

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BASINÇLI DÖKÜMDE KALİTEYİ ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI**

Makine Müh. Osman Barbaros ASLAN

**FBE Makine Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
TABLO LİSTESİ.....	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Basınçlı Döküm Tekniğine Giriş.....	3
1.1.1. Başarılı Basınçlı Döküm İçin Gereksinimler.....	4
1.1.2. Basınçlı Döküm Tekniğinin Avantajları Ve Sınırlamaları.....	5
2. BASINÇLI DÖKÜM PROSESİNDE KULANILAN MAKİNELER ve ALAŞIMLAR.....	7
2.1. Basınçlı Döküm Makineleri.....	7
2.1.1. Sıcak Kamaralı Makineler.....	7
2.1.1.1. Pistonlu Sıcak Kamaralı Makineler.....	7
2.1.1.2. Basınçlı Hava İle Çalışan Sıcak Kamaralı Makineler.....	9
2.1.2. Soğuk Kamaralı Makineler.....	10
2.1.2.1. Yatay Soğuk Kamara Tipi Makinalar.....	11
2.1.2.2. Düşey Soğuk Kamara Tipi Makinalar.....	14
2.1.3. Vakumlu Basınçlı Döküm Makinaları.....	15
2.2. Basınçlı Döküm Alaşımları.....	16
3. BASINÇLI DÖKÜM KALIPLARI.....	22
3.1. Kalıp Çeşitleri.....	24
3.2. Basınçlı Dökümde Kalıbı Oluşturan Sistemler.....	27
3.2.1. Yolluk Sistemleri.....	27
3.2.1.1. Yolluk Girişi.....	31
3.2.1.2. Yolluk Boyutlarının Belirlenmesi.....	32
3.2.1.2.1. Sıcak Kamaralı Basınçlı Döküm Makinalarında Nomogram Yardımı ile Yolluk Giriş Tespitleri.....	34
3.2.1.2.2. Soğuk Kamaralı Basınçlı Döküm Makinalarında Nomogram Yardımı ile Yolluk Giriş Tespitleri.....	36
3.2.2. Soğutma Sistemleri.....	39
3.2.2.1. Soğutma Sistemlerinde Hesaplamalar.....	40
3.2.3. Havalandırma Sistemleri.....	44
3.2.4. İticiler.....	48
3.3. Kalıp Çelikleri.....	50
3.3.1. Yapısal Homojenlik.....	50

3.3.2.	Yüksek Sertlik.....	50
3.3.3.	Yüksek Süneklik.....	50
3.3.4.	Yüksek Aşınma Direnci.....	51
3.3.5.	Yüksek Tokluk.....	51
3.3.6.	Yüksek Sıcaklık Dayanımı.....	51
3.3.7.	Yüksek Isıl İletkenlik.....	52
3.3.8.	Düşük Isıl Genleşme.....	52
3.4.	Basınçlı Döküm Kalıplarında Yüzey Kalitesi.....	54
3.4.1.	Elektrolitik Kaplamanın Kalitesi Üzerine Etki Eden Faktörler.....	54
3.5.	Kalıpların Yağlanması.....	56
3.5.1.	İdeal Bir Yağlayıcıda Aranılan Özellikler.....	57
4.	BASINÇLI DÖKÜM PROSESİNDE YAYGIN OLARAK GÖRÜLEN BAŞLICA HATALAR ve HATA SEBEPLERİ.....	58
5.	BASINÇLI DÖKÜMDE KALİTEYİ ETKİLEYEN PARAMETRELER.....	63
5.1.	Basınçlı Döküm Makinalarının Döküm Kalitesine Etkileri.....	63
5.2.	Basınçlı Dökümde Kullanılan Alaşımların Döküm Kalitesine Etkileri.....	66
5.3.	Basınçlı Döküm Kalıplarının Döküm Kalitesine Etkileri.....	73
5.3.1.	Basınçlı Döküm Kalıplarında Yolluk Sistemlerinin Kaliteye Etkileri.....	74
5.3.2.	Basınçlı Döküm Kalıplarında Soğutma Sistemlerinin Kaliteye Etkileri.....	76
5.3.3.	Basınçlı Döküm Kalıplarında Havalandırma Sistemlerinin Kaliteye Etkileri.....	77
5.3.4.	Basınçlı Döküm Kalıplarında Diğer Parametrelerin Kaliteye Etkileri.....	78
6.	SONUÇLAR.....	80
	KAYNAKLAR.....	83
	ÖZGEÇMİŞ.....	84

SİMGE LİSTESİ

f	Yolluk kesiti
t	Döküm sıcaklığı
t_1	Katı faza geçiş sıcaklığı
t_2	Kalıbın sıcaklığı
a_1	Isı çevrim sabiti
V	Kalıp boşluğunun hacmi
v	Ergimiş metalin kalıp boşluğuna giriş hızı
O	Kalıp boşluğu ve yolluğun alanı
p	Döküm basıncı
c	Alaşımın spesifik ısısı
γ	Özgül ağırlık
G	Döküm parçasının ağırlığı
Q_g	Döküm parçasından kalıba geçen ısı
Q_n	Kondüksiyon + Konveksiyon + Işıma ile ısı kaybı
Q_s	Soğutma suyu tarafından kalıptan alınan ısı
Q_{g1}	Parçanın kalıp doldurma sıcaklığından (t_d) katılaşma sıcaklığına (t_k) kadar soğurken verdiği ısı miktarı
Q_{g2}	Parçanın katılaşma esnasında verdiği ısı miktarı
Q_{g3}	Parçanın katılaşma sıcaklığından (t_k) kalıp açma sıcaklığına (t_a) kadar soğurken verdiği ısı miktarı
n	Birim zaman
m	Döküm parçasının kütlesi
c_s	Basınçlı dökümde kullanılan metalin sıvı ısınma ısısı
c_k	Basınçlı dökümde kullanılan metalin katı ısınma ısısı
C	Döküm parçasında kullanılan metalin katılaşma ısısı
β	Isı geçiş katsayısı
F_{bp}	Bağlama plakası yüzeyi
t_p	Plakanın dış yüzeyindeki sıcaklık
t_o	Ortam sıcaklığı
α	Hava içinde serbest konveksiyonda ısı geçiş katsayısı
F_{kd}	Kalıp dış yüzeyi
t_{kd}	Kalıp dış yüzey sıcaklığı
ϵ	Emisyon faktörü
C_s	Siyah cisimler için ışınma sabiti
A	Isı taşınımı sırasında soğutma borusunun alanı
t_y	Soğutma borusunun yüzey sıcaklığı
t_{ort}	Soğutma sıvısının ortalama sıcaklığı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Basınçlı Dökümle Üretilen Ürünler.....	3
Şekil 2.1	Pistonlu Sıcak Kamaralı Makineler.....	8
Şekil 2.2	Sıcak kamaralı makinenin çalışması.....	9
Şekil 2.3	Basınçlı hava ile çalışan makinenin basit görünüşü.....	10
Şekil 2.4	Yatay soğuk kamara tip basınçlı döküm makinası.....	11
Şekil 2.5	Yatay soğuk kamara tip basınçlı döküm makinesi.....	12
Şekil 2.6	Yatay soğuk kamaralı makinenin çalışması.....	13
Şekil 2.7	Düşey soğuk kamaralı döküm makinesi ve çalışma sırasının gösterilmesi.....	15
Şekil 2.8	Vakumlu sıcak kamara tipi basınçlı döküm makinası.....	16
Şekil 3.1	Kalıp Elemanları.....	23
Şekil 3.2	Tek Darbe Kalıpları.....	24
Şekil 3.3	Çok Yönlü Darbe Kalıpları.....	25
Şekil 3.4	Kombinasyon Kalıpları.....	25
Şekil 3.5	Ünite Kalıpları.....	26
Şekil 3.6	Çok yönlü darbe kalıplarında yolluk sistemleri.....	27
Şekil 3.7	Çok yönlü darbe kalıplarında yolluk sistemleri.....	28
Şekil 3.8	Kombinasyon kalıplarında yolluk sistemleri.....	28
Şekil 3.9	Çeşitli kalıplara göre yolluk girişleri.....	29
Şekil 3.10	Yolluk kanal tipleri.....	29
Şekil 3.11	Çeşitli yolluk kanal tipleri.....	30
Şekil 3.12	Yolluk giriş kesiti.....	32
Şekil 3.13	Smith nomogramı.....	35
Şekil 3.14	Farklı malzemeler için et kalınlığına bağlı kalıp dolum süreleri.....	36
Şekil 3.15	Foster C. Bennett nomogramı.....	38
Şekil 3.16	Soğutma kanallarına örnek kalıp kesiti.....	39
Şekil 3.17	Yönleri değişik hava boşaltım kanalları.....	46
Şekil 3.18	Hava Boşaltım Kanalı Hava Cebi Dizaynı.....	48
Şekil 3.19	İtici Pimlerin Konumları.....	48
Şekil 5.1	Döküm makinasında kaliteyi etkileyen faktörler.....	65
Şekil 5.2	Sludge teşekkülü (500X).....	66
Şekil 5.3	Yapıda oksit teşekkülü (50X).....	68
Şekil 5.4	Alüminyum içerisindeki hidrojen çözünürlüğü.....	69
Şekil 5.5	Malzemenin yapısındaki gaz çözünürlüğü.....	70
Şekil 5.7	Malzemenin kalitesini etkileyen faktörler.....	72
Şekil 5.8	Malzemenin ergitilmesinde kaliteyi etkileyen faktörler.....	72
Şekil 5.9	Basınçlı döküm kalıplarında kaliteyi etkileyen faktörler.....	73
Şekil 6.1	Döküm prosesinde kaliteyi etkileyen faktörler.....	82

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
<u>Tablo 2.1 Çinko alaşımların kimyasal kompozisyonu.....</u>	<u>18</u>
<u>Tablo 2.2 Çinko alaşımların mekanik özellikleri.....</u>	<u>18</u>
<u>Tablo 2.4 Alüminyum alaşımların kimyasal kompozisyonu.....</u>	<u>20</u>
<u>Tablo 2.5 Alüminyum alaşımların fiziksel özellikleri.....</u>	<u>20</u>
<u>Tablo 2.6 Bakır alaşımlarının kimyasal kompozisyonu.....</u>	<u>21</u>
<u>Tablo 2.7 Magnezyum alaşımlarının kimyasal kompozisyonu.....</u>	<u>21</u>
<u>Tablo 3.1 Alaşımlara Göre Kanal Hesaplama Çizelgesi.....</u>	<u>30</u>
<u>Tablo 3.2 Parça Et Kalınlığına Göre Katılma Süreleri.....</u>	<u>34</u>
<u>Tablo 3.3 Alaşımsız ve Yüksek Alaşımlı Çelik Malzemeler İçin Isı Geçiş Katsayısı</u> <u>Tablosu.....</u>	<u>42</u>
<u>Tablo 3.4 Hava Boşaltım Kanallarının Derinliği.....</u>	<u>47</u>
<u>Tablo 3.5 Kalıp Elemanlarının Çelik Tablosu.....</u>	<u>53</u>
<u>Tablo 4.1 Çeşitli alaşımlar için minimum kesit kalınlığı.....</u>	<u>58</u>

ÖNSÖZ

“Basınçlı Dökümde Kaliteyi Etkileyen Faktörlerin Araştırılması” konulu çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin Sönmez ’e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmam sırasında desteğini esirgemeyen anneme, babama ve kardeşime teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Basınçlı döküm sistemlerinde ürün kalitesini etkileyen faktörler incelenmiştir. Basınçlı dökümde kullanılacak alaşıma göre makine seçimlerinin yapılması gerektiği belirtilmiş ve basınçlı döküm makineleri anlatılmıştır.

Basınçlı döküm kalıplarındaki yolluk ve havalandırma sistemlerinin formül ve nomogramlar ile hesaplama yöntemleri açıklanmıştır. Isı transferinden yararlanılarak soğutma kanalları ve gerekli olan soğutma suyu hesaplanmıştır. Basınçlı döküm koşullarına karşı koyabilecek kalıp çeliğinin sahip olması gereken özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Basınçlı dökümde ortaya çıkan hatalar irdelenerek giderilmesi için çalışmalar yürütülmüştür. Kalıbı oluşturan yolluk, havalandırma, soğutma sistemleri ve kalıp çeliğinin kaliteye etkileri ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Basınçlı döküm, kalıp, yolluk, havalandırma, soğutma sistemi, basınçlı dökümün kalitesi

ABSTRACT

Factors influencing product quality in die casting systems are reviewed. The requirement on machine selections on the alloy for use for the die casting is specified and the die casting machineries are introduced.

The calculation method by formulas and nommograms of the gates and ventilation systems of die casting forms are explained. The cooling channels and the required cooling water are calculated using heat transfer. Information on features required for the cast steel to resist against die casting is given.

Faults that occur in die casting are analyzed and studies are conducted for their elimination. The gate, ventilation and cooling systems forming the mold and the cast steel's impact on quality are discussed.

Keywords: Die casting, mold, gate, ventilation, cooling systems, quality of die casting

1) GİRİŞ

Metal dökümünün en eski metotlarından biri ergimiş metalin kendi ağırlığıyla kum kalıba dökülmesine dayanır ve bu sistem günümüzde de devam etmektedir. Bu metod günümüzde çeşitli değişikliklerle hala kullanılmaktadır. Ancak zamanla mücevher endüstrisinin gelişmesi daha keskin ve düz kenarlı ürünlerin dökümünü gerektirmiş ve plaster kalıplar kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu sistemde daha düzgün yüzeyli dökümler elde edilse de kum kalıba dökümün dezavantajları yine devam etmiştir. Kum dökümlerde olduğu gibi parçanın çıkarılması için kalıbın bozulması durumundan kurtulamamıştır.

Kum kalıbın ürünün alınması için kırılmak zorunda oluşu, 1800'lü yıllarda çelik kalıpların hafif metallerin dökümlerinde kullanılmasına sebep olmuştur. Özellikle kurşun dökümü yüksek miktarlarda yapılmıştır. Bu üretimler açılıp kapanabilir çelik kalıplarda gerçekleşmiştir.

Bundan sonraki gelişim daha kaliteli dökümler elde edebilmek amacıyla sıvı metalin sert çelik kalıba basınç altında sokmak yöntemiyle olmuştur. Manuel olarak çalışan basınçlı döküm makinaları 1849'da Sturges, 1852'de Barr, 1856'da Helize, 1877'de Dusenbury tarafından geliştirilmiştir. Bu arada Ottmar Magenthaler otomatik olarak pistonla sıvı metali kalıba iten basınçlı döküm makinasını geliştirmiştir.

İlk basınçlı döküm makinesi olarak Amerika Birleşik Devletleri'nin Washington şehrindeki Smithsonian Enstitüsü'nde sergilenen basınçlı döküm makinesi prensipte Magenthaler'inkinin aynısıdır, bu makinesinin sıvı metali kalıba itmek için bir silindir ve dalgıç pompası vardır.

Basınçlı döküm makinalarının gelişimiyle birlikte, ilk ticari basınçlı dökümler otomotiv sektöründe mil ve destek parçalarının üretiminde kullanılmak üzere, kalay ve kurşun temel esaslı alaşımlarda başarıyla gerçekleşmiştir. Ancak şu da açıkça bellidir ki prosesin hayatta kalışı ve gelişimi onun, daha iyi mekanik özellikleri ve daha yüksek ergime noktası bulunan alaşımlara adaptasyonuna bağlıdır.

Çinko bazlı alaşımlar, kalay ve kurşuna göre daha iyi mekanik özelliklere sahip, aynı zamanda ergime noktası da daha yüksek alaşımlardır. Bu özelliklerinden dolayı ikinci denenen alaşımlar olmuşlardır. Çinko esaslı alaşımlar kısa zamanda modern metal üretim teknolojisinde önemli bir faktör haline gelmişlerdir.

İlk ticari alüminyum bazlı basınçlı döküm alaşımı, 1915 yılında Doehler Die Casting Company tarafından üretilmiştir. Birinci Dünya savaşı sırasında gaz maskelerinin üretiminde, dürbün ve teleskoplarda, silah parçalarında kullanılmak üzere alüminyum basınçlı döküm prosesi daha da geliştirilmiştir. Bugün alüminyumun basınçlı dökümle üretimi metalürjide vazgeçilmez bir üretim tekniğidir.

Magnezyum alaşımları, alüminyum alaşımları gibi basınçlı döküm alaşımlarının en önemlilerindedir. Metalurjik gelişmeler basınçlı döküm konusunda son 10 yılda magnezyumu alüminyumun karşısına bir rakip olarak çıkarmıştır. Bununla birlikte hiç şüphe yoktur ki magnezyum basınçlı dökümde geniş alanlar bulmaya devam edecektir.

Alüminyum ve magnezyum alaşımları, yaklaşık olarak 650°C civarında benzer ergime sıcaklığına sahiptirler. Aynı şekilde bakır-çinko alaşımları da 874 °C'nin biraz üzerinde ergime sıcaklıklarına sahiptirler. 224°C 'lik farklılık çok büyük bir sıcaklık farklılığı gibi gözükmeseyse de, basınçlı dökümde ergime sıcaklığının bu noktada (650 °C civarında) artmasıyla birlikte çeşitli sorunlar meydana gelmeye başlar, özellikle 930 °C sıcaklığı civarında basınç altında, çelik kalıpta henüz çözilemeyen çeşitli problemler meydana gelmektedir. Aynı şekilde çinkonun ticari operasyonlarında ve yüksek miktarlardaki dökümlerinde, sürekli hacim artması meydana gelebilmektedir.

Basınçlı dökümde; metal, döküm sıcaklığı, basınç ve darbe sıcaklığı, kontrol edilebilir önemli mekanizmalardır. Kullanılan çelik döküm kalıplarının temizlenmesi hem kalıp ömrü hem de ürün özellikleri açısından önemli ve gereklidir.

Basınçlı döküm tekniğinde 1900 'lü yılların ilk yarısında birçok proses gerçekleştirilmiştir. Basınçlı dökümdeki dikkate alınabilir en önemli gelişme makinaların otomatik hale gelmesi ve eskiden 3 veya 4 kişinin kontrolünde döküm gerçekleştirilirken günümüzde sadece 1 kişinin kontrolüyle saatte 300-500 dökümün gerçekleştirilebilmesidir.

1.1) Basınçlı Döküm Tekniğine Giriş

Basınçlı Döküm; düşük sıcaklıkta ergime ve metal kalıplar içerisinde kalıplanabilme özelliği olan metal ve metal alaşımlarının yüksek basınç altında biçimlendirilmesine ‘Basınçlı Döküm’ denilmektedir.

Basınçlı dökümle bisiklet parçaları, çatal bıçak takımları, saatler, klimalar, kül tablaları, el aletleri, motorlar, kilitler, makaralar, valfler, traktör parçaları, tren parçaları, elektrik aletleri, dübünler, hava freni donanımı, savaş gereçleri, roket parçaları v.b. gibi yapımı özen gerektiren önemli parçalar üretilebilmektedir.(Şekil 1.1)



Şekil 1.1 Basınçlı Dökümle Üretilen Ürünler (Karataş ve Kahraman 2003)

Basınçlı döküm prosesinin en önemli bileşenlerinden biri olan kalıplar, üretimi zor ve pahalı elemanlardır. Ürün kalitesi, üretim verimliliği ve dolayısı ile de üretim maliyetleri açısından uzun ömürlü olmaları ve sorunsuz çalışmaları beklenen sistemlerdir. Kalıplar, basınçlı döküm sektöründe, kullanım alanlarına göre değişik zorlanmalarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Kimi yerde yüksek sıcaklıklar, kimi yerde hızla değişen ısınma ve soğumalar, kimi yerde şiddetli aşınmalar ya da çarpmalar altında çalışmak zorundadırlar. Diğer taraftan, sıvı alüminyumun demirle reaksiyonu sonucu oluşan korozyona ilave olarak, kalıp ayırıcı olarak tanımlanan sıvıların kullanımının yüksek sıcaklık koşulları ile birleşmesi sonucu, söz konusu olan yüksek sıcaklıktaki korozyon koşulları kalıpların ömürlerini azaltmaya yönelik zorlayıcı koşulları oluşturan mekanizmalar olarak devrededirler. Kalıplar bu etkileri karşılayacak özelliklere sahip olmalıdırlar. Çelik üreticileri, sanayi geliştikçe kalıp yapımında

kullanılmak üzere artan özellik gereksinimlerini karşılayabilecek yeni çelikler geliştirmeye çalışırken; araştırmacılar da modern sanayi uygulamalarındaki kalıp ömrünü arttıracak temel olguları daha iyi anlayabilmek ve geliştirme önerileri üretmek için çalışmaktadırlar.

Bir metal enjeksiyon kalıbının ömrü; öncelikle kalıp üretiminde kullanılan kalıp çeliğinin bileşimine, yapısal özelliklerine, çelik ve üretim yönteminin kalitesine bağlıdır. Kalıp ömrüne etki eden diğer faktörler ise kalıbın boyut ve şekli, kalıp üretim teknikleri, üretim ortamı, kalıp bakım periyodu ve ısıtma işlem özellikleridir. Kalıpların servis ömürleri, üretimi yapılan parça sayısına göre belirlenir. Son dönemlerde basınçlı döküm prosesinde kullanılan kalıpların ömürlerini artırmaya yönelik çalışmalar özellikle iki temel başlık altında özetlenebilir:

- 1) Yeni kalıp malzemelerinin üretimi, özelliklerinin geliştirilmesi ve kalıp imalat teknolojilerindeki gelişmeler
- 2) Kalıp yüzey özelliklerinin geliştirilmesi

Birinci grupta belirtilen, amaca yönelik olarak yürütülen çalışmalar kapsamında kalıp üretiminde kullanılacak yeni çelik türlerinin bileşim ve yapısal özellikler (ısıtma işlem) açısından geliştirilmesi ve söz konusu çeliklerden uygun kalıp üretimini gerçekleştirecek kalıp üretim yöntemlerinin geliştirilmesi hedeflenirken, ikinci grupta belirtilen çalışmalarda döküm prosesi süresince kalıbın karşı karşıya kaldığı zorlanmaların yüzey özelliklerinde yapılacak değişikliklerle geliştirilmesi hedeflenmektedir.

1.1.1) Başarılı Basınçlı Döküm İçin Gereksinimler

Basınçlı dökümde dökümün başarısını gösteren en önemli gösterge ürünün kalitesidir. Döküm öncesi belirli parametrelerin uygun olarak ayarlanması, basınçlı dökümün hem kalitesi hem de ekonomikliği açısından önemlidir. Bu parametreler 3 grupta toplanabilir.

1. Basınç altında, uygunca sıkıştırma ve bırakma olaylarının gerçekleştirilebilmesi için düzgün bir döküm mekanizması
2. Uygun şekilde tasarlanmış ve imal edilmiş bir kalıp
3. Uygun bir alaşım

Basınçlı dökümün başarısı için öncelikle bu 3 faktör tek tek olarak değil birlikte göz önünde bulundurulmalıdır, Eğer bunlardan herhangi bir tanesi standart dışı ise iyi bir döküm yapılamaz, örnek olarak mükemmel şekilde tasarlanmış bir basınçlı döküm makinasında kötü özellikte veya standart dışı bir alaşım kullanılıyorsa dökümün kalitesi şüphesiz düşük olacaktır. Benzer şekilde çok iyi özellikteki bir alaşım eğer uygunca tasarlanmamış ve doğru imal edilmemiş bir kalıpta başarılı olarak dökülemez .

Basınçlı dökümde başarılı bir üretimin değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken iki önemli etken daha vardır. Yüksek kalitedeki ürünün üretimiyle sağlanan başarı, dökümde düşük maliyet ve yüksek üretim gücünün de elde edilmesiyle daha da anlam kazanır. Bununla birlikte dökümde ekipmanların birbirleriyle uyumu, dökümün mekaniksel, kimyasal ve organiksel açıdan kolaylığı, sıkıştırma ve bırakma işlemlerinin düzgünce yapılabilirliği döküm kalitesi açısından dikkat edilmesi gereken ana etkenlerle ilişkili diğer faktörlerdir.

Metalurjistler, teknisyenler veya diğer döküm uzmanları tüm parametreleri göz önünde bulundurarak dökümün koordinasyonunu sağlamalıdır.

1.1.2) Basınçlı Döküm Tekniğinin Avantajları Ve Sınırlamaları

Günümüzde önemli bir teknolojik üretim yöntemi olan basınçlı döküm yönteminin avantajlarını ve dezavantajlarını şu şekilde sıraya biliriz.

AVANTAJLARI

- Metal kalıba kıyasla çok daha karmaşık şekilli parçaların dökümü mümkündür.
- Kalıplar basınç altında doldurulduğundan, diğer döküm yöntemlerine kıyasla, daha ince cidarlı, "uzunluk/kalınlık" oranı daha yüksek ve boyutsal hassasiyeti daha fazla olan parçalar üretilebilir.
- Özellikle birden fazla boşluk ihtiva eden kalıplar kullanıldığında üretim hızı diğer yöntemlerden çok daha fazladır.
- Dökülen parça boyutlarında bir değişim olmaksızın aynı kalıptan binlerce parça üretilebilir.
- Daha ince kesitlerin dökülebilmesi, metal maliyetini azaltıcı bir husus olmaktadır.
- Basınçlı döküm ürünleri genellikle çok az bir yüzey bitirme işlemi gerektirirler.

- Bazı alaşımlar (örneğin Al esaslılar) basınçlı döküm yöntemi ile üretildiklerinde, diğer döküm yöntemlerine nazaran çok daha yüksek mekanik özellikler gösterirler.

SINIRLAMALARI

- Döküm boyutları sınırlıdır, döküm ağırlığı en fazla olarak 23 kg'ı aşar ve genellikle 4-5 kg. civarındadır.
- Kalıp dizaynında dökülecek parçanın dolayısıyla yolluklarının ve hava kaçış yollarının yapımı ve yerinin seçimi büyük önem taşır; zira bu faktörlere bağlı olarak kalıp içerisine hava sıkışması söz konusu olabilir ve hapis olan havada gaz boşluklarına neden olabilir.
- Komple bir basınçlı döküm makinesi (ana pres, yardımcı cihazlar ve kalıplar) oldukça pahalıdır. Bu nedenle yöntemin ekonomik bir değer ifade edebilmesi ancak çok sayıda parça üretimi ile mümkündür.
- Birkaç istisna dışında, ergime sıcaklıkları bakır esaslı alaşımların ergime sıcaklıklarından daha yüksek olan alaşımlar basınçlı döküm yöntemiyle üretilemezler.

2) BASINÇLI DÖKÜM PROSESİNDE KULLANILAN MAKİNELER ve ALAŞIMLAR

2.1) Basınçlı Döküm Makineleri

Basınçlı döküm makineleri, metal basma sistemlerinin farklı oluşuna göre, sıcak ve soğuk kamaralı olarak başlıca iki gruba ayrılabilirler. Bu genel sınıflandırmaya göre seçilecek makina, dökülecek alaşımın ergime derecesine bağlı olacaktır. Kullanılan alaşım düşük ergime sıcaklığına sahip ise, ergimiş metal piston-silindir malzemesine zarar vermeyeceğinden, piston-silindir, doğrudan ergimiş metale daldırılabilir. Bu tip makinelere sıcak kamara tipi makineler adı verilir. Buna karşılık dökülecek alaşımın ergime sıcaklığı yüksek ise, ergimiş metale daldırılan dökme demir veya çelik piston-silindir alaşımı, sıvı metali kirleterek dökümün kalitesini bozabilir; dolayısıyla ergime derecesi yüksek alaşımların basınçlı dökümünde soğuk kamara tipi makinalar kullanılır.(Karataş ve Kahraman 2003)

2.1.1) Sıcak Kamaralı Makineler

Sıcak kamaralı basınçlı döküm makinelerinde ergime sıcaklığı 327°C olan kurşun, 420°C olan çinko, 232 °C olan kalay gibi ergime sıcaklıkları düşük olan malzemelerin kalıplanmasında kullanılır. Alüminyum ve diğer daha yüksek ergime dereceli alaşımlar için uygun değildir; çünkü kamara cidarları ile sıvı metalin uzun süren teması alaşımların içine demir bulaşmasına neden olabilmektedir. Sıcak kamaralı makinalarda 20 gr'lık küçük parçalardan 22kg. ağırlığındaki parçalara kadar çeşitli büyüklükte parça üretimi mümkündür. Bu yöntemle çok hassas, hepsi aynı özelliğe sahip parçalar seri halde dökülebilir. Sıcak kamaralı döküm yöntemi ile üretim sonucunda $\pm 0,05$ mm hassasiyet elde edilebilir. Üretim sırasında 10-80 atmosfer basınçla çalışıldığından üretilmiş parçaların üzerinden ikinci bir suretle talaş kaldırılmasına gerek duyulmaz. Mekanizma, proses ve dökülecek parça boyutuna göre üretim hızı farklıdır. Sıcak kamara tipi makinalar 50-500 parça/saat üretim hızına sahiptirler.

