

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KUM KALIBA DÖKÜMDE FARKLI YOLLUK, BESLEYİCİ  
TASARIM YÖNTEMLERİNİN KIYASLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS**

**Makina Müh. Aytuğ ÜLKER**

**Anabilim Dalı: Makina Mühendisliği  
Danışman: Prof. İbrahim Uzman**

**KOCAELİ, 2006**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KUM KALIBA DÖKÜMDE FARKLI YOLLUK, BESLEYİCİ  
TASARIM YÖNTEMLERİNİN KIYASLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Makina Müh. Aytuğ ÜLKER**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25 Aralık 2006**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 25 Ocak 2007**

**Tez Danışmanı  
Prof.İbrahim UZMAN**

  
(.....)

**Üye  
Prof.Dr.Levon ÇAPAN**

  
(.....)

**Üye  
Doç.Dr.Babür ÖZÇELİK**

  
(.....)

**KOCAELİ, 2006**

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Sıvı metalin kalıp boşluğuna doldurulması, katılaşma işlemi ile yakından ilgilidir. Sıvı metali kalıp boşluğuna dolduran “Yolluk Sistemi” ve katılaşma esnasında çekilme boşluklarının ilave sıvı metal ihtiyacını karşılayan “Besleyici” sistemidir. Her iki sistem birbirlerine, katılaşmanın en iyi şekilde tamamlanmasını sağlayacak şekilde yardımcı olmalıdırlar. Yolluk sisteminin ana elemanları, metal haznesi, düşey yolluk, yatay yolluk ve memelerdir. Yolluk ve besleyici sisteminin çok iyi tespiti ile, işletmelerin sağlayacağı kârlar çok büyüktür. Bir döküm parçasının sağlam olarak elde edilmesi büyük ölçüde besleyici-yolluk sistemine bağlıdır. Ayrıca yolluk-besleyici verimi, bu sistemlerin en iyi şekilde hesaplanıp ölçülandırılması ile en yüksek değere ulaşılabilir.

Bu tez çalışması süresince çok değerli yardım , teşvik ve önerileri için tez danışmanım sayın Prof. İbrahim UZMAN'a teşekkür ederim. Çalışmalarımda bana uygulama alanı yaratan ÜLKER MAKİNA ve DÖKÜM MÜHENDİSLİK firmasına, yüksek lisans konusunda beni teşvik eden ve destekleyen babam Nejat ÜLKER'e annem Türkan ÜLKER'e ve sevgili eşim Melis ÜLKER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iv
TABLOLAR DİZİNİ .....	viii
SİMGELER .....	ix
ÖZET .....	xi
İNGİLİZCE ÖZET .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ MODEL TASARIMI VE İMALATINDA LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	2
2.1. Bilgisayar Destekli Model Tasarım ve İmalatın Gelişimi .....	2
2.1.1. Bilgisayar destekli model tasarım ve imalatında yapılan çalışmalar .....	5
2.2. Bilgisayar Destekli Model Tasarım ve İmalatında Kullanılan Oto İnşa Teknolojileri .....	7
2.3. Bilgisayar Destekli Tasarımda Kullanılan Paket Programlar .....	11
2.3.1. Catia V5R8 programında üç boyutlu parça oluşturulması .....	11
3. GELENEKSEL MODELÇİLİĞİN LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	15
3.1. Geleneksel Modelciliğin Gelişimi .....	15
4. DÖKÜM .....	17
4.1. Dökümün Tanımı .....	17
4.2. Parça Dizaynı Açısından Uygun Döküm ve Kalıplama Tarzının Belirlenmesi ...	20
4.2.1. Uygun döküm tarzının belirlenmesi .....	20
4.2.2. Döküm tarzına bağlı olarak ekonomik kalıplama tarzının belirlenmesi .....	21
4.2.3. Döküm tarzının seçilmesi .....	23
4.2.4. Kalıplama tarzının seçilmesi .....	24
4.2.5. Modelin seçilmesi .....	26
4.2.6. Kalıplamayı kolaylaştıracak önlemler .....	27
4.2.7. Model konikliği .....	27
4.2.8. Bölme yüzeylerinin yeri ve sayısı .....	28
4.3. Kum Kalıba Döküm ve Aşamaları .....	32
4.3.1. Model yapımı .....	33
4.3.2. Maça yapımı .....	35
4.3.3. Kalıplama ve kum esaslı kalıp malzemeleri .....	36
4.3.4. Ergitme ve döküm .....	39
4.4. Döküm Hataları .....	40
4.4.1. Boşluk tipi hatalar .....	40
4.4.2. Çatlak tipi hatalar .....	41
4.4.3. Diğer döküm hataları .....	42
5. YOLLUK SİSTEMİ .....	43
5.1. Genel .....	43
5.2. Döküm Haznesi .....	44
5.3. Düşey Yolluk .....	47

5.3.1. Düşey yolluk tabanı: .....	49
5.3.2. Düşey yolluk tabanı dizaynı .....	50
5.4. Yatay Yolluk.....	54
5.4.1. Yolluk sistemleri .....	55
5.5. Memeler.....	56
5.5.1. Memelerin yolluk sistemine yerleştirilmesi .....	57
5.5.2. Meme-yatay yolluk birleşmesi.....	59
5.5.3. Meme-parça birleşmesi .....	60
6. DÖKÜM ZAMANININ TESBİTİ .....	62
6.1. Döküm Zamanı ve Katılma Modülü.....	62
6.2. Nomogram Yardımı ile Döküm Zamanının Bulunması.....	65
7. MEME KESİT ALANI.....	69
7.1. Hız Faktörü ( $\zeta$ ).....	71
7.1.1. Direkt üstten dökümde hız faktörü.....	75
7.1.2. Üstten dökümde hız faktörü ( $\zeta_{üst}$ ) : .....	76
7.1.3. Alttan döküm için hız faktörü ( $\zeta_{ALT}$ ) : .....	78
7.1.4. Yandan döküm ve hız faktörü ( $\zeta_{yan}$ ) : .....	79
7.1.5. Yatay yolluğa dik dirsek memeli dökümde hız faktörü ( $\zeta_{dirsek}$ ) : .....	80
7.2. Nomogram Yardımıyla Meme Kesit Alanının Bulunması.....	81
8. ÇIKICILAR.....	84
8.1. Çıkıcının Yeri .....	84
8.2. Çıkıcı Ebatları.....	85
9. BESLEYİCİLER .....	87
9.1. Besleyici Boynu Seçilmesi .....	87
9.1.1 Besleyici boyutu faktörleri .....	87
9.1.2. Besleyici boynu ve besleme boyun maçası .....	88
9.1.3. Uygun besleyici ve boyun seçimi .....	91
9.2. Besleyici Yolluk Birleşmesi .....	92
9.3. Dökümlerde Besleyicilerin Ölçülendirilmesinde Yeni Bir Yaklaşım .....	93
9.3.1. Özet .....	93
9.3.2. Yeni yaklaşım .....	93
9.3.3. Deneysel çalışma.....	94
9.3.4. Sonuç .....	96
9.4. Dökümlerin Yolluk Tasarım ve Boyutlandırılmasında Yeni Bir Yaklaşım.....	99
9.4.1. Özet .....	99
9.4.2. Yeni yaklaşım .....	99
9.4.3. Yeni yaklaşımın genel yolluk eşitliğiyle karşılaştırılması.....	102
9.4.4. Sonuç .....	103
9.5. Besleyicisiz Dizayn.....	104
10. ÖRNEK BESLEYİCİ YOLLUK HESAPLAMALARI .....	108
10.1. Örnek 1 .....	108
10.2. Örnek 2 .....	114
10.3. Örnek 3 .....	119
10.4. Örnek 4 .....	124
11. SONUÇLAR.....	130
KAYNAKLAR.....	134
EKLER.....	136
ÖZGEÇMİŞ.....	143

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Deneysel örneğin yerleşimi .....	6
Şekil 2.2 : Deneysel örneğin üç boyutlu modeli ve katılma boyunca verilen zaman için dökümün küçük katı model görüntüsü.....	6
Şekil 2.3 : Simüle edilen nodülerite değerlerinin, test dökümlerinde bulunan nodülerite değerleriyle karşılaştırılması .....	6
Şekil 2.4 : Motor bloğu için nodülerite değerlerinin simülasyonu .....	7
Şekil 2.5: Catia programı kullanıcı arayüzü.....	11
Şekil 2.6: Catia programı iki boyutlu çizim ekranı .....	12
Şekil 2.7: Catia çizim ekranında parçanın yarısının parça kesidi ve ölçüler .....	12
Şekil 2.8: Kasnak yarı kesitinin eksen etrafında 360 <sup>0</sup> döndürülmesi .....	13
Şekil 2.9: Kasnak modelinin yandan görünüşü .....	13
Şekil 2.10: Kasnak modelinin üç boyutlu arka görünüşü .....	14
Şekil 2.11: Kasnak modelinin üç boyutlu ön görünüşü .....	14
Şekil 3.1: Kum kalıp ve balmumu ile elde edilmiş modeller .....	15
Şekil 3.2: Taş kalıplar .....	16
Şekil 3.3: Leonardo da Vinci'nin yaptığı şekilli borular .....	16
Şekil 4.1: İki parçalı tipik bir kum kalıbın kesidi.....	19
Şekil 4.2: Parçada beslenecek kısmın yukarıya getirilmesi .....	20
Şekil 4.3: Bir parçada kalıplama ve döküm tarzı imkanları.....	21
Şekil 4.4: Üç yollu flanş (talaşlı işlemde önce).....	22
Şekil 4.5: Zor ve ekonomik olmayan bir kalıplama ile hatalı seçilmiş bir döküm tarzı .....	23
Şekil 4.6: Zor ve ekonomik olmayan bir kalıplama ve hatalı seçilmiş bir döküm tarzı .....	25
Şekil 4.7: Kalıplama ve döküm tarzı uygun seçilmiş .....	25
Şekil 4.8: Modele verilen koniklik sayesinde maçasız kalıplama.....	27
Şekil 4.9: Modele verilen koniklik ile maçasız kalıplama .....	28
Şekil 4.10: Kalıp bölme yüzeyleri .....	28
Şekil 4.11: Bir manivela kolunda model bölme yüzeyinin tek bir düzleme indirilmesi.....	30
Şekil 4.12: Parçada yapılan çizim değişikliği ile bölme yüzeyinin düzlemsel hale getirilmesi .....	31
Şekil 4.13: Bölme yüzeyi sayısının azaltılması.....	31
Şekil 4.14: Bölme yüzeyi sayısının azaltılmasına bir örnek .....	31
Şekil 4.15: Bir yatak parçasında çizim değişikliği ile bölme yüzeyi sayısının azaltılması .....	32
Şekil 4.16: Bir kasnakta bölme yüzeyinin daha uygun konuma getirilmesi.....	32
Şekil 4.17: Levhaya bağlı plak modeller: (a) Üst derecede kalıplanan kısım, (b) Plak model, (c) Alt derecede kalıplanan kısım ve (d) Düşey (mala) yüzeyli ve otomatik makine ile kalıplama için dizayn edilmiş kruva parçaya ait plak model .....	34

Şekil 5.1 : Yolluk ve besleyici sistemlerinin elemanları.....	44
Şekil 5.2 : Döküm hunisi.....	45
Şekil 5.3 : Döküm Hazneleri a) Curuf tutma engelli, b)Filtreli .....	45
Şekil 5.4 : Özel şekilli döküm hunisi ve boyutları .....	45
Şekil 5.5 : Makine ile kalıplamada döküm hunisinin derece üzerine kalıplanması ...	46
Şekil 5.6 : Düşey yolluk a) Hazne bağlantılı b) Döküm hunisi bağlantılı .....	47
Şekil 5.7 : Düşey yolluk konikliği hesabı .....	48
Şekil 5.8 : Düşey yolluk tabanı.....	49
Şekil 5.9 : Filtre düşey yolluk tabanı .....	49
Şekil 5.10:Radyuslu düşey yolluk tabanı.....	50
Şekil 5.11:Çeşitli düşey yolluk tabanı dizaynları: (a) Yatay yolluğa direk bağlanan düşey yolluğun ilk sıçrama problemi. (b) Vena contracta'nın durgun hali. (c) çukur tipi taban, hava birikimi problemlerinden ve ilk sıçramanın kötü etkilerinden kurtulmak için. (d) yolluk tıkanması, kenar darlığı. (e) ilk sıçrama problemini azaltmak için birleşmiş yolluk tıkanması ve hilesi (f) Çukur ve yolluk tıkanması, dik dar dizayn .....	51
Şekil 5.12:Yanlış çizilmiş bir yolluk sisteminde vena contracta'nın meydana gelmesi .....	52
Şekil 5.13:Yolluklarda vena contracta'nın önlenmesi.....	52
Şekil 5.14:Yatay yolluk parçalar arası dağıtımı sağlar .....	54
Şekil 5.15:Bir plakanın yolluk sistemi.....	55
Şekil 5.16:Kademeli yatay yolluk .....	56
Şekil 5.17:Yatay yolluktaki metalin akım çizgileri.....	56
Şekil 5.18:Döküm sıcaklığına bağlı olarak minimum meme kalınlığı .....	57
Şekil 5.19:Meme ölçülendirilmesi, köşeler yuvarlatılır.....	57
Şekil 5.20:Meme-yatay yolluk birleşmesi .....	59
Şekil 5.21:Meme-parça birleşmesi .....	60
Şekil 5.22:Çeşitli meme şekilleri.....	60
Şekil 6.1 : Basit cisimlerin katılma modülleri.....	65
Şekil 6.2 : Çeşitli döküm parçalarının her çeşit kum kalıba, çeşitli metal kompozisyonlarında, liküdü hattının altına düşmeden doldurulacak döküm zamanı nomogramı .....	67
Şekil 7.1 : Efektif yükseklik.....	70
Şekil 7.2 : Yolluk sistemindeki kayıp katsayıları.....	72
Şekil 7.3 : Dökme demirde çeşitli döküm tiplerine ve döküm sıcaklıklarına göre hız faktörü.....	74
Şekil 7.4 : Akış hızına göre Yandan ve Alttan döküm için hız faktörü.....	74
Şekil 7.5 : Akış hızına göre Ortadan ve Yukarıdan döküm için hız faktörü.....	75
Şekil 7.6 : Direkt üstten dökümde dikdörtgen ve daire kesitli düşey yolluk ve kalıplama şekli .....	75
Şekil 7.7 : Üstten döküm için hız faktörü ( $D_E=2, 5-5$ cm, meme düşey yolluk mesafesi $5-20$ cm, kum tane boyutu= $0,25$ cm $S_D : S_Y : n.S_A$ , $1:K:1$ ) ....	77
Şekil 7.8 : Üstten dökümde hız faktörü ( $\zeta$ ) ( $L>40$ cm, $D_E=3,5-7,5$ cm, $L_N>20$ cm, kum tane iriliği $0,45$ mm, $S_D.S_Y.nS_A$ , $1:K:1$ ).....	77
Şekil 7.9 : Alttan Döküm .....	78
Şekil 7.10: $\zeta_{UST}$ 'e bağlı olarak $\zeta_{ALT}$ 'ın bulunması .....	78
Şekil 7.11:Yandan döküm.....	79
Şekil 7.12:Dirsek memeli döküm .....	80

Şekil 7.13: Yatay yolluğa dik dirsek memeli dökümde $D_{Ab}$ , $L_d$ veya $(k_{dirsek} + k_s)$ 'ye $\zeta_{üst}$ hız faktörüne (Şekil 7.8'dan bulunacak) bağlı olarak $\zeta_{dirsek}$ 'in bulunması.....	81
Şekil 7.14: Çeşitli yolluk oranları ve düşey yolluk yüksekliklerine göre $m$ ve $\alpha$ değerleri .....	83
Şekil 8.1 : Çıkıcı uygulama yerleri .....	85
Şekil 8.2 : Maça kenarından geçen çıkıcı .....	85
Şekil 8.3 : Yan çıkıcı.....	85
Şekil 8.4 : Çıkıcı kalıp birleşmesi.....	86
Şekil 8.5 : Çıkıcı parça birleşme şekilleri .....	86
Şekil 9.1 : Besleyici-parça mesafesine bağlı olarak besleyici boyun genişliği.....	87
Şekil 9.2 : Demir döküm uygulamalarında besleyici boyunları için genel tasarım kuralları (sırasıyla yan ve üst görünüş). a) Genel yan besleyici tipi. b) Plaka döküm için yan besleyici. c) Üst yuvarlak besleyici.....	89
Şekil 9.3 : Dişli dökümü için katılma dalga cephesinin katılma için son nokta gösterimi .....	90
Şekil 9.4 : Üstü kapalı besleyici (a) ve üstü açık besleyici (b) için besleme yardımı uygulamasının sistematik gösterimi .....	90
Şekil 9.5 : Besleyici etkileri ve dişli dökümünde katılma dalga cephesi üzerinde besleyici teması Şekil 9.3'te gösterilmektedir. a) Kenar merkeze direk bağlanan yan besleyici, dökümün içinde sıcak nokta oluşturur. b ve c'deki gibi iş parçası ile besleyici arasında ince bölüm eklenmesi, dökümün içindeki sıcak noktanın üstesinden gelir. Ölçüler inch olarak verilmiştir.	91
Şekil 9.6 : a ve b Girdaplı curuf tutucu, c ve d-Besleyicilerin yolluğa bağlanması (meme girişleri besleyiciye yapılır), e-Bir besleyicili sisteme yolluk sisteminin bağlanması.....	92
Şekil 9.7 : a) Basit şekilli çelik dökümlerin kum kalıptaki katılma süreleri. b) Küp ve plakanın beslenmesi .....	97
Şekil 9.8 : Kondic ve arkadaşlarının katılma süresi deney sonuçları .....	98
Şekil 9.9 : Akışkanlık faktörü (c) nin bulunmasında kullanılan grafik .....	100
Şekil 9.10: $\Sigma A$ nın bulunmasında kullanılan grafik.....	103
Şekil 9.11: Sağlam besleyicisiz ağır yumuşak demir dökümü örnekleri.....	105
Şekil 9.12: Döküm parça kesiti .....	105
Şekil 9.13: Demir dökümler için tavsiye edilen döküm zamanları .....	107
Şekil 10.1: Kamyon poryası besleyici ve yollukları.....	108
Şekil 10.2: Poryanın modül bölümleri.....	109
Şekil 10.3: Cismin katılma modülü .....	109
Şekil 10.4: Döküm parçasının besleyici ve yolluklarının görünüşü .....	112
Şekil 10.5: İki besleyicili sistem.....	114
Şekil 10.6: Pompa yatağı teknik resmi .....	115
Şekil 10.7: Pompa yatağı modül bölümleri.....	115
Şekil 10.8: Pompa yatağı parçasının döküm halinin bilgisayarda üç boyutlu tasarım görüntüsü .....	119
Şekil 10.9: Kasnak parçası teknik resmi .....	119
Şekil 10.10:Kasnak modül bölümleri .....	120
Şekil 10.11:Kasnak parçasının adım adım kalıplanışı ve döküm sonrası resimleri .	124
Şekil 10.12:Pompa rulman taşıyıcı gövdesi teknik resmi .....	125
Şekil 10.13:Pompa rulman taşıyıcı gövde modül bölümleri.....	125
Şekil 10.14:Pompa rulman taşıyıcı gövdenin döküm sonrası resimleri.....	129



Şekil 11.1:Pompa rulman taşıyıcı gövdenin torna tezgahında işlenmesi.....	130
Şekil A1 : Döküm sıcaklığına bağlı olarak parça modülünden besleyici boyun modülünün tayini.....	136
Şekil A2 : Dökümden 2 dakika sonra, kum yüzeyinden itibaren meydana gelen katı kabuğun kalınlığı ( $Z_k$ ).....	136
Şekil A3 : Sıcaklığa bağlı olarak beslemede sıvı metal ihtiyacı, $\text{cm}^3/\text{kg}$ .....	137
Şekil A4 : Efektif besleyici hacmi .....	138
Şekil A5 : Model-sıvı metal ihtiyacı arasındaki bağıntı .....	139

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 5.1: Tavsiye edilen düşey yolluk-1.meme mesafesi ve son meme yatay yolluk sonu mesafesi .....	58
Tablo 5.2: Tavsiye edilen boyun/yatay yolluk kesit alanı .....	58
Tablo 5.3: Tavsiye edilen boyun / yatay yolluk kesit alanı oranı (Sfero Dökümü Demir).....	59
Tablo 5.4: Maksimum meme genişliği ve komşu iki meme arasındaki minimum mesafe (Basınçlı sistemde) .....	59
Tablo 7.1: Çeşitli yolluk sistemleri için hız faktörleri .....	73
Tablo 7.2: Üstten dökümde yolluk şekilleri ve kum tane boyutuna göre $\zeta$ ve Re sayısı .....	76
Tablo 7.3: Düşey yolluk boyu 5-15 cm, Düşey yolluk çapı $\geq 2,5$ cm, $S_D : S_Y : n.S_A = 1.K.1$ , Düşey yolluk-1.meme 2-5 cm .....	76
Tablo 9.1: Deneylerde kullanılan alüminyum bileşimi .....	95
Tablo 9.2: Deneylerde kullanılan modellerin ölçüleri .....	95
Tablo 9.3: deneylerde kullanılan besleyicilerin ölçüleri.....	96
Tablo 9.4: Dökme demirlerde genel yolluk eşitliği ile yeni yaklaşımın karşılaştırılması .....	102
Tablo 11.1:Besleyici çapı ve yolluk ölçülerinin karşılaştırılması .....	130
Tablo 11.2:Besleyici ölçülerinin karşılaştırılması.....	131
Tablo 11.3:Yeni yaklaşımla genel yolluk eşitliğinin karşılaştırılması .....	132
Tablo A1: Bazı döküm malzemeleri için yaklaşık çekme payı değerleri .....	139
Tablo A2: Bazı malzemeler için parça boyutları ve işlenecek yüzeyin türüne göre seçilmesi gereken yaklaşık işleme payları .....	140
Tablo A3: Modellerin iç ve dış yüzey eğiklikleri.....	140
Tablo A4 Ahşap modellerde boyut toleransları.....	141
Tablo A5 Metal modellerde boyut toleransları .....	142

## SİMGELER

$a$	: prizma boyutu, (cm)
$A$	: metal ve kalıp malzemesinin teknik özelliklerini gösteren faktör
$B$	: plaka genişliği, (cm)
$BA$	: birim alan, (cm <sup>2</sup> )
$c$	: parçanın tüm yüksekliği, (cm)
$(c)$	: akışkanlık faktörü
$D$	: besleyici çapı, (cm)
$D_S, D_R, D_G$	: hidrolik çap (düşey yolluk, yatay yolluk ve memeleri), (cm)
$d_t$	: düşey yolluk üst çapı (cm)
$d_b$	: düşey yolluk alt çapı (cm)
$F$	: düşey yolluk hunisi altındaki veya döküm haznesinin altındaki kesit alanı,
$F_b$	: düşey yolluk altındaki kesit alanı, cm <sup>2</sup>
$f_S, f_R, f_G$	: sürtünme katsayısı (düşey yolluk, yatay yolluk ve memeleri)
$g$	: yerçekimi ivmesi, (cm/sn <sup>2</sup> )
$G$	: döküm parçası ağırlığı, (kg)
$G_A$	: parçanın A kısmındaki ağırlığı, (gr)
$G_B$	: parçanın B kısmındaki ağırlığı, (gr)
$H$	: pota ağzından veya döküm haznesi üzerinden, düşey yolluk tabanına olan yükseklik (cm)
$h$	: düşülen yükseklik, (cm)
$h_1$	: pota ağzından düşey yolluk üzerine olan mesafe veya döküm haznesi üzerinden döküm haznesi tabanına olan mesafe (cm)
$J$	: düzlem adı
$k$	: yük katsayıları
$k_{dirsek}$	: köşeli birleşmede yük kaybı katsayısı (dirsek kayıp katsayısı)
$k_S$	: kanal sürtünme katsayısı
$L$	: plaka uzunluğu, (cm)
$L_S, L_R, L_G$	: toplam boy (düşey yolluk, yatay yolluk ve memeleri)
$m$	: farklı yolluk oranları ve $H_0$ değerleri için katsayı
$M$	: modül
$M_n$	: besleyici boyun modülü
$M_c$	: döküm modülü
$M_r$	: besleyici modülü
$n$	: memelerin sayısı
$N$	: dış maça
$P$	: parça adı
$P_h$	: parçanın üst derecedeki kalan kısmı, (cm)
$R$	: besleyici yarıçapı, (cm)

S	: parça yüzey alanı, (cm <sup>2</sup> )
S <sub>B</sub>	: basınçsız sistemde, konik düşey yolluk taban alanı veya boyun alanı, (cm <sup>2</sup> )
S <sub>T</sub>	: basınçsız sistemde, konik düşey yolluk üst alanı, (cm <sup>2</sup> )
S <sub>R</sub>	: yatay yollukların toplam alanı, (cm <sup>2</sup> )
S <sub>A</sub>	: memeler toplam alanı, (cm <sup>2</sup> )
S <sub>c</sub>	: doymuşluk derecesi
S <sub>DY</sub>	: dirsek yolluk kesit alanı, (cm <sup>2</sup> )
t	: sıvı metalin soğuma süresi, (sn)
t <sub>B</sub>	: besleyici katılaşma süresi, (sn)
t <sub>D</sub>	: dökümün katılaşma süresi, (sn)
U	: döküm parça boyutlarının vektörel bileşkesi
v	: F kesit alanındaki hız, (cm/sn)
V	: parça hacmi, (cm <sup>3</sup> )
W	: et kalınlığı, (cm)
x	: yan duvar (yanak) yalıtımı etkisi faktörü
y	: sıcak malzeme yükseliş faktörü
Y	: soğuma hızı katsayısı
ε	: kum yüzeyinden itibaren katılaşan kabuğun katılaşma hızı (cm/sn)
ΔQ	: liküdü sıcaklığının üzerindeki sıcaklık
v	: metalin hızı, (cm/sn)
γ	: döküm sıcaklığındaki sıvı metalin yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )
ζ	: hız faktörü
α	: çeşitli yolluk oranları ve düşey yolluk yüksekliklerine göre bir katsayı

#### **Kısaltmalar**

ASAF	: Yüzey düzeltme faktörleri
BA	: Birim alan
LOM	: Tabakalı Cisim İmalatı

# KUM KALIBA DÖKÜMDE FARKLI YOLLUK, BESLEYİCİ TASARIM YÖNTEMLERİNİN KIYASLANMASI

Aytuğ ÜLKER

**Anahtar kelimeler:** Dökme demir, Bilgisayar Destekli Dizayn, Besleyici, Yolluk Sistemi.

**Özet:** Sanayideki büyüme ve rekabetin artmasına paralel olarak her geçen gün daha karmaşık parça, makine ve sistemlerin, daha hızlı, kolay ve ucuz bir şekilde imalatına ihtiyaç duyulmakta, bu da çok farklı ve yeni imalat teknolojilerinin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Bilgisayarlar ile üretim gerçekleştirilmeye başlanmış ve bilgisayarlı tasarım ve imalat bir sistem haline dönüştürülerek, bilgisayar destekli tasarım ve imalat (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing-CAD/CAM) oluşturulmuştur. Bu çalışmada, döküm parçaların bilgisayar ortamında üç boyutlu tasarımı araştırılmış, kasnak parçasının üç boyutlu model tasarımı yapılmıştır. Genel hesaplama yöntemiyle örnek yolluk ve besleyici hesapları yapılarak hesaplanan bazı parçalar kum kalıba kalıplanmıştır. Döküm sonrası parçaların kusursuz olduğu görülmüştür. Besleyici ve yolluk hesapları, yeni yaklaşımlara göre tekrar hesaplanmıştır. Genel hesaplama yönteminde bulunan değerler ile yeni yaklaşım yöntemiyle bulunan değerler karşılaştırılmıştır. Parça şekline bağlı olarak sonuçlar farklılık göstermiştir.

# THE COMPARISON OF DIFFERENT RISER AND GATING SYSTEM DESIGN METHODS IN SAND MOULD CASTING

Aytuğ ÜLKER

**Keywords:** Ductile Iron, Computer Aided Design, Riser, Gating System.

**Abstract:** With the increase of growth and competition in industry, the production of complex castings, machine and systems in a faster, simpler and cheaper way is needed. This causes the improvement of new production technologies. Production with computers starts and computer aided design and computer aided manufacturing are formed. In this work, three dimensional design of castings in computer is studied and three dimensional model design of pulley is prepared. With general calculation method, riser and gating system is calculated. Some calculated castings are moulded in a sand mould. That all the castings are undamaged is observed after casting process. The riser and gating system measurements are again calculated according to new approaches. The values which are found with general measurement method and with new approaches are compared. According to the casting shapes, the values show differences.

## 1. GİRİŞ

Döküm, metal veya alaşımların ergitilerek önceden hazırlanmış bir kalıp boşluğuna doldurulması ile parça imalatını kapsamaktadır. Bir döküm işleminde genel olarak aşağıdaki kademeler takip edilir.

- 1) Resim çizimi
- 2) Model yapımı,
- 3) Maça yapımı,
- 4) Kalıplama
- 5) Metali ergitme ve kalıba boşaltma,
- 6) Temizleme.

Uygun döküm tarzını dökümcü seçer. Ancak parça dizaynını yapan da dökümcünün hangi faktörleri dikkate alarak bu seçimi yaptığını bilmesinde yarar vardır. Bu yönden düşünüldüğünde parça dizaynını yapan hem modelcinin ve hem de dökümcünün seçeneklerini önemli ölçüde etkiliyor demektir.

Kalıplama yönteminin uygun seçilmesi ve parça dizaynının da buna olanak sağlaması kalıplama işini kolaylaştırır. Aynı şekilde döküm tarzının doğru seçilmesiyle de parçaların hatasız dökümü kolaylaşır.

Yarı mamül makine parçalarının seri olarak döküm yöntemiyle üretilmesi sürecinde ilk aşama olan modelin tasarımında ve üretiminde günümüzde yaygın olarak bilgisayarların kullanıldığı görülmektedir. Uluslar arası rekabet şartlarıyla yarışabilecek nitelikte ve hızda üretim yapabilmek için döküm yoluyla elde edilen ürünlerde model tasarımı ve imalatı en önemli aşamayı oluşturmaktadır.

## **2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ MODEL TASARIMI VE İMALATINDA LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

### **2.1. Bilgisayar Destekli Model Tasarım ve İmalatın Gelişimi**

Tarih boyunca, hayal edilen geometri ve malzeme özelliklerine sahip parçaların imal edilmesi konusunda bir çok teknoloji geliştirilmiştir. Sanayideki büyüme ve rekabetin artmasına paralel olarak her geçen gün daha karmaşık parça, makine ve sistemlerin daha hızlı, kolay ve ucuz bir şekilde imalatına ihtiyaç duyulmakta, bu da çok farklı ve yeni imalat teknolojilerinin geliştirilmesine öncülük etmektedir. Söz konusu yeni imalat teknolojilerinde varılan son noktalardan biri olan “otomatik inşaat” (autofabrication), kısacası “oto-inşa” teknolojileri, 1990 yıllarından bu yana dünyada hızlı geliştirme, prototip ve kalıp imalat sahalarında önemli ilerlemelere neden olmuştur. Oto-inşa teknolojileri, 1986’da ABD’de ticari olarak ilk kullanıldığı yıllarda sadece hızlı model ve prototip imalatı amacıyla geliştirilip kullanıldığından, bu teknolojiler, kapsamı ve anlamı bakımından çok uygun olan “autofabrication” (oto-inşa) veya “automated fabrication” yerine çoğunlukla “rapid prototyping” (hızlı parça üretimi) adıyla anılmıştır.

İlk olarak genel amaçlı bilgisayar 1946 yılında John Mauchly ve J.Presper Eckert tarafından geliştirilmiş ve Elektronik Sayısal Tümeşikli Otomatik Hesaplayıcı (Electronic Numericaly İntegrated Automatic Calculator (UNIVAC)) geliştirilmiştir.

Bu tip bilgisayarları, diğerleri izlemiş ve 1964 yılında ilk olarak günümüzde kullanılan bilgisayarlara uygun bir bilgisayar geliştirilmiştir. Fakat tüm bu bilgisayarlar gerek hacim, gerek maliyet gerekse kullanılabilirlik açısından günümüzde geçerliliklerini kaybetmişlerdir. Zamanla kullanım alanı geniş ve küçük hacimli bilgisayarlar geliştirilmeye başlanmış ve bilgisayar teknolojisi başlı başına bir endüstri dalı şekline dönüşmüştür [1].



İleri üretim teknolojisinin ilk ünitelerinden biri olan nümerik kontrollü makineler de bilgisayarlar gibi İkinci Dünya Savaşı sırasında geliştirilmiştir. İkinci Dünya Savaşında Amerika'da Parsons şirketinde bir uçak parçasının üretimi sırasında üç boyutlu eğri verisi ve makine parçalarının hareketlerinin kontrolü gereği ortaya çıkmıştır. Bu sorun çözülmeye çalışılırken nümerik kontrollü makineler geliştirilmiştir. Nümerik kontrolde matematiksel bilgilere gereksinim duyulduğu için makinelere bu isim verilmiş ve 1954 yılında bu makinelerle ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu makineler, çeşitli semboller kullanılarak programlanır ve kontrol gerçekleştirilir. Tüm bu teknolojik gelişmeler sürerken Nobert Wiener tarafından 1948 yılında yayınlanan “Hayvan ve Makinelerde Kontrol ve Haberleşme” ve 1953 yılında Wiener, Arturo Rosenblueth, Julien Bigelov tarafından yayınlanan “Davranış, Amaç ve Teknoloji” adındaki kitapta “Sibernetik” kavramından bahsedilmeye başlanmıştır. Sibernetik; mekanik, elektrik ve biyolojik bir sistemin kendi kendini kontrolü ile ilgili bir kavramdır.

Sibernetik teorisinin ortaya çıkması ve teknolojiye uygulanması ile önemli gelişmeler meydana gelmiş ve bu sayede otomatik veya kendi kendini kontrol eden cihazlar ve işlemler geliştirilmiştir. Sibernetik teorisinin geliştirilmesi ve kullanım alanının genişlemesi ile sistem kavramı gelişmiş ve sistem karmaşık yapıların açıklanmasında kullanılmaya başlanmıştır.

Genel sistem teorisi 1950 yılında Ludving von Bertalanfly tarafından ortaya atılmıştır. Genel sistem teorisi ile değişik disiplinler arası ilişkiler genellemeye ulaşmak ve bunların tanımlanması için ortak bir dil oluşturmaya çalışılmıştır. Kenneth C.Boulding'inde bu alandaki çalışmaları ile genel sistem teorisi daha açıklık kazanmış ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Tüm bu gelişmeler ileri üretim teknolojilerinin doğuşuna neden olmuştur. Bu teknolojilerin gelişimi Tasarım/Çizim, Planlama/Programlama ve Fabrikasyon şeklinde üç ana grupta açıklanabilir.

Fabrikasyon alanında nümerik kontrol ile başlayan çalışmalar, bilgisayarlı nümerik kontrol ve sistemdeki diğer bilgisayarlarla bağlantılı olarak çalışan direk nümerik

kontrol ile devam etmiştir. Bilgisayarlar ile üretim gerçekleştirilmeye başlanmış ve bilgisayarlı tasarım ve imalat bir sistem haline dönüştürülerek, bilgisayar destekli tasarım ve imalat (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing-CAD/CAM) oluşturulmuştur. Üretim sistemi ile birlikte finans, pazarlama, muhasebe gibi diğer işletme sistemleri bütünleştirilerek ve ayrı ayrı bilgi sistemlerinin bilgisayar kullanılarak bilgisayarlarla bütünleşik imalat (Computer Integrated Manufacturing-CIM) ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda bilgisayarların hacimleri küçülmüş fakat kapasiteleri arttırılmıştır. Mikro bilgisayarlar ve kişisel kullanıma ait bilgisayarlar çok karmaşık yapılara sahip sistemlerin birleştirilmesi ve bütünleştirilmesi kolaylaştırılmıştır [1].

Planlama ve programlama alanlarında grup teknolojisi ile başlayan çalışmalar, kodlamanın geliştirilmesi ile bilgisayar destekli süreç planlaması (Computer Aided Process Planning-CAPP) ile devam etmiştir. 1970'li yıllarda malzeme gereksinim planlaması (Materials Requirement Planning –MRP) adı altında geliştirilen bilgisayar programı ile üretim planlamaları son ürünün talebindeki değişime paralel olarak stok ve üretim çizgilerini uyarlama imkanına kavuşmuştur. MRP geliştirilerek planlamada kullanılmak üzere daha geniş kapsamlı imalat gereksinim planlaması (Manufacturing Requirement Planning-MRP II) geliştirilmiştir [1].

Tasarım ve çizim alanında ise çeşitli analiz yöntemleri geliştirilerek, 1950'li yıllarda çizimlerde bilgisayarların kullanılabileceği saptanmıştır. Bu konuda ikinci aşama mühendislik tasarımlarında bilgisayar grafiklerinin kullanımı olmuştur. Amerikan savunma bakanlığının desteği ile 1963 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde geliştirilen çizim tahtası bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design-CAD) başlangıcını oluşturmuştur.

Teknolojilerin bu hızlı gelişimi ile beraber üretim alanında yeni yaklaşımlar ve felsefeler ortaya çıkmıştır. Bunlar arasında Japon'ların geliştirdiği Tam Zamanında Üretim (Just in Time-JIT), Toplam Kalite Kontrol (Total Quality Control-TQC), Esnek İmalat Sistemi (Flexible Manufacturing Systems-FMS) ve Yalın Üretim (Lean Production) sayılabilir. JIT minimum stok ile müşteri taleplerini karşılayabilecek bir üretim sisteminin oluşturulması ve TQC ile kalite anlayışının

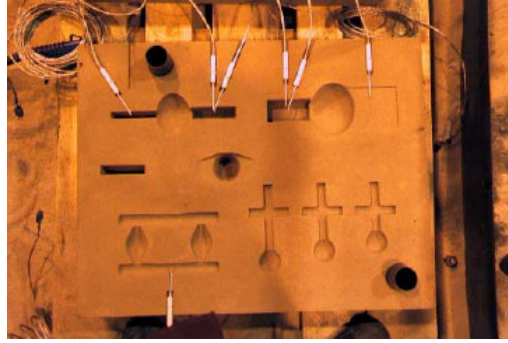
işletme içinde yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. FMS ile ise üretim hücreleri oluşturularak ve otomasyon ile üretim esnekleştirilmektedir.

### **2.1.1. Bilgisayar destekli model tasarım ve imalatında yapılan çalışmalar**

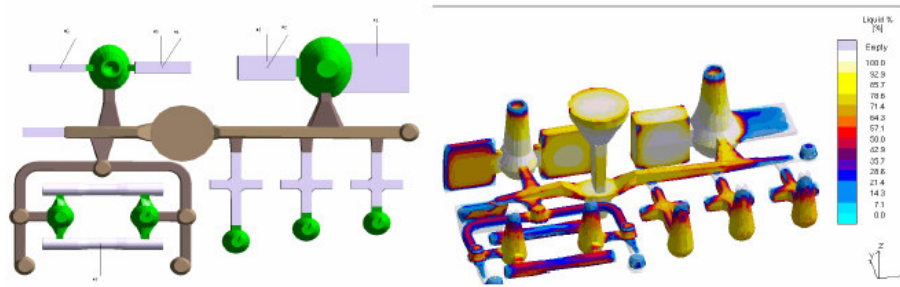
Guman ve Sholapurwalla hassas döküm prosesi için simülasyon yaparak döküm hatalarını ve döndüleri önemli ölçüde azaltmışlar ve daha kaliteli döküm elde etmişlerdir. Cambridge Üniversitesi mühendislik bölümünde model ve kalıplarda bilgisayar destekli tasarım ve imalat için oldukça geniş bir çalışma grubu oluşturmuşlardır. Yapılan diğer bir çalışmada, bilgisayar destekli tasarım ve imalat metodu alüminyum alaşımlarından jant tasarımı ve üretimi için kullanılmıştır. Miller ve arkadaşları metal kalıba döküm prosesinde bilgisayar destekli tasarım ve imalat metodunu kalıp değiştirme zamanı için uygulamışlardır [2]. Bilgisayar destekli tasarım ve imalat metodu plastik ve metal döküm proseslerinde meydana gelen değişik geometrik problemlerin çözümünde de başarılı olmuştur. Yapılan diğer bir çalışmada, genel amaçlı Abaqus yazılımı ile üç boyutlu model oluşturulmuş ve vizkoplastik davranışını izah etmeye kadar giden metodu açıklamak için termo mekanik yaklaşım kullanılmıştır [3]. Carlos E. Esparza ve arkadaşları, gradyan arama metotları ile en uygun yolluk sistemi dizayn etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada gradyan arama temeline dayalı sayısal optimizasyon tekniği, alüminyum parça üretimine dayalı yer çekimi işlemi için kullanılan en uygun tipik yolluk sistemi elde etmek için uygulanmaktadır [4]. Kemal Sarıoğlu, calcosoft-2D ve calcosoft 3-D programları ile ikiz yuvarlanma dökümünde katılma süreci simülasyonunu gerçekleştirmiştir [5].

C. Heisser ve J. Sturm yaptıkları çalışmada, döküm imalatını simülasyon sonuçları ile karşılaştırarak yeni döküm yöntemi simülasyonunun gelişme aşamasını anlatmışlardır. Detaylandırılmış mikro yapı analizleri ile döküm denemelerine dayanan yeni simülasyon aracı, dökümün mekanik özelliklerinin önemini çekme davranışını ve mikro yapıyı önceden söylemek için geliştirilmiştir. Gri dökme demirin katılma davranışını detaylı bir şekilde anlamayı başarmak için, mikro yapı analizi için dökümü sağlamak üzere bir test modeli geliştirilmiştir. Katılmayı kaydetmek için thermocouple yerleştirilmiş model, birçok değişik et kalınlığını

içermektedir (Şekil 2.1). Çekme davranışını değerlendirmek için dökümleri de içermektedir. Geometrinin üç boyutlu modeli, kullanım için döküm yöntemi simülasyonunda oluşturulmuştur (Şekil 2.2) [6].

