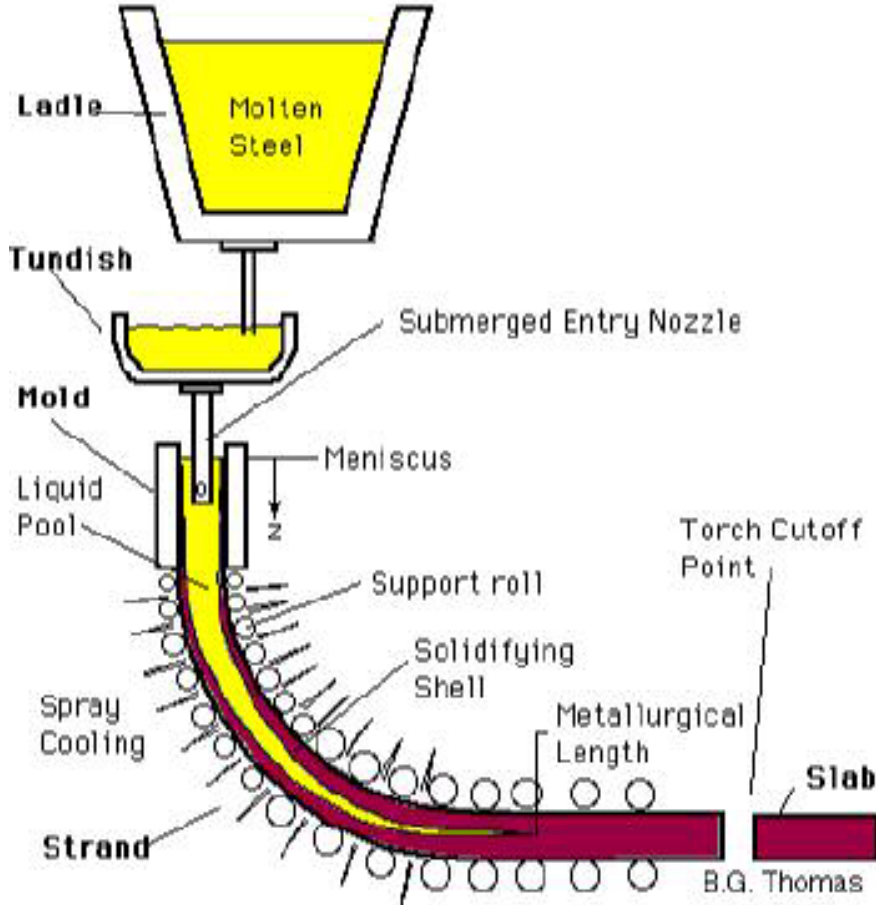
1- Oto inşa teknolojisiyle (SLA) üretilmiş **master model**

2- Master model ile yapılan silikon kalıba dökülerek üretilmiş 2.5kg'lık **mum döküm modeli**

3- Mum model kullanılarak **dökülmüş 7.2kg'lık alüminyum krank gövdesi**. Burada, mum model üzerine döküm öncesi yerleştirilmiş döküm ve havalandırma kanalları da açıkça görülmekte.

SÜREKLİ DÖKÜM YÖNTEMİ

The Continuous Casting Process



Sürekli döküm, ergimiş metalin su ile soğutulan, iki ucu açık bir kalıptan geçirilerek Katı hale dönüştürülmesi yöntemidir.

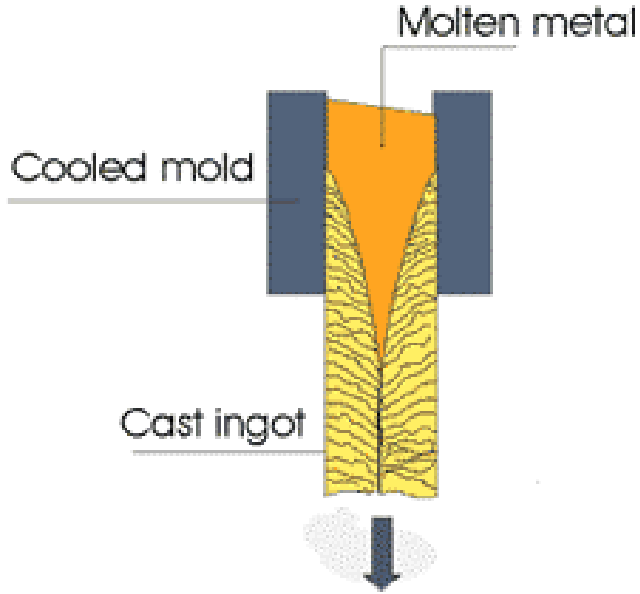
Genellikle şekilsiz veya az şekilli uzun parçaların dökümü yapılır.



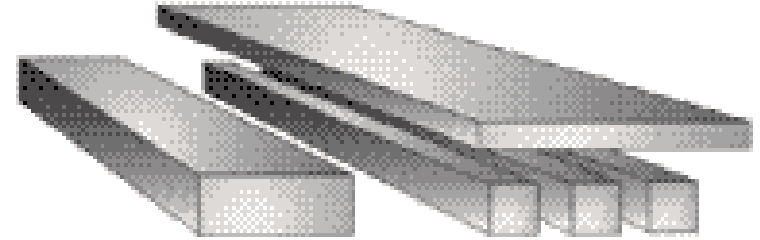
Sürekli Döküm (Devam)

Daha çok düşük ergime sıcaklıklı malzemeler ve bakır alaşımlarına tatbik edilir.

Conventional Casting Process



SLAB. Up to 3000 mm wide and up to 320 mm thick



BLOOM. Up to around 500 mm either square or rectangular

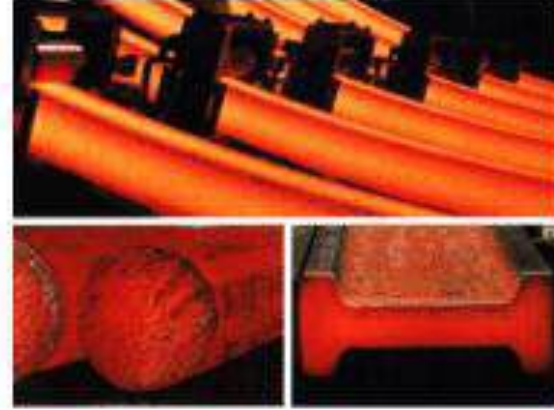
BILLET. Up to 180 mm square

Sürekli Döküm (Devam)

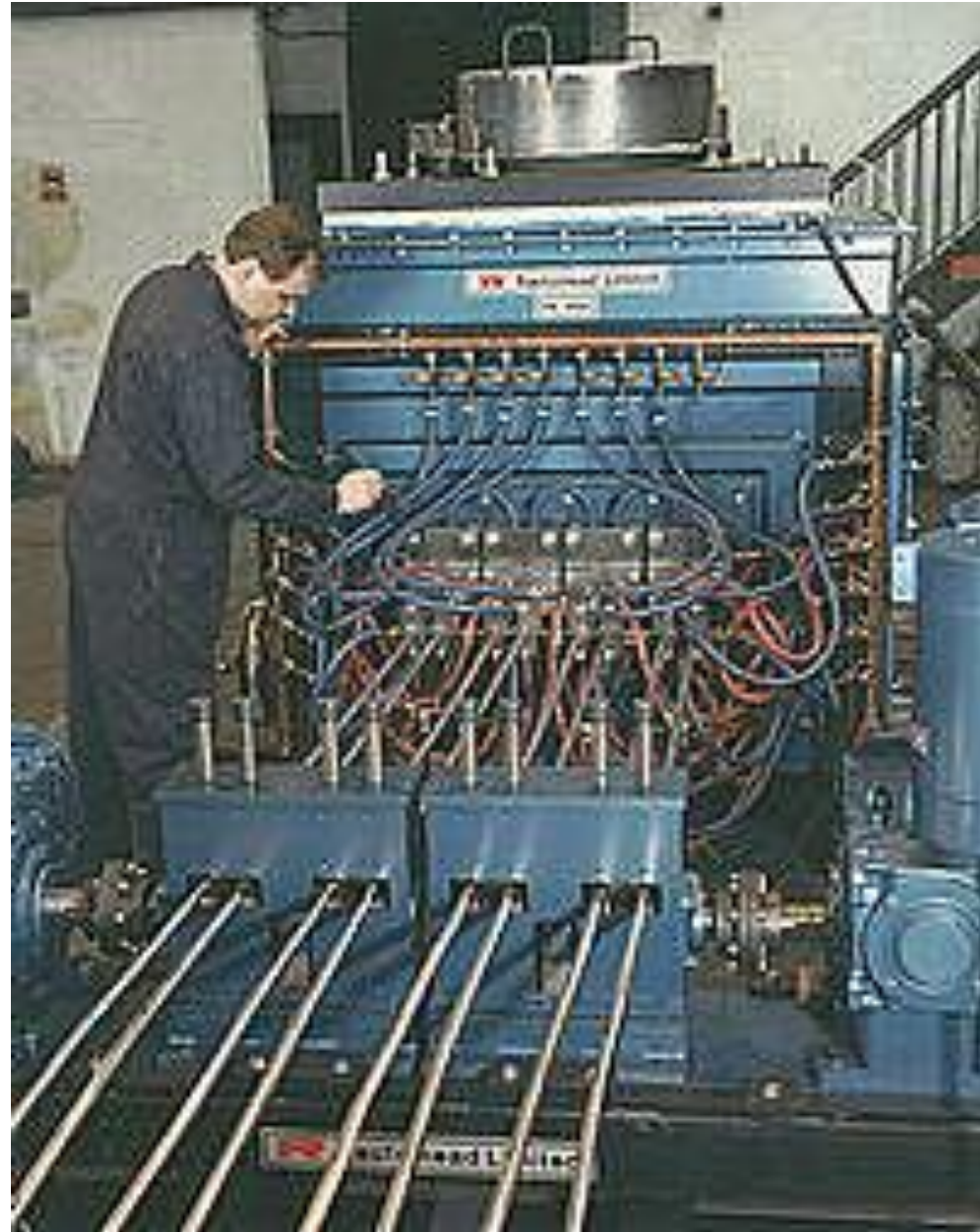
Sürekli dökümün üstünlükleri;

1. Düzgün olmayan teşeküller ve bozulmalar önlenir,
2. Randıman %100'dür,
3. İngotlara göre daha düzgün yüzey elde edilir,
4. Segregasyonların azalması sebebi ile yüksek kalitede malzeme elde edilir,
5. Soğutma hızı kontrol edilerek tane büyüklüğü ve yapının ayarlanma imkanı vardır.
6. İşlem ekonomiktir.

Sürekli Döküm (Devam)

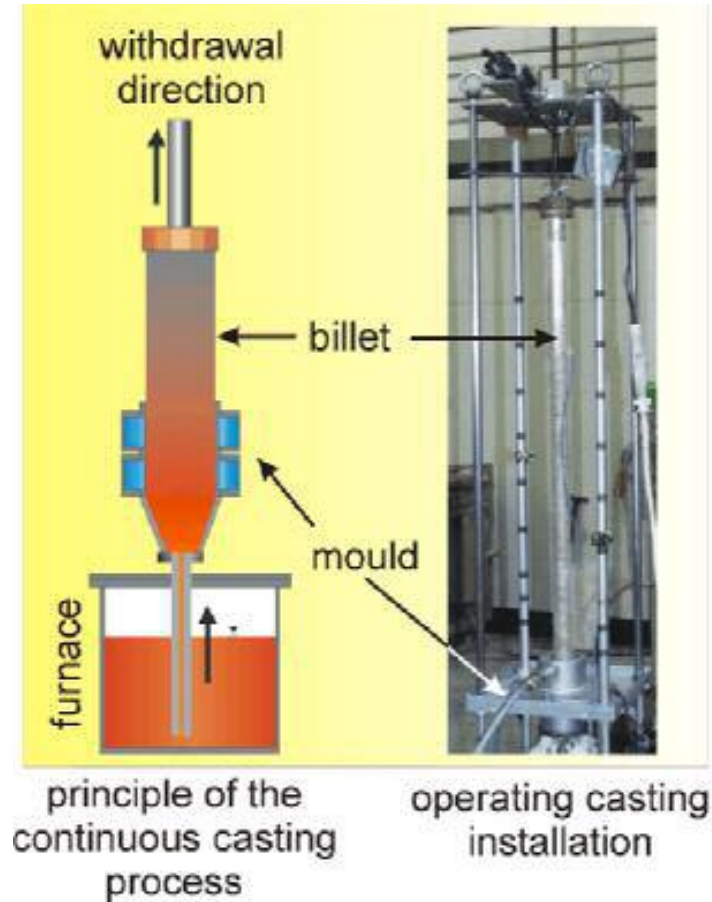
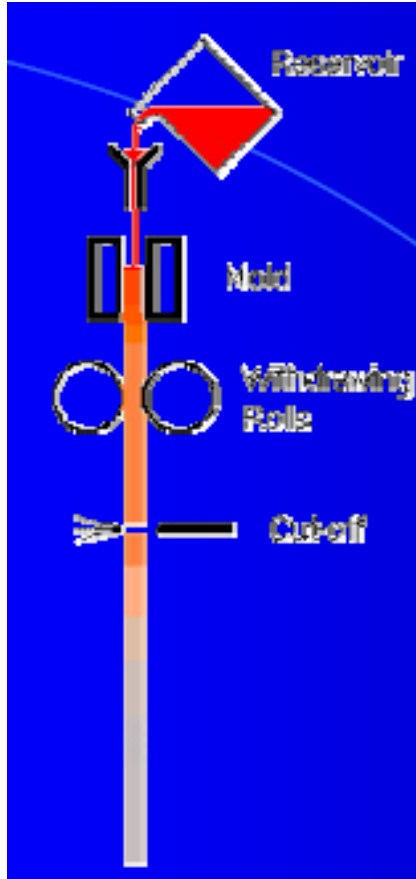


Sürekli Döküm (Devam)



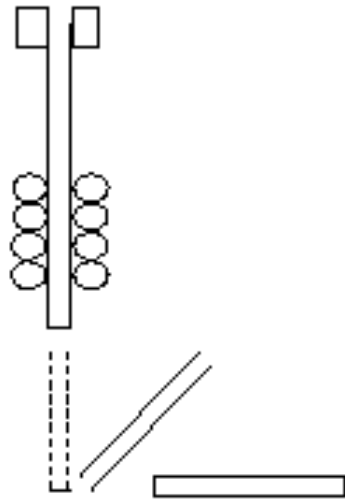
Sürekli Döküm (Devam)

Sürekli döküm düşey yönde olduğu gibi dikey doğrultuda da uygulanmaktadır.

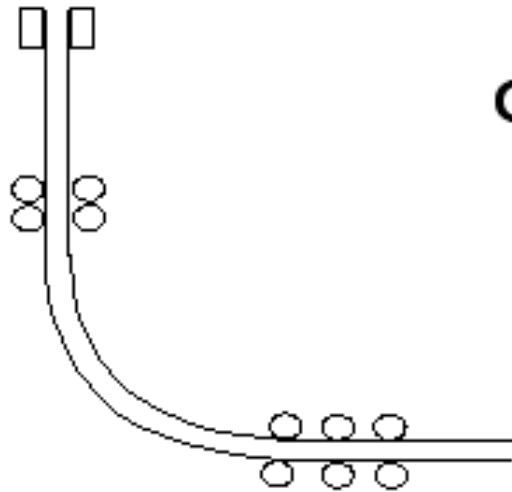


Sürekli Döküm (Devam)

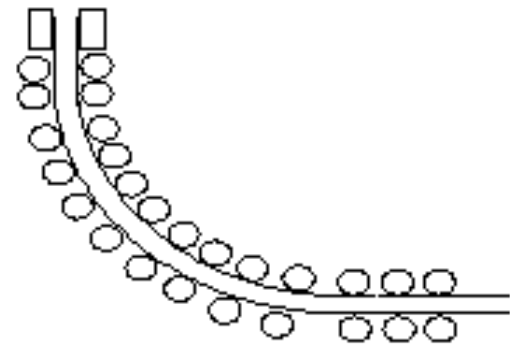
Vertical



Vertical with Bending



Curve Type

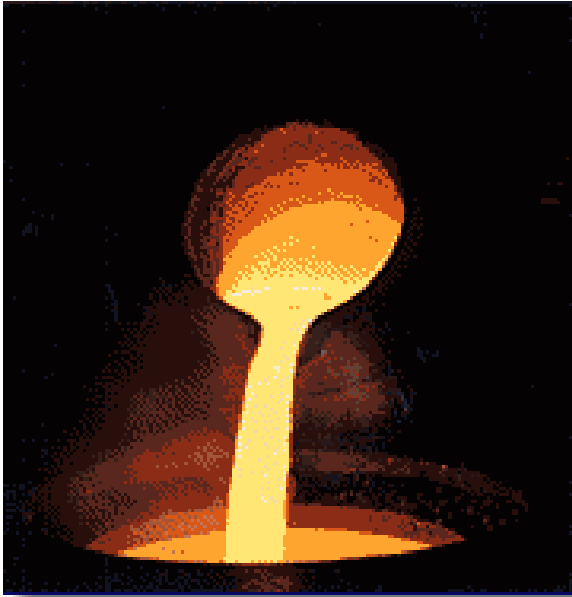


Sürekli Döküm (Devam)



SAVURMA (MERKEZKAÇ) DÖKÜM

Savurma döküm sayesinde boru, halka gibi dönel şekilli parçalar maçasız olarak dökülebilir.

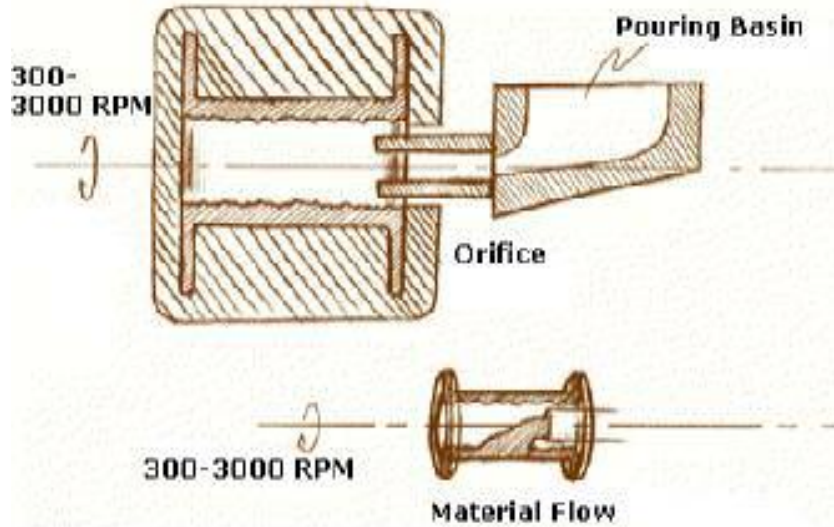


Savurma Döküm (Devam)

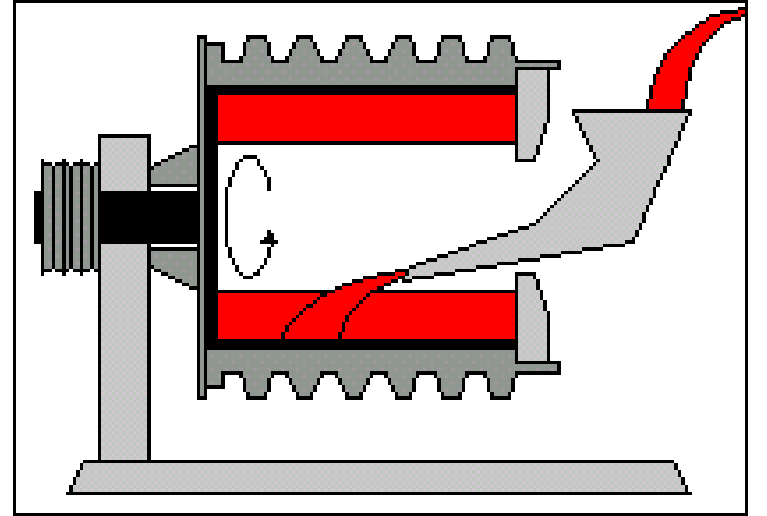
Savurma döküm yönteminde ergimiş malzeme dönel bir hareket ile şekillendirilir.

Döküm kalıpları, metalden veya kalıp kumundan yapılabilir.

Yatay eksenli veya düşey eksenli olarak uygulanmaktadır.



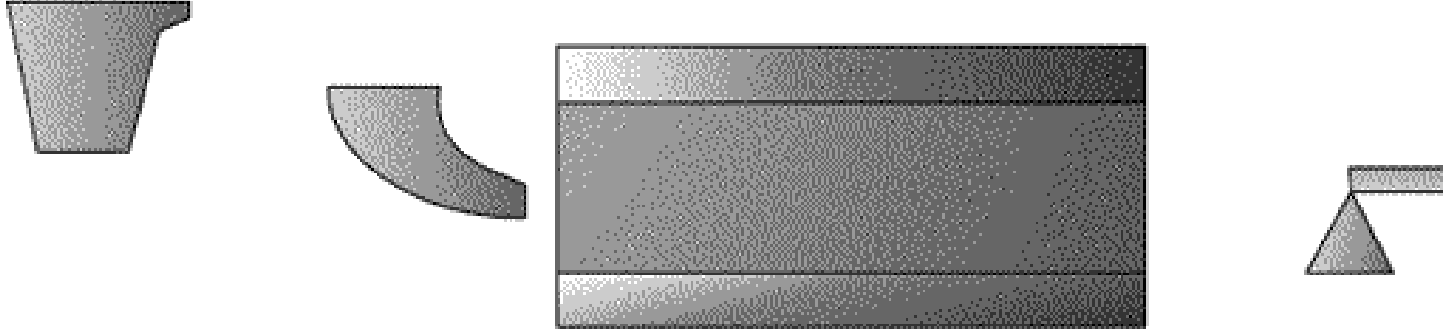
CENTRIFUGAL CASTING



Savurma Döküm (Devam)

Döküm esnasında merkezkaç kuvvetin tesiri ile gazlar sıvı haldeki malzemedan kolayca atılır ve hatasız, yüksek mukavemetli bir döküm elde edilir.

Automatic Mold Coating



Savurma Döküm (Devam)

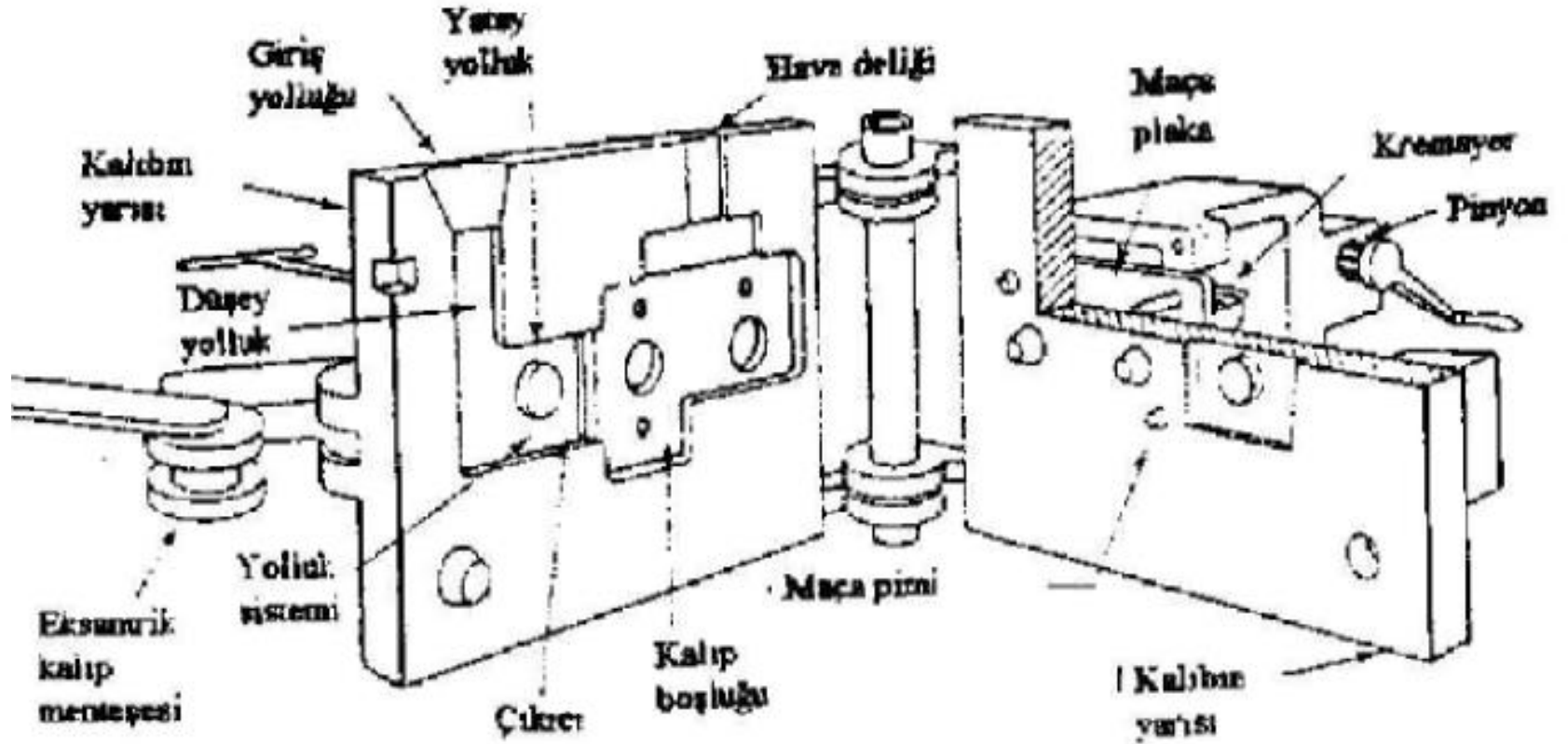
- Merkez kaç kuvvetin gaz giderici ve temizleyici tesiri, devir sayısı arttıkça büyür.
- Gazlar ve özgül ağırlıklar ergitilen malzemedен küçük olan yabancı maddeler, eksene doğru hareket ederler.
- Maçaya gerek olmaması bu yöntemin son zamanlarda boru imalatında kullanımını arttırmıştır.
- Örnek bir kalıp malzemesi; Isıya dayanıklı Molibden çelikten yapılmış bir kalıbın içerisi ateşe dayanıklı bir malzeme ile astarlanmıştır.



KOKİL (KALICI KALIP) DÖKÜM YÖNTEMİ

- Kalıp malzemesi olarak çelik veya dökme demirin kullanıldığı döküm yöntemine kokil döküm adı verilir.
- “Metalsal kalıba döküm” olarak da bilinir.
- Kalıp maliyeti yüksektir.
- Metal kalıplarda binlerce parça dökülebildiği için ekonomik olmaktadır.

El ile çalışan kokil döküm sistemi



Kokil Döküm (Devam)

Kum döküm ile kokil döküm mukayese edildiğinde kokil döküm parçalarının aşağıdaki **üstünlüklere** sahip olduğu görülür;

- İş parçasının yüzeyi daha düzgün olup talaş kaldırmayı dahi gerektirmez.
- Mekanik özellikler daha yüksektir.
- Boyutları daha hassas parçalar elde edilebilir.
- Karmak şekilli parçalar daha kolay dökülebilir.
- Temizleme masrafı daha azdır.