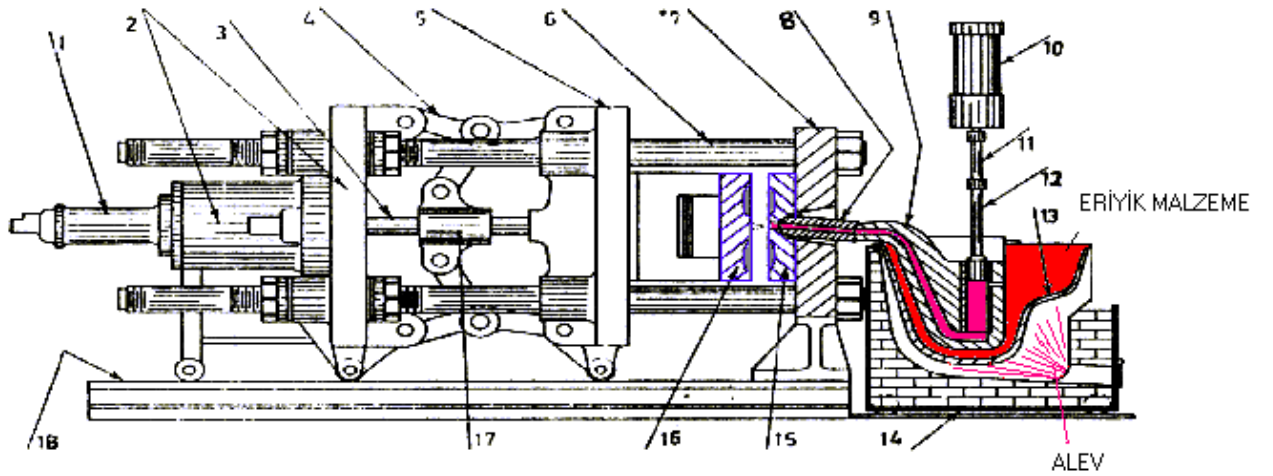
2.1.1.1) Pistonlu Sıcak Kamaralı Makineler

Pistonlu makinelerde fırın içerisine pik bir pota yerleştirilir. Bu potaya monte edilen silindir ergimiş alaşımın içine gömülür. Silindir içindeki piston bir levye ve eksantrik mekanizma ile yatay yönde çalıştırılır. Ergimiş metal bir delikten geçerek yer çekimi etkisi silindiri doldurur. Çalıştırma levyesi çekildiğinde piston kolu pim çevresinde dönerek pistonu silindir içinde

hareket ettirir. Pistonun ileri hareketi önce silindirde metal giriş deliğini kapatır, sonra da silindirdeki metali kalıba basar.

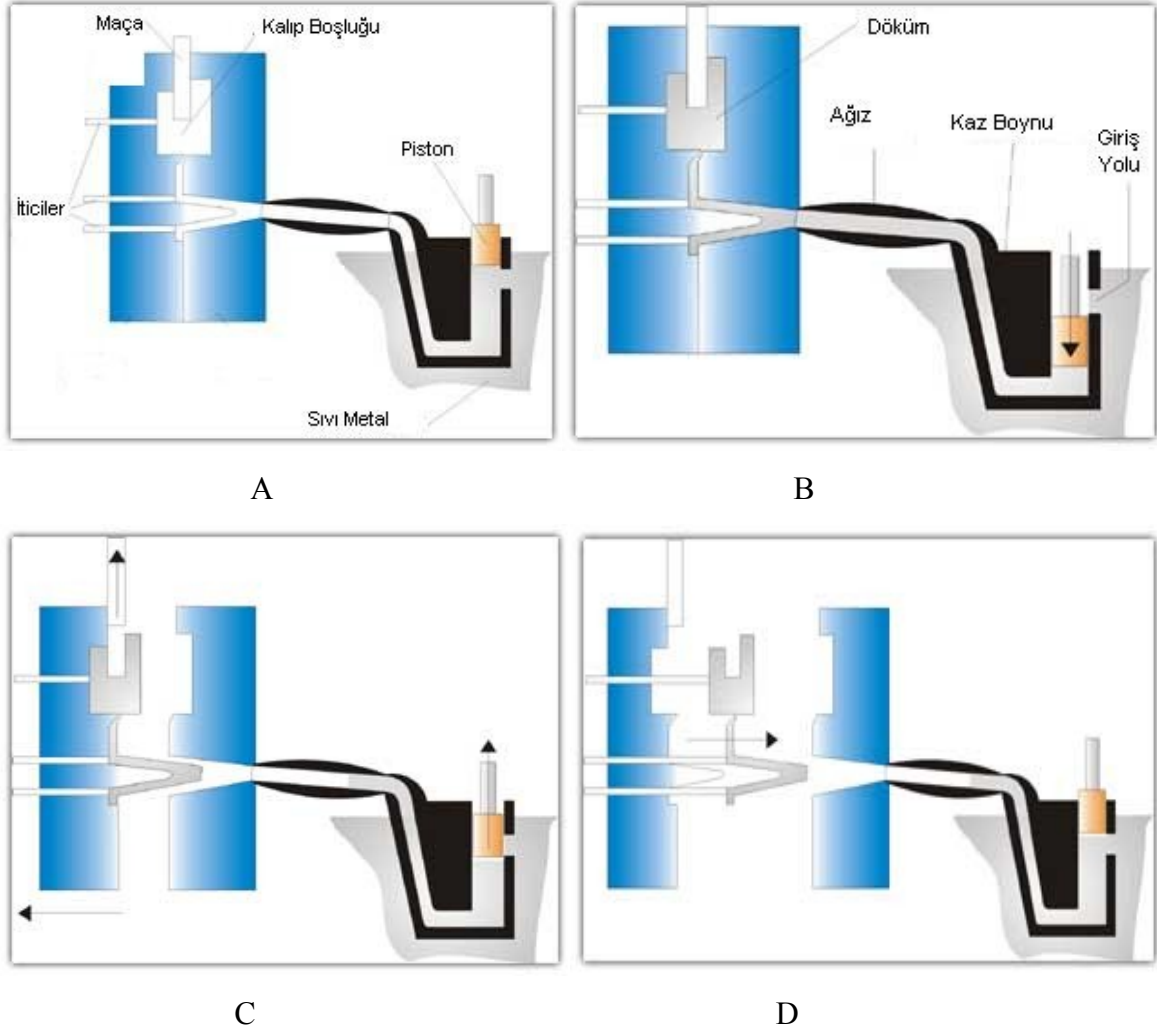
Bu sistem ile yaklaşık olarak 20 kg/cm^2 'yi aşan basınçlara erişmek mümkün olabilmektedir. Ayrıca sıvı metal en kısa sürede ve en az ısı kaybı ile enjekte edilebilmektedir.

Pistonlu makinelerde gerek piston gerekse gömlek malzemesinin aşınma ve yumuşama direncinin yüksek olması istenir. Genellikle gömlek malzemesi olarak yüksek hız takım çelikleri, nitrür alaşımlı çelik veya paslanmaz çelik kullanılır. Piston ise genellikle alaşımlı dökme demirden imal edilir. (Karataş ve Kahraman 2003)



Şekil 2.1 Pistonlu Sıcak Kamaralı Makineler (Karataş ve Kahraman 2003)

1-Kapama silindiri, 2-Gövde, 3-Ana mil 4-Kollar, 5-Kayar plaka, 6-Kılavuzlar, 7-Ön plâka, 8-Meme, 9-Deve boynu 10- Baskı silindiri 11-Piston kolu, 12-Piston, 13-Pota, 14-Fırın, 15-Kapak kalıbı, 16-İtici kalıp, 17-Kroshed, 18-Şasi.



Şekil 2.2 Sıcak kamaralı makinenin çalışması (A;B;C;D)
 A-Pistonun İtilmesi B-Metalin Basılması C-Kalıbın Açılması D-Parçanın Çıkarılması

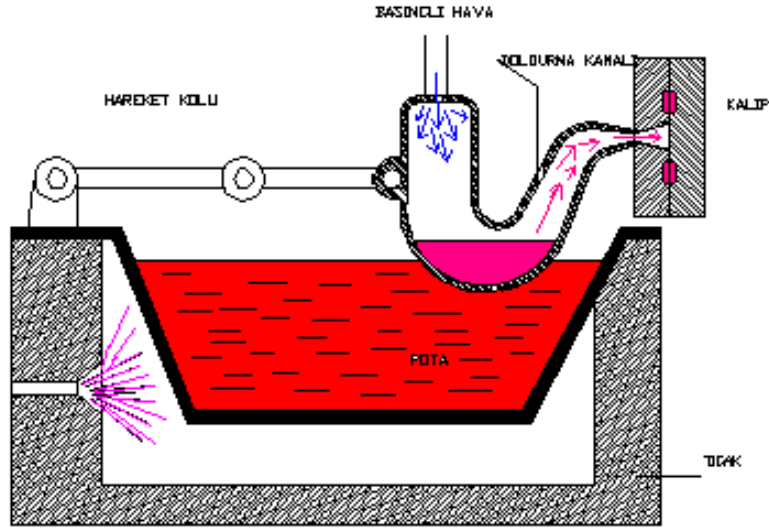
2.1.1.2) Basıncı Hava İle Çalışan Sıcak Kamaralı Makineler

Basıncı hava ile çalışın sıcak kamaralı makinelere görünüş itibari ile kaz boynunu andırdığı için kaz boynu tipide denilebilir. Hareket kolunun yardımı ile hareket koluna bağılı bulunan kaz boynunun sıvı metal içerisine daldırılması sağlanır. Sıvı metal içerisine daldırılan kaz boynu içerisine doldurma kanalından ergitilmiş metal dolar daha sonra hareket kolu yardımıyla kaz boynu sıvı metali kalıba basacak şekilde kilitlenir sonra sıvı metal, kaz boynundan kalıba yüksek basınçlı bir hava ile doldurulur. Bu tip makineler de kalıba sıvı metalin doldurma işlemi yaklaşık 35 kg/cm² basıncındaki hava ile gerçekleşmektedir. Burada depo içindeki sıvı metal ergime noktasının oldukça üstünde bir sıcaklıkta tutulur.

Bu tip makinalarda, enjeksiyon safhasında, metale önemli oranda hava kaçması da söz konusu olabilmekte ancak enjeksiyon hızının kontrolü ile bu durum, azaltılabilmektedir.

Üretilen parça büyüklüğüne bağlı olarak, ergimiş metali bir darbede kalıp boşluğuna basmak için kaz boynu boyutları değiştirilmek suretiyle çalışılır.

Kaz boynu ve hazne gri dökme demir, küresel grafitli dökme demir veya çelikten olabilir. Kaz boynu ağzındaki meme yuvası malzemesi olarak yüksek hız takım çelikleri, nitrür alaşımlı çelik veya paslanmaz çelik kullanılır. Bu malzeme seçimi, kullanılan basınca, dökülecek alaşıma ve fiyata göre yapılır.(Karataş ve Kahraman 2003)



Şekil 2.3 Basınçlı hava ile çalışan makinenin basit görünüşü (Karataş ve Kahraman 2003)

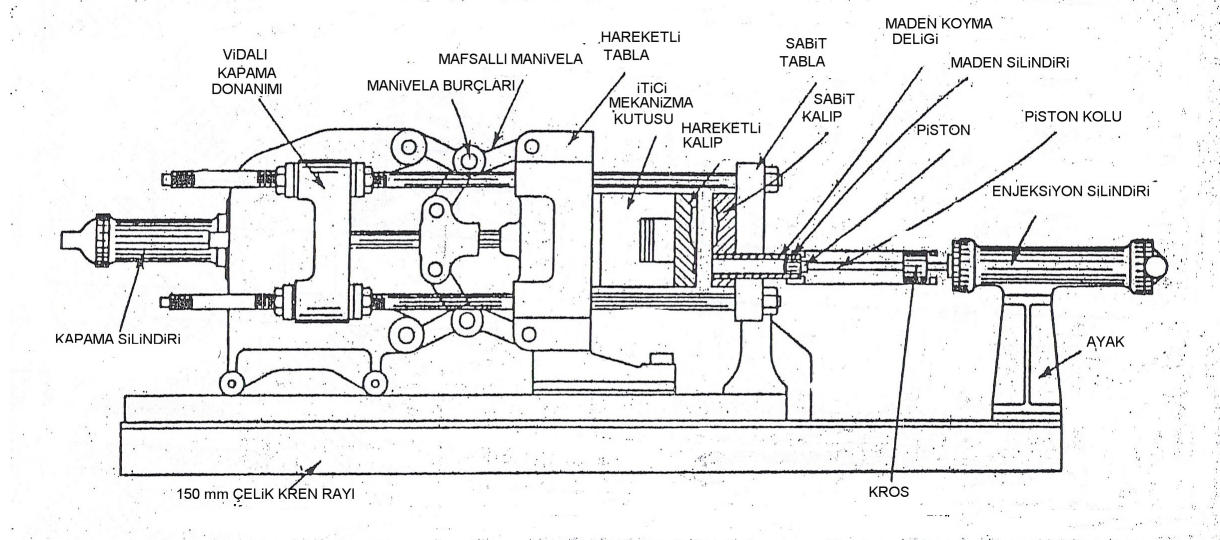
2.1.2) Soğuk Kamaralı Makineler

Soğuk kamaralı döküm yönteminde ergime sıcaklığı $665\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan alüminyum, $649\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan magnezyum, $1083\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan bakır gibi ergime sıcaklıkları yüksek olan malzemelerin kalıplanmasında kullanılmaktadır.

Bu presin en büyük avantajı eritilmiş olan metalın silindir- piston ünitesini etkilememesidir. Çünkü metal ayrı bir fırın içerisinde eritilerek kalıp içerisine basılmaktadır. Bunlar yatay ve düşey olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Bu gruplandırma da esas, pistonun yatay veya düşey yerleştirilmiş olmasıdır.

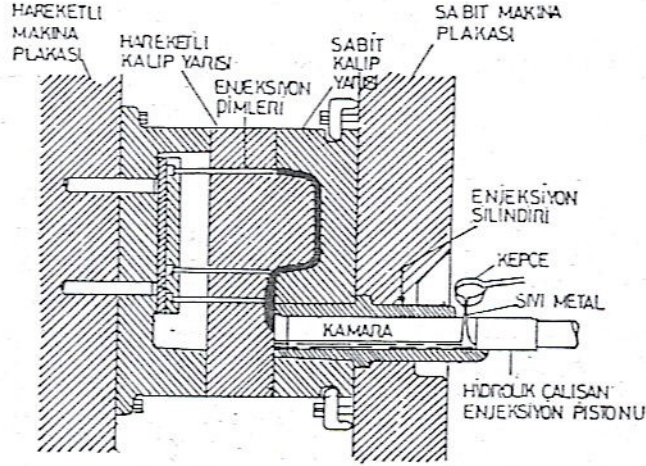
2.1.2.1) Yatay Soğuk Kamara Tipi Makinalar

Bu tip basınçlı döküm makinalarında metal basma kamarası ısıtılmaz. Kamarada yalnız sıvı metalin neden olduğu ısı artışı söz konusudur. Ancak aşırı ısınma olursa piston, su ile soğutmak yoluyla korunur. Ergimiş metal, basma veya enjeksiyon kamarası üzerindeki bir açıklıktan beslenir.



Şekil 2.4 Yatay soğuk kamara tip basınçlı döküm makinası (Çiğdemoğlu, 1972)

Yatay soğuk kamara tipi basınçlı döküm makinasındaki işlem özetle şöyle olmaktadır. Hareketli kalıp yarısı kapatılıp kalıplar kilitlendikten sonra, piston-silindir geri çekilmek suretiyle besleme deliği açılır ve buradan metal kamaraya boşaltılır. Piston ileri itilerek önce sıvı metal girişi kapanır sonra da sıvı metal kalıp boşluğuna basılır. Metalin katılaşması için gerekli zaman sonunda kalıp açılır ve piston geri çekilir. Dökülen parça hareketli kalıp yarısında kalır, buradan ejektor pimleri ile kolaylıkla çıkarılır. Piston tekrar ilk duruma getirilerek devre tekrarlanır.



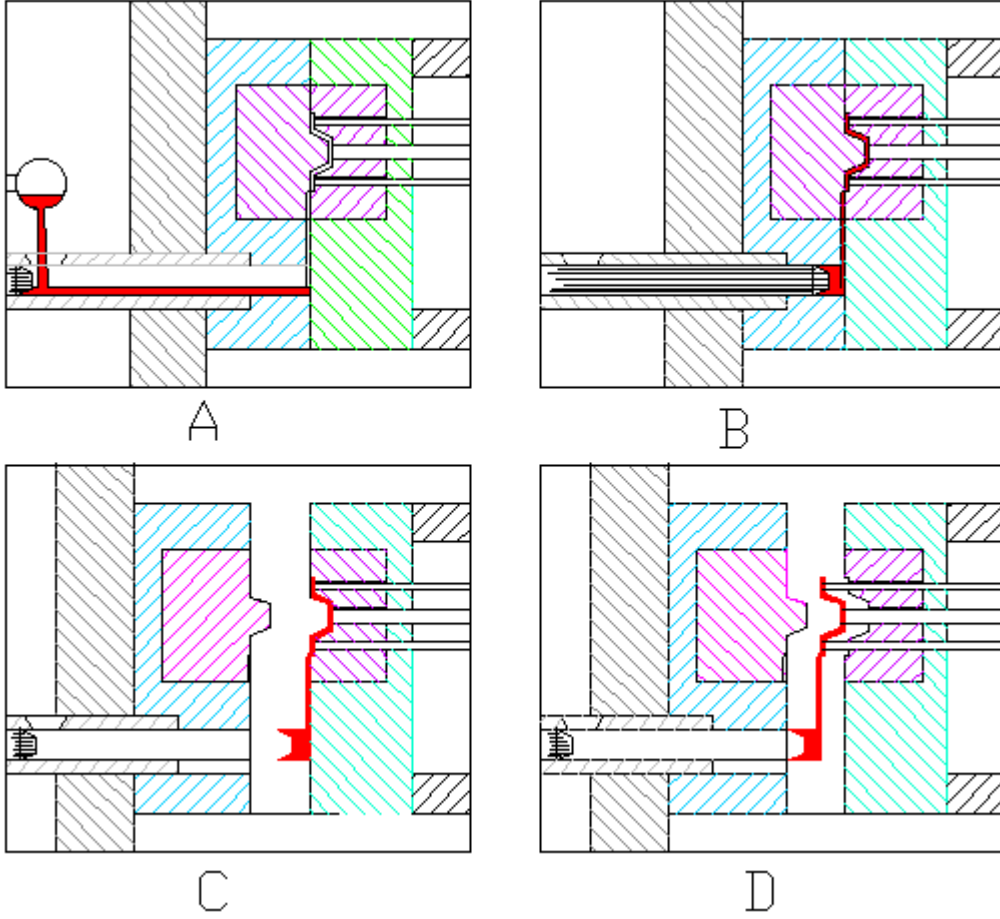
Şekil 2.5 Yatay soğuk kamara tip basınçlı döküm makinesi (Çiğdemöglü, 1972)

Soğuk kamara tipi enjeksiyon sistemleri, basınçlı dökümle üretimi gerçekleştirilebilen bütün malzemelere uygulanabilmekle beraber, bu sistem genellikle alüminyum, magnezyum ve bakır alaşımları için tercih edilir. Bütün döküm işlemi birkaç saniyede tamamlandığından alaşıma demir bulaşması hemen hiç olmamaktadır. Bu yöntemle çok daha yüksek basma basınçlarına ($\sim 70\text{--}140\text{ MN/m}^2$) ve hatta ($\sim 210\text{ MN/m}^2$) mertebesine erişebilir.

Bu yöntemin en önemli dezavantajları ise şunlardır :

- Ergimiş metali beslemek için ek teçhizat gerekliliği,
- Sıcak kamara tipine nazaran üretim hızının daha yavaş oluşu,
- Aşırı ısı kaybından doğabilecek döküm hataları.

Basma kamarası, pistonun tipi ve boyutu, dökülecek parça için gereken ergimiş metal hacmine bağlıdır. Kamara gerekenden büyük olursa ergimiş metal kamarada yayılarak döküm esnasında hava boşluklarına sebebiyet verebilir. Gerekenden küçük ise kalıp boşluğunu besleyecek miktarda ergimiş metal verildiğinde metalin bir kısmının kamaradan taşması söz konusu olabilir.



Şekil 2.6 Yatay soğuk kamaralı makinenin çalışması (A;B;C;D) (Karataş ve Kahraman 2003)
A-Metalin Doldurulması B-Metalin Basılması C-Kalıbın Açılması D-Parçanın Çıkarılması

Makina çalıştırıldığında, piston hareket ettirilmeden önce sıvı metalin kamaraya beslenmesi için gerekli zaman ayarlanmalıdır. Genellikle bu metal doldurma ameliyesi tamamlanıncaya kadar piston yavaş olarak hareket ettirilir, metal doldurulduktan sonra hızla metali kalıp boşluğuna enjekte eder. Optimum piston hızı, dökülecek alaşıma parça boyutlarına ve kalıp dizaynına göre değişir ve yaklaşık olarak 45-270 m/dak. değerleri arasındadır.

Piston malzemesi olarak, berilyum-bakır veya alaşımlı çelikler kullanılabilir. Kamara yine H 13 takım çeliği veya nitrürlü çeliklerden yapılır.(Karataş ve Kahraman 2003)

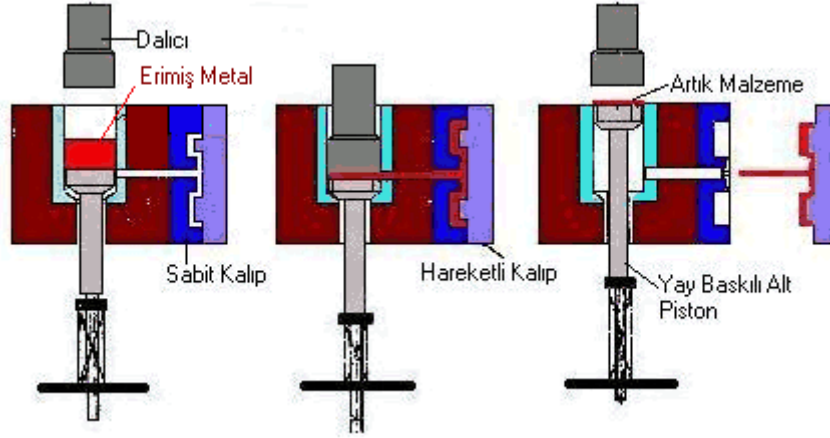
2.1.2.2) Düşey Soğuk Kamara Tipi Makinalar

Düşey soğuk kamara tipi makinalar da kendi aralarında düşey kalıplı düşey soğuk kamara tipi ve yatay kalıplı düşey soğuk kamara tipi olarak ikiye ayrılırlar; bu ayırım ise kalıbın düşey veya yatay durumda yerleştirilmiş oluşuna göredir.

Yatay kalıplı sistemde metal alttan (alt kalıptan) beslenir. Hava kalıptan boşaltılıp, ergimiş metal bekletme fırınından vakumla basma haznesine beslenir. Kalıp yarımını kilitleme basıncı ve metali enjekte eden basınç, bir akümülatör vasıtasıyla kontrol edilir. Kalıpların yatay olarak yerleştirilmiş olması ve metalin alttan yukarıya doğru beslenmesinden dolayı, basma pistonundan erken bir metal akışı söz konusu olmamaktadır. Bazı düşey kalıplı büyük makinalar ise, beslemenin hem merkezden hem de yanlardan (merkeze uzak noktalardan) yapılacağı şekilde dizayn edilmişlerdir.

Düşey kalıplı düşey soğuk kamaralı basınçlı döküm makinasında basma işlemi düşey bir kamarada yapılmaktadır. Ergimiş metal kamaraya dolarken, kalıp giriş deliğini tıkayacak konumdadır. Metal beslendikten sonra üst piston aşağı doğru hareket ettirilerek, önce ergimiş metal iki piston arasında sıkıştırılır ve bu esnada alt piston, üst piston basıncının etkisi ile aşağıya doğru hareket ederek kalıp giriş deliğini açar. Ergimiş metal bu girişten hızla kalıp boşluğuna basılır ve dökümün tamamlanması için belirli bir süre basınç tatbik edilir. Katılma bittikten sonra üst ve alt piston yukarıya doğru hareket ettirilerek metal artığı dışarı atılır. Daha sonra hareketli kalıp yarımı açılarak parça hareketli kalıptan dışarı alınır.

Bu tür makinalar, çift pistonla çalıştılarından sık sık bakım gerektirirler. Başlıca avantajları ise, düşey kamaralı olmalarıdır. Zira düşey kamara tipi makinalarda piston ileri hareket ettirilirken ergimiş metal sıkı bir kitle halinde hareket eder ve metal türbülansı minimum olduğu gibi dökülen parçada porozite oluşumu da minimum olur.



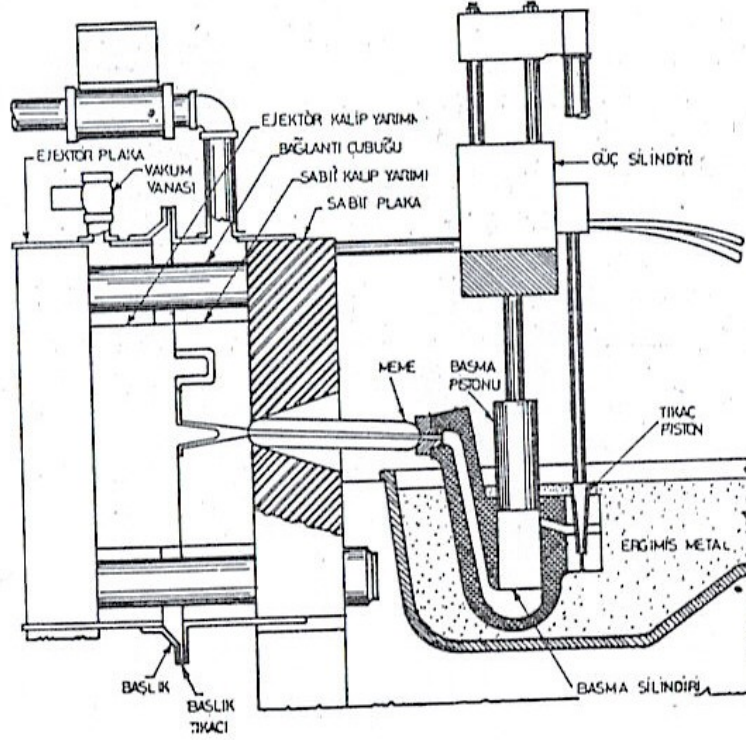
Şekil 2.7 Düşey soğuk kamaralı döküm makinesi ve çalışma sırasının gösterilmesi (Karataş ve Kahraman 2003)

Genellikle yatay makinalarda üretilemeyen, yoğunluğu yüksek parçalar ve merkezden beslenme yapılmasının daha uygun düştüğü hallerde düşey makinalarla çalışılır. Düşey makinalar en çok merkezden beslemenin en iyi veya daha etkin olduğu durumlarda tercih edilir. Örneğin merkez kısmının et kalınlığı fazla ve merkezden uzaklaştıkça kenarlara doğru et kalınlıkları azalan tekerlek ve benzeri parça dökümlerinde düşey tip makina kullanmak avantajlı olmaktadır. Merkezden besleme yapılmasına ilave olarak sıvı metalin düşey hareketi parçada porozite oluşması imkanını çok azaltacaktır.(Çiğdemoğlu, 1972)

2.1.3) Vakumlu Basınçlı Döküm Makinaları

Besleme ve dökümün tamamen vakum altında yapılabildiği sıcak ve soğuk kamara tipi basınçlı döküm makinaları geliştirilmiştir. Bu tip makinalarda hava sızdırmazlığı temin edilmiştir ve basma pistonu ile beslemeyi kontrol eden tıkaç piston, ergimiş metalin potadan vakum altında enjeksiyon kamarasına geçişini sağlamaktadır.

Yeterli miktar besleme yapıldıktan sonra basma pistonu yardımıyla ergimiş metal kaz boynundan geçirilip, meme vasıtasıyla kalıp boşluğuna basılır ve bu esnada da potadan ergimiş metal beslemesini kontrol eden tıkaç, şekildeki gibi aşırı metal geçişini engeller, böylece metal sızması önlenmiş olur. Bu yöntemle basınçlı dökümün bütünü vakum altında yapılmış olur.(Çiğdemoğlu, 1972)



Şekil 2.8 Vakumlu sıcak kamara tipi basınçlı döküm makinası, (Çiğdemoğlu, 1972)

Yolluklandırma ve diğer kalıp dizaynları uygun şekilde yapılmış ise vakum altında basınçlı döküm yöntemiyle çok düşük poroziteli ve tekrar bir yüzey bitirme işlemi gerektirmeyen parçalar dökülebilir.

2.2) Basınçlı Döküm Alaşımları

Basınçlı döküm alaşımları daha çok kullanım alanlarına göre farklılık gösterir. Parçanın kullanılacağı alana göre değişik alaşımlar seçilerek üretim gerçekleştirilir. Örneğin; bir dişli kutusu dökümü gerçekleştirilecekse dayanım ve yüksek mukavemet değerlerine sahip bir alaşım seçilirken bir kapı kolu döküleceğinde yüksek yüzey kalitesi ve kaplama özelliklerine sahip malzemeler seçilmektedir. Fakat genelde alaşımda aranacak en önemli özellikler maliyetinin düşük olması ve üretiminin sağlıklı yapılarak ürünün kaliteli olmasıdır. Bu amaçla aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır.

