

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BASINÇLI DÖKÜM KALIPLARINDA YOLLUK
DİZAYNI ve HAVALANDIRMAYA ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

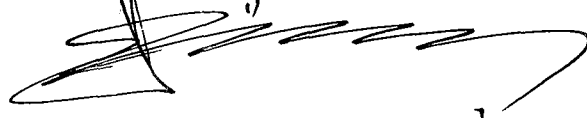
Makina Müh. İlker ULUDAĞ

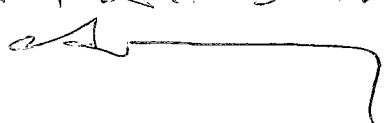
**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ


93739

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hüseyin SÖNMEZ



Prof. Dr. A. U. Avcı


İSTANBUL, 2000

Prof. Dr. Mustafa GİRDEMİR


İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ŞEKİL LİSTESİ | iv |
| ÇİZELGE LİSTESİ | vi |
| ÖZET | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. BASINÇLI DÖKÜMÜN TANIMI | 2 |
| 2.1. Basınçlı Döküm Preslerinin Çalışma Prensipleri | 2 |
| 2.2. Basınçlı Döküm Kalıpları | 6 |
| 3. BASINÇLI DÖKÜM KALIPLARININ YOLLUK SİSTEMLERİNİN TASARIMI..... | 8 |
| 3.1. Döküm İşleminin Aşamaları | 9 |
| 4. AKIŞ TEORİSİ | 11 |
| 4.1. İhtimaller ve Değerlendirilmeleri | 11 |
| 4.1.1. Kalıbın doldurulması | 15 |
| 4.2. Köster ve Göhring'in Deneyleri | 15 |
| 4.3. Akış Hızının ve Basıncının Belirlenmesi | 21 |
| 4.3.1. Giriş akışının hızlı olmasının avantajları ve dezavantajları | 23 |
| 4.3.1.1. Avantaj olarak sayabileceğimiz özellikler | 23 |
| 4.3.1.2. Dezavantaj olarak sayabileceğimiz özellikler | 23 |
| 4.4. Kalıba Giriş ve Sonrasındaki Metalin Basınç Durumu | 25 |
| 4.4.1. İnce cidarlı yayvan döküm parçaları | 25 |
| 4.4.2. Kalın cidarlı karmaşık geometrili döküm parçaları | 26 |
| 4.4.3. Kalın cidarlı kaba döküm parçaları | 26 |
| 4.4.4. Çok kalın cidarlı döküm parçaları | 27 |
| 5. KALIP BOŞLUĞUNUN DOLDURULMA AŞAMALARI | 29 |
| 5.1. Sıcak Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Kalıp Boşluğunun Doldurulma Aşamaları | 29 |
| 5.2. Yatay Soğuk Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Kalıp Boşluğunun Doldurulma Aşamaları | 30 |
| 5.3. Dikey Soğuk Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Kalıp Boşluğunun Doldurulma Aşamaları | 33 |
| 5.4. Mukavemet Özelliklerinin Etkilenmesi | 35 |

| | | |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6. | YOLLUK BOYUTLARININ BELİRLENMESİ | 36 |
| 6.1. | Sıcak Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Nomogram Yardımı ile Yolluk Girişi Tespitleri | 39 |
| 6.1.1. | S. Smith nomogramı | 39 |
| 6.1.2. | DCRF ve SDCE nomogramları | 39 |
| 6.1.2.1 | DCRF nomogramı | 41 |
| 6.1.2.2 | SDCE nomogramı | 45 |
| 6.2. | Soğuk Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Nomogram Yardımı ile Yolluk Girişi Tespitleri | 46 |
| 6.2.1. | Foster C. Benett nomogramı | 46 |
| 6.2.2. | Skoda üretim tesislerinde oluşturulan eğriler | 48 |
| 6.3. | Frommer'in Teorik Hesapları | 49 |
| 7. | YOLLUK SİSTEMİ TASARIMI | 52 |
| 7.1. | Döküm Memeleri ve Yollukları | 52 |
| 7.1.1. | Dağıtıcılar | 54 |
| 7.1.2. | Yolluk | 56 |
| 7.1.3. | Yolluk girişi | 58 |
| 7.2. | Yolluklar İçin Genel Konstrüksiyon Kuralları | 60 |
| 7.3. | Örnek yolluk şekilleri | 61 |
| 8. | KALIPLARIN HAVALANDIRILMASI | 71 |
| 9. | DENEYSEL UYGULAMALAR..... | 75 |
| 9.1. | Deney Kalıbı Tasarlanması..... | 75 |
| 9.2. | Deney Kalıbının Yapısı..... | 75 |
| 9.2.1. | Kalıp elemanları..... | 78 |
| 9.3.. | Deney Kalbının Çalışması..... | 78 |
| 9.4. | Deneye Hazırlık | 79 |
| 9.5. | Deney Şartları | 79 |
| 9.6. | Deneyin Yapılması | 80 |
| 9.7. | Deneyin Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... | 80 |
| 10. | SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 83 |
| | KAYNAKLAR | 84 |
| | ÖZGEÇMİŞ | 85 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | Sayfa |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Şekil 2.1 | Sıcak kamara basınçlı döküm makinası..... 4 |
| Şekil 2.2 | Soğuk kamara basınçlı döküm makinası..... 5 |
| Şekil 2.3 | Soğuk kamara basınçlı döküm kalıbı..... 6 |
| Şekil 4.1 | Kalıbın yüksek içeri akış hızı ve küçük yolluk girişi kesiti ile dolumu 12 |
| Şekil 4.2 | Kalıp boşluğundaki akıntı ve basınç dağılımı 14 |
| Şekil 4.3 | Sıvı metal ışınının hızıyla döküm basıncı arasındaki bağıntı..... 16 |
| Şekil 4.4 | Dikdörtgen bir kalıbın dolumu 18 |
| Şekil 4.5 | Yuvarlatılmış ve köşeli “U” şekli kalıplarla yapılan denemeler..... 19 |
| Şekil 4.6 | Çekme deneyi numunesinin doldurulması..... 20 |
| Şekil 4.7 | Acurad işleminin basamakları..... 27 |
| Şekil 4.8 | Teorik basınç değerleri..... 28 |
| Şekil 5.1 | Zamana bağımlı piston hareketi..... 29 |
| Şekil 5.2 | Dolum süreci boyunca oluşan basınç değişimleri..... 30 |
| Şekil 5.3 | Alüminyum ile yapılan basınçlı dökümde zaman – basınç ve zaman -piston kolunun yüksekliği değerleri..... 32 |
| Şekil 5.4 | Dikey soğuk kamara makinesinde U şeklinde kalıp boşluğu olan bir deneme kalıbında zaman basınç değişimi..... 33 |
| Şekil 5.5 | Dikey soğuk kamara makinesinde pres piston hızının ve basıncının karakteristik eğrileri..... 34 |
| Şekil 5.6 | Çinko alaşımı Zn Al 4’ün mekanik özelliklerinin presleme basıncı ile değişimi..... 35 |
| Şekil 5.7 | Presleme basıncına bağlı çekme mukavemeti..... 35 |
| Şekil 5.8 | İçeri akış hızına bağlı özgül ağırlık. 36 |
| Şekil 6.1 | S. Smith’in hazırladığı nomogram..... 40 |
| Şekil 6.2 | Optimum dolum süresinin bulunması için kullanılan DCRF nomogramı..... 42 |
| Şekil 6.3 | Yolluk girişi alanının ve piston hızının hesaplanmasında kullanılan DCRF nomogramı..... 43 |
| Şekil 6.4 | Farklı malzemeler için et kalınlığına bağlı kalıp dolum süreleri..... 46 |
| Şekil 6.5 | Foster C. Benett nomogramı..... 47 |
| Şekil 6.6 | Skoda üretim tesislerinde yapılan çalışmalar sonucunda dolum süresi ve cidar kalınlığı arasındaki bağıntıyı gösteren diyagram..... 48 |
| Şekil 7.1 | Farklı yolluk türlerini ve ait oldukları makineler..... 53 |
| Şekil 7.2 | Dağıtıcı şekillerine örnekler..... 54 |
| Şekil 7.3 | Dağıtıcı tipleri 55 |
| Şekil 7.4 | Yolluk kanalı tipleri A elverişli, B elverişsiz..... 56 |
| Şekil 7.5 | Çeşitli yolluk kanalı tipleri 57 |
| Şekil 7.6 | Geniş yüzeyli, ince cidarlı döküm parçalarının yolluk girişleri..... 59 |
| Şekil 7.7 | Yolluk girişi kesiti. 60 |
| Şekil 7.8 | Silindirik ve boru şekilli döküm parçaları için yolluk girişleri..... 61 |
| Şekil 7.9 | Çeşitli yolluk konumları..... 62 |
| Şekil 7.10 | Yatay soğuk kamara makinelerinin iğne yolluk girişi için döküm artığını ayırma tertibatlı özel düzenek..... 63 |
| Şekil 7.11 | İğne yolluklu, düşürücü pistonlu yolluk sistemi..... 64 |
| Şekil 7.12 | Merkezi yolluk girişli kalıp..... 64 |

| | | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 7.13 | Halka ya da çerçeve şeklindeki döküm parçası için yolluk girişi örnekleri... | 65 |
| Şekil 7.14 | Sıcak kamara ve dikey soğuk kamara enjeksiyon makineleri için yolluk örnekleri. | 66 |
| Şekil 7.15 | Kap şeklinde bir parça için merkezi yolluk girişi ve yatay soğuk kamara enjeksiyon makineleri için standart yolluk girişi..... | 67 |
| Şekil 7.16 | Yatay soğuk kamara enjeksiyon makinası için ortası boş dişli çark kalıbında merkezi yolluk girişi..... | 67 |
| Şekil 7.17 | Halka şeklinde merkezi yolluk girişi. | 68 |
| Şekil 7.18 | Çoklu kalıplar için yolluk dizaynı. | 69 |
| Şekil 7.19 | İnce cidarlı parçalarda yolluk sistemi..... | 70 |
| Şekil 8.1 | Kalıp ayırım yüzeyinde yönleri değişen hava boşaltım kanalları..... | 72 |
| Şekil 8.2 | Vakum kanalının bağlantısı..... | 73 |
| Şekil 8.3 | Hava cebi ve hava boşaltım kanalı dizaynı. | 74 |
| Şekil 9.1 | Deney kalıbı..... | 76 |
| Şekil 9.2 | Deney kalıbı kesit görünüşü..... | 77 |
| Şekil 9.3 | (G/Y) Ağırlık / yüzey oranları..... | 81 |
| Şekil 9.4 | (G) Ağırlık oranları..... | 81 |



ÇİZELGE LİSTESİ

| | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 4.1 En çok kullanılan basınçlı döküm parçaları için ($2g/\gamma$) değerleri..... | 22 |
| Çizelge 6.1 Alüminyum alaşımlarının et kalınlığına bağlı olarak katı faza geçme süreleri.. | 38 |
| Çizelge 6.2 Sıvı metalin yolluk girişindeki ideal hız aralığı..... | 38 |
| Çizelge 6.3 SDCE tarafından önerilen metalin yolluk girişindeki hızları..... | 45 |
| Çizelge 6.4 Piston hızların göre k_1 değerleri..... | 50 |
| Çizelge 7.1 Yolluk kanalları için tavsiye edilen oranlar..... | 56 |
| Çizelge 8.1 Hava boşaltım kanallarının derinliği..... | 73 |
| Çizelge 9.1 Deney sonuçları..... | 81 |



ÖZET

Demir dışı metallere, basınçlı döküm yöntemi ile üretilen parçalarda mukavemet, ömür, yüzey kalitesi, imal süresi ve fire oranlarıyla direkt bağlantılı olan kalıpların yolluk sistemleri incelenmiştir.

Ergiyik metalin kalıba giriş anından, katı faza geçişine kadar ki sürecin teorik ve pratik incelenmesi sonucu elde edilen bilgiler kullanılarak çıkarılan formüller ve nomograflar karşılaştırılmıştır. Formüller ve nomograflar kullanılarak yolluk hesaplama yöntemleri açıklanmıştır.

Yolluk tasarımında kullanılmak üzere basit eğriler elde etmek için deney kalıbı yapılmış. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Basınçlı döküm, akış teorisi, yolluk, havalandırma, nomogram, deney kalıbı.



ABSTRACT

The strength, life expectancy, surface quality, production rate and casting ratio impress die casting non ferrous materials are direct related to gating system.

Data obtained over the period which spout from the beginning of mould filling to the compilation of solidification were used to establish mathematical equations and compression made between this and nomograms. The method of gating design and calculation by use of nomograms have been explained.

A special mold core construct to deliver the data which can be used gate design. Result of experiments studies were used and analyzed.

Keywords: Pressure die casting, liquid dynamics, gating, venting, nomogram, dies.



1. GİRİŞ

İmalat sektöründe maliyetleri düşürmek, standardizasyonu sağlamak üretim hızı ve miktarını arttırmak için yapılan çalışmalara paralel olarak, metal enjeksiyon sistemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem genel amaçlı mukavemetten çok, işlevin önemli olduğu, başka bir imal yöntemi ile imal edilemeyen veya imal edilmesi durumunda maliyetleri yüksek olan çinko, alüminyum, magnezyum, kurşun ve bakır alaşımlarından aynı boyutsal hassaslıkta çok sayıda parçanın seri imalini sağlamıştır.

Üretimde miktar ve kalitenin artışı ile birlikte tasarlanan parçaların şekilleri karmaşıklaşıp işlevleri önem kazanmıştır. Bu andan itibaren yolluk tasarımının parçanın mukavemet, yüzey kalitesi, ömür ve imal süresine etkileri araştırılmaya başlamış, bulunan veriler firmaların üretim sırrı olarak uzun süre açıklanmamıştır.

Bugün bu konuda ilk teorik çalışmaları başlatıp modeller kuran Frommer'in (1932) teorik çalışmalarının üzerinden 70 yıla yakın bir süre geçmiş olmasına rağmen üzerinde anlaşılan her tip parçada uygun yolluk tasarım yöntemi bulunmamaktadır.

Geçerliliği kabul edilen formüller ve nomogramlar genellikle deneylerin yapıldığı kalıp ve döküm makinalarının özelliklerine bağlı kaldığı için genelleme yapamamakta, hesaplamalarda % 50 ye varan sapmalar olmaktadır.

Bugüne kadar her tip basınçlı döküm makinasına uygun eğriler ve formüller çıkarılamamıştır. Standart tipte, kontrollü deney yapılabilen kalıplar kullanılarak her basınçlı döküm makinası için kendine özgü eğriler elde edilebileceği düşünülerek kalıplar tasarlanmıştır.

Elde edilen verilerin incelenmesi sonucunda bulunan değerlerle deney yapılan makinaya ait hesaplama eğrileri oluşturulmuştur.

2. BASINÇLI DÖKÜMÜN TANIMI

Basınçlı döküm; metal enjeksiyon presinde gövde dahilinde ya da harici bulunan pik dökme demir ya da grafit alaşımlı potalarda ergitilmiş metalin sıcak kamara tipi preslerde hidrolik ya da pnömatik sistemli otomatik enjeksiyonu, soğuk kamara tipi preslerde insan gücü ya da otomatik besleme robotları ile hidrolik sistem kullanılarak metal kalıba basınç altında sokulup katı faza geçirilmesidir.

Metal enjeksiyon ile imalat yapılabilen temel alaşımlar; alüminyum, çinko, magnezyum, pirinç ve diğer bakır alaşımları ile kurşun alaşımlarıdır. Kullanılan kalıp ve enjeksiyon sistemin çelik olması nedeni ile bu yöntem ile en fazla 980 °C ye kadar ergitilmiş metal alaşımları dökülebilmektedir.

Elde edilen yapı ince tanelidir ve döküm parçalarının çekme dayanımı ve özgül ağırlığı yüksek, ölçü tamlığı ve yüzey kalitesi daha iyidir. Çok fazla parça sayılarında, basınçlı döküm oldukça ekonomiktir. Maliyetler, parça adedinin yüksek olmasından dolayı düşmekte ve rekabet edebilme şansını arttırmaktadır. Döküm sonrası az işlem gerektirmesiyle, yüksek verimli çalışma sağlar. İnce cidarlı parçaların imal edilebilmesi de mümkündür. Hızlı katılaşmadan dolayı, sertlik yüksektir. Enjeksiyon esnasında metal hava ile temasta olduğundan, parçalar oksit ve hava artığı içerebilir, sıkışmış hava kabarcıkları ısıtma esnasında genleşeceğinden, pres döküm parçalara ısıl işlem uygulanmasını güçleştirir.

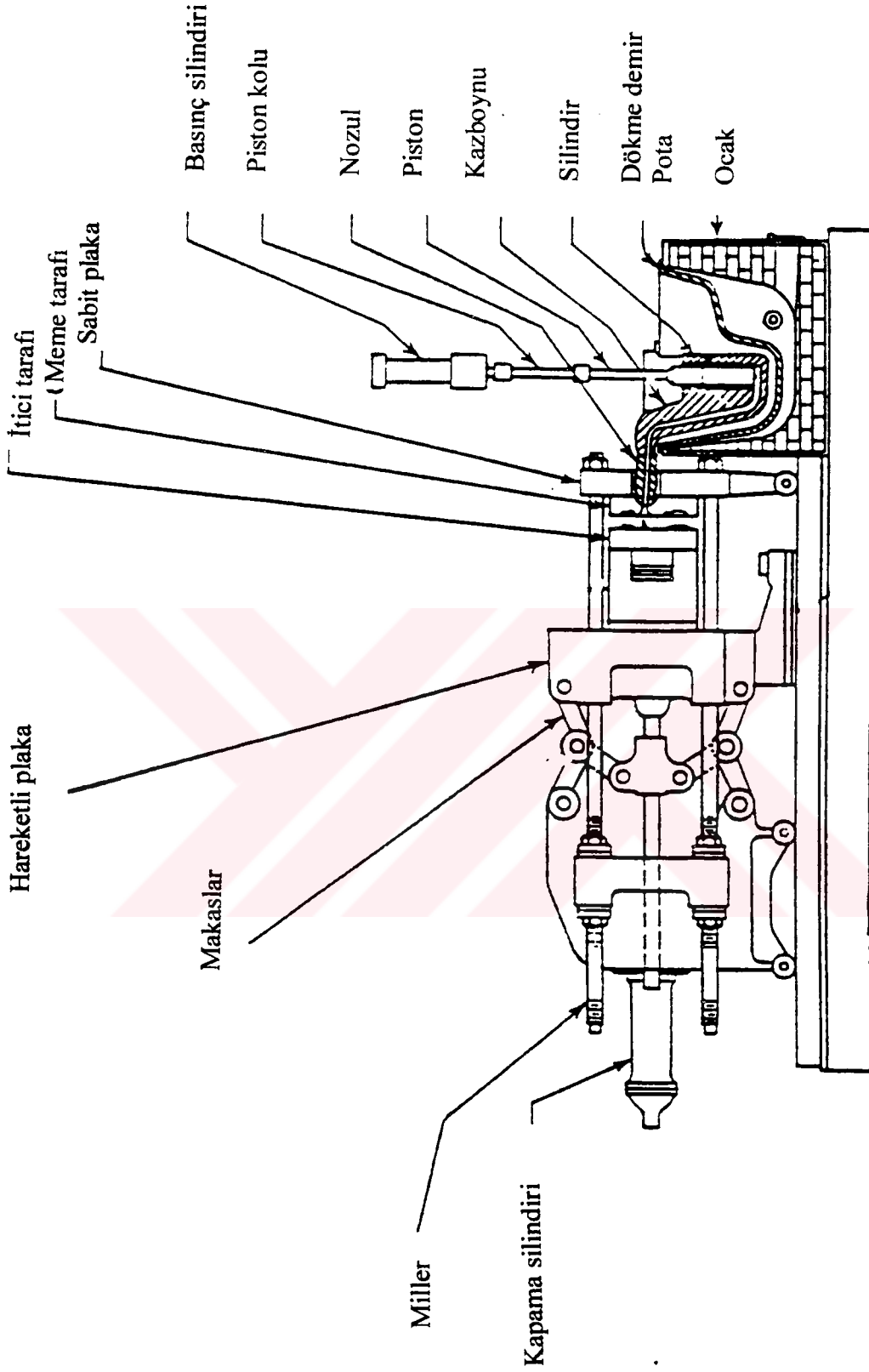
Basınçlı döküm için, temelde iki tip pres kullanılır. Soğuk kamara tipi basınçlı döküm presleri ergime sıcaklığı yüksek malzemelerde ve yüzey ve ağırlığı fazla olan parçaların imalinde kullanılır. Ergiyik metali enjekte eden kısım pota dışındadır. Metal kepçe ile potadan alınıp sarj edilir. Özellikle alüminyum ve bakır alaşımları için kullanılır. Sıcak kamara tipi basınçlı döküm presleri genellikle çinko alaşımları, kısmen düşük yüzdeli bakır alaşımları, kurşun alaşımları için uygundur.

2.1. Basınçlı Döküm Preslerinin Çalışma Prensipleri

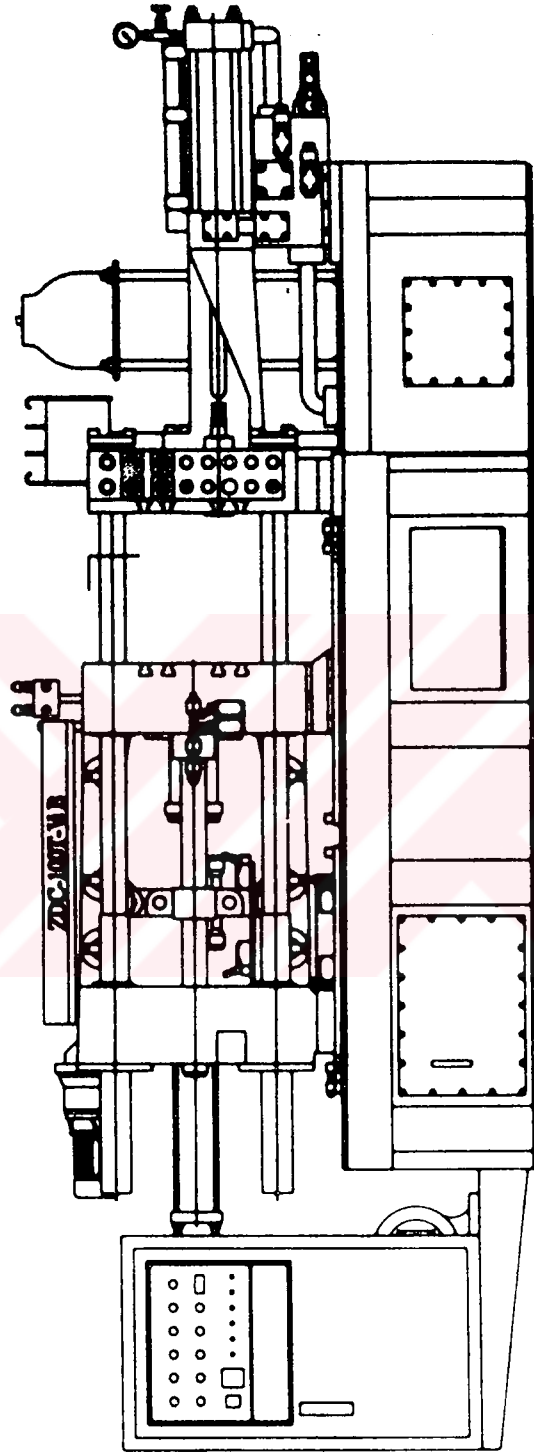
Basınçlı döküm preslerinde, güç elektrik motorunun tahrik ettiği hidrolik yağ basan pompa tarafından sağlanır. Pompadan çıkan yağ, çalışma esnasında sistemdeki basınç farklarının yüksek olmasını engellemek amacı ile içinde azot dolu yastık bulunan akümülatöre gider. Akümülatörde bulunan basınç ayarlama mekanizması basıncın düşüp artmasına göre motoru

devreye sokar yada devreden çıkartır. Akümülatörden çıkan yağ, yön denetim valflerinin bulunduğu merkeze gelir, buradan yağ makas kilitleme sistemi silindirine, gurup ileri – geri silindirlerine, itici ileri – geri silindirlerine, enjeksiyon silindirlerine gönderilmek üzere yönlendirilir. Dönüşte yağ filtreler ve soğutucu serpantinler içinden geçerek depoya döner.

Sıcak kamara tipi basınçlı döküm makinalarında (Şekil 2.1) metal presin arka tarafında bulunan pik döküm potalar içinde elektrik rezistansları veya gaz, sıvı yakıt brülörleri kullanılarak ertilir. Kaz boynu ertmiş metalin pota içinden metal kalıp içine basınçlı olarak sokulmasının sağlar. Kaz boynunun bir kısmı ertmiş metal içindedir. Kaz boynunu üzerinde ertmiş metalin içine akacağı bir silindir bulunmaktadır. Silindirin üst tarafında sekmanlı bir piston vasıtası ile ertmiş metal sıkıştırılarak açık olan yoldan metal kalıba gönderilir. Soğuk kamara tipi döküm makinalarında (Şekil 2.2) basınç odasına ertmiş metal operatör veya robot tarafından sokulur. Yolluk sistemi sıcak kamaradan farklı olan soğuk kamara kalıbına metal, pistonun metali önünde sürükleyip sıkıştırması sonucu girer. Kalıbın ertmiş metalin gireceği tarafı potaya yakın olan sabit plakaya, itici tertibatı bulunan kısmı presin hareketli plaka tarafına bağlanır. Sıcak kamarada her çevrimden sonra ertmiş metali kalıba basınçlı sokan hidrolik silindir kaz boynu içinde çalışan pistonu yukarı çeker. Kaz boynunun pota içinde kalan kısmında silindir cidarında, pistonun üst noktada bulunduğu konumdan 5 cm kadar altta kaz boynu büyüklüğüne bağlı değişen metal giriş deliği bulunur. Piston üst noktada iken delikten silindir içine ertmiş metal dolar. Piston hareketi ile metal sıkışır kalıp boşluğuna doğru ilerler. Kalıp içindeki katılaşmanın olması ile piston yukarı konuma alınır. Kaz boynunun içinde kalan metalin ertiyik kısmı silindire geri akar. Bu duruma yardımcı olmak için presler arkaya doğru 5 ° yatık imal edilirler. Soğuk kamarada metalin tamamı katı faza geçtiğinde piston metalin giriş deliğinde kalan metali kalıptan dışarıya atar. Dokum sonunda kalıbın açılmasını sağlayan hareketli plakayı makaslar geriye geri konuma alırlar. Bu esnada basılan parça kalıbın itici tarafında kalır. İtici devreye girerek kalıp yüzeyinden parçanın ayrılıp düşmesini sağlarlar.



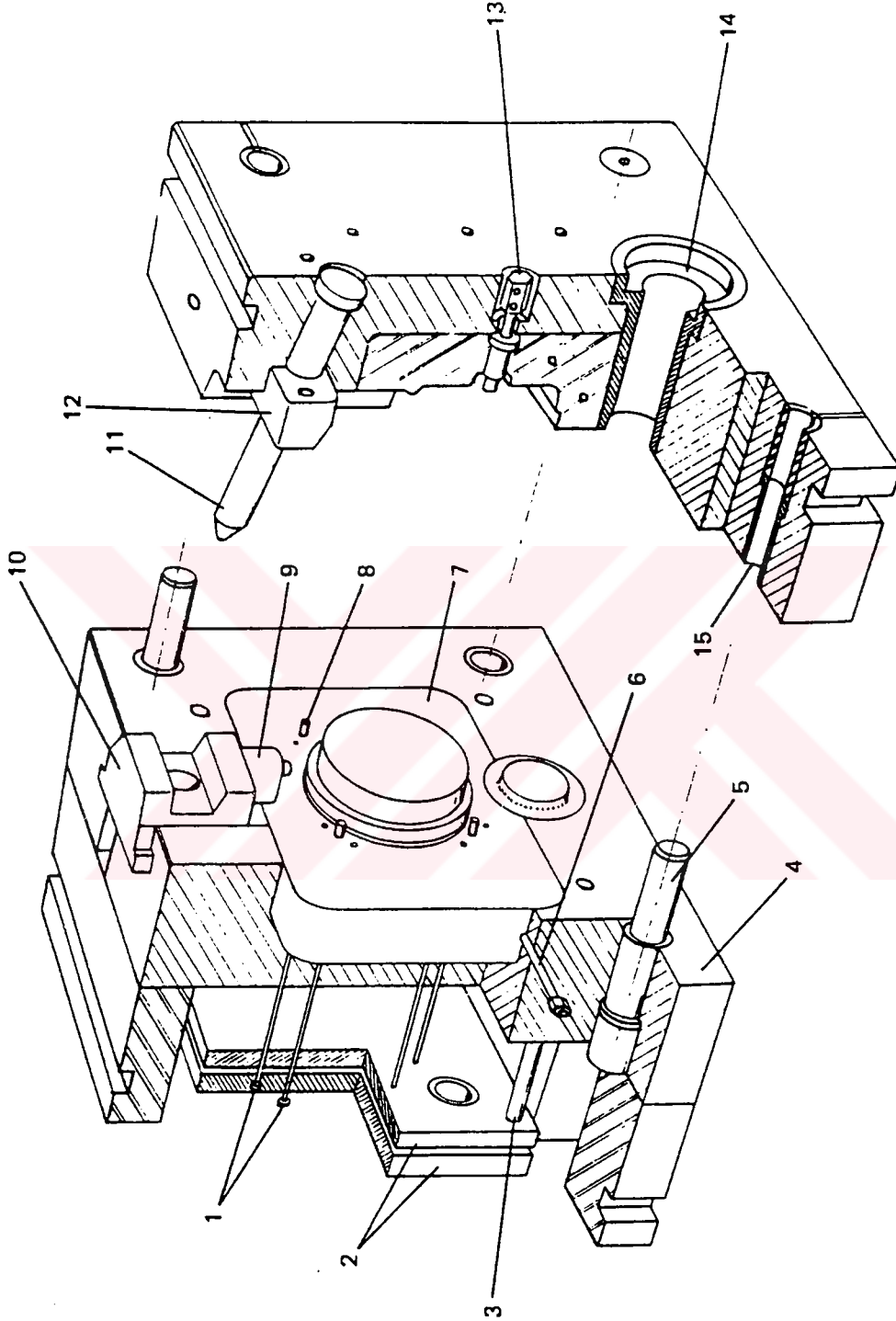
Şekil 2.1 Sıcak kamara basınçlı döküm makinası



Şekil 2.2 Soğuk kamara basınçlı döküm makinası

2.2. Basınçlı Döküm Kalıpları

Basınçlı döküm kalıpları (Şekil 2.3), imal edilecek parçanın ağırlığı, yüzeyi, talep miktarı, yapısı, dayanım ve sızdırmazlık isteği gibi birçok değişkene bağlı olarak dizayn edilirler.



Şekil 2.3 Soğuk kamara basınçlı döküm kalıbı

1 İtici pim, 2 İtici plakası, 3 Geri itici pimleri, 4 Kalıp seti, 5 Merkezleme pimleri, 6 Soğutma kanalı, 7 Çekirdek, 8 Sabit maça, 9 Hareketli maça, 10 Maça yatağı, 11 Maça sürücüsü, 12 Maça kilidi, 13 Maça soğutma kanalı, 14 Metal girişi (Yolluk), 15 Burç.

Kalıp işletme sıcaklığı 160 °C ile 450 °C arasındadır. Optimum kalıp ömrü için 2344 gibi sıcak iş çelikleri çekirdekler ile 1020 –1050 imalat çeliklerinden kalıp setleri kullanılır. Kalıp sertliği enjeksiyon sıcaklığına bağlı olarak 34 –38 HRC olması tavsiye edilir. Basınçlı döküm kalıpları ile ilgili örnekler ve açıklamalar 5.bölümde verilmiştir.



3. BASINÇLI DÖKÜM KALIPLARININ YOLLUK SİSTEMLERİNİN TASARIMI

Basınçlı Döküm Kalıplarının yolluk sistemlerinin tasarımı, pratik çalışma tecrübelerine veya matematik formüllerinin ya da şemalarının kullanımına dayanmaktadır. Buna ek olarak, yolluk sistemini kalıba işleyecek olan kişinin, kalıba giren ve dolduran ergiyik metalin akışını kafasında canlandırma yeteneğine de sahip olması gerekmektedir. Basınçlı Döküm kalıbının yolluk sistemi tasarlandığında, yaklaşık olarak aşağıda verilen sıralamanın takip edilerek kalıp tasarımı ile ilgili kararların alınması ve hesaplamaların yapılması gerekmektedir:

1. Metalin yolluktan geçerek kalıp boşluğuna gireceği konumun seçilmesi.
2. Metalin döküm boşluğuna girmesi için gereken en iyi yönün belirlenmesi.
3. Metalin maksimum akış hızının belirlenmesi.

Bu genellikle yaklaşık olarak 30 m/s kadardır. Ancak yapılacak işin niteliğine bağlı olarak bunun üstünde ya da altında olabilir

4. Ergiyik metal sıcaklığının ve kalıbın çalışma sıcaklığının belirlenmesi.

İkisinin arasındaki fark kalıbın doldurulmasını düzenlemeye yardımcı olan önemli bir faktördür.