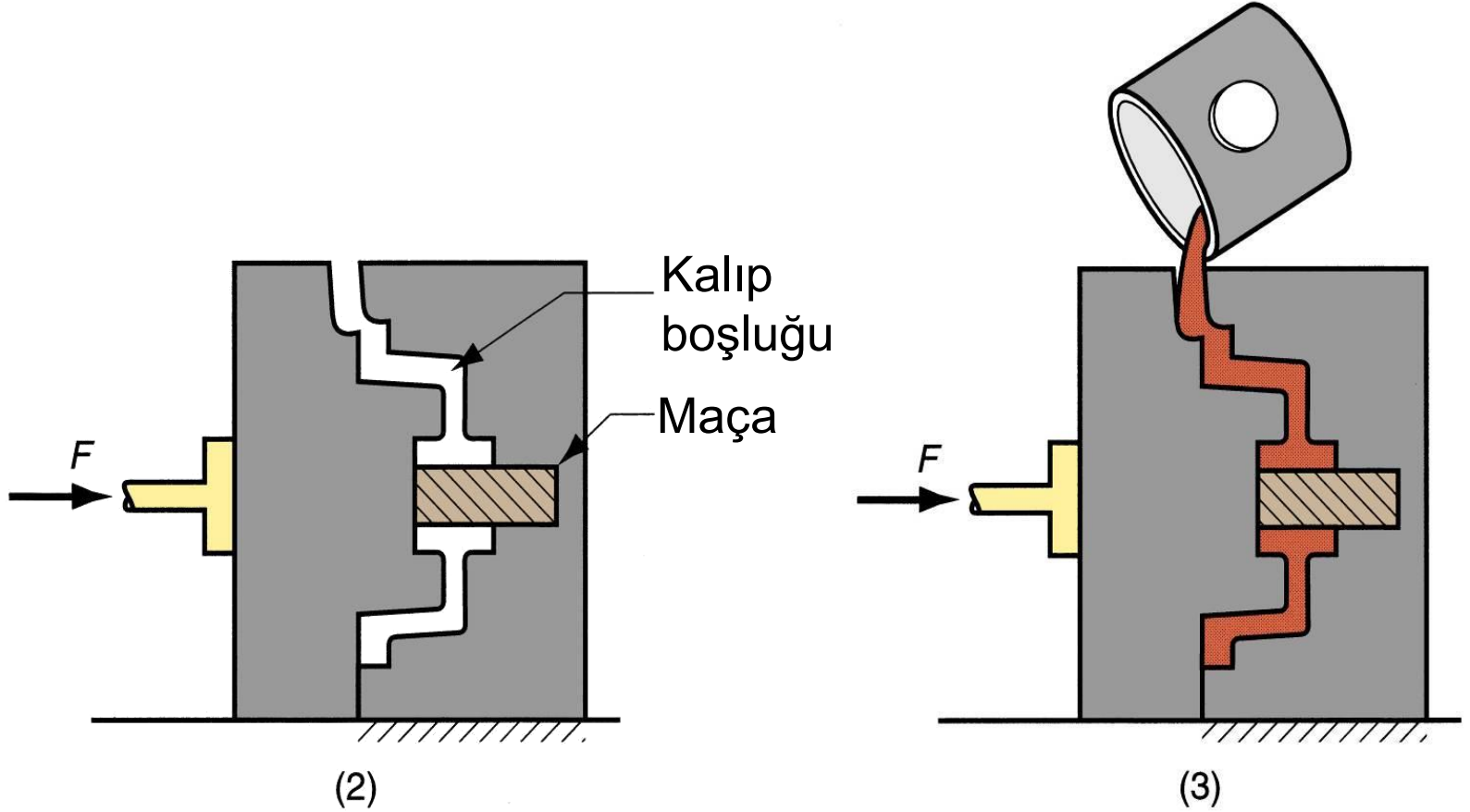
Kokil dökümün yukarıdaki üstünlüklerine rağmen kokil dökümün uygulamasını engelleyen bazı **sınırlamalar** şunlardır;

1. Kokil döküm genellikle çok ufak boyutlu parçalara tatbik edilir.
2. Bütün alaşımlar dökülemez. Alüminyum, bakır, magnezyum, çinko esaslı alaşımlar ile dökme demir dökülebilir.
3. Az sayıda parça için çok pahalıdır.
4. Kalıptan çıkarma zorlukları sebebiyle bazı parçaların dökümü imkansızdır.

Kokil Döküm (Devam)

- Metal kalıba dökümde kalıpların açılıp kapatılması el ile veya hidrolik mekanizmalarla olabilir.
- Döküm sıcaklığı ve parça ağırlığı arttıkça el ile çalışmak zorlaşır. Bu durumda işlemlerin mekanik tertibatlarla yapılması gerekir.

Kokil Kalıba Döküm Aşamaları



Şekil 11.10. Kokil kalıba dökümde aşamalar: (2) maçalar (kullanılıyorsa) yerleştirilir ve kalıp kapatılır, (3) erimiş metal, içinde katılaşıcağı kalıba dökülür.

- Kokil kalıba dökümün üstünlükleri:

- Yüksek boyutsal kontrol ve yüzey kalitesi
- Soğuk metal kalıbın yol açtığı hızlı soğuma, ince taneli bir yapı oluşmasını sağlar, böylece dökümler daha dayanıklı olur.

- Zayıflıkları:

- Genel olarak düşük sıcaklıkta eriyen metallerle sınırlıdır.
- Kalıbın açılması gerektiğinden, kum döküme göre daha basit geometriler dökülebilir.
- Yüksek kalıp maliyetinin olmasıdır.

Kokil Kalıba Dökümün Uygulamaları

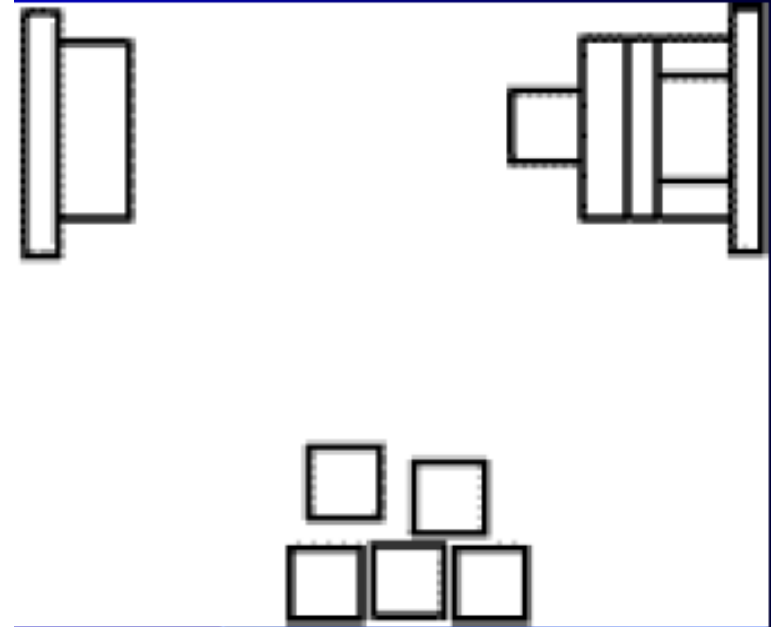
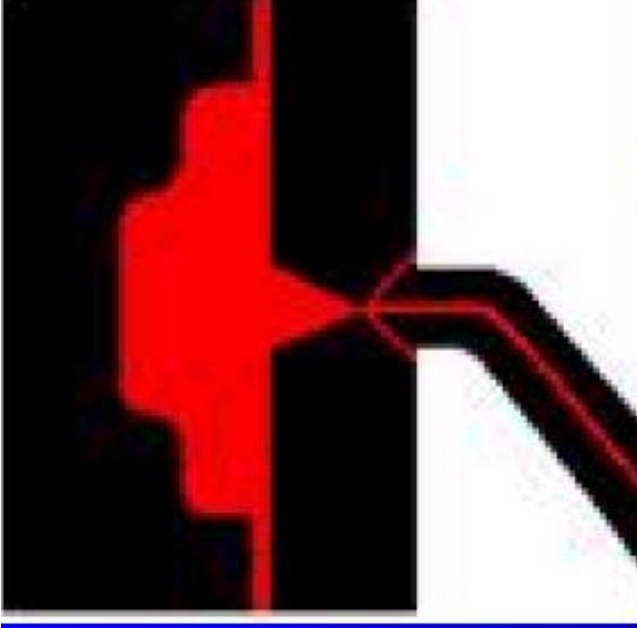
- Yüksek kalıp maliyeti nedeniyle, yöntem yüksek üretim miktarlarına ekonomik olur ve buna göre otomatize edilebilir.
- Tipik parçalar: otomotiv pistonları, pompa gövdeleri ve belirli uçak ve roket dökümleri
- Yaygın dökülebilen metaller: alüminyum, magnezyum, bakır esaslı alaşımlar ve dökme demir

BASINÇLI DÖKÜM YÖNTEMİ

- Sıvı metalin **basınç altında metal kalıba** doldurulmasıyla elde edilen döküm işlemidir.
- Kokil dökümden farkı, sıvı metalin kalıba basınçla sevk edilmesidir.
- Basınç kullanılması sebebiyle, yüksek hızda sıvı metalin kalıba çok hızlı bir şekilde doldurulması sağlanmış olur.
- Böylece çok karışık şekilli parçaların dökümü mümkün olur.

Basınçlı Döküm (Devam)

- Genellikle dökülecek malzemelerin ergime sıcaklığı 1000 °C'ın altındadır.
- Kullanılan basınç 10-80 atmosfer arasındadır.



Basınçlı Döküm (Devam)

- Elde edilen parçalara genellikle talaşlı işleme uygulamaya gerek kalmaz.
- Parçaların yüzeyleri hızlı soğuma sebebiyle ince yapılı ve yüksek mukavemetlidir.
- Kalıplar karışık şekilli olduğundan pahalıdır.
- Bu sebepten malzemenin cinsine göre 5.000-10.000 adetten az olmaması lazımdır.
- Bu yöntemde **kurşun, kalay, çinko, alüminyum ve magnezyum** alaşımlarının dökümü yapılabilir.

Basıncılı Döküm (Devam)



Basıncılı Döküm (Devam)



Basınçlı Döküm (Devam)

- Kalıp malzemesi olarak dökme demir, karbonlu çelik, alaşımlı çelik, ve bazen de demir dışı malzemeler kullanılabilir.
- Döküm sıcaklığı düşük alaşımlar için karbonlu çelik, yüksek alaşımlar için ise alaşımlı çelik kalıplar kullanılır.



Basınçlı Döküm (Devam)

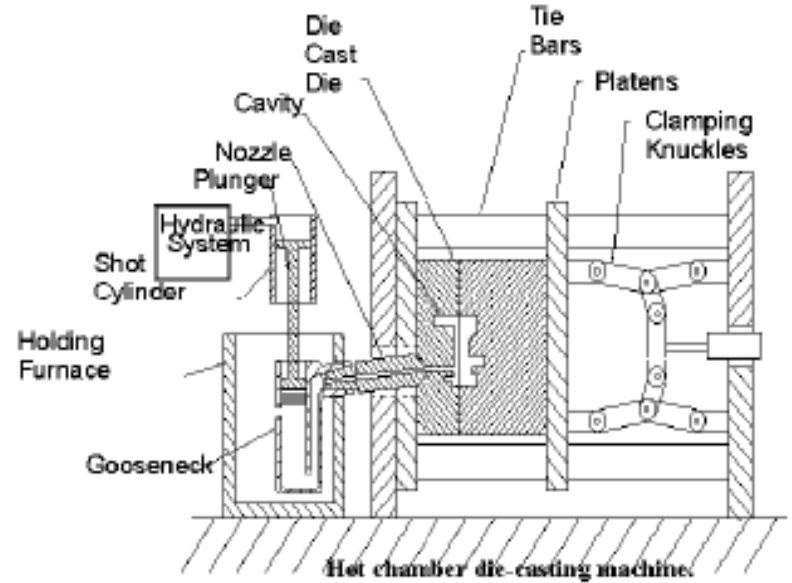
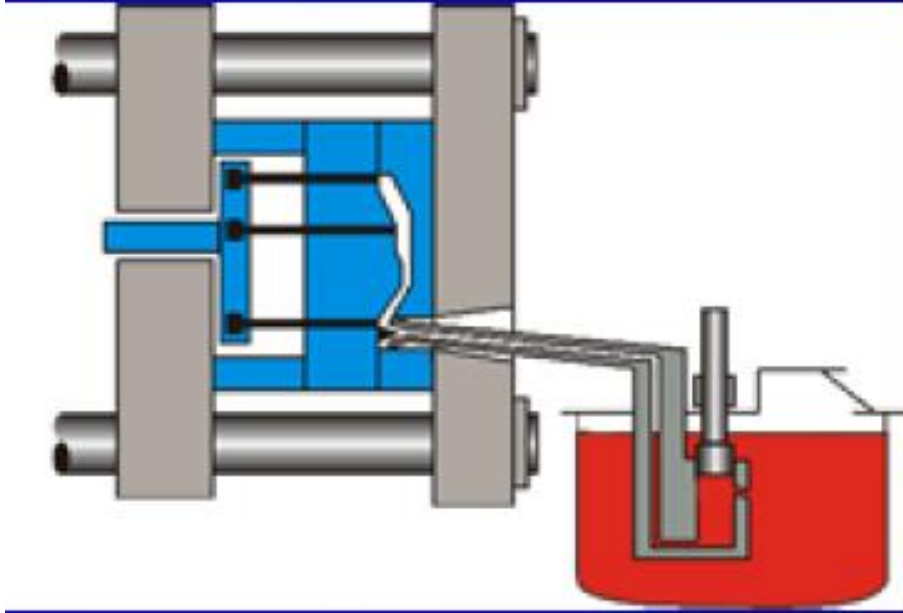
Ergimiş metalin kalıba sevk edilmesi,

1. pistonlu püskürtme makinalar (sıcak hazneli)
2. basınçlı hava püskürtme (soğuk hazneli)

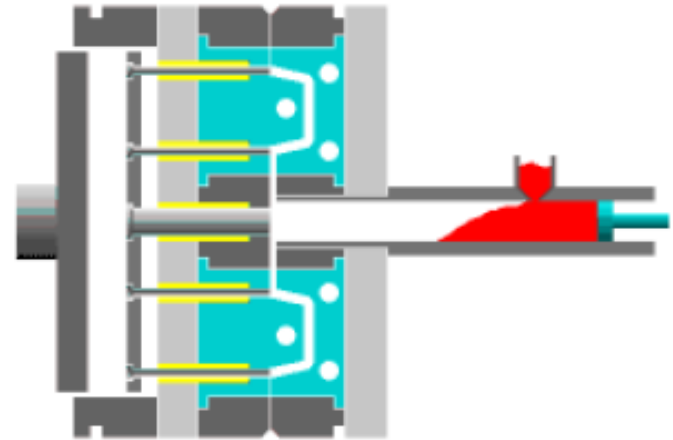
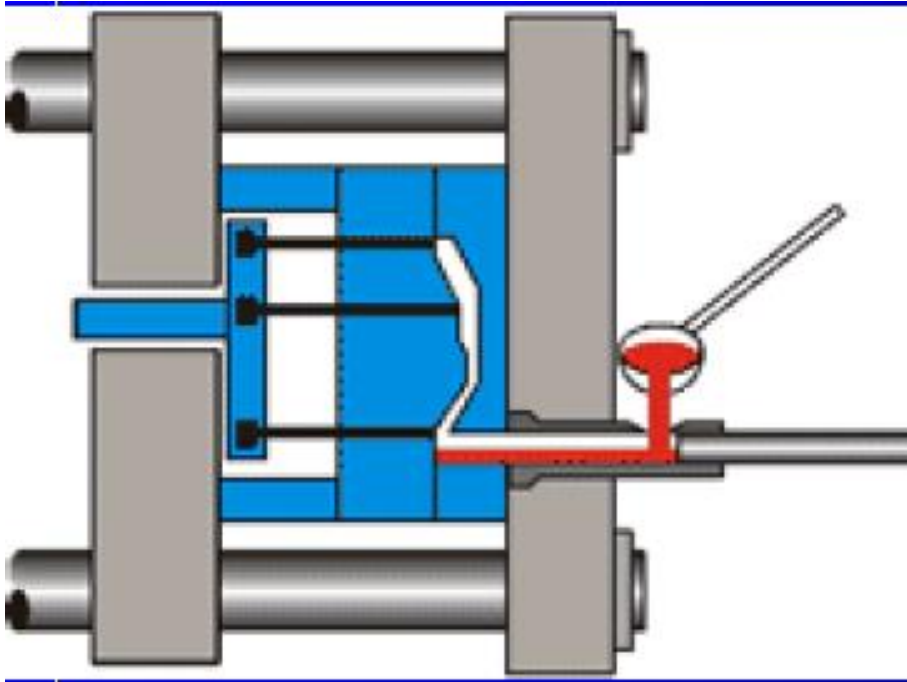
makinalarıyla gerçekleştirilir.

Basınçlı Döküm (Devam)

Sıcak Hazneli Basınçlı Döküm

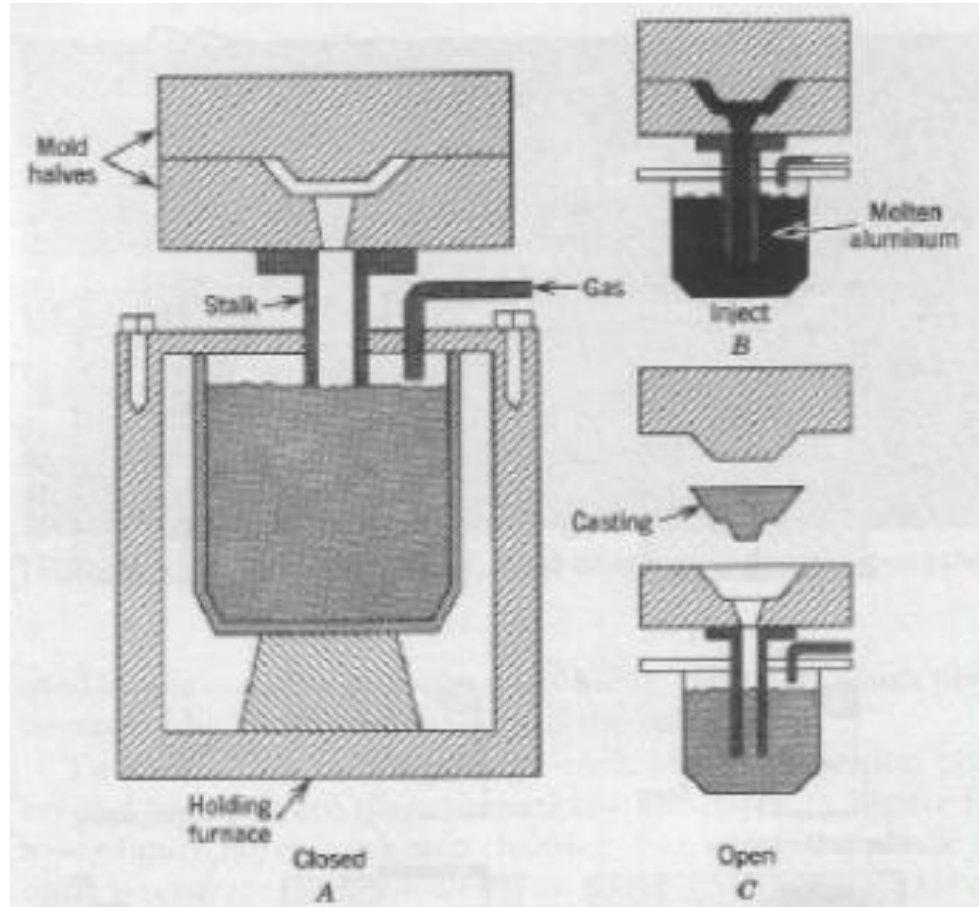


Soğuk Hazneli Basıncılı Döküm



Düşük Basıncılı Döküm

Küçük parçalar için endüksiyon fırınında eritilen metale, basınç altında soy gaz uygulanmasıyla kalıp boşluğunun sıvı metal tarafından dolması sağlanır.



ALÇI KALIBA DÖKÜM YÖNTEMİ

- Kalıplama malzemesinin alçı (CaSO_4) olduğu bir döküm usulüdür.
- Altın, gümüş, alüminyum, magnezyum bakır gibi demir dışı metallerin dökülmesinde kullanılır.
- Boyut hassasiyetinin çok iyi, yüzeylerin düzgün olması ve çok detaylı parçaların dökülebilmesi bu yöntemin üstünlükleridir.
- Fakat kum kalıba göre pahalıdır.

Alçı Kalıba Döküm

Kum kalıba benzer ancak kalıp (alçı – Plaster of Paris $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)'den yapılır.

- Kalıp yapımında, alçı ve su karışımı, plastik veya metal modelin üzerine dökülür ve sertleşmesi beklenir.
 - Ahşap modelleri, suyla temas ettiklerinde genleştiklerinden genellikle kullanılmaz.
- Alçı karışımı, ince detayları ve yüksek yüzey kalitesi oluşturarak modelin çevresinde kolayca akar ve sıkıştırma gerekmediğinden narin (mum) ve yumuşak model malzemeleri kullanılabilir.

- **Alçı kalıba dökümün üstünlükleri:**
 - Yüksek doğruluk ve yüzey kalitesi
 - İnce kesitlerin yapılabilmesi Kesit farklılıkları sorun oluşturmaz.
 - Yüzeyler çok düzgün

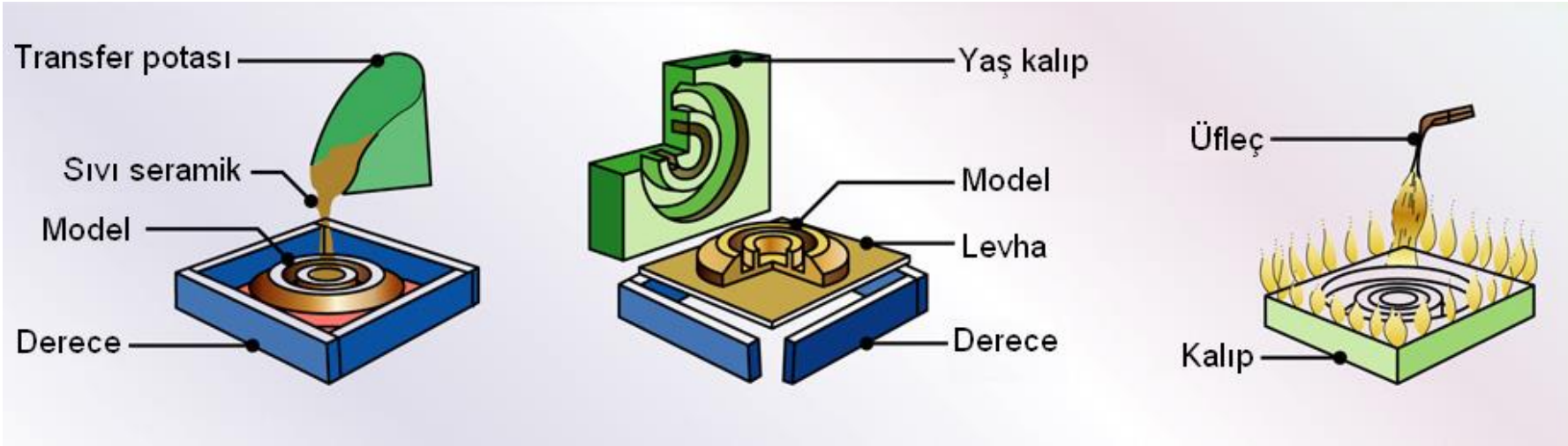
- **Zayıflıkları:**
 - Döküm sırasında problem oluşturabilen nemin uzaklaştırılması için kalıbın kurutulması gerekir.
 - Eğer aşırı kurutulursa kalıp dayanımı kaybolur.
 - Alçı kalıplar yüksek sıcaklıklara dayanamaz, bu nedenle düşük erime sıcaklığına sahip alaşımlarla sınırlıdır (1200 °C).

SERAMİK KALIBA DÖKÜM YÖNTEMİ

Alçı kalıba döküme benzer; ancak kalıp, alçıya göre daha yüksek sıcaklıklara dayanabilen refrakter seramik malzemedendir.

- Dökme çelik, dökme demir ve diğer yüksek sıcaklık alaşımlarının dökümünde kullanılabilir.
- Metal dökümü hariç, uygulamaları alçı kalıba döküme benzer.
- Üstünlükleri de (yüksek doğruluk ve yüzey kalitesi) benzerdir.
- Çok pahalıdır.

Seramik Kalıba Döküm



1. Sıvı seramiğin dökülmesi 2. Yaş kalıbın çıkarılması

3. Yakma

Katılaşmadan Sonraki İlave Aşamalar

- Budama
- Maçanın çıkarılması
- Yüzey temizliği
- Muayene
- Tamir (gerekirse)
- Isıl işlem

Budama

DüŖey ve yatay yollukların, besleyicilerin, ayırma yüzeyi çapaklarının, maça desteklerinin ve diğer fazla metalin döküm parçadan uzaklaştırılmasıdır.

- Gevrek döküm alaşımlarda ve kesiti nispeten küçük olanlarda, fazlalıklar kırılarak uzaklaştırılabilir
- Aksi halde, çekiçleme, kesme, el testeresiyle kesme, bantlı testereyle kesme, taşlama ve değişik alevle kesme yöntemleri kullanılır.

Maçanın Çıkarılması

Maça kullanılmışsa, bunların uzaklaştırılması gerekir.

- Çoğu maça bağlayıcı içerir ve bağlayıcı tahrip olduğundan, dökümden dökülerek çıkarlar.
- Bazı durumlarda, dökümü elle veya mekanik olarak sarsarak çıkarılabilir.
- Nadiren de, maçalar, bağlayıcı maddeyi kimyasal olarak çözerek uzaklaştırılır.
- Katı maçalar çekiçlenmeli veya presle itilmelidir.

Yüzey Temizliği

Döküm yüzeyinden kumun temizlenmesi ve yüzey görünümünün iyileştirilmesi işlemdir.

- Temizleme yöntemleri: aşındırıcı içinde titreşim, kaba kum taneleri veya metal bilyelerle hava püskürtme, tel fırçalama, silme ve kimyasal dağlama
- Yüzey temizleme, kum döküm için çok önemlidir.
 - Çoğu kalıcı kalıba dökümde bu adımdan kaçınılabılır.
- Dökümde hatalar olabilir ve bunların varlığının ortaya çıkarılması için muayeneye gerek vardır.

Isıl İşlem

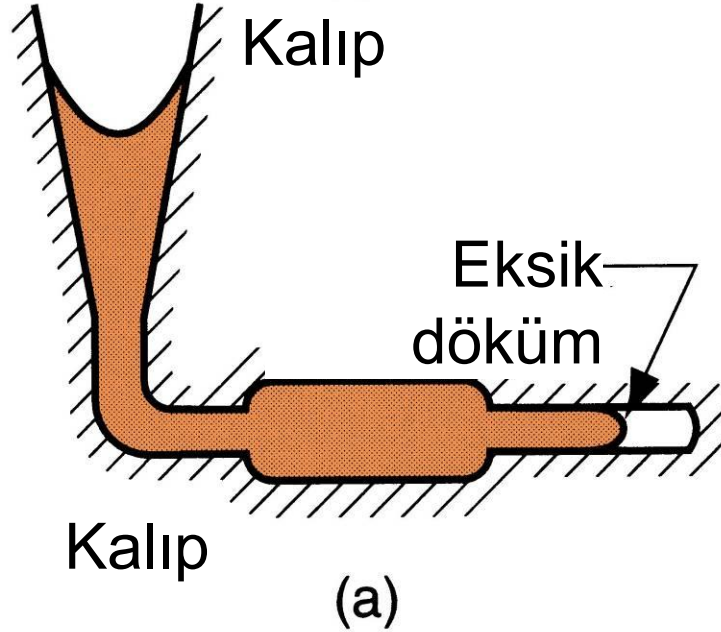
- Özelliklerini geliştirmek için döküm parçalara genellikle ısı işlem uygulanır.
- Bir döküme ısı işlem uygulama nedenleri:
 - Talaş kaldırma gibi sonraki işlemler için
 - Parçanın servisteki uygulaması için istenen özelliklerin kazandırılması için
 - İç yapısal bozuklukları gidermek.