1. Mukavemet, sertlik ve süneklik gibi yüksek mekanik özelliklere sahip olması
2. Isıl işlemlerin özelliklere etkileri ve boyutsal kararlılık
3. Alaşımın basınçlı döküm prosesine dökülebilirlik bakımından uygun olması
4. Düşük ve yüksek sıcaklıklardaki mukavemet özelliklerinin iyiliği

5. İşlenebilirlik özelliğinin olması
6. Kaplama ve boyama gibi diğer yardımcı proseslere uygun olması
7. Korozyon dayanımının yüksek olması
8. Ağırlığının ve maliyetinin düşük olması

Bu faktörlerin göz önünde bulundurulmasıyla, seçilecek veya kullanılacak 6 tip alaşım tipi vardır. Bu alaşımlar çinko, alüminyum, magnezyum, bakır, kurşun ve kalaydır.

Çinko alaşımları, dökümlerinin kolay olması, ekonomik ve çabukluğundan dolayı, döküm parçalarının ağırlığının %60'ını oluşturmaktadır. Çinko alaşımların mekanik özellikleri iyi, kolayca işlenebilir ve bitirme işlemlerine yatkındır. Ayrıca bu alaşımlar düşük sıcaklıkta dökülmeleri sebebiyle, düşük yakıt ve kalıp maliyetinde çalışabilmektedir.

Alüminyum alaşımların; basınçlı döküm alaşımları içerisindeki payı %30 dur. Alüminyumun basınçlı dökümü yıllar boyunca artmıştır. Alüminyum hafiftir, yorulma dayanımı, elektrik ve ısı iletkenliği ile lekelenmeye karşı direnci yüksektir. Ayrıca ekonomiktir, bununla birlikte yüzey bitirme işlemleri kolay ve maliyet açısından yüksek değildir.

Magnezyum alaşımları daha çok hafiflik istenen uygulamalarda kullanılır. Güç ekonomisinin gerektiği ve verimin artırılması zorunlu olan sistemlerin hareketli parçalarında, el işçiliği gereken yerlerde işçinin yorgunluğunun azaltılması istendiğinde kullanılır. Büro makinaları, fotoğraf makinaları, kamera , optik araçlar ve tekstil makinalarında tercih edilmektedir.

Bakır alaşımları (özellikle pirinç) dayanım, korozyon ve aşınma direnci gibi özellikleri nedeniyle endüstride en çok kullanılan teknolojik malzemelerden biridir. Pirinç alaşımlarının en çok kullanıldığı yerler şunlardır. Otomotiv dişlileri, şanzıman çatalları, debriyaj parçaları, amortisör parçaları, pompalar, yataklar, fırça tutucular, buzdolabı parçaları, valfler, brülör parçaları, armatürler ile çeşitli ev ve mutfak parçaları.

Kalay alaşımları malzemelerde korozyon direnci gerektiği durumlarda, aynı şekilde kurşun alaşımları da korozyona dayanım özelliklerinden dolayı kullanılırlar. Kuvvetli mineral

asitlere direnç istenen yangın söndürme aparatları, akümülatörler ve kimyasal aparatlarda daha çok kurşun basınçlı dökümlere başvurulur.

Basınçlı dökümde en fazla kullanılan çinko ve alüminyum alaşımlarının özellikleri tablolarda verilmiştir.

Tablo 2.1 Çinko alaşımların kimyasal kompozisyonu

Metal	% Kompozisyon		
	Alaşım XXI	Alaşım XXIII	Alaşım XXV
Bakır	2.5-3.5	< 0.10	0.75-1.25
Alüminyum	3.5-4.5	3.5-4.3	3.5-4.3
Mağnezyum	0.02-0.10	0.03-0.08	0.03-0.08
Demir	< 0.100	< 0.100	< 0.100
Kurşun	< 0.007	< 0.007	< 0.007
Kadmiyum	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Kalay	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Çinko	Kalan	Kalan	Kalan

Tablo 2.2 Çinko alaşımların mekanik özellikleri

ÖZELLİK	SICAKLIKLAR					
	-40°C	-20°C	0°C	21°C	40°C	95°C
ALAŞIM XXIII :						
Gerilme Mukavemeti (kpa)	308,9	301,3	284,75	282,7	245,1	195,1
Darbe Mukavemeti (j)	2,71	5,42	58,3	58,3	56,94	54,23
Brinell Sertlik	91	87	82	82	68	43
Yüzde Uzama	3	4	6	10	16	30
ALAŞIM XV :						
Gerilme Mukavemeti (kpa)	337,15	340,60	333,01	328,20	295,78	242
Darbe Mukavemeti (j)	2,71	5,42	55,58	65,07	62,36	58,30
Brinell Sertlik	107	194	99	91	89	62
Yüzde Uzama	2	3	6	7	13	23

Tablo 2.3 Çinko alaşımların genel özellikleri

ÖZELLİK	Alaşım XXIII	Alaşım XXV
Brinell Sertlik	82	91
Basma Mukavemeti (kpa)	413,68	599,84
Ergime Sıcaklığı (°C)	386,6	386,1
Kırılma Modülü (kpa)	655	723,94
Kopma Mukavemeti (kpa)	213,73	262,00
Katlaşma Sıcaklığı (°C)	380,6	380,4
Spesifik Ağırlık	6,6	6,7
Spesifik Sıcaklık (cal/g/°C)	0,10	0,10
Termal Genleşme (°C)	0,0000274	0,0000274
Çapraz Kayma	0,27	0,16

Tablo 2.4 Alüminyum alaşımların kimyasal kompozisyonu

Metal	ALAŞIMLAR					
	A 43	A 13	A 85	A 380	A 360	A 218
Bakır	≤ 0,6	≤ 0,6	3-4	3-4	≤ 0,6	≤ 0,2
Silisyum	4,5-6	11-13	4,5-5,5	7,5-9,5	9-10	≤ 0,5
Demir	≤ 2,0	≤ 1,3	≤ 1,3	≤ 1,3	≤ 1,3	≤ 1,8
Magnezyum	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	0,4-0,6	7,5-8,5
Manganez	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,3	≤ 0,3
Çinko	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,6	≤ 0,6	≤ 0,5	≤ 0,1
Nikel	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,1
Kalay	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,1	≤ 0,1
Diğer	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 0,1
Alüminyum	Kalan	Kalan	Kalan	Kalan	Kalan	Kalan

Tablo 2.5 Alüminyum alaşımların fiziksel özellikleri

ÖZELLİKLER	ALAŞIMLAR					
	A 43	A 13	A 85	A 380	A 360	A 218
Gerilme Mukavemeti (kpa)	206,84	268,89	275,78	317,15	282,68	310,26
Akma Mukavemeti (kpa)	110,31	144,78	165,47	172,36	158,57	186,15
Darbe Mukavemeti (j)	5,42	2,71	4,06	4,06	6,78	9,50
Kopma Mukavemeti (kpa)	151,68	172,36	158,57	199,94	193,05	206,84
Ergime Sıcaklığı, °C	621	573,88	615,55	585	593,33	615,55
Elektrik İletkenlik Yüzde	41	37	28	27	37	25
Dayanma Limiti (kpa)	117,21	131,00	151,68	131,00	124,10	158,57
Brinel Sertliği	50	80	75	80	75	80
Termal İletkenlik	0.38	0.37	0.29	0.29	0.36	0.25
Spesifik Ağırlık	2.70	2.66	2.77	2.76	2.68	2.55
Ağırlık, lb	0.044	0.043	0.045	0.045	0.044	0.042
Yüzde Uzama	5.0	2.0	3.5	3.0	5.0	8.0

Tablo 2.6 Bakır alaşımlarının kimyasal kompozisyonu

Metal	ALAŞIMLAR		
	C85800	C87900	C87800
Bakır(%)	57 min	63 min	80 min
Silisyum(%)	0,25	0,75-1,25	3,75-4,25
Demir(%)	0,5	0,4	0,15
Magnezyum(%)	-	-	0,01
Manganez(%)	0,25	0,15	0,15
Çinko(%)	31 min	Kalan	Kalan
Kalay(%)	1,5	0,25	0,25
Kurşun(%)	1,5	0,25	0,15
Alüminyum(%)	0,25	0,15	0,15

Tablo 2.7 Magnezyum alaşımlarının kimyasal kompozisyonu

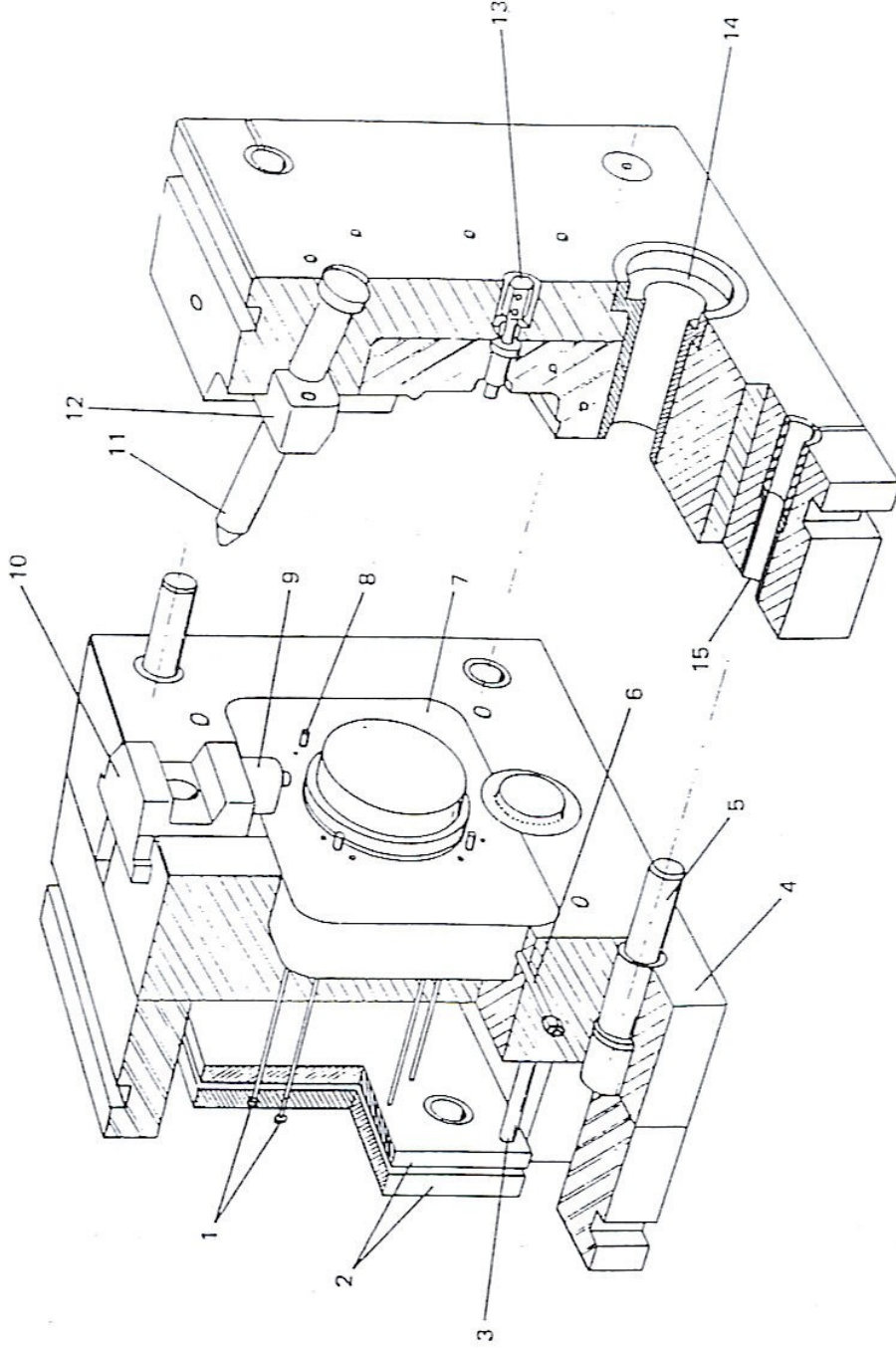
Metal	ALAŞIMLAR		
	AZ91B	AM60A	AS41A
Bakır(%)	0,35	0,35	0,06
Silisyum(%)	0,50	0,50	0,50
Magnezyum(%)	Kalan	Kalan	Kalan
Manganez(%)	0,13	0,13	0,20
Çinko(%)	0,13	0,22	-
Alüminyum(%)	8,3-9,7	5,5-6,5	3,5-5,0

3) BASINÇLI DÖKÜM KALIPLARI

Kaliteli ve sorunsuz bir basınçlı döküm uygulaması için uygun bir kalıp tasarımına gereksinim vardır. Kalıp tasarımı uygun değilse kalıpta çatlama olur ve üretimi aksatır.

Basınçlı döküm kalıpları, her biri dökülecek parçanın geometrisine göre işlenmiş iki kalıp yarımından meydana gelir. Makinanın hareketli levhasında yer alan kısma ejektör kalıbı, makinaya monte edilen sabit levhaya bağlı kalıp bloğuna ise kaplama kalıbı denir. Kaplama kalıbı bünyesinde, ejektör kalıbı içine alabilecek bir tasarıma sahiptir. Dökümün çok önemli bir bölümü, kaplama kalıbı ve ejektör kalıbında form edilmektedir. Kaplama ve ejektör kalıplarının her ikisinin de yüzeyi döküm kalitesi açısından düz ve pürüzsüz olmalı, aynı şekilde sıvı metalin dışarıya basınç nedeniyle kaçmaması için yüzeylerinin tam bir uygunluk sağlayacak şekilde olması gerekir. Ergimiş metal kalıp boşluğuna, sabit kalıp yarımında bulunan besleme memesi vasıtasıyla akar. Hareketli kalıp yarımı içinde ise dökülen parçanın şekline bağlı olacak sayıda yolluklar veya kanallar vardır. Birim zamanda yüksek bir üretim için dökümün kalıptan çabuk çıkarılması gerekir, bu iş genellikle bir ejektör plakasına monte edilmiş pimlerle sağlanır. Ejektör plakası ise kalıp tabanına monte edilir. Parçanın iç oyuk kısımlarını elde etmek için hareketli kalıp yarımı içine yerleştirilmiş sabit maçalar kullanılır. Kalıp içindeki yerleşme yönü kalıp hareket yönüne paralel olmayan maçalar ise hareketli maçalar adını alır. Maçalar çok ince ve derin deliklerin yapılmasında kullanılamazlar. Metal kalıba basıldığında kalıp boşluğu içerisindeki havanın çıkması için havalandırma yolları bırakılır. Uygun havalandırma sağlanmadığı takdirde dökümler boşluklu çıkar.

Kalıbın yapıldığı malzeme, basınçlı döküm tekniğinin başarısını büyük oranda etkiler. Sıvı metal kalıp içine basınç altında beslendiğinden kalıp malzemesi yüksek darbe ve mekanik şoklara dayanıklı olmalıdır.



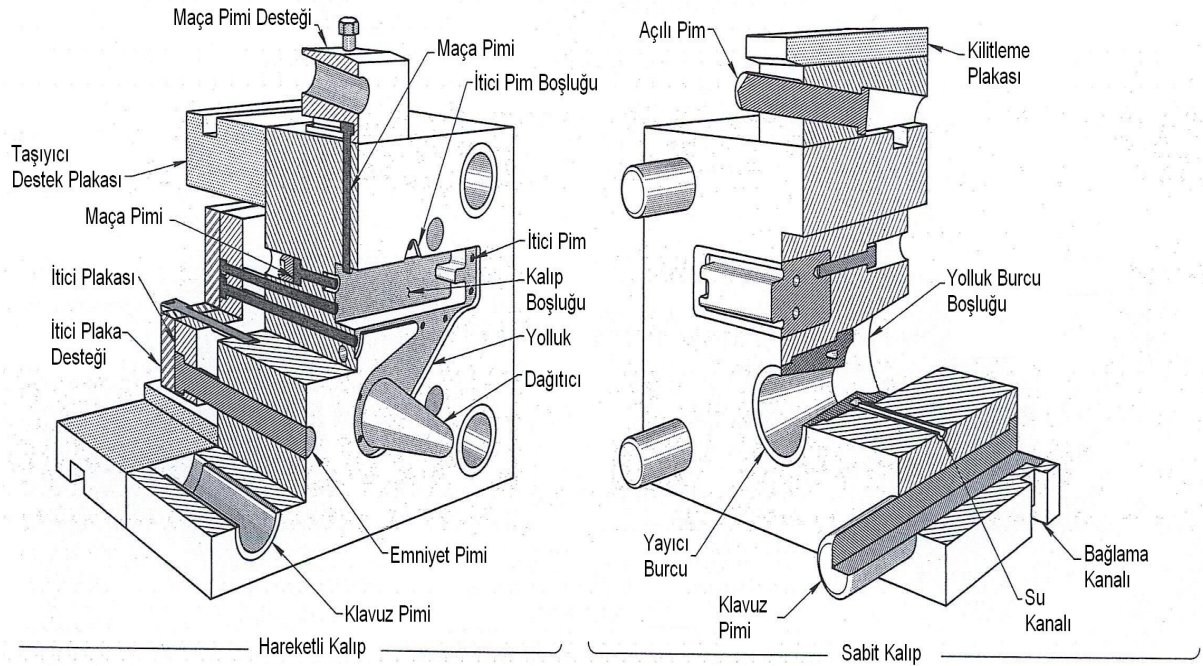
1 Itici pim, 2 Itici plakasi, 3 Geri itici pimleri, 4 Kalıp Seti, 5 Merkezleme pimleri, 6 Sogutma kanali
 7 Çekirdek, 8 Sabit maça, 9 Hareketli maça, 10 Maça yatađı, 11 Maça sürücüsü, 12 Maça kilidi,
 13 Maça sogutma kanali, 14 Yolluk, 15 Burç

Şekil 3.1 Kalıp Elemanları (Uludağ, 2000)

3.1) Kalıp Çeşitleri

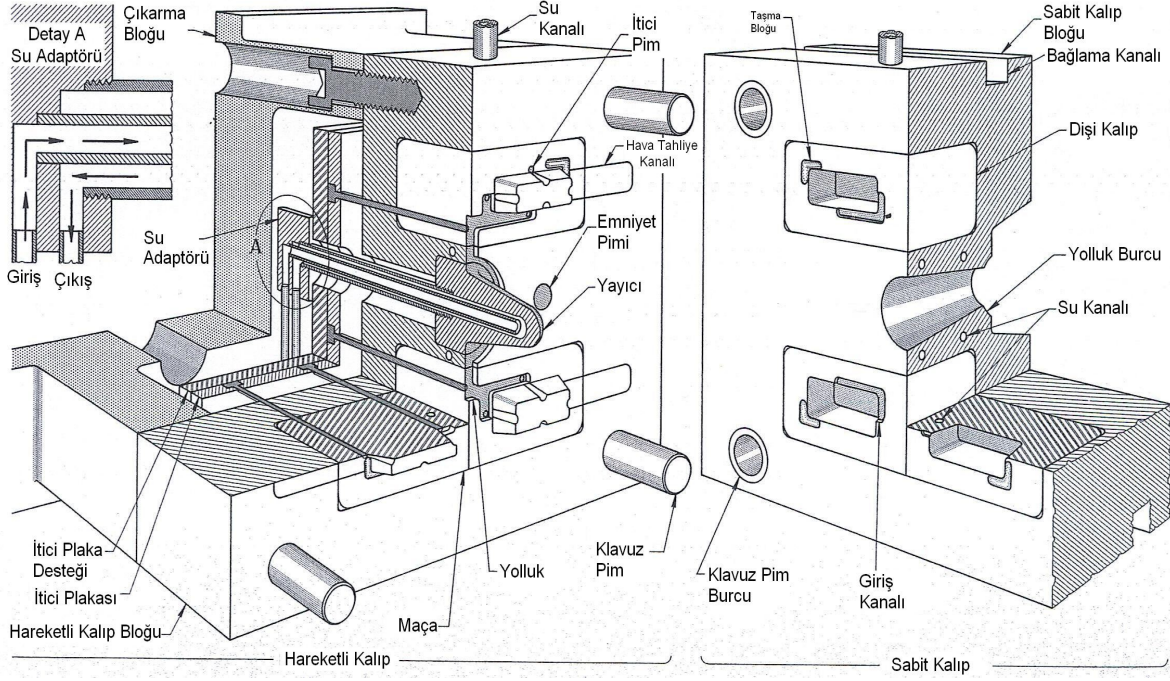
Basınçlı dökümde kalıplar dökümün farklı kalınlık ve genişliğine göre 4 tiptedir. Bunlar tek darbe kalıpları, çok yönlü darbe kalıpları, kombinasyon kalıpları ve ünite kalıplarıdır.

Tek darbe kalıpları, basınçlı dökümde yaygın olarak en çok kullanılan kalıp çeşididir, Kalıbın oldukça basit bir yapısı vardır ve en kolay yapılabilir kalıp tipidir. Ayrıca tek darbe kalıplarında yalnız bir adet boşluk vardır. Bu kalıp ucuz olmasından dolayı ve aynı zamanda hızlı üretimler için uygunluğundan dolayı çokça kullanılmaktadır.(Pulutkan 1997)



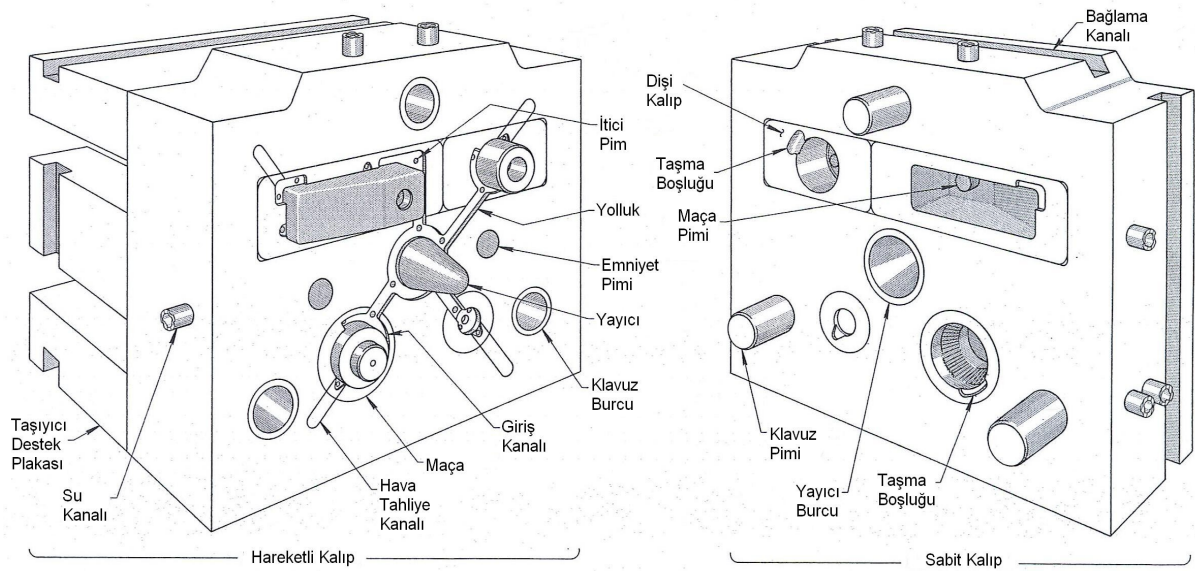
Şekil 3.2 Tek Darbe Kalıpları (ASM Metal Handbook 5, 1970)

Çok yönlü darbe kalıpları; genellikle büyük çapta ve hızlı üretimin gerektiği yerlerde kullanılır. Darbenin miktarı, gerekli üretim miktarına ve dökümün şekline bağlı olarak değişir. Küçük ve basit şekilli parçalarda darbe miktarı 32-48 arasında değişir. Daha yüksek miktarda üretimlerde daha fazla darbe kullanılmaktadır. Çok yönlü darbe kalıbında darbeler, her darbe bir diğerinden eşit aralıkta olacak şekilde simetrik ve uniform şekilde düzenlenmelidir. (Pulutkan 1997)



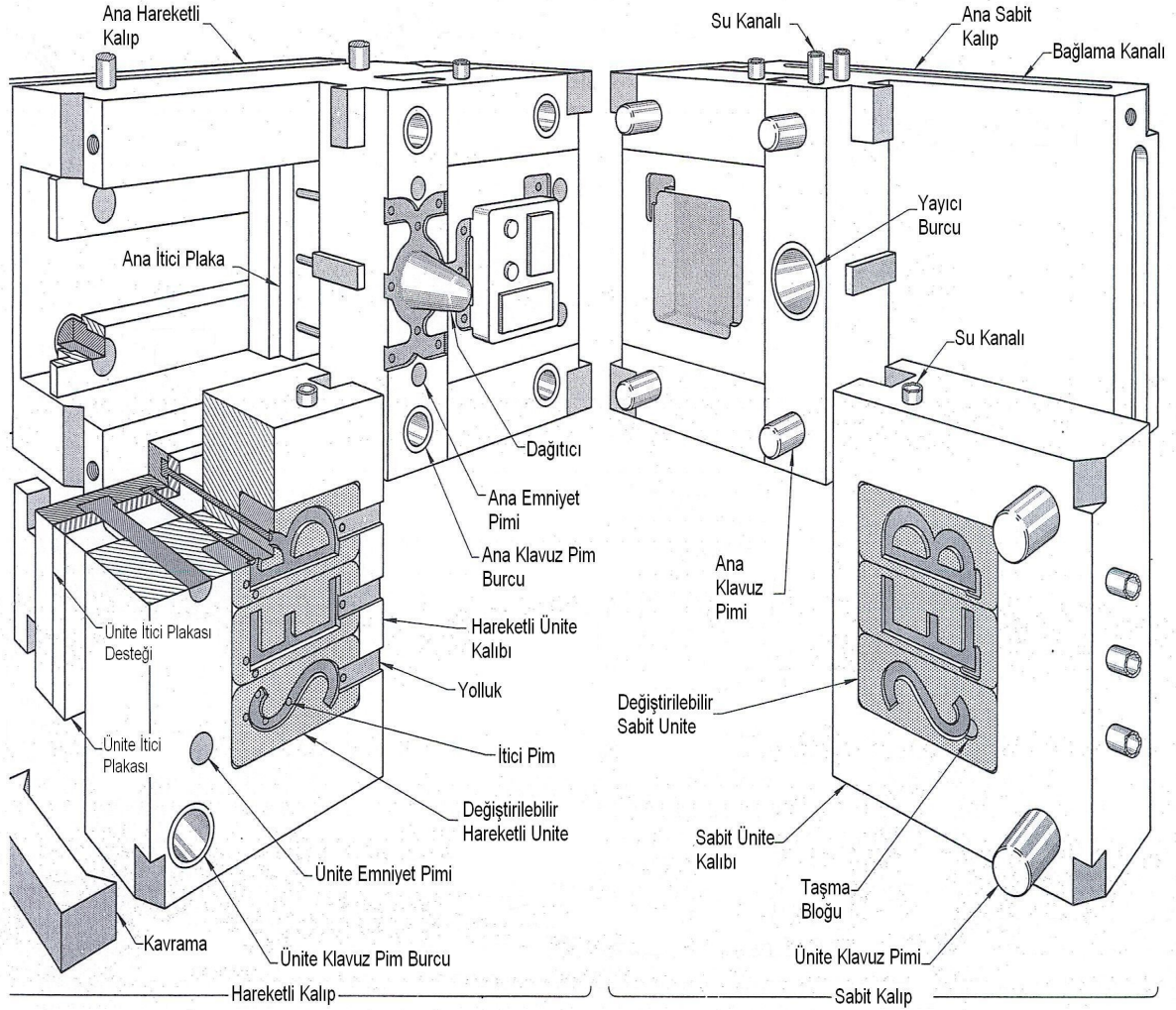
Şekil 3.3 Çok Yönlü Darbe Kalıpları (ASM Metal Handbook 5, 1970)

Kombinasyon kalıpları; çok yönlü darbe kalıplarıyla birlikte aynı amaca hizmet eder. İki kalıpta aynı zamanda dökümün iki veya daha fazla kısmına izin verir. Böylece her ikisi de iki veya daha fazla kalıp boşluğuna sahiptir. Bu iki kalıp şekli arasındaki fark çok yönlü darbe kalıbı aynı şeklin değişik parçalarının dökümünde kullanılırken, kombinasyon kalıpları benzer olmayan bir şeklin iki veya daha fazla kısmının dökümünde kullanılır. Bununla birlikte kombinasyon kalıbında boşlukların sayısı limitlenmişken, çok yönlü darbe kalıbında genellikle daha büyük miktarda boşluk kullanılır.(Pulutkan 1997)