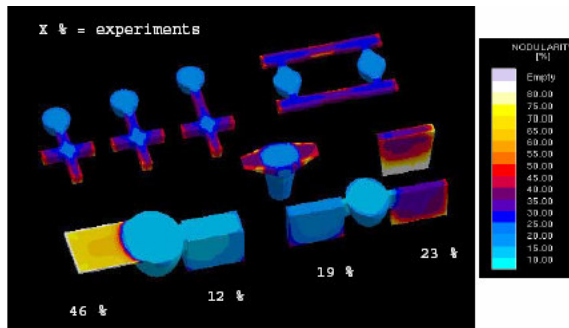


Şekil 2.1: Deneysel örneğin yerleşimi



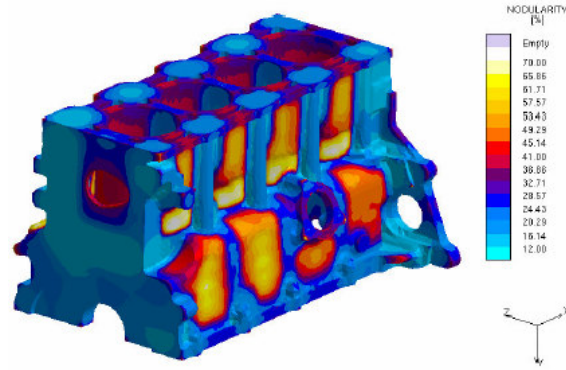
Şekil 2.2 : Deneysel örneğin üç boyutlu modeli ve katılma boyunca verilen zaman için dökümün küçük katı model görüntüsü

Bütün dökümde ve ayrılma yüzeyinde simülasyonu yapılan nodülerite dağılımı Şekil 2.3'te gösterilmektedir, dolayısıyla deneylerde thermocouple yerleştirilen düzlemlerde ve nodülerite değerlendirmesi yapılan yerlerde.



Şekil 2.3 : Simüle edilen nodülerite değerlerinin, test dökümlerinde bulunan nodülerite değerleriyle karşılaştırılması

Yeni simülasyon aracının doğruluğunu değerlendirmek için dört silindirli motor bloğu seçilmiştir. Ayrı dökümler bölümlere ayrılmıştır. Nodülerite ve çekme kusuru dağılımı, döküm metodu simülasyonu ile önceden belirlenen dağılımlarla değerlendirildi ve karşılaştırıldı. Dökümde, kontrol edilmiş ve simüle edilmiş nodülerite değerlerinin karşılaştırılmasında iyi korelasyon bulunmuştur.



Şekil 2.4 : Motor bloğu için nodülerite değerlerinin simülasyonu

Bu yeni gelişen döküm yöntemi simülasyon aracı, kompleks dökümlerde tasarımcılara nodülerite ve çekme kusuru dağılımı ile ilgili güvenilir bilgiye ulaşmaları için yardım edecektir [6].

## 2.2. Bilgisayar Destekli Model Tasarım ve İmalatında Kullanılan Oto İnşa Teknolojileri

Bilindiği gibi insanlar, tarih boyunca içinde yaşadıkları doğadaki yaratık ve düzenden örnek alarak önemli teknik ilerlemelerde bulunmuşlardır. Mükemmel imalat yeteneğine sahip olmayı hedefleyen oto-inşa teknolojileri de doğadaki mükemmel imalat örneklerinden esinlenerek geliştirilmiştir. Binlerce yıldır kullanılıp geliştirilen talaşlı imalat, kalıba dökme, şekillendirme vb. geleneksel ve kısıtlı imalat teknolojilerine kıyasla doğadaki imalat, insanların kullandığı bu yöntemden çok farklı olarak atom ve molekül seviyesindeki kontrollü birleşmelerle olur. Bu konuda verilecek en uç örnek şüphesiz doğadaki en karmaşık ve gelişmiş yapıya sahip insan bedenidir.

Ana rahminde yeni bir insan vücudu inşa edilirken, ne bir talaşlı imalat veya kalıba dökme yöntemi uygulanır, ne bir ek yeri mevcuttur, ne de perçin, vida, yapıştırma vb. gibi bağlama yöntemlerine ihtiyaç duyulur. Her şey atom, molekül ve hücre bazındaki hassas birleşmelerle gerçekleşir. “Coded Self-Asseby” veya kodlanmış (DNA aracılığı ile) kendinden imalat denilebilecek bu hadiseler imalat teknolojisinde insanlığın önünde bir ufuk çizgisidir. Bu olayı taklit ederek imalat gerçekleştirmek günümüzde “Coded Self-Asseby” (kendinden imalat) henüz hayal aşamasında olsa da bu ufuğa doğru atılmış ilk adım sayılabilecek oto-inşa teknolojilerinde 1990’dan bu yana önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretiminde, model (prototip) üretiminde kullanılan değişik gelişmiş kalıp üretim sistemleri aşağıda verilmiştir.

- a) Işıklı kür (foto kür)
- b) Tarayarak
- c) Maskeleyerek
- d) Toz bağlama
- e) Eriterek
- f) Yapıştırıcıyla
- g) Harç yığma
- h) Püskürtülerek
- i) Sıvayarak
- j) Tabaka yığma
- k) Yapıştır + Kes
- l) Kes + Yapıştır
- m) Lom teknolojisi

### **2.2.1. Işıklı kür (foto-kür) yöntemi**

Işıklı kür (foto-kür) sistemi fotopolimer malzemeden oluşturulmuş katman ışık enerjisi ile istenilen bölgelerde kür edilir. Fotopolimer ışık enerjisine maruz kaldığında kimyasal reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen bir tür polimerdir. Bu tekniğin kullanıldığı cihazlarda, daha ucuz olan düşük güçlü ışık kaynakları (laser) kullanmak ve/veya daha hızlı bir şekilde katman inşasını bitirmek için genellikle fotopolimeretam olarak kür olmasına yetecek kadar enerji verilmez ve

%100 kür seviyesine ulaşmak için ise inşa sonrasında ek bir kür işlemi yapılır. Post-cure denilen bu işlemde yarı kür olmuş parçalar içinde güçlü (kızılötesi) ışık veren ampuller bulunan bir kabinde yeterli sürede bekletilir. Ancak ek kür uygulaması için fotopolimerin yeterince şeffaf olması gerekir, aksi takdirde kür işleminin katman inşası sırasında bitirilmesi gerekir.

a) Tarayarak; 3D sistem firması tarafından geliştirilen SL yöntemi, 1986 yılında Charles W.Hull ve Raymond S.Feed tarafından bulunmuştur. Bu teknikte, noktasal bir ışık kaynağı ile seçilen bölgeler taranarak kür edilir. Noktasal ışık elde etmek için çoğunlukla aynalar ile yönlendirilen bir lazer kaynağı kullanılır.

b) Maskeleyerek; Bu sistemle parça yapımında malzeme olarak farklı sıvı ve katılaştırılmış reçine, destek malzemesi olarak da suda çözünebilir balmumu ve bir cam maske üzerine silinebilir bir kesit görüntü oluşturmak için katı toner kullanılır.

### **2.2.2. Toz bağlama yöntemi**

Bu sistemde her katmanın inşası için toz halindeki zerreleri eriterek (ısıtarak) veya yapıştırarak birbirine bağlama yöntemi esas olarak alınmıştır. Bağlanmayan kısımdaki kullanılmayan tozlar ise destek malzemesi görevi görür. Bu sayede ayrı bir destek yapısı inşasına ihtiyaç ortadan kalkar. İnşa malzemesi olarak, plastik, metal, seramik veya bunların karışımlarından oluşan tozlar kullanılabilir.

a) Eriterek; Bu teknik toz halindeki ham katmanın istenilen noktalarda lazer veya elektron ışını gibi enerji kaynakları ile ısıtılıp eritilerek ve/veya sinterlenerek birbirine kaynaştırılması işlemidir.

b) Yapıştırıcıyla; Toz halindeki ham madenin seçilen kısımlarına bir yapıştırıcı (harç) malzemesi püskürtülerek birbirine bağlanması işlemidir.

### **2.2.3. Harç yığma yöntemi**

a) Püskürterek; Püskürterek harç yığma tekniğinde akışkan halde olan inşa malzemesi bilgisayar kontrollü bir veya birden fazla meme yardımıyla damlacıklar halinde yüzeye püskürtülerek katmanlar inşa edilir.

b) Sıvayarak; Lif halindeki termoplastik malzemeler eritilerek oluşturulan tabakanın ani bir ısı düşmesi sağlanarak bir önceki tabakaya yapıştırılması esasına dayanan bir sistemdir.

#### **2.2.4. Tabaka yığma yöntemi**

Bu sistemde katmanlar (istenilen inşa hassasiyetine ve inşa hızına bağlı olarak) yeterince ince tabakalar halinde olan katı haldeki bir malzeme ile inşa edilir. Tabaka halindeki bu malzemenin çeperlerinin gerektirdiği gibi kesilmesi ve bir önceki katmana yapıştırılmasındaki sıralamaya bağlı olarak ise bu sistem yapıştır+kes ve kes+yapıştır şeklinde ikiye ayrılır.

a) Yapıştır+Kes; bu teknikte her tabaka bir önce inşa edilmiş olan katmana yapıştırıldıktan sonra çeperi kesilir. Kes+yapıştır tekniğinde ise, tabakalar önce gerektiği gibi çeperlerinden kesilir ve sonra da bir önceki katmana yapıştırılır. Yapıştırma için genellikle katmanlar arasında farklı bir yapıştırıcı malzeme kullanılır.

b) Kes+Yapıştır; bu teknikte kullanılmayan malzeme inşa sırasında destek rolü üstlenir. Fakat inşa sonrasında ayırmak güç olmasın diye inşa sırasında bu kısımların küçük parçalar bölünmesi gerekir. Kes+yapıştır tekniği ise destekleme için, ayırması kolay, farklı malzemeler kullanmaya daha müsaittir. Tabaka malzemesi olarak, kağıt, plastik, köpük metal kullanılabilceği gibi, sinterleme sonrası tam yoğunluk elde edilebilecek, seramik veya metal tozu emdirilmiş malzemeler de kullanılabilir.

c) LOM Teknolojisi; Helisys adlı firmanın geliştirdiği sunduğu LOM (Tabakalı Cisim İmalatı) yönteminde tabakaları kesme ve sonra yapıştırma prensibi uygulanmaktadır. Yüzeyi altında bir yapıştırıcı bulunan tabakanın bir silindir tarafından basılması ve ısıtılması suretiyle bir önceki tabakaya yapıştırılmasıdır. Tabaka takip edilen sınırları boyunca bir lazer tarafından kesilmektedir. Parçanın yapılması ile ortaya çıkan fazla malzemelerin taşınması için sıvı bazlı işlemlerin tersine iç kısımlar taranmaktadır. Tabakanın kalınlığı sabit olmamakla birlikte bir sezgi elemanı ile gerçek tabaka

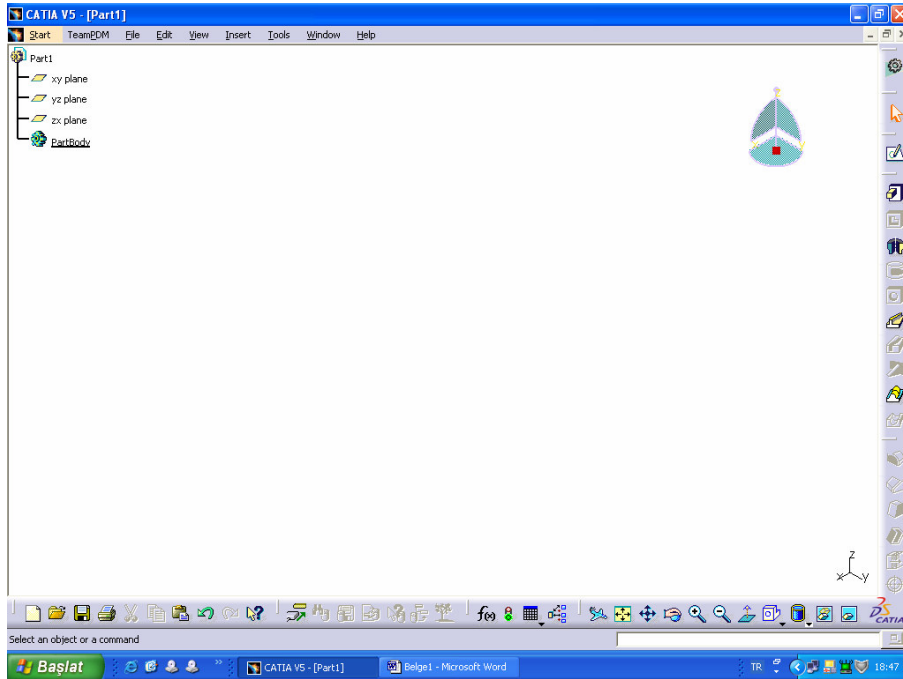


kalınlığı ölçmekte ve model tayin edilen bu kalınlığa göre dilimlenmektedir. İşleme bölümüne gönderilen kağıt malzeme CO<sub>2</sub> lazerle istenilen kesit formunda kesildikten sonra fazla olan kısım toplayıcı tarafından toplanmaktadır [1].

### 2.3. Bilgisayar Destekli Tasarımda Kullanılan Paket Programlar

Bilgisayar destekli tasarım yapabilmek için hazırlanan piyasada ticari amaçla kullanılan paket programlar bulunmaktadır. Bunlar Catia, Autocad, Solidworks, Mechanical Desktop, Ideas, Cimatron, Unigraphics, Proengineer vb olarak sayılabilir. Bu tez çalışmasında Catia V5R9 paket programı kullanılmıştır.

#### 2.3.1. Catia V5R8 programında üç boyutlu parça oluşturulması

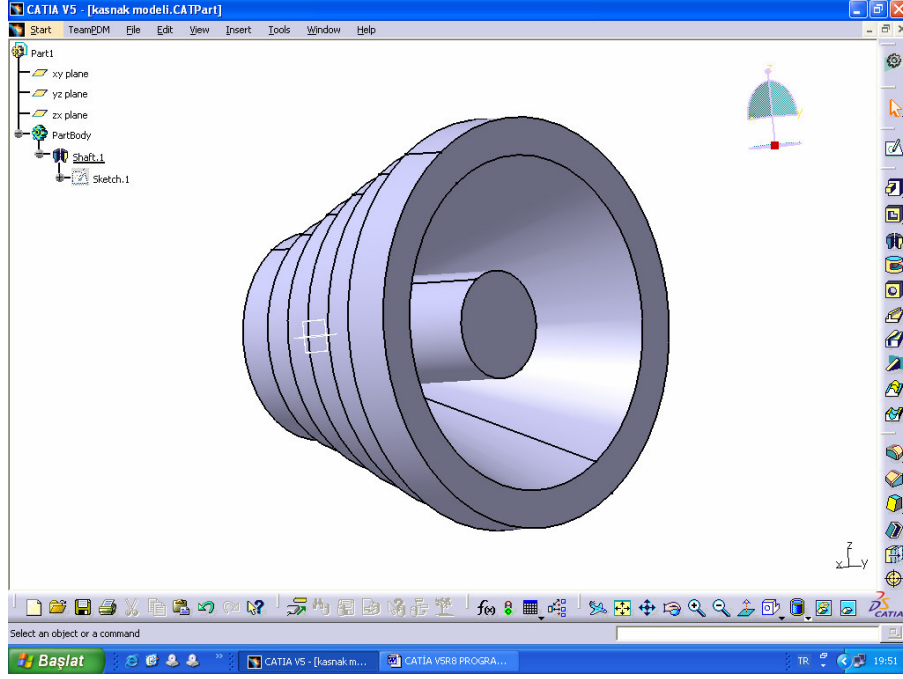


Şekil 2.5: Catia programı kullanıcı arayüzü

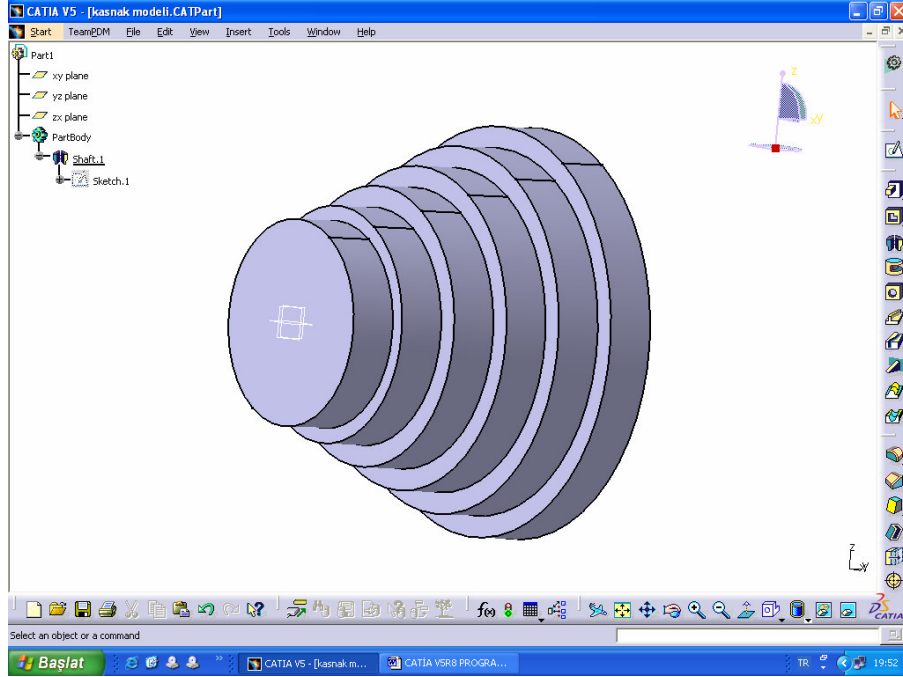
Catia kullanıcı arayüzü Şekil 2.5’de görülmektedir. Catia programını kullanarak döküm için kassak modeli tasarımı yapacağız. Bu ekranda, sol üstteki ürün ağacından bir düzlem seçip sketcher ikonuna basarak iki boyutlu çizim ekranına geçilir.







Şekil 2.10: Kasnak modelinin üç boyutlu arka görünüşü



Şekil 2.11: Kasnak modelinin üç boyutlu ön görünüşü

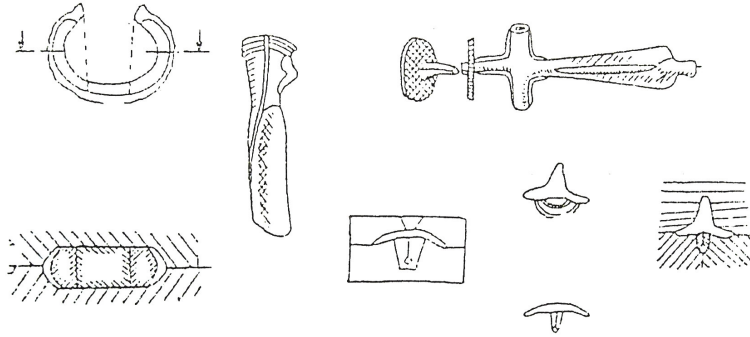
Kasnak modeli bilgisayarda üç boyutlu modellenmiş oldu. Bundan sonra bu modelin teknik resmi ile aşıp model yaptırıldı. Döküm öncesi kalıplama işleminde bu aşıp model kullanılmıştır.

### 3. GELENEKSEL MODELÇİLİĞİN LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

#### 3.1. Geleneksel Modelciliğin Gelişimi

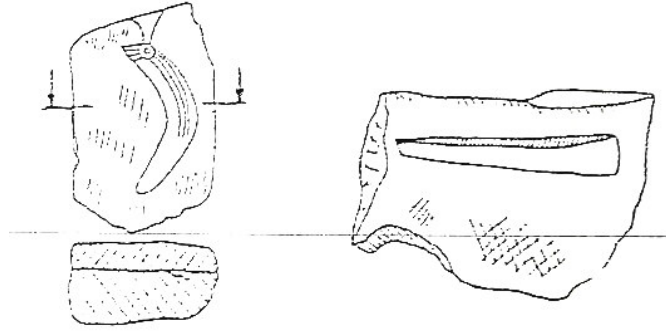
Gelişmiş ülkeler bilim ve teknolojiye buldukları yere iki ana yolu izleyerek gelmişlerdir. Bunlardan birincisi bilimi ve teknolojiyi üretmek ve geliştirmek ikincisi ise bu teknolojik bilgileri uygulamaya koymaktır. Endüstride ileri teknolojinin uygulanması ve seri imalatın önem kazanması bugünkü gelişimi sağlamıştır. Üretim kontrol altında yapılması, maliyet ve üretim tasarımı günümüz sanayisinin en büyük özelliklerindedir.

Modelcilik ve dökümcülük tarihin akışı içinde toplumlarda çeşitli şekillerde kullanılmış ve gelişmiştir. Çin’de, Hindistan’da, Afrika’nın derinliklerindeki kavimlerde konu ile ilgili uygulamalar birbirine etki etmeden özel tarzlarda oluşmuştur. Döküm yöntemi ile şekillendirmenin modelsiz yapılamayacağı anlaşılmıştır. Model imalatının bazı metotlarına ait ipuçları bulunan döküm malzemelerinin incelenmesi ile elde edilmiştir [7].



Şekil 3.1: Kum kalıp ve balmumu ile elde edilmiş modeller

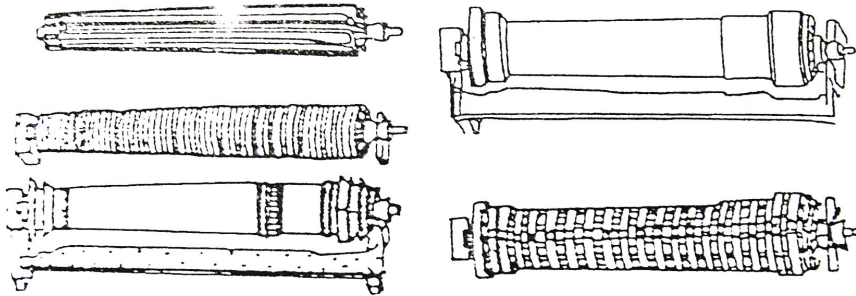
Döküm parçalar üzerinde yapılan incelemeler modellerin parçalı ve aynı zamanda maçalı olduğunu göstermektedir. Modelin parçalı oluşu döküm parçanın kenarındaki çapaklardan tespit edilmiştir. Taştan yapılmış maça sandıkları günümüze kadar kalmayı başarmıştır.



Şekil 3.2: Taş kalıplar

Maçaların çoğu el ile imal edilmiştir. Bu çalışmalar modelcilik ve dökümcülük sanatının tunç devrinden kalma birkaç örneğidir. O dönemlerde ve sonraları da dökümcü geliştirdiği modeli bizzat kendisi yapmıştır [1].

Dökümcüler orta çağda balmumu ergitme metodunu daha sonra ise ahşap modeli kullanmışlardır. Kullandıkları ahşap modellere, süslemelerin yoğun olduğu dökme sobalar örnek teşkil etmektedir. Bunun yanında orta çağda kullanılan ağaç modellerden birkaçı günümüze kadar gelmeyi başarmıştır. Rönesans çağının ünlü sanatkarı ve mühendisi Leonardo da Vinci, master ile kalıplama yaparak şekilli boruları üretmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Leonardo da Vinci'nin yaptığı şekilli borular

Geleneksel yöntemle model tasarımı ve üretimi orta çağdan bu yana sanayide kullanılmıştır. Ancak geleneksel yöntemle model tasarımı ve üretiminin yeterli olmadığı yerlerde gelişmiş teknolojik cihazların kullanımına ve yeni çalışma prensiplerine ihtiyaç duyulmuştur.

## **4. DÖKÜM**

### **4.1. Dökümün Tanımı**

Döküm herhangi bir şeklin veya parçanın negatifi olan ve önceden hazırlanmış kalıp boşluğuna metal veya alaşımların ergitilerek dökülmesi işlemi olarak tanımlanabilir. İstenen özelliklere sahip, sağlam bir dökümün eldesi için aşağıda belirtilen beş ana ilke mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

- i. Seçilen döküm yöntemine göre uygun kalıp ve maça hazırlama prosedürünün tayini, kullanılacak kalıp ve maça karışımlarının tespiti, özelliklerin belirlenmesi ve kontrolü.
- ii. İstenilen alaşımın hazırlanması, uygun ergitme ünitesinin seçimi, ergitme ve gerekli müdahalelerin (curuf çekme, gaz giderme, çekirdekleyici ilavesi, modifikasyon, filtrasyon vb. ) yapılması.
- iii. Sıvı metalin kalıba türbülans oluşturmada ve uygun akışkanlıkta girmesi.
- iv. Çekirdeklenme, katılaşma ve döküm yapısının kontrolü.
- v. Kalıp içerisinde katılaşan metaldeki büzülmeyle karşılaşacak sıvı metalin uygun şekilde beslenmesi.

Döküm ürünlerinde, yöntem-yapı-özellik ilişkisi döküm metalurjisi ve teknolojisinin ana uğraşı alanını oluşturur. Bir başka deyimle seçilen alaşımdan belli bir parçanın hangi döküm yöntemi ile üretileceği, bu yolla ne tür bir katılaşma yapısına ulaşacağı ve buna bağlı olarak ne tür ve ne mertebede özellikler kazanacağı ve döküm hatalarından (boşluk, inklüzyon vb.) arı olmanın ne şekilde sağlanacağı döküm metalurjisi ve teknolojisince çözümlenecek konuların başlıcalarıdır.

Döküm yoluyla üretilen ürünler iki ana grupta toplanabilir; İngot dökümler (ingot, bilet, bar) ve şekilli parça dökümler (nihai şekilli parçalar).

İngotlar genellikle kare, dikdörtgen ve dairesel kesitli basit şekilli dökümler olup haddeleme, dövme, ekstrüzyon ve benzeri işlemlerle, levha, plaka, çubuk, tel ve değişik profiller gibi başka şekillere dönüştürülürler. İngot dökümler günümüzde çoğunlukla sürekli döküm prosesinin değişik tipleri ile üretilmektedir.

Şekilli parça dökümler ise “tamamlanmış ürünler” ve “yarı mamüller olarak” iki gruba ayrılabilirler. Tamamlanmış ürünler doğrudan kullanıcıya iletilenlerdir (örneğin otomobil pistonu, kalorifer radyatörü, vb gibi) yarı mamül ürünler ise makine, elektrik, otomotiv, uçak, gemi, kimya vb. endüstrilerin gereksinim duyduğu parçalardır.

Endüstride kullanılan döküm yöntemleri kullanılan kalıp malzemesinin cinsine ve döküm tarzına göre sınıflandırılabilir. Döküme şekil veren kalıbın tekrar kullanılıp kullanılmayacağı esasına göre en açık ve geçerli bir sınıflandırma aşağıda verilmiştir.

a) Harcanan kalıp kullanan döküm yöntemleri:

- Kum kalıba döküm
- Kabuk kalıba döküm
- Seramik kalıp
- Alçı kalıp
- Dolu döküm
- Hassas döküm
- Vakumlu kalıplama yöntemi

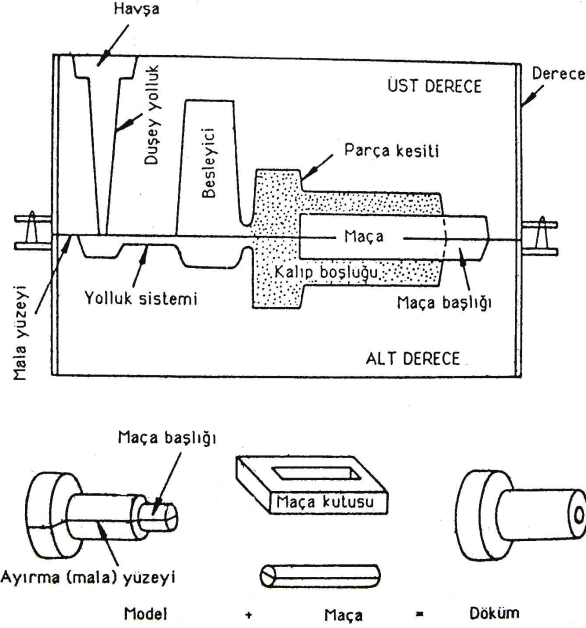
b) Kalıcı kalıp kullanan döküm yöntemleri:

- Metal (kokil) kalıp
- Basıncılı döküm
- Merkezkaç döküm
- Sürekli döküm

Döküm işlemine üretilecek parçanın bir kopyası olan model imalatı ile başlanır. Bir derece içerisine yerleştirilen modelin etrafı kalıp malzemesi ile doldurulur ve kalıp malzemesi dövülerek sıkıştırılır. Daha sonra model kalıptan çıkartılır ve kalıp boşluğundaki kum tanecikleri temizlenir. Eğer döküm parçanın iç kısmı boş



isteniyorsa bunu sağlamak amacıyla maça kullanılır. Maçalar kalıplama işleminden sonra dereceler açılarak yerleştirilir.



Şekil 4.1: İki parçalı tipik bir kum kalıbın kesidi

Kalıp malzeme ile maça, içerisine sıvı metalin döküldüğü ve katılaşıp istenilen parçanın oluştuğu kalıp boşluğunu meydana getirirler. Yolluk sistemi, sıvı metali döküm potasından kalıp boşluğuna ulaştırmaya yarayan kanallardan müteşekkil bir ağıdır. Besleyiciler ise katılma büzülmesini karşılamak üzere kalıp içerisinde oluşturulan sıvı metal depolarıdır. Besleyicideki sıvı metal, katılma esnasında çekilme boşluklarını doldurur. Sonuçta oluşacak herhangi bir boşluk, döküm parçanın dışına alınarak besleyici ve yollukta yer alması sağlanır.

Havşa yolluk sisteminin başlangıcıdır ve sıvı metalin kalıpla ilk temas ettiği bölgedir. Havşa metal akışını kontrol eder. Havşadan sonra dikey yolluk gelir. Dikey yolluğun altında topuk vardır. Daha sonra yatay yolluk ve ara yolluklar (meme) bulunur. Mala (ayırma) yüzeyi alt ve üst dereceleri birbirinden ayırır. Nihai olarak döküm terimi sıvı metalin kalıba döküldüğü ve katılaştığı zamanın tümünü ve prosesin tüm adımların birlikte tanımlar [8].

## 4.2.Parça Dizaynı Açısından Uygun Döküm ve Kalıplama Tarzının Belirlenmesi

### 4.2.1. Uygun döküm tarzının belirlenmesi

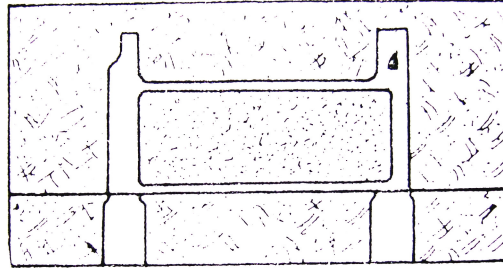
Uygun döküm tarzını dökümcü seçer. Ancak parça dizaynını yapan tasarımcının da dökümcünün hangi faktörleri dikkate alarak bu seçimi yaptığını bilmesinde yarar vardır. Bu yönden düşünüldüğünde parça dizaynını yapan, hem modelcinin hem de dökümcünün seçeneklerini yaptığı tasarımla etkiler.

Kalıplama yönteminin uygun seçilmesi ve parça dizaynının da buna olanak sağlaması kalıplama işini kolaylaştırır. Aynı şekilde döküm tarzının doğru seçilmesiyle de parçaların hatasız dökümü kolaylaşır.

Döküm tarzının seçilmesini etkileyen başlıca faktörler şunlardır:

- Parçalardaki kütle yığılmalarının durumu,
- İşlenecek yüzeylerin durumu,
- Maça gazlarını dışarı atma olanağı.

Kalıplama kolaylığı ve etkin besleme özelliği bakımından besleyiciler kalıpların üst bölgelerine konurlar. Kütle yığılması olan parçalarının bu bölgelerinin de iyi beslenmesi için kalıpta yukarı gelecek tarzda tanzim edilmesi doğru olur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Parçada beslenecek kısmın yukarıya getirilmesi

Aynı şekilde parçaların işlenecek yüzeylerinin de hatası ve sıkı dokulu dökülmesi istenir. Bu yüzeyler, kalıpta düşey veya tabanda yatay konumda olacak şekilde bir döküm tarzı seçilirse bu istek gerçekleşir. Curuf ve gazlar sıvı metal içinde yukarıya doğru yükseldiğinden kalıp tavanında yoğun halde bulunurlar. İşlenecek yüzeyler kalıpta kalıp tavanını meydana getirirse, parçanın bu bölgelerinde toplanan curuf ve



göre de parçayı kalıplamak ve dökmek için 9 olanak ortaya çıkar. Ancak gerçekte bu olanakların çoğu parçanın geometrik şekline (simetriklik vb.) bağlı olarak elenebilir.

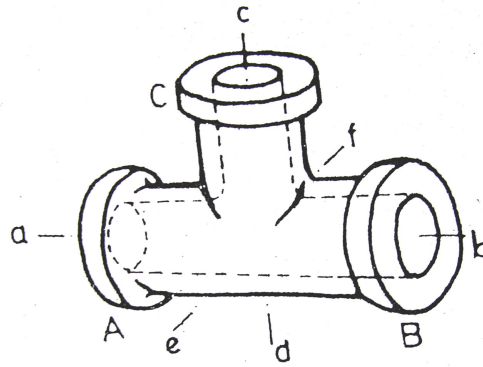
Sonuçta yalnızca iki veya tek seçenek üzerinde durulur. Bunda başka ayrıca parçanın kalıplama ve döküm tarzları birbirine identik olabilir.

Ekonomik bir kalıplama için aşağıdaki faktörlerin dikkate alınmasında fayda vardır.

- I. Model mümkün olduğu kadar basit olmalı (bölme yüzeyi sayısı düşürülmeli, en iyisi bir tek düzlemsel ayırma yüzeyi).
- II. Kalıplama mümkün olduğu kadar az sayıda derece ile yapılabilmeli (ve derece yükseklikleri en aza indirilme).
- III. Parça temizliği kolay olmalı (yolluk, besleyici kesme vb.)
- IV. Iskarta oranı en aza indirilmeli.

Kalıplama için mevcut olanakları her birinin maliyet üzerine olan olumsuz etkileri karşılaştırılarak bunlardan ekonomik olanı seçilir.

Konuyu açıklamak için Şekil 4.4'deki parçayı örnek olarak ele alalım ve bunun üzerinde mümkün olan kalıplama ve döküm tarzlarını saptayalım. Söz konusu parça üç yollu tipik bir eklem parçasıdır.



Şekil 4.4: Üç yollu flanş (talaşlı işlemden önce)

Bu parça en genel durumda düşey konuma getirilecek ab, cd ve ef eksenlerine göre kalıplama ve döküm tarzı için üç olanak sağlar.

### 4.2.3. Döküm tarzının seçilmesi

I. Olanak: ab ekseni düşey (şekil 4.5).

Alttaki Bflanşı yeterli beslenemez.

İşlenecek A flanşı en üstte bulunmaktadır.

II. Olanak: cd ekseni düşey konumda (Şekil 4.6).

Her üç flanş da ayrı besleyicilerle beslenebilir.

Birinciden daha uygun bir döküm tarzıdır.

III. Olanak: ef ekseni düşey konumda (Şekil 4.7).

Her üç flanş da ayrı besleyicilerle beslenebilmektedir.

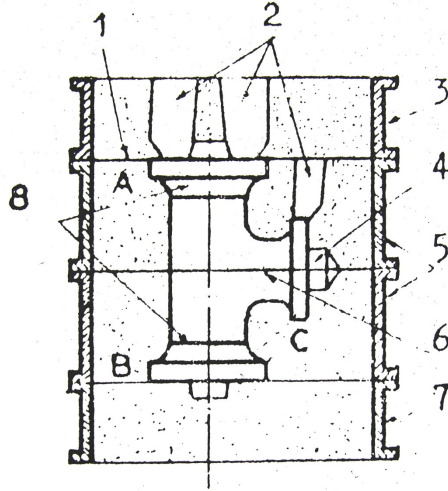
İşlenecek bütün yüzeyler (flanş alın yüzeyleri) düşey konumdadır.

En iyi seçenek bu sonuncudur.

Zor ve pahalı kalıplama: Model üç parçaya bölünmüş iki ara derece kullanılmış.

Döküm tarzı hatalı: B flanşı zor beslenir. A flanşı temiz çıkmaz.

Sonuç olarak üçüncü çözüm kalıplama tarzı açısından ekonomik ve döküm tarzı açısından hatasız bir parça dökümüne olanak verir.



Şekil 4.5: Zor ve ekonomik olmayan bir kalıplama ile hatalı seçilmiş bir döküm tarzı

- 1) Ayırma yüzeyi
- 2) Yolluk besleyici
- 3) Üst derece
- 4) Maça başı

- 5) Ara dereceler
- 6) Model ayırma yüzeyi
- 7) Alt derece
- 8) Ayrılabilir model parçası
- 9) Kalıp ayırma yüzeyi

#### **4.2.4. Kalıplama tarzının seçilmesi**

I. Olanak: ab eksenli düşey konumda (Şekil 4.5).

Modeli üç düzlemde ayırmak zorunludur (çok komplike).

Kalıplamada dört derece kullanmak zorunludur (Çok pahalı).

Modeli kalıptan çıkarma güçlüğü vardır.

Yolluk ve besleyicileri ayırma işlemi normal.

Çok pahalı ve zor bir kalıplama tarzıdır.

II. Olanak: cd eksenli düşey konumda (Şekil 4.6).

Modeli iki düzlemde ayırmak zorunludur (komplike).

Kalıplamada üç derece kullanma zorunluluğu vardır (pahalı).

Modeli kalıptan çıkarma güçlüğü vardır.

Yolluk ve besleyici ayırma işlemleri normaldir.

Bu kalıplama tarzı bir dereceye kadar iyi olmakla beraber pahalıdır.

III. Olanak: ef eksenli düşey konumda (Şekil 4.7).

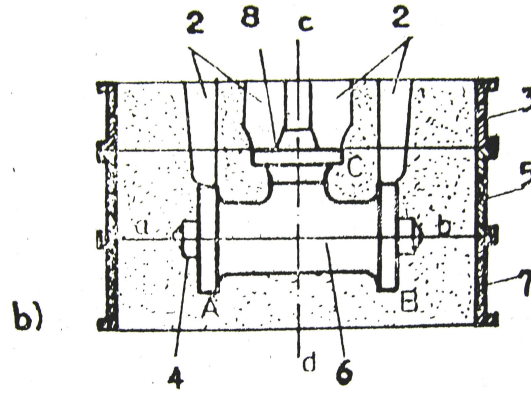
Model ab – cd düzlemi ile ikiye bölünmüştür. Bu model kalıplamayı kolaylaştırır.

Kalıplama iki derece içinde yapılmaktadır.

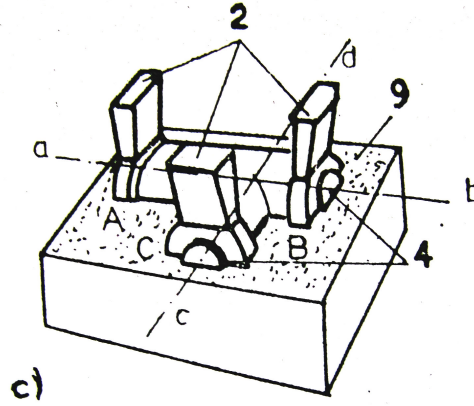
Modeli kalıptan çıkarmak kolaydır.

Yolluk ve besleyicileri ayırma işlemi normaldir.

Bu kalıplama tarzı diğerlerinden daha basit ve ucuzdur.



Şekil 4.6: Zor ve ekonomik olmayan bir kalıplama ve hatalı seçilmiş bir döküm tarzı



Şekil 4.7: Kalıplama ve döküm tarzı uygun seçilmiş

Zor ve pahalı kalıplama:

Model iki düzleme kesilmiş

Bir ara derece kullanılmış

Döküm tarzı hatalı

C flanşı temiz çıkmaz.

Basit ve kolay kalıplama:

Model sadece ikiye ayrılmış

Yalnızca iki derece kullanılmış.

Döküm tarzı iyi seçilmiş:

Üç flanş da kolay beslenebilir.

Flanş yüzeyleri temiz çıkar.

Ancak bütün parçalarda en uygun kalıplama ve döküm tarzını bu örneklerdeki gibi kolayca saptama olanağı yoktur. Bu gibi hallerde önce mümkün görülen bütün olanaklar saptanır. Daha sonra bunların olumlu ve olumsuz yönleri yazılarak yapılacak seçimle optimum bir çözüme gidilir.

Bu açıdan döküm parça konstrüktörü ile dökümcünün sıkı bir iş birliği yapması çok yararlı olur [9].

#### **4.2.5. Modelin seçilmesi**

Uygun kalıplama ve döküm tarzı seçim konusunu tamamlamak için kullanılacak model tipinin seçimini de özet olarak gözden geçirmekte yarar vardır.

Döküm malzeme çeşidinin ve kalıplama yöntemlerinin çokluğu nedeniyle dökümcünün uygun model seçimi önemli bir problemdir.

Bu seçimde kesin kurallar verilmemekle beraber aşağıdaki etmenlerin dikkate alınması yararlıdır.

- Parçanın maksimum boyutları
- Parçanın şekli
- İstenen boyut ve şekil tamlığı
- Dökülecek parça sayısı
- Eldeki takım ve donatım olanakları
- Eldeki kalifiye işçi durumu vb.

