

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİSAMATİK KALIPLAMADA YOLLUK SİSTEMİ VE
KALIP GÖZLERİNİN DOLDURULMASININ
ARAŞTIRILMASI**

Makine Müh. Erman ERGEN

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

İSTANBUL, 2008

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİSAMATİK KALIPLAMADA YOLLUK SİSTEMİ VE
KALIP GÖZLERİNİN DOLDURULMASININ
ARAŞTIRILMASI**

Makine Müh. Erman ERGEN

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

Jüri üyesi: Prof. Dr. Nurullah GÜLTEKİN

Jüri üyesi: Prof. Dr. Adem BAKKALOĞLU

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Kum Kalıplama Yöntemleri	3
1.1.1 Kil Bağlayıcı Kalıplar.....	4
1.1.1.1 Sıkıştırma (Basma) Tipi Kalıplama Makinesi.....	5
1.1.1.2 Sarsma Tipi Kalıplama Makinesi	5
1.1.1.3 Sarsma-Sıkıştırma Tipi Kalıplama Makinesi	6
1.1.1.4 Üfleme Tipi Kalıplama Makinesi	7
1.1.1.5 Hava Basıncı İle Kalıplama Yöntemi	8
1.1.1.6 Gaz Basıncı İle Kalıplama Yöntemi.....	8
1.1.1.7 Derecesiz Otomatik Kalıplama	9
1.1.2 Kimyasal Bağlayıcı Kalıplar	10
1.1.2.1 Çimento Bağlayıcı Kalıplar	10
1.1.2.2 Camsuyu Bağlayıcı Kalıplar	10
1.1.2.3 Kabuk Kalıp Yöntemi	11
1.1.2.4 Sıcak Kutu Yöntemi	12
1.1.2.5 Soğuk Kutu Yöntemi	13
1.1.2.6 Dondurulmuş Kalıp Yöntemi	13
1.1.3 Fiziksel Bağlayıcı Kalıplar.....	15
1.1.3.1 Vakumla Kum Kalıplama Yöntemi	15
1.1.3.2 Magnetik Kalıplama Yöntemi	16
2. DİSAMATİK KALIPLAMA YÖNTEMİ	17
2.1 Disamatik Kalıplamanın Üstünlükleri	18
2.1.1 Yüksek Üretim Kapasitesi	18
2.1.2 Kaliteli Döküm	19
2.1.3 Üretim Maliyeti	20
2.2 Disamatik Kalıplamanın Sınırlamaları	22
2.3 Disamatik Kalıplama Malzeme Ve Gereçleri	24
2.3.1 Disamatik Kalıp Kumu	25
2.3.1.1 Ortalama Kum Tane İriliği Ve Dağılımı.....	26
2.3.1.2 Bentonit (Bağlayıcı Kil) Özellikleri	27
2.3.1.3 Nem Miktarı	28
2.3.1.4 Kum Sıcaklığı.....	30
2.3.1.5 Kum Yenileme	30
2.3.1.6 Kumun Sıkıştırılabilme Özelliği (Kompaktibilite).....	32

2.3.1.7	Kum Kontrol İşlemi	33
2.3.2	Modeller Ve Model Plakaları	33
2.3.2.1	Model Plakaları	33
2.3.2.2	Model Ve Model Plakası Malzemesi Seçimi	34
2.3.2.3	Model Plakası Alanı Kullanımı	37
2.3.2.4	Kalıp Kalınlığından Faydalanma	38
2.3.2.5	Minimum Oda Derinliğinin Belirlenmesi	39
2.3.3	Maçalar	42
2.3.4	Maça Maskesi	43
2.3.5	Dikey Giriş Sistemi	45
2.4	Disamatik Kalıplama Sistemi	45
2.4.1	Kalıplama Makinesi (DMM)	46
2.4.1.1	Kalıplama Odasının Kum İle Doldurulması	48
2.4.1.2	Kalıbın Sıkıştırılması	49
2.4.1.3	Modellerin Kalıptan Ayrılması Ve Kalıpların Hareketi	49
2.4.2	Maça Yerleştirici (CSE)	50
2.4.3	Otomatik Kalıp Taşıyıcı (AMC)	52
2.4.4	Senkronize Bant Taşıyıcı (SBC)	54
2.4.5	Disacool Ve Otomatik Döküm Parça Çıkarıcı (ACE)	54
2.4.6	Yardımcı Diğer Üniteler	56
3.	DİSAMATİK KALIPLAMADA YOLLUK SİSTEMİ	58
3.1	Yolluk Sistemlerinin Dizaynı	60
3.1.1	Döküm Ağzı	60
3.1.2	Kalıp Üzerinde Döküm Ağzı Yerleşimi	64
3.1.3	Yolluklar	64
3.1.4	Düşey Yollukların Döküm Ağızlarına Bağlantısı	65
3.1.5	Yatay Yollukların Döküm Ağızlarına Bağlantısı	67
3.1.6	Üst Yatay Yolluk	67
3.1.7	Üst Yatay Yolluklar Ve Düşey Yolluklar Arasındaki Bindirme	69
3.1.8	Düşey Yolluklar	70
3.1.9	Düşey Yollukların Yatay Yolluklara Bağlantısı	71
3.1.10	Çentikler Ve Yolluklar Üzerinde Alan Azaltılması	73
3.1.11	Orta Ve Alt Yatay Yolluklar	73
3.1.12	Memeler	75
3.1.13	Besleyiciler	77
3.1.13.1	Besleyici Modülü (M _F)	78
3.1.13.2	Katılma Modülü (M _C)	79
3.1.13.3	Besleyici Boynu	80
3.1.14	Çıkıcılar	81
3.1.15	Filtreler	82
3.1.16	Yolluk Sistemindeki Radyüsler	83
3.2	Yolluk Sistemi Türleri	84
3.2.1	Basınçlı Yolluk Sistemi	85
3.2.2	Geri Basınçlı Yolluk Sistemi	85
3.2.3	Basınçsız Yolluk Sistemi	85
3.2.4	Hibrit Yolluk Sistemi	86
3.3	Basınçlı Yolluk Sistemlerinde Metal Akışı	86
3.4	Yolluk Sistemi Formülleri	87
3.4.1	Serbest Düşme Ve Basınçlı Yolluk Sistemi	87

3.4.2	Meme Kesit Alanı Formülü	89
3.4.2.1	Kayıp Katsayısı (m).....	89
3.4.2.2	Metalostatik Ortalama Yükseklik (H).....	90
3.4.2.3	Akış Debisi (W).....	91
3.4.2.4	Ağırlık (G).....	92
3.4.2.5	Döküm Süresi (t)	93
3.4.2.6	Laminer, Türbülanslı Ve Türbülanssız Akış.....	94
3.4.2.7	Basınçlı Yolluk Sistemlerinde Hızlar	94
3.5	Dört Farklı Yolluk Sisteminde Hesaplamalar	96
3.5.1	Yolluk Sistemleri İçin Genel Bilgiler	96
3.5.2	Dört Yolluk Sistemi Arasından Yolluk Sistemi Seçimi	97
3.5.3	Basınçlı Yolluk Sistemi Hesaplamaları	101
3.5.3.1	Memeler	101
3.5.3.2	Düşey Yolluklar.....	103
3.5.3.3	Yatay Yolluklar	103
3.5.3.4	Döküm Ağzı	103
3.5.4	Geri Basınçlı Yolluk Sistemleri Hesaplamaları	104
3.5.4.1	Düşey Yolluklar.....	104
3.5.4.2	Üst Yatay Yolluk (Sağ taraf).....	105
3.5.4.3	Üst Yatay Yolluk (Sol taraf)	106
3.5.4.4	Üst Yatay Yolluk Ve Düşey Yolluk Arasında Bindirme.....	106
3.5.4.5	Orta Ve Alt Yatay Yolluklar	106
3.5.4.6	Memeler	107
3.5.4.7	Hazneler	107
3.5.4.8	Döküm Ağzı	107
3.5.5	Basınçsız Yolluk Sistemi Hesaplamaları	107
3.5.5.1	Üst Yatay Yolluk.....	108
3.5.5.2	Düşey Yolluk.....	109
3.5.5.3	Memeler	109
3.5.5.4	Döküm Ağzı	109
3.5.6	Hibrit Yolluk Sistemi Hesaplamaları.....	109
3.5.6.1	Döküm Ağzı, Üst Yatay Yolluklar, Düşey Yolluklar, Hazneler İle Orta Ve Alt Yatay Yolluklar	109
3.5.6.2	Memeler	110
3.6	Basınçlı Yolluk Sisteminde Örnek Hesaplama	111
3.7	Döküm Denemeleri Ve Simülasyonu	114
3.7.1	Bilgisayar Destekli Döküm Ve Katılma Simülasyonu	114
3.7.2	Kalıp Simülasyonlu Döküm Denemeleri	115
3.7.3	Disa Kalıplama Makinesi Döküm Denemeleri	116
4.	SONUÇLAR	117
	KAYNAKLAR.....	118
	EKLER.....	119
	ÖZGEÇMİŞ.....	123

SİMGE LİSTESİ

C	Gerçek oda derinliği (mm)
D	Hidrolik çap (mm)
F	Kesit alanı (mm ²)
G	Ağırlık (kg)
H	Metalostatik yükseklik (mm)
k _M	Besleme faktörü
m	Kayıp katsayısı
M _C	Döküm parça modülü (mm)
M _F	Besleyici modülü (mm)
M _N	Besleyici boynu modülü (mm)
P	Çevre (mm)
Re	Reynolds sayısı
s	Kalınlık (mm)
T	Kalıp kalınlığı (mm)
t	Zaman (s)
V	Akış hızı (m/s)
W	Akış debisi (kg/s)
μ	Dinamik viskozite (Ns/m ²)
v	Kinematik viskozite (m ² /s)
ρ	Yoğunluk (kg/mm ³)

KISALTIMA LİSTESİ

ACE	Otomatik Döküm Parça Çıkarıcı
AFS	American Foundry Society
AMC	Otomatik Kalıp Taşıyıcı
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CSE	Maça Yerleştirici
DIN	Deutsches Institut Für Normung
DMM	Disamatik Kalıplama Makinesi
ECS	Elektronik Kontrol Sistemi
PP	Sıkıştırma Plakası
PPC	Model Değişirme Ünitesi
SBC	Senkronize Bant Taşıyıcı
SP	Karşı Basınç Plakası
SSC	Dökülen Kumları Toplama Ünitesi
SSU	Kum Verme Ünitesi
VDU	Video Display Unit

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Sıkıştırma tipi makinelerle kalıplama.....	5
Şekil 1.2 Sarsma kalıplama makinesi elemanları	6
Şekil 1.3 Sarsma-sıkıştırma kalıplama makinesi elemanları.....	7
Şekil 1.4 Üfleme tipi kalıplama makinesinde işlem adımları	7
Şekil 1.5 Hava basıncı ile kalıplama.....	8
Şekil 1.6 Gaz basıncı ile kalıplama.....	9
Şekil 1.7 Derecesiz otomatik kalıplama.....	9
Şekil 1.8 Kabuk kalıba döküm işlem adımları	12
Şekil 1.9 Soğuk kutu yöntemi	13
Şekil 1.10 Dondurulmuş kalıp yöntemi işlem adımları	14
Şekil 1.11 Vakumla kalıplama yöntemi işlem adımları.....	15
Şekil 1.12 Kaybolan modelle magnetik kalıplama	16
Şekil 2.1 Disamatik kalıplamanın temel prensibi.....	17
Şekil 2.2 Ortalama tane iriliği ve metal yüksekliğinin metal penetrasyonu oluşumuna etkisi	26
Şekil 2.3 Kalıp kumunun dayanıma göre en uygun nem miktarı	29
Şekil 2.4 Kalıplama kumu sıcaklığının sıkıştırılabilirliğe etkisi	30
Şekil 2.5 Döküm sonrası ilave kum ve bentonit miktarlarının belirlenmesi.....	31
Şekil 2.6 Kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinliği.....	32
Şekil 2.7 Standart model plakası	33
Şekil 2.8 Poliüretan reçineden üretilmiş modellerden oluşmuş dökme demir model plakası.	35
Şekil 2.9 Model plakası örneği	36
Şekil 2.10 Model plakası örneği	36
Şekil 2.11 Norm bölümlü model plakası.....	37
Şekil 2.12 Standart model plakası kullanılabilir alanı	38
Şekil 2.13 Kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinliği.....	40
Şekil 2.14 Modellerin çarpışmasını önleyici güvenlik stroku ve tampon pim kullanımı	42
Şekil 2.15 Maçaların kalıptaki yerleşimi	43
Şekil 2.16 Maça maskesindeki vakum delikleri	44
Şekil 2.17 Maça-maske bağlantısının güçlendirilmesi	44
Şekil 2.18 Disamatik üretim hattı	45
Şekil 2.19 Disamatik kalıplama makinesi ve otomatik kalıp taşıyıcı	46
Şekil 2.20 Kalıplama kapasitesi.....	47
Şekil 2.21 Disamatik kalıplamanın işlem adımları.....	48
Şekil 2.22 Maça yerleştirici.....	50
Şekil 2.23 Maça yerleştirme işlem sıraları	51
Şekil 2.24 Disamatikte döküm işlemi	52
Şekil 2.25 Kalıp taşıma işlem adımları	53
Şekil 2.26 Disacool soğutma tamburu	55
Şekil 2.27 Otomatik döküm parça çıkarıcı.....	56
Şekil 2.28 Model değiştirme ünitesi	56
Şekil 3.1 Klasik kum kalıplamada yolluk sistemi	58
Şekil 3.2 Disamatik kalıplamada düşey yolluk sistemi	59
Şekil 3.3 Döküm ağız çeşitleri.....	61
Şekil 3.4 Dörtgensel döküm ağızı.....	62
Şekil 3.5 Hezagonal döküm ağızı	63
Şekil 3.6 Kalıp üzerinde döküm ağızı yerleşimi.....	64
Şekil 3.7 Standart yolluklar ve kesit alanları.....	65
Şekil 3.8 Dörtgensel döküm ağızlarına düşey yollukların bağlanması.....	66

Şekil 3.9 Düşey yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlanması	66
Şekil 3.10 Yatay yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlantıları	67
Şekil 3.11 Yatay yollukların düşey yolluklara bindirilerek bağlanması.....	68
Şekil 3.12 Yatay yönden düşey yöne basit akış şeması	69
Şekil 3.13 Basit, ince ve uzun yatay yolluklar için üst yatay yolluk ve düşey yolluk arasındaki bindirme dizaynı	70
Şekil 3.14 Düşey yolluk ile yatay yolluğun basit bağlantısı.	71
Şekil 3.15 Düşey yolluk ile çentikli yatay yolluğun basit bağlantısı.....	72
Şekil 3.16 Düşey yolluktan yatay yolluğa basit akış	72
Şekil 3.17 Asimetrik (yatay) ve simetrik (düşey) çentikli yolluklar	73
Şekil 3.18 Orta ve alt yatay yolluklar	74
Şekil 3.19 Meme ve yatay yolluğa bağlantısı.....	75
Şekil 3.20 Arka ve ön memeler	76
Şekil 3.21 Standart besleyiciler	78
Şekil 3.22 Besleyici boynunun döküm parçaya etkisi	80
Şekil 3.23 Çıkıcılar	81
Şekil 3.24 Köpük seramik ve çekilmiş seramik filtreler.....	82
Şekil 3.25 Yolluk sistemindeki radyüsler	83
Şekil 3.26 Yolluk sistemleri	84
Şekil 3.27 Kalıp boşluklarının doldurulması.....	86
Şekil 3.28 Serbest düşmede hız Şekil 3.29 Sıvı dolu bir kapta hız	88
Şekil 3.30 Sıvı dolu bir kapta hız Şekil 3.31 Yolluk sisteminde hız	88
Şekil 3.32 Yolluk geometrisi ile kayıp katsayısı ilişkisi.....	89
Şekil 3.33 Sıvı metalin kalıp boşluğuna farklı giriş durumları	90
Şekil 3.34 Ağırlık (G) ve kesit alanı (F) örnekleri.....	93
Şekil 3.35 Doldurma durumu: yolluk sistemleri metal ile doldurulduktan hemen sonra	98
Şekil 3.36 Doldurma durumu: 3,5 s'lik döküm zamanı.....	98
Şekil 3.37 Emniyet mesafeleri ve modellerin dağılımı (yerleşimi).....	99
Şekil 3.38 Modellerin emniyet mesafeleri	100
Şekil 3.39 Basınçlı yolluk sistemi	101
Şekil 3.40 Düşey yollukların dizaynı.....	102
Şekil 3.41 Geri basınçlı yolluk sisteminin detaylı şeması.....	104
Şekil 3.42 Basınsız yolluk sisteminin detaylı gösterimi	108
Şekil 3.43 Hibrit yolluk sistemlerinin detaylı gösterimi	110
Şekil 3.44 Model plakası şeması	111
Şekil 3.45 Demir alaşımları için yolluk nomogramı.....	112
Şekil 3.46 Memelerin ve yollukların geometrileri.....	113
Şekil 3.47 Bilgisayar destekli döküm ve katılaşma simülasyonu örneği.....	115

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Disamatik kalıplama kumunun fiziksel özellikleri.....	25
Çizelge 2.2 İstenen bentonit kalitesi içeriği	27
Çizelge 2.3 Model ve model plakası malzemesine göre kalıp sayısı (ömür).....	35
Çizelge 2.4 Parça et kalınlığı ve katılma modülüne göre kalıp emniyet mesafeleri	39
Çizelge 2.5 Çeşitli kalıplama odası derinliği.....	41
Çizelge 3.1 Basit, ince, uzun standart üst yatay yollukların karşılaştırılması	68
Çizelge 3.2 Basit, ince, uzun standart düşey yollukların karşılaştırılması.....	71
Çizelge 3.3 Basit, ince, uzun standart orta ve alt yatay yollukların karşılaştırılması	74
Çizelge 3.4 Bazı malzemeler için k_M değerleri	79
Çizelge 3.5 Et kalınlığı ile B faktörü ilişkisi	94
Çizelge 3.6 Metallerdeki maksimum hızlar	95
Çizelge 3.7 Reynolds sayısı ile akış tipinin tayini.....	96
Çizelge 3.8 Düşey yolluk sistemlerinin karşılaştırılması.....	97
Çizelge 3.9 Emniyet mesafeleri (boşluk-kalıp).....	100

ÖNSÖZ

Disamatik kalıplama yöntemi, kum kalıpları derecesiz ve dikey olarak üretme tekniğidir. Kumun kalıplanması, döküm işlemi, soğutma ve temizleme işlemleri otomatik Disamatik sistemleri ile seri olarak yapılmaktadır. Bu sistemler, günümüze kadar hızla gelişmiş ve endüstriyel alanda büyük bir kullanım alanına sahip bir sektör halini almıştır.

Yolluk sistemi, sıvı metalin kalıp boşluğuna doldurulmasını sağlayan sistemlerdir. Yolluk sisteminin başlıca bölümleri, döküm ağzı, düşey yolluk, yatay yolluk ve memelerdir. Bu kısımlar, dökülecek parça geometrisi, kalıp boyutları ve döküm metaline göre belirlenmektedir. Yolluk sisteminin çok iyi tespit edilmesi ile döküm parça kalitesi ve verimlilik önemli ölçüde artmaktadır.

Bu çalışmanın hazırlanması süresince çok değerli yardım, teşvik ve önerileri için tez danışmanın sayın Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ'e teşekkür ederim. Çalışmalarında bilgi ve deneyimlerini paylaşan sayın Bülent KULAKSIZ'a ve TRAKYA DÖKÜM A.Ş.'ye, yüksek lisans eğitimim boyunca yardımlarını gördüğüm çalışma arkadaşlarıma ve OMTAŞ A.Ş. yönetimine, doğduğum günden bugüne dek maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam Hüseyin ERGEN'e, annem Nazile ERGEN'e, ablalarıma ve yeğenlerime teşekkürlerimi sunarım.

Erman Ergen

DİSAMATİK KALIPLAMADA YOLLUK SİSTEMİ ve KALIP GÖZLERİNİN DOLDURULMASININ ARAŞTIRILMASI

Erman ERGEN
Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Rekabet ortamının sürekli zorlaştığı günümüzde kaliteyi arttırırken, maliyeti azaltmak veya sabit tutmak dökümhanelerin rekabet edebilmeleri için en önemli kriter haline gelmiştir. Üretim aşamasında planlama ve geliştirme çalışmaları değişik olasılıkların değerlendirilerek üst düzey kalite ve minimum maliyet hedeflerine ulaşılabilmesine olanak sağlamaktadır. Döküm parça üretiminde istenilen kalite ve minimum maliyet, seçilen döküm yöntemine ve doğru planlanmış optimum kalıp tasarımı ile sağlanabilmektedir. Optimum kalıp tasarımının oluşturulabilmesi için, modellerin, yolluk sisteminin ve besleyicilerin çok iyi bir şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, otomatik kum kalıplama yöntemlerinden biri olan derecesiz dikey kalıplama bir başka deyişle Disamatik kalıplama yöntemi incelenmiş ve bu döküm yöntemi ile üretilen parçalarda üretim süresi, döküm kusurları, kalite ve maliyeti direkt olarak etkileyen yolluk sistemleri incelenmiştir.

Ergiyik metalin kalıba ilk giriş anından kalıp boşluklarının doldurulmasına kadar görev yapan yolluk sistemi elemanları ayrı ayrı ve birbiriyle bağlantıları incelenmiştir. Ayrıca dört farklı yolluk sisteminin karakteristikleri incelenmiş olup, Disamatik kalıplama yöntemi ile üretilecek bir parçanın bu dört farklı yolluk sistemi için yolluk sistemi elemanları hesaplanmış ve sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Disamatik kalıplama, yolluk sistemi, derecesiz düşey kalıplama

INVESTIGATION of GATING SYSTEM AND FILLING of MOLDING CAVITIES in DISAMATIC MOLDING

Erman ERGEN
Mechanical Engineering, M.S. Thesis

In today's world where competition is tight, reducing the costs, or at least keeping them fixed while increasing the quality, is the foundries' key to compete successfully. Planning and development efforts during the production phase makes it possible to achieve high quality and minimum cost targets by looking into various possibilities. Quality and low cost in the production of cast metal depends on the casting method chosen and can be achieved with a well-planned, optimum mold design. The patterns, gating system and the feeders must be designed efficiently to obtain an optimum mold design.

In this study, vertical flaskless molding or disamatic molding method, one of the automatic sand casting methods, is investigated, and production time, casting defects, and the gating systems, which have an impact on both the quality and the cost, are examined.

Entry of the melted metal into the mold, gating system components, which help fill in the mold cavities, and their interactions with each other are studied. In addition, characteristics of four different gating systems are investigated, gating system components for these four systems are designed for a sample to be produced with the disamatic molding method, and the results are compared.

Key words: Disamatic molding, gating system, vertical flaskless molding

1. GİRİŞ

Metal dökümü, tarih öncesi bir teknolojidir. Metalden yapılmış olarak bilinen ilk nesnelere 10,000 yıldan daha uzun yaşıdır. Hem bölgesel olarak hem de tarihsel olarak döküm, Mezopotamya'da başlamakta, doğu'ya hareket etmekte ve daha sonra yakın doğu'ya Akdeniz'e, Avrupa'ya sonuçta da Amerika'ya geçmektedir [9].

Döküm, metal veya alaşımların ergitilerek önceden hazırlanmış bir kalıp boşluğuna doldurulması ile parça imalatını kapsamaktadır. Bir döküm işlemi genel olarak; istenen parçanın resminin çizilmesi, model yapımı, maça yapımı, kalıplama, metali ergitme ve kalıba boşaltma, kalıp bozma ve temizleme operasyonlarından oluşmaktadır.

Kalıplama, imal edilecek parçanın şeklinin oluşturulduğu ve sıvı malzemenin içine döküldüğü kalıpların, kalıp malzemesini sıkıştırarak elde etme işlemidir. İmal edilecek parçanın şekil, boyut ve yüzey tamlığı açısından kalıplamaya kadar yapılan işlemler arasında bir hazırlık süresidir. Bu bakımdan döküm tekniğinde, en önemli hazırlık safhası ve kaliteyi etkileyen işlem kalıbın hazırlanmasıdır (Ülker, 2006).

Günümüzün teknolojisine paralel olarak döküm yöntemleri ile birlikte kalıplama yöntemleri de gelişmektedir. II.Dünya savaşıdan sonra ve özellikle son 30 yıl içerisinde hızla gelişen döküm tekniği ile birlikte kalıp malzemeleri hazırlanmasından kalıbın bozulmasına kadar her işlemde birçok yenilikler uygulanmaya başlanılmış ve başarı kazanılmıştır.

Kalıplama tekniğindeki gelişmelerin amacı, kalıp malzemesinin homojen sıkıştırılması, iyi dayanım ve gaz geçirgenliği özelliklerinin kazandırılması ve bu yolla boyut, yüzey ve şekil tamlığının sağlanmasıdır. Ancak tekniğin insan gücü ve diğer girdiler bakımından ekonomik olması ve özellikle seri üretime uygun olması da amaçlar kapsamındadır. Kalıplama alanındaki araştırmalar daha çok en yaygın olarak kullanılan kalıp malzemesi kumun sıkıştırılması, bağlayıcı malzemenin türü ve özellikleri, model malzemesi ve üretimi, modelin sürekli veya kaybolan model olması ile modelin kalıptan çıkartılması konularında yoğunlaşmıştır. Böylece kalıp kumunun sıkıştırılmasında makineler kullanılmaya başlanmıştır. Kalıplama makineleri ile genelde elle yapılan işlemler makine ile yapılmaya başlanmıştır.

Kalıplama makinelerinde, yüzey ve boyut hassasiyetini arttırmak, maliyeti düşürmek ve üretim hızını arttırmak için büyük gelişmeler sağlanmıştır. 1950'li yıllardan sonra ortaya çıkan hava sıkıştırıcılı kalıplama makinelerinden sonra otomatik kalıplama makineleri, derecesiz otomatik kalıplama makineleri gibi üretim hızını ve kalitesini arttıran makineler geliştirilmiştir (Çelik, 1986; Oskan, 1987).

Uluslararası literatürde "Derecesiz Düşey Kalıplama" veya "Dikey Parçalı Derecesiz Kalıplama" (Vertical Flaskless Molding ya da Vertically Parted Flaskless Molding) olarak geçen bu sistem pratikte Disamatik kalıplama olarak tanınmaktadır. Disamatik, kalıplama yöntemini geliştiren bir Danimarka firmasının sisteme verdiği isimdir. Söz konusu firmanın ticari unvanının baş harflerini (Disa Industri Syndikat A/S) temsil etmektedir. Ayrıca yöntemin otomatik özelliğinin anlatımı için "Disa" kelimesine "matik" eklenerek "Disamatik" ismi oluşturulmuştur.

Bilindiği gibi teknolojik gelişmeler ile ulaşılmak istenen, genel olarak daha mükemmelini daha uygun koşullarda elde etmek veya üretmektir. Döküm endüstrisinin seri üretime geçtiği dönemlerde, her kalıp için kullanılması gereken "derece" özellikle seri üretimde sorunlar yaratıyordu. Maliyet, taşıma, depolama, kalıp bozmadaki problemler gibi olumsuz etkilerinden kurtulmak amacıyla derece kullanımına gerek duymayan kalıplama yöntemi arayışları 1958-1960'lı yıllarda Danimarka ve İngiltere'de yoğunluk kazanmıştır. Nihayet Danimarka'da Disa firması bu yöntemi geliştirerek 1964 yılı sonlarında üretime yönelik kullanıma başlamıştır. Döküm endüstrisinin çok önemli yeniliklerinden biri olan bu yöntem özellikle son yirmi yıl içerisinde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur.

Kalıpların derecesiz ve dikey konumlu olması yöntemin en çarpıcı iki özelliğidir. Klasik döküm yöntemlerinde alt ve üst kalıp, derece adı verilen muhafazalar içinde oluşturulmaktadır. Ayrıca alt ve üst kalıp yatay olarak üst üste konulmak yoluyla kalıplama işlemi yapılmaktadır. Disamatik kalıplamada ise bir çeşit alt ve üst kalıp olan kalıp yarıları dikey olarak yan yana bulunmakta ve oluşturulan kalıp boşluğuna sıvı metal girişi de bu forma uygun olarak üstten yapılmaktadır. Diğer taraftan kalıpların etrafında derece gibi herhangi bir sınırlayıcı bulunmamakta, kapalı bir oda içerisinde sıkıştırılarak şekillendirilen kalıp yarıları, sıkıştırılmış kum blokları halinde yan yana getirilmek suretiyle kalıplama olayı gerçekleştirilmektedir (Çelik, 1986; Sönmez, 1991).

1.1 Kum Kalıplama Yöntemleri

Kalıplama işlemi bir çok değişik şekilde ve değişik kalıp malzemesi ile yapılabilir. Kalıp malzemelerinin (kum, seramik, alçı, metal vb.) seçimi, istenen parça sayısı, yüzey kalitesi, boyut hassasiyeti ve malzeme türü dikkate alınarak yapılmaktadır.

Kum kalıplama, tüm yöntemler içinde en yaygın olanıdır. Çok farklı büyüklükte parçalara uygulanışı, kalıplama maliyetinin az oluşu, seri üretime uygun oluşu gibi sağladığı bir çok üstünlük nedeniyle tercih edilmektedir. Bu yöntemin esasında eldeki kum özel bir bağlayıcı ile karıştırılır ve imali istenen parça modelinin yardımıyla döküm yapılacak kalıp boşluğu elde edilir. Kalıp malzemesi olan kum beraberinde kullanılan bağlayıcı türüne göre bir çok kalıplama yönteminin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Kum kalıplama yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Sönmez, 1991; Avcı, 1992; Çiğdem, 1996).

Kum kalıplama yöntemleri;

A. Kil bağlayıcılı kalıplar

- 1.) El ile kalıplama
 - a) Model ile derece içinde kalıplama
 - b) Masterla kalıplama
 - c) Yerde kalıplama
- 2.) Makine ile kalıplama
 - a) Sıkıştırma (Basma)
 - b) Sarsma
 - c) Sarsma - sıkıştırma
 - d) Üfleme ile
 - e) Hava basıncı ile
 - f) Gaz basıncı ile
 - g) Derecesiz otomatik kalıplama (Disamatik ve Üniversal)

B. Kimyasal bağlayıcılı kalıplar

- 1.) İnorganik bağlayıcılı
 - a) Çimentolu kalıplar
 - b) Cam sulu kalıplar
- 2.) Organik bağlayıcılı
 - a) Kabuk kalıp yöntemi
 - b) Sıcak kutu yöntemi

- c) Soğuk kutu yöntemi
- d) Dondurulmuş kalıp yöntemi

C. Fiziksel bağlayıcı kalıplar

- 1.) Vakumla kalıplama yöntemi
- 2.) Magnetik kalıplama yöntemi

1.1.1 Kil Bağlayıcı Kalıplar

Bu tür kalıplarda kullanılan kalıp malzemeleri, bileşenlerinin istenilen şekilde ayarlanabildiği yarı sentetik kalıp malzemeleridir. Genel olarak belirli fiziksel özellikleri ihtiva eden silis kumu (SiO_2), bağlayıcı bentonit ($m\text{Al}_2\text{O}_3$, $n\text{SiO}_2$, $p\text{H}_2\text{O}$) ile kullanılmaktadır. Bu karışım, el ile ve makine yardımıyla kalıplama durumuna göre ikiye ayrılmaktadır.

El ile kum kalıplama yöntemleri: Az sayıda ve çok büyük parça üretimi için kullanılmaktadır. Kuma nihai şekil verme işlemi manuel olarak çeşitli araçlar kullanılmak suretiyle, sıkıştırılarak gerçekleştirilir. Döküm işlemi esnasında yer çekimi kuvvetinden yararlanır. 400 tona kadar parçaların dökümü mümkündür. El ile kum kalıplama yöntemleri, model ile derece içinde kalıplama, masterla kalıplama ve yerde kalıplama olarak üçe ayrılmaktadır [8].

Model ile derece içinde kalıplama, insan gücü ile çok az sayıda parça üretimi için kullanılır.

Masterla kalıplama, model kullanılmayan, parça boşluğunu bir masterın oluşturduğu kaba işlerde kullanılır.

Yerde kalıplama, çok büyük parçaların (1-100 ton) üretiminde, gerekli rijitliği sağlamak için toprağa çukur açılarak uygulanır (Sönmez, 1991).

Makine ile kum kalıplama yöntemleri: Kalıplama makineleri daha önce el ile yapılan ve harcanan zaman açısından daha büyük maliyeti olan pek çok işi başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Makine kalıplama en iyi küçük ve orta büyüklükteki parçaların kalıplamasına uygun olmakla birlikte büyük boyutlu parçaların üretiminde kullanılmaktadır.

El ile kalıplamaya göre üretim miktarı çok daha fazladır ve birim parça maliyeti düşüktür. Ayrıca modeller, model plakasına bağlı olduğundan dolayı daha hassas model çekimi gerçekleşmekte bunun sonucunda da kalıptaki bozulmalar azalmakta ve daha az kalıp onarımı yapılmaktadır. Sıkıştırma koşulları sabit olduğundan kalıpta homojen bir sıkışma

sağlanmaktadır. Bir diğer üstünlüğü de kalifiye eleman ihtiyacına gerek duyulmaz. Makineler hidrolik, pnömatik ya da elektromekanik güç ile çalışırlar.

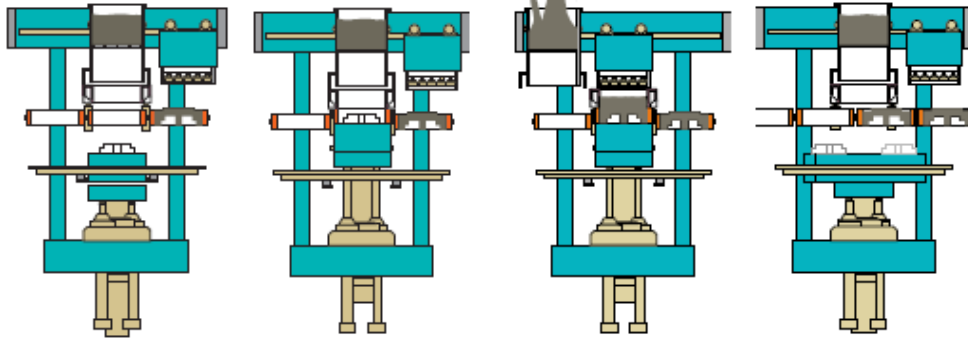
Bu kalıplama makineleri, sıkıştırma (basma), sarsma, sarsma ve basma, üfleme, hava basıncı ile, gaz basıncı ile, derecesiz otomatik kalıplama (disamatik ve üniversal) olarak sınıflandırılmaktadır [1,8].

1.1.1.1 Sıkıştırma (Basma) Tipi Kalıplama Makinesi

Kalıp boşluğuna kum doldurulduktan sonra sıkıştırılır. Sıkıştırma hidrolik ya da hava basıncı ile sağlanır (Şekil 1.1). Sıkıştırma makineleri daha çok sığ ve hafif işler için iyi sonuçlar verir. Derin ve dar dikey kanallar problem yaratabilmekte ve makineden önce bu kısımları elle işlemek gerekir [1].

Makinede kolon üstüne monte edilmiş bir plaka ve yüksekliği ayarlayan bir stoper vardır. Bir basınç silindiri modeli yukarı doğru kuma iter. Önce kumun %25-33 sıkışması için duran model plakası derecenin yüzünden daha aşağıdadır ve bu konumda tutulur. Sonra kum alt plaka tarafından sıkıştırılır. Sıkıştırmanın üst limitinde kalıp yüzeyi de sağlanmış olur. Daha sonra model plakası aşağı iner ve kalıp modelden ayrılır.

Sıkıştırma, alttan yukarı doğru olduğu gibi yukarıdan aşağı doğru da olabilir (Çelik, 1986).



Şekil 1.1 Sıkıştırma tipi makinelerle kalıplama [7]

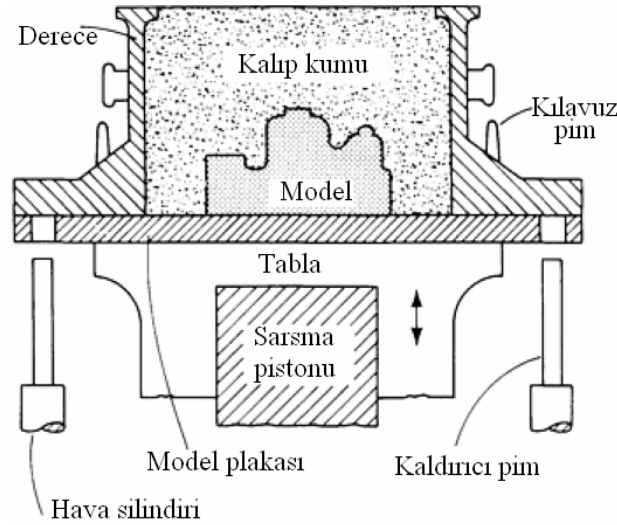
1.1.1.2 Sarsma Tipi Kalıplama Makinesi

Kumla dolu kalıplamaya hazır derecenin düşey yönde sarsılması yoluyla kalıplamanın gerçekleştirildiği makinelerdir. Sıkışma işlemi, düşme hareketinde kumun kinetik enerjisinden yararlanılarak yapılır. Sarsma, pistonuna hava verilerek derece, kum ve model düşey yönde yukarı kaldırılır ve daha sonra bu elemanlar ağırlıklarının etkisiyle aşağıya inerek gerçekleşir.

Bu işlemler birkaç kez tekrarlanarak sıkıştırma sağlanır (Şekil 1.2).

Maksimum basınç modelin yüzeyine yakın bölgelerinde oluşurken derecenin üst kısmı tamponla sıkıştırılarak kalıp döküme hazırlanır.

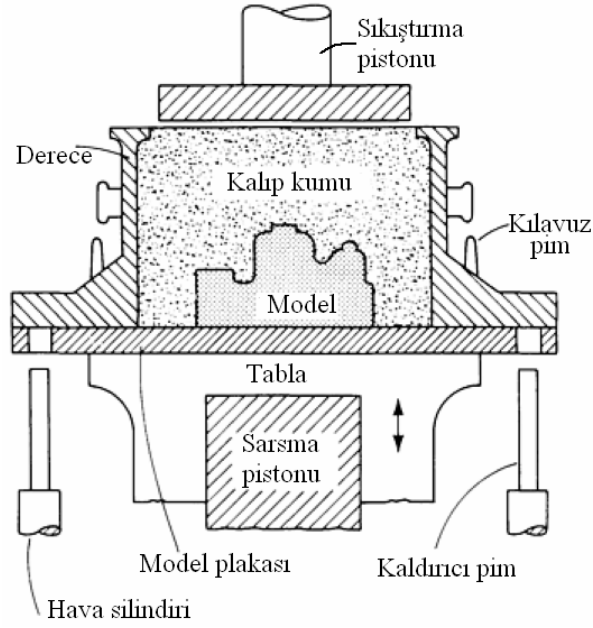
Her kalıba verilen sarsma sayısı ihtiyaçlara göre değişir. Genellikle küçük sarsmalardan çok sayıda kullanmak daha iyidir. Büyük düşme yüksekliklerinde, döküm kalıbı ve makine zarar görebilmektedir. Sıkıştırma tablası mükemmel bir dengede olmalıdır aksi takdirde kalıp farklı sıkışacaktır (Çelik, 1986).



Şekil 1.2 Sarsma kalıplama makinesi elemanları (Brown, 1998)

1.1.1.3 Sarsma-Sıkıştırma Tipi Kalıplama Makinesi

Sıkıştırma ve sarsma kalıplama makinelerinin karışımı olan makinelerdir. Sarsma ve sıkıştırma hareketi, tek makine ile yapılan sıkıştırmadan daha verimli olmaktadır. Özellikle derin kalıplarda, kalıbın üst kısmı sarsma işleminden sonra düzgün olarak sıkıştırılmaktadır [1]. Kalıp, model ve derece, sarsma pistonu, verilen hava ile düşey yönde yukarı kaldırılma ve sonrada kendi ağırlıkları ile aşağı inme işlemlerinin birkaç kez tekrarlanması ile sarsma yapılır. Daha sonrada sıkıştırma pistonu yardımıyla kalıba üstten basılarak sıkıştırma sağlanır (Şekil 1.3). Makineler orta ağırlıkta dökümler için olduğu kadar hafif ve ince kalıplar içinde uygundur (Çelik, 1986).

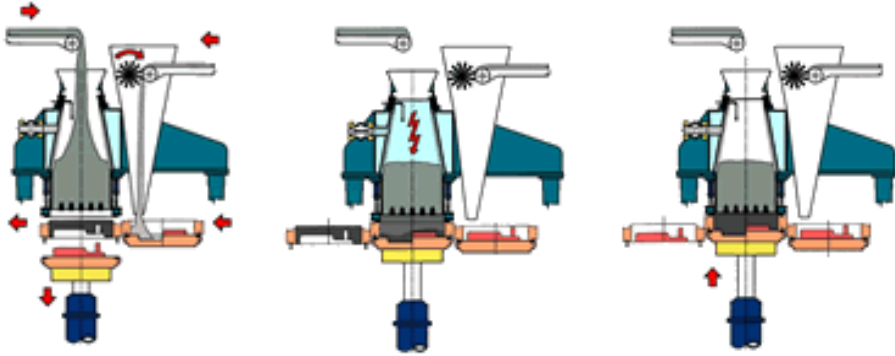


Şekil 1.3 Sarsma-sıkıştırma kalıplama makinesi elemanları (Brown, 1998)

1.1.1.4 Üfleme Tipi Kalıplama Makinesi

Bu makineler yüksek çalışma hızlarında tatminkar olmayan sarsma-sıkıştırma kalıplama makinelerinin yerini almıştır. Bu tip makinelerde, kum belirli bir hızla, üfleme kafası içindeki yarıklardan model plakasının oluşturduğu odaya üflenir. Daha sonra bu kuma belirli bir basınç uygulanarak sıkıştırma işlemi gerçekleştirilir (Şekil 1.4). [7]

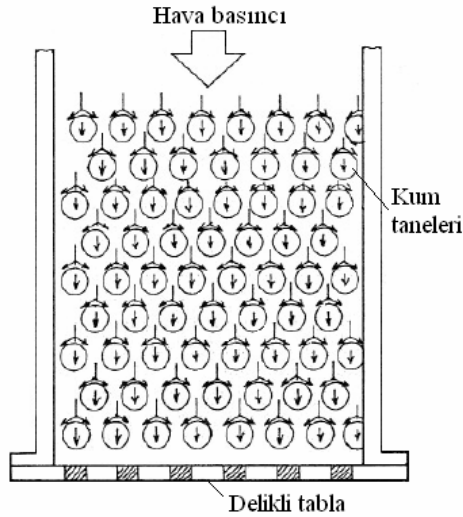
Sarsma-sıkıştırma tipi makinelere göre üstünlükleri; Yüksek çalışma hızı, daha az kum ihtiyacı, daha uzun makine ömrü, daha basit altyapı ihtiyacı, daha ekonomik olması, daha iyi boyutsal stabilite, daha az gürültü olarak sıralanabilir (Çelik, 1986).



Şekil 1.4 Üfleme tipi kalıplama makinesinde işlem adımları [7]

1.1.1.5 Hava Basıncı İle Kalıplama Yöntemi

Bu sistemin prensibi, dereceler içerisinde bulunan kil bağlayıcılı kalıp kumu üzerine basınçlı hava etki ettirilerek kum tanelerinin sıkıştırılması temeli dayanır (Şekil 1.5). Derecenin altına konan delikli bir tabla ile havanın alt tabakalara kadar ulaşması sağlanır. Delikli tabla havayı geçiren fakat kumu geçirmeyen bir yapıdadır. Ayrıca tabladaki delikleri gereğince büyültüp küçülterek derecenin alt tabaklarındaki sıkıştırmanın da homojen olması sağlanır. Kil bağlayıcılı kumlar için uygun bir kalıplama yöntemidir. Basınçlı hava donanımı gerektiren bu sistemde normal kalıp sertliği ortalama 4-5 atmosfer basınç elde edilebilmektedir (Çelik, 1986; Sönmez, 1991).



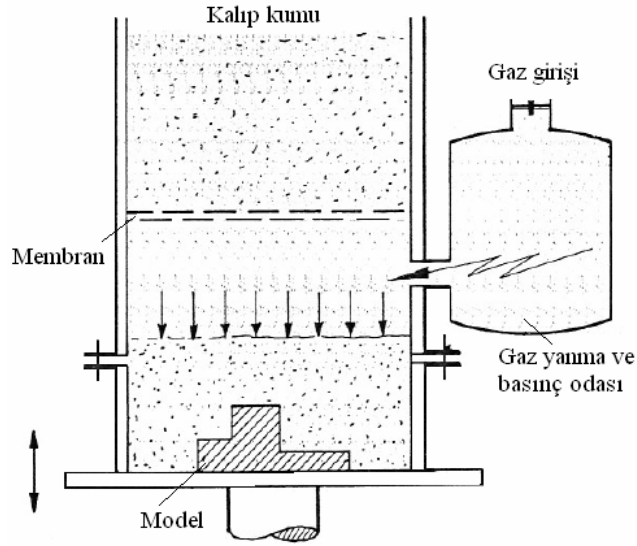
Şekil 1.5 Hava basıncı ile kalıplama (Çelik, 1986)

1.1.1.6 Gaz Basıncı İle Kalıplama Yöntemi

Bu yöntem 1980'li yıllarda İsviçre'de George Fischer firması tarafından geliştirilmiştir. Yöntem gaz patlamalı sıkıştırma olarak ta bilinmektedir. Hava basıncı ile kalıplamadaki basınçlı havanın işlevini burada infilak ettirilen gazın basıncı yapar (Şekil 1.6). Sistemde, modeli örtmüş bulunan kil bağlayıcılı kum üzerine gönderilen hava-gaz karışımı ateşlenir. Patlama sonucu oluşan basınç dalgaları ile kum sıkıştırılır. Patlama gazı olarak doğalgaz ya da likit gazlar (metan, propan, bütan vb.) kullanılır. Pratik bir sisteme olmasına rağmen hava/gaz oranının çok iyi ayarlanması gerekmektedir, aksi halde şiddetli patlamalar meydana gelebilmektedir.

Gaz basıncı ile kalıplamanın üstünlükleri; yüksek gaz geçirgenliği, daha az enerji ihtiyacı,

karışık şekilli parçalarda dahi homojen sıkışma, tek operasyonda hızlı sıkıştırma, daha basit konstrüksiyon olarak sıralanabilir (Çelik, 1986; Sönmez, 1991).



Şekil 1.6 Gaz basıncı ile kalıplama (Çelik, 1986)

1.1.1.7 Derecesiz Otomatik Kalıplama

Derecesiz otomatik kalıplama yönteminde esas itici güç kum bağlayıcılarından gelmektedir. Özellikle maliyet açısından dereceli kalıplama ile karşılaştırıldığında gerek derece maliyeti, gerek depolama ve gerekse konveyörlerdeki büyük oranda azalma ortadan kalkmaktadır. Bu durum, ayrıca derece sayısı ile sıvı metal miktarı arasındaki ilişkinin ortadan kalkmasında büyük önem taşımaktadır (Şekil 1.7).