5. Yolluk giriş kesit alanının hesaplanması ve biçiminin belirlenmesi
6. Yolluk biçiminin seçilmesi ve kanal alanının hesaplanması.
7. Hava cepleri ve besleme havuzlarının konumlarının ve büyüklüklerinin belirlenmesi

Üretimin başarısının da büyük ölçüde bağlı olduğu bu seçimlerden birincisi, deneyim ilgili bir konudur. Eğer yolluk konumu yanlış seçilmişse, kanal alanının bilimsel hesaplamasına ilişkin hiçbir çalışma hatalı konumun handikabını ortadan kaldırmayacaktır. Metalin kalıbı doldurduğu akış modeli gözde canlandırılmalı ve iki enjekte edilmiş metal akıntısının çarpışma olasılığından kaçınılmalıdır.

Yolluk sistemlerinin verimli tasarımında matematiğin uygulanabilmesi amacıyla Amerika, Avrupa ve Doğuda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Birçok basınçlı döküm yapan firma yolluk kesiti tipi ve boyutlarının hesaplanabildiği bir düzeye erişmiştir. Amerika'da bazı firmada yolluk tasarımı yapabilen bilgisayar simülasyonları kullanılmaktadır , ancak bilgisayar programları henüz ideal yolluk ve parça konumunu belirleyecek seviyede değildir. Birçok bilgisayar programcısı sonlu elemanlar yöntemi ile plastik enjeksiyon ve saç kesme,

sıvama kalıplarında başarılı sonuçlar almıştır. Bu programların fiyatları orta ölçekli üretici firmaların alım gücünü aşmaktadır.

Sistemin doğruluğunun ya da diğer konuların test edilmesi için tüm mevcut formüllerin ve nomogramların kullanımında dünya çapında bir bilgi paylaşımının gerçekleşmesi istenen bir durumdur. İngiltere’de bulunan BNF* Metaller Teknoloji Merkezi aynı döküm parçası için birbirinden oldukça farklı kanal alanları kullandığını gösteren bu tür bir karşılaştırmalar üzerinde çalışmalar yapmıştır. Kuzey Amerika’da bulunan “Basınçlı döküm Araştırma Vakfı” basınçlı dökümde yolluk kesiti tespiti parça biçimiyle ilişkisi konusunda bir araştırmalar yapmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bilgileri bilgisayar simülasyonları yapan firmalara kaynak olarak verdiği sanılmaktadır.

Yolluk sistemlerinin biçimi ve konumu konusunda uluslararası bağlamda gerçekleşecek bir bilgi paylaşımı kalıp döküm endüstrisinin pek çok hedefinden birini ilk denemede başarılı olmak amacını başarısında büyük yarar sağlayacaktır. Yeni kalıpların test edilmesi ve değiştirilmesi için harcanan zaman ve para hemen hemen tüm kalıp döküm şirketlerine büyük bir finansal külfet yüklemektedir. Sıklıkla yapılan kalıp testleri genellikle eksiksiz şekilde kayda geçirilmemiştir ve kayıpların miktarı kesin olarak bilinmemektedir.

3.1. Döküm İşleminin Aşamaları

Basınçlı döküm kalıplarında yolluk konstrüksiyonuna yönelmeden önce, döküm işleminin aşamalarını incelemeliyiz;

1. Ergiyik metal sıcak kamara enjeksiyon preslerinde hidrostatik basınç, soğuk kamara enjeksiyon preslerinde operatör ya da besleme ünitesi sayesinde basınç odasına dolar.
2. Hidrolik veya pnömatik tahrik alan piston ergimiş metali yolluk sistemine doğru hızla hareket ettirir.
3. Ergimiş metali hidrodinamik basınç altında kalıp boşluğunu doldurur. Sürtünme nedeniyle basıncın bir kısmı sıcaklığa dönüşür.
4. Ergimiş metal hidrostatik basınç etkisi altında katı faza geçer.
5. Kalıp açılıp döküm parçası çıkana kadar ısı transferi devam eder.

* İngiltere demir dışı metaller teknoloji merkezi

Basınçlı döküm işlemlerine hakim olmanın ön koşulu, ergimiş metalin kalıba girme ve kalıp boşluğunu dolması aşamalarının bilinmesidir. Bu aşamaları kesin açıklayabilen çalışmalar bulunmamaktadır. Bugün ergimiş metalin hareketi ve faz durumu üzerine varolan teorik incelemeler, karmaşık döküm biçimlerini sadece sınırlı olarak açıklayabilmektedir. Basit şekilli parçaların kalıplarının doldurulma aşamalarının deney düzenekleri yardımı ile kinematografik olarak saptanması mümkün olmaktadır. Karmaşık şekilli parçaların, temel basit parçalardan oluşmuş olduğu kabul edilerek, pratik uygulamalar ve deneylerden elde edilen bilgilerin ışığında, ergimiş metalin kalıp içindeki hareketinin gerçeğe yakın çözümlenmesi sağlanabilir. Teorik fizik ve matematik kuramları ile analiz edilmesi gereken bu aşamalar, mutlaka deney ve imalathane tecrübesiyle tamamlanmalıdır.

Çok özel konstrüksiyonlar gerektirmeyen parçalar için geçerli sayılabilecek yolluk tasarımı ile ilgili temel büyüklükler (yolluk kesiti ve giriş yeri gibi) takip eden konularda pratik ve teorik sonuçların incelenmesi sonucunda çıkan sayısal değerler tablolarda verilecektir.

Ergimiş metalin kalıp boşluğundan içeri akışı ve dolun aşamalarıyla ilgili ilk teorik çalışmalar yapıp bir bütün oluşturan Frommer'dir. Basınçlı dökümün mühendislik bakış açısından anlaşılmasında uzun süre onun çalışmalarının sonuçları kullanılmıştır. Teorik buluşları kitabında mevcuttur*. Frommer ergimiş metal akışların özelliklerini hidrodinamiğe bağdaştırarak çözümler üretmeye çalışmıştır.

* (L. Frommer / Lieby Basınçlı Döküm Tekniği)

4. AKIŞ TEORİSİ

Frommer, yolluk girişinden sürtünmesiz içeri akışı inceleyerek sürtünme ve iç hareket kayıplarından etkilenen gerçek akışa ulaşmayı amaçlamıştır. Frommer'in incelemelerinde basit prizmatik şekilli kalıplar kullanılarak akışlar incelenmiştir.

Frommer, yolluk girişinin kesitine bağlı olarak değişen kalıp boşluğu dolumunu;

$$f/F > 1/4 \text{ ya da } f/F < 1/4 \quad (4.1)$$

şeklinde ikiye ayırarak incelemiştir.

f Yolluk girişinin kesiti (metal sütununun kesiti)

F Kalıp boşluğunun kesiti

4.1. İhtimaller ve Değerlendirilmeleri

$$f/F > 1/4; \quad (4.2)$$

Metal sütunu, kalıp boş hacmine çok hızlı giriş yapar, karşı duvarda dağılır. Buradan itibaren kalıbı doldurmaya başlar. Kalıp boşluğunun bir bölümü, sıvı metalin duvara çarpma periyoduyla aynı anda, metal sütununun ani birikimi sonucu dolar. Eş zamanlı yüksek giriş hızıyla dolum düzensiz ve çok şiddetli girdaplar eşliğinde gerçekleşir. Düzenli ve girdapsız bir kalıp boşluğu dolumu ancak çok düşük hızlı giriş akışı ile gerçekleşir.

$$f/F > 1/3; \quad (4.3)$$

Giriş hızının çok fazla olması nedeni ile kalıp boşluğunda metal sütunu dağılır.

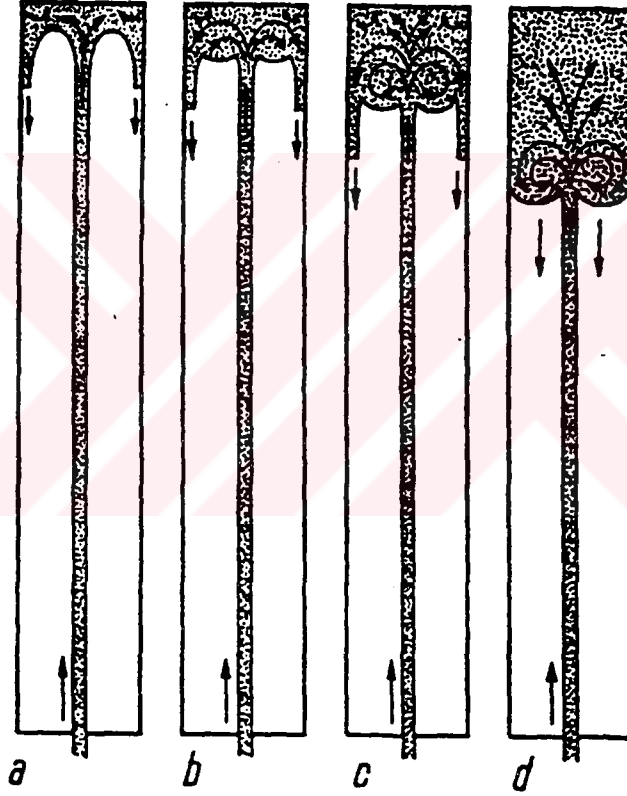
$$1/4 < f/F < 1/3; \quad (4.4)$$

Metalin akış eylemi durgunlaşır kalıp boşluğunun doldurulması $f/F < 1/4$ deki duruma benzer şekilde gerçekleşir.

$$r/F < 1/4 ;$$

(4.5)

Bu durumda kalıp boşluğunun doldurulması metal sütununun karşıdaki kalıp cidarına çarpmasından doğan, itme ve sıçrama yüzünden oldukça düzensiz gerçekleşir. Sütunun kesiti küçük olursa sıçrama hali az olur ve dolum Şekil 4.1 deki duruma benzer şekilde gerçekleşir. Frommer, bu kalıp dolum şeklini kitabında “basınçlı döküm için en genel dolum şekli” olarak nitelendirmiştir.

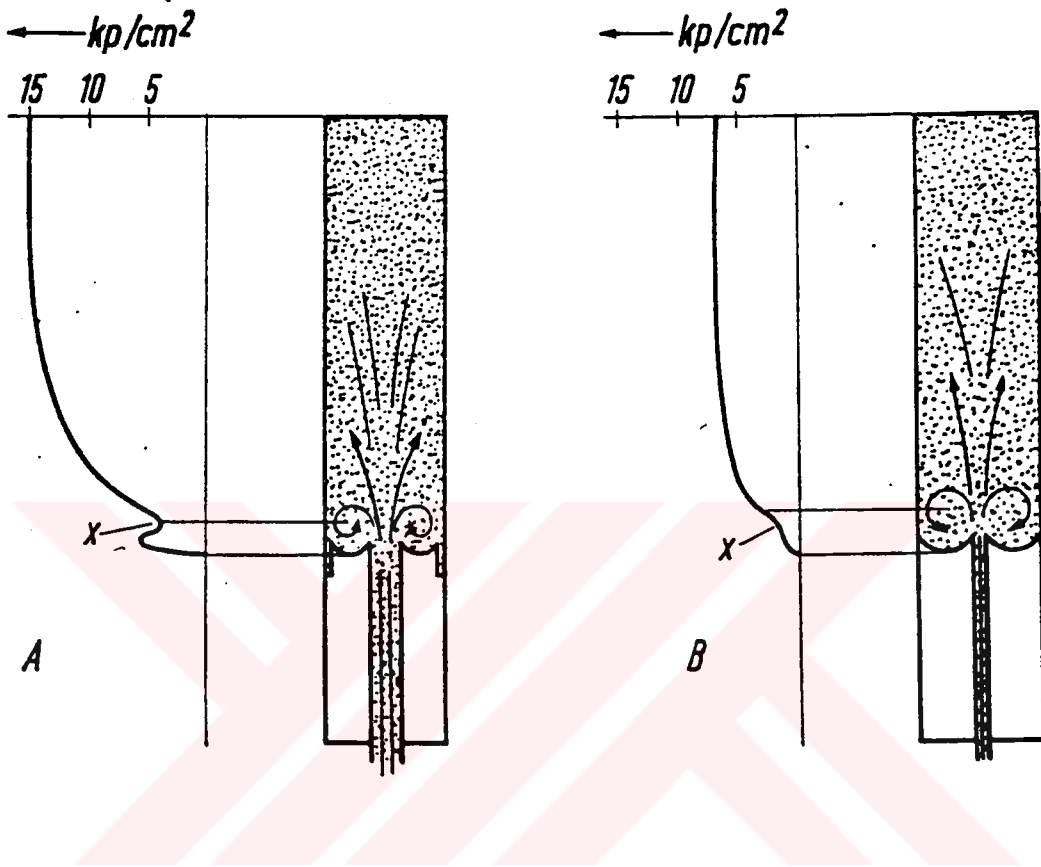


Şekil 4.1 Kalıbın yüksek içeri akış hızı ve küçük yolluk girişi kesiti ile dolumu (L. Frommer).

- a) Dolumun başlaması, metalin neredeyse tamamı birikiminden dışarı akar
- b) Başlayan girdap oluşumu içeri akan metalin bir kısmını birikinti içinde hapseder ve birikinti büyür
- c) Girdaplar içeri akan metalin tamamını birikinti içine hapseder, kalıp cidarları boyunca önden giden sıvı metal duvar sürtünmesinden frenlenir
- d) Sıvı metal birikintisi kalıp cidarları boyunca önden akan metale ulaşır, birikinti kalıp boşluğunu eşit şekilde doldurur

Bu tip kalıp dolma şeklini açıklamaya çalışalım. Ergiyik metal, yaklaşık yolluk giriş kesitinde ve şeklinde kalıp boşluğunun içine bir sıvı sütunu görünümünde girer. Karşısındaki ilk cidara çarpıncaya kadar şeklini bozmadan sıvı sütunu hızla ilerler. Karşısındaki cidara çarptığı ilk anda cidarın, sıvı sütuna göre açısı yüzey şekline bağlı olarak değişen özellikler göstererek ergiyik metal dağılır. Sütunun çarptığı yüzeyin düz bir yüzey olduğunu kabul ederek incelemeye devam edelim. Metal akışı çarptığı yüzeyin çarpışma noktasında ani olarak duraksar ve bir sıkışma oluşur. Bu sıkışma sonucunda yüzeye çarpan metal birikmeye başlar. Akışın devam etmesi ile birikmenin içinden ayrılan ergiyik metalin bir kısmı gelen sıvı sütununun hızından daha yavaş bir hızda ters istikamette yan cidarlar boyunca ilerlemeye başlar. Bu akıntıları öncü akış olarak isimlendirebiliriz. Öncü akışlar, sıvı sütununun giriş hızına, kesitinin büyüklüğüne, ergiyik metalin ve kalıbın sıcaklığına bağlı olarak hız kazanır. Öncü akış, kalıp cidarlarının ve içeri giren ergiyik metalin dağılan kısmının oluşturduğu sürtünme sonucu frenlenir. Öncü akışı kesiti çok ince olursa, oluşan sürtünmeler sonucu hızı çok yavaş olur ve arkada oluşan birikme öncü akışı yutar. Öncü akışın sıcaklığı, arkadan gelen birikme sonucu oluşan kütleyle kaynaşmayacak kadar düşük ise, döküm parçasının dış cidarından pul pul dökülmeler olur. Geriden gelen ergimiş metal kütlesi ile öncü akışın kaynaşmasıyla her salise kalıp boşluğunu daha fazla metal doldurur. Bu, bütün kalıp boşluğunun dolmasıyla sona erer. Dolma işlemi devam ederken, öncü akışları içinde girdaplar oluşur. Bu girdaplar, yolluk girişinden giren ergimiş metalin hızı arttıkça artar. Kalıp boşluğundaki metal birikimi temel olarak iki bölgeden oluşur. Birinci bölge, sıvı sütununun karşı duvara çarptığı ilk bölgedir. Çarpmanın olduğu ilk bölge ve yakınında, ergiyik metal, sıvı sütununun basıncı altında neredeyse tamamen durmuş vaziyettedir. İkinci bölge, yolluk girişine yakın girdaplardan oluşur. Bu bölge, ergiyik metalin enerjisini en çok kaybettiği yerdir. Sıvı sütununun kesiti kalınlaştıkça, içeri giren metal, birikmiş metalin merkezine doğru ilerler. Eğer, sıvı sütununun kesiti (f), kalıp boşluğunun kesitine (F) oranla çok küçük ise, içeri giren ergiyik metalin enerjisi, girdapların etkisiyle tüketilir. Enerjisinin büyük bir kısmını kaybeden ergiyik metal dip bölgede birikmiş metalin merkezine doğru ilerleyemez, dış kısmına eklenerek kalıp boşluğunu doldurmaya başlar. Ergiyikle beraber sürüklenen hava kabarcıkları kalıp boşluğunda biriken ve soğumaya başlayan metalin içinde düzensiz olarak saçılırlar. Akışın devam etmesiyle kalıp boşluğundaki basınç artar ve hava kabarcıkları parçanın cidarına doğru itilir. Çok özel dizayn edilmiş parçalar haricinde hava genellikle yolluk girişinin olduğu cidara doğru yönelir. Havanın bir kısmı yolluk girişinin yakınında oluşan girdapların merkezine düşer ve hapsolür. Hapsolan hava miktarı kalıbın hava tahliyesi kanallarına, ergimiş metalin giriş hızına, kalıp boşluğunun hacmine göre değişir. Çok karmaşık olmayan parçalarda yolluk girişinin yakınında oluşan girdaplarda havanın hapsolmesi yanında, sıvı sütununun ilk

çarptığı yüzeyde de bir miktar havanın hapsolmesi olasıdır. Frommer, sıvı sütununun yüksek hızla kalıp boşluğuna girmesi sonucu oluşan akış düzensizliklerinin, yolluk girişi kesitinin (f), $\frac{1}{4} F$ 'ten küçük olması halinde giderilebileceğini öne sürmüştür. Şekil 4.2, büyük ve küçük yolluk girişi kesitleri için basınç dağılımının değişimini göstermektedir.



Şekil 4.2 Kalıp boşluğundaki akıntı ve basınç dağılımını (L. Frommer)*.

- A Büyük yolluk giriş kesiti, yüksek girdap enerjisinde basınç durumu
 B Küçük yolluk giriş kesiti, düşük girdap enerjisinde basınç durumu

Şekillerden anlaşılacağı üzere, basınç, yolluk girişine doğru düşmektedir. Büyük yolluk girişi kesitine sahip parçada (Şekil 4.2 A), hava kabarcıkları parçanın içine doğru sürüklenmektedir. Basınç, öncü akışın bulunduğu bölgede düzensizdir. Küçük yolluk girişine sahip parçada ise (Şekil 4.2 B), basınç artışı yavaş olduğundan, içeri sürüklenen hava, cidarlardan kaçmak için gerekli zamanı bulur. Bu dolun tipinde, arkadan gelen biriken metal, öncülerini geçer. Genellikle metal döküm parçalarında bulunan ince cidarlı bölgelerde arkadan başlayıp öne doğru ilerleyen bu doldurma tipinin geçerli olması söz konusu olamaz. Cidarlar incelidikçe ergiyik metalin kinetik enerjisi hızla düşer. Arkadan düzenli dolmanın olmaması sonucu bu

* (L. Frommer / Lieby Basınçlı Döküm Tekniği 1975)

tip parçalarda, daha fazla ergimiş metalin basınçla yolluk girişinden girip parçayı beslemesi sağlanamaz. Çok ince kesitli parçalarda sıvı sütunu kalıp boşluğunun en dip noktasına gelmeden, yön değiştirip yolluk girişine doğru birikmeye başlayabilir. Akışkanlığını kaybetmiş ve soğumuş metal, giren sıvı sütununun basıncı sayesinde, kalıp boşluğunun dip kısmına doğru sürüklenmeye başlar. İnce cidarlı parçaların kalıplarında metalin kalıp boşluğunu doldurması Frommer'in ileri sürdüğü gibi, metalin yolluk girişinden girdiği hızın yanı sıra yalnızca kütle gücüyle değil eşit piston hızında kesitin azaltılmasına bağlı olarak metalin akış hızının arttırılabilmesine rağmen, artan itme gücüyle ve aynı esnada oluşan ısınma tepkileriyle gerçekleşir.

4.1.1. Kalıbın doldurulması

Kalıp cidarları boyunca akış hareketi sabitliğini korur, cidarların metali soğutma etkisi azalmış olur. Ön cidarda ergimiş metal, sütunda akış hareketinin daha hızlı olduğu üst tabakada girdap merkezine ulaşır, bir rotasyon meydana gelir ve metal, kalıp boşluğunun dolmamış bölümlerine vurur, buralarda karşıt akımlara neden olur ve kalıp boşluğunun farklı yerlerine dağılmış ergimiş metalle kısmen birleşip kaynaşır.

Düşük basıncın uygulandığı dökümlerde, ergimiş metalin akışından dolayı açığa çıkan sıcaklığın büyük bir bölümü, kalıp boşluğunun tamamen doldurulmasından çok önce kaybolur. Basınç pistonunun hareketini tamamlamasına yakın meydana gelen ısı artışı, yalnızca pres pistonunun yüksek hızda olduğu durumlarda oluşmaktadır. Bu ısı artışı, ince cidarlı kalıplarda, ergimiş metalin kalıp boşluğunda sabit bir hızla hareketini sağlar. Bu, özellikle, küçük spesifik ağırlığa, yüksek ısı iletkenliğe, buna göre büyük donma alanına sahip alaşımlar için geçerlidir. Ergiyik metalin sabit hızda akması, kalıbın cidar kalınlığının nasıl dizayn edildiğine ve metalin yüzeyiyle hacmi arasındaki ilişkiye bağlıdır. Metalin akış hızının rolü daha küçüktür.

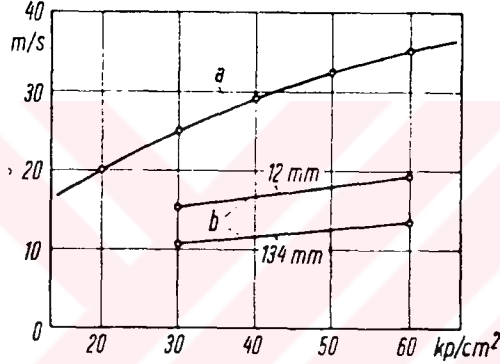
4.2. Köster ve Göhring'in Deneyleri

Köster ve Göhring, denemeler yoluyla ergiyik metalin kalıp boşluğundan içeri akışının aşamalarını tespit etmeye çalışmışlardır. Stuttgart'taki Kaiser-Wilhelm Enstitüsü'nde, yüksek ısıya dayanıklı camdan, basınçlı döküm kalıbı yaptılar. Çeşitli bölme plakeleri aracılığıyla da farklı boyutlarda boşluklar ayarladılar.

Metal olarak da Wood metali kullandılar. Saniyede 700-3500 adet görüntü kaydeden bir kamerayla içeri akışı izlediler. Döküm basıncı 20-60 kp/cm² idi.

Görüntüler metal sütununun, püskürtücünün belirlediği yöne doğru hareket ettiğini göstermiştir. 0,005-0,006 saniye sonra, küre ya da uzun bir düğüm oluşup metal sütunuyla birlikte akışa katılır. Metal sütunu daha da kalınlaşır, damlacıklara bölünür ve dağılır. Ergimiş metalin kalıp boşluğunda akışı boyunca damlacık oluşumu kendini yineler.

Kaydedilen görüntüler, metal sütununun her andaki hızını ölçebilmek için saati belirten rakamlarla işaretlenmişti. Şekil 4.3, döküm basıncına ve yolluk girişi uzunluğuna bağlı olarak değişen metal sütununun hızının ölçümünü göstermektedir.



Şekil 4.3 Sıvı metal ışınının hızıyla döküm basıncı arasındaki bağıntı*

- a hesaplanan ışın hızı
b çeşitli meme uzunluklarında gerçek ışın hızı

Yolluk girişi uzunluğu 12 mm, diğer durumda 134 mm'dir. Bu değerlerden, metal sütununun hızının, artan döküm basıncında yükseldiği, yolluk girişinin sürtünmeyi arttıracak kadar uzun olduğunda ise düştüğü belirlenmiştir. Birinci durumda metal sütununun gerçek hızı, hesaplanılanın % 50...60'ı; ikinci durumda ise % 40...45'idir. Bu deneylerde, döküm basıncının artması sonucunda metal sütununun hızının arttığı kanıtlanamamıştır. Buna karşılık, ergimiş metal hızının, döküm basıncının artmasıyla, azaldığı tahmini doğrulanmaktadır. 20 kp/cm²'lik bir basınçta metal sütununun hızı, hesaplanan hızın yaklaşık % 20 eksik, 60 kp/cm²'lik bir basınçta ise, hesaplanan hızdan % 50 daha düşüktür.

* Druckguss / Vinzenz von Reimer Mühlich 1968

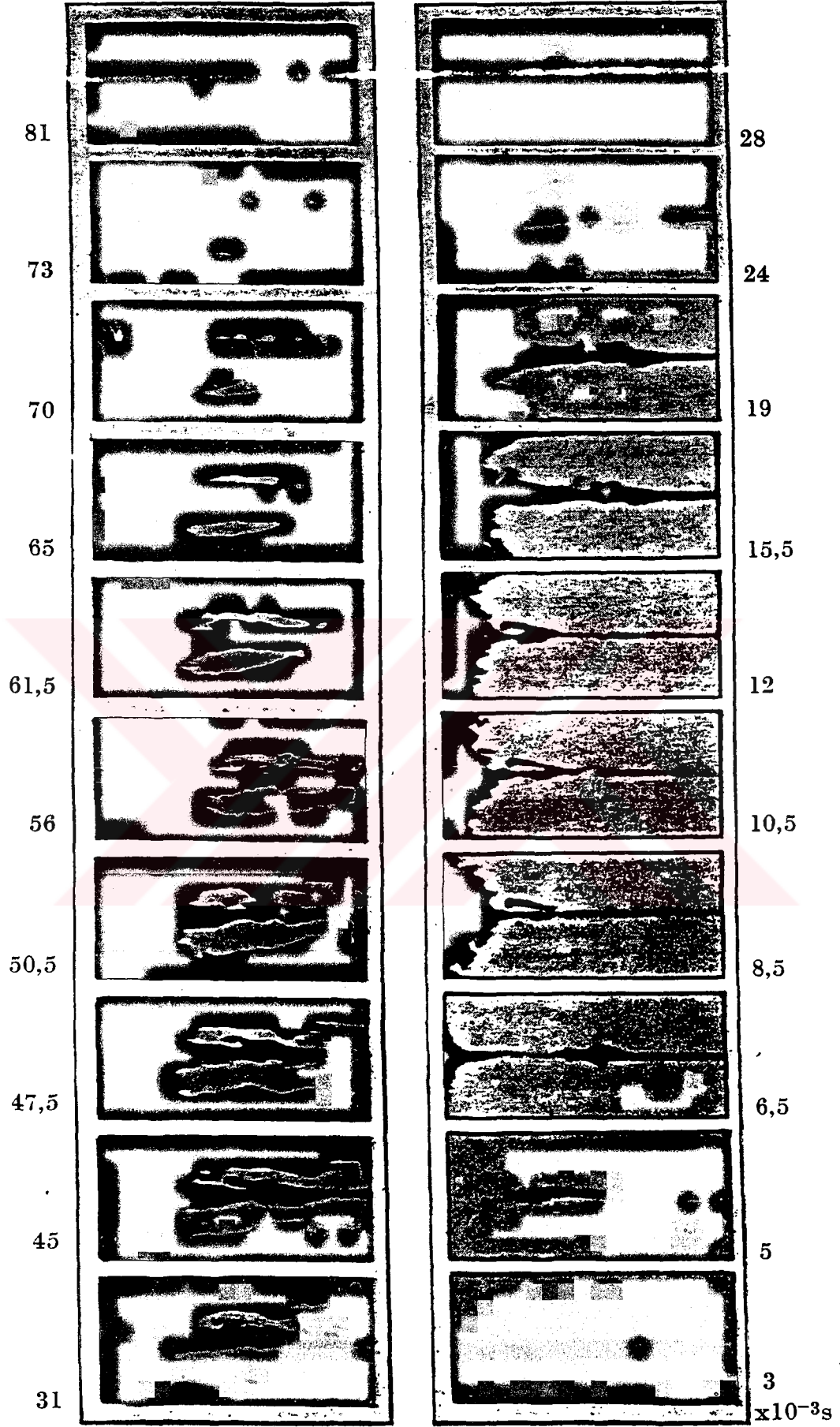
Kalıp boşluğunun havasının boşaltılması, metal sütununun hızını önemli ölçüde etkiler. Havanın kaçmasını önleyen bir denemede, hız 18...20m/s'den, 60 kp/cm²'lik bir basınçta, 8...10 m/s'ye düşmüştür.

Kalıp Şekil 4.4'den* de anlaşılacağı üzere Frommer'in teorisi doğrultusunda dolmaktadır. İlerleyen metal sıkışma kütlesi ve bu kütleden yanlara akan metal ile kalıp, yolluk girişinin bulunduğu tarafın tam karşısındaki taraftan başlayarak doluyor. Kalıp cidarları boyunca ilerleyen öncü metal sütunları yolluk girişinin bulunduğu tarafa ulaşır, buradan giren metal sütunun aktığı yöne doğru yönelir ve kalıp boşluğu iki cidardan dolar. Doldurulacak son boşluklar ise dikdörtgen kalıbın ortasındadır. Cidar boyunca akan öncü sütunlar, tabandan yükselebilir. Bu durumda arka katmanlar bu öncü sütunların üzerinden geçer. Yolluk girişinin bant şeklinde olduğu kalıplarla yapılan dökümlerde de sıvı metalin bu aşamada aynı tepkiyi verdiği görülmüştür.

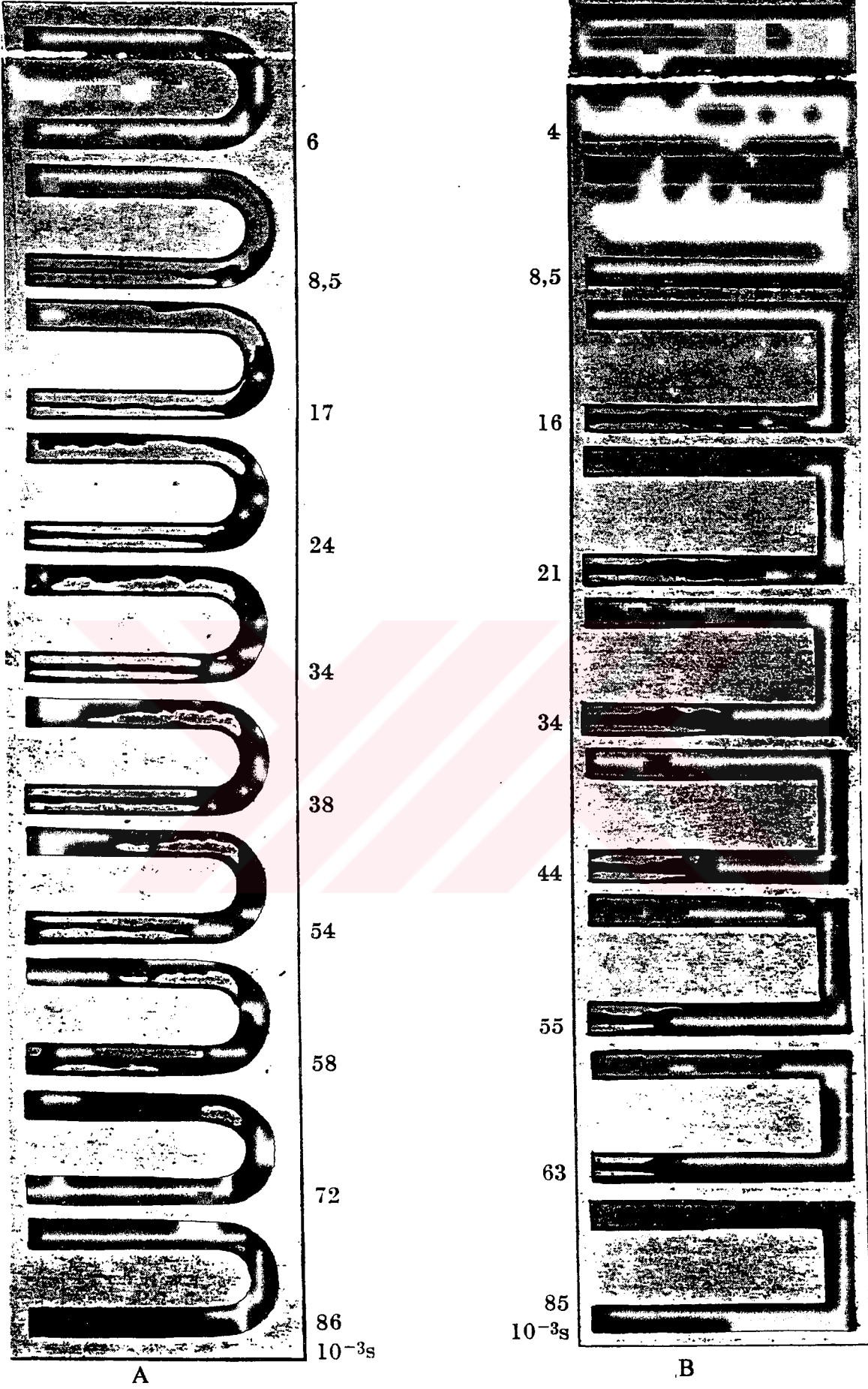
Cidarlar boyunca akan metal sütunu, sürtünme ve soğuma nedeniyle frenlenir. 15-20 m/s'lik hızla kalıp boşluğuna giren ergiyik metal, ardından 2,5-4 m/s 'lik bir hıza düşer. Dikdörtgen kalıbın doldurulması 0,05-0,07 s sürmektedir. Frommer'in de varsaydığı gibi, sıvı metalin kalıba girmesi, hidrodinamik etmenler sonucu etkilenmektedir. Ergiyik metalin kalıba giriş aşamasında, Frommer'in düşüncesinden ayrıldığı tek nokta, ideal akış hareketine daha çok yaklaştığıdır.