Parça dizaynında özellikle az sayıda parça dökülecekse parça şeklini mümkün olduğu kadar basitleştirmekte yarar vardır. Bu sayede model fiyatı düşürülebilir. Düz yüzeyler makine ile çok daha kolay işlenebilir. Belirli bir eğriliği olan yüzeyleri mümkün olduğu kadar daire şekline ve silindire çevirmeye çalışmalıdır. Çünkü bu tür model yüzeylerini torna, freze gibi tezgahlarda kolay ve ucuza işlemek mümkündür. Belirli bir profili olmayan model yüzeyleri ise ancak pahalı kopya tezgahlarında işlenebilir. Parçalarda yuvarlatma yarıçaplarını da mümkün olduğu



kadar birbirine eşit yapmalıdır. Bu sayede modeli ve parçayı fazla takım değiştirmeden işleme olanağı sağlanır.

#### 4.2.6. Kalıplamayı kolaylaştıracak önlemler

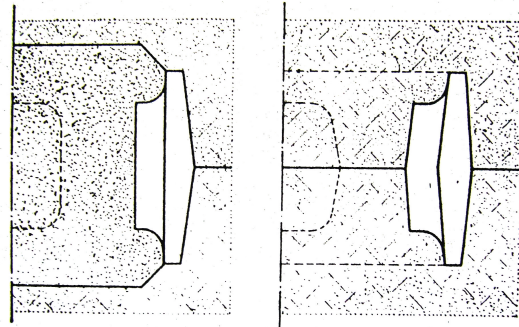
Kolay bir kalıplama işlemi için aşağıda verilen başlıca ilkelere uyulmalıdır.

- Modele uygun koniklik verilmelidir.
- Modeldeki bölme (ayırma) yüzelerinin yerleri iyi seçilmeli ve sayısı en aza indirilmelidir.
- Maça sayısı mümkün olduğu kadar azaltılmalıdır.
- Çözülebilir model elemanlarından yararlanmalıdır.
- Parçayı basit elemanlara ayırarak döküp sonra bunları birleştirmelidir.

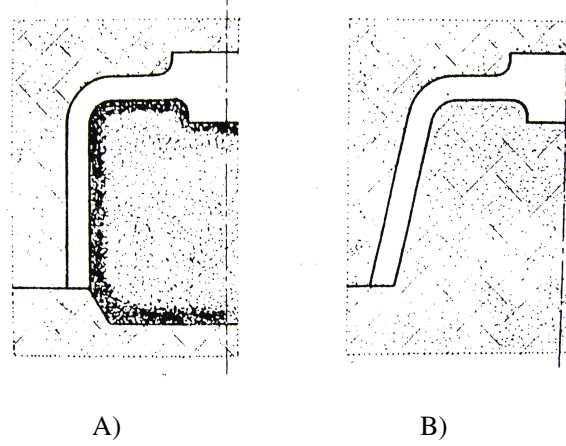
#### 4.2.7. Model konikliği

Modellerin düşey yüzelerine verilen hafif bir eğim model konikliğidir. Bu sayede modeli kalıbı bozmadan çıkarmak mümkün olur. Koniklik, kalıplama tarzı, kalıp bölme yüzelerine ve bu yüzelerin derinliğine göre verilir. Şekil (4.8 ve 4.9) modele verilen koniklik sayesinde maça kullanmaktan nasıl kaçınılabileceğini göstermektedir.

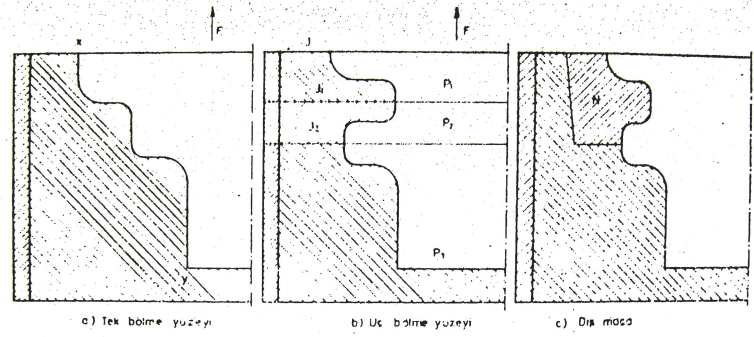
Model konikliği parça boyutlarına ve kalıplama yöntemine göre değişir. Yaklaşık sayısal bir değer vermek gerekirse yüzeylere % 2,5 kadar bir eğim verilebileceği söylenebilir.



Şekil 4.8: Modele verilen koniklik sayesinde maçasız kalıplama



Şekil 4.9: Modele verilen koniklik ile maçasız kalıplama



Şekil 4.10: Kalıp bölme yüzeyleri

#### 4.2.8. Bölme yüzeylerinin yeri ve sayısı

Bir model genellikle iki parçadan oluşur. Bunların her biri ayrı bir derece içinde kalıplanır. Model yarılarının birleştiği yüzeye bölme (ayırma) yüzeyi denir.

Model veya model parçası kalıptan bölme yüzeyine dik yönde çekilerek çıkarılır. Eğer modeli çıkarma yönünde çekerken kalıp kumuna takılan hiçbir çıkıntısı yoksa model kalıptan kolayca çıkarılabilir (Şekil 4.10.a). Aksi durumda, modeli kuma takılan yerlerinden bölerek (parçalı yaparak) kalıptan çıkarmak mümkün olur. Şekil 4.10.b'de modeli kalıptan çıkarmak için  $J_1$  ve  $J_2$  düzlemleri ile bölerek üç parçaya ayırmak ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ) gerekmiştir.

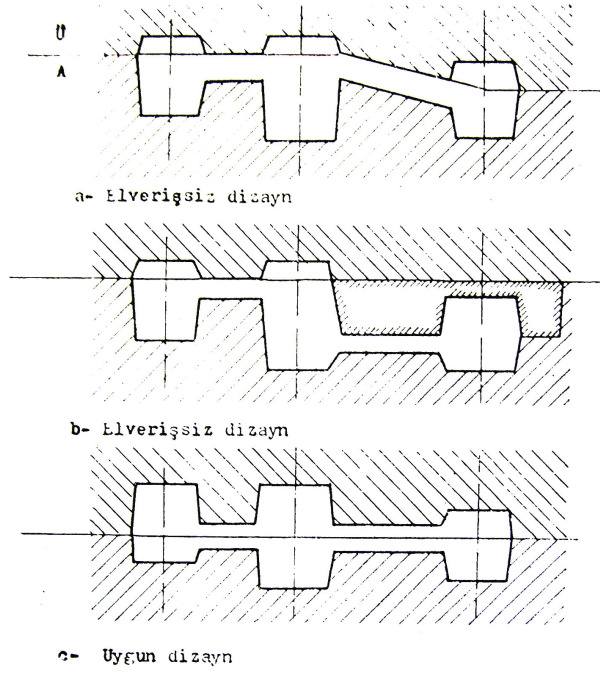
Makine ile kalıplamada modeldeki bir tek bölme yüzeyinden fazlası kalıplamayı güçleştirir. Bu durumda çözüm yolu Şekil 4.10.c'deki gibi bir dış maça (N) kullanmaktır.

Bir model ne kadar çok parçalı ise, modelin ve kalıbın imali de o derece güç ve pahalı olur.

Eğer modelin bölme yüzeyi veya yüzeyleri düzlemsel yerine eğri yüzeyli ise bu durum da ayrıca model ve kalıp imalini güçleştiren önemli bir faktördür.

Döküm yöntemiyle imal edilecek parçaların dizaynında bu hususların bu nedenle daima ön planda tutulması gerekir.

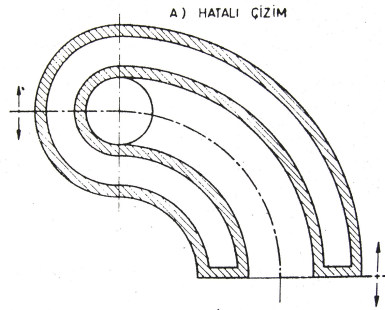
Şekil 4.11'de bir manivela kolunun dizaynı yukarıdaki ilkelere göre yeniden yapılmıştır. Dizayn değişikliğinden önce parçanın takıldığı yerdeki çalışmasının bu değişikliğe uygun olduğu da saptanmıştır. Orijinal parça Şekil 4.11.a'da görüldüğü gibi aynı düzlemde olmayan bir bölme yüzeyini gerektirmektedir. Parçanın şeklini değiştirmeden bölme yüzeyini düzlem haline getirmek için Şekil 4.11.b'deki gibi maça kullanma zorunluluğu doğmaktadır. Nihayet parçanın ekonomik bir imalata uygun dizaynı ile yukarıdaki iki sakınca da ortadan kaldırılmıştır (Şekil 4.11.c).



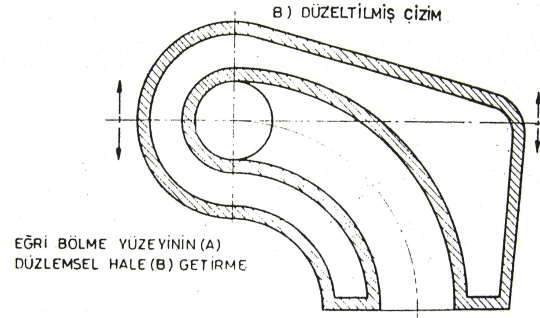
Şekil 4.11: Bir manivela kolunda model bölme yüzeyinin tek bir düzleme indirgenmesi

Bölme yüzeyinin düzlemsel hale getirilmesine ait Şekil 4.12'de ikinci bir örnek daha verilmiştir. İlk parçanın modelinde bölme yüzeyini biri düzlemsel diğeri silindirik yüzeyi olmak üzere iki yüzey parçası oluşturmaktadır. Böyle bir modelin imali özel takım ve donatım gerektirdiği gibi, bu modelin kalıplanması hem güç hem de pahalı olacaktır. Bu nedenlerle parçanın çalışmasını etkilemeyeceği saptandıktan sonra yapılan dizayn değişikliği ile parçaya Şekil 4.12.b'deki biçim verilmiştir.

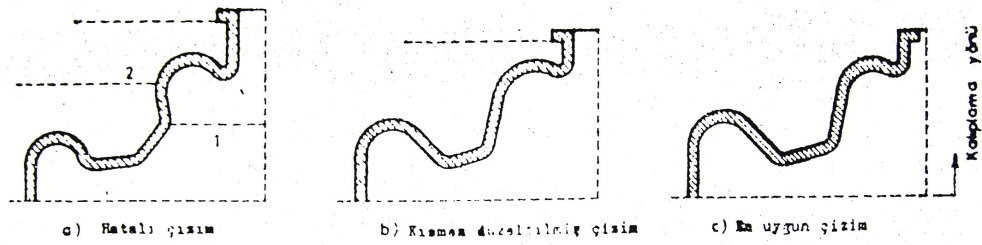
Parçada bölme yüzeyini düzlemsel hale getirme olanakları araştırılırken aynı zamanda bölme yüzeyi sayısını da en aza indirmeye çalışılmalıdır. Aşağıdaki örnekler bu hususu aydınlatmak amacıyla verilmiştir.



Şekil 4.12: Parçada yapılan çizim değişikliği ile bölme yüzeyinin düzlemsel hale getirilmesi



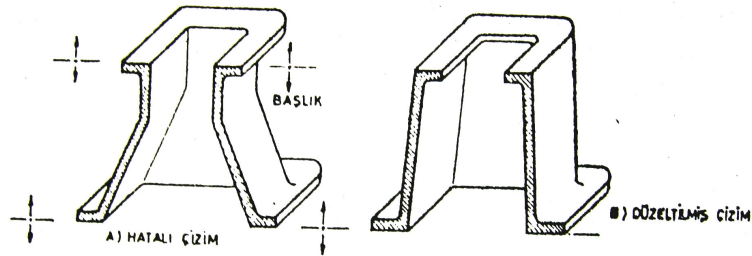
Şekil 4.12 (Devam): Parçada yapılan çizim değişikliği ile bölme yüzeyinin düzlemsel hale getirilmesi



Şekil 4.13: Bölme yüzeyi sayısının azaltılması

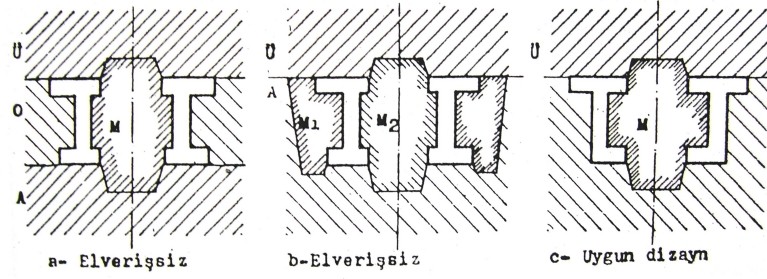
Burada da hareket noktası daima parçanın yapılan dizayn değişikliğinden sonra dayanım ve özelliklerini bozmadan çalışabilmesini sağlamaktır.

Şekil 4.13'te bölme yüzeyi sayısını azaltmak için şematik bir açıklama yapılmıştır. Şekil 4.13.a parçanın ilk durumu olup bu durumda modeli üç ayrı düzlemle bölmek gerekir. Şekil 4.13.b'de kısmen düzeltilmiş, Şekil 4.13.c'de ise dizayn değişikliği en ideal duruma getirilmiştir.



Şekil 4.14: Bölme yüzeyi sayısının azaltılmasına bir örnek

Bu açıdan yapılmış bir dizayn değişikliği de Şekil 4.14'de verilmiştir. Burada parçanın üst tarafındaki faturalı kısım içe alınınca modeldeki bölme yüzeyi tabana kaydırılabilir.

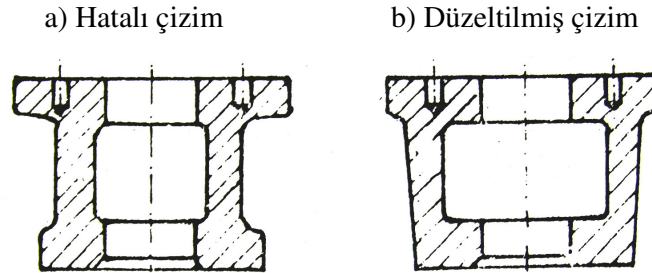


Şekil 4.15: Bir yatak parçasında çizim değişikliği ile bölme yüzeyi sayısının azaltılması

Şekil 4.15'te bir yatak parçasında yapılan dizayn değişikliği verilmiştir. Maça kullanarak kalıplamada bölme yüzeyi sayısı ikiden bire indirilebilir (Şekil 4.15.b). Ancak bu imalat maliyetinin artması demektir. Şekil 4.15.c en uygun dizayn değişikliğini göstermektedir. Burada kalıp tek bölme yüzeyli olup yalnızca bir iç maça kullanılmıştır.

Parça dizaynında yapılacak değişiklikle bazen tek bir düzlemsel bölme yüzeyli modellerde bile daha uygun çözümler bulunabilir.

Örneğin Şekil 4.16.a'daki parçaya uygun model ve kalıp imali b'deki değişikliğe göre daha zor ve pahalıdır. Bu nedenle parça derinliği fazla olmadığı takdirde bölme yüzeyini en üste kaydırarak daha uygun bir çizim değişikliği yapılmış olur [9].



Şekil 4.16: Bir kasnakta bölme yüzeyinin daha uygun konuma getirilmesi

### 4.3. Kum Kalıba Döküm ve Aşamaları

Kum kalıba döküm, tüm döküm yöntemleri içinde en yaygın olanıdır. Çok farklı büyüklükteki parçalara uygulanışı ve kalıplama maliyetinin az oluşu, tercih

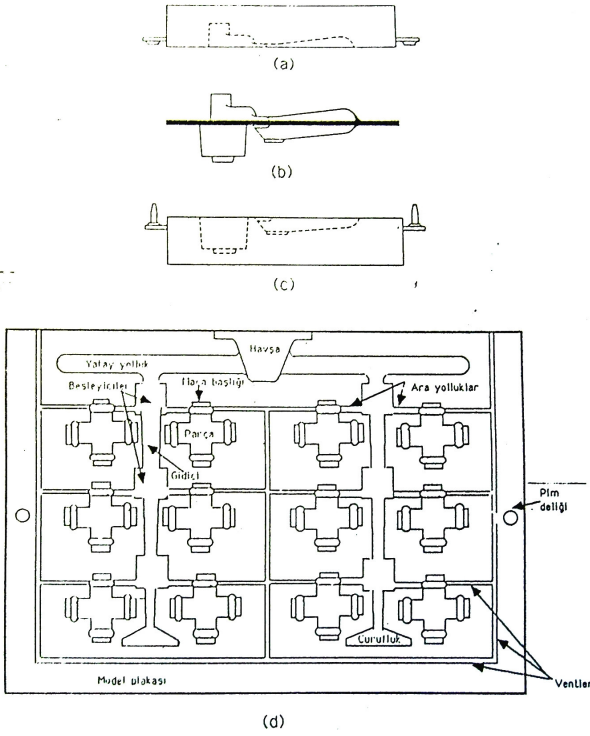
nedenlerinin başında gelir. Kum kalıba döküm terimi bir grup döküm yönteminin genel adıdır [8].

Harcanan kalıp kullanan döküm yöntemleri, kum kalıba döküm yöntemleri ile karakterize edilebilir. Kum kalıba döküm yöntemlerinin temel kademeleri küçük değişikliklerle hemen hemen harcanan kalıp kullanan tüm yöntemler için geçerlidir. Bütün işlemler beş kademedен oluşur. a) model yapımı, b) maça yapımı, c) kalıplama, d) ergitme ve dökme, e) kalıp bozma ve temizlemedir.

#### **4.3.1. Model yapımı**

Model dökülecek şeklin uygun bir malzemedен hazırlanmış bire bir ölçekli bir kopyasıdır ve sıvı metal tarafından doldurulacak olan boşluğu elde etmek için kalıplamada kullanılır. Dökümcülükte kullanılan modeller; i) tek veya serbest, ii) yolluklu serbest, iii) levhaya bağlı ve iv) özel tipte olabilir. Hangi model tipinin uygun olacağı üretilecek parça sayısı, kalıplama yöntemi, biçim karmaşıklığı gibi kriterlere bağlıdır. Serbest modeller tek kopya halinde genellikle tahtadan ve bazen de metal veya diğer malzemelerden yapılabilirler.

Bu tür modeller kullanıldığında yolluk sonradan kalıpta el ile teşkil edilir. Serbest modellerin yolluklu olanlarında, yolluklar parça şekil ile beraber modelin bir kısmını teşkil ederler. Bu tür modeller daha pratik oluşu nedeniyle hemen her zaman tercih edilirler. Levhalı modeller veya özel modellerde ise, ufak döküm parçaları için parçaların yarısına ait model (bir başka deyimle alt ve üst dereceye ait model kısımları) metal veya tahta bir plakaya monte edilirler. (Şekil 4.17).



Şekil 4.17: Levhaya bağlı plak modeller: (a) Üst derecede kalıplanan kısım, (b) Plak model, (c) Alt derecede kalıplanan kısım ve (d) Düşey (mala) yüzeyli ve otomatik makine ile kalıplama için dizayn edilmiş kruva parçaya ait plak model

Modeller tahta, metal, alçı, plastik ve balmumundan yapılır. Model için malzeme seçiminde üretilecek parça sayısı, boyut hassasiyeti, kalıplama yöntemi, parçanın boyut ve biçimi ve modelde düzeltme yapılıp yapılmayacağı gibi kriterler dikkate alınır.

Hazırlanacak kalıp sayısı az ise malzeme olarak yumuşak malzeme seçilebilir. Ancak model için çoğunlukla kuru sert ve gözeneksiz ahşap malzemeler tercih edilir. Metal modellerin ömürleri daha uzundur. Modellerin aşınması ve örneğin kabuk kalıplamadaki gibi ısıtılması gerekiyorsa, malzeme olarak, alüminyum, pirinç, bronz, kır dökme demir, çelik ve düşük sıcaklıkta ergiyen metal alaşımları kullanılabilir. Alüminyum alaşımlarından üretilen model ve maça kutuları özellikle katı kalıba dökümde yaygın olarak kullanılır. Plastik malzemelerden hazırlanan modeller aşınma ve çizilmeye karşı tahta modellerden daha dayanıklıdır, kalıptan kolay sıyrılırlar ve hasara uğradıklarında kolayca tamir edilebilirler [8].



Plastik model malzemelerinin boyutsal kararlılığı ve yüzey kalitesi üstün olup ayrıca daha ucuzdurlar. Plastik esaslı diğer bir model türü de dolu kalıba döküm yönteminde kullanılan köpük modellerdir. Bu dökümden önce kalıptan çıkarılmazlar (dolu kalıp yöntemi) ve ergitilerek metalle temasa geçtiklerinde gaz haline geçerek kalıbı terk ederler.

Hassas döküm tekniğinde ise mum veya plastik modeller kullanılır. Kalıplama sonrasında düşük sıcaklıklarda ergitilerek kalıp boşaltılır.

#### **4.3.2. Maça yapımı**

Maçalar çoğunlukla kum (silis, olivin, kromit ve zirkon) esaslı malzemelerden ve bazen de metal, seramik ve benzeri malzemelerden yapılan ve döküm parçanın iç boşluğunu sağlamak amacıyla kalıp boşluğuna yerleştirilen parçalardır. Maçalar iç boşluk eldesi yanı sıra başka amaçlar için de kullanılabilirler.

Maçalar tamamıyla sıvı metal ile sarılı olacaklarından metal sızmasına engel olmalı ve aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

- 1) Yüksek sıcaklığa ve metal erozyonuna dayanımı yeterli seviyede olmalıdır.
- 2) Döküm sonrasında dağılabilme özelliği yüksek olmalıdır.
- 3) Gaz geçirgenliği yeterli olmalı ve döküm sırasında mümkün olduğu kadar az gaz oluşturmamalıdır.
- 4) Kolayca pişirebilmeli ve boyutsal kararlılığı yüksek olmalıdır.
- 5) Yüzeyleri düzgün olmalıdır.
- 6) Depolama sırasında özelliklerini koruyabilmelidir.

Kum esaslı maçalar üretildikleri malzemeye veya yonteme göre adlandırılır: yaş kum maçalar, kabuk maçalar, CO<sub>2</sub> yöntemiyle üretilen maçalar, reçine ve diğer bağlayıcı maçalar. Maça malzemesi karışımının esasını silis, zirkon, olivin ve kromit gibi kumlar oluşturur. Kullanılan bağlayıcılar ise organik ve inorganik olmak üzere ikiye ayrılır. Maçalar sertleşmenin oluşum şekline göre iki gruba ayrılır: sıcakta pişirme yoluyla sertleşen ve normal şartlarda üretilen ve kendi kendine sertleşen maçalar.

Reçineler, maça yağları ve tahıl ürünleri en çok kullanılan organik bağlayıcılardır. Tahıl esaslı bağlayıcılar (mısır unu, buğday unu, nişasta, dekstrin) çoğunlukla maça yağları ile birlikte kullanılırlar. Organik bağlayıcıların önemli bir bölümünü de reçineler oluşturur. Çoğunlukla 200 – 260<sup>0</sup>C arasındaki sıcaklıklarda pişirilerek sertleştirilen sıcak kutu yöntemi ve reçinelerin, oda sıcaklığında bir katalizör yardımıyla sertleşen (furan, pep-set, soğuk kutu, faskold ve alkid yağ yöntemi) türleri de vardır.

İnorganik bağlayıcılar ise killer, sodyum silikat, çimento ve değişik kimyasal maddelerdir. İnorganik bağlayıcıların kullanıldığı yöntemlerin başında sıvı ve toz sodyum silikat yöntemi ve CO<sub>2</sub> yöntemleri gelir. İnorganik bağlayıcıların üstünlüğü döküm sırasında gaz oluşturmamaları zayıf yönleri ise dökümden sonra kolay dağılmamalarıdır.

Maçalar ahşap, metal veya plastikten yapılmış maça sandığı veya maça kutusu adı verilen kutularda el ile veya makine ile sıkıştırılarak hazırlanır.maça kutuları tek parçalı, çift parçalı veya açılır kapanır tipte olabilir. Gaz geçirgenliğini arttırmak amacıyla maçaların iç kısımlarına kanallar açılabilir. Maçalar içi tane boyutu dağılımı, kimyasal bileşimden daha önemlidir. Genellikle kumun %80-90'lık kısmının 50 ile 100 meş arasında olması istenir. Maça kumlarının boyutları kalıp kumununkinden daha büyüktür. Maça kumları yıkanır, kurutulur ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra kullanılır. Maçalar üretildikten sonra sıvı ve gaz yakıtlı veya elektrikli fırınlarda pişirilirlir. Pişirme sıcaklığı ve süresi bağlayıcının türü, bileşimdeki oranı, maçanın büyüklüğü ve biçimine bağlı olarak belirlenir.

#### **4.3.3. Kalıplama ve kum esaslı kalıp malzemeleri**

Kalıplama, model ve parça imalini takiben kum, bağlayıcı (kil) ve diğer katkı maddelerinden oluşan ve el ile veya kum hazırlama makinelerinde karıştırılarak hazırlanan karışım ile dökülecek parçanın kum içerisinde negatif bir boşluğunu meydana getirme işlemidir.

Kalıp yapımında kullanılan karışımların üç bileşeni vardır:

- 1) Ana kütleyi oluşturan ve refrakterliği sağlayan kum tanecikleri,
- 2) Taneleri bir arada tutan bağlayıcı (kil, çimento, reçine vb.)
- 3) Diğer özel katkıları

Kum genel olarak 0,05-2 mm boyutlarındaki mineral tanesi şeklinde tarif edilebilir. Döküm kumlarının büyük çoğunluğu SiO<sub>2</sub> bileşimindedir. Ancak kum sözcüğü silis veya kuvars gibi belli bir minerali belirtmez. Zirkon, olivin, kromit ve öğütülmüş seramik mineralleri de boyutları yukarıdaki sınırlar içinde ise kum olarak nitelendirilir.

Tane şekli, tane boyutu, tane boyutu dağılım aralığı ve refrakterlik kalıp kumu karışımının birçok özelliğini belirler. Kum taneleri yuvarlak veya köşeli olabilirler. Yuvarlak biçimli tanelerde temas yüzeyi küçük olduğundan, az miktarda bağlayıcı kullanılması yeterlidir ve geçirgenliği yüksektir. Kalıplanabilirliği (akıcılığı) yüksektir. Köşeli tanelerin ise dayanımı daha yüksektir. Tane boyutu ve tane boyutu dağılım aralığının kalıp malzemesinin özelliklerine etkisi büyüktür. Bu özelliklerin başında geçirgenlik gelir.

Geçirgenlik tane boyutu ile doğru orantılı olarak artar. Tane boyutu dağılım aralığı genişledikçe, büyük taneler arasındaki boşluklar küçük boyutlu tanelerce doldurulacağı için geçirgenlik azalır. Geçirgenliğe benzer şekilde yüzey kalitesi, genleşme, mukavemet, akıcılık gibi birçok özellikte tane boyutu ve dağılımına bağlıdır. İyi bir kalıp kumunun uygun boyut ve biçimlerdeki tanelerin bir karışımı olması gerektiğinden, döküm kumlarının satın alma şartnamelerinde istenen tane büyüklüğü dağılımının alt ve üst sınırlarının belirtilmesi çok önemlidir.

Refrakterlik ise piramit şeklindeki test numunesinin çatlamadan veya birbirine kaynamadan dayanabildiği sıcaklıkla ilgilidir. Bu özellik büyük ölçüde kumun türü ile belirli ise de metal oksitler gibi refrakterliği düşük katışkılarının kumun bünyesine girmesi ile çok olumsuz etkileneceği dikkate alınmalıdır.

Bağlatıcılar ise kuma sonradan katılan veya kum içinde kil gibi doğal olarak bulunan ve kum taneciklerinin birbirine tutunmasını sağlayarak kalıp malzemesine dayanım

kazandıran malzemelerdir. Bağlayıcılar inorganik ve organik olmak üzere ikiye ayrılırlar. İnorganikler içinde en yaygını kildir ve bu terim bentonit, kaolin illit gibi mineraller grubunu belirtir. Killerin bağlayıcılık etkisi içerdiği su miktarına bağlı olarak değişir. Kum-kil-su karışımı olan kalıp malzemelerinin bileşimi % 80- 90 kum, % 8-14 kil ve % 2-6 sudan oluşur. kilin dışındaki inorganik bağlayıcılar çimento ve silikatlardır. Organik bağlayıcılar grubunda ise reçineler, yağ ve tahıl bağlayıcılar bulunmaktadır.

Kalıp kumları hazırlanma şekline göre doğal ve yapay (sentetik) olmak üzere ikiye ayrılır.

Doğal kumların kil içeriği doğal olarak ihtiva ettiği kadardır. Doğada buldukları şekilde ve bazen istenilen özellikleri sağlaması için su ilavesi yapılarak kullanılırlar. En önemli avantajı nemini uzun süre tutabilmesidir. En büyük dezavantajı ise, özelliklerinin değişken oluşu ve istenildiği gibi sabit tutulamamasıdır; bu değişikliklerin kalıp özelliklerine ve dolayısıyla döküm kalitesine yansıtacağı açıktır. Doğal kalıp kumlarına bazen bentonit ilavesi yapılabilir. Bu şekilde hazırlanan kumlara yarı sentetik kum adı verilir.

Sentetik kumlar ise, doğadan çok düşük oranda kil ihtiva eder şekilde çıkarılan kuma veya yıkanarak bütün doğal kili giderilmiş kuma bentonit gibi bir bağlayıcı ve su ilavesi ile elde edilen kumlardır. Sentetik kalıp kumlarının doğal kalıp kumlarına nazaran başlıca avantajları şunlardır:

- 1) Daha homojen dağılımlı tane boyutu nedeniyle gaz geçirgenliğinin yüksek olması ve daha sıkı dövülerek gevşek dövme ile oluşan problemlerin azalması
- 2) Daha az su ve daha az bağlayıcı ilavesini gerektirir ve özellikleri kontrol edilebilir
- 3) Çok değişik döküm tipleri için kullanılabilirliklerinden daha az depolama yerine ihtiyaç duyulur. Dezavantajı ise kırılğan olduğundan modelin çıkarılışı ve tamirlerin güç olmasıdır [8].

#### 4.3.4. Ergitme ve döküm

Dökülecek metali ergiterek döküm sıcaklığına ulaştırmak için ergitme ocakları veya fırınları kullanılır. Fırın ortamı dökümün cinsine göre vakum veya koruyucu gaz gibi kontrollü veya normal atmosferli olabilir. Ergitme işlemleri kimyasal bileşim değişimlerine göre;

- a) ergitme
- b) ergitme ve bileşim ayarlama
- c) ergitme ve alaşım hazırlama sınıflarına ayrılabilir.

İlk işlemde ergitme sırasında ya saf malzeme kullanıldığı için ya da ergitilen malzemedeki alaşım elementlerinin karakteristiklerinden dolayı kompozisyonda bir değişim meydana gelmez. İkinci halde ise çoğu alaşımların ergitilmesinde olduğu gibi ergitme ile birlikte özellikle ısı aktivitesi yüksek bazı elementlerin % oranları azalır ve bunu telafi etmek için bu elementler aşağıdaki kısımda açıklanacağı üzere uygun formlarda ilave edilerek olması gereken seviyeye getirilir. Üçüncü halde ise ana amaç alaşım oluşturmaktır. Ana metal, saf veya ticari saflıkta olabileceği gibi daha seyreltik bir alaşım da olabilir. Ana metal ergitildikten sonra, alaşım elementi ilavesi yumru, külçe, takoz, tel ve toz gibi çeşitli formlarda bulunan ve endüstride temper veya mastır alaşımı (ön alaşım) olarak malzemelerle yapılır. Çözünmenin gerçekleşebilmesi için bir süre beklenir. Daha sonra sıvı metalde oluşan çeşitli oksitleri yüzeyde toplayarak curuf teşekkül ettirmesi ve daha sonra gelberi ile kolaylıkla sıyrılabilmesi için florür esaslı fluks malzemesi ilave edilir. Azot ve argon gazı veya klor ve azot esaslı katı kimyasal maddelerle sıvı metalde çözülmüş olan gazlar giderilir. Tane rafinasyonu için çekirdekleyici, dökme demirler ve Al-Si gibi ötektik alaşımlarda ötektik fazın modifikasyonu için sodyum, stronsiyum, magnezyum gibi ilavelerden sonra sıvı metalin sıcaklığı kontrol edilerek kepçe, pota veya tundiş yardımıyla havşaya dökülür ve kalıp boşluğunun dolması sağlanır. Yukarıda izah edilen ergitme işlemlerinin tümünde curuf teşekkülü, curuf çekme, gaz giderme, modifikasyon gibi sıvı metal işlemleri gerçekleştirilir [8].

Dökümhaneler için en uygun ergitme ocağının seçiminde dikkate alınması gereken başlıca kriterler şunlardır:

- i. Dökülecek metal veya metallerin türü ve miktarına, kapasite ve çalışma sıcaklığı bakımından uygunluk
- ii. İlk yatırım ve işletme giderlerinde ekonomiklik
- iii. Özellikleri kontrol imkanları ve çevre kirliliği.

#### **4.4. Döküm Hataları**

Döküm hataları, malzeme cinsine, kalıp dizaynına, parça boyutuna ve proses kontrolü gibi birçok değişkene bağlı olarak farklı şekilde, boyutta ve görüntüde olabilir. Bir döküm hatası, sadece bir tek sebebin fonksiyonu olabildiği gibi, birçok nedenlerin ortak bir sonucu da olabilir. Yine birçok nedenin birlikte etkilemesi ile tek bir hata oluşabilmektedir. Genelde döküm hatalarını boşluk tipi ve çatlak tipi olmak üzere ikiye ayırabiliriz [10].

##### **4.4.1. Boşluk tipi hatalar**

Gözeneklilik (Porosity): Ergitilmiş metalden veya kalıp malzemesinden çıkan gazların soğuma sırasında metalin içinde kalmalarından dolayı ve genellikle parçanın en son soğuyan bölgelerinde oluşur.

Mikrogözeneklilik: Alüminyum ve magnezyum alaşımlarında bölgesel olarak oluşan çok ince gözenekliliktir.

Gaz Boşlukları: İçi düzgün geniş yuvarlaklar veya uzun delikler (wormhole) şeklinde olan bu hatalara genellikle kalıp veya maçadan çıkan gazlar neden olurlar ve parçanın üst yüzeyine yakın veya hemen yüzeyin altında oluşurlar.

Yüzey Çukurları (Blow holes): Sıcak ergitilmiş metal nemli ve kirli kalıba döküldüğünde, sıcak metal nemin hemen buhara dönüşmesine neden olur ve yüzeyden içe doğru bir seri sıralı boşluklar oluşturur. Bunlar yuvarlak ve derinliği çok az olan yüzey bozuklukları şeklindedir.

İğne Başı (Pinhole): Yüzeyde veya hemen yüzeyin altında oluşan, genellikle 1 mm çapında yuvarlak boşluklardır. Kalıp metal reaksiyonu sonucunda çıkan hidrojen gazı bu hatalara neden olur.

Kum Kalıntısı: Kalıptan veya yolluk sisteminden düşen kumlar, yüzeyde veya yüzeyin hemen altında bu tür hataları oluşturur.

Curuf Kalıntısı: Metale curuf karışmasından veya ergitme sırasında yüzeye çıkamayan oksit ve pisliklerin oluşturduğu hatalardır.

#### **4.4.2. Çatlak tipi hatalar**

Çekme Boşluğu: Metalin katılaşma ve soğuma sırasında, en son soğuyan bölgelerde (kalın kesitler, besleyici ağızları) çekinti yapmasından dolayı oluşur.

Mikroçekinti: Pek çok küçük çekme boşluğunun oluşturduğu dallanma şeklinde olan taneler arası çekme boşluklarıdır.

Süngerimsi Çekinti (Sponge Shrinkage): Birbirleri ile bağlantısız küçük çekme boşluklarının oluşturduğu bölgelerdir. Bazen mikroçekintiden büyüktür ve görüntü olarak süngere benzer. Genelde ince kesitlerde oluşur, kalın kesitlerde bu tür hatalar mikroçekinti olarak ortaya çıkar.

Sıcak Yırtılma (Hot tear): Parçanın soğuması sırasında ortaya çıkan gerilmelerin oluşturduğu çatlaklardır ve et kalınlığının kalından inceye doğru değiştiği bölgelerde oluşur.

Çatlak: genelde tek bir doğrusal çizgi veya dallantılı olarak gözükür. Soğuk çatlaklar, metale maksimum dayancı üzerinde statik yük uygulanması sonucu oluşurlar. Korrosiv ortamlarda statik yük uygulaması gerilimli korozyon çatlaklarına neden olur [10].

#### **4.4.3 Diğer döküm hataları**

**Soğuk Birleşme:** İki yönden gelen sıvı metalin kaynamadan birbirleri ile temas etmesi sonucu döküm kesiti boyunca uzanan, katmerli bir görünümü olan hatalardır.

**Metal Yürümemesi:** Metal akışkanlığının düşük olması, kalıp içindeki gazın tamamen boşaltılamaması ve düşük döküm hızında çalışılması, ince kesitlerde kalıp tamamen dolmadan metalin donmasına neden olur.

**Segrigasyon:** Alüminyum ve magnezyum gibi düşük atom numarasına sahip alaşımlarda, bölgesel olarak veya bir bant şeklinde, alaşım elementlerinin konsantrasyon farklılıklarından dolayı oluşur [10].



## 5. YOLLUK SİSTEMİ

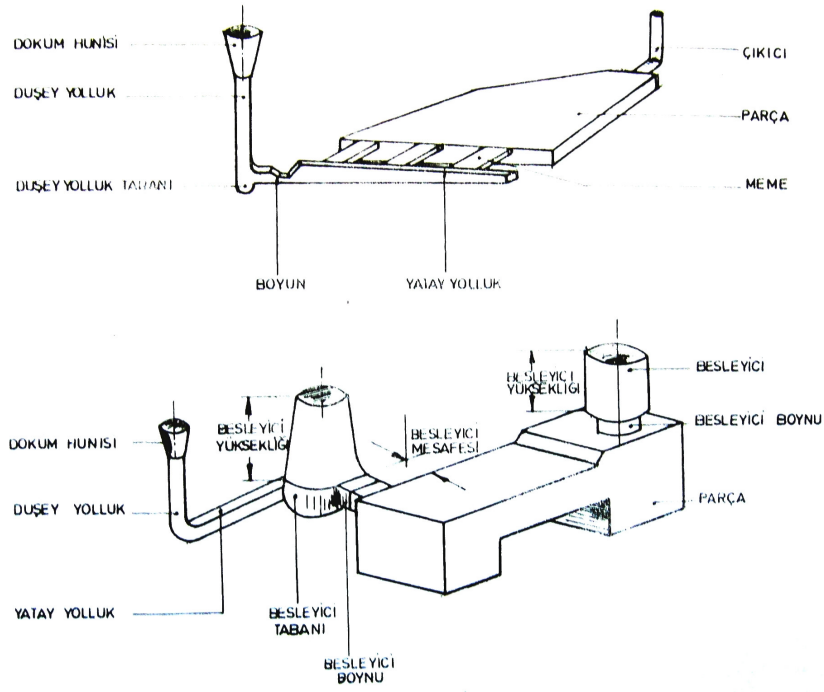
### 5.1. Genel

Sıvı metalin kalıp boşluğuna doldurulması, katılaşma işlemi ile yakından ilgilidir. Sıvı metali kalıp boşluğuna dolduran “Yolluk Sistemi” ve katılaşma esnasında çekilme boşluklarının ilave sıvı metal ihtiyacını karşılayan “Besleyici” sistemidir. Her iki sistem birbirlerine, katılaşmanın en iyi şekilde tamamlanmasını sağlayacak şekilde yardımcı olmalıdırlar.

Yolluk sisteminin ana elemanları, metal haznesi, düşey yolluk, yatay yolluk ve memelerdir. Besleyici sisteminin elemanları ise besleyici ve besleyici boynudur.

İdeal bir yolluk sistemi şu fonksiyonları yerine getirmelidir:

- 1) Çok sıcak metale ihtiyaç göstermeden kalıbı çabuk doldurmalıdır.
- 2) Ajitasyonu azaltmalı veya önlemelidir.
- 3) Curuf, pislik, kum taneciklerinin, vs.’nin kalıp boşluğuna dolmasını önlemelidir.
- 4) Hava veya kalıp gazlarının akan sıvı metal içine girmesini önlemelidir (aspirasyonu önlemelidir).
- 5) Maça veya kalıptaki erozyonu önlemelidir.
- 6) Katılaşma için faydalı termal gradyanı temin etmeli ve döküm parçasındaki distorsiyonu minimuma indirmelidir.
- 7) Sıvı metali istenilen zaman aralıkları içerisinde kalıp boşluğuna doldurmalıdır.
- 8) Kolayca dökülebilmeyi sağlamalıdır.

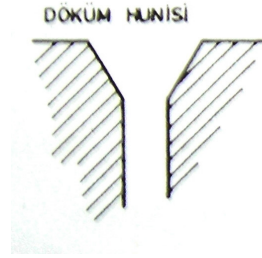


Şekil 5.1: Yolluk ve besleyici sistemlerinin elemanları

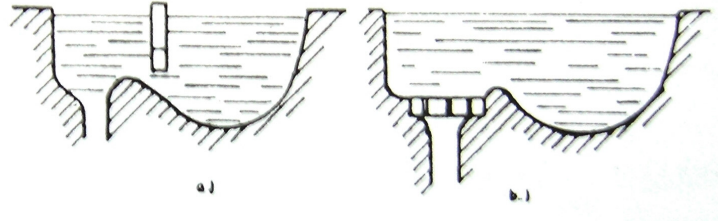
Yolluk ve besleyici sisteminin çok iyi tespiti ile, işletmelerin sağlayacağı kârlar çok büyüktür. Bir döküm parçasının sağlam olarak elde edilmesi büyük ölçüde besleyici-yolluk sistemine bağlıdır. Ayrıca yolluk-besleyici verimi, bu sistemlerin en iyi şekilde hesaplanıp ölçülendirilmesi ile en yüksek değere ulaşılabilir [11].