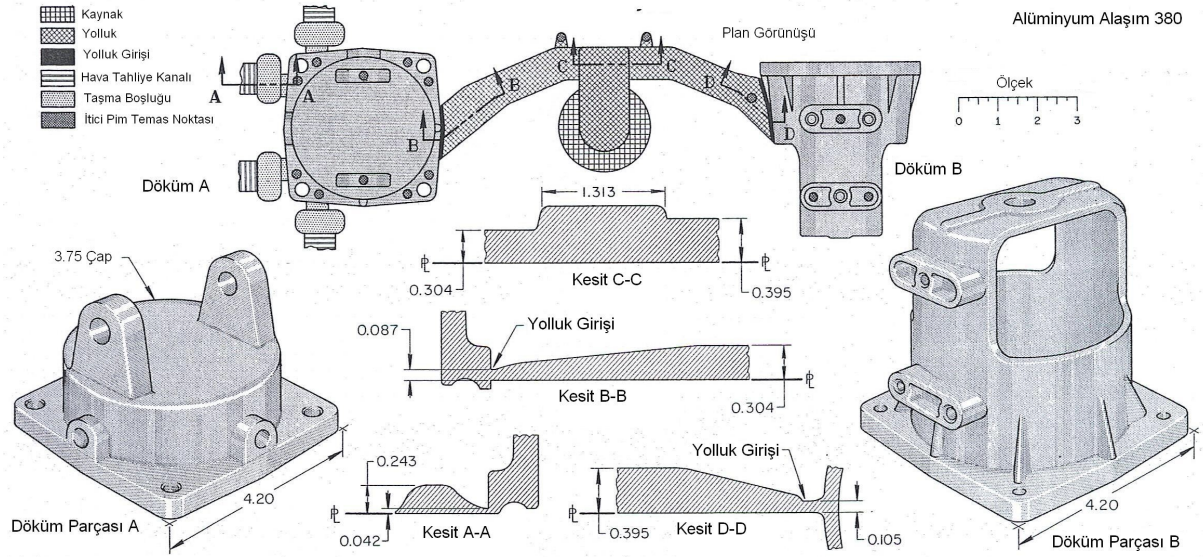
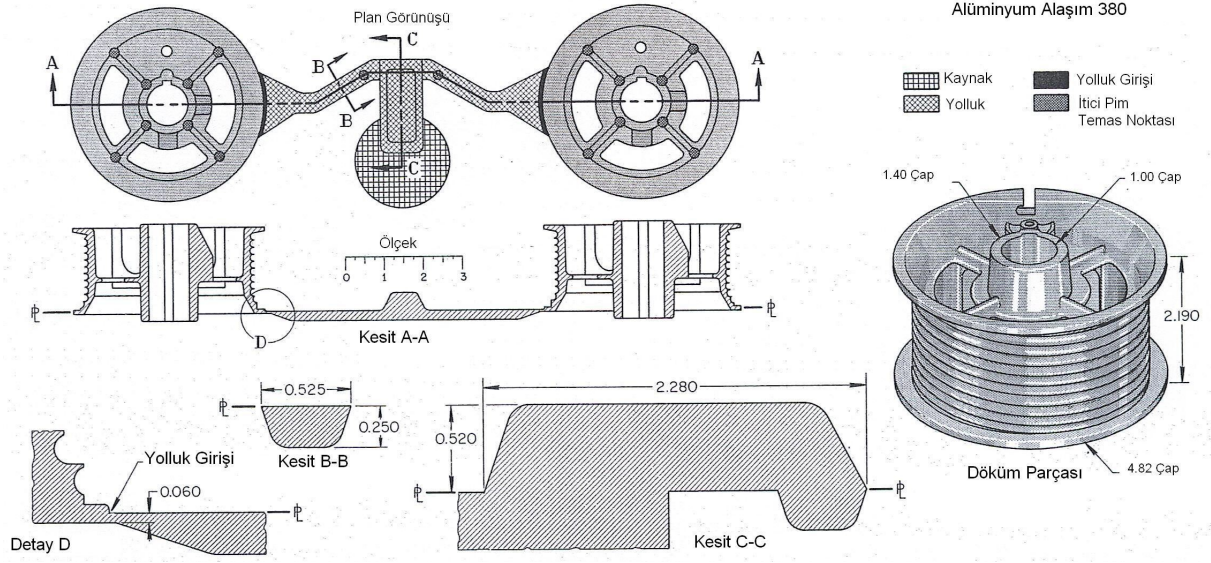


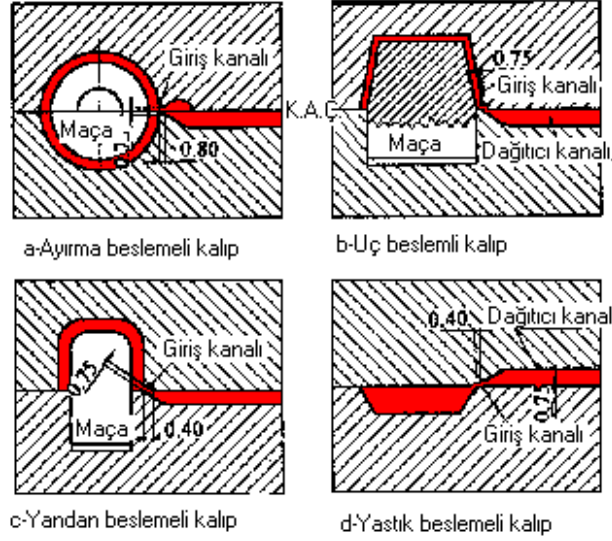
Şekil 3.4 Kombinasyon Kalıpları (ASM Metal Handbook 5, 1970)

Ünite kalıpları; orta boyutlu parçalarda ve genellikle üretimin düşük olacağı durumlarda kullanılması avantajdır. Ünite kalıpları ile çok yönlü darbe kalıpları arasındaki fark, çok yönlü darbe kalıplarında darbeler kompleks ve mekaniktir, ünite kalıplarında ise darbeler daha basittir, ayrıca ünite kalıplarında metalin girdiği boşluklar yerleştirilebilir kalıp ünitelerinde form edilmiştir. Her bir ünite, döküm darbesi şekli ve boyutları göz önüne alındığında birbirlerinden farklı olmayan çeşitli kısımlar içerir. Böylece bir ünite farklı bir ürünün farklı bir parçasının basınçlı dökümünde kullanılır.(Pulutkan 1997)



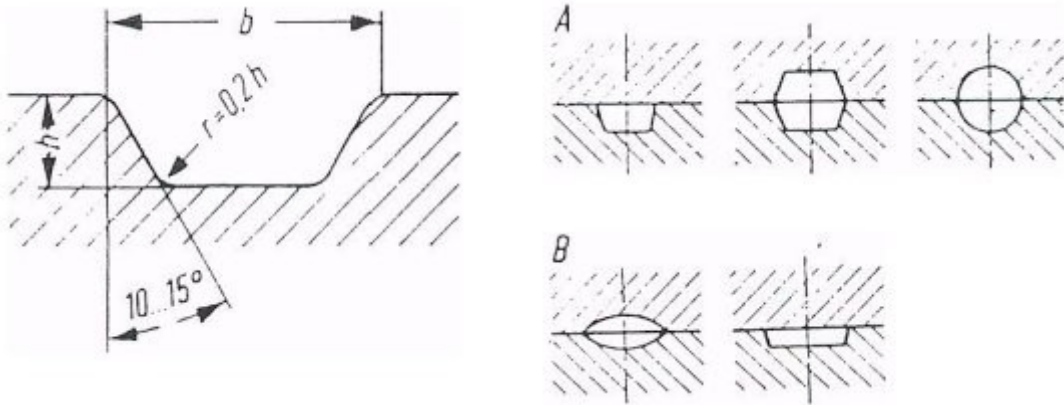
Şekil 3.5 Ünite Kalıpları (ASM Metal Handbook 5, 1970)





Şekil 3.9 Çeşitli kalıplara göre yolluk girişleri (Karataş ve Kahraman 2003)

Yolluk kanalları, bir kalıp yarısında ya da iki kalıp yarısında birden bulunabilir. Akıntı sırasında kayıp oluşumunu engellemek için, keskin yön değişimleri tercih edilmemelidir. Yolluk ve bağlantı kanalları, gerektiğinden daha büyük yapılmamalıdır. Aksi takdirde kalıp plakasının bu bölümünde gereksiz sıcaklık kaybı ve aşırı ısı birikmesi meydana gelir. Kesit alanı aşağı yukarı yolluk girişi alanından 2-3 kat daha büyük olmalıdır. Yolluk kanallarının derinliği, döküm parçasının et kalınlığı $\times 1,5$ olarak saptanabilir. Akıntı hızı çinko alaşımlarında 15m/s. alüminyum alaşımlarında 10m/s. magnezyum alaşımlarında 20 m/s değerleri altına düşmemelidir.

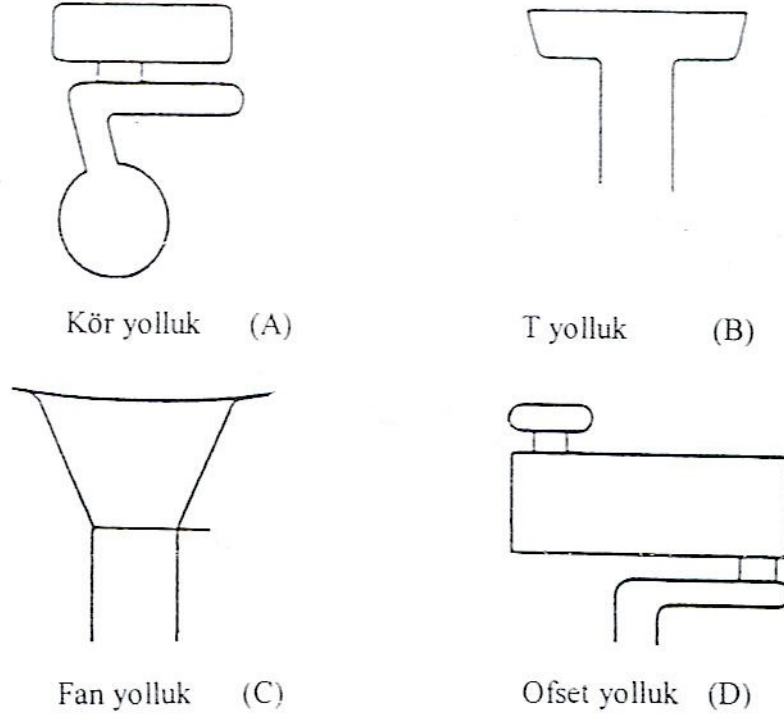


Şekil 3.10 Yolluk kanal tipleri A Elverişli B Elverişsiz (Uludağ, 2000)

Tablo 3.1 Alaşımlara Göre Kanal Hesaplama Çizelgesi

Alaşım Tipi	h	b
Çinko Alaşımları için	1	4
Alüminyum Alaşımları için	1	3
Magnezyum Alaşımları için	1	2
Bakır Alaşımları için	1	5

Bu alan güvenilir şekilde hesaplanana kadar minimum boyutta çalışılması büyük önem taşımaktadır. Bu durumda yolluk, yolluk kanallarının yeniden ergitilmesiyle oluşacak hammadde ve enerji kayıpları azalır, kalıba daha az ısı verilir. Ayrıca bir yolluk kanalının büyütülmesi küçültülmesinden daha kolaydır. Şekil 3.11'de çeşitli yolluk kanalı tipleri gösterilmektedir. Genel kural olarak, yolluk kanalları olabildiğince kısa olmalıdır; ancak soğuk baskıların önlenmesi için kalıbın belirli bölümlerinin ısıtılması gerekiyorsa kör bir yolluk kanalı kullanılabilir.



Şekil 3.11 Çeşitli yolluk kanal tipleri (Uludağ, 2000)

T-biçimli bir yolluk kanalıyla ilk olarak kanalın merkezinden gelen metal maksimum süratle girer, oysa kenarlardan içeri giren metal buna kıyasla daha yavaştır. Bazen daha sabit hız elde edilmesi amacıyla kanal kalınlığı değiştirilebilir. Ayrıca, merkez akışının sınırlandırılması ve bu şekilde metal akışının kenarlara yönlendirilmesinin sağlanması amacıyla yolluk kanalında bir ada bırakılabilir. Her durumda T'nin döküm ile birleştiği noktada bir dairesel bölge

sağlanmalıdır. Küçük parçaların üretiminde maksimum hız elde edilebilmesi için yuvarlak kesitli bir yolluk kanalı uygun olabilir.

Ofset yolluk kanalları, metalin boşluğun bir ucundan diğerine yönlendirilmesinin gerekli olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Sıcaklık dengesinin karşılanması için boşluğun karşıt ucunun çevresinde beslemeler olması gerekmektedir. Çoğu zaman metal arka yüz boyunca akacağından ve diğer yarının merkezinde kötü bir bileşim oluşturacağından bu biraz tehlikelidir. Yolluk kanallarının doğru hesaplanması ve kalıba işlenmesi koşuluyla fan tipi yolluk girişine doğru sabit bir hızla metalin akmasını sağlar. Kanalın kesiti konkav olabilir ya da fan eğimli olabilir. Fan yolluk kanalları tasarlanırken, yolluk kanalının başlangıcından yolluk girişine kadar dik kesit alanında düzenli bir azalma olabilmesi için fan formunun işlenmesine özel bir dikkat harcanmalıdır. Çoklu yolluk kanalları gerekli olduğunda, erimiş metalin aynı anda girişinin sağlanması için dengelenmiş olmalıdır. Metal en az direnci gösteren yolu izleyecektir, bu şekilde en büyük dirence sahip olan yolluk girişi en son dolan olacaktır.

3.2.1.1) Yolluk Girişi

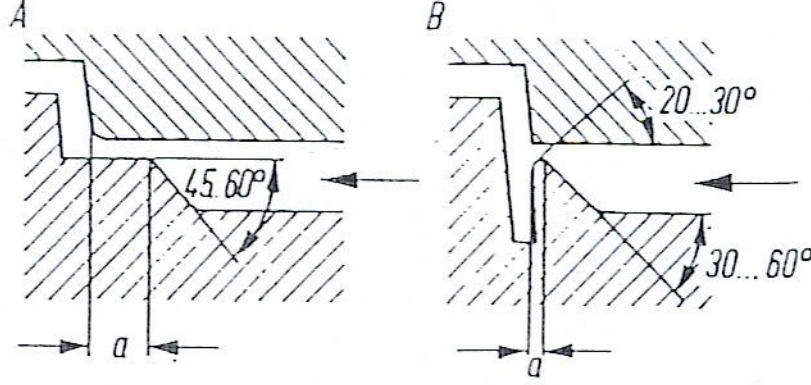
Metalin düşük bir hızla içinde aktığı döküm yolluğu sayesinde metal ışını, hemen kalıp boşluğu öncesinde akıntının hızını yükselten yolluk girişine yöneltir. Yolluk girişi, kalıp boşluğunun eksiksiz dolmasını sağlamalı, metali mümkün olduğunca tek bir ışın halinde yumuşak yön değişimleriyle kalıp boşluğuna yöneltmeli, kalıp boşluğunda bulunan havayı metal içinden geçirerek hava ceplerine yöneltmeli, kalıp parçalarına sıvı sütunun zedeleyici şekilde çarpmasını önlemeli, kalıbın sıcaklığını aynı tutmalı, kolay ve ucuz şekilde tamamlanmış döküm parçasından ayrılabilmesi ve döküm parçasının dış görünümünü olumsuz yönde etkilememelidir.

Yolluk girişinin çabuk dolması arzu edildiğinden, genişliği olabildiğince küçük tutulmalıdır. Sadece istisnalarda yolluk girişi, sıvı metalin zamanından önce cidarlarla temas etmesi ve bazen hava kanallarına akması yüzünden, döküm parçasıyla eşit genişliktedir.

Yolluk girişi genellikle kalın kesitli kısımlara konulsa da bazı durumlarda döküm parçasının ince cidarlı bir noktasına yerleştirilebilir. Kalın kesitten yolluk girişi verildiğinde döküm parçasının en uzakta kalan bölümlerine, kalıp boşluğu içinde akmış olmaktan soğumuş ve kalıp plakasına pek fazla ısı vermeden, çabuk katılaştıran metal ulaşır, ince cidarlı bölümde verilen yolluktan ise kalıp boşluğuna az ama sıcak metal ulaşır ve kalıbı ısıtır, uzun süre sıvı halde kalır, ilk önce döküm parçasının kalın cidarlı bölümü doldurulmak zorundadır buradan taşan sıvı metal, ince cidarlı

bölümleri dolduracaktır. İnce cidarlı bölümdeki metal çabuk katılaşır ve o ana kadar, sıvı halde olan kalın cidarlı bölümdeki metalin basıncı altındadır.

İmalat sırasında, yolluk girişi kesiti büyüdükçe, kalın cidarlı döküm parçalarında porozite oluşumunun azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.12 Yolluk giriş kesiti (Uludağ, 2000)

A Normal Hızlarda B Yüksek Hızlarda Kullanılan Konstrüksiyon

3.2.1.2) Yolluk Boyutlarının Belirlenmesi

Döküm basıncı ve yolluk girişi kesitinin şekil ve boyutu metal sütununun kalıp boşluğuna girme kesitini, hızını ve açısını belirler. Yolluk girişinin kesitini isteğe göre seçmek mümkün değildir. Sıvı metalin ve kalıbın sıcakları ile oynayarak parçanın bazı özellikleri değiştirilebilse de temel özellikleri yolluk girişi ve basınç belirlemektedir. Yolluk girişinin parça üzerindeki yeri de çok önem taşımaktadır.

Formüller ve nomogramlardan hesaplanan değerler genellikle çok farklı çıkmaktadır. Bazı hesap yöntemlerinde metalin katı faza geçmesi için gerekli olan süre ana değişken olarak alınmaktadır.

$$f \cdot v = V / t \quad , \text{ya da}$$

$$f = V / (t \cdot v) \quad \text{olarak verilmiştir. Bu denklem}$$

$$V = (2gP/\gamma)^{0.5}$$

denklemleri ile bağlanırsa yolluk giriş kesiti (f) bulunur. Yolluk giriş kesiti sıvı metalin akışı esnasında açık kalmak zorunda olduğundan, kalıp dolum süresinin yolluk girişi kalınlığının yarısının donması için geçen süreden daha uzun olamayacağı kabul edilebilir. Bir parçanın

katı faza geçme süresi parçanın et kalınlığının karesi ile orantılıdır. Kalıba basılan metalin katılaşma aralığı küçüldükçe süre azalır. F.W. Reanvin A.B.D.'deki Basınçlı Döküm Mühendisleri Birliği adına yaptığı deneyler sonucunda tablo 3.2 'deki bilgileri açıklamıştır.

Parça için maksimum katılaşma süresi tablo 3.2'den yararlanılarak bulunabilir. Kalıbın dolma süresi ile maksimum katılaşma süresinden yararlanılarak yolluk girişi aşağıda verilen formülden hesaplanabilir.(Uludağ 2000)

$$F = O.a_1.V.(t-t_2)/[G.c. v.(t-t_1)] \quad (\text{cm}^2)$$

$$f = O.a_1.(t-t_2)/[c. v. \gamma(t-t_1)] \quad (\text{cm}^2)$$

f	yolluk kesiti	cm ²
t	döküm sıcaklığı	°C
t ₁	katı faza geçiş sıcaklığı	°C
t ₂	kalıbın sıcaklığı	°C
a ₁	ısı çevrim sabiti	cal/cm ² s°C
V	kalıp boşluğunun hacmi	cm ³
v	ergimiş metalin kalıp boşluğuna giriş hızı	cm/s
O	kalıp boşluğu ve yolluğun yüzölçümü	cm ²
p	döküm basıncı	kp/cm ²
c	alaşımın spesifik ısısı	cal/p°C
γ	özgül ağırlık	p/cm ³
G	döküm parçasının ağırlığı	p

Bu formülle belirlenen yolluk kesiti kalın cidarlı parçalar için çok uygundur.

Tablo 3.2 Parça Et Kalınlığına Göre Katılma Süreleri (Uludağ, 2000)

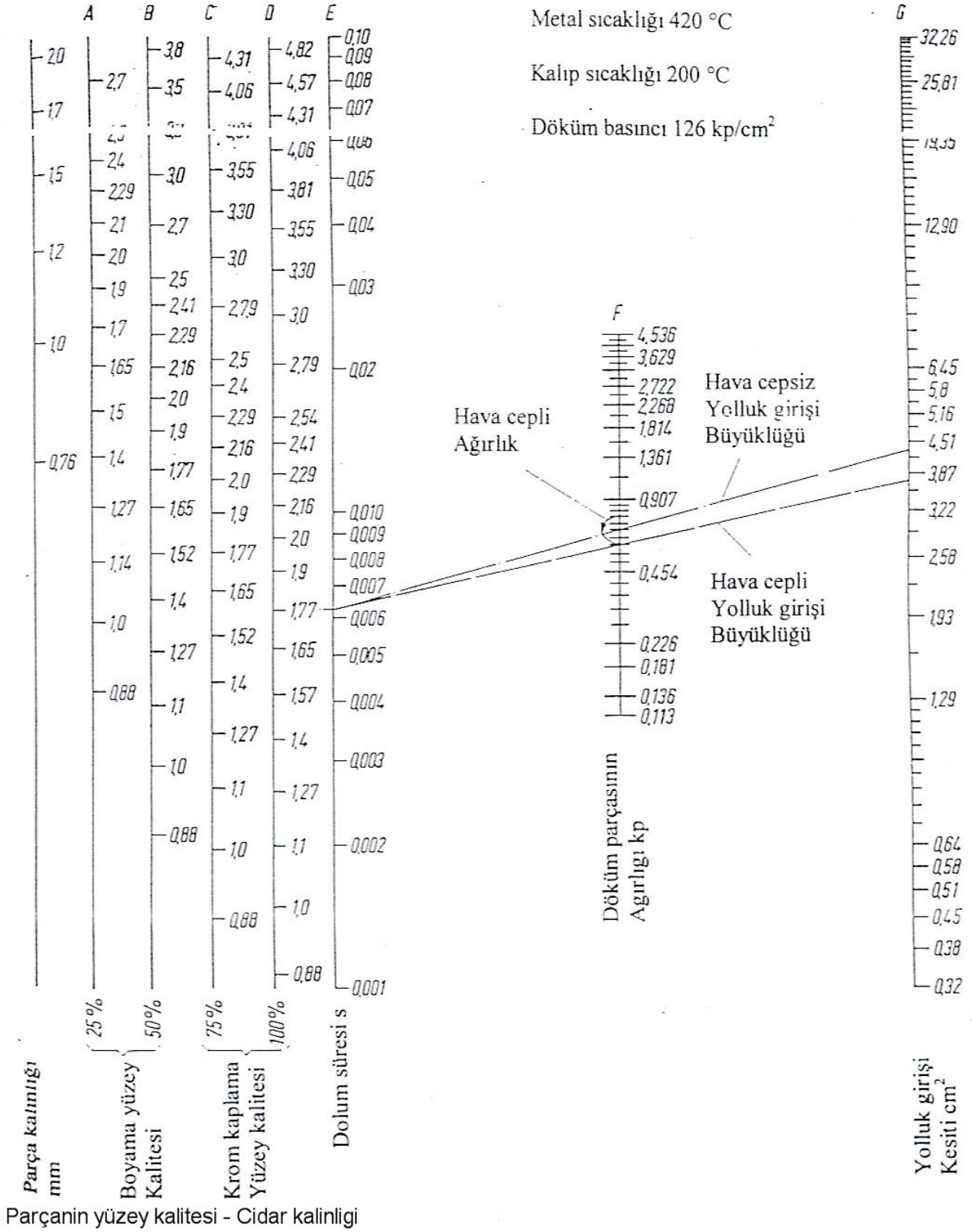
Et kalınlığı (mm)	Katılma süresi (sn)
0.7	0.008
1.0	0.017
1.27	0.028
1.52	0.039
1.77	0.048
2.03	0.064
2.54	0.100
3.81	0.236
5.80	0.410
10.16	1.700

Enjeksiyon presinin özelliklerine göre de yolluk giriş kesitleri değişiklikler gösterebilir. En çok rastlanan yolluk giriş kesitleri çinko alaşımları için 0.4-1.8mm, alüminyum alaşımları için 0.5-2mm bakır alaşımları için 0.8-2.5mm dir. Yolluk girişinin döküm parçanın şekline göre tavsiye edilen genişlikleri tek çekirdekli basit döküm parçalarında et kalınlığının 2/3 ü, büyük çekirdekli zor döküm parçalarında et kalınlığının 1/2 - 2/3 ü, çok çekirdekli zor döküm parçalarında et kalınlığının 1/2 si kadardır.

3.2.1.2.1) Sıcak Kamaralı Basıncılı Döküm Makinalarında Nomogram Yardımı ile Yolluk Giriş Tespitleri

Döküm parçasının özelliklerinden yararlanılarak yaklaşık yolluk tesbitinin yapıldığı bir çok nomogram vardır. Günümüzde en çok kullanılan ve iyi sonuçlar vereni Smith nomogramlarıdır.

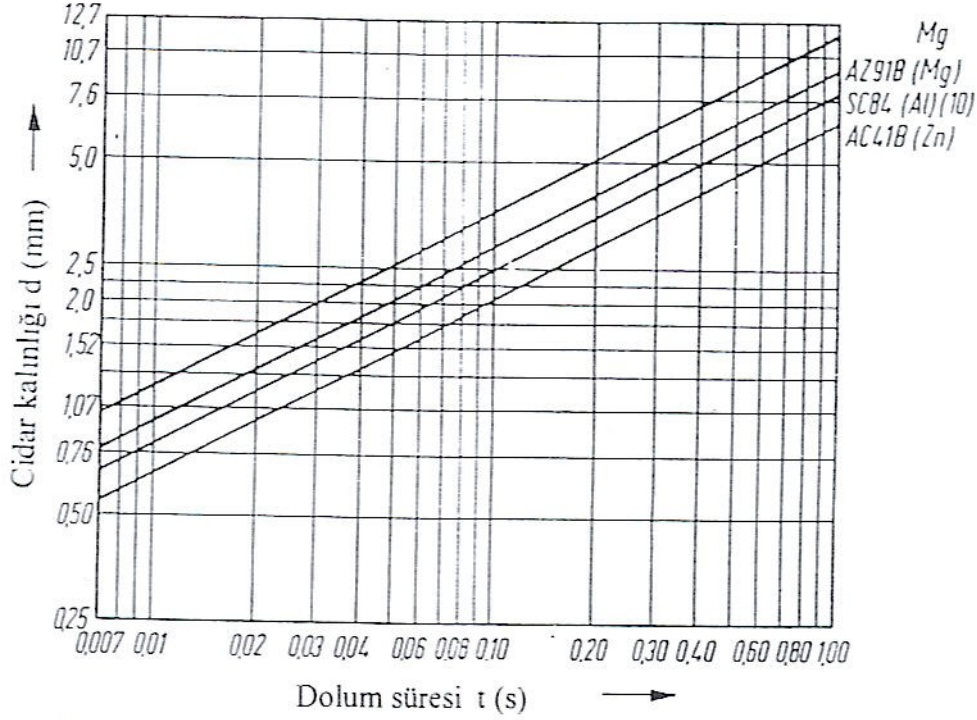
Smith nomogramında döküm parçasının yüzey kalitesi özelliklerine göre A,B,C,D kolonlarından birinden parçamızın en küçük et kalınlığı seçilerek E sütununa yatay olarak gidilir. E sütunu doldurma zamanını göstermektedir. F kolonunda parçanın ağırlığı kp olarak tespit edildikten sonra bu nokta ile E kolonunda tespit ettiğimiz noktadan geçen doğru G kolonu ile kesiştirilir. G kolonundan yolluk girişinin cm²olarak tespit edilir. Kalıbın çok gözlü olması durumunda parçaların özellikleri birbirlerine eş yada benzer ise toplam yolluk girişi kesitini bulabiliriz. F sütununda parça ağırlığı yerine toplam ağırlık konularak E kolonundan daha önce belirlediğimiz noktadan geçen doğruyu G kolonuna kadar uzatılır.(Uludağ 2000)



Şekil 3.13 Smith nomogramı (Uludağ, 2000)

3.2.1.2.2) Soğuk Kamaralı Basınçlı Döküm Makinalarında Nomogram Yardımı ile Yolluk Giriş Tespitleri

Soğuk kamaralı basınçlı döküm makinalarında yolluk girişinin tespiti için en iyi sonuçları veren nomogram Foster C. Benett tarafından oluşturulmuştur. Doldurma süresi parçanın et kalınlığına bağlıdır.