Kalıplamadaki bütün işlemler (alt ve üst kalıbın oluşturulması, maça yerleştirme ve kalıp kapama) bir ünite içinde seri halde yapılabilmektedir [1].



Şekil 1.7 Derecesiz otomatik kalıplama [1]

Derecesiz otomatik kalıplama, kalıp bölme yüzeyinin durumuna göre ikiye ayrılmaktadır. Bölme yüzeyi yatay olan Üniversal otomatik derecesiz kalıplama, bölme yüzeyi düşey olan Disamatik kalıplama şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Üniversal otomatik derecesiz kalıplama yöntemi yatay olarak kalıplama yapan gruba girer. Bu yöntemde kum, kalıba püskürtülerek değil normal dökülerek yani yerçekimi etkisi ile doldurulur. Bu durumda kuma aynı zamanda havalanmış olmakta ve kum model üzerine homojen olarak yayılmaktadır. Böylece kalıp doldurma esnasında plakalı model aşınması da en aza indirgenmiş olmaktadır. Üniversal kalıplama makinesi, alt ve üst derecelerinin otomatik olarak doldurulması ve aynı sıkıştırılması esasına dayanmaktadır. Daha sonra otomatik olarak kalıp ve model çıkarılırlar (Sönmez, 1991).

Disamatik kalıplama ile ilgili detaylı bilgi sonraki bölümde verilecektir.

1.1.2 Kimyasal Bağlayıcı Kalıplar

Bu grupta bağlayıcı malzeme olarak organik ve inorganik bağlayıcılar kullanılır. İnorganik bağlayıcı kalıplar, çimento ve camsuyu bağlayıcı kalıplardır. Organik bağlayıcı kalıplar, kabuk kalıp, sıcak kutu, soğuk kutu ve dondurulmuş kalıp yöntemleriyle oluşturulan kalıplardır (Sönmez, 1991).

1.1.2.1 Çimento Bağlayıcı Kalıplar

Kimyasal bağlayıcı kalıplar içerisinde en az kullanılan kalıplar çimento bağlayıcı kalıplardır. Burada kullanılan bağlayıcı kısa sertleşme süreli özel bir çimentodur. Kalıba en fazla %18 oranında çimento, %5-10 oranında su katılır. Karışımı dökümden sonra dağılmayı kolaylaştıracak ilaveler de yapılır. Bu ilaveler ayrıca modelin kalıptan sıyırılmasını da kolaylaştırır ve metalin büzülme yırtılmalarını azaltır. Bu kalıp kumlarını yeniden kullanmak mümkün değildir. Büyük parçaların dökümünde, kalıp dayanımı arttırmak için son seçenek olarak çimento bağlayıcı olarak kullanılır. Kalıbın bozulması ve özellikle varsa maçanın çıkarılması büyük zorluklar çıkardığından zorunlu olmadıkça tercih edilmez (Çiğdem, 1996).

1.1.2.2 Camsuyu Bağlayıcı Kalıplar

Camsuyu (sodyum silikat) viskoz bir sıvı olup, kum taneleri arasında düzgün şekilde dağılması iyi bir karıştırma ile sağlanır. Bu durumda mukavemeti düşük olan bu kum-sodyum silikat karışımı CO₂ gazı geçirilerek birkaç dakikada taneler arasında kuvvetli bir bağ meydana getirilir.

Bu karışıma kaolin kili, alüminyum oksit ve şeker gibi ilaveler de yapılır. Kil, kalıp stabilitesini artırır. Alüminyum oksit sıcak mukavemeti yükseltir. Şeker ise dökümden sonra kalıptaki kalıcı mukavemeti azaltır ve dağılabilme özelliğini artırır. Tipik karışım, %3,3 sodyum silikat, %1,7 alüminyum oksit, %2 şeker ve geriye kalan kısmı da kum içerir. Karıştırma süresi toplam 3-5 dakikadır.

Camsulu bağlayıcılı kum, pahalı olduğundan ve geri dönüşümünün olmamasından dolayı genellikle maça yapımında kullanılırlar [1].

1.1.2.3 Kabuk Kalıp Yöntemi

Kabuk kalıplama yönteminde ısıtılmış bir model etrafına oluşturulan “kum ve ısı ile sertleşen (thermosetting) reçine bağlayıcı” karışımında meydana gelir. Klasik olarak alt ve üst kalıp şeklinde hazırlanan kalıplar arasına döküm yapılır ve birkaç gramdan 180 kg’a kadar hem demir esaslı hem de demirdışı metal ve alaşımları dökmek mümkündür.

Yöntemin başlıca üstünlükleri:

- Boyutsal hassasiyet yaş kum kalıplama yöntemine nazaran daha yüksektir. Dolayısıyla parçanın son şeklini alması için gerekebilecek işlemler azalmaktadır.
- Döküm yüzeyleri yaş kum kalıplamaya oranla daha düzgündür.
- Daha az kum gerektirir.
- Dizayn açısından daha az sınırlama vardır.

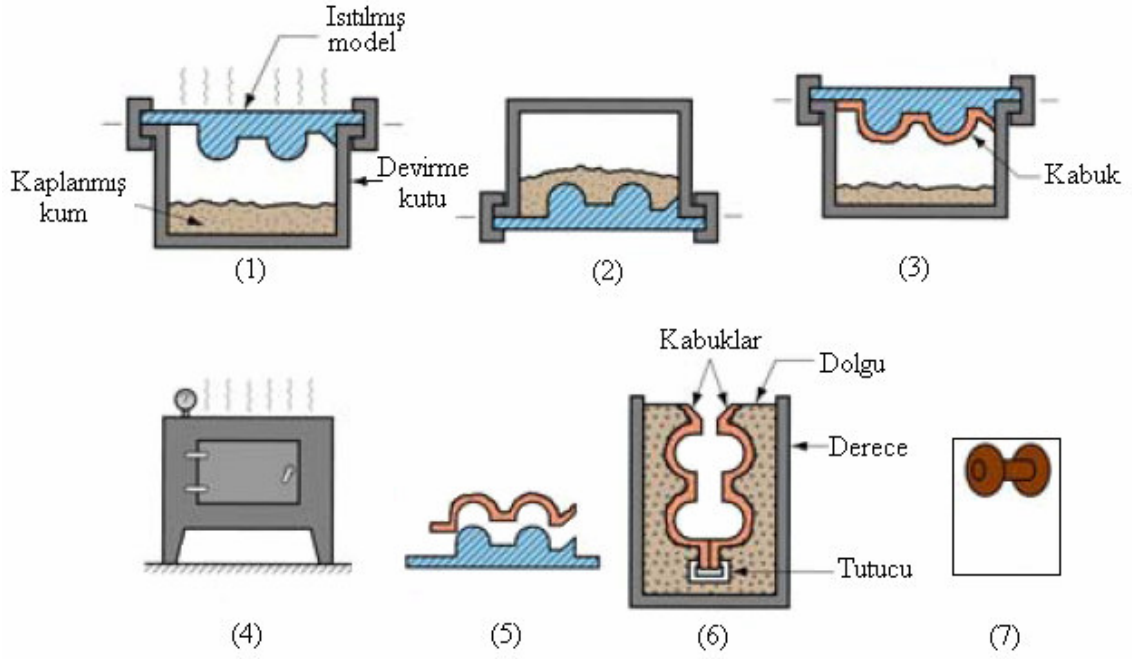
Yöntemin sınırlamaları:

- Maksimum döküm ağırlığı ve boyutları sınırlıdır.
- Metalden olması gerekli modeller pahalıdır.
- Reçine pahalı bir bağlayıcıdır.
- Daha karmaşık cihazlara ihtiyaç duyulur.
- Döküm sırasında buhar dışında kimyasal gaz çıkışı da olur.

Kabuk kalıplama döküm 7 temel aşamadan oluşur (Şekil 1.8).

- 1) Model, herhangi bir yöntemle (~250°C) civarına kadar ısıtılır.
- 2) Kum-reçine karışımı model üzerine konur. Sıcak model ile temasta olan reçine eriyerek kabuk oluşumunu sağlar.
- 3) İstenilen kabuk kalınlığı elde edildiğinde model ters çevrilir ve fazla reçine+kum karışımı geriye kazanılır.

- 4) Model üzerindeki kabuğun son sertleşmesi 400°C fırın içinde yapılır.
- 5) Sertleşme tamamlandıktan sonra model kalıptan sıyrılır.
- 6) Kalıbın iki parçası (alt ve üst) birleştirilerek kalıp boşluğu döküme hazır hale getirilir.
- 7) Döküm parça elde edilmiş olunur [1,3].



Şekil 1.8 Kabuk kalıba döküm işlem adımları [3]

1.1.2.4 Sıcak Kutu Yöntemi

Sıcak kutu yöntemi, özellikle küçük ve ince maçaların seri üretimine uygundur. Gaz hatası problemi olmayan parçalarda kullanılır. Önce kum karışımı hazırlanır. Kum taneciklerinin üzeri, organik bağlayıcı (reçine) ve bir hızlandırıcı (serter), belirli bir miktar ilave edilerek ve belirli bir süre karıştırılarak ince bir film şeklinde kaplanır. Bu karışım, hava basıncı ile sıcak durumdaki maça sandığının içine üflenir. Pişme süresi sonunda kalıplar açılarak maça elde edilir. Reçine ve serter, sıcaklık yardımıyla kısa sürede kum tanelerini birbirine bağlamaktadır.

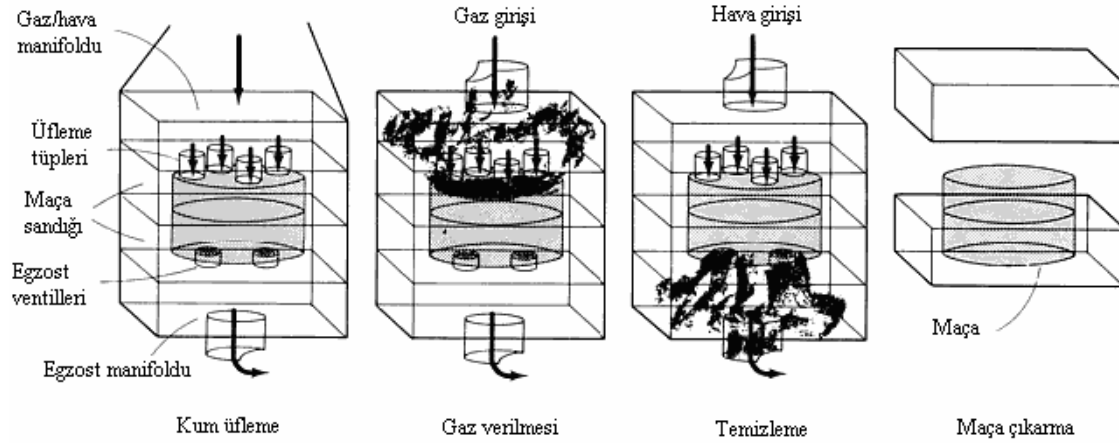
Sıcak kutu reçinesi olarak Furan reçinesi, sertleştirici olarak serter kullanılır. Kum karışımı, %2,5 furan reçinesi ve reçine miktarının %25'i kadar serter ilave edilir. Normal ortam şartlarında kum karışımının ömrü yaklaşık 6 saattir. Maça sandığı sıcaklıkları 180-230°C arasında olmalıdır. Daha düşük sıcaklıklarda maçalar sertleşmez, daha yüksek sıcaklıklarda ise

rahatsız edici gaz çıkışı artışının yanı sıra kum ufalanması meydana gelir. Karışımın üfleme basıncı 6-6,5 bar'dır (Brown, 1998).

1.1.2.5 Soğuk Kutu Yöntemi

Soğuk kutu yöntemi, kumun iki ayrı bağlayıcı ile karıştırıldıktan sonra gaz katalizör ile pişirilmeksizin sertleştirildiği yöntemdir. Sertleşme hızı yüksektir. Bağlayıcı olarak aromatik hidrokarbür içerisinde ergiyik olarak bulunan reçine ve izosiyanat kullanılır. Genellikle ağırlıkça %1 ve %1 şeklinde eşit oranlarda ilave edilirler. Genellikle maça yapımında kullanılırlar.

İki ayrı bağlayıcı ile karıştırılarak oluşturulan nemli kum karışımı maça sandığının içerisine üflenir. Maça sandığının üst kısmında gaz girişi manifoldu, alt kısmında ise egzost manifoldu bulunmaktadır. Katalizör gaz, üfleme tüplerinden girerek ve maçanın içerisinden geçerek karışımı sertleştirir. Çıkan gazlar egzost manifoldundan dışarı verilir. Maça sandığı birkaç saniye hava ile temizlendikten sonra maça çıkarılır (Şekil 1.9) (Brown, 1998).

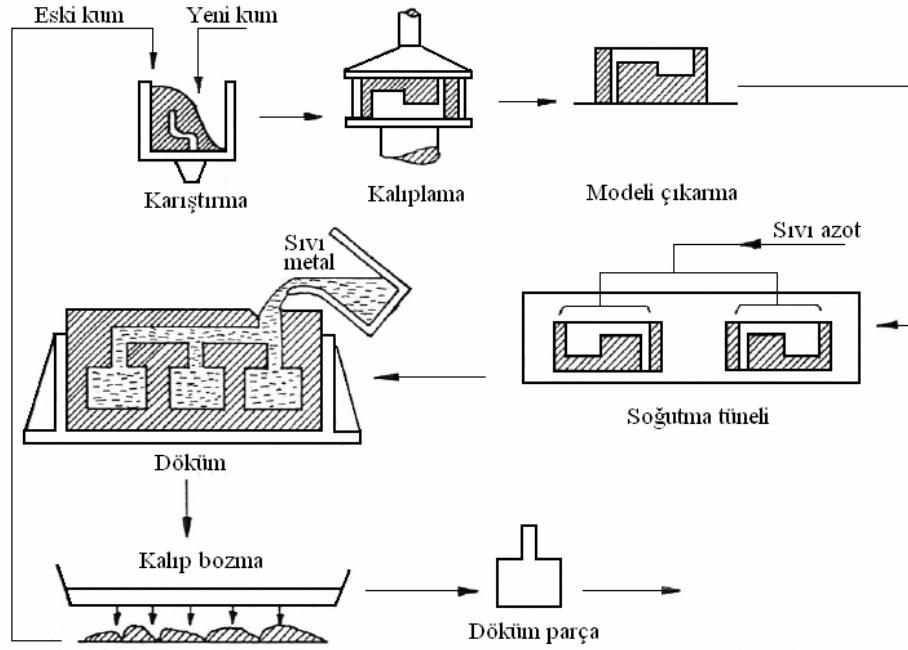


Şekil 1.9 Soğuk kutu yöntemi (Brown, 1998)

1.1.2.6 Dondurulmuş Kalıp Yöntemi

Dondurulmuş kalıp yöntemi, kumun refrakter özelliğini negatif sıcaklıklarda kaybetmemesi özelliğine dayanılarak geliştirilmiştir. Sıfırın altında ve üstünde, belli sınırlar içinde değişimi de refrakter özelliği bozmamaktadır. Kumun dondurulmuş kalıp yönteminde kullanılmasını sağlayan ilginç bir özelliği de nemlendirilmiş kumun dondurulduğu zaman gaz

geçirgenliğinin düşen negatif sıcaklıkla orantılı olarak artmasıdır (Çelik, 1986).



Şekil 1.10 Dondurulmuş kalıp yöntemi işlem adımları (Çelik, 1986)

Dondurulmuş kalıp yönteminde kalıp malzemesi olarak başlangıçta, kilsiz temiz kum yaklaşık %5-8 kadar nemlendirilerek kullanılmıştır. Daha sonra kalıplama aşamasında kuma dayanım kazandırmak için çok az miktarda kil ilave edilmeye başlanmıştır.

Yöntem, kalıp malzemesinin bilinen normal usullerde kalıplandıktan sonra genellikle model çıkarılmadan (kil ilaveli kalıp kumu kullanıldığında model çıkarılabilir) dondurulması olarak belirtilebilir. Dondurma işlemi soğutma tünellerinde kalıptan sıvı azot veya karbondioksit geçirilmesi ile ya da soğuk ve kapalı bekletilerek yapılabilir (Şekil 1.10).

Dondurulmuş kalıp yönteminde tünellerde dondurulan kalıp yazıları sonradan düşey olarak birleştirilerek kalıp boşluğu oluşturulmakta ve birkaç kalıp boşluğu için ortak bir yolluktan sıvı metalle doldurulmaktadır. Bunun nedeni dondurulmuş kalıplarda sıvı metalin kalıp yüzeylerinden daha az bir sürtünme ile akması ve metal penetrasyonunun düşük olmasıdır. Ayrıca kalıp hazırlama ve bozma işlemlerinin kısa ve kolay olması, kumun soğutulmasını gerektirmemesi gibi nedenlerden ekonomik bir yöntemdir (Çelik, 1986).

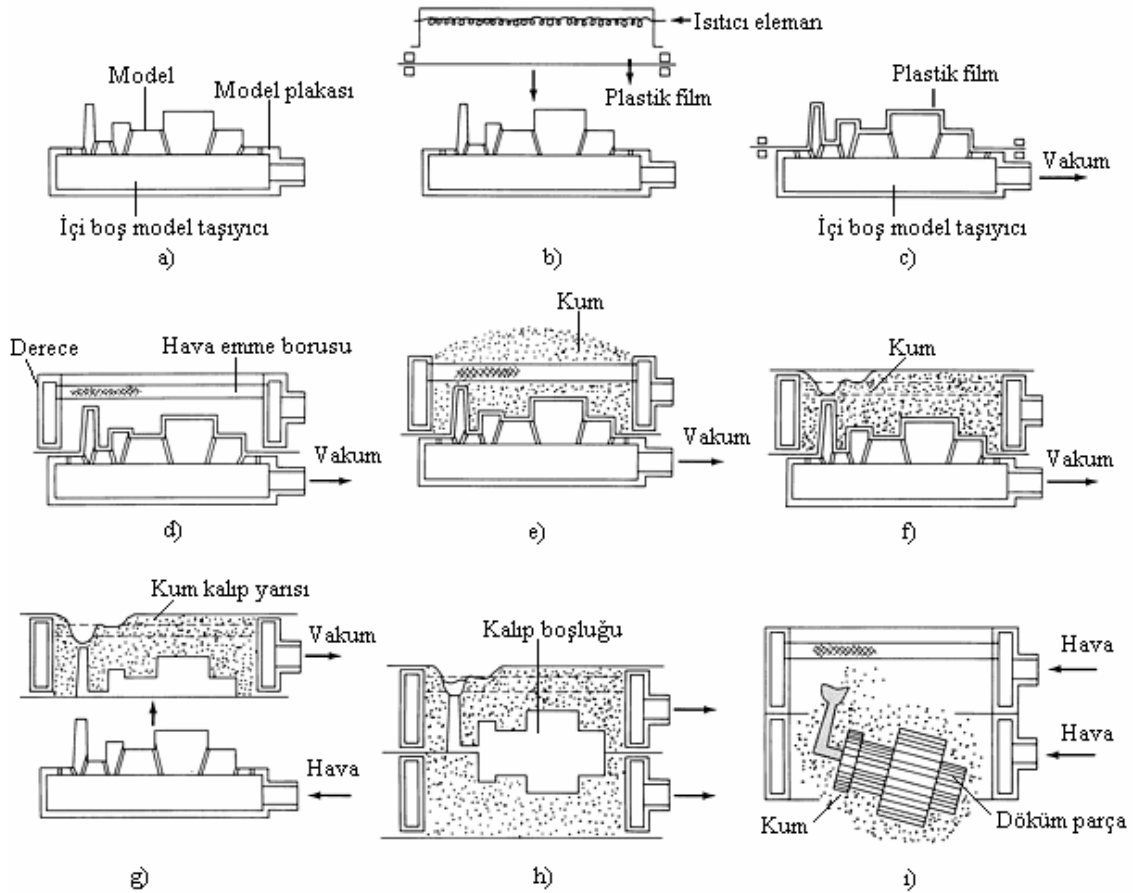
1.1.3 Fiziksel Bağlayıcı Kalıplar

Bu gruba giren kalıplama yöntemlerinin hepsi yeni tekniklerin uygulandığı yöntemlerdir. Kalıp malzemesi olarak bir kısmında kuru kum, bir kısmında ise magnetik metal granülü kullanılmaktadır. En önemli özelliği bağlayıcı malzeme kullanılmaması olan bu yöntemler;

- Vakumla kum kalıplama (V-yöntemi),
- Magnetik kalıplama yöntemleridir.

1.1.3.1 Vakumla Kum Kalıplama Yöntemi

1972’de Japonlar tarafından geliştirilen bu yöntemde geleneksel kalıp kumu karışımlarından sadece kum bulunur. Herhangi bir bağlayıcı ve nem bulunmaz ve sadece ince taneli kumun kullanıldığı bu yöntemde kalıp şekli vakum ile verilir. Şematik olarak yöntem Şekil 1.11’de verilmiştir.



Şekil 1.11 Vakumla kalıplama yöntemi işlem adımları [1]

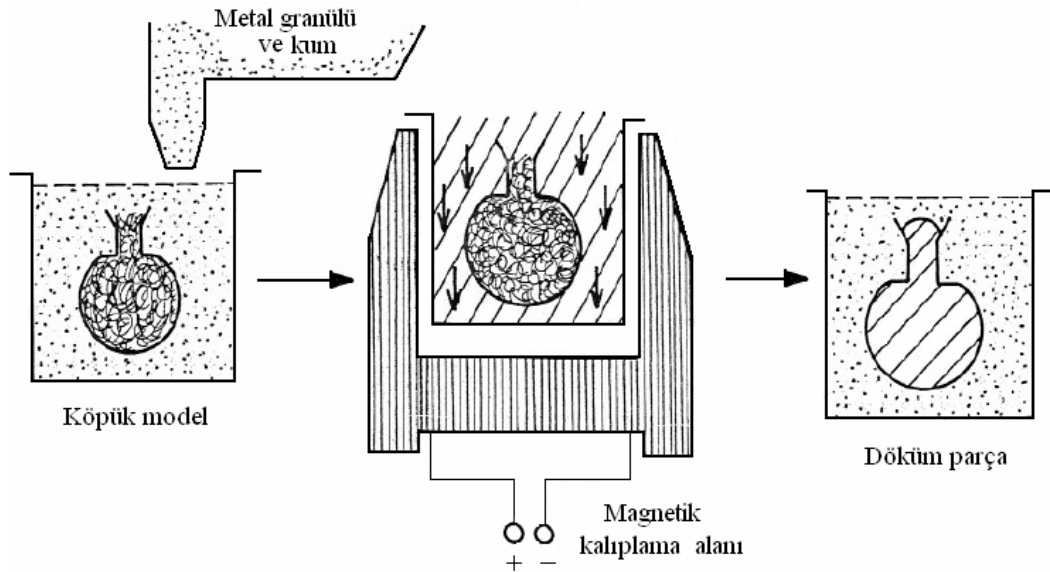
Kum kitleleri plastik bir film ile şekillendirilip çevrelenir. İşlem sırasında gerilmiş plastik film gaz veya elektrik ısıtıcı ile birkaç dakika ısıtılır (b). Isınarak yumuşayan 0.05-0.1 mm

kalınlığında olan film model yüzeyine yaklaştırılır. Taşıma kutusuna vakum uygulanır ve film modele sıkıca yapışır (c). Filmle kaplanmış modele kalıplama kutusu yerleştirilir (d). Derece kuru kum ile doldurulur ve hafif titreşim ile sıkılaştırma yapılır (e). Yolluk sistemi oluşturulduktan sonra kumun üstü plastik film ile kaplanır (f). Bu işlem sırasında kalıp sertleşir. Model kutusuna uygulanan vakum kaldırıldığında modelin şeklini almış olan plastik film kalıplama kutusunda sıyrılarak ayrılır (g). Aynı şekilde hazırlanan kalıplar alt-üst veya sağ-sol şeklinde yerleştirilerek kalıp boşluğuna döküm yapılır. Döküm sonrası vakum kaldırılır ve kum tanecikleri dağılarak döküm parçası alınır ve aynı kum kalıplama için tekrar kullanılır (Çelik, 1986; Brown, 1998).

1.1.3.2 Magnetik Kalıplama Yöntemi

1970'li yıllarda Almanya'da A.Wittmoser tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Magnetik kalıplama yönteminde kalıp malzemesi olarak, bağlayıcısız kum ve magnetik metal granülleri (0,1-0,5 mm çaplı demir esaslı tanecikler) kullanılmakta olup modeller kaybolan köpük malzemeden yapılırlar. Kalıp malzemesinin sıkıştırılması (bağlama), kuma ilave edilen metal granüllerinin magnetik alan etkisi ile yapılmaktadır (Şekil1.12) (Çelik, 1986).

Köpük malzemenin geri dönüşümünün olmaması, pahalı olması ve köpük model sisteminin istenen gelişmeyi henüz tamamlayamaması nedeniyle çok yaygın değildir. Hızlı soğutmanın, sert yüzeyli ve boyutsal toleransların dar olmasının istendiği yerlerde kullanılabilir.



Şekil 1.12 Kaybolan modelle magnetik kalıplama (Çelik, 1986)

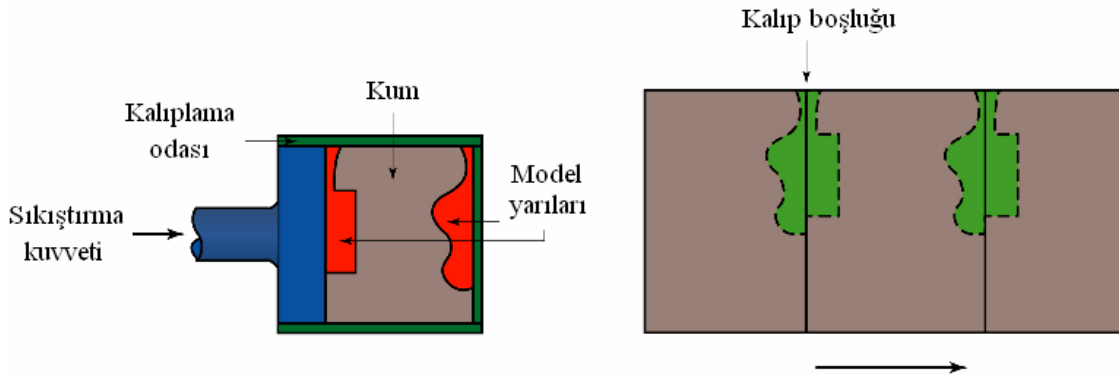
2. DİSAMATİK KALIPLAMA YÖNTEMİ

Disamatik kalıplama temel prensip olarak kapalı bir kalıplama odasına alınan kalıp kumunun bir piston ve karşı basınç plakası (veya bir piston-dayama sistemi) arasında sıkıştırılarak şekillendirilmesi olayıdır (Şekil 2.1). Şekillendirilen kum blokları kalıplama odasının dışına alınarak birbirlerine destek olacak şekilde yan yana dizilirler. Piston ucunda ve karşı basınç plakasında imal edilecek parçanın yarı modelleri bulunur. Bu nedenle kum bloğunun bir yüzüne pistondaki yarı model, diğer yüzüne ise karşı basınç plakasındaki yarı model şekil vermektedir. Dolayısıyla yan yana gelen iki kum bloğunun karşılıklı yüzleri dökümle imal edilecek parçanın kalıbını oluşturmakta, oluşan bu kalıp boşluğuna daha sonra üstten, ergimiş metal doldurularak döküm işlemi yapılmaktadır.

Mekanik sıkıştırımlı kalıplama sistemlerinin gelişmiş bir örneği olan Disamatik kalıplama, derece kullanmadan kalıp üretme amacına uygun olarak işleyen bir yöntemdir. Kalıplama işlemini pratik, kaliteli ve ekonomik bir şekilde sokarak, seri halde kalıp üretmek amacıyla geliştirilmiş olan komple bir döküm sisteminin kalıplama bölümünü oluşturur. Disamatik kalıplamanın diğer döküm sistemlerinden farkı olan kalıplama işlemidir.

Disamatik kalıplama, Disamatik makineleri olmaksızın kalıplama yapılamayacağı bilinmelidir. Bu, Disamatik kalıplamanın daha çok seri üretime uygun bir yöntem olduğunun göstergesidir.

Bugün dünyada Disamatik kalıplama makinelerinin tek üreticisi, yöneme ismini veren Disa firmasıdır. Üretici firma kalıp boyutları ve kapasitelerine göre çeşitli Disamatik kalıplama makineleri üretmiştir (Çelik, 1986; Oskan, 1987; Sönmez, 1991).



Şekil 2.1 Disamatik kalıplamanın temel prensibi [3]

2.1 Disamatik Kalıplamanın Üstünlükleri

Her yeni tekniğin kendinden eski mevcut tekniklere göre üstün tarafları olması doğaldır. Bu görüşle Disamatik kalıplama yönteminin de konvansiyonel kalıplama ve döküm yöntemlerine göre birçok üstün tarafları bulunmaktadır.

Derecesiz dikey kalıplama yönteminin ileri bir kalıplama yöntemi olarak ortaya çıkmasının sebepleri, mevcut yöntemlerin gelişen teknolojinin gereklerine üretimin hızı, miktarı, kalitesi, maliyeti, insan ve çevre sağlığı yönünden ayak uyduramamasıdır. Ayrıca gelişen teknolojiler üreticileri rekabete, dolayısıyla en iyisini en ucuza üretmeye zorlamaktadır. Bunların sonucu olarak ta üretimde insan faktörü işlevini makinelere bırakmakta, otomasyon olayı gerçekleşmektedir.

Disamatik kalıplama yöntemi de bir otomatik kalıplama şeklidir. Seri üretime yönelik bu yöntemin teknolojik üstünlüğü kalıplama sisteminin özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Kalıplama aşamasından başlayarak maça yerleştirilmesi, döküm işlemi ve katılma oluncaya kadar kalıpların taşınması işlemleri, insan hatasını ortadan kaldıran otomatik ve hassas makine operasyonları ile yapılır. Kalıp kumu, model ve giriş sistemlerinin de Disamatik prensiplerine göre düzenlenmesi ile amaçlanan kalitede dökümlerin üretilmesi mümkün olur. Ayrıca bu girdilerin yapım ve kullanım özellikleri uzun tecrübelerle standart hale getirilmiş ve rehber bilgiler olarak üreticilerin hizmetine sunulmuştur (Çelik, 1986; Sönmez, 1991).

Yöntemin üstün özellikleri ana başlıklar halinde şu şekildedir;

- Yüksek üretim kapasitesi
- Kaliteli döküm
- Düşük maliyet

2.1.1 Yüksek Üretim Kapasitesi

Disamatik kalıplama yöntemi hem ingot hem de sürekli işletme koşulları için elverişlidir. İşlem sürelerinin kısalığı, işlemlerin ardışık zaman aralıklarında ve makine alanı içinde tamamlanması, buna paralel olarak kalıplama kapasitelerinin yüksekliği ve otomasyon özellikleri yöntemi seri üretime daha uygun yapmaktadır.

Ortalama 75 kg sıvı metalin dökülebildiği kalıplardan saatte 300 kalıp üretilen bir Disamatik kalıplama hattında 8 saatlik bir çalışma ile teorik olarak 180.000 kg sıvı metalin dökümü olanaklıdır. % 65-70 çalışma verimi ve optimum çalışma şartlarında 115-125 ton/gün üretim kapasitesi gerçekleştirilmektedir. Değişen kalıp boyutları ve döküm geometrilerine

göre bu miktar yarı yarıya azalsa bile elde edilecek 50-70 ton/gün döküm kapasitesi hayli yüksek bir kapasitedir.

Kullanılan sıvı metal ağırlığı göz önüne alınmadan da üretim kapasitesinin yüksekliği görülebilir. Model plakası kullanım yüzeyi yada klasik kalıplamada mala yüzeyi tabir edilen kalıp yüzeyinin faydalı alanı, mevcut yüzeyin % 60-70' i kadardır. Bu yüksek kullanım yüzeyi bir kalıptan daha fazla döküm elde edilmesini sağlamaktadır. Kalıplama kapasitesinin yüksekliği de hatırlanırsa parça adedi olarak yine yüksek miktarlar üretileceği görülecektir.

Bir kalıpta bir adet büyük ebatlı parça (örneğin bir motor bloğu) veya bir kalıpta birçok küçük parça (örneğin sekiz adet boru bağlantı parçası) kalıplanması durumunu ele alalım. Ortalama 300 kalıp/saat kalıplama kapasitesi ile elde edilecek ürün, motor bloğu veya fitting üretimi yönünden 1500'ü aşkın motor bloğu ve 12500-13500 fitting üretilebileceği kolayca hesaplanabilir.

Bu kapasitelerin model değiştirmek suretiyle değişik makine parçaları üretimi veya bir parçanın uzun süreli üretimi için kullanılması mümkündür. Böylece kısa sürede fazla miktarda üretim birim maliyetin azalmasıyla sonuçlanacaktır.

Disamatik kalıplama ile ulaşılan bu yüksek üretim kapasitesi, kalıplama sisteminin yanında ergitme, kum hazırlama, temizleme ve maça üretme tesislerinin de bu kapasiteye cevap verebilecek özellikte seçilmelerini gerektirmektedir (Çelik, 1986; Sönmez, 1991).

2.1.2 Kaliteli Döküm

Disamatik kalıplamanın diğer bir üstünlüğü de kaliteli dökümlerin üretilmesidir. Disamatik'te kaliteli döküm, dar boyut toleranslı, tam şekillenmiş, temiz yüzeyli ve kusursuz iç yapıya sahip dökümler olarak tanımlanır. Yöntemin belirlenmiş olan kum hazırlama, sıkıştırma, dikey metal girişi ve kalıp dizilerinin katılma oluncaya kadar aynı düzlemde kalarak taşınması gibi prensipleri ile tanımlanan bu kaliteye ulaşmak mümkün olmaktadır.

Döküm yoluyla üretilen mamüllerin boyut, yüzey ve iç yapıları, birbirleri ile bağlantılı olan birçok faktörün etkisi altında oluşur. Kalıplama yöntemi ve bu yöntem ile üretilen kalıpların özellikleri (kalıp kumu özellikleri ve sıkıştırma basıncı vb.) başta olmak üzere döküm cidar kalınlığı, metal cinsi ve katılma koşulları mamülün boyut, yüzey ve iç yapı kalitesini belirleyen faktörlerdir.

Disamatik kalıplama yöntemi ile yüksek yoğunluklu ve rijit kum kalıplar üretilir. Bu kalıplarda üniform metal dağılımı ve katılmanın sağlanması ile dar boyut toleranslı

dökümler elde edilir. Dar boyut toleranslarının elde edilmesini sağlayan koşullar, genel olarak temiz yüzey ve kusursuz içyapı özelliklerini de sağlamaktadır.

Disamatik yöntemi ile üretilen derecesiz dikey parçalı kalıpların dikey giriş sistemindeki döküm ağzı, düşey yolluk, yatay yolluk ve birçok metal cinsi için kullanılan besleyici formları, metalin kalıp boşluklarına dengeli olarak dolmasını ve üniform katılaşmasını temin etmektedir. Standart giriş sisteminde yolluklar, kalıp boşluğu ile doğrudan değil yolluk memeleri veya besleyiciler ile irtibatlıdır. Döküm ağzında türbülansını büyük ölçüde yitiren metal akışı, uygun yolluk dizaynı ile kavitasyona sebep olmayacak şekilde ve en alttan itibaren yükselerek kalıp boşluklarını doldurur. Bu suretle oluşan statik basınç boşlukların tam olarak dolmasını, yükselen sıvı metal pislik ve gazların haznelerde toplanmasını temin eder. Yine yolluk hazneleri veya besleyiciler vasıtası ile yönlü katılaşma sağlanarak döküm içinde ya da yüzeyinde döküm hatalarının (katılaşma büzülmeleri) oluşması engellenir. Metal penetrasyonu ve kum erozyonu oluşması ise yoğun ve rijit kalıp yüzeyi ile engellendiğinden hassas boyutlu ve temiz yüzeyli sağlıklı dökümler üretilir.

Yüzey kalitesinin niteliğini ise, Disamatik dökümlerden birçoğunun yalnız püskürtme metodu ile temizlenerek taşlanmadan kullanılabilirdiğini söyleyebiliriz (Çelik, 1986; Sönmez, 1991).

Disamatik kalıplamada boyut hassasiyeti, dolayısıyla yüzey ve şekil tamlığını olumlu etkileyen çok önemli bir unsur da kalıpların kalıplama odasından çıktıktan sonra katılaşma oluncaya kadar aynı düzlemde kalmasıdır. Bu yüzden yer değiştirmeler ile olabilecek kusurlar önlenerek, kalıp boşluklarının ilk halleri kalıp bozma işlemine kadar muhafaza edilmektedir.

2.1.3 Üretim Maliyeti

Bütün üretim sistemlerinin olduğu gibi Disamatik kalıplama yöntemi ile üretimin de vazgeçilmez amacı, üretimde düşük maliyettir. Düşük üretim maliyetleri, ürün satış fiyatlarının belirlenmesinde yüksek ürün kalitesi ile birlikte en büyük rolü oynar. Mamulün kendi piyasasında pazar elde edebilmesinin ilk koşulu ise uygun satış fiyatlarıdır. Kalite ve fiyat açısından rağbet gören ürünün karlılığı da, maliyetinin düşüklüğü oranında artmaktadır.

Disamatik kalıplama yöntemi ile dökümde üretim maliyetinin düşük olması, kalıplama kumu hazırlanmasından başlayarak mamulün ambalajlanmasına kadar birçok işlem ve makine özellikleri ile sağlanmaktadır. Maliyeti azaltıcı etkisi olan bu özellikler şunlardır:

- Disamatik kalıplama yönteminde maliyeti etkileyen çok önemli bir özellik derece kullanılmamasıdır. Derecesiz kalıplama ile derece masrafı ortadan kalktığı gibi

bunların depolama, bakım ve taşınması için harcanan değer, vakit ve işgücü de tasarruf edilir. Ayrıca derece olmadığından kalıp bozma işlemi çok daha kolay ve çabuk yapılabilmektedir. Disamatik yönteminde derece olmadığı gibi, muhafaza, ağırlık ve diğer birçok işlem ekipman da kullanılmaz.

- Disamatik kalıplamada işlemler makinelerde otomatik ve hassas olarak yapılarak üretim kapasitelerinin yüksek olması sağlanırken kısa işlem sürelerinde fazla üretim, maliyetin düşmesine sağlar.
- Disamatik kalıplama ile kaliteli üretim yapılmaktadır. Dökümün yüksek kalitesi işleme paylarının, artık ve hurda oranının azalmasını temin eder. Böylece üretimin verimi yükselirken bitirme işlemi giderleri azalır. Disamatik kalıplamada bitirme işleminin yapıldığı atölyeler de daha küçük ve daha az masraflı atölyelerdir.
- Disamatik'te kalıp yüzeyi kullanım oranının yüksek olduğunu belirtmiştik. Bu kullanımda model hacmi, kalıp hacminin % 60'ını kaplayabilir. Dolayısıyla bir kalıptan yararlanma olanağı yükselir ve kalıp başına kum harcanımı, model genişliğine bakılmaksızın tamamen kum doldurulması gereken dereceli yatay kalıplara göre önemli ölçüde azalır. Ayrıca yan yana dizili dikey kalıplar işlemler sırasındaki taşınmalarında fazla yer işgal etmezler.
- Kalıplama işleminde dikey kum kalıpların her iki yüzü, iki model yarısı tarafından şekillendirilmektedir. Klasik yatay kalıplama usullerinde alt ve üst kalıp için ayrı ayrı yapılan kalıplama işlemi Disamatik'te bir sıkıştırma operasyonunda yapılır. Bu nedenle kalıplamada makine işlemleri, klasik yatay kalıplamaya göre yarı yarıya azalmaktadır.
- Kalıplama işlemi, darbe ve titreşim olmadan hidrolik sıkıştırma ile yapılır. Bu nedenle model yıpranması daha azdır. Kalıplama odasına kum üfleme basıncı da modelleri yıpratmayacak ölçüde (ortalama 3 kp/cm²) seçilmektedir. Model dayanımının artması maliyetleri olumlu yönde etkilemektedir.
- Kalıp kumu, kil bağlayıcılı olduğundan kimyasal bağlayıcılı kumlara göre daha ucuzdur.
- Kalıplama işleminde sıkıştırma basıncının nispeten alçak olması (genellikle 10 kp/ cm² civarında) kalıpların bozulması işlemlerini kolaylaştırmakta ve kumun topaklanmasını önlemektedir. Kalıp bozma ve kum karıştırma işlemlerinin kolaylaşması, işgücü, vakit ve enerji tasarrufunu sağlamaktadır.
- Bu tasarrufu sağlayan bir başka avantaj ta genel olarak işlem sürelerinin kısalığı ve genellikle basit (karmaşık olmayan) makine işlemleri olmasıdır. Bu sayede ürün başına harcanan enerji miktarı azalmaktadır.

- Disamatik kalıplama hattında çalışan personel sayısı çok azdır. Her Disamatik üretim hattı için normal olarak, bir formen denetiminde bir kalıplama makinesi operatörü — ki aynı zamanda maça yerleştirme işini de yapacaktır — bir dökümcü ile bir kum tesisi operatörü ve bir kalıp bozma operatörü yeterli olmaktadır. Doğal olarak personel giderleri büyük ölçüde azalmaktadır.
- Disamatik kalıplama makineleri, sıkıştırma operasyonlarında kapalı güç sistemi kullanır. Darbe ve titreşim de olmadığından makine yerleşim temelleri gayet basit olarak tesis edilir. Ayrıca makine yerleşimi için yer ihtiyacı azdır.
- Toz ve gürültü diğer yöntemlere göre çok azdır. Özellikle insan sağlığı açısından önemli olan bu özellik, aspirasyon masraflarını da bir ölçüde minimize eder.
- Disamatik kalıplamada dikey metal girişinin optimum hesaplanması, döküm ağızı, yolluk ve memeleri dolduran sıvı metal miktarının dolayısıyla giriş sisteminin oluşturduğu artık miktarını azaltır. Yine maça yerleştirici ile çok hassas yerleştirilen maçaların sıvı metal içine serbest kalması ve maça form bozukluklarının oluşması (konik maça basları ile) önlenir. Bu da hurda miktarını azaltıcı diğer bir unsurdur.
- Disamatik kalıplamada üretim hattı son derece emniyetli bir yapıda dizayn edilmiştir. Kalıplama ve maça yerleştirilmesi işlemleri tamamen kapalı alanlar içinde gerçekleşir. Kalıp taşıma konveyörleri koruyucu parmaklıklar arasında hareket eder ve döküm işleminin yapıldığı kısımlar metal sıçramalarına karşı makineyi ve işçiyi koruyucu plakalarla donatılmıştır.
- Disamatik kalıplama sistemlerinde kalıp imali, dışarıya kapalı bir kalıplama odasında yapılmaktadır. Kalıp bozma ve kum soğutma işlemleri için de Disacool rotatif tamburları kullanıldığında, toz oluşumu ve yayılması asgariye iner. Disamatik sistemlerinin kapladığı dökümhane alanı, diğer yöntemlerdekilere göre çok daha az olduğundan, çevrim sırasında kumun daha az dolaşması da toz oluşumunu azaltacaktır.
- Sarsma-basma kalıplama sistemlerinde darbeli çalışmaların ürettiği yoğun gürültü Disamatik kalıplamada hidrolik sıkıştırma yöntemi ile önlenmiştir. Buna ilaveten derece kullanılan kalıplama yöntemlerinde, derecelerin yer değiştirme ve kalıbın bozulması sırasında oluşturdukları gürültü de burada yoktur. Toz ve gürültüden nispeten arıtılmış bir dökümhane ortamı insan sağlığını olumlu yönde etkilediği gibi çalışma veriminin artmasını da beraberinde getirecektir (Çelik, 1986; Sönmez, 1991).

2.2 Disamatik Kalıplamanın Sınırlamaları

Disamatik kalıplama yöntemi, üretilen dökümlerin üstünlükleri (üretim kapasiteleri, ürün

kalitesi ve maliyet) açısından açıkça belirlendi. Fakat bu anlatım kurulu bir üretim hattı içindir. Yöntemin, ekonomik sınırları incelenirken üretim hattından elde edilecek ürünlerin avantajı yanında, kalıplama sistemlerinin satın alınıp dökümhaneye monte edilmesi ve üretim aşamasında malzemedan amortismanına kadar birçok ekonomik faktör göz önüne alınması zorunludur.

Disamatik kalıplama sistemleri bugün dünyada yalnız bir firma tarafından üretilmektedir. Doğal olarak her şeyi ile üretici firmaya dolayısıyla dışa bağımlılık söz konusudur. Birçok modern kalıplama yöntemi mevcuttur fakat derecesiz dikey kalıplama yöntemi ile üretim yapan Disamatik kalıplama konusunda üretici firma rakipsizdir. Bu durumda sistemlerin fiyatını belirleme olayı da üretici firmanın tekelinde olmaktadır. Özet olarak Disamatik kalıplama donatılarının satın alma fiyatları yüksektir. Ayrıca üniteleri satın almakla her şey bitmemektedir. Bu otomatik ve hassas makinelerin operatörlerini yetiştirmek, bakım ekibini bu konuda eğitmek, zorunlu yedek parça temin etmekte satın alma maliyetini etkileyecektir.

Ayrıca üretimi aksatmamak için her makinenin bir de yedeğinin olması gerekmektedir. Dolayısıyla bir döküm fabrikası için iki Disamatik üretim hattı tesis edilmesi çağdaş işletmeler için zorunluluktur. Bu durumda satın alma maliyeti ve gelecek için yedek parça ve servis masrafları ikiye katlanacaktır.

Bu sorunlar ileri teknoloji ile üretimi amaçlayan bütün sektörler için söz konusudur. Ülkemizde üretilmeyen her makine veya teknoloji, onu kullanma durumunda bizi dışa bağımlılığın olumsuzlukları ile karşı karşıya getirecektir. Bundan kaçılmayacağına göre eski deyimle "nimet-külfet" dengesini çok iyi hesaplamak gereklidir.

Yöntemin üstünlükleri bölümünde anlatılan yüksek ürün kapasiteleri ve seri üretime uygunluk, yüksek ürün kalitesi ve düşük üretim maliyeti gibi avantajlar ile ilk tesis maliyetlerinin ve dışa bağımlılığın bir bakıma dezavantajları, üretimin pazarlanması olanakları da hesaplanarak dengelenmelidir.

Önemli olan bir başka konu da çağdaş bir Disamatik dökümhanesinde, Disamatik kapasitelerine uygun ergitme, kum hazırlama, maça üretme, temizleme ve kalite kontrol sistemlerinin seçilmesidir. Bu sistemlerin de ileri teknoloji ürünü ve tesis maliyetlerinin buna paralel olarak yüksek olacağı açıktır. Disamatik yönteminin üstün özellikleri ile elde edilecek kazancın, bu yüksek maliyetleri kısa zamanda amorti etmesi hedeflenerek tesis ve üretim planı yapılmalıdır.