Döküm Kalitesi

- Döküm işleminde, üründe kalite hatalarıyla sonuçlanacak pek çok yanlış şey yapma olasılığı vardır.
- Hatalar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:
 - Tüm döküm yöntemlerinde görülebilecek yaygın hatalar
 - Kum döküm işlemiyle ilgili hatalar

Dökümde Genel Hatalar: Eksik Döküm

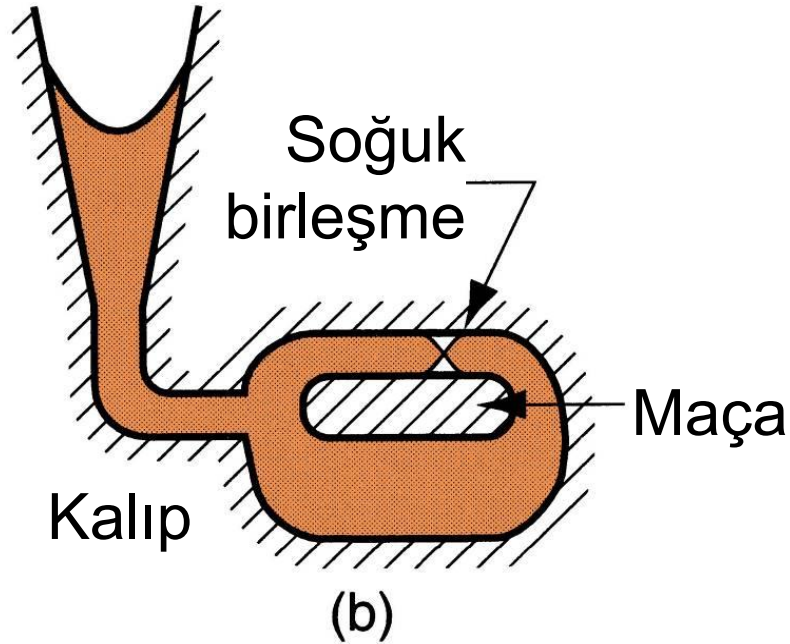
Kalıp boşluğu tamamen dolmadan katılaştan bir döküm



Şekil 11.22. Dökümdeki bazı yaygın hatalar: (a) eksik döküm

Dökümde Genel Hatalar: Soğuk Birleşme

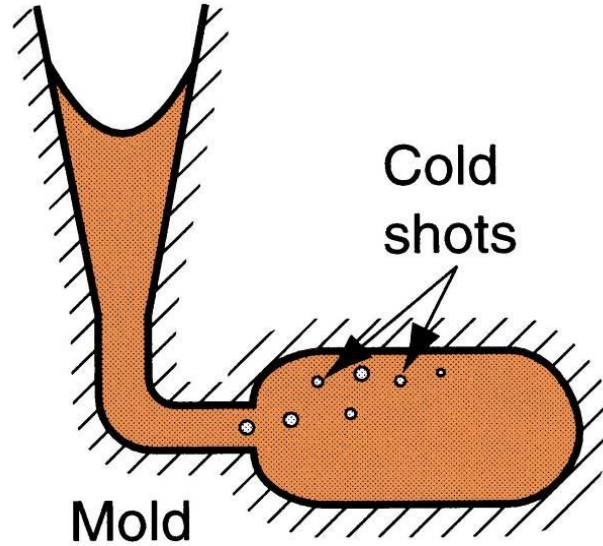
Metalin iki parçası birlikte akar ancak erken katılaşma nedeniyle soğuk birleşme hatası oluşur.



Şekil 11.23. Dökümlerdeki bazı yaygın hatalar: (b) soğuk birleşme

Dökümde Genel Hatalar: Soğuk Yapışma

Döküm sırasında metal zerrecikleri ve katı taneler oluşur ve döküm içinde kalırlar.

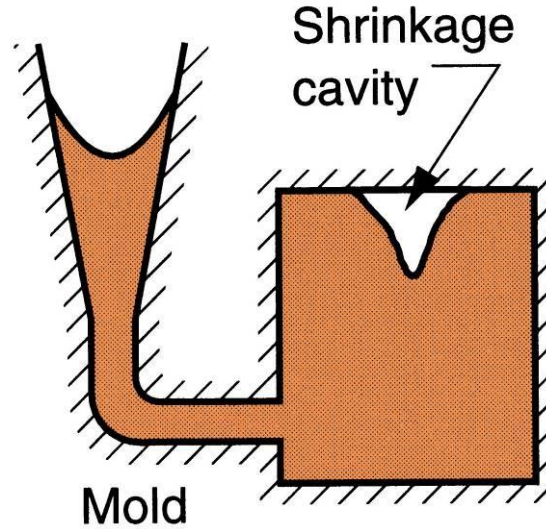


(c)

Şekil 11.24. Dökümlerdeki bazı yaygın hatalar: (c) soğuk yapışma

Dökümde Genel Hatalar: Çekme Boşlukları

En son katılaşılan bölgede bulunabilecek sıvı metal miktarını azaldığından katılaşma büzülmesinin neden olduğu yüzey çökmesi veya iç boşluk

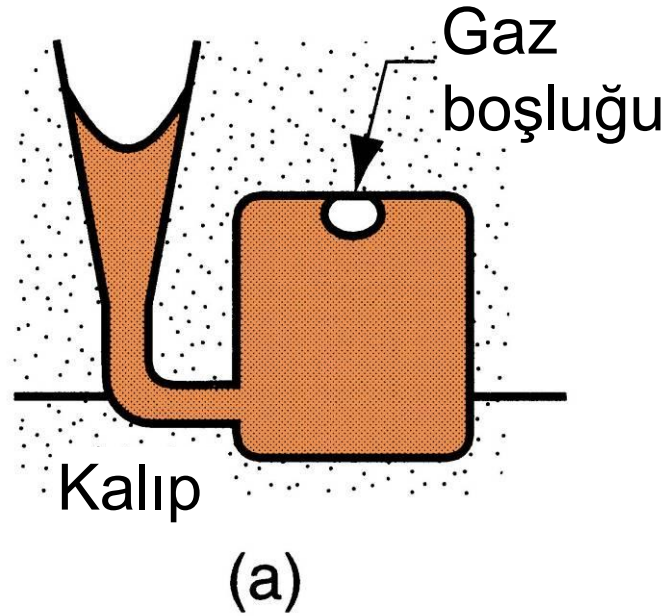


(d)

Şekil 11.25. Dökümlerdeki bazı yaygın hatalar: (d) çekme boşluğu

Kum Döküm Hataları: Gaz Boşluğu

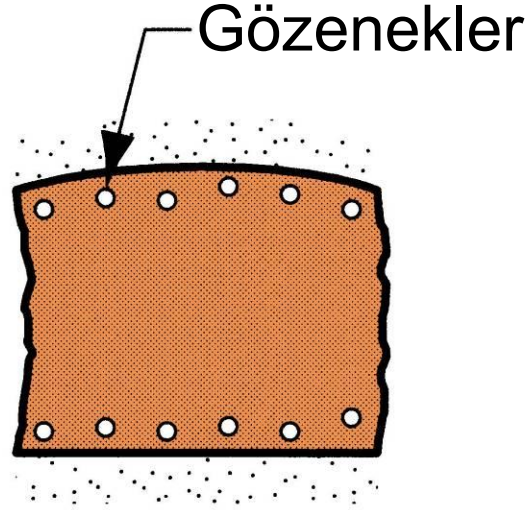
Döküm sırasında döküm gazlarının çıkışının katılaşma başlamadan tamamlanmamasının neden olduğu balon şeklindeki gaz boşlukları



Şekil 11.26. Kum dökümlerdeki yaygın hatalar: (a) gaz boşluğu

Kum Döküm Hataları: Gözenekler

Döküm yüzeyinde veya yüzeyin hemen altında çok sayıda küçük gaz boşluğunun oluşumu



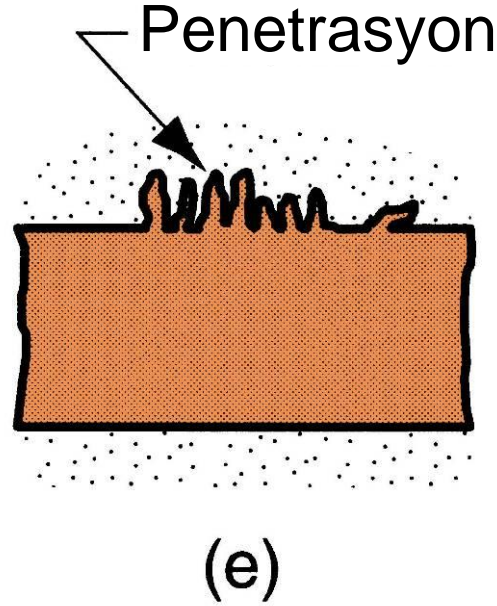
Kalıp

(b)

Şekil 11.27. Kum dökümlerdeki yaygın hatalar: (b) gözenekler

Kum Döküm Hataları: Penetrasyon

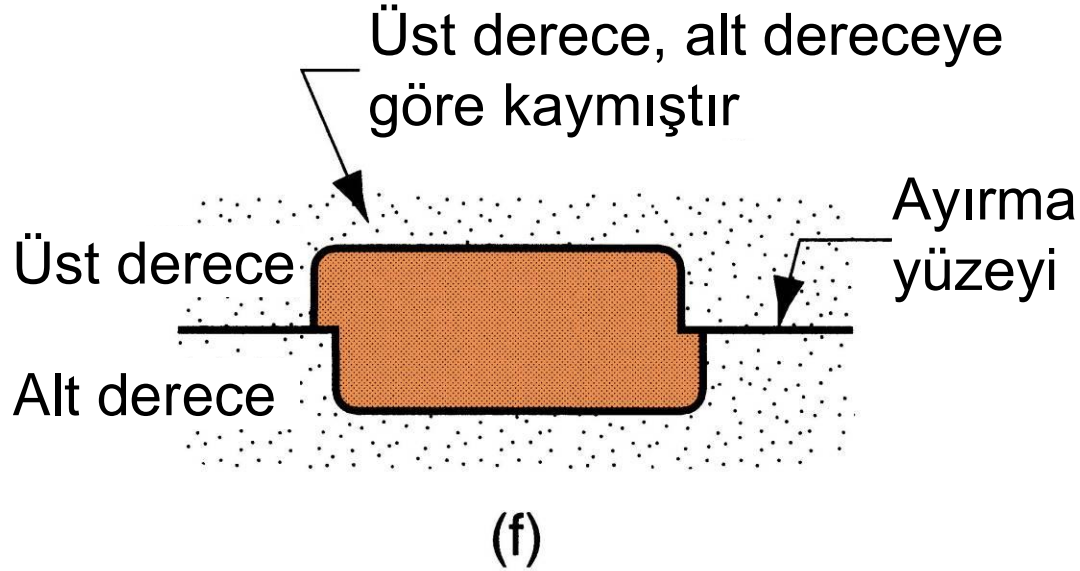
Sıvı metalin akıcılığı yüksek olduğunda, döküm yüzeyinin kum taneleri ve metal karışımı içermesine neden olacak şekilde, kum kalıp veya maçanın içine nüfuz edebilir.



Şekil 11.28. Kum dökümlerdeki yaygın hatalar: (e) penetrasyon

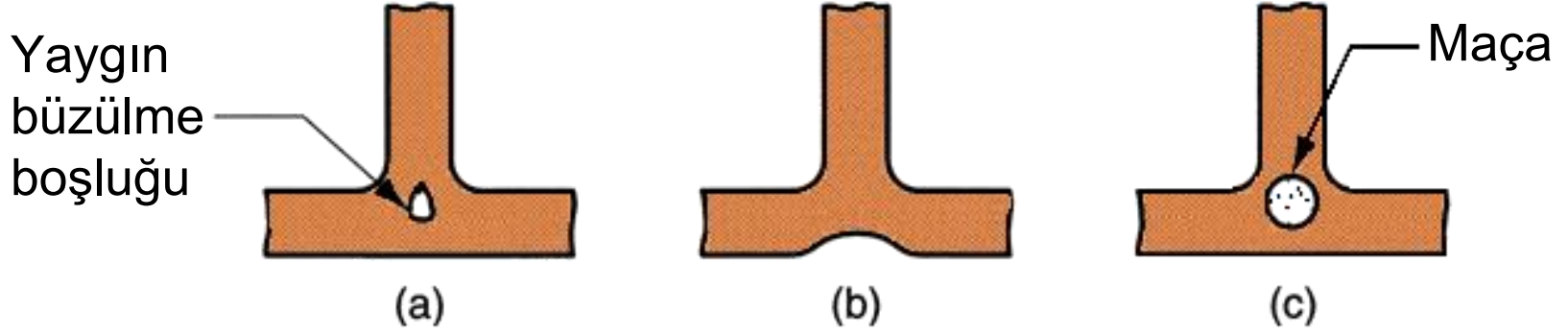
Kum Döküm Hataları: Kalıp Kayması

Üst ve alt derecelerin birbirine göre yana kaymasının neden olduğu, döküm parçanın ara yüzeyindeki bir kademe



Şekil 11.29. Kum dökümlerdeki yaygın hatalar: (f) kalıp kayması

Kum Döküm Hataları: Çökme



Şekil 11.30. Kum dökümlerdeki çökme ve önlenmesi: **(a)** yaygın görülen büzülme boşluğu, **(b)** boşluğun olmaması halinde yüzeydeki çökme ve **(c)** maça kullanımıyla çökmenin önlenmesi

Dökümhanede Muayene Yöntemleri

- Eksik dolgu, soğuk yapışma ve diğer ciddi yüzey hatalarının ortaya çıkarılması için görsel muayene
- Toleransların karşılandığını göstermek için boyut ölçümleri
- Dökme metalin kalitesiyle ilgili, metalurjik, kimyasal, fiziksel ve diğer testler

Döküm Metalleri

- Çoğu ticari dökümler, saf metallere ziyade alaşımlardan yapılır.
 - Alaşımlar genelde kolay dökülür ve ürün özellikleri daha iyidir.
- Dökme alaşımları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:
 - Demir esaslı
 - Demir dışı

Demir Esaslı Döküm Alaşımlar: Dökme Demir

- Tüm döküm alaşımlarının en önemlisi
- Dökme demir dökümlerin tonajı, çoğunlukla diğer tüm metallerin toplamının birkaç katıdır.
- Bazı türleri: (1) kır dökme demir, (2) küresel dökme demir, (3) beyaz dökme demir, (4) temper dökme demir ve (5) alaşımlı dökme demirler
- Tipik dökme sıcaklıkları ~ 1400 °C (bileşime bağlıdır)

Demir Esaslı Döküm Alaşımları: Çelikler

- Çeliğin mekanik özellikleri, onu aranan bir mühendislik malzemesi yapar.
- Karmaşık geometrilerin oluşturulma kabiliyeti, dökümü çok kullanılan bir şekillendirme yöntemi haline getirmiştir.
- Çeliğin dökümündeki zorluklar:
 - Çeliğin döküm sıcaklığı, diğer çoğu metalden daha yüksektir ~ 1650 °C.
 - Bu sıcaklıklarda çelik kolayca oksitlenir; bu nedenle erimiş metalin havadan izole edilmesi gerekir.
 - Erimiş çelik nispeten düşük akıcılığa sahiptir.

Demirdışı Döküm Alaşımları: Alüminyum

- Genellikle kolay dökülebilir olarak bilinir.
- Alüminyumun düşük erime sıcaklığı nedeniyle, dökme sıcaklıkları düşüktür.
 - $T_m = 660 \text{ }^\circ\text{C}$
- Özellikleri:
 - Hafif yapı
 - Isıl işlemlerle dayanım özelliklerinin değiştirilebilmesi
 - Talaş kaldırma kolaylığı

Demirdışı Döküm Alaşımları: Bakır Alaşımları

- Bronz, pirinç ve alüminyum bronzu türleri vardır.
- Özellikleri:
 - Korozyon direnci
 - İyi görünüm
 - Yüksek yataklama kalitesi
- Zayıflığı: bakırın yüksek maliyeti
- Uygulamaları: boru ek parçaları, tekne uskur kanatları, pompa elemanları, süs eşyaları

Demirdışı Döküm Alaşımları: Çinko Alaşımları

- Yüksek dökülebilirlik, basınçlı dökümde yaygın kullanım
- Düşük erime sıcaklığı – çinkonun erime sıcaklığı
 $T_m = 419 \text{ }^\circ\text{C}$
- Döküm kolaylığı için iyi akıcılık
- Özellikleri:
 - Düşük sürünme dayanımı, bu nedenle dökümler uzun süreli yüksek gerilmelere maruz bırakılamaz.

Döküm Ürün Tasarım Prensipleri

- Geometrik basitlik:
 - Döküm, karmaşık parça geometrilerinin oluşturulmasında kullanılabilmesine rağmen, parça tasarımında basitlik, genellikle dökülebilirliği artırır.
 - Gereksiz karmaşıklıktan kaçınılması:
 - Kalıp yapımını basitleştirir.
 - Maça ihtiyacını azaltır.
 - Dökümün dayanımını artırır.

Ürün Tasarım Prensipleri

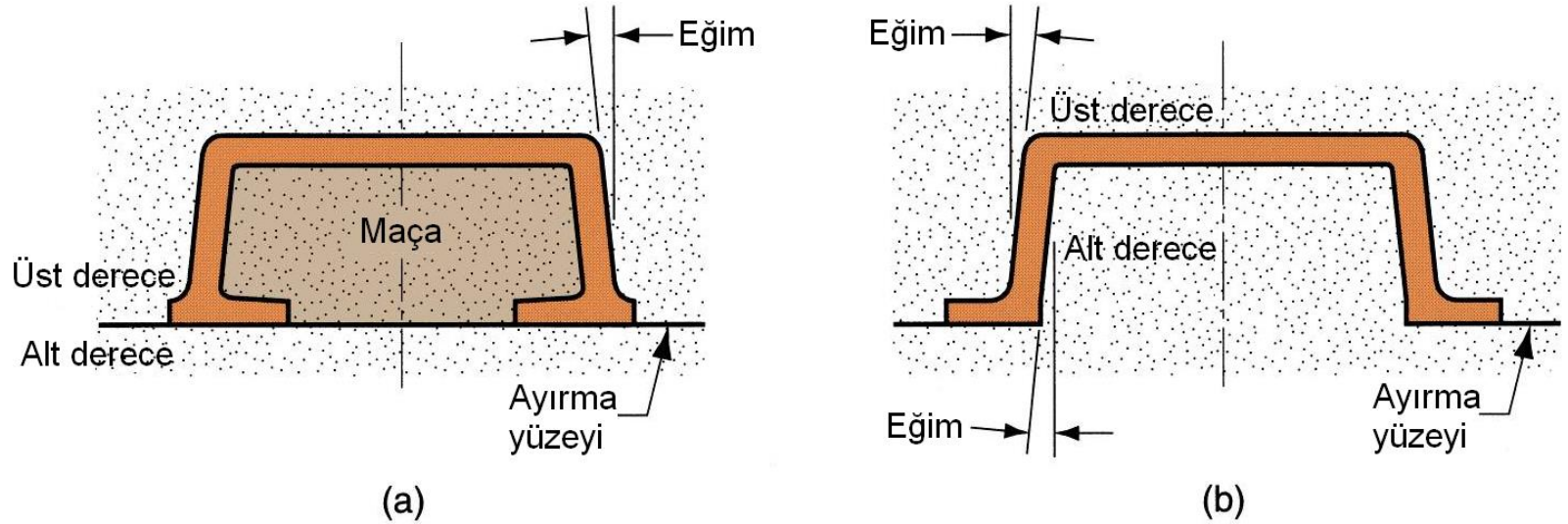
- Döküm parçalardaki köşeler:
 - Gerilme odağı olduklarından ve sıcak yırtılma ve çatlamalara neden olabileceklerinden, keskin köşe ve açılardan kaçınılmalıdır.
 - İç köşelerde büyük radyüslü köşe dolguları tasarlanmalı ve keskin kenarlar yuvarlaklaştırılmalıdır.

Ürün Tasarım Prensipleri

- Yüzey eğimi kılavuzları:
 - Genleşebilen kalıba dökümde yüzey eğimi, modelin kalıptan çıkarılmasını sağlar.
 - Eğim = 1° (kum döküm için)
 - Kalıcı kalıba dökümde amaç, parçanın kalıptan çıkarılmasına yardımcı olmaktır.
 - Eğim = 2° to 3° (kalıcı kalıba döküm yöntemleri için)
 - Eğer dolu maçalar kullanılıyorsa, benzer eğimler sağlanmalıdır.

Yüzey Eğim Toleransı

- Parça tasarımındaki küçük değişiklikler, maça ihtiyacını azaltabilir.



Şekil 11.31. Bir maça kullanımına ihtiyacı ortadan kaldıran tasarım değişikliği: **(a)** orijinal tasarım ve **(b)** yeni tasarım.

Ürün Tasarım Prensipleri

- Boyut Toleransları ve Yüzey Kalitesi:
 - Yönteme bağlı olarak dökümde boyutsal doğruluklarda önemli farklara ve yüzey kalitelerine ulaşılabilir:
 - Kum dökümde kötü boyutsal doğruluklar ve yüzey kalitesi
 - Basınçlı ve hassas dökümde yüksek boyutsal doğruluklar ve yüzey kalitesi

Ürün Tasarım Prensipleri

- Talaş Kaldırma Toleransları:
 - Kum dökümde gerekli boyutlara ve parça özelliklerine ulaşmak için hemen tüm dökümlerin talaşlı işlenmesi gerekir.
 - Döküm üzerinde, talaş kaldırmanın gerekli olduğu tüm yüzeylerde, *Talaşlı işleme toleransı* olarak adlandırılan ilave malzeme bırakılır.
 - Kum dökümler için tipik talaşlı işleme toleransları 1.5 ile 3 mm arasındadır.

TOZ METALURJİSİ

Toz metalurjisi

İmali zor parçaların (küçük, fonksiyonel, birbiri ile uyumsuz, kompozit vb.) ekonomik, yüksek mukavemet ve minimum toleransla diğer yöntemlere göre (talaşlı imalat, döküm) avantajlı bir şekilde üretilmesi yöntemidir.

Avantajları:

1. İstenilen özelliğe göre malzeme kompozisyonu ayarlanabilir.
2. Boyutlar kontrol edilebilir.
3. Yüksek sıcaklığa sahip refrakter malzemelerin üretilmesini sağlar.
4. Talaşlı işleme gibi son yüzey işleme gerek yoktur.
5. Filtre türü malzeme üretilebilir.

Sınırlamalar:

- 1.** Parça boyutu, Şeklin kompleksiliği, pres kapasitesi (2.5 kg dan az ağırlıkta malzeme üretilebilir)
- 2.** Toz fiyatı
- 3.** Mukavemet, süneklik gibi özellikler dövme ile üretilenlere göre düşüktür. HIV teknolojisi

Toz Metalurjisi yönteminin Üretim Süreci:

1. Toz hazırlama
2. Presleme
3. Sinterleme
4. Ölçüleme
5. Buharlama prosesi
6. Çapak alma
7. Yağ emdirme

Toz üretim yöntemleri

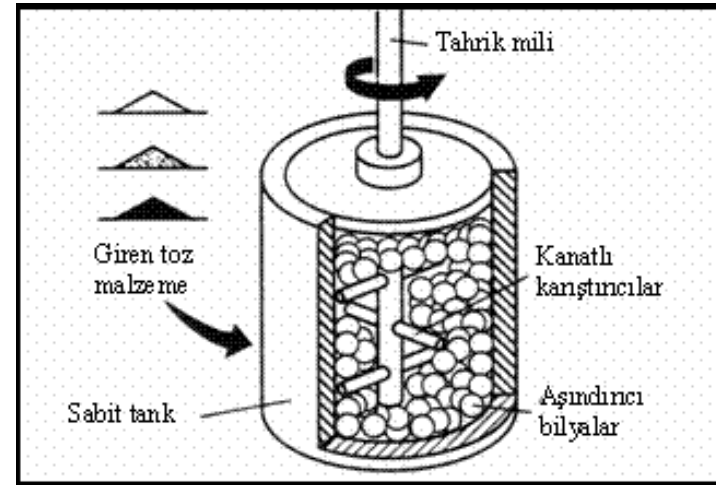
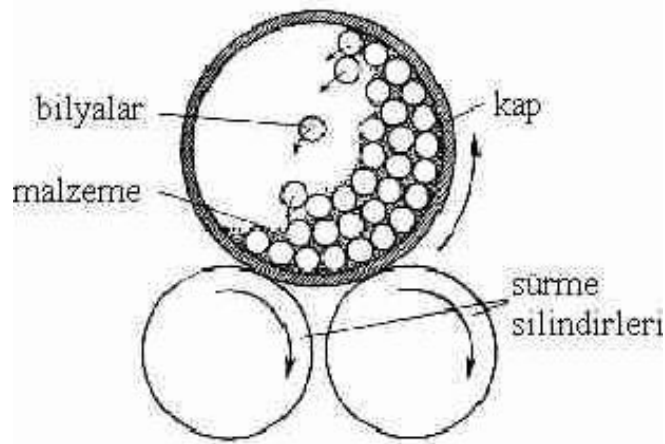
Metal tozlarının imalinde kullanılan teknikler, tozların birçok özelliklerini tayin eder. Tozun geometrik şekli üretim yöntemine bağlı olarak küreselden, karmaşık şekle kadar çok farklı olabilmektedir. Tozun yüzey durumu da üretim yöntemine göre değişiklik göstermektedir. Malzemelerin çoğu, özelliklerine uygun bir teknik kullanılarak toz haline getirilebilir. Bir çok toz üretim tekniği arasından, ticari olarak şu teknikler kullanılmaktadır :

1. Mekanik yöntemler
2. Kimyasal yöntemler
3. Elektroliz yöntemi
4. Atomizasyon yöntemleri



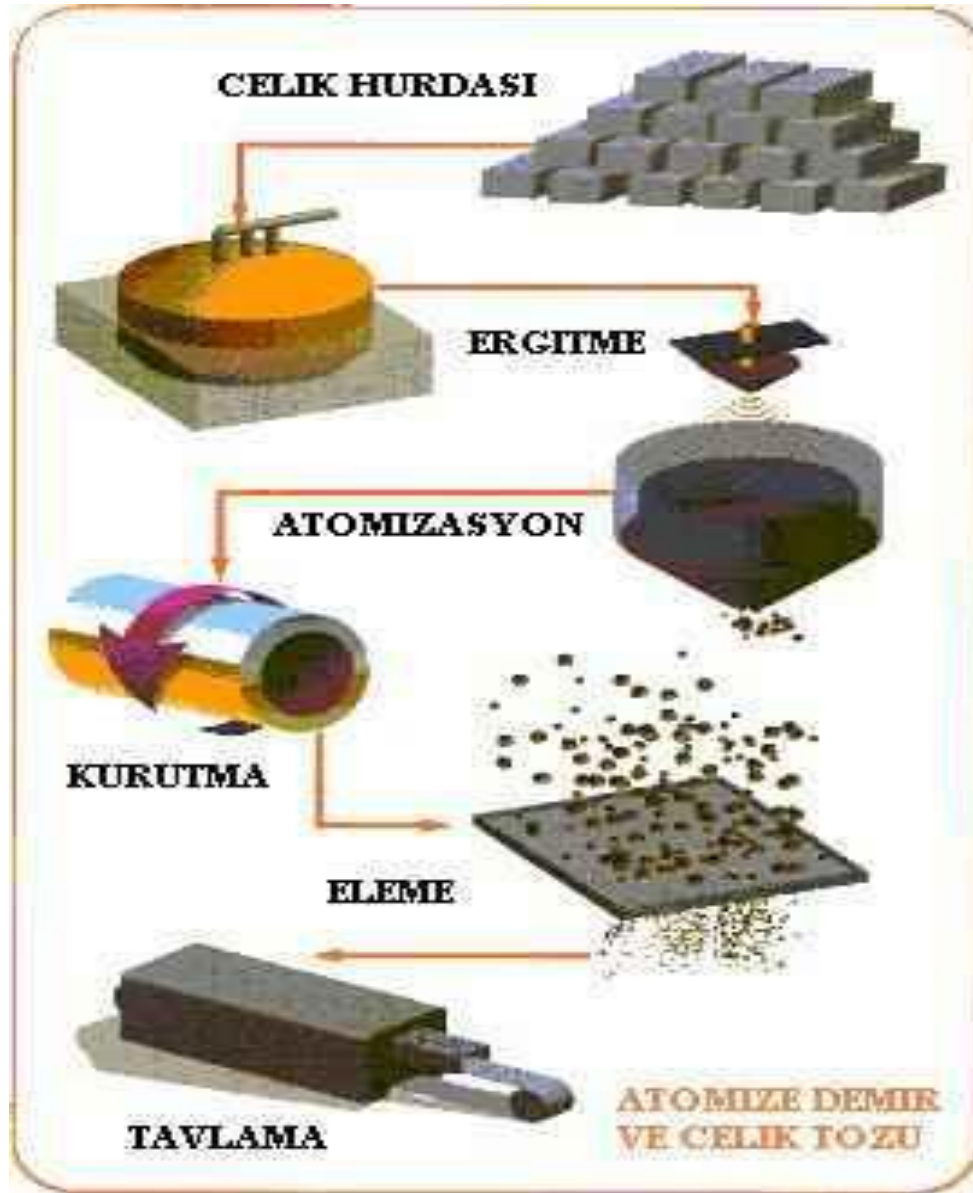
1. Mekanik yöntemler

Mekanik yöntemler talaşlı üretim, öğütme ve mekanik alaşımlama olmak üzere üç grupta incelenebilir.