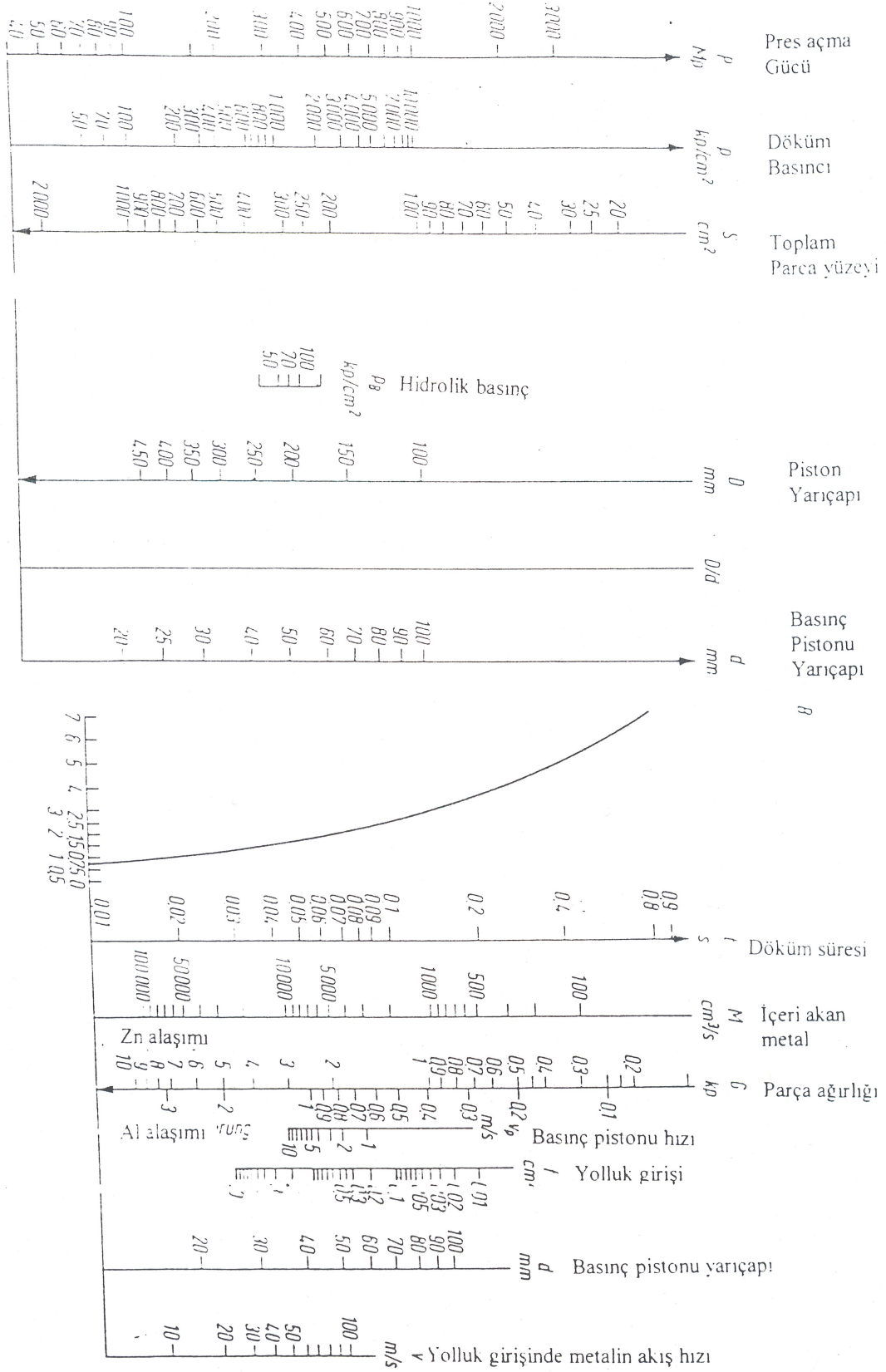


Şekil 3.14 Farklı malzemeler için et kalınlığına bağlı kalıp dolum süreleri (Uludağ, 2000)

Oldukça iyi sonuçlar veren bir hesaplama yöntemi de "Fransız Dökümhane Merkezi (Paris) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemle kullanılacak yolluk kesiti doğrudan okunabilir. Bulunan yolluk girişi kesitleri minimum değerlerdir. Hata paylarının eklenmesi gerekir.

Foster C. Benett Nomogramında kalıp boşluğu yüzeyi skalası "S" işaretlenir. "p" Skalasından döküm esnasında uygulanacak basınç seçilir. Bu iki nokta bir doğru ile birleştirilir. Bu doğrunun "P" skalasını kestiği noktadan baskı gücü bulunur. "pB" işlem esnasındaki basınç skalasından uygun değeri gösteren nokta seçilir. Bulunan nokta ile "P" skalasında bulunan nokta birleştirilip "D/d" skalası kesiştirilir. "D" skalasında okuduğumuz değer hareket pistonunun çapıdır. Doğrunun "d" skalasını kestiği nokta ise basınç pistonunun çapıdır. Döküm parçasının en küçük cidarı soldaki eğri üzerinde bulunup "t" skalası üzerine bir yatay çizgi çekilir, "t" skalasından döküm süresini tespit edilir. Bu nokta "G" skalası üzerinde parçanın yolluklu ağırlığını gösteren nokta bir doğru ile birleştirilir. "G" skalasının solu çinko

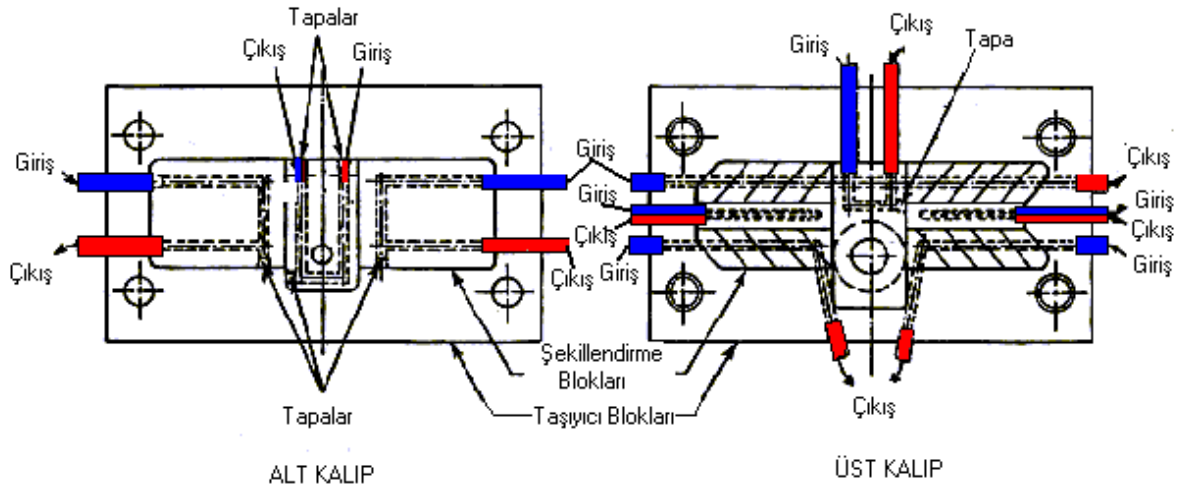
sağ, alüminyum alaşımları içindir, "t" skalası ile "G" skalasını kesen doğru "M" skalasını keser. "M" skalası yolluk girişinden geçmesi gereken sıvı metal miktarını gösterir. V skalasından yolluk girişinden sıvı metalin içeri giriş hızını seçeriz. "M" skalası ve V skalasında bulunan noktalar dan geçen doğru ile "f" skalası kesiştirilir, "f" skalasından okunan değer yolluk girişi değerini cm^2 olarak verir. Bulunan değerini doğruluğunu kontrol etmek için "M" skalası üzerindeki metalin akış hızı ile "d" skalasındaki basınç pistonunun çapını birleştirilir, "Vp" skalasını kestiği noktadaki değer gerekli olan piston hızını gösterir.(Uludağ 2000)



Şekil 3.15 Foster C. Benett nomogramı (Uludağ, 2000)

3.2.2) Soğutma Sistemleri

Basınçlı döküm makineleri her ne kadar belirli zaman aralığında daha önceden tespit edilen sayıda parça dökümü için ayarlanmış ve kalıp ısınmaları göz önüne alınmışsa da, kalıpların bazı kısımları diğer taraflarına nazaran daha fazla ısı çeker. Kalıp sıcaklığını belirlenen sıcaklıkta tutmak için kalıp içinde açılmış kanallarda su (veya başka sıvılar) dolaştırarak sağlanır. Bu kanal ve deliklere soğutma yolları ve bu sisteme soğutma devresi denilir. Soğutma suyunun sıcaklığı, bu kanallardan geçtikçe artar, bundan dolayı baskıda eşit soğuma sağlamak için, kalıbın sıcak bölgelerine soğuk sıvı parçanın soğuk kısımlarına sıcak (ısıtılmış) sıvı girişi sağlamak gereklidir. Bununla beraber ideal soğutma sistemini bulmak zordur ve tasarımcılar gereksiz pahalı baskıya engel olabilmek için, çeşitli soğutma devreleri planlarlar.



Şekil 3.16 Soğutma kanallarına örnek kalıp kesiti (Karataş ve Kahraman 2003)

Genellikle en basit sistem, kalıbın boydan boya delinmesiyle sağlanan soğutma sistemidir. Fakat bu sistem baskılar için en etkin metot değildir.

Soğutma kanalını matkapla açarken bunun mümkün olduğunca kalıp boşluğuna yakın olmasına dikkat edilmelidir. (16 mm'den daha kısa mesafede) eğer bu baskı üzerinde dikkate değer farklılıkları oluşturursa, baskıda problem oluşturur.

Soğutma devresi, bazen soğutma kanalının kalıptaki diğer kanallara yakın delinmemesi gerektiğinden karmaşık hale gelebilir. Kalıp plakasında birçok delik mevcuttur, örneğin ; itici pim delikleri vb.

Soğutma kanalının diğer deliklere emniyetli olarak ne kadar yakın açılacağı delinecek soğutma kanalının uzunluğuna büyük ölçüde bağlıdır. Derin delik delerken delmenin daima belirlenen yolundan kaçma eğilimi gösterdiği görülür. Soğutma kanalı herhangi bir deliğe en az 3-5 mm uzaklıkta olmalıdır.

Soğutma devresinde en iyi pozisyonu yakalamak için, dizayn esnasında bunu mümkün olduğunca erken planlamak gerekir. Diğer kalıp parçaları, bundan sonra bu soğutma devresine göre yerleştirilir. Örneğin, İtici pimler, burçlar vb.

3.2.2.1) Soğutma Sistemlerinde Hesaplamalar

Basınçlı dökümde sıvı metal kalıba dökülmeye başladığında kalıbın sıcaklığı artmaya başlar. Dökülen metalin cinsine göre sıcaklıklar değişmektedir. Dökülen sıvı metalin katılaşması için sahip olduğu ısı miktarının kalıptan uzaklaştırılması gerekmektedir.

Kalıbı kapalı bir sistem olarak düşünüp bu sisteme giren ısı pozitif sistemden çıkan ısı negatif olarak gösterilirse ısı bilançosu:

$$Q_g + Q_n + Q_s = 0$$

Q_g = Döküm parçasından kalıba geçen ısı (+)

Q_n = Kondüksiyon + Konveksiyon + Işıma ile ısı kaybı (-)

Q_s = Soğutma suyu tarafından kalıptan alınan ısı (-)

Döküm parçasından kalıba geçen ısı miktarı (Q_g);

Basınçlı döküm kalıplarında doldurulan sıvı metalin soğuyarak kalıba verdiği toplam ısı üç bölümden meydana gelir.

$$Q_g = (Q_{g1} + Q_{g2} + Q_{g3}) n$$

Q_g = Döküm parçasından birim zamanda kalıba geçen toplam ısı miktarı

Q_{g1} = Parçanın kalıp doldurma sıcaklığından (t_d) katılaşma sıcaklığına (t_k) kadar soğurken verdiği ısı miktarı

Q_{g2} = Parçanın katılaşma esnasında verdiği ısı miktarı

Q_{g3} = Parçanın katılaşma sıcaklığından (t_k) kalıp açma sıcaklığına (t_a) kadar soğurken verdiği ısı miktarı

n = Birim zaman

$$Q_{g1} = m \cdot c_s \cdot (t_d - t_k)$$

$$Q_{g2} = m \cdot C$$

$$Q_{g3} = m \cdot c_k \cdot (t_k - t_a)$$

$$Q_g = m \cdot n [c_s (t_d - t_k) + C + c_k (t_k - t_a)]$$

m = Döküm parçasının kütlesi

c_s = Basınçlı dökümde kullanılan metalin sıvı ısınma ısısı

c_k = Basınçlı dökümde kullanılan metalin katı ısınma ısısı

C = Döküm parçasında kullanılan metalin katılaşma ısısı

Kondüksiyon, konveksiyon, ışıma ile uzaklaştırılan ısı miktarı (Q_n);

Kondüksiyonla Soğuma:

Kalıptan kalıp bağlama plakasına kondüksiyon yoluyla geçen ısı miktarını bulabilmek için ısı gradyanının bilinmesi gerekir. Bu ısı kalıp bağlama plakasının çevreye verdiği ısıya eşit olacağından

$$Q_{Kond} = \beta \cdot F_{bp} \cdot (t_p - t_o)$$

β = Isı geçiş katsayısı

F_{bp} = Bağlama plakası yüzeyi

t_p = Plakanın dış yüzeyindeki sıcaklık

t_o = Ortam sıcaklığı

Pratikte alaşımsız ve yüksek alaşımlı çelik malzemeden yapılmış plakalarda β için aşağıdaki değerler alınabilir.

Tablo 3.3 Alaşımsız ve Yüksek Alaşımlı Çelik Malzemeler İçin Isı Geçiş Katsayısı Tablosu

	Birim	Alaşımsız Çelik	Yüksek Alaşımlı Çelik
β	Kcal/m ² .h. ⁰ C	94	72
	W/m ² . ⁰ C	98	84

Konveksiyonla Soğuma:

Kalıp ısıısının büyük bir kısmı kalıp yan yüzeylerinden konveksiyon yoluyla ortamdaki havaya geçer.

Bu ısı akışı Newton'un ısı geçiş kanunuyla bulunabilir.

$$Q_{Konv} = \alpha \cdot F_{kd} \cdot (t_{kd} - t_o)$$

α = Hava içinde serbest konveksiyonda ısı geçiş katsayısı

F_{kd} = Kalıp dış yüzeyi

t_{kd} = kalıp dış yüzey sıcaklığı

t_o = ortam sıcaklığı

Hava içinde serbest konveksiyonda ısı geçiş katsayısı tecrübelerine göre yaklaşık olarak

$$\alpha = 8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} = 7 \text{ Kcal/ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

Kalıp dış yüzey sıcaklığı hesaplamının bu aşamasında bilinmediğinden başlangıçta kabul veya tahmin edilen soğutma suyu çıkış sıcaklığına eşit olarak alınabilir.

Işıma ile Soğuma:

Işıma ile kalıp dış yan yüzeylerinden havaya geçen ısı miktarı Stefan-Boltzman kanunundan yararlanılarak hesaplanır.

$$Q_{Işıma} = \epsilon \cdot C_s \cdot F_{kd} \left[(t_{kd} / 100)^4 - (t_o / 100)^4 \right]$$

ϵ = Emisyon faktörü

C_s = Siyah cisimler için ışıma sabiti

F_{kd} = Kalıp dış ışıma yüzeyi

t_{kd} = kalıp dış yüzey sıcaklığı

t_o = ortam sıcaklığı

Taşlanmış çelik yüzey için $\epsilon = 0,25$ alınabilir.

$C_s = 4,96 \text{ Kcal/ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} = 5,77 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ dir.

Böylece kalıp için toplam ısı bilançosunu tekrar yazarak;

$$Q_g + Q_n + Q_s = 0$$

$$Q_s = Q_g + Q_n$$

Kalıptan soğutma suyu vasıtasıyla çekilmesi gereken ısı miktarını verir.

Soğutma suyu tarafından kalıptan alınan ısı (Q_s);

Soğutma kanallarında ısı taşınımıyla boru iç yüzeyinden alınan ısı miktarı ise suyun debisine, kanalın çapına göre değişmektedir.

Akışkan soğutma kanalına girdikten sonra, girişte düzgün olan hız dağılımı, cidardaki sürtünme ve akışkanın viskozitesi nedeniyle değişikliğe uğrar. Değişim belli bir alana kadar devam eder, daha sonra bu şekil değişmez. Hız dağılımının girişten itibaren değiştiği kısma hidrodinamik giriş bölgesi, sabit kaldığı kısma tam gelişmiş bölge denir. Hidrodinamik giriş bölgesinde hız, hem yarıçapın hem de x uzaklığının fonksiyonudur. Tam gelişmiş bölgede hız sadece yarıçapın bir fonksiyonudur. Soğutma kanalı içindeki akış laminar yada türbülanslı olabilir.

Soğutma kanalı içindeki akışta Reynolds sayısı,

$$Re_D = \frac{u_{or} D}{\gamma} = \frac{4\dot{m}}{\mu D \pi}$$

bağıntısına göre hesaplanır. Burada u_{or} boru içindeki ortalama akışkan hızı, m/s, D boru iç çapı, γ kinematik viskozite ve \dot{m} akışkan debisi kg/s dir. Boru içindeki kritik reynolds sayısı 2320 dir. $Re < 2320$ ise akış laminardır. Geçiş bölgesi $2320 < Re_{kr} < 4000$ arasındadır.

Prandtl Sayısı (Pr);

$$Pr = \frac{\gamma}{\alpha}$$

Prandtl sayısı kinematik viskozitenin ısı yayılım katsayısına oranıdır.

Nusselt Sayısı (Nu);

$$Nu = \frac{h L}{k}$$

Nusselt sayısı ısı geçişinin meydana geldiği yüzeyde taşınım yoluyla geçen ısının, iletim yoluyla geçen ısıya oranıdır. L soğutma kanallarında çap değerine denk gelmektedir.

Hidrodinamik ve ısıl bakımdan tam gelişmiş laminer akışta sabit yüzey sıcaklığı için;

$$Nu_D = 3,66$$

Hidrodinamik ve ısıl bakımdan tam gelişmiş laminer akışta sabit ısı akısı için;

$$Nu_D = 4,36$$

bağıntıları kullanılır.

Boru içerisinde türbülanslı akışta hidrodinamik ve ısıl bakımdan tam gelişmiş akım halinde Dittus Boelter'in $Re_D = 10000$, $0,7 < Pr < 16700$ ve $L/D > 60$ için,

$$Nu_D = 0,023 Re_D^{0,8} Pr^n$$

bağıntısı kullanılabilir.. Burada boru içindeki akışkanın ısınması halinde $n = 0,4$ ve soğuması halinde $n = 0,3$ tür.

Hesaplamalar yapılırken soğutma kanalında belirlenen debiye göre Reynolds sayısı hesaplanır. Hesaplanan Reynolds sayısına göre akışkanın laminer ya da türbülanslı olup olmadığı kontrol edilir. Akışın türüne göre uygun olan Nu ve Pr değerleri ve formülleri kullanılarak belirlenen boru çapına göre ısı taşınım katsayısı (h) hesaplanır.

Geçen ısı miktarı,

$$Q_s = h A (t_y - t_{ort})$$

A = Isı taşınımı sırasında soğutma borusunun alanı

t_y = Soğutma borusunun yüzey sıcaklığı

t_{ort} = Soğutma sıvısının ortalama sıcaklığı

Soğutma suyuna geçen ısı miktarı Q_s sıvı metalden uzaklaştırılması gerekli olan Q_s dan büyük ya da eşitse soğutma kanalının çapı ve sıvının debisi uygun değerlerde seçilmiştir. Eğer yeteri kadar ısı kalıptan uzaklaştırılamıyorsa soğutma kanalından geçen sıvının debisi ya da kanalın çapı değiştirilerek hesaplamalar yeniden yapılır.

3.2.3) Havalandırma Sistemleri

Metalden açığa çıkan gazların kalıp boşluğunda ve basınç odasında bulunan havanın basınçlı döküm parçasının içine hapis olmasını engellemek amacıyla hava boşaltım kanal ve cepleri

kullanılır. Basıncılı döküm kalıplarında hava ve gazlar gerektiği gibi boşaltılmazsa, döküm parçasında poroziteli bir oluşum gözlenebilir. Normal koşullarda gözenekler, yüzeyin altında bulduklarından genellikle görülemezler.

Hava boşaltımı, kalıp ayırım yüzeyine işlenen hava boşaltım kanalları gerçekleştirilir. Hava boşaltım kanalları, çoğunlukla kalıbın yan taraflarında, yolluk girişinin yanında ve karşısında ya da akışa bağlı olarak belirlenen başka bir noktaya işlenir. Hava boşaltım kanalının, döküm işleminin sonunda sıvı metal tarafından kapatılması gerekir. Sıvı metal, kesinlikle havanın önüne geçmemelidir. Sıvı metalin, havanın önüne geçmesi tehlikesi, akış hızı büyüdükçe ve metalin viskozitesi küçüldükçe artar. Bir kalıp içinde farklı cidar kalınlıklarının bulunduğu durumlarda her geçişte, kalıp ayırımına bir hava boşaltım kanalı yerleştirilmelidir. Kalıp boşluğundaki gazlar içeri dolan sıvı metal tarafından çok kısa süre içinde itilmelidir. Hava boşaltım kanallarını tam tamına hesaplamak çok zordur. Bernoulli'nin formülü sadece yaklaşık 100 m/s'lik gaz akış hızları için geçerlidir. Basıncılı dökümde ise ses hızındaki akış hızları için. formüllere ihtiyaç duyulmaktadır. Boşaltılması gereken gazların toplamının (V), kalıp boşluğu içindeki hava hacmi (V_1) ile dökümde oluşan gazların hacminden (V_2) meydana geldiğini söyleyebiliriz..(Uludağ 2000)

V_1 şu formülle hesaplanabilir:

$$V_1 = (V_F (1 - \beta \cdot t)) \cdot P_{at} / \rho_G$$

P_{at}	Normal atmosfer basıncı (1 kp/cm ²)
ρ_G	Spesifik döküm basıncı
V_F	Döküm sistemi ve kalıp boşluğu hacmi
β	ısı genleşme değeri
t	Havanın getirildiği ortam sıcaklığı

Dökümde oluşan gaz hacminin hesaplanması için şu formül kullanılabilir:

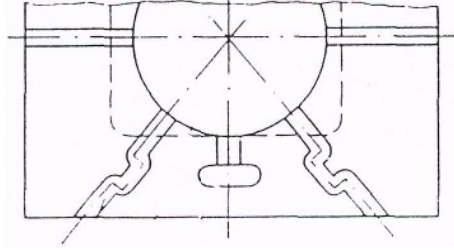
$$V_2 = G_V \cdot O_G \cdot P_{at} / \rho_G$$

G_V	Birim kalıp yüzeyinde yağlama, yanma sonucu oluşan gaz miktarı
O_G	Yolluk sistemi dahil döküm parçasının yüzeyi

Hava boşaltımı için gerekli kesit, izin verilen akış hızı (200-400 m/s) varsayılarak hesaplanabilir.

Hava boşaltımı yetersiz kaldığında, kanalların daha derin değil, daha geniş tutulması veya ek kanallarla desteklenmesi gerekir. Hava boşaltım kanallarının her zaman yolluk girişi yanına yerleştirilmesi tavsiye edilir. Sadece bir kalıp yarısında çalışılacak ve nispeten büyük cidar kalınlıkları olan parçalarda tek başına hava boşaltım kanalları yetersiz kalmaktadır. Yolluk girişi kesiti yüksekliği küçültülerek ve yolluk girişi genişliği uzatılarak, havaya ek olarak çıkma yolları sağlanmalıdır. (Uludağ 2000)

Kalıp boşluğuna yerleştirilmiş ek parçalar ve sabit parçalar arasına yerleştirilen hava boşaltım kanallarının sıvı metal tarafından tıkanarak etkisini kaybetmelerinin önlenmesi gereklidir. Ayrım yüzeyine yerleştirilen ve kalıp açılınca temizlik için açıkta kalan (Şekil 3.17) hava boşaltım kanalları tercih edilmelidir. (Uludağ 2000)



Şekil 3.17 Yönleri değişik hava boşaltım kanalları (Uludağ, 2000)

Hava boşaltımını iyileştirmek için, kalıp içine ayrıca kalıp elemanlarından da yararlanılabilir. İtici pimlerinin üzerlerinin çizilmesi bu yöntemlerden biridir. Kalıp üzerindeki kritik noktalara iyi bir biçimde hava boşaltımı için 0,3-0,8 mm çaplı delikler açılabilir. En ideal hava boşaltım elemanı, çekirdek ve kalıp boşluğuna yerleştirilen seramik ya da sinter metal filtrelerdir. (Uludağ 2000)

Hava kanallarının yerleştirilmesi işi büyük beceri ve çok deneyim ister. Hava kanalları zayıfsa, görev yerine getirilemez. Genellikle gerekli noktaların tespiti ancak denemeler sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Kalıp plakalarının arasındaki hava boşaltım kanallarının derinliği 0,05-0,12 mm, genişliği 10-20 mm olmalıdır. Hava boşaltım kanalı, kalıbın kenarına doğru sığ tutulabilir, ama metalin aralardan sızmasını garantilemek için genişletilmelidir.

Tablo 3.4 Hava Boşaltım Kanallarının Derinliği

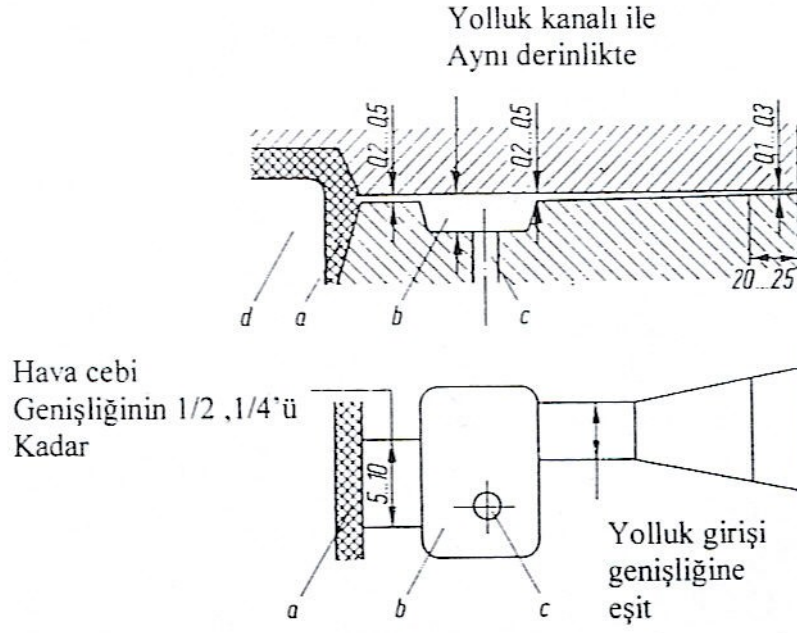
Alaşım Tipi	Kanal Derinliği (mm)
Kurşun Alaşımları	0,05-0,10
Alüminyum Alaşımları	0,10-0,12
Magnezyum Alaşımları	0,10-0,15
Bakır Alaşımları	0,10-0,20

Hava boşaltım kanalları 0,15 mm' den daha derin olmamalıdır. Bakır alaşımların dökümünde, yukarıdaki değerlerin iki katı alınabilir. Bu derinlik değerleri, kalıp boşluğundan 20-30 mm uzaklığa kadar olan bölüm için geçerlidir. Daha uzakta olan noktalar için kanal derinliği yaklaşık % 50 oranında arttırılabilir. (Uludağ 2000)

Kalıbın havası, hava boşaltım kanallarına uygun aparatlar aracılığıyla vakumlanabilir. Kalıp daha hızlı bir şekilde dolar, hava direnci ortadan kalkar ve sıvı metal kolayca boşaltım kanallarına dolar. Yine de her zaman kalıpta çabuk komprime edilen ve atılması gereken biraz hava kalır. Kovan şeklinde kalıpların hava boşaltımı için kalıp köşelerine açılan kanallar başarılı olmuştur.

Yolluk kanalları ve yolluk girişlerinin, döküm parçasının bir çeşit hava cebi gibi kullanması nedeniyle, hiçbir zaman poroziteli olmamaları gerçeği, kalıp boşluğunun bazı noktalarına hava cebi torbalarının yerleştirilmesi düşüncesini doğurmuştur. Kalıp boşluğunun dış tarafına, çerçeve şekilli parçalarda yolluk girişinin karşısında kalan döküm parçası bölümünün iç tarafına yerleştirilebilirler. Hava cebinin derinliği, yaklaşık döküm yolluğunun derinliği kadar olmalıdır. Hava cebinin derinliklerinin, döküm yolluğu derinliğinin 3-4 katına çıkarılması yardımcı olabilir. Hava cepleri neredeyse doğrudan döküm parçası üzerine yerleştirilir ve 0.2-0,5 mm derinlikte bir kanalla döküm parçasına bağlanır. Genellikle hava ceplerine dışarı açılan hava boşaltım kanalları açmak avantaj sağlamaktadır. Hava boşaltım kanalı ve hava cebi, döküm parçası üzerindeki cürupları bünyesine alabilir.(Uludağ 2000)

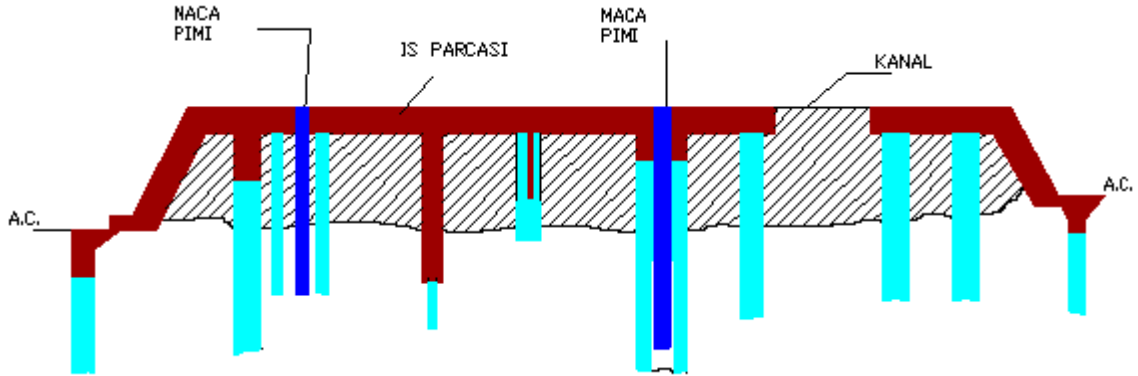
Hava cebinin hacmi, döküm parçasının hacminin 1/8 'i kadar olmalıdır. Kalıplarda yolluk, yolluk girişinin, döküm parçasının ve hava ceplerinin kalıptan dışarı atış sırasında deforme olmamalarına ve kırılmamalarına dikkat edilmelidir. Hava ceplerinin tüm kalıp genişliği boyunca uzatılıp ikinci bir döküm yolluğu gibi olmasından kaçınılmalıdır. Şekil 3.18 de tavsiye edilen örnekler görmekteyiz. Yolluk girişi, hava boşaltımı ve hava cebi birbirini karşılıklı etkiler. Hava cebinin kalıptan çıkmasını sağlamak için altına itici pim koyulabilir.