## 5.2. Döküm Haznesi

Döküm haznesi sıvı metalin düşey yolluğa girmeden önce potadan ilk olarak boşalttığı yere döküm haznesi denir. Büyük parça dökümlerinde, büyük pota kullanılır. Bu potaların idaresi zordur. Metalin düzgün bir şekilde dökülebilmesi ve yolluk sistemine curuf kaçmaması ve potadan dökülen metal siciminin düşey yolluğa direkt olarak girip kum erozyonuna sebep olmaması için döküm haznesi kullanılır. Döküm haznesi şu görevleri yapar:



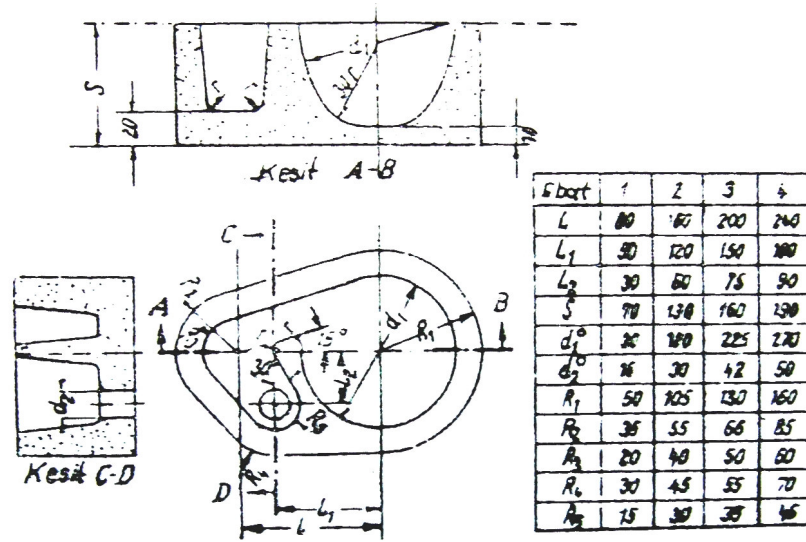
Şekil 5.2: Döküm hunisi



Şekil 5.3: Döküm Hazneleri a) Curuf tutma engelli, b) Filtreli

a) Döküm haznesi hızla akan metal sistemini yavaşlatarak düşey yolluğa kanaliz eder. Bunun için potayı düşey yolluğa nazaran yüzey alanı çok büyük döküm haznesine dökmek çok daha kolaydır.

b) Çok hızlı akan metal sicimini yavaşlatarak laminer bir akımla düşey yolluğa verir. Bunu özel şekli ile gerçekleştirir. Aynı zamanda metalle gelen curufun da düşey yolluğa girmesini engeller (Şekil 5.4)



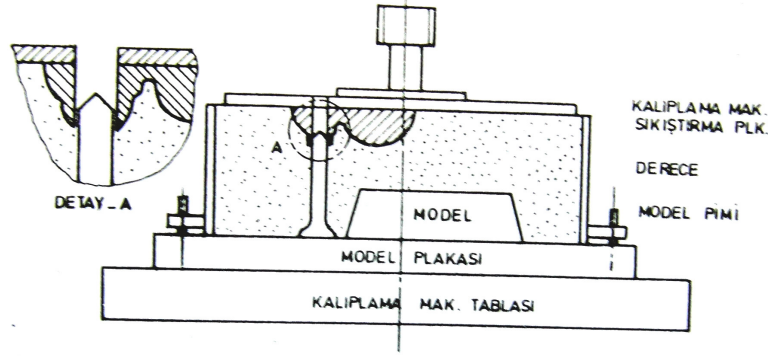
Şekil 5.4: Özel şekilli döküm hunisi ve boyutları

c) Metal siciminin meydana getireceği erozyonu özel şekil ile (yarım küre) minimuma indirir. Çok az meydana gelen erozyonun da düşey yolluğa girmesini önler.

d) Düşey yolluğun dolu akmasını sağlar. Tromp meydana gelmesini önler. Bu nedenle düşey yollukta laminar akımı sağlar.

Döküm hazneleri maçadan yapıldığı gibi, döküm kumundan küçük bir dereceye veya özel bir çerçeveye kalıplanıp büyük derecenin üzerine konulabilir.

Makine ile kalıplamada döküm hazneleri kalıplama esnasında derece içerisine kalıplanabilir. Burada düşey yollukla hazne deliği, model kalıplama makinesine bağlanırken sıkıştırma plakası üzerindeki hazne modeli deliğine göre çok iyi marka edilmelidir ve model buna göre bağlanmalıdır.



Şekil 5.5: Makine ile kalıplamada döküm hunisinin derece üzerine kalıplanması

Bu şekilde haznenin maçadan yapılması veya ayrı yerde kalıplaması ortadan kalkmış, ayrıca bunları kalıplamadan sonra yerine yerleştirme işlemi kalmamıştır.

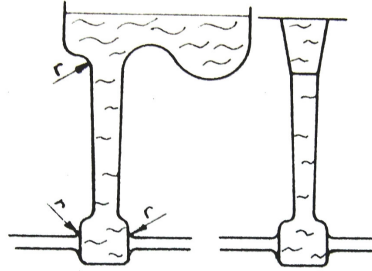
Düşey yolluk ile hazne arasındaki birleşme kendiliğinden gerçekleştiği için, düşey yolluk hazne bağlantısının devamlılığı sağlanmış ve düşey yolluk yüzeyi diğer kalıplama metotlarına göre daha düzgün olarak elde edilmiştir. Bu da düşey yollukta akan metalin erozyonunu önler, metalin temiz bir şekilde kalıp boşluğuna gitmesini sağlar.

### 5.3. Düşey Yolluk

Döküm hunisi veya döküm haznesinden aldığı sıvı metali düşey olarak kalıbın mala yüzeyindeki yatay yolluğa iletir. Sıvı metal bu düşey hareketi esnasında hız kazanır. Bu hareketle sıvı metal sahip olduğu yükseklik enerjisini (potansiyel enerjisini) kaybeder, bunun sonucunda da düşey yollukta negatif basınç meydana gelir. Bu negatif basınçta vortex olayına sebep olur. Düşey olarak aşağıya doğru hareket eden sıvı metal kolonu hava veya gaz emmeye zorlar. Bunun için düşey yolluk aşağıya doğru konik yapılır ve metal erozyonu, metal türbülansı önlenir.

Düşey yolluğun taban alanı veya boyun kesit alanı istenilen döküm zamanını düzenler. Düşey yolluğun konikliği düşey yolluğun tamamıyla dolu akmasını sağlayacak kadar olmalıdır. Boyu uzun, düşey yolluklarda, yolluğun üst kesit alanı, taban kesit alanının veya boyut kesit alanının iki katı, kısa düşey yolluklarda üç katı olmalıdır.

Düşey yolluğun döküm haznesi ve yatay yollukla birleştiği kısımlar radyuslu birleşmelidir. Döküm haznesinin kullanılmadığı küçük dökümlerde, düşey yolluğun üst kısmı metalin kolaylıkla dökülebilmesi için huni şeklinde açılır. Buraya döküm hunisi adı verilir.



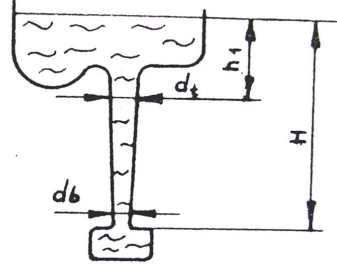
Şekil 5.6: Düşey yolluk a) Hazne bağlantılı b) Döküm hunisi bağlantılı

Düşey yolluğun alt çapına göre üst çapının hesabı:

Düşey yolluğun üst kesit alanından ve alt kesit alanından geçen metal miktarı aynıdır. Burada şu eşitlik yazılabilir:

$$F_{V_1} = F_b \cdot v_2 \quad (5.1)$$

F : Düşey yolluk hunisi altındaki veya döküm haznesinin altındaki kesit alanı, cm<sup>2</sup>.



Şekil 5.7: Düşey yolluk konikliği hesabı

F<sub>b</sub> : Düşey yolluk altındaki kesit alanı, cm<sup>2</sup>.

v<sub>1</sub> ve v<sub>2</sub> , F ve F<sub>b</sub> kesit alanlarındaki hızlar, cm/sn.

$$v^2 = 2.g.h \quad (5.2)$$

$$F.\sqrt{2.g.h_1} = F_b.\sqrt{2.g.H} \quad (5.2a)$$

$$F.\sqrt{h_1} = F_b.\sqrt{H} \quad (5.2b)$$

$$\frac{\pi.d_t^2}{4}.\sqrt{h_1} = \frac{\pi.d_b^2}{4}.\sqrt{H} \quad (5.2c)$$

$$d_t = d_b.\sqrt[4]{\frac{H}{h_1}}$$

(5.2d)

eşitliği yazılabilir.

d<sub>t</sub> : Düşey yolluk üst çapı (cm)

d<sub>b</sub> : Düşey yolluk alt çapı (cm)

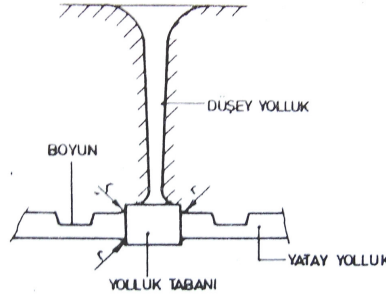
h<sub>1</sub> : Pota ağzından düşey yolluk üzerine olan mesafe veya döküm haznesi üzerinden döküm haznesi tabanına olan mesafe (cm)

H : Pota ağzından veya döküm haznesi üzerinden, düşey yolluk tabanına olan yükseklik (cm).

### 5.3.1. Düşey yolluk tabanı:

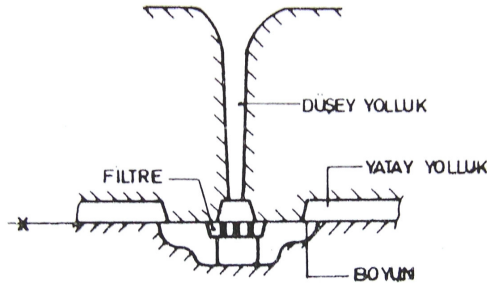
Yolluk tabanı, düşey yollukla yatay yolluk arasında bir geçittir. Düşey yolluktan hızla gelen sıvı metalin türbülanssız bir şekilde yatay yolluğa geçmesini sağlar. Düşey yolluk tabanında meydana gelecek erozyonu özel şekli sayesinde önler.

Yolluk tabanı, genel olarak silindirik şekillidir ve yaklaşık olarak çapı yatay yolluğun genişliğinin iki katıdır. Bu silindirin yan yüzeyinden, yukarıda ve aşağıda eşit mesafeler kalacak şekilde yatay yolluğa bağlanır. Yatay yollukla yolluk tabanının birleştiği yerde 3 mm'lik radyus mevcuttur (şekil 5.8).

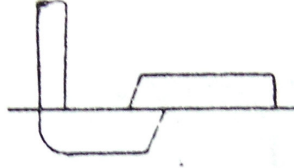


Şekil 5.8: Düşey yolluk tabanı

Diğer bir düşey yolluk tabanı şekli de filtre tabanıdır. Düşey yolluğun tabanında, filtre mevcuttur. Filtreden geçen metal köşeleri yuvarlatılmış silindir taban yardımıyla yatay yolluklara verilir (Şekil 5.9). Tabanın silindir şeklinde olması, metaldeki türbülansı önler. Düşey yolluk tabanındaki filtre, metalin hızını yavaşlatır ve metaldeki curuf, kum, vs.'nin yolluk tabanına, oradan da yatay yolluğa geçmesini önler. Bu sistemde taban ile yatay yolluğun birleştiği yerde boyun uygulaması yapılabilir. Buradaki boyun, akan sıvı metalin debisini tayin eder. Diğer bir düşey yolluk tabanı da radyuslu yolluk tabanıdır (Şekil 5.10) [11].



Şekil 5.9: Filtre düşey yolluk tabanı



Şekil 5.10: Radyuslu düşey yolluk tabanı

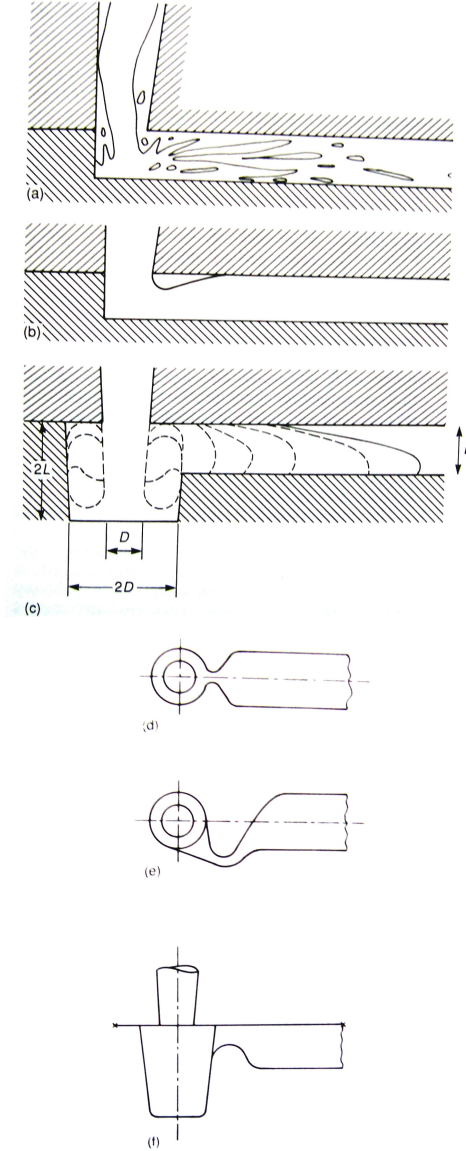
Makine ile yapılan kalıplamada değişik parçalar için aynı çaplı düşey yolluk kullanılır. Burada metalin debisini değişik kesit alanlı filtre veya boyun tayin eder.

### 5.3.2. Düşey yolluk tabanı dizaynı

Düşen sıvının boğazın sonundan çıktığı nokta ve yolluk boyunca doğru açı dönüşü yaptığı nokta özel dikkat gerektirir. Sıvı metal tesisatının bu parçasının dizaynı, birkaç kriteri yerine getirmeyi gerektirir.

- 1) Burada bilhassa boğaz tabanına ulaşım ilk metal dökülüşünden meydana gelen yüzey türbülansını azaltmak temel olacaktır.
- 2) Eğer boğaz gittikçe daralan boğazsa tıkanma olabilir.
- 3) Hava birikimi (vena contracta) durdurulmalıdır.



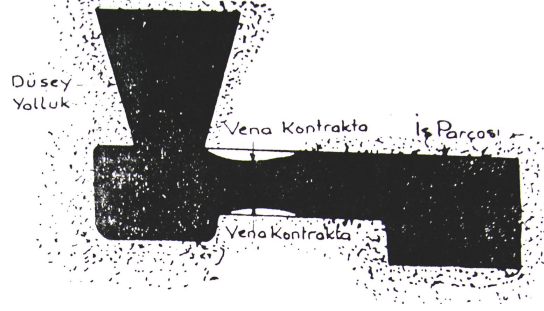


Şekil 5.11: Çeşitli düşey yolluk tabanı dizaynları: (a) Yatay yolluğa direk bağlanan düşey yolluğun ilk sıçrama problemi. (b) Vena contracta'nın durgun hali. (c) çukur tipi taban, hava birikimi problemlerinden ve ilk sıçramanın kötü etkilerinden kurtulmak için. (d) yolluk tıkanması, kenar darlığı. (e) ilk sıçrama problemini azaltmak için birleşmiş yolluk tıkanması ve hilesi (f) Çukur ve yolluk tıkanması, dik dar dizayn

Hava birikimi, akıcı sıvılarda kapsamlıca gözlenen bir olgudur. Bu olay, hızlı akış keskin yön değişikliğine dönüştüğünde meydana gelmektedir. Düşey yolluk tabanı klasik bir örnektir. Bu noktadaki yolluk duvarından akıntı temas kaybı, metalde daha fazla hava kaynağı olması gösterilmiştir. Suyula yapılan deneyler, kabarcık bulutu ve akıntı gibi sıvının içine bol hacimde hava emmesiyle açıklanarak burada düşük basınç etkisini modellemiştir (Webster, 1967). Geçirgenliğin, azalan basınç bölgesine

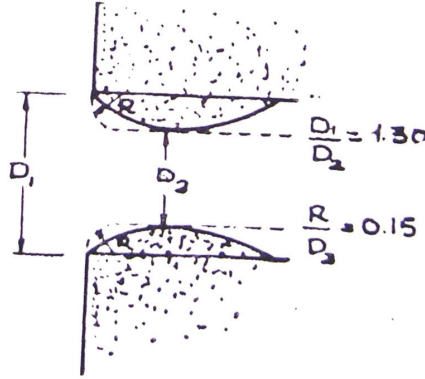
yeterli miktarda havanın geçmesine izin vereceği yerde kum kalıplar için özellikle katı olması beklenir [12].

Yatay yollukların dikey yolluklarla irtibatları hiçbir zaman keskin sınırlı olmaz. Zira dikey yolluktan geçen sıvının akış yönünün ani değişimi ile hava birikmesi meydana gelir. Hava birikimi bölgeleri ise alçak basınç noktalarıdır ve bu sebeple bu kısımlardan döküm gazları emilir (Şekil 5.12) [13].



Şekil 5.12: Yanlış çizilmiş bir yolluk sisteminde vena contracta'nın meydana gelmesi

Hava birikimini önlemek için yolluk birleşme bölgeleri yuvarlatılır ve hava birikimi olan yerler bir miktar bombeleştirilir. Yuvarlaklık yarıçapları ile yolluk çapları arasındaki bağıntı ampirik olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13: Yolluklarda vena contracta'nın önlenmesi

Aslında, dökülen dökümlerde gece geç saatte, dökümhane sessizken, dökümün içine hava emilişi net olarak duyulabilir. Bu tür dökümler daima yolluk sistemi içine açığa çıkmış kabarcık işaretleri çeken memeler üzerinde oksit ve porozite izi ortaya çıkarırlar [12].

Konik yolluk tabanı için çok kullanılan bir diğer dizayn da çukur (well) tipidir. Şekil 5.11c'de görülmektedir. Hızlı ve verimli çalışmayı geliştirmek ve yolluktaki hava sürüklenmesini azaltmak için genel boyutu ve şekli araştırılmıştır. Ölçüsü, konik yolluğun çıkış ölçüsünün yaklaşık iki katı olması gerektiği ve derinliği, yolluğun derinliğinin yaklaşık iki katı olması gerektiği bir tavsiyedir.

Uygun şekilde ölçülendirilmiş bir boyunun önemli etkilerinden biri, büyük ihtimalle ilk metal, konik yolluk tabanında sıkıştığında, yolluk boyunca eriyik sıçramasını önlemektir. Boyunsuz bu ilk sıçrama yolluk boyunca, sonunda yettiğinde metal akıntı hacmi tarafından sonradan asimile edilmek zorunda olduğundan, damlacıkları ve fışkırmaları serbest bırakarak serbestçe vurabilir. Bu yüzey türbülansı, ilk metal sıkışması kontrol altına alındığında çukur taban tarafından büyük ölçüde durdurulacaktır. Akıntı, akışı kendisinin aksine yukarıya doğru çevirerek, hızlı bir dizide iki dik açıyı döndürmeye zorlanır. Çukur sınırları içinde bu dönüşler ve karşı koyma direnci, metal yoğunluğunu korumada yardımcı olacaktır, böylece daha kabul edilebilir yoğunlukla yolluk içine çıkacaktır. Metal cephesinin ilerleyen konumunu gösteren uygun olan hareket, Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Karşı koyma ve gecikmeler, mümkün olan en erken zamanda yolluğun geri doldurulmasına yardımcı olacaktır.

Şekil 5.11d'de görüldüğü gibi yolluğa girişte bir boğaz ekleyebiliriz. Yolluk tıkanmasını şekillendiren dar boğazın alanı tabiki önceden söylenen düşey yolluk konisi çıkışı ile aynıdır.

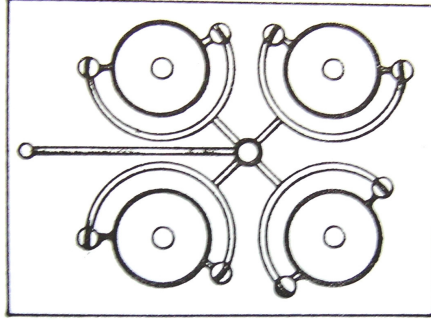
Basit tıkanma dizaynı problemi, parçalanmış metal ile yolluğun kirletilmesine izin vererek ilk metal dökülmesinin kontrol altına alınmamasıdır. Şekil 5.11e basit bir modifikasyonun bu problemin üstesinden nasıl geleceğini gösteriyor: hile, konik yolluktan yatay yolluk içine ve çıkıştan görüşe izin vermez. Tıkanma şartı, bir de hızlı geri doldurma için konik yolluğa yardım eder ve yolluk içine doğru ortaya çıkışından önce erimeyi pekiştirmede yardımcı olur.

Alternatif tıkanma dizaynı Şekil 5.11f'de gösterilmiştir. Bu tür dizaynlara, hava sıkışmasında (vena contracta) hava aspirasyonunu azaltmak için 1950'lerde sıkça

rastlanırdı. Hangi tip tıkanmanın daha etkili olduğunu değerlendirmek için karşılaştırmalı araştırmalar uygulamak daha kullanışlı olurdu [12].

#### 5.4. Yatay Yolluk

Yatay yolluk, sıvı metalin kalıp boşluğuna girmeden önceki dağıtımını yapar. Metal, kalıba memelerden girer. Memeler, parçanın et kalınlığına göre en uygun yerde olmalı, parçanın ince kesitlerini daha hızlı, kalın kesitlerini daha yavaş doldurmalıdır. Çünkü ince kesitler daha kısa zamanda katılaştır. Memeler kalıptaki termel gradyanı (farklı kesitlerdeki ısı dengesini) sağlamalıdır. Bu, iyi katılma açısından çok önemlidir [11].



Şekil 5.14: Yatay yolluk parçalar arası dağıtımı sağlar

Yatay yolluk bir derece içerisindeki birden fazla parça arasında dağıtım yapar. Bu parçalar aynı parçalar olabildiği gibi farklı kesit kalınlıkta ve ağırlıkta olabilir. Bunlar arasında parçaların ağırlıkları ile orantılı olarak da dağıtım yapar, parçaların istenilen sürede dolmasını sağlar.

Yatay yolluk için en basit ve en iyi çözüm düz yatay yolluktur. Yatay yolluktaki virajlar metalin yük kaybını artırır. Keskin köşelerden kaçınılmalıdır. Yer in izin verdiği ölçüde büyük radyuslu virajla dönüş yapılmalıdır. Virajdan sonra yer alan memenin virajın bittiği yere olan mesafesi minimum 10 cm olmalıdır.

Yatay yolluğun kesit alanı şunlara bağlıdır:

- Boyun alanına
- Dökme demirin cinsine

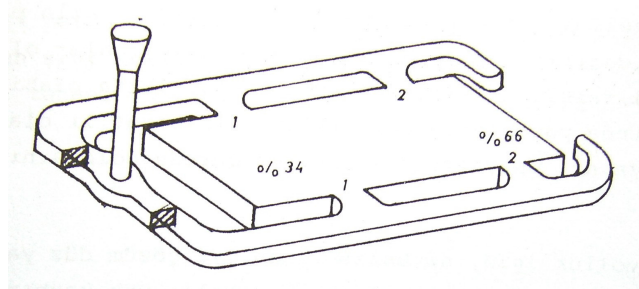
- c) Düşey yolluk birinci meme mesafesine
- d) Yolluk sisteminin tipine

Yatay yolluk kesit alanı daima dikdörtgen olmalıdır. Dikdörtgenin yan kenarlarına gerekli koniklik verilmelidir. Bu koniklik minimum olmalıdır.

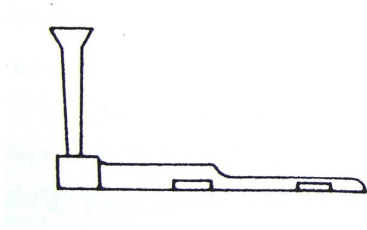
Yatay yolluğun genişliğine göre yüksekliği iki katı olmalıdır. Basıncılı sistemde yolluk daha dar, daha yüksek olmalıdır.

#### 5.4.1. Yolluk sistemleri

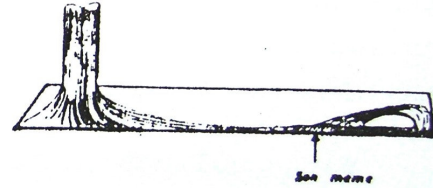
Düşey yolluk, yatay yolluklar, memeler kesitleri arasındaki oran yolluk sisteminde çok önemlidir. Buna yolluk oranları denir. 1:2:4, 1:2:2, 1:4:4 gibi. Şekildeki dökümde 1:2:4 sistemi uygulanmıştır. Yani düşey yolluk taban alanı yatay yolluk kesit alanları toplamı ve memeler kesit alanları toplamı 1/2/4 oranı gibidir. Basıncısız yolluk sistemidir. Yatay yolluk içerisinde ilerleyen sıvı metal 1. memeler hizasından geçerken hızı fazla olduğu için basıncı da azdır. Bunun için 1. memelerden giren metal 2. memelerden giren metalden azdır. Yolluk sistemi 1:2:2 sisteminde yapılırsa daha üniform bir dağılım ve daha sabit hız ve basınç elde edilir. 1:2:4 sisteminde 1. memelerden giren metal %34, 2. memelerden giren metal %66 iken bu oran 1:2:2 sisteminde 1. memelerden giren %44,2, 2. memelerden giren %56 olur. Tam bir eşitliğin sağlanması için yatay yollukla 1. memelerden sonra akan metalin hızını sabit tutabilmek amacı ile daraltma yapılır (Şekil 5.16). Hızı artan metalin basıncı düşer ve 2. memelerden giren metalin miktarı azalır, 1. ve 2. memelerden giren metalin miktarı eşitlenir. Bunu sağlamak için bir başka yol memelerin kesit alanlarını biraz daraltmaktır [11].



Şekil 5.15: Bir plakanın yolluk sistemi



Şekil 5.16: Kademeli yatay yolluk



Şekil 5.17: Yatay yolluktaki metalin akım çizgileri

### 5.5. Memeler

Memeler yolluk sisteminin en hassas elemanlarıdır. Yolluk sisteminin hesabında bütün çalışmalar meme kesit alanları toplamını bulmaktır. Bundan sonra yolluk sisteminin hesabına geçilir. Yolluk sisteminde memeler kalıp birleşme yüzeyinde bulunur. Bazı özel durumlarda memeler aynı düzlem üzerinde bulunmayabilirler. Özellikle büyük dökümlerde bu durum kaçınılmazdır.

Yolluk sistemini parçaya memeler bağlar. Yolluk sisteminde besleyici yoksa, yolluklar kesilerek değil, kırılarak ayrılabilmelidir. Meme boyutları buna göre ayarlanmalıdır.

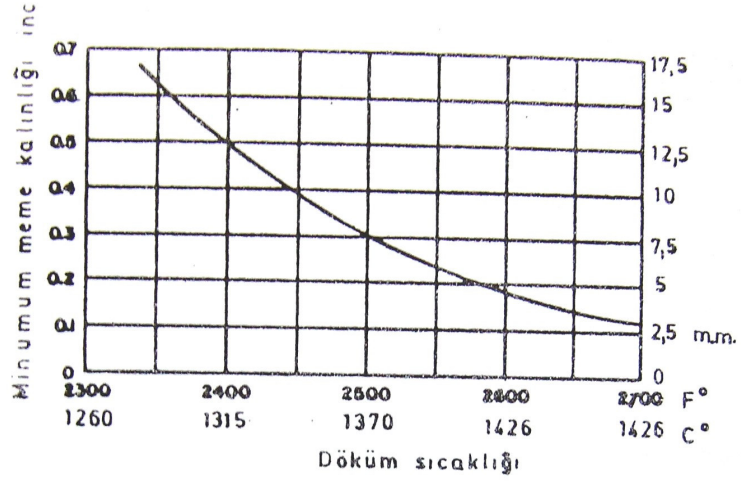
Meme kesit alanları genellikle dikdörtgendir. Kalıplama açısından yan kenarları konik yapılıdır.

Memeler yeteri kadar ince ve uzun olmalıdır. Buna sebep şunlardır:

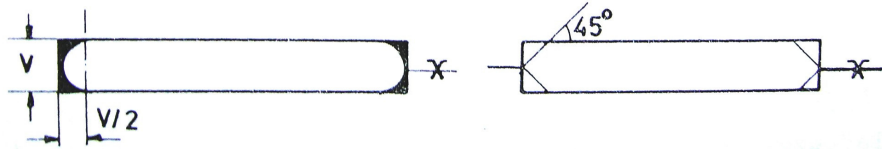
- Basınçlı sistemde kalıba curuf girmesini önlemek için,
- Yolluk sistemini dökümden kolayca ayırmak için,

Yolluk sisteminde memelerin inceliğini tayin eden iki husus vardır:

- Parçanın kalıplanmasından doğan zorlamalar,
- Döküm esnasında memelerin döküm sonuna kadar sıvı kalmasını sağlayacak kalınlık. Bu şekil 5.18’de döküm sıcaklığına bağlı olarak verilmiştir.



Şekil 5.18: Döküm sıcaklığına bağlı olarak minimum meme kalınlığı



Şekil 5.19: Meme ölçülendirilmesi, köşeler yuvarlatılır

Dikdörtgen kesitli memeler donmaya köşelerden başlar. Donan kısmın genişliği Şekil 5.19'da görüldüğü gibi  $\cong v/2$ 'dir. Bunu önlemek için köşeler yuvarlatılır veya  $45^\circ$  lik bir açıyla kırılır. Her iki önlem de kalıplanabilirlik açısından kolaylık getirir.

### 5.5.1. Memelerin yolluk sistemine yerleştirilmesi

Döküm parçaları şekillerine ve büyüklüklerine göre sonsuz çeşittir. Bunlar için genel bir yolluk sistemi yerleştirme kaidesi vermek imkansızdır. Fakat bazı genel tavsiyelerde bulunabiliriz.

Mala yüzeyine göre parçanın ince kesitli kısmı mala yüzeyinde olacak şekilde model dizayn edilmelidir. Çünkü meme girişleri buradan olacağından en sıcak metal de buradan içeri girecektir.

Parçanın en kalın kesitli kısmı alt derecede olacak şekilde kalıplanmalıdır. Çünkü en soğuk metal burada olacaktır. Beslenme açısından da bu gereklidir. Kalıba ilk giren

metal kalıbın henüz soğuk olması dolayısıyla soğuyarak alt derecedeki kalın kesitli bölgeye dolar. Soğuyan metal hacimsel olarak çeker. Bu çekme henüz dolmakta olan sıvı metal tarafından karşılanır. Buna ilave besleme denir. Yolluk sistemi bu şekilde beslemeye yardımcı olur.

Yolluk sisteminin yerleştirilmesi kalıplama metodu ve derece boyutundan da etkilenir. Büyük parçaların elle kalıplanmasında, yolluk sistemi styren köpüğü ile yapılır ve kumun içine yerleştirilir. Bu durumda mala yüzeyine bağımlı olunmaz. İstedığımız yolluk sistemi kalıplanabilir ve mala yüzeyi düşünülmeden kumun içerisine yerleştirilir. Kalıplama bittikten sonra styren köpüğü yakılarak yolluk sistemi döküme hazır olur. Bu bilhassa Cold-Box reçine ile kalıplamada çok geniş kullanılma alanı bulur. Fakat bu sistemde yolluk yapılabilmesi için makine kalıplamasında da bir yol bulunabilir.

Sıvı metalin yatay yolluk içerisindeki akışı ve buradan memeler vasıtasıyla kalıp boşluğuna düzgün bir şekilde dolabilmesi için memelerin yatay yolluk üzerindeki yerleri Tablo 5.1,5.2 ve 5.3'te gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Tavsiye edilen düşey yolluk-1.meme mesafesi ve son meme yatay yolluk sonu mesafesi

Döküm ağırlığı	D.Yolluk-1. meme Mesafesi (Minimum)	Son meme- Yatay Yolluk Sonu Mesafesi (Minimum)
5 kg	10 cm	7,5 cm
50 kg	15 cm	15 cm
500 kg ve üzeri	37,5 cm	37,5 cm

Bu ölçüler 4,5 mm meme kalınlığı içindir.

Tablo 5.2: Tavsiye edilen boyun/yatay yolluk kesit alanı

Düşey yolluk-1. meme mesafesi	Boyun/yatay yolluk kesit alanı	
	Basıncılı sistem	Basıncısız sistem
Kısa	1/3	1/5
Orta	1/2,5	1/4
Uzun	1/1,5	1/3

Kısa; Tablo 5.1'den kısa, orta; Tablo 5.1 gibi, uzun; Tablo 5.1'den uzun.



Tablo 5.3: Tavsiye edilen boyun / yatay yolluk kesit alanı oranı (Sfero Dökümü Demir)

Düşey yolluk-1. meme mesafesi	Boyun/yatay yolluk kesit alanı	
	Basıncılı sistem	Basıncısız sistem
Kısa	1/4	1/6
Orta	1/3	1/5
Uzun	1/2	1/4

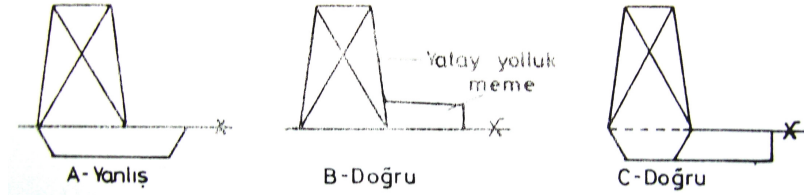
Kısa; Tablo 5.1'den kısa, orta; Tablo 5.1 ile aynı, uzun; Tablo 5.1'den uzun.

Tablo 5.4: Maksimum meme genişliği ve komşu iki meme arasındaki minimum mesafe (Basıncılı sistemde)

Döküm Ağırlığı (kg)	Max. Meme genişliği	İki meme arasındaki minimum mesafe
5 kg	18 mm	37,5 mm
50 kg	31 mm	62 mm
500 kg	50 mm	75 mm
5000 kg	75 mm	125 mm
50000 kg	125 mm	200 mm

### 5.5.2. Meme-yatay yolluk birleşmesi

Memeler yatay yolluğun daima yan tarafında yer almalı, yatay yolluğun devamı olarak yerleştirilmemelidirler. Memeler, yatay yolluğa dik durumda olmalıdır. Açılı birleşmelerin faydası yoktur.

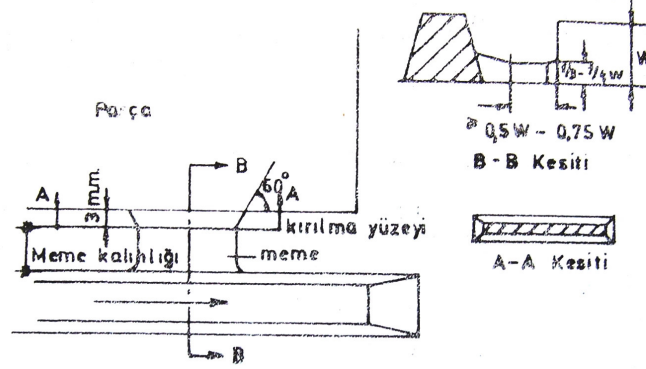


Şekil 5.20: Meme-yatay yolluk birleşmesi

Meme yatay yolluk birleşmesinde, memenin tabanı aynı düzlem üzerinde olmalıdır. Aksi şekilde A durumu, yanlış bir birleşmedir, türbülansa sebep olur. Doğru birleşme şekildeki B ve C durumudur [11].

### 5.5.3. Meme-parça birleşmesi

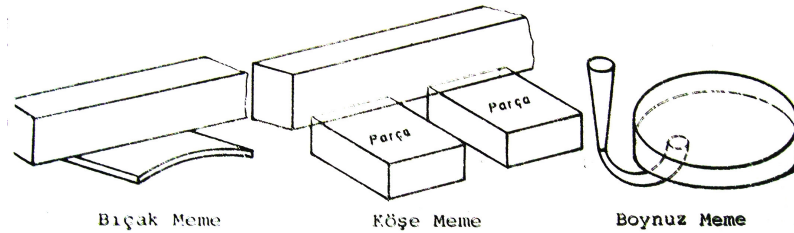
Yolluk sistemi dizayn edilirken şayet limitleyici bir durum yoksa, memeler parçanın en ince kesitine bağlanır. Burada, amaç diğer kalın kesitlerle ince kesitlerin soğuma hızlarını eşitlemektir.



Şekil 5.21: Meme-parça birleşmesi

Memelerin parçaya bağlanmasında dikkat edilecek diğer husus, yolluk sistemi dökümden sonra kırılarak ayrılırken, memelerin döküm parçasından düzgün olarak kırılmasının sağlanması, parça koparmamasıdır. Bunun için memenin parçaya bağlandığı yerde, 3 mm, kalın kesitlerde 5 mm yüksekliğinde, genişliği meme kesit alanından geniş olacak şekilde bir set oluşturulur. Bu set memenin kırılma düzleminde kırılmasını parça koparmasını sağlar (Şekil 5.21).

İnce kesitli dökümlerde bıçak şeklinde memeler kullanılır. Kırılması kolaydır, kırılan yüzey oldukça düzdür, taşlama işçiliğini düşürür. İnce olması dolayısıyla memenin boyu pek uzun tutulmamalıdır (Şekil 5.22).



Şekil 5.22: Çeşitli meme şekilleri

Şekil 5.22’da görülen boynuz memeler gri dökme demirde ender olarak kullanılırlar. Boynuz, döküm parçasına doğru uzanmalıdır, bunun sonucu sakın bir akış elde edilir.

Bazı hallerde, memeye curuf tutucular ilave edilebilir. İyi bir dizayn ile yatay yolluğa kadar gelebilmiş curufların yakalanması mümkün olur.

## 6. DÖKÜM ZAMANININ TESBİTİ

### 6.1. Döküm Zamanı ve Katılaşma Modülü

Pratik uygulamalarda bir döküm parçasının döküm süresine etki eden faktörleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- a) Döküm parçasının modülü
- b) Kalıplama kumunun kabuk yapma zamanı. Bu D. Boenisch tarafından tespit edilmiştir. Dökümhaneler bunu kendileri için tespit etmelidir.
- c) Yollukların dolma zamanı
- d) Kullanılan potanın saniyede akıttığı metal miktarı
- e) Kullanılan dökme demir çeşidinin katılaşma şekli (Bu faktör özellikle besleyici hesaplamaları açısından büyük anlam taşımaktadır ve besleyici hesaplamaları bölümünde detaylı olarak açıklanacaktır).

Günümüzde döküm zamanına demir dökümhanelerinde hâlâ üvey evlat gözü ile bakılmaktadır. Elle kalıplamada döküm zamanı ölçüsüz, dökümhanelerde de önce hesaplanıp yolluk sistemi bu hesaba göre yapıldıktan sonra, dökülen kalıbın döküm zamanı kronometre ile kontrol edilir. Bu zaman, parçanın kartına işlenir.

Bir döküm parçasının döküm süresi sayısız faktör tarafından etkilenir. Ancak önemli olan ve üzerinde sürekli tartışılan konu bu faktörlerden hangilerinin gerçekten önemli olduğudur. Pratikte döküm parçasının döküm süresinin belirlenmesinde genellikle dökülecek parçanın ağırlığından hareket edilir. Bu ilişkiyi açıklamada A.B.D.'de 30 yıldır bu konuda araştırma yapan H.W.Dietert'in elde ettiği değerlerden faydalanılmaktadır. Dietert sayısız döküm parçasında yaptığı araştırmalar sonucunda, söz konusu döküm süresi ile döküm ağırlığı arasındaki ilişkiyi

$$t = k \cdot \sqrt{G} \quad (6.1)$$

şeklinde ifade etmiştir. Bu denklemde k değeri döküm parçasının (masif,kalın veya ince duvarlı) göz önünde tutulmasından kaynaklanmaktadır.

Dietert'in bu kesin formülü özellikle pratik üretim gözlemlerine dayanmaktadır ve iyi sonuçlar vermektedir.

Buradaki k faktörü göstermektedir ki, sadece döküm parçasının ağırlığının yalnız başına döküm süresinin belirlenmesini mümkün kılamamaktadır. İki aynı ağırlıkta fakat farklı yüzeylere sahip (biri kalın duvarlı kompakt, diğeri ince duvarlı ve yayvan) iki parça çok farklı soğuma süreleri göstermektedir.kompakt parça ince duvarlı olana oranla belirgin derecede yavaş soğuyacaktır. Bu nedenle ince parçanın dökümü, kalıbın eksiksiz dolmasını sağlayacak şekilde oldukça hızlı olarak dökülmelidir. Döküm süresini belirlemede bu durumun göz önüne alınması amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, döküm süresinin parçanın hacminin, ısının verildiği yüzey S'ye oranının karesi ile belirtilmiştir [11].

$$t = \left( \frac{V}{S} \right)^2 \quad (6.2)$$

Buna bağlı olarak söz konusu soğuma hızı olarak:

$$t = \left( A \cdot \frac{V}{S} \right)^2 \quad (6.3)$$

A faktörü metal ve kalıp malzemesinin teknik özelliklerini,  $\frac{V}{S}$  oranı ise döküm parçasının şeklini tanımlar. Bu kısaca toplanmış formül soğuma süresinin belirlenmesi mümkün kılmakta olup 1882'de J.B.Fourier tarafından "Theorie Analytique de la chaleur" çalışmasında ortaya konmuştur.