Şimdiye kadar anlatılanlar ışığında ortaya şöyle bir tablo çıkmaktadır.

- Disamatik kalıplama sistemleri tamamen dışa bağımlıdır.
- Satın alma ve ilk tesis masrafları yüksektir. Dolayısıyla amortismanlar yüksektir.
- Yedek parça ve servis hizmetleri (satış sonrası hizmetler) pahalıdır.
- Siparişe tek veya az sayıda parça üretimi yapılabilirse de ekonomik değildir.

Buna karşılık

- Ülkemizde birçok yeni teknoloji ürünü için dışa bağımlılık bu aşamada kaçınılmazdır.
- Satın alma maliyetlerinin gerçek yüksek değeri yanında, ekonomimizin durumu, dolayısıyla paramızın değeri de maliyetleri yükseltici etkindir.
- Başlangıçtaki bu yüksek maliyet ve yüksek amortismanlar, yöntemin etkin işletmecilik anlayışıyla kullanılması ve ürünün iyi pazarlanması ile karşılanabilir.

Çünkü,

- Disamatik kalıplama seri üretim ile yüksek ürün kapasiteleri sağlar, verim yüksektir.
- Ürünün kalitesi yüksektir.
- Otomatik özelliğinden dolayı istihdam edilen işçi sayısı çok azdır.
- Kalıplama, döküm ve soğutma işlemlerindeki hassasiyet döküm ve kalıp malzemeleri tüketimini, hurda ve artık oluşumunu azaltır.
- Ürünün kalitesi bitirme işlem maliyetlerini azaltır.
- Ayrıca sistemler için tesis yerinin normal döküm sistemlerine göre yaklaşık % 50 az olması ilk tesis masraflarında olumlu bir girdidir.

Başlangıçta mühendis ve işçilerin, Disamatik sistemlerinin çalışma ve tamir-bakımı için yeterince eğitilmesi ile satış sonrası dışa bağımlılık bir ölçüde azaltılabilir.

Disamatik kalıplama yöntemi tüketimi yüksek ve boyutları standart Disamatik ölçülerinde olan döküm ürünleri için düşünülmelidir.

Bütün bu özellikler ile Disamatik kalıplama yönteminin olumlu yönlerinin çok daha ağır bastığı anlaşılmaktadır. Disamatik kalıplama ile üretim yapan dökümcülerin bu sistemlerden memnun oldukları ve üstün özelliklerle elde edilen kazancın, dezavantajlar yanında tercih edildiği gözlenmiştir (Çelik, 1986; Sönmez, 1991).

2.3 Disamatik Kalıplama Malzeme Ve Gereçleri

Disamatik kalıplama yönteminde kalıp kumunun hazırlanmasından başlayarak model ve

model levhaları ile dikey kalıplara metal giriş yöntemleri kendine has özellikler göstermektedir. Yöntemin anlatımında bunların özelliklerinin, düzenleme ve kullanma ayrıntılarının bilinmesi zorunludur (Disa, 1988).

2.3.1 Disamatik Kalıp Kumu

Disamatik kalıplama yönteminde kalıp kumu olarak kil bağlayıcılı sentetik kum kullanılır. Kimyasal bağlayıcıların kullanıldığı diğer kalıplama metodları ile karşılaştırıldığında, kil bağlayıcı kumun maliyeti çok daha düşük, yapılan dökümlerin verimliliği ve kalitesi ise aynı derecede hatta daha iyidir. Çizelge 2.1'de kullanılan kalıplama kumunun fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1 Disamatik kalıplama kumunun fiziksel özellikleri (Disa, 1988)

Ortalama kum tane iriliği	DIN 0,14-0,20	AFS 110-80
Tane iriliği dağılımı	3-4 elek	
Yaş basma dayanımı	1700-2100 p/cm ²	25-30 psi
Yaş kesme dayanımı	> 200 p/cm ²	> 2,9 psi
Ezme dayanımı	> 300 p/cm ²	> 4,3 psi
Islak çekme dayanımı	> 20 p/cm ²	> 0,3 psi
Gaz geçirgenliği	> 50	> 50
Kompaktibilite(Sıkıştırılabilme)	%40 ± %2	%40 ± %2
Nem miktarı	%40 ± %2 kompaktibilitiye göre ayarlanır	
AFS kil miktarı	%11-13	%11-13
Aktif kil miktarı	> %7	> %7
Yanma kaybı	%3,5-5	%3,5-5

Otomatik bir kalıplama sisteminde yüksek verim sağlamak için kumun soğutma, karıştırma ve havalandırma işlemlerinde etkili bir kontrol sistemi kurmak kesinlikle gereklidir. İşlemin kontrolünde kumun kontrol edilmesi önemli bir yer tutar.

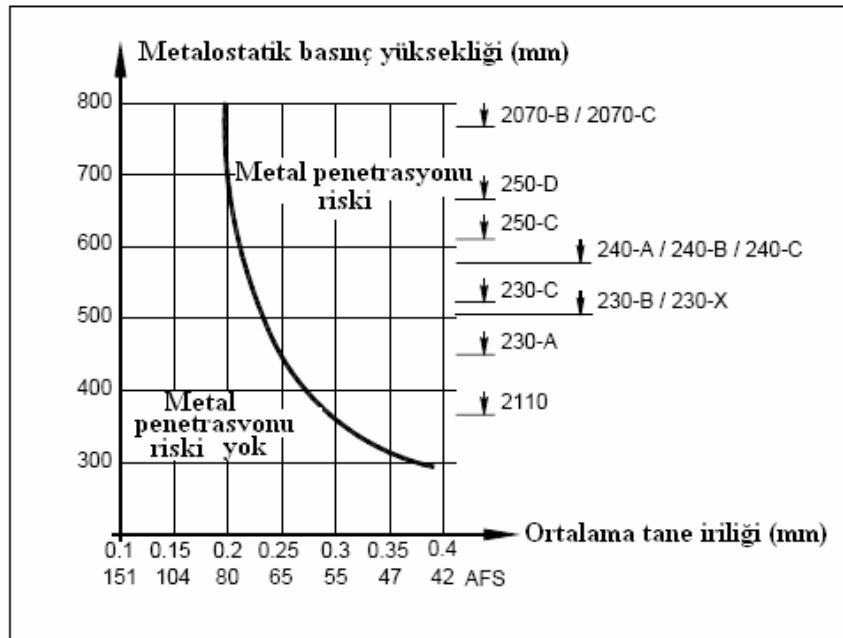
Kum özelliklerinin sürekli kontrol altında tutulması ile genel olarak:

- Artıkların azalması,
- Modelin kalıptan daha kolay sıyrılması,
- Kalıplama hattında verimin artması,
- Kalıplama malzemesinde maliyetin azaltılması,
- Döküm temizliğinde maliyet ve zamandan tasarruf edilmesi sağlanabilir.

Disamatik kalıplamada akıcı, gaz geçirgenliği yüksek, genleşmelere ve ısıya dayanıklı, sıkışabilme özelliği iyi olan, eşit tane boyu dağılımlı kumlar kalıp kumu olarak kullanılmaktadır. Sentetik bir kalıp kumunun bu özellikleri taşıyabilmesi için bileşiminde bulunan kil (bentonit) su ve kömür tozu miktarlarının ayarlanması işlemi önemlidir (Disa, 1988; Kofler, 1988).

2.3.1.1 Ortalama Kum Tane İriliği Ve Dağılımı

Disamatik kumu için kesin bir ortalama tane iriliği değeri yoktur. Genel olarak ortalama tane büyüklüğü 0,14-0,20 mm DIN veya 80-110 AFS olmalıdır. Diğer kalıplama sistemlerinden de bilindiği gibi, kum taneleri arasına metal penetrasyonu ihtimali, ortalama tane iriliğindeki artışla orantılı olarak artar (Şekil 2.2). Sıkıştırılmış haldeki yapının yeterince homojen olması için kum taneleri 3-4 elek üzerinde dağılmalıdır (Kofler, 1988).



Şekil 2.2 Ortalama tane iriliği ve metal yüksekliğinin metal penetrasyonu oluşumuna etkisi (Disa, 2004)

2.3.1.2 Bentonit (Bağlayıcı Kil) Özellikleri

Su ile karıştırıldığında plastik hale gelen tek mineral kildir. Bu plastik madde kum gibi plastik olmayan malzemeleri bağlayarak sıkı bir malzeme meydana getirir ve yüksek sıcaklıklara dayanmalarını sağlar (Oskan, 1987).

İyi bir bağlayıcı kili şu özellikleri taşımaktadır.

- Kum ve su ile karıştırıldığında iyi bağlayıcılık sağlamalıdır.
- Dayanıklı olmalı, bağlayıcılığı ve itici (döküm parçayı geri bırakma) özelliği orta şiddetli ısıtılarda bozulmamalıdır.
- Silis kumunun termal genişmesini sağlamalı ve dökümde meydana gelen genişmeye karşı yüksek direnç yaratmalıdır.
- Modellerden düzgün kalıplar elde etmek için kalıplama kumu karışımlarına uygun deformasyon ve dayanım özellikleri sağlayabilecek nitelikte olmalıdır.
- Metalin sağlıklı bir şekilde dökülmesini, herhangi bir artık oluşmamasını, kalıplama kumunun ekonomik olarak yeniden kullanılabilmesini temin etmek için kum karışımları içinde yeterli kuru ve sıcak özellikler sağlamalıdır.
- Kalıplama kumu karışımı dökümden hemen sonra bozulabilmeli ve yeniden kullanılabilmelidir.
- Fiyat, taşıma, temin ve depolanması ekonomik olmalıdır.

Döküm endüstrisinde kullanılan sentetik kalıp kumlarında bağlayıcı olarak genellikle ateş kili denilen kaolin ile sodyum ve kalsiyum bentonit kullanılmaktadır. Her kilin kendine özgü özellikleri olmakla birlikte kalite, kilin kaynağına göre ülkeden ülkeye değişebilmektedir.

Disamatik kalıplamada, bağlayıcı olarak kalsiyum bentonit ilaveli sodyum bentonit kullanılması tercih edilmektedir ve bunun içeriği Çizelge 2.2'de verilmiştir (Kofler, 1988).

Çizelge 2.2 İstenen bentonit kalitesi içeriği (Kofler, 1988)

Montmorillonit miktarı	en az %70
Ca bentonit	6-10 ml.
Na bentonit	18-50 ml.
Aktif Ca bentonit	10-20 ml.
Nem miktarı	en çok %12

Kalıp kumunda yüksek aktif kil kullanılmalıdır. Bunun nedenleri şöyledir;

- Yüksek yaş basma dayanımı olan, dayanıklı kalıplar üretilir, taşınması kolaylaşır ve ayırım yüzeylerinde kalıp deformasyonu olmaz.
- Yüksek yaş kesme dayanımı sağlanarak kalıp kopmaları engellenir.
- Yüksek ıslak çekme dayanımı sağlanarak kum genleşme hataları ve su yoğunlaşma bölgelerinde kalıp genleşme hataları engellenir.
- İyi kalıp kumu plastikliği sağlanarak kumun geri şişmesinden kaçınılır ve kum üfleme deliğinden akmaya başlayarak üfleme operasyonları arasında kalıp boşluğuna düşer.
- Kalıp boşluğu sabit hale getirilerek, çekinti ve diğer çekme boşlukları, döküm parça genleşmesi, kum erozyonu ve diğer kum enklüzyonları engellenir.

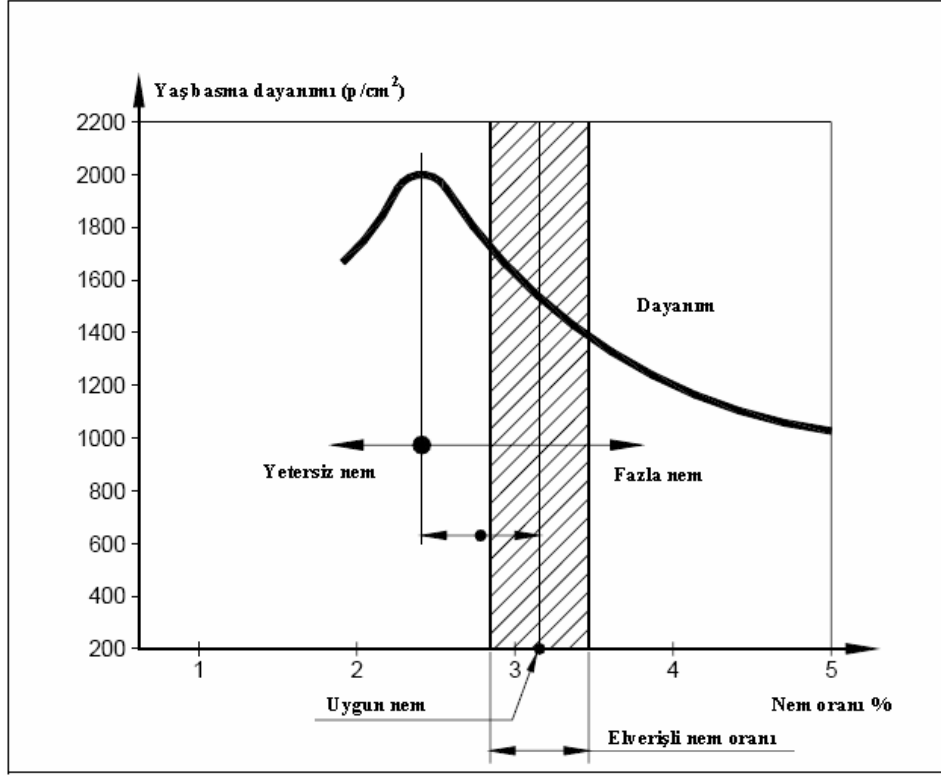
Ölü kil, kristal suyunu kaybetmiş bentonit, iriliği 0,02 mm'den küçük kömür tozu parçacıkları, yeni kumdan gelen doğal tozlar, kırılmış veya ısı ile parçalanmış silika tanelerinden oluşur. Yüksek bir ölü kil miktarı, su ihtiyacını artırır ve kalıp kumunda kırılabilirliğe yol açar, geçirgenliği azaltır. Ölü kil miktarındaki aşırılık, bağlama dayanımını hemen düşürür. Artan su ihtiyacı kabarcıklanma penetrasyonuna yol açar ve kaba yüzeyli bir döküm parça elde edilir. Böylece parça uzun bir işlemeye tabi tutulur ve sonuçta maliyet arttığından dolayı bu olay engellenmelidir (Kofler, 1988).

2.3.1.3 Nem Miktarı

Kumun akıcılığını arttırmak için nem miktarı mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Sıkıştırma işlemi öncesinde, daha kum depodan kalıplama odasına aktarılırken modellerin bütün girinti ve çıkıntılarını, model alt kesitlerini maksimum yoğunlukta doldurmalıdır (ön sıkıştırma). Bundan sonra esas sıkıştırma basıncını minimuma indirmek mümkün olur ve bu minimum basınçla uygun kalıp yoğunluğu elde edilebilir.

Nem, kili plastik hale getirir ve kilin doğal elektrostatik yapısından dolayı kil kristalleri ile kum taneleri arasındaki çekim (çekme ve itme) derecesini de etkiler.

Kalıplama kumunun uygun oranda nem içermesi çok önemlidir. Nem miktarı çok düşük olursa kil tozlaşacak ve bir dolgu malzemesi görevi yapacaktır. Diğer yandan fazla nemli olursa, çok plastik yapıda olacak, kum tanelerini uygun bir tabaka ile çevrelemek yerine aralarını dolduracaktır. Fazla nem, bağlama gücünü azaltacak ve bir yağ görevi yapacaktır.



Şekil 2.3 Kalıp kumunun dayanıma göre en uygun nem miktarı (Disa, 1988; Sönmez, 1991)

Ayrıca kil topraklar halinde teşekkül edecek ve bu topraklar metalin kum tanelerinin aralarına girmesine, gaz kabarcıkları oluşmasına ve döküm parça içinde toplu iğne başı şeklinde kusurlara sebep olacaktır. Yine bu durum sıkıştırma basıncı ihtiyacını arttıracığından sıkıştırma sonrası geri tepme problemlerinin artması ile sonuçlanacaktır.

Doğru nem miktarı, en iyi akışkanlığı ve dayanımı sağlar (Şekil 2.3). Çünkü kum taneleri üzerindeki kil tabakası eşit ölçüde nemlendirilmiş ve dağıtılmıştır. Kum taneleri etrafında kil tabakasının üniform bir şekilde dağıtılmasını temin etmek için elverişli bir karışım zorunludur. Uygun nem miktarı, kullanılan kilin cinsine göre ve her döküm işleminden sonra kumun kalitesinde görülen değişmelere göre tespit edilir.

Birçok çeşitleri olan killer su emme kabiliyetleri ve nem oranı ile belirlenen bağlama derecelerine göre sınıflandırılırlar. Aynı zamanda su kristalizasyon kaybına göre de özellikleri değişir. Genel olarak kaolin kili veya doğal bağlayıcı kum kullanırken nem miktarı %3 ile %6 arasındadır. Kalsiyum bentonit veya Sodyum bentonit kullanıldığında, kilin dayanıklılığına bağlı olarak nem miktarı %2,5 ile %4,5 arasında olmalıdır.

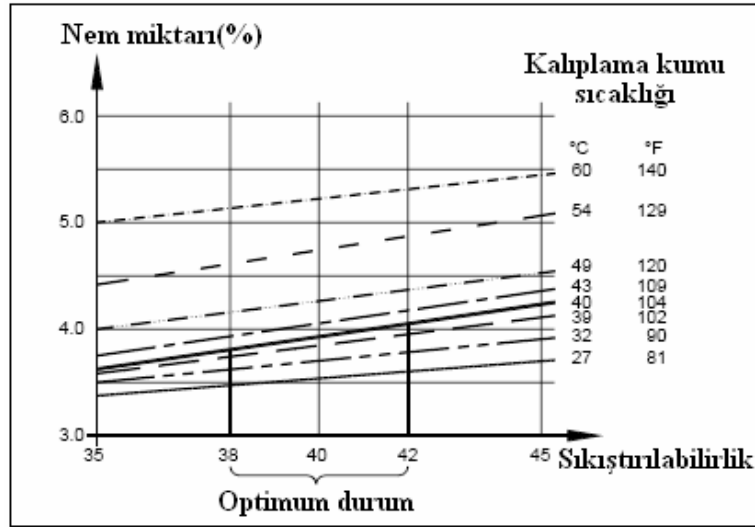
Bu değişimi minimum seviyede tutmak için kuma nem ilavesi, kullanılmış kum sıcaklığı 40 °

C' i geçmeyecek şekilde otomatik olarak yapılmalıdır. Disamatik hattında, bu işlem soğutma tamburlarında yapılır ve sabit kum-nem oranı muhafaza edilir (Çelik, 1986; Kofler, 1988).

2.3.1.4 Kum Sıcaklığı

Kalıplama prosesinde kalıp kumunun sıcaklığı 40 °C'den fazla olmamalıdır (Şekil 2.4). Çok sıcak kum ile kalıplama halinde aşağıdaki istenmeyen durumlar oluşabilir:

- Özellikle geçirgenlik ve dayanım açısından üniform olmayan kum özellikleri,
- Yapışkanlığın artması (kum, model ve metale yapışır),
- Yüzeysel kuruma,
- Kum aşınmalarına karşı direncin azalması,
- Kum tavlama noktasının değişmesi ya da tavlama daha fazla su ihtiyacı,
- Plastikliğin azalması dolayısıyla daha fazla kil ilavesi,
- Kum karışabilirliğinin azalması (Kofler, 1988).



Şekil 2.4 Kalıplama kumu sıcaklığının sıkıştırılabilirliğe etkisi (Disa, 2004)

Bu nedenle daha önce de belirtildiği gibi dökümden sonra kum soğutma işlemi istenilen düzeyde ve bir soğutucuda yapılmalıdır. Disamatik sistemlerinde Disacool soğutma tamburları ile soğutma ve kuma su ilavesi işlemleri en iyi şekilde gerçekleştirilmektedir (Disa, 1988).

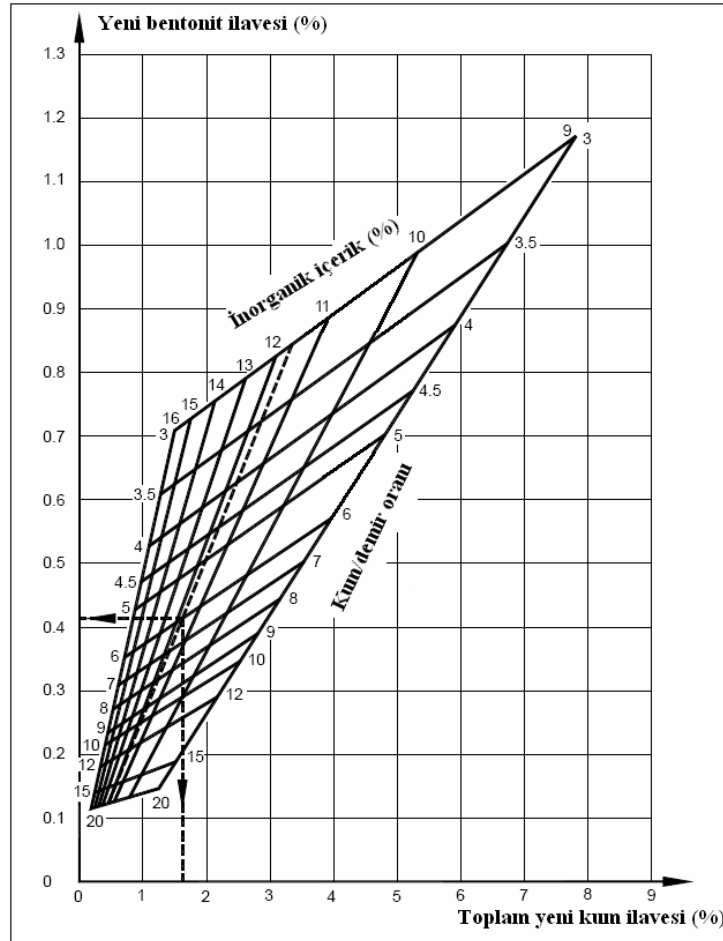
2.3.1.5 Kum Yenileme

Kalıp kumu, her döküm işleminden sonra özelliklerini bir miktar kaybetmektedir. Kalıplar bozulduktan sonra kalıp kumuna bir karıştırıcıda yeni kum, kil, kömür tozu ve su ilave ederek

yeniden döküme hazır hale getirilmesine kum yenileme işlemi denir. Disamatik kalıplama yönteminde de her çevrimde kalıp kumuna, kalıptaki kum-metal oranı, döküm geometrisi ve kum özelliklerine bağlı olarak,

- % 0,1 - 1,0 bentonit
- % 0,1 - 0,5 kömür tozu
- % 0,5 - 5 yeni kum

ilave edilmektedir. Şekil 2.5'te sadece demir alaşımları için, döküm sonrası, inorganik içeriğe ve kum/demir oranına göre kalıp kumuna ilave edilecek bentonit ve kum miktarları verilmiştir. Ayrıca yeni ilave edilen bentonitin %60'ı kadar kömür tozu parçacıkları ilave edilmelidir. Kumun uygun nem miktarı da bu sırada gereken su ilavesi ile sağlanmaktadır (Kofler, 1988).



Şekil 2.5 Döküm sonrası ilave kum ve bentonit miktarlarının belirlenmesi (Disa, 1988)

2.3.1.6 Kumun Sıkıştırılabilme Özelliği (Kompaktibilite)

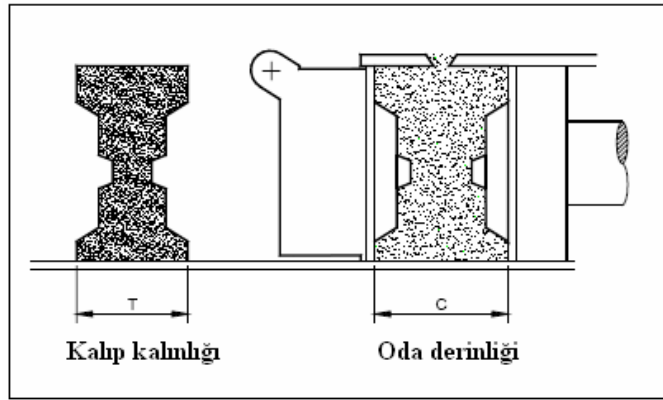
Kalıp kumlarının sıkıştırılabilme özelliği, onların otomatik kalıplama makinelerinde kullanılıp kullanılmayacağını tespit etmekte büyük önem taşır. Derece kullanılmayan Disamatik yönteminde bu özellik, önem açısından daha da ön plana çıkmaktadır. Kumun sıkıştırılabilme özelliğini, kumun gevşek durumundaki gerçek seviyesinden sıkıştırma basıncının etkisi altında yükseltisinin ne kadar azaldığı ve bu düşüşün oranını belirler.

Disamatik kalıp kumunda bu oran % 40 ± 2 olarak belirlenmiştir. Kalıp kumunun sıkıştırılabilme oranı, içindeki nem miktarına bağlıdır. Hatta tavlama derecesinin etkisi sıkıştırma basıncının etkisinden de fazla olup pratik olarak sıkıştırılabilme oranı kum yapısına bakılmaksızın tavlama derecesinin (nem oranının) bir göstergesi kabul edilir.

Sıkıştırılabilme oranı, Disamatik kalıplama için (2.1) eşitliğine göre hesap edilmektedir.

$$\text{Sıkıştırılabilme oranı}(\%) = \frac{C-T}{C} \times 100 \quad (2.1)$$

Gerçek oda derinliği(C), sıkıştırma operasyonundan önce iki model plakası yüzeyi arasındaki yerin gerçek mesafesidir. Kalıp kalınlığı(T) ise operatör tarafından ölçülebilir veya bazı sistemlerde otomatik olarak hesap edilir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinliği (Çelik, 1986; Disa, 2004)

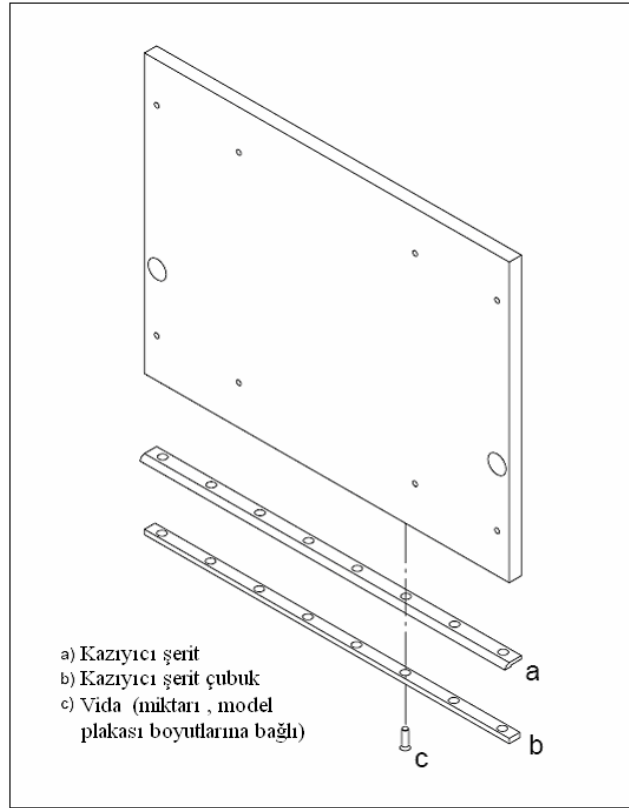
Kumun sıkıştırılabilirliği yani sıkıştırıldığında gösterdiği yüzde olarak azalma oranı, kalıplama işlemlerinde kullanma amacı güdüldüğünde onun en önemli özelliğidir. Bu oran, bir kalıplama makinesinin mümkün olan en iyi şekilde faydalanılıp faydalanılmayacağını belirler (Çelik, 1986; Disa, 2004).

2.3.1.7 Kum Kontrol İşlemi

Kum özelliklerinin düzenli olarak kontrolü ve döküm hatalarını kolayca teşhis amacıyla yapılmaktadır. Kalıplama kumu kontrolü işlem hattındaki kum karıştırıcısında ve laboratuarda olmak üzere iki şekilde yapılır. Kum karıştırıcısında, önceden belirlenmiş olan özelliklerini devam ettirmesi için sistem kumuna bentonit, yeni kum, karbon içeren malzeme (kömür tozu) ve su ilavesi işlemleri; laboratuarda ise kalıplama kumu bileşimi, dayanımı ve kalıplanabilme özelliklerinin kontrolü yapılmaktadır (Kofler, 1988).

2.3.2 Modeller Ve Model Plakaları

Disamatik kalıplama yöntemi, dar boyut toleranslı, hassas ve temiz yüzeyli, düşük maliyetli ve yüksek verimli ürünleri amaçlar. Bütün bu özellikler, model plakaları ve modellerin kalitesi ile doğrudan ilgilidir.



Şekil 2.7 Standart model plakası (Disa, 1988; 2004)

2.3.2.1 Model Plakaları

Disamatik kalıplamada, modeller bir model plakası üzerine bağlanarak kullanılır. Model plakaları genellikle dökme demirden olmak üzere çelik ve alüminyumdan yapılır. Model

plakalarında ağırlığı azaltmak için dışı çelik çerçeveli alüminyum levhalar ya da alçı veya epoksi reçine ile doldurulmuş plakalar kullanılmaktadır. Diğer yandan kalın model plakaları, döküm veya kaynak konstrüksiyonlu yapılabilirler. Dolu plaka halinde veya ağırlıktan kaçınmak amacıyla arka tarafı oyularak boşaltılmış halde de kullanılabilirler.

Kalıplama makinesinde, biri sıkıştırma plakasına diğeri ise karşı basınç plakasına bağlı iki adet model plakası yer almaktadır. Disamatik kalıplama makinelerinin bütün modelleri için standart model levhaları bulunmakta ve makine kapasitesine göre plaka ölçüleri de değişik yapılmaktadır (Şekil 2.7). Standart, 20mm. kalınlığında dökme demirden model plakaları imal edilmiştir. Bu plakalar, yüzeyler arasında düzlemselliği, paralelliği ve ölçü toleransını sağlar. Daha kalın model plakaları da kullanılabilir. Ön plaka kalınlığı maksimum 85mm, arka plaka kalınlığı maksimum 265mm. olabilir.

Disamatik kalıplama makinesinde model plakası, makine tipine bağlı olarak dört blokajlı vida ve iki pimle monte edilir. Plakaların çözülmesi bir kol yardımıyla gerçekleştirilir (Disa, 1988).

2.3.2.2 Model Ve Model Plakası Malzemesi Seçimi

Disamatik kalıplamada kullanılan model plakası ve modellerin malzemeleri üretimin kapasitesi göz önüne alınarak belirlenir. Üretimin miktarı, en önemli ölçü olmakla birlikte malzeme seçimini, model genişliği, plaka üzerindeki konumu, model geometrisi gibi faktörler de etkiler. Ayrıca model ve model plakalarının dayanımını dolayısıyla ömürlerini etkilediklerinden kum üfleme basıncı, kalıp kumu cinsi ve model sıcaklığı da malzeme tayininde diğer önemli parametrelerdir. Disamatik kalıplamada kullanılan model ve model plakası malzemelerinin üretilen kalıp sayısına göre yaklaşık ömürleri Çizelge 2.3 'teki gibi tespit edilmiştir.

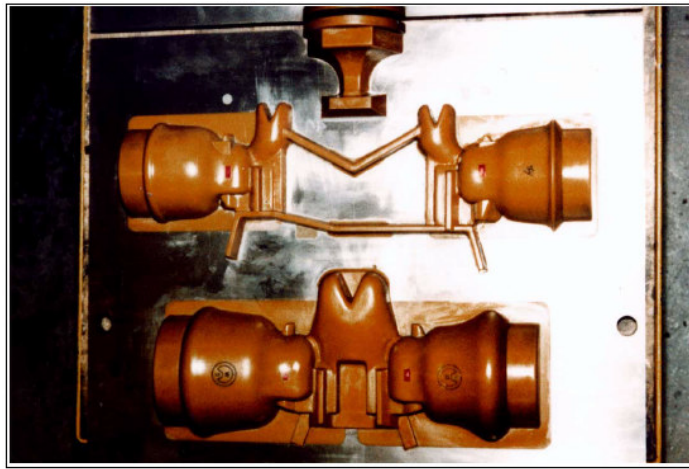
Metal modeller daha çok nikel ve krom ile kaplanarak kullanılmalıdır. Bu şekilde, modellerin ömrü arttırıldığı gibi aşınan yüzeyi yeniden kaplama olanağı olduğundan çok da ekonomik olmaktadır.

Disamatik kalıplamada, model ve model plakası malzemesi olarak özellikle büyük üretim miktarları için dökme demir tavsiye edilmektedir. Bu malzeme krom veya nikel kaplanarak kullanıldığında artan model ömrü, artan maliyet yanında çok daha önemli olmaktadır. Modeller ile model plakalarının aynı malzemeden yapılması zorunlu değildir. İşletme koşullarına göre, örneğin dökme demir plakaya, dökme demir model, pirinç model veya poliüretan model kullanılması ya da her ikisinin de poliüretan veya epoksi reçineden imal

edilmesi mümkündür (Şekil 2.8). Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da model ve yollukların yerleştirildiği model plakaları görülmektedir (Disa, 1988; 2004).

Çizelge 2.3 Model ve model plakası malzemesine göre kalıp sayısı (ömür) (Disa, 1988; 2004)

Model veya model plakası malzemesi	Model ömrü (kalıplama sayısı)
Yumuşak alçı	100-500
Sert ağaç	500-1000
Sert alçı	1000-5000
Plastik alçı	2000-10.000
Epoksi reçine	5000-50.000
Poliüretan reçine	20.000 -60.000
Alüminyum alaşımları	20.000-60.000
Bakır alaşımları	40.000-60.000
Gri Dökme Demir	200.000-300.000
Düşük Alaşımlı Çelik	300.000-500.000



Şekil 2.8 Poliüretan reçineden üretilmiş modellerden oluşmuş dökme demir model plakası (Disa, 2004)

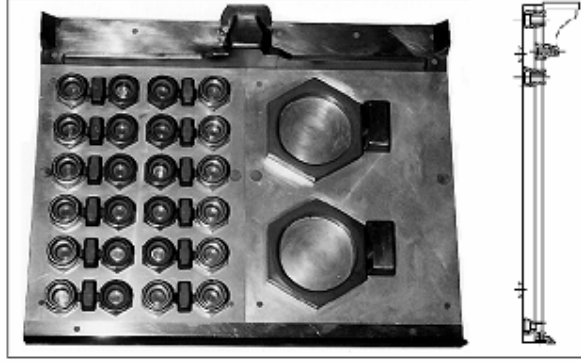


Şekil 2.9 Model plakası örneği



Şekil 2.10 Model plakası örneği

Kısa serili üretim söz konusu olduğunda ya da mevcut model plakalarının hızlı bir şekilde değiştirilmesi gerektiği durumlarda, norm bölümlü model plakalarının kullanılması avantaj sağlamaktadır. Bu sistemde, çerçeve dökme demir ya da çelikten yapılmaktadır. Modeller, çerçeve içerisine değişebilir bir plaka üzerine monte edilirler. Ayrıca farklı büyüklükte modellerde, model plakası ikiye bölünerek yerleştirilebilirler (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Norm bölümlü model plakası (Disa, 2004)

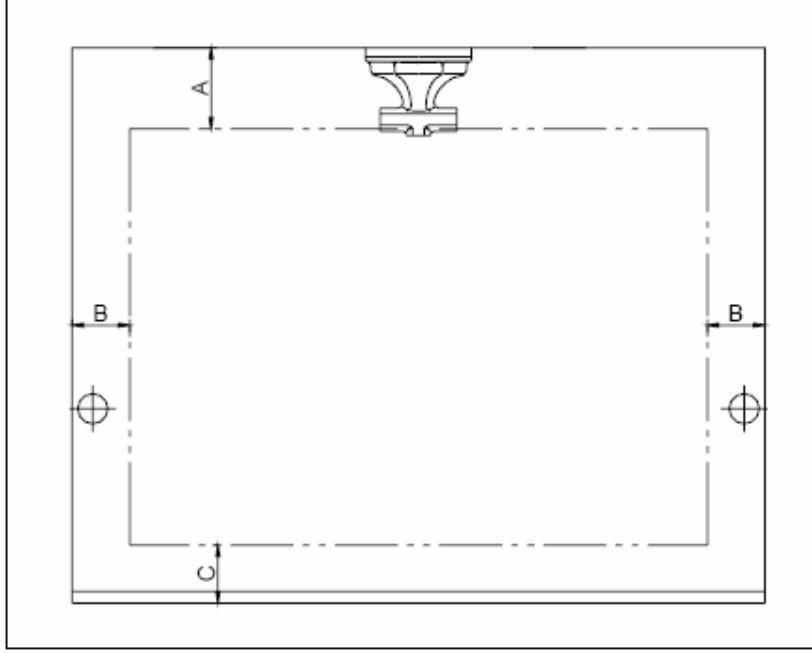
2.3.2.3 Model Plakası Alanı Kullanımı

Model plakası yüzeyinin, model yerleştirme işlemi bakımından kullanım olanağı aşağıdaki temel kum özellikleri ile sınırlıdır.

- Isıl, statik ve dinamik kum stabilitesi (dengesi)
- Kalıpların taşınması sırasındaki basınç deformasyon etkisi ve stabilitesi,

Efektif kalıplama alanı, yani modeller ve yolluk sistemi için kullanılabilen alan birçok parametreye bağlıdır fakat genel olarak efektif kalıplama alanı, toplam model plakası yüzeyi alanının % 60'ını geçmemelidir. Kalıp dizilerinin, kalıp taşıyıcısı ile çok hassas nakledilmesi bu oranı sağlayan en önemli sebeptir (Çelik, 1986; Disa, 1988).

Efektif kalıplama alanını etkileyen birçok faktör içinde en önemli kriter, metal basınç deformasyonu ve katılaşmanın tamamlanmasına kadar ki kum stabilitesidir. Katılaşma sırasında yan ve alt duvarlar için kum stabilitesini belirleyen etmenler ise toplam model genişliği (yüksekliği) ve et kalınlığıdır. Şekil 2.12'de Disamatik kalıplama makinelerinin her modeli için geçerli olan, standart model plakalarında kullanılabilir plaka alanı görülmektedir. A ölçüsü, kalıbın döküm ağızı, yolluk sistemi boyutları ile belirlenir. Kalıpta besleyici kullanılıp kullanılmayacağı da bu ölçüyü etkiler. B ve C ölçüsü ise toplam model genişliği, parça geometrisi, döküm parça et kalınlığı ve metal basıncına bağlıdır (Çizelge 2.4).



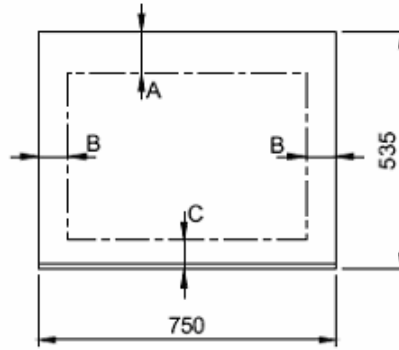
Şekil 2.12 Standart model plakası kullanılabilir alanı (Disa, 1988)

2.3.2.4 Kalıp Kalınlığından Faydalanma

Maksimum model plakası kalınlığı ile model kalınlığı toplamı, her makine türünün kalıplama odası derinliğinin maksimumu ile verilir. Bunun anlamı, plaka kalınlığı ve modellerin kalınlıkları toplamı, makinenin izin verdiği maksimum ölçüden daha fazla ise sıkıştırma esnasındaki çarpışmadan dolayı modeller zarar görebilir.

Karşı basınç plakası üzerindeki, model ve model plakası toplamının sınırı, yukarı kalkması esnasında elde edilen bir eğriyle tanımlanır. Bir başka sınırlamada, kum püskürtmesi sırasında, kum püskürtme deliğinin altında bulunan bir model, kum üflenmesinden dolayı aşınmaya maruz kalır. Model, püskürtme deliğinin altında kalacak ise kalıbın daha geniş olması kaçınılmazdır (Çelik, 1986; Disa, 1988, 2004).

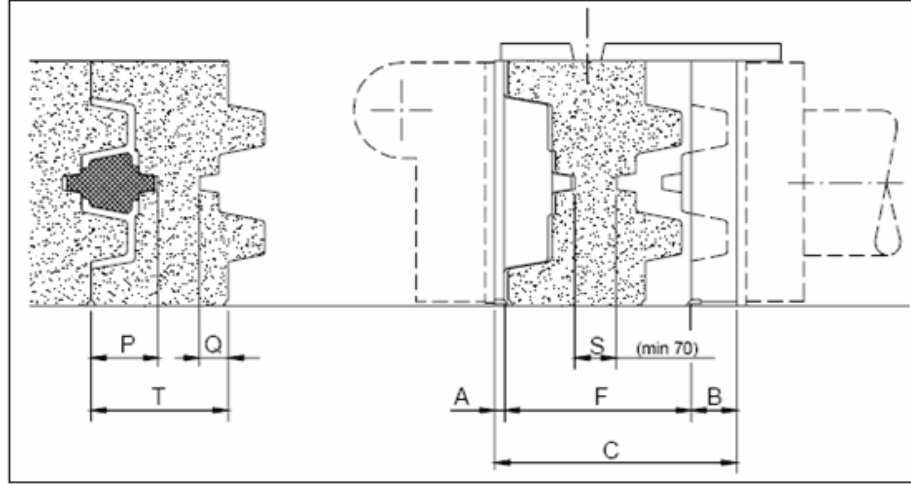
Çizelge 2.4 Parça et kalınlığı ve katılaşma modülüne göre kalıp emniyet mesafeleri (Disa, 2004)



Parça et kalınlığı		Katılaşma modülü		Toplam model yüksekliği (plaka hariç)		Üst kenar A		Yan kenar B		Alt kenar C	
mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.
0 - 10	0 - 0.4	0 - 0.50	0 - 0.2	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	30 - 40 50 - 60 70 - 80	1.2 - 1.6 2.0 - 2.4 2.8 - 3.2	30 - 40 50 - 60 70 - 80	1.2 - 1.6 2.0 - 2.4 2.8 - 3.2
10 - 15	0.4 - 0.6	0.50 - 0.75	0.2 - 0.3	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	50 - 60 70 - 80 90 - 100	2.0 - 2.4 2.8 - 3.2 3.5 - 3.9	40 - 50 60 - 70 80 - 90	1.6 - 2.0 2.4 - 2.8 3.2 - 3.5
15 - 20	0.6 - 0.8	0.75 - 1.00	0.3 - 0.4	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	60 - 70 80 - 90 100 - 110	2.4 - 2.8 3.2 - 3.5 3.9 - 4.3	50 - 60 70 - 80 90 - 100	2.0 - 2.4 2.8 - 3.2 3.5 - 3.9
20 - 25	0.8 - 1.0	1.00 - 1.25	0.4 - 0.5	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	70 - 80 90 - 100 110 - 120	2.8 - 3.2 3.5 - 3.9 4.3 - 4.7	60 - 70 80 - 90 100 - 110	2.4 - 2.8 3.2 - 3.5 3.9 - 4.3
25 -	1.0 -	1.25 -	0.5 -	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	80 - 90 100 - 110 120 - 130	3.2 - 3.5 3.9 - 4.3 4.7 - 5.1	70 - 80 90 - 100 110 - 120	2.8 - 3.2 3.5 - 3.9 4.3 - 4.7

2.3.2.5 Minimum Oda Derinliğinin Belirlenmesi

Minimum oda derinliğini belirleyebilmek için, kalıplama odasının doldurulması ve daha sonra sıkıştırma operasyonu düşünülmelidir. Şekil 2.13'te kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinlikleri gösterilmektedir.



Şekil 2.13 Kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinliği (Disa, 1988, 2004)

Bitmiş kalıbın kalınlığı(genişliği), hem baskı plakası hem de karşı basınç plakasında bulunan her iki model plakasının kalınlıkları ile saptanır. İstenen kalıp genişliği, kalıplama odasının derinliği değiştirilerek elde edilir.

A: Karşı basınç plakası model plakasının kalınlığı

B: Sıkıştırma plakası model plakasının kalınlığı

C: Kum kalıp sıkıştırılmadan önce baskı plakaları arasındaki mesafe

F: Kum kalıp sıkıştırılmadan önce model plakaları arasındaki mesafe

K: Kum sıkışabilme oranı (~%25)

P: Karşı basınç plakası model yüksekliği

Q: Sıkıştırma plakası model yüksekliği

S: Kalıp sıkıştırıldıktan sonra kalıp boşlukları arasındaki minimum mesafe, iyi bir kalıp stabilitesi temin edebilmek, metalin bir kalıp boşluğunu bozup diğer kalıp boşluğuna geçişini engellemek için genellikle bu mesafe 70mm. olmalıdır.

T: Gerekli kalıp kalınlığı

$$C = F + (A+B) \quad (2.2)$$

$$F = \frac{T}{1-K} = \frac{T}{0,75} \quad (2.3)$$

$$T = P + Q + S \quad (2.4)$$

(2.4) eşitliği, (2.3) eşitliğinde yerine konulursa, buradan çıkan sonuçta (2.2) eşitliğinde yerine yazılırsa,

$$C = \frac{P+Q+S}{0,75} + (A+B) \quad (2.5)$$

(2.5) eşitliği ile minimum kalıplama odası genişliği bulunabilir. Minimum kalıplama odası genişliği, hesaplanan değerden biraz daha büyük seçilmelidir. Bu şekilde modellerin püskürtme deliğinin altında kalması önlenmiş, model ömrü ve kalıplanabilirlik iyileştirilmiş olur. Çizelge 2.5'te çeşitli kalıplama odası derinlikleri verilmiştir (Çelik, 1986; Disa, 1988).

Çizelge 2.5 Çeşitli kalıplama odası derinliği (Çelik, 1986)

Toplam model yükseklikleri(plakalar hariç) (P+Q) (mm)	Gerekli kalıp kalınlığı (T) (mm)	Sıkıştırma öncesi model plakaları arası mesafe (F)(mm)	Minimum kalıplama odası derinliği C=F+(A+B) (mm)
50	120	160	160+(A+B)
100	170	230	230+(A+B)
150	220	300	300+(A+B)
200	270	360	360+(A+B)
250	320	430	430+(A+B)
300	370	500	500+(A+B)

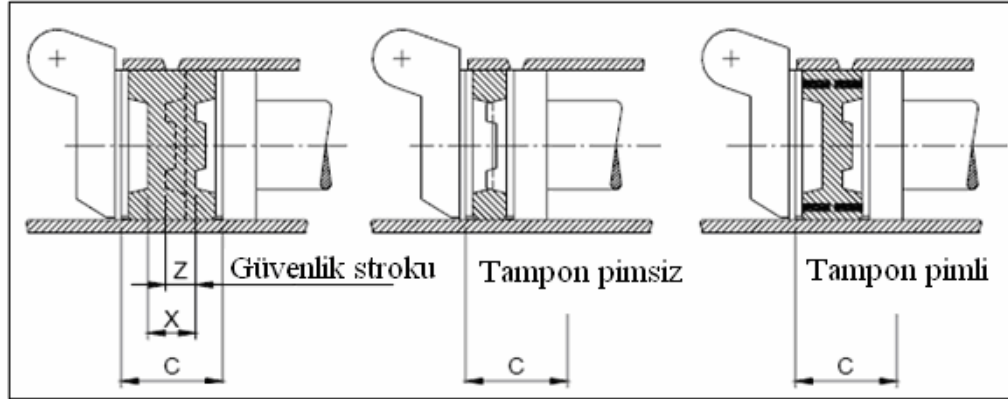
Değişik disamatik kalıplama makinelerinde, kalıplama odası derinlikleri makine tipine göre 600 mm'ye kadar olabilir. Kalıp boşlukları arasındaki mesafenin 70 mm. olmasını sağlamak için her iki modelin maksimum yüksekliği yaklaşık 350 mm.'dir. Gereken kalıplama odası derinliği, bir derinlik göstergesi ile hassas ve otomatik olarak ayarlanabilmektedir.