Şekil 3.18 Hava Boşaltım Kanalı Hava Cebi Dizaynı (Uludağ, 2000)
a) Döküm Parçası, b)Hava Cebi c)İtici Pim d) Çekirdek

3.2.4) İtici ler

Basınçlı döküm kalıp konstrüksiyonun da en önemli öğelerden biri parçayı kalıp içindeki şekillendikten sonra çıkarılabilecek sistemin ortaya konmasıdır. Parçaların basınçlı döküm kalıplarından çıkarılması için iticiler kullanılır. Kalıp itici sistemi karmaşıklığı ve tasarımına göre çeşitlilik gösterir. İtici sisteminin ana fonksiyonu, kalıp açılması esnasında parçanın dışarı atılmasıdır. Bu itilme esnasında düşen parça yerçekimi ile makineden uzaklaşır veya baskı bir şekilde makineden alınır (örneğin robot ile). Genellikle kalıbın erkek kısmına yerleştirilir.



Şekil 3.19 İtici Pimlerin Konumları (Karataş ve Kahraman 2003)

İtici mekanizmasının çok çeşitleri vardır, fonksiyon ve dizayn olarak itici metotlarının seçimi genelde bazı faktörlere bağlıdır.Örneğin;

- a)Dışarı atılacak parçanın dizaynına.
- b)Parçanın estetik görünüşüne.
- c)Üretimin ihtiyaçlarına,

Bir itici sistemi;

- zarar vermeden parçayı kalıptan çıkarabilmeli,
- parça üzerinde görünür izler oluşturmamalı,
- birden çok parçayı kalıptan çıkarırken parçalar üzerinde dengeli bir kuvvet dağılımı sağlamalı,
- itici piminin istenen konuma ayarlanabilmesine imkan vermeli,
- itici sistemi ile soğutma sisteminin koordineli bir şekilde çalışmasını sağlayabilmelidir.

Yukarıdaki özelliklerden en önemlisi iticinin kalıba ve parçaya zarar vermeden parçayı kalıptan dışarı atmasıdır. İtici pimlerinin, parça üzerinde oluşturacakları izlerin en az görünür veya hiç görünmez olmasını sağlaması yanında parçada deformasyon oluşturmamak için kuvvet dağılımını da en dengeli şekilde sağlamaları gerekir.Bunun için bazen köşeler ve kırımlar gibi parçanın kritik bölgelerine etki edecek pimplere ihtiyaç duyulabilir. İtici tasarımı yapılırken kalıp içine yerleştirilecek soğutma kanalları gibi diğer fonksiyonel elemanlarında dikkate alınması önemlidir.

İtici sistemi dolayısıyla itici somunu genelde mekanik olarak hareket ettirilir.İtici somunu itme kuvvetini üzerinde itici pimleri bağlı bulunan itici plakasına iletir. Plakanın geri dönüşü bir yay yardımıyla sağlanır. Yük altında ezilmemesi ve itici pimlerin zarar vermemesi için itici plakasının sertleştirilmiş malzemeden yapılması gerekir.

İtici plakasının mekanik olarak hareket ettirilmesini bir aktarıcı silindir somunu da sağlayabilir. Bazı durumlarda itici plakasını hareket ettirmek için hidrolik veya pnömatik pistonların kullanıldığı da görülmektedir. Elektrikli itici sistemleri genelde eksantrik bir silindire sahip olup itici plakasının geri dönüşünü sağlamak için bir yay kullanırlar.

3.3) Kalıp elikleri

Kalıp performansını arttırmanın ilk ve en önemli yolu kalıp yapımında kullanılacak eliğın doğru seçilmesinden geçmektedir. Basınçlı döküm koşullarına karşı koyabilecek bir eliğın sahip olması gereken özellikler aşığıda özetlenmiştir.

3.3.1) Yapısal Homojenlik

Basınçlı döküm kalıpları, ergimiş metalin yüksek basınç altında kalıba enjekte edilmesi sonucu, periyodik olarak ısısal şoka maruz kalırlar. Eğer kalıp yüzeylerinde, çok küçük de olsa, bir noktada herhangi bir hata mevcut ise, sıvı metalin yüksek hızla çarpması sonucu hata boyutu büyüyecektir. Gözle görülmeyecek derecede ufak çatlak ve katmerler, birkaç yüz parçanın dökümünden sonra rahatça tespit edilebilecek duruma gelirler. eliğın yapısında bulunması muhtemel, metal olmayan küçük parçalar ve mikroskobik alaşım elementi toplanmaları, bir kalıp arızasının başlangıcı olacaktır. Alaşım ayrımı da kalıplarda yüzey hatalarına sebep olur ve kalıp ömrünü azaltır. Çatlak, katmer ve gözenek kalıp yüzeyinde asla müsaade edilemeyecek hatalardandır. Bu tip hataların boyutları büyük ise kalıbı mekanik bakımdan zayıf düşürür, ömrünü azaltırlar. Kalıba, maksimum saflık ve homojenlik kazanabilmesi maksadıyla, uygun sıcaklıklarda ısıl işlemler uygulanmalıdır.(Ürgen 2002)

3.3.2) Yüksek Sertlik

Kalıbın aşırı gerilmelere ve deformasyona karşı direncini gösterir. Basınçlı döküm kalıp çelikleri, kalıbın kapanması ve sıcak metalin dökümü sırasında oluşan yüksek basınçlarının sebep olacağı görünüş bozukluğu ve deformasyonları karşılayabilmek için yeterli sertlik ve dayanımda olmak zorundadır.(Ürgen 2002)

3.3.3) Yüksek Süneklik

Kalıp malzemesi, hem yüksek sıcaklığa hem de mekanik yüklenmelere maruz kalmaktadır, iyi bir kalıbın, yüksek sürünme dayanımı sayesinde, yüksek sıcaklık ve mekanik etkilerin birleşik etkilerine karşı koyabilen bir yapıda olması beklenir. Yapılan deneylerde görülebileceği üzere; sıcak yorulma çatlakları, devamlı sıcaklık ve mekanik yükleme çevrimleri ile oluşmaktadır. (Ürgen 2002)

3.3.4) Yüksek Aşınma Direnci

Kalıp içine yüksek hızla enjekte edilen sıvı metalin, temas ettiği yüzeyleri aşındırıcı etkisi vardır. Aşınma miktarı, derecesi ve frekansı büyük ölçüde yolluk konstrüksiyonuna bağlıdır. Kalıbın maruz kalacağı çalışma şartları göz önüne alındığında, bu aşındırıcı etkiye karşı koyması ve boyutsal toleransların dışına çıkmaması gerekir. (Ürgen 2002)

3.3.5) Yüksek Tokluk

Tokluk, kalıbın kırılmadan, plastik deformasyona gösterdiği dirençtir. Basınçlı döküm kalıplarında kalıp malzemesinin kopma dayanımı üzerindeki yüklemeler ile meydana gelen gerilmeler, moleküler çatlama ve kırılmalara yol açar. Bu tip gerilmeler keskin köşelerde veya kavislerde oluşur. Gerilim yığılmaları böyle bölgelerde ani çatlamalara sebep olur ve gelişen çatlaklar kalıbın ömrünü kısaltır. Bu tip durumlarla karşılaşmamak için keskin köşelerden kaçınılmak suretiyle bir kalıp tasarımı yapılmalı ve gerilim yığılmalarını dağıtıp, dengeleyebilecek bir kalıp çeliği seçilmelidir. Termal yorulma başlangıcında yüksek tokluk, belirli sıcak akma mukavemetinde ve sıcaklık çevriminde çatlaklar başlamadan önce çevrimleri absorbe etmeye yarar.

Kırılabilirliği önlemek için kalıbın olabildiğince tok olması gerekmektedir. Fakat tokluk, diğer istenen özellikler olan sertlik ve aşınma direnci ile ters orantılı olarak gelişmektedir. Çeliklerin tokluk özellikleri inklüzyonlar ve segregasyonlara bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir, bununla birlikte çeliğin saflığı ve homojenliği de son derece önemlidir. Bundan dolayı sıcak işlem çelikleri özel yöntemlerle üretilmelidir. Çeliğin tokluğu, özel ısıtma ve saflaştırma teknikleri, kontrollü dövme prosesi ve özel mikroyapı işlemleri ile geliştirilir.(Ürgen 2002)

3.3.6) Yüksek Sıcaklık Dayanımı

Yüksek sıcaklık dayanımı plastik deformasyonu azaltır ve ısı yorulmayı azaltıcı yarar sağlar. Kalıbın işlem sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara dayanım gösterebilmesi, işlem sıcaklığında performansının daha yüksek olmasının bir ölçüsüdür. Kalıp, ani sıcaklık değişimlerinin yanısıra, yüksek işlem sıcaklıklarında da bir süre kaldığı için, bu sıcaklıklarda göstereceği performans da büyük önem taşımaktadır. (Ürgen 2002)

3.3.7) Yüksek Isıl İletkenlik

Basınçlı döküm kalıpları için en önemli hata türlerinden biri ısıl çatlaklardır. Bu çatlamlar kalıp yüzeylerinde, küçük kılcal çatlaklar halinde veya ağ şeklinde görülür. Ergimiş metalin yüksek basınç altında kalıba enjekte edilmesi ile kalıp yüzeyine çarpan metalin, yüzeyi çok sıcak hale getirmesi sonucu bu tip hatalar ortaya çıkar. Böylelikle kalıp yüzeyinin sıcaklığı, ergimiş metal sıcaklığına erişmektedir. Kalıp yüzeyinin sıcaklığı, normal sıcaklıktan ergimiş metal sıcaklığına 1/1000 saniyeden daha kısa zamanda ulaşmaktadır. Kalıp yüzeyinin sıcaklık artışı, dökülen metalin cinsine ve kalıp yüzeyinin orijinal sıcaklığına da bağlıdır. Ancak kalıbın her bölgesinde aynı sıcaklık artışı görülmez. Kalıp yüzeyinin sıcaklığı, kalıp bloğunun iletkenliği dolayısıyla soğuyarak normal sıcaklığa döner. Bu dönüş, yüzeysel çekilmelere sebep olur. Çünkü, ısınma anında plastik akmanın meydana geldiği yüzeyde, soğuma sırasında gerilmeler ortaya çıkar. Belli sayıda döküm çevrimi sonucunda da çatlaklar görülür.

Isıl çatlaklar, daha çok alüminyum ve bakır alaşımları gibi yüksek ergime sıcaklığına sahip metallerin döküldüğü kalıplarda görülür. Bu gibi durumları önlemek için metalin döküleceği uygun kalıp çeliğinin bulunması gereklidir. Çelikte, ısıl çatlamlarda, fiziksel özellikler olan ısıl iletkenlik ve allotropik değişimler de önemli rol oynar. Yüksek ısıl iletkenlik, ısı gradyanlarını ve dolayısıyla ısıl gerilmeleri indirger. Kalıp çeliğinin ısıl iletkenliği, dökülen parçanın kalıpta donması için ne kadar süre kalması gerektiğinin kararlaştırılmasında temel unsurlardan biridir. Parça, kalıp içerisinde ne kadar az sürede donarsa, kalıp sıcaklığı o kadar az yükselir. Döküm hızı ile kalıbın ısı iletimi birbirine uyduğunda, en verimli çalışma devresine girilmiş olunur. Dökümün kalıp yüzeyine bıraktığı ısı, değinildiği gibi kısa bir zaman aralığında, büyük bir değerdedir. Kalıp yüzeyinin ince bir kısmında, sıcaklık yükselmesini daha normal çerçeve içinde tutabilmek için, ısıl iletkenliğin en büyük değere ulaştırılması hataları önler.(Ürgen 2002)

3.3.8) Düşük Isıl Genleşme

İşlem sıcaklığında, kalıp ölçü değişmelerini ve ısıl çatlamları azaltması bakımından kalıp çeliğinin düşük ısıl genleşmeye sahip olması istenen bir özelliktir. Kalıbın değişik bileşenleri farklı sıcaklıklarda çalıştıklarından, bu değişimler sonucu oluşan ölçü farklılıkları, kalıp çeliğinin ısıl genleşme katsayısına bağlıdır. Hareketli veya sabit maçaların genleşme katsayıları kalıp çeliğinkinden daha büyük iseler, çalışma koşulları altında kalıp sıcaklığı artacağından, sıkışır ve arızalara sebep olurlar.(Ürgen 2002)

Tablo 3.5 Kalıp Elemanlarının Çelik Tablosu (Pulutkan 1997)

KULLANIM ALANINA GÖRE KALIP ÇELİKLERİ					
Kalıp Parçası	Döküm Malzemesi	Kalıp Çeliği Çeşitleri		Dayanım N/mm ²	Sertlik HRC
		Numarası	DIN 17006'ya göre gösterilişi		
Kalıp plakası	Zn-Sn-Pb alaşımları	1.2323	45CrMoV67	1400-1450	43-45
		1.2341	6CrMo18		
		1.2343	X38CrMoV51		
		1.2567	X30WCrV53		
Kalıp Tertibatı	Al ve Mg alaşımları	1.2343	X38CrMoV51	1450-1600	45-48
		1.2344	X40CrMo51		
		1.2365	X32CrMoV33		
		1.2367	X40CrMoV53		
		1.2606	X37CrMo51		
		1.2709	X3NiCoMoTi1895		
Maçalar	Pirinç	1.2344	X40CrMo51	1250-1350	36-42
		1.2365	X32CrMoV33		
		1.2581	X30WCrCo93		
		1.2662	X30WcrCoV93		
		1.2678	X45CoCrWV555		
		1.2889	X40CoCrMoV555		
Otomatik Döküm İşletmesi İçin Kalıplarda	Zn ve Al alaşımlarında	öncekiler gibi		1600-1700	48-50
Vakumlu basınçlı döküm için	Zn ve Al alaşımlarında			1700-1800	50-52
İtçiler	Zn-Sn ve Pb alaşımları	1.2344	X40CrMoV51	1550-1650	47-49
		1.2606	X37CrMoW51		
	Al ve Mg alaşımları	1.2344	X40CrMoV51	1600-1700	48-50
		1.2365	X32CrMoV33		
		1.2367	X40CrMo53		
	Pirinç	1.2662	X30WCrCıV93	1250-1350	39-42
		1.2889	X40CoCrMoV555		

3.4) Basınçlı Döküm Kalıplarında Yüzey Kalitesi

Basınçlı dökümde kaliteli ürünler elde etmek için kalıpların yüzey işlemleri eksiksiz yerine getirilmeli ve yüzey pürüzlülükleri minimuma indirilerek kabul edilebilir toleranslarda olmalıdır. Basınçlı döküm kalıpları üretim sırasında hassas bir şekilde işlenmeli ve yüzey kaliteleri en üst düzeyde olmalıdır. Günümüzde yüksek hızlı tezgahlar ile gerçekten hassas ve düzgün yüzeyler elde edilebilmektedir.

Günümüzde çok hassas ve düzgün kalıp yüzeyleri elde edilebilse bile kalıpların yüzeyleri kullanım koşullarına ve temizlenmelerine bağlı olarak zarar görebilir. Kalıp imalatı yüksek maliyetler gerektirdiği için kalıp yüzeyleri periyodik olarak polisaj işleminden geçirilmelidir.

Kalıp yüzeyleri düzgün bir şekilde parlatılmazsa basınçlı dökümle üretilen ürünlerin yüzeylerinde porozite (boşluk) meydana gelir. Yüzeylerde istenmeyen girinti çıkıntı ve çöküntüler meydana gelerek ürünün kalitesini düşürür.

Polisaj işlemi yapılmadan önce kalıp yüzeylerinde aşağıdaki hususlara dikkat edilerek uygulamaya başlanmalıdır.

- Kalıp yüzeyinde yağ ve kir mevcutsa öncelikle bunlar giderilmelidir. Yağ ve kirler alkali sıcak yağ alma banyolarında sabunlaştırma yöntemi giderilebilir.
- Kalıp yüzeyinde oksitlenme ve paslanma varsa bunlar tuz ruhu ve sülfirik asitle temizlenmemelidir. Tuz ruhu ve sülfirik asit ilk başta oksitlenmeyi giderse de zamanla yeniden karartmakta ve lekelenmelere meydan vermektedir. Özel oksit gidericilerle pas ve oksitlenmeler giderilmelidir.

3.4.1) Elektrolitik Kaplamanın Kalitesi Üzerine Etki Eden Faktörler

İyi bir elektrolitik kaplama için banyo terkibi ve cinsi ve elektrolitte kullanılan parlaticı, parlak taşıyıcı, nemlendirici gibi v.s. adlarla üretici veya temsilci firmalar aracılığıyla satılan kimyasallar da önemlidir. Bu maddelerin kullanımı ve seçimi çok iyi yapılmalıdır. Kullanılan kimyasalların menşei de çok önemlidir. Bir Degussa siyanürü ile Uzakdoğu malı asla

kıyaslanamaz. Banyoları, elektrolitleri hazırlarken kullanılacak su da çok önemlidir. Sertliği çok yüksek kuyu ve artezyen suları asla kullanılmamalıdır. En iyisi deiyonize su kullanmaktır.

1- Akım yoğunluğu :

Galvanoteknikte akım şiddetinin yerine elektrodların birim yüzeyine isabet eden akım şiddeti alınır. Buna akım yoğunluğu denilir. Birim yüzeyi (dm²) dir.

$$d = i(\text{amper}) / s(\text{dm}^2) = \dots [\text{amp} / \text{dm}^2]$$

Akım yoğunluğunun artışının kaplamanın yapısı bakımından iki karşı etkisi vardır. Akım yoğunluğu artınca kristallerin oluşma hızı artmış olur ve kaplama ince yapılı olur. Fakat akım yoğunluğu daha da artınca katot dolayında deşarj olan metal iyonları çözelti içinden gelenlerle yeterince karşılanamadığından katotta bir fakirleşme meydana gelir, bunun sonucu kaplama homojen olmaz ve kalite bozulur, siyah ve süngerimsi kaplamalara yol açar. Katotta fazla hidrojen çıkışı akım yoğunluğunun artmış olduğuna işarettir.(Berk 2004)

2- Konsantrasyon ve karıştırma :

Kaplamanın yapısı üzerinde konsantrasyonun etkisi büyüktür. Kristallerin oluşum hızı büyük olacağından ince yapılı ve temel metale iyice yapışık, sağlam bir kaplama elde edilir. Katottaki yerel fakirleşmeyi karşılamak amacı ile banyo da kaplanacak malzemeyi hareket ettirmek yararlıdır. Ayrıca banyonun periyodik aralıklarla filtre edilmesi çok faydalıdır. Elektrolite hava ile (düşük basınçta) hareket de verilebilir fakat dipteki tortular, pislik v.s. elektrolitte devamlı sirkülasyon yapacağı için kaplanacak parçaların üzerine yapışma ihtimali vardır. (Berk 2004)

3- Sıcaklık:

Sıcaklığın iki karşı etkisi vardır. Bir taraftan difüzyonu artırdığından kristallerin oluşum hızını artırır ve böylece küçük kristalli yapılar elde edilir. Fakat diğer taraftan katot polarizasyonunu azaltır ve böylece büyük kristallerin oluşumuna ve bunların büyümesine, ayrıca hidrojen aşırı gerilimi de azalacağından hidrojen çıkışı kolaylaşacak ve kaplama süngerimsi yapıda olacaktır.(Berk 2004)

4- Temel Metalin ve Elektrolitin Tabiatı:

Kaplamanın kalitesi üzerinde temel metalin etkisi büyüktür. Dökümün kalitesi ve terkibi çok önemli olup, soğuk ve itinasız bir dökümde yapı süngerimsi olduğundan kaplama sonucunda bir müddet sonra kabarcıklar (kabarmalar) oluşur. Bu kaplamanın kötü oluşundan değil, temel

metalın bozuk oluşundandır.Elektrolitlerin tabiatına gelince, kompleks tuzların elektroliziyle elde edilen kaplamaların normal tuzlarla elde edilenlerden daha üstün olduğu uzun zamandan beri bilinen bir gerçektir. .(Berk 2004)

5- pH' ın etkisi :

Elektrolitlerin belirtilen pH değerlerinin altında veya üstünde olması kaplama kalitesini derhal etkileyecek ve kalitesini bozacaktır. pH değerini etkileyecek faktörlere çok dikkat edilmelidir. Ve asla pH ayarını yaparken sudkostik ve hidroklorik asit kullanılmamalıdır. (Berk 2004)

6- Dağılma gücü (Kaplama gücü) :

Elektrolitik kaplamada, kaplamanın sadece görünümünün ve özelliklerinin istenilen şekilde olması yeterli değildir. Aynı zamanda kaplamanın, malzemenin tüm yüzeyinde aynı kalınlıkta olması da gereklidir. Ekonomik bakımdan kaplamanın minimum kalınlıkta olması istenir. Düzgün olmayan şekillendirilmiş bir malzeme üzerinde oldukça düzgün bir kaplamanın elde edilmesi için çözeltilinin (elektrolitin) gösterdiği özelliğe dağılma gücü (throwing power) denir. Düzgün bir yüzeye sahip olmayan bir kalıp kaplanmak istendiğinde anoda yakın olan kısımlar daha uzaktakilere göre daha kalın bir tabaka ile kaplanırlar. Zira ohm kanununa göre yakın noktalar arasında direnç daha azdır. Anoda yakın olan bir nokta öteki noktalara göre daha yüksek bir akım yoğunluğuna tabi tutulduğunda bir süre sonra bu nokta metalik iyon bakımından fakirleşmiş olur ve polarizasyon kendini gösterir, karşıt bir e.m.k. (elektromotor kuvvet) meydana gelir ki, bu düşünülen nokta ile anod arasında elektrolit direncinin artmasına karşılıktır. Bunun sonucu anoda uzak olan noktalar hesabın gösterdiğinden daha büyük bir akım alır ve böylece kaplama gücü artar. Eğer polarizasyon meydana gelmemiş olsa anoda yakın noktalar daha da yaklaşmış olacağından sonunda kaplama saçaklı olur. Sıcaklık artışı iletkenliği artırır da polarizasyonu daha fazla artıracığından kaplama gücünü azaltmış olur.

3.5) Kalıpların Yağlanması

Kalıbın yağlanması basınçlı dökümde ürünün kalitesini etkileyen en önemli işlemlerden birisidir. Yağlamadaki amaç ergimiş alaşım ile kalıp iç yüzeyi arasında bir yağ filmi oluşturarak, alaşımın kalıbı ergitmesine izin vermeyip demir esaslı bileşiklerin oluşmasını önlemektir. Bu sayede hem kalıp korunurken hem de metalde bileşim dengesinin bozulmasına

da engel olunur. Bileşimi demir tarafından bozulmuş olan basınçlı döküm alaşımı kalıptan çıkarılırken kalıba yapışır çıkarılması zor olur. Ayrıca kalıpta lehimleme denilen birikintiler bırakarak kalıbın pisenmesine sebep olur. Böylece kalıbın temizlenmesi gerekerek artı bir maliyet meydana gelir.(Pulutkan 1997)

Yağlayıcılar ayrıca kalıpta sürtünmeli hareketli parçalarda da sıkışmayı ve aşınmayı önlemek için kullanılır. Dolayısıyla kalıbın yağlanması kalıbın ömrü açısından çok gereklidir

3.5.1) İdeal Bir Yağlayıcıda Aranılan Özellikler

Yağlayıcılar döküm alaşımlarına göre farklılık gösterse de iyi bir yağlayıcının temel özellikleri vardır .

1. Hem yüzeyde hem de kalıbın diğer bölümlerinde aynı randımanla kullanılabilirdir.
2. Kalıp yüzeyinde sıcak basınçlı metal alaşımından etkilenmeyecek bir tabaka oluşturmaldır.
3. Yağlama süresini uzatıcı olmalıdır.
4. Yüzeyde kolay yayılabilmeli ve uniform kalınlıkta kaplamalıdır.
5. Döküm ürünü üzerinde çıkarılamayacak derecede yağ lekesi bırakmamalıdır.
6. Kalıp çeliği ile kimyasal reaksiyona girmemelidir.
7. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi olmamalıdır, bununla birlikte zehirli duman ve rahatsız edici buharlar vermemelidir.
8. Katılaşmamalı ve kalıbın grifit köşelerinde birikmemelidir.
9. Ekonomik olmalı, kalıp maliyetini çok fazla arttırmamalıdır.

4) BASINÇLI DÖKÜM PROSESİNDE YAYGIN OLARAK GÖRÜLEN BAŞLICA HATALAR ve HATA SEBEPLERİ

Basınçlı dökümde, döküm parçasından istenen mukavemet ve sertliği sağlayacak minimum kesitler istenir. İnce kesit tercih edilmesinin nedeni; döküm, enjeksiyon ve soğutma sürelerinin azalması ile birlikte üretim hızındaki artıştır. İnce kesitlerde, kalın kesitlere nazaran yüzeyler daha düzgündür. Ancak parça kesiti beslenemeyecek kadar ince olmamalıdır.

Çeşitli alaşımlar için minimum kesit kalınlığı Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1 Çeşitli alaşımlar için minimum kesit kalınlığı

Döküm parçası yüzey alanı cm ²	Minimum kesit kalınlığı (mm)		
	Kalay, Kurşun ve Çinko alaşımları	Alüminyum ve Mg alaşımları	Bakır alaşımları
25	0.64	0.81	1.52
25–100	1.02	1.27	2.03
100–500	1.52	1.78	2.54
500	2.03	2.54	3.05

Kesit kalınlığı mümkün olduğunca üniform olmalıdır. Kesit kalınlıklarında önemli farklılıklar başlıca sıcak nokta ve çekilme boşluğu gibi hataları oluşturabilir.

Dökümün çabuk katılaşması ince taneli bir yapının elde edilmesini sağlar. Ancak çabuk katılaşma dökümün ani boyut değişiminin var olduğu yerlerde gerilim meydana gelmesine neden olur. Döküm parçasındaki iç gerilimleri azaltmanın yolu parçanın normalizasyon tavlamasına sokulmasıdır. Ancak bu şekilde normalleştirme, parçada mukavemetin düşmesine sebep olur, Basınçlı dökümde sıklıkla görülen hata tipleri aşağıda açıklanmıştır.

a) Çekme Boşlukları :

Kalıp içindeki sıvı metal katılaşmadan kanaldaki metal donarsa çekme dolayısıyla meydana gelen hacim değişimi kanaldan gelecek fazla metalle dengelenemez ve kitlede boşluklar yer alır. Yetersiz beslemeden doğan çekme boşluklarına rastlanılabılır.

b) Gaz Boşlukları :

Basınçlı dökümlerde rastlanan olumsuz olaylardan biridir. Porozite kalın kesitli döküm parçasında az sayıda büyük boşluklar veya parçanın içinde küçük gözenekler şeklinde özellikle yüzeye yakın yerlerde görülür. Çekme boşlukları düzensiz ve pürüzlü oldukları halde gaz boşlukları yuvarlak ve düzgündür. Bunların sebebi sıvı metal içerisindeki gaz ve buharların döküm esnasında açığa çıkmalarıdır.(Ateş,1995)

Genellikle porozitenin değişik sebepleri vardır.

1-) Uygun olmayan kalıp konstrüksiyonundan dolayı hava içerde kalabilir.Hava kanalı tasarımları yanlış noktalara tasarlanmış yada yeterli ölçülerde olmayabilir. Küçük kesitlerde akış hızı artacak ve havanın kalıptan uzaklaşması için zaman kalmayacak, ayrıca hava kanalları önceden tıkalı olabilir. Derin oyuklu kalıp parçalarında havanın bu kanallara ulaşması zordur. Buna çare olarak metal önce derin oyuklara gönderilir, İki kalıp parçası arasında hava alma kanalları açılır. Metalin bu kalıp oyukları doldururken birçok ters akışa sebep olduğundan mümkün olduğu kadar tek bir yollukla çalışılır. Hava kanalları mümkün olduğu kadar gözeneklilik olabilecek bölgelere yakın konulur. Eğer hava kanalı mevcutsa ve parça gözenekli ise hava kanalı ya küçük yada tıkalıdır.(Ateş,1995)

2-) Yanlış yağlayıcıların kullanılmasında poroziteye sebep olabilir. Çünkü bazı yağlayıcılar gaz ve buhar oluşumuna yatkındırlar. Bu tip durumlarda başka yağlayıcı kullanılmalı (örneğin tıpkı grafit gibi kuru yağlayıcılar kullanılabilir.) (Ateş,1995)

3-) Porozite düzensiz katılaşma yoluyla da ortaya çıkabilir. İki döküm arasında veya yollukta metalin ince olarak daha önce katılaşması ve sonraki metal akışını engellemesi. Yüksek sıcaklıklarda ergiyen metallerde basınç artırılır ve böylece kalıp daha hızlı dolar bu sırada kalıp ve metal sıcaklığı daha yüksektir. Ek olarak fazla metal yığılan yerlerde etkili soğutma yapmak yardımcı olur.