2. Kimyasal yöntemler

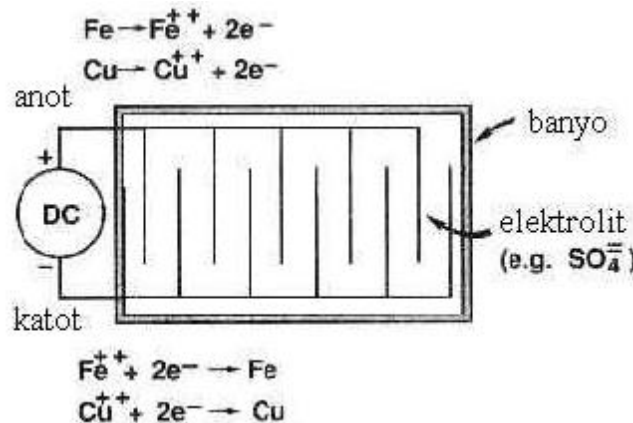
Metal tozlarının kimyasal yöntemle üretimi, metal oksitlerin (demir, bakır, tungsten, molibden, nikel ve kobalt) CO veya hidrojen gibi indirgeyici gazlarla oksitlerinden kimyasal olarak indirgenmesidir. Kimyasal yöntemle üretilen sünger-demir tozu bu yöntemin önemli bir uygulama örneğidir. Sünger demir, demir oksit cevherinin uygun nitelikte indirgeyici elemanlara indirgenerek süngerimsi bir kütleye dönüştürülmesiyle elde edilir. Magnetit (Fe_3O_4), kok ve kireç taşı ile karıştırılır ve seramik kaplara doldurulur. Karışım seramik kaplar içerisinde $1260\text{ }^{\circ}C$ sıcaklıktaki fırınlarda 68 saat bekletilir. İndirgenmenin tamamlanması ile sünger demir elde edilir. Şekil 3'de kimyasal yöntemle demir tozu imalatı görülmektedir. Elde edilen sünger demir külçeleri yüksek sıcaklıkta ($1260\text{ }^{\circ}C$) birbirine kaynak olmuş tozlardan oluştuğundan öğütülerek istenilen tane büyüklüğüne getirilir. Hidrojen gazı altında $870\text{ }^{\circ}C$ 'de tavlansarak oksijen ve karbondan mümkün olduğu kadar arıtılır ve son olarak elekten geçirilir.



Şekil 3. Kimyasal yöntemle demir tozu üretimi şeması.

3. Elektroliz

Elektroliz yöntemiyle, oksitlerden oluşan tozlar katoda akım vermek suretiyle elektrolitik banyoda çökertilir ya da iyi kırılabilme özelliğinde katot da toplanır (Şekil 4). Banyo teknesi kurşun kaplıdır. Elektrolitik olarak bakır sülfat ve sülfirik asit kullanılır. Anot bakır katod ise antimuanlı kurşundur. Elektroliz yöntemi ile genel olarak bakır tozları imal edilir. Elektroliz yönteminde, elektrolitik banyoda çökertilen veya katotta toplanan metal kolaylıkla öğütülerek ince toz haline getirilir ve üretilen tozlar yıkanarak elektrolitten iyice temizlenir. Kurutma asal gazlar altında yapılarak oksitlenme önlenir. Elektroliz sırasında oluşan parçacıklar dendritik bir yapı gösterirlerse de daha sonraki işlemlerle bu yapı kaybolur. Elektrolitik tozların en büyük avantajı yüksek safiyetleri, dolayısıyla iyi sıkıştırabilme özelliklerine sahip olmalarıdır.

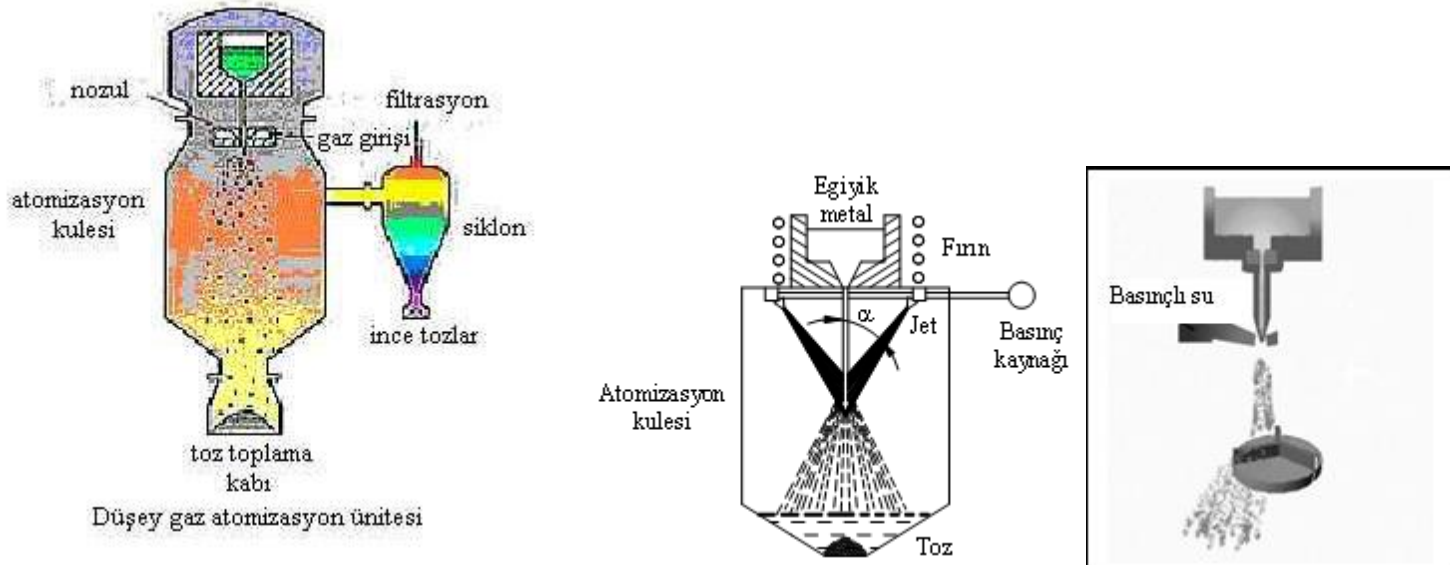


Şekil 4. Elektroliz yöntemiyle toz üretimi.

4. Atomizasyon

Atomizasyon, bir sıvı demetinin farklı boyutlardaki çok sayıda damlacıklara ayrılmasıdır. Temel prensip, bir potanın dibindeki delikten akmakta olan ergimiş metalin üzerine yüksek basınçlı gaz veya sıvı püskürtülmesidir (Şekil 5). Hava, azot ve argon sıklıkla kullanılan gazlardandır ve su ise çok sık tercih edilen sıvıdır. Burada gaz veya sıvı, ergiyik haldeki metal demetini farklı boyutlarda çok sayıda damlacıklara ayırır. Damlacıklar daha sonra katılaşıp metal tozlarını oluştururlar. Bu üretim yöntemi üç ana bölüme ayrılır:

- 1.Ergitme
- 2.Atomizasyon
- 3.Katılma ve soğuma

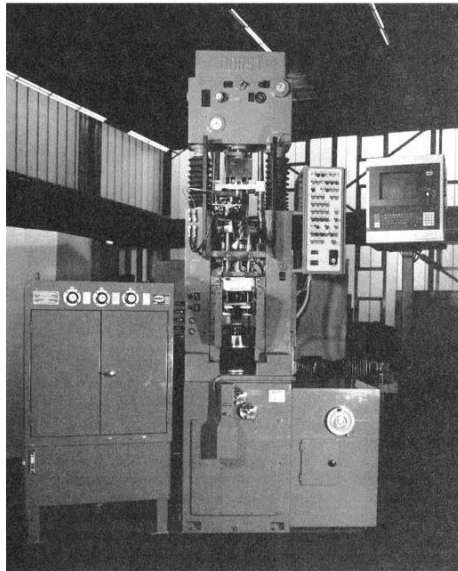
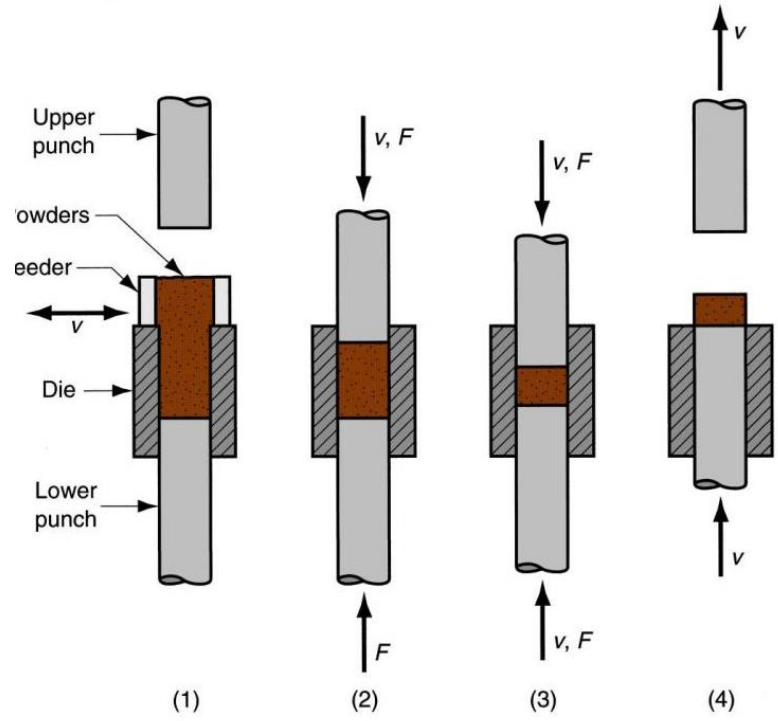
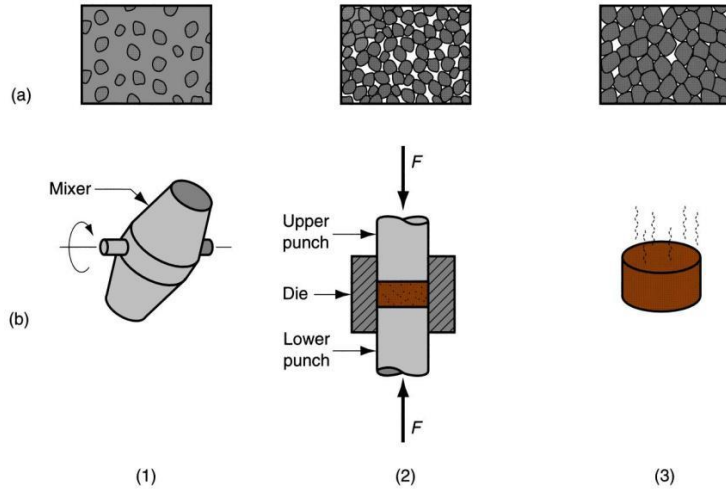


Şekil 5. Gaz atomizasyon yöntemiyle toz üretimi.

Presleme:

Sıkıştırma bir yük altında serbest yapıdaki toz partiküllerinin istenilen şekle dönüştürülmesi için yoğunluk kazandırma işlemi olarak tanımlanabilir. Tozların sıkıştırılmasındaki ana amaç ham yoğunluk ve dayanımın elde edilmesidir. Bu işlem için genellikle hidrolik, mekanik ve pnömatik presler kullanılmaktadır. Preslerin uyguladıkları basınç değerleri 70 ila 700 MPa arasındadır ve pratikte kullanılan basınç değerleri ise genellikle 145 – 450 MPa arasındadır. Bir çok halde preslemeden önce tozlar 400 – 800 °C arasında bir ısıtmaya tabi tutulur. Böylece oksitler, rutubet, karbon, kükürt ve fosfor mümkün mertebe ortamdan uzaklaştırılmış olur. Ayrıca ısı işlem tozların sertliklerini de azaltır. Böylece tozların sıkıştırılabilme imkanı artar. Sıkıştırılabilme tavlama sıcaklığı arttıkça, oksijen azaldıkça artar. Presleme sıcak veya soğuk yapılabilir. Şekil 2’de tipik bir aksenal presleme işleminin basamakları görülmektedir.

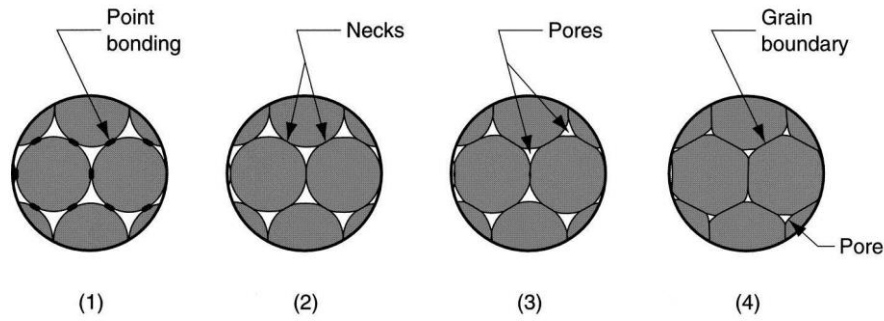
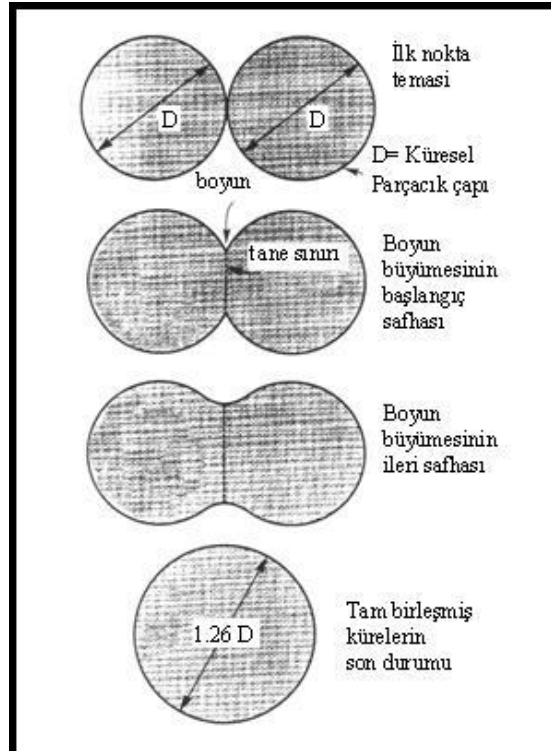
Presleme



Şekil 2. Eksenel presleme.

Sinterleme

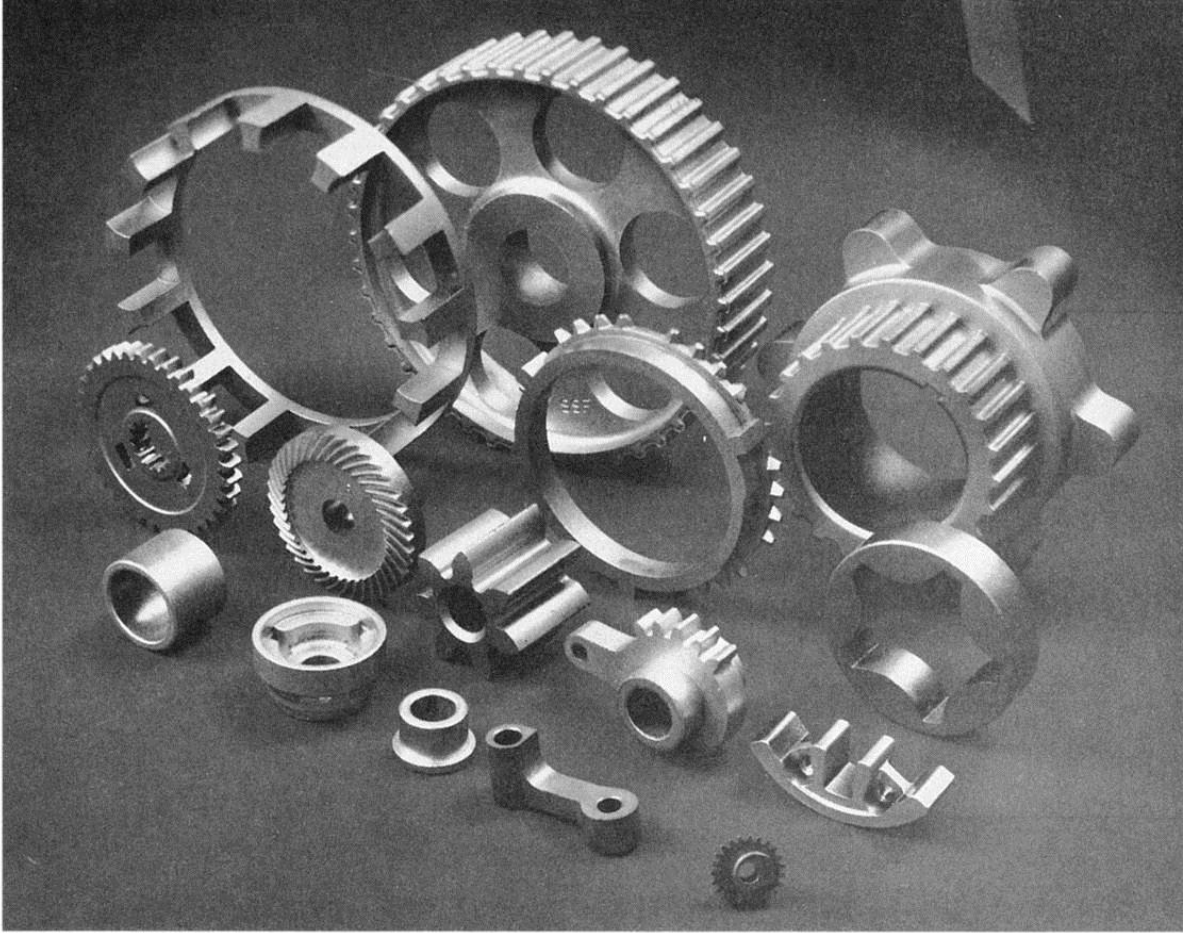
Sinterleme, gözenekli yapıda bir form kazandırılmış tozların yüzey alanının küçülmesi, partikül temas noktalarının büyümesi ve buna bağlı olarak gözenek şeklinin değişmesine ve gözenek hacminin küçülmesine neden olan ısı olarak aktive edilmiş malzeme taşınımı olarak tanımlanabilir. Sıkıştırılmış toz parçalar arasındaki bağlantı yapışma, mekanik kitlenme ve benzeri türden zayıf bağlar olup kristal kafes içerisindeki bağ dayanımına kıyasla çok zayıf kalmaktadır. Bu sebeple; sıkıştırılmış ham yoğunluktaki T/M parçalarına mukavemet ve yüksek yoğunluk kazandırmak amacıyla ergime noktasının altındaki sıcaklıkta ısı işlem uygulanır. Sinterlemenin başlaması noktasal olarak temas halinde bulunan toz parçacıklarının katı-hal bağına dönüşümü ile olur. Sinterleme işlemi sırasında, nokta teması ile başlayan, ara parçacık bağının gelişmesi ile devam eden mekanizmaya çift-küre sinterleme modeli denilmektedir (Şekil 1). Bu modelde, parçacık temasının sonucunda oluşan boyun büyümesiyle yeni bir tane sınırı oluşur ve iki parçacık tek bir parçacık oluşturacak şekilde birleşir.



Şekil 1. Katı-hal sinterlemesi.

sinterleme





Şekil 2. Sinterleme sonrası bazı makine parçaları.

Toz metalurjisiyle üretilen parçalar



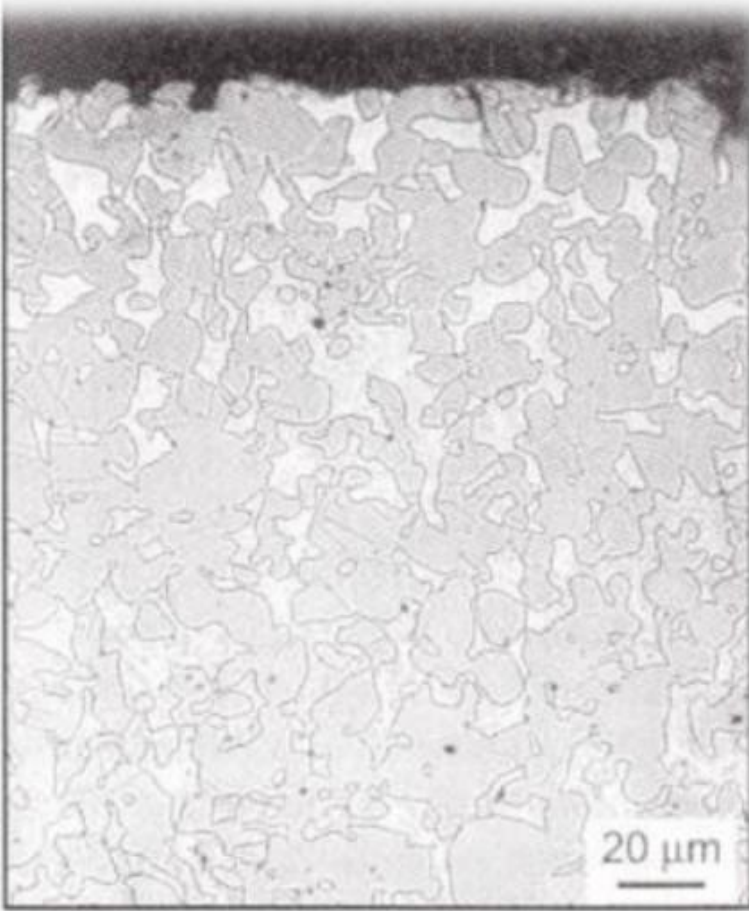
Emprenye ve Gözenek Doldurma

Gözeneklilik toz metalürjisinde ayrılmaz ve doğal bir karakteristiktir. Bulunan gözenekleri yağ, polimer veya metalle doldurarak özel mamuller oluşturulabilir.

Emprenye; sinterlenmiş bir parçanın gözeneklerine yağ veya başka bir sıvı emdirilmesi işlemidir.

Yağ emdirilmiş yataklar, dişliler bunlara örnektir. Alternatif bir uygulama parçalara polimer reçine emdirerek, gözenek boşluklarının sıvı formda doldurulması ve katılaştıktan sonra basınç altında sızdırmazlık özelliğine sahip bir parça elde edilmesidir.





Şekil 12.23. Bakır infiltrasyonu esnasında hızlı soğutulmuş bir numunenin metalografik kesit görünümü (Jean Stewart'ın izni ile).

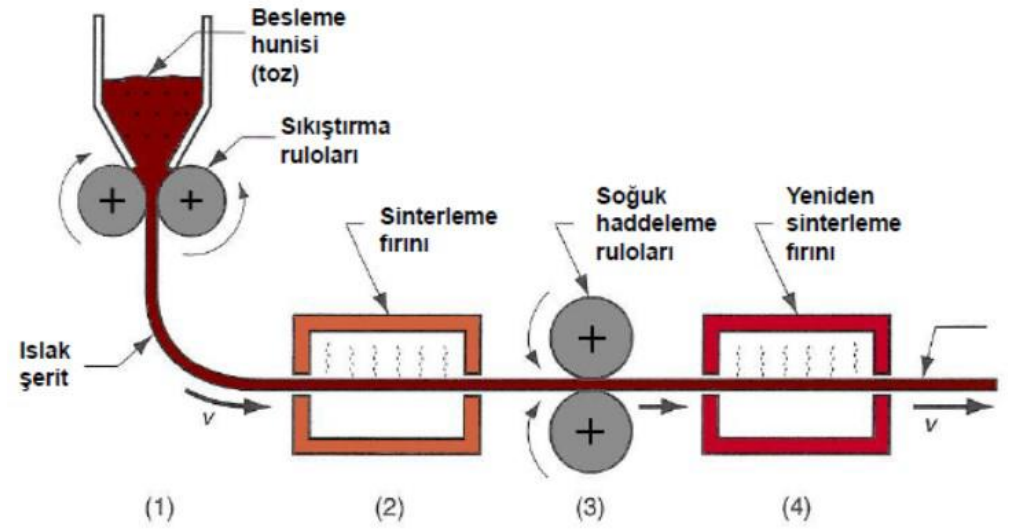
İnfiltrasyon; Parçanın gözeneklerinin erimiş bir metalle doldurulması işlemidir. Dolgu metalinin erime sıcaklığı, asıl metalinkinin altında olmalıdır.

Sinterlenmiş parça ile temas halindeki dolgu metalinin ısıtılmasını ve dolgunun kapiler etkiyle gözeneklere dolmasını içerir.

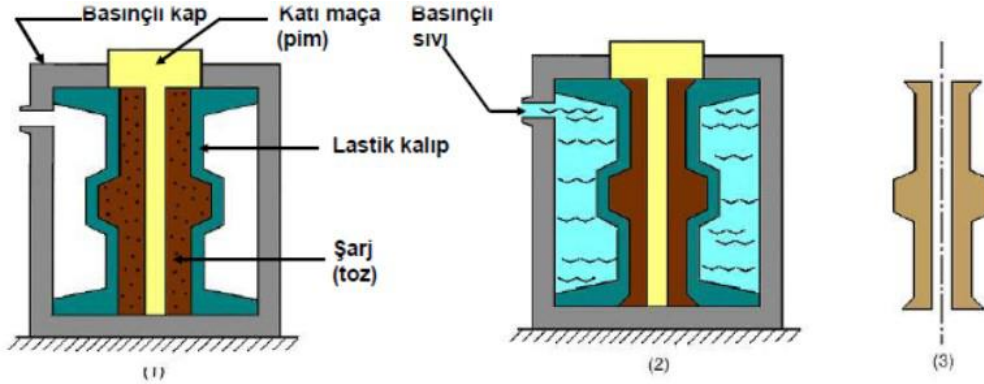
Oluşan yapı göreceli olarak gözeneksizdir ve infiltre edilmiş parça daha üniform bir gözenekliliğe sahip olup tokluğu ve dayanımı artmıştır.