J.Czikel tamamen başka yoldan giderek ısı bilançosu ve döküm mekaniğinden giderek bir döküm parçası için döküm süresince kalıp içerisinde hiçbir yerde sıvı metalin sıcaklığının liküdü sıcaklığının altına düşmemesi hali için döküm süresini hesaplamıştır. Bu formül:

$$t = \frac{M}{\varepsilon} \quad \text{şeklinde olup;} \quad (6.4)$$

$t$  : sıvı metalin soğuma süresi (sn)

$$M : \text{Modül} = \frac{\text{Döküm parçası hacmi (cm}^3\text{)}}{\text{Isı veren yüzey (cm}^2\text{)}} \quad (\text{cm}) \quad (6.5)$$

$\varepsilon$  : 0,015 – 0,035 ; katılma hızı cm/sn (kum yüzeyinden itibaren katılan kabuğun katılma hızı)

M modülünün boyutu bir uzunluk ölçüsü olup, duvar kalınlık farklılıklarının, düğüm noktalarını ve materyal yığılmalarının dikkate alınmasıyla Şekil 6.1’de görüldüğü gibi basitleştirilmiş bir model parça kullanımı ile hesaplanabilir.

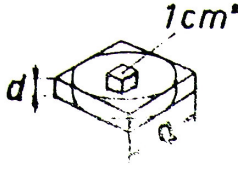
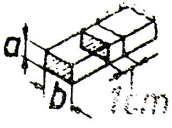
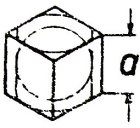

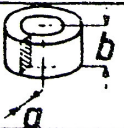
Dietert’in dökme demirler için bulduğu formül;

$$\text{Döküm zamanı (sn)} = K \left( 1,41 + \frac{W}{14,63} \right) \cdot \sqrt{G} \quad (6.6)$$

G : Parça ağırlığı, (kg)

W : Et kalınlığı, (mm)

K : Akışkanlık katsayısı

	<p>Plaka <math>a \geq 5d</math></p> <p><math>V = 1 \text{ cm}^3</math> <math>S = 2 \text{ cm}^2</math></p> <p><math>M = \frac{V}{S} = \frac{1}{2} [\text{cm}]</math></p> <p><math>M = \frac{1}{2}</math></p>																
	<p>Uzun çubuk</p> <p><math>V = a \cdot b \cdot 1 \text{ cm}</math></p> <p><math>S = 2(a + b) \cdot 1 \text{ cm}</math></p> <p><math>M = \frac{V}{S} = \frac{a \cdot b}{2(a + b)}</math></p>																
	<table border="1" data-bbox="852 693 1120 871"> <thead> <tr> <th></th> <th>Küp</th> <th>Silindır</th> <th>Küre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V</td> <td><math>a^3</math></td> <td><math>\frac{a^3 \cdot \pi}{4}</math></td> <td><math>\frac{a^3 \pi}{6}</math></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td><math>6a^2</math></td> <td><math>a^2 \frac{\pi}{2} + a^2 \pi</math></td> <td><math>a^2 \pi</math></td> </tr> <tr> <td>M</td> <td><math>V/S = \frac{a}{6}</math></td> <td><math>V/S = \frac{a}{6}</math></td> <td><math>V/S = \frac{a}{6}</math></td> </tr> </tbody> </table> <p><math>M = \frac{a}{6}</math> (Küp, silindır, küre)</p>		Küp	Silindır	Küre	V	$a^3$	$\frac{a^3 \cdot \pi}{4}$	$\frac{a^3 \pi}{6}$	S	$6a^2$	$a^2 \frac{\pi}{2} + a^2 \pi$	$a^2 \pi$	M	$V/S = \frac{a}{6}$	$V/S = \frac{a}{6}$	$V/S = \frac{a}{6}$
	Küp	Silindır	Küre														
V	$a^3$	$\frac{a^3 \cdot \pi}{4}$	$\frac{a^3 \pi}{6}$														
S	$6a^2$	$a^2 \frac{\pi}{2} + a^2 \pi$	$a^2 \pi$														
M	$V/S = \frac{a}{6}$	$V/S = \frac{a}{6}$	$V/S = \frac{a}{6}$														
	<p><math>M = \frac{r \cdot h}{2(r + h)}</math></p>																
	<p><math>M = \frac{a \cdot b}{2(a + b)}</math></p>																

Şekil 6.1: Basit cisimlerin katılma modülleri

## 6.2. Nomogram Yardımı ile Döküm Zamanının Bulunması

Döküm zamanının hesaplanması için daha önce verilen formüllerden J.Czikel'in 1. formülünde  $M$  (Modül) ve  $\varepsilon$  (katılma hızı cm/sn), 2. formülünde sadece  $W$  (et kalınlığı) göz önüne alınmıştır. Nielsen'in döküm zamanı formülünde ise  $W$  (et kalınlığı, cm) ve  $G$  (döküm ağırlığı, kg)'na bağlı olarak döküm zamanı verilmiştir. Dieter'in döküm zamanında kimyasal kompozisyon, döküm sıcaklığı, et kalınlığı, parça ağırlığı göz önüne alınmıştır, fakat katılma hızında çok önemli olan model ve kalıbın cinsi (yaş kalıp, kuru kalıp) göz önüne alınmamıştır [11].

J.Czikel'in 1. formülünden hesaplanan döküm zamanı küçük fakat kalın kesitli parçalar için uygun olmamaktadır. Ancak kesit kalınlığının 10 katı boyda olan dökümler için uygun zamanı vermektedir.

J.Czikel'in 2. ve Nielsen'in döküm zamanını veren formülleri 1 tonun üzerindeki parçalar için uygun döküm zamanı verirler.

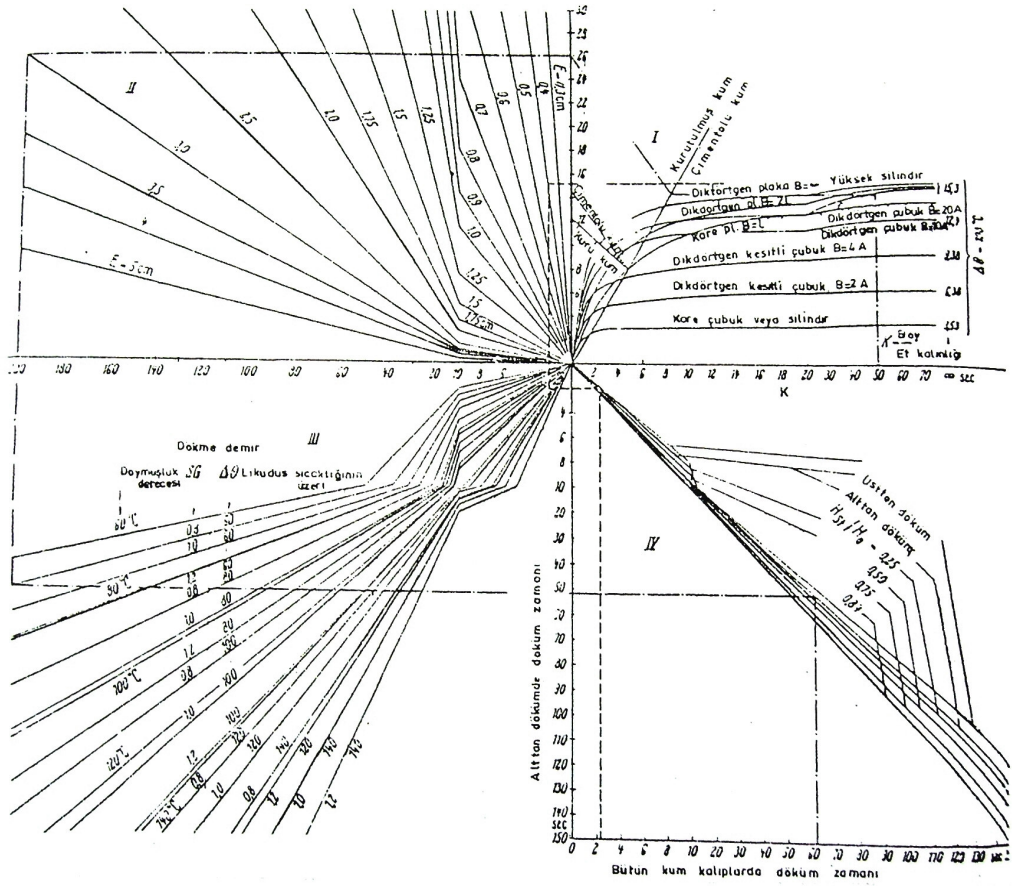
Dieter'in döküm zamanında modül göz önüne alınmadığı için çok değişik kesit kalınlıklarındaki parçalar için uygun döküm zamanını vermez.

Döküm zamanına tesir eden bütün faktörleri içeren bir formül yoktur. Döküm zamanını doğru olarak ancak nomogram yardımıyla bulunabilir. Nomogram Şekil 38'de verilmiştir.

Nomogramda şu faktörler göz önüne alınmıştır:

- 1) Döküm parçası boyu  
Et kalınlığı
- 2) Döküm parçası kesitinin şekli (plaka, çubuk, silindir, vs.)
- 3) Kalıp kumu (kurutulmuş kum, çimentolu kum kalıp, yaş kum kalıp)
- 4) Duvar kalınlığı, cm
- 5)  $S_c$  doymuşluk derecesi (kimyasal kompozisyondan hesaplanır).
- 6)  $\Delta Q$  Liküdüs sıcaklığının üzerindeki sıcaklık (döküm sıcaklığı-Liküdüs)
- 7) Döküm şekli (üstten döküm, alttan döküm, yandan döküm)





Şekil 6.2: Çeşitli döküm parçalarının her çeşit kum kalıba, çeşitli metal kompozisyonlarında, liküdüs hattının altına düşmeden doldurulacak döküm zamanı nomogramı

### Örnek 1

Çimentolu kum kalıba dökülen plaka malzeme ötektik altı dökme demir  $S_c=0,8$  ,  
Liküdüs sıcaklığı üzerindeki döküm sıcaklığı  $\Delta Q=60^0C$

Plaka uzunluğu  $L=300$  cm

Plaka genişliği  $B=75$  cm

Plaka kalınlığı  $W=3$  cm

Plaka her iki ucundan dökülüyor

$$L_E = \frac{L}{2} = \frac{300}{2} = 150cm \quad (6.7)$$

$$K = \frac{L_E}{W} = \frac{150}{3} = 50 \quad (6.8)$$

$$\frac{B}{L_E} = \frac{75}{150} = 0,5 \quad , \quad B = 0,5.L_E \quad (6.9)$$

Şekil 6.2’de absisteki  $K=50$  noktasından ordinata paralel olarak  $B=0,5L_E$  eğrisini kesene kadar gidilir. Bu noktadan absise paralel olarak gidilerek kuru kum-çimentolu kum meyilli doğrusu kestirilir. Bu noktada çimentolu kum doğrusuna paralel çizilerek II. bölgedeki  $W=3$  doğrusu kestirilir ve buradan ordinata paralel çizilerek III. Bölgedeki dökme demir  $S_c=0,8$  ,  $\Delta Q=60$  doğrusu kestirilir. Buradan absise paralel çizilerek IV. Bölgedeki plaka döküm doğrusu kestirilir, ordinata paralel çizilerek  $t=61$  sn döküm zamanı bulunur.

## 7. MEME KESİT ALANI

Metalin memelere akış hızı; kayıpsız akış halinde, döküm hunisindeki metal yüzeyinden meme düzlemine kadar serbest düşen bir cismin düşüş hızı ile aynıdır. Bu hız Toricelli'nin

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (7.1)$$

$v$  : metalin hızı, cm/sn

$g$  : yerçekimi ivmesi, cm/sn<sup>2</sup>

$h$  : düşülen yükseklik, cm

denklemleri ile ifade edilir.

Toricelli denklemi Bernoulli akış denkleminin yukarıdaki koşullarda özel bir uygulama türüdür. Toricelli denkleminde genel meme kesit alanını veren denklem çıkarılabilir.

S kesitindeki bir borudan t süresinde  $v$  hızı ile V hacminde metal akar.

$$S \cdot v \cdot t = V = \frac{G}{\gamma} \quad (7.2.)$$

borudaki kesiti S'i meme kesiti, dökülen metal ağırlığını G ile gösterdiğimizde;

$$S_A = \frac{G}{\gamma \cdot v \cdot t} = \frac{G}{\gamma \cdot t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}} \quad (7.2a)$$

döküm parçası ağırlığı gram olarak alındığında boyut analizi doğru olur. Ancak genellikle döküm ağırlığı kg olarak alındığından;

$$S_A = \frac{1000 \cdot G}{\gamma \cdot t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}} = \frac{22,6 \cdot G}{\gamma \cdot t \cdot \sqrt{h}} \quad \text{olur.} \quad (7.2b)$$

Ancak, bütün gerçek akış olaylarında belli bir kayıp söz konusu olduğundan, Toricelli denklemine bir direnç değeri (yük kaybı katsayısı) ilave edilmelidir. Bu direnç değeri meme tekniğinde hız faktörü  $\zeta$  olarak ifade edilebilir. Meme kesiti söz konusu memelerin kesitlerinin toplamı olduğundan n sayıdaki  $S_A$  kesitindeki meme için;

$$n.S_A = \frac{22,6.G}{\gamma t.\zeta.\sqrt{H}} \text{ cm}^2 \quad (7.3)$$

bulunur. Burada:

G : Döküm parçası ağırlığı (kg)

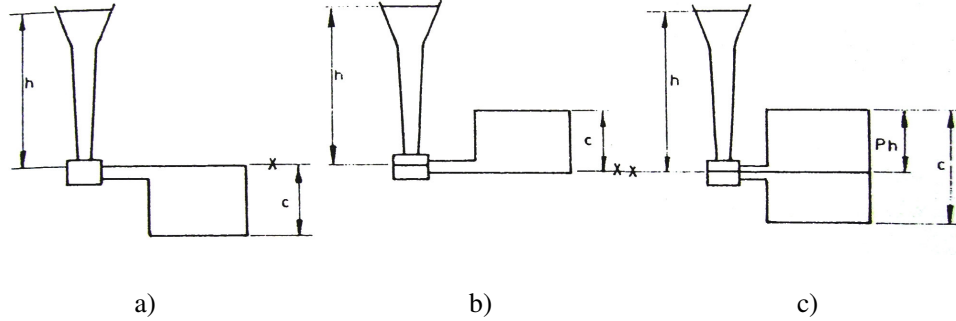
$\gamma$  : Döküm sıcaklığındaki sıvı metalin yoğunluğu ( $\text{gr/cm}^3$ )

$\zeta$  : Hız faktörü

t : Döküm zamanı (sn)

H : Efektif yüksekliği (cm)

Efektif yükseklik döküm parçasının derece içindeki durumuna göre, metalin hangi yükseklikten düştüğünü ifade eder. Çeşitli yolluk sistemlerine göre efektif yükseklik Şekil 7.1’de verilmiştir [11].



Şekil 7.1: Efektif yükseklik

a) Yolluğun üstten verilmesi

$$H = h$$

(7.4a)

b) Yolluğun alttan verilmesi

$$H = h - \frac{c}{2} \quad (7.4b)$$

c) Yolluğun ortadan verilmesi

$$H = \frac{2.h.c - P_h^2}{2.c} \quad (7.4c)$$

Burada:

c : parçanın tüm yüksekliği

P<sub>h</sub> : parçanın üst derecedeki kalan kısmı

### 7.1. Hız Faktörü (ζ)

Sıvı metalin yolluk sistemi içerisindeki akışı esnasında meta hız kaybına uğrar. Bu metali kanal içerisindeki sürtünmesi ile, yön değiştirmesi ile, ani daralıp, ani genişlemesi ile meydana gelir.

Hız kayıplarının toplam etkisi, düşey yolluğa girişten, memelerden çıkışa kadar toplam hız kayıpları şu eşitlikten hesaplanabilir:

$$\zeta = \frac{1}{\sqrt{i + k_T \left(\frac{S_B}{S_T}\right)^2 + f_S \cdot \frac{L_S}{D_S} \left(\frac{S_B}{S_B}\right)^2 + k_R \left(\frac{S_B}{S_R}\right)^2 + f_R \cdot \frac{L_R}{D_R} \left(\frac{S_B}{S_R}\right)^2 + k_G \left(\frac{S_B}{S_A}\right)^2 \cdot n + f_G \cdot \frac{L_G}{D_G} \left(\frac{S_B}{S_A}\right)^2}} \quad (7.5)$$

k : Yük katsayıları

S<sub>B</sub> : Basıncısız sistemde, konik düşey yolluk taban alanı veya boyun alanı

S<sub>T</sub> : Basıncısız sistemde, konik düşey yolluk üst alanı

S<sub>R</sub> : Yatay yollukların toplam alanı

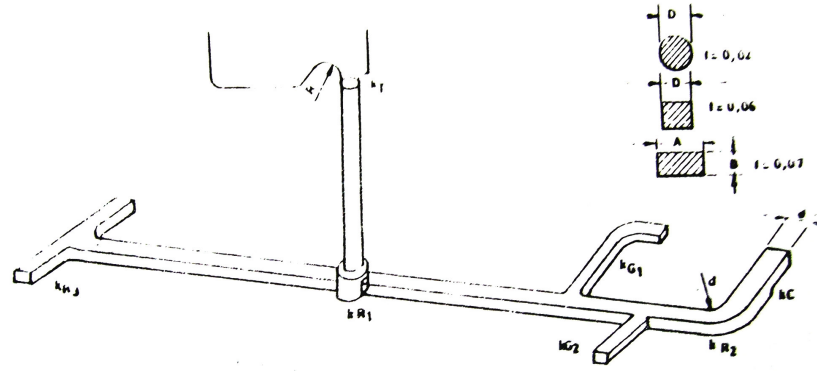
S<sub>A</sub> : Memeler toplam alanı

n : Memelerin sayısı, her memeden sonra daralan ve memelerdeki metal hızının sabit tutulduğu yolluk sisteminde

f<sub>S</sub>, f<sub>R</sub>, f<sub>G</sub> : Sürtünme katsayısı (düşey yolluk, yatay yolluk ve memeleri)

L<sub>S</sub>, L<sub>R</sub>, L<sub>G</sub> : Toplam boy (düşey yolluk, yatay yolluk ve memeleri)

D<sub>S</sub>, D<sub>R</sub>, D<sub>G</sub> : Hidrolik çap (düşey yolluk, yatay yolluk ve memeleri)



Şekil 7.2: Yolluk sistemindeki kayıp katsayıları

- $k_T$  = 1 keskin köşe, yuvarlak veya kare kesitli kanalda  
= 0,2 radyuslu köşe, yuvarlak veya kare kesitli kanalda
- $k_{R1}$  = 2 keskin birleşme, düşey yolluk tabanı yok  
= 0,5 radyuslu birleşme, düşey yolluk tabanı yok  
= 1,2 düşey yolluk tabanı var
- $k_{R2}$  = 2 keskin köşe ( $90^0$ ), kare kesitli kanalda  
= 1,5 keskin köşe, yuvarlak kesitli kanalda  
= 1 radyuslu köşe, yuvarlak kesitli kanalda
- $k_{R3}$  = 5 keskin köşe T birleşmesi
- $k_{G1}$  = 1,5  $90^0$ 'lik birleşme ve %25 kesit daralması  
= 1 radyuslu birleşme ve %25 kesit daralması
- $k_{G2}$  = 2  $90^0$ 'lik birleşme, kesit daralması yok  
= 1,5 radyuslu birleşme, kesit daralması yok
- $k_B$  = 0,7 radyuslu  $45^0$ 'lik birleşme, kare kesitli kanalda  
= 0,5 radyuslu  $45^0$ 'lik birleşme, yuvarlak kesitli kanalda

Tablo 7.1: Çeşitli yolluk sistemleri için hız faktörleri

Sistemin Tipi	Konik Düşey Yolluk	Düz Düşey Yolluk Boyunlu Yatay Yolluk
1. Besleyici ile direkt bağlı, basit yolluklu	0,90	0,73
2. 2 yatay yolluklu, yolluk üzerinde köşe yok	0,90	0,73
3. 2 yatay yolluklu, yolluk üzerinde köşe var	0,85	0,70

$k_c = 0,33$  kanalın daralmasında

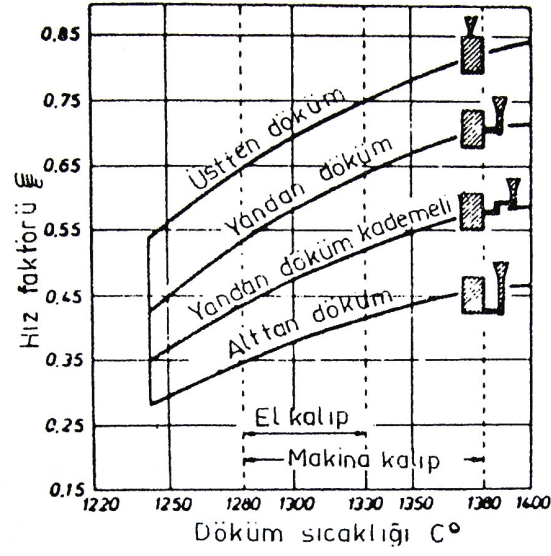
Genel olarak çeşitli dökümler için yük kayıp katsayıları A.Holzmüller tarafından şöyle verilmektedir.

Çok ağır, maça açısından zengin dökümler için  $\zeta = 0,3$

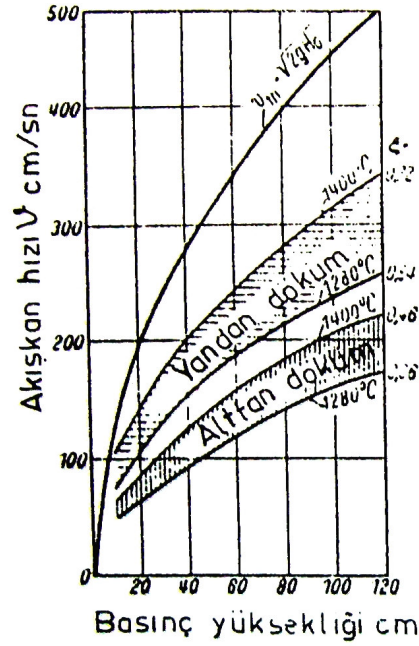
Normal döküm parçaları için  $\zeta = 0,45$

Çok basit döküm parçaları için  $\zeta = 0,55$

Hız faktörünün (hız kayıp katsayısının) döküm sıcaklığına ve döküm çeşidine bağımlılığı A.Holzmüller tarafından Şekil 7.3'te verilmiştir. Şekil 7.4 ve Şekil 7.5'de teorik ve gerçek akış hızlarının döküm çeşidine bağımlı olarak mukayesesi yapılmıştır. Akışlar türbülanslı olup Reynolds sayısı en sakin akışta dahi 5000'nin üzerindedir [11].

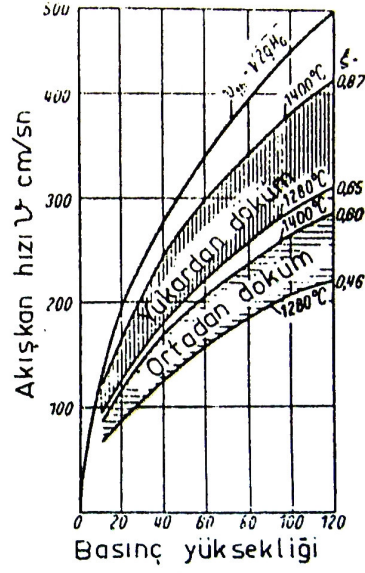


Şekil 7.3: Dökme demirde çeşitli döküm tiplerine ve döküm sıcaklıklarına göre hız faktörü



Şekil 7.4: Akış hızına göre Yandan ve Alttan döküm için hız faktörü



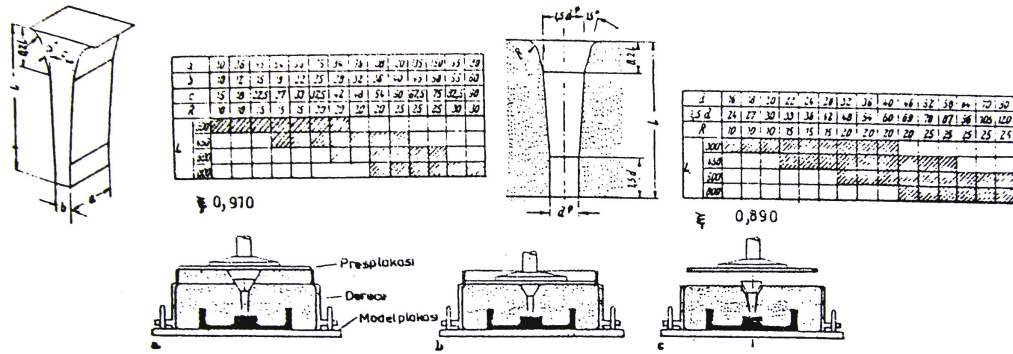


Şekil 7.5: Akış hızına göre Ortadan ve Yukarıdan döküm için hız faktörü

### 7.1.1. Direkt üstten dökümde hız faktörü

a) Dikdörtgen Kesitli Yolluk

b) Daire Kesitli Yolluk



Şekil 7.6: Direkt üstten dökümde dikdörtgen ve daire kesitli düşey yolluk ve kalıplama şekli

Tablo 7.2: Üstten dökümde yolluk şekilleri ve kum tane boyutuna göre  $\zeta$  ve Re sayısı

Düşey Yolluk Şekli	Kalınlık (E)	Uzunluk / Kalınlık	Kum Büyüklüğü (cm)	$\zeta$	Reynolds Sayısı	
					Yolluk kenarı	Yolluk ortası
Dikdörtgen kesitli	0,8	5	0,015	0,96	30700	25500
Dikdörtgen kesitli	2	20	0,045	0,89	167500	138000
Daire kesitli	0,5	15	0,025	0,89	27800	27800
Daire kesitli	1	20	0,045	0,86	83600	83600

Direkt üstten dökümde şekil 7.6'te görüldüğü gibi dikdörtgen kesitli yolluklar kullanılır. Bu yollukları kalıplanma şekli yine şekilde görülmektedir. Yolluklara ait ölçüler tablolarda verilmiştir.

Direkt üstten dökümde hız faktörü;

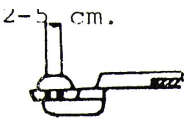
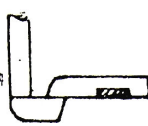
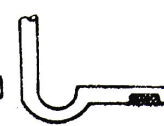
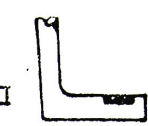
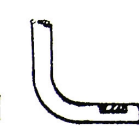
Dikdörtgen kesitli yollukta  $\zeta = 0,910$

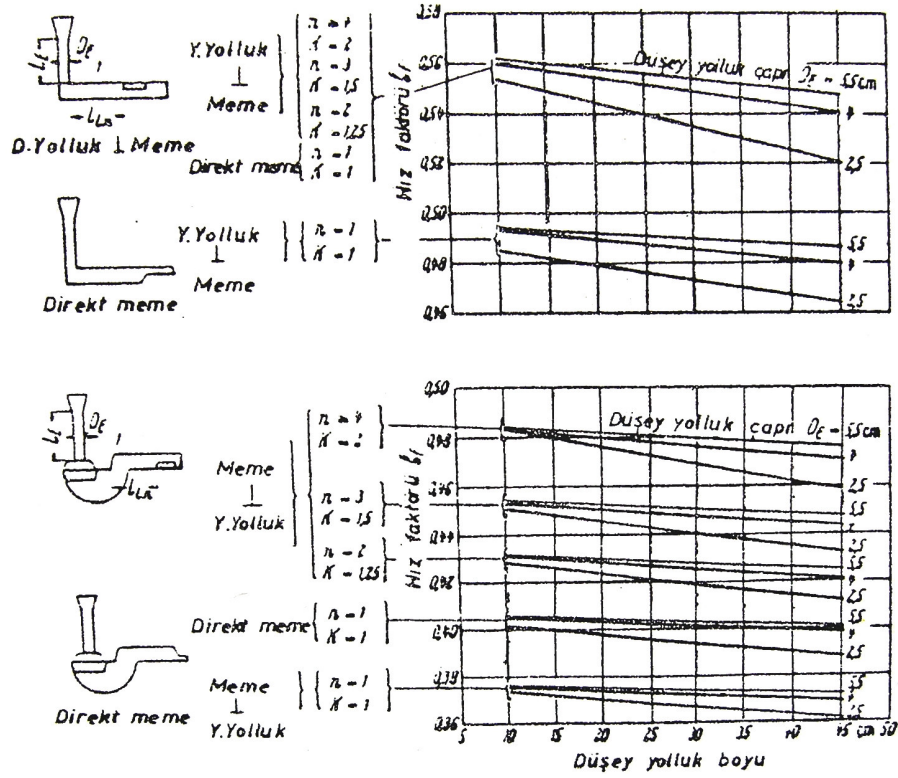
Daire kesitli yollukta  $\zeta = 0,890$

alınmalıdır.

### 7.1.2. Üstten dökümde hız faktörü ( $\zeta_{üst}$ )

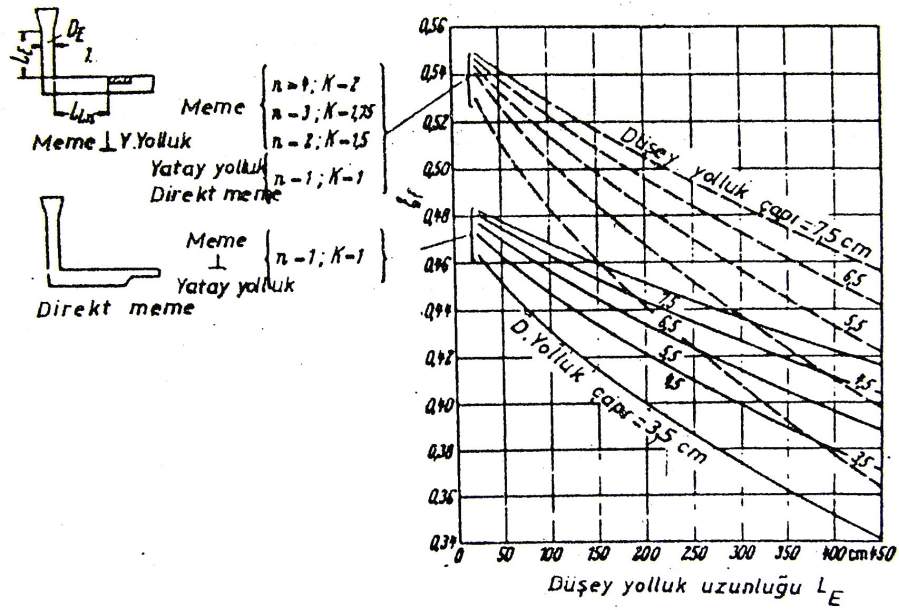
Tablo 7.3: Düşey yolluk boyu 5-15 cm, Düşey yolluk çapı  $\geq 2,5$  cm,  $S_D : S_Y : n.S_A = 1.K.1$ , Düşey yolluk-1.meme 2-5 cm

Yolluk Sistemi					
n=1 } Direkt meme	0.41	0.43	0.545	0.58	0.68
K=1 } Meme 1. Y.Yolluk	0.38	0.40	0.48	0.50	0.56
n=2-4 } Meme 1. Y.Yolluk	0.40	0.41	0.51	0.54	0.62
K=1 }					
n=4 } Meme 1. Y.Yolluk	0.49	0.53	0.54	0.58	0.66
K=2 }					



Şekil 7.7: Üstten döküm için hız faktörü ( $D_E=2, 5-5$  cm, meme düşey yolluk mesafesi 5-20 cm, kum tane boyutu=0,25 cm  $S_D : S_Y : n.S_A$  , 1:K:1)

Üstten döküm, plaka döküm için ( $\zeta_{üst}$ ) (Daha büyük dökümler için)

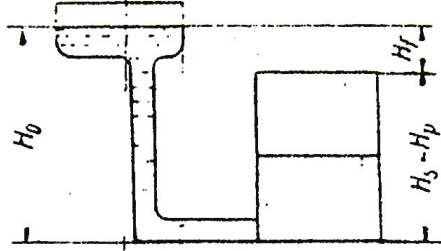


Şekil 7.8: Üstten dökümde hız faktörü ( $\zeta$ ) ( $L>40$  cm,  $D_E=3,5-7,5$  cm,  $L_N>20$  cm, kum tane iriliği 0,45 mm,  $S_D.S_Y.n.S_A$  , 1:K:1)

### 7.1.3. Alttan döküm için hız faktörü ( $\zeta_{ALT}$ )

Altan dökümde meme girişleri kum kalıbın en alt kısmından girer. Bu durumda hız faktörü ( $\zeta$ ) şöyle hesaplanır.

$V = \zeta \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$  formülünden Şekil 7.9 için şöyle yazılabilir.

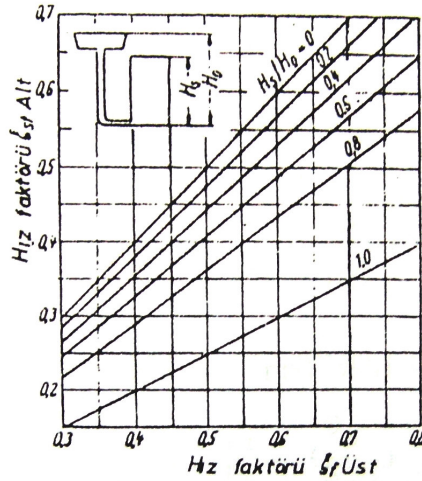


Şekil 7.9: Altan Döküm

$$V_A = \zeta_{\text{ÜST}} \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_0} + \sqrt{2 \cdot g \cdot (H_0 - H_s)}}{2} = \zeta_{\text{ALT}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0} \quad (7.6)$$

$$\zeta_{\text{ALT}} = \frac{\zeta_{\text{ÜST}}}{2} \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H_s}{H_0}} \right) \quad (7.6b)$$

Bu eşitlik Şekil 7.10'de grafik olarak ifade edilmiştir.



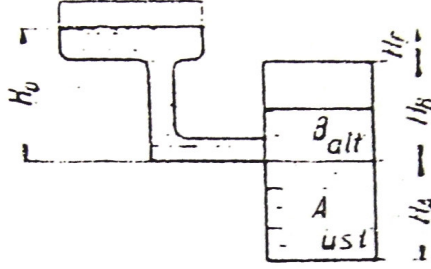
Şekil 7.10:  $\zeta_{\text{ÜST}}$ 'e bağlı olarak  $\zeta_{\text{ALT}}$ 'in bulunması

#### 7.1.4. Yandan döküm ve hız faktörü ( $\zeta_{yan}$ )

Bu yolluk sistemi alttan döküm yolluk sistemi ile, üstten döküm yolluk sisteminin birleştirilmesinden meydana gelmiştir (şekil 7.11).

$\zeta_{üst}$  Şekil 7.2 ve Şekil 7.8'dan bulunur.

$\zeta_{ALT}$  Şekil 7.10'daki grafikten tespit edilir.



Şekil 7.11: Yandan döküm

Burada şu eşitlikler yazılabilir:

$$G_A = n \cdot S_A \cdot \rho \cdot t_A \cdot \zeta_{üst} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0} \quad (7.7)$$

$$G_B = n \cdot S_A \cdot \rho \cdot t_B \cdot \zeta_{alt} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0} \quad (7.8)$$

$G_A$  : parçanın A kısmındaki ağırlığı (gr)

$G_B$  : parçanın B kısmındaki ağırlığı (gr)

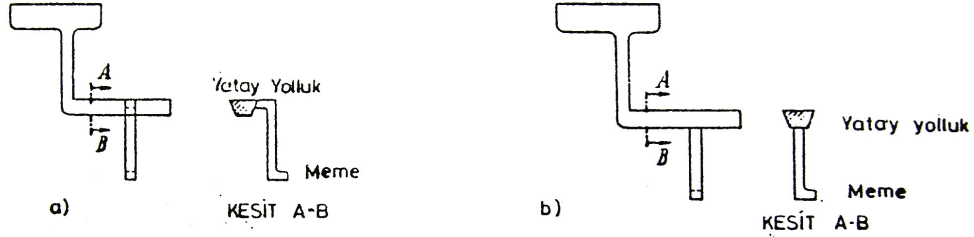
$$t_{toplam} = t_A + t_B = \frac{\frac{G_A}{\zeta_{üst}} + \frac{G_B}{\zeta_{ALT}}}{n \cdot S_A \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot h \cdot H_0}} \quad (7.9)$$

buradan

$$n \cdot S_A = \frac{\frac{G_A}{\zeta_{üst}} + \frac{G_B}{\zeta_{ALT}}}{\rho \cdot t_{toplam} \cdot \sqrt{2 \cdot h \cdot H_0}} \quad \text{yazılır.} \quad (7.9a)$$

### 7.1.5. Yatay yolluğa dik dirsek memeli dökümde hız faktörü ( $\zeta_{dirsek}$ )

Bu sistemde yatay yollukla memeler aynı düzlem üzerinde değildir. Memeler yatay yolluğa dik bir kanalla parçaya bağlanmıştır, bu bağlantı Şekil 7.12 a ve b’de görüldüğü gibi olabilir [11].



Şekil 7.12: Dirsek memeli döküm

Sistemin yolluk oranları genellikle  $S_D : S_Y : n.S_{DY} : n.S_A = 1:2:1,57:1$  şeklindedir ( $S_{DY}$  : Dirsek yolluk kesit alanı).

Bu yolluk sistemi, motor bloğu dökümlerinde, büyük parça dökümlerinde çok kullanılır.

Sistemin hız faktörü şöyle hesaplanabilir:

Düşey yolluktan yatay yolluğa geçişte kayıp

$$\zeta_{UST} = \sqrt{\frac{1}{1+k_T}} \quad (7.10)$$

buradan

$$k_T = \frac{1}{\zeta_{UST}^2} - 1 \quad \text{bulunur.} \quad (7.10a)$$

Yatay yolluk- dirsek meme birleşmesinde kayıp

$$k_{dirsek} = 1,2 \cdot \left( \frac{S_A}{S_{DY}} \right)^2 = 1,2 \cdot \left( \frac{1}{1,57} \right)^2 = 0,487 \quad (7.11)$$

Yolluk kanalında akışta sürtünme kayıpları

$$k_S = \frac{\lambda \cdot L}{D_h} \cdot \left( \frac{S_A}{S_{DY}} \right) \quad (7.12)$$

Yük kayıpları toplamı

$$k_{toplam} = k_T + k_{dirsek} + k_S = \frac{1}{\zeta_{üst}^2} - 1 + k_{dirsek} + k_S \quad \text{dir.} \quad (7.13)$$

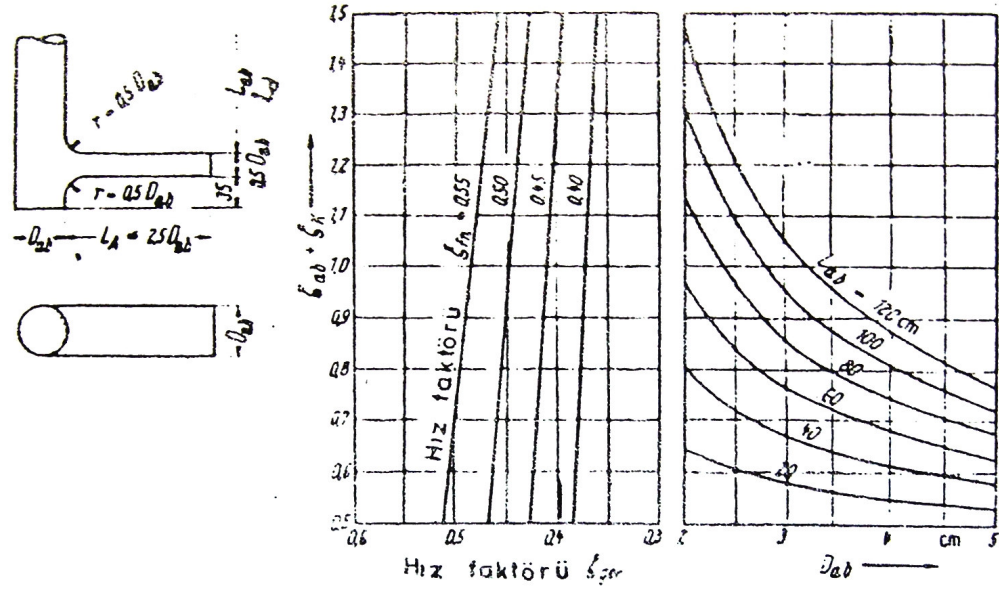
Buradan

$$\zeta_{dirsek} = \sqrt{\frac{1}{\zeta_{üst}^2 + k_{dirsek} + k_S}} \quad \text{bulunur.} \quad (7.13a)$$

$k_{dirsek}$  : köşeli birleşmede yük kaybı katsayısı (dirsek kayıp katsayısı)

$k_S$  : kanal sürtünme katsayısı

Yukarıdaki eşitliğin grafik olarak gösterilişi Şekil 7.13'de verilmiştir.



Şekil 7.13: Yatay yolluğa dik dirsek memeli dökümde  $D_{Ab}$ ,  $L_d$  veya  $(k_{dirsek} + k_S)$ 'ye  $\zeta_{üst}$  hız faktörüne (Şekil 7.8'dan bulunacak) bağlı olarak  $\zeta_{dirsek}$ 'in bulunması

## 7.2. Nomogram Yardımıyla Meme Kesit Alanının Bulunması

Efektif yükseklik ve farklı döküm tipleri için hız faktörünü hesaplamadan, çeşitli yolluk oranlarında meme kesit alanını bulmak mümkündür.