Eğer hesaplanandan daha küçük bir oda derinliği seçilir ve makine kumsuz olarak çalışırsa veya kum püskürtme işleminde bir sorun olursa, model plakaları çarpışabilirler. Model plakalarının çarpışmasının nedeni, kalıplama odasında kum olsa da olmasa da, basınç

plakasının sıkıştırma işlemi sırasında her zaman oda içerisinde ileri doğru hareket etmesidir. Kalıplama odasında kum varken, sıkıştırma işlemi kumun basınç plakasının hareketine karşı direnci ile durdurulacaktır. Kalıplama odasında kum yokken, basınç plakası, güvenlik stroku denilen bir Z mesafesi kadar ilerleyecektir (Şekil 2.14). Güvenlik stroku, oda derinliği C ile orantılıdır ve uzunluğu her zaman kalıplama odasında sıkıştırma esnasında basınç plakasının aldığı yoldan fazladır. Böylece kalıplama odası derinliği C , her zaman, X mesafesi her durumda güvenlik stroku uzunluğu Z 'yi geçecek kadar büyük seçilmelidir.

Hesaplanan minimum değerden daha küçük bir oda derinliği kullanmak gerektiğinde, model plakalarının çarpışmasında oluşabilecek zararı önlemek için, kalıp ekipmanlarının imali sırasında önlemler alınmalıdır. Bu, her biri karşı model plakasına karşı gelecek biçimde, her kalıp plakasına en az iki tampon pimi koymak suretiyle yapılır. Bu pimler, uçta en az 25mm. ve altta 38mm. çapa sahip olacak şekilde konik ve kalıbın en yüksek ucundan taşacak yeterli uzunlukta olmalıdır.

Tampon pimli model plakalarında pimler, model plakasının montaj yüzeyine sıkıca yerleştirilmelidirler. Sıkıştırma işlemi, bu durumda basınç plakasının hareketine tampon pimlerinin gösterdiği direnç ile durdurulacaktır (Disa, 1988, 2004).

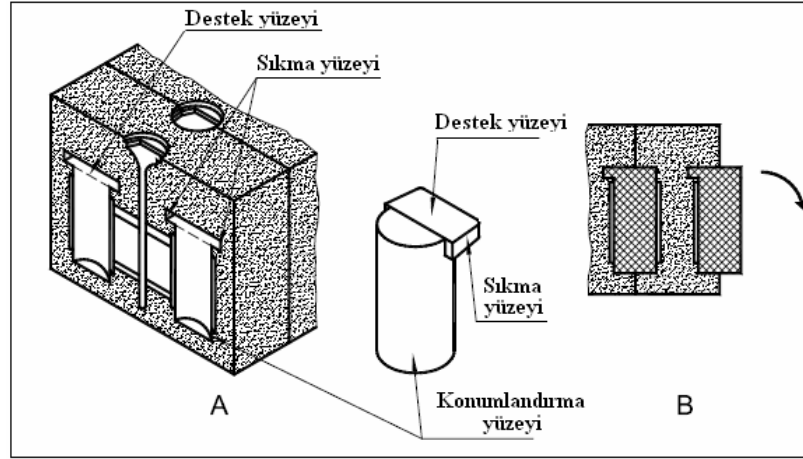


Şekil 2.14 Modellerin çarpışmasını önleyici güvenlik stroku ve tampon pim kullanımı (Disa, 2004)

2.3.3 Maçalar

Disamatik kalıplama yönteminde, hemen hemen tüm kum maça üretim yöntemleri(soğuk kutu, sıcak kutu, kabuk maça, CO₂ vb.) ile üretilmiş maçalar kullanılabilir. Farklı yöntemlerle yapılmış maçaların $\pm 0,1-0,2$ mm. tolerans dahilinde olmaları istenir.

Yüksek kalite dökümler için maçaların, maça yerleştiricisine bağlı olan maça maskesinde ve yerleştirildiği kalıpta düzgün bir şekilde durabilmesi gerekmektedir. Maçalar, kalıp içerisinde, destek yüzeylerinin ($5-10^\circ$) ve sıkma yüzeylerinin (2°) yardımıyla düzgün bir şekilde ve devrilmeden tutulur. Bu yüzeylerin boyutları ve geçme durumları, maça üretim metoduna, maçanın boyutuna ve ağırlığına ve maçanın karmaşıklığına bağlıdır (Şekil 2.15). Maçalar, makine ve modelden kaynaklanan küçük kusurları önleyebilmek için, maske ile arasında 0,3 mm. küçük bir boşluk bırakılmalıdır.

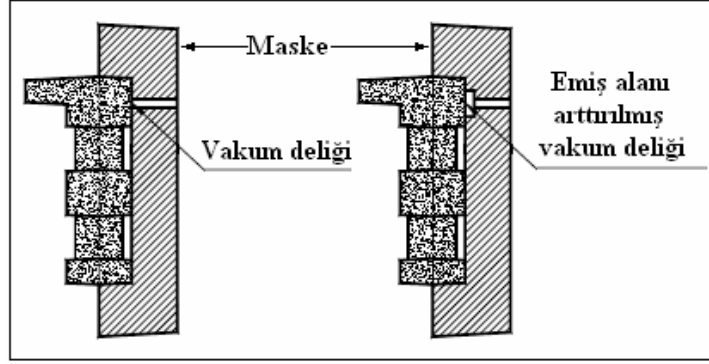


Şekil 2.15 Maçaların kalıptaki yerleşimi (Disa, 2004)

Makineye bağlı olarak değişmesine rağmen genellikle maksimum maça yüksekliği, 240 mm.'dir. Maça şekline ve ağırlığına bağlı olarak 4 ile 6 maça, makinenin kalıplama zamanı sırasında maskeye yerleştirilip gönderilebilir (Disa, 2004).

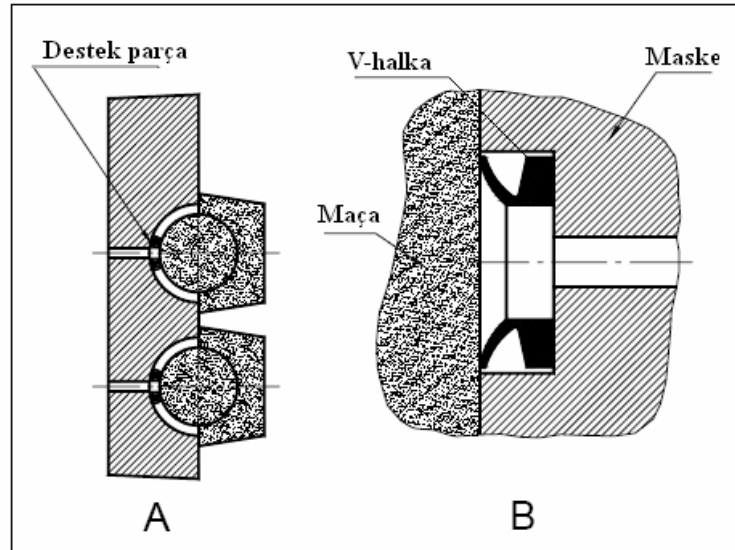
2.3.4 Maça Maskesi

Maçalar, maça maskesindeki deliklerden vakum uygulanarak maskede tutulurlar. Maskedeki bu delikler, 5-12 mm. çapındadır (Şekil 2.16). Vakum deliklerinin sayısı ve boyutu, maçayı tutma yerlerine, maskedeki maçaların sayısına, maçaların ağırlığına ve boyutuna, maça ve maske arasındaki boşluğa bağlıdır.



Şekil 2.16 Maça maskesindeki vakum delikleri (Disa, 2004)

Maça-maske arasındaki bağlantıyı güçlendirmek için, maça ile maske arasında destek parça konulur. Destek parçalar, reçine ya da metalden yapılır ve maskeye vida ya da yapıştırıcı ile tutturulur. (Şekil 2.17.A) Maça-maske arasındaki emiş gücünü arttırmak ya da maça geometrisinden dolayı emiş alanını arttırmak için vakum deliklerinin etrafına kauçuk V-halkalar konulabilir. (Şekil 2.17.B) Ayrıca çok ağır maçalarda, vakum deliklerin ilave olarak pnömatik silindirler maçaların taşınmasına yardımcı olur (Disa, 2004).



Şekil 2.17 Maça-maske bağlantısının güçlendirilmesi (Disa, 2004)

Maske çerçevesi alüminyum, içerisi ise epoksi ya da poliüretan reçineden oluşur ve maçaların olacağı kısma aşınmayı azaltmak için kaplama yapılmaktadır. Maça yerleştiricisi, 70mm. veya 130mm.'lik iki değişik büyüklükte standart maça maskeleri ile çalışır. 130mm.'lik maça maskesi çok amaçlı olarak kullanılabilir. 70mm.'lik maske ise basit ve küçük maçalar için

faydalı olurlar. Maça yerleştiricisi, farklı maske kalınlıkları içinde kullanılabilirler ancak bunların imalatı oldukça karmaşık ve pahalıdır.

Maça maskenin çerçevesi, baskı plakasına bağlı model plakası üzerine yerleştirilir. Model üzerine ayrıştırıcı madde sürülür ve çerçeve reçine ile doldurularak hazırlanır. Reçinenin katılaşmasından sonra maske, model plakasından çekilir ve maskenin arkasına, maçanın temas edeceği yerlere vakum deliği delinir (Çelik, 1986; Disa, 2004).

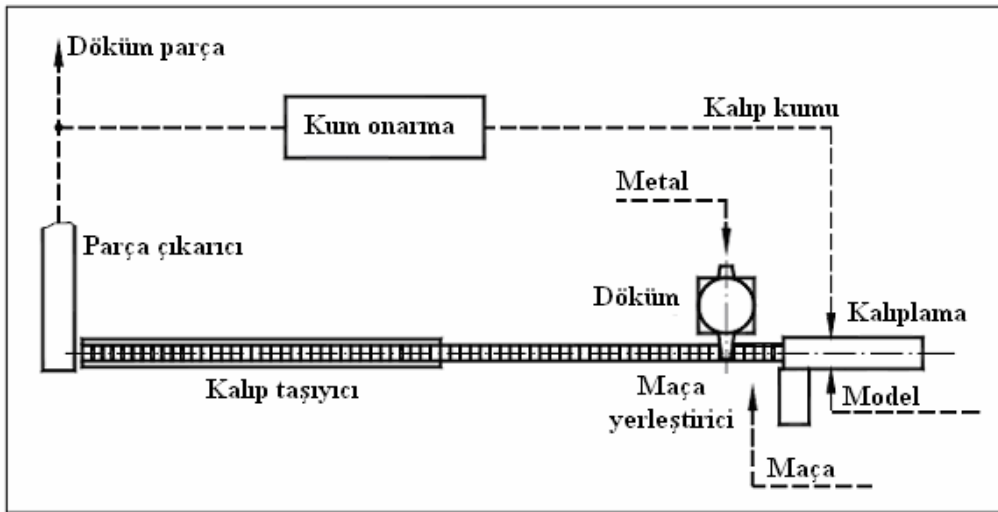
2.3.5 Dikey Giriş Sistemi

Disamatik kalıplama yönteminde metalin kalıba girişi kendine özgü bir düşey giriş sistemi ile gerçekleşmektedir. Bu sistem her biri standart hale getirilmiş, döküm ağızı, yatay ve düşey yolluklar, memeler ve besleyicilerden oluşur. Giriş sistemi elemanları, dökülecek parça geometrisi, kullanılan kalıp boyutları ve döküm metaline göre belirlenmektedir.

Düşey giriş sistemleri, elemanları ve yardımcı elemanlar sonraki bölümde detaylı olarak incelenmiştir (Osman, 1987).

2.4 Disamatik Kalıplama Sistemi

Disamatik kalıplama sistemleri, kalıp boyutları ve kapasitelerine göre farklı tipte imal edilmişlerdir. Bunların başlıcaları üretici firma kodlandırmasıyla 2013, 2120/2130, 2032, 2040, 2050, 2070 ve 2080 tipleri olarak tanımlanmaktadır. Dünyada en çok kullanılan sistem 2013 Mk4 tipidir. Disamatik kalıplama sistemi; kalıplama, maça yerleştirme, kalıp taşıma ve döküm soğutma gibi kısımlardan oluşmaktadır (Şekil 2.18).

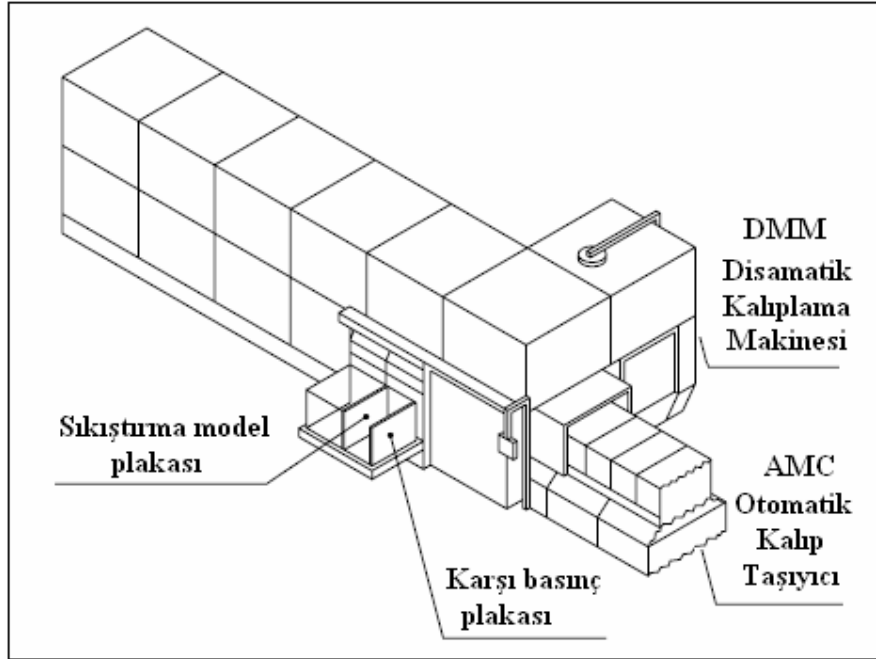


Şekil 2.18 Disamatik üretim hattı (Disa, 2004)

2.4.1 Kalıplama Makinesi (DMM)

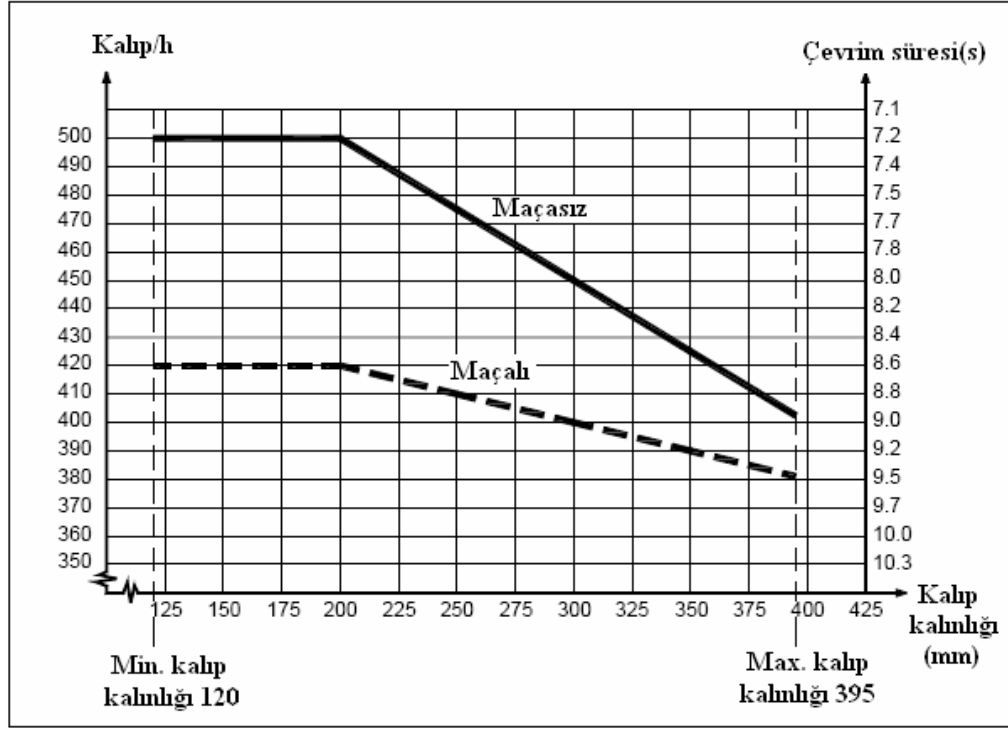
Kalıplama makinesi, kumun sıkıştırılarak kalıp haline getirildiği ana bölümdür (Şekil 2.19). Oluşturulan kalıpların otomatik kalıp taşıyıcısına doğru hareket ederek bir kalıp dizisi oluşturmasını sağlar. Disamatik kalıplama makinesi esas olarak aşağıdaki ana kısımlardan oluşur;

- Alt, üst ve yan duvarları sabit bir kalıplama odası,
- Model plakalarının bağlı olduğu sıkıştırma ve karşılama plakaları
- Bir kum haznesi,
- Bir kum doldurma düzeneği,
- Kalıpların nakli ve sıkıştırma için kuvvet temin eden bir hidrolik sistem



Şekil 2.19 Disamatik kalıplama makinesi ve otomatik kalıp taşıyıcı (Disa, 2004)

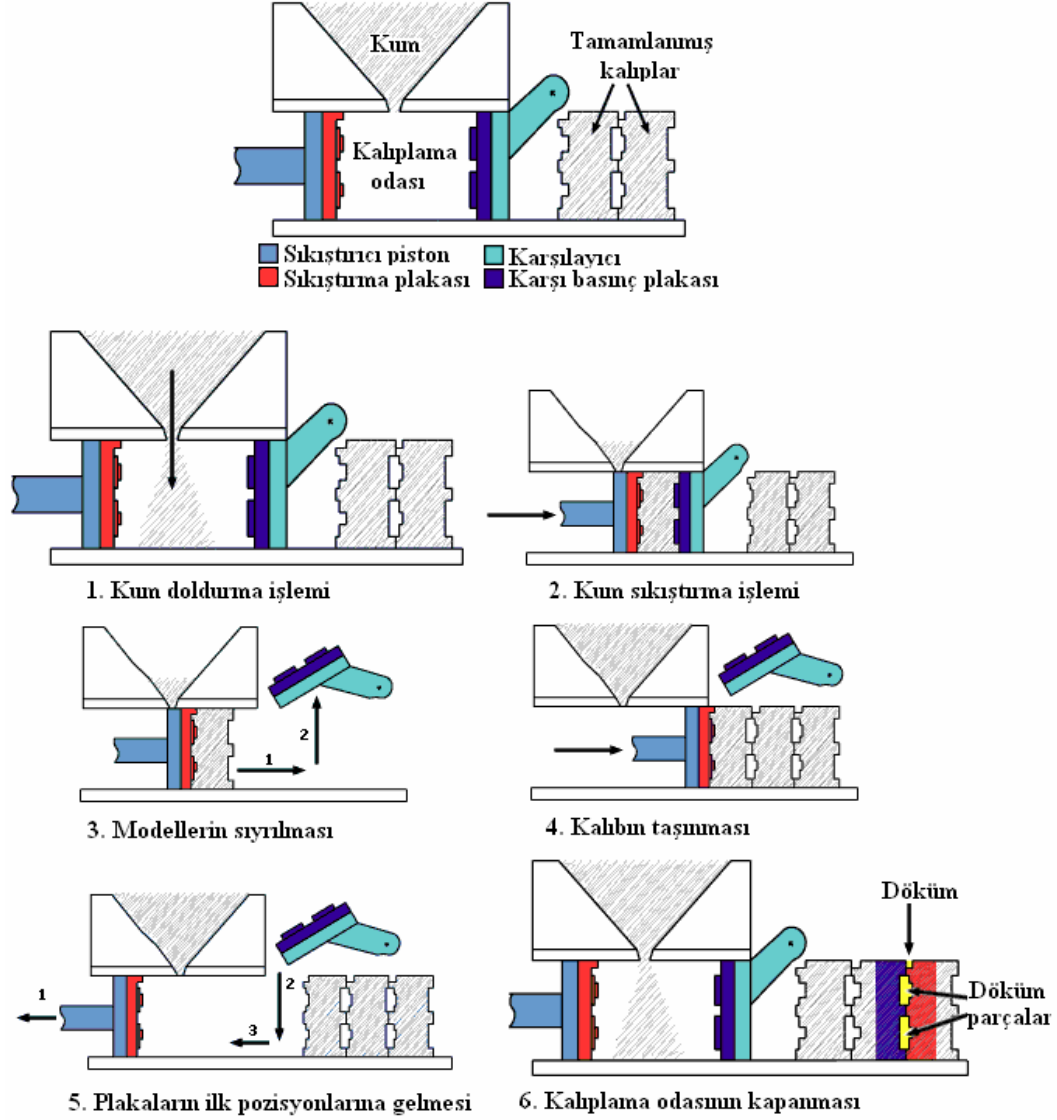
Disamatik kalıplama makinelerinin maçalı ve maçasız durumda kalıplama kapasiteleri değişkenlik göstermektedir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 Kalıplama kapasitesi (Disa, 1988, 2004)

Kalıplama işlem adımları şu şekildedir (Şekil 2.21).

- 1) Kalıplama odasının kum ile doldurulması,
- 2) Kalıbın sıkıştırılması
- 3) Öndeki modelin kalıptan ayrılması,
- 4) Kalıbın kalıp dizisine birleştirilmesi ve kalıp dizisinin bir kalıp adımı kadar ilerlemesi,
- 5) Arkadaki modelin geriye çekilmesi,
- 6) Kalıplama odasında modellerin sıkıştırma pozisyonuna gelmesi ve kalıplama odasının yeniden kumla doldurulması (Çelik, 1986; Oskan, 1987; Disa, 2004).



Şekil 2.21 Disamatik kalıplamanın işlem adımları [4]

2.4.1.1 Kalıplama Odasının Kum İle Doldurulması

Kum besleme ünitesi ile bağlantılı olan kum haznesi, makinenin kalıplama odası üzerindedir ve odaya bir püskürtme deliği ile bağlıdır. Kum püskürtme deliği, kalıp kumunun delik içerisinden en uygun biçimde geçmesine olanak tanıyan yapıda dizayn edilmiştir. Kum püskürtme düzeneğinin diğer iki ana elemanı, basınçlı hava deposu ve kum püskürtme valfidir. Hava deposu içindeki hava basıncı otomatik olarak ayarlanabilmekte ve kalıplama bölümünün kendine ait kompresörü ile dökümhane basınçlı hava sisteminden bağımsız olarak temin edilmektedir.

Disamatik kalıplama makinesinin çevrimi başladığı zaman, kum haznesi otomatik olarak dolar ve kum doldurma valfi kapanır. Sonra ön ayarlı bir hava basıncında, operasyonların gerçekleşme süresine göre kontrollü zaman aralıkları için kum püskürtme valfi açılır ve haznedeki kum, püskürtme deliği içinden kalıplama odasına verilir. Bu anda modeller kalıplama odasının iki tarafında, birbirlerine en uzak konumdadır. Kumun kalıplama odasına basınçla doldurulması ile kalıbın düzgün bir ön sıkıştırılması sağlanmış olmaktadır (Şekil 2.21-1). Bu operasyonda kum püskürtme hızının, modellerde yüksek aşınmaya neden olmayacak şekilde kontrol edilmesi önemlidir. Aksi halde kalıpta zayıf noktalar meydana gelebilecektir (Çelik, 1986; Oskan, 1987).

2.4.1.2 Kalıbın Sıkıştırılması

Kalıplama odasının doldurulmasından sonra hemen kalıp sıkıştırma işi başlar. Sıkıştırma plakası(PP) model yarılarının olduğu bağlı olduğu piston, hidrolik kuvvet ile kalıplama odasının içine itilir. Bu esnada diğer model yarılarının bağlı olduğu karşı basınç plakası(SP) da hidrolik kuvvet vasıtasıyla sıkıştırma plakasına doğru hareket eder. Böylece kalıp her iki tarafından sıkıştırılır (Şekil 2.21-2). Uygulanan sıkıştırma basıncı, modellerin şekli ve büyüklüğü, kum özellikleri ve metal cinsine göre 0-22 bar arasında uygulanabilir. Genel olarak ortalama 10 bar basınç optimum değer olarak kullanılmakta, yeterli kalıp sertliği ve gaz geçirgenliği bu değerde elde edilebilmektedir (Çelik, 1986; Oskan, 1987).

2.4.1.3 Modellerin Kalıptan Ayrılması Ve Kalıpların Hareketi

Kalıp sıkıştırıldıktan sonra karşı basınç plakası yavaşça geri çekilir. Karşı basınç plakası, kalıpta hasar meydana gelmeyecek şekilde kalıptan ayrılma hareketini sağlar. Modeller, kalıptan tamamen ayrıldığında karşı basınç plakası kalıplama odası önünden uzaklaşır ve kalıbın odanın dışına çıkmasına izin verecek şekilde yukarı kalkar (Şekil 2.21-3). Bu esnada henüz kalıpta olan sıkıştırma plakası, kalıbı odanın dışına iter. Yeni kalıp, kalıp dizisi ile tam birleşmeden önce itme hızı oldukça yavaşlatılarak kalıbın, kalıp dizisi ile çok yumuşak olarak birleşmesi sağlanır.

Kalıp yüzeyleri arasındaki basınç ön ayarlı bir değere ulaşınca kadar sıkıştırma basıncı sabit tutulur. Ön ayarlı kalıp yüzeyi basıncına ulaşılınca bütün kalıp dizisi, otomatik kalıp taşıyıcısından(AMC) sağlanan güç ile hız kazanır (Şekil 2.21-4). Kalıp dizisi, bir kalıbın tam kalınlığı kadar ileriye doğru taşınır. Taşınma hareketi geçici olarak durunca, sıkıştırma plakası kalıptan yavaşça ayrılır ve kalıplama odasındaki başlangıç pozisyonuna geri döner (Şekil 2.21-5). Karşı basınç plakası dönerek kalıplama odasını kapatmak üzere dikey pozisyona

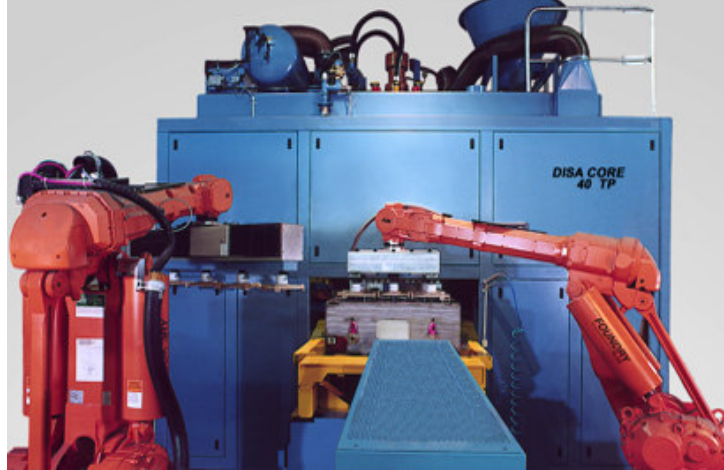
gelir. Kalıp yapım çevrimi tamamlanır (Şekil 2.21-6).

Açıklanan işlem adımları kalıplama bölümünde bir kalıbın meydana getirilmesi için peş peşe ve otomatik olarak gerçekleşmektedir. Bu yolla oluşturulan kalıplar kalıplama odası dışında birleşerek bir kalıp dizisi meydana getirirler

Kalıplama işlemi model yerleştirilmesi, kalıbın hazırlanması (kalıp genişliği, sıkıştırma oranı tayini vs) kalıplama, maça yerleştirme ve kalıpların taşınması gibi alt işlemlere ayrılır. Burada model ve kalıp boyutları belirlenmiş haldeki kalıplama makine operasyonları anlatılmış olup genel anlamda kalıplama işlemini tamamlayan maça yerleştirilmesi ve kalıpların taşınması alt işlemleri de kalıbın kalıplama odasını tamamen terk ederek diziyeye katılması ile birlikte başlamaktadır (Çelik, 1986; Oskan, 1987).

2.4.2 Maça Yerleştirici (CSE)

Maça gerektiren dökümlerde, kalıplama odasında kumun sıkıştırılmasından hemen sonra oluşan kalıbın arka yüzüne maça yerleştirme işlemi otomatik olarak yapan bölümdür (Şekil 2.22). Kalıplama bölümü ile eş çalışan maça yerleştirici, önceden hazırlanmış olan maçaları maça maskesi denilen bir taşıyıcı ile kalıp boşluklarına otomatik olarak yerleştirmektedir. Maça maskesini taşıyan hareketli levha ve açık olduğunda bölümün hareketini engelleyen emniyet kapısından meydana gelmektedir.



Şekil 2.22 Maça yerleştirici [5]

Maça yerleştirici, kalıplama bölümünde karşı basınç plakasına yakın bir konumdadır. Maça yerleştirme işlemi, kontrol panelinden yerleştiricinin hareketleri kumanda edilerek gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle kum kalıba hasar vermeden ve hassas olarak maça

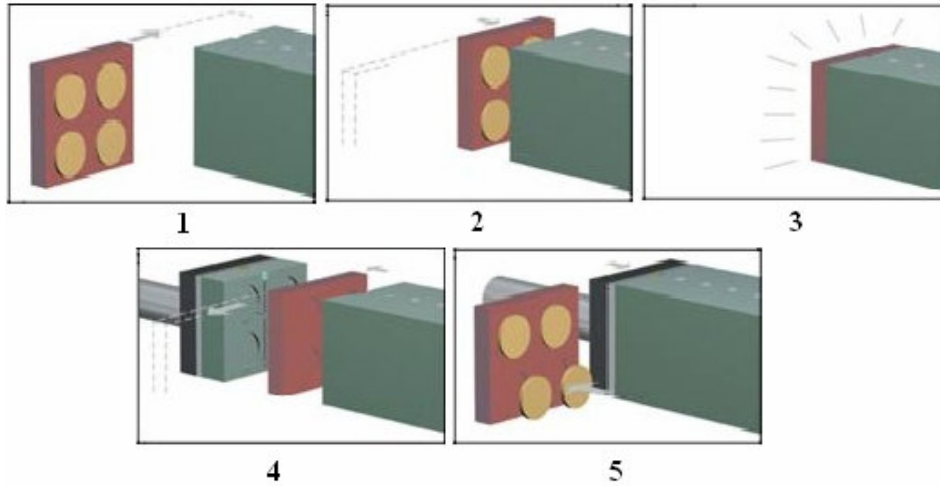
yerleştirilmesi sağlanabilmektedir.

Maça yerleştirici, kalıplamada karşı basınç plakasının sıkıştırma görevini tamamlayıp yukarı kalkması sırasında devreye girmektedir. Maçalar, kalıplara maça maskesi adı verilen ve ön modelin negatifi olarak epoksi reçineden yapılan bir özel taşıyıcı ile iletilmekte, ayrıca maçalar taşınırken maça maskesine uygun yerlerinden uygulanan vakum ile tutunmaktadır. Yerleştirici, kalıplama makinesi ile senkronizedir fakat özel kumanda paneli vasıtasıyla istenildiğinde devreye sokulmaktadır (Çelik, 1986; Oskan, 1987).

Maça yerleştiricisi çevrimi beş aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2.23).

1. Aşama: Maça maskesi, maça ile yüklendiğinde maça yerleştirici faal hale geçirilir ve emniyet kapısı kapanır. Kalıplama makinesinin kumanda sistemi ile eş çalışan maça maskesi kalıp dizisinin arkasına doğru ve en son üretilen kalıbın arka yüzü ile bir hizaya gelinceye kadar hareket eder.

2. Aşama: Maça maskesi, kalıba doğru, kalıp boşluğuna temas edinceye kadar yanaşır. Maske, kalıp yüzeyine dolayısıyla maçalar kalıp boşluklarına belirli bir güçte bastırıldığı zaman, maça tutucu vakum etkisi kalkar.



Şekil 2.23 Maça yerleştirme işlem sıraları [2]

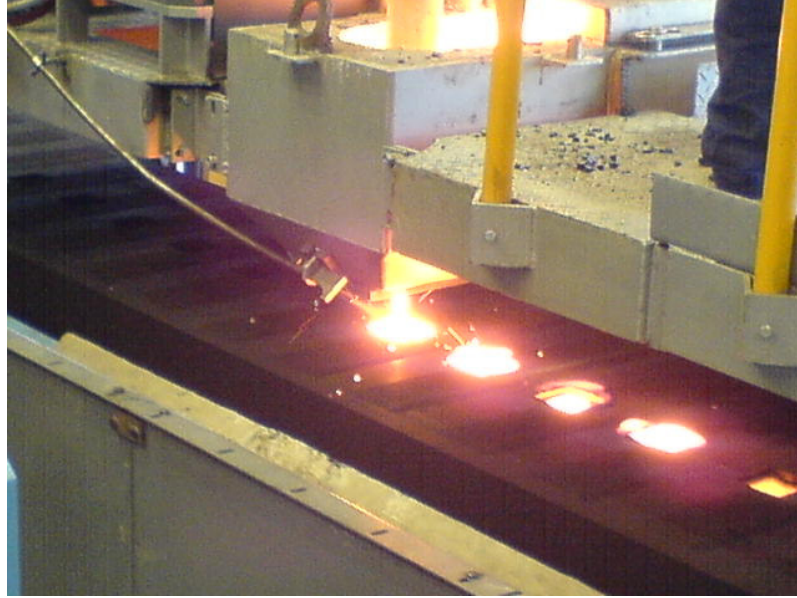
3. Aşama: Maça maskesi, kalıbın içine iyice yerleşen maçaları orada bırakarak geriye doğru hareket eder. Maçalar özel olarak yapılan tutunma çıkıntıları (maça başları) ile kalıba tutunmaktadır.

4. Aşama: Boş maça maskesi başlangıç pozisyonuna geri döner.

5. Aşama: Kalıba maça konulması işlemi tamamlanır ve maske yeniden maça ile yüklenir (Çelik, 1986; Kofler, 1988).

2.4.3 Otomatik Kalıp Taşıyıcı (AMC)

Disamatik kalıplama sistemlerinde, kalıplama işleminden sonra, kalıpların bitirme işlemine kadar taşınması otomatik veya hassas kalıp taşıyıcısı olarak isimlendirilen yürüyen bant ile sağlanır. Yürüyen bant üzerinde bir dizi oluşturan kalıplar, bu taşıma işlemi sırasında aynı zamanda sıvı metal ile doldurulmaktadır. Döküm işlemi, son üretilen kalıptan ortalama 2m. sonra ve kalıp dizisinin durma anlarında yapılmaktadır (Şekil 2.24). Üretim kapasitesi ve koşullara göre elle kumandalı veya otomatik olarak döküm yapmak seçeneği vardır. Döküm metalinin katılaşması için gerekli zaman, istenilen döküm bozma sıcaklığı, döküm geometrisi ve üretim oranları gibi faktörlerin göz önüne alınması yoluyla oluşturulmuş, Disamatik' e özgü bir hesaplama ve standart diyagramlar yardımıyla soğutma yolu uzunluğu belirlenebilmektedir (Çelik, 1986; Oskan, 1987; Sönmez, 1991).



Şekil 2.24 Disamatikte döküm işlemi

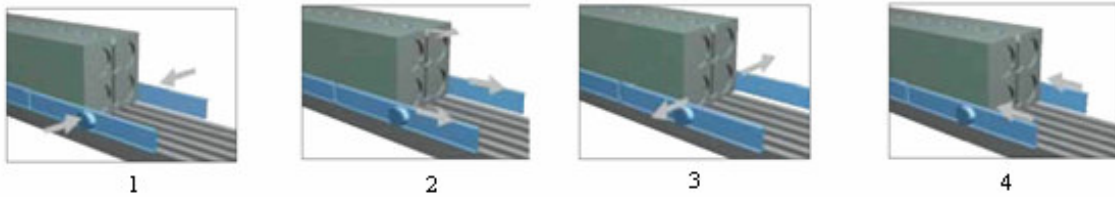
Yürüyen bant, kalıplama bölümü ile eşzamanlı olarak hareket etmekte ve kalıp dizisinin kalıplamadan dökümün katılaşmasına kadar hareketini, kalıplama bölümünün çalışmasına paralel olarak sağlamaktadır. Kalıpların taşıma süresi içinde döküm ve katılaşma olayları da gerçekleştiği için otomatik kalıp taşıyıcısı aynı zamanda dökümlerin soğutulduğu alan olarak görev yapmaktadır. Kalıp taşıyıcı, taşıma işlemi sırasında son derece hassas hareket eder.

Dökülecek ürünün boyut ve yüzey hassasiyetini doğrudan ilgilendiren taşıma işlemi ile kalıplar sarsılmadan ve aynı düzlemde kalarak soğutulmaktadır.

Kalıp taşıyıcısı, bir kalıp kayma yolu, bir destek sürgü mekanizması ve bir hidrolik-pnömatik güç istasyonundan meydana gelir. Toplam uzunluğu, sistem tipine göre 12-33,5 m. arasındadır. Kalıplama bölümü ile eş çalışan taşıyıcıda kayma yolu ve destek sürgüleri hidrolik, destek silindirleri pnömatik olarak çalışır. Bu hidrolik-pnömatik güç, özel güç istasyonundan temin edilmektedir.

Kayma yolu, kalıplama odasının taban plakası ile aynı düzeyde olan ve ayaklar üzerine mesnetli bir takım paralel demir çubuklardan yapılmıştır. Bir taraftan kalıplama odası tabanı, diğer taraftan kalıp bozma bölümü veya (gerekli ise) senkronize yürüyen bant (SBC) ile irtibatlıdır. Sürgü mekanizması desteğinde ilerletilen kalıp dizisi bu yol üzerinde kayarak hareket eder.

Destek sürgü mekanizması ise yan yana dizilen kalıpların yüzeyleri arasında sıkıştırma pistonu ile sağlanan belirli bir basınç değerini sabit tutarak kalıp boşluğunun hassasiyetini devam ettirmek ve kalıp dizisini ilerleterek yeni kalıpların diziyeye katılmasını sağlama görevini yapar. Bu sistemde destek sürgüleri, destek silindirleri olarak adlandırılan bir takım pnömatik silindirler ile tahrik edilerek, kalıpları her iki tarafından bütün kalıp dizisi boyunca destekler. Destek sürgü mekanizması, döküm işlemi nedeniyle ısıya dayanıklı dökme demirden yapılmalı ve ergimiş metal dökülme ve sıçramalarına karşı emniyet sağlamalıdır.



Şekil 2.25 Kalıp taşıma işlem adımları [2,11]

Kalıp taşıyıcısında kalıpların taşınma işlemi şu şekilde gerçekleşir (Şekil 2.25).

- 1) Başlangıç pozisyonunda destek sürgü mekanizması, kalıp dizisine dokunmaksızın, kalıplama odasına doğru mümkün olduğu kadar yanaşır. Sonra destek silindirleri pnömatik olarak tahrik edilir ve destek sürgüleri kalıp dizisini kavrarlar.

- 2) Son üretilen yeni kalıp, kalıp dizisi ile birleştikten sonra destek sürgü mekanizmasına hidrolik basınç uygulanarak sürgülerin ilerlemesi sağlanır. Otomatik kontrol sistemleri, sürtünme değişimleri ve kalıp dizisinin ağırlığına bağlı olarak yeterli destek gücü dağılımını temin eder. Kalıp dizisi bir tam kalıp adımı kadar ilerlediğinde, ilerleme durur ve sıkıştırma pistonu kalıplama odasına geri döner.
- 3) Basıncı hava kesilir ve destek silindirleri boşalarak sürgülerin kalıp dizisinden ayrılmasına izin verir.
- 4) Son olarak destek sürgü mekanizması başlangıç pozisyonuna geri döner yeni kalıbın diziyeye katılarak dizinin bir kalıp adımı kadar ilerleme periyodu tamamlanır. Her yeni kalıp için bu iş periyodu tekrarlanmakta dolayısıyla kalıplamadan kalıp bozma işlemine kadar kalıpların nakli temin edilmektedir (Çelik, 1986; Oskan, 1987; Sönmez, 1991).

2.4.4 Senkronize Bant Taşıyıcı (SBC)

Dökümün katılaşması için otomatik kalıp taşıyıcısı uzunluğu yeterli olmuyorsa, gerekli soğumayı elde etmek için kalıp taşıyıcısına senkronize bant taşıyıcı denilen diğer bir taşıyıcı eklenmektedir. Bant üzerinde soğumasını tamamlayan kalıplar bantın sonunda kalıp bozma işlemine alınmaktadır. Disamatik tipine göre 6,5 m. den 68,5 m. ye kadar uzunlukta senkronize bant kullanmak mümkündür. Gerekli olan uzunluğa göre 1,5 veya 2 m.lik parçalar halinde eklenebilmektedir.

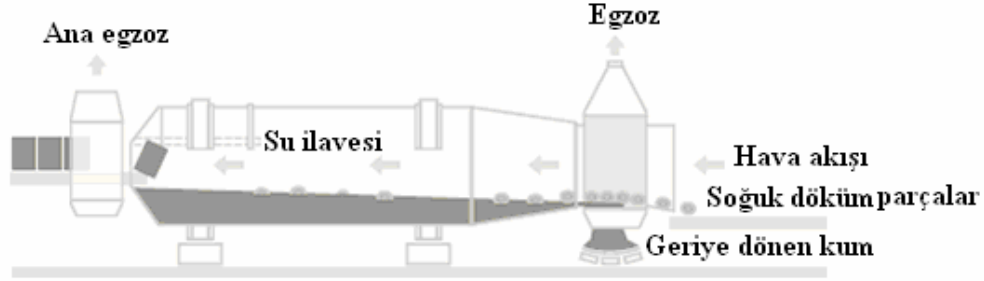
Senkronize bantın uzunluğu, dökülen metalin kalitesi ve istenen çıkış sıcaklığına bağlı olarak belirlenmektedir. Senkronize taşıyıcının bandı, tel örgülüdür ve toz sızdırmaz yataklarla taşınan rulolar üzerine yerleştirilmiştir. Senkronize bant, pnömatik birleştirme ve otomatik kalıp taşıyıcısının nakil mekanizması yardımıyla çekici güçle beslenir. Bu birleştirme, metalik bantın tüm uzunluğu boyunca eşit bir taşıma gücü dağıtarak otomatik kalıp taşıyıcısı ile sağlam bir bağlantı gerçekleştirir. Senkronize taşıma bandı, kalıplama bölümü ve otomatik kalıp taşıyıcı bandı ile uyumlu çalışarak, taşıma esnasında kalıpların ayrılma ve deformasyon tehlikesini ortadan kaldırmaktadır (Kofler, 1988; Sönmez, 1991).

2.4.5 Disacool Ve Otomatik Döküm Parça Çıkarıcı (ACE)

Belirli kalıp bozma sıcaklığına kadar soğuyan kalıplar, otomatik kalıp taşıyıcısı veya senkronize yürüyen banttıan sonra bozularak döküm parça çıkarılmaktadır. Disamatik kalıplama yönteminde derece olmadığından bozma işlemi çok daha basit ve hızlı yapılabilmektedir.

Disamatik sistemler için geliştirilmiş olan ve Disacool soğutma tamburları denilen dönen

tambur sistemlerinin içine taşınan kalıpların üzerine su püskürtülür ve bu şekilde kalıp ve parça soğutulmaktadır. Bundan sonra kalıpların bozulması, kalıp-maça kumu ve döküm parçanın yolluk sisteminden ayrılması işlemleri yapılmaktadır (Şekil 2.26). Disacool ile kalıp bozma işleminden sonra, döküm parça ve kum ayrı sevk bantlarına alınmakta, su ilavesi tamamlanan topaksız kum, yenileme işlemine gitmektedir.

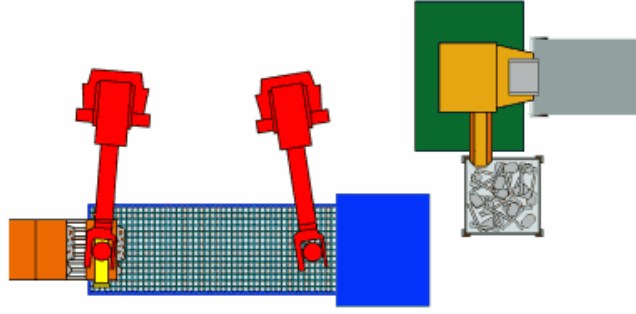


Şekil 2.26 Disacool soğutma tamburu (Disa, 2004)

Disacool ile sistem kumunun uzun yollar kat etmesi önlenmiştir. Ayrıca bu sistem, kalıp bozma işlemini, oldukça sessiz çalışarak, oluşan toz ve duman miktarını asgariye indirmekte ve kumun topaklanmasını da engellemektedir.

Disacool'dan başka daha çok Disamatik kalıplama sistemlerinin büyük tiplerinde kullanılan otomatik döküm parça çıkarıcılar (ACE) bulunmaktadır (Şekil 2.27). Parça çıkarıcılar, büyük boyutlu makine parçalarının üretiminde, kontrollü soğutma ve özel son işlem gerektiren hallerde kullanılır. Otomatik ayırıcılar ile kalıp ve maça kumu da birbirinden ayrılabilir.

Otomatik çıkarıcılar, döküm parçayı kalıbın içerisinden kalıp kırılmadan almakta, maçaları da kalıptan ayrı bozma olanağı yaratmaktadır. Böylece kalıp ve maça kumunun yeniden kullanılmak üzere ayrı yerlere sevki sağlanmaktadır (Çelik, 1986; Kofler, 1988).



Şekil 2.27 Otomatik döküm parça çıkarıcı [2]

2.4.6 Yardımcı Diğer Üniteler

Kum verme ünitesi (SSU), bir kum silosu, siklon düzeneği ve bir kum hunisinden oluşan sistemdir. Bu ünite, kalıplama makinesinin kontrol ünitesi ile kontrol edilmektedir. Kum verme ünitesi, kalıplama bölümünün kum gereksinimini sağlayan ve dökümhanenin kum sistemi ile kalıplama bölümü arasında tampon olarak çalışan bir bölümdür. Siklon düzeneği ise kalıplama bölümüne basınçlı kum girişinden sonra oluşan kum-hava karışıklığını (kalıplama bölümü egzostu) bastırarak hava ve kumu ayıran bölümdür (Kofler, 1988).