Alternatif Presleme ve Sinterleme Teknikleri

- İzostatik presleme (Soğuk=CIP ve Sıcak=HIP)
- Toz enjeksiyon kalıplama
- Toz haddeleme, Ekstrüzyon ve Dövme
- Kombine presleme ve sinterleme
- Sıcak presleme
- Kıvılcım sinterleme
- Sıvı faz sinterleme (Erime sıcaklıkları farklı iki tür tozun karıştırılması ve tozlardan birinin eritilmesi)



Şekil 16.15 - Toz haddeleme: (1) tozlar, bir ıslak şerit oluşturmak üzere sıkıştırma ruloları arasından beslenir; (2) sinterlenir; (3) soğuk haddelenir; ve (4) tekrar sinterlenir



Şekil 16.14 - Soğuk izostatik presleme (1) tozlar esnek bir kalıp içine yerleştirilir; (2) tozları sıkıştırmak için kalıba doğru hidrostatik basınç uygulanır; ve (3) basınç kaldırılır ve parça çıkarılır

Parçacık Etkileri

Sıkıştırılabilirlik, preslenme sırasında görünür yoğunlukta ham yoğunluğa değişmez ve genellikle 550 MPa gibi sabit bir basınçla ölçülür.

Parçacık boyutu sıkıştırılabilirliğin önemli bir faktörüdür. Küçük parçacıkların görünür yoğunluğu düşüktür genellikle serttir ve sıkıştırma sırasında hızlı iş sertleşmesine uğrar. Bu sebeplerden dolayı preslenmeleri daha zor olur.

Kalıpta presleme ile yüksek ham yoğunluğa sıkıştırılabilecek şekilde tasarlanmış tozlar genelde yumuşak ve büyüktür.

Küçük tozlar sıkıştırılmaya direnç gösterir bundan dolayı da nano ölçekli tozların sıkıştırılabilmeleri çok zordur. İç yapılarındaki gözenekleri direnç göstermesinden dolayı zor sıkıştırırlar. Aynı zamanda, küçük ve sünger tozlar kalıptan çıkartması sırasında, daha fazla yaylanma yapacağından çatlak oluşum ihtimali de fazladır.

- Ham mukavemet bağlayıcıdan veya parçacıkların temasından oluşur. Eğer parçacıklar yumuşaksa, bunlar temas noktalarında sıvanarak bağ meydana getirirler.
- Yüzeylerinde kirlilik bulunan tozların filmini kırmak için, daha yüksek sıkıştırma basıncına ihtiyaç vardır.
- Düzensiz yapıdaki tozlar, yüksek ham yoğunluğa sıkıştırıldığı zaman, parçacıklar soğuk kaynak olur ve mekanik olarak kilitlenir. Sıvama ve kilitlenme her ikisi de daha yüksek ham mukavemete katkıda bulunur.
- Yuvarlatılmış fakat düzensiz şekildeki parçacıklar daha iyi ham mukavemet verir. Bunlarda sinterlemeden sonra önemli mukavemet değerine ulaşır. Bundan dolayı, özellikle sert tozlarda ham mukavemeti arttırmak için polimer bağlayıcılar sıklıkla kullanılır.

KAYNAK TEKNOLOJİLERİ

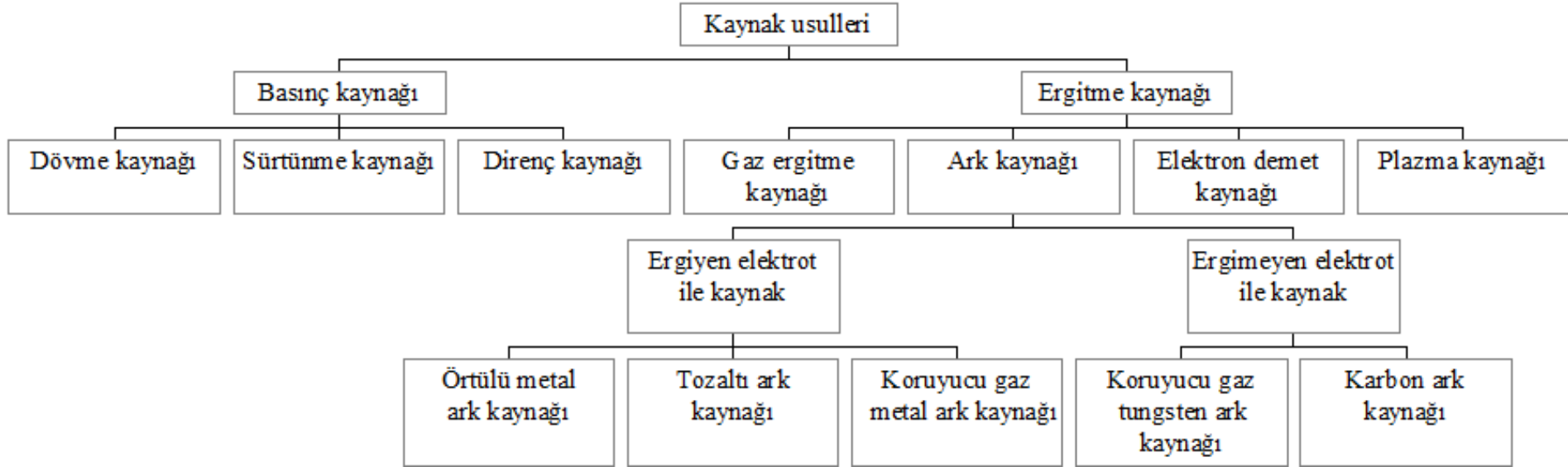
KAYNAK NEDİR?

Kaynak, malzemelerin kaynak bölgesinde ısı ve/veya basınç yardımıyla ilave malzeme kullanarak veya kullanmadan birleştirilmesidir.

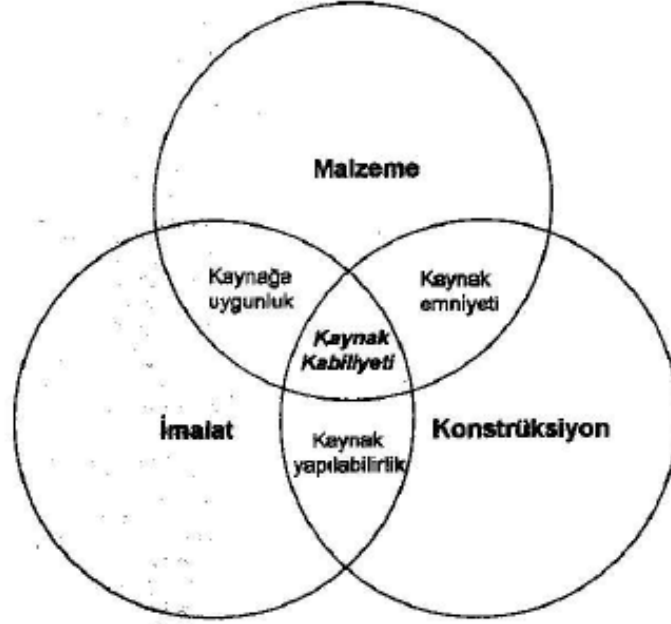
Kaynaklı yapı elemanlarının imalat amacı, mümkün olan en düşük maliyette imal edilmesi, fonksiyonunu tam olarak yerine getirmesi ve işletmede uzun süreli kullanılmasıdır.

Kaynakta, kaynak bölgesinin yerel özelliklerinin ve birleştirilen parçaların tüm konstrüksiyona etkilerinin önceden belirlenmiş koşulları sağlaması gerekir.

Başlıca Kaynak Metodları



KAYNAK KABİLİYETİ



1. Malzemelerin kaynağa uygunluğu
2. Konstrüksiyonun kaynak emniyeti
3. İmalatın kaynak yapılabirliği

Bir malzeme, eğer belirli konstrüksiyonve imalat ęeklindeki özellikleri, kendisinden beklenen her talebe uygun bir kaynak kalitesine ulaşabiliyorsa, o malzeme **kaynağa uygun** demektir.

Bir konstrüksiyon, eğer belirli bir malzeme ve imalat yöntemleri ile oluşturulduktan sonra, önceden tesbitedilmiş işletme şartları altında kendisinden beklenen fonksiyonları yerine getirebiliyorsa, **kaynak emniyetine** sahip demektir.

Bir kaynaklı imalat, belirli malzemelerden oluşturulmuş bir konstrüksiyon halinde, önceden tespit edilmiş imalat şartları altında kolayca imal edilebiliyorsa **kaynak yapılabilirliğe** sahip demektir.

Kaynak Kabiliyetini etkileyen faktörler

Malzeme (Kaynağa uygunluk)	Kimyasal bileşim	Sertleşme eğilimi Yaşlanma Gevrek kırılma Sıcak çatlama Kaynak metal katman oranı
	Metallerik özellikler	Segregasyon Katkılar Tane büyüme İçyapı Anizotropi
	Fiziksel özellikler	Genleşme özelliği Isıl iletkenlik Erime sıcaklığı Mukavemet Tokluk
Konstrüksiyon (Kaynak emniyeti)	Konstrüktif şekillendirme	Kuvvet hatlarının eğişi Dikişlerin konumu Parça kalınlığı Çentik etidal Rijitlik farklılıkları
	Gerilme durumu	Gerilmelerin tür ve şiddeti Gerilmelerin eksen sayısı Zorlanma hızı Sıcaldık Korozyon
İmalat (Kaynak yapılabillilik)	Kaynağa hazırlık	Kaynak yöntemi İlave malzemenin türü Birleştirme türü Ağuz biçimi Ön tavlama İklim koşulları
	Kaynağın uygulanması	Isı girdisi Isının uygulanışı Kaynak sırası
	Kaynakdan sonraki işlemler	Isıl işlem Tavlama Dekapaj, temizleme

Kaynak işleminde tatminkar bir kalitenin sağlanması şu sebeplerden dolayı güçtür;

1. Kaynak işlemi üretim sürecinde optimize edilmiş malzeme yapısına, sürekli olarak müdahale edilmesi demektir; çünkü termik olarak sınırlı içyapı dönüşümü, atmosferden gaz kapma, birleştirme yüzeyindeki katışıklar nedeniyle malzemenin mekanik-teknolojik özellikleri değişir.

2. Kaynak işlemleri günümüzde hala çoğunlukla elle veya ancak kısmen mekanize şekilde uygulanmaktadır. Bu nedenle mamullerin kalitesi diğer bir imalat yönteminde olmadığı kadar insana ve tekrarlanabilir performans açısından insanın yeteneklerine bağlıdır.

3. Kaynaklı birleştirmelerin kalitesinin değerlendirme imkanları sınırlıdır. Özellikle ergitme kaynağıyla birleştirilmiş kalın levhalarda, ayrıca iç köşeye bindirme dikişlerde, mevcut muayene yöntemleri tatminkar bilgi vermez.

Pratikte kaynak yeteneğinin ifadesi olarak “iyi kaynak edilebilir”,
kaynak edilebilir” ve “şartlı kaynak edilebilir” deyimleri
kullanılır. Bu deyimlerin anlamları çelik malzemeler için şöyle
ifade edilebilir:

İyi kaynak edilebilir: Malzemenin hiçbir ön ve son tavlamaya
gerek olmadan kaynak edilebileceğini ifade eder.

Kaynak edilebilir: Kaynak yapılacak malzemenin kalınlığı
arttıkça, bir ön tavlama gerekir.

Şartlı kaynak edilebilir: Bu tür malzemedede ya karbon oranı
yüksektir yada bileşiminde çeşitli alaşım elemanları vardır.
Kaynaklı bağlantının geçiş bölgesinde sertleşme ve çatlama
nedeniyle özel tedbirler alınmalıdır.

Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti

Yapı çeliklerinin kaynağında en önemli problem, sertlik artışı ve buna bağlı çatlama eğilimidir. Sertlik artışı öncelikle yapıdaki karbon içeriğine bağlıdır.

Isıl çevrimin sonucu olarak ITAB'da farklı mekanik özelliklere sahip malzeme bölgeleri ortaya çıkar. Kaynak dikişi geçiş bölgesinde martenzit oluşumu nedeniyle sertleşme ve dolayısıyla soğuk çatlaklar görülebilir. Bu durumu etkileyen en önemli faktörler:

- Karbon içeriği
- Alaşım elemanlarının içeriği
- Kaynak dikişi geçişindeki ısıl çevrim
- Hidrojen içeriği

Alaşımsız yada hafif alaşımlı yüksek mukavemetli bir çeliğe iyi bir kaynak yeteneğine sahiptir diyebilmek için aşağıdaki iki şartın bir arada bulunması gerekir:

- 1.**Kaynaktan önce ve sonra iyi bir sünekliğe sahip olmalıdır.
- 2.**Kaynak metali esas metal ile karıştığı zaman gevrek olmayan bir kimyasal bileşim sağlamalıdır.

Yapı çeliklerinin kaynağında, kaynağın sonucuna etki eden en önemli faktör esas metalin bileşimidir. Özellikle bileşimindeki karbon ve manganez oranı kaynak yeteneği bakımından çok önemli olup maksimum karbon oranı **%0,25** olarak tavsiye edilmiştir.

Manganez ve diğer alaşım elemanlarının kaynak yeteneği üzerindeki etkileri, karbon cinsinden ifade edilerek **“karbon eşdeğeri”** terimi ortaya atılmıştır.

Karbon eşdeğeri çeşitli şekillerde ifade edilmiştir. Uluslar arası kaynak cemiyetinin karbon eşdeğeri aşağıdaki ifadeyle verilmektedir:

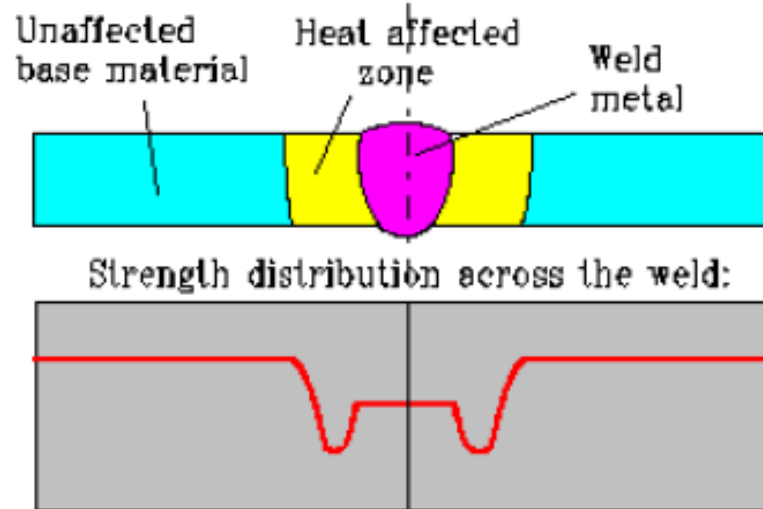
$$\%C_{eş} = \%C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Karbon eşdeğerinden faydalanılarak bir yapı çeliği için gerekli ön tavlama sıcaklığı aşağıdaki tabloda olduğu gibi tavsiye edilmiştir:

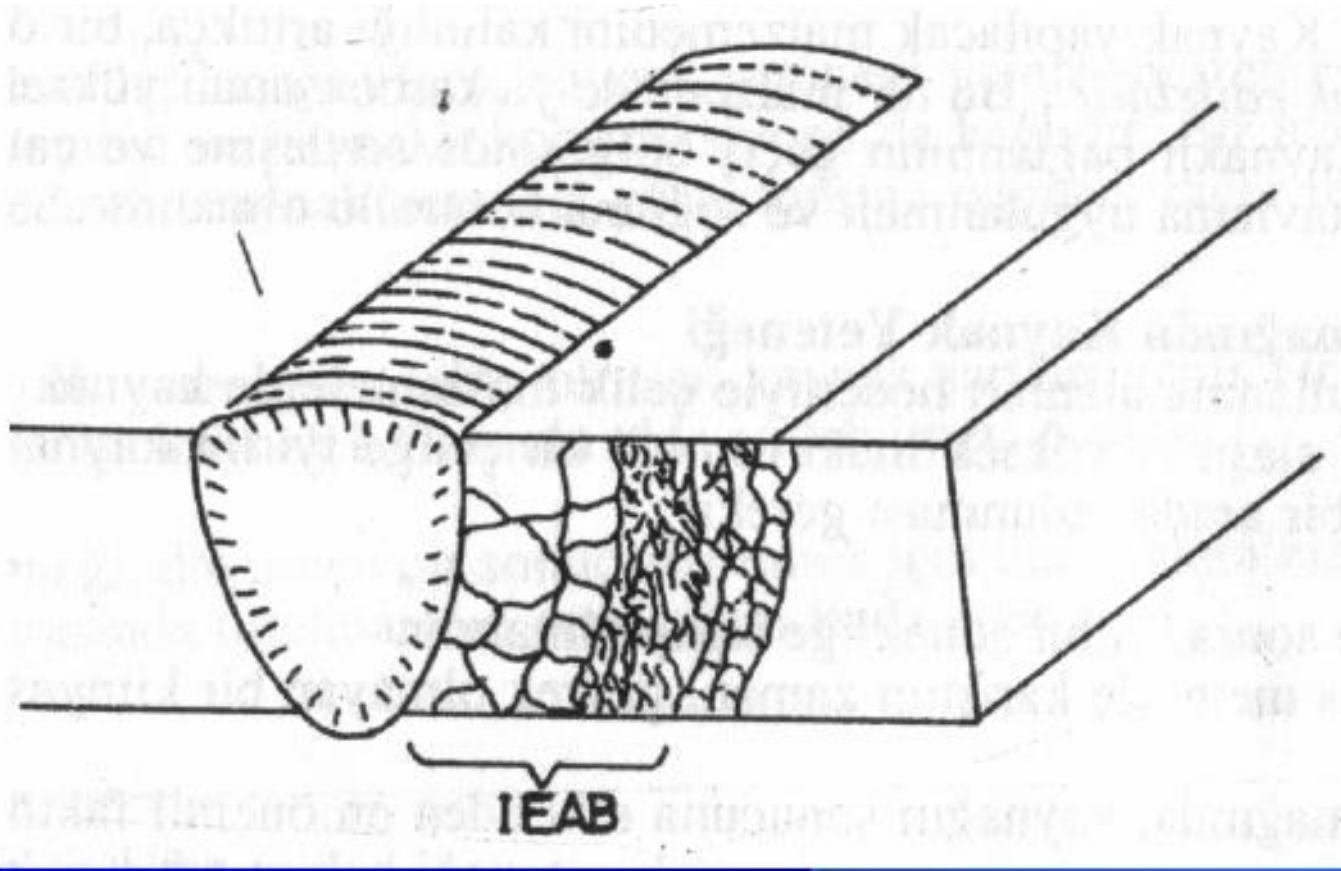
<u>Karbon eşdeğeri (%)</u>	<u>Ön tavlama sıcaklığı(°C)</u>
0,45'e kadar	gerek yok
0,45-0,60 arası	100-200
0,60'dan yukarı	200-300

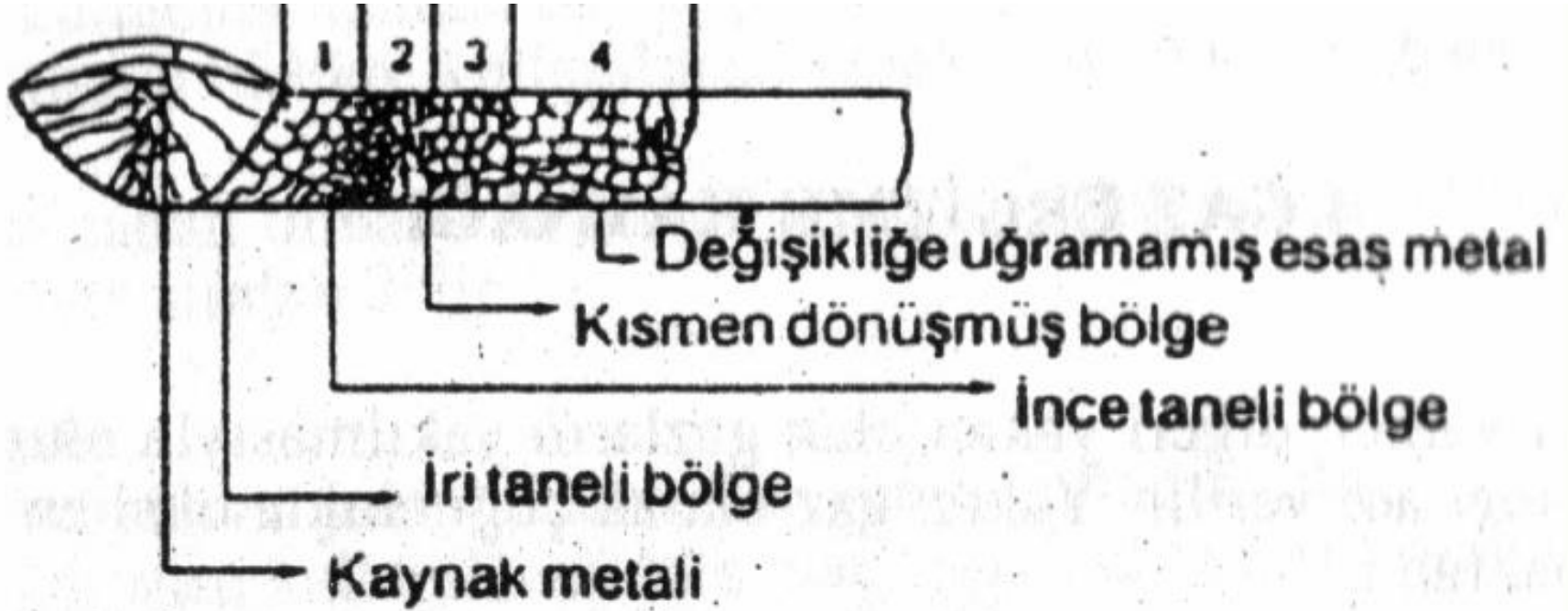
Kaynak Bölgesinin yapısı

Eritme kaynaklı bir birleştirmede oluşan yapı, eriyen metalden, eriyen ilave metalden ve esas metalin sınırlı bir ısının tesiri altındaki bölgesinden (ITAB) meydana gelir.

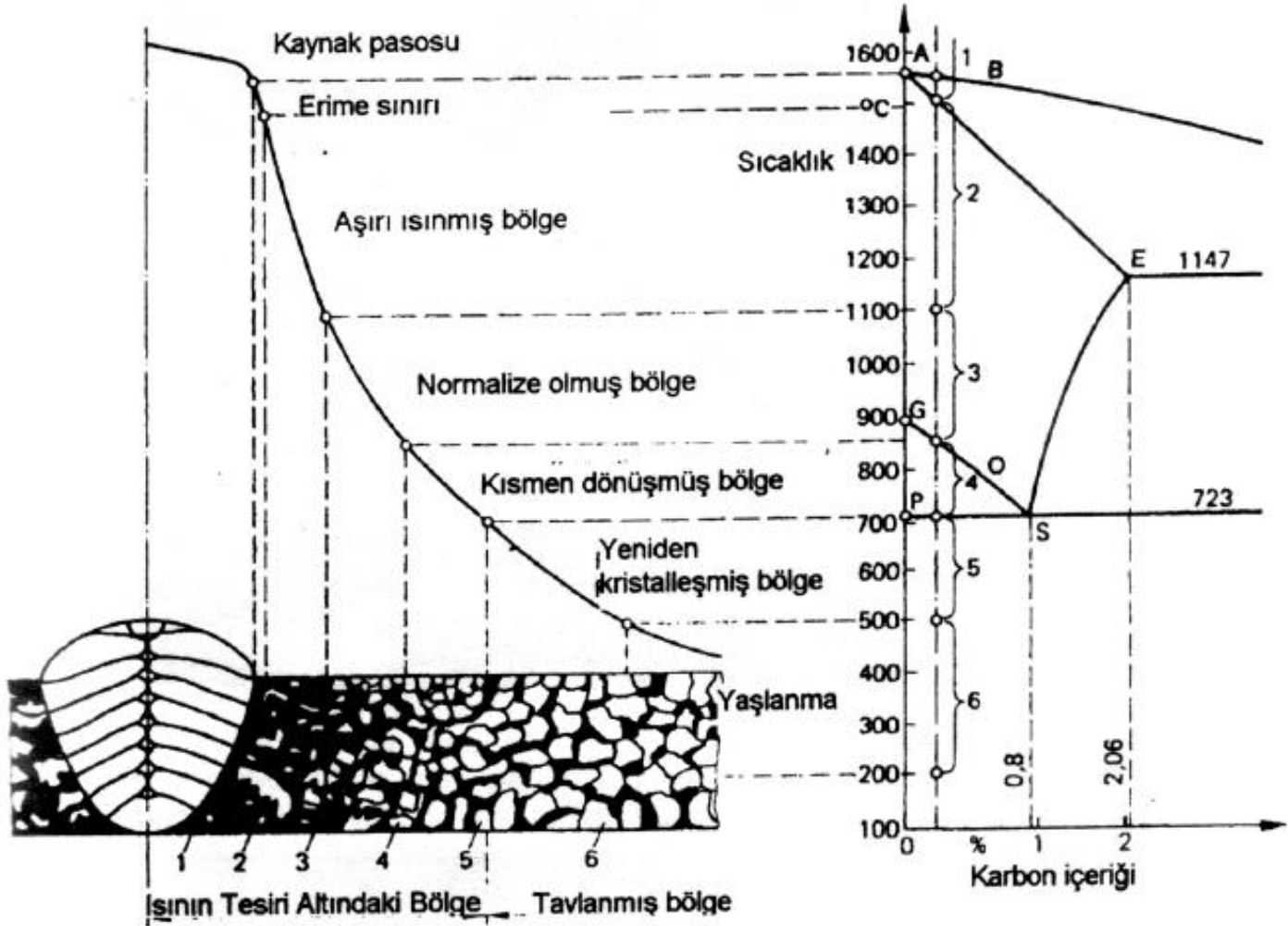


Isının etkisi altındaki bölge (IEAB)

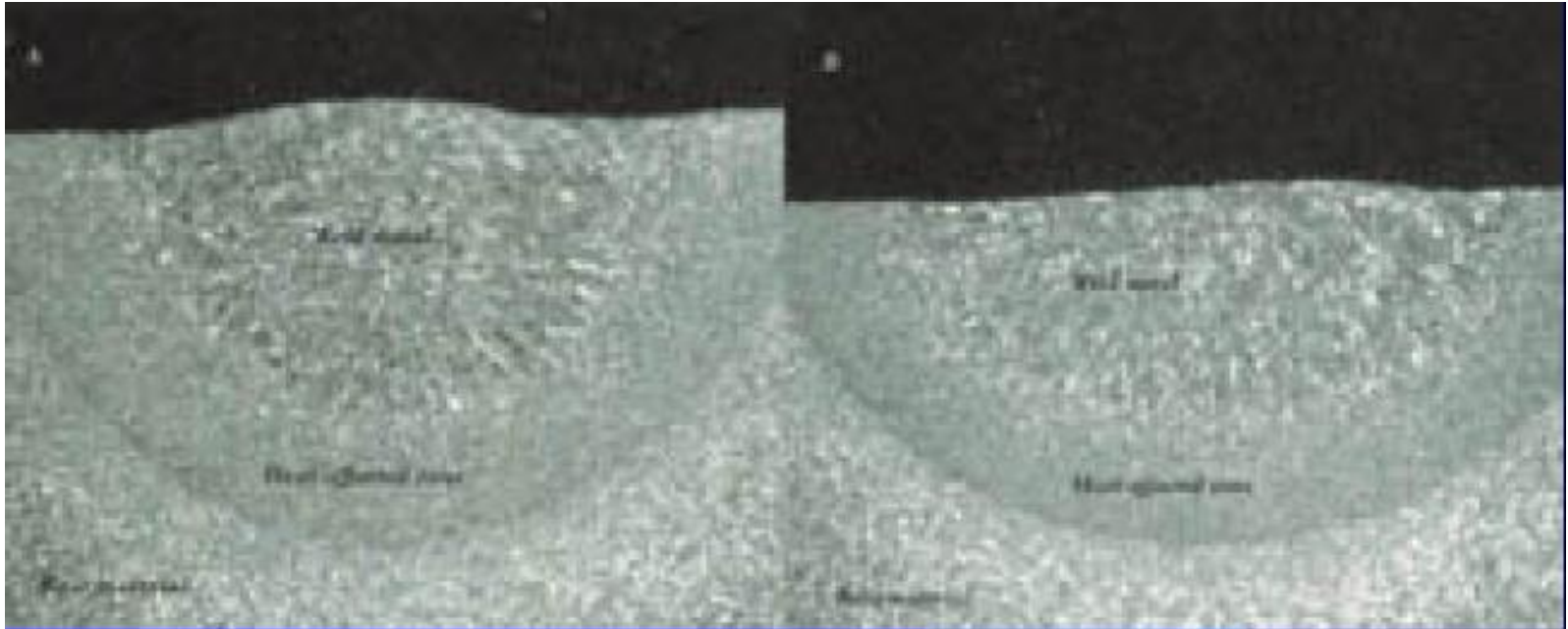




Alaşımsız çelikte tek pasolu bir ergitme kaynak işleminde kaynak bölgesinin yapısı



Kaynak mikroyapısı



GAZ ERGİTME KAYNAĞI

- Kaynak için gerekli ısının biri yanıcı, diğeri yakıcı olan gazların yakılmasıyla oluşan alevden faydalanılarak yapılan kaynağa gaz ergitme kaynağı adı verilir.
- Yakıcı gaz olarak oksijen kullanılır.
- Yanıcı gaz olarak, asetilen (C_2H_2), propan (C_3H_8), Metan (CH_4), doğal gaz gibi hidrokarbon bileşikleri de yanıcı gaz olarak kullanılabilir.