Köstner ve Göhring, dikdörtgen levhanın dışında keskin köşeli U şeklinde (Şekil 4.5 A)* kalıplarla da deneyler yapmışlardır. Bu görüntüler, hidrodinamik açısından, kalıbın kusursuz olması gerektiğinin ne kadar önemli olduğunun kanıtlamaktadır. Keskin köşeler (Şekil 4.5 B)* çok elverişsizdir, ikinci kol hiçbir denemede tam olarak doldurulamamıştır

* Druckguss / Vinzenz von Reimer Münih 1968

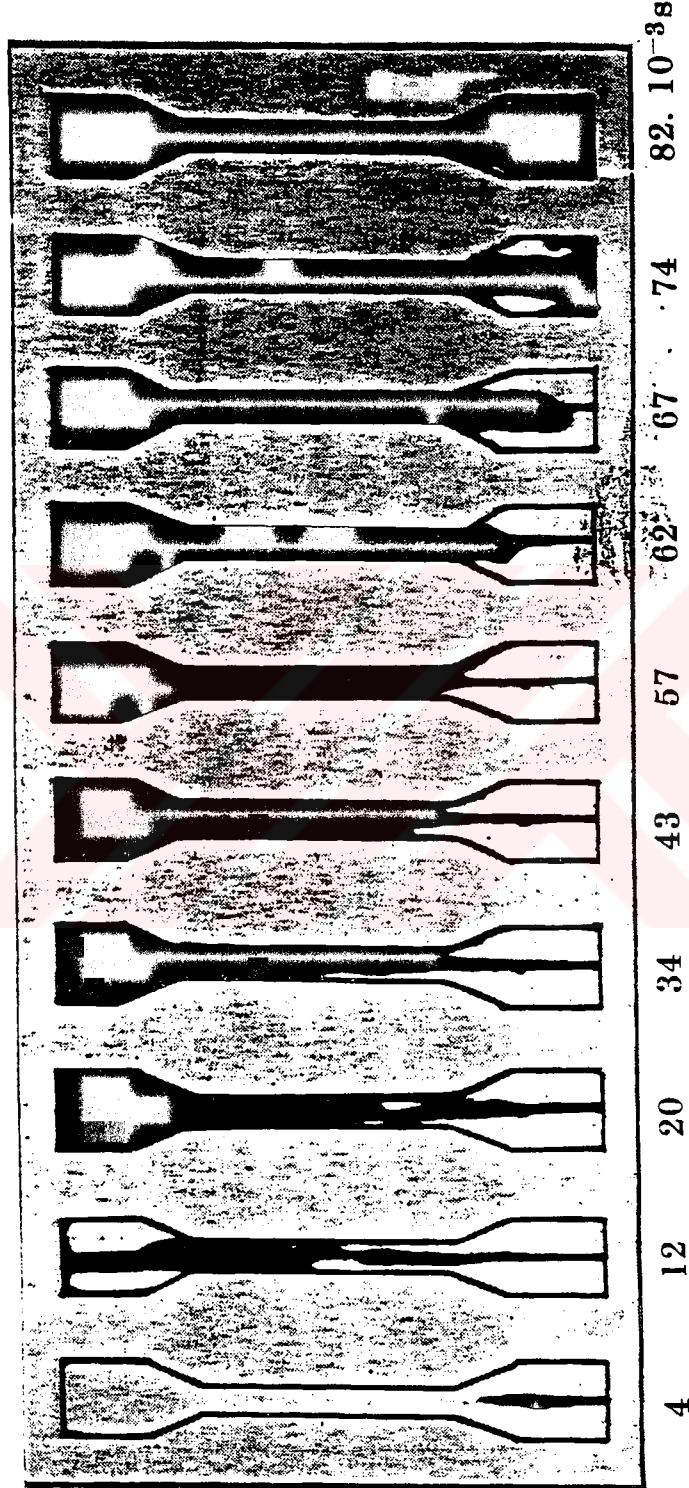


Şekil 4.4 Dikdörtgen bir kalıbın dolumu (82x41x8.5 mm). Yolluk girişi yuvarlak 2 mm çapında 10 mm boyunda.



Şekil 4.5 Yuvarlatılmış ve köşeli "U" şekli kalıplarla yapılan denemeler.

U şeklindeki kalıpla yapılan denemeler sonucunda en az doldurulabilen bölgenin u şeklinin yuvarlak parçasının iç tarafı olduğu tespit edilmiştir. Bu bölge bazı denemelerde hiç dolmamıştır.



Şekil 4.6 Çekme deneyi numunesinin doldurulması

Kalıp boşluğunun doldurulması arka taraftan ön tarafa doğru ilerleyen metal birikmesi ile gerçekleşmektedir. Bu resim doldurma işleminin anlaşılabilmesi için iyi bir örnektir.

L.Frommer'in kalıbın doldurulması konusunda yaptığı teorik çalışmalar uygulamalarla kanıtlanmış nadir teorilerdendir. Bu alanda yapılmış çalışmaların çoğu ya ispatlanamamış salt teorik çalışmalar veya pratik sonuçların Frommer'in çalışmalarından yararlanan yorumlarıdır. Basınçlı döküm için günümüzde de geçerli olan yöntem denemelerle elde edilen bilgilerden kalıp, yolluk ve parça dizaynında yararlanılmasıdır. Firmaların bünyesinden çıkarılmayan bu bilgi ve tecrübeler akademik çalışmalara kaynak olamamaktadır. Metalin akış dinamiği tam anlamıyla hala açıklanamamıştır. Yazılı kaynaklar basınçlı dökümde imal edilen parçanın mukavemet, parça tamlığı ve yüzey kalitesini belirlemede çok önemli bir faktör olan bu konuda çok yüzeysel bilgiler vermektedir. Günümüzde yaygınlaşmakta olan vakum altında basınçlı döküm yöntemi için yolluk kesit ve kontrüksiyonun çok farklı yapılması gerekirken, imalâtçı firmaların gerekli kaynaklara ulaşmakta karşılaştıkları güçlükler ve kaynaklardaki yetersiz açıklamalar sonucu birçok denemede başarısız olduğu görülmüştür.

Basınçlı döküm kalıbı imali esnasında göz önünde bulundurulması gereken temel kriterler aşağıda verilmiştir.

1. Metalin kalıbın içine giriş hızı ve bu hızdan dolayı kalıp boşluğunda oluşan akış basıncı.
2. Akışın hareketi, yolluk girişinin etkisi ve kalıp boşluğundaki havanın alınması.
3. Kaz boynundaki basıncın zamana göre değişimi.
4. Kalıp boşluğunun doldurulması aşamalarında sıvı sütununun yönü ve durumu.
5. Doldurma işlemi esnasında ve doldurma işleminin sonunda piston hareketine bağlı ısı değişimleri ve yolluk girişi kesitinin etkisi.
6. Dökülecek metalin kalıp dizaynına etkileri.
7. Kalıp malzemesinin dayanım, ısı iletkenlik yüzey kalitesi açısından etkileri.

4.3. Akış Hızının ve Basıncının Belirlenmesi

Akış hızının belirlenmesinde Bernolli denklemlerinden yararlanabilir. Buna göre ergiyik metalin hızı yaklaşık olarak;

$$V = (2gP/\gamma)^{0.5} \quad (4.6)$$

P döküm basıncı

γ sıvı metalin özgül ağırlığı

g yerçekimi ivmesi

(4.6) Denkleminde döküm basıncı sabit alınmamalı zamana göre değişen basınç tespit edilmelidir. Aksi takdirde doldurma zamanı gereken zamanın çok altında çıkar. Bu ise çok yüksek giriş hızı çıkmasına sebep olur. Giriş hızının ayarlanması için yapılacak yolluk kesiti değişiklikleri parçanın hatalı olmasına neden olabilir. Buradaki “P” kalıp boşluğunun doldurulması esnasında boşluk içinde oluşan basınçtır. Hesaplarda “P” için kalıp boşluğu tamamen dolduktan sonraki basınç olarak alınmaktadır. Döküm zamanı belirlenen bir parça için (4.7) denklemi kullanılabilir.

$$V = \int_0^{t_{son}} (2gP/\gamma)^{0.5} \cdot dp \quad (4.7)$$

Denklemi daha basitleştirecek olursak döküm zamanını on parçaya bölerek her zaman zarfında içeri giren metalin kütlesi ve oluşturacağı basınçlar tespit edilerek bir yaklaşıma gidilebilir.

Yapılan çalışmalara rağmen enjeksiyon makinalarının markasına, yaşına , çalışma şartlarına bağlı olarak döküm basıncının \pm % 15 değişme gösterdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Formülde yerçekimi ivmesi sabit (g) ve γ döküm sıcaklığı için enjeksiyon esnasında sabit kaldığı kabul edilerek döküm hızının “P” ile orantılı değiştiği görülür.

$$V = (P)^{0.5} \quad (4.8)$$

Çizelge 4.1 En çok kullanılan basınçlı döküm parçaları için ($2g/\gamma$) değerleri.*

| Alaşım tipi | ($2g/\gamma$) | |
|----------------------|-----------------|---------------|
| Çinko alaşımları | 0.00294 | $m^4/(s^2kp)$ |
| Alüminyum alaşımları | 0.00725 | $m^4/(s^2kp)$ |
| Magnezyum alaşımları | 0.0109 | $m^4/(s^2kp)$ |
| Pirinç alaşımları | 0.00228 | $m^4/(s^2kp)$ |

Buradan anlaşılacağı üzere eşit döküm basıncında ve süresinde çinko alaşımına göre iki kat daha fazla magnezyum alaşımı kalıp boşluğuna girmektedir. Ayrıca bu formülden eşit akış

* Smith 1990

hızında döküm basıncının özgül ağırlıkla değiştiği çıkartılır. Döküm hızının gerçek değeri P/γ sabit olması durumunda bile sürtünme değerleri göz önüne alınmadığı için bulunan teorik değerlerden çok düşük olmaktadır. Denemeler sonunda bulunan teorik değerlerin rakamsal değerinin kalıp içinde % 30-50 yolluk girişinde % 5-15'i kadar olduğu görülmüştür.

Ergiyik metalin kalıp içindeki hareketi esnasında oluşan basınç ve hız kayıpları metalin viskozitesine, cidarların pürüzlülüğüne, gidilen yolun uzunluğuna, yön ve kesit değiştirmelere ve katı faza geçme miktarına bağlıdır.

Girdaplar oluşturmamış bir akışta hız metalin viskozitesi ile orantılıdır. Viskozite ise sıvı metalin sıcaklığına göre değişir. Viskozitenin etkisinin tespiti için yapılan deneylerde kalıp sıcaklığı ergimiş metalin sıcaklığının üzerinde tutulmuş ve metalin soğuk kalıba göre 2-6 kat daha hızlı aktığı tespit edilmiştir.

4.3.1. Giriş akışının hızlı olmasının avantajları ve dezavantajları

4.3.1.1. Avantaj olarak sayabileceğimiz özellikler

1. Akış basıncı büyür.
2. Kalıp boşluğunda metal daha uzun süre sıvı halde kalır.
3. Kalıp doldurma hassasiyeti artar. İnce cidarlı parçalarda görülen eksik baskılar önlenmiş olur.
4. Kalıp boşluğunun her yönüne doğru bastıran ergimiş metal homojene yakın bir basınç oluşturur.

4.3.1.2. Dezavantaj olarak sayabileceğimiz özellikler

1. Girdaplar artar ve güçlenir.
2. Girdaplarla beraber merkezlerine düşen hava miktarı artar, havanın parça içinde hapsedilmesine neden olur.
3. Kalıp boşluğundaki havanın hava tahliye kanallarından boşaltılması güçleşir.
4. Artan hızla beraber sürtünme sonucu enerji kaybı artar.
5. Sürtünmelerle beraber kalıp aşınması artar ölçü hassasiyeti düşer kalıp ömrü kısılır.
6. Parçanın iç yapısı kaba taneli olur.

7. Yüzey kalitesi bozulur.
8. Kırılma dayancı düşer.

Ergimiş metal kalıp boşluğuna daha büyük bir kesit ve daha düşük bir hızla sokulursa metal kalıp boşluğuna püskürerek dağılmaz, hava hapsedme miktarı azalır. Sürtünme miktarı azalacağı için , basınç kayıpları da azalır. Metalin katı faza geçmesi esnasında etkili olan ve sıkıştırma basıncı diye adlandırabileceğimiz sabit basıncın etkisi artar, malzemenin iç yapısı küçük taneli, gözeneksiz mukavim döküm parçaları elde ederiz. Henüz ergiyik halde olan döküm parçası üzerine etki eden basınç ergiyik içinde kalan hava kabarcıklarını sıkıştırarak küçültebilir, fakat yok edemez. Yolluk girişinden geçen sıvı metal sütununun fazla yön değiştirmedeği basit şekilli parçalar karmaşık şekilli parçalara göre daha mukavimlerdir. Sıkıştırma basıncının yeterli olması durumunda, alaşımın içinde yüksek sıcaklıkta ergiyen metal fazların kristalleri arasındaki boşluklara sıvı metal girebilir ve kristal hataları azaltılmış olur.

Kalıp boşluğuna giren ergimiş metalin kesiti (yolluk girişi kesiti) ve hızı kesinlikle aynı anda arttırılmamalıdır. Sıvı metal için kalıp boşluğunun tamamını doldurabileceği en düşük hız seçilerek yolluk giriş kesiti tespit edilmelidir. Metal sütununun, kalıp boşluğuna girdikten sonra birikmeye başladığı yere gelinceye kadar yaptığı yön değişimi ve cidarlarla temas durumu döküm basıncını değiştirir. Dolum sırasında kalıp boşluğunun farklı bölgelerinde ve dolum işleminin değişik zamanlarında parçanın geometrisine bağlı olarak hidrodinamik basınç farklılıklar gösterir. İnce cidarlı ve karmaşık geometrik şekilli döküm parçalarının imalinde yolluk kesitinden giren metal sütununun hızı ve sıcaklığı dolumun her aşamasında büyük önem taşımaktadır. Döküm parçasını karmaşıklığına göre böldüğümüzü varsayarsak, her bir kalıp boşluğu parçasının kesit ölçüsü belirli olduğundan, parçaya uygun istediğimiz basınca ulaşmak için içeri giriş hızını ve sütun kesitini belirleyen yolluk girişi ölçülerini ayarlamamız yeterli olacaktır. Ergimiş metalin kalıp boşluğunda oluşturduğu basınç, kalıp parçasının kesiti, ergiyik metalin hızı, yolluk girişi kesiti ve sıcaklığın fonksiyonudur. Küçük kesitli metal sütununun hidrodinamik basıncı kalıp boşluğu kesitinin hidrodinamik basıncına oranla aşağıdaki formülle yaklaşık olarak hesaplanabilir.

$$P_h = f \cdot v^2 \cdot \gamma / (g \cdot F) \quad (4.9)$$

f yolluk girişi kesiti

F kalıp boşluğu kesiti

| | |
|----------|-------------------|
| γ | özgül ağırlık |
| v | metal sütunu hızı |
| g | yerçekimi ivmesi |

Kalıp boşluğundaki basınç, bu değerlerin dışında ayrıca ergiyik metalin ve kalıbın sıcaklığından da etkilenmektedir. Hareket eden sıvı sütunun basıncı, metalin kalıp boşluğunu doldurmasını sağlamalı, kalıp boşluğu içindeki havayı boşaltmalı ve kalıp boşluğuna dolmuş metalin gözeneksiz şekilde katı faza geçmesini sağlayacak büyüklükte olmalıdır. Hareket eden metal sütununun uyguladığı basınçtan daha yüksek değerlere çıkabilen statik basınç, katılaşma esnasında metalin sıcaklığını artırıp katı faza yüksek basınç altında girmesini sağlar.

Metalin dökülmesi sırasındaki basıncın kalıp boşluğundan içeriye girmeye başladığı anda en yüksek değerine ulaşmış olması gereklidir. Ve bu basınç, kalıp boşluğunun tamamı doldurulana kadar aynı yükseklikte kalmalıdır. Eğer basınç döküm işleminin başlangıcında aniden yükselmezse o zaman kalıbın dolumu düşük basınç altında başlar ve metalin içeri giriş hızı olması gereken değere çıkmaz. Kalıp boşluğunun, dolum başladıktan sonra basıncın yavaş yavaş artması olumlu bir etki yapmaz. Genellikle kalıp boşluğu, bir saniyenin çok altında bir zamanda dolumunu tamamlar. Yani, metali yolluk girişine kadar getirebilmek için hareket eden piston, metal yolluk girişinin ağzına geldiği anda en yüksek hızına ulaşmış olmak zorundadır.

4.4. Kalıba Giriş ve Sonrasındaki Metalin Basınç Durumu

Frommer'e göre dört çeşit döküm tipi vardır:

4.4.1. İnce cidarlı yayvan döküm parçaları

Bu tip parçalarda ergiyik metal, çabuk katı faza geçtiği için sıvı metalin kalıp boşluğuna yayılması sırasında etkili olan basınç parça için aynı zamanda sıkıştırma basıncı görevini üstlenir. Metalin içeri giriş hızı ve sütunun kesiti, ergiyik üzerindeki basıncın kalıp boşluğunun her yerine ulaştıracak kadar büyük olmasını sağlayacak kadar büyük olarak seçilmelidir. Yolluk girişinin şekli, yassı, geniş bir bant görünümündedir. Sıcak kamara preslerinde, kalıp boşluğundaki basınç, $50-250 \text{ kp/cm}^2$ sıvı sütununun kalıp boşluğuna giriş

hızı 50-120 m/s değerleri arasındadır. Yolluk girişi kalınlığı, küçük parçalarda 0,3-0,5mm, orta boy parçalarda 0,5-1mm, büyük parçalarda 1-2 mm olarak kalıp yüzeyine açılır.

Soğuk kamara preslerinde , kalıp boşluğundaki basınç, 50-1000 kp/cm² sıvı sütununun kalıp boşluğuna giriş hızı 50-200 m/s değerleri arasındadır. Soğuk kamara preslerinde de aynı yolluk girişi değerleri kabul edilebilir.

4.4.2. Kalın cidarlı karmaşık geometrili döküm parçaları

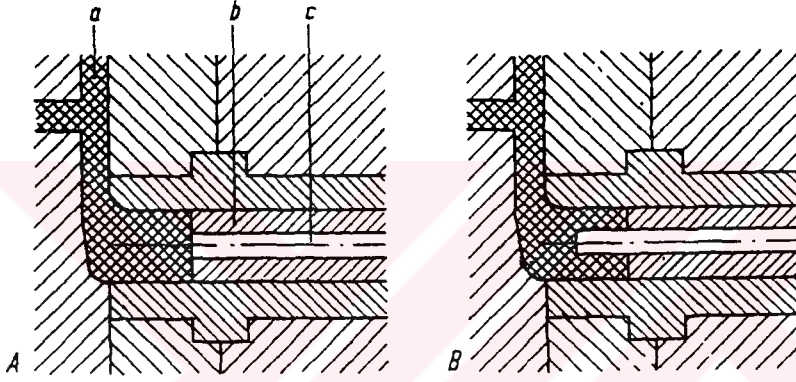
Bu tip parçalarda, yolluk girişi dizaynı, kalıp boşluğu tamamıyla dolduktan sonra sıvı kalacak ve parçayı besleyip statik basınç altında katı faza geçmesini sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Kalın kesitli parçalarda, hareket halindeki sıvı metalin basıncı, kalıp boşluğundaki havanın kalıbı terk etmesini sağlayacak güçte olmayabilir. Yolluk girişi kesiti tip 1'dekinden daha kalın olmalıdır. Kalıp boşluğu tamamıyla ergimiş metalle dolduktan sonra, uygulanan basınç, ani olarak statik basınç değerine çıkmalıdır. Sıcak kamara preslerinde döküm esnasında metalin kalıp boşluğunun tamamını doldurana kadar basıncı 15 kp/cm²'ye kadar düşürülebilir. Kalıp boşluğu dolduğu andaki statik basınç ise, 250 kp/cm² değerine ulaştırılmalıdır. Bu özel bir işlem olup basınçlı döküm makinasının özellikleri uygun olduğu takdirde, mukavim parçalar elde etmek için kullanılabilir. Soğuk kamara preslerinde ise, kalıp boşluğunun dolumu esnasındaki basınç, sıcak kamara preslerinde olduğu gibi çok düşük değerlere çekilmez. Kalıp dolumu esnasında yaklaşık 30-50 kp/cm², boşluk dolduktan sonraki statik basınç ise, 1000-1500 kp/cm² değerlerine kadar çıkar.

4.4.3. Kalın cidarlı kaba döküm parçaları

Bu tip parçalarda karşılaşılan en büyük güçlük kalıp boşluğunda kalan havanın parçanın içine hapis olmasını engellemektir. Bu amaçla yolluk girişi kesiti ve statik basınç değeri büyük tutulmalıdır. Kalıp boşluğunun dolumundan sonra basınç ani olarak arttırılır. Bu sebeple sıcak kamara preslerinde bu tip parçaların üretimi hemen hemen mümkün değildir. Soğuk kamara parçalarında yolluktan sıvı metal 15 m/s ye yakın bir hızla sokulur. Yolluk girişinin kalınlığı 3 mm ye kadar çıkartılabilir.

General Motors Comp. U.S.A. tarafından geliştirilen yatay soğuk kamara presi kullanılarak 0,3-1 saniyede, 10 kat daha yavaş girdapsız kalıp dolumu ve yardımcı sıkıştırma pistonu sayesinde yüksek statik basınç altında katı faza geçme sağlanarak gözeneksiz takoz parçalar

imal edilebilmiştir. Şekil 4.7 “Acurad” işleminin basamaklarını göstermektedir. Yolluk girişi bu yöntemde klasik döküm kalıplarında kullanılan kesitin 10 katından daha büyüktür. Kalıbın dolunu pistonun tümü kullanılarak 140 kp/cm^2 bir basınç ile gerçekleştirilir. Toplam kesitinin $\frac{1}{4}$ 'ü kadar olan yardımcı piston, zaman rölesi kontrolünde kalıp boşluğu tamamıyla dolduktan sonra devreye girer ve 2000 kp/cm^2 basınca kadar parçayı presler. Örnek vermek gerekirse, en ince kesiti 6 mm olan bir parçada yolluk girişi kalınlığı 12 mm'-ye kadar çıkabilir. Kalıp boşluğu düşük basınç altında tamamıyla dolduktan sonra, çelikle temas eden yüzeyler katı faza geçtiği için, yardımcı piston devreye girdiği anda ulaşılan yüksek basınca rağmen, parça çapaksız çıkar.



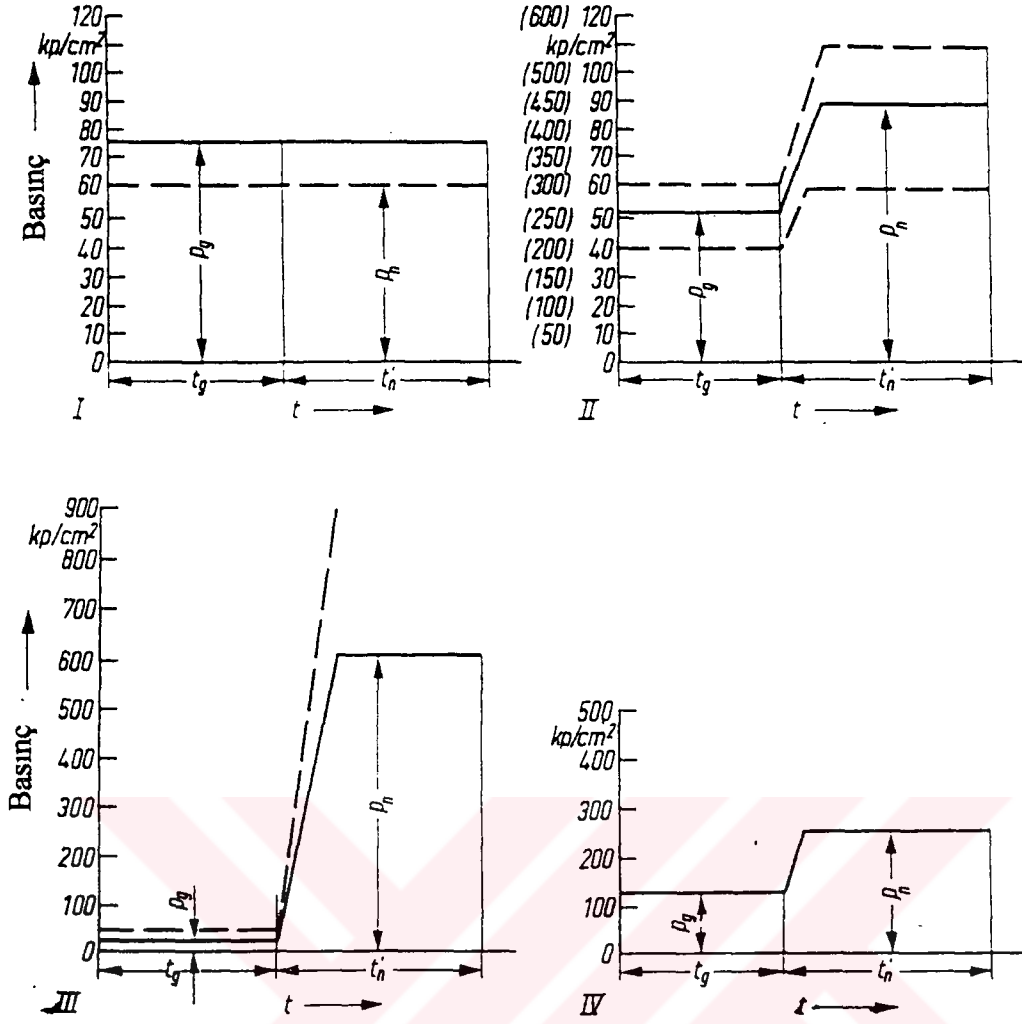
Şekil 4.7 “Acurad” işleminin basamakları

a Döküm parçası, b Piston, c sıkıştırma pistonu.

4.4.4. Çok kalın cidarlı döküm parçaları

Çok özel durumlarda büyük yolluk girişi kesiti ve yüksek döküm hızıyla döküm yapılır. Kalıp boşluğunun doldurulmasından sonraki statik basınç, presin özelliklerine bağlı olarak 3000 kp/cm^2 'ye kadar çıkartılabilir.

Şekil 7.8 yukarıda açıklanan 4 tip için teorik basınç değerlerini göstermektedir. 2. ve 3. tipi açıklayan diyagramlar soğuk kamara, diğerleri sıcak kamara makinaları için geçerlidir.



Şekil 7.8 Teorik basınç değerleri*

- tg Doldurma periyodu
- tn Son sıkıştırma periyodu
- pg Döküm sırasında kalıp boşluğunda oluşan basınç
- pn Döküm sonundaki son basınç

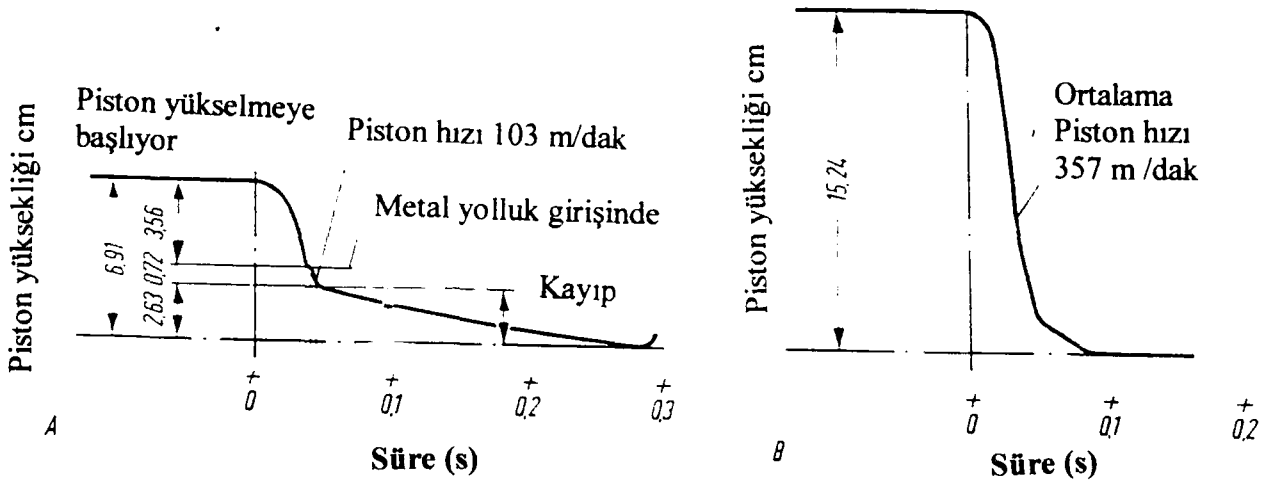
* Frommer/Lieby "Druckguss Technik" Springer Yayınevi, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1975]

5. KALIP BOŞLUĞUNUN DOLDURULMA AŞAMALARI

İmalat sektöründe kullanılan sıcak ve soğuk kamara basınçlı döküm preslerinin kalıp boşluğunu doldurma aşamalarını ayrı ayrı incelemekte fayda vardır.

5.1. Sıcak Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Kalıp Boşluğunun Doldurulma Aşamaları

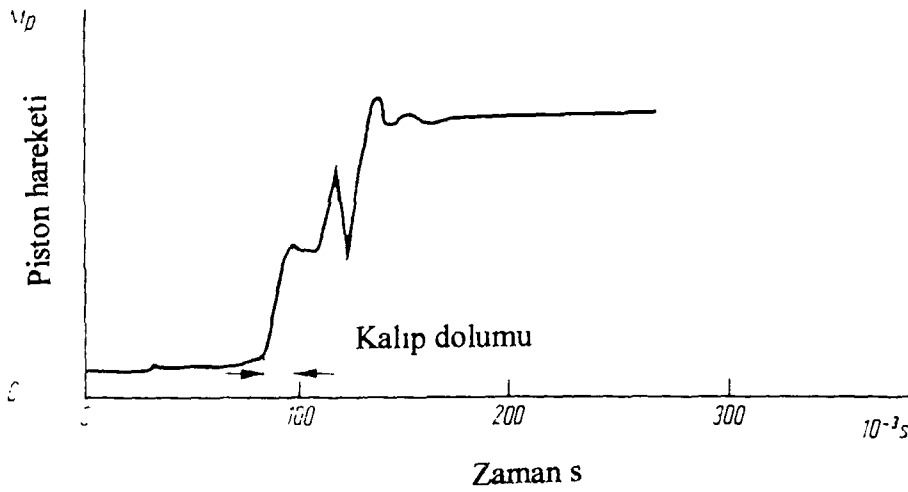
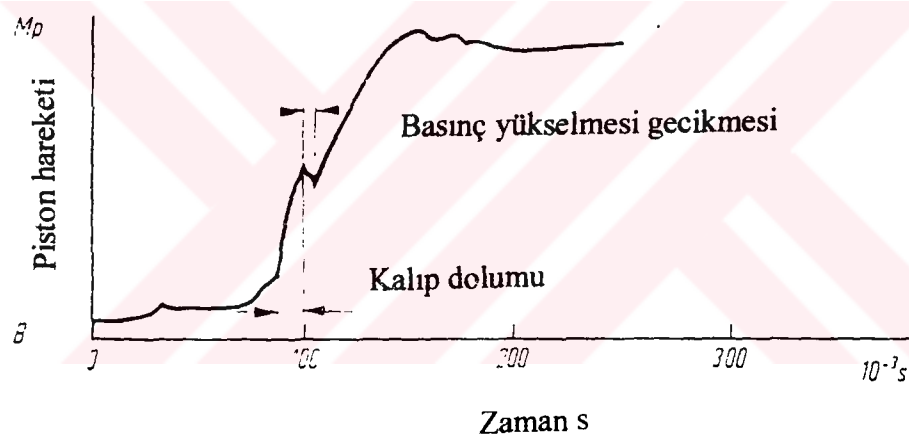
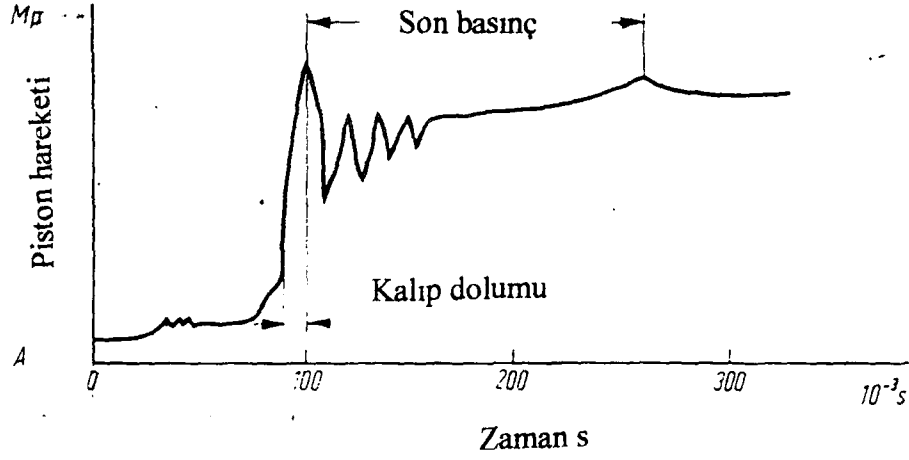
Sıcak kamara preslerinde piston hızı önemli rol oynar. 1.5 mm cidar kalınlığı olan bir döküm parçasının 0.006 sn' de doldurulmasının tamamlanması gerekir. Aksi takdirde parçanın uç noktalarının dolunun tamamlanmasından metal önce katı faza geçebilir. Yüzey büyüdükçe veya döküm parçasının kesiti inceldikçe piston hızı artırılmalıdır. Kalıp çalışma sıcaklığının yükseltilmesi veya beslemeler kullanılarak kalıp dolumu için gereken zaman artırılabilir. Ergimiş metalin sıcaklığının artırılması tavsiye edilmeyen bir işlemdir. Kalıbın dolum süresinin ayarlanması pistonun yukarı kalkış zamanının doğru ayarlanması için bilinmelidir. Döküm esnasında kalıp içindeki basıncın ölçülmesi çok zordur. Makina kataloglarında gösterilen döküm basıncı nadiren döküm esnasındaki basınçla birdir. Verilen değerler genellikle döküm sonundaki basınç değeridir. Şekil 5.1 zamana bağlı pistonun hareketini göstermektedir. Piston hızının, dökme işlemi sırasında 103 m/dak olduğu gözlenmiştir. Aynı makinada ergiyik metal olmadan yapılan denemelerde 357 m/dak'lık bir piston hızı elde edilmiştir. Bazı makinalarda çift etkili silindir tertibatı kullanılmaktadır. Burada bir silindir pistonu ileriye kaydırırken diğeri kalıbın dolması için gerekli basıncı sağlar.