Meme kesit alanını veren formül;

$$n.S_A = \frac{1000.G}{\gamma.\zeta.t.\sqrt{2.g.H_0}} \quad (7.14)$$

Burada:

$G$  : Döküm parçası ağırlığı (kg)

$\gamma$  : Döküm sıcaklığındaki sıvı metalin yoğunluğu (gr/cm<sup>3</sup>)

$\zeta$  : Hız faktörü

$t$  : Döküm zamanı (sn)

$H$  : Efektif yükseklik (cm)

efektif yükseklik yerine düşey yolluğun yüksekliği  $H_0$  alınırsa üstten dökümde meme kesit alanı;

$$\frac{1000}{\gamma.\zeta.\sqrt{2.g.H_0}} = m \text{ denirse} \quad (7.15)$$

$$n.S_A = m.\frac{G}{t} \text{ olur.} \quad (7.16)$$

$m$ ; Şekil 7.14'den farklı yolluk oranları ve  $H_0$  değerleri için bulunur.

Alttan dökümde meme kesit alanı;

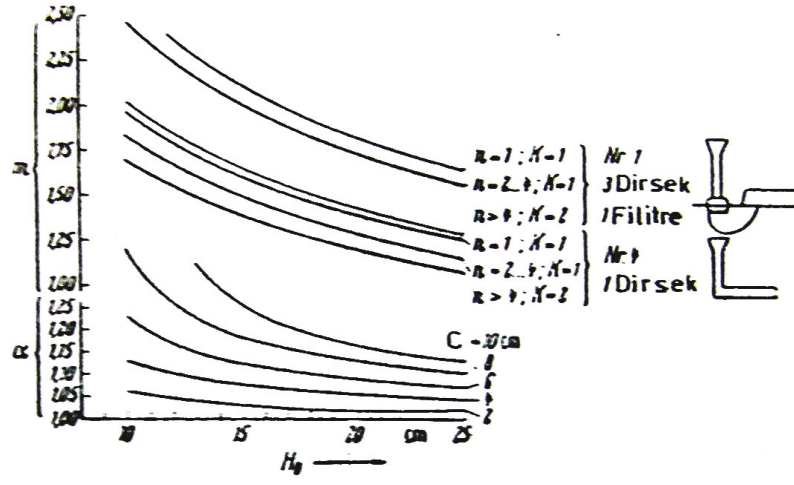
$$n.S_A = m.\alpha.\frac{G}{t} \text{ 'dir.} \quad (7.16a)$$

$m$  ve  $\alpha$  Şekil 7.14'den bulunur.

$$n.S_A = \frac{m}{t}.(G_A + G_B) \text{ 'dir.} \quad (7.16b)$$

$m$  ve  $\alpha$  Şekil 7.14'den bulunur.





Şekil 7.14: Çeşitli yolluk oranları ve düşey yolluk yüksekliklerine göre  $m$  ve  $\alpha$  değerleri

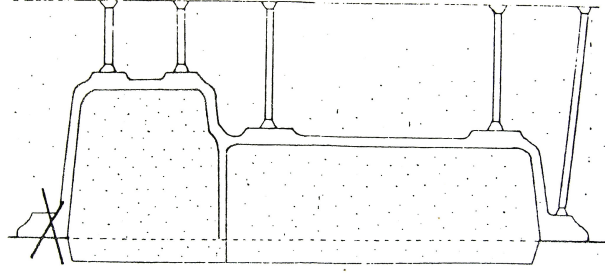
## **8. ÇIKICILAR**

Döküm esnasında kalıp içindeki havanın, kalıp gazlarının ve maça gazlarının kolaylıkla dışarı atılması için kalıp boşluğunun en üst kısımlarına veya gazların sıkışabileceği kısımlara açılan kalıp havalandırma deliklerine “çıkıcı” denir. Özellikle döküm zamanı, kısa, buna karşılık kalıp boşluğu hacmi geniş olan dökümlerde kalıp içindeki hava bu kısa zaman zarfında kumdan dışarı çıkamaz, kalıbın en üst kısmında sıkışır. Ve gaz boşluğu hatasına sebep olur.

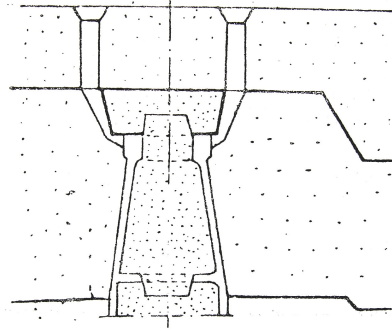
Döküm anında kalıp kumu nemi dolayısıyla su buharı, kum içerisindeki kömür tozunun yanması ile CO<sub>2</sub> ve kalıp boşluğundaki hava karışarak kalıp gazlarını oluşturur. Maçalı dökümlerde maçanın yanması ile bu kalıp gazlarına bir de maça gazları ilave olur. Bu kadar geniş gaz topluluğunun 10-30 sn’lik bir döküm zamanı içinde kumun gaz geçirgenliğinden faydalanarak kalıbı tamamen terk etmesi beklenmemelidir. Ayrıca kumun gaz geçirgenliği, yüzeyde meydana gelen su buharının kalıp yüzeyinden gerilere doğru gidip henüz soğuk olan arka kısımlarda yoğunlaşması neticesinde gaz geçirgenliği düşer. Bunun için kalıp gazlarının kolaylıkla kalıp boşluğundan atılabilmesi için çıkıcı uygulaması gereklidir [11].

### **8.1. Çıkıcının Yeri**

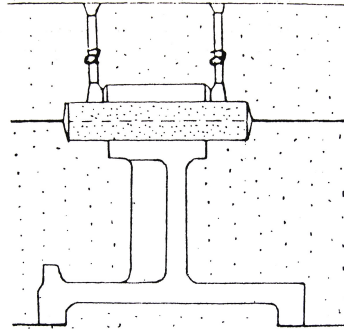
Çıkıcılar kalıbın bütün yüksek noktalarına uygulanmalıdır. Hava cepleri meydana gelebilecek kısımlara çıkıcı açılmalıdır (Şekil 8.1). Yan çıkıcı ve maça kenarından geçen çıkıcı uygulaması Şekil 8.2 , 8.3’te görülmektedir. Plaka dökümünde plakanın dört köşesinde, çıkıcı konulmalıdır.



Şekil 8.1: Çıkıcı uygulama yerleri



Şekil 8.2: Maça kenarından geçen çıkıcı



Şekil 8.3: Yan çıkıcı

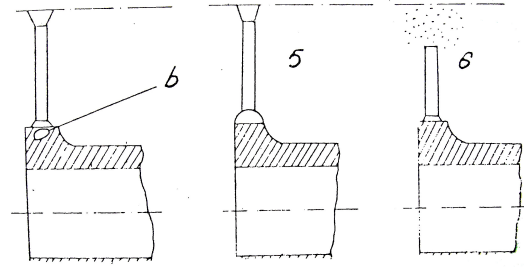
## 8.2. Çıkıcı Ebatları

Çıkıcılar doğru ölçülendirilmelidir, çıkıcının dip kısmında çöküntü ve çıkıcı kesildikten sonra parçada gaz boşluğu görülebilir. Bu, çıkıcının çok küçük olmasından ileri gelebilir. Çıkıcıdan hızla dışarı çıkan kalıp gazları son dolma anında bir miktar

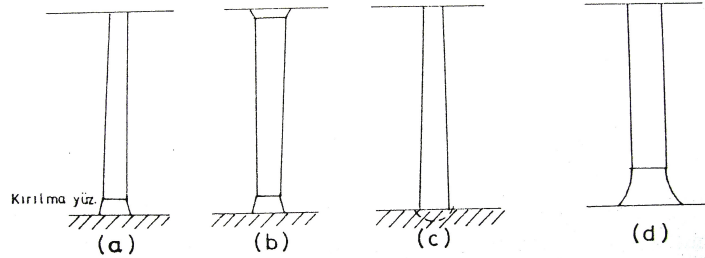
sıvı metali de beraberinde sürükler. Metalin ani donması ile henüz dışarı çıkamamış kalıp gazı aşağıda hapis olur ve gaz boşluğuna sebep olur.

Bu durumu önlemek için çıkıcının kalıpla birleştiği yerlere yarım küreler yerleştirilebilir, fakat bu taşlama işçiliğini arttırır. Diğer bir çare kör çıkıcı uygulanmasıdır. Kaçan gazın bir kısmı geriye basınç yaparak dipteki boşlukları önleyebilir (Şekil 8.4).

Çıkıcılar kalıplama tekniği açısından hafif konik olmalıdır. Çıkıcının parça ile birleştiği yerde Şekil 8.5'te görüldüğü gibi bir set oluşturulmalıdır. Bu setin mevcudiyeti ile çıkıcı, döküm parçasından parça koparmadan kırılır. Bu set oluşturulmazsa Şekil 8.5 c'de görüldüğü gibi çıkıcı kırıldığında parça koparır. Bu set fazla olursa taşlama masrafları artar (Şekil 8.5 d) [11].



Şekil 8.4: Çıkıcı kalıp birleşmesi

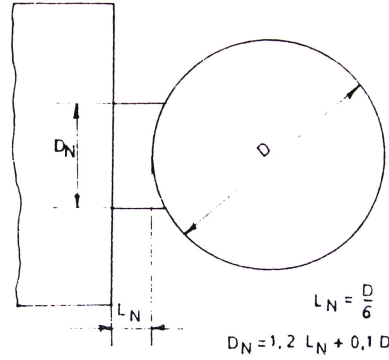


Şekil 8.5: Çıkıcı parça birleşme şekilleri

## 9. BESLEYİCİLER

### 9.1. Besleyici Boynu Seçilmesi

Besleyici boynu, besleyici ile döküm parçasını birbirine birleştiren yere verilen isimdir. Besleyici boynu katılma esnasında çekilme boşluğun tamamıyla besleyici içinde kalabilmesi için daima besleyiciden küçük tutulur. Besleyici boynu, çekilme boşluğu besleyici içinde tamamen teşekkül edene kadar katılmamalıdır. Bu da tamamen boynun boyutlarına bağlıdır. Bunu hesaplama tarzı ve boyun boyutları, besleyici parça arasındaki ilişki şekil 9.1’de gösterilmiştir [11].



Şekil 9.1: Besleyici-parça mesafesine bağlı olarak besleyici boyun genişliği

#### 9.1.1 Besleyici boyutu faktörleri

Günümüzde silindirik besleyiciler daha yaygındır çünkü bu şekil, verilen metal hacmi için yüksek modüle sahiptir ve kalıplanması kolaydır. Silindirik besleyicinin modülü

$$M_r = \frac{V_r}{A_r} = \frac{\pi.R^2.H}{2.\pi.R.H + \pi.R^2} = \frac{R.H}{2.H + R} \quad (9.1)$$

$$= \frac{D.H}{4.H + D} \quad (9.1a)$$

$V_r$ : Silindirik besleyici hacmi

$A_r$ : Silindirik besleyicinin soğuyan alanı

R: Besleyici yarıçapı,

D: Besleyici çapı

H: Besleyici yüksekliği

Kol şeklinde besleyici yalıtımı ve sıcak malzeme yükselişi (hot topping), besleyicinin yüzey alanının etkileyici azalması gibi dikkate alınabilir. Yan duvar (yanak) yalıtımı etkisi x faktörü ile sıcak malzeme yükseliş faktörü y ile gösterilmektedir. İki faktör de kuma bağlıdır, gözle görülebilir. Yüzey düzeltme faktörleri olarak adlandırılırlar (ASAF). Hem yan duvarlardaki hem de tepedeki besleme yardımlarını içeren silindirik besleyicinin etkili modülü  $M_r$  aşağıdaki gibidir.

$$M_r = \frac{D.H}{4.H.x + D.y} \quad (9.2)$$

yalıtımın ASAF değerleri ve ekzotermik besleme yardım malzemeleri çeşitlenmekte ve genellikle 0,50-0,90 arasında değişir.

ASAF değeri ne kadar küçük olursa yalıtım daha etkili olur. Örneğin; eğer  $x=0,65$  ve  $y=0,7$ , 1:1 yükseklik oranı ile silindirik besleyici için ( $H=D$  olduğu yerde).

$$M_r = \frac{D^2}{4.D.(0,65) + D.(0,7)} = \frac{D^2}{3,3.D} = 0,303.D$$

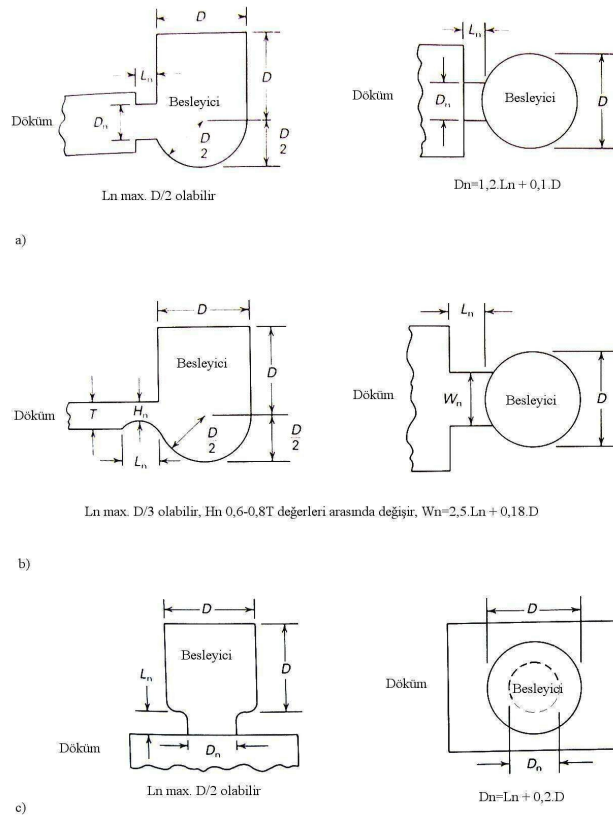
0,2.D olan benzer 1:1 oranlı kum hatlı besleyicinin modülü ile karşılaştırılmaktadır. Besleme yardımları için ASAF değerlerine, bu ürünlerin üreticileri tarafından genelde ulaşılabilir. Besleme yardımlarıyla birleşen besleyici büyüklüğünün yukarıda belirtilen yaklaşımı kullanarak kolaylıkla hesaplanabilmesine rağmen bilgisayar programları, besleyici tasarım işlemlerini hızlandırmak için çok yaygındır (hem geleneksel kum hatlı besleyiciler hem de besleme yardımı içeren besleyiciler için) [14].

### 9.1.2. Besleyici boynu ve besleme boyun maçası

Dökümden besleyiciye katılma yönünü ilerletmek için besleyici boyun modülü  $M_n$ , döküm ve besleyici modülleri  $M_c$  ve  $M_r$  arasında olmalıdır. Besleyici modülü için gerekli olan genel kural aşağıda verilmiştir.

$$M_r = 1,2.M_c \quad (9.3)$$

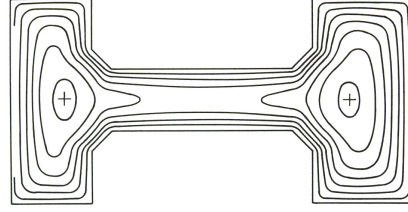
Besleyici boyun hesabı için genel kural, kabuk şekillendirme aşamaları için en az  $M_n = 1,1.M_c$  olmalıdır. Grafitli dökme demirler istisnadır çünkü grafit büyüme evresi, dökümün bütün katılaşma zamanı boyunca metal transferi beslemesi için besleyici boyununun açık kalmasını olanaksız kılar. Dökümün kimyasal bileşimine bağlı olarak gri ve dökme demirler için besleyici boynu, döküm modülünden 0,67 – 1,1 kat arasında modüle sahip olabilir. Demir dökümlerde besleyici boyunları için genel tasarım kuralları kolayca ulaşılabilir haldedir (Şekil 9.2).



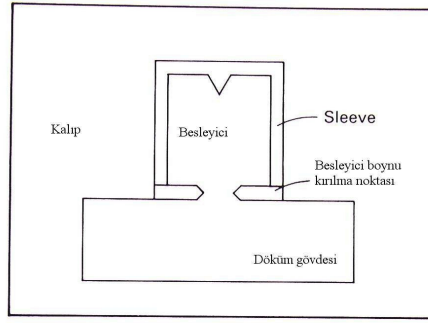
Şekil 9.2: Demir döküm uygulamalarında besleyici boyunları için genel tasarım kuralları (sırasıyla yan ve üst görünüş). a) Genel yan besleyici tipi. b) Plaka döküm için yan besleyici. c) Üst yuvarlak besleyici

Besleyicileri ekonomik olarak kaldırmak için besleme boyun maçası (breaker cores) Şekil 9.4'te gösterildiği gibi besleyici ile döküm parçası arasında kullanılabilir. besleme boyun maçaları, tipik bağlı kumdan veya ergitilmiş seramik malzemeden

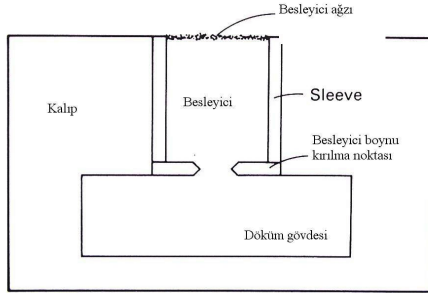
yapılabilir. Kollarla gösterilmiş besleyiciler için besleme boyun maçası kalınlığı genelde besleyici boyutunun %10'u kadardır ve besleme boyun maçası açıklığı genellikle besleyici boyutunun %40'ı ile %50'si arasındadır. Besleme boyun maçası kütlesinin küçük korunması ile kırılma noktası hızlıca metal çevresinin sıcaklığına ulaşır ve besleyici katılaşmasını çok etkilemez [14].



Şekil 9.3: Dişli dökümü için katılaşma dalga cephesinin katılaşma için son nokta gösterimi



a)



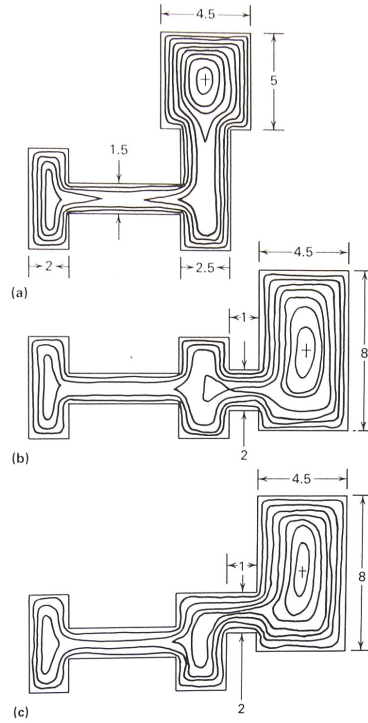
b)

Şekil 9.4: Üstü kapalı besleyici (a) ve üstü açık besleyici (b) için besleme yardımcı uygulamasının sistematik gösterimi



### 9.1.3. Uygun besleyici ve boyun seçimi

Bazı dökümlere besleyici uygulanması problemler yaratabilir. Örneğin besleyici veya boyun ölçüleri, döküm konfigürasyonuna kolayca uymayabilir. Besleyici bağlamada önemli bir problem doğabilir çünkü yeni besleyici/döküm konfigürasyonu bazen beklenmeyen sonuçlarla kendi katılma modeline sahip olacaktır.



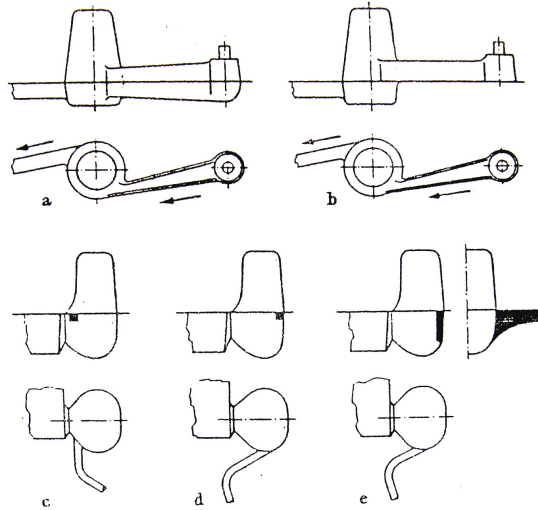
Şekil 9.5: Besleyici etkileri ve dişli dökümünde katılma dalga cephesi üzerinde besleyici teması Şekil 9.3'te gösterilmektedir. a) Kenar merkeze direk bağlanan yan besleyici, dökümün içinde sıcak nokta oluşturur. b ve c'deki gibi iş parçası ile besleyici arasında ince bölüm eklenmesi, dökümün içindeki sıcak noktanın üstesinden gelir. Ölçüler inch olarak verilmiştir.

Bu olay Şekil 9.5 ile örneklenmektedir, boynun donmasından sonra çekmenin, büzülmenin meydana gelmesi beklenen yerde, dişli boşluğu kenarının ortasında yan besleyici yerleştirilmesinde döküm işlemi, parça içinde sıcak noktalar meydana getirir. Şekil 9.5'te görüldüğü gibi bu problemten yan besleyici yerleşimini değiştirmek yada kenarda üst besleyici kullanmak ile kurtulunabilir. Üst besleyici, döküm kazancını geliştirmek için ek faydalara sahiptir [14].

## 9.2. Besleyici Yolluk Birleşmesi

Besleyici ve yolluk sistemlerinin birleşmesi çok önemlidir. Bu iki sistem birbirinden ayrı olarak hesaplanır. Yolluk sistemi besleyici sistemine yardımcıdır. Kalıp içerisindeki uygun termal gradyanın sağlanması yolluk sisteminin görevidir, bu sağlandığında besleyicinin tam olarak görevini yapması mümkün olur. Bunun için yolluk sistemi ile besleyici sisteminin birleştirilmesi doğru olarak yapılmalıdır. Bu birleşme yapılırken şu hususlar göz önüne alınmalıdır.

- 1) Besleyici sistemi, parça üzerinde sıvı metal çekmesinin olduğu yerlere tatbik edilir.
- 2) Yolluk sistemi ince kesitlerde katmer meydana gelmesine engel olmalı, döküm sonunda isen sıcak besleyiciler olmalıdır. Bu termal denge yolluk sistemi tarafından sağlanabilmelidir.
- 3) Yolluk sistemi katılaşma anında besleyiciden sıvı metal çekmemelidir. Bunun için besleyici girişleri ince olmalıdır. Kalıp sıvı metalle dolduktan sonra yolluk sistemi ile besleyicilerin bağlantısı kesilmelidir. Aksi takdirde yolluk sistemi katılaşma esnasında sıvı metal çekebilir, bu da besleyicinin etkinliğini azaltır.
- 4) Yolluk sistemi kalıbı yeteri kadar uzun zamanda (katılaşma olmadan) doldurarak ilave beslemeyi sağlar, besleyicilere yardımcı olur. Bazı dökümlerde besleyiciye gerek kalmadan ilave beslenmeyle parçanın sağlam, boşluksuz dökülmesini sağlar.



Şekil 9.6: a ve b Girdaplı curuf tutucu, c ve d-Besleyicilerin yolluğa bağlanması (meme girişleri besleyiciye yapılır), e-Bir besleyicili sisteme yolluk sisteminin bağlanması.

Birden fazla besleyicili sistemde meme girişleri Şekil 9.6 c ve d’de görüldüğü gibi besleyiciler parça kabul edilip besleyicilere yapılır. Sistemde bir besleyici varsa yolluk girişi Şekil 9.6 e’deki gibi besleyiciye yapılır. Burada besleyiciye giden yolluğun kesit alanı yolluk sisteminin toplam meme kesit alanına eşit olmalıdır. Memenin şekli, şekilde görüldüğü gibi yapılmalıdır. Bu ince kesitli meme, dökümden hemen sonra besleyici ile yolluk sisteminin bağlantısını keser. Aksi halde besleyici, yolluk sistemini de besler, bu da besleyicinin besleme gücünü azaltır [11].

### **9.3. Dökümlerde Besleyicilerin Ölçülendirilmesinde Yeni Bir Yaklaşım**

#### **9.3.1. Özet**

Sağlam döküm elde etmede temel problemlerden biri de dökümlerin beslenmesidir. Bu alandaki ilk ve en önemli bilimsel yaklaşım Chvorinov tarafından başlatıldı. Daha sonra yapılan bilimsel çalışmaların çoğunluğu bu kurala dayanmaktadır. Bu kurala göre dökümlerin katılma süreleri bulunarak bu süreden daha geç katılacak besleyiciler ölçülendirilmektedir. Ancak, modül yöntemi olarak da bilinen Chvorinov yaklaşımına göre besleyicilerin daha doğru ölçülendirilebilmesi için bazı düzeltmelerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, katılma süresinin hesaplanmasında kullanılan ve “birim alan” olarak tanımlanan yeni bir yaklaşım besleyicilerin hesaplanmasına da uygulandı. “birim alan” döküm hacminin döküm boyutlarının bileşkesine oranı olarak tanımlanmaktadır. Deney sonuçlarına göre yeni yaklaşım kullanılarak hesaplanan besleyicilerle herhangi bir düzeltme katsayısı kullanılmadan sağlam dökümler elde edilebilmektedir [15].

#### **9.3.2. Yeni yaklaşım**

Dökümlerin katılma zamanlarının hesaplanması için geliştirilen birim alan yaklaşımı besleyicilerin hesaplanması için de uygulanabilmektedir. Birim alan, (BA) döküm parça hacminin, (V) döküm parça boyutlarının bileşkesine (U) oranıdır.

$$BA = \frac{V}{U} \quad (9.4)$$

Bu çalışmada besleyici katılma süresinin ( $t_B$ ) dökümün katılma süresine ( $t_D$ ) eşit olması halinde beslemenin gerçekleşebileceği kabul edildi.

$$t_B = t_D \quad (9.5)$$

Birim alanın da, katlaşma süresini ifade ettiği düşünüldüğünden, besleyici birim alanının ( $BA_B$ ), döküm parça birim alanına ( $BA_D$ ) eşit olması varsayılırsa

$$(BA_B) = (BA_D) \quad (9.6)$$

Bu durumda, besleyici boyutunun bulunması için, döküm parçanın birim alanı bulunarak, aynı birim alana sahip besleyici ölçüsünün bulunması gerekir. Bazı geometrik şekillerin birim alan eşitlikleri aşağıda verilmektedir.

$$BA_{prizma} = \frac{a.b.c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} = cm^2 \quad (a,b,c \text{ prizmanın boyutlarıdır}) \quad (9.7)$$

$$BA_{silindir} = \frac{0,785.D^2.H}{\sqrt{1,232.D^2 + H}} = cm^2 \quad (D: \text{çap, H: yükseklik}) \quad (9.8)$$

$$BA_{küre} = 0,49.D^2 \quad (D: \text{çap}) \quad (9.9)$$

Döküm parçanın tümü veya kalın kısımları, belirli geometrik şekillerde kabul edilerek birim alanı bulunur. Birim alanı bulunan döküm için besleyicinin ölçülendirilmesi, silindirik parçalar için verilen (9.8) no'lu formül kullanılarak yapılır. Bu formülde D yalnız bırakılarak değişik H/D oranları için besleyici çapı bulunur [15].

$$H=D \text{ için } D_B = \sqrt{1,9.BA_D} \quad (9.10)$$

$$H=1,5.D \text{ için } D_B = \sqrt{1,58.BA_D} \quad (9.11)$$

( $BA_D$ )= Döküm parçasının BA değeri)

### 9.3.3. Deneysel çalışma

Birim alan yaklaşımının geçerliliğinin anlaşılması için deneysel çalışmalar yapıldı. Bu deneylerde hacimsel çekmesi % 6.67 olan ve kimyasal bileşimi Tablo 9.1'de

verilen ticari saflıktaki alüminyum kullanıldı. Deneylerde kullanılan modellerin ölçüleri Tablo 9.2’de ve birim alanı yaklaşımına göre hesaplanan besleyici ölçüleri de Tablo 9.3’te görülmektedir.

Tablo 9.1: Deneylerde kullanılan alüminyum bileşimi

Element	Si	Mn	Cu	Zn	Mn	Al
%	0,11	0,20	0,32	0,00	0,29	kalan

Tablo 9.2: Deneylerde kullanılan modellerin ölçüleri

Hacim cm <sup>3</sup> Şekil	500	1000	1953	3375
Küp	(1) 8x8x8	(2) 10x10x10	(3) 12,5x12,5x12,5	(4) 15x15x15
Takoz	(5) 10x10x5	(6) 13x13x5,9	(7) 15x15x8,66	(8) 20x20x8,4
Plaka	(9) 12x12x3,5	(10) 15x15x4,44	(11) 20x20x4,88	(12) 25x25x5,4
Silindir (H/D=0,6)	(13) 10,3x16	(14) 12,61x8	(15) 15,77x10	(16) 18,92x12
Disk (H/D=0,2)	(17) 14,57x3	(18) 18x4	(19) 22,3x5	(20) 26,76x6

Parantez içindeki numaralar model numarasıdır. Bütün ölçüler cm’dir.

Tablo 9.3: deneylerde kullanılan besleyicilerin ölçüleri

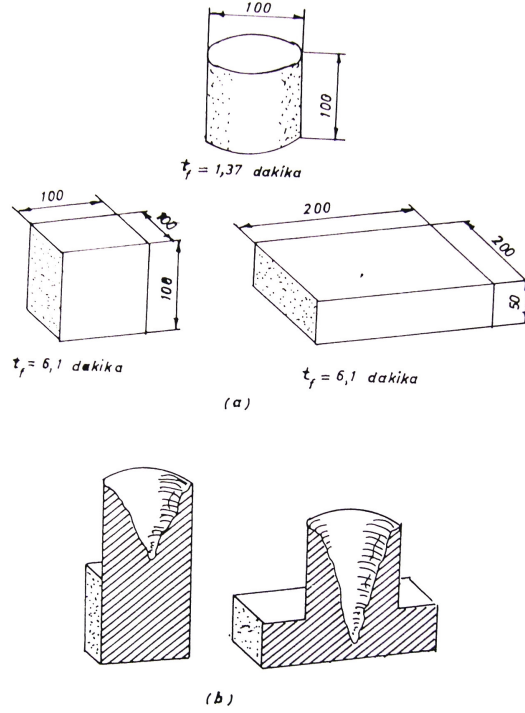
Model nolu (cm <sup>2</sup> )	Besleyici çapı (cm) H=D	
1	36,95	8,37
2	57,73	10,47
3	90,27	13,09
4	129,90	15,71
5	33,36	7,96
6	51,67	9,90
7	85,20	12,72
8	114,36	14,74
9	29,08	7,43
10	46,01	9,35
11	68,04	11,36
12	94,37	13,39
13	38,72	8,57
14	62,02	10,85
15	96,87	13,56
16	139,53	16,28
17	3074	7,64
18	49,50	9,69
19	77,34	12,12
20	111,37	14,54

Besleyiciler, üst besleyici olarak kullanıldı. Dökümler 700 °C sıcaklıkta yaklaşık 11-13 saniyelik süre içinde yapıldı. Dökümler tam simetri eksenleri boyunca kesilerek çekme boşluğunun ortaya çıkması sağlandı. Çekme boşluğu besleyicide kalarak döküm parçaya geçmemişse parça sağlam kabul edildi.

#### 9.3.4. Sonuç

Chvorinov'un katılma süresi eşitliğine dayanan ve Wlodawor tarafından basitleştirilerek uygulanması yaygınlaştırılan modül yönteminde bir emniyet katsayısı uygulanmaktadır. Birim alan yaklaşımında (9.6) nolu eşitlikte görüldüğü

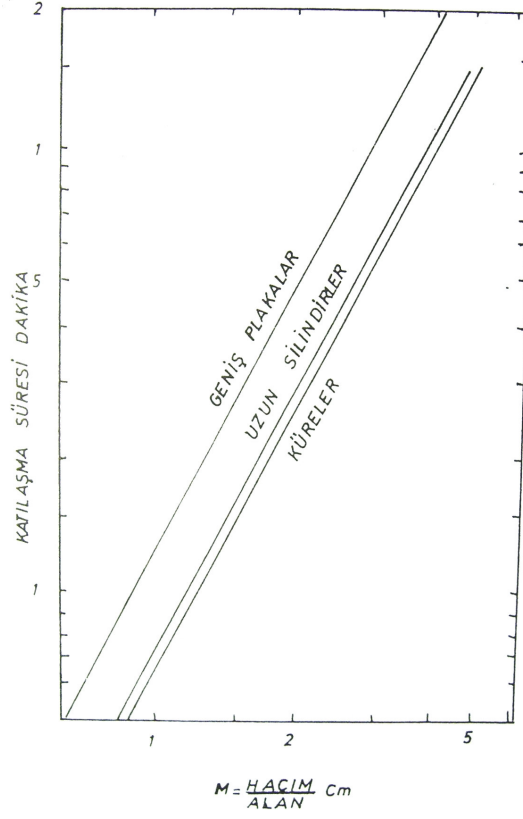
gibi bir emniyet katsayısı kullanılmamıştır. Bu çalışmada ayrıca, besleyicinin dökümle birlikte katılması halinde, besleme yeterli sıvı metalin besleyicide bulunacağı ve katılması çekmesinin de göz önüne alınmasının gerekmeyeceğini varsayılmıştır.



Şekil 9.7: a) Basit şekilli çelik dökümlerin kum kalıptaki katılma süreleri. b) Küp ve plakanın beslenmesi

Şekil 9.7’de silindir iki uçtan yalıtılmıştır. Küp ve plakanın katılma süreleri aynıdır. Besleyici, küpü beslerken plakayı besleyememiştir. Besleyici 10cm çap ve 10 cm yüksekliğinde, kübün kenar ölçüsü 10 cm, plaka ölçüsü 20x2x5 cm’dir.

Birim alan yaklaşımı ile modül yöntemi, Şekil 9.7 göz önüne alınarak karşılaştırılabilir. Bu şekildeki küp ve plakanın modülleri aynıdır. Modül yöntemi doğru sonuç verseydi aynı besleyicinin her iki parçayı da beslemesi gerekirdi. Şekilden de görüleceği gibi 10 cm çapındaki besleyici küpü beslediği halde plakayı besleyememiştir. Flemings’e göre bu durum hacimler arasındaki farktan kaynaklanmaktadır ve modül yönteminde, katılma çekmesi göz önüne alınmamıştır. Wlodawer’in önerdiği (1,2) katsayısının kullanılması halinde plakanın beslenmesinin mümkün olmasına karşılık küp için kullanılacak besleyici gereğinden büyük olacaktır [15].



Şekil 9.8: Kondic ve arkadaşlarının katılaşma süresi deney sonuçları

Bu çalışmada kullanılan Tablo 9.2'deki 2ve 11 no'lu modellerin ölçüleri Şekil 9.7'de görülen modellerle yaklaşık aynıdır. Tablo 9.1'den bu parçaların birim alanlarının küp için  $57,73 \text{ cm}^2$  ve plaka için  $68,04 \text{ cm}^2$  olduğu görülmektedir. buna paralel olarak hesaplanmış ve deneylerde bu besleyiciler kullanılmıştır. 2 ve 11 no'lu dökümler sağlam olarak elde edilmiştir.

2 ve 11 no'lu parçaların Tablo 9.1'de bileşimi verilen ticari saflıktaki alüminyum kullanılarak bulunan katılaşma süreleri, Özdemir'in çalışmasındaki küp için 8,25 dakika ve plaka için 10,42 dakikadır.

Yukarıda verilen bilgiler değerlendirilirse modül yöntemindeki eksikliğin katılaşma süresini kapsamamasından değil katılaşma süresi hesaplamasındaki yanlışlıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. 2 ve 11 nolu parçaların hesaplanan birim alan değerleriyle ölçülen katılaşma süreleri arasında bir paralellik görülmektedir ve birim



alana göre hesaplanan besleyicilerle herhangi bir katsayı kullanılmadan yapılan dökümler sağlam olarak elde edilmiştir.

#### **9.4. Dökümlerin Yolluk Tasarım ve Boyutlandırılmasında Yeni Bir Yaklaşım**

##### **9.4.1. Özet**

Yolluk döküm işlemi sırasında, sıvı metalin kalıp boşluğuna dolmasını sağlar. Yolluk kesitinin gerektiğinden küçük olması halinde kalıp tam olarak doldurulamaz. Yolluğun yeterinden fazla büyük olması halinde de yolluk sisteminde fazla metal harcanacağından ekonomik olmaz. Bu nedenlerden yolluk boyutlarının optimum ölçülerde olması gerekir. Yollukların ölçülendirilmesi hesaplamalar yoluyla yapılmaktadır. Bu hesaplamalar, ancak eğitim görmüş ve tecrübeli elemanlar yoluyla yapılmaktadır. Bu çalışmada, yollukların ölçülendirilmesi konusunda yeni bir yaklaşım geliştirilerek, eğitim görmemiş bir elemanın da kolaylıkla uygulayabileceği kadar basitleştirilmiştir. Bunun yanı sıra bütün metallere uygulanabilme avantajına da sahiptir [16].

##### **9.4.2. Yeni yaklaşım**

Yolluk sisteminin sağlanması gereken şartlardan biri de kalıbın bütünüyle doldurulmasına kadar herhangi bir katılma veya soğuk birleşme olmamasının sağlanmasıdır. Bu durumda, dökümlerin katılma sürelerinin karşılaştırılmasında kullanılan modül parametresinin (M) akış süresi hesaplamasında kullanıldığı gibi, katılma süresinin tespitinde kullanılan birim alan yaklaşımının da döküş süresinin belirlenmesinde uygulanabileceği düşünüldü. Bu düşünceye göre akış süresi aşağıdaki gibi ifade edildi.

$$t = \frac{BA}{Y} \quad (9.12)$$

Burada;

t : Akış süresi (sn)

BA : Birim alan (cm<sup>2</sup>)

Y : Soğuma hızı katsayısı

Birim alan da basit olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$BA = \frac{V}{U} = \text{Hacim} / \text{Üç Boyutlu Bileşkesi}$$

Yukarıdaki eşitlik  $t = \frac{BA}{Y}$  eşitliğinde yerine konursa

$$t = \frac{V}{U.Y} \quad (9.13)$$

Bu eşitlikte Y değerleri, Meriwether ve Longe'in verdikleri değerlere paralel olarak çelik döküm için 8, küresel grafitli dökme demir için 6 ve gri dökme demir için 4,5 olarak kabul edilebilir.

Genel yolluk eşitliği;

$$V = A.v.t \text{ 'dir.} \quad (9.14)$$

$$A \text{ yalnız bırakılırsa } A = \frac{V}{t.v} \quad (9.14a)$$

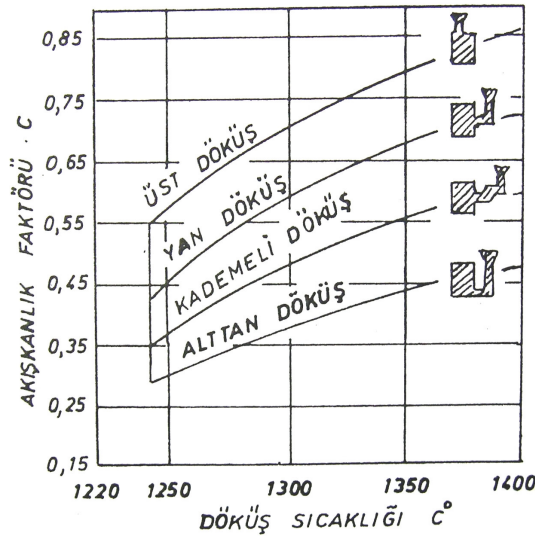
$t = \frac{BA}{Y}$  eşitliği t değerini verdiğiinden ve  $v = \sqrt{2.g.h}$  olduğundan t ve v değerleri

yukarıdaki formülde yerine konur ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa

$$A = \frac{U.Y}{44,3.\sqrt{h}} \text{ dir.} \quad (9.15)$$

Akışkanlık faktörü (c) de göz önüne alınırsa

$$A = \frac{U.Y}{44,3.c.\sqrt{h}} \text{ elde edilir.} \quad (9.16)$$



Şekil 9.9: Akışkanlık faktörü (c) nin bulunmasında kullanılan grafik

Burada U, döküm parça boyutlarının vektörel bileşkesidir. Pratikte döküm parçanın en uzak iki noktası arasındaki mesafe olarak düşünülebilir. Gri ve küresel grafitli dökme demirler için (c) değeri Şekil 9.9'dan bulunur. Burada bu değer 0,3 ile 0,4 arasında olduğu kabul edildi. Yukarıdaki eşitlik bazı kabullerde daha da basitleştirilebilir. Gri dökme demir için Y değeri 4,5, küresel grafitli dökme demir için 6 ve çelik döküm için 8 alınmıştır. Döküm yüksekliği 25 cm ve c değeri de 0,35 kabul edilirse formül şu şekilde ifade edilebilir.

$$\text{Dökme demirler için} \quad A=U \times 0,06 \text{ cm}^2 \quad (9.17)$$

$$\text{Küresel grafitli dökme demir için} \quad A=U \times 0,08 \text{ cm}^2 \quad (9.18)$$

$$\text{Çelik döküm için} \quad A=U \times 0,1 \text{ cm}^2 \quad (9.19)$$

Yukarıdaki formüllerin uygulanması eğitim görmemiş bir işçinin bile yolluk kesit ölçüsünü bulabilmesi mümkün hale getirebilir. Yollukta boyutlandırmanın tamamlanması için curufluk ve gidici ölçülerinin de bilinmesi gerekir. Bunlar da aşağıdaki formüllerle basınçlı sisteme göre basit olarak bulunabilir.

$$\text{Curufluk kenar ölçüsü} \quad : \sqrt{A.1,2} \text{ cm} \quad (9.20)$$

$$\text{Gidici çap} \quad : \sqrt{A.2} \text{ cm} \quad (9.21)$$

Yukarıdaki basitleştirme bazı kabullerle mümkün olmaktadır. Daha geniş değişkenleri kapsayan bir basitleştirme yapmak istenirse grafik yöntemiyle sonuç alınabilir. Döküş yüksekliğinin 16 cm ile 36 cm arasında ve (c) değerinin 0,3-0,4 arasında değiştiği durumları ve dökme demir, küresel grafitli dökme demir ve çelik döküm için yolluk boyutlarını bulmak Şekil 9.10'daki grafikten yararlanarak mümkün olabilmektedir.