- Oksijen gazının saflık derecesi %99,5'tir ve tüplerde depolanır. Tüp basıncı 150-200 bar arasındadır. Tüplerin hacmi ise 40-50 litredir.
- Yanıcı gaz olarak çoğunlukla asetilen gazı kullanılır. Çünkü asetilen diğer gazalara oranla en yüksek alev gücünü verir. Bunun nedeni sadece yüksek ısı değeri değil, aynı zamanda asetilenin tutuşma hızının da en yüksek olmasıdır.
- Kalsiyum karbür ile su reaksiyonu sonucu asetilen gazı elde edilir.



- Günümüzde asetilen elik tüplerde depolanmış olarak kullanım yerlerine ulaştırılmaktadır.
- Asetilen basıncı 2,5 bar'ın üzerine çıktığında, patlayarak hidrojen ve karbona ayrıştığından tüplerin iç basıncı 1,5 bar'ı aşmaz.



Oksi-Asetilen Alevi



Oksijen basıncı 2,5 bar
Asetilen basıncı 0,5 bar ayarlanır.



Heat concentration (kJ/m³):

Acetylene



Total 54772
Primary 18890
Secondary 35882

LPG

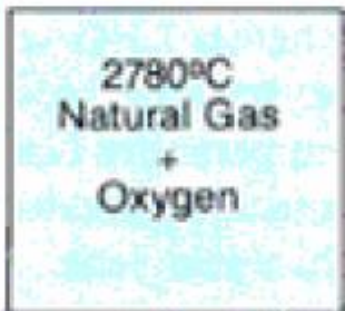
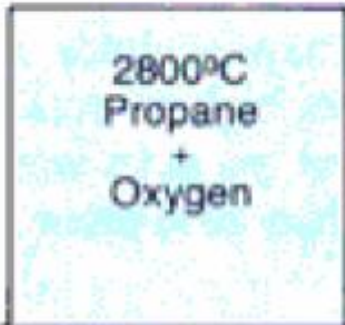


Total 95758
Primary 10433
Secondary 85325

Natural gas



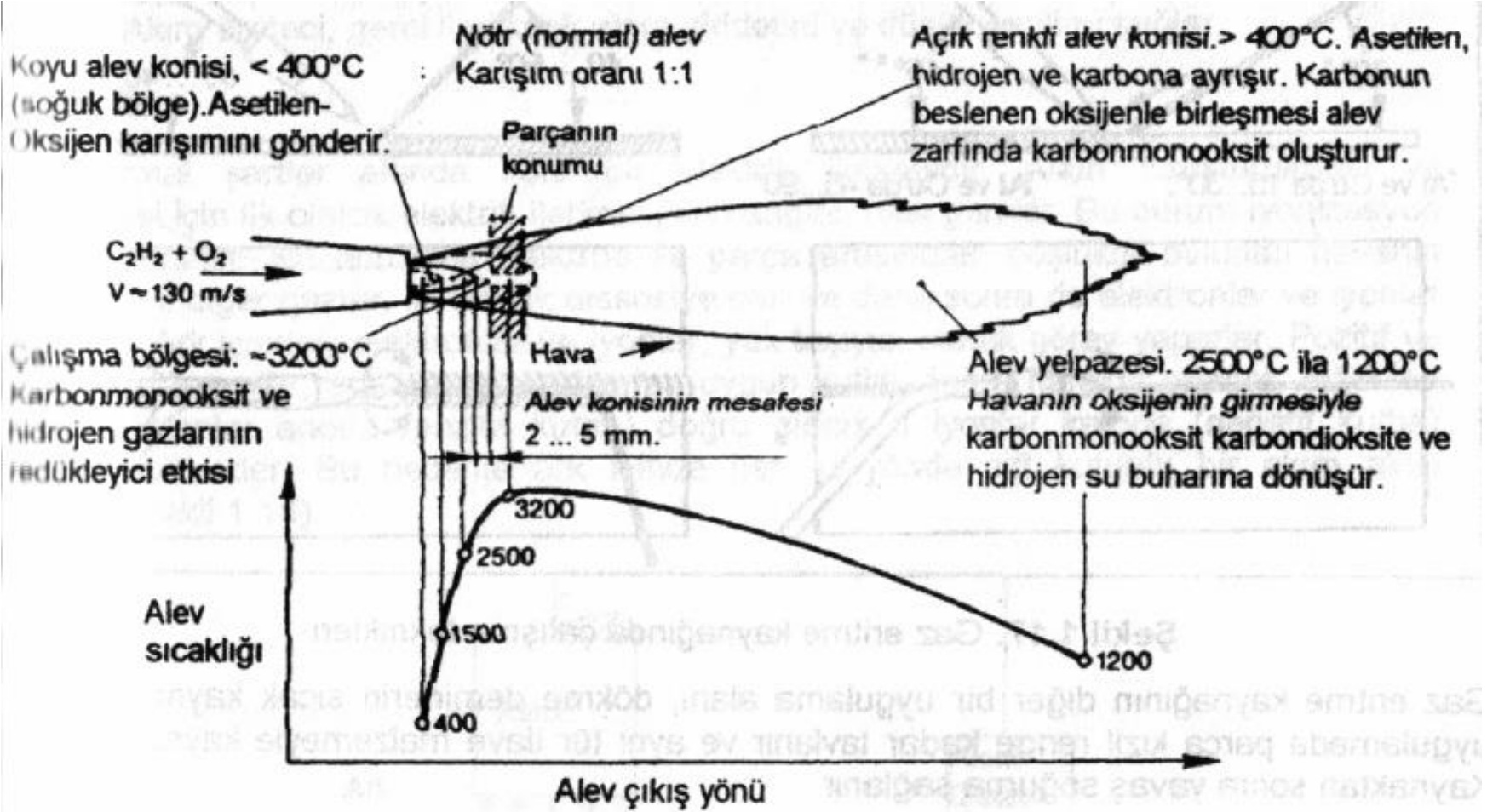
Total 37260
Primary 1490
Secondary 35770



Kaynak Üfleci



Normal alev



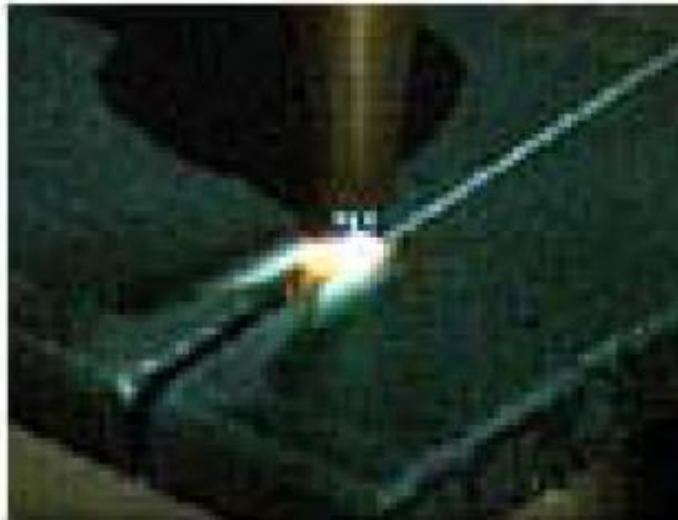
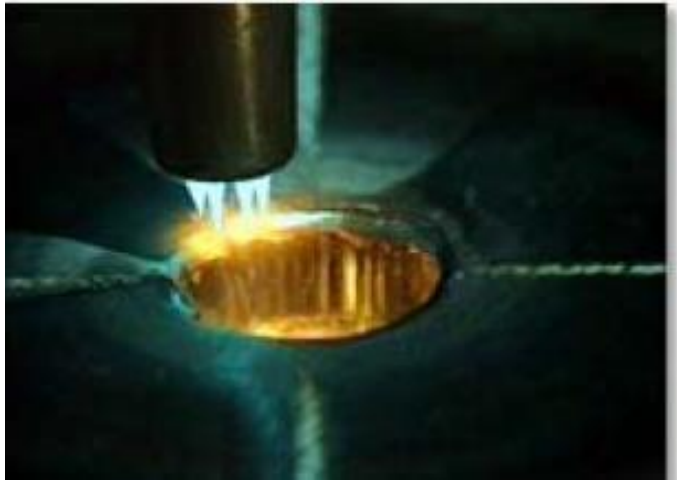
Oksi-asetilen alevi yanıcı gaz/oksijen oranına göre;

Oksitleyici (oksijeni fazla) alev

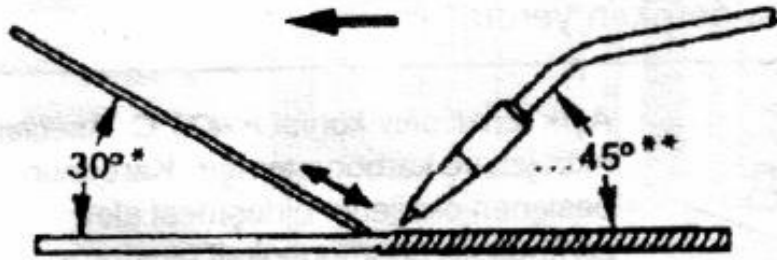
Nötr veya normal alev

Redükleyici (asetileni fazla) alev

olmak üzere üç gruba ayrılır.



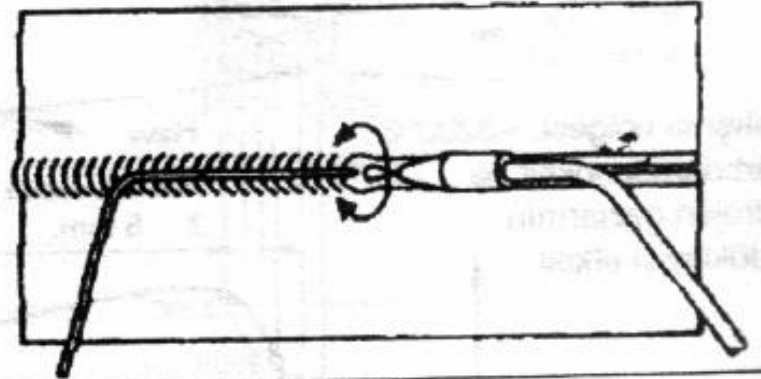
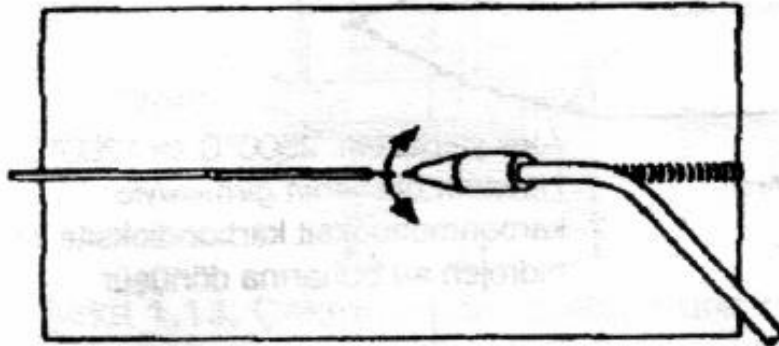
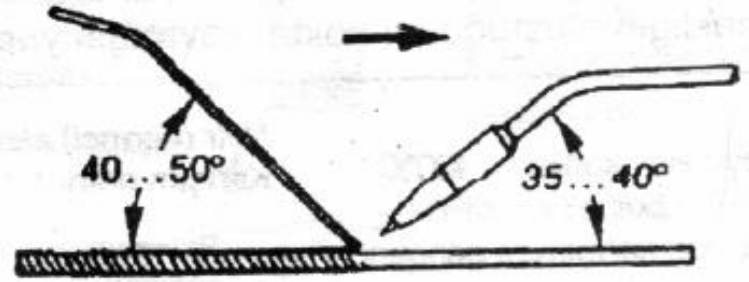
Kaynak yönü: Sola Kaynak

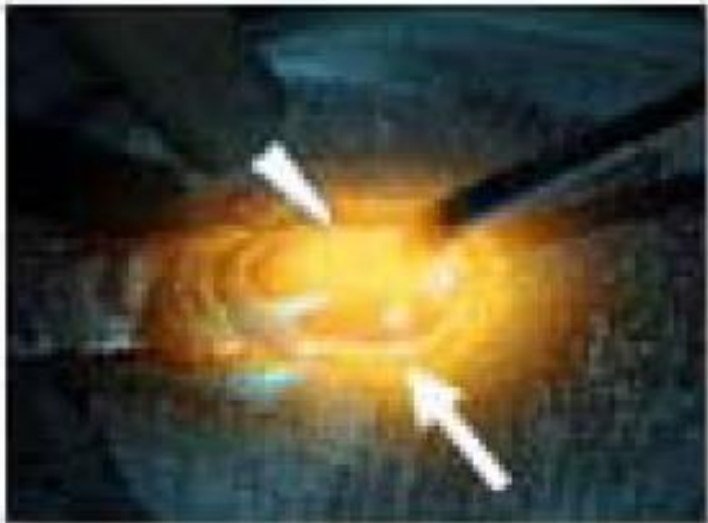
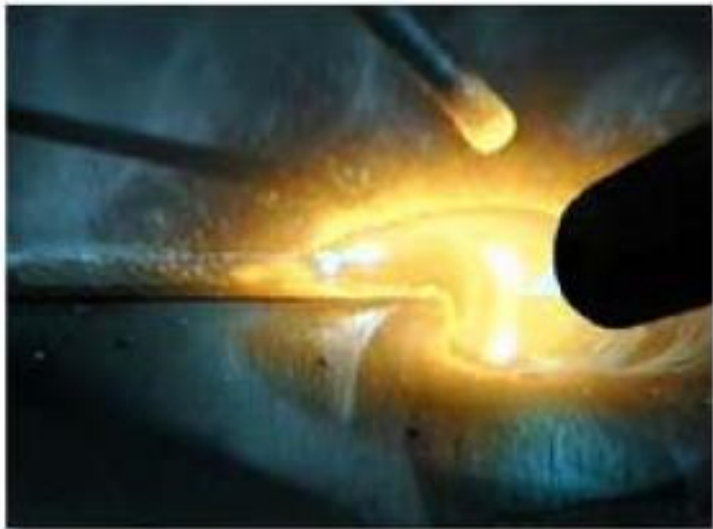


*Al ve Cu'da 15...30°;

**Al ve Cu'da 45...90°.

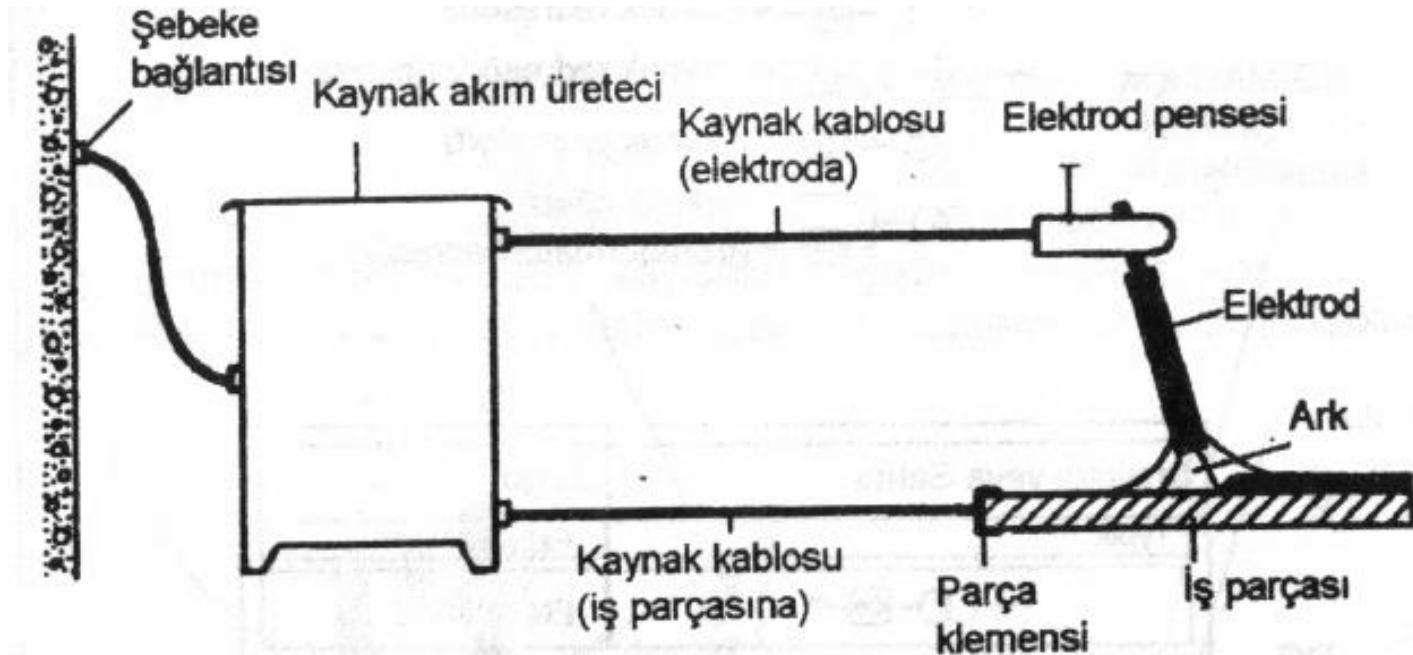
Kaynak yönü: Sağa Kaynak

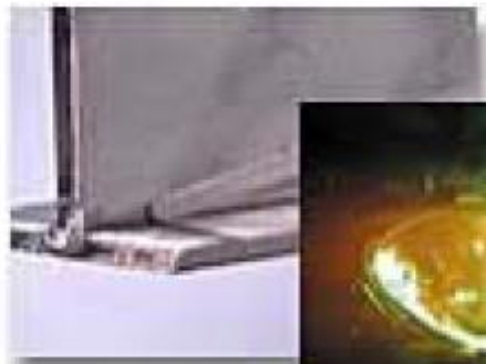
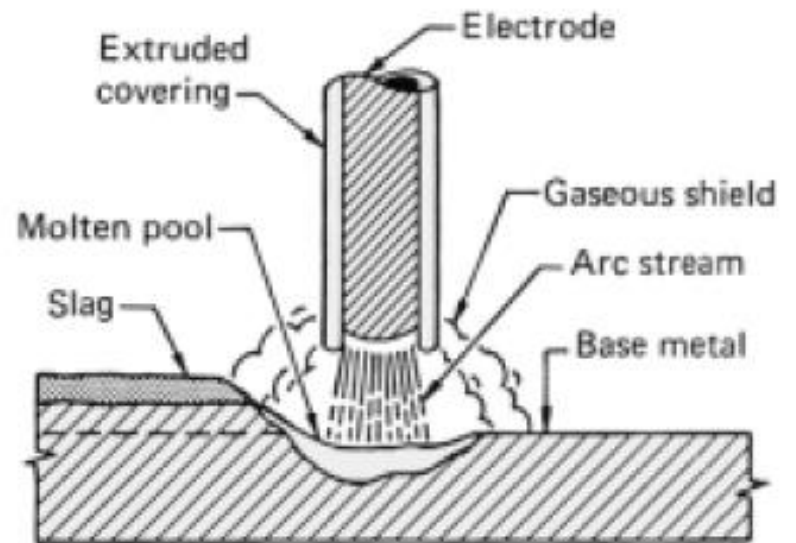




ELEKTRİK ARK KAYNAĞI

Kaynak için gerekli ısının elektrot ile iş parçası arasında oluşturulan ark aracılığıyla sağlandığı ergitme kaynak türüne *elektrik ark kaynağı* denir.





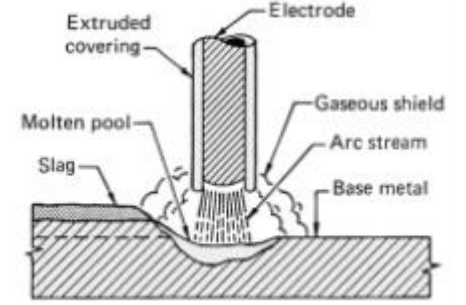
Kaynak Makinaları

Doğru akım kaynak makinaları: Kaynak jeneratörleri ve kaynak redresörleri tarafından sağlanır. Kaynak jeneratörleri trifaze şebekeye bağlı bir elektrik motoru ve kaynak dinamosundan meydana gelir.

Kaynak redresörleride bir transformator ve bir de redresörden meydana gelirler. Transformator şebeke akımını kaynak akımına çevirir; yani gerilimi düşürür, akım şiddetini yükseltir. Redresör ise kaynak akımını doğru akıma çevirir.

Alternatif akım kaynak makinaları: Bunlar kaynak transformatörleri olarak adlandırılırlar. Kaynak transformatörleri, gerilimi yüksek ve akım şiddeti düşük olan şebeke akımını, gerilimi düşük fakat akım şiddeti yüksek olan kaynak akımına çevirirler.

ELEKTROTLAR



Elektrot örtüsünün görevleri;

Arkın tutuşmasını ve sürdürülmesini sağlamak
Cüruf ve koruyucu gaz oluşturarak kaynak banyosunu korumak



ELEKTRODLAR dörde ayrılır;

1-KAYNAK YAPMA MAKSADINA GÖRE

A-) Birleştirme Kaynağı

İki veya daha fazla parçayı çözülmez bir bütün

haline getirmek yüksek dayanım değerine sahip tok ve sünek olmasıdır.

B-) Dolgu Kaynağı

İş parçası hacmindeki eksikliği tamamlamak veya

hacmi büyütmek ayrıca korozyona ve aşındırıcı tesirlere karşı koruma işlemidir.

3- ÖRTÜ TİPİNE GÖRE

- Rutil – Bazik
- Selülözik – Oksit
- Özel Kullanım

4- ÖRTÜ KALINLIĞINA GÖRE

A-) İnce Örtülü

Çekirdeğin Örtüye oranı %120 kadar.

B-) Orta Kalın

Çekirdeğin örtüye oranı %120 ile 155

C-) Kalın

Çekirdeğin örtüye oranı %155'ten yukarı

Örtülü Elektrot Çeşitleri

1. Rutil Elektrodlar
2. Selulozik Elektrodlar
3. Bazik Elektrodlar
4. Demir Tozlu Elektrodlar

1. RUTİL ELEKTRODLAR

- Bu tür elektrodlar örtü ağırlığının %35'ini Titandioksit oluşturur.
- İyi kaynak istenen genel amaçlı malzemeler için tavsiye edilir.
- Alternatif akım ve doğru akımda kaynak yapar.
- Örtü kalınlığı ince damlalar halinde ark içine taşınır bu da dikişin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkiler.
- Her pozisyonda kaynak yapar.
- Yumuşak ve sakin yanışıdır.
- Aralık doldurma kabiliyeti örtü kalınlaştıkça artar.
- Cürufu gayet kolay kalkar.
- Sıcak şekillendirme mümkündür.
- St 37' den St 42'ye kadar bütün çeliklerin kaynağında kullanılır.
- Rutil elektrodlar DC ve AC kutuplarında kullanılabilir.

2. SELÜLOZİK ELEKTRODLAR

Bu tür elektrodların örtüsünde, yüksek miktarda selüloz bulunur. Bu örtü türü, derin nufuziyetli bir ark ve yüksek dolgu organının oluşmasında etkili olur. Böylece yüksek kaynak hızlarında çalışma olanağı verir. Kaynak sırasında ek kaynak metali taşınımı damlalar halindedir ; curuf akıcıdır ve kolay temizlenir.