Şekil 5.1 Zamana bağlı piston hareketi

5.2. Yatay Soğuk Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Kalıp Boşluğunun Doldurulma Aşamaları

Soğuk kamara makinesi için birçok ölçme ve deney gerçekleştirilmiştir. Yatay soğuk kamara makinesinde kalıba metal sokma işlemi üç şekilde yapılabilir. Multiplikatörsüz, multiplikatörlü veya önceden doldurma vanalı.



Şekil 5.2 Dolum süreci boyunca oluşan basınç değişimleri. A Multiplikatörsüz, B Multiplikatörlü, C Önceden doldurma vanalı.

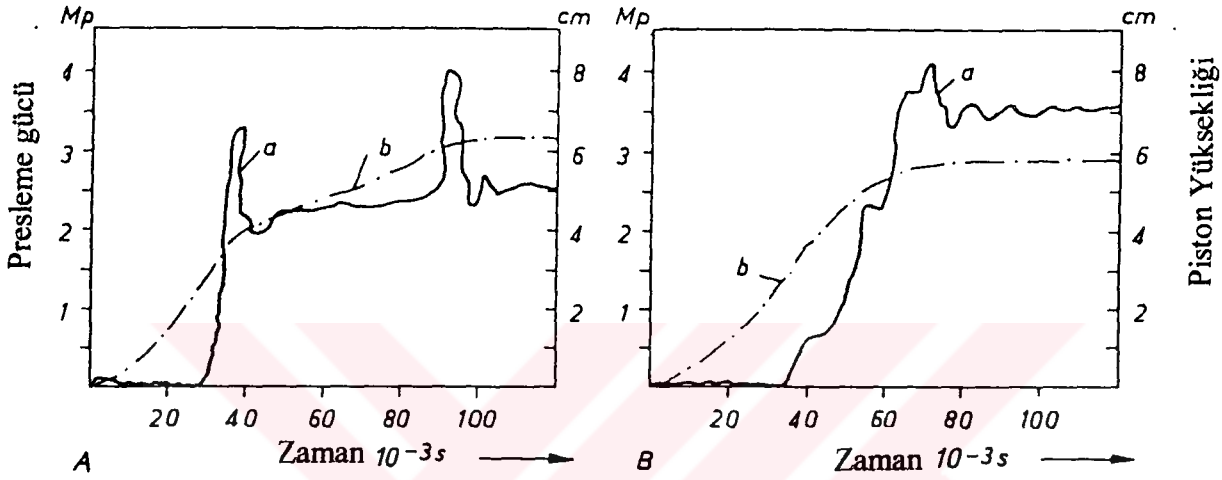
Şekil 5.2’de dolum süreci boyunca oluşan basınç şemayla gösterilmiştir. Birden çok aşama olduğu açıkça görülmektedir. İlk aşamada piston, ilk basınca eşdeğer hızla hareket eder. Bu anda piston, metali kendi önünde ileriye doğru sürükler ve basınç, metalin yolluk girişine ulaşmasına dek sabit kalır. İkinci aşamada , ergiyik metalin kalıp boşluğunu tamamen doldurmasına kadar yaklaşık olarak aynı kalan “doldurma” basıncı oluşur. Ardından en “uç” (zirve) değerine ulaşır. Dalgalanmalarla kinetik enerji yok olur. Şekil 5.2 A da multiplikatörsüz sistem için bu aşamalardaki basınç değişimleri verilmiştir. Şekil 5.2 B de multiplikatörlü sistemdeki basınç değişimi görülmektedir. Basıncın uç değerine ulaşmasının ardından dengeli bir şekilde artan bir basınç yükselmesinin olduğu görülmektedir. Şekil 5.2 C’ de önceden doldurma sistemli yatay makinede oluşan aşamalar görülmektedir. Burada basınç, kalıp boşluğunun doldurulmasından sonra daha büyük bir düşüş yaşar. Burada şok dalgası etkili olmuştur.) Tek pistonlu sistemde, yüksek basınç pistonunun hızı 2-6 m/s arasında olmalıdır. Bu hızla hiç gecikme olmadan aniden “son” basınç oluşturulur. Tek multiplikatörlü sistemde, piston yüzeyiyle basınç pistonu yüzeyinin birbirine oranı, 3 m/s ve üstünde 1:3’tavsiye edilmektedir.

Multiplikatörden çıkacak basıncın $20 \dots 30 \text{ s}^{-3}$ kadar gecikmesi doğal karşılanmalıdır. Önceden ayarlanmış “son” basınç değeri yaklaşık olarak 50 s^{-3} sonra oluşur. Basıncın oluşması sırasında basınç düşüşü mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır. Başlatma pistonu nispeten büyük olduğundan, ilk güç (enerji) büyük olabilir. Multiplikatör pistonunun doğru imal edilmiş olması, vuruş vanasının doğru seçilmesiyle basınç oluşumunun gecikmesi 4 s^{-3} ’ye kadar düşürülebilir. Böylece ince cidarlı döküm parçalarında da kalıbın içinde metal üzerine basınç üniform dağılır. Yalnızca basınç ile birbirine bağlı olan, birbirinden ayrı iki pistonu olan multiplikatör sisteminden farklı olarak önceden doldurma sisteminin sadece bir pistonu vardır. Hız pistonunun çapı daha küçüktür ve bu nedenle de daha büyük üst hız değerine ulaşabilir: 3-7 m/s. Bu tip makinalarda, basıncın sürekliliği ve kalıpta akışının hızının düzenliliğinin sağlanması zor olmaktadır. Bunu engellemek için basınç odasına düşük atü değerinde bir basınç uygulanır. Basıncıta dalgalanmalar bu işlem olmadan giderilemez. Önceden doldurma vanasının basınç değiştirme süresi çok kısa tutulmalıdır. Bu süre genellikle $10-20 \text{ s}^{-3}$ ile sınırlıdır. Basıncı odası üzerinde boşluk oluşumu özellikle yüksek piston hızlarında artar. Bu sistem, dökümde çok yüksek basınç kullanılmasına izin verir.

Aşama sayıları makina yapımcıları tarafından arttırılarak değişik sonuçlar alınmıştır.

Tek aşamalı makinalarda piston kolunun harekete başlanmasının hemen ardından hız değeri, en üst değerine yükselmeye başlar. İki aşamalı makinalarda metalin içeri döküldüğü

girişin de doldurulmasına dek hız frenlenir. Böylece metalin döküldüğü girişten dışarı sıçraması önlenir. Üç aşamalı makinalarda, iki aşamalı sistemden ve kalıp boşluğunun dolmasının tamamlanmasından sonra uygulanan son basıncın artırılmasından oluşmaktadır. Bu son basınç, yüksek basınç pompasının devreye sokulmasıyla, multiplikâtörün devreye sokulmasıyla ya da “önceden doldurma” sisteminde, büyük pistonun arkasındaki plakanın bir sistemle hareket ettirilmesiyle elde edilebilir. Dört aşamalı makinalarda, kalıp boşluğunun yavaş ya da hızlı %80-90’i doldurulunca, pistonu hareket mesafesinin son 50-80 mm sinde basınç ve piston hızı, yüksek basınç mekanizmasının devreye sokulmasıyla artırılır.



Şekil 5.3 Alüminyum ile yapılan basınçlı dökümde zaman – basınç (a) ve zaman -piston kolunun yüksekliği (b) değerleri*. A vakumsuz, B vakumlu.

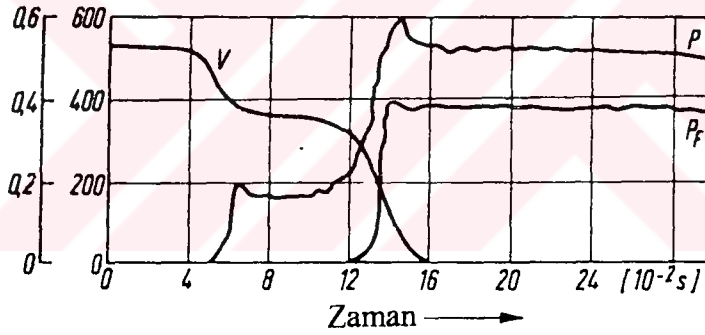
Tüm sistemler için zorunluluk ergimiş metal mümkün olduğunca girdapsız bir şekilde yolluk girişine ulaştıktan sonra, kalıp boşluğu basınç düşürülmeden hızlıca doldurulmalıdır. Bu işlemde basınç odasının her yerinin eşit şekilde doldurulması ön koşuldur. Şekil 5.3 A deneysel olarak elde edilen bir eğriyi göstermektedir: İlk üst değer çok belirgindir. Bu değer piston hızının gecikmesiyle düşer ve metalin yolluk girişine ulaştığını haber verir. Bir sonraki aşama, kalıbın dolmasını göstermektedir: Piston durana kadar daha düşük bir hızla hareket eder ve basınç yine maksimuma ulaşır. Şekil 5.3 B’ de bu deneysel olarak elde edilmiş eğri tablosu, fakat havası boşaltılmış bir kalıp boşluğunun dolması için. Kalıp boşluğunda bir direncin olmaması, eğri üzerinde açıkça görülebilmektedir. Şekil 5.3 B’ de kalıbın dolma süresi, Şekil 5.3 A’ dakinin 1/3’ü kadardır. Kalıp boşluğunun yolluk girişine kadar doldurulmasında en üst değer daha düşüktür. Ergimiş metalin içeri giriş hızı aynı koşullar altında daima daha yüksektir. Bu durum, vakumda daha ince etli ve büyük alanlı döküm parçalarının üretilebileceğini gösterir. Basınç pistonunun çapı büyütülebilir ve makinenin

* H.K.Barton technical papers Detroit.

üretim kapasitesi artar. Kalıbın, daha yüksek bir hız kazanan ergimiş metal dolayısıyla daha çok ısınması durumunda daha güçlü bir soğutmaya ve daha uzun bir bekletme süresine ihtiyaç olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

5.3. Dikey Soğuk Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Kalıp Boşluğunun Doldurulma Aşamaları

Soğuk kamaralı makinada döküm işleminin diyagramı Şekil 5.4'de gösterilmektedir. Deneme kalıbının et kalınlığı 3,8 mm, yolluk girişi kesiti $24,4 \text{ mm}^2$, yolluk girişi kalınlığı 1,1 mm, metal sıcaklığı 660 C° , kalıp sıcaklığı başlangıçta 30 C° , akümülatörde basınç başlangıçta 118 kp/cm^2 , pres sırasında 110 kp/cm^2 'ye düşer. Bu denemede basınç pistonunun hızı v (m/s)'nin zamanla ilişkisi kaydedilmiştir. Pres pistonu P altındaki basınç ve kalıp P_f içindeki basınç, geçici bir süre için döküm basıncının hidrodinamikten hidrostatitiğe yükseldiğini göstermektedir. Kalıp boşluğundaki hidrostatik basıncın yüksekliği metal donduğunda hiçbir anlamı kalmaz, çünkü makina bloke olmuştur.

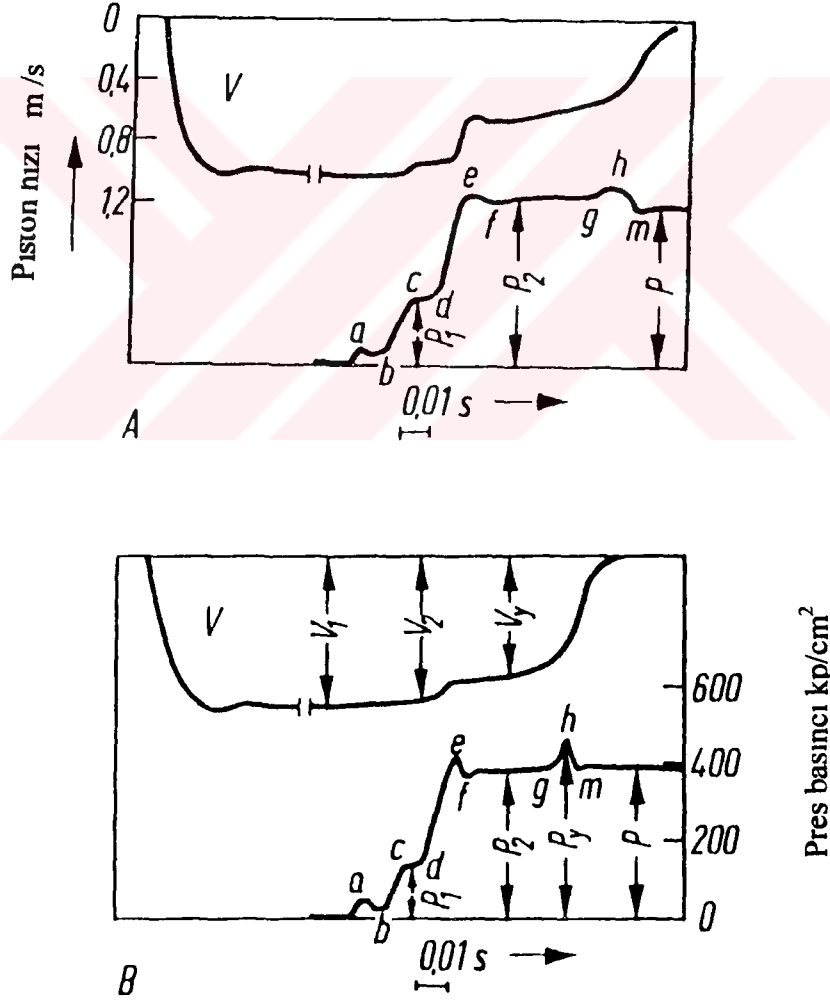


Şekil 5.4 Dikey soğuk kamara makinesinde U şeklinde kalıp boşluğu olan bir deneme kalıbında zaman basınç değişimi. (Czu Son Juan)

| | | |
|----------------|-------------------------------|--------------------|
| P | zamana bağlı presleme basıncı | kp/cm ² |
| P _f | kalıp içindeki basınç | kp/cm ² |
| v | pres pistonu hızı | m/s |

Başka bir döküm parçasıyla havası alınmış ve alınmamış kalıp boşluklarında denemeler yapıldı. Pres pistonunun hızı v (m/s) ve içeri presleme basıncı (kp/cm²) kaydedilmiştir. Şekil 5.5 A vakumsuz, Şekil 5.5 B 500 ...600 mm QS olarak havası boşaltılmış durumu göstermektedir. Basınç eğrisi üzerinde a , pres pistonunun metalle temas ettiği andır, b noktasında döküm yolluğun dolumu başlar ve c noktasına kadar ulaşır, buradan itibaren e noktasına hızlı bir basınç artışı başlar. e noktasında dar bir yolluk girişinden kalıp boşluğunun dolumu başlar. f noktasında hafif bir basınç düşüşünden sonra, kalıp boşluğunun dolumu

P_2 'lik bir basınçla başlar ve basınç g noktasına kadar bu değerde kalır. Ardından h noktasına kadar hafifi bir basınç artışı oluşur ve basınç bir m noktasına kadar düşer, birkaç dalgalanmadan sonra da statik P basıncına dönüşür. Hız eğrileri basınç eğrilerinin üzerindedir. v_1 içeri presleme başlamadan önceki; v_2 döküm yolluğunun dolumu sırasındaki ve v_3 de kalıp boşluğunun dolumu sırasındaki piston hızıdır. Havaşı alınmış kalıpta doluma (e) kadar olan basıncın (P_1) biraz daha düşük olduğunu görüyoruz. Havaşı alınmış kalıpta belirgin bir basınç düşüşü (f) gözlenmektedir. Havaşı alınmamış kalıpta bu düşüş sıcak hava dolayısıyla amortize olmuştur. Kalıp dolumu havaşı alınmış bir kalıpta daha düşük bir basınçla (P_2) olmaktadır ve bu basınç h noktasında en üst değerine ulaşır. Bu uç değer sıcak gazlara ve yarattıkları karşıt basınca bağlanabilir. Pres pistonunun hızı, havaşı alınmış kalıplarda biraz daha yüksek olmaktadır ve dolum sonundaki hız düşüşü daha diktir.

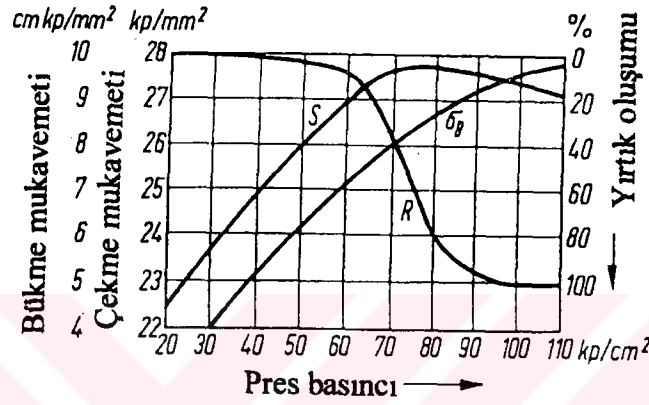


Şekil 5.5 Dikey soğuk kamara makinesinde pres piston hızının v (m/s) ve presleme basıncının P (kp/cm²) karakteristik eğrileri. Bir kalıpta 2 adet kapı kolu dökülmüştür.

A vakumsuz, B 500 ...600 mm QS değerinde vakumla.

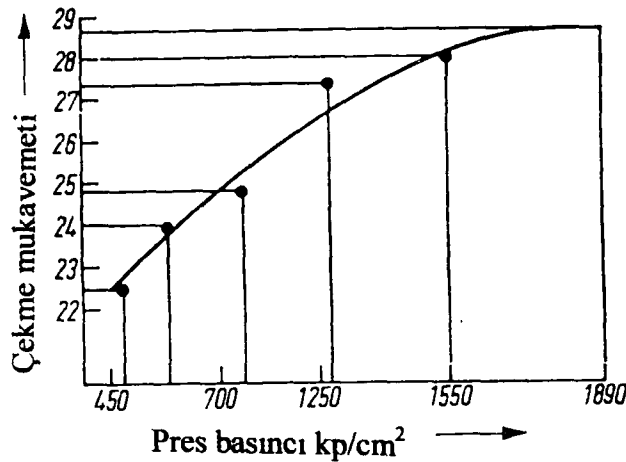
5.4. Mukavemet Özelliklerinin Etkilenmesi

Çinko alaşımları için pres basıncının mekanik özelliklere etkisi Şekil 5.6'da görülmektedir. Yüksek basınçta darbe dayanıcı düşerken kopma mukavemeti artmaktadır. Soğuk kamara makinalarında dökülmüş parçalar, sıcak kamara makinalarında dökülen parçalardan daha çok etkilenmektedir. Döküm parçalarından çekme numuneleri kesilmiş ve denenmiştir. Al Si 8 Cu alüminyum alaşımı için yolluk girişinden uzaklaştıkça çekme mukavemetinin gittikçe azaldığı tespit edilmiştir.



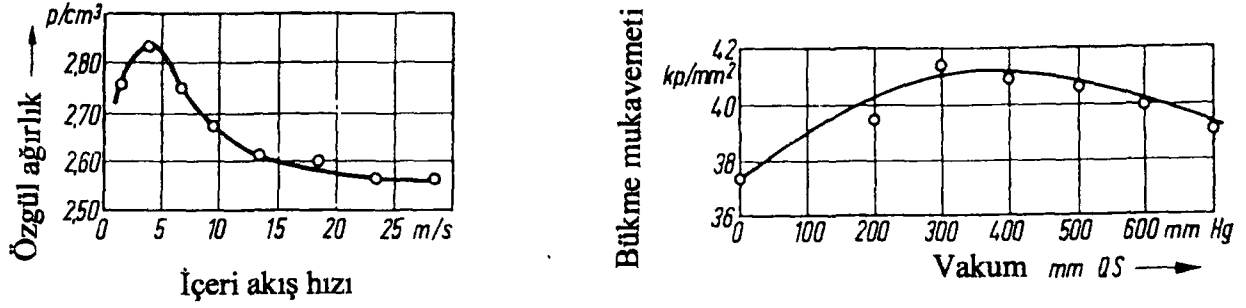
Şekil 5.6 Kalıp sıcaklığı 200 C° ve metal sıcaklığı 410 C° iken, çinko alaşımı GD Zn Al 4'ün mekanik özelliklerinin presleme basıncı ile değişimi. (A.Burkhardt, Technologie der Zinklegierung, Berlin)

Şekil 5.7'de çekme mukavemetinin içeri presleme basıncıyla orantısını göstermektedir. En ideal basınç değeri olarak 1000 kp/cm² önerilmektedir. Basıncın bu değerin üzerine çıkartıldığı durumlarda, mukavemetin yalnızca çok az ölçüde arttığı saptanmıştır. Fakat yukarıda belirtilen değere kadar mukavemet, basınç yoğunluğu , yüzey kalitesi hızla artmıştır.



Şekil 5.7 Presleme basıncına bağlı çekme mukavemeti (Giessereitechnik)

Ergimiş metalin kalıba giriş hızının özgül ağırlık üzerindeki etkisini görmek üzere kalın cidarlı ve basit şekilli döküm parçaları için piston hızı 0,05-0,85 m/s, metalin kalıp boşluğuna giriş hızı 3 m/s tutularak deneyler yapılmıştır. Şekil 5.8 buna ait diyagramı göstermektedir. Sıvı metalin kalıp boşluğuna girdiği ideal hızın 5 m/s olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.8 İçeri akış hızına bağlı özgül ağırlık. 3 m/s'lik bir içeri akış hızında kalıp dolumu iyi olmamaktadır, 6-7 m/s'de porozite çok artmıştır. (Gorskij, Iitejnoe proizvodstvo)

6. YOLLUK BOYUTLARININ BELİRLENMESİ

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

Formüller ve nomogramlardan hesaplanan değerler genellikle çok farklı çıkmaktadır. Bazı hesap yöntemlerinde metalin katı faza geçmesi için gerekli olan süre ana değişken olarak alınmaktadır. Amerikan Araştırma enst. yaptığı çalışmaların sonucunda da zamanın ana değişken olarak alınabileceğini belirtilmektedir. Zamana bağlı formül:

$$f \cdot v = V/t, \text{ ya da} \quad (6.1)$$

$$f = V/(t \cdot v) \text{ olarak verilmiştir. Bu denklem} \quad (6.2)$$

$$V = (2gP/\gamma)^{0.5} \quad (6.3)$$

denklemleri ile bağlanırsa yolluk giriş kesiti (f) bulunur. Yolluk giriş kesiti ergiyik metalin akışı esnasında açık kalmak zorunda olduğundan, kalıp dolma 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 katılma aralığı küçüldükçe süre azalır. F.W. Rearwin A.B.D.'deki Basınçlı Döküm Mühendisleri Birliği adına yaptığı deneyler sonucunda Çizelge 6.1'deki bilgileri açıklamıştır.

Parça için maksimum katılma süresi çizelge 6.1'den yararlanılarak bulunabilir. Kalıbın dolma süresi ile maksimum katılma süresinden yararlanılarak yolluk girişi kesiti aşağıda verilen formülden hesaplanabilir.

$$F = O \cdot a_1 \cdot V \cdot (t_2 - t_1) / [G \cdot c \cdot v \cdot (t_1 - t_2)] \quad (\text{cm}^2) \quad (6.4)$$

$$f = O \cdot a_1 \cdot (t_2 - t_1) / [c \cdot v \cdot \gamma(t_1 - t_2)] \quad (\text{cm}^2) \quad (6.5)$$

| | | |
|---|---------------|-----------------|
| f | yolluk kesiti | cm ² |
|---|---------------|-----------------|

| | | |
|---|-----------------|----|
| t | döküm sıcaklığı | °C |
|---|-----------------|----|

| | | |
|----------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| t_1 | katı faza geçiş sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| t_2 | kalıbın sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ |
| a_1 | ısı çevrim sabiti | $\text{cal}/\text{cm}^2\text{s}^{\circ}\text{C}$ |
| 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 | $\text{cal}/\text{p}^{\circ}\text{C}$ |
| γ | özgül ağırlık | p/cm^3 |
| G | döküm parçasının ağırlığı | p |

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

Çizelge 6.1 Alüminyum alaşımlarının et kalınlığına bağlı olarak katı faza geçme süreleri

| 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 |

Çizelge 6.2 Sıvı metalin yolluk girişindeki ideal hız aralığı (Warren J.Wells. A.C. Spark Plug Corp.)

| | |
|----------------------|------------|
| Çinko alaşımları | 7.5-23 m/s |
| Alüminyum alaşımları | 15-45 m/s |
| Magnezyum alaşımları | 30-60 m/s |

Bu değerler enjeksiyon presinin özelliklerine göre de değişiklikler gösterebilir. En çok rastlanan yolluk giriş kesitleri çinko alaşımları için 0.4-1.8mm, alüminyum alaşımları için 0.5-2 mm 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 , büyük çekirdekli zor döküm parçalarında et kalınlığının 1/2 – 2/3 , çok çekirdekli zor döküm parçalarında et kalınlığının 1/2 si kadardır.

6.1. Sıcak Kamara Basıncılı Döküm Preslerinde Nomogram Yardımı ile Yolluk Girişi Tespitleri

S. Smith hazırladığı nomogramından (şekil 6.1), döküm parçasının özelliklerinden yararlanılarak yaklaşık yolluk kesiti tespit edilebilmektedir.

6.1.1. S. Smith Nomogramı

Döküm parçasının yüzey kalitesi özelliklerine göre A,B,C,D kolonlarından birinden paramızın en kk 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 cm^2 olarak tespit edilir. Kalıbın çok gzl 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.

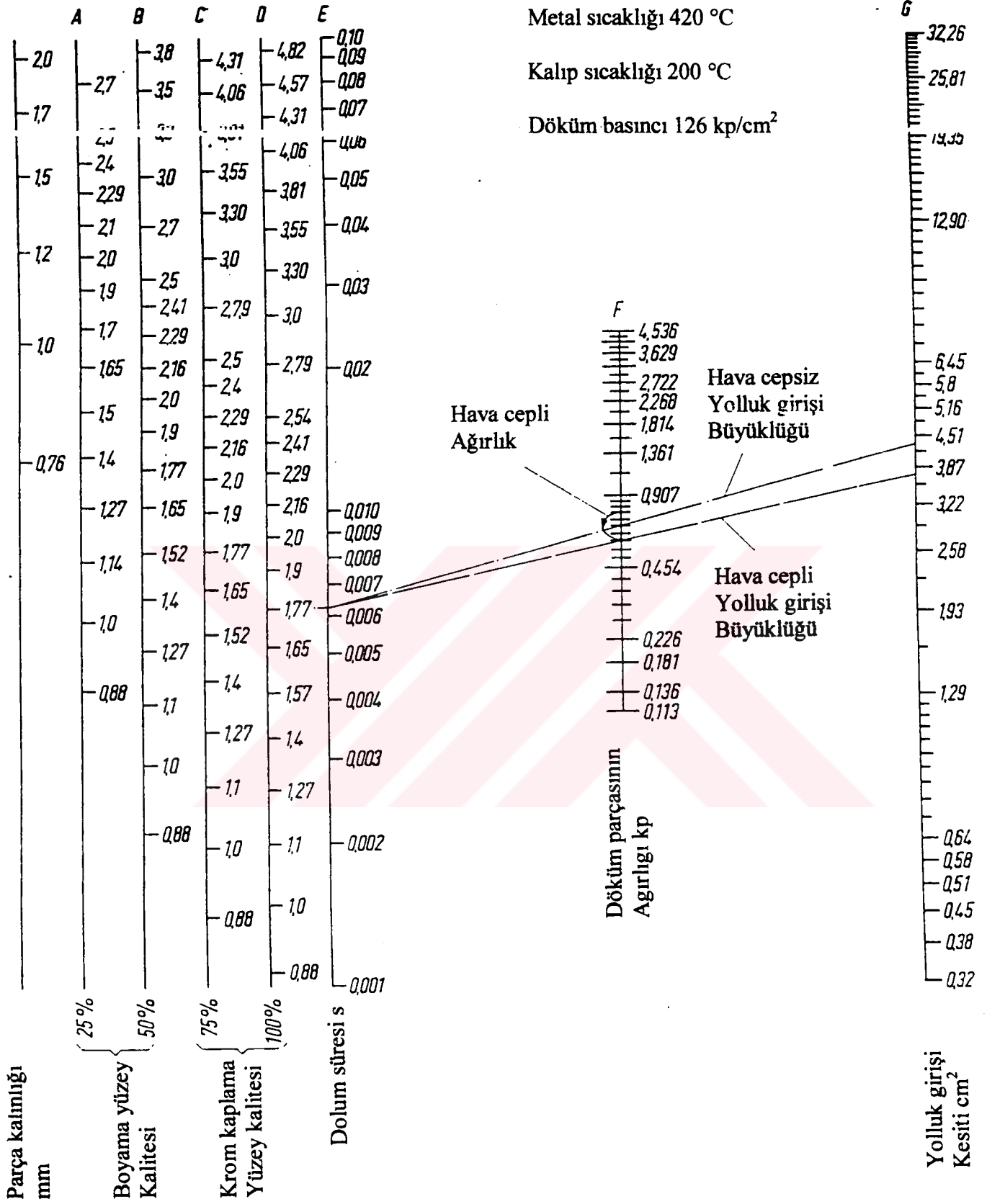
6.1.2. DCRF ve SDCE Nomogramları

A.B.D ve İngiltere’de kullanılan iki popüler hesaplama DCRF ve SDCE sistemleridir. SDCE sistemi özel bir döküm için optimum dolum süresinin kanal alanının, piston çapının ve piston hızının hesaplanması amacıyla kullanılmaktadır. DCRF sistemi nomogram formundadır.

SDCE’ nin bir tarafı, kalıp boşluğu alanı ve kalıp açma gücüne giden metal basıncı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. SDCE sistemi temel olarak ince cidarlı parçaların dökümlerinde uygulanmaktadır. Kalın cidarlı dökümleri (5 mm’den daha kalın) metot için uygun olmayabilir. DCRF nomogramları normal boyuttaki mekanik son döküm bölgeleri için tasarlanmıştır.

Metal sıcaklığı 420 °C

Kalıp sıcaklığı 200 °C

Döküm basıncı 126 kp/cm²

Parçanın yüzey kalitesi - cidar kalınlığı

Şekil 6.1 S.Smith hazırladığı nomogram

Krom kaplama kalitesinde zamak parça üretimi yapan ADCI-DCRF' nin üyeleri deneyimlerinin sonucunda DCRF nomogramıyla bulunan dolum süresinde yaklaşık %60 oranında bir ayarlama yapılması gerektiğini ortaya çıkarmışlardır. Bir takım döküm şirketleri kanal alanını her iki metotla hesaplamakta ve ikisinin ortalamasını almaktadır. Motor blokları ve aktarım muhafazaları gibi çok geniş alüminyum dökümleri için kullanılabilir dolum süresi nomogram ile gösterilenin birkaç katına çıkarılabilir.