Model değiştirme ünitesi (PPC), kolay ve çabuk model değiştirme amacıyla manuel olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.28). Model değiştirme ünitesi, kalıplama makinesinin önündeki kol ve mil üzerine monte edilmiş salıncağı ihtiva eder. Salıncak kolu, iki kumandalı pnömatik tutucuya sahiptir. Tutucular, model plakasının taşınmasını sağlar. Model değiştirme ünitesi kullanılmadığı zaman, model plakası bir kilitleme cihazına yerleştirilerek emniyete alınır ve kollar indirilerek kalıplama makinesinin yanında park edilir (Çelik, 1986).



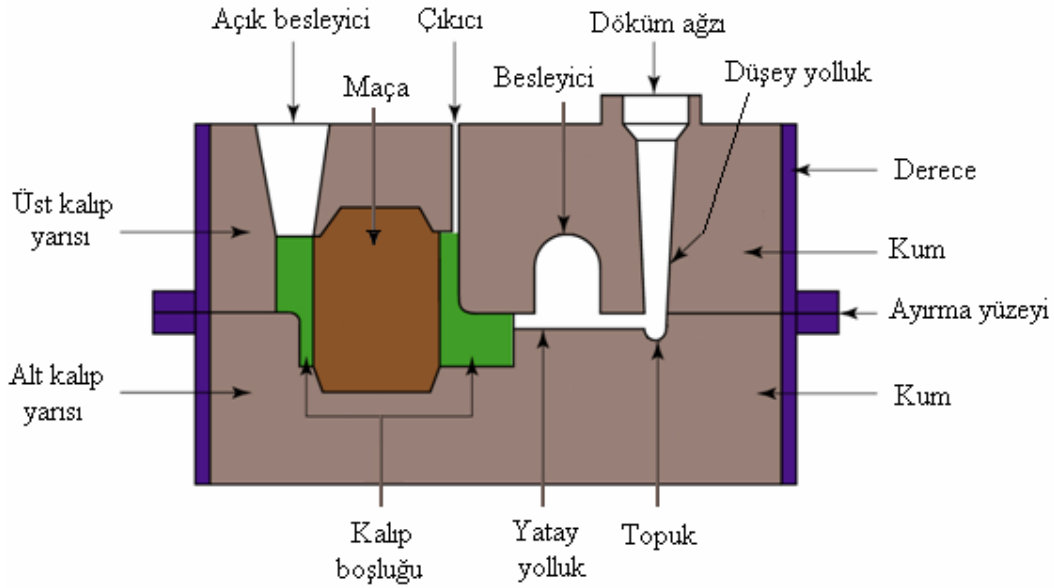
Şekil 2.28 Model değiştirme ünitesi

Dökülen kumları toplama bant konveyörü (SSC), kalıplama makinesindeki kalıplama odasının altından dökülen kumları, otomatik taşıyıcının içindeki ızgaralardan, kalıplama makinesinin ve kalıp taşıyıcısının altına yerleştirilen, metal levhalardan yapılan dökülme kanallarına toplar. Kum toplama bandı lastik sıyırıcıları ile bir bant ve kumun döküldüğü sıyırma kanallarını içerir.

Elektronik kontrol sistemi (ECS), ana kontrol panosunun her biri üzerine yerleştirilmiş VDU ekran ve klavyesi ile kontrol kabini içine yerleştirilmiş mikro bilgisayar ile sistemin kontrolünü otomatik olarak sağlar. Bu sistem, koruma sağlar, makine fonksiyonlarının yerine getirmesini sağlar ve çalışma anında oluşan hatayı göstermektedir (Kofler, 1988).

3. DİSAMATİK KALIPLAMADA YOLLUK SİSTEMİ

Sıvı metalin potadan kalıp boşluğuna transferi düşey ve yatay kanallardan oluşan ve yolluk adı verilen bir sistem vasıtasıyla gerçekleştirilir. Metallerin önemli bir kısmı katılaşma esnasında büzülme gösterirken bazıları genleşme gösterirler. Büzülme ve genleşme oranları metallere göre değişim göstermektedir. Besleyici genel olarak sıvı-katı dönüşümü veya katılaşma esnasında hacimsel büzülme sonucu oluşan boşlukları ergiyik metal ile doldurmak üzere kalıp boşluğunun uygun yerlerine yerleştirilen metal depolarıdır. Şekil 3.1’de derece içerisinde klasik kum kalıplamada yolluk sistemi, Şekil 3.2’de disamatik kalıplamada kullanılan çok gözlü kalıpta düşey yolluk sistemi gösterilmektedir (Çiğdem, 1996).



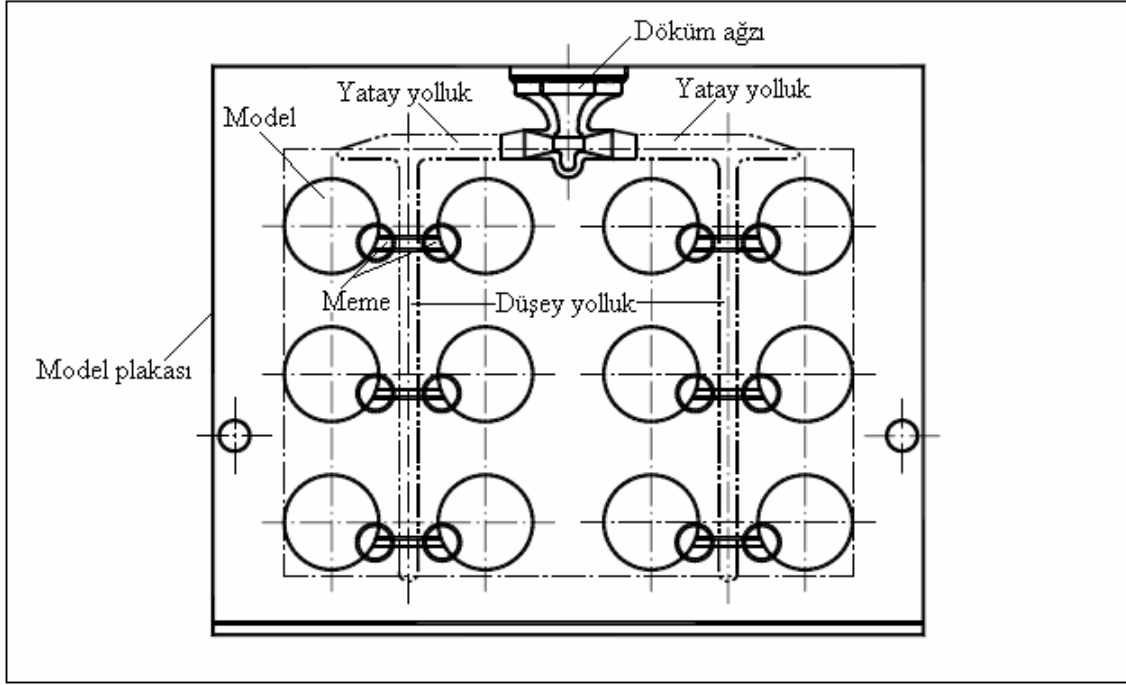
Şekil 3.1 Klasik kum kalıplamada yolluk sistemi [3]

Yolluk sisteminin ana elemanları döküm ağızı, yatay ve düşey yolluklar ve memelerdir. Besleyici sisteminin elemanları ise besleyici ve besleyici boynudur. İdeal bir yolluk sistemi şu işlevleri yerine getirmelidir;

- 1) Kalıp boşluğunun sıvı metal ile katılaşma başlamadan önce hızlı bir şekilde dolmasını sağlamalıdır.
- 2) Sıvı metal akışının dengeli ve minimum türbülansa olmasını sağlamalıdır.
- 3) Hava ve kalıp gazlarının sıvı metal içerisine girmesini, metalin oksitlenmesini, maça ve

kalıbın erozyona uğramasını önlemelidir.

- 4) Sistem, kalıpta yönsel katılaşmayı sağlayacak şekilde sıcaklık dağılımı yaratmalıdır.
- 5) Sıvı metal ile gelen ve metalin dağılımı sırasında ortaya çıkan curuf, pislik ve kumu vs'yi tutmalıdır.
- 6) Sistem hem kalıplama hem de ağırlık açısından ekonomik olmalıdır (Disa, 2004; Ülker, 2006).



Şekil 3.2 Disamatik kalıplamada düşey yolluk sistemi (Disa, 2004)

Bir döküm parçanın döküm yöntemlerinden herhangi biri ile üretilmesine karar verildiği anda, önce parçanın ana şekli tasarlanır. Yolluk elemanlarının kesit alanları ve besleyici boyutları dökülecek malzemenin katılaşma karakteristikleri dikkate alınarak belirlenir. Ayrıca yine dökülecek malzemenin katılaşma karakteristiğine veya parçanın kompleksliğine bağlı olarak karşılaşılabilecek muhtemel güçlükleri ortadan kaldırmak ve sağlam döküm eldesi amacıyla döküm sonrasında talaşlı işlemlerle giderilmek üzere ana şekle soğutucu kanatlar ilave edilir (Çiğdem, 1996).

Yolluk ve besleyici sistemlerinin iyi bir şekilde dizayn edilmesi işletmelere büyük fayda sağlar. Bu nedenle bu sistemlerin belirlenmesi çok önemlidir [5].

3.1 Yolluk Sistemlerinin Dizaynı

Temel yolluk sistemlerindeki metal akış yolu takip edilerek, yolluk sistemi elemanları ve diğer elemanlar incelenmiştir.

3.1.1 Döküm Ağzı

Döküm ağzı, potadan dökülen sıvı metalin düşey yolluğa girmeden önce kalıpla ilk temas ettiği kısımdır. Döküm ağzına bataklık, havşa, döküm havuzu, döküm haznesi de denilmektedir. Döküm ağzı, sıvı metalin toplanmasını sağlayarak yollukları dolu tutar ve böylece türbülansı önler. Ayrıca sıvı metalin dışarı sıçramalarını, cüruf ve pisliklerin yolluklara girmesini engeller [6].

Sağlam dökümler elde etmek için döküm ağzı mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde doldurulmalı ve döküm işlemi boyunca tamamen dolu tutulması esastır. Aksi takdirde diğer yolluk sistemi elemanları, yolluk sistemi hesaplamalarından beklenildiği gibi davranmaz.

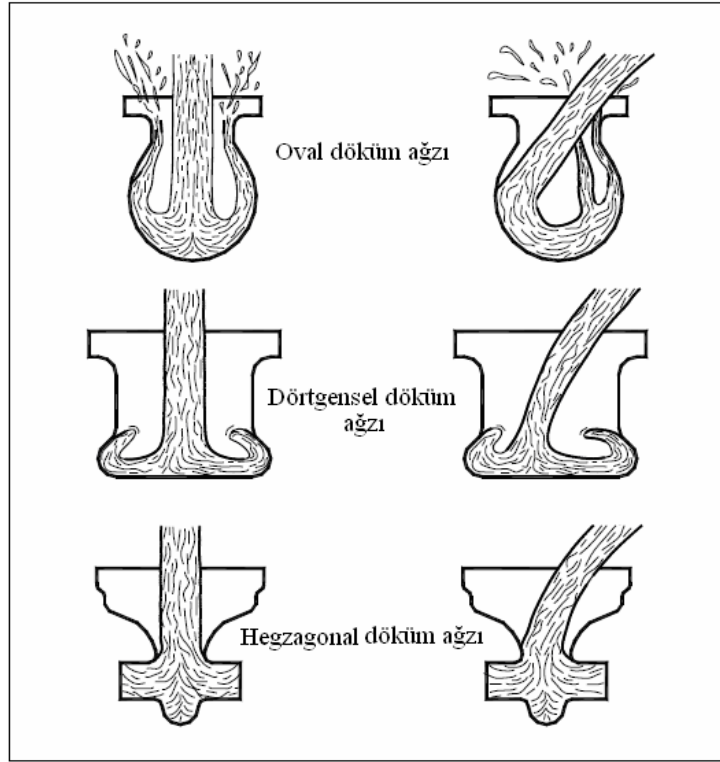
Dökümün başlangıcından döküm ağzının tamamen dolu olmasına kadar geçen zaman olan geçiş zamanı, doldurma prosesinin kontrol dışına çıktığı kritik bir zamandır. Bir çok yolluk sisteminin, bu geçiş zamanı içerisinde oluşan hasarı önlemek için dikkatli tasarlanması kaçınılmazdır (Çelik, 1986; Plutshack, 1988).

Genellikle doğru bir şekilde tasarlanmış ve boyutlandırılmış döküm ağzı, pota üzerinde daha az bir hassasiyet gerektirir ve böylece daha kolay tamamen tekrarlanabilen dökümler elde edilir.

İyi bir döküm ağzının özellikleri şunlardır;

- 1) Sıvı metal yüksek başlangıç döküm hızlarında döküm ağzının dışına sıçramamalıdır ve bu hızlarda, döküm ağzı mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde dolmalıdır.
- 2) Yolluk sisteminin boyutlarını bulabilmek için gerekli olan metalostatik basıncı mümkün olduğuna kadar çabuk elde edebilmek için sıvı metal, yolluk sisteminin diğer kısımlarına rahatça geçebilmelidir.
- 3) Döküm ağzının boyutu, tamamen dolu ve döküm devam ederken empüritelere ve cürufun sıvı metal yüzeyine yükselmesine izin vererek yolluğa girmesini engellemelidir.
- 4) Döküm ağzı ekonomik nedenlerden dolayı mümkün olduğu kadar az ağırlığa sahip olmalıdır.

- 5) Döküm ağızı, kalıp üst kısmındaki metal döküntülerini yakalayabilecek şekilde dizayn edilmelidir.



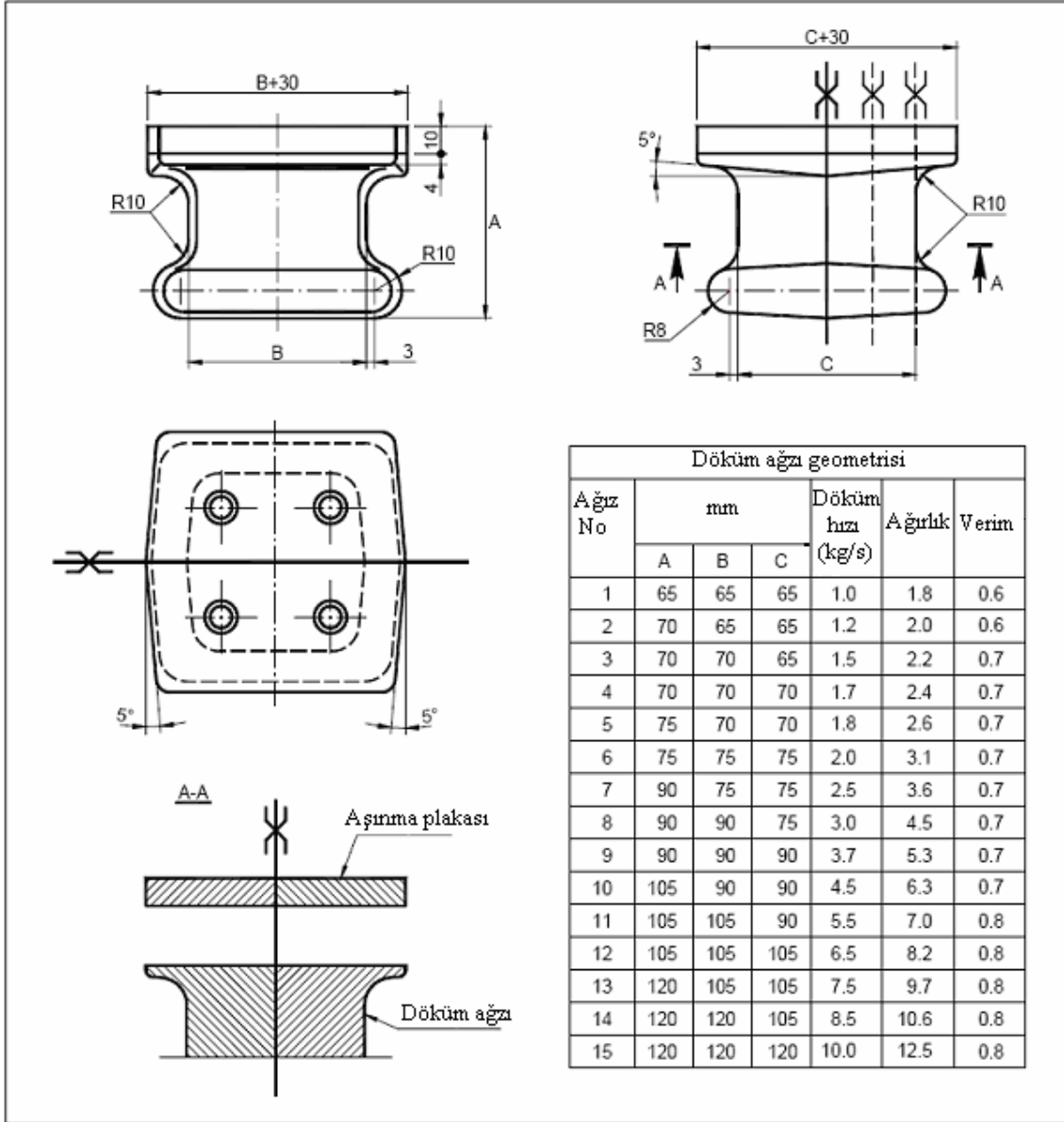
Şekil 3.3 Döküm ağızı çeşitleri (Disa, 1988, 2004)

Disamatik kalıplama'da bütün metal çeşitleri için kullanılabilen standart döküm ağızları geliştirilmiştir. Şekil 3.3 (a)'da ilk geliştirilen döküm ağızı örnekleri, geleneksel tip oval döküm ağızı olarak adlandırılır. Oval döküm ağızları, sıçrama riski nedeniyle yüksek döküm hızlarında tavsiye edilmez. Aynı zamanda sıçrama riski nedeniyle, döküm potasından ağza olan mesafenin yaklaşık olarak 80 mm.'den daha az olması gerekmektedir.

Oval döküm ağızının dezavantajlarından kaçınmak için Şekil 3.3 (b)'de gösterildiği gibi Dörtgensel döküm ağızları geliştirilmiştir. Dörtgensel döküm ağızları, şeklinden dolayı bu ismi almıştır. Bu ağız, türbülansı ve sıçramayı/devrilmeyi önler.

Dörtgensel döküm ağızı, döküm hızı 10 kg/s'ye kadar boyutlandırılır (Şekil 3.4).

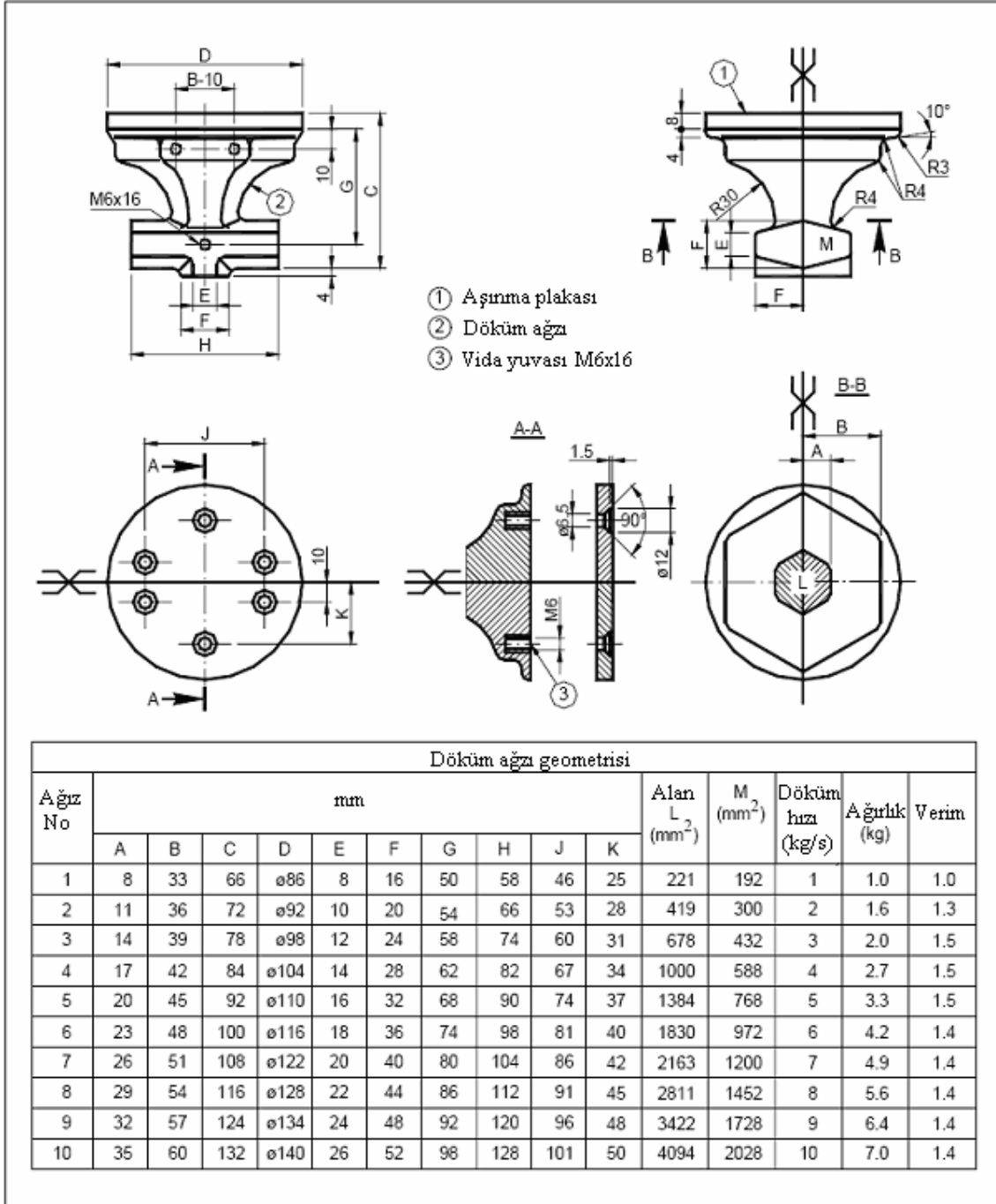
Ayrılma çizgisi gösterildiği gibi düşey yönde rastgele konulabilir. Şekil 3.4'te son sütunda gösterilen verim, döküm ağızında mümkün olan döküm hızının, döküm ağızının ağırlığına bölünmesiyle bulunur. Bu tip döküm ağızlarında verim çok yüksek değildir ancak model plakasında ve diğer yolluk elemanlarına bağlanması kolaydır (Disa, 1988, 2004).



Şekil 3.4 Dörtgensel döküm ağızı (Disa, 1988, 2004)

Dörtgensel döküm ağızlarında verimin düşük olması nedeniyle hegzagonal döküm ağızları geliştirilmiştir. Şekil 3.3 (c) 'de görüldüğü gibi hegzagonal döküm ağızları daha incedir ve adını şeklinden almıştır. Hegzagonal döküm ağızları, türbülansı ve metal sıçraması/devrilmesini önler.

Hegzagonal döküm ağızları 10 kg/s döküm hızına kadar boyutlandırılır (Şekil 3.5). Eğer sıvı metalin döküm ağızı ortasındaki döküm deliğine çarpması esnasında metal jeti oluşursa, döküm ağızı boyutu 1 ya da 2 numara ile gösterilen ölçülerden seçilmelidir.



Şekil 3.5 Hegzagonal döküm ağızı (Disa, 1988, 2004)

Dörtgenel ve hegzagonal döküm ağızlarının üzerinde özel değişebilir aşınma plakalarının faydaları şunlardır.

- Hasar gördüğünde ve/veya aşındığında aşınma plakası kolayca değişebilir.
- Kalıplama odasının üst kısmı ile aşınma tabakası arasında taşınma hareketinde dağınık

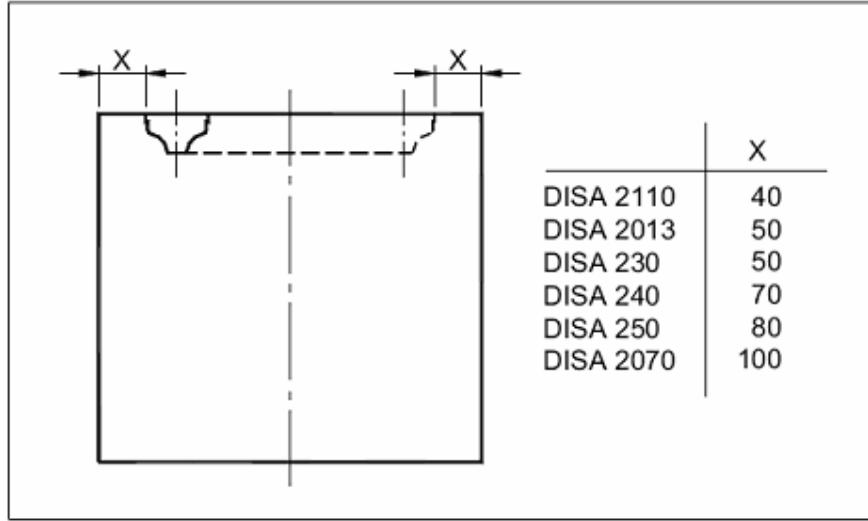
kumu üzerinde tutan bir raf özelliği taşır.

- Fazla metal akışını önler potadan ağza olan mesafe için ekstra bir güvenlik sağlar.

Döküm ağızları sağladıkları akış debisine (kg/s) göre sınıflandırılırlar. Döküm ağzının boyutlarını belirlemek için kalıp içerisine dökülen toplam metal ağırlığının (G_2) , toplam döküm zamanına (t_2) oranı bilinmelidir. Toplam döküm ağırlığı (G_2) , yaklaşık olarak %70 verime karşılık gelen döküm ağırlığı olarak kabul edilmektedir (Disa, 1988, 2004).

3.1.2 Kalıp Üzerinde Döküm Ağızı Yerleşimi

Disamatik kalıpların dengesi için döküm ağızı ucundan kalıp kenarına kadar olan mesafe kalıplama makinesine bağlı olarak belirli bir değerin altında olmamalıdır. Şekil 3.6'da kalıplama makinelerine göre bu uzaklıklar verilmiştir (Disa, 2004).



Şekil 3.6 Kalıp üzerinde döküm ağızı yerleşimi (Disa, 2004)

3.1.3 Yolluklar

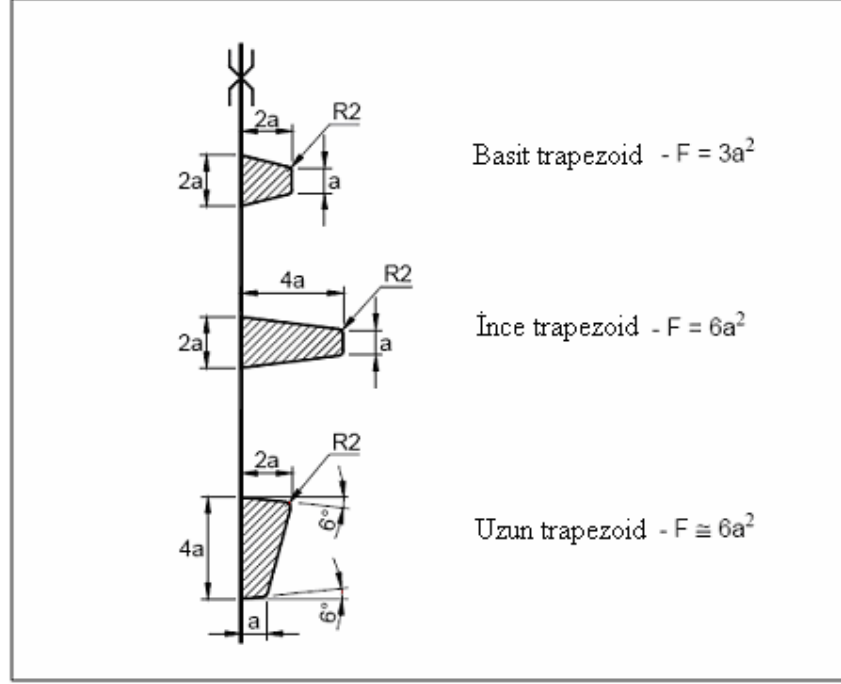
Yolluklar, döküm ağzından aldığı sıvı metali memelere ileten kanalların bütünüdür. Yollukların metale yol göstermekten başka kalıp boşluğuna hava ve gazların girmesini önlemek gibi işlevleri de vardır.

Üç farklı standart yolluk şekli ve yolluk kesit alanlarını hesaplamak için gerekli formüller ile birlikte Şekil 3.7'de verilmiştir.

Bu üç yolluğun pratik kullanımları ileride detaylı olarak açıklanacaktır. Ancak özetle ,

- Basit trapezoid yolluklar, dikey yolluk olarak

- İnce trapezoid yolluklar genellikle yatay yolluk olarak
- Uzun trapezoid yolluklar üst yatay yolluk olarak kullanıldığı söylenebilir (Çelik, 1986; Disa, 2004).



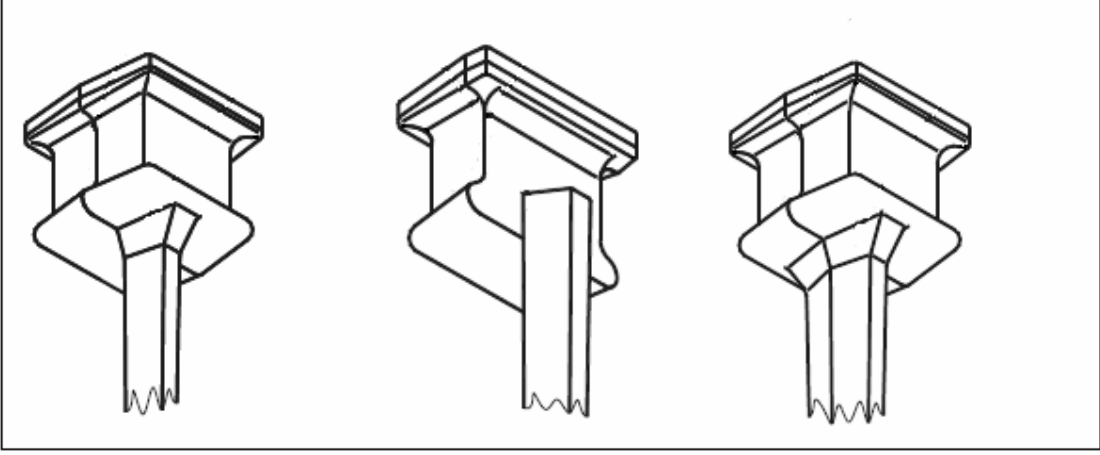
Şekil 3.7 Standart yolluklar ve kesit alanları (Disa, 1988, 2004)

3.1.4 Düşey Yollukların Döküm Ağzlarına Bağlantısı

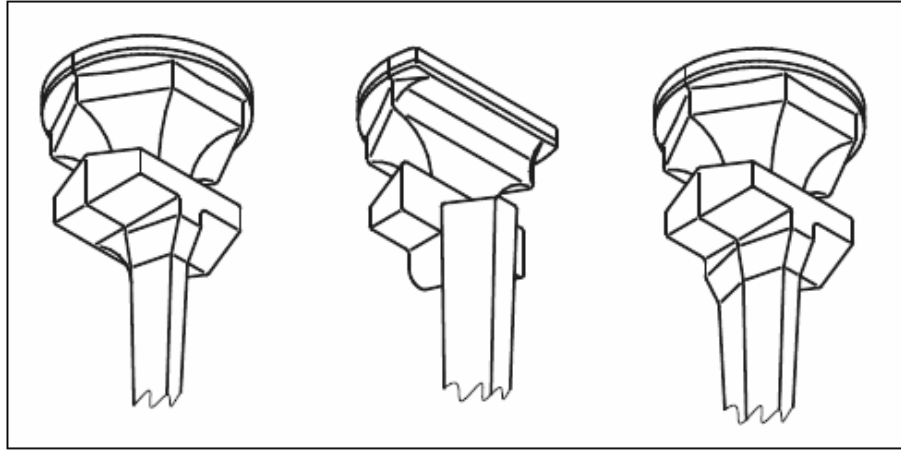
Düşey yolluklar, metalin herhangi bir türbülanslı akış yaratmadan mümkün olduğu kadar yumuşak bir şekilde aşağıya inmesini sağlar.

Çeşitli basit düşey yollukların dörtgenel döküm ağızlarına bağlantısı Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Bu bağlantının dizaynı, dökümhanelere uygun olacak şekilde çeşitli şekillerde olabilir. Ayrıca Şekil 3.8'de düşey yolluk ile bağlanmış bir döküm ağzına nasıl döküm yapılacağı da gösterilmektedir. Potanın kenarı, döküm ağzına çok yakın olmadıkça düşey yolluklara direkt olarak döküm yapılmaması tavsiye edilir. Bunun nedeni metal akış hızının, döküm ağzı ile pota kenarı arasındaki uzaklığına bağlı olarak değişmesinden dolayı dinamik basıncın değişmesidir.

Şekil 3.8'de gösterildiği gibi döküm ağzındaki yuvarlak kenarlardan sıvı metal geçerek metal hızının mümkün olduğu kadar azaltacak şekilde uygun bir pozisyonda döküm yapılması tavsiye edilmektedir.



Şekil 3.8 Dörtgensel döküm ağızlarına düşey yollukların bağlanması (Disa, 2004)



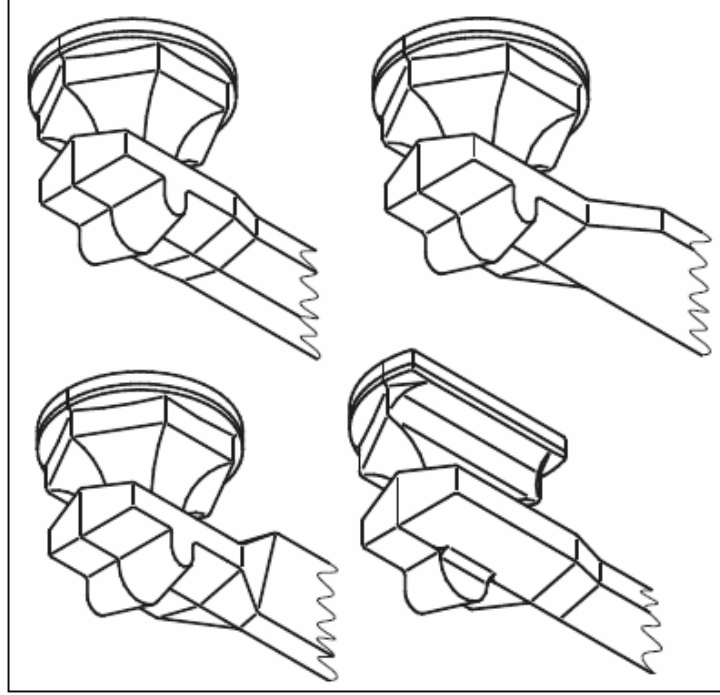
Şekil 3.9 Düşey yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlanması (Disa, 2004)

Düşey yollukların hegzagonal döküm ağızlarına mümkün olan farklı basit bağlantıları Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Bu bağlantının dizaynı farklı dökümhanelere uygun olacak şekilde çeşitlendirilebilir.

Bu döküm ağızları oldukça ince olduğu için bunun içerisine döküm yapmak aynı zamanda da düşey yollukların içerisine direkt olarak dökülmesini engellemek zordur. Bu bağlantılarda, döküm hızı dolayısıyla basınç fazla olacağından düşey yollukların bu tip ince döküm ağızlarına bağlanması tavsiye edilmez. Bazı dökümhanelerin bu tip bağlantıyı başarı ile kullanabilmesi için döküm hızı yaklaşık olarak 1 kg/s ' den daha az olmalıdır (Disa, 2004).

3.1.5 Yatay Yollukların Döküm Ağzlarına Bağlantısı

Yatay yollukların döküm ağızlarına bağlantıları için de metal akış çok hızlı olmaması için yolluk içerisine direkt döküm önlenmeli ve yuvarlak kenarları kullanılmalıdır. Yatay yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlantıları Şekil 3.10'da gösterilmektedir. Dörtgensel döküm ağızları içinde bağlantılar benzer bir şekilde olabilir (Disa, 2004).



Şekil 3.10 Yatay yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlantıları (Disa, 2004)

3.1.6 Üst Yatay Yolluk

Üst yatay yolluk için standart yolluklar arasından bir seçim yapılmalıdır (Şekil 3.7). Üst yatay yollukların esas amacı, sıvı metali bir yerden başka bir yere taşımaktır. Diğer önemli görevleri ise sıvı metalin yolluk sisteminde ilerleyişi esnasında kirliliğe engel olmak ve bütün döküm operasyonu esnasında cürufu, pislik ve kumu tutmaktır. Çizelge 3.1 'de üç standart üst yolluk bazı önemli yönlerden karşılaştırılmıştır (Disa, 2004).

Çizelge 3.1 Basit, ince, uzun standart üst yatay yollukların karşılaştırılması (Disa, 2004)

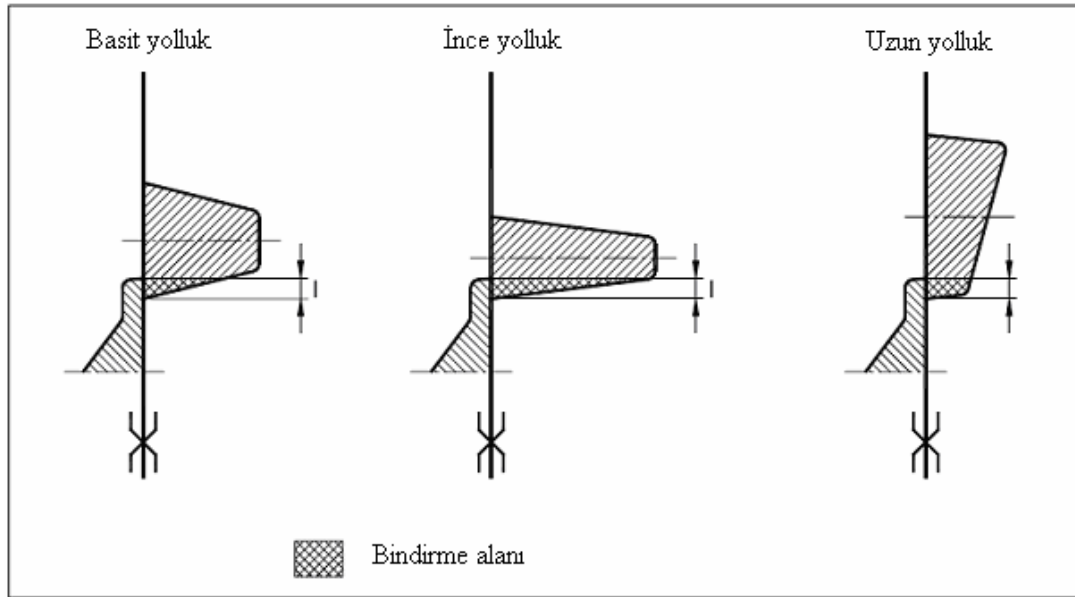
Yolluk (Üst yatay)	Basit trapezoid	İnce trapezoid	Uzun trapezoid
Taşıma kabiliyeti	Çok iyi	İyi	İyi
İlk metali yakalama kabiliyeti	Orta	Kötü	İyi
Kum ve cüruf yakalama kabiliyeti	Orta	İyi	Orta

i. Taşınma kabiliyeti (Taşınabilirlik):

Aynı kesit alanı için basit trapezoid yolluklar için taşınabilirlik en yüksek değerdedir. Bu nedenle birim uzunluktaki sıcaklık kaybı en azdır. Bu yolluklar ayrıca sıcaklık kaybının kum ve cüruftan daha önemli olduğu yerlerde özellikle ince cidarlı parçalarda kullanılmalıdır.

ii. Metali yakalama kabiliyeti:

Üst yatay yolluk ile düşey yolluk arasındaki bindirme kesit alanları Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Yatay yollukların düşey yolluklara bindirilerek bağlanması (Disa, 2004)

Yollukların bir kalıp yarısından diğerine bindirilmesinin nedeni, sıvı metalin düşey olarak akmaya başlamadan önce metalin yatay yolluklarda mümkün olduğu kadar yavaşlaması gerektiğindedir. Bindirme nedeniyle sıvı metal kısmi bir akış yapmaktadır.

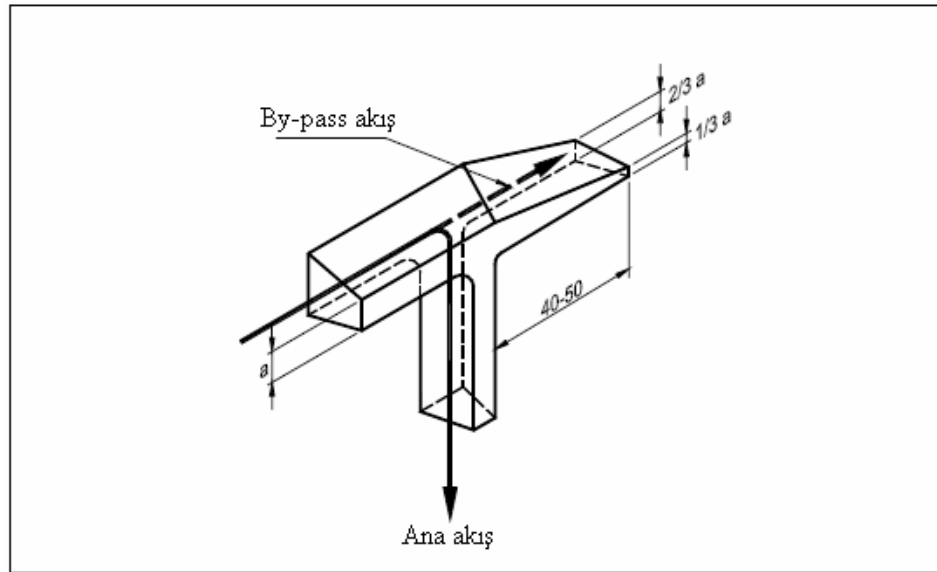
Esas itibariyle eğer yatay yolluklar sıvı metal düşey olarak akmaya başlamadan önce tamamen dolu ise çok iyi sonuç verir. Yatay yolluktaki sıvı metalin seviyesinin birleşme kısmından geçmesi için mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde yükselmesini en azından sağlamamız gereklidir. Bu durum aynı kesit alanı ve aynı bindirme uzunluğu için uzun trapezoid yollukların kullanımıyla en iyi şekilde yapılabilir.

iii. Kum ve cüruf tutma kabiliyeti:

Kum ve cüruf normal olarak alüminyum dışında metallere daha hafiftir. Kum ve cüruf, kalıp yüzeyine yakın oldukları zaman ve hızları düşük olduğunda kolayca kalıp yüzeyine yapışır. Bu nedenle bunları yakalamanın en iyi yolu yolluk üzerinde geniş üst yüzey ve sıvı metalin düşük akış hızında olmasıyla sağlanır. Sonuç olarak geniş ince trapezoid yolluklar en iyi çözümdür. Ancak uzun yolluklarda tercih edilebilir (Disa, 1988, 2004).

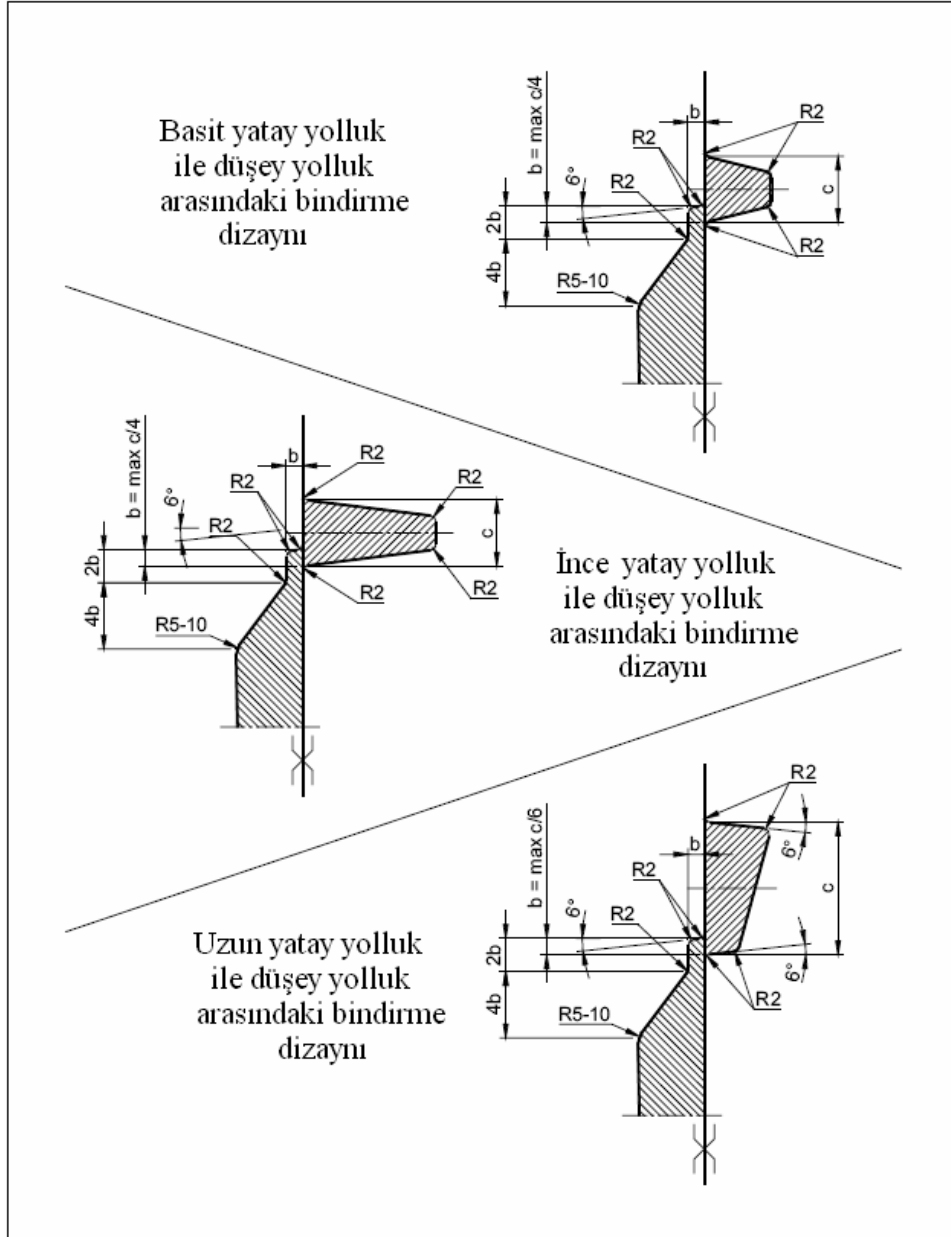
3.1.7 Üst Yatay Yolluklar Ve Düşey Yolluklar Arasındaki Bindirme

Yatay akışı, düşey akışa dönüştürmenin yolu basitçe Şekil 3.12’te gösterilmiştir. Burada da bindirme, giren sıvı metal miktarını azaltacaktır. Düşey yolluklar ile üst yatay yolluk bağlantısında belirli bir ölçüde üst yatay yolluk çıkıntılı yapılmaktadır. Çıkıntının amacı ilk soğuk ve kirli metali yakalayabilmektir. Kesit alanın uzantısının sonuna doğru azalmasını nedeni ise hızı giderek azaltmaktır. Bu özellikler diğer bindirme çözümleriyle bağlantılarda yatay yolluklar içinde geçerlidir.