Yolluğun konumu öyle olmalıdır ki, sıcak metal önce kalın kesitli yerden doldurulmalıdır, ama bu durum her zaman uygun olmaz. Metalin soğuma esnasındaki çekilmesiyle porozite ve çekilme çatlakları meydana gelebilir. Genellikle kullanılan alaşıma ve basınçlı döküm parçasının şekline bağlıdır.(Ateş,1995)

c) Tabakalaşma :

Basınçlı dökümlerde tabakalaşma bileşimleri farklı iç ve dış metal tabakalarının oluşumudur. Dış tabaka düşük sıcaklıklarda, iç tabaka da yüksek sıcaklıklarda katılaşmaktadır. Tabakalaşmanın şiddeti kesit kalınlığına ve soğumanın nüfus derinliğine bağlıdır. Bazı hallerde, özellikle düşük sıcaklık ve düşük enjeksiyon hızlı dökümlerde, primer kristaller katı eriyikten ayrılarak kalıp ağızındaki besleme havuzunda birikirler, böylece kalıp içine akan metalin bileşimi çok farklı olabilir. Bileşimdeki bozukluk katılaşma sırasında difuzyonla dengelenebilir.

d) Yüzeyde Gözeneklilik :

Sıvı metal yüzeyinde oluşan oksit tabakası ve gazlar döküm esnasında metal bünyesine girdikleri takdirde dökümde süngerimsi bir yapı meydana gelir. Metal bünyesindeki gazların açığa çıkmaları, metalin kalıp içinde ve maçalar çevresinde yağ ve greslerle temasa gelmesi de gözenekliliğe sebep olur. Gözeneklilik parçada sonradan giderilebilecek bir kusur değildir, dolayısıyla bu tip gözenekli parçalar hurdaya ayrılır.

e) Pullanma :

Kalıp dolmadan önce gelen sıcak metal içeride kısmen soğumuş veya katılaşmış olan bir metal tabakası ile karşılaştığında dökümün yüzeyine gevşek bağlanan ve kolayca soyulabilen pul pul parçalar meydana gelir. Sıcak metal kalıp cidarı ile soğuk metal arasına girerek tam kaynamamış ince bir tabaka meydana getirir. Bu olaya "Pullanma" adı verilir. Pullanma olayı ince ön akışların kalıp cidarları boyunca akarken katılaştıktan sonra üzerlerinin sıcak ergimiş metal tabakaları ile kaplanmasından da doğabilir.

f) Akış Çizgileri :

Basınçlı dökümün karakteristik hata sebebidir. Genellikle akış çizgilerinin sebebi uygun olmayan döküm basıncı ve daha düşük metal akış hızlandır. Bu durumda kompleks parçalar daha geç doldurulur. Basıncın ve hızın yükseltilmesinin yanında daha geniş yolluk da

yardımcı olur. İletme kanalları o şekilde olmalı ki, güzel yüzey elde edilecek bölgeler daha önce doldurulmalıdır. Çok düzgün bir yüzey ancak homojen ısıtılmış bir kalıpla elde edilir. Eğer bu duruma düşük kalıp sıcaklığı sebep oluyorsa bunun ortadan kaldırılması çok kolaydır. Bazen tam bir ergime ve kaynama için bütün, şartlar sağlandığı halde, kalıpta ayrılan akışlar karşılaştıklarında kaynayamayacak kadar soğumuş olabilirler. Bu takdirde döküm yüzeyinde ince eğriler görülür. Kalıp sıcaklığı çok düşükse bu çizgiler derindir.

g) Çekme Çatlamaları :

Dökümün katılaşması esnasında meydana gelen iç gerilmeler soğumada çekme çatlamlarına sebep olabilirler. Katılaşma sonrası, maçaların metalle temas halinin devam etmesiyle birlikte metalde yüksek bir gerilim oluşur Maçalar zamanında çekilmezse yavaş yavaş artan çekme gerilmeleri maça çevresindeki metalin o sıcaklıktaki dayanımından yüksek bir değere çıkarlar ve metalde çatlamlar başlar.

h) Sert Noktalar :

Özellikle alüminyumda görülen ergimiş metalle birlikte, metalik olan veya metalik olmayan partiküllerin döküm boşluğuna girmesi ve dökümün yapısına yerleşmesidir. Böylece döküm yüzeyinde sert noktalar meydana gelerek parçanın mukavemetini düşürür. Daha sonra oluşan bu sert noktalar kendini işleme sırasında göstererek parçanın kırılmasına ve kolayca dağılmasına sebep olur.

i) Yüzey çöküntüleri :

Ergimiş metalin kalıp içerisinde farklı sıcaklıklara maruz kalmasıyla oluşur. Bu olay kalıp yüzeyi sıcaklığının kısmi farklılıklar göstermesiyle olur. Sıcak bölgelerle temas eden ergimiş metal katılaşamaz ve sıcak kalırken soğuk cidarla temas eden bölge katılaşır. Zamanla sıcak bölgelerin bulunduğu yerdeki metalde katılaşarak bir çekilme gösterecek ve bu bölgelerde çöküntüler meydana gelecektir. Bu durumda parçaya uygulanabilecek herhangi bir tedavi yoktur ve parça hurdaya ayrılır. Ancak iyi bir kontrol sistemiyle hata oluşmadan önlenabilir.

j) Soğuk kaynamış bölgeler :

Sıvı metalin farklı yönlerden gelerek karşılaştıkları noktada, birbirleri içinde ergimeyecek kadar soğumuşlarsa bu olay meydana gelir.

k) Kalıba ve maçaya yapışma : Daha çok alüminyum ve çinko alaşımlarında sıklıkla görölen bu yapışma olayının başlıca sebepleri şunlardır.

- Kalıbın uygun olmayan yağlayıcılarla ve yanlış metodlarla yağlanması
- Sıvı metal sıcaklığının çok yüksek oluşu
- Metal akışının yanlış beslenmesi, kalıp boşluğunun direk doldurulması veya büyük metal akış hızı
- Kalıbın sertleştirilmesinin uygun bir şekilde yapılmaması
- Alaşımın yabancı maddelerce temiz olmaması ve Fe içeriğinin yüksek olması

5. BASINÇLI DÖKÜMDE KALİTEYİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

Üretimi yapılan ürünün kalitesi birçok faktörün etkisi altındadır. Üretimin her kademesinde istenilen kalitenin temini, ancak belirli bir sistem dahilinde çalışılarak sağlanabilir. Bir basınçlı döküm parçasının kalitesi; basınçlı döküm makinasına, sıvı metalin özelliklerine sıvı metalin kalıba giriş, katılma, çıkarılma yöntemlerine ve kalıbın dizaynına bağlıdır. İyi bir döküm parçası elde edilebilmesi çok sayıda faktörün kontrol altına alınması ile mümkündür. Döküm işleminde sıvı metalin kimyasal tepkimelere uğraması, gaz oluşması, katılma ve soğuma sonucu çekinti ve çatlama yapması, bazı elementlerin yapıda istenmeyen bileşikler oluşturması ve yapıda yer alması gibi pek çok etken kaliteli döküm parçası üretiminin güçlüklerini ortaya koymaktadır.

5.1) Basınçlı Döküm Makinalarının Döküm Kalitesine Etkileri

Basınçlı döküm prosesinde enjeksiyon hızı ve basınç parametrelerinin zamana göre ayarlamaları döküm kalitesinde en etkin rolü oynar. Bu parametreler kalıp tasarımı sırasında alışıma göre dikkatle incelenerek belirlenmelidir.

Modern basınçlı döküm makinalarında enjeksiyon sistemi hakimdir. Birinci fazda yavaş akan metal kapıya gelir, ikinci fazda ise metal kalıp boşluğuna kısa bir zamanda ve yüksek enjeksiyon hızında itilir. Üçüncü fazda döküm yüksek basınçla takviye edilir.

Basınçlı döküm makinalarında dökümün kalitesini etkileyen en önemli faktörleri şöyle sıralayabiliriz.

- Enjeksiyon basıncı ve döküm basıncı değerleri,
- Operasyon Süreleri,

Basınçlı dökümde kullanılan basınçlı döküm makinalarının dökümde kullanılan alışıma göre seçildiğini bölüm 2 de anlatmıştık.

Sıcak kamaralı veya soğuk kamaralı makinada dökümden önce kalıbın kapanmasını ve kilitli kalmasını sağlayan kapama basıncı daima, pistonu harekete geçiren enjeksiyon basıncından

yüksek olmalıdır. Aksi takdirde enjeksiyon basıncı kapama basıncını yenerek enjeksiyon işlemi sırasında kalıbın açılmasına neden olur. Enjeksiyon sırasında ergimiş metal kalıp ayrılma düzlemine sızsa bile kalıp boşluğundaki basınç düşecektir.

Döküm basıncının düşmesi aşağıdaki sorunları ortaya çıkararak döküm kalitesinin düşmesine neden olur.

- Döküm basıncının düşük olması çeşitli yüzey bozukluklarına (çiçeklenme, lekelenme, çöküntü, süngerimsi bölgelere) neden olur,
- Döküm basıncının düşmesi sıvı metalin kalıp boşluğuna tam olarak dolmasını engelleyerek kofluk problemine neden olur. Ürün tam olarak elde edilemez, eksiklikler ve boyutta sapmalar gözlenir,
- Düşük döküm basıncı üründe soğuk kaynama bölgelerinin oluşmasına neden olur,
- Dökülen parçada akış çizgileri meydana gelir,

Seçilecek uygun bir döküm basıncı ile bu problemlerin üstesinden gelinerek parçada kaliteyi olumsuz etkilemesinin önüne geçilebilir. Spesifik döküm basıncı aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$\text{Spesifik döküm basıncı} = \frac{(\text{Kapama silindirin çapı})^2}{(\text{Plunger çapı})^2}$$

Basınçlı döküm makinalarında operasyon süreleri üründe kaliteyi etkileyen bir diğer önemli parametredir.

Boşluğa dolma zamanı, sıvı metalin kalıp boşluğuna itilmesi için gerekli zamandır. Boşluğa dolma zamanı, metalin boşluktaki katılaşma zamanına eşit veya daha kısa olmalıdır ve dökümün kalıp duvarlarının kalınlığına ve katılaşma modülüne bağlı olarak değişir.

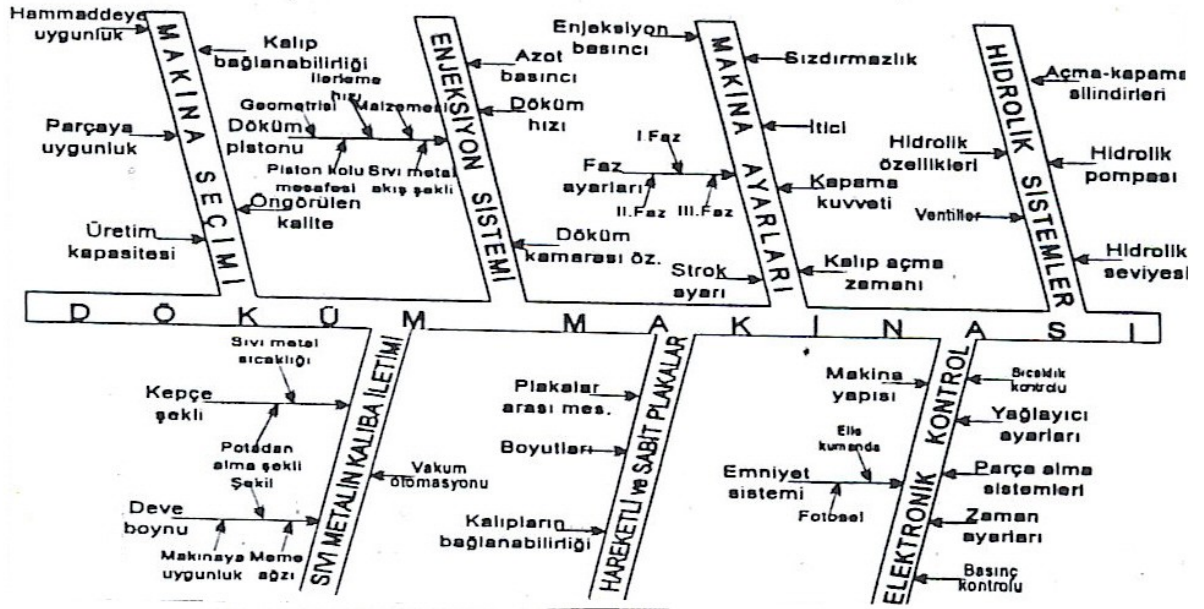
Takviye zamanı, kalıp boşluğu dolduktan sonra üçüncü enjeksiyon fazının son basıncı sağlanana kadar olan zamanda gerekli zamandır. Kalıp boşluğu dolduktan sonra darbe hızıyla yaratılan basınç metalin takviyesi için ve iyi bir döküm kalitesi için son derece gereklidir. Basınçlı döküm makinalarının ilk modelleri takviye basıncını 10 saniyeden daha fazla bir

zamanda sağlarken, modern basınçlı döküm makinalarında hızlı şiddetlendirici kontrol sistemleri yardımıyla takviye zamanının oldukça düşürülmesi mümkün olmuştur.

Operasyon sürelerinin uygun sürelerde belirlenememesi aşağıdaki sorunları ortaya çıkararak döküm kalitesinin düşmesine neden olur.

- Basınçlı dökümde kalıp açma ve kapama zamanının gerekenden fazla olması durumunda ürünün kalıba ve maçaya yapışma sorunu ortaya çıkar,
- Kalıp açma ve kapama süresinin uzun olması üründe çekme boşluklarının meydana gelmesine neden olur.
- Kalıp açma ve kapama süresinin kısa olması durumunda ürün tam oluşmadan kalıp açılır. Ürünün ölçülerinde sapmalar, boyutsal değişimler ve kaçıklıklar ortaya çıkarak istenen kalite elde edilemez.
- Kalıbın erken açılmasıyla oluşan bir diğer sorun ise ürün tam katlaşmadığı için parça yüzeyinde itici izleri meydana gelir.

Basınçlı dökümde operasyon süreleri dikkatli belirlenmelidir, süre kısa ya da uzun olmamalıdır.



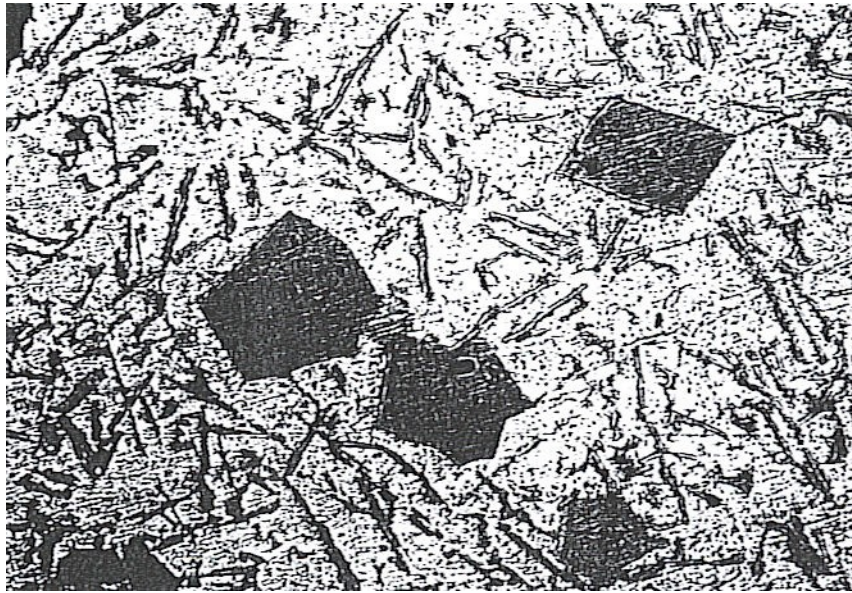
Şekil 5.1 Döküm Makinasında Kaliteyi Etkileyen Faktörler

5.2. Basınçlı Dökümde Kullanılan Alaşımların Döküm Kalitesine Etkileri

Basınçlı dökümde kullanılan alaşımların bileşimi ürünün kalitesini etkileyen ana faktörlerden birisidir. Alaşımların bileşiminin standart değerlerde olmaması durumunda ürünün kalıba ve maçaya yapışması sorunu ortaya çıkar. Özellikle alüminyum alaşımlarında çok az Fe ihtiva eden alaşımlar kullanılmalıdır. Alaşımların gerek ortamdan gerekse pota ve kalıptan etkileşimle Fe oranının artmasının önüne geçilmelidir.

Alüminyum alaşımlarında gerek kullanılan hammaddeden gerekse prosten kaynaklanan, yapıda olumsuz etkilere neden olan istenmeyen oluşumlar meydana gelebilir. İnklüzyon olarak tanımlayabileceğimiz bu oluşumları, yapıdaki olumsuz etkiler oluşturur ve ürünün kalitesini olumsuz etkilerler.

Alaşımların bileşiminin istenen değerlerde olmaması durumunda ayrıca ‘sludge’ olarak tanımlanan ve alaşıma göre sertliği oldukça yüksek olan Fe-Mn-Cr içeren bileşiğin oluşmasına neden olacaktır. Geometrik köşeli bir forma sahip olan bu tip yapının mümkün olduğunca olmaması istenir. Yapıda az miktarda varsa bile bunun homojen olarak dağılması bir araya toplanmaması tercih edilir.



Şekil 5.2 Sludge teşekkülü (500X)

Basınçlı dökümde kullanılan alaşımların kaliteye etkilerini alt faktörlere ayıracak olursak;

1. Metal alaşımın gizli ergime ısısı ve özgül ısısı
2. Alaşımın ısı iletme katsayısı
3. Alaşımın katılma noktası
4. Sıvı metalin temizlenmesi
5. Gaz giderme işlemi
6. Sıvı metalin sıcaklığı

1. Metal alaşımın gizli ergime ısısı ve özgül ısısı;

Gizli ergime ve özgül ısı, alaşımların kalıba dolma hızını oldukça etkilerler. Örneğin çinko ve alüminyumda, çinkonun gizli ergime ısısı 23.8 kCal/kg, alüminyumunki ise 93.5 kCal/kg'dır. Bununla birlikte çinko ve alüminyumun özgül ısıları 0.163 kCal/cm³ ve 0.26 kCal/cm³'dir. Buna göre çinko alüminyumdan 1.6 kez daha hızlı olarak kalıba dolmaktadır. Yani alaşımın kalıba dolma hızını belirleyen parametrelerden gizli ergime ısısı ve özgül ısı değerlerinin düşük olması alaşımın kalıba hacmen daha hızlı girmesini sağlar. (Okutan 1994)

2. Alaşımın ısı iletme katsayısı;

Isıl iletkenliği de alaşımın kalıba dolma hızını belirleyen diğer önemli faktördür. Örneğin S9 alaşımının iletkenlik faktörü 0.37 ve XXIII ve SC6 alaşımlarının ısı iletkenlik faktörleri 0.27'dir ve S9 alaşımı diğer iki alaşımdan 1.37 kez daha büyük bir enjeksiyon hızı ile dökülmelidir. (Okutan 1994)

Isı iletkenlik katsayısı düşük olan bir alaşımda dökümün iç kısımlarından uzak köşelere ısı iletimi yavaştır, bu nedenle döküm katılırken tüm baskının ısıya maruz bırakılması gerekir.

3. Alaşımın katılma noktası;

Alaşımların katılma sıcaklığı da gizli ergime ısısı ve ısı iletkenlik faktörleri gibi enjeksiyon hızında etkilidir. Sıvı metal kalıba enjekte edilirken, kalıba tam olarak enjekte edilme sağlanmadan, kalıptaki kısım asla katılmamalıdır. Bunu sağlayabilmek için alaşımın ergime sıcaklığının üzerindeki döküm sıcaklığının korunması gerekir. Bu faktör kalıp sıcaklığına da bağlı olarak enjeksiyon hızını etkiler. (Okutan 1994)

4. Sıvı metalin temizlenmesi;

Alüminyum alaşımlarında gerek kullanılan hammaddeden gerekse proseten kaynaklanan, yapıda olumsuz etkilere neden olan istenmeyen oluşumlar meydana gelebilir. İnklüzyon olarak tanımlayabileceğimiz bu oluşumları, yapıdaki olumsuz etkiler oluşturur ve ürünün kalitesini olumsuz etkilerler.

Alüminyum yüksek oksitlenme kabiliyetine sahip bir metaldir. Atmosferle temas halinde bulunan gerek sıvı ve gerekse katı alüminyum oksitlenerek yüzeyde bir oksit tabakası oluşturur. Artan sıcaklıkla beraber oksit teşekkülü artar. Sıvı metalde oksit oluşumu daha kolay olup bünyede daha fazla Al_2O_3 içerir. Ayrıca yapıda bulunan magnezyum, stronsiyum, sodyum, kalsiyum, berilyum ve titanyum gibi elementler de oksit oluşumuna neden olan faktörlerdir. (Okutan 1994)



Şekil 5.3 Yapıda oksit teşekkülü (50X) (Okutan 1994)

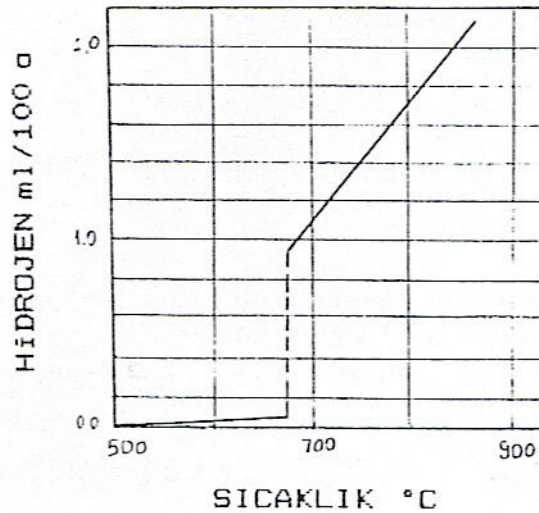
Sıvı metal yüzeyinde oluşan oksit tabakası yapıya hidrojen difüze olmasına engel olması gibi yararları yanında, türbülans oluşumu ile sıvı metalin bünyesine girerek, döküm sonrası talaşlı imalat işlemi sırasında problem yaratabilen inklüzyonlar olarak yapıda bulunma problemi içerir.

Tüm bu istenmeyen inklüzyonlar döküm parçasının mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemelerinin yanı sıra, özellikle talaşlı imalat sırasında, alaşıma göre yüksek sertliklerinden dolayı kesicilerin körelmesine neden olmaktadır. Ayrıca sıvı metalin akıcılığını azaltmakta ve besleme problemi yaratarak yapıda poroziteye ve mikro çatlaklara sebebiyet vermekte ve ürünün kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen bu oluşumları yapıdan uzaklaştırmak amacıyla temizleme tabletleri kullanılabilir. Hekzakloretan içeren bu tabletler 680-700°C sıcaklıktaki sıvı metalle reaksiyona girerek klor gazı meydana getirmekte ve oluşan klor habbecikleri yukarı doğru hareketleri sırasında yapıda mevcut inklüzyonları yüzeye doğru süpürmekte ve cüruf oluşumuna neden olarak sıvı metalin temizlenmesini sağlamaktadır.(Okutan 1994)

5. Gaz giderme işlemi;

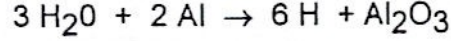
Alüminyum ve alaşımları ergiyik halinde hidrojen absorbe etme özelliğine sahiptir. Şekilde alüminyum içerisinde hidrojen çözünürlüğünün sıcaklığa bağlı olarak değişimi verilmiştir. Görüleceği üzere alüminyum içerisindeki hidrojen çözünürlüğü artan sıcaklıkla beraber exponansiyel olarak artmaktadır. Artan silisyum ve bakır miktarına bağlı olarak hidrojen çözünürlüğü azalmaktadır. (Okutan 1994)



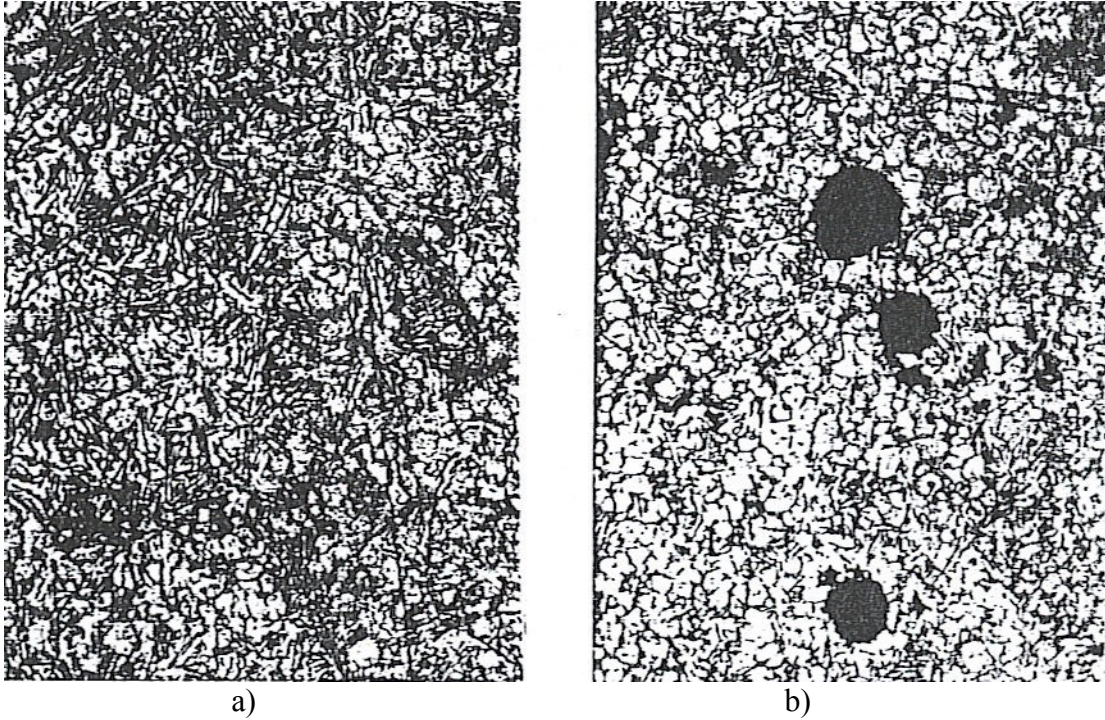
Şekil 5.4 Alüminyum İçerisindeki Hidrojen Çözünürlüğü (Okutan 1994)

Alüminyum alaşımlarında gaz boşluğuna neden olan birçok hidrojen kaynağı mevcuttur. Fırın atmosferi, şarj edilen malzeme, nemli ekipmanlar ve malzemeler, metal ile kalıp arasındaki

reaksiyonlar başlıca hidrojen kaynaklarıdır. Su buharının indirgenmesi temel bir hidrojen kaynağıdır.