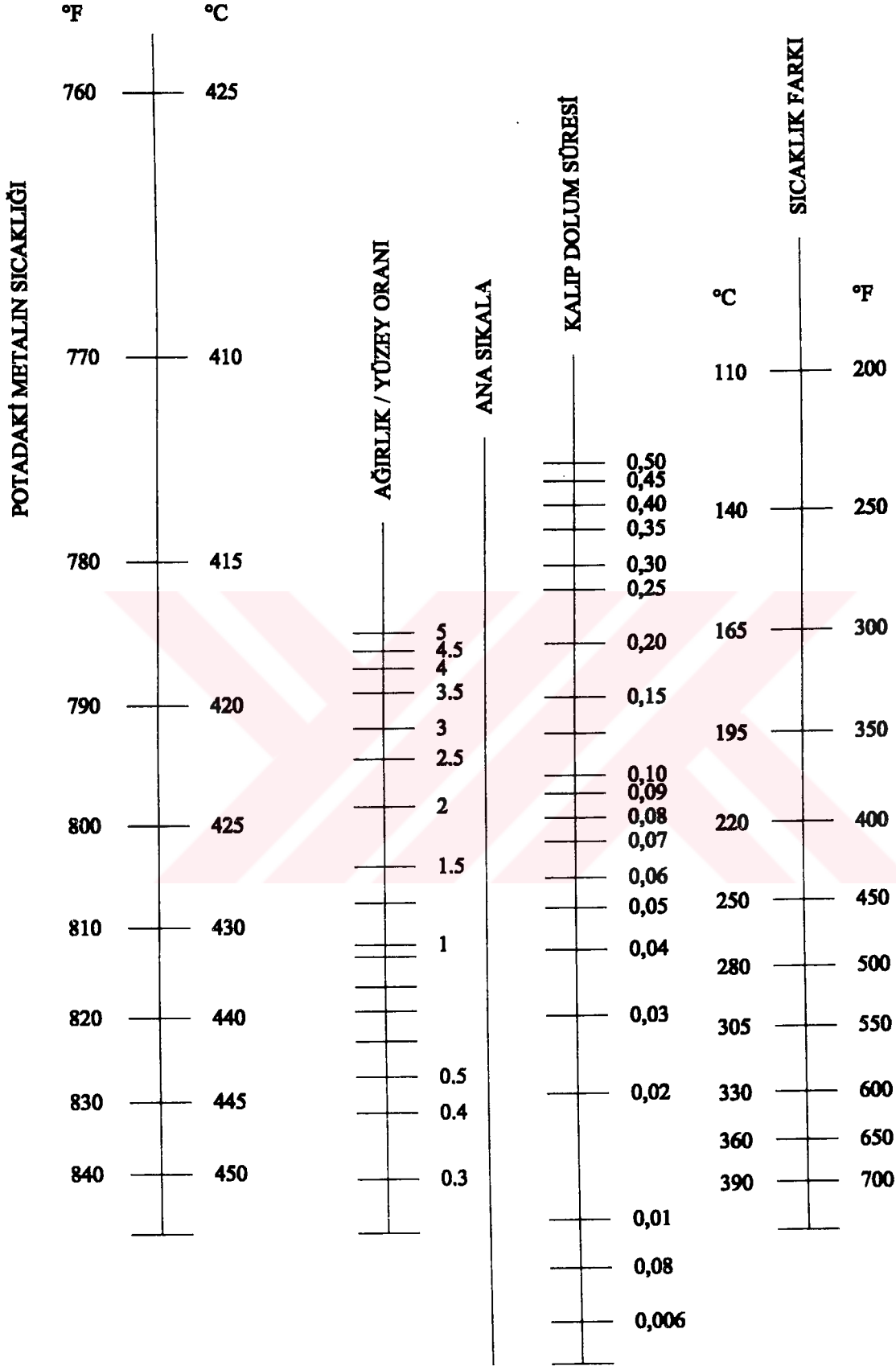
Kullanımı sürgülü hesap cetvellerinden daha güç olmasına karşın, çalışma kağıtlarını bir araya getiren SDCE ve DCRF verilerin ve hesaplamaların sürekli bir kaydının tutulması avantajını sağlamaktadır.

DCRF çalışma kağıtları J.F. Wallace ve D. Lindsey tarafından yapılan araştırmalara ve Bennet tarafından çizilen şemaya dayandırılmaktadır. Zamak 3 için bir dizi çalışma kağıdı Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'de gösterilmiştir. Ayrıca, alüminyum ve magnezyum kalıp dökümü alaşımları için de çalışma kağıtları mevcuttur. Optimum dolum süresinin bulunması için Şekil 6.2 kullanılmaktadır. Dolum süresi belirlendikten sonra, yolluk girişi alanının ve piston hızının hesaplanmasında Şekil 6.3 kullanılmaktadır.

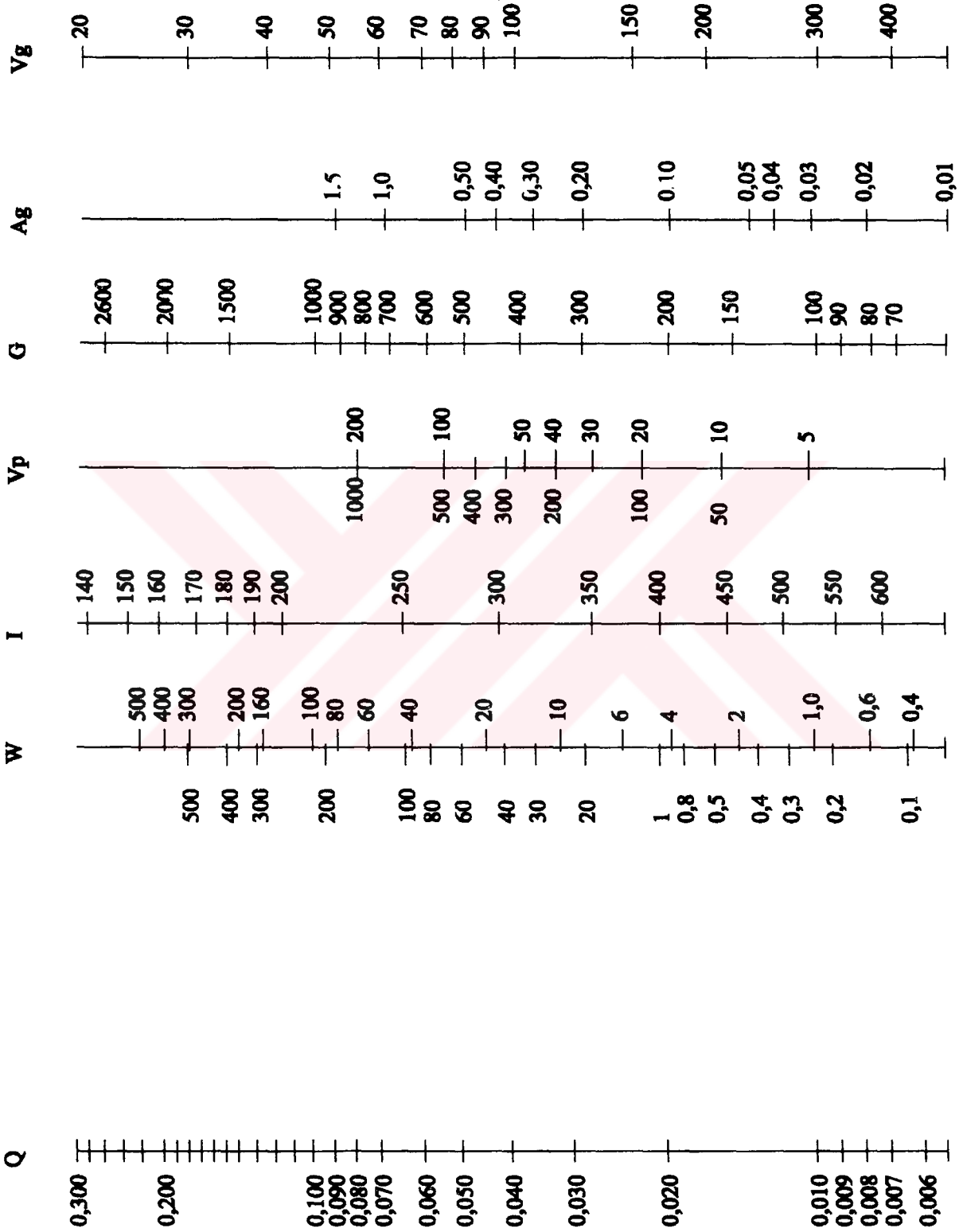
6.1.2.1 DCRF Nomogramı

Potadaki metalin ısısı Şekil 6.2'deki sol dikey çizgide işaretlenir. Döküm parçasının ağırlığı 144 faktörüyle çarpılarak inç kare cinsinden kendi toplam yüzey alanına bölünür. Çıkan sonuç ikinci skala üzerinde işaretlenir. Ardından, bu iki noktadan "Ana skala"ya giden bir doğru çizilir. Sonra, metal ile kalıp sıcaklığı arasındaki fark sağ skalaya işaretlenir. Bu noktadan ana skalaya giden bir doğru çizilir. Maksimum dolum süresi düşey dolum süresi skalasıyla çizilen doğrunun keşildiği noktadan okunan değerdir. Bunun maksimum süre olduğu ve kalıbın bu hesaplanan sürede ya da bundan daha az sürede doldurulması halinde iyi bir dökümün elde edilebileceğine dikkat edilmelidir.

Yolluk girişi boyutlarının elde edilmesi için Şekil 6.3'de gösterilen çalışma kağıdındaki maksimum dolum süresi değeri kullanılmaktadır. Şekil 6.2'den alınmış olan dolum süresi sol skalaya işaretlenir ve parçanın ağırlığı yolluk dışarıda bırakılarak + beslemelerin toplam ağırlığı; diğer deyişle yolluk girişinden geçen metal miktarı, ikinci skalaya işaretlenir. Bu iki noktadan geçerek ana skalaya giden bir doğru çizilir.



Şekil 6.2 Optimum dolum süresinin bulunması için kullanılan DCRF nomogramı



Şekil 6.3 Yolluk girişi alanının ve piston hızının hesaplanmasında kullanılan DCRF nomogramı

Sağdan başlanarak yolluk girişinde beklenen metal hızı işaretlenir ve yolluk girişi kesitinin alanının elde edilmesi için ana skaladaki noktayla birleştirilir. 100 feet/saniye kanal hızı olduğunu varsaymaktadır.

Yolluk girişi kesiti hesaplandıktan sonra, girişin genişliğinin elde edilmesi gerekmektedir. Çoğu zaman kalıp tasarımcısı, kalınlığı 0.6 mm bırakır ve ardından kanal uzunluğunu hesaplar. Eğer dökümün boyutları kanalın boyunun imal edilmesine engel teşkil ederse kanal kalınlığı ile oynamak yerine dolum hızının ayarlanması ile uğraşılmalıdır. Kalın tutulan yolluk girişleri parçanın imalinden sonra iz bırakarak kırılmakta parçanın yüzey kalitesini düşürmektedir.

DCRF nomogramı, aynı zamanda piston hızının hesaplanmasını da sağlamaktadır. Piston çapı skalaya işaretlenir ve buradan ana skalada işaretlenmiş olan noktaya bir doğru çizilir. Piston hızı doğrusunu kesen noktadan hız okunur. Doğrunun sol tarafı Feet/dakika, sağ tarafı inç/saniyedir.

Dolum süresinin hesaplanmasında kullanılan DCRF nomogramları Lindsey ve Wallace tarafından geliştirilen aşağıdaki denklemlere dayandırılmaktadır:

Alüminyum alaşımlar için:

$$t_o = 0.59(W/A)(T_g - T_{liq}) / (T_g - T_d) \quad (6.6)$$

Çinko alaşımları için:

$$t_o = 0.28(W/A)(T_g - T_{liq}) / (T_g - T_d) \quad (6.7)$$

| | | |
|-----------|----------------------------------------|-----------------|
| t_o | Optimum dolum süresi, | s |
| T_g | Yolluk girişindeki metal sıcaklığı, | °F |
| T_{liq} | Metalin ergimi sıcaklığı, | °F |
| T_d | Kalıp çekirdeğinin ortalama sıcaklığı, | °F |
| W | parçanın ağırlığı, | lb |
| A | Parçanın alanı, | ft ² |

6.1.2.2 SDCE Nomogramı

SDCE optimum dolum süresi hesaplamasını DCRF'den farklı sabitler kullanan aşağıdaki denkleme dayandırmaktadır:

$$t_o = 0,87.T.(T_g - T_{liq} + 115)/(T_g - T_d) \quad (6.8)$$

| | | |
|-----------|----------------------------------------|----|
| t_o | Optimum dolum süresi, | s |
| T_g | Yolluk girişindeki metal sıcaklığı, | °F |
| T_{liq} | Metalin ergimi sıcaklığı, | °F |
| T_d | Kalıp çekirdeğinin ortalama sıcaklığı, | °F |
| T | dökümdeki en ince duvar kalınlığı | |

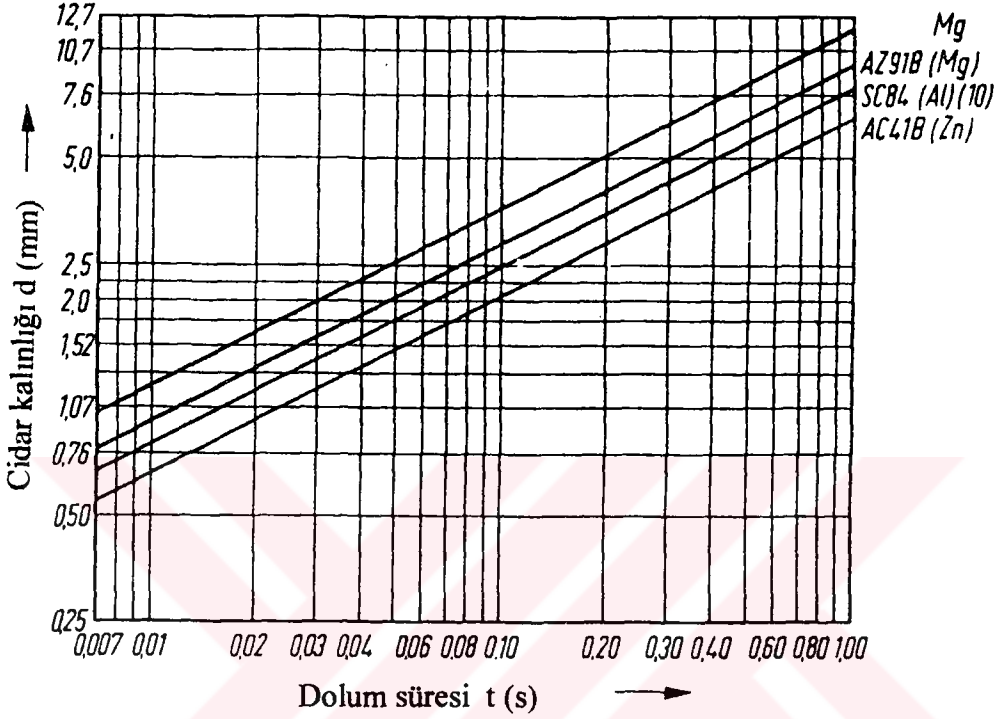
Metalin kalıp boşluğuna giriş hızını parçanın et kalınlığına bağlı aşağıdaki çizelgeden elde edebiliriz.

Çizelge 6.3 SDCE tarafından önerilen metalin yolluk girişindeki hızları

| Parçanın en ince kesit kalınlığı | | Metalin yolluk girişindeki hızı | |
|----------------------------------|-------------|---------------------------------|-------|
| in. | mm. | ft/s | m/s |
| 0.03 | 0.762 | 150-180 | 46-55 |
| 0.050-0.060 | 1.270-1.525 | 140-170 | 43-52 |
| 0.075-0.090 | 1.905-2.286 | 130-160 | 40-49 |
| 0.100-0.110 | 2.540-2.794 | 120-150 | 37-46 |
| 0.125-0.150 | 2.858-3.810 | 110-140 | 34-43 |
| 0.180-0.200 | 4.650-5.080 | 100-130 | 31-40 |
| 0.250 | 6.350 | 90-115 | 28-35 |

6.2. Soğuk Kamara Basınçlı Döküm Preslerinde Nomogram Yardımı ile Yolluk Girişi Tespitleri

Soğuk kamara metal enjeksiyon preslerinde yolluk girişinin tespiti için sonuç alınabilen ilk nomogram Foster C. Benett tarafından oluşturulmuştur. Doldurma süresi parçanın et kalınlığına bağlıdır (Şekil 6.4).

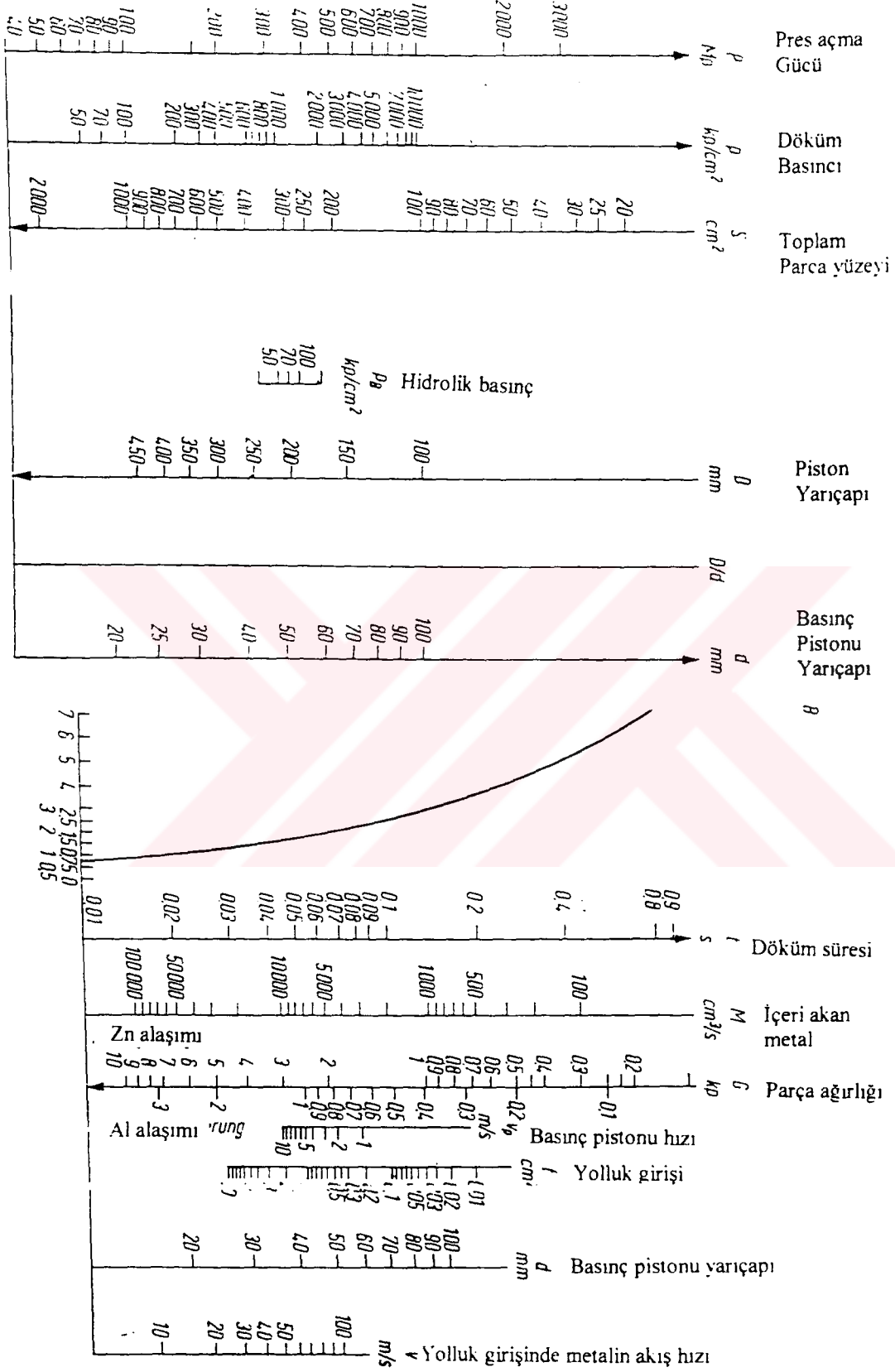


Şekil 6.4 farklı malzemeler için et kalınlığına bağlı kalıp dolum süreleri

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.

6.2.1. Foster C. Benett Nomogramı

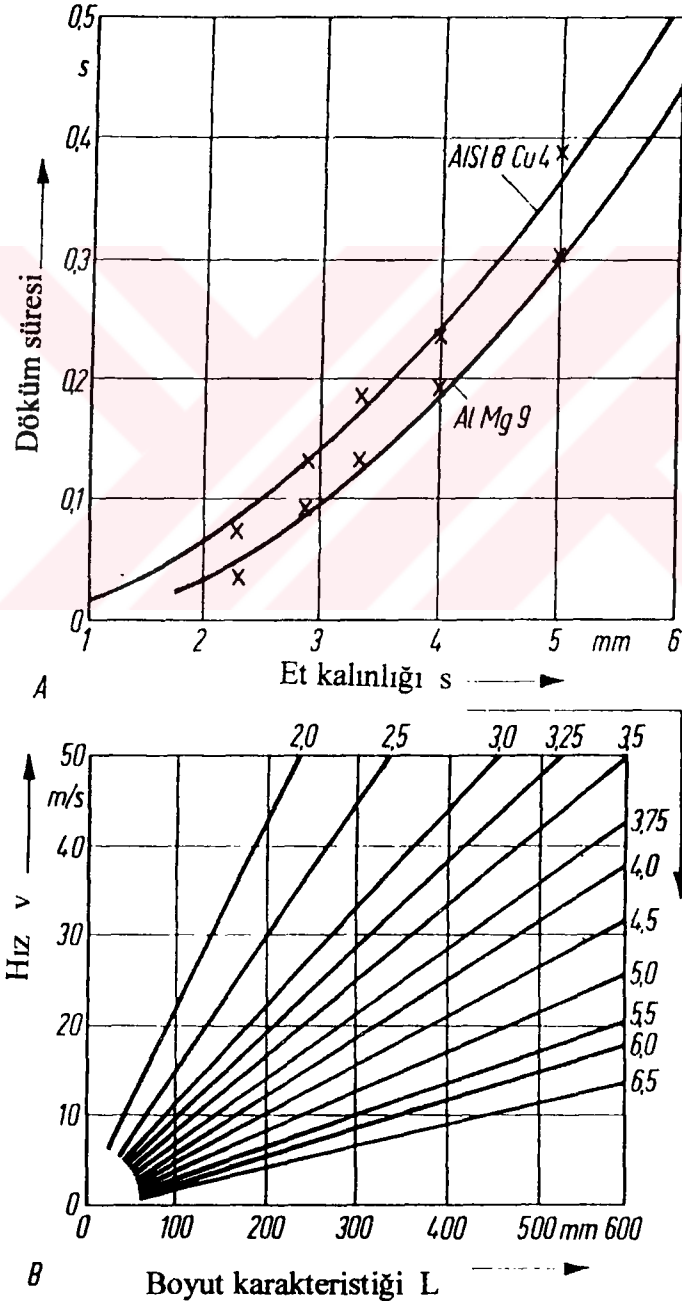
(Şekil 6.5) Kalıp boşluğu yüzeyi skalası “S” işaretlenir. “p” Skalasından döküm esnasında uygulanacak basınç seçilir. Bu iki nokta bir doğru ile birleştirilir. Bu doğrunun “P” skalasını kestiği noktadan baskı gücü bulunur. “pB” işlem esnasındaki basınç skalasından uygun değeri gösteren nokta seçilir. 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



Şekil 6.5 Foster C. Benett nomogramı.

gösteren nokta bir doğru ile birleştirilir. "G" skalasının solu çinko sağı 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 değer 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.

6.2.2. Skoda üretim tesislerinde oluşturulan eğriler



Şekil 6.6 . Skoda üretim tesislerinde yapılan çalışmalar sonucunda dolum süresi ve cidar kalınlığı arasındaki bağıntıyı gösteren diyagramlar.

Rusya'da da yolluk girişinin tespiti için çalışmalar yapılmıştır. Skoda üretim tesislerinde yapılan çalışmalar sonucunda dolum süresi ve cidar kalınlığı arasındaki bağıntıyı bir diyagram haline getirmişlerdir. Deney için özellikle otomotiv yan sanayinde kullanılan alaşımlar seçilmiştir [AlSi8Cu4 ,(% 8.5 Si, %3-4 Cu, %0.35-0.45 Mn, %0.1 Mg, %0.9 Zn, %0.6 Fe) AlMg9,(% 0.6 Si, %0.05 Cu, %0.2-0.6 Mn, %7-10 Mg, %2 Zn, %0.5 Fe)]. Şekil 6.6'daki eğrilerden görüleceği gibi alaşımların farklı katılma noktaları nedeni ile kalıp dolma süreleri farklı çıkmıştır. AlSi8Cu4 özellikle sızdırmazlığın çok önemli faktör olmadığı parçalarda uygun görülmüş, 0.02 s kalıp dolumundan sonra kalıp boşluğundan çıkamayan havayı parça içinde olabilecek en küçük hacme hapsedmek için dolumdan hemen sonra sıkıştırma basıncı uygulanmıştır.

Uluslararası Kurşun - Çinko Araştırma Organizasyonu (ILZRO) geniş ve ince cidarlı parçaların döküm işlemi konusunda "Battelle Memorial Institute" da yürütülen bir araştırma programının sponsorluğunu üstlenmiştir. Burada oldukça uzun yolluk girişine gereksinim duyan ve yolluk girişinde büyük ölçüde basınç düşüşüne uğrayarak ergiyik metalin kalıp boşluğuna girdiği parçalar için genel bir prosedür geliştirilmiştir. Özellikle birden fazla yolluk girişi olan veya bir ucunda yolluk girişi diğer ucunda hava cebi olan döküm parçaları seçilmiştir.

6.3. Frommer'in Teorik Hesapları

Frommer'e göre ideal döküm parçasının elde edilmesini sağlayacak yolluk girişi kalınlığı parçanın et kalınlığının $\frac{1}{4}$ ü kadardır. Yolluk girişinin genişliği ise aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$b = G / (t \cdot v \cdot h \cdot \gamma) \quad (6.9)$$

| | | |
|----------|--------------------------------------------|-------------------|
| v | ergimiş metalin kalıp boşluğuna giriş hızı | cm/s |
| b | yolluk girişinin genişliği | mm |
| γ | özgül ağırlık | p/cm ³ |
| G | döküm parçasının ağırlığı | p |
| h | yolluk girişinin kalınlığı | mm |
| s | et kalınlığı | mm |
| t | doldurma süresi | s |

Czu Son Juan, yatay soğuk kamara makinası için doldurma aşamalarını detaylı olarak incelemiştir. Çalışmalarından sonucunda elde ettiği bilgileri derlediğinde ortaya çıkan sonuç;

| | | |
|---------------------------------|------|---------|
| Küçük parçalar için | 0.06 | sn |
| Orta büyüklükteki parçalar için | 0.1 | sn |
| Büyük parçalar için | 0.12 | sn'dir. |

Geliştirdiği yolluk girişi hesaplanması yöntemi :

$$v = \varphi r . k_1 . (2 . g . k_2 . p / \gamma)^{0.5} \quad (6.10)$$

| | | |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| v | metalin kalıp içindeki hızı | |
| φr | metalin hız sabiti | 0.374 |
| t | döküm sıcaklığı | °C |
| k_1 | kayıplar için düzeltme değeri | |
| k_2 | maksimum statik basınç pistonu tarafından uygulanan statik basıncından faydalanılarak kalıbın doldurulmasındaki basıncı bulmaya yarayan sabit | |
| v | ergimiş metalin kalıp boşluğuna giriş hızı | m/s |
| p | maksimum döküm basıncı | kp/m ² |
| γ | özgül ağırlık | p/m ³ |

“ k_1 ” sabiti piston hızına ve sıcaklık değişimlerin bağlıdır.

Çizelge 6.4 Piston hızların göre k_1 değerleri

| Piston hızı m/s | k_1 |
|-----------------|-------|
| 0.8 – 1.1 | 0.55 |
| 0.5 – 0.8 | 0.6 |
| < 0.5 | 0.65 |

“ k_2 ”maksimum statik basınç pistonu tarafından uygulanan statik basıncından faydalanılarak kalıbın doldurulmasındaki basıncı bulmaya yarar.

| | | |
|-------------|-------------------|------------------------------|
| $f_1/f > 1$ | $k_2 = 0.30-0.34$ | |
| $f_1/f = 1$ | $k_2 = 0.26-0.28$ | |
| $f_1/f < 1$ | $k_2 = 0.22-0.24$ | (uygun olmayan bir orantı) |

| | | |
|-------|-----------------------------------------------------|---------------|
| f_1 | metalın ilk harekete başladığı yerdeki giriş kesiti | cm^2 |
| f | yolluk girişı kesiti | cm^2 |



7.YOLLUK SİSTEMİ TASARIMI

İdeal döküm yolluğu yolluk kanalları ve yolluk girişi, döküm parçası üzerinde olabildiğince az iz bırakmalı, hızlı bir akışla içeri giren sıvı metalin düzenli ve eşit bir biçimde kalıp boşluğunda yol almasını ve metalin kalıp boşluğunu olabildiğince iyi doldurmasını sağlamalıdır.

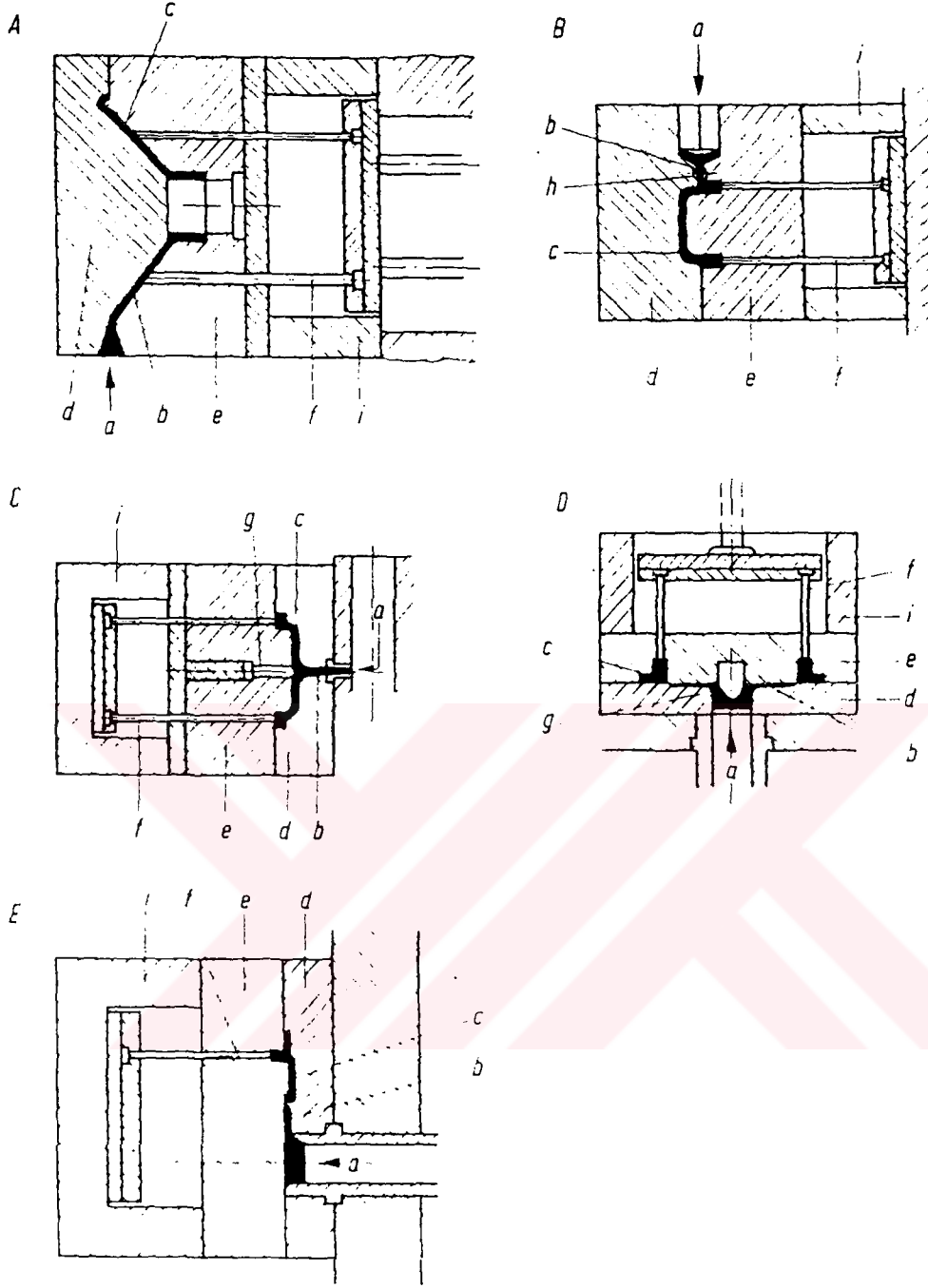
7.1.Döküm memeleri ve yollukları

Yollukları temel iki türe ayırabiliriz:

1. parçalı yolluklar
2. yekpare yolluklar

Şekil 7.1 farklı yolluk türlerini ve ait oldukları makinaları göstermektedir. Parçalı yollukta da sıvı metal, hareketli, üzerine bastırılabilir bir torpidodan ya da doğrudan kalıba monte edilmiş pres silindirinden geçerek kısa bir meme içinden kalıp boşluğuna girer. Sıcak kamara basınçlı döküm presinde makinanın torpidosu ve meme birbirine bastırılır. Dökülen alaşımın türüne göre araya sızdırmazlık elemanı konulabilir. Sızdırmazlık elemanı yalnızca düşük sıcaklıkta eriyen metallerde uygulanabilir. Memede metalin geçtiği deliğin çapı daima torpidonun deliğinin çapından daha küçük olmalıdır. 4 mm çapından küçük memelerin kullanılması tavsiye edilmez. Yüksek sıcaklıkta eriyen alaşımlarda 10 mm çapından küçük meme kullanılmamalıdır. Yekpare yolluk doğrudan döküm parçası üzerine yerleştirilebilir. Böylece aynı zamanda yolluk girişi de oluşturulmuş olur (Şekil 7.1 C).