Bu tür elektrodlar ile yapılan kaynak dikişlerinin aralık doldurma kabiliyeti oldukça iyidir. Her Pozisyonda kaynağa uygundurlar. (özellikle yukarıdan aşağıya düşey)

Selülozik elektrodların belli başlı özellikleri
aşağıdaki gibi özetlenebilir ;

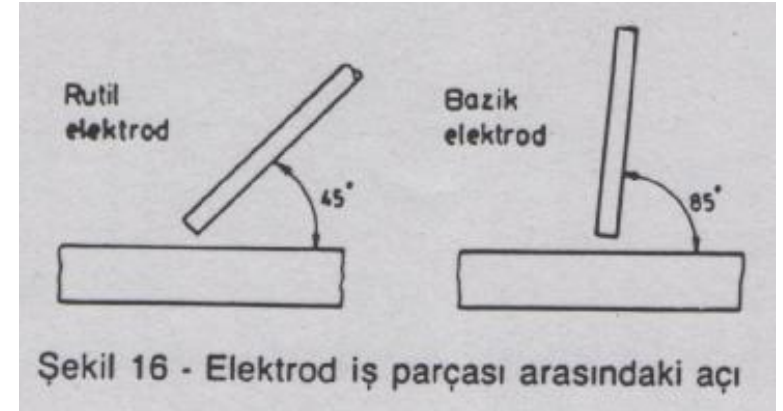
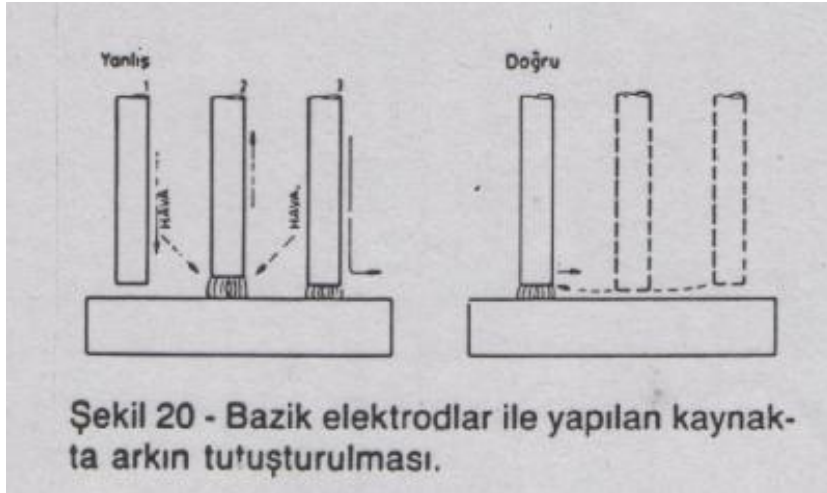
- Elektrodun kolayca bükülebilme özelliği
- Yukarıdan aşağıya kaynağa yatkınlık
- İyi mekanik özellikler
- Tüm pozisyonlarda derin nüfuziyetli kaynak
- Aralık doldurma kabiliyeti iyidir (kök pasalarda)
- St 37'den St 52'ye kadar tüm çeliklerin kaynağında kullanılabilir
- Curufu çok rahat ve temizdir
- Dikişi konkav şekilde pürüzlü ve şişkindir
- Ham petrol ve tabi gaz borularının kaynağında, gemi tank ve montaj işlerinde kullanılır

3. BAZİK ELEKTRODLAR

- Bu tür elektrodlar Kalsiyum Karbonat ve Kalsiyum Florür karbonatlardan oluşur.
- Örtü genellikle kalındır.
- Curufu daha akıcıdır.
- Pozisyon kaynaklarında Banyoyu daha iyi kontrol etmek mümkündür.
- Üretim aşamasında 400 –500 C kurutulur.
- Elektrod örtüsü Hidroskopi yapıya sahiptir.
- Kuru yerde saklanmaları önemlidir.
- Genelde Gemi inşa, Kazan, Basınçlı Kab, Makine, Çelik Konstürksiyon işlerinde kullanılır
- Yüksek mukavemet yüksek dikiş kalitesi çatlamaya karşı yüksek direnç sağlar

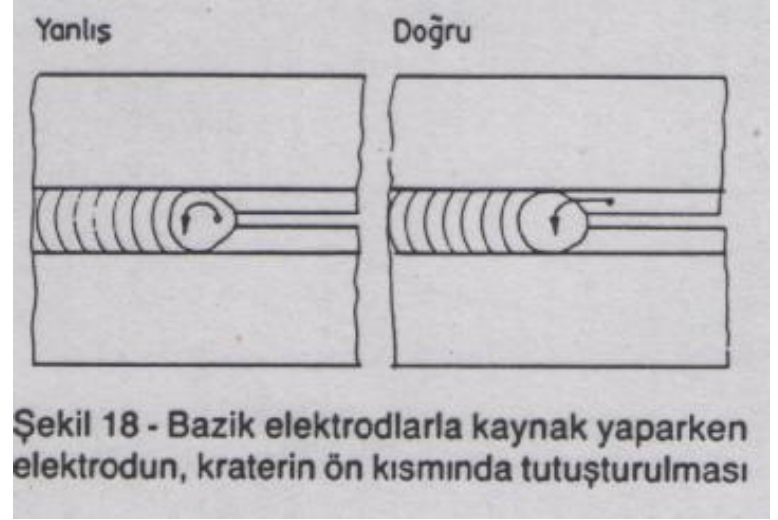
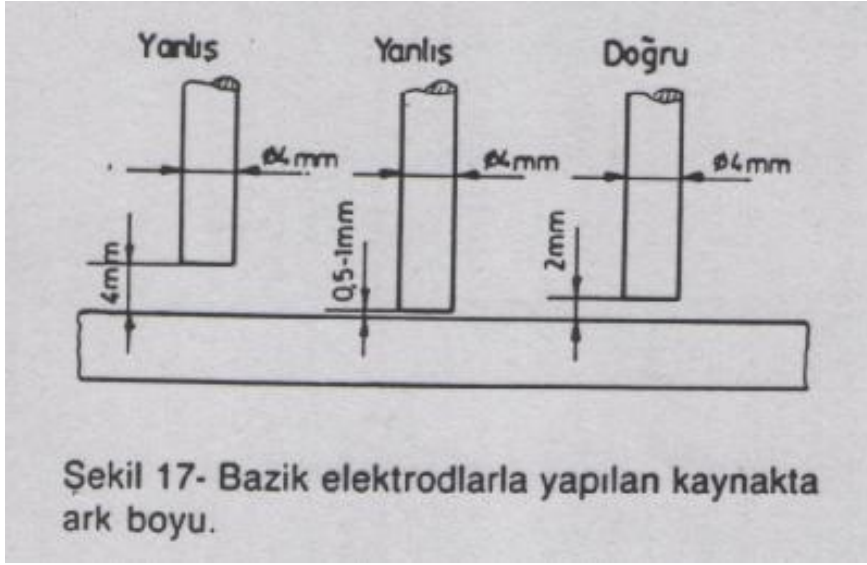
Bazik elektrod kullanılmadan önce dikkat edilecek hususlar

- Kullanılmadan önce elektrodu 300 C' de 2 saat fırınlanmalı
- Elektrod kibrit tutuşturulur gibi tutuşturulmalı



- Tutuşturma açısı 85 – 90 olmalı

- Ark boyu tel çapının yarısı kadar olmalı



- Kaynak hızı düşük tutulmalı
- Tutuşturma daha evvel çekilmiş kaynak dikişi üzerinde veya malzeme kenarında olmalı

4. DEMİR TOZLU ELEKTRODLAR

Bünyesinde Metal Tozlar katılmıştır.

Diğer tip elektrodalara göre kaynak metali dolgusu Demir tozundan ötürü çok yüksektir.

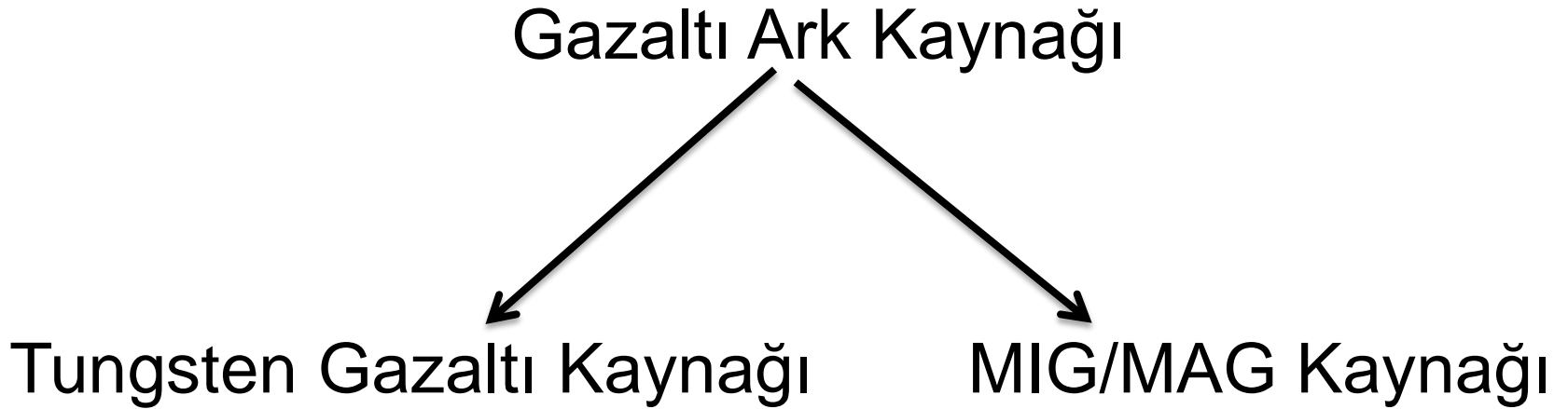
Curufu kolay temizlenir.

Yatay ve Korniş pozisyonlarında kaynak yapmak mümkündür.

Yüksek verimli elektrot olarak adlandırılır. Elektrot çekirdek telinin ağırlığından daha fazla kaynak dikişinin ağır olduğu görülür. Sıçraması yok denecek kadar azdır.

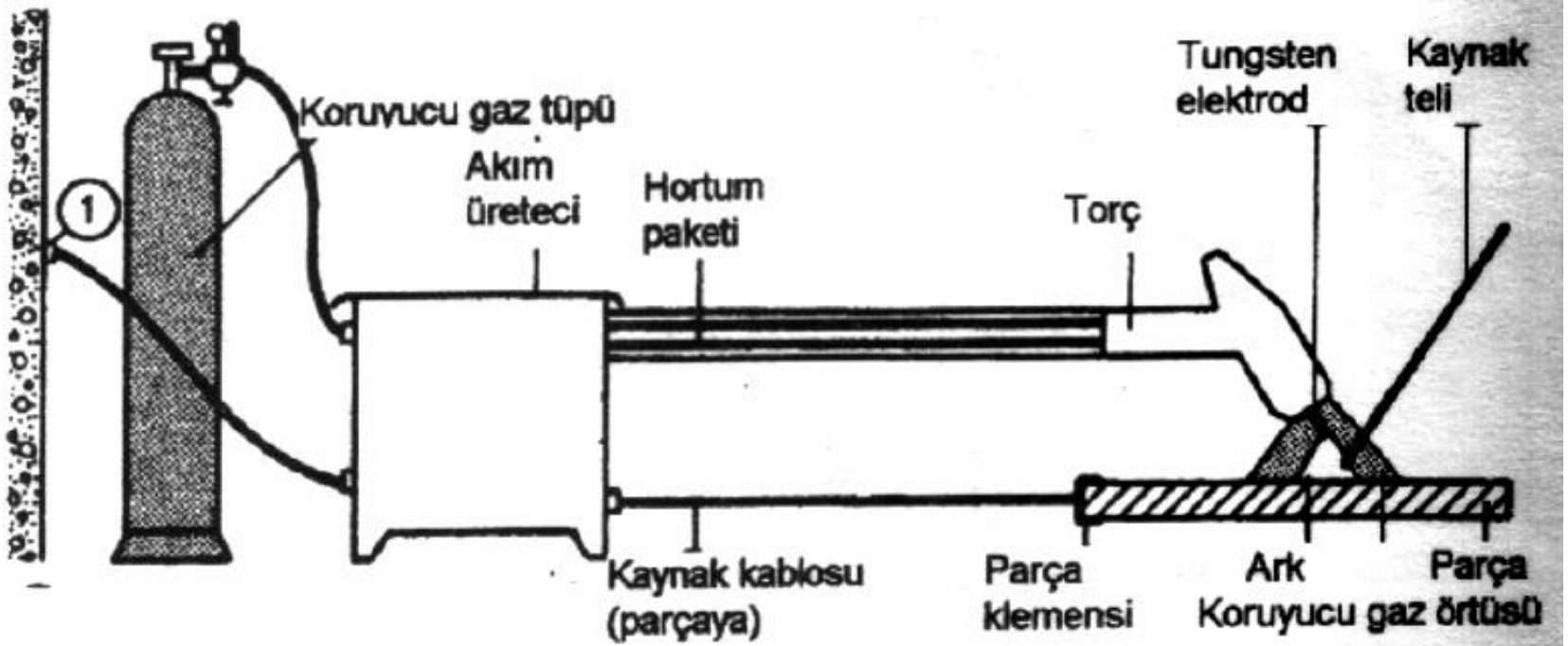
GAZALTI ARK KAYNAĞI

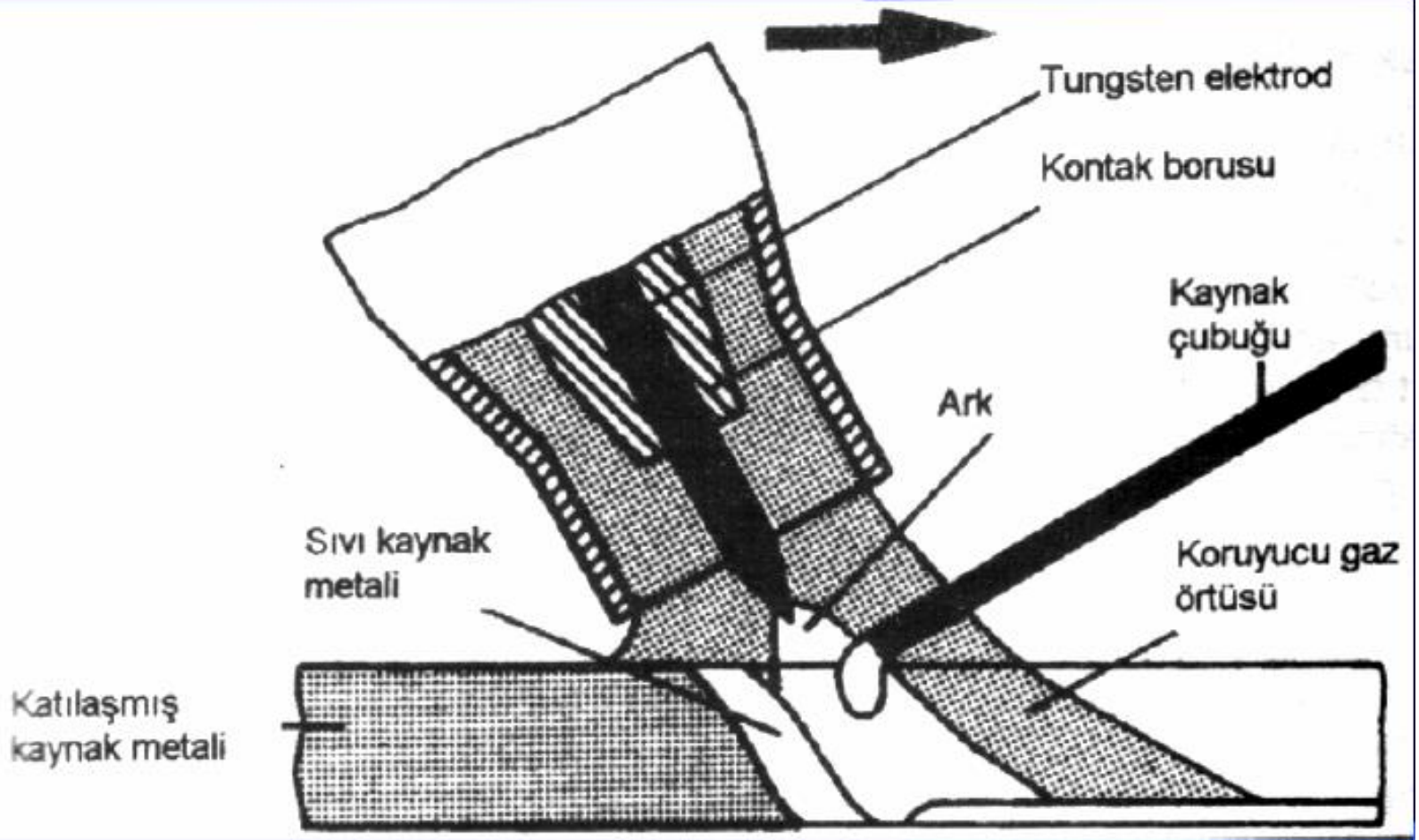
Kaynak bölgesinin bir koruyucu gaz yardımıyla korunduğu kaynak yöntemler grubudur.



Tungsten Inert Gaz (TIG) Kaynağı

Tungsten elektrot kullanılır.
Ark elektrot ile iş parçası arasında oluşturulur ve elektrot ergimez.





TIG kaynağına göre ark, özel bir torç yapısı tarafından sınırlanmış ve büzülmüştür.

Arkın sınırlanması, özel torç konstrüksiyonu sayesinde gerçekleşir. Bu mekanik sınırlamaya ek olarak, ark, meme dışından akan soğuk koruyucu gaz tarafından da termik olarak büzülür.

Plazma kaynak donanımı, TIG kaynak donanımına benzer. Akım üretici olarak redresör veya düşen statik karakteristikli dönüştürücü (inverter) kullanılır.

MIG/MAG Kaynağı

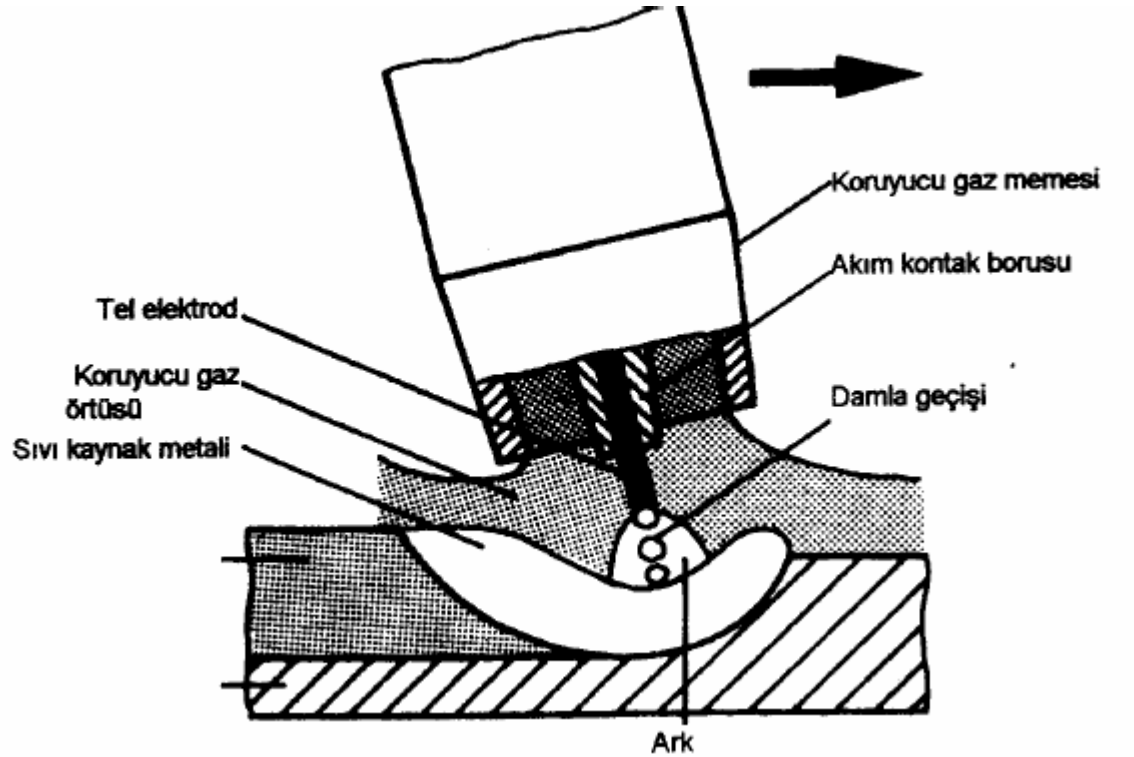
MIG / MAG kaynağı, koruyucu gaz kullanılarak yapılan (gaz altı) ark kaynak yöntemleri arasında yer alır.

Koruyucu gaz türüne göre;

metal inert gaz (MIG) veya ***metal aktif gaz (MAG)*** kaynağı olarak ayrılır.

MAG kaynağıda kendi içinde ayrıca kullanılan koruyucu gaz türüne göre ***MAGC (CO₂) kaynağı*** ve ***MAGM (karışım gaz) kaynağı*** olarak ikiye ayrılır.

Bu yöntemde ark, eriyen bir tel elektrot ile iş parçası arasında yanar; koruyucu gaz inert (soy) ve aktif olabilir. Bir tel makarasından gelen tel, torca iletilir. Telin bu dış ucunda akım kontak borusu yer alır. Kontak borusu, gaz memesinin içinde eş eksenli olarak bulunur. Ark ve kaynak bölgesi, gaz memesinden çıkan koruyucu gaz tarafından örtülür.



MIG/MAG Kaynağında Kullanılan Elektrodlar:

Alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan teller arasındaki esas fark, içlerindeki Mn ve Si miktarında kaynaklanır.

Bu elemanlar, kaynak metalinin deoksidasyonu için gereklidir. Ancak kaynak banyosunun akıcılığını ve dolayısıyla kaynağın özelliklerini de etkilerler.

Çapları 0.6 mm'den 6 mm'ye kadar değişir.

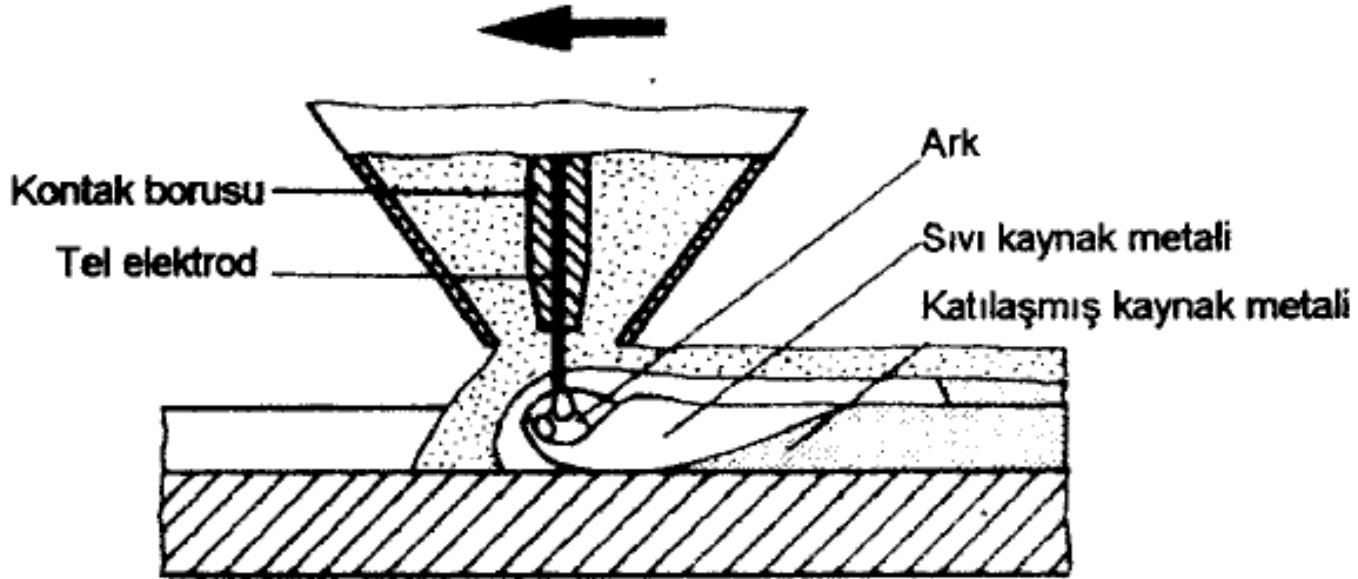
Alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan teller bakır kaplıdır.

Bakır kaplama genellikle gözeneklidir ve korozyona karşı özel bir koruma sağlamaz.

Ancak iletme motorunun ruloları arasından geçişini kolaylaştırır ve akım iletimini iyileştirir. Özlü teller boru şeklindeki tellerdir. İçlerinde curuf ve koruyucu gaz oluşturan maddeler bulunur.

TOZ ALTI ARK KAYNAĞI

Toz altı kaynağında, tel veya bant şeklindeki elektrotlar serbest olarak akan toz ile örtülen ark tarafından eritilmektedir. Ark, erimiş toz tarafından oluşturulan cüruflar içinde yanmaktadır.



Tek telli tozaltı kaynağının prensibi

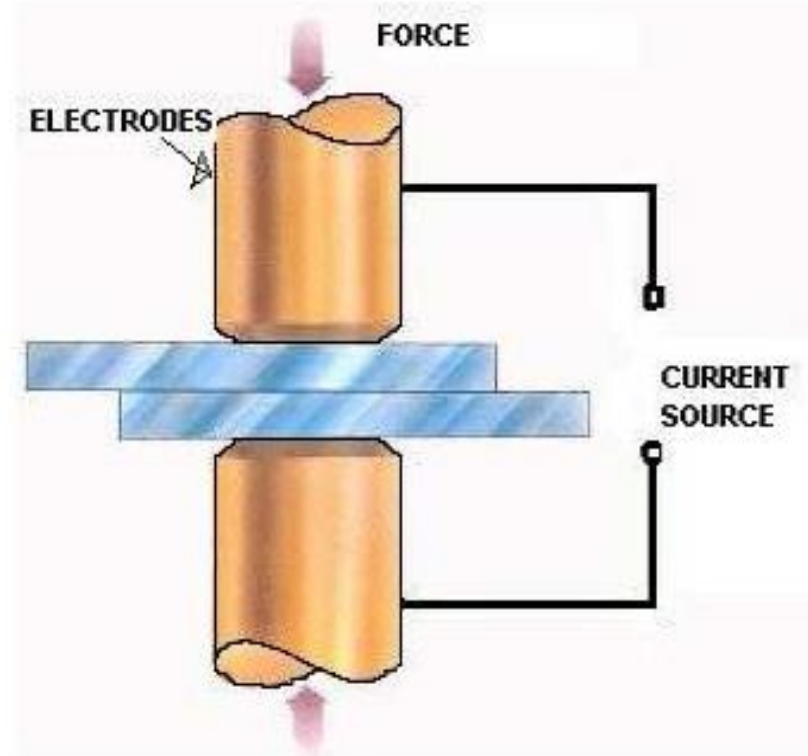
- Bir tel makarasından sağılan tel elektrot, toz yuğununun içine girer. Ark, ya esas metale temas yoluyla yada yüksek gerilim darbeleriyle tutuşturulur ve aynı anda hem esas metali, hem ilave teli hem de çevresindeki kaynak tozunu eritir.
- Eriyen kaynak tozundan oluşan kaynak gazları, basınçları nedeniyle arkın çevresinde bir boşluk oluşturur.
- Tel bu boşlukta erir ve damlalar halinde kaynak metaline geçer.
- Tozun eriyen kısmı, ark ilerledikçe kaynak banyosunun hemen arkasında katılaşarak cüruf oluşturur.
- Erimeyen toz kütlesi, belirli bir mesafe geriden kaynak kafasını takip eden bir emici hortum tarafından emilerek toz haznesine geri doldurulur.

- Toz altı kaynak telleri esas olarak Mn içeriklerine göre gruplandırılır. Ancak başka alaşım elemanlarıda içerebilirler.
- Çapları 1.2 mm'den 8 mm'ye kadardır. En yaygın kullanılanları 2.5, 3, 4 ve 5 mm'dir.
- Toz altı kaynağında özlü teller ve band elektrotlarda kullanılmaktadır. Özlü teller genellikle düşük alaşımli metal tozları içerir.
- Band elektrotlar ise kaplama amacıyla kullanılır. Dolu band elektrotların en yaygın genişlikleri 10 ila 15 mm arasındadır.

DİRENÇ (NOKTA) KAYNAĞI

Direnç kaynağında kaynak için gerekli olan ısı, elektrik akımının kaynak bölgesinden geçişi sırasında malzemenin akıma karşı gösterdiği elektriksel direnç nedeniyle ortaya çıkan ısıdır.

Kaynak işlemi basınç uygulayarak veya uygulamadan ve ilave metal kullanılarak yada kullanılmadan yapılabilmektedir.