Bu grafiğin kullanılması için döküm parçanın en uzak iki noktası arasındaki mesafeyi (U) ölçmek veya hesaplamak gerekmektedir. Parça şeklinin önemi olmadığı düşünülmektedir. Hesaplanan veya ölçülen (U) değerinden yukarıya dik çıkılarak seçilen metal bölgesine gidilir ve seçilen (c) değerine nokta konur. Buradan da sola

gidilerek belirlenen döküş yüksekliği skalasından yolluk memesi kesit alanları toplamı  $\Sigma A$  bulunur. Curufluk ve gidici ölçüleri basit olarak yukarıdaki iki formülden hesaplanabilir [16].

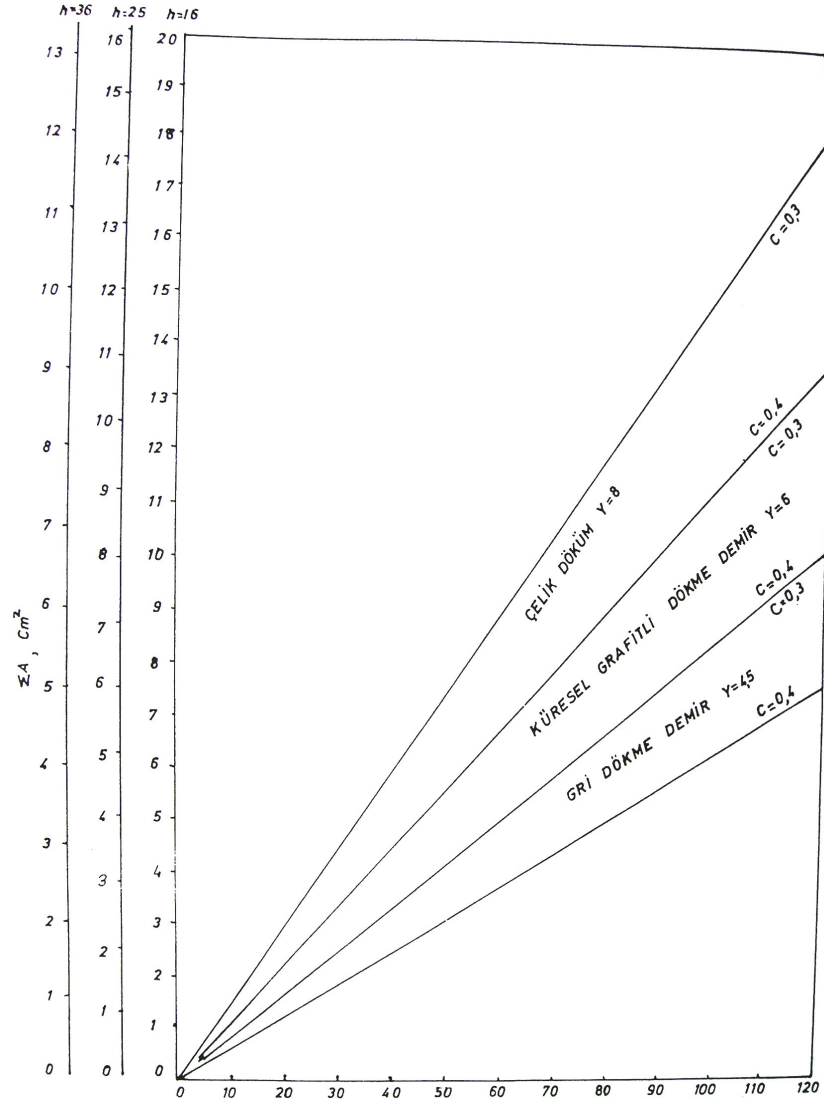
#### 9.4.3. Yeni yaklaşımın genel yolluk eşitliğiyle karşılaştırılması

Yolluk kesitini veren eşitlikte döküm ağırlığı, metalin yoğunluğu ve akış süresinin ayrıca bilinmesi gerekmektedir. Yeni yaklaşımda bu değerlerin bilinmesi gerekmediği halde her iki yöntemle elde edilen sonuçlar birbirine oldukça yakındır. Ancak kalın kesitli dökümlerde yeni yaklaşımla elde edilen sonuçların daha uygun olduğu düşünülmektedir.

Tablo 9.4'de gri dökme demirde genel yolluk eşitliği ile yeni yaklaşımın karşılaştırılması görülmektedir. bu tabloda en son sıranın karşılaştırması yapılırsa, genel yolluk eşitliğine göre akış süresinin 43,7 sn ve yolluk kesit alanının da  $1 \text{ cm}^2$  olduğu görülmektedir. bir tonluk dökümün bile en geç 1 veya 1,5 dakika içinde dökülmesi gerektiği düşünülürse 43,7 saniye, 17,5 kg bir döküm için oldukça uzun bir süre ve  $1 \text{ cm}^2$  kesit de oldukça küçüktür. Yeni yaklaşıma göre bulunan 23,6 saniyelik süre ve  $2 \text{ cm}^2$  lik kesit daha uygun olmaktadır. Döküm kesiti inceldikçe her iki yaklaşımdaki sonuçlar birbirine daha yakın değerler almaktadır.

Tablo 9.4: Dökme demirlerde genel yolluk eşitliği ile yeni yaklaşımın karşılaştırılması

Döküm parça ölçüsü (cm)	Genel Yolluk Eşitliği		Yeni Yaklaşım	
	Akış süresi t (sn)	Yolluk kesiti $\Sigma A$ ( $\text{cm}^2$ )	Akış süresi t (sn)	Yolluk kesiti $\Sigma A$ ( $\text{cm}^2$ )
50 x 50 x 1	8,8	5,3	7,8	5,9
35 x 35 x 2	11,9	3,9	11,2	4,2
25 x 25 x 4	17,9	2,6	15,6	3,0
17,7 x 17,7 x 8	29,6	1,6	21,1	2,2
14 x 14 x 12,7	43,7	1,0	23,6	2,0



Şekil 9.10:  $\Sigma A$  nın bulunmasında kullanılan grafik

#### 9.4.4. Sonuç

Bu çalışmada dökümlerin katılma sürelerinin hesaplanmasında yeni bir yaklaşım olan birim alan parametresinden yararlanarak yolluk boyutlarının daha kolay ve doğru olarak bulunmasına çalışıldı.

Yeni yaklaşıma göre akış süresini de hesaplamak mümkün olmakla birlikte, bu hesaplama yapılmadan da kesit ölçüsü bulunabilmektedir. Döküm boyutlarının bileşkesi veya daha da basit olarak döküm modelinin en uzak iki noktası arasındaki

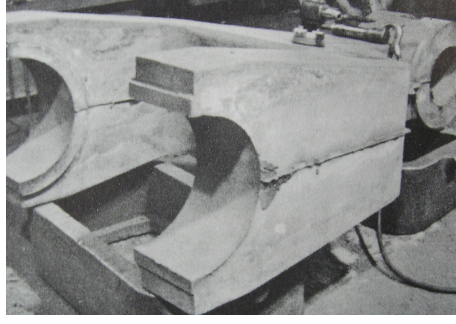
mesafe ölçülerek (U) değeri bulunur. Döküş yüksekliğinin, uygun (c) değerinin tespit edilmesinden sonra (9.16) no'lu eşitlik kullanılarak yolluklar ölçülendirilebilir. Döküm ağırlığının bilinmesine de gerek yoktur. Bazı kabullerle (9.17), (9.18), (9.19) no'lu eşitliklerle de daha basit olarak hesaplanabilir. Bunu atölyedeki herhangi bir işçi bile kolaylıkla yapabilir. Ayrıca Şekil 9.10'daki grafikten yararlanarak hesaplama yapmadan da yolluk kesit ölçüsü bulunabilir.

Birçok dökümhanede yolluk hesaplarının karmaşıklığı nedeniyle hesaplama yapılmamakta ve tahminlere dayanan uygulamalar da ekonomik olmamaktadır. Bu çalışma ile yeni yaklaşım uygulayıcıların dikkatine sunulmakta, uygulamanın kolay ve basit olmasının yanı sıra boyutların da uygun olacağı beklenmektedir [16].

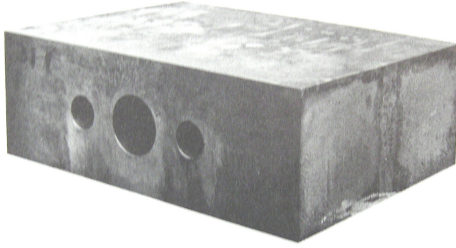
### **9.5. Besleyicisiz Dizayn**

En ekonomik ve ilgi çekici bir yöntem olup yine grafit oluşumu ile hacimdeki artıştan yararlanma prensibine dayanmaktadır. Kalıba döküm işlemi tamamlandığı anda hacimsel artışın olabilmesi için döküm sıcaklığının  $1345^{\circ}C$  veya daha az olması gerekmektedir. Yine aynı nedenle döküm nispeten kalın kesitli olmalıdır, kesit kalınlaştıkça hacimsel artış daha erken başlamaktadır [17].

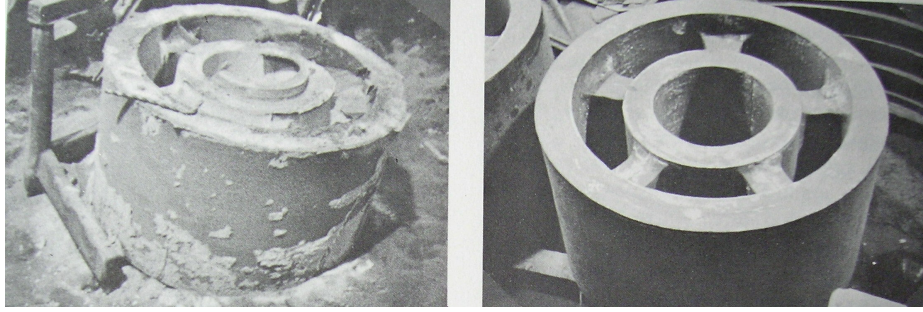
20 yıl öncesine kadar çok yaygın bu metot uygulanıyordu fakat sadece son 5-10 yıldır kabul gördü ve kullanımı artmaya devam ediyor. Var olan şüpheli yaklaşımlara rağmen, aşağıda belirtilen şartların yerine getirilmesiyle en güvenli uygulamadır. Hem dış hem iç çekme kusurlarından tam özgürlük elde edilebilir. Örnekleri Şekil 9.11'de verilmiştir. Son iki şekil özellikle ilginçtir çünkü yolluk sistemi ile birlikte temizlenmemiş dökümü göstermesinin yanı sıra, Şekil 9.12, ne yolluk ne de besleyici ile ilgili nedenleri için kazanmış aynı dökümün kusursuz iç dayanıklılığını ispatlamaktadır [18].



(a)

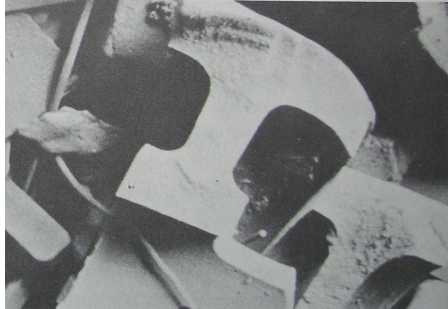


(b)



(c)

Şekil 9.11: Sağlam besleyicisiz ağır yumuşak demir dökümü örnekleri



Şekil 9.12: Döküm parça kesiti

Besleyicisiz dizayn için şartlar aşağıdaki gibidir:

1) Zamanla sıvı genişmesi elde etmek için akış şiddetli donma ile tamamlanıyor, akış sıcaklığı 1345 °C 'den az olmalıdır.

2) Aynı sonuç için asıl döküm parçası modülü, 25 mm veya daha büyük olmalıdır. Daha üst sınır yoktur. Sağlam besleyicisiz dökümler, 380 mm ve daha kalınlıkta dökülmüşlerdir.

3) Sıvı genişmesi sağlama uğruna, sıvı demirin metalurjik kalitesi grafit donmasına benzemeye ihtiyaç duyar. Nispeten yüksek karbon eşdeğeri için tercihen 4.20 ve 4.25 arasında maksimum %0.2 ile düşük manganez miktarı ve iyi aşılama uygulamasını demektir.

4) Grafit büyümesi tarafından oluşturulan basınçlar, sonraki ikincil çekme için bedel ödemeyi gerektirmektedir. Bunlar ancak memeler donduktan sonra genişleyebilirler. Bu yüzden döküm yolu ince olma ihtiyacı duyar fakat dökülürken donacak kadar ince olmamalıdır. 13-18 mm kalınlığındaki döküm yolları bu şartları karşılar. Döküm yolu kesiti dikdörtgen olmalıdır, genişliği kalınlığının 4 katı, uzunluğu enine eşit veya geçiktir.

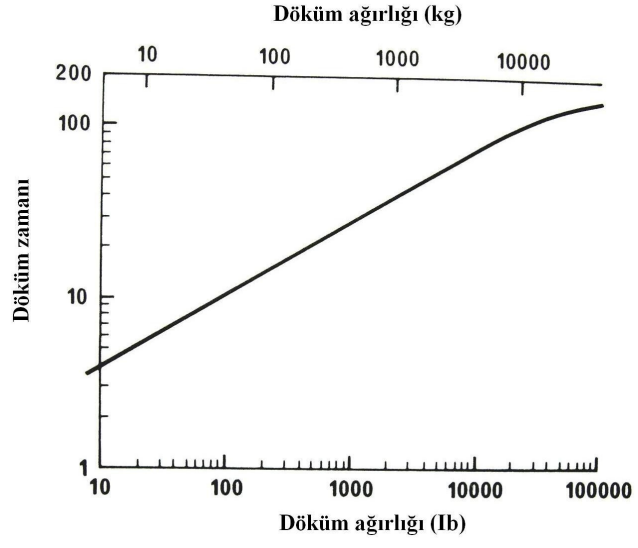
5) Basınçlar ( büyük bir ihtimalle sıvı genişmesi boyunca max değerine ulaşır), atmosfer nedeniyle birkaç kere çok yüksektir. Yeşil kum kalıpları, eğer şişirme ve dolayısıyla iç porozite kabul edilebilir ise kullanılabilir. Tamamen kurutulmuş, uygun şekilde dövülmüş, pişmemiş, çimentolu ve birbirine benzer güçlü kalıplar kalıp verimini engellemeye ihtiyaç duyarlar. Başa çıkmak ve sürüklemek, civatalayarak veya mengene ile sıkıştırarak beraber tutulmalıdır.

Tuhaf olan iyi sıkışmış ve kontrol altına alınan iyi bağlanmamış kum mükemmel kalıptır.

6) Hızlı dökme ile ışık ısıyla kalıbın aşırı ısıtılmasından kaçınılabilir. Döküm zamanı Şekil 9.13'e göre olmalı yada kısa olmalıdır.

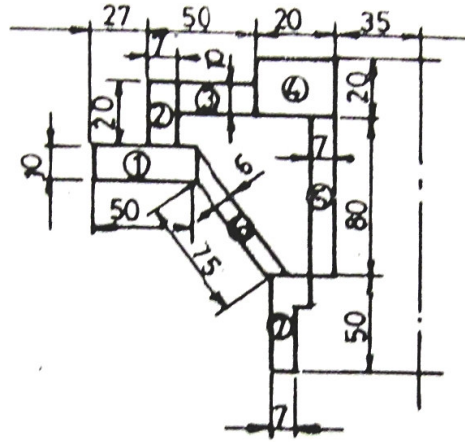
7) Hızlı dökme için, kalıba üst dereceyi delip geçen 13-20 mm arasında delikler açılmalıdır [18].





Şekil 9.13: Demir dökümler için tavsiye edilen döküm zamanları

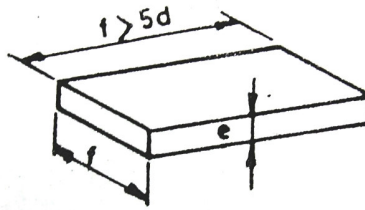




Şekil 10.2: Poryanın modül bölümleri

Modül hesabı

Bölümlerin her biri ince çubuk kabul edilebilir.



Şekil 10.3: Cismin katlaşma modülü

$$M = \frac{f \cdot e}{2 \cdot (f + e)} \quad (10.1)$$

$$M_1 = \frac{10 \cdot 50}{2 \cdot (10 + 50)} = \frac{500}{120} = 4,16 \text{ mm} = 0,4 \text{ cm}$$

$$M_2 = \frac{20 \cdot 7}{(20 + 10) + 7} = \frac{140}{37} = 3,78 \text{ mm} = 0,38 \text{ cm} \text{ (soğumayan yüzeyler hesaba}$$

katılmaz)

$$M_3 = \frac{43 \cdot 10}{43 + 43} = \frac{430}{86} = 5 \text{ mm} = 0,5 \text{ cm}$$

$$M_4 = \frac{20 \cdot 20}{2 \cdot 20 + 13 + 10} = \frac{400}{63} = 6,34 \text{ mm} = 0,63 \text{ cm}$$

$$M_5 = \frac{80 \cdot 7}{2 \cdot 80} = \frac{560}{160} = 3,5 \text{ mm} = 0,35 \text{ cm}$$

$$M_6 = \frac{6.75}{2.75} = \frac{450}{150} = 3 \text{ mm}=0,30 \text{ cm}$$

$$M_7 = \frac{7.50}{2.50} = \frac{350}{100} = 3,5 \text{ mm}=0,35 \text{ cm}$$

burada görünür modül

$$M_s = 0,4 \text{ cm} \quad \text{alınabilir.}$$

$$M_s \leq 0,4 \text{ cm}$$

olduğu için direkt besleyici sistemi kullanılır.

Besleyici çapı

Sıvı metal ihtiyacı =  $V_f = 7,5 \text{ cm}^3/\text{kg}$  (Şekil A3, döküm sıcaklığı  $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ )

$z = 0,25 \text{ cm}$  (Şekil A2)

Besleyici çapı:

$$D = \sqrt[3]{\frac{G.V_f}{1,17}} + 2.z \quad (10.2)$$

$$= \sqrt[3]{\frac{14.7,5}{1,17}} + 2.0,25$$

$$D = 4,97 = 5 \text{ cm}$$

$$H = 1,5.D = 7,5 \text{ cm}$$

Besleyici boynu

$$M_s = 0,4 \text{ cm} \Rightarrow \text{Şekil A1'dan } M_N = 0,33 \text{ cm bulunur.}$$

Boynun bir boyutu  $a = 8 \text{ mm}$  alınır.

$$M_N = \frac{a.b}{2.a + 2.b} \Rightarrow \quad (10.3)$$

$$3,3 = \frac{8.b}{16 + 2.b} \quad b = 53 \text{ mm bulunur.}$$

Boynun boyu minimum  $4 \times 8 = 32 \text{ mm}$  olmalıdır

Parça hacmi

$$V = \frac{G}{\rho} \Rightarrow V = \frac{14000}{7} = 2000 \text{ cm}^3 \quad (10.4)$$

Beslenecek hacim yüzdesi %3 bulunur ( $M_s = 0,4 \text{ cm}$ ) (Şekil A5)

Beslenecek hacim %3 x 2000 = 60  $\text{cm}^3$

Besleyicinin üstünden parçanın üzerine olan mesafe

$$x=7,5 - 4 = 3,5 \text{ cm}$$

Şekil A4'ten D=5 cm'lik besleyici için efektif metal hacmi 45 cm<sup>3</sup> dür, beslenecek hacim 60 cm<sup>3</sup> olduğu için bu yetersizdir. Besleyici çapı D= 6 cm olursa efektif hacim 65 cm<sup>3</sup> olur, bu da yeterlidir.

Standart 6 cm çapındaki bir besleyicinin yüksekliği  $H = 1,5.D = 9$  cm'dir. Bu durumda  $x = 9 - 4 = 5$  cm ve D=6 cm için efektif hacim 100 cm<sup>3</sup> dür.

Besleyici adedi : D=60 mm, H= 90 mm'lik 1 besleyici veya

$$D=50 \text{ mm, H= 75 mm'lik 2 besleyici (efektif hacim } 2 \times 45 = 90 \text{ cm}^3$$

Yolluk hesabı

Döküm zamanı Dieter'in döküm zamanına göre hesaplanır.

$$\text{Döküm zamanı (sn)} = \left(1,41 + \frac{W}{14,63}\right) \cdot \sqrt{G} \quad (6.6 \text{ eşitliğinden})$$

$$= \left(1,41 + \frac{8}{14,63}\right) \cdot \sqrt{14}$$

$$= 7,8 \text{ sn}$$

$$\cong 8 \text{ sn}$$

W : et kalınlığı, mm

G : parça ağırlığı, kg2 adet  $\phi$  50 mm'lik besleyici (H=1,5.D)ağırlığı

$$= 2 \times 1 = 2 \text{ kg}$$

$$\text{Parça ağırlığı} = 14 + 2 = 16 \text{ kg}$$

Hız faktörü  $\zeta$

$$n.S_A = \frac{\frac{G_A}{\zeta_{UST}} + \frac{G_B}{\zeta_{ALT}}}{\gamma.t.\sqrt{2.g.H_0}}$$

$$n.S_A = \frac{\frac{5,65}{0,41} + \frac{8,35}{0,38}}{7.8 \cdot \sqrt{2.980.15}} = \frac{13800 + 21970}{9601} \cong 3,73 \text{ cm}^2$$

$$G_B = G_2 + G_3 + G_4 \quad (10.5)$$

$$G_2 = 200 \cdot \pi \cdot 7 \cdot 20 = 879200 \text{ mm}^3 \cong 879 \text{ cm}^3$$

$$G_3 = 160 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 40 = 200960 \text{ mm}^3 = 201 \text{ cm}^3$$

$$G_4 = 90 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 20 = 113040 \text{ mm}^3 = 113 \text{ cm}^3$$

$$G_B = 1193.7 = 8351 \text{ gr} = 8,35 \text{ kg}$$

$$G_A = 14 - 8,35 = 5,65 \text{ kg}$$

$$\zeta_{UST} = 0,41 \quad (\text{Tablo 7'den})$$

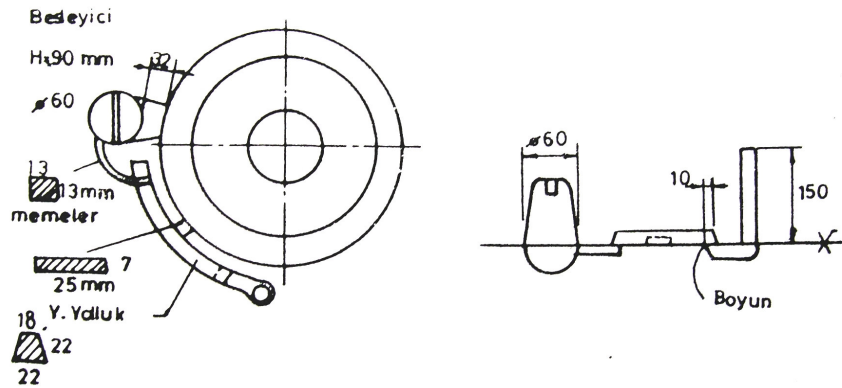
$$\zeta_{ALT} = 0,38 \quad \left( \frac{H_s}{H_0} = \frac{3}{15} = 0,2 \text{ ve } \zeta_{UST} = 0,41 \text{ için (Şekil 7.8'den)} \right)$$

60 mm çapında bir besleyicili sistem: 1 yatay yolluk, 2 meme mevcuttur.

$$n.S_A = 3,73 \text{ cm}^2$$

memelerin her biri  $\frac{3,73}{2} = 1,86 \text{ cm}^2$  dir.

Meme boyutları Şekil 10.5'te verilmiştir.



Şekil 10.4: Döküm parçasının besleyicisi ve yolluklarının görünüşü

Yolluk sistemi basınçlı yolluk sistemi olarak seçilir. Çünkü sistemde bir yatay yolluk mevcuttur. Sistem 1:1, 2:1 olarak seçilebilir.

$$\text{Yatay yolluk} = 1,2 \times 3,7 = 4,4 \text{ cm}^2$$

Yatay yolluk boyutları şekilde görülmektedir.

Düşey yolluk, dökümhanelerde genellikle standart olarak kullanılır. Makine kalıplaması yapan ve derece içerisindeki parça ağırlığına göre  $D = \phi 30$ ,  $\phi 35$  mm çaplı düşey yolluklar kullanılır.

$D = \phi 30$  mm'lik düşey yolluğun kesit alanı  $= 7 \text{ cm}^2$  dir. Yolluk sistemine göre bu kesit  $4,4 \text{ cm}^2$  alınarak ayarlanır.

İki Besleyicili Sistem:  $\phi 50$  mm iki adet besleyicili sistem:

Yolluk sistemi : 4/8/3

$$2 \text{ Yatay yolluk} = \frac{3,7}{3} \cdot 8 = 9,8 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ Yatay yolluk} = 4,9 \text{ cm}^2 \text{ (Yolluk boyutları Şekil 10.6'da)}$$

$$\text{Düşey yolluk} = D = \phi 30 \text{ mm}$$

2 Besleyicili Sistem

Parça : 14 kg

Yolluklar : 3 kg

Besleyiciler : 2 kg

Toplam : 19 kg

Verim %73

1 Besleyicili Sistem

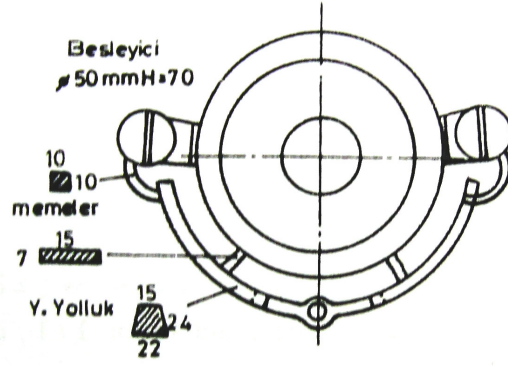
Parça : 14 kg

Yolluklar : 1,5 kg

Besleyiciler : 1,8 kg

Toplam : 17,3 kg

Verim %80



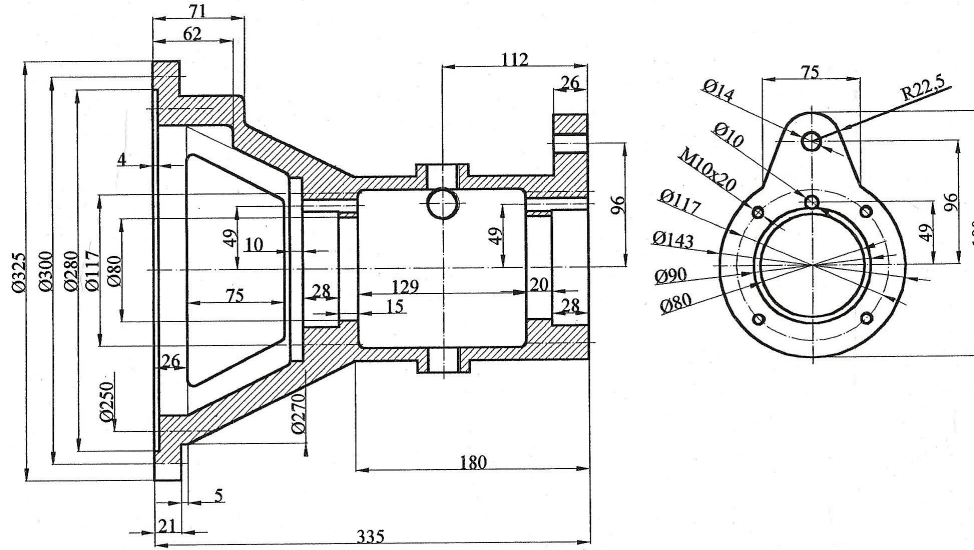
Şekil 10.5: İki besleyicili sistem

## 10.2. Örnek 2

Pompa yatağı besleyici hesabı

Malzeme : GGG-50 (DDK 50)

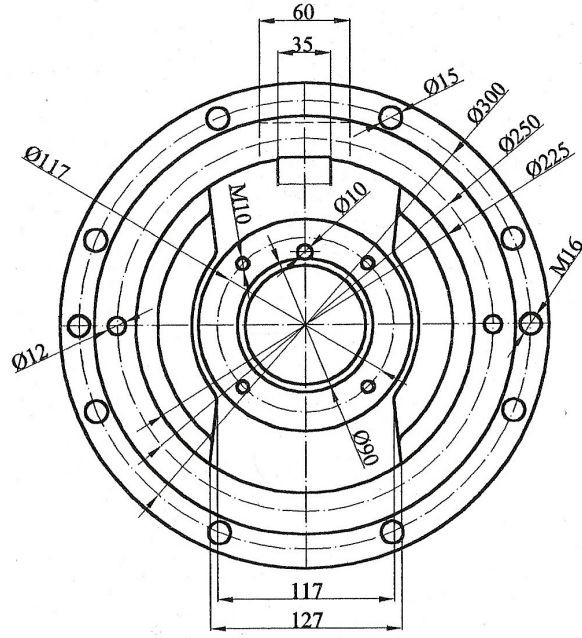
Parça ağırlığı : 35 kg



(A)

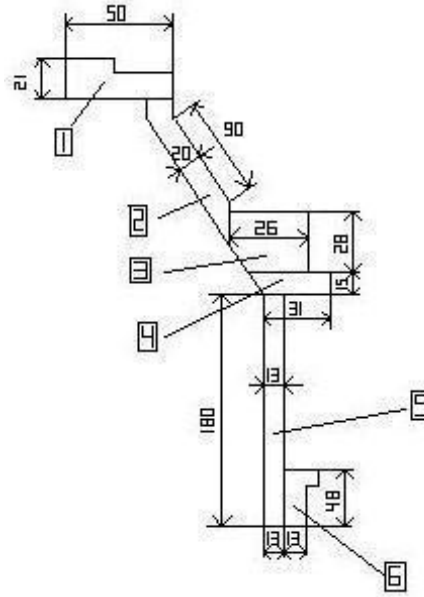
Şekil 10.6: Pompa yatağı teknik resmi





(B)

Şekil 10.6 (Devam): Pompa yatağı teknik resmi



Şekil 10.7: Pompa yatağı modül bölümleri

Modül hesabı

Bölümlerin her biri ince çubuk kabul edilebilir.

$$M = \frac{f \cdot e}{2 \cdot (f + e)}$$

$$M_1 = \frac{50.21}{2.21 + 27,5 + 50} = \frac{1050}{4} = 8,79 \text{ mm} = 0,88 \text{ cm}$$

$$M_2 = \frac{90.20}{2.90} = \frac{1800}{180} = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

$$M_3 = \frac{28.26}{28.2 + 26} = \frac{728}{82} = 8,88 \text{ mm} = 0,88 \text{ cm}$$

$$M_4 = \frac{34.15}{2.15 + 5} = \frac{465}{35} = 5,79 \text{ mm} = 0,58 \text{ cm}$$

$$M_5 = \frac{180.13}{180 + 132 + 13} = \frac{2340}{325} = 7,2 \text{ mm} = 0,35 \text{ cm}$$

$$M_6 = \frac{48.13}{48 + 2.13} = \frac{624}{74} = 8,43 \text{ mm} = 0,84 \text{ cm}$$

burada modül

$$M_s = 0,88 \text{ cm} \quad \text{alınabilir.}$$

Sıvı metal ihtiyacı =  $V_f = 7,5 \text{ cm}^3/\text{kg}$  (Şekil A3, döküm sıcaklığı  $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ )  
 $z = 0,25 \text{ cm}$  (Şekil A2)

Besleyici çapı:

$$D = \sqrt[3]{\frac{G \cdot V_f}{1,17}} + 2 \cdot z = \sqrt[3]{\frac{35 \cdot 7,5}{1,17}} + 2 \cdot 0,25$$

$$D = 6,58 \cong 7 \text{ cm}$$

$$H = 1,5 \cdot D = 9 \text{ cm}$$

Besleyici boynu

$$M_s = 0,88 \text{ cm} \Rightarrow \text{Şekil A1'dan } M_N = 0,58 \text{ cm bulunur.}$$

Boynun bir boyutu  $a = 15 \text{ mm}$  alınır.

$$M_N = \frac{a \cdot b}{2 \cdot a + 2 \cdot b} \Rightarrow 5,8 = \frac{15 \cdot b}{30 + 2 \cdot b} \quad b = 51 \text{ mm bulunur.}$$

Boynun boyu minimum  $4 \times 15 = 60 \text{ mm}$  olmalıdır

Parça hacmi

$$V = \frac{35000}{7} = 5000 \text{ cm}^3$$

Beslenecek hacim yüzdesi % 2,6 bulunur ( $M_s = 0,88 \text{ cm}$ ) (Şekil A5)

$$\text{Beslenecek hacim } \% 2,6 \times 5000 = 130 \text{ cm}^3$$

Besleyiciyi parçanın tam ortasından bağladığımızı kabul edelim. Derece yüksekliğini 23 cm alalım. Besleyicinin üstünden parçanın üzerine olan mesafe

$$x=23-16,3= 6,7 \text{ cm}$$

Şekil A4'ten  $D=7 \text{ cm}$ 'lik besleyici için efektif metal hacmi  $180 \text{ cm}^3$  dür, beslenecek hacim  $130 \text{ cm}^3$  olduğu için bu yeterlidir.

Besleyici adedi :  $D=70 \text{ mm}$ ,  $H= 10,5 \text{ mm}$ 'lik 1 adet besleyici yeterlidir

Yolluk hesabı

Döküm zamanı Dieter'in döküm zamanına göre hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{Döküm zamanı (sn)} &= \left(1,41 + \frac{W}{14,63}\right) \cdot \sqrt{G} \\ &= \left(1,41 + \frac{20}{14,63}\right) \cdot \sqrt{35} \\ &= 16,4 \cong 17 \text{ sn} \end{aligned}$$

$W$  : et kalınlığı, mm

$G$  : parça ağırlığı, kg

1 adet  $\phi 60 \text{ mm}$ 'lik besleyici ( $H=1,5.D$ ) ağırlığı

$$G = \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot d = 2,8 \text{ kg} \cong 3 \text{ kg}$$

$$\text{Parça ağırlığı} = 35 + 3 = 38 \text{ kg}$$

Hız faktörü  $\zeta$

$$n.S_A = \frac{\frac{G_A}{\zeta_{\text{ÜST}}} + \frac{G_B}{\zeta_{\text{ALT}}}}{\gamma \cdot t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0}}$$

Düşey yolluk çapını 3,5 cm alalım. Bu parçanın kalıplanmasında kullanılabilecek derecelerin yüksekliği 23 cm'dir. Yolluğun parçaya tam ortasından bağlandığı kabul edilirse düşey yolluk uzunluğu 23 cm olur.

$$\zeta_{üst} = 0,39 \quad (\text{Şekil 7.6'dan})$$

$$\zeta_{ALT} = 0,28 \quad \left( \frac{H_s}{H_0} = \frac{16,3}{23} = 0,7 \text{ ve } \zeta_{üst} = 0,39 \text{ için (Şekil 7.8'den)} \right)$$

$$n.S_A = \frac{\frac{17000}{0,39} + \frac{18000}{0,28}}{7,17 \cdot \sqrt{2,980,23}} = 4,3 \text{ cm}^2$$

70 mm çapında bir besleyicili sistem: 1 yatay yolluk, 2 meme mevcuttur.

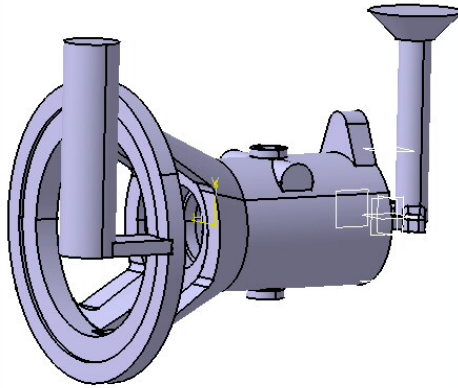
$$n.S_A = 4,3 \text{ cm}^2$$

$$n=2 \Rightarrow S_A = 2,15 \text{ cm}^2 \text{ (meme kesidi=a x a)}$$

$$\text{meme kenarı } a = \sqrt{2,15} = 1,47 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

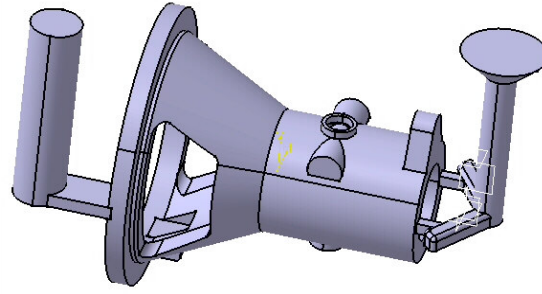
$$\text{yatay yolluk} = 1,2 \times n \times S_A = 1,2 \times 4,3 = 5,16 \text{ cm}^2$$

yolluk kesiti boyutları 2 x 2,6 cm olarak alınabilir.

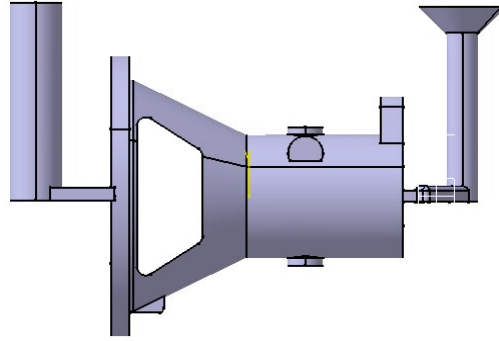


(A)

Şekil 10.8: Pompa yatağı parçasının döküm halinin bilgisayarda üç boyutlu tasarım görüntüsü



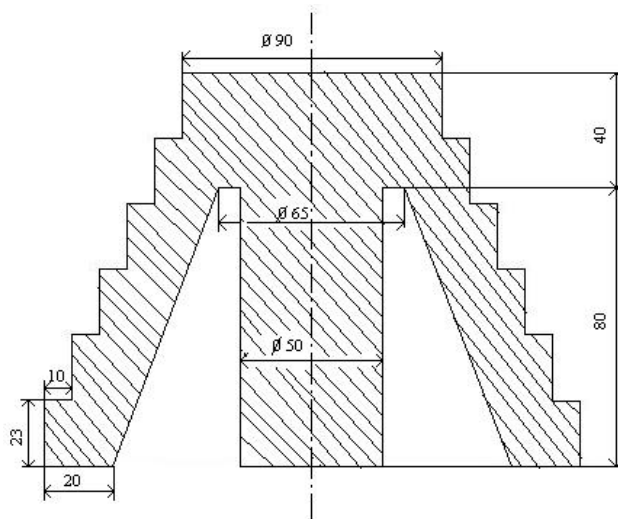
(B)



(C)

Şekil 10.8 (Devam): Pompa yatağı parçasının döküm halinin bilgisayarda üç boyutlu tasarım görüntüsü

### 10.3. Örnek 3



Şekil 10.9: Kasnak parçası teknik resmi

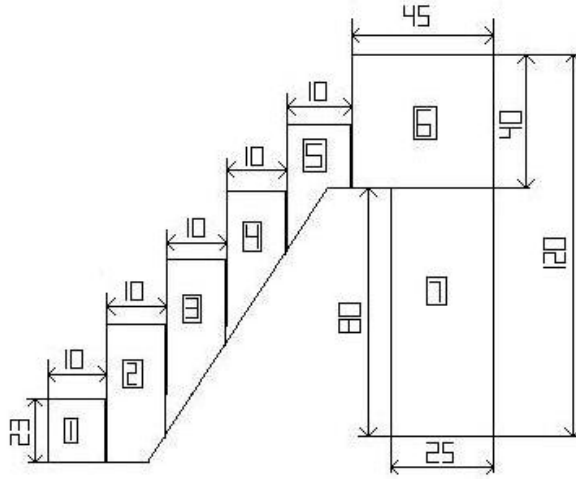
Kasnak parçası dökümhanede klasik yöntemle ustaların tecrübelerine dayanarak kalıplanıp dökülmüştür. Kalıplanırken ölçülere müdahale edilmemiştir. Parçanın

besleyici ve yolluk hesabını yapıp ustaların kullandığı besleyici ve yolluk ölçülerini karşılaştırılacaktır.

Kasnak parçası besleyici hesabı

Malzeme : GGG-50 (DDK-50)

Parça ağırlığı : 12 kg



Şekil 10.10: Kasnak modül bölümleri

Modül hesabı

Bölümlerin her biri ince çubuk kabul edilebilir.

$$M = \frac{f \cdot e}{2 \cdot (f + e)}$$

$$M_1 = \frac{10 \cdot 23}{2 \cdot 10 + 23} = \frac{230}{43} = 5,35 \text{ mm} = 0,54 \text{ cm}$$

$$M_{2,3,4,5} = \frac{10 \cdot 46}{2 \cdot 10 + 23} = \frac{460}{43} = 10,7 \text{ mm} = 1,1 \text{ cm (soğumayan yüzeyler hesaba katılmaz).}$$

$$M_6 = \frac{45 \cdot 40}{23 + 45 + 20 + 40} = \frac{1800}{128} = 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm}$$

$$M_7 = \frac{25 \cdot 80}{2 \cdot 80 + 25} = \frac{2000}{185} = 10,8 \text{ mm} = 1,1 \text{ cm}$$

burada modül

$$M_s = 1,4 \text{ cm} \quad \text{alınabilir.}$$

Besleyici çapı

Sıvı metal ihtiyacı =  $V_f = 7,5 \text{ cm}^3/\text{kg}$  (Şekil A3, döküm sıcaklığı  $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ )

$z = 0,25 \text{ cm}$  (Şekil A2)

Besleyici çapı

$$D = \sqrt[3]{\frac{G.V_f}{1,17}} + 2.z = \sqrt[3]{\frac{12.7,5}{1,17}} + 2.0,25$$

$$D = 4,75 = 5 \text{ cm}$$

$$H = 1,5.D = 7,5 \text{ cm}$$

Besleyici boynu çapı

$$M_s = 1,4 \text{ cm}, M_r = 1,4.1,2 = 1,68 \text{ cm}$$

$$L_N = \max.\frac{D}{2} = 3 \text{ cm}$$

$$D_N = L_N + 0,2.D$$

$$= 3 + 0,2.5$$

$$= 4 \text{ cm}$$

Parça hacmi

$$V = \frac{12000}{7} = 1714 \text{ cm}^3$$

Beslenecek hacim yüzdesi %2,3 bulunur ( $M_s = 1,4 \text{ cm}$ ) (Şekil A5)

$$\text{Beslenecek hacim } \%2,3 \times 1714 = 39 \text{ cm}^3$$

Besleyicinin üstünden parçanın üzerine olan mesafe

$$x = 7,5 \text{ cm}$$

Şekil A4'ten  $D = 5 \text{ cm}$ 'lik besleyici için efektif metal hacmi  $125 \text{ cm}^3$  dür, beslenecek hacim  $39 \text{ cm}^3$  olduğu için bu yeterlidir.