Yekpare yolluğu döküm parçasının dışında Şekil 7.1 E'de görüldüğü gibi tutmak ve böylece kalıp boşluğunu döküm yolluğu ve yolluk girişi üzerinden sıvı metalle doldurmak da mümkündür. Ergimiş metalin kalıp boşluğuna girmeden önce yolluğu tamamen doldurmuş olması gerekir. Yolluğu kalıbın altında bulunan tüm makinalarda özel yardımcı önlemler gerektirmeden döküm yapılabilmektedir. Tüm sıcak kamara makinalarında ve dikey soğuk kamara makinalarda, yolluk yeri parça konstrüksiyona uygun istenilen yere konabilir.



Şekil 7.1 farklı yolluk türlerini ve ait oldukları makinaları göstermektedir.

A sıcak kamara makinasındaki parçalı yolluk (kaz boynu, metal banyosunun içinden yükselir ve kalıba bastırılır.)

B Dikey soğuk kamara makinasında parçalı yolluk

C Dikey soğuk kamara makinasında yekpare yolluk

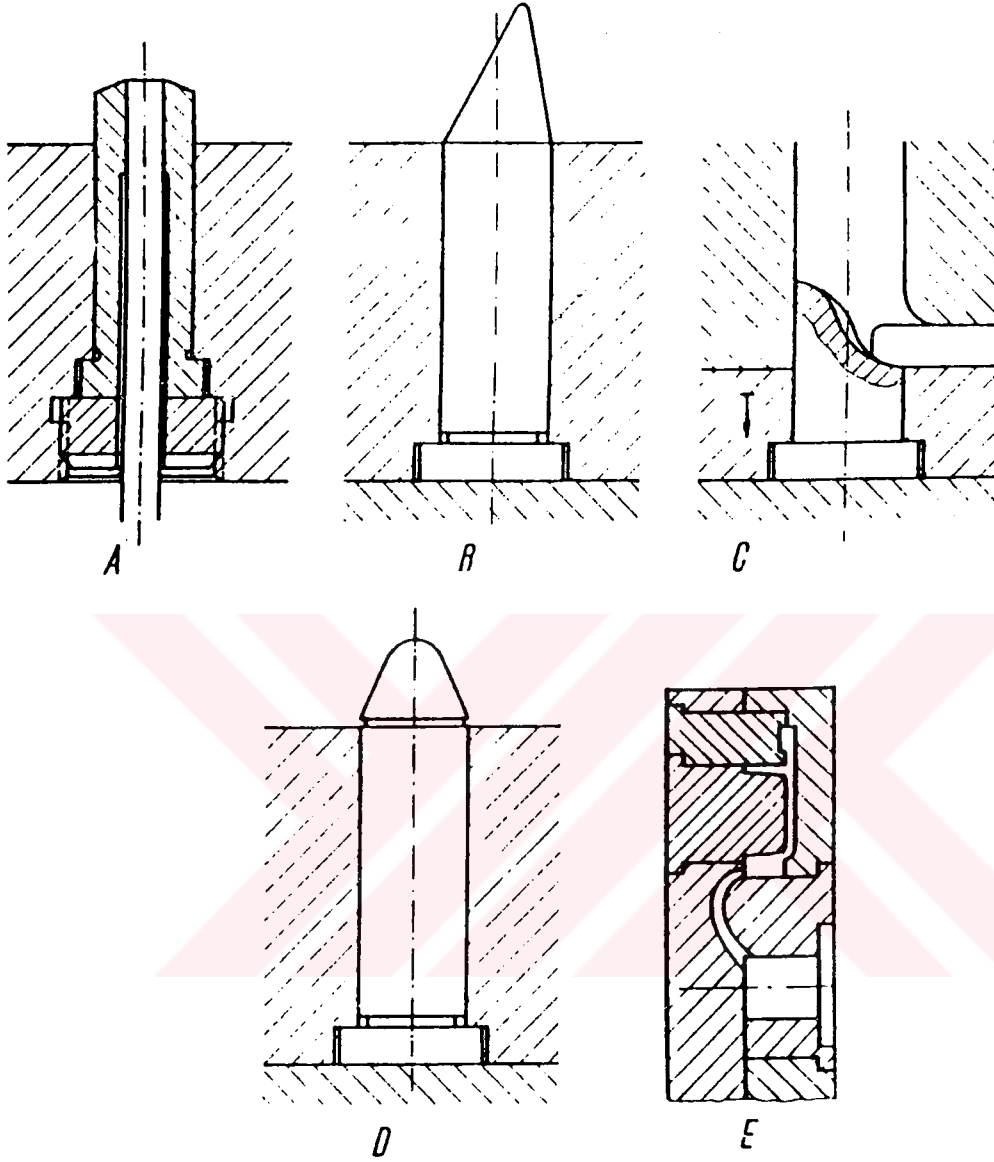
D Dikey soğuk kamara makinasında yekpare yolluk

E yatay soğuk kamara makinasında yekpare yolluk

a metal girişi , b döküm yolluğu, c döküm parçası, d sabit kalıp plakaları, e oynar kalıp plakaları, f itici pimleri, g dağıtıcı çekirdek, h metalin zamanından önce içeri girmesini engelleyen sürgüler, i itici plaka desteği

7.1.1. Dağıtıcılar

Dağıtıcılar sıvı metali bir yöne doğru, ya da çoklu gözlü kalıplarda doğrudan düz bir akım üzerinden tüm yönlere yönlendirilebilir. Şekil 7.2 'de dağıtıcı çeşitleri gösterilmiştir.

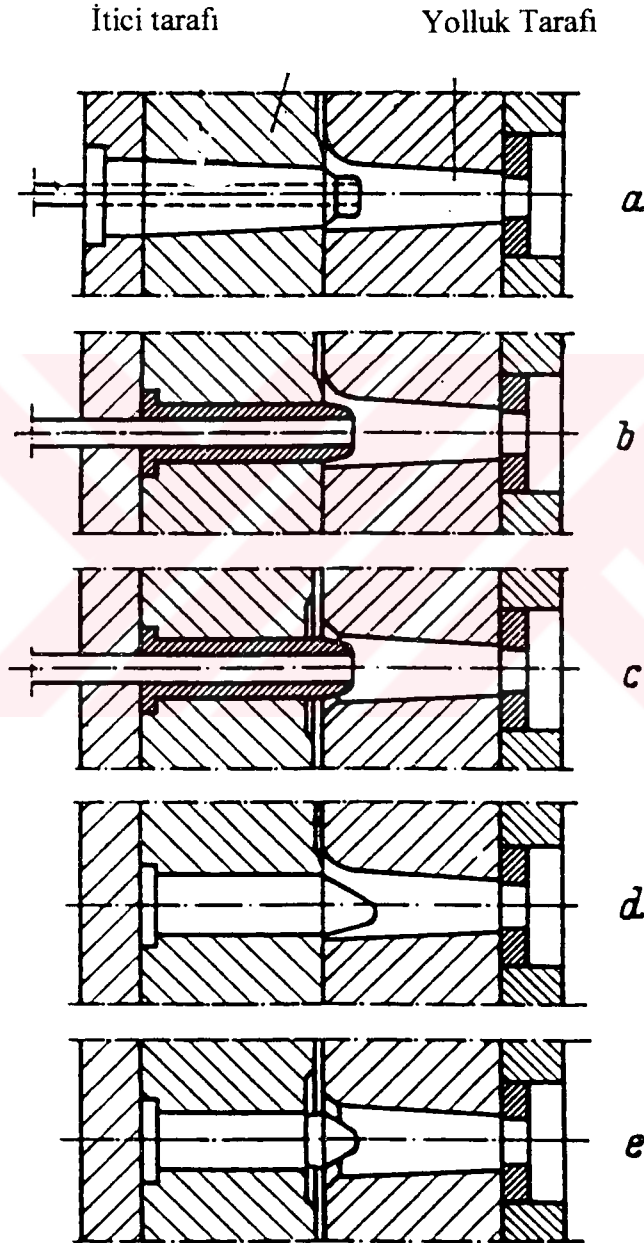


Şekil 7.2. Dağıtıcı şekillerine örnekler.

- A Sıvı metalin eşit dağılmasını sağlayan dağıtıcı (sıcak kamara ve dikey soğuk kamara makinaları için).
- B yumuşak şekilde bir yöne akışı sağlayan dağıtıcı (yatay soğuk kamara makinaları için)
- C belli bir yöne akışı sağlayan çekirdek.
- D döküm parçasını tutmaya yarayan tırnaklı dağıtıcı.
- E kalıp parçası olarak hazırlanmış dağıtıcı.

Döküm sırasında yekpare memeden geçen sıvı metal, kalıp plakalarından birine çarpar. Burası için ya bir dağıtıcı çekirdek ön görülür, ya da sıvı metalin çarptığı kalıp plakası, metal akıntısının 90° lik yön değişiminde yumuşak bir dönüş elde etmek için ve dağılmayı ve girdap oluşumunu önleyecek şekilde hazırlanır Şekil 7.2 E.

Genelde sıcak kamara makinalarında ve dikey soğuk kamara makinalarında dağıtıcının metal giriş kesiti , meme kesitinden biraz küçük yapılır. Yatay soğuk kamara makinasında dağıtıcı yüksekliği bazen makina ölçülerinin sağladığından daha kalın bir sabit kalıp plakası gerektirir. Makina açıldığında, döküm artığının önde bulunan pres pistonundan geçip dışarı dökülmesi mümkün olmayabilir. Bu durumda, dağıtıcı çekirdek, yönlendirme kanalları olan sabit bir piston şeklinde hazırlanabilir. Dağıtıcı çekirdek aynı zamanda yoluğu hareketli kalıp plakası üzerinde kalmasını sağlamak için de kullanılabilir (Şekil 7.2 D).

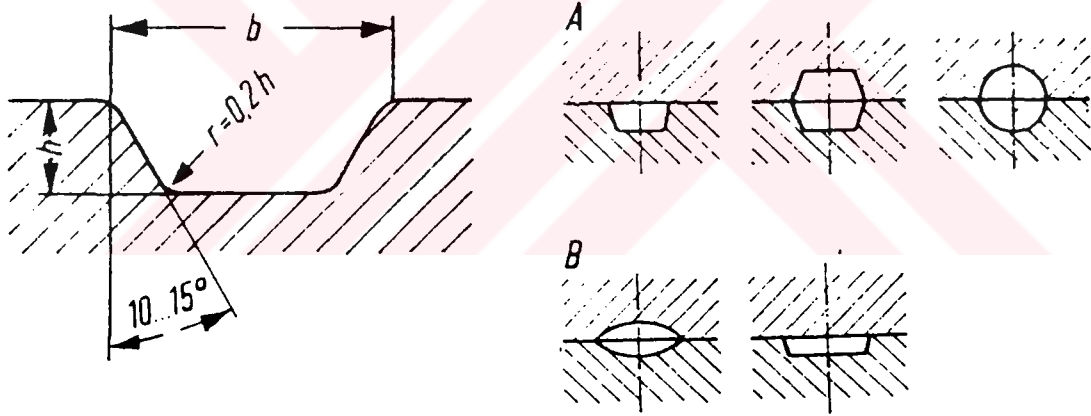


Şekil 7.3 Dağıtıcı tipleri a. Konik geçişli, b. ve c. İtici, d. tek yön yönlendirmeli, e. konik arkadan kesmeli

Şekil 7.3’de dağıtıcılara bazı örnekler verilmiştir. Dağıtıcılar termik olarak çok zorlanmaktadır. Bu nedenle bu parça zaman zaman onarılmak ya da bir yenisiyle değiştirilmek zorundadır. Yolluğun rahat kalıptan uzaklaştırılması için iticiler kullanılmalıdır.

7.1.2. Yolluk

Metal, yolluk aracılığıyla yolluk kanallarından geçerek kalıp boşluğuna akar. Yolluk kanalları, bir kalıp yarısında ya da iki kalıp yarısında birden bulunabilir. Bazı örnekler Şekil 7.4’de gösterilmektedir. Akıntı sırasında kayıp oluşumunu engellemek için, keskin yön değişimleri tercih edilmelidir. 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 x 1,5 olarak saptanabilir. Akıntı hızı çinko alaşımlarında 15 m/s, alüminyum alaşımlarında 10 m/s, magnezyum alaşımlarında 20 m/s değerleri altına düşmemelidir.

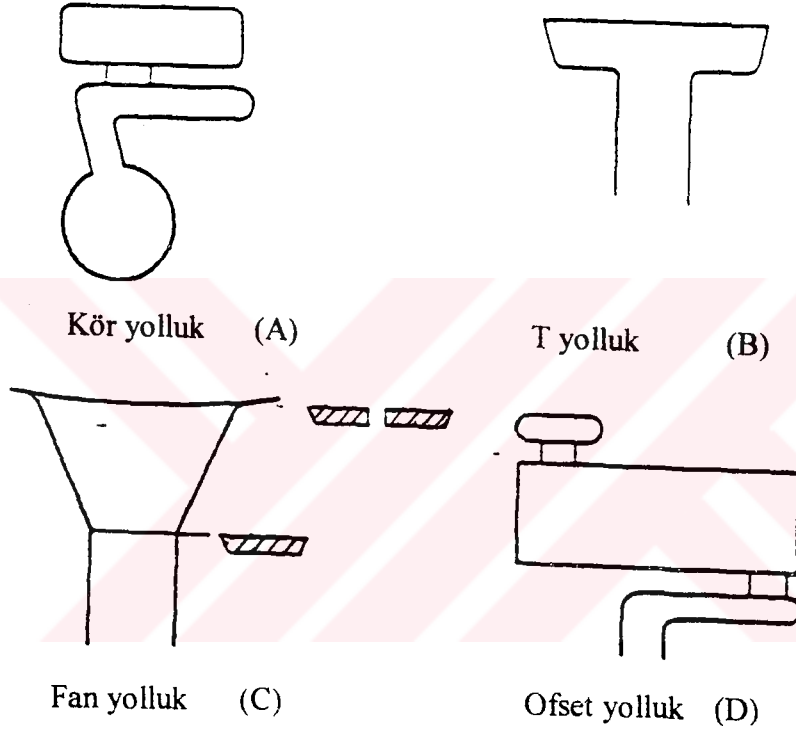


Şekil 7.4 Yolluk kanalı tipleri A elverişli, B elverişsiz.

Çizelge 7.1 Yolluk kanalları için tavsiye edilen oranlar.

| Alaşım tipi | h | b |
|---------------------------|---|---|
| Çinko alaşımları için | 1 | 4 |
| Alüminyum alaşımları için | 1 | 3 |
| Mg alaşımları için | 1 | 2 |
| Cu 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 7.5’de çeşitli yolluk kanalı tipleri gösterilmektedir. Küçük parçaların üretiminde maksimum hız elde edilebilmesi için yuvarlak kesitli bir yolluk kanalı uygun olabilir. Genel kural olarak, yolluk kanalları olabildiğince kısa olmalıdır; ancak soğuk baskıların önlenmesi için kalıbın belirli bölümlerinin ısıtılması gerekiyorsa kör bir yolluk kanalı kullanılabilir (Şekil 7.5 A).



Şekil 7.5 çeşitli yolluk kanalı tipleri (A) kör yolluk kanalı, (B) T yolluk kanalı, (C) Fan yolluk kanalı, (D) Ofset yolluk kanalı

T-biçimli bir yolluk kanalıyla (Şekil 7.5 B) 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.

Yolluk kanallarının doğru hesaplanması ve kalıba işlenmesi koşuluyla fan tipi yolluk (Şekil 7.5 C) 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. Ofset yolluk kanalları, (Şekil 7.5 D) 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 yarısını merkezinde ağırlık bir bileşim oluşturacağından bu biraz tehlikelidir. 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.

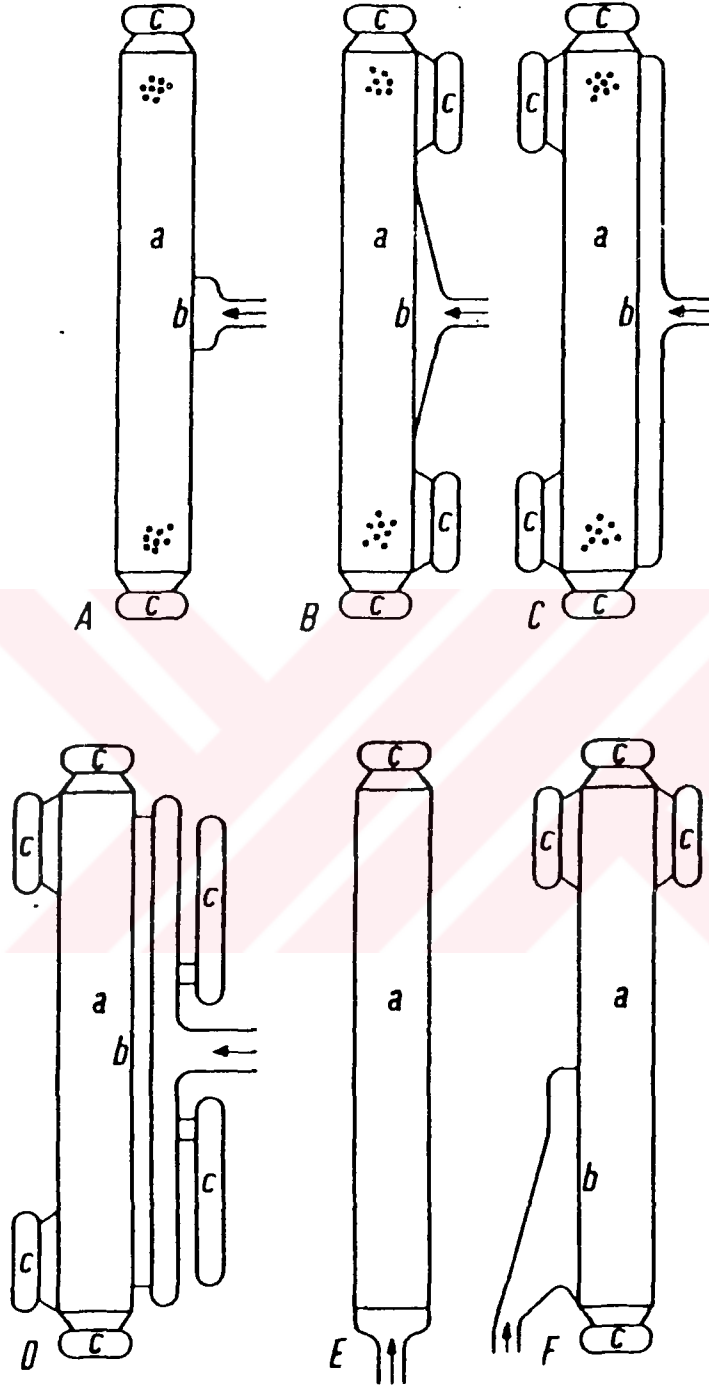
7.1.3. Yolluk Girişi

Metalin düşük bir hızla içinde aktığı döküm yolluğu sayesinde metal ışıını, hemen kalıp boşluğu öncesinde akıntının hızını yükselten yolluk girişine yönlendirir. Yolluk girişi, kalıp boşluğunun eksiksiz dolmasını sağlamalı, metali mümkün olduğunca tek bir ışın halinde yumuşak yön değişimleriyle kalıp boşluğuna yönlentmeli, kalıp boşluğunda bulunan havayı metal içinden geçirerek hava ceplerine yönlentmeli, 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.

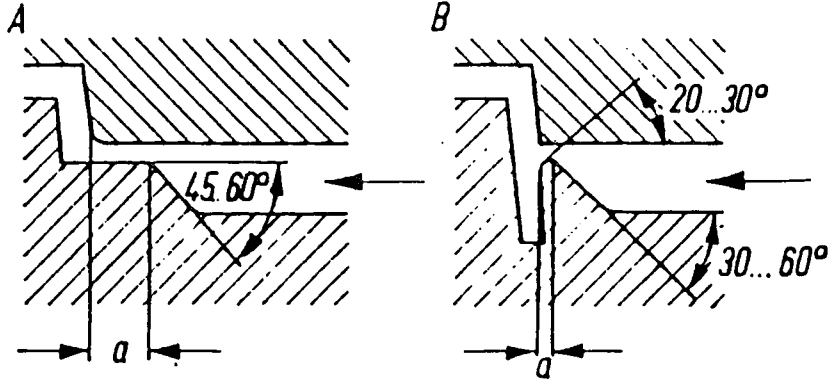
Yolluk girişi genellikle kalın kesitli kısımlara konulsa da bazı durumlarda döküm parçasının ince cidarlı bir noktasına yerleştirilebilir. Kalın kesitten yolluk girişi verildiğinde döküm parçasının en uzakta kalan bölümlerine, kalıp boşluğu içinde akmış olmaktan soğumuş ve kalıp plakasına pek fazla ısı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

katılaştır ve o ana kadar, sıvı halde olan kalın cidarlı bölümdeki metalin ardçı basıncı altındadır. İmalat sırasında, yolluk girişi kesiti büyüdükçe, kalın cidarlı döküm parçalarında porozite oluşumunun azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 7.6 Geniş yüzeyli, ince cidarlı döküm parçalarının yolluk girişleri.

(A) İyi bir dolum değil, yüzey hatalı çıkar. (B) İyi bir dolum değil, yüzey çok iyi bir hava boşaltımıyla (A)'dakinden daha iyi. (C) İyi yüzey, ama poroziteli döküm parçası. (D) Yolluk girişinden çok iyi biçimde hava boşaltılmış. Çok iyi döküm parçaları, özellikle düşük cidar kalınlığında. (E) İyi döküm parçaları. Aşırı ısınma tehlikesi bulunduğu için, yolluk girişinin çok iyi soğutulması gerekmektedir. (F) İyi döküm parçaları. Yolluk girişi genişliğinin daha da küçültülmesiyle döküm parçalarının kalitesi de iyileştirilir. (a) Kahp boşluğu, (b) yolluk girişi, (c) hava cebi



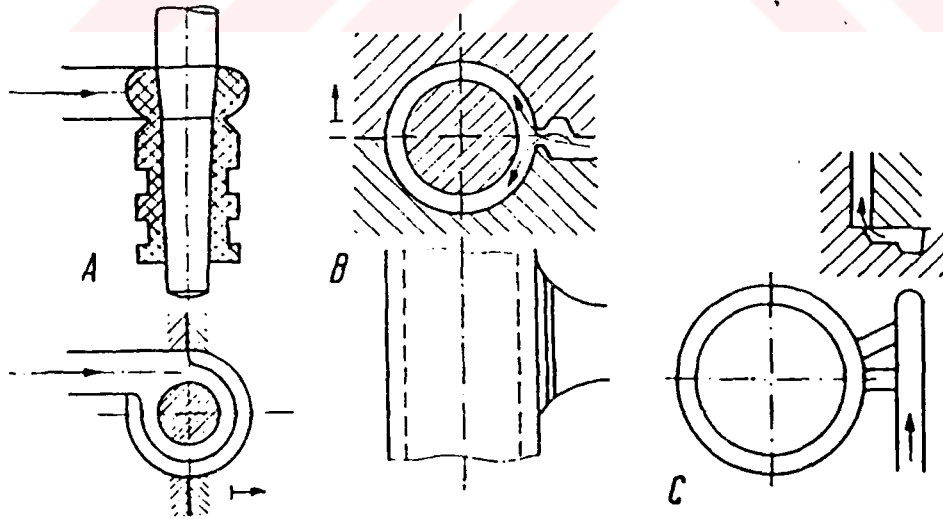
Şekil 7.7 Yolluk girişi kesiti. A normal içeri akış hızlarında kullanılan bir konstrüksiyon B yüksek içeri akış hızlarında kullanılan bir konstrüksiyon. (a) çinko için 0,07-0,15 mm alüminyum için 1-3 mm magnezyum için 2-5 mm civarında olmalıdır.

7.2. Yolluklar İçin Genel Konstrüksiyon Kuralları

1. Mümkünse sadece bir yolluk girişi kullanılmalı, Birden fazla yolluk girişinde sıvı metal ışınlarının birbirlerini karşılıklı engellemelerine dikkat edilmelidir.
2. Sıvı metalin mümkün olduğunca uzun bir süre boyunca serbest ışın olarak kalması sağlanmalıdır.
3. Büyük alanlı parçalarda yolluk girişi, metalin eşit şekilde dağılabilmesi için, parçanın ortasına yerleştirilmelidir.
4. Hava boşaltım cep ve kanallarının, içeri akan sıvı metal tarafından ilk anda doldurulmamasına dikkat edilmelidir.
5. 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.
6. 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.
7. Boru şeklindeki parçalar, yuvarlak yolluk üzerinden çok noktadan doldurulabilir.
8. Parçada kaburgalar mevcutsa, bunlardan mümkün olduğunca, sıvı metal ışınını yönlendirmek için yararlanılmalıdır.
9. Yolluk girişi sıvı metalin karşı cidara çarpıp dağılmasına izin vermeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Yolluk girişinin kesiti, döküm yolluğu kesitinden büyük olmamalıdır, yoksa içinde hava sürüklenen girdaplar oluşur.

10. Eşit kalınlıkta, yolluk girişinin genişliği ne kadar büyükse, yolluk girişinin katılma süresi o denli uzar, basınç kaybı, döküm yolluğundan döküm parçasına o denli büyür, ve döküm yolluğu ile döküm parçası arasındaki sıcaklık artışı o denli azalır.
11. Akış hızı çok yükseğe ayarlanmamalıdır, yoksa laminar bir akıntı elde dileyemez; bu koşul, kalıp boşluğunun katılmasından önce dolmuş olması gerektiği koşuluna ters düşmemektedir.
12. Büyük yüzeyli, çok sayıda ince bölümlü döküm parçaları, birden fazla yolluk girişiyle dökülmelidir. Bu arada da her bir yolluk girişi eksenine büyük yüzeyin orta noktasında birleşmelidir.
13. Birden fazla yolluk girişinin kullanıldığı durumlarda, sıvı metalin yolluk girişinden akmaya başlaması, gerektiğinde tek tek döküm yolluklarının küçültülmesiyle kontrol edilebilir.
14. Küçük bir piston hızında, yolluk girişinin büyütülmesi tehlikeli değildir, çünkü dolma süresi ve metal hızı sadece az bir düşme gösterir.
15. Düşük ön birikme basıncında dolma zamanı, küçük kesitli yolluk girişinde, içeri akış hızı arttığı halde, uzar. Yüksek akış hızı ve kısa bir dolma süresi isteyen ince cidarlarda, çoğu zaman yolluk girişini büyütme olanağı yoktur. En iyi çözüm birikme basıncını arttırmaktır.

7.3. Örnek Yolluk Şekilleri

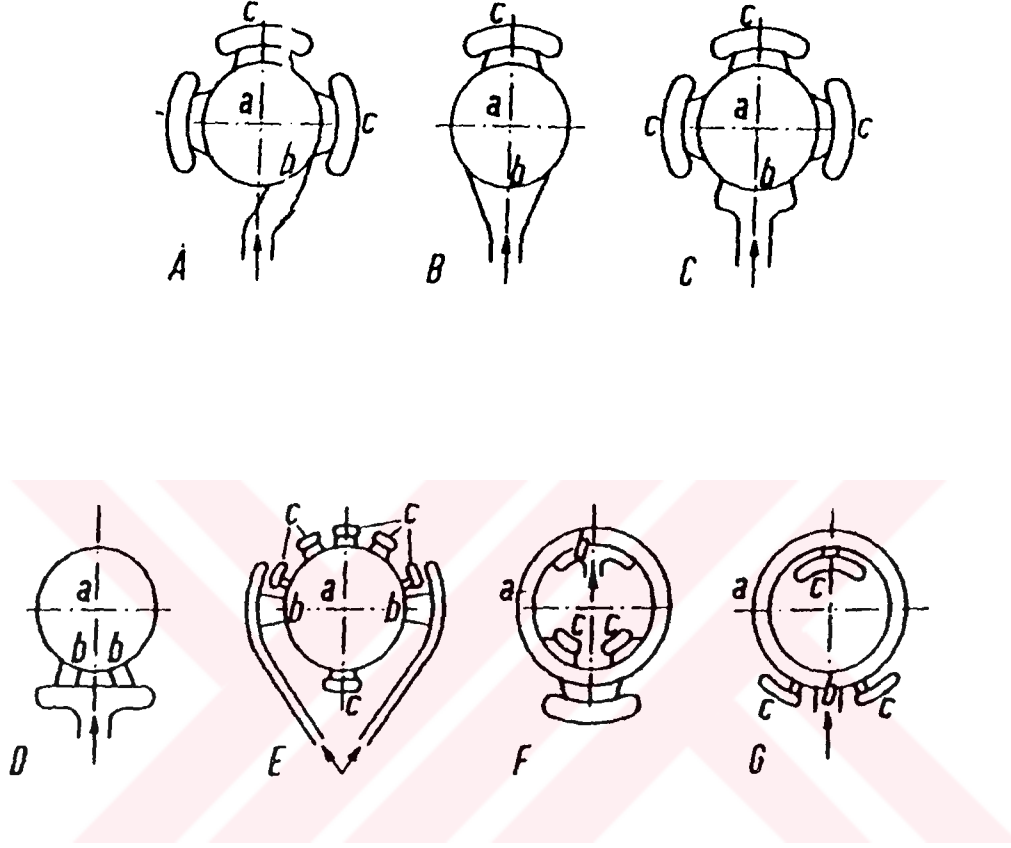


Şekil 7.8 Silindirik ve boru şeklindeki döküm parçaları için yolluk girişleri.

- A Metalin teğet girişini sağlayan yaka tipi yolluk girişi.
- B Yandan yolluk girişi, yolluğun şekliyle çekirdeğe metalin direkt çarpmasını azaltır.
- C Metali kalıp boşluğuna yönlendiren ikili yolluk girişi.

Daha uzun, boru şeklindeki parçalar halka şeklinde yolluk kullanılmasıyla iyi şekilde dökülebilir.

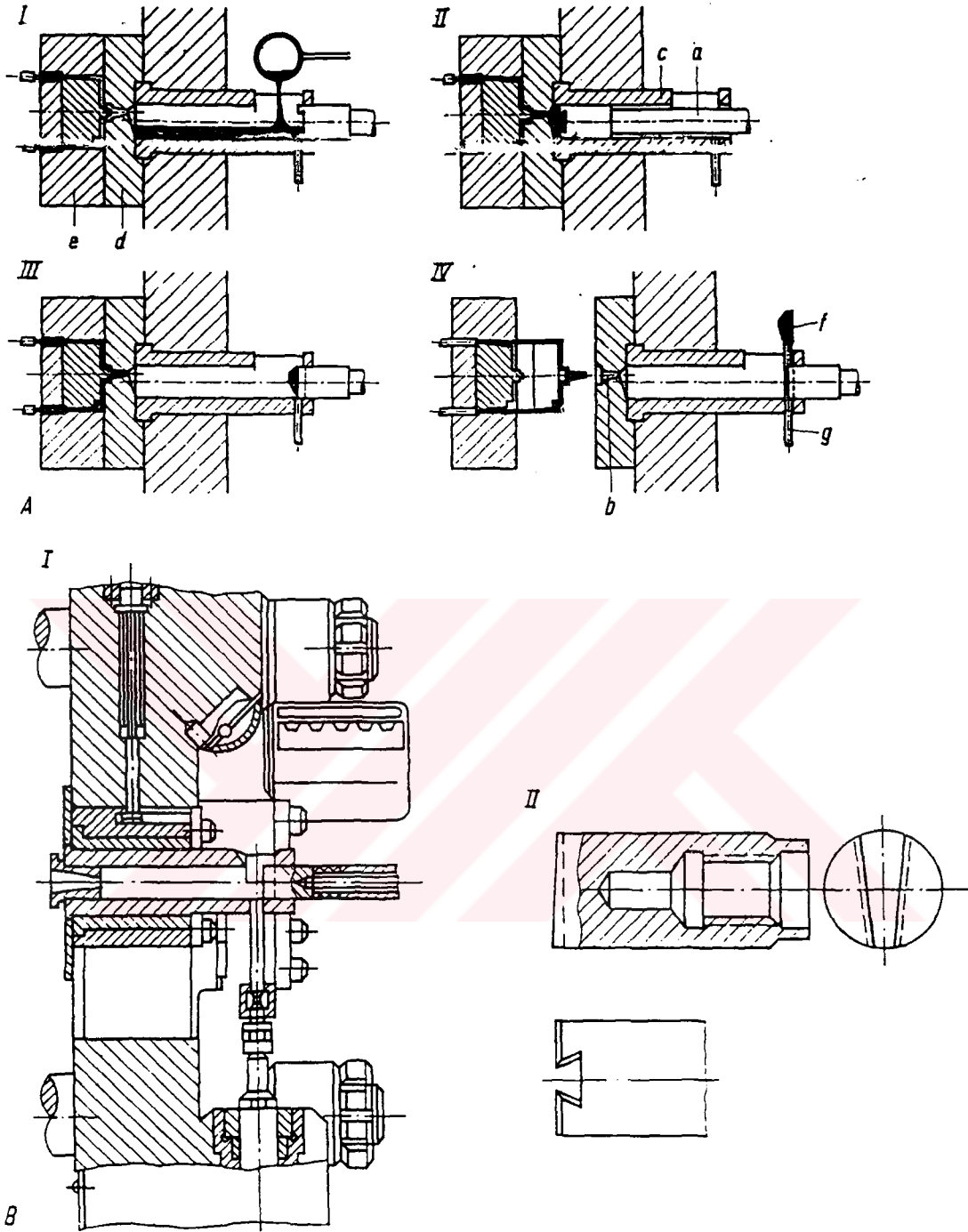
Şekil 7.9'da yuvarlak, plaka şekilli parçalarda yolluk girişlerine örnek şekiller ve konumlar gösterilmiştir. Teğet yolluk girişleri (Şekil 7.9 A, B), hava boşaltımının kapanması nedeniyle kullanılamaz. Onun yerine bu girişler simit şekilli parçalar için uygundur.