Şekil 3.12 Yatay yönden düşey yöne basit akış şeması (Disa, 2004)

Basit, ince ve uzun trapezoid yatay yolluklar ile düşey yolluk arasındaki bağlantı dizaynları Şekil 3.13'te gösterilmiştir (Disa, 1988, 2004).



Şekil 3.13 Basit, ince ve uzun yatay yolluklar için üst yatay yolluk ve düşey yolluk arasındaki bindirme dizaynı (Disa, 1988, 2004)

3.1.8 Düşey Yolluklar

Basit, ince ve uzun trapezoid yolluklar düşey olarak kullanılabilir. Düşey olarak kullanılan üç standart yolluk daha önce ana özellikler bakımından birbiriyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Basit, ince, uzun standart düşey yollukların karşılaştırılması (Disa, 2004)

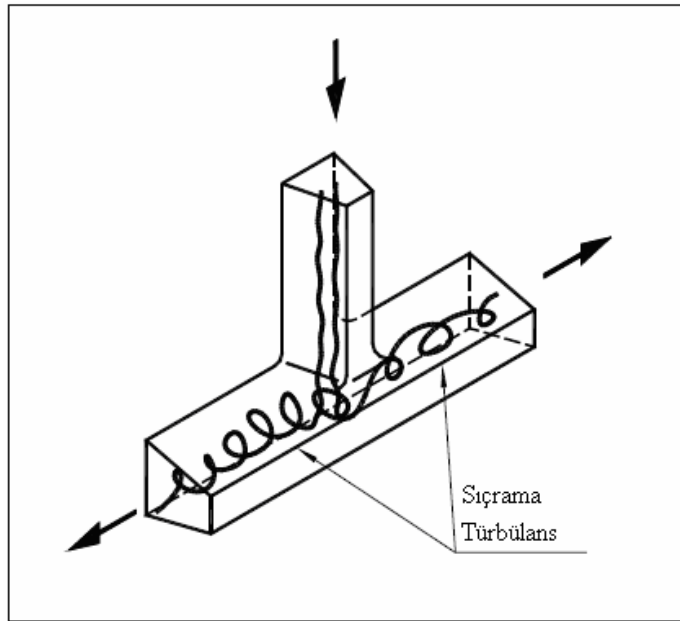
Yolluk (Düşey)	Basit trapezoid	İnce trapezoid	Uzun trapezoid
Taşıma kabiliyeti	Çok iyi	İyi	İyi
İlk metali yakalama kabiliyeti	Kötü	Kötü	Kötü
Kum ve cüruf yakalama kabiliyeti	Kötü	Kötü	Kötü

Basit trapezoid yolluklar aynı kesit alanı için daha iyi sonuçlar verdiği için dolay bu yolluklar da sıcaklık kaybı en az azdır. Dikdörtgen kesitli yolluklar da ($a \times 10a$ kesitli gibi) kayıp faktörünü düşürür ve bunun sonucu olarak ta metal hızını da azaltır (Disa, 1988, 2004).

3.1.9 Düşey Yollukların Yatay Yolluklara Bağlantısı

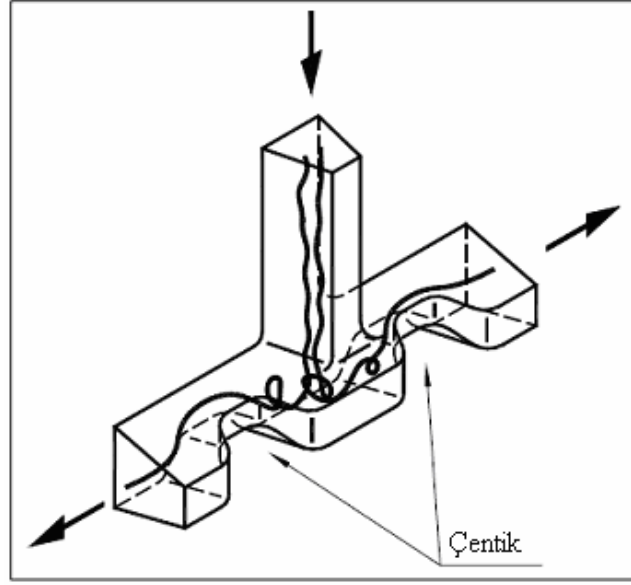
Düşey yolluktan yatay yolluğa akış yönünü değiştirme basitçe Şekil 3.14’te verilmiştir. Düşey yolluktan gelen sıvı metal ilk girişte yatay yolluğa direkt olarak çarpacaktır. Bu çarpma ile metal zerrelere halinde sıçrama yapar ve daha sonra bu zerrelere yeniden birleşirler. Ayrıca bu ilk kirli metalin çarptığı yerde soğuk tıkanma problemi olabilir.

Metal hızının çok yüksek olmasından ve yön değişiminin çok ani olmasından dolayı sıvı metalin geri kalanı düzensiz bir yapıda olacaktır. Ayrıca negatif basınçtan (alçak basınçtan) dolayı metal içine hava girecektir.

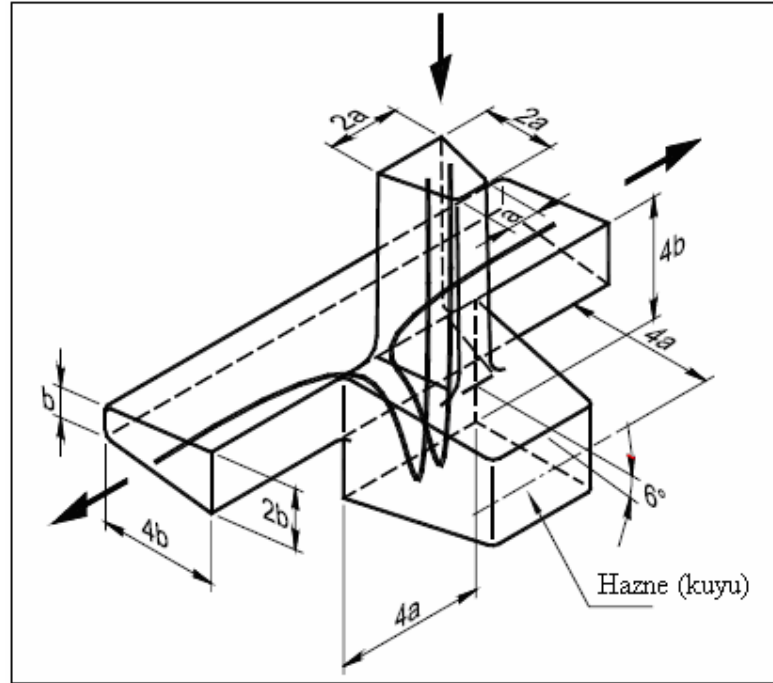


Şekil 3.14 Düşey yolluk ile yatay yolluğun basit bağlantısı (Disa, 1988, 2004)

Bağlantı bölgesine yakın yatay yollukta çentik olması ile bu durum engellenebilir. İlave olan iki çentiğin kesit alanı düşey yolluğun kesit alanı ile karşılaştırılır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Düşey yolluk ile çentikli yatay yolluğun basit bağlantısı (Disa, 2004)



Şekil 3.16 Düşey yolluktan yatay yolluğa basit akış (Disa, 2004)

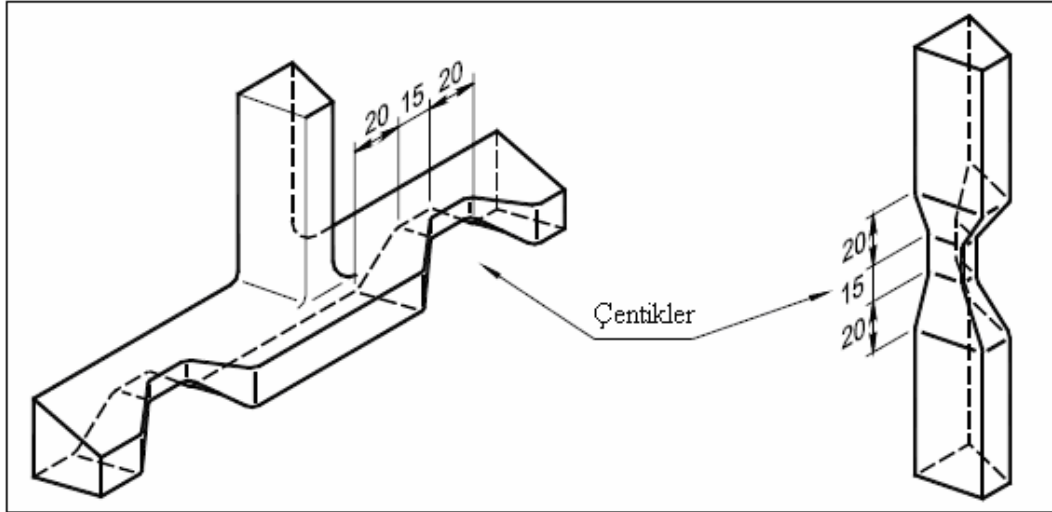
DüŖey yolluktan yatay yolluğa geçiŖ durumunda bir hazne (kuyu) dahil edilmesi durumunda ve diğer kalıp parçasın ine taŖınması durumunda, dizayn normal olarak üretim ve döküm için uygun olacaktır. Bu durumda sıçramalar ve hava emilmesi nlenmiŖtir. Hazne eni ve derinliği, dŖey yolluğun eni ve derinliğinin iki katı olması tavsiye edilmektedir (Ŗekil 3.16).

Bu bağlantı için sonraki geliŖtirmeler hazneli geçiŖ durumuna çentiklerin ilave edilmesidir.

EĞer st yatay yolluk ile alt yatay yolluk arasında orta yatay yolluk varsa alttaki bağlantı durumu ortadaki bağlantı için de geçerlidir (Disa, 1988, 2004).

3.1.10 Çentikler Ve Yolluklar zerinde Alan Azaltılması

DŖey ya da yatay yolluklar üzerinde çentikler kullanılırsa yolluklar Ŗekil 3.17’de gösterildiği gibi dizayn edilmelidir. Bu dizayn, akıŖın oldukça dzĐun ve türbülanssız olmasını sağlar.



Ŗekil 3.17 Asimetrik (yatay) ve simetrik (dŖey) entikli yolluklar (Disa, 2004)

3.1.11 Orta Ve Alt Yatay Yolluklar

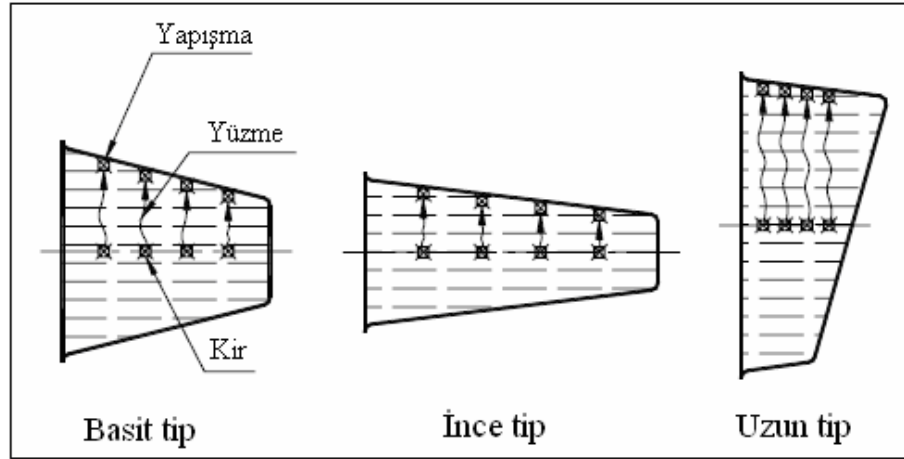
Orta ve yatay yolluklar için görülen bir basit, bir ince ve bir uzun yolluk arasından bir seçim yapılmalıdır (Ŗekil 3.18). Bu üç standart yolluk ana özellikleri bakımından birbiriyle karŖılaŖtırılmıŖtır (izelge 3.3).

Çizelge 3.3 Basit, ince, uzun standart orta ve alt yatay yollukların karşılaştırılması (Disa, 2004)

Yolluk (Orta ve alt yatay)	Basit trapezoid	İnce trapezoid	Uzun trapezoid
Taşıma kabiliyeti	Çok iyi	İyi	İyi
İlk metali yakalama kabiliyeti	Kötü	Kötü	Kötü
Kum ve cüruf yakalama kabiliyeti	Orta	İyi	Kötü

Bir bindirme, düşeyden yataya doğru çalışmadığından dolayı ilk metali yakalayabilme özelliği daha önce bahsedildiği gibi bindirme yoluyla burada görevini yapamaz. Bütün yolluklar, yolluğun en son kısmında memelere akışında biraz ilk metal yakalayacaklardır.

Bu yatay yolluklar için en önemli özellik kum ve cüruf yakalama kabiliyetidir.



Şekil 3.18 Orta ve alt yatay yolluklar (Disa, 2004)

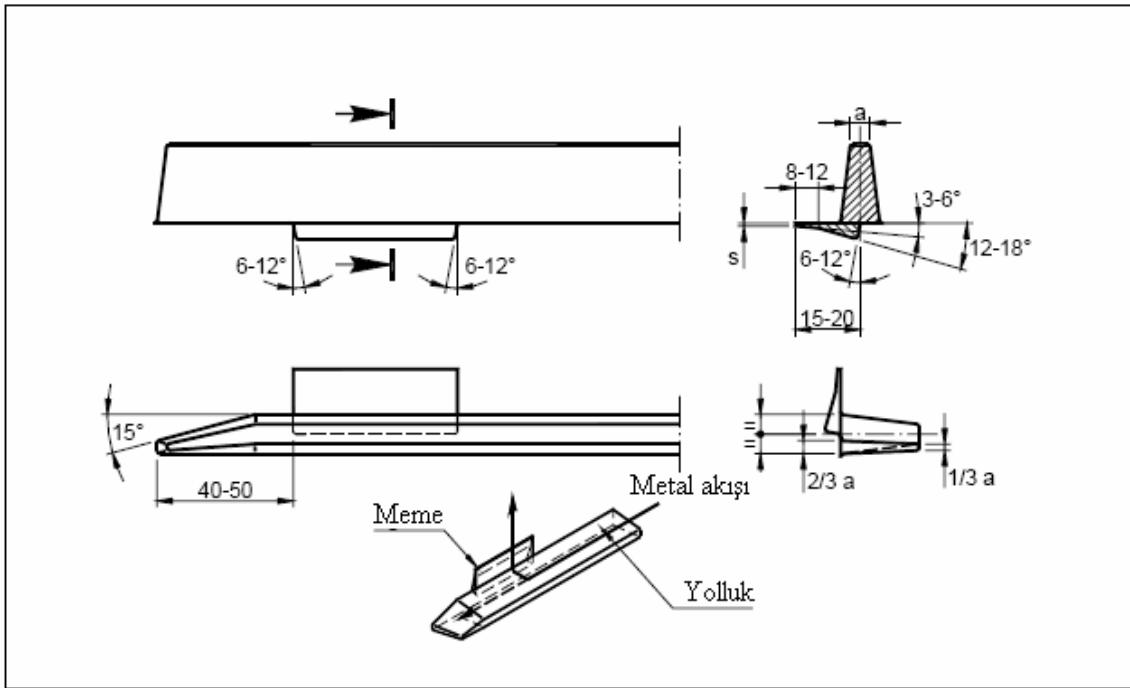
Kir yakalama özelliği Şekil 3.18'de gösterilmiştir. Burada kir, üç tip yolluğun merkez çizgisinde aynı kesit alanına sahip dört partikül ile gösterilmektedir. Kir yakalama özelliği en iyi olan yolluk, merkezden nemli, yapışkan üst kalıp yüzeyine uzaklığı en az olan ve aynı zamanda üst kalıp yüzeyi en büyük olan yolluktur. Bu nedenlerden dolayı ince trapezoid yolluklar tercih edilir.

Eğer üst yatay yolluk ile alt yatay yolluk arasında orta yatay yolluk varsa, alt yatay yolluğun bağlantısı orta yatay yolluğun bağlantısı ile aynı şekilde alınabilir (Disa, 2004).

3.1.12 Memeler

Genellikle memeler Şekil 3.19’da gösterildiği gibi birbirine benzerdir. Bu meme türlerinin avantajları aşağıdaki gibidir.

- İnce kesit s ve 8-12 mm.’lik bir uygun akış uzunluğu, pisliklerin kalıp duvarına yapışmasını sağlar.
- Meme kalınlığında döküm parçadan uzaklaşan 3-6° ‘lik bir artış, döküm parçanın daha kolay kopmasını sağlar.
- Meme kalınlığında 12-18° ‘lik bir artış, yolluktan metalin soğuk olarak akmamasını sağlar.



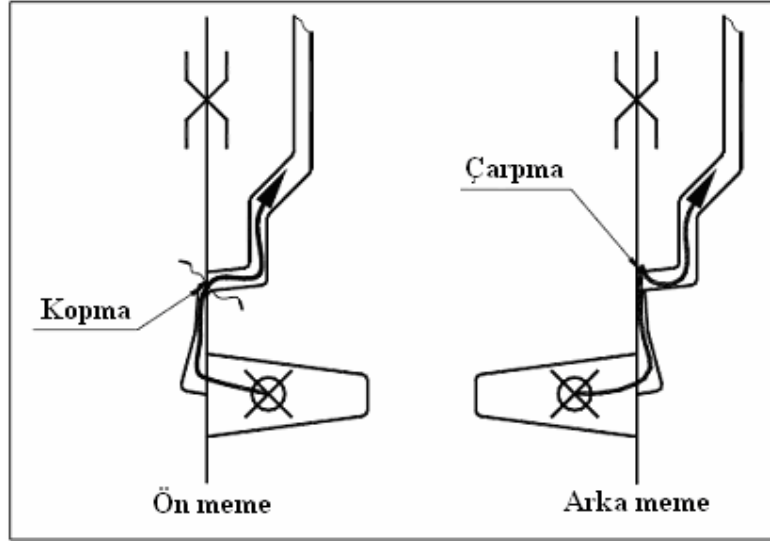
Şekil 3.19 Meme ve yatay yolluğa bağlantısı (Disa, 2004)

Meme kalınlığı s , döküm parça katılma modülünün %25’i ile %100’ü arasında değişik değerler alabilir. Meme kalınlığı, döküm modülünün %25’in den az olursa, döküm parça katılma sıcaklığına inmeden önce, meme katılacağından büzülme olabilir. Bu durum, besleyicisiz dökümlerde bütün metaller için çok önemlidir. Meme kalınlığı, döküm modülünün %100’ün den de fazla olursa, memenin önünde döküm parçasında lokal sıcak bir nokta oluşabilir. Bu da bir lokal büzülme ile sonuçlanabilir. Meme kalınlığı 1 mm.’den daha az olursa yanlış akış riski ile karşılaşılabilir.

Şekil 3.19’daki meme dizaynı ilk kirli metali aşağıdaki nedenlerden dolayı yakalayabilir;

- 1) Memeden itibaren 40-50 mm'lik yolluk uzantısı var ise, yolluk sonuna doğru kesit alanındaki azalma, metal hızının düşmesine neden olur.
- 2) Meme, yolluğun ortasından başlarsa, ilk sıvı metalin memenin altından geçip yollukta kalır.
- 3) Memeler ve yatay yolluklar, ilk sıvı metalin bir kısmı memeden geçmesi nedeniyle her bir kalıp yarısında olmalıdır.

Döküm parça ile meme bindirme alanı, ön kalıpta kalıyorsa, memeye ön meme, arka kalıpta kalıyorsa, memeye arka meme denilmektedir. Buraya kadar açıklananlar arka memeler içindir. Ön ve arka memeler Şekil 3.20'de gösterilmiştir (Disa, 2004).



Şekil 3.20 Arka ve ön memeler (Disa, 2004)

Ön memeler aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- Sıvı metal, kalıp duvarına çarparsa ve kum erozyonu olursa, ön memeler yanlış akışı düzeltir.
- 2mm. civarına kadar bindirme uzunluğu, memenin döküm parçadan oldukça rahat bir şekilde kopmasını sağlar. Bu nedenle taşlama işlemine ihtiyaç duyulmaz. Bu özellik daha çok modeli aynı model plakası üzerinde olmasına imkan verir.
- Ön meme dizaynı, çentik uzunlukları çok kısa olması nedeniyle az da olsa metal jeti oluşumuna neden olabilir. Alüminyum bronz ve mangan bronz gibi güçlü oksit tabakasına sahip metaller normal olarak türbülansa dayanamazlar. Alüminyum

alaşımları ve sfero dökme demir türbülansdan daha az etkilenir.

- 0.25cm.'ten daha yüksek katılma modülü için, kum, bindirme alanı yakınında daha yüksek sıcaklıkta olur ve bu alan yakınında gaz boşlukları oluşabilir (Disa, 2004).

3.1.13 Besleyiciler

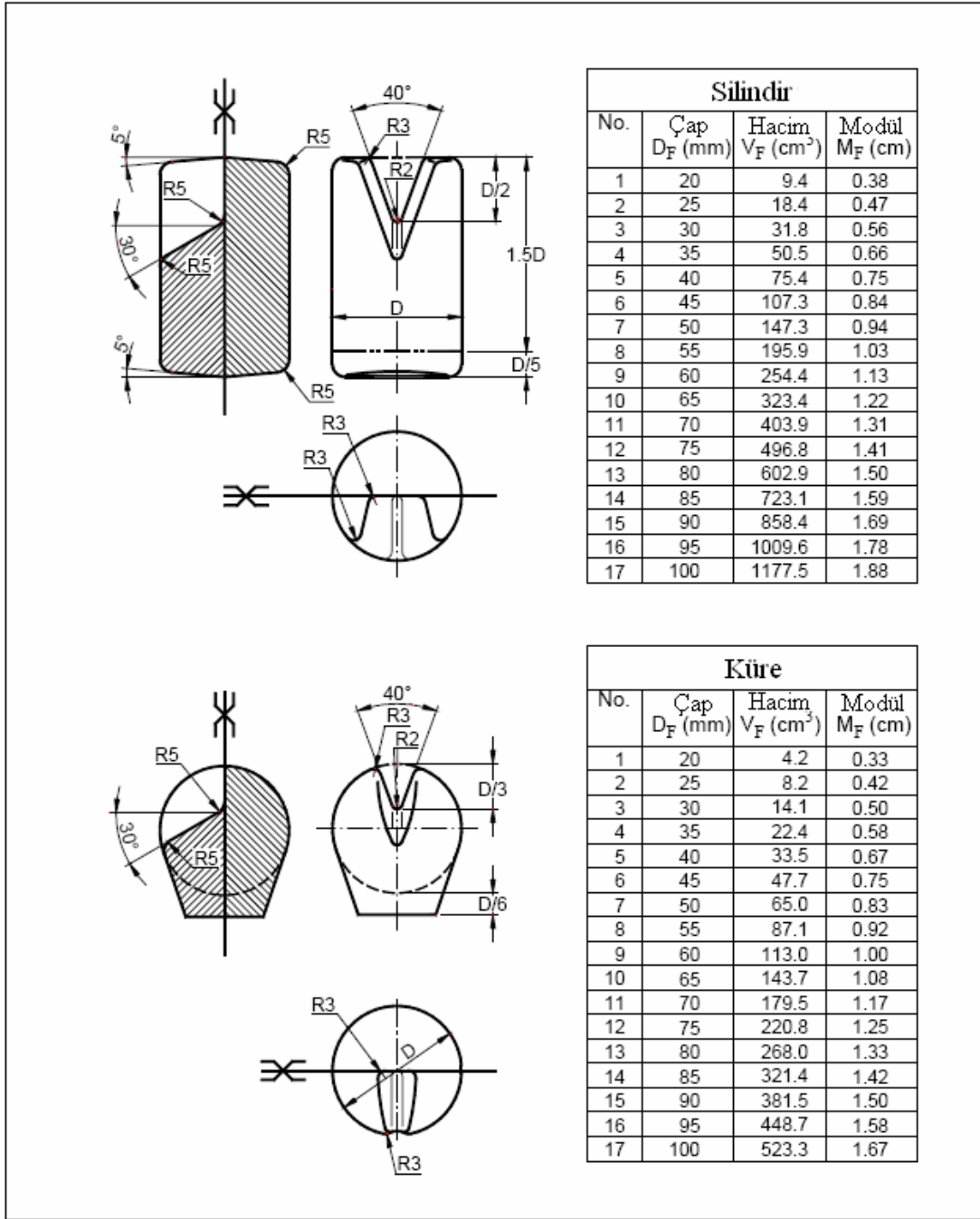
Hatasız döküm kavramı, ürünlerin yüzey - boyut hassasiyeti ve fiziki devamsızlık (boşluk vs.) olmayan sağlam yapısı ile ilgilidir. Bu nedenle dökümde sağlam bir iç yapı elde edilmesinde özellikle katılma aralığı uzun olan alaşımlar kullanıldığında besleyicilerin katkısı çok büyüktür (Çelik, 1986; Çiğdem, 1996).

Besleyiciler kalıpta yönlü katılmayı, yani katılmanın döküm parçasından besleyici haznesine doğru yönlü olarak ilerlemesini sağlarlar. Ayrıca bu sırada kalıptaki metal miktarını haznelerindeki statik metal basıncı ile sürekli aynı düzeyde tutarak metalin tam kalıp boşluğu formunda katılmasını sağlarlar. Anlatılanların ışığında besleyiciler, kendini çeken dökümler için yeterli sıvı metal içeriğini mümkün olduğunca sıcak tutabilecek, diğer bir deyişle maksimum hacim ve minimum ısı difüzyonu yapan yüzeye sahip bir yapıda olmalıdır. Bu şartları sağlayan en uygun besleyici küresel olanıdır. Bundan dolayı Disamatik kalıplamada, biri küre, diğeri silindirik yapılu iki standart besleyici kullanılmaktadır. Standart besleyicilerde 40° 'lik bir çentik, besleyicinin ortasında sıcak bir nokta oluşumunu sağlar bu da besleyicideki sıvı metali daha geç katılmasını sağlayarak döküm parçadan önce katılmasını engeller (Şekil 3.21).

İyi bir besleyiciden beklenen özellikler şunlardır;

- Besleyici, döküm parçanın en sıcak kısmını ya da en son katılan kısmını besleyebilmeli ve bu kısımdan daha geç katılmalıdır. Ayrıca yerçekiminden yararlanarak beslemeyi kolaylaştırmak için döküm parçanın üst kısmında olmalıdır. (besleyicinin yeri)
- Besleyici, döküm parçanın kendini çekmesini karşılayabilecek kadar sıvı metal içeren büyüklükte olmalıdır. (besleyicinin büyüklüğü)
- Besleyici, ergiyik metali kalıp boşluğuna çok iyi bir şekilde transfer edecek ve minimum hacimde en yüksek sıcaklığa sahip olacak bir şekle sahip olmalıdır. (besleyicinin şekli)
- Besleyicinin döküm parça ile bağlandığı kısmı olan besleyici boynu; besleyici ile döküm parça arasında bağlantıyı gerekli olduğu kadar açık şekilde tutabilmeli ve

besleyici boynu şekli, besleyiciden döküm parçaya sıvı metal akışı çok iyi olmasını sağlamalıdır (Disa, 1988, 2004).



Şekil 3.21 Standart besleyiciler (Çelik, 1986; Disa, 1988, 2004)

3.1.13.1 Besleyici Modülü (M_F)

Besleyici modülü (M_F), dökümden sonra belli bir zamana kadar besleyicinin sıvı metalle

döküm parçayı yeterince besleyecek kadar büyük olmalıdır.

$$M_F = k_M \times M_C \quad (3.1)$$

M_C : Döküm parça modülü (cm)

k_M : Besleme faktörü

Besleme faktörü (k_M), besleme anındaki ısısal şartlara ve farklı alaşımların besleme karakteristiklerine bağlıdır. Farklı malzemeler için k_M değerleri Çizelge 3.4 'te verilmiştir (Çelik, 1986; Disa, 2004).

Çizelge 3.4 Bazı malzemeler için k_M değerleri (Disa, 1988, 2004)

Malzeme	k_M
Gri dökme demir	0,6-1,0
Sfero dökme demir	0,8-1,1
Temper dökme demir	1,2-1,4
Çelik	1,2-1,4
Bakır alaşımları	1,2-1,4
Alüminyum alaşımları	0,8-1,1

3.1.13.2 Katılma Modülü (M_C)

Döküm parçanın en sıcak kısmı bir başka deyişle en son katılma kısmını belirleyebilmek için, parçanın sıcaklık kapasitesi sıcak çekme oranıyla karşılaştırılır. Katılma modülü (M_C), döküm parçanın en kritik kısmının hacminin (V_C), bu kısmın soğutulan yüzey alanına (A_C) oranıdır.

$$M_C = \frac{V_C}{A_C} \quad (\text{cm}) \quad (3.2)$$

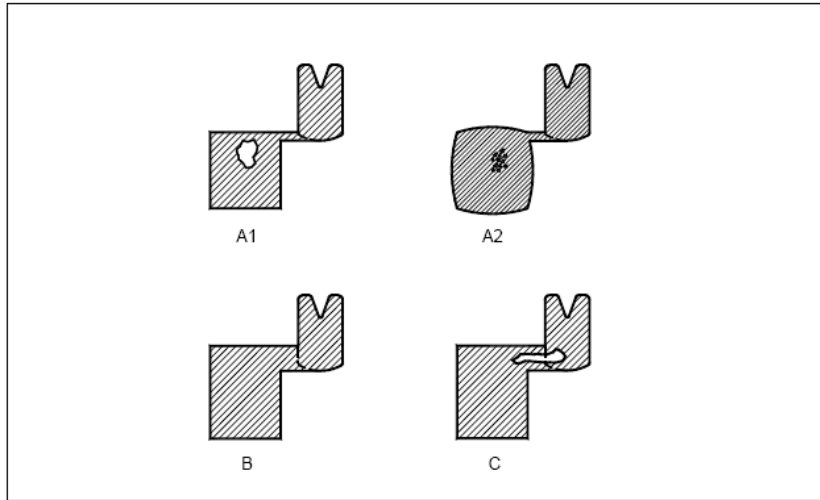
Katılma modülü, döküm parçanın soğumasının kolaylığının ya da zorluğunu belirtir. Katılma modülü bulunurken maçanın etkisi, soğutucu kanatların etkisi, modellerin soğumasının etkisini dikkate alınmaması nedeniyle yaklaşık sonuçlar vermektedir (Disa,

2004; Ülker, 2006).

3.1.13.3 Besleyici Boynu

Döküm parça ile besleyici arasındaki bağlantının ya da besleyici boynunun belirlenmesi, besleyici hesaplamalarında çok önemli bir yer tutar. Besleyici boynunun boyutu ve şekli, döküm parçanın sağlamlığı üzerine etki etmektedir.

Besleyici boynu çok küçük olursa, besleyicideki sıvı metal döküm parçadaki büzölmeleri yeteri kadar karşılayamadan besleyici boynundaki sıvı metal katılaşıır ve döküm parçada çekme boşlukları oluşur (Şekil 3.22 A1 ve A2). Besleyici boynu çok büyük olursa, boyun çok fazla ısı enerjisi içereceğinden döküm parçadan ve/veya besleyiciden daha sonra katılaşıır. (Şekil 3.22 C). Besleyici boynunun, döküm sonrasında parçadan kolayca temizlenebilmesine de dikkat edilmelidir.



Şekil 3.22 Besleyici boynunun döküm parçaya etkisi (Disa, 2004)

Besleyici boynunun boyutlarını belirleyebilmek için, döküm modülü, besleyici ve besleyici boynu arasındaki ilişkiyi bilmek gerekmektedir. Besleyici boynu modülü (M_N), besleyici modülüne (M_F) bağlı olarak hesaplanmaktadır. Genellikle besleyici boynu modülünün (M_N) besleyici modülünün (M_F) 1/3'ünden büyük olması tavsiye edilmektedir (Disa, 2004).

$$M_N \geq \frac{M_F}{3} \quad (3.3)$$

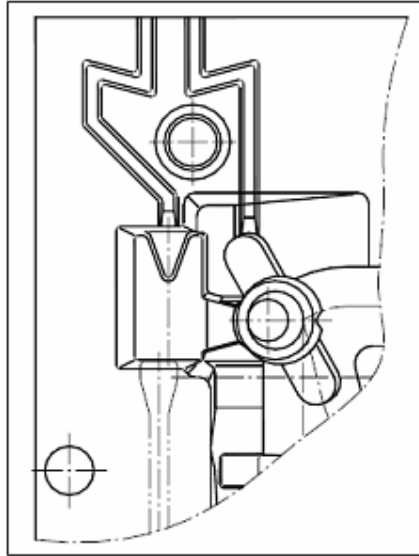
3.1.14 Çıkıcılar

Döküm sırasında kalıptan havanın ve ortaya çıkan gazların çıkmasını sağlayan aynı zamanda da sıvı metalin fazla olan kısmını alan ve kalıp içerisinde yükseldiğini gösteren kısma çıkıcı denir. Çıkıcılar çoğunlukla dökülen parçanın en üst kısmına yerleştirilirler [3].

Döküm esnasında ortaya çıkan gazların düşey ayrılma düzeyinden çıkışı uygun olmasına rağmen bu gazların çıkıcılar içerisinde dışarı verilmesi daha genel bir uygulama bulmuştur. Bunun nedeni maçada, ıslak kumdaki gazların ve kalıp boşluğunda sıkışan havanın, çıkıcılar sayesinde kısa sürede dışarı atılmasıdır.

Çıkıcıları uygun taslaklarla bütün şekillerde yapmak çok basittir. Disamatik kalıplamadaki düşey ayırma nedeniyle çıkıcılarda düşey yöndedirler. Çıkıcıların kesit alanı, yapılan işe bağlı olarak daire, kare ve trapezoid şekilde olabilir.

Eğer mümkünse çıkıcı şekli çok pürüzlü ve metalin kalıp boşluğuna ilerlememesini sağlamalıdır (Şekil 3.23) (Disa, 1988, 2004).



Şekil 3.23 Çıkıcılar (Disa, 2004)

Maça çıkıcıları, maça izdüşüm kesit alanının en azından %15'i kadar kesit alanına sahip olmalıdır. Döküm parça çıkıcısı, eğer meme basınçlı yolluk sisteminde ise, meme kesit alanının en az %15'i kadar kesit alanına sahip olmalıdır. Eğer meme basınç altında değilse, bu durumda döküm parça çıkıcısı hesaplamalara göre belirlenmelidir.

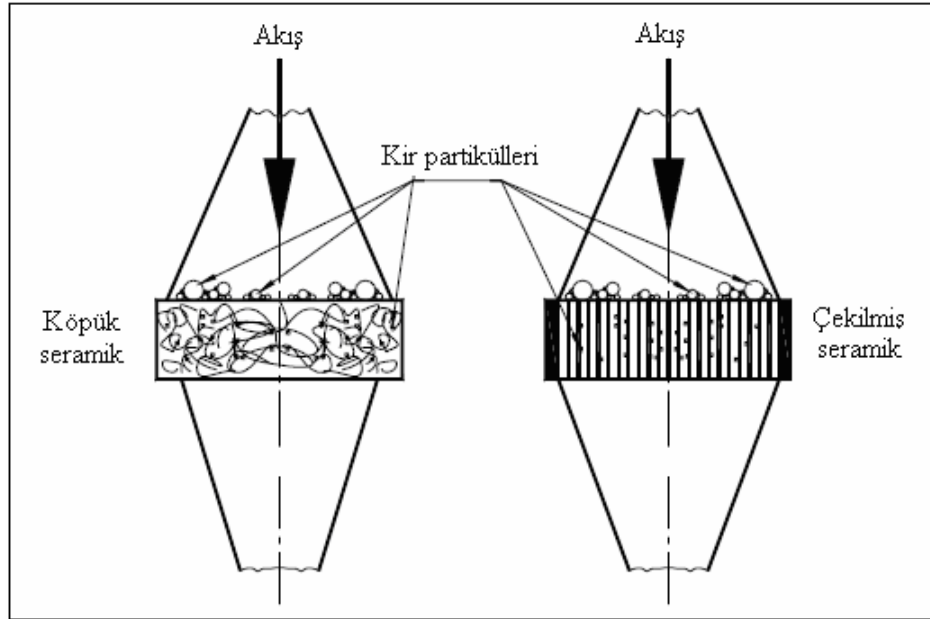
Çıkıcı kalınlığı "t" , maksimum döküm katsayısının %50'si ile %150'si arasında farklı

değerler olabilir. Eğer çıkıcı kalınlığı, döküm katsayısının %50'sinden daha az ise döküm parça katılaşıma sıcaklığının altına düşmeden önce çıkıcılar katılaştığından büzülme neden olabilir. Bu tüm metallerin besleyicisiz dökümleri için çok önemlidir.

Eğer çıkıcı kalınlığı t , maksimum döküm katsayısının %150'sinden daha fazla olursa çıkıcıların önünde döküm parçada lokal sıcak noktalar oluşabilir. Bu da lokal büzülme oluşumuyla sonuçlanabilir (Disa, 2004).

3.1.15 Filtreler

Cüruf tutucular ve türbülanssız akış dikkate alınarak tüm yolluk sistemi hesaplanmış olmasına rağmen bazı döküm parçalar ilk döküm denemelerinden sonra halen kum, cüruf, oksit ve kir içerir. Ancak döküm parça uygun hale gelene kadar döküm denemelerine devam edilir. Bazı problemlili durumlarda filtreler kullanılarak kabul edilebilir döküm parça daha kolay ve/veya daha hızlı elde edilebilir.



Şekil 3.24 Köpük seramik ve çekilmiş seramik filtreler (Disa, 2004)

Filtreler seramikten yapıldığı için ve geometrik şekilleri blok ya da kutu şeklinde olduğu için seramik blok filtreler olarak adlandırılır. Pratikte köpük filtre ve çekilmiş filtre olarak iki tipi kullanılır (Şekil 3.24). Bu filtreler aşağıda belirtilen maddeleri filtre etme özelliklerine sahiptir;

- Ergitme ocağı ve pota refrakter partikülleri

- Kum taneleri
- Metal işlemlerindeki reaksiyon ürünleri
- Diğer cüruflar ve oksitler

Filtrelerin üç temel özelliği vardır.

- 1) Eleme: Cüruf partikülleri ya da delik/gözenek boyutundan daha büyük olan partikülleri filtre girişinde yakalamak.
- 2) Bağlanma: Filtre girişinde daha büyük partiküller yakalandığında daha küçük olan partiküller büyük olan partiküllere yapışır.
- 3) Derin yatak (tabaka) filtrasyonu: En küçük cüruf partikülleri filtre gözenekleri içerisinden akarken gözeneklere yapışır.

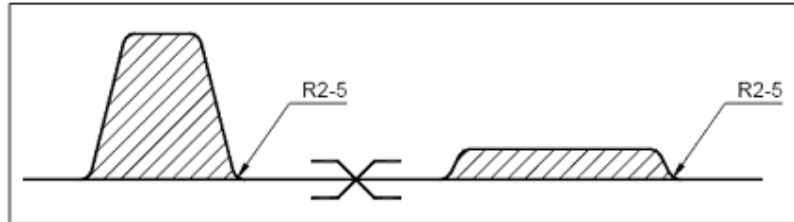
Filtrelerin aynı yolluk sistemi için filtre kullanılmayan sistemlere göre metali daha iyi temizler. Ancak filtreli sistemden elde edilen döküm parçalarının filtersiz sistem döküm parçalarının yerine tercih edileceğine dair açık bir kanıtta yoktur. Pratikte birçok dökümhane her iki şekilde de çalışır.

Yolluk sistemi planlaması esnasında daha sonra filtre ilave etmek için yeterli boşluğun olup olmadığı düşünülmelidir. Filtre var ise yolluk kesit alanı normalden 4-8 kat daha büyük olmalıdır.

Kum ve cüruf filtrenin arkasında oluştuğundan dolayı filtrenin mümkün olduğu kadar döküm parçaya yakın olması gerektiği açıktır. Bu yakınlık orta ve/veya alt yatay yolluklarda kolayca sağlanabilir (Disa, 1988, 2004).

3.1.16 Yolluk Sistemindeki Radyüsler

Tüm yolluk sistemi hesaplandığında ve üretildiğinde keskin kum kenarlarını engellemek için $R=2,5$ mm. civarında radyüslerin olması tavsiye edilmektedir (Şekil 3.25) (Disa, 2004).



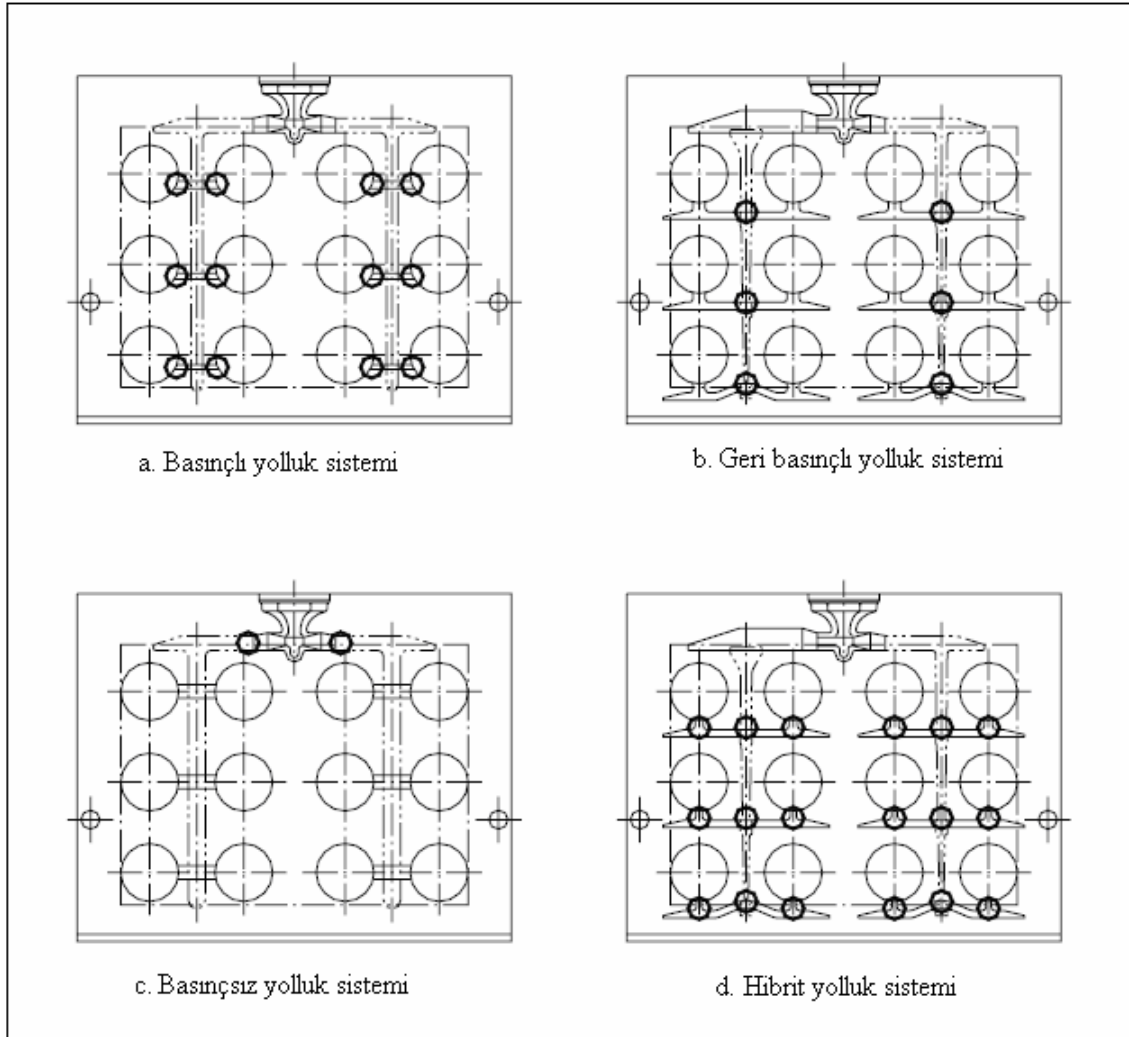
Şekil 3.25 Yolluk sistemindeki radyüsler (Disa, 2004)

3.2 Yolluk Sistemi Türleri

Disamatik kalıplamada üç temel yolluk sistemi vardır ve diğer sistemler bu sistemlerin en az ikisinin karışımından oluşan sistemlerdir. Bu yolluk sistemleri,

- 1) Basıncılı yolluk sistemleri
- 2) Geri basıncılı yolluk sistemleri
- 3) Basıncısız yolluk sistemleri
- 4) Hibrit yolluk sistemleri

şeklinde sınıflandırılmaktadır. Şekil 3.26, aynı döküm parça için dört farklı yolluk sisteminin yerleşim planları verilmiştir (Disa, 2004).



Şekil 3.26 Yolluk sistemleri (Disa, 2004)

3.2.1 Basınçlı Yolluk Sistemi

Basınçlı yolluk sistemleri, memelerin boyutlarıyla karakterize edilir. Bu sistemde memeler, sürtünme göz önünde bulundurularak serbest düşme formülüne göre belirlenir (Şekil 3.26.a).

Yatay ve düşey yolluklar, sıvı metalin, yönünü sürekli 90° değiştirerek döküm ağzından memelere kadar ulaşmasını sağlamaktadır. Sıvı metalin, yolluklar içerisinde memelere ulaşana kadar oluşan metal akış kayıplarını karşılayabilmesi yani gerekli basıncı koruyabilmesi için yollukların kesit alanı %10-20 daha fazla hesaplanması gerekmektedir.

Döküm ağzındaki metal yüzeyinin üst kısmından memelere kadar ölçülen sıvı metal yüksekliğinden kaynaklanan sıvı metal basıncı, yolluk sisteminin sıvı metal ile doldurulmasından hemen sonra, memelerde etkin rol oynamaktadır. Bu durum, döküm başladıktan sonra yani yolluk sistemi 1-3 s. içerisinde dolduktan sonra meydana gelmektedir.

Bu sistemde memelerin kesit alanları döküm zamanını belirlemektedir. (Şekil 3.26.a'da işaretli kısımlar) (Disa, 1988, 2004).

3.2.2 Geri Basınçlı Yolluk Sistemi

Geri basınçlı yolluk sistemleri, geri basınçlı memeler ile karakterize edilmektedir (Şekil 3.26.b)

Yolluk sisteminin geri basınçlı olan kısımları kalıp dolmaya başladığında tam dolu bir şekilde metal basıncına sahip değildir. Sıvı metal dolmaya devam ettiğinde metal basıncı artar ancak aynı periyot içerisinde kalıp boşluğuna giren metalin basıncı ters yönde etki etmeye başlar.