Ayrıca yağlı şarj edilen hurda, yolluk ve hammadde kullanılması, metalin türbülans oluşturarak kalıba girmesi ve benzeri sebeplerden dolayı dökümde gaz boşluğu problemi yaşanabilir. Metalin hidrojen içeriği bir diğer ifadeyle gaz boşluğu miktarı mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilemektedir. Hidrojenin ve dolayısı ile porozitenin bu olumsuz etkisini önlemek için gaz alma tabletleri kullanılabilir. Hekzakloretan içeren bu tabletler alüminyum alaşımlarının dökümünden önce gazının giderilmesi amacıyla kullanılır. Sıvı metal miktarının % 0.2-0.3' ü civarındaki tablet bir çan yardımı ile sıvı metal içeren potaya daldırılır ve reaksiyon bitene kadar sıvı metal içerisinde tutulur. Bu işlem sırasında dikkat edilecek en önemli husus çanın kuru olması ve ısıya dayanıklı bir boya ile kaplanmasıdır. Şekil 5.5'de gaz giderme işlemine tabi tutulmuş ve tutulmamış iki adet numunenin mikroyapısı görülmektedir. (Okutan 1994)



Şekil 5.5 Malzemenin yapısındaki gaz çözünürlüğü (Okutan 1994)

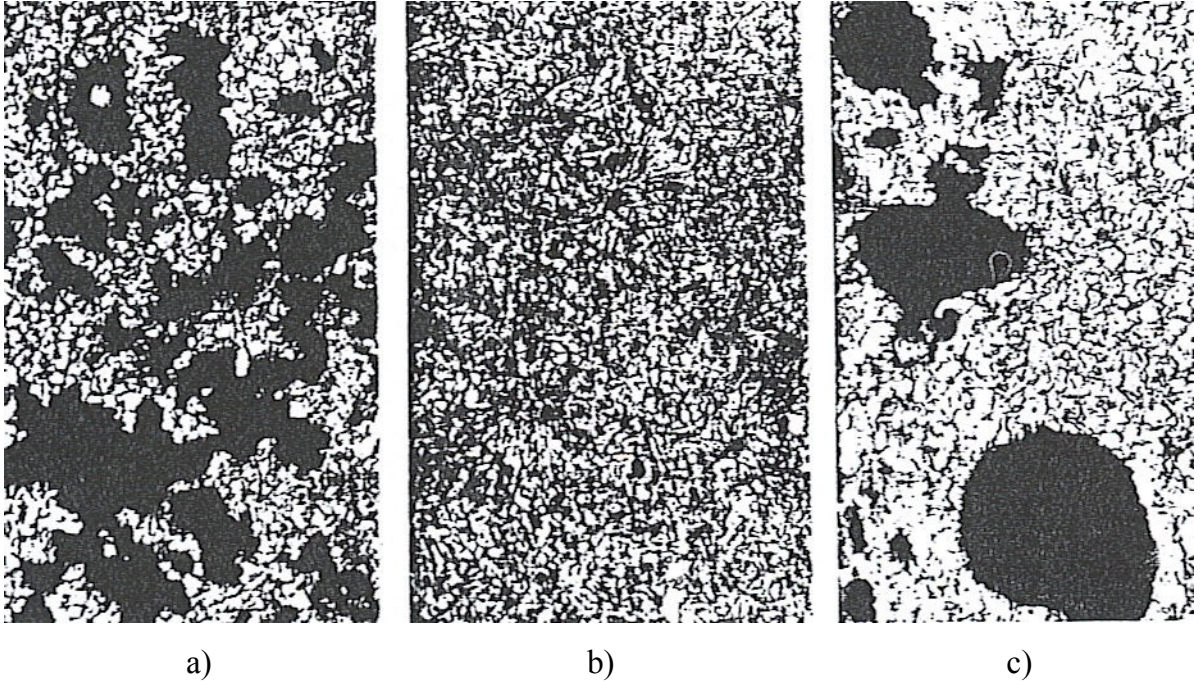
a) Gaz giderme işlemine tabi tutulmuş yapı (100X)

b) Gaz giderme işlemi tatbik edilmemiş yapı (100X)

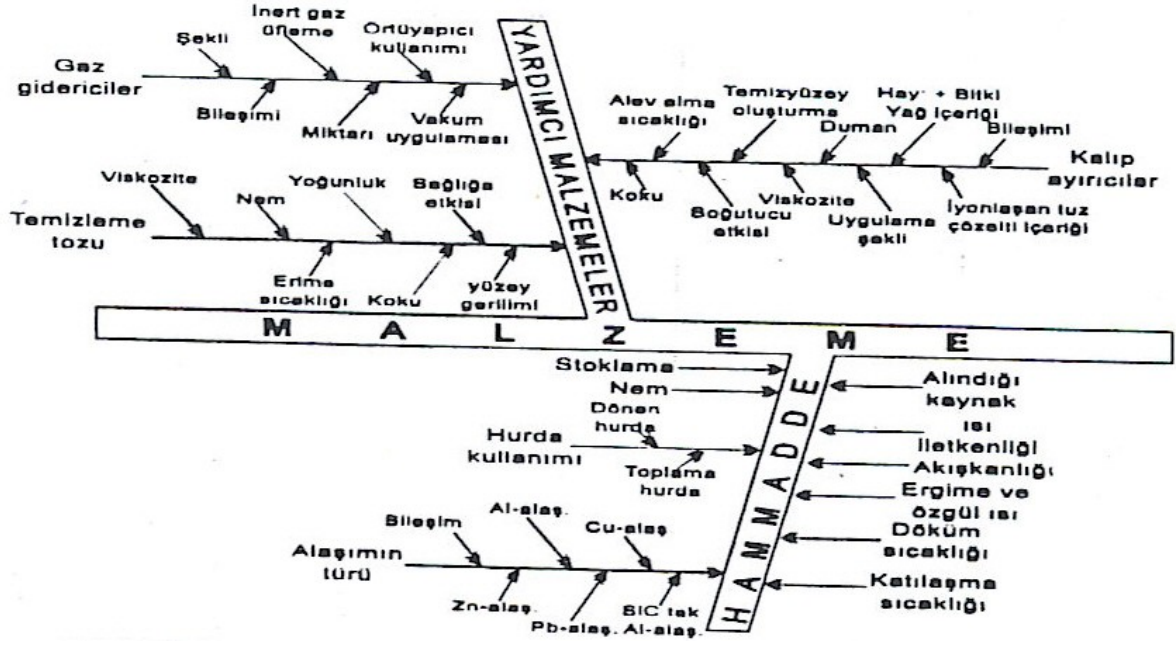
6. Sıvı metalin sıcaklığı;

Ergimiş metalin döküm sıcaklığı dökümün kalitesini direkt olarak etkilemektedir. Döküm sıcaklığı dökümü yapılan metale, parçanın boyutuna, kesit kalınlığına, ağırlığına ve benzeri fonksiyonlarına bağlı olarak değişir.

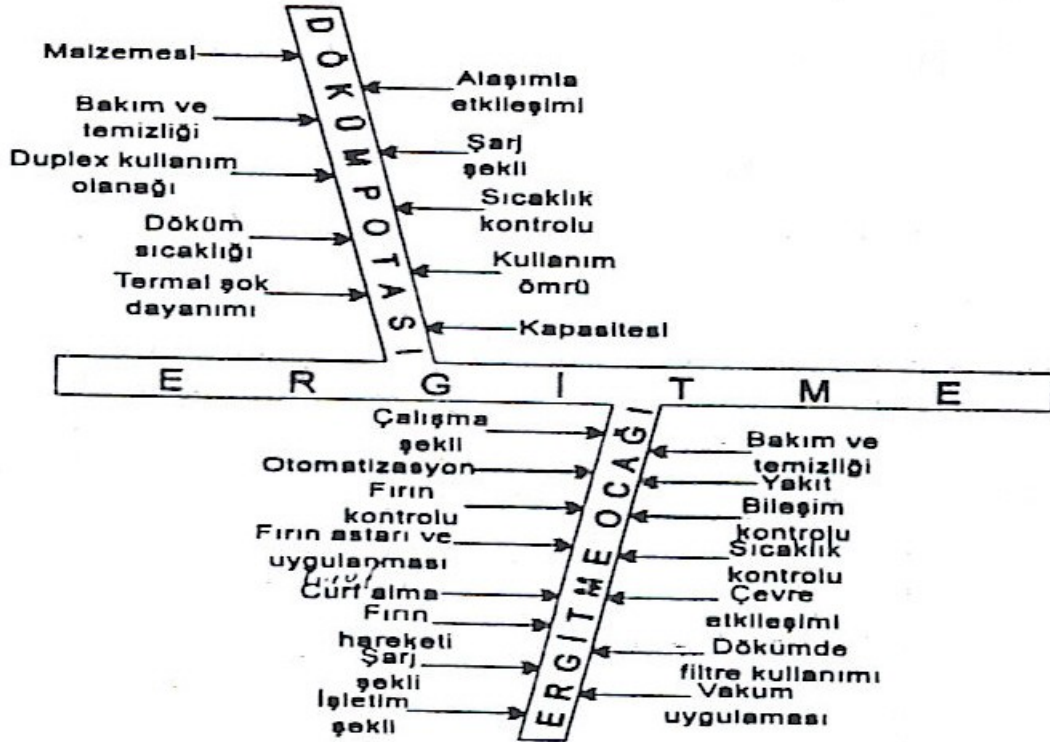
Alaşımın sıvı metal sıcaklığı istenen değerler arasında olmalıdır. Sıvı metal sıcaklığı düşük olursa metalin akıcılığı azalmakta parçada kaynamama ya da porozite gibi kaliteyi düşüren durumlar ortaya çıkmaktadır. Sıvı metal sıcaklığı yüksek olursa parçanın kalıba ve maçaya yapışması sorunu ortaya çıkar ve ürünün kalitesini olumsuz etkiler. (Okutan 1994)



Şekil 5.6 Mikroyapının sıcaklığa bağlı değişimi a) 610°C b)685°C c)750°C (Okutan 1994)



Şekil 5.7 Malzemenin Kalitesini Etkileyen Faktörler



Şekil 5.8 Malzemenin Ergitilmesinde Kaliteyi Etkileyen Faktörler

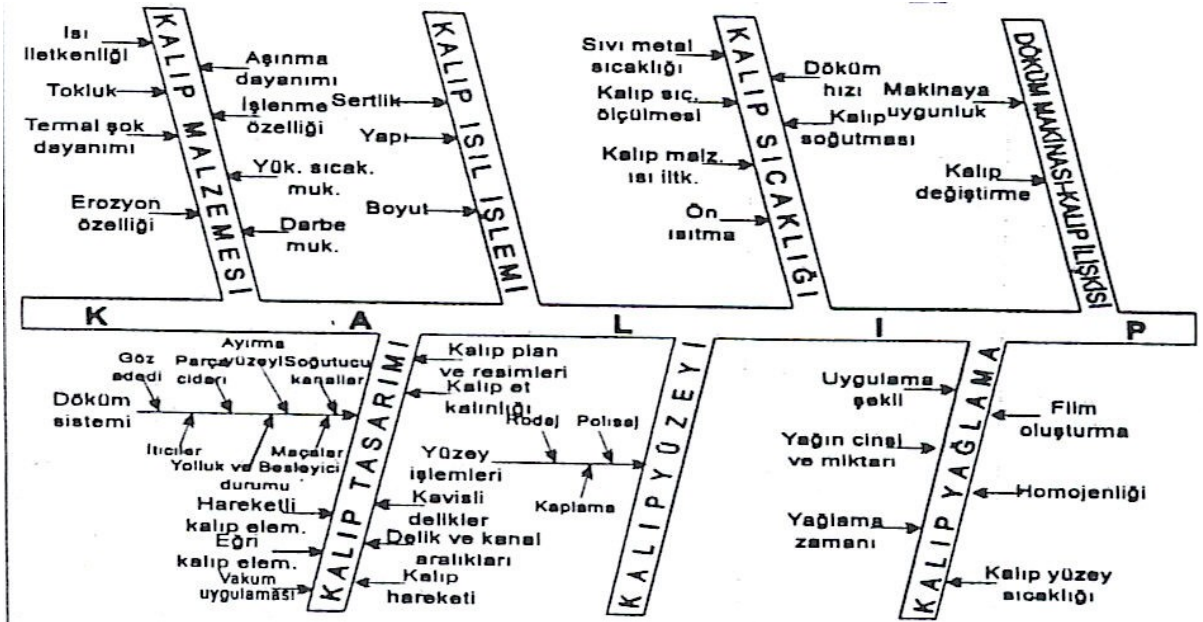
5.3. Basınçlı Döküm Kalıplarının Döküm Kalitesine Etkileri

Kalıp dizaynı ürünün kalitesini direk etkileyen faktörlerden biridir. İyi ve doğru bir tasarım, sorunsuz bir üretim ve kaliteli ürünler için önemli ve gereklidir.

Basınçlı döküm kalıplarında tasarım yapılırken keskin köşe ve kenarların olmamasına dikkat edilmelidir. Keskin köşeler gerilim yükseltici noktalar olarak değerlendirilir. Keskin köşe ve kenarlar çekme çatlaklarının meydana gelmesine neden olur. Çekme çatlaklarının meydana gelmemesi için keskin köşeleri gidermek ve açılı köşeler kullanmak kalıp tasarımının esaslarındandır. Aynı şekilde, ani kesit daralmaları ve kalınlık değişimleri de mümkün derecede azaltılarak kalıbın ve parçanın olumsuz etkilenmesinin önüne geçilmelidir.

Basınçlı dökümde kalıp ve maça dizaynı uygun olmalıdır. Uygun olmayan kalıp maça dizaynı parçanın kalıba ve maçaya yapışmasına neden olur.

Basınçlı dökümde maçaların çekileceği zaman iyi tayin edilmelidir. Maçaların geç çekilmesi lekelenme, çiçeklenme, pullanma gibi yüzey bozukluklarına neden olur. Maçaların erken çekilmesi durumunda ise katılma tam sağlanmayacağı için üründe sapmalar, eksen kaçıklıkları ya da ürünün tam elde edilememesi gibi sorunlarla karşılaşılır ve parçada istenen kalite elde edilemez.



Şekil 5.9 Basınçlı Döküm Kalıplarında Kaliteyi Etkileyen Faktörler

5.3.1) Basınçlı Döküm Kalıplarında Yolluk Sistemlerinin Kaliteye Etkileri

Basınçlı dökümde yolluk sistemleri parçanın kalitesine etkileyen başlıca faktörlerden bir tanesidir. Kalıp yolluk sistemleri uygun bir şekilde tasarlanmazsa parçada hatalar oluşarak kaliteyi olumsuz etkiler.

Yolluk sistemleri tasarlanırken mümkünse sadece bir yolluk girişi kullanılmalıdır. Birden fazla yolluk girişinde sıvı metal ışınlarının birbirlerini karşılıklı engellemelerine dikkat edilmelidir. Ayrıca sıvı metalin mümkün olduğunca uzun bir süre boyunca serbest ışın olarak kalması sağlanmalıdır.

Yolluk girişi sıvı metalin karşı cidara çarpıp dağılmasına izin vermeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Yolluk girişinin kesiti, döküm yolluğu kesitinden büyük olmamalıdır, yoksa içinde hava sürüklenerek girdaplar oluşur. Hava boşaltım cep ve kanallarının, içeri akan sıvı metal tarafından ilk anda doldurulmamasına dikkat edilmelidir.

Kalıp boşluğunun dolması, ancak yolluğun tamamıyla dolmasından sonra başlamalıdır; böylece yolluk girişinin önünde akıntının yavaşlaması önlenir. İnce cidarlı döküm parçalarında kullanılan geniş, bant şeklindeki yolluk girişiyle bu şart nadiren yerine getirilebilir. İnce yolluk girişi, özellikle ince cidarlı döküm parçalarında yüksek akış hızında kullanılır. kalın yolluk girişi küçük içeri akış hızında kalın cidarlı döküm parçaları için uygundur.

Büyük alanlı parçalarda yolluk girişi, metalin eşit şekilde dağılabilmesi için, parçanın ortasına yerleştirilmelidir. Parçada kaburgalar mevcutsa, bunlardan mümkün olduğunca, sıvı metal ışınını yönlendirmek için yararlanılmalıdır.

Eşit kalınlıkta, yolluk girişinin genişliği ne kadar büyükse, yolluk girişinin katılma süresi aynı oranda uzar; basınç kaybı, döküm yolluğundan döküm parçasına aynı oranda büyür ve döküm yolluğu ile döküm parçası arasındaki sıcaklık artışı aynı oranda azalır.

Akış hızı çok yükseğe ayarlanmamalıdır, yoksa laminar bir akıntı elde dileyemez; bu koşul, kalıp boşluğunun katılmadan önce dolmuş olması gerektiği koşuluna ters düşmemektedir.

Büyük yüzeyli, çok sayıda ince bölümlü döküm parçaları, birden fazla yolluk girişiyle dökülmelidir. Bu arada da her bir yolluk girişi eksenini büyük yüzeyin orta noktasında birleşmelidir. Birden fazla yolluk girişinin kullanıldığı durumlarda, sıvı metalin yolluk girişinden akmaya başlaması, gerektiğinde tek tek döküm yolluklarının küçültülmesiyle kontrol edilebilir.

Basınçlı dökümde yolluk tasarımları yapılırken konstrüksiyon kurallarına dikkat etmeden imalat yapılırsa kaliteyi etkileyen çeşitli olumsuzluklar meydana gelir. Bu olumsuzluklar ve çözüm yollarına aşağıda değinilmiştir.

- Yolluk sistemlerinde dizayn aşamasında uygun olmayan yolluk çapları belirlenirse metal akış hızında sorun olur. Düşük metal akış hızı, kalıp boşluğunun dolmasında eksiklikler (kofluk) meydana getirir. Yüksek metal akış hızı ise üründe akış çizgilerine, çiçeksi görünüme ve yüzey bozukluklarına neden olur. Küçük yüzeylerin büyük yolluklarla doldurulması önlenmeli kalıp boşluğunun dolmasına uygun metal akış hızına göre dizayn yapılmalıdır.
- Uygun olmayan yolluk dizaynı kalıpta çekme boşluklarına neden olur. Ayrıca yolluk dizaynının yanlışlığı döküm parçasında katlanma ve tabakalaşma gibi istenmeyen durumların ortaya çıkmasına ve kalitesiz ürünlerin üretilmesine neden olur.
- Yolluk sistemlerinde sıvı metal hızı 55m/s 'yi geçmeyecek şekilde yolluk tasarımları yapılmalıdır. Sıvı metal hızı 55m/s 'yi geçerse yolluk ve kalıp boşluklarında erezyonlar görülür. Kalıp ve yolluk sistemlerinde erezyon, parçaların kalitesiz üretilmesine neden olur.



Şekil 5.10 Uygun olmayan yolluk tasarımı sonucu ürünün tam elde edilememesi

5.3.2) Basınçlı Döküm Kalıplarında Soğutma Sistemlerinin Kaliteye Etkileri

Soğutma sistemleri basınçlı dökümde en önemli unsurlardan biridir. Basınçlı döküm soğutma sistemleri uygun şekilde dizayn edilmez, uygun akış hızları ve soğutma sıvısı sıcaklıkları seçilmezse aşağıdaki sorunlarla karşılaşılır ve bunlar kaliteyi olumsuz yönde etkilerler.

- Kalıp soğutulması sırasında soğutma suyunun akış hızının uygun değerlerde olması gerekir. Akış hızı uygun seçilmezse dökülen parçada soğuk kaynama hataları görülür ve parçanın kalitesi istenilen düzeyde olmaz.
- Kalıp cidarının hızlı soğutulması da basınçlı dökümde kaliteyi etkilemektedir. Düşük kalıp sıcaklığı ya da kalıp cidarının hızlı soğutulması sonucunda dökülen parçada yüzey bozuklukları ve lekelenmeler meydana gelebilir.
- Basınçlı dökümde kalıbın soğuk olması poroziteye de neden olur. Basınçlı döküm kalıpları soğutulurken bölgesel soğutulmalardan kaçınılmalıdır. Bölgesel soğutmalar kalıpta kaliteyi düşürerek çöküntü ve süngerimsi bölgeler gibi yüzey bozuklarına neden olur. Bu hataların oluşmaması için kalıp devri daiminin düzgün ayarlanması gerekir.



Şekil 5.11 Bölgesel soğutma sonucu oluşan porozite ve yüzeysel hatalar

- Basınçlı dökümde kalıp sıcaklığı düşük olursa kalıbın dolmasında eksiklikler (kofluk) meydana gelir.
- Basınçlı döküm kalıp sıcaklığının yüksek olması durumunda ise dökülen parça kalıp ve maçaya yapışır.
- Basınçlı döküm kalıplarında kalıbın ısı dengesi uygun şekilde ayarlanmalıdır. Yanlış ısı dengesi, parçanın ölçüsünde sapmalar meydana getirir ve kalitesiz ürünlerin ortaya çıkmasına neden olur.
- Basınçlı döküm kalıplarının homojen soğutulmaması durumunda özellikle yuvarlatılmış kenarlarda soğuk kaynama hatası meydana gelir ve parçanın kalitesini olumsuz yönde etkiler.

5.3.3. Basınçlı Döküm Kalıplarında Havalandırma Sistemlerinin Kaliteye Etkileri

Basınçlı döküm kalıplarında havalandırma sistemlerinin de kaliteye etkileri büyüktür. Havalandırma sistemleri uygun şekilde dizayn edilmez uygun yerlere yerlere yerleştirilmezse çeşitli sorunlarla karşılaşılır ve kaliteyi olumsuz yönde etkilerler.

Basınçlı döküm kalıplarında havalandırma kanallarının uygun yerlere yerleştirilmemesi üründe poroziteye neden olur. Havalandırma kanallarının çapları yeterli ölçülerde olmalı ve havanın kalıp içerisinde sıkışması önleyecek şekilde uygun yerlere kanallar açılmalıdır.

Yanlış gaz alma ve havalandırma ayrıca üründe leke, çiçeklenme, çöküntü ve süngerimsi bölge gibi yüzey bozukluklarına neden olur. Gaz alma işlemlerinde kullanılan hapların miktarı, kullanım şekli ve zamanı dikkatli ayarlanmalıdır. Basınçlı döküm kalıplarında kullanılan yağlayıcılar dikkatli seçilmelidir. Gaz oluşturmayacak yağlayıcılar tercih edilmelidir.



Şekil 5.12 Yanlış konumlandırma sonucu üründe yaşanan havalandırma sorunu

5.3.4) Basınçlı Döküm Kalıplarında Diğer Parametrelerin Kaliteye Etkileri

Basınçlı döküm kalıplarında itici tasarımları ve konumları da kaliteyi etkileyen parametrelerden birisidir. İticilerin kalıptaki dizaynı uygun olmalıdır. Ürün üzerinde itici izlerinin oluşmamasına dikkat edilmelidir. İtici izlerinin oluşmasına engel olunamıyorsa bile parçanın estetik açıdan önemli yüzeylerinde olmamasına dikkat edilmeli diğer yüzeylere iticiler konumlandırılmalıdır. İticilerin uçları olabildiğince yuvarlatılmalı, sivri olmamasına dikkat edilmelidir. Kalıptaki sıvı metal katılaşmadan açma mekanizmasının ve itici pimlerin harekete geçmesi önlenmelidir. Parçayı kalıptan çıkarırken kuvvet dengeli bir şekilde çıkmasını sağlamalıdır, aksi takdirde parçada yamulmalar, parçalanmalar meydana gelebilir.

Basınçlı dökümde kalıbı uygun şekilde yağlamakta çok önemlidir. Basınçlı döküm kalıbının uygunsuz şekilde yağlanması sonucunda ürünün maçaya veya kalıba yapışması sorunu ortaya

çıkır. Yağlamanın fazla yapılması ise özellikle kalın kesitli döküm parçalarında yüzeye yakın bölgelerde porozitenin oluşmasına neden olur. Kalıp boşlukları tam olarak doldurulamaz çekme boşlukları oluşabilir. Ayrıca yine fazla yağlama sonucu çeşitli yüzey bozuklukları oluşabilir. Üründe akış çizgileri, çiçeksi görünüm, pullanma gibi istenmeyen durumlar meydana gelebilir. Parça yüzeyinde çatlamlar oluşur.

Kalıp yüzeyleri düzgün bir şekilde parlatılmazsa basınçlı dökümle üretilen ürünlerin yüzeylerinde porozite (boşluk) meydana gelir. Yüzeylerde istenmeyen girinti çıkıntı ve çöküntüler meydana gelerek ürünün kalitesini düşürür.

Basınçlı dökümde kalıp temizliklerinin de kaliteye etkileri vardır. Dökümden önce kalıbın gereği gibi temizlenmemesi durumunda döküm parçasında porozite meydana gelir. Kalıp boşluğunun dolmasında eksikliklerle (kofluk) karşılaşılır. Kalıp kirliliği dökümde akış çizgileri, çiçeksi görünüm, pullanma, çöküntü gibi çeşitli yüzey bozukluklarına da neden olabilir.

6. SONUÇLAR

Üretimin her kademesinde istenilen kalitenin temini, ancak belirli bir sistem dahilinde çalışılarak sağlanabilir. Basınçlı dökümde üretimi yapılan ürünün kalitesi ise diğer bölümlerde anlatıldığı gibi bir çok faktörün etkisi altındadır. Bir basınçlı döküm parçasının kalitesi; basınçlı döküm makinasına, sıvı metalin özelliklerine, sıvı metalin kalıba giriş, katılma, çıkarılma yöntemlerine kalıbın dizaynına, kalıbın yüzey kalitesine bağlıdır. Döküm işleminde sıvı metalin kimyasal tepkimelere uğraması, gaz oluşması, katılma ve soğuma sonucu çekinti ve çatlama yapması, bazı elementlerin yapıda istenmeyen bileşikler oluşturması ve yapıda yer alması gibi pek çok etken kaliteli döküm parçası üretiminin güçlüklerini ortaya koymaktadır. Şekil 6.1' de basınçlı dökümde kaliteyi etkileyen faktörler sıralanmıştır.

Basınçlı dökümde kullanılan alaşım ve basınçlı döküm makinası arasındaki uyum tam olmalıdır. Sıcak kamaralı döküm makinalarıyla kurşun, kalay, çinko alaşımları; soğuk kamaralı makinalarla ise alüminyum, magnezyum, bakır alaşımları dökülmelidir. Uygun bir döküm basıncı belirlenmelidir. Uygun operasyon süreleri belirlenerek döküm işlemi gerçekleştirilmelidir.

Basınçlı dökümde kullanılan alaşımın bileşimi standart değerlerde olmalıdır. Sıvı metal gerektiği gibi temizlenmelidir. Poroziteyi gidermek için alaşımda gaz giderme işlemleri yapılmalıdır. Alaşımın sıvı metal sıcaklığı istenen değerler arasında olmalıdır. Döküm sıcaklığı dökümü yapılan metale, parçanın boyutuna, kesit kalınlığına, ağırlığına ve benzeri fonksiyonlarına bağlı olarak uygun bir değerde belirlenmelidir.

Basınçlı dökümde kalıp dizaynı kaliteyi etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Basınçlı döküm kalıplarında tasarım yapılırken keskin köşe ve kenarların olmamasına dikkat edilmelidir. Ani kesit daralmaları ve kalınlık değişimleri de mümkün derecede azaltılmalıdır.

Basınçlı dökümde yolluk sistemleri tasarlanırken mümkünse sadece bir yolluk girişi kullanılmalıdır. Yolluk girişinin kesiti, döküm yolluğu kesitinden büyük olmamalıdır. Kalıp boşluğunun dolması, ancak yolluğun tamamıyla dolmasından sonra başlamalıdır. Dizayn aşamasında uygun yolluk çapları belirlenmelidir aksi bir durumda metal akış hızında sorunlarla karşılaşılır. Kalıp boşluğunun dolmasında ve ürünün yüzey kalitesinde istenmeyen

durumlar meydana gelebilir. Havalandırma kanallarının çapları yeterli ölçülerde olmalı ve havanın kalıp içerisinde sıkışması önleyecek şekilde uygun yerlere kanallar açılmalıdır.

Kalıp soğutulması sırasında soğutma suyunun akış hızının uygun değerlerde olması gerekir. Düşük kalıp sıcaklığı ya da kalıp cidarının hızlı soğutulması sonucunda dökülen parçada yüzey bozuklukları ve lekelenmeler meydana gelebilir. Kalıp sıcaklığının yüksek olması durumunda ise dökülen parça kalıp ve maçaya yapışır.

KAYNAKLAR

ASM International Handbook Committee, (1992), Asm Handbook Volume :15(Casting), 9th Edition, Materials Park OH

ASM International Handbook Committee, (1970), Metals Handbook Volume :5 (Forging and Casting), 8th Edition, Materials Park OH

Ateş, M., (1995), Basınçlı Döküm Yöntemiyle Üretimde OHTEA Tekniği Uygulaması ile Ürün ve Proses Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Berk V., (2004), Yüzey İşlemler Teknolojileri 1, İstanbul

Çavuşoğlu E., (1992), Döküm Teknolojisi, İTÜ, İstanbul

Çiğdemoğlu M., (1972), Basınçlı Döküm, Makine Mühendisleri Odası, Ankara

Halıcı F. ve Gündüz M., (2001), Örneklerle Isı Geçişi, Burak Ofset, Sakarya

Hu H., Chen F., Chen X., Chu Y. ve Cheng P., (2004), “Effect of Cooling Water Flow Rates on Local Temperatures and Heat Transfer of Casting Dies”, Journals of Materials Processing Technology,148:57-67

Karataş Ç. ve Kahraman E., (2003), “Basınçlı Metal Döküm Makine Ve Kalıpları”, Kalıp Dünyası Dergisi,19:114-120

Okutan G., (1994), Basınçlı Döküm Yolu İle Üretim Yapan Orta Ölçekli Bir İşletmede Kalite Güvence Sistemini Oluşturma ve Kalite Tekniklerinin Uygulanma Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Pulutkan B., (1997), Basınçlı Döküm Yöntemiyle Üretimde OHTEA ve HAA Teknikleri Uygulaması ile Ürün ve Proses Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Syrcos G.P., (2003), “Die Casting Process Optimization Using Taguchi Methods”, Journals of Materials Processing Technology, 135:68-74

Ürgen Ş., (2002), Basınçlı Döküm Kalıplarında Sert Seramik Kaplama Uygulaması ile Performans Artışının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Uludağ İ., (2000), Basınçlı Döküm Kalıplarında Yolluk Dizaynı ve Havalandırmaya Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Yalım Ü., (1988), Dökümde Yolluk Dizaynı, Yolluk Dizaynına Etki Eden Faktörler ve Etki Yönlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Yaylalı G., (1981), Döküm Sanayiinde Kalite Kontrol, SEGEM, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	14.07.1981	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1995-1999	Halide Edip Adivar Yabancı Ağırlıklı Lise
Lisans	1999-2003	İstanbul Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2004-2007	Yıldız Teknik Üniversitesi İmal Usulleri Programı

Çalıştığı Kurumlar

2004-2006	Denge Isı Mühendislik Ltd. Şti.
2006-Devam Ediyor	Ağaoğlu Şirketler Grubu Akdeniz İnşaat