Besleyici adedi :  $D = 50 \text{ mm}$ ,  $H = 75 \text{ mm}$ 'lik 1 adet besleyici yeterlidir.

Yolluk hesabı

Döküm zamanı Dieter'in döküm zamanına göre hesaplanır.

$$\text{Döküm zamanı (sn)} = \left(1,41 + \frac{W}{14,63}\right) \cdot \sqrt{G}$$

$$= \left( 1,41 + \frac{10}{14,63} \right) \cdot \sqrt{12}$$

$$= 7,3 \text{ sn}$$

$$\cong 8 \text{ sn}$$

W : et kalınlığı, mm

G : parça ağırlığı, kg

1 adet  $\phi$  50 mm'lik besleyici (H=1,5.D) ağırlığı

$$\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho = \pi \cdot 2,5^2 \cdot 7,5 \cdot 7 = 1 = \text{kg}$$

$$\text{Parça ağırlığı} = 12 + 1 = 11 \text{ kg}$$

Hız faktörü  $\zeta$

$$\zeta_{UST} = 0,43 \quad (\text{Tablo 7.3'ten})$$

$$\zeta_{ALT} = 0,37 \quad \left( \frac{H_s}{H_0} = \frac{12}{27} = 0,44 \text{ ve } \zeta_{UST} = 0,43 \text{ için Şekil 7.8'den} \right)$$

$$n \cdot S_A = \frac{12000}{7,8 \cdot \sqrt{2,980,27}} = 2,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{yatay yolluk alanı} = 1,2 \cdot n \cdot S_A = 1,2 \cdot 2,5 = 3 \text{ cm}^2$$

a= 2 cm alınırsa b= 1,5 cm bulunur.

50 mm çapında bir besleyicili sistem: 1 yatay yolluk mevcuttur.



(A)



(B)

Şekil 10.11: Kasnak parçasının adım adım kalıplanışı ve döküm sonrası resimleri





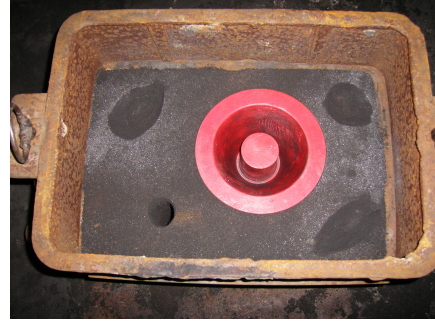
(C)



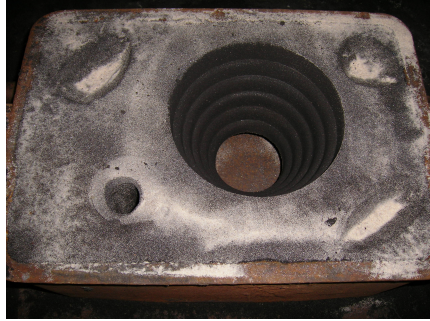
(D)



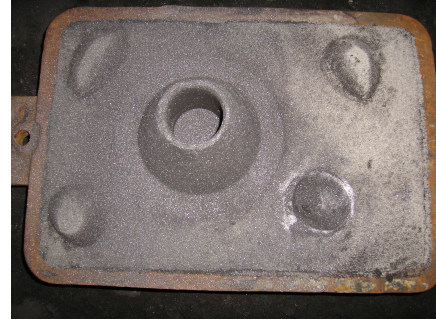
(E)



(F)



(G)



(H)



(I)



(J)

Şekil 10.11(Devam): Kasnak parçasının adım adım kalıplanışı ve döküm sonrası resimleri



(K)



(L)

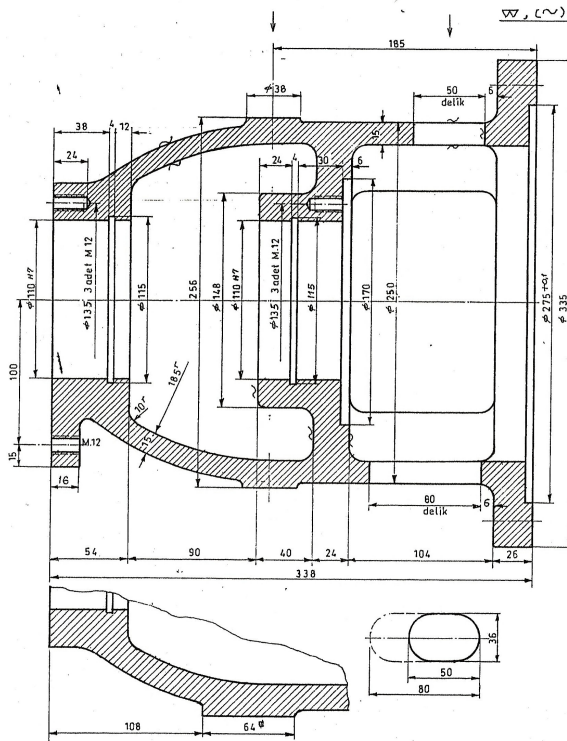
Şekil 10.11(Devam): Kasnak parçasının adım adım kalıplanışı ve döküm sonrası resimleri

#### 10.4. Örnek 4

Pompa rulman taşıyıcı gövde besleyici hesabı

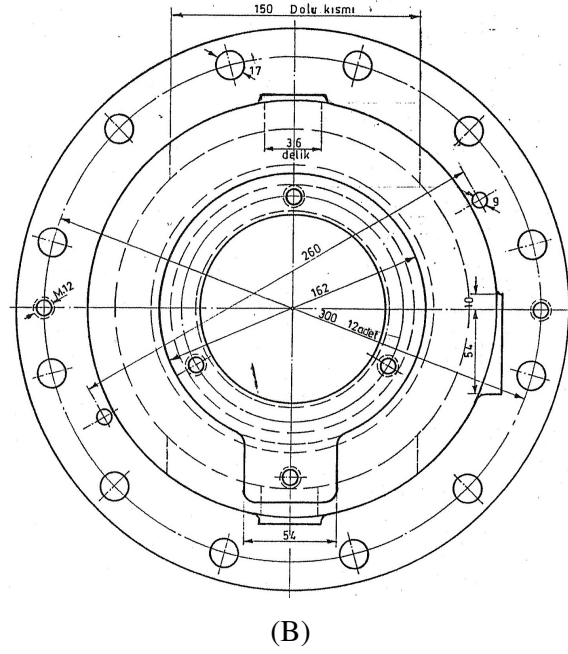
Malzeme : GGG 40 (DDK-40)

Ağırlık : 46 kg

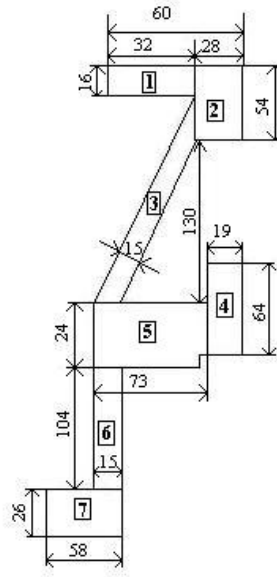


(A)

Şekil 10.12: Pompa rulman taşıyıcı gövdesi teknik resmi



Şekil 10.12 (Devam): Pompa rulman taşıyıcı gövdesi teknik resmi



Şekil 10.13: Pompa rulman taşıyıcı gövde modül bölümleri

$$M = \frac{f \cdot e}{2 \cdot (f + e)}$$

$$M_1 = \frac{32 \cdot 16}{2 \cdot 32 + 16} = 6,4 \text{ mm} = 0,64 \text{ cm}$$

$$M_2 = \frac{28.54}{2.28 + 54} = 13,7 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm (soğumayan yüzeyler hesaba katılmaz)}$$

$$M_3 = \frac{130.15}{2.130} = 7,5 \text{ mm} = 0,75 \text{ cm}$$

$$M_4 = \frac{19.64}{2.19 + 64 + 30} = 9,2 \text{ mm} = 0,92 \text{ cm}$$

$$M_5 = \frac{24.54}{2.39 + 24} = 12,7 \text{ mm} = 1,3 \text{ cm}$$

$$M_6 = \frac{104.15}{2.104} = 7,5 \text{ mm} = 0,75 \text{ cm}$$

$$M_7 = \frac{26.58}{2.26 + 58 + 43} = 9,9 \text{ mm} = 0,99 \text{ cm}$$

burada görünür modül

$$M_s = 0,99 \text{ cm} \quad \text{alınabilir.}$$

Besleyici çapı:

$$\text{Sıvı metal ihtiyacı} = V_f = 7,5 \text{ cm}^3/\text{kg} \quad (\text{Şekil A3, döküm sıcaklığı } 1400 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$z = 0,25 \text{ cm (Şekil A2)}$$

Besleyici çapı

$$D = \sqrt[3]{\frac{G.V_f}{1,17}} + 2.z = \sqrt[3]{\frac{46.7,5}{1,17}} + 2.0,25$$

$$D = 7,16 \cong 7 \text{ cm}$$

$$H = 1,5.D = 10,5 \text{ cm}$$

Besleyici boynu

$$M_s = 0,99 \text{ cm} \Rightarrow \text{Şekil A1'dan } M_N = 0,62 \text{ cm bulunur.}$$

Parça hacmi

$$V = \frac{46000}{7} = 6571 \text{ cm}^3$$

Beslenecek hacim yüzdesi % 2,5 bulunur ( $M_s = 0,99 \text{ cm}$ ) (Şekil A5)

$$\text{Beslenecek hacim } \% 2,5 \times 6571 = 164 \text{ cm}^3$$

Besleyicinin üstünden parçanın üzerine olan mesafe, üstten besleyici olduğu için

$$\text{besleyici boyu} = x = 10,5 \text{ cm}$$

Besleyici flanşa konduğu için besleyici çapı tam yuvarlak olmamıştır, ortalama 7 cm çapında olacak şekilde tasarlanmıştır.

Şekil A4'ten D=7 cm'lik besleyici için efektif metal hacmi 300 cm<sup>3</sup> dür, beslenecek hacim 164 cm<sup>3</sup> olduğu için yeterlidir.

Besleyici adedi : D=70 mm, H= 10,5 mm'lik 1 besleyici yeterlidir.

Yolluk hesabı

Döküm zamanı Dieter'in döküm zamanına göre hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{Döküm zamanı (sn)} &= \left(1,41 + \frac{W}{14,63}\right) \cdot \sqrt{G} \\ &= \left(1,41 + \frac{15}{14,63}\right) \cdot \sqrt{46} \\ &= 16,5 \text{ sn} \end{aligned}$$

W : et kalınlığı, mm

G : parça ağırlığı, kg

1 adet  $\phi$  70 mm'lik besleyici (H=1,5.D) ağırlığı

$$G = \pi \cdot r^2 \cdot H \cdot \rho = \pi \cdot 3,5^2 \cdot 10,5 \cdot 7 \cong 3 \text{ kg}$$

$$\text{Parça ağırlığı} = 46 + 3 = 49 \text{ kg}$$

Hız faktörü  $\zeta$

$$\begin{aligned} n \cdot S_A &= \frac{\frac{G_A}{\zeta_{UST}} + \frac{G_B}{\zeta_{ALT}}}{\gamma \cdot t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0}} \\ n \cdot S_A &= \frac{\frac{23000}{0,41} + \frac{23000}{0,33}}{7,16,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,80 \cdot 27,25}} = \frac{90244}{22648} \cong 4,71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\zeta_{UST} = 0,41 \quad (\text{Tablo 7.3'ten})$$

$$\zeta_{ALT} = 0,33 \quad \left(\frac{H_s}{H_0} = \frac{167,5}{272,5} = 0,61 \text{ ve } \zeta_{UST} = 0,41 \text{ için (Şekil 7.8'den)}\right)$$

70 mm çapında bir besleyicili sistem: 2 yatay yolluk mevcuttur.

$$n.S_A = 4,71 \text{ cm}^2$$

$$\text{Yatay yolluk} = 1,2 \times 4,71 = 5,65 \text{ cm}^2$$

$D = \phi 45$  mm'lik düsey yolluğun kesit alanı  $= 15,9 \text{ cm}^2$  dir. Yolluk sistemine göre bu kesit  $5,65 \text{ cm}^2$  alınarak ayarlanır.

$$a \times b = 5,65 \text{ cm}^2, \quad a = 2 \text{ cm alalım, } b = 2,8 \text{ cm olarak bulunur.}$$



(A)



(B)

Şekil 10.14: Pompa rulman taşıyıcı gövdenin döküm sonrası resimleri



(C)

Şekil 10.14(Devam): Pompa rulman taşıyıcı gövdenin döküm sonrası resimleri

## 11. SONUÇLAR

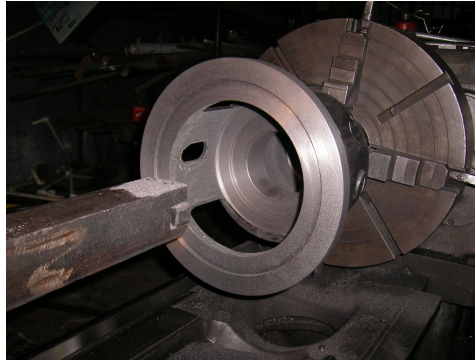
Kasnak parçası örneğinde kalıplama işlemi, dökümhanede geleneksel yöntemle yapılmıştır. Bu yöntemle dayanarak 10 cm çapında besleyici konmuştur. Yatay yolluk boyutu tespit edilmiştir. Bunun üzerine döküm gerçekleştirilmiştir. Kasnak parçasının yapılan testler sonucu dökümden kusursuz çıktığı görülmüştür.

Tablo 11.1: Besleyici çapı ve yolluk ölçülerinin karşılaştırılması

Ustanın ölçüleri		Hesaplanan ölçüler	
Besleyici çapı	Yolluk boyutu	Besleyici çapı	Yolluk boyutu
10 cm	3 x 2,2 cm	5 cm	2 x 1,5 cm

Tablo 11.1’de görüldüğü gibi kullanılan ölçüler, hesaplanarak bulunan ölçülerden büyük çıkmıştır. 10 cm çapındaki besleyicinin besleyebileceği metal hacmi ŞekilA4’ten  $400 \text{ cm}^3$  bulunur. Beslenecek metal hacmi hesaplara göre hacimce % 2,3 olup  $39 \text{ cm}^3$ ’tür. 5 cm çapındaki besleyici  $125 \text{ cm}^3$  metal besleyebileceğinden bu döküm için yeterlidir. Besleyici çapının büyük olması malzeme sarfiyatı açısından ekonomik değildir. Yolluk boyutlarının da hesaplama yöntemine göre büyük olduğu anlaşılmıştır.

Örnek 4’te genel hesaplama yöntemiyle hesaplanan pompa rulman taşıyıcı gövdenin besleyici ve yolluk boyutları kullanılarak kalıplama yapılmıştır. Döküm sonrası kum kalıp açıldığında döküm parçasının kusursuz olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 11.1: Pompa rulman taşıyıcı gövdenin torna tezgahında işlenmesi



Dökümlerde besleyici çaplarının bulunmasını kolaylaştıran yeni yaklaşımla yapılan hesaplamalar ile tez çalışmasında yapılan hesaplar Tablo 11.2’de karşılaştırılmıştır.

Örnek 1 için;

$$BA = \frac{V}{U} = \frac{2000}{31,5} = 63,5 \text{ cm}^2 ; \quad BA_B = BA_D$$

$$H = 1,5.D \text{ için } D_B = \sqrt{1,58.BA_D} = \sqrt{1,58.63,5} = 10 \text{ cm}$$

Örnek 2 için;

$$BA = \frac{5000}{40,8} = 122,5 \text{ cm}^2 ; \quad D_B = \sqrt{1,58.122,5} = 13,9 \text{ cm}$$

Örnek 3 için;

$$BA = \frac{1714}{19} = 90 \text{ cm}^2 ; \quad D_B = \sqrt{1,58.90} = 11,9 \text{ cm}$$

Örnek 4 için;

$$BA = \frac{6571}{33,5} = 196 \text{ cm}^2 ; \quad D_B = \sqrt{1,58.196} = 17,6 \text{ cm}$$

Tablo 11.2: Besleyici ölçülerinin karşılaştırılması

	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4
Yeni Yaklaşımına göre besleyici çapı	10 cm	13,9 cm	11,9 cm	17,6 cm
Hesaplama yöntemine göre bes. çapı	5 cm	7 cm	5 cm	7 cm

Dökümlerde besleyicilerin ölçülendirilmesinde yeni yaklaşımlar metodu ile hesaplanan besleyici çapları, diğer hesaplardaki çaplara göre daha büyük çıkmıştır. U değeri, döküm parçanın en uzak iki noktası arasındaki mesafe olarak adlandırılmaktadır. Bu değer her parça için farklıdır. Aynı hacimde fakat farklı şekildeki iki parçada U değeri aynı olmayabilir. Dolayısıyla birim alan da farklı olacaktır. Bu da yeni yaklaşımla hesaplanan besleyici çapını etkiler. Çalışmamızda hesapladığımız parçaların boyutları farklı farklı olduğu için yeni yaklaşımla bulunan çaplarla farklılıklar göstermektedir. Yeni yaklaşım yöntemi, küp, silindir, plaka disk gibi basit şekilli parçaların besleyici hesaplamaları için daha uygundur.

Dökümde yolluk ölçülerini ve döküm zamanını bulmayı kolaylaştıran yaklaşımla yapılan hesaplamalar Tablo 11.3’te görülmektedir.

Örnek 1 için;

$$t = \frac{V}{U.Y} = \frac{2000}{31,5.6} = 10,58 \text{ sn} ; \quad A = \frac{U.Y}{44,3.0,72.\sqrt{15}} = 1,5 \text{ cm}^2$$

Örnek 2 için;

$$t = \frac{5000}{40,8.6} = 20,4 \text{ sn} ; \quad A = \frac{40,8.6}{44,3.0,72.\sqrt{23}} = 1,6 \text{ cm}^2$$

Örnek 3 için;

$$t = \frac{1714}{19.6} = 15 \text{ sn} ; \quad A = \frac{19.6}{44,3.0,48.\sqrt{27}} = 1,03 \text{ cm}^2$$

Örnek 4 için;

$$t = \frac{6571}{37,7.6} = 29 \text{ sn} ; \quad A = \frac{37,7.6}{44,3.0,72.\sqrt{27,3}} = 1,36 \text{ cm}^2$$

Tablo 11.3: Yeni yaklaşımla genel yolluk eşitliğinin karşılaştırılması

	Yeni yaklaşım		Genel yolluk eşitliği	
	Döküm zamanı (sn)	Yolluk alanı (cm <sup>2</sup> )	Döküm zamanı (sn)	Yolluk alanı (cm <sup>2</sup> )
Örnek 1	10,58	1,5	8	3
Örnek 2	20,4	1,6	17	5,16
Örnek 3	15	1,03	8	4,4
Örnek 4	29	1,36	16,5	5,65

Döküm zamanlarını karşılaştırdığımızda yeni yaklaşımla bulunan değerler, genel yolluk hesaplamalarında bulunan değerlere göre biraz daha yüksektir. Örnek 1 ve Örnek 2'deki zamanlar arasında çok az fark vardır. Yeni yaklaşımla döküm zamanını hesaplarken U değeri parçanın şekline göre değer almaktadır. İnce kesitli uzun bir parça için U değeri büyüktür. Aynı hacimde kalın kesitli kısa bir parçada U değeri daha küçüktür. Dolayısıyla U değeri, yeni yaklaşımla hesaplamada parçanın döküm zamanını etkilemektedir. Örneklerimizdeki şekil farklılıkları nedeniyle yeni yaklaşımla bulunan döküm zamanları, genel hesaplama yöntemine göre farklılıklar göstermektedir.

Yolluk alanlarını karşılaştırdığımızda yine aynı sonuç karşımıza çıkmaktadır. U değeri ve döküm yüksekliği (h), her parçaya göre farklılık gösterir. Parça

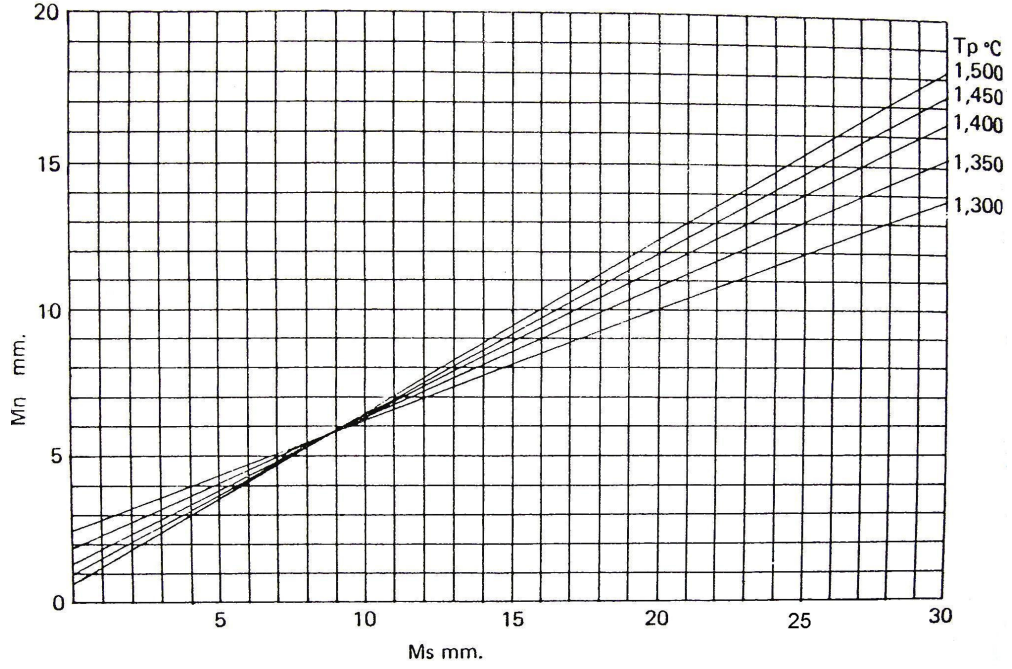
kalıplanırken kullanılan derecenin yüksekliği, döküm yüksekliğini etkilemektedir. Bu da, yeni yaklaşım hesaplamalarında bulunan yolluk alanının, genel hesaplama yöntemine göre farklı olmasına neden olmuştur.

## KAYNAKLAR

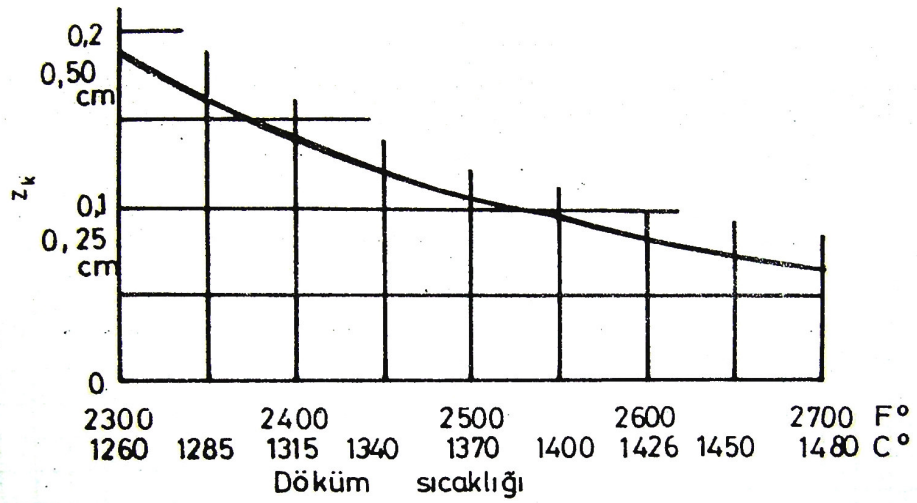
- [1] Özüğür, B., “İleri İmalat Teknolojileri”, Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2004).
- [2] Miller, R., Sivalingam, V., “Computer aided process planning (CAPP) for the scheduling of the die casting dies”, The Ohio State University, Nort America.  
<http://www.cs.uu.nl/research> (**Ziyaret Tarihi: 18 Ekim 2006**).
- [3] Droste, W., Drezet, J., M., Grün, U., Schneider, W., 2000, “3D-modelling of ingot geometry development of DC-cast aluminum ingots during the start-up phase [online]”, Continuous Casting DGM conference,  
<http://www.calcom.ch/News&Events/Articles.html>, (**Ziyaret tarihi: 17 Kasım 2006**).
- [4] Esparza, C., Guerrero-Mata, M., Rios-Mercado, R., “Optimal design of gating systems by gradient search methods”, gating modelling [online], Autónoma de Nuevo León Üniversitesi, Meksika, <http://www.science-direct.com/science> (**Ziyaret tarihi: 18 Ekim 2006**).
- [5] Sarıoğlu, K., Thevoz, P., 2003, Simulation of solidification process used in twin roll casting, <http://www.calcom.ch/News&Events/Articles.html> (**Ziyaret tarihi: 15 Kasım 2006**).
- [6] Heisser, C., Sturm, J., C., 2003 “Casting process simulation of compacted graphite iron [online]”, American Foundry Society Des Plaines IL USA, [www.castolutions.com/WebsiteOnly/0305/WebOnly0305.pdf](http://www.castolutions.com/WebsiteOnly/0305/WebOnly0305.pdf) (**Ziyaret tarihi: 2 Kasım 2006**).
- [7] Corosciel, K., Çeviri: Tuna, Ö., Ege, A., Derelioğlu, A.R., , “Makine Modelciliği”, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, *Etiüt ve Programlama Dairesi yayınları*, Ankara, (1970).
- [8] Anık, S., Dikicioğlu, A., Vural, M., “İmal Usulleri”, *Birsen Yayınevi*, 24-36, (1999).
- [9] Avcı, A., U., “Döküme Uygun Parça Dizaynı ve Model Tekniği”, *Hünkar Ofset Matbaacılık*, 50-62, (1992).
- [10] Aygün, H., Selçuk, E., “Döküm hataları, tahribatsız muayene yöntemleri ve tam teşhis”, *2. Döküm Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 163-167, 1996.
- [11] Nilüfer, L., “Dökme Demirlerde Besleyici ve Yolluk Hesapları”, *İstanbul*, 15-97, (1987).

- [12] Campbell, J., “Castings”, *Martins the Printers Ltd.*, 41-42, (1991).
- [13] Ersümer, A., “Demir Döküm”, *Birsen Kitabevi Yayınları*, 36-37, (1981).
- [14] Asm İnternational Handbook Committee, “Metals Handbook: Casting”, ninth edition, volume 15, *ASM International*, 586-588, (1998).
- [15] Özdemir, Ş., Atasoy, E., “Dökümlerde besleyicilerin ölçülendirilmesinde yeni bir yaklaşım”, *8. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı*, Cilt 2, 1183-1193, (1996).
- [16] Özdemir Ş., “Dökümlerin yolluk tasarım ve boyutlandırılmasında yeni bir yaklaşım”, *8. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı*, Cilt 2, 1195-1203, (1996).
- [17] Çavuşoğlu, E., “Döküm Prensipleri ve Teknolojisi”, *İ.T.Ü yayınları*, 397-398, 1992.
- [18] Karsay, S., I., “Ductile Iron 1 Production”, *Quebec Iron and Titanium Corporation*, 177-180, (1976).

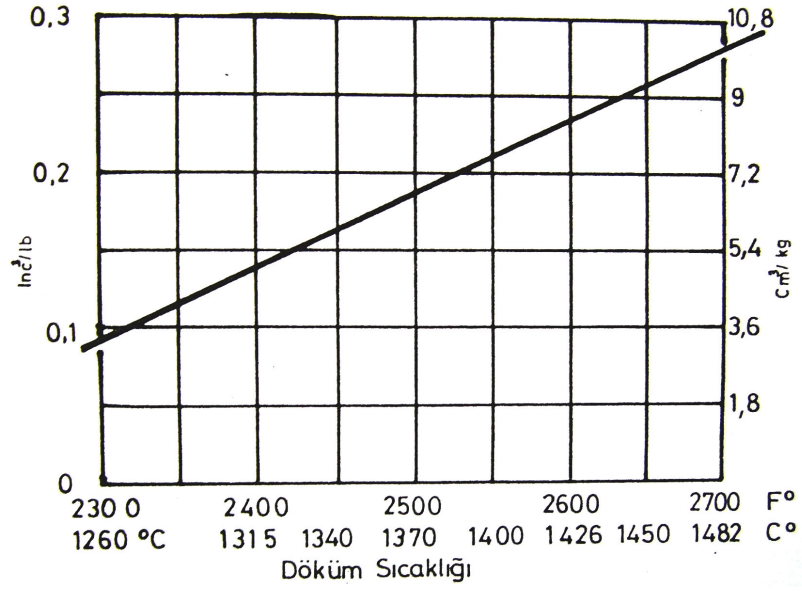
## EKLER



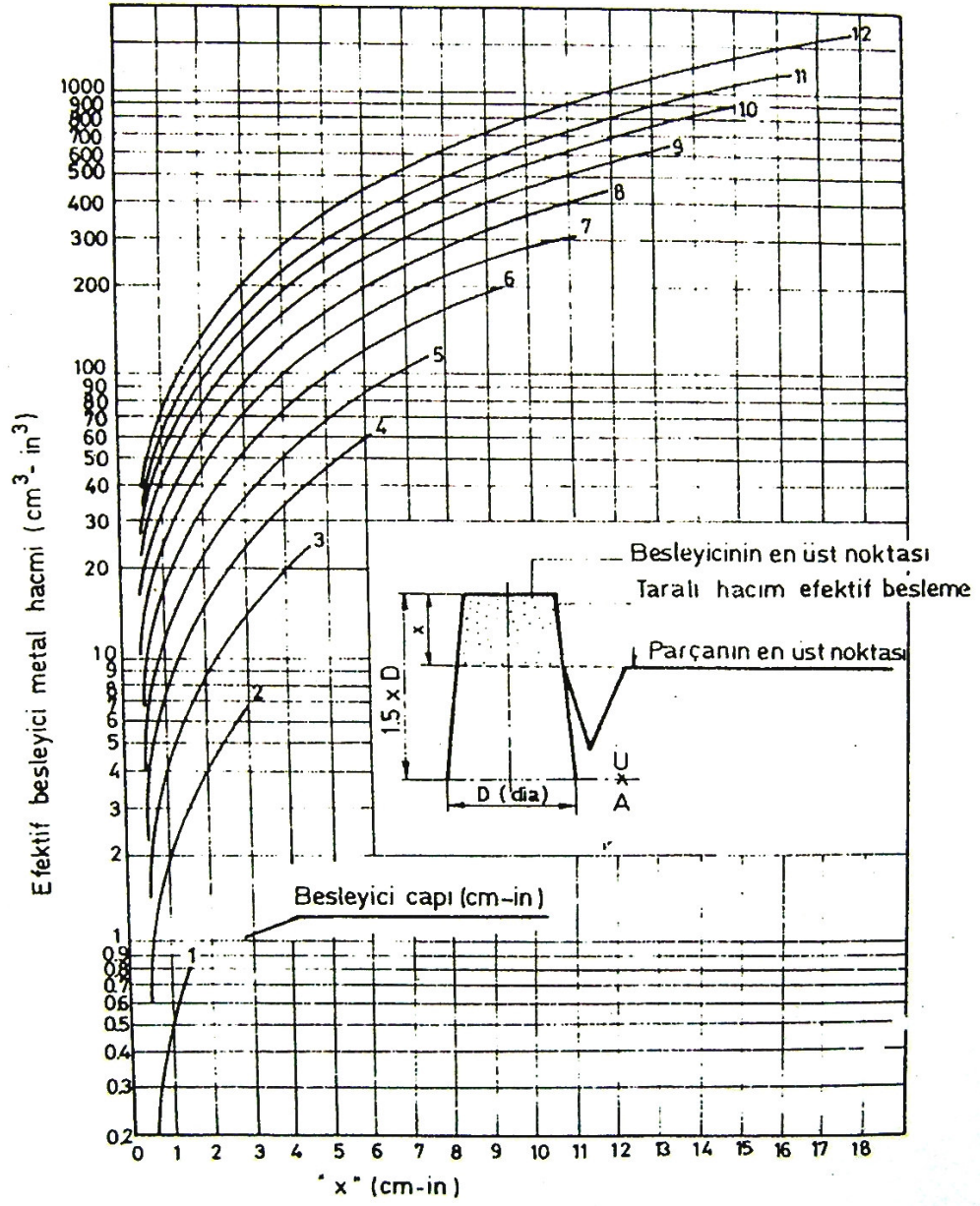
Şekil A1: Döküm sıcaklığına bağlı olarak parça modülünden besleyici boyun modülünün tayini



Şekil A2: Dökümden 2 dakika sonra, kum yüzeyinden itibaren meydana gelen katı kabuğun kalınlığı ( $Z_k$ )

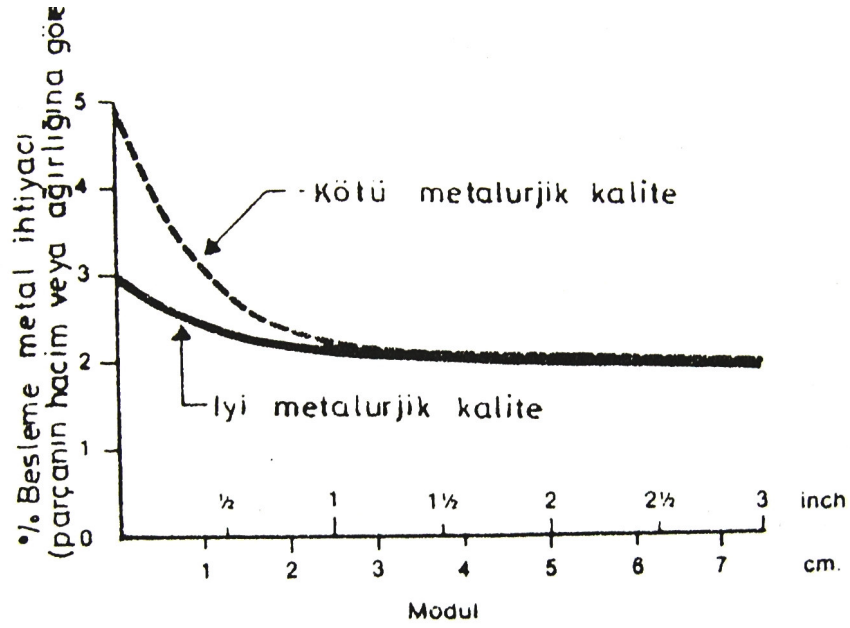


Şekil A3: Sıcaklığa bağlı olarak beslemede sıvı metal ihtiyacı, cm<sup>3</sup>/kg



Şekil A4: Efektif besleyici hacmi





Şekil A5: Model-sıvı metal ihtiyacı arasındaki bağıntı

Tablo A1: Bazı döküm malzemeleri için yaklaşık çekme payı değerleri

	Döküm Malzemesi	sınır değerler	ortalama
1	Dökme Demirler	Türüne göre değişir	
2	Lamel grafitli	0,5 - 1,3 %	1,00%
3	Küresel grafitli(tavsız)	0,8 - 2,0 %	1,20%
4	Küresel grafitli(tavlanmış)	0,0 - 0,8 %	0,50%
5	Beyaz temper döküm	1,0 - 2,0 %	1,60%
6	Siyah temper döküm	0,0 - 1,5 %	0,50%
7	Çelik döküm	1,5 - 2,5 %	2,00%
8	Manganlı çelik döküm (sert mangan çeliği)	2,3 - 2,8 %	2,30%
9	Alüminyum döküm alaşımları	0,8 - 1,5 %	1,20%
10	Magnezyum döküm alaşımları	1,0 - 1,5 %	1,20%
11	Bakır dökümü (Elektrolit)	1,5 - 2,1 %	1,90%
12	Cu-Sn döküm alaşımları (Döküm Bronzu)	0,8 - 2,0 %	1,50%
13	Cu-Sn-Zn döküm alaşımları (kızıl döküm)	0,8 - 1,6 %	1,30%
14	Cu-Zn döküm alaşımları (prinç döküm)	0,8 - 1,8 %	1,20%
15	Cu-Zn (Mn,Fe,Al) alaşımları (Özel prinç dökümü)	1,8 - 2,3 %	2,00%
16	Cu-Al (Ni, Fe-Mn) alaşımları (Çok alaşımlı alüminyum bronzu)	1,9 - 2,3 %	2,10%
17	Çinko döküm alaşımları	1,1 - 1,5 %	1,30%
18	Beyaz metal (Pb,Sn) dökümü	0,4 - 0,6 %	0,50%

Tablo A2: Bazı malzemeler için parça boyutları ve işlenecek yüzeyin türüne göre seçilmesi gereken yaklaşık işleme payları

Malzeme ve Model Boyutları (mm)	İŞLEME PAYI (mm)		
	Delik	Yüzeyler	Üst Yüzey
Dökme demir			
<150	3	3	5
150-300	3	3	6
300-500	5	4	6
500-900	6	5	6
900-1500	8	5	8
Dökme çelik			
<150	3	3	6
150-300	5	5	6
300-500	6	6	8
500-900	7	7	10
900-1500	8	7	13
Demir dışı metaller			
<75	2	2	2
75-200	2	2	2
200-300	3	2	3
300-500	3	3	3
500-900	3	3	4
900-1500	4	4	5

Tablo A3: Modellerin iç ve dış yüzey eğiklikleri

Yükseklik (mm)	Eğiklik	Yükseklik (mm)	Eğiklik	Yükseklik (mm)	Eğiklik
0-10 arası	3 <sup>0</sup>	180-250 arası	1,5 <sup>0</sup>	1000-1250 arası	7 <sup>0</sup>
10-18 arası	2 <sup>0</sup>	250-315 arası	2 <sup>0</sup>	1250-1600 arası	11 <sup>0</sup>
18-30 arası	1,5 <sup>0</sup>	315-400 arası	2,5 <sup>0</sup>	1600-2000 arası	9 <sup>0</sup>
30-50 arası	1 <sup>0</sup>	400-500 arası	3 <sup>0</sup>	2000-2500 arası	13,5 <sup>0</sup>
50-80 arası	0,75 <sup>0</sup>	500-630 arası	3,5 <sup>0</sup>	2500-3150 arası	17 <sup>0</sup>
80-180 arası	0,5 <sup>0</sup>	630-800 arası	4,5 <sup>0</sup>	3150-4000 arası	21 <sup>0</sup>
		800-1000 arası	5,5 <sup>0</sup>		

Tablo A4 Ahşap modellerde boyut toleransları

Boyutlar (mm)	Modelin Tipi			
	A1	A2	A3	A4
30'a kadar	0,2		0,4	
30-50 arası	0,3		0,5	
50-80 arası	0,3		0,6	
80-120 arası	0,4		0,7	
120-180 arası	0,5		0,8	
180-250 arası	0,6		0,9	
250-315 arası	0,6		1	
315-400 arası	0,7		1,1	
400-500 arası	0,8		1,3	
500-630 arası	0,9		1,5	
630-800 arası	1		1,6	
800-1000 arası	1,1		1,8	
1000-1250 arası	1,3		2,1	
1250-1600 arası	1,5		2,5	
1600-2000 arası	1,8		3	
2000-2500 arası	2,2		3,5	
2500- 3150 arası	2,7		4,3	
3150-4000 arası	3,2		5	

30 mm'den çok yuvarlatılmış değerlerde  $\pm$  1/2 IT 14'e göre

30 mm'den çok yuvarlatılmış değerlerde  $\pm$  1/2 IT 15'e göre

NOT: 4000 mm'den büyük boyutlar için toleranslar önceden belirtilmelidir

Tablo A5 Metal modellerde boyut toleransları

Boyutlar (mm)	Modelin Tipi	
	M1	M2
	Toleranslar (mm)	
30'a kadar	0,10	0,15
30-50 arası	0,15	0,20
50-80 arası	0,15	0,25
80-120 arası	0,20	0,30
120-180 arası	0,20	0,30
180-250 arası	0,25	0,35
250-315 arası	0,25	0,40
315-400 arası	0,30	0,45
400-500 arası	0,30	0,50
500-630 arası	0,40	0,60
630-800 arası	0,40	0,60
800-1000 arası	0,50	0,70
1000-1250 arası	0,50	0,80
1250-1600 arası	0,60	1,00
1600-2000 arası	0,70	1,10
2000-2500 arası	0,80	1,40
2500- 3150 arası	1,00	1,60
3150-4000 arası	1,30	2,00

30 mm'den çok  
yuvarlatılmış değerlerde  
 $\pm 1/2$  IT 12'e göre

300 mm'den çok  
yuvarlatılmış  
değerlerde  $\pm 1/2$  IT  
13'e göre

NOT: 4000 mm'den büyük boyutlar için toleranslar önceden  
belirtilmelidir

## **ÖZGEÇMİŞ**

1979 yılında Kocaeli'nde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmit'te tamamladı. 1999 yılında girdiği Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2003 yılında mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. 2003 yılından beri Ülker Makine Mühendislik firmasında çalışmaktadır.