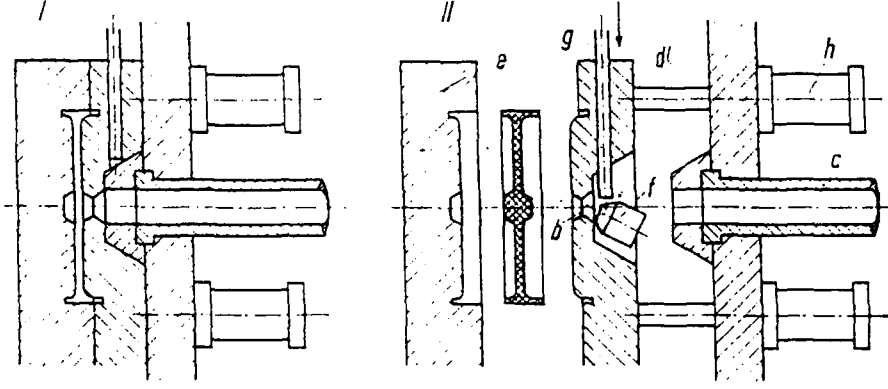
Şekil 7.9 Çeşitli yolluk konumları. (a) Kalıp boşluğu, (b) yolluk girişi, (c) hava cebi.

- A Beraberinde hava sürüklenir. İyi hava cepleri gerekir, kalıp dıştan içe doğru doldurulur
- B hava hapsedilir, dolum dıştan içe doğrudur
- C iyi döküm parçası, kalıp ortadan doldurulur
- D iyi döküm parçası, çift yolluk girişi: Örneğin bir kaburga arasından
- E çekirdekli ve büyük yüzeyli parçalar için çok uygundur
- F,G simit ya da plaka şeklinde parçalar için uygundur

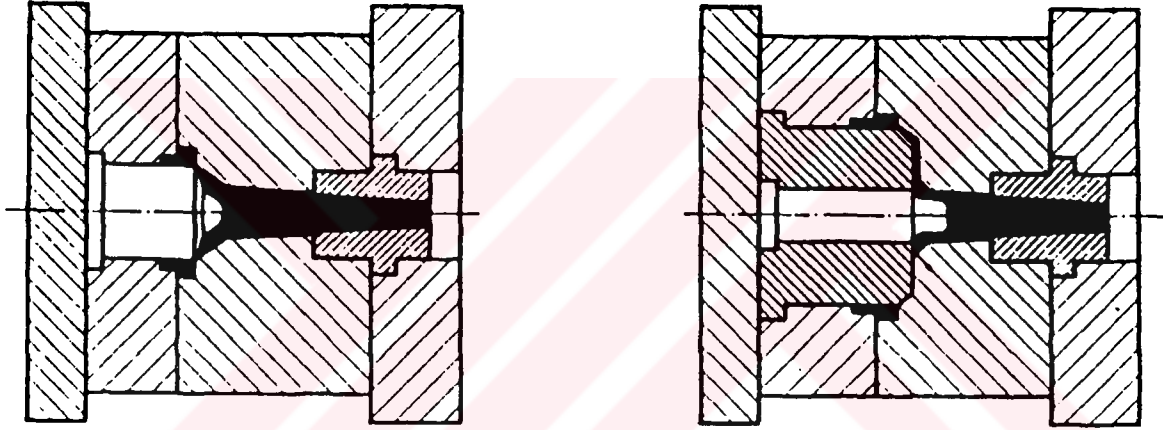
Özel donanımlı yatay soğuk kamara makinalarının özel konstrüksiyon pistonları olmaktadır. Bu piston, kırlangıç yatak şekilli yuvası sayesinde döküm artıklarını geri çekerek döküm parçasından ayırmaktadır. Yolluk bu durumda nokta şeklinde dizayn edilmiş olmalıdır. Geri çekilmiş pozisyonda, döküm artıkları hidrolik hareket ettirilen bir pistonla pres pistonunun içinden dışarı itilir. Şekil 7.10 A ve B böyle bir düzeneği ve pres pistonunun şeklini göstermektedir. Şekil 7.11 başka bir çözümü göstermektedir. Sabit kalıp plakası kalıp taşıyıcısından ayrılır, iğne yolluk girişini yerinden söker ve bir piston döküm artığını atar.



Şekil 7.10 Yatay soğuk kamara makinalarının iğne yolluk girişi için döküm artığını ayırma tertibatlı özel düzenek. (A) Döküm artığı, döküm pistonunun başında bir kırılmaç tutucu bölmeye metalin dolması sayesinde geri çekilir ve özel bir dışarı atıcı sayesinde dışarı atılır. I metalin içeri dökülmesi, II preslenmiş metal, III geri çekilmiş pres pistonu, IV döküm artığı dışarı atılır. (B) örnek kalıp, II kırılmaç kuyruklu piston. a döküm pistonu, b meme, c basınç odası, f döküm artığı, g dışarı atma tertibatı, h sabit kalıp plakasının hareketi için hidrolik silindirler.



Şekil 7.11 İğne yolluklu, düşürücü pistonlu yolluk sistemi. Döküm artığı, hareketli kalıp plakası ve sabit kalıp taşıyıcı plaka arasından dışarı atılır. I kapatılmış kalıp, II açılmış kalıp, döküm artığı dışarı atılmaktadır.

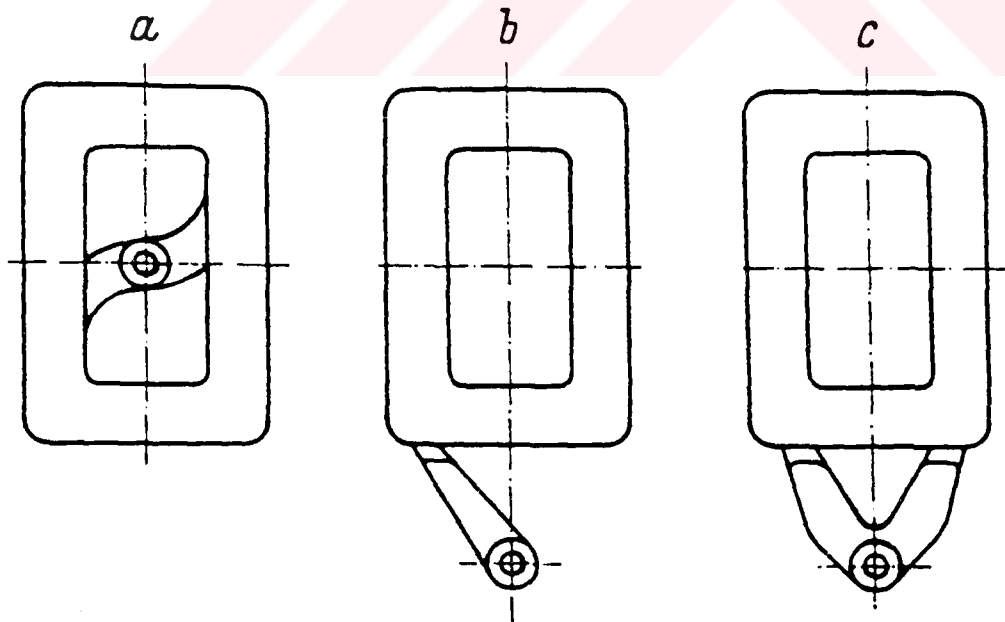


Şekil 7.12 Merkezi yolluk girişli kalıp

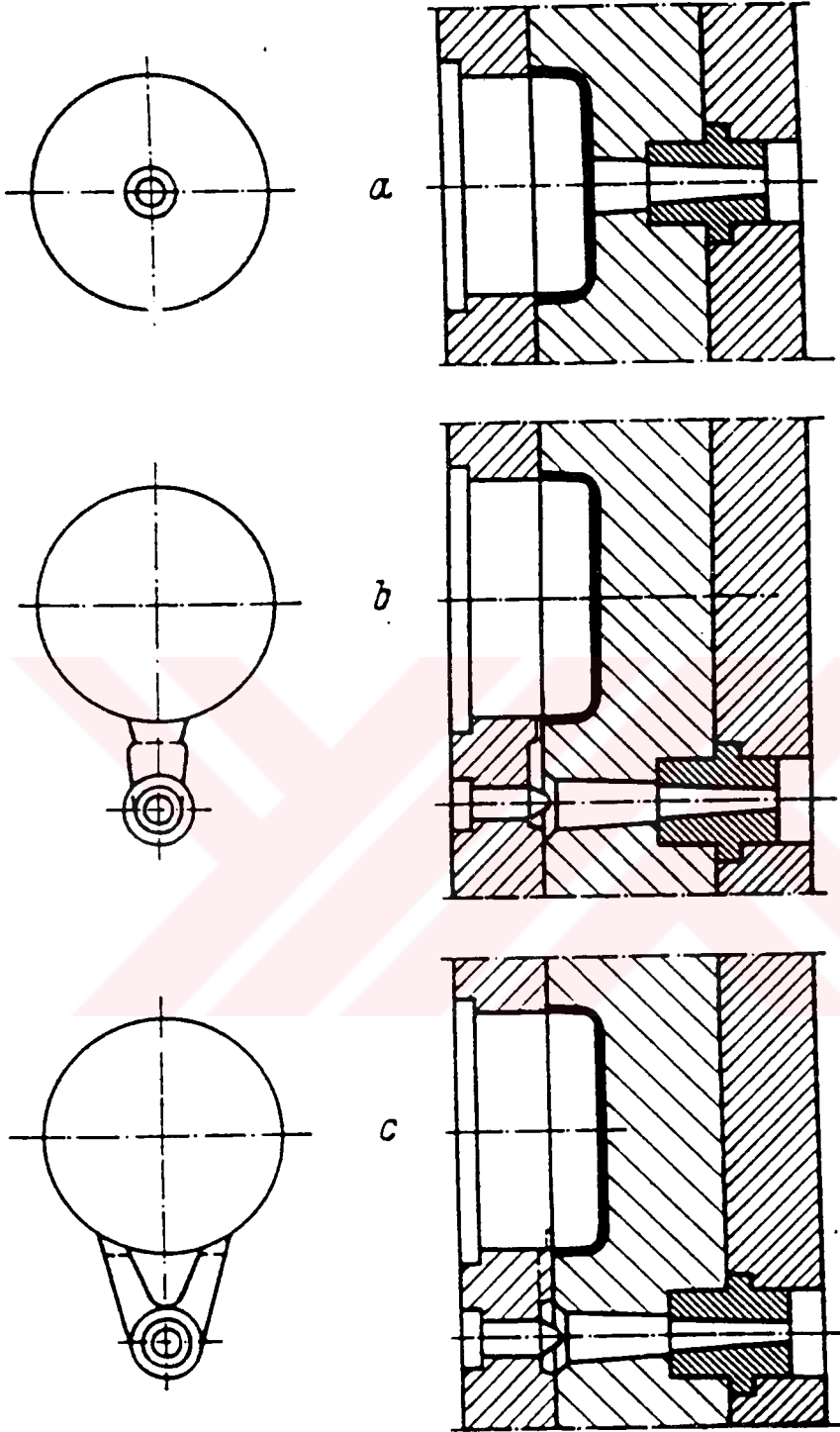
Bu tip yolluğun avantajı, uygun biçime sahip döküm parçalarında yolluğun tam döküm parçasının üstüne yerleştirilebiliyor olmasıdır. Bu tür bir yolluk girişi özellikle merkezinde girinti olan döküm parçalarında uygundur. Parçanın bu girintisini vermeye yarayan kalıp bölümü aynı zamanda dağıtıcı görevini üstlenir. Daha geniş yarı çaplı girintiye sahip olan döküm parçaları için dağıtıcı görevini üstlenecek ayrı bir parça yine kalıbın merkezinde yer almalıdır. Parçanın ölçülerine göre, yolluk girişi, döküm parçasının girintisinin halka şeklindeki yüzeyinin tümünden ya da tek tek bazı noktalarından oluşturabilir. Merkezi yolluk girişi ergiyiğin akışı açısından çok elverişli bir çözümdür. Çünkü ergiyik yön değiştirmeler olmadan doğrudan kalıp boşluğuna ulaşmaktadır. Bu tür yolluk girişleri özellikle şekli karmaşık olan döküm parçaları için ve yolluk girişi

olarak merkezi bir girinti kullanılabilir, tercih edilmelidir. Merkezi yolluk girişi aynı şekilde tas seklindeki döküm parçalarında da (Şekil 7.14 A) kullanılabilir. Fakat bu durumda yolluk karşısındaki metalin ilk çarpacağı alanın, bir dağıtıcı olmaması nedeniyle, termik olarak çok zorlanacağı dikkate alınmalıdır. Bunun yanı sıra, Şekil 7.14 B ve C’de görüldüğü gibi, konik bir yolluk ile bağlantılı olan ve dışarıda yer alan yolluk girişleri de kullanılabilir. Bu durumda ergiyik, dıştan döküm parçasına bağlı bir ya da birden fazla yolluk girişinden geçerek 90 °’lik sapmayla kalıp boşluğuna girer. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, yolluk girişi yönünün ergiyiğin olabildiğince az engelle karşılaşarak kalıp boşluğunu doldurabilecek şekilde işlenmesidir. Bu nedenle ergiyiğin akışı açısından yanlamasına ya da teğet bir yolluk girişi daima dik olarak kalıba işlenmiş tek bir yolluk girişinden daha elverişlidir.

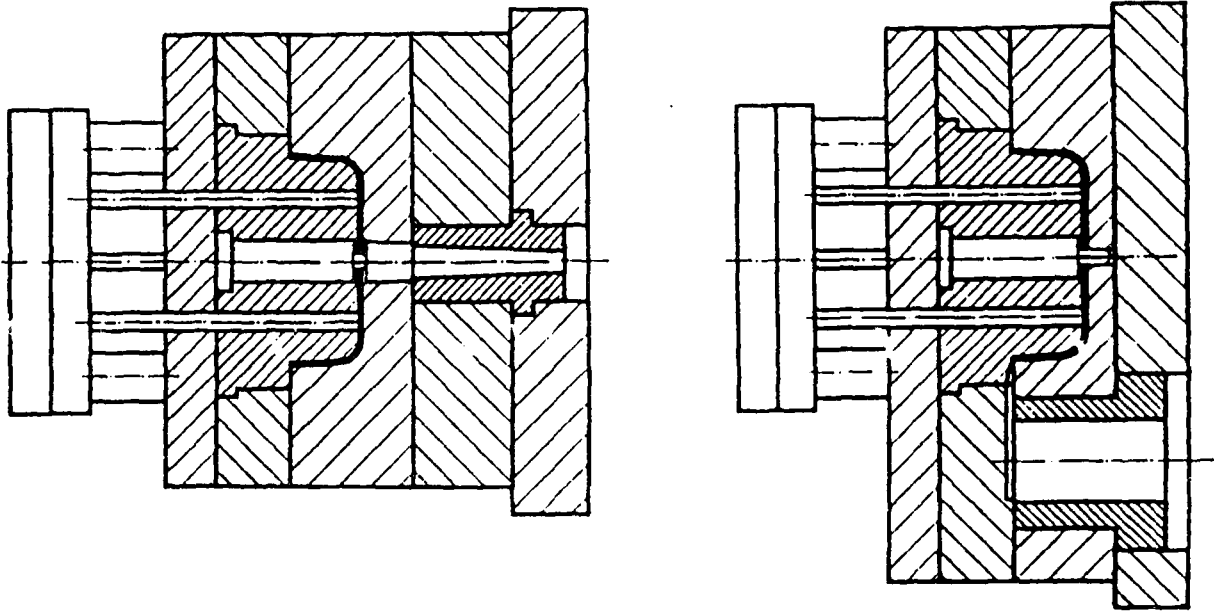
Merkezi yolluk koyulabilen parçalarda yolluk girişi, metalin kalıp boşluğuna rahat girmesini sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir (Şekil 7.13). Dıştan açılan yolluk girişlerinde özellikle döküm parçasının konstrüksiyonunu dikkate alınarak, ergiyiğin kalıp boşluğu içinde mümkün olduğunca engelle karşılaşmadan akarak kalıp boşluğunu doldurabilmesi esas alınmalıdır (Şekil 7.13 B ve C).



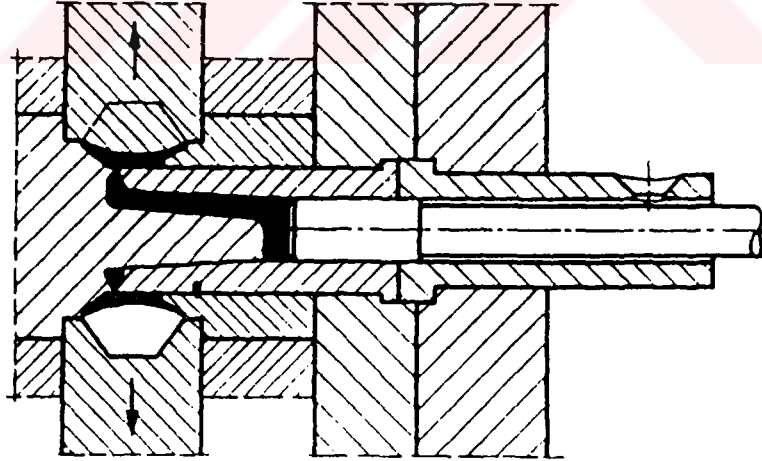
Şekil 7.13 Halka ya da çerçeve şeklindeki döküm parçası için yolluk girişi örnekleri.
(a) Merkezi yolluk girişi, (b) dıştan yolluk girişi, (c) Dıştan ikili yolluk girişi.



Şekil 7.14 Sıcak kamara ve dikey soğuk kamara enjeksiyon makinaları için yolluk örnekleri. (a) Merkezi yolluk girişi, (b) dıştan yolluk girişi, (c) Dıştan ikili yolluk girişi.

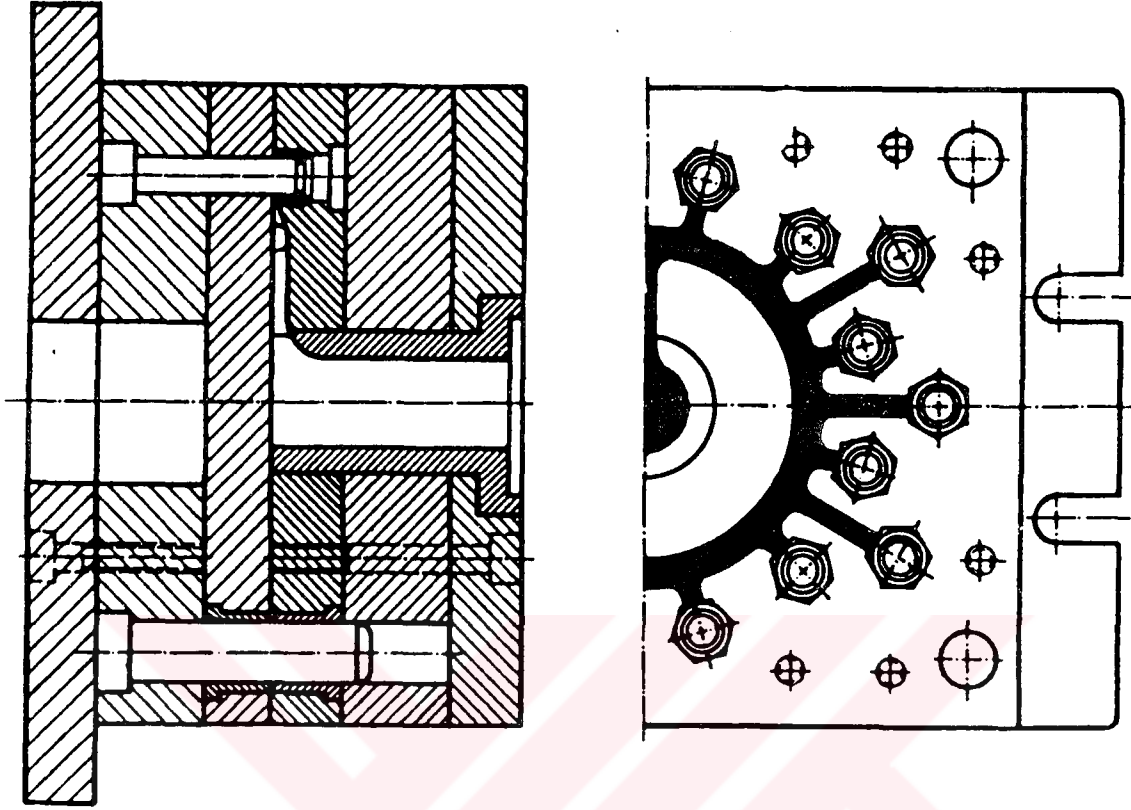


Şekil 7.15 Solda kap şeklinde bir parça için merkezi yolluk girişi, Sağda yatay soğuk kamara enjeksiyon makineleri için standart yolluk girişi.



Şekil 7.16 Yatay soğuk kamara enjeksiyon makinesi için ortası boş dişli çark kalıbında merkezi yolluk girişi.

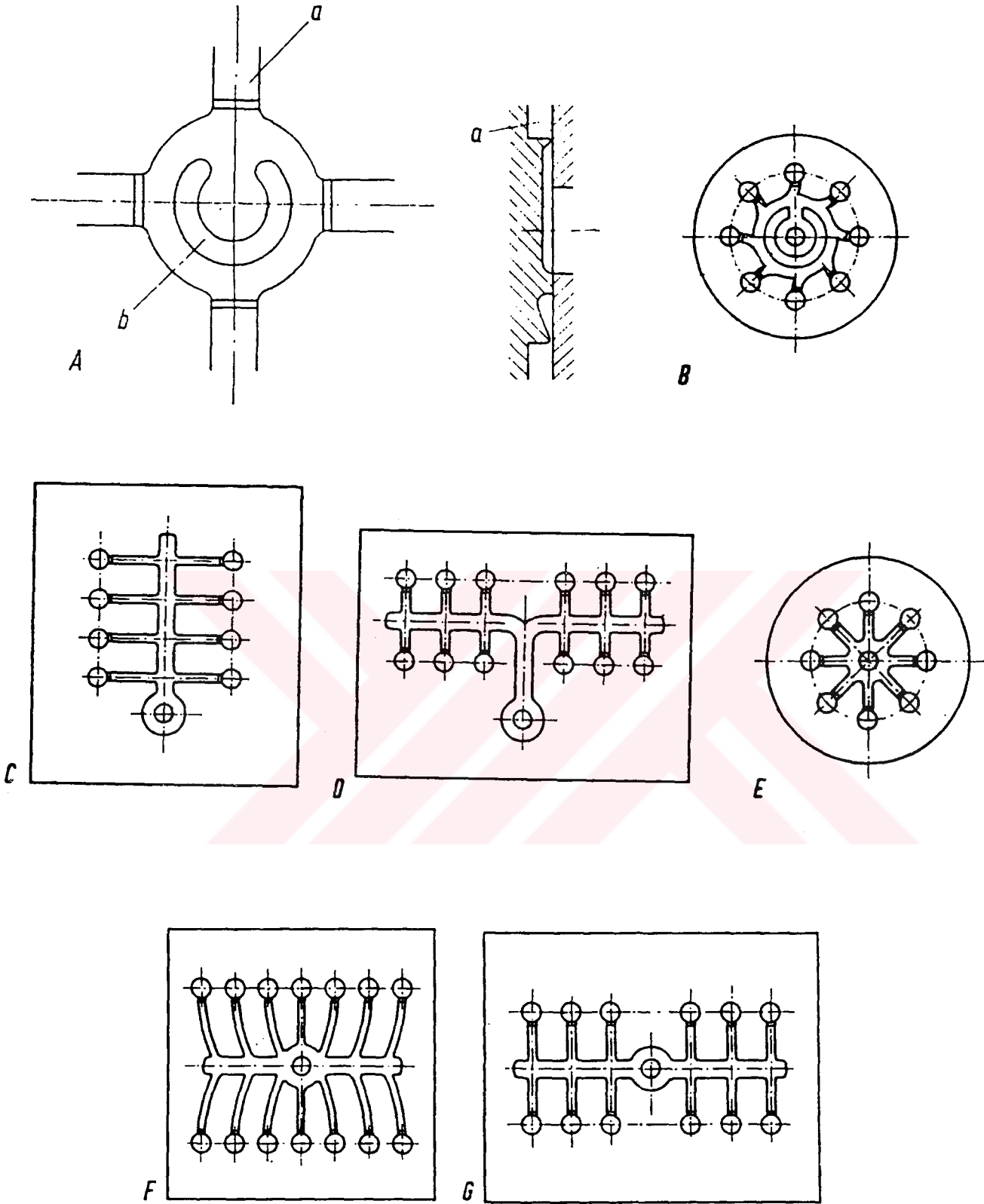
Belli şartlar altında yatay soğuk kamara makinasında halka şeklinde merkezi yolluk girişi kullanılabilir.



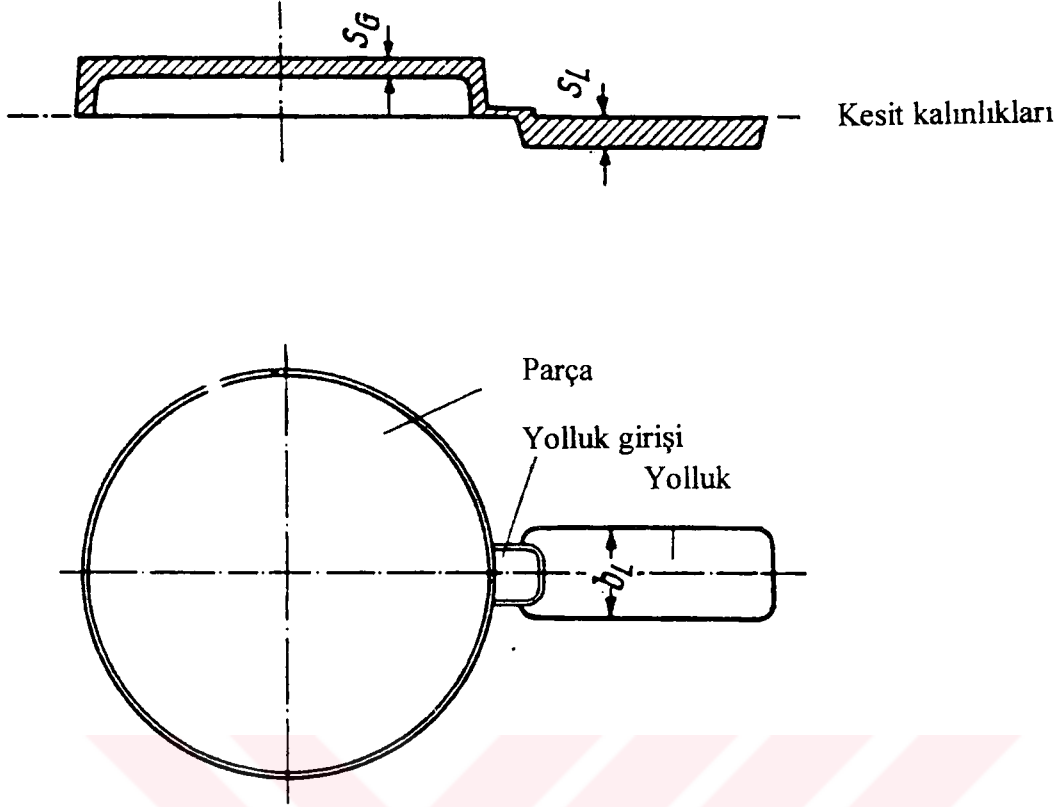
Şekil 7.17 Halka şeklinde merkezi yolluk girişi.

Burada halka şeklindeki yolluk, dikey bir kanal aracılığıyla basınç odasıyla bağlantılıdır. Birden fazla göz sayısına sahip parçalar için yolluk tasarlanırken metalin tüm yolluk girişlerine aynı anda dolması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle soğuk kamara basınçlı döküm makinalarında metalin yolluk girişine basıncın uygulanmasından önce kaçması yolluk girişini tıkayacağından dökümü engeller. Böylece, ergiyiğin önceden kalıp boşluklarına akması tehlikesi olmadan merkeze yolluğu yerleştirmek mümkün olmaktadır.

Şekil 7.18'de birden fazla göz sayısına sahip kalıplarda yolluk tasarımı örnekleri verilmiştir. Şekil 7.18 A'da metalin baskıdan önce kalıba girmesini engelleyen hilal şeklindeki parça görülmektedir.



Şekil 7.18 Çoklu kalıplar için yolluk dizaynı. (A) yatay soğuk kamara makinaları için basınç odasının alt kısmında hilal şeklindeki bölme. a kalıp boşluğu, b basınç odasının kapalı tarafı. B, C, D yatay soğuk kamara makinaları için. E, F, G sıcak kamara makinaları ve dikey soğuk kamara makinaları için.



Şekil 7.19 ince cidarlı parçalarda yolluk sistemi

İnce cidarlı parçalarda yolluk kanalının kalınlığı (S_L), döküm kalıbı duvar kalınlığından (S_G) %50 oranında daha büyük tutulması, ayrıca yolluk genişliği (b_L) de yolluk derinliğinin 3-5 katı kadar olması gerektiği döküm firmaları tarafından tavsiye edilmektedir. Yolluk girişinin kalınlığı ise, döküm parçasının ölçülerine göre değişerek yaklaşık olarak 0,5 ila 1,5 mm arasında olmalı ve yalnızca çok özel ya da ağırlığı yüksek parçalarında arttırılmalıdır.

8. KALIPLARIN HAVALANDIRILMASI

Kalıp boşluğunda ve basınç odasında bulunan hava ve metalden açığa çıkan gazların, basınçlı döküm parçasının içine hapis olmasını engellemek amacıyla hava boşaltım kanal ve cepleri kullanılır. Havaşı gerektiği gibi boşaltılmamış bir basınçlı döküm kalıbı, döküm parçasının poroziteli olmasının nedenlerinden biridir. Gözenekler, yüzeyin altında bulduklarından, normal koşullarda 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. Biz ses hızında akış hızları için formüllere ihtiyaç duyuyoruz. Boşaltılması gereken gazların toplamının (V), kalıp boşluğu içindeki hava hacmi (V_1) ile dökümde oluşan gazların hacminden (V_2) meydana geldiğini söyleyebiliriz.

V_1 şu formülle hesaplanabilir:

$$V_1 = (V_F (1 + \beta \cdot t)) \cdot P_{at} / p_G \quad (8.1)$$

| | |
|----------|-------------------------------------------------|
| P_{at} | Normal atmosfer basıncı (1 kp/cm ²) |
| p_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:

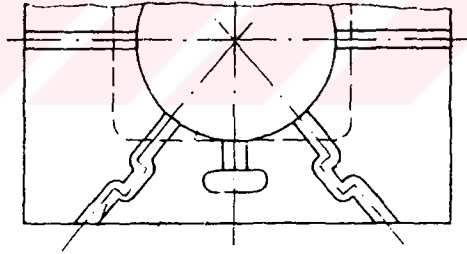
$$V_2 = G_V \cdot O_G \cdot P_{at} / p_G \quad (8.2)$$

- 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 boşaltım kanallarının her zaman yolluk girişi yanına yerleştirilmesi tavsiye edilir. Hava boşaltımı yetersiz kaldığında, kanalların daha derin değil, daha geniş tutulması veya ek kanallarla desteklenmesi gerekir. 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 (Şekil 7.9 G).

Sabit parçalar ya da kalıp boşluğuna yerleştirilmiş ek 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 8.1) hava boşaltım kanalları tercih edilmelidir.