Yolluk sisteminin memeler dışındaki geri kalan kısımları basınçlı yapıdadır. Bu kısımlar, basınçlı yolluk sisteminde olduğu gibi serbest düşme formülü kullanılarak hesaplanırlar.

Bu sistemde düşey yolluk ile yatay yolluğun kesiştiği kısımların (hazne, topuk) kesit alanları döküm zamanını belirlemektedir. (Şekil 3.26.b'de işaretli kısımlar) (Disa, 1988, 2004).

3.2.3 Basıncsız Yolluk Sistemi

Basıncsız yolluk sistemleri, tüm döküm operasyonu esnasında yolluk sisteminin önemli kısımlarındaki sıfır metal basıncı ile karakterize edilir. Bu sistemde tam metal basıncı, döküm operasyonunun en sonunda oluşmaktadır (Şekil 3.26.c).

Basıncsız yolluk sistemindeki üst yatay yolluk, sisteme sıvı metal dolmaya başladıktan biraz sonra diğer sistemlerdeki üst yatay yolluklara benzemektedir.

Bu sistemde döküm ağızına yakın olan yatay yollukların kesit alanları ile döküm zamanı belirlenmektedir. (Şekil 3.26.c’de işaretli kısımlar) (Disa, 1988, 2004).

3.2.4 Hibrit Yolluk Sistemi

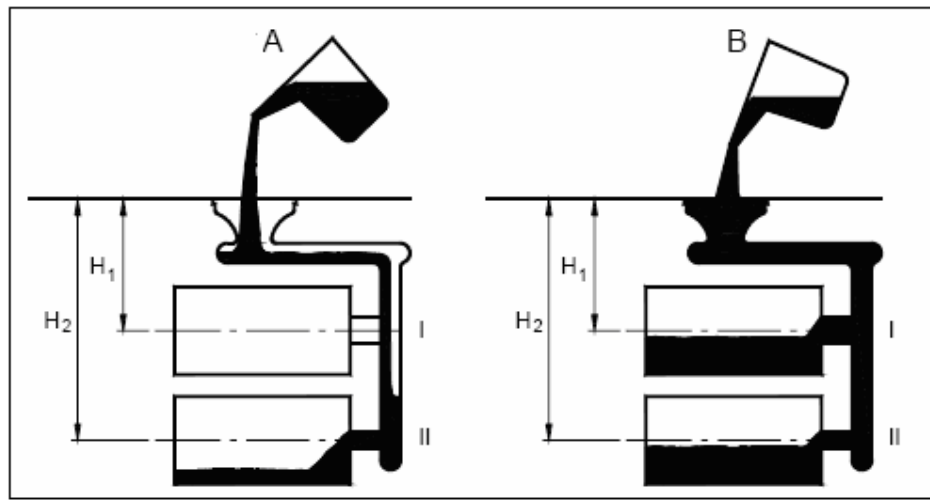
Hibrit ya da karma yolluk sistemleri, diğer yolluk sistemlerinin en azından ikisinin ya da üçünün bir karışımı olmasıyla karakterize edilmektedir (Şekil 3.26.d).

Buradaki sistemde, yolluk sistemi geri basınçlı bir yolluk sistemi olarak verilmiştir. Ancak sistemdeki memeler, farklı kesitlerde ve basınçlı sistem olarak kabul edilerek hesaplanmaktadır.

Hibrit yolluk sistemi, basınçlı ve geri basınçlı yolluk sisteminden oluşmuştur. Dolayısıyla iki yolluk sisteminin döküm zamanını belirleyen hazne ve memelerin kesit alanlarının birlikte değerlendirilmesi sonucunda döküm zamanı belirlenmektedir (Disa, 1988, 2004).

3.3 Basınçlı Yolluk Sistemlerinde Metal Akışı

Döküm ağızı sıvı metalle sürekli olarak dolu olması gerekir. Metal akışının sürekli olması için yolluk ve memelerin kesit alanları doğru bir şekilde boyutlandırılmalıdır. Yolluk ve meme kesit alanları fazla büyük olursa, yolluk ve döküm ağızı dolmadan önce alttaki kalıp boşlukları dolmaya başlayacak üstteki kalıp boşlukları ise en son dolması nedeniyle birçok problem ortaya çıkar. Yolluk ve meme kesit alanlarının uygun şekilde boyutlandırılması ile bu problemler ortadan kaldırılmış olur (Disa, 1988).



Şekil 3.27 Kalıp boşluklarının doldurulması (Disa, 1988)

Kalıp boşluklarının Şekil 3.27.A'daki gibi eşzamanlı olarak doldurulmaması durumunda;

- Kalıp içerisindeki gazlar, döküm parçada gaz boşluklarının oluşmasına neden olur.
- Akış etkisiyle kum tanecikleri erozyona uğrar ve döküm parçada kum kalıntılarının olmasına neden olur.
- Metal akışı devamlı olmadığı için metal cüruflarının döküm ağzına doğru yükselmemesi ve kalıp boşluğuna girmesi nedeniyle döküm parçada cüruf kalıntıları olur.
- Tüm kalıp boşlukları aynı anda dolmadığı için, toplam döküm süresi daha uzun olacaktır. Döküm süresinin uzun olmasından dolayı kalıplama makinesinin çevrim süresinin içinde olmayacak sonuçta üretim hızı ve verimlilik düşecektir. Ayrıca kalıbın uzun süre metalle temasta olmasından dolayı sıcaklık nedeniyle çekme boşluğu gibi problemler ortaya çıkabilir.

Kalıp boşluklarının Şekil 3.27. B'deki gibi eşzamanlı olarak doldurulması durumunda;

- Metal yükseklikleri H_1 ve H_2 hızlı bir şekilde oluşur ve yolluk tam dolu bir şekilde sıvı metalle doldurulmuş olur.
- Kalıp boşluklarının aynı anda dolması ile toplam döküm süresi azalmış ve üretim hızı artmış olur (Disa, 1988).

3.4 Yolluk Sistemi Formülleri

3.4.1 Serbest Düşme Ve Basıncı Yolluk Sistemi

Basıncı yolluk sistemlerinde hızın hesaplanması, Torricelli'nin bir cisim için serbest düşme eşitliğine dayanmaktadır (Şekil 3.28).

$$V = \sqrt{2 \times g \times H} \quad (3.4)$$

V: H yüksekliğinde serbest düşme yaptıktan sonraki cismin hızı (mm/s)

g: Yerçekimi ivmesi (9810 mm²/s)

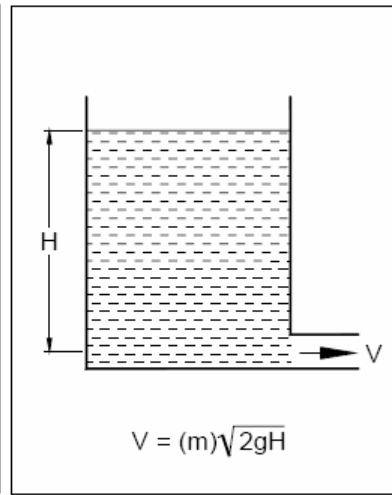
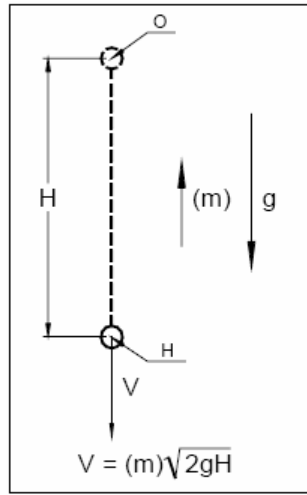
Bu (3.4) eşitliği ideal bir durumu yansıtmaktadır ve sürtünme ve metal viskozitesinde herhangi bir değişiklik olmadığı kabul edilmiştir. Sürtünme olayı dikkate alınarak gerçek düşme hızı,

$$V = m \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad (3.5)$$

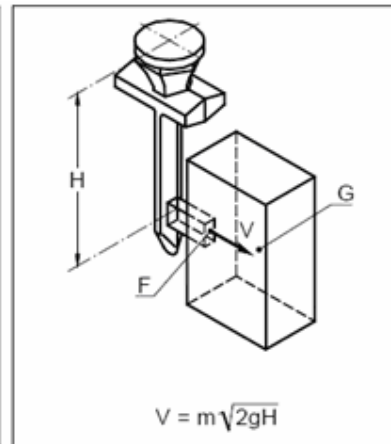
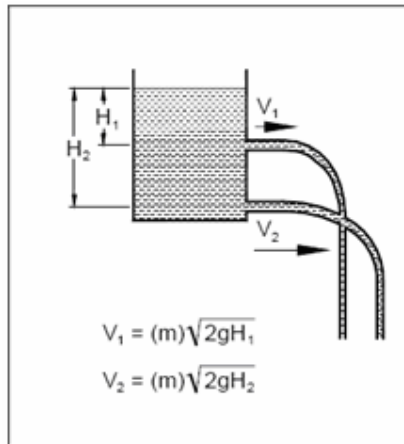
m : kayıp katsayısı ($0 < m < 1$)

(3.5) eşitliği sıvı dolu bir kaptaki bir delikten geçen akışkan hızının bulunmasında da kullanılabilir (Şekil 3.29). Ancak bu durumda H yüksekliği, akışkan sıvı yüzeyi ile delik arasındaki mesafe olacaktır.

Basıncılı yolluk sistemi, Şekil 3.30'daki duruma benzemektedir. Sıvı metal ile doldurulmuş kabın delikleri aslında yolluk sistemiyle bağlantılı olan memeleri tanımlamaktadır (Şekil 3.31).



Şekil 3.28 Serbest düşmede hız (Disa, 2004) Şekil 3.29 Sıvı dolu bir kaptaki hız (Disa, 2004)



Şekil 3.30 Sıvı dolu bir kaptaki hızlar (Disa, 2004) Şekil 3.31 Yolluk sisteminde hız (Disa, 2004)

3.4.2 Meme Kesit Alanı Formülü

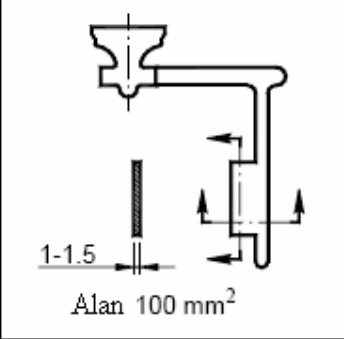
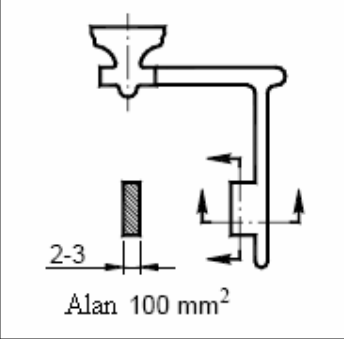
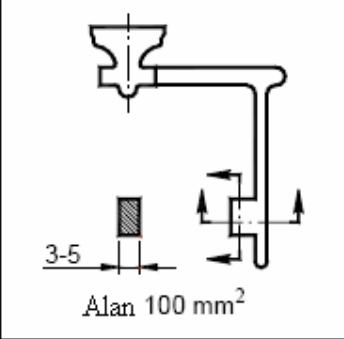
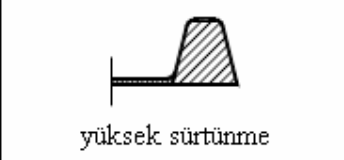


$$F = \frac{k \times G}{m \times t \times \sqrt{H}} \quad (3.6)$$

Basınçlı sistemde, meme kesit alanı F'yi veren (3.6) eşitliğini bulabilmek için formülü oluşturan bileşenlerin ve sabitlerin açıklanması gerekmektedir (Disa, 1988, 2004).

3.4.2.1 Kayıp Katsayısı (m)

Kayıp katsayısı m, hızdaki azalmayı veya yolluk sistemindeki metal akışının maruz kaldığı sürtünme nedeniyle akış debisinin azalmasını ifade etmektedir. Kayıp katsayısı sürtünme katsayısı olarak ta adlandırılmaktadır. m, 0 ile 1 arasında bir değer alabilir.

Kayıp katsayısı esasen, metal akışındaki enerji değişimi ve metalin viskozite değişimine bağlıdır.

 <p>1-1.5 Alan 100 mm²</p>	 <p>2-3 Alan 100 mm²</p>	 <p>3-5 Alan 100 mm²</p>
 <p>yüksek sürtünme</p>		 <p>düşük sürtünme</p>
m: 0,3	0,5	0,6

Şekil 3.32 Yolluk geometrisi ile kayıp katsayısı ilişkisi (Disa, 1988, 2004)

Metal akış enerjisi, sürtünme nedeniyle ve kalıp içerisinde bulunan gazların sıvı metale ters yönde bir basınç uygulaması nedeniyle azalmaktadır. Şekil 3.32'de yolluk geometrisinin kayıp katsayısını nasıl etkilediği gösterilmektedir. Aynı meme alanı için, meme kalınlığı arttıkça kayıp katsayısı azalacaktır. Kayıp katsayısı değerinin yüksek olması enerji kaybının daha az olduğunu gösterir.

Metal viskozitesi ise esasen metal cinsine, döküm sıcaklığına ve metal kompozisyonuna

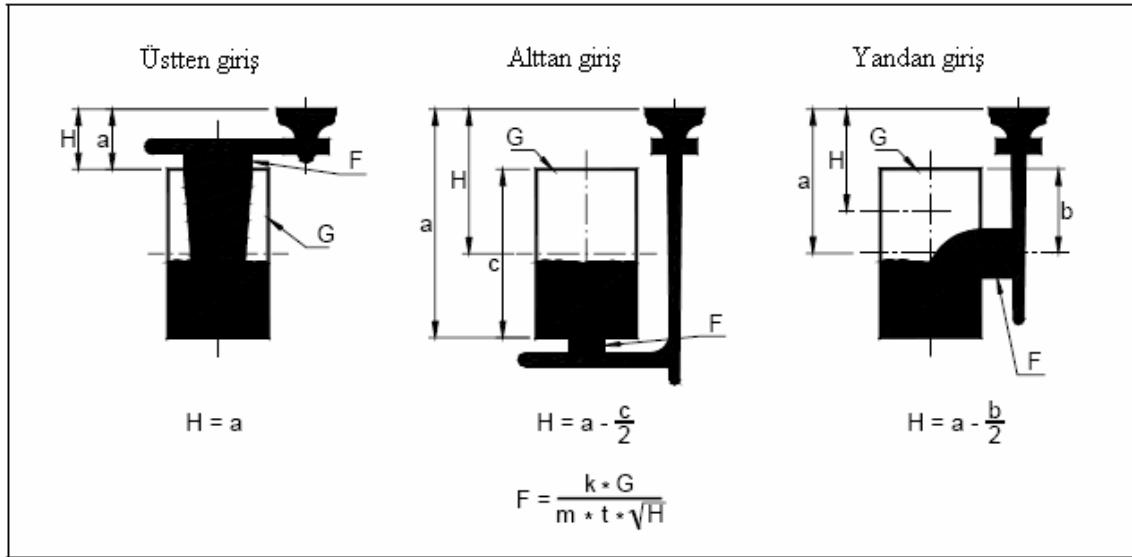
bağlıdır.

Yolluk sistemlerindeki kayıp katsayısı, ilk döküm denemelerinden elde edilen sonuçlara göre yaklaşık bir değer alınabilir. Daha sonraki denemelerde, kayıp katsayısı düzeltilerek daha gerçek değeri elde edilmeye çalışılır (Disa, 1988, 2004).

3.4.2.2 Metalostatik Ortalama Yükseklik (H)

Yolluk içerisindeki metalostatik yükseklik, döküm ağzında metal yüzeyinin üst kısmı ile basınçlı kesit alanı olan memeler arasındaki mesafedir.

Hesaplamalarda ilk önce yolluk sistemimdeki memelerin boyutları hesaplanmaktadır. Bunun içinde metalostatik yüksekliğin belirlenmesi gerekmektedir. Döküm operasyonu sırasında bir çok nedenden dolayı metalostatik yükseklik değişeceğinden, memeleri hesaplayabilmek için ortalama metalostatik yükseklik gereklidir.



Şekil 3.33 Sıvı metalin kalıp boşluğuna farklı giriş durumları (Disa, 1988)

Sıvı metalin, kalıp boşluğuna üstten, alttan ve yandan girmesi durumunda ortalama metalostatik yükseklikler Şekil 3.33'te verilmiştir. Sıvı metali üstten girmesi durumunda, döküm ağzı üst yüzeyi ile meme arasındaki mesafe döküm bitene kadar aynı olduğundan ($H = a$) alınır. Sıvı metalin alttan ve yandan girmesi durumunda, mesafe değişken olduğundan kolaylık olması açısından, sıvı metalin memelere geldiği andaki yükseklik ile döküm bitimindeki yüksekliğin ortalaması alınmaktadır. Böylece alttan giriş durumunda ortalama

metalostatik yükseklik ($H=a-\frac{c}{2}$), yandan giriş durumunda ise ortalama metalostatik yükseklik ($H=a-\frac{b}{2}$) olarak alınmaktadır (Disa, 1988, 2004).

3.4.2.3 Akış Debisi (W)

Akış debisi W, belirli bir zamanda, yolluk sistemindeki bir kesitten geçen sıvı metalin ağırlığı olarak tanımlanabilir. Bir kalıp boşluğu için debi, döküm parça ağırlığının (G), bir kalıp boşluğunun dolması için gerekli süreye (t) oranıdır.

$$W = \frac{G}{t} \quad (3.7)$$

Aynı akış debisi, meme kesit alanı (F), memeden geçen metalin hızı (V) ve metalin yoğunluğunun (ρ) çarpımıyla da bulunabilir.

$$W = \rho \times F \times V \quad (3.8)$$

(3.7) ile (3.8) eşitlenirse,

$$\frac{G}{t} = \rho \times F \times V \quad (3.9)$$

Bu eşitlikte, eşitlik (3.1) V'nin yerine konulursa,

$$\frac{G}{t} = \rho \times F \times m \sqrt{2 \times g \times H} \quad \text{ya da} \quad (3.10)$$

$$F = \frac{G}{t \times \rho \times m \sqrt{2 \times g \times H}} \quad (3.11)$$

meme kesit alanı elde edilmiş olur.

Bazı metaller için ergimiş metallerin yoğunluğu aşağıdaki gibidir

Demir alaşımları: $\rho = 6,89 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ (1400°C'de)

Bakır alaşımları: $\rho = 8,40 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

Alüminyum alaşımları: $\rho = 2,30 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

Farklı metaller için yoğunluklar ve $g = 9810 \text{ mm/s}^2$, (3.11) eşitliğinde yerine yazılırsa, demir

esashi, bakır ve alüminyum alaşımları için meme kesit alanları bulunmuş olur. Bu formüller metal akışında herhangi bir dinamik etkinin olmadığı, metal akışının sadece statik durumu göz önüne alınarak çıkarılmıştır.

$$\text{Demir alaşımları:} \quad F = \frac{1036 \times G}{t \times m \sqrt{H}} ; \quad F[\text{mm}^2] = \frac{1036 \times G[\text{kg}]}{t[\text{s}] \times m \sqrt{H[\text{mm}]}} \quad (3.12)$$

$$\text{Bakır alaşımları:} \quad F = \frac{850 \times G}{t \times m \sqrt{H}} ; \quad F[\text{mm}^2] = \frac{850 \times G[\text{kg}]}{t[\text{s}] \times m \sqrt{H[\text{mm}]}} \quad (3.13)$$

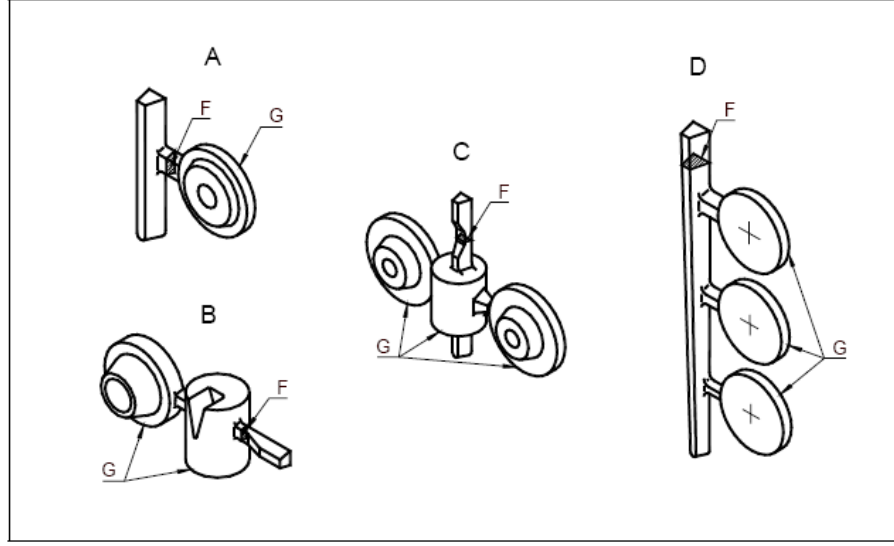
$$\text{Alüminyum alaşımları:} \quad F = \frac{3100 \times G}{t \times m \sqrt{H}} ; \quad F[\text{mm}^2] = \frac{3100 \times G[\text{kg}]}{t[\text{s}] \times m \sqrt{H[\text{mm}]}} \quad (3.14)$$

Demir esashi, bakır ve alüminyum alaşımları için bulunan bu formüllerden yararlanılarak hesaplamaları hızlandırmak ve kolaylaştırmak için Nomogramlar oluşturulmuştur (Ek1,Ek2,Ek3) (Disa, 1988, 2004).

3.4.2.4 Ağırlık (G)

Ağırlık (G), bütün döküm işlemi boyunca kritik F kesitinden geçen toplam metal miktarıdır.

Döküm ağırlığı, kalıp boşluğunu besleyen yolluk elamanı olan memenin kesitinin belirlenmesi için gereklidir (Şekil 3.34.A). Bazen, besleyici gerekli olduğu zaman kalıp boşluğunun dolmasını sağlayan besleyici kesitinin belirlenmesi için toplam ağırlık gereklidir (Şekil 3.34.B). Bazen, iki kalıp parça boşluğunun bir besleyici ile doldurulması durumunda, bu kısımlara sıvı metal gelmesi sağlayan yolluk kesitinin hesaplanmasında toplam ağırlık gereklidir (Şekil 3.34.C). Bazen de, tek bir yolluk ile beslenen tüm kalıp boşluklarının durumunda, yolluk kesitinin hesaplanmasında toplam ağırlık gereklidir (Şekil 3.34 .D). Özet olarak, kritik kesit alanına karar verirken ağırlık bilinmelidir (Disa, 2004).



Şekil 3.34 Ağırlık (G) ve kesit alanı (F) örnekleri (Disa, 2004)

3.4.2.5 Döküm Süresi (t)

Toplam döküm süresi (t_2), her bir kalıp boşluğunun dolmasını için gerekli süre (t) ve yolluk sisteminin dolması için gerekli sürenin (t_1) toplamından oluşmaktadır. Yolluk sistemi dizaynına ve döküm parça tipine bağlı olarak yolluk sisteminin doldurulması 1-2 s civarında gerçekleşmektedir. ($t_2 = t_1 + t$). Kalıp boşluğunun dolması için gerekli sürenin alt sınırı, döküm parça ağırlığına ve şekline bağlıdır. Kalıp boşluğunun dolması için gerekli sürenin üst sınırı ise kalıplama makinesinin tipine ve verimliliğine bağlıdır.

Kalıplama makinesi çevrim süresi (T_2), kalıplama çevrim süresi (T) ve kalıp taşıma sürelerinden (T_1) oluşmaktadır. Kalıpların taşınması yaklaşık 1-2 s 'de gerçekleşmektedir ve bu taşıma safhasında döküm yapmak çok zordur. ($T_2 = T_1 + T$)

Maksimum toplam döküm süresi (t_2), kalıplama makinesini yavaşlatmamak ve üretim hızını düşürmemek için, kalıplama makinesi çevrim süresinden (T) daha kısa olmalıdır. ($t_2 < T$)

Döküm süresi, parça üzerinde soğuk tıkanmaya ve yanlış akışa neden olabilecek kadar uzun olmamalıdır. Döküm süresi çok kısa olursa, metal akışının türbülanslı olmasını engellemek zorlaşır, yolluk sistemi ağırlığı artabilir ve kalıp içerisindeki gazların dışarı atılması için yeterli vakit olmayabilir. Ayrıca döküm süresinin daha kısa olması istendiğinde, ekonomik nedenlerden dolayı kalıplama makinesi yavaşlatılmaması gerektiğinden, bu durum yolluğun daha büyük yani daha ağır olmasıyla sağlanmaktadır.

Kalıp boşluğunun dolma süresinin (t), maksimum değeri (3.9) eşitliğiyle bulunabilir.

$$t_{\max} = B \sqrt{G} \quad (3.15)$$

G, hesaplanan F kesitinden sonraki kısımların ağırlığıdır. B ise en ince et kalınlığına ya da katılma modülüne bağlıdır.

Çizelge 3.5 Et kalınlığı ile B faktörü ilişkisi (Disa, 2004)

En ince et kalınlığı (mm)	B faktörü
3-5	$G \leq 1 \text{ kg} \rightarrow 3$ ve $G \geq 4 \text{ kg} \rightarrow 1,5$
5-10	$G \leq 1 \text{ kg} \rightarrow 4$ ve $G \geq 4 \text{ kg} \rightarrow 2,0$
10-20	$G \leq 1 \text{ kg} \rightarrow 5$ ve $G \geq 4 \text{ kg} \rightarrow 2,5$
>20	$G \leq 1 \text{ kg} \rightarrow 6$ ve $G \geq 4 \text{ kg} \rightarrow 3,0$

Çizelge 3.5'te demir esaslı alaşımlar gibi ağır metaller için geçerli, B faktörü ile en ince et kalınlığı ilişki verilmiştir. Hafif metaller için, Çizelge 3.5'te verilen değerlerin 1,5-2 katı alınmalıdır (Disa, 1988, 2004).

3.4.2.6 Laminer, Türbülanslı Ve Türbülanssız Akış

Laminer akış, akışkan partiküllerinin düzgün ve birbirine paralel olduğu akış türüdür. Türbülanslı akış, akışkan partiküllerinin karmaşık ve dalgalı olduğu akış türüdür. Türbülanssız akış ise, laminer akış ile türbülanslı akış arasında akışkan partiküllerinin pek karmaşık olmadığı akış türüdür.

Dökümde metal akışının türbülanslı olması istenmez. Türbülans, kalıp/metal ara yüzünde metal filmini bozar ve bunun sonucunda da cüruf/oksit, gaz, kum kalıntıları oluşumuna neden olur. Metal akışı laminer olursa, yolluk sistemi daha geniş kesitli olması gerektiğinden ekonomik olmaz. Metal akışının, metal/kalıp ve/veya metal/maça ara yüzeylerinde bozulmaya neden olmayacak biçimde türbülanssız akış olması istenir (Disa, 2004).

3.4.2.7 Basınçlı Yolluk Sistemlerinde Hızlar

Metal akış yönünün değişimi, yolluk geometrisi ve/veya metal viskozitesi değişimi kayıp katsayısını(m) değişimine dolayısıyla hızın değişmesine neden olur. Meme pozisyonu

değişimi, metalostatik yüksekliği (H) değiştireceğinden hızda değişmiş olur. Çizelge 3. 6'da metallerde izin verilen maksimum hız değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.6 Metallerdeki maksimum hızlar (Disa, 2004)

Alaşım	Memedeki maksimum hız V (mm/s)
Alüminyum	500
Alüminyum-Bronz	250
Bronz	750
Gri dökme demir	1000
Sünek demir	600
Çelik	750

Reynolds Sayısı

Reynolds sayısı (3.16) eşitliği ile bulunabilir. Reynolds sayısı boyutsuzdur.

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\mu} \quad (3.16)$$

V : Yolluk sisteminde kanal içerisinde metal akış hızı

D : Kanal hidrolik çapı

ρ : metalin yoğunluğu

μ : metalin dinamik viskozitesi

Reynolds sayısı ayrıca (3.17) eşitliği ile de bulunabilir.

$$Re = \frac{G \times k}{t \times P} \quad (3.17)$$

Farklı metaller için (3.17) formülü aşağıdaki gibidir.

$$\text{Demir alaşımları:} \quad Re = \frac{G \times k}{t \times P}; \quad Re = \frac{G[\text{kg}] \times 10^5 \times 1[\text{s} \times \text{cm}/\text{kg}]}{t[\text{s}] \times P[\text{cm}]} \quad (3.18)$$

$$\text{Bakır alaşımları:} \quad Re = \frac{G \times k}{t \times P}; \quad Re = \frac{G[\text{kg}] \times 10^5 \times 1,37[\text{s} \times \text{cm}/\text{kg}]}{t[\text{s}] \times P[\text{cm}]} \quad (3.19)$$

$$\text{Alüminyum alaşımları:} \quad Re = \frac{G \times k}{t \times P}; \quad Re = \frac{G[\text{kg}] \times 10^5 \times 1,09[\text{s} \times \text{cm}/\text{kg}]}{t[\text{s}] \times P[\text{cm}]} \quad (3.20)$$

G: Döküm parça ağırlığı (kg)

t: Döküm boşluğunun dolması gerekli süre (s)

k: Metal cinsine bağlı bir sabit. Demir esaslı alaşımlar için 1400°C'de ergimiş metalin yoğunluğunu ve kinematik viskozitesini içerir.

P: Akış kanalının çevre uzunluğu (cm)

Çizelge 3.7 Reynolds sayısı ile akış tipinin tayini (Disa, 2004)

Reynolds sayısı		
Re<2300	2300<Re<13800	Re>13800
Laminer	Türbülanssız	Türbülanslı

Eşitlik (3.16)'ya göre bulunan Reynolds sayısı, Çizelge 3.7'ye göre değerlendirilerek akış tipi tayin edilir. Memelerde Re=6000 ve sıvı metali memelere gelmesi sağlayan yollukta Re=12000 olması tavsiye edilir (Disa, 1988, 2004).

3.5 Dört Farklı Yolluk Sisteminde Hesaplamalar

3.5.1 Yolluk Sistemleri İçin Genel Bilgiler

Güvenilir bir döküm için yolluk sisteminin türünün ne olduğuna bakılmaksızın aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır.

- Dört yolluk sistemi arasından yolluk seçimi yapılmalıdır.
- Kalıp boşlukları ve kalıp kenarlarından uzaklık döküm katsayısı ve/veya döküm parça et kalınlığına bağlı olarak belirlenmelidir..
- Yolluk sistemine besleyici dahil edilip edilmeyeceğinin belirlenmelidir.
- Maçaların, kalıba ve maça maskesine nasıl bağlanacağı belirlenmelidir.
- Döküm parçaların uygunluğu, besleyici sisteme ve maçalara bağlıdır.

- Verim, döküm parça ağırlığının toplam döküm ağırlığına oranıdır.
- Model sayısı
- Döküm kalitesi

Bu bahsedilen noktalara dikkat edilerek denemeler yapılır ve uygun seçim yapılır(Disa, 2004).

Çizelge 3.8 Düşey yolluk sistemlerinin karşılaştırılması (Disa, 2004)

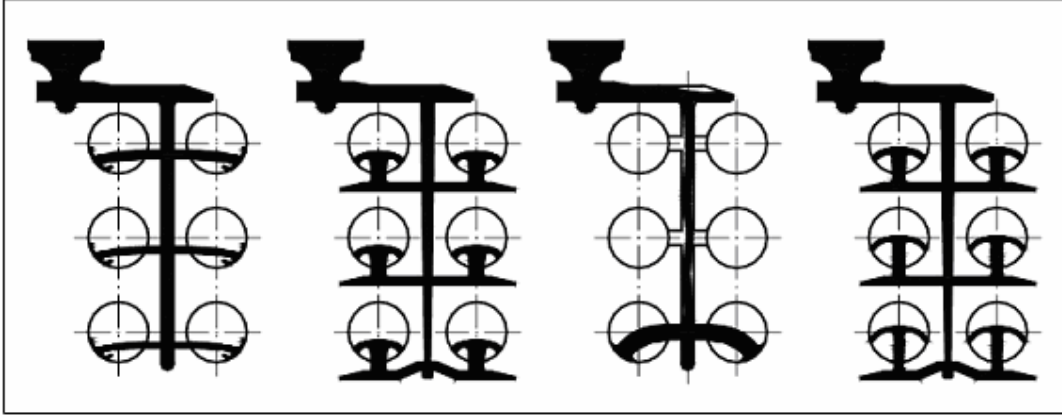
DÜŞEY YOLLUK SİSTEMİ				
Özellik	Basınçlı	Geri basınçlı	Basınçsız	Hibrit (Karma)
Doldurma kabiliyeti	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek
Kalıp verimi	Yüksek	Orta	Düşük	Orta
Model plakası kullanımı	Yüksek	Düşük	Orta	Düşük
Kum içerme oranı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Cüruf içerme oranı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Kir içerme oranı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Oksit içerme oranı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta
Pürüzlü yüzey oluşumu ve metal akış hassasiyeti	Yüksek	Düşük	Orta	Düşük
Kum erozyonu riski	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta
Soğuk tıkanma riski	Düşük	Orta	Yüksek	Orta
Zamanında besleme	Uzun	Kısa	Uzun	Orta
Bakım zamanı	Uzun	Kısa	Uzun	Orta
Tutarsız proses hassasiyeti	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta
Döküm sonrası ekonomi	İyi	Kötü	Orta	İyi

3.5.2 Dört Yolluk Sistemi Arasından Yolluk Sistemi Seçimi

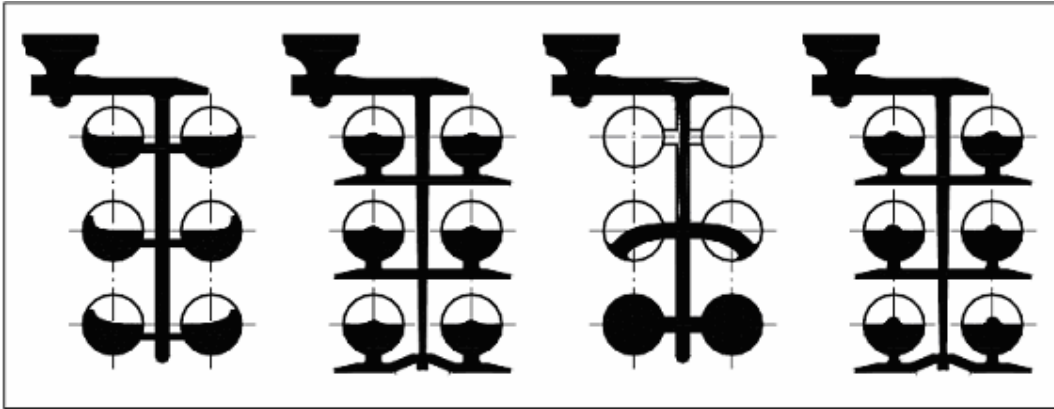
Yolluk sistemi seçimi birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörler gerekli döküm kalitesi, hammadde kalitesi, dökülen parçanın büyüklüğü, işlemin güvenilirliği ve son olarak ta alışımlar ve

bunların ertirme maliyetleridir.

DüŖey yolluk sistemlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.8 'de verilmiştir. Yolluk sistemleri için en önemli özellikler değerlendirilip uygun yolluk seçimi yapılır. Doldurma durumu “yolluk sistemi tam dolduğun andaki” durum dört sistemde içinde Şekil 3.35’de gösterilmiştir. Şekil 3.36’da, 3,5 s. döküm zamanındaki yolluk sistemlerinin doldurma durumu gösterilmiştir. Şekil 3.35 ve Şekil 3.36, Çizelge 3.8 ’de verilen bir çok özelliği açıkça belirtmektedir (Disa, 2004).



Şekil 3.35 Doldurma durumu: yolluk sistemleri metal ile doldurulduktan hemen sonra (Disa, 2004)

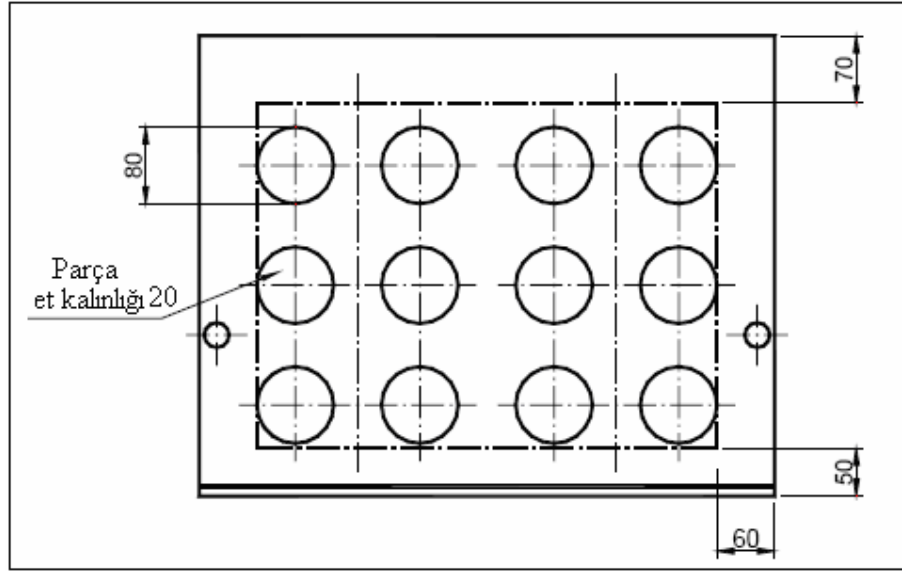


Şekil 3.36 Doldurma durumu: 3,5 s’lik döküm zamanı (Disa, 2004)

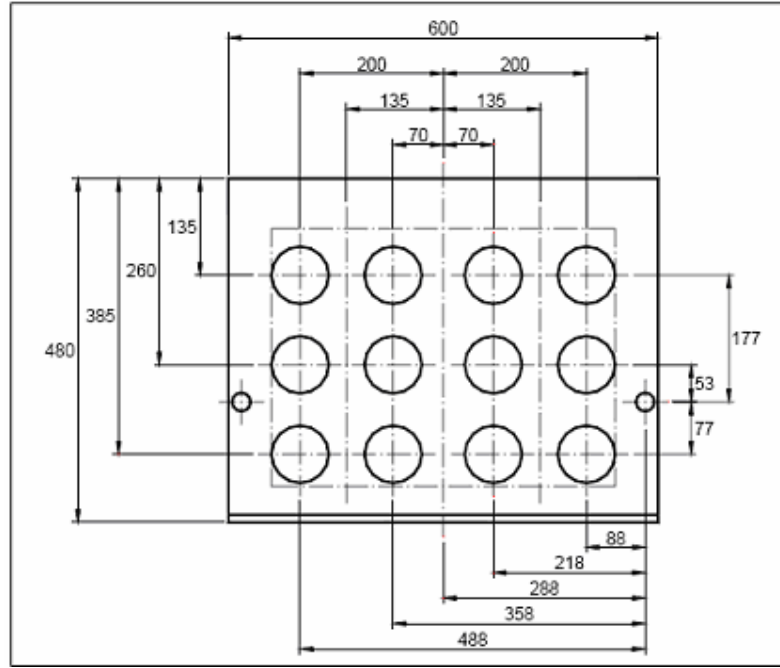
Dört farklı yolluk sistemi için hesaplamalar aşağıdaki faktörlere ve ön hesaplamalara dayanmaktadır.

- Disa230A kalıplama makinesi (480×600mm)

- Kalıp üretim hızı: 480 kalıp/saat
- Döküm parça ismi: Bağlantı diski
- Malzeme: Gri dökme demir
- Döküm geometrisi: yaklaşık 700 gr.'lık bir döküm ağırlığı ve 0,67 cm.'lik bir döküm parça katılma katsayısı
- Döküm parça katılma katsayısına ve/veya döküm parça et kalınlığına bağlı olarak kalıp kenarlarının ve kalıp boşluğunun emniyet mesafeleri Çizelge 3.9'dan alınmıştır.
- Emniyet mesafeleri Şekil 3.37'deki model plakası üzerinde gösterilmiştir.
- Dört yolluk sistemine için uygun, plakadaki modellerin yerleşim emniyet mesafeleri Şekil 3.38'de gösterilmiştir.



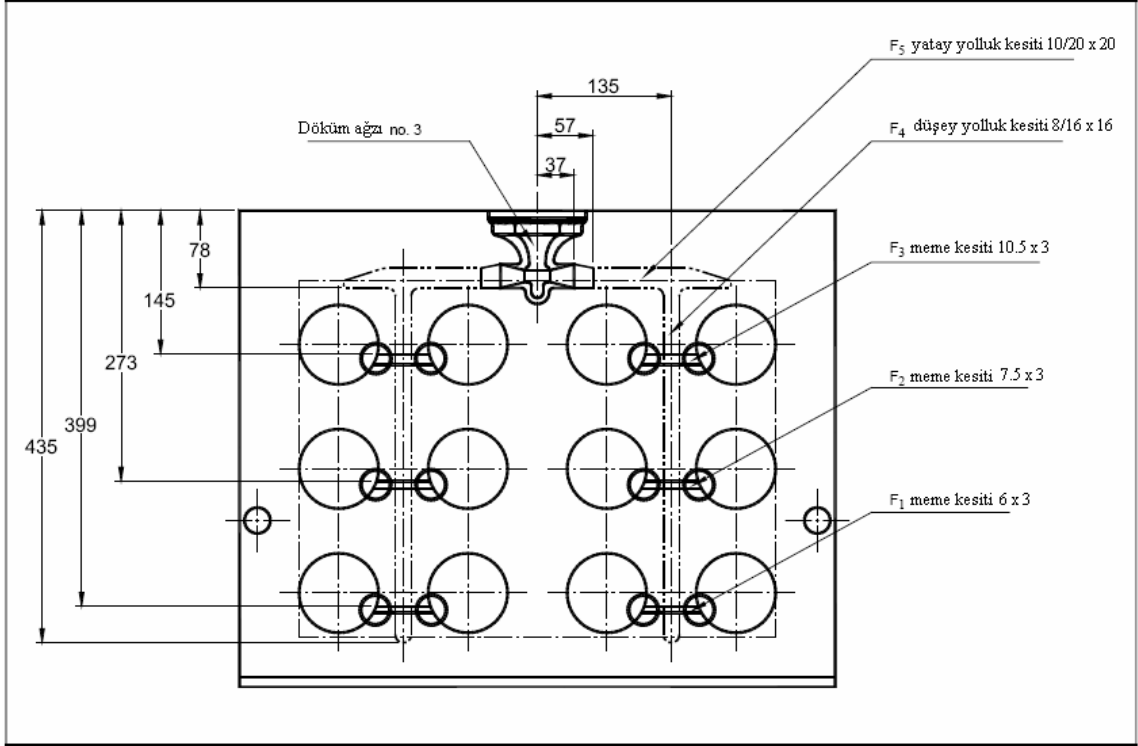
Şekil 3.37 Emniyet mesafeleri ve modellerin dağılımı (yerleşimi) (Disa, 2004)



Şekil 3.38 Modellerin emniyet mesafeleri (Disa, 2004)

Çizelge 3.9 Emniyet mesafeleri (boşluk-kalıp) (Disa, 2004)

Parça et kalınlığı		Katlaşma katsayısı		Toplam model yüksekliği (m.plaka hariç)		Üst kenar A		Yan kenarlar B		Alt kenar C	
mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.
0 - 10	0 - 0.4	0 - 0.50	0 - 0.2	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	30 - 40 50 - 60 70 - 80	1.2 - 1.6 2.0 - 2.4 2.8 - 3.2	30 - 40 50 - 60 70 - 80	1.2 - 1.6 2.0 - 2.4 2.8 - 3.2
10 - 15	0.4 - 0.6	0.50 - 0.75	0.2 - 0.3	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	50 - 60 70 - 80 90 - 100	2.0 - 2.4 2.8 - 3.2 3.5 - 3.9	40 - 50 60 - 70 80 - 90	1.6 - 2.0 2.4 - 2.8 3.2 - 3.5
15 - 20	0.6 - 0.8	0.75 - 1.00	0.3 - 0.4	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	60 - 70 80 - 90 100 - 110	2.4 - 2.8 3.2 - 3.5 3.9 - 4.3	50 - 60 70 - 80 90 - 100	2.0 - 2.4 2.8 - 3.2 3.5 - 3.9
20 - 25	0.8 - 1.0	1.00 - 1.25	0.4 - 0.5	0 - 100 100 - 200 200 - 300	0 - 3.9 3.9 - 7.9 7.9 - 11.8	70	2.8	70 - 80 90 - 100 110 - 120	2.8 - 3.2 3.5 - 3.9 4.3 - 4.7	60 - 70 80 - 90 100 - 110	2.4 - 2.8 3.2 - 3.5 3.9 - 4.3



Şekil 3.39 Basınçlı yolluk sistemi (Disa, 2004)

3.5.3 Basınçlı Yolluk Sistemi Hesaplamaları

Detaylı bir şekilde boyutlandırılmış basınçlı yolluk sistemi Şekil 3.39'da gösterilmiştir. Basınçlı sistem, basit trapezoid yolluklar kullanıldığından dolayı metali mümkün olduğu kadar kolay ve direkt olarak döküm boşluğuna getirir. Cüruf tutucular, hazneler vb. iyileştirmeler eğer gerekli ise ilk döküm denemelerinden sonra ilave edilir. Hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

3.5.3.1 Memeler

Daha önce bahsedildiği gibi Basınçlı yolluk sistemlerinde memeler kesit alanlarını belirler. Memeler, Şekil 3.39'da küçük daireler içine alınmış kısımlardır.

F_1, F_2, F_3 memelerinin boyutlarını hesaplamak için (3.12) eşitliği;

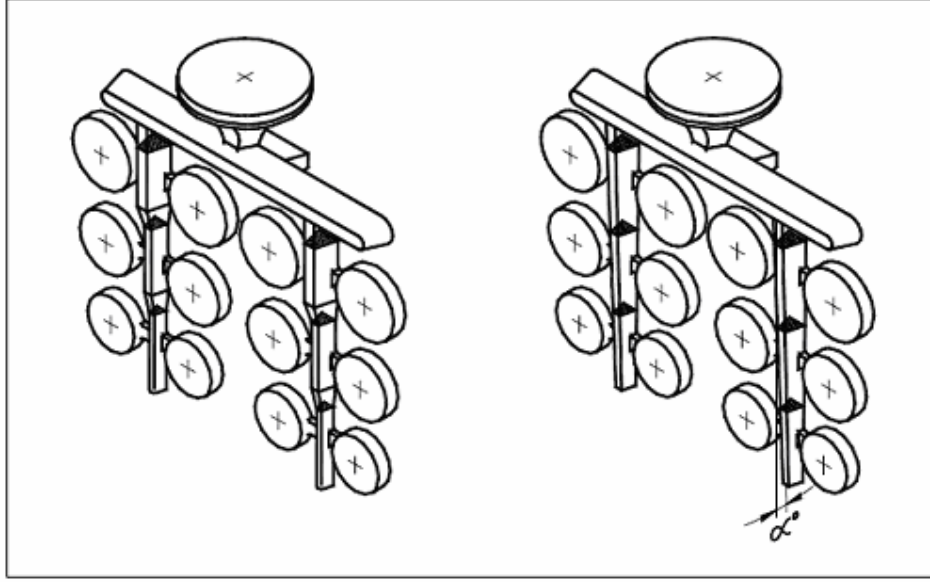
$$F = \frac{k \times G}{m \times t \times \sqrt{H}}$$

k: 1036 (demir alaşımları için sabit bir değer)

G: Döküm parça ağırlığı, 0,7 kg.