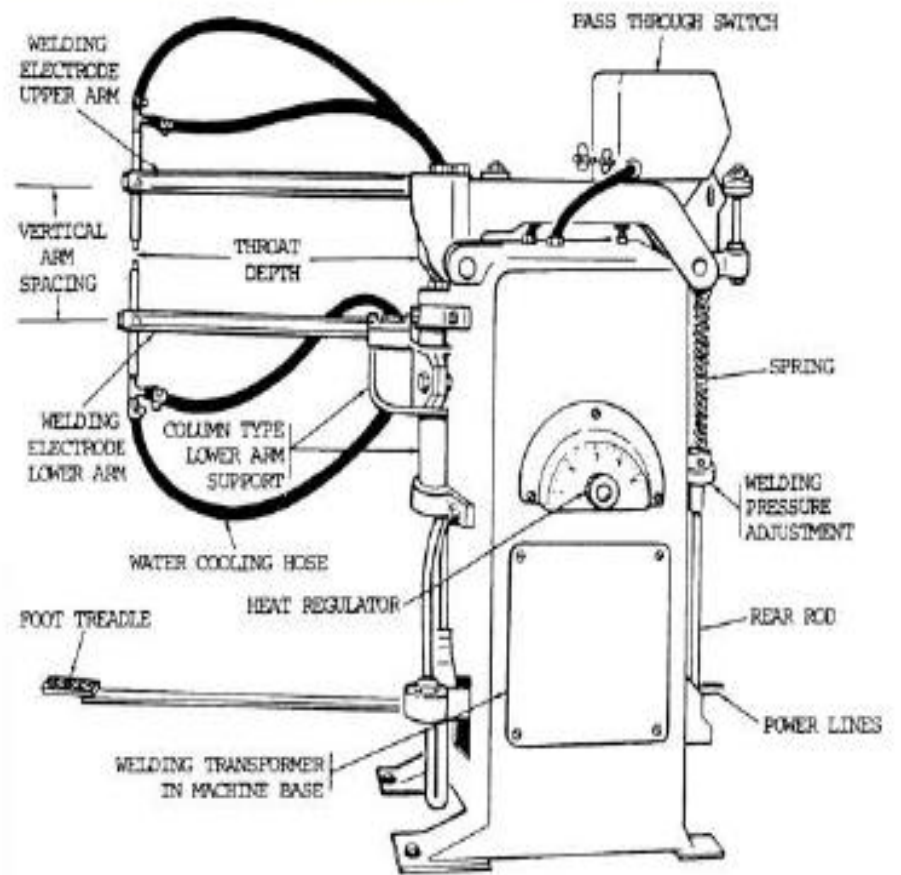
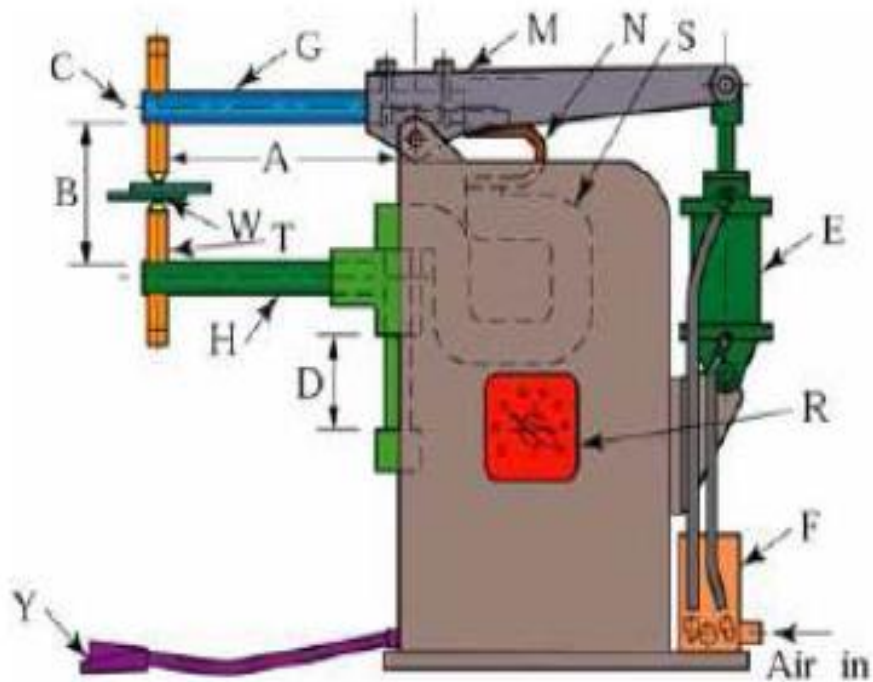


Figure 5-39. Resistance spot welding machine and accessories.



Taşınabilir



Sabit

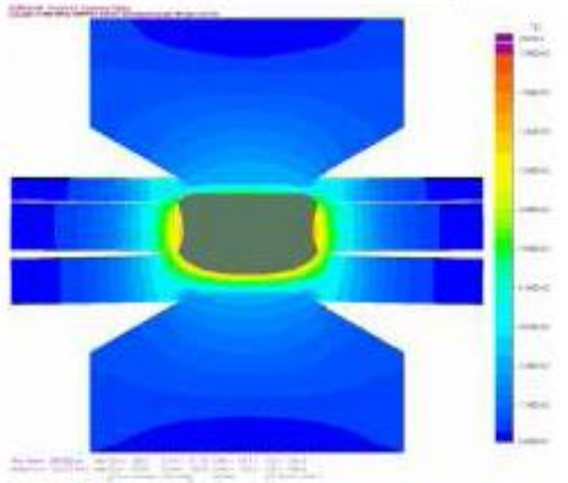
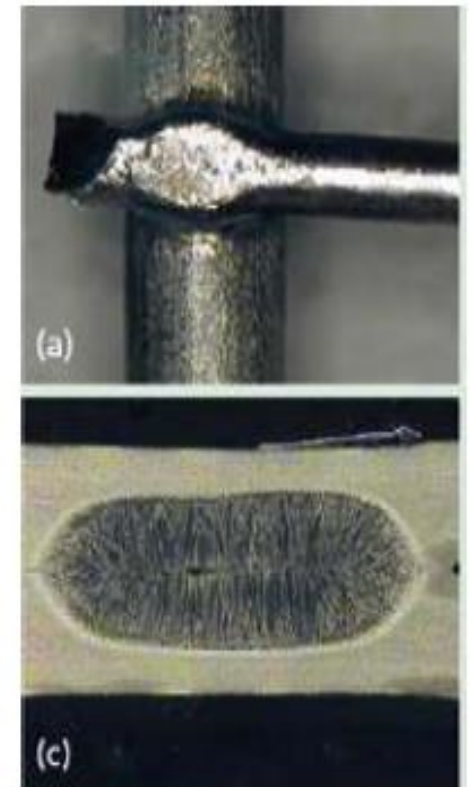
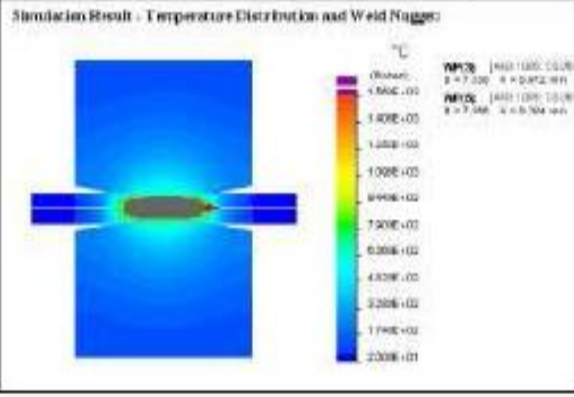
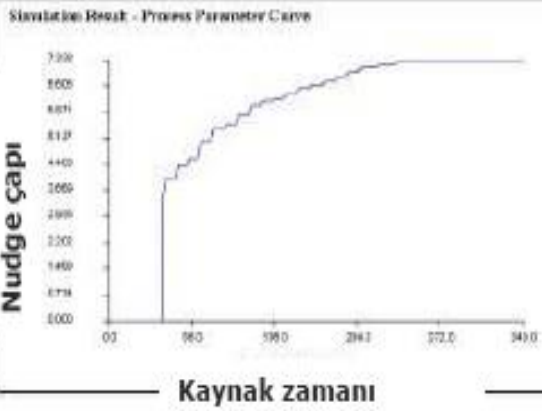
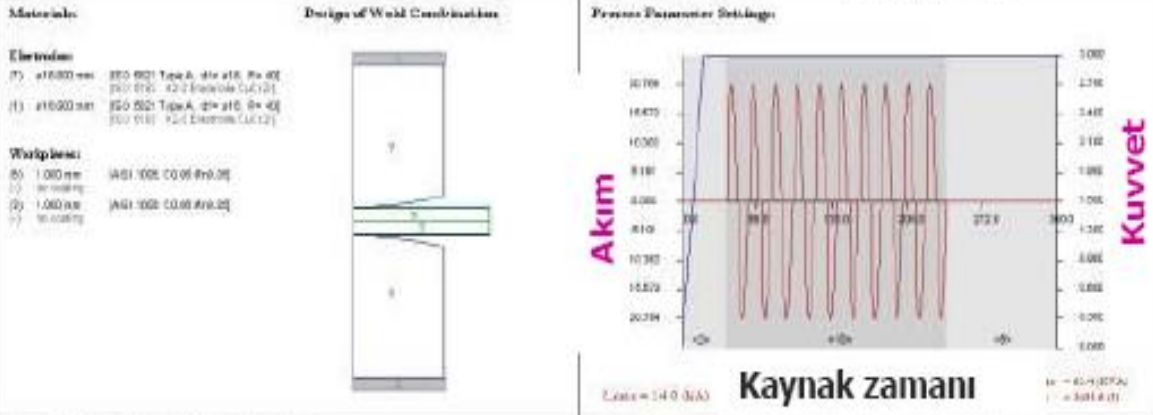
Simülasyon için: SORPAS (R) Version 7.0

Simülasyon Tarihi: 01-03-2024 09:30:00

Report of Simulation

Proje Adı: C:\SORPAS 7.0 Enterprise\Workshop\Job\New_7004_000_001
 Problem ID: Example 1
 Yazar:

Simülasyon Süresi: 0:05:24
 Eleman Sayısı: 450



DİKİŞ KAYNAĞI

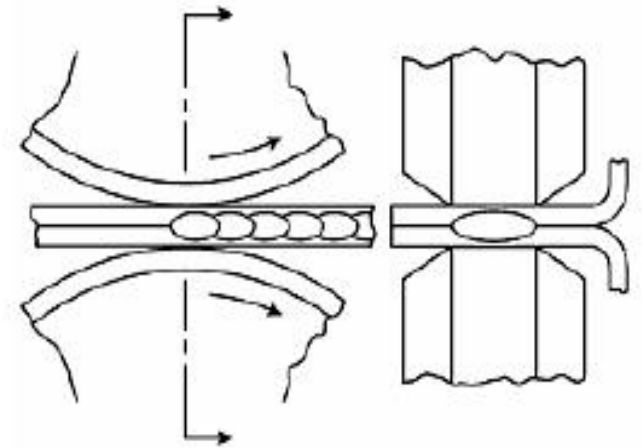
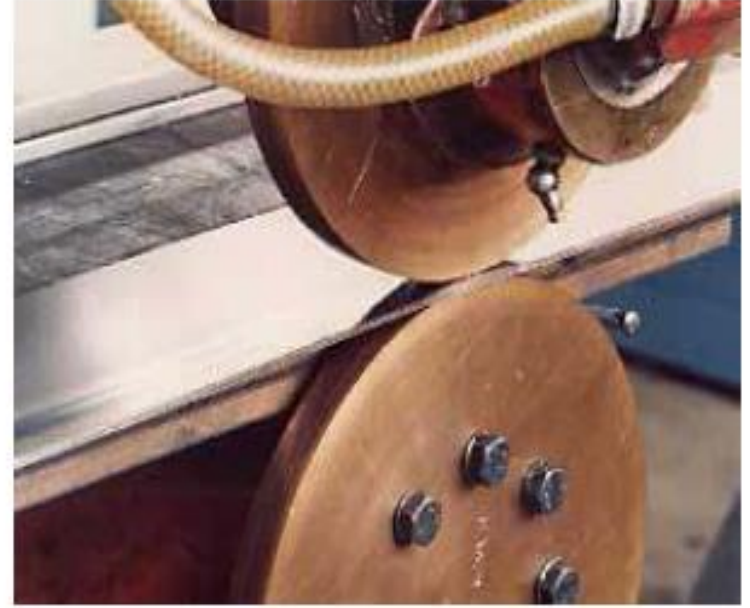
Dikiş kaynağı, direnç kaynağının bir benzer uygulamasıdır.

Elektrot çubuklar yerine kendi ekseninde dönen bakır tekerlekler kullanılmaktadır.

Bir anlamda direnç kaynağının sürekli formda gerçekleştirilmesidir.

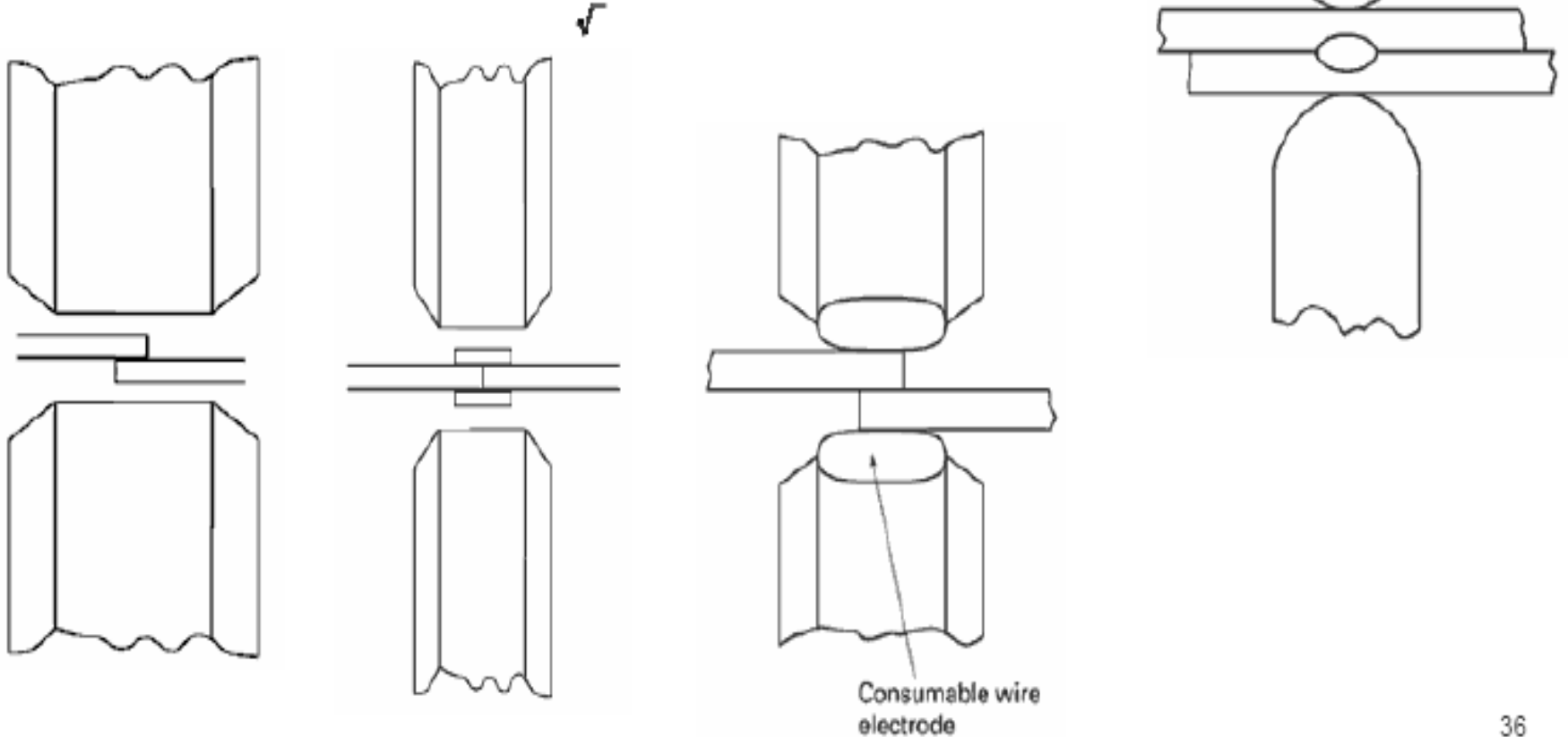
Bakır tekerlekler iş parçası üzerine sabit basınç uygular ve kendi etrafında belirli bir hızda döner.

Kaynak akımı belirli aralıklarla uygulanabildiği gibi sürekli olarak ta uygulanabilir.



—
Tekerleklere ait genişlik genellikle 5t (Sac malzeme kalınlığının 5 katı) kadar alınır.

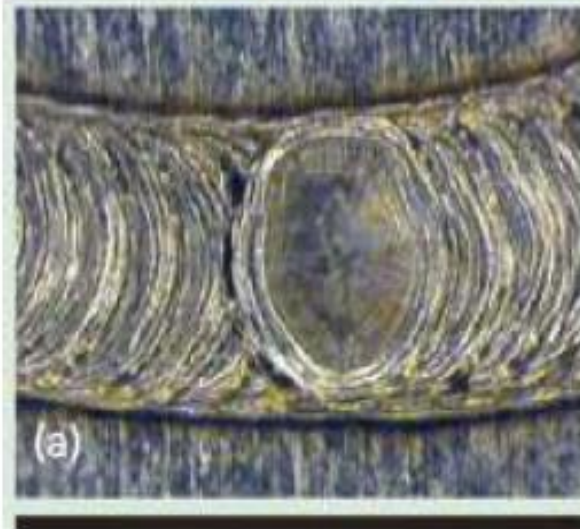
Dikiş kaynağında farklı geometrilere sahip bakır tekerler de kullanılabilir.



Dikiş kaynak makinesi ile sacların birleştirilmesi



Dikiş kaynak makinesi

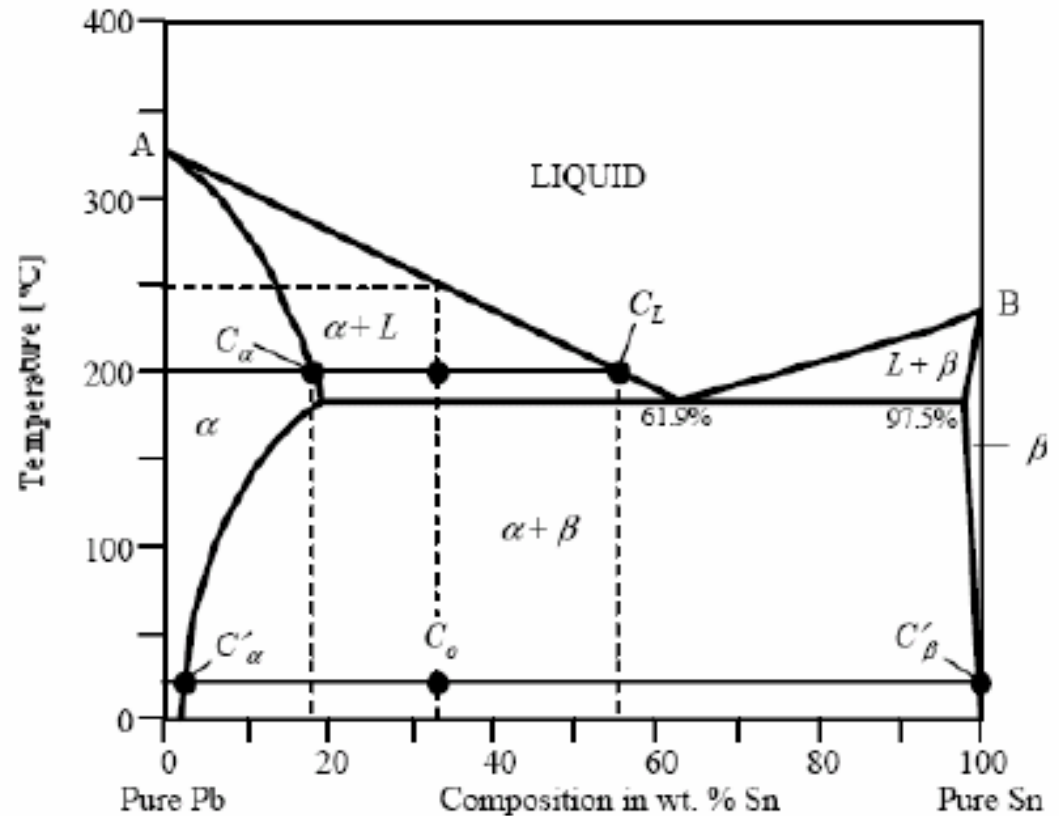
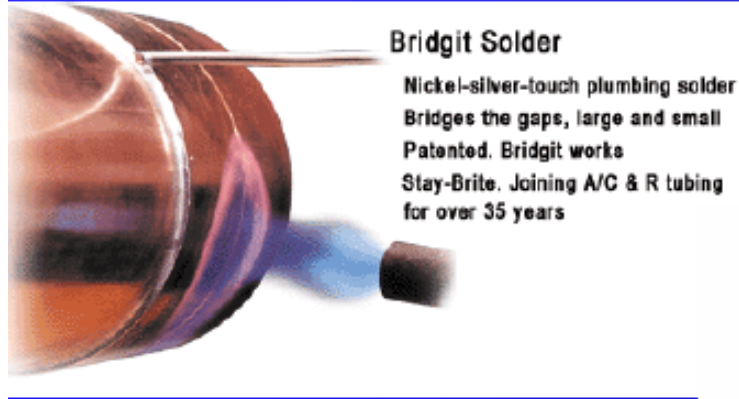


Dikiş kaynağına ait mikroskopik görünüm

LEHİM LEME

LEHİMLEME

İki metalik malzeme; kendileri erimeden, erime derecesi daha düşük olan bir ilave malzemenin (lehim alaşımının) eritilmesiyle birleştirilir, bu işleme "**lehimleme**" adı verilir.



Lehimlemenin sınıflandırılması

Lehim işlemi, lehimleme sıcaklığı ve lehimleme aralığına göre tasnif edilir:

A-) Lehimleme sıcaklığına göre

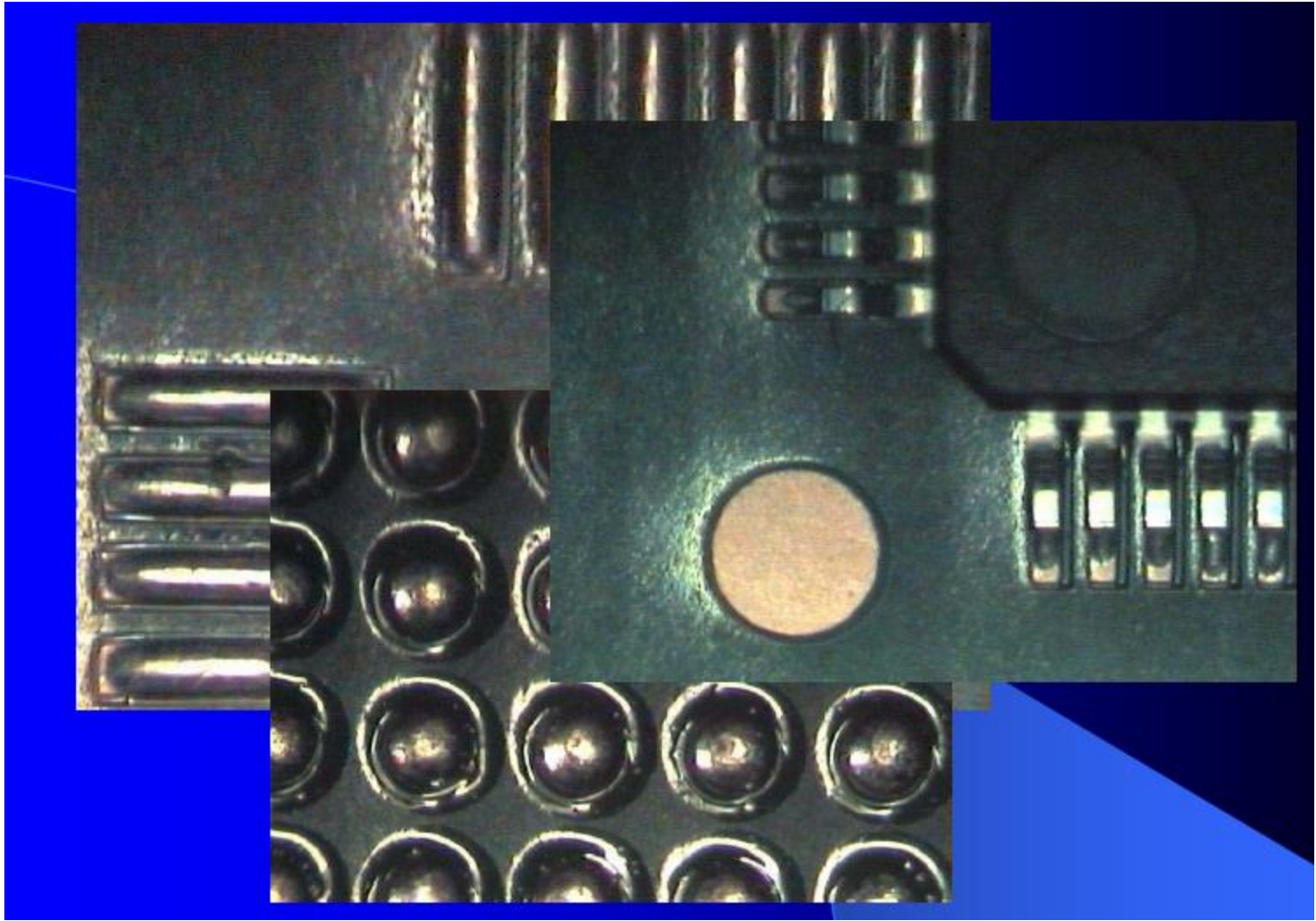
- a-) Yumuşak lehimleme
- b-) Sert lehimleme

B-) Lehimleme aralığına göre

- a-) Kapiler lehimleme
- b-) Lehim kaynağı

Erime sıcaklığı, 450 °C nin altında bulunan lehim alaşımlarıyla yapılan birleştirmeye yumuşak lehimleme, 450°C nin üstünde bulunan lehim alaşımlarıyla yapılan birleştirmeye de "**sert lehimleme**" adı verilir.

Birleştirilecek parçalar arasındaki açıklık 0,1 mm civarında ise, **kapiler lehimleme**; parçalara (V) veya (X) ağzı açılarak yapılan lehimlemeye de **lehim kaynağı** adı verilir.



Dekapanlar ve lehim alaşımları

Dekapanlar

Genel olarak havada kalan metalik yüzeylerde bir oksit tabakası teşekkül eder. Lehimleme esnasında sıvı haldeki lehim alaşımının birleşme sağlayabilmesi için, yüzeylerin temiz ve oksitsiz olması gerekir. Bu sebepten lehimleme işleminde ayrıca, dekapan adı verilen yüzey temizleyicileri kullanılır.

Birleştirilecek yüzeylere yeter miktarda sürüldüğü zaman; yüzeyleri temizleyerek, oksit filmini kaldırmakta ve lehimin yüzeye birleşmesini sağlamaktadır.

Lehim alaşımları

Pratikte en fazla kullanılan lehim alaşımları, tablo XV.3'de görülmektedir

Lehim grupları	Bileşim oranları (%)											
	Cu	Zn	Ag	Ni	Cd	Sn	P	Si	Min.	Al	Mg	Fe
Cu	99-100	-	1 max	-	-	-	-	2 max	2 max	-	-	-
Cu-Zn	50-62	Kalanı	1 max	1 max	-	4-5 max	-	0,2 max	1 max	-	-	12 max
Cu-Zn-Ni	43-50	Kalanı	1 max	3-11	-	0-3 max	-	0,2 max	-	-	-	-
Cu-P	Kalanı	-	15 max	-	-	-	7 max	-	-	-	-	-
Ag	14-35	Kalanı	12-75	3-5 max	25 max	5-5 max	-	-	-	-	-	-
Al	4-7 max	-	-	-	-	-	-	4-13	0,1-5	Kalanı	-	-
Mg	-	-	-	-	-	-	-	0,3 max	0,1-0	8,3-12	Kalanı	-

Lehimleme usulleri

- a-)** Üfleçle lehimleme
- b-)** Fırında lehimleme
- c-)** Endüksiyonla lehimleme
- d-)** Elektrik direnci ile lehimleme
- e-)** Elektrik arkı ile lehimleme
- f-)** Erimiş lehim banyosuna daldırarak lehimleme
- g-)** Dekapan banyosuna daldırılarak lehimleme