Şekil 8.1 Kalıp ayrım yüzeyinde yönleri değişen hava boşaltım kanalları.

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 \varnothing delikler açılabilir. En ideal hava boşaltım elemanı, çekirdek ve kalıp boşluğuna yerleştirilen seramik ya da sinter metal filtrelerdir.

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.

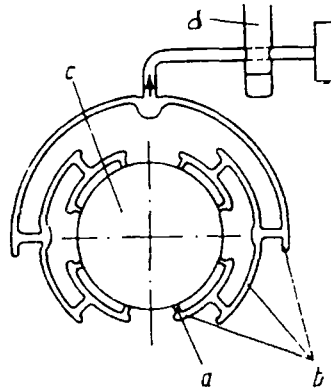
Çizelge 8.1 Hava boşaltım kanallarının derinliği

| | |
|-------------------|--------------|
| Kurşun alaşımları | 0,05-0,10 mm |
| Al alaşımları | 0,10-0,12 mm |
| Mg alaşımları | 0,10-0,15 mm |
| Cu alaşımları | 0,10-0,20 mm |

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 artırılabilir.

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.

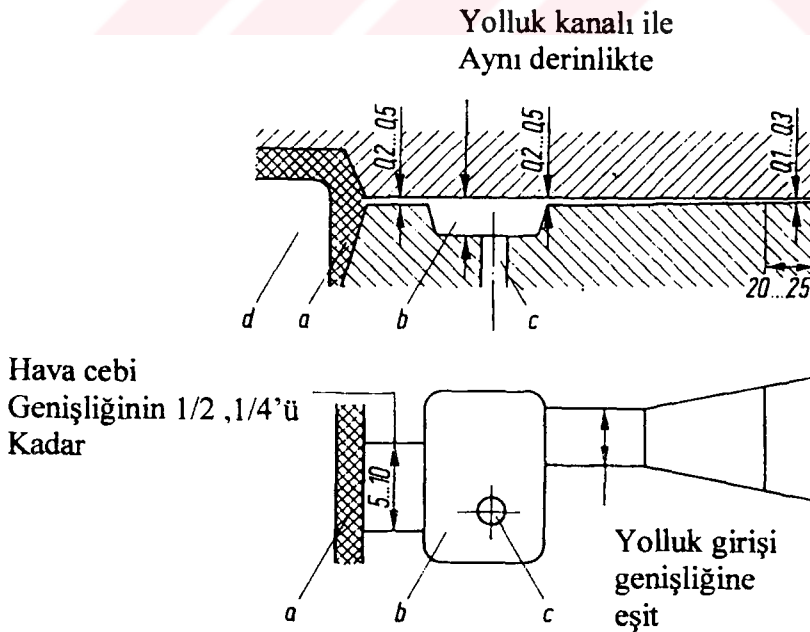
Şekil 8.2 Vakum kanalının bağlantısını göstermektedir. Tüm hava boşaltım kanallarının vakum hattına bağlı olmaları gerekmektedir.



Şekil 8.2 Vakum kanalının bağlantısı. (a) Tahliye girişi, (b) hava tahliye kanalları, (c) döküm parçası, (d) mandal, (e) vakum hattı.

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. Hava cepleri, porozitesiz döküm parçaları elde etmek için mükemmel araçlardır. Hava ceplerine ilk enjekte edilen köpüksü metal girer, parçanın yüzey kalitesi artar, mukavemeti yükselir. Metalin ilk aktığı noktalara, yolluk girişi tarafının tam karşı tarafına yerleştirilirler. 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 curufları bünyesine alabilir.

Hava cebinin hacmi, döküm parçasının hacminin $\frac{1}{8}$ 'i kadar olmalıdır. Kalıplarda yolluk, yolluk girişinin, döküm parçasının ve hava ceplerinin kalıptan dışarı atış sırasında deforme olmamalarına ve kırılmalarına dikkat edilmelidir. Hava ceplerinin tüm kalıp genişliği boyunca uzatılıp ikinci bir döküm yolluğu gibi olmasından kaçınılmalıdır. Şekil 8.3'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 8.3 Hava cebi ve hava boşaltım kanalı dizaynı. (a) döküm parçası, (b) hava cebi, (c) itici pim, (d) çekirdek. Hava cebinin derinliği yolluk derinliği ile aynıdır.

9. DENEYSEL UYGULAMALAR

Yapılan teorik incelemeler sonucu, yolluk sistemlerini hesaplamaya yarayan nomogramlar ve formüllerin, aynı döküm parçası için farklı değerler verebildikleri görülmüştür. Bunun temel sebebi, nomogram ve formüller hazırlanırken, uygulama yapılan basınçlı döküm makinalarının karakteristiklerinden etkilenmiş olmasıdır. Bir parça için aynı kapama gücüne ve basınç silindirine sahip farklı firmaların ürettikleri makinalar için dahi nomogramlardan hesaplanan yolluk girişi değerleri sonuç vermeyebilmektedir. Ayrıca makinalar yaşlandıkça, bakım yapılsa bile aşınan, yıpranan mekanik parçalardan dolayı hesaplarda şaşmalar olabilmektedir.

Bu sorunların çözülebilmesi için, kullanılacak nomogramlarda, presin tipine bağlı olarak seçilecek “düzeltme faktörü” bulunmalıdır. Bu amaç doğrultusunda her prese ait düzeltme faktörünü tespit etmek için yollar aranmıştır. Bulunan en ciddi çözüm, standart bir metal enjeksiyon kalıbı ile dökümler yapıp sonuçların değerlendirilmesi olduğu görülmüştür. Standartlaşan kalıp ve makina parçaları gibi, standart bir kalıp satın alıp veya kiralayıp prese bağlayıp, pres ile yapılan deneme sonuçlarını kalıp kontrüksiyonu yapmakta kullanılan eğrilerin yeniden düzenmesi sağlanabilir. Bu amaçla bir deney kalıbının tasarlanmasına başlanmıştır. Deney kalıbından elde edilen sonuçlar ile nomogramlardan (veya formüllerden) hesaplanan değerler karşılaştırılıp sapmalar incelenerek her makinaya uygun kendi nomogramları çıkartılabilir.

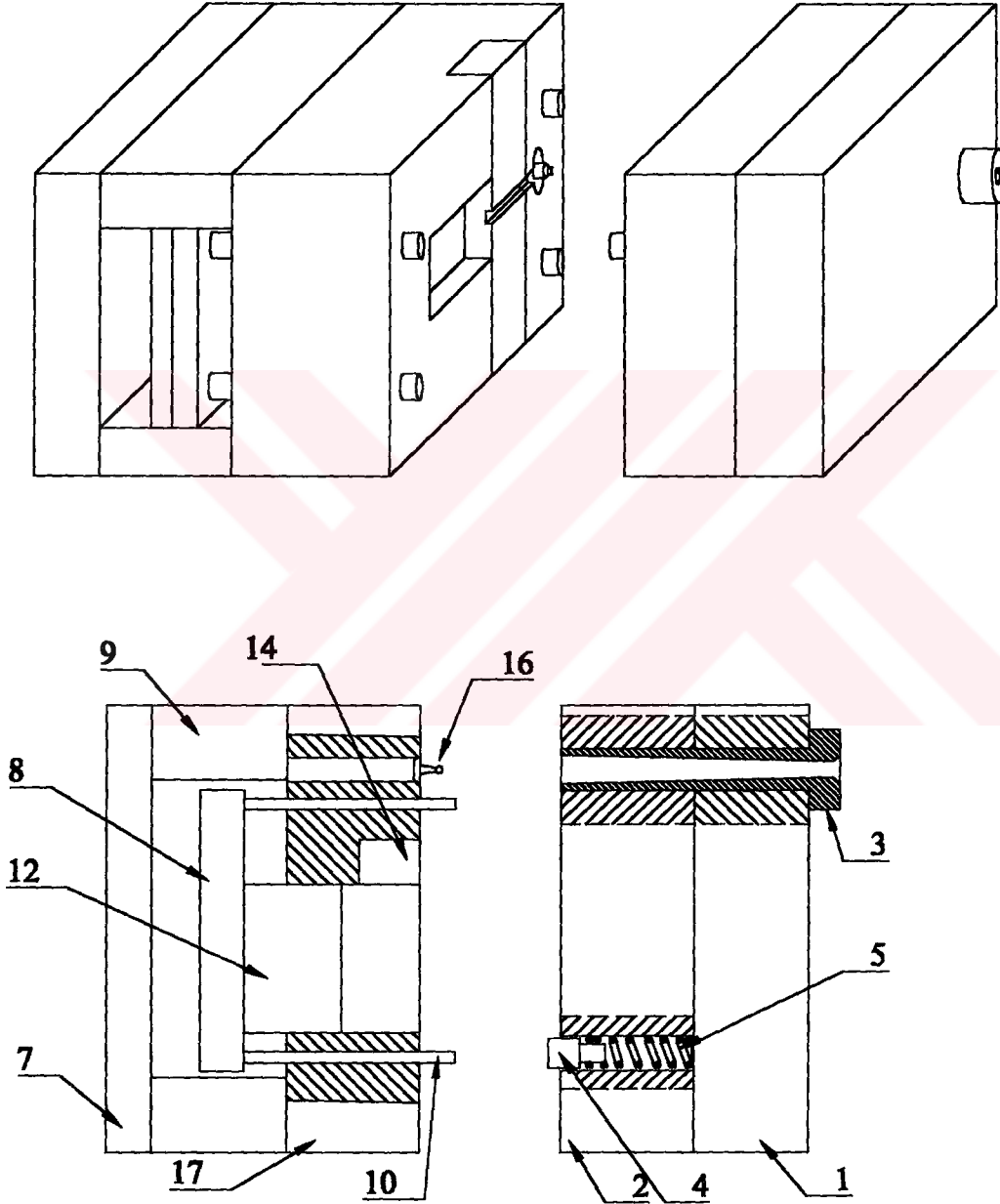
9.1. Deney Kalıbı Tasarlanması

Deney kalıbı tasarlanırken yapı bakımından en kolay ve hızlı şekilde sonuç almaya yönelik olmasına dikkat edilmiştir. Tasarlanan kalıpta, imal edilirken karşılaşılan güçlükler sebebiyle bazı değişiklikler yapılmıştır. Ayrıca deneme aşamasında karşılaşılan sorunlar da kalıp üzerinde yapılan değişikliklerle giderilmeye çalışılmıştır. Sonuçta şekil 9.1 de görülen deneme kalıbı ortaya çıkmıştır.

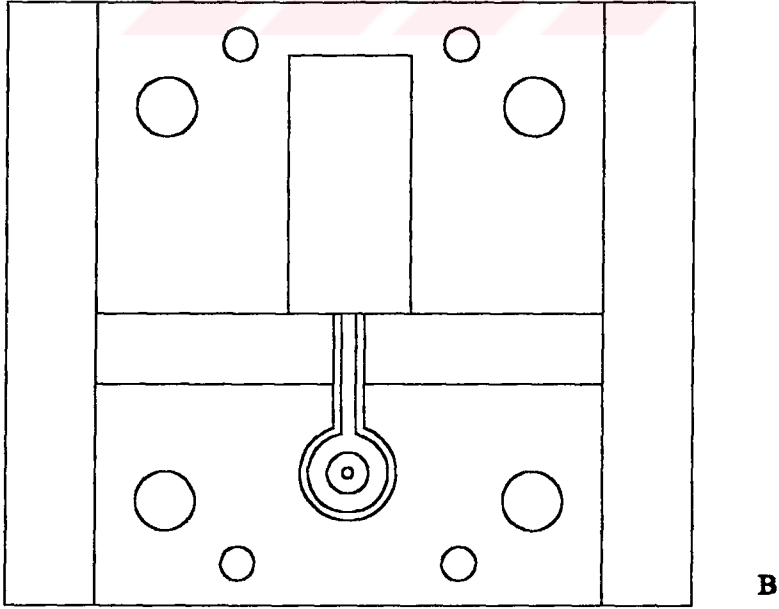
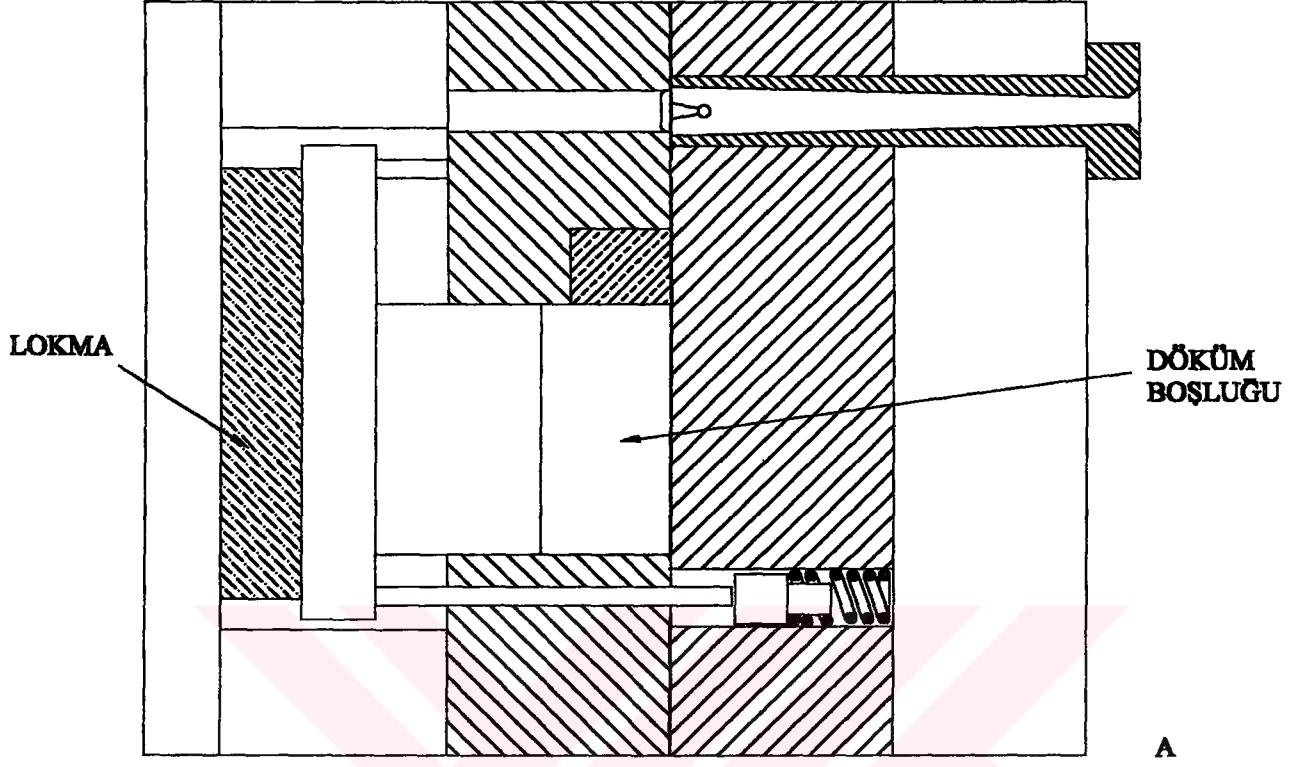
9.2. Deney Kalıbının Yapısı

Kalıbın tamamı (2344) sıcak iş çeliğinden imal edilmiştir. Hareketli parçalar ve meme vakum altında sertleştirilmiştir. Kalıpta döküm parçasının kalınlığını ayarlayan hareketli maça, yolluk giriş kesitini ayarlayan maçalar dağıtıcı ve meme kolay değiştirilebilecek biçimde tasarlanmıştır (şekil 9.1, Şekil 9.2). Döküm sırasında parça kalınlığı ve yolluk girişi kesiti,

kalıbın presin gövdesinden sökülmesine gerek kalmadan arttırılabilmektedir. Farklı yolluk girişleri için farklı maçalar gerekirken, parça kalınlığını ayarlamak için tek bir maçanın arkasına konulan lokmalar yeterli olmaktadır. Kalıp makinadan kolay sökülebilmesi için mümkün olduğunca hafif yapılmıştır.



Şekil 9.1 Deney kalıbı



Şekil 9.2 Deney kalıbının kesit görünüşü (A), önden görünüşü (B).

9.2.1. Kalıp elemanları

Deney kalıbını oluşturan temel parçalar :

- A Sabit taraf kalıp elemanları.
- 1 Yolluk tarafı destek ve bağlama plakası.
 - 2 Yolluk tarafı kalıp yarısı.
 - 3 Meme.
 - 4 Geri itici pim karşılıkları.
 - 5 Geri itici pim karşılıklarının yayları.
 - 6 Merkezleme milleri

B Hareketli taraf kalıp elemanları

- 7 İtici tarafı destek ve bağlama plakası.
- 8 İtici plakaları
- 9 İtici destekleri
- 10 Geri itici pimleri
- 11 Yolluk itici pimi
- 12 Ana maça
- 13 Ana maça yatağı
- 14 Yolluk girişi maçası
- 15 Yolluk girişi maça yatağı
- 16 Dağıtıcı
- 17 İtici tarafı kalıp yarısı.

9.3. Deney Kalıbının Çalışması

Kalıp esas olarak, aşağıya-yukarıya hareket ettirilebilen bir maça sayesinde hacmi değiştirilebilen, dikdörtgen kesitli bir boşluktur. Hareketli maça, döküm esnasında, kalıbın kapanmasıyla birlikte geri iticilerin maçayı arka konuma getirmesiyle dokum boşluğunu oluşturur. Geriye itilen itici plakasına bağlı maçanın duracağı konumu arka tarafına konan lokmalar belirler. Lokmalar kalınlaştıkça kalıp boşluğunun hacmi küçülür, arttıkça kalıp boşluğunun hacmi büyür. En geri halinde lokmaya dayanan itici plakasına bağlı geri itici pimlerinin çıkıntılarını, kalıbın diğer tarafındaki, geri itici pimleri karşısındaki yaylı pim karşılıkları içeriye basılarak etkisiz hale getirirler. Kalıp kapandığında, dağıtıcı, memenin

içine girer. Dağıtıcının en üst kısmı yolluk çekici görevini üstlenmek için küresel tırnaklı yapılmıştır. İstedığımız yolluk girişi kesitini sağlayan lokma maçanın hemen yanında açılmış olan yatağına yerleştirilir. Lokmanın değiştirilmesi çok kolaydır. Döküm esnasında kısa duruşlarla kalıbı sökmeyen pres üzerinde değiştirilebilir.

9.4. Deneye Hazırlık

Deneylede çinko alaşımları kullanılmıştır. Kalıptan çıkartmak istediğimiz parçanın kalınlığına bağlı olarak kalıbın itici plakası arkasına yerleştirilecek lokmalar hazırlanır. Yolluk girişinin uygun görülen boyutu için seçilen lokma kalıbın itici tarafındaki yatağına yerleştirilir. Kalıbın sabit plakaya bağlanacak kısmı meme deliği kaz boynunun nozülünün deliğine gelecek şekilde prese bağlanır. İtici tarafı, sabit tarafa takılır, pres kapatılır. İtici tarafı hareketli plakaya bağlanır. Maçalar yağlanır ve kalıp ısıtılmaya başlanır. Potadaki metalin sıcaklığının döküm sıcaklığına gelmesi beklenir. Bu esnada kalıp sıcaklığı ana maça üzerinden ölçülerek 200 °C olması sağlanmalıdır. Deneyde kullanılan alaşım ZnAl4Cu1 dir. Alaşımın pota içinde 440 °C olması gereklidir.

Döküm esnasında ilk 5 baskı dokum yolundaki cürufur, sıcaklık farkları yüzünden dikkate alınmamalıdır. Daha sonraki baskılar alınarak ortalama değerleri işlenir.

9.5. Deney Şartları

Deney Doğu Sanayi Sitesi'nde otomotiv ve mobilya sektörüne zamak parça üretimi yapan bir firmada yapılmıştır. Deney esnasında kullanılan ekipman ve sarf malzemeleri aşağıda verilmiştir.

| | |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| Kullanılan hammadde | Zamak 5 (ZnAl4Cu1) |
| Üretici firma | Overcore |
| Termin yeri | Belçika |
| Miktarı | 30 kg |
| Yoğunluğu | 6.75 gr/cm ³ |
| Döküm sıcaklığı | 430-450 °C |
| Kalıp sıcaklığı | 190 °C |
| Döküm boşluğu | 50.75 mm x 25.60 mm x yükseklik değişken |
| Pres | İdra (1976) 25 ton sıcak kamara (ısı kontrollü) |

Deney yapılmadan önce pota içerisinde kalan Zamak 5 temizlenmiş, deney için özel alınan Zamak 5 ergitilmiştir. Kalıbın ısıtılması için LPG gazı kullanılmıştır. Kalıp ve pota sıcaklıklarının ölçülmesi için Meter firmasının ürettiği daldırma tipi taşınabilir sıcaklık ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kalıptaki maçalar ve hareketli parçalar dökümden önce Petrofer firmasının kalıp yağı ile yağlanmıştır.

9.6. Deneyin Yapılması

Deney esnasına basılacak olan parçanın en, boy, yükseklik değerleri çarpılarak parçanın hacmi bulunur. Döküm yapılacak malzemenin yoğunluğuyla çarpılarak parçanın ağırlığı tesbit edilir. Bu ağırlık ve yüzey / ağırlık oranından yararlanılarak herhangi bir yöntemle yolluk girişi boyutları tespit edilir. Bulunan yolluk girişi lokmalara işlenerek kalıba takılır. Hazırlıkları tamamlanan pres ve kalıp ile döküme geçilir. Döküm esnasında kalıbın sıcaklığının sabit kalması gereklidir. Döküm sonunda çıkan parçanın bütünlüğü ve yüzey kalitesi kontrol edilir. Eğer sorun yoksa hesaplama yöntemi doğru demektir. Yüzey kalitesi ve yoğunlukta bozukluk varsa hareketli maçanın arkasına ince lokmalar eklenip çıkarılarak hangi hacim için işlenen yolluk girişinin doğru değerlerde olduğu tespit edilir. Oluşan hacim farkı ile yüzey / hacim farkı presin hesaplama yöntemi ile elde edilen değerden ne kadar saptığımızı gösterir.

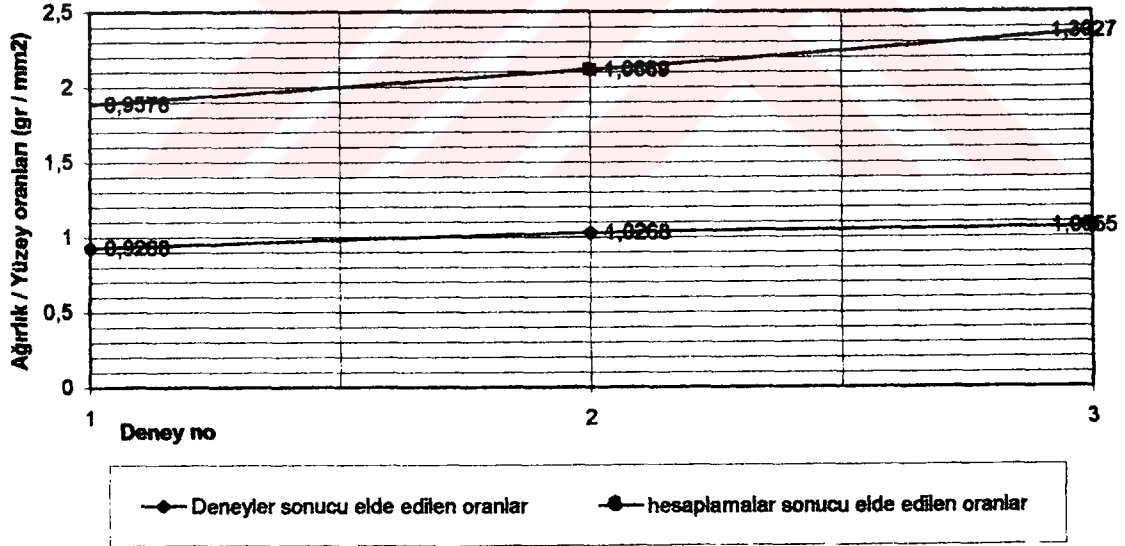
9.6. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deney kalıbı ile iki kez döküm yapılmaya çalışılmıştır. Döküm sonrasında nomogram kullanılarak bulunan ağırlık – ideal yolluk girişi kesitleri ile deney sırasında yüzey kalitesi kontrolü ile yolluk girişi sabit tutularak 3 farklı yolluk girişi için ideal numuneler dökülmüştür. İdeal ölçülerle pratik denemelerin sonuçları Çizelge 9.1’ de verilmiştir. Deneylerin sonuçları deney sayısının azlığı sebebiyle güvenilir değildir. Bununla birlikte elde edilen sayısal değerlerden faydalanılarak presin malzemenin özelliklerine bağlı ideal değerlerden sapmanın tespit edilmesi mümkündür. İdeal hesaplarla deney numunelerinden alınan sonuçların farkları göz önüne alınırsa, sapmanın orantılı olduğu fark edilecektir.

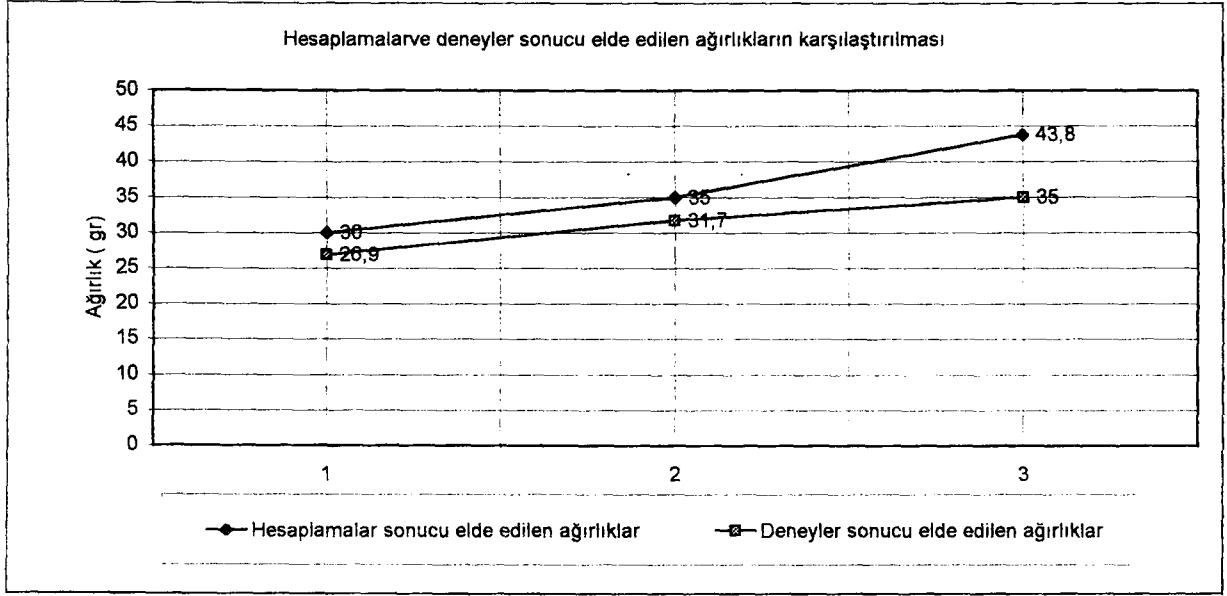
Çizelge 9.1 Deney sonuçları

| İstenen parça detayı | Kalıp boyutları mm | Nomogramda hesaplanan yolluk girşi | Yüzey kalitesi | Aynı yolluk girişi için deneysel parça | Fark |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|
| H:3 mm G :30 gr Y:31,3201 cm ² G/Y : 0,95785 | 50.75x 25.60x 3.5 | 3 mm ² | Kötü eksik doldu dip kısmı dolmadı | H :2,5 mm G:26.9 Y :29.8 G/Y : 0.9268 | G:3.1gr |
| H:4 mm G :35 gr Y: 32,3 cm ² G/Y : 1,08695 | 50.75x 25.60x 4 | 3.3 mm ² | Çiçekli üst yüzey | H :3,2 mm G:31,7 Y :30,87 G/Y : 1.02685 | G:3.3gr |
| H:5 mm G :43.8 gr Y: 33,62 cm ² G/Y : 1,30275 | 50.75x 25.60x 5 | 3.7 mm ² | Eksik dolum | H :4 mm G:35.07 Y :32.92 G/Y : 1.06552 | G:3.3gr |

Hesaplama ve deney sonucu elde edilen Ağırlık / Yüzey oranları



Şekil 9.3 (G/Y) Ağırlık / yüzey oranları.



Şekil 9.4 (G) Ağırlık oranları.

10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.

Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bilgilerin yorumlanmasıyla basınçlı dökümde yolluk sisteminin üretilen parça için önemi açıkça ifade edilmiştir. Yolluk sistemleri parçanın yüzey kalitesi ve mukavemeti ile yakından alakalıdır. Hatalı parça üretiminin temel nedenlerden bir tanesinin parçaya uygun olmayan yolluk sistemleri olduğu görülmektedir. Kalıp tasarımı yapılırken en az parçanın kendisi kadar önem taşıyan yolluğun da birlikte düşünülmesi, hesaplanması gerekir. Verilen nomogramlar formüller ve şekiller kullanılarak ideale yakın yolluk tasarımları yapmak mümkündür.

Yolluk sisteminin poroziteye de etkisi açıktır. Havalandırma kanalları ve cepleri esas olarak kalıbın değil yolluğun parçası olarak düşünülmelidir. Havalandırma sistemi de yolluk sistemi gibi kalıp tasarımının ilk evresinde hesaplanıp, tasarlanmalıdır.

Basınçlı döküm kalıplarında yolluk tasarımı ile ilgili bilgilerin hemen hemen tamamı pratik çalışmaların ürünüdür. Pratik çalışmalar sonucunda elde edilen grafik ve formüller tüm basınçlı döküm parçalarına uygun değildir. Genel kurallar tezin ilgili bölümlerinde incelenmiştir. Her makinanın karakteristiğine uyabilecek nomogramlar yapılabilir. Yolluk tasarımı ile ilgili 50 kadar formül ve nomogram çıkartılmıştır. Hiçbirinde basınçlı döküm makinalarından kaynaklanan sapmaları net şekilde tolere edecek düzeltici kısımlar bulunmamaktadır. Elde edilen bilgilerin ışığında bunun mümkün olduğu görülmüştür.

Üretici firmaların basınçlı döküm makinalarına göre hesap cetvellerini ayarlayabilmelerinin tek yöntemi standart kalıplar kullanarak sapmaların tespit edilmesi ve bu değerlerin nomogramlar veya tablolarda düzeltilmesidir. Bu amaçla tasarlanan deney kalıbı ile yapılan pratik çalışmalarda kesin sonuçlar elde edilmese de yaklaşımlar standart deney kalıpları kullanılarak her tip makina için yolluk tasarımında kullanılabilecek dataların oluşturulabileceğini göstermiştir. Bu yöntemle farklı model ve imalat yıllarına ait basınçlı döküm preslerinin farklı malzeme ve sıcaklıklarda çalışırken kıyaslamaları yapılabilir. Bu ise uygun presin de seçilmesine yardımcı olabilir. Üretimde standardın sağlanmasına destek olmak için basınçlı döküm makinası üreten firmaların bir araya gelerek bu tip kalıplar geliştirmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

Allsop D. F., Kennedy D. (1991) , Pressure Diecasting Part 1, Pergamon press, England.

Allsop D. F., Kennedy D. (1991) , Pressure Diecasting Part 2, Pergamon press, England.

ASM Handbook Volume 3 Alloy Phase Diagrams.

Assab&Korkmaz Çelik, Teknik Bülten (1997), Metal Enjeksiyon Kalıplarında Ömür Arttırıcı İpuçları. İstanbul.

Brunhuber E., (1963), Moderne Druckgussfertigung, Fachverlag Schiele ,Berlin.

Campbell J.S., (1950), Casting and Forming Processes, Toronto, London.

Campbell J.S., (1961), Principles of Manufacturing Materials and Processes, McGraw-Hill Publishing Company , London.

DeGarmo E. P., Black J.T., Kohser R. A., (1990), Materials and Processes In Manufacturing, 7 Th. Edition, Macmillan publishing company, New York.

Kaye A., Street A., (1982), Die Casting Metallurgy, Butterworth Scientific, England.

Niebel B. W., Drapper A.B., Wusk R. A., (1989) Modern Manufacturing Process Engineering, McGraw-Hill Publishing Company, London.

Reimer V., (1981), Druckguss, Carl Hanser Verlag, Münih.

Rocky Wang ,(1998), Producer machine catalogue, Taiwan.

Street A., (1984), The Diecasting Book, Portcullis Press Ltd., England.

ÖZGEÇMİŞ

| | | |
|---------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum tarihi | 25.08.1973 | |
| Doğum yeri | İstanbul | |
| Lise | 1987-1990 | Amasya Lisesi |
| Lisans | 1990-1994 | Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makina Mühendisliği Bölümü |
| Yüksek Lisans | 1997-2000 | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı |

Çalıştığı kurumlar

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| 1994-1996 | Yeni Metal ve Plastik Sanayi Ltd Şti. |
| 1996-1998 | Hidro Pres Döküm Ltd. Şti. |
| 1998-1999 | Yeniler Endüstri Mamulleri Ltd. Şti |
| 1999- | Cem Metal San. Tic. Ltd. Şti. |