Meme kalınlığı, döküm katsayısı 0,67 cm.'nin %25'i ile %100'ü arasında seçilir. Bu nedenle seçim 1,7 mm. ile 6,7 mm. arasındadır. Meme kalınlığı 3 mm. seçilebilir. Şekil 3.32'den $m=0,5$ seçilebilir.

t : her boşluk için döküm zamanıdır. Çevrim zamanı ve yanlış akış kriterleri döküm zamanını belirler.



Şekil 3.40 Düşey yollukların dizaynı (Disa, 1988)

1. Çevrim zamanı kriteri:

$t = (\text{Çevrim zamanı-kalıp taşıma süresi-Yolluk sistemi dolma süresi})$

$$t = \frac{3600}{480} - 1,5 - 1,5 \cong 4,5 \text{ s.}$$

2. Yanlış akış kriteri:

$$t_{\max} = B \times \sqrt{G} = 5 \times \sqrt{0,7} \cong 4,2 \text{ s.}$$

Parça et kalınlığı ve $G \leq 1 \text{ kg}$ için Çizelge 3.5'ten $B = 5$ seçilir.

İşlemleri basitleştirmek için ve biraz daha emniyetli olması için $t = 4 \text{ s.}$ seçilebilir.

Ortalama ferostatik yükseklikler H_1 , H_2 ve H_3 yaklaşık olarak, $H_1 = 135 \text{ mm.}$, $H_2 = 260 \text{ mm.}$, $H_3 = 385 \text{ mm.}$

Sonuç olarak meme boyutları;

$$F_3 = \frac{1036 \times 0,7}{0,5 \times 4 \times \sqrt{135}} = 31,2 \text{ mm}^2 \cong 3 \times 10,5 \text{ mm}$$

$$F_2 = \frac{1036 \times 0,7}{0,5 \times 4 \times \sqrt{260}} = 22,5 \text{ mm}^2 \cong 3 \times 7,5 \text{ mm}$$

$$F_1 = \frac{1036 \times 0,7}{0,5 \times 4 \times \sqrt{385}} = 18,5 \text{ mm}^2 \cong 3 \times 6 \text{ mm}$$

3.5.3.2 Düşey Yolluklar

Metal akış yönündeki değişimlerden dolayı akış kaybını telafi etmek için düşey yolluk kesit alanı F_4 , bağlı olduğu bütün memelerin kesit alanından %10–%20 daha büyük olmalıdır.

Burada F_4 'ün memelerin kesit alanından %15 daha büyük olduğunu kabul edelim.

$$F_4 \geq (31,5 + 22,5 + 18) \times 2 \times 1,15 = 165,6 \text{ mm}^2$$

Bu hesaplama değeri 172 mm^2 değerine kadar yuvarlanabilir. Bu durumda basit trapezoid yolluk $8/16 \times 16 \text{ mm}$. boyutlarına tekabül eder.

Düşey yolluk; yolluk alt kısmında oluşan yüksek basıncı ve yolluk üst kısmında da oluşan düşük basıncı telafi etmek için Şekil 3.40'ta gösterildiği gibi konik ya da kademeli olarak dizayn edilebilir. Düşey yollukta, kademeli durumdaki farklı kesit alanları için hesaplamalar F_4 alanı hesaplamalarına benzerdir (Disa, 2004).

3.5.3.3 Yatay Yolluklar

Yatay yolluk boyutu, düşey yolluk ile bağlantı boyutundan iki katından daha büyük bir değer seçilmelidir. Bu durumda basit yolluk boyutu,

$$F_5 \geq (10/20 \times 20) = 300 \text{ mm}^2 \text{ seçilir.}$$

3.5.3.4 Döküm Ağzı

Standart döküm ağızları sağladıkları döküm debilerine (kg/s) göre sınıflandırılır. Toplam döküm ağırlığı $G t_2$, %70 verime karşılık gelen ağırlık olarak kabul edilmektedir

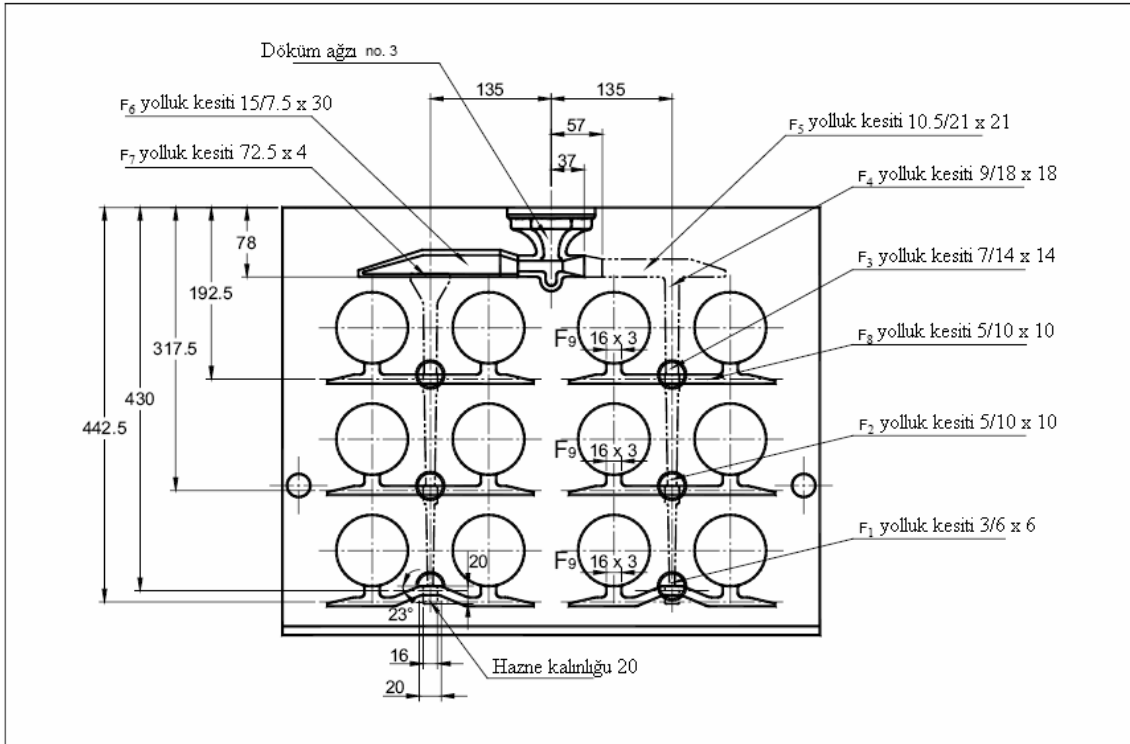
$$G t_2 = \frac{0,7 \cdot 12}{(\%70)} = 12 \text{ kg.} \quad \text{ve toplam döküm zamanı,}$$

$$t_2 = 4 + 1,5 = 5,5 \text{ s.}$$

Bu durumda ortalama döküm oranı , $\frac{12}{5,5} \cong 2,2 \text{ kg/s}$ olur. Bu durumda Şekil 3.5'ten 3 numaralı döküm ağızı seçilir (Disa, 2004).

3.5.4 Geri Basınçlı Yolluk Sistemleri Hesaplamaları

Detaylı boyutlandırılmış geri basınçlı yolluk sistemi Şekil 3.41'de gösterilmiştir. Bu tip yolluk sistemlerinin, kirli metali temizlemek ve/veya yeni kir oluşumlarını önlemek için düşey yolluktaki bütün kısımlardaki hız değerlerini düşüreceğini ve/veya türbülansı engelleyeceği kabul edilmektedir. Bu durumun nedeni, memelerin döküm parçanın alt kısmına yerleştirilmesindedir. Hesaplamalar aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.41 Geri basınçlı yolluk sisteminin detaylı şeması (Disa, 2004)

3.5.4.1 Düşey Yolluklar

Düşey yolluklar, bu halde basınçlı sistemlerdir. (3.12) eşitliği düşey yolluklar için kullanılabilir.

$F = \frac{k \times G}{m \times t \times \sqrt{H}}$ idi. Şekil 3.41'deki F_1, F_2, F_3, F_4 değerlerinin bulunmasında kullanılabilir.

Burada hesaplamalarda sadece G ve m parametreleri değişecektir. $m = 0,7$ seçilebilir. Çünkü daha ince memelere göre daha geniş memelerde kayıp daha azdır (şekil 3.32).

Yolluk boyutları;

$$F_3 = \frac{1036 \times 0,7 \times 6}{0,7 \times 4 \times \sqrt{135}} = 133,8 \text{ mm}^2 \cong (7/14 \times 14) = 147 \text{ mm}^2$$

$$F_2 = \frac{1036 \times 0,7 \times 6}{0,7 \times 4 \times \sqrt{260}} = 64,3 \text{ mm}^2 \cong (5/10 \times 10) = 75 \text{ mm}^2$$

$$F_1 = \frac{1036 \times 0,7 \times 6}{0,7 \times 4 \times \sqrt{385}} = 26,4 \text{ mm}^2 \cong (3/6 \times 6) = 27 \text{ mm}^2$$

Sıcaklık kaybından dolayı ve çok uzun mesafelerde akış hızı kaybının artmasından dolayı düşey yolluk boyutunun $(4/8 \times 8\text{mm})$ 'den daha az olması tavsiye edilmez. Bu durumda

$$F_1 = 4/8 \times 8\text{mm} = 48 \text{ mm}^2$$

78 mm. uzaklıkta olan düşey yolluğun st kısmı, F_3 gibi en azından aynı akış hızını verecek bir boyutta olmalıdır. Bu durumda

$$F_4 = \frac{1036 \times 0,7 \times 6}{0,7 \times 4 \times \sqrt{78}} \times \frac{\sqrt{192,5}}{\sqrt{135}}$$

Bu eşitlikte, 192,5 mm, 3.durumda gerçek ferrostatik ykseklęi ve 135mm. ise 3.durumda ortalama ferrostatik ykseklęidir. $F_3 = 147 \text{ mm}^2$ seçilmiş olduğundan,

$$F_4 = 147 \times \frac{\sqrt{192,5}}{\sqrt{78}} = 230,9 \text{ mm}^2 \cong (9/18 \times 18) = 243 \text{ mm}^2 \text{ olur.}$$

Görüldüğü gibi st yatay yollukta daha az kirin tutulduğu yer yolluk sisteminin sağ tarafında seçilebilir ya da daha iyi bir zm olarak sol tarafında da seçilebilir (Disa, 2004).

3.5.4.2 st Yatay Yolluk (Sağ taraf)

Hesaplama metodu basınçlı sistemdeki düşey yolluk hesaplama metodunun aynısıdır. Ancak burada ferrostatik ykseklık, yeterli büyüklüğü sağlaması için 40mm. olarak seçilir. Bunun nedeni, yolluk çok küçük olduğunda, döküm ağzındaki metal seviyesinin küçük değişimlerinden metal akışının fazla etkilenmesidir.

$$F_5 = 147 \times \frac{\sqrt{192,5}}{\sqrt{40}} = 322,5 \text{ mm}^2 \cong (10,5/21 \times 21\text{mm}) = 330,8 \text{ mm}^2 \quad \text{ya da}$$

$$F_5 = 147 \times \frac{\sqrt{192,5}}{\sqrt{40}} = 322,5 \text{ mm}^2 \cong (7,5/15 \times 30\text{mm}) = 337,5 \text{ mm}^2$$

Basit ve ince trapezoid yolluklarından biri seçilebilir (Disa, 2004).

3.5.4.3 Üst Yatay Yolluk (Sol taraf)

Hesaplamalar sağ taraftaki üst yolluk hesaplamaları ile aynıdır.

$$F_6 = 147 \times \frac{\sqrt{192,5}}{\sqrt{40}} = 322,5 \text{ mm}^2 \cong (15/7,5 \times 30\text{mm}) = 337,5 \text{ mm}^2$$

Bu durumda uzun trapezoid yolluk seçilir (Disa, 2004).

3.5.4.4 Üst Yatay Yolluk Ve Düşey Yolluk Arasında Bindirme

Bindirme kesit alanı, üst yolluk kesit alanı ve düşey yolluğun üst kısmının alanlarının ortalamasıdır. Buradan,

$$F_7 = \frac{1}{2} \times (F_6 + F_4) = \frac{1}{2} \times (337,5 \text{ mm}^2 + 243 \text{ mm}^2) = 290 \text{ mm}^2$$

Bindirme, 30mm. olan üst yatay yolluğun düşey boyutunun 1/6'sını geçmemelidir. Bu nedenle 72,5×4 mm. seçilebilir (Disa, 2004).

3.5.4.5 Orta Ve Alt Yatay Yolluklar

Sistemdeki en yüksek hız F_1 yolluğundaki hızdır. Bu kısımdaki hız ;

$$V_1 = m \times \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1} = 0,7 \times \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,385} = 1,9 \text{ m/s}$$

Sıvı metalin kalıp boşluğuna girmeden önce sadece 1 m/s hıza izin verildiğinden dolayı orta ve alt yolluklar maksimum hız değerlerinin aşılmadığı kesit alanı için çok büyük bir değerde olmalıdır.

Metalin, F_1 'den uzaklaşmasına neden olan bu iki yolluk F_1 'den 1,9 kat daha büyük bir kesit alanıyla bağlı olması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı orta ve alt yatay yollukların her biri,

$$F_8 \geq \frac{1}{2} \times F_1 \times 1,9 = \frac{1}{2} \times 48 \times 1,9 = 45,6 \text{ mm}^2 \quad \text{olur.}$$

Düşey yolluklar için geçerli aynı nedenden dolayı yatay yolluklar $5/10 \times 10$ mm boyutlarından daha küçük olmamalıdır.

$$F_8 = 5/10 \times 10 = 75 \text{ mm}^2 \text{ olur.}$$

Sıcaklık kaybı nedenlerinden dolayı tavsiye edilen ince tip yollukların yerine basit trapezoid yolluklar seçilir.

Hesaplamalar, alt yatay yolluk için yapılmıştır. Kalıp gözleri, eş zamanlı olarak doldurulacağından yolluk boyutları, orta yatay yolluklar için de aynı olmalıdır (Disa, 2004).

3.5.4.6 Memeler

Orta ve alt yatay yolluklar için geçerli nedenler memeler içinde geçerlidir.

$$F_9 \geq \frac{1}{2} \times F_1 \times 1,9 = 1/2 \times 48 \times 1,9 = 45,6 \text{ mm}^2 \rightarrow 16 \times 3 \text{ mm} = 48 \text{ mm}^2$$

Meme kalınlığı daha önce olduğu gibi 3 mm. seçilir. Hesaplamalar alt memeler için yapılmıştır. Ancak boşlukların doldurulması eş olması gerektiğinden meme boyutları tüm memeler içinde aynı olmalıdır.

3.5.4.7 Hazneler

Hazneler, alt düşey yolluğun yatay yolluğa bağlanması için dizayn edilmiştir (Şekil 3.41). Ancak boşlukların eş zamanlı olarak dolması gerektiğinden hazne boyutları, tüm diğer benzer bağlantılar içinde aynı olmalıdır (Disa, 2004).

3.5.4.8 Döküm Ağızı

Yolluk sistemi yaklaşık olarak basınçlı sistemden 350gr. daha ağırdır ve toplam döküm

$$\text{zamanı } 5,5\text{s}'\text{dir. Bu nedenle ortalama akış hızı, } \frac{12,35}{5,5} \cong 2,25 \text{ kg/s ' dir}$$

Bu akış hızında, döküm ağızı 3 numaralı standart ağızdır (Şekil 3.5). Döküm ağzının yatay yolluklara bağlantıları Şekil 3.8'de gösterilmiştir (Disa, 2004).

3.5.5 Basınçsız Yolluk Sistemi Hesaplamaları

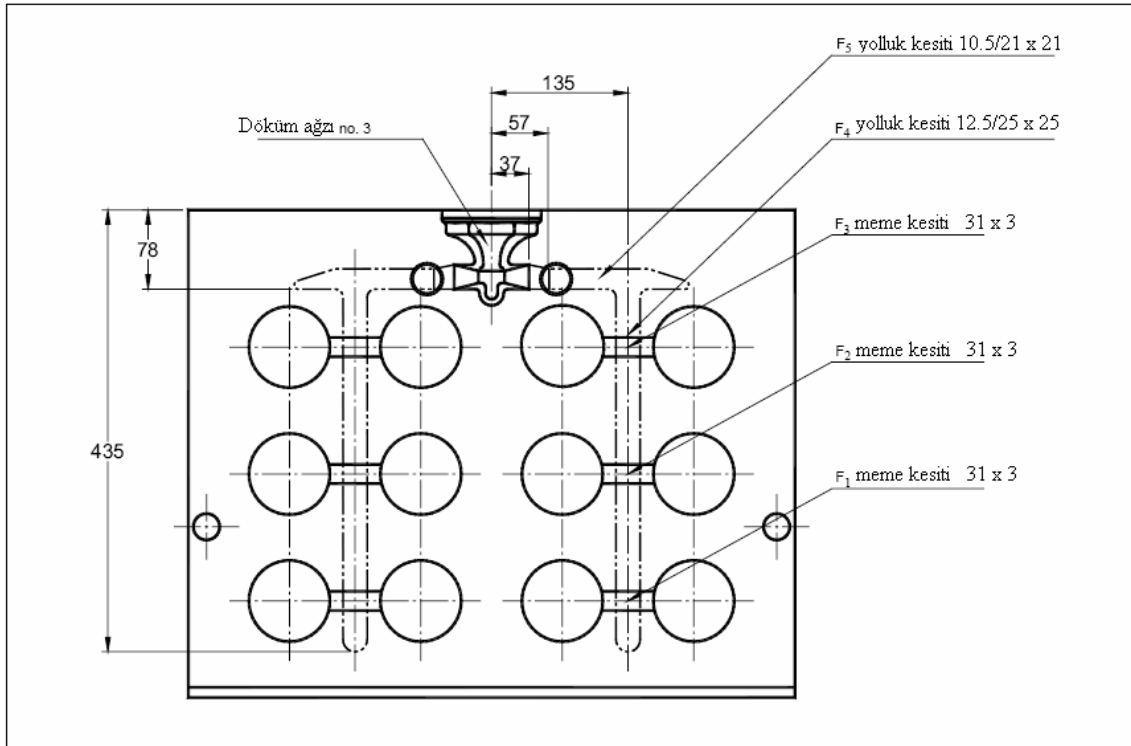
Detaylı boyutlandırılmış Basınçsız yolluk sistemi şeması Şekil 3.42'te gösterilmiştir. Bu tür sistemler, herhangi bir sorun esnasında nasıl davranılacağı dışında, başlangıçta sadece metalin bir noktadan başka bir noktaya gitmesine kılavuzluk etmektedir.

Çeşitli akış hızlarında, malzemenin bir yerden başka bir yere taşınmasından dolayı bu sisteme

kanal sistemi de denir. Yolluk sistemi normalden daha büyük boyutlarda olduğu için malzeme, yolluk sistemi duvarlarıyla hiçbir zaman tamamen temas halinde olmaz. Benzer olarak metal kanallarının döküm ağzından uzak olmasından dolayı döküm operasyonu esnasında dökümhanedeki potaların döküm ağzını tamamen metal ile dolu tutması bazen olanaksızdır. Bu durumda potadan yeterli hızlarda döküm yapılamaz.

Basıncsız sistem, üst yatay yollukların geri basınçlı sistemde olduğu gibi aynı akış durumunda hesaplanmasından dolayı biraz daha dengeleyicidir. Yatay yolluktan sonra sistemin dizaynı önceden belirlenen tüm kısımların bir kombinasyonudur. Sadece bu dizaynda üst yatay yolluk büyük boyuttadır.

Bu durumda bir basınçlı sistem dizaynı seçilmelidir. Ancak hesaplamalar geri basınçlı sistemdeki gibi yapılmalıdır (Disa, 2004).



Şekil 3.42 Basıncsız yolluk sisteminin detaylı gösterimi (Disa, 2004)

3.5.5.1 Üst Yatay Yolluk

Geri basınçlı sistemde olduğu gibi

$$F_5 = 10,5/21 \times 21 \text{ mm} = 330,8 \text{ mm}^2 \text{ olur.}$$

3.5.5.2 Düşey Yolluk

Düşey yolluk üst yatay yolluktan iki kat daha geniştir. Bu durumda

$$F_4 = 12,5/25 \times 25 \text{ mm} = 468,8 \text{ mm}^2 \text{ olur.}$$

3.5.5.3 Memeler

Toplam meme alanı, düşey yolluk alanından %20 daha büyük olmalıdır ve tüm memelerin alanları aynı olmalıdır.

$$F_3 = F_2 = F_1 = \frac{468,8 \times \%120}{6} = 93,8 \text{ mm}^2 \cong 31 \times 3 \text{ mm} = 93 \text{ mm}^2$$

3.5.5.4 Döküm Ağzı

Yolluk sistemi, yaklaşık olarak geri basınçlı sistemden 1000gr. daha ağırdır ve toplam döküm

$$\text{zamanı } 5,5 \text{ s.'dir. Bu durumda ortalama akış hızı, } \frac{13,35}{5,5} \cong 2,43 \text{ kg/s}$$

Bu sonuçla döküm ağzı halen 3 numaralı döküm ağzıdır (Şekil 3.5) (Disa, 2004).

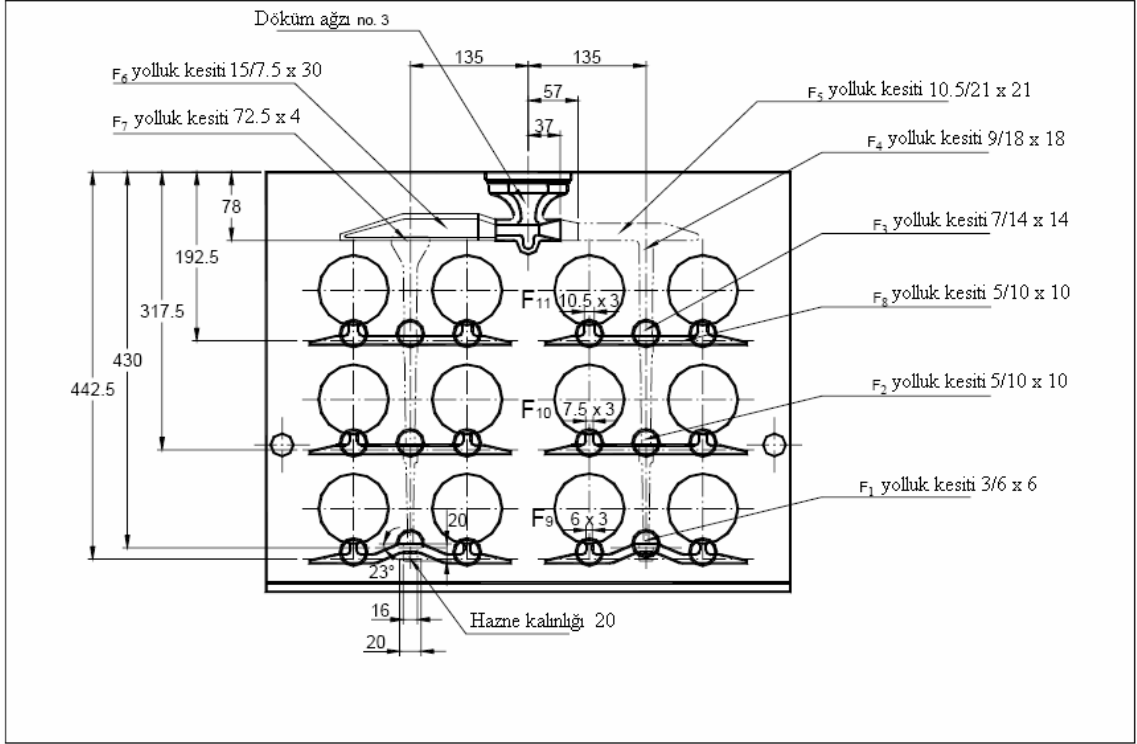
3.5.6 Hibrit Yolluk Sistemi Hesaplamaları

Detaylı boyutlandırılmış hibrit yolluk sistemi Şekil 3.43'te gösterilmiştir. Bu tip sistemler daha önce bahsedilen sistemlerin iki ya da üçünün karışımından oluşur ve bu tip sistemler üç tip yolluk sistemine nazaran daha başarılıdır.

Şekil 3.43'te gösterilen hibrit yolluk sistemi, düşey yollukların döküm debisi ve hızının memelerle dengelediği, basınçlı ve geri basınçlı sistemlerinin bir karışımıdır. Böylelikle alt yatay yolluğun kir yakalama kabiliyeti, küçük memenin altta kir tutmasıyla arttırılmıştır. Şekil 3.43'te küçük çemberle işaretlenmiş alanlar çok önemli kontrol noktalarıdır. Hesaplamalar aşağıdaki verilmiştir (Disa, 2004).

3.5.6.1 Döküm Ağzı, Üst Yatay Yolluklar, Düşey Yolluklar, Hazneler İle Orta Ve Alt Yatay Yolluklar

Döküm ağzı, üst yatay yolluklar, düşey yolluklar, hazneler ile orta ve alt yatay yolluklar hesaplamaları geri basınçlı sistemindeki hesaplama ile aynıdır.



Şekil 3.43 Hibrit yolluk sistemlerinin detaylı gösterimi (Disa, 2004)

3.5.6.2 Memeler

Memeler, düşey yolluğu dengeliyorsa, F_{11} , F_{10} ve F_9 genel (3.12) eşitliği kullanılarak bulunur.

$$F_{11} = \frac{1036 \times 0,7}{0,5 \times 4 \times \sqrt{135}} = 31,2 \text{ mm}^2 \cong 3 \times 10,5 \text{ mm}^2$$

$$F_{10} = \frac{1036 \times 0,7}{0,5 \times 4 \times \sqrt{260}} = 22,5 \text{ mm}^2 \cong 3 \times 7,5 \text{ mm}^2$$

$$F_9 = \frac{1036 \times 0,7}{0,5 \times 4 \times \sqrt{385}} = 18,5 \text{ mm}^2 \cong 3 \times 6 \text{ mm}^2$$

Meme kalınlığı daha önce olduğu gibi 3 mm seçilir. Sonuçlar, geri basınçlı sistemindeki F_1 , F_2 ve F_3 ile aynıdır.

Düşey yolluk kesit alanı F_1 ile alt yatay yolluk kesit alanı F_8 arasında ve meme kesit alanı F_9 arasındaki ilişki her bir dökümhane tarafından belirlenir.

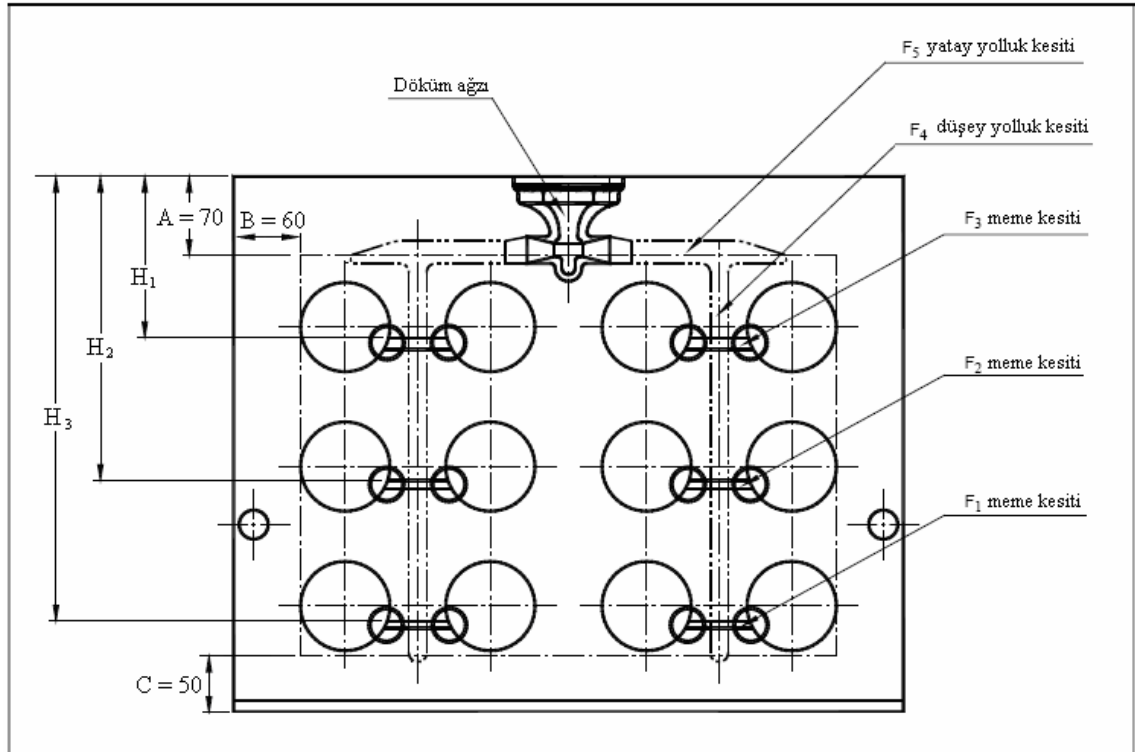
$$F_1 : F_8 : F_9 = 1 : 1,9 : 1,4$$

m ve H parametrelerinin seçimine dayanan kesit alanı hesaplamaları derlenerek bazı pratik kurallar kabul edilmiştir. m ve H, kalıp yüksekliğine ek olarak büyük ölçüde düşey yolluktaki ve memedeki kayıplara bağlı olarak değişir (Disa, 2004).

3.6 Basınçlı Yolluk Sisteminde Örnek Hesaplama

- Disa 2013 kalıplama makinesi (kalıp boyutları : 480×600mm)
- Kalıp üretim hızı: 360 kalıp/saat
- Döküm parça: Bağlantı diski , Malzeme: Lamel grafitli dökme demir
- Döküm parça geometrisi: Ø80 mm. , s = 20mm, G =1,8 kg.

Döküm parça et kalınlığına bağlı olarak kalıp kenarlarının ve kalıp boşluğunun emniyet mesafeleri Çizelge 2.1'e göre A=70mm, B=60mm, C=50mm bulunur.



Şekil 3.44 Model plakası şeması

Dökümün besleyicisiz ve maçasız olduğunu kabul ederek, model plakası şeması Şekil 3. 'te verilmiştir.

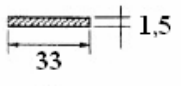
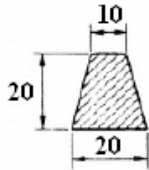
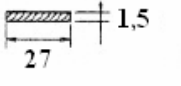
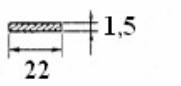
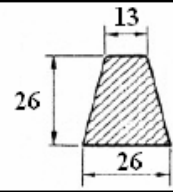
Toplam makine iş çevrimi süresi, $T_2 = \frac{3600}{360} = 10 \text{ s/kalıp}$

Yön değişimlerinden kaynaklanan kayıpları dengelemek için düşey yolluk kesit alanı, bağlı olduğu tüm memelerin kesit alanı toplamından %10-20 daha büyük olması gerektiğinden $F_4 = 270 \text{ mm}^2$ alınabilir.

$$F_4 = 3 a^2 = 270 \text{ mm}^2 \cong 9,3 \text{ mm} ; \text{ Buradan, } a = 10 \text{ mm alınabilir.}$$

Yatay yolluklar , düşey yolluk ile bağlantı alanından 2 kat daha büyük bir alana sahip olmalıdır. Yatay yolluklarından standart basit trapezoid yollukla seçilirse,

$$F_5 \geq 2 \times F_4 = 2 \times 246 \text{ mm}^2 = 492 \text{ mm}^2 = 3 a^2 ; a = 13 \text{ mm alınabilir (Şekil 3.46).}$$

Memeler	Alan No mm^2	Yolluklar	Alan No mm^2
	F ₁ 50		F ₄ 300
	F ₂ 40		
	F ₃ 33		F ₅ 507

Şekil 3.46 Memelerin ve yollukların geometrileri

Toplam döküm ağırlığı (G_2), %70 verime karşılık gelen ağırlık olduğundan,

$$G_2 = \frac{12 \times 1,8}{0,7} = 30,8 \text{ kg}$$

Toplam döküm zamanı (t_2), $t_2 = t + t_1 = 8 \text{ s.}$ olduğundan,

$$\text{Döküm debisi (W), } W = \frac{G_2}{t_2} = \frac{30,8}{8} \cong 3,85 \text{ kg/s olur.}$$

Bu durumda, döküm ağzı Şekil 3.5'ten 3 numaralı hegzagonal döküm ağzı seçilir.

Reynolds sayısı, akış kontrolünü yapabilmek için tüm meme ve yolluk için hesaplanırsa,

$$Re_{F1} = \frac{G[\text{kg}] \times 10^5}{t[\text{s}] \times P[\text{cm}]} = \frac{1,8 \times 10^5}{6 \times [2 \times (0,15 + 3,3)]} = 8695 < 13800 \text{ olduğundan türbülanssız akış olur.}$$

$$Re_{F2} = \frac{G[\text{kg}] \times 10^5}{t[\text{s}] \times P[\text{cm}]} = \frac{1,8 \times 10^5}{6 \times [2 \times (0,15 + 2,7)]} = 10526 < 13800 \text{ olduğundan türbülanssız akış olur.}$$

$$Re_{F3} = \frac{G[\text{kg}] \times 10^5}{t[\text{s}] \times P[\text{cm}]} = \frac{1,8 \times 10^5}{6 \times [2 \times (0,15 + 2,2)]} = 12765 < 13800 \text{ olduğundan türbülanssız akış}$$

olur. Ancak memelerde $Re \cong 6000$ olması istendiğinden, meme kesitleri 2 katına çıkarılırsa istenen daha iyi bir akış elde edilebilir.

Düşey yolluk için, çevre ; $P \cong 7 \times a \cong 7 \text{ cm.}$

$$Re_{F4} = \frac{G[\text{kg}] \times 10^5}{t[\text{s}] \times P[\text{cm}]} = \frac{21,6 \times 10^5}{8 \times 7} = 38571 > 13800 \text{ olduğundan türbülanslı akış olur.}$$

Türbülanssız akış olması için çevre uzunluğu yaklaşık 3 katına çıkarılmalıdır.

3.7 Döküm Denemeleri Ve Simülasyonu

Yolluk sistemi tasarlanıp üretilmiş olan model plakalarına bağlandıktan sonra, bu model plakasıyla elde edilmiş kalıba döküm denemesi yapılır. Döküm denemeleri ile modeller, maçalar, maça ayarları ve yolluk sistemi test edilmiş olur. Ayrıca döküm denemeleri ile optimum kalıp ve maça kumu özellikleri belirleme de ile kalıplama ve kalıpların taşınması için makine ayarlarını belirleme de yol gösterici olmaktadır. Sonuç olarak, döküm denemeleri ile döküm kusurlarına neden olan parametreler belirlenir ve bu parametreler düzeltilerek kusursuz döküm parça elde edilir (Disa, 1988; Süzen, Gerçeker ve Akdaş, 1999).

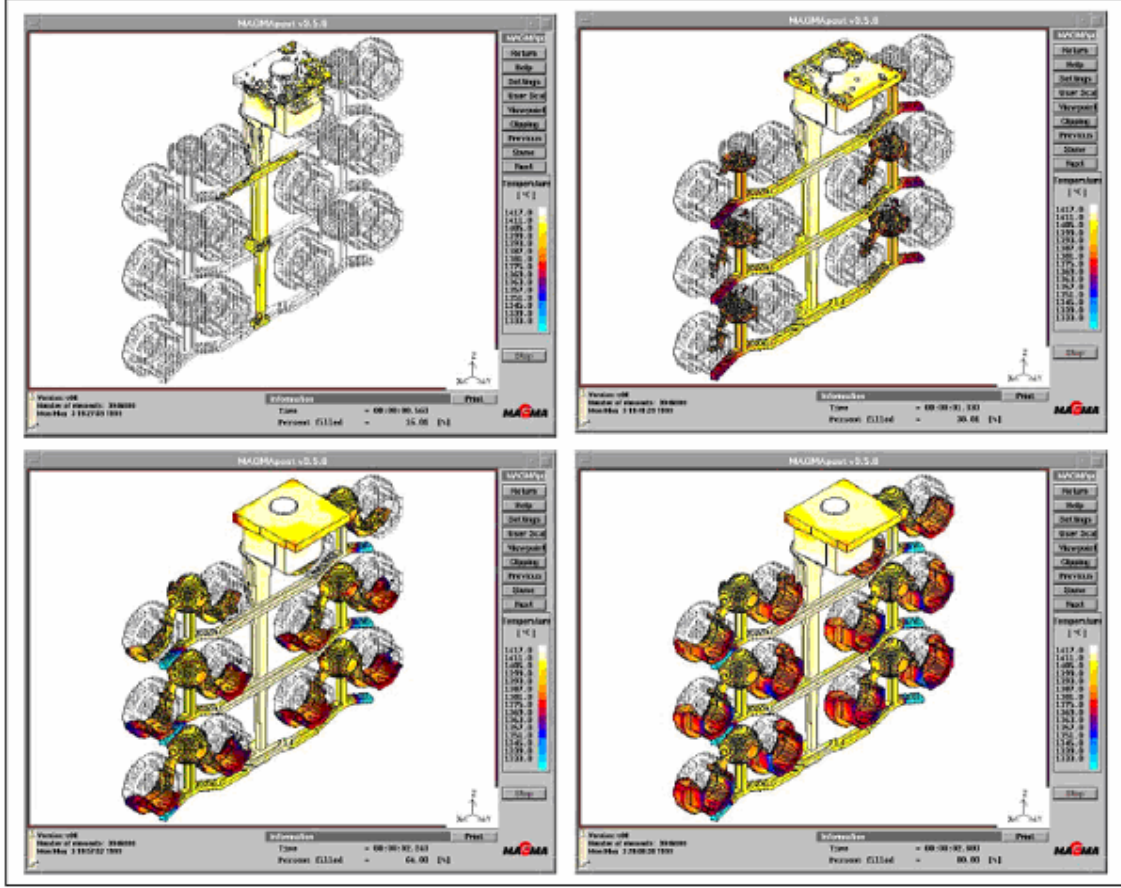
Kalıp yüzeyi ve yolluk sistemlerinin hazırlanmasından sonra aşağıdaki üç döküm denemesinden seçim yapılır.

- Bilgisayar destekli döküm ve katılaşma simülasyonu
- Kalıp simülasyonlu döküm denemesi
- Disa kalıplama makinesi döküm denemesi (Disa, 1988).

3.7.1 Bilgisayar Destekli Döküm Ve Katılaşma Simülasyonu

Gelişmiş ticari bilgisayar yazılımları ile kalıbın doldurulması ve katılaşması simüle edilebilir (Şekil 3.44). Simülasyonlara dayanarak döküm zamanı, katılaşma süresi, türbülanslı/laminer akış, akış dağılımı, olası büzülme ve sıcaklıklar gibi temel veriler kontrol edilebilir. Bilgisayar destekli simülasyonlar ile birçok bilgi alınabilir ancak gerçek döküm kalitesi, Disa makine ayarları, kalıbın taşınması, ergitme uygulamaları, kalıplama, maça ayarları, döküm metodu bilgi vermezler.

Simülasyon için döküm çizimleri ve ilişkili yolluk sistemi çizimleri, 3D CAD formatında olmalıdır. Simülasyona giriş bilgileri arasında döküm sıcaklığı, metal kompozisyonu ve döküm oranı da olmalıdır (Disa, 1988, 2004).



Şekil 3.47 Bilgisayar destekli döküm ve katılaşma simülasyonu örneği (Disa, 2004)

3.7.2 Kalıp Simülasyonlu Döküm Denemeleri

Kalıp parçaları düşey olarak monte edildikten sonra disamatik modellerle kalıplama bir kalıplama kutusu içinde yatay pozisyonda manuel olarak yapılmaktadır.

Kalıp destekli simüle edilmiş kalıplarda döküm denemeleri ile birçok bilgi alınabilir ancak Disa makine ayarları, kalıp taşınması, ergitme uygulamaları, kalıplama, maça ayarları, döküm metodu hakkında bilgi vermezler. Simülasyon olası maçalar dahil tüm Disamatik model ekipmanları için kullanışlıdır.

Deneme sonrası, metal bilgisi, kalıp ve maça kumu bilgileri, yolluk sistemi bilgisi, model ekipmanı bilgisi, işlem(metot) bilgisi, kalıp kalitesi, döküm kalitesi ve döküm ıskartası

bilgileri belirlenir. Bu bilgiler içinden dökümhane için önemli olanları istenen değerlere getirmek için döküm denemelerine devam edilir.

Bu yöntemde Disa makinesi ayarları belirlenemez. Bu şekildeki simülasyon, bilgisayar destekli simülasyonun görüntü avantajından dolayı yaygın olarak kullanılmamaktadır (Disa, 2004).

3.7.3 Disa Kalıplama Makinesi Döküm Denemeleri

Bu tür denemeler en gerçekçi döküm denemeleridir. Ancak deneme nedeniyle üretim olmaması ve tüm model ekipmanlarının kullanılmasından dolayı da pahalı bir yöntemdir. Deneme sonrası, metal bilgisi, kalıp ve maça kumu bilgileri, yolluk sistemi bilgisi, model ekipmanı bilgisi, metot bilgisi, Disa makinesi ayarları ve üretim bilgileri, kalıp kalitesi, döküm kalitesi ve döküm ıskartası bilgileri belirlenir. Bu bilgiler içinden dökümhane için önemli olanları istenen değerlere getirmek için döküm denemelerine devam edilir (Disa, 1988, 2004).

4. SONUÇLAR

Yaptığım teorik çalışma ve işletmede yaptığım inceleme ve araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıya çıkarılmıştır.

1. Disamatik kalıplama, çok miktarlarda kaliteli dökümleri düşük maliyet ile üretmeyi amaçlamaktadır. Bu amaca yönelik üretim hızı, tam otomatiklik ve hatasız döküm yapma olanağı seri üretime daha uygun olduğundan, az sayıda döküm parça üretimi, bu yöntem ile ekonomik olmamaktadır.
2. Disamatik kalıplamada, parça büyüklüğü, standart kalıp boyutları ile sınırlı olduğundan, bu sınırlar içerisinde 150 kg'a kadar her boyutta parça dökülebilmektedir.
3. Disamatik kalıplama yöntemi ile döküme uygun demir esaslı alaşımlar, alüminyum ve bakır alaşımlarının dökümü yapılabilmektedir. Bu yöntemde hatasız döküm yapma oranı, diğer birçok yöntemden daha fazla olabilmektedir.
4. Döküm ağız ve yolluk sistemi, sürekli olarak sıvı metalle dolu tutularak empüritelerin, yolluk sisteminde kalması sağlanmakta ve daha kısa zamanda döküm yapılabilmektedir.
5. Kalıp gözlerinin tümü eş zamanlı olarak dolmalıdır. Bu, yolluk sisteminin doğru bir şekilde boyutlandırılması ile sağlanabilmektedir. Kalıp boşluklarının eş zamanlı olarak dolması ile döküm parçada, gaz boşlukları oluşma riski ve kum erozyonu riski azalmakta, verimlilik daha yüksek olmaktadır.
6. Döküm esnasında sıvı metal akışı türbülanssız olmalıdır. Türbülanslı akış, cüruf, gaz ve kum kalıntı oluşumuna neden olmaktadır. Ancak türbülanssız akışı sağlamak için yolluk sistemi daha büyük boyutlu olmaktadır.
7. Döküm parça kalitesi, döküm parça iç yapısı, parçanın büyüklüğü, döküm süresi, dayanım gibi faktörler göz önünde bulundurularak yolluk sistemi seçilmektedir. Seçilen yolluk sistemi de ergitme maliyeti, döküm kusurları oluşumu, bakım süresi, döküm sonrası ekonomi gibi birçok faktörü etkilemektedir. Her dökümhane kendi proses ve üretim programını göz önünde bulundurarak yolluk sistemi seçimini yapmaktadır.
8. Yapılan uygulamada, basınçlı yolluk sistemi, geri basınçlı, basınçsız ve hibrit yolluk sistemlerine göre daha az sıvı metale ihtiyaç göstermekte ve daha hızlı bir döküm yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

Avcı, A.U, (1992), Dökümde Kum Kalıp Malzemeleri, Hünkar Ofset Matbaacılık, İstanbul.

Brown, R.B, (1998), “Green Sand Molding Equipment and Processing”, ASM Handbook, Volume15:737-744,751-758.

Çelik, C., (1986), “Disamatik Kalıplama Yöntemi, Yöntemin Üstünlükleri, Kullanma Alanları ve Ekonomik Sınırları”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çiğdem, M., (1996), İmal Usulleri , Çağlayan Kitapevi, İstanbul.

DISA Industries A/S, (1988), “Disa 2013 Application Manuel”, Denmark.

DISA Industries A/S, (2004), “Disa 230-X Sand Moulding System Application Manuel”, Denmark.

Kofler, C., (1988), “Disamatic Moulding Line”, Presentation notes, Kopenhag.

Oskan, S.B., (1987), “Disamatik Yönteminde Gelişmeler ve Uygulama Alanlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Plutshack, L.A, Suschil, A.L, ve Foseco, (1998), “Design Considerations”, ASM Handbook, Volume15:1280-1301.

Sönmez, H., (1991), “Kalıplama Yöntemleri”, MMO Arşivi, İstanbul.

Süzen,F., Gerçeker, E., ve Akdaş, N., (1999), “Dökümhanelerde Bilgisayar Destekli Simülasyon Sistemi”, MMO Bilim Günleri, İstanbul.

Ülker, A., (2006), “Kum Kalıba Dökümde Farklı Yolluk, Besleyici Tasarım Yöntemlerinin Kıyaslanması”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

İnternet Kaynakları

[1] <http://www.istanbul.edu.tr/eng/metalurji/duy/dt01.pdf>

[2] <http://www.fagteori.dk/mv/materiale/stobe/disamatic.html>

[3] <http://makine.balikesir.edu.tr/ay/dersnotu/ImalatYontemleriI/ImalatYon4.pdf>

[4] <http://www.metal-technologies.com/Disa.aspx>

[5] http://www.disagroup.com/eng/products/core-solutions/core-shooting_machines/disacore-tp/cat_537/art_19232/article.aspx

[6] <http://www.energymanagertraining.com/foundries/pdf/CDA5.pdf>

[7] <http://www.hansberg.com/english/automatic.htm>

[8] <http://www.mkn.itu.edu.tr/bolumler/imalat/baglanti/dokum/kkd/kkd.htm>

[9] <http://www.metaldunyasi.com/tr/dergi.asp?id=490&dergi=buay>

[10] <http://www.inotec.com.tr/main/consult/techno/tek02.asp>

[11] <http://pdf.directindustry.com/pdf/disa/disamatic-2110/16576-9896-4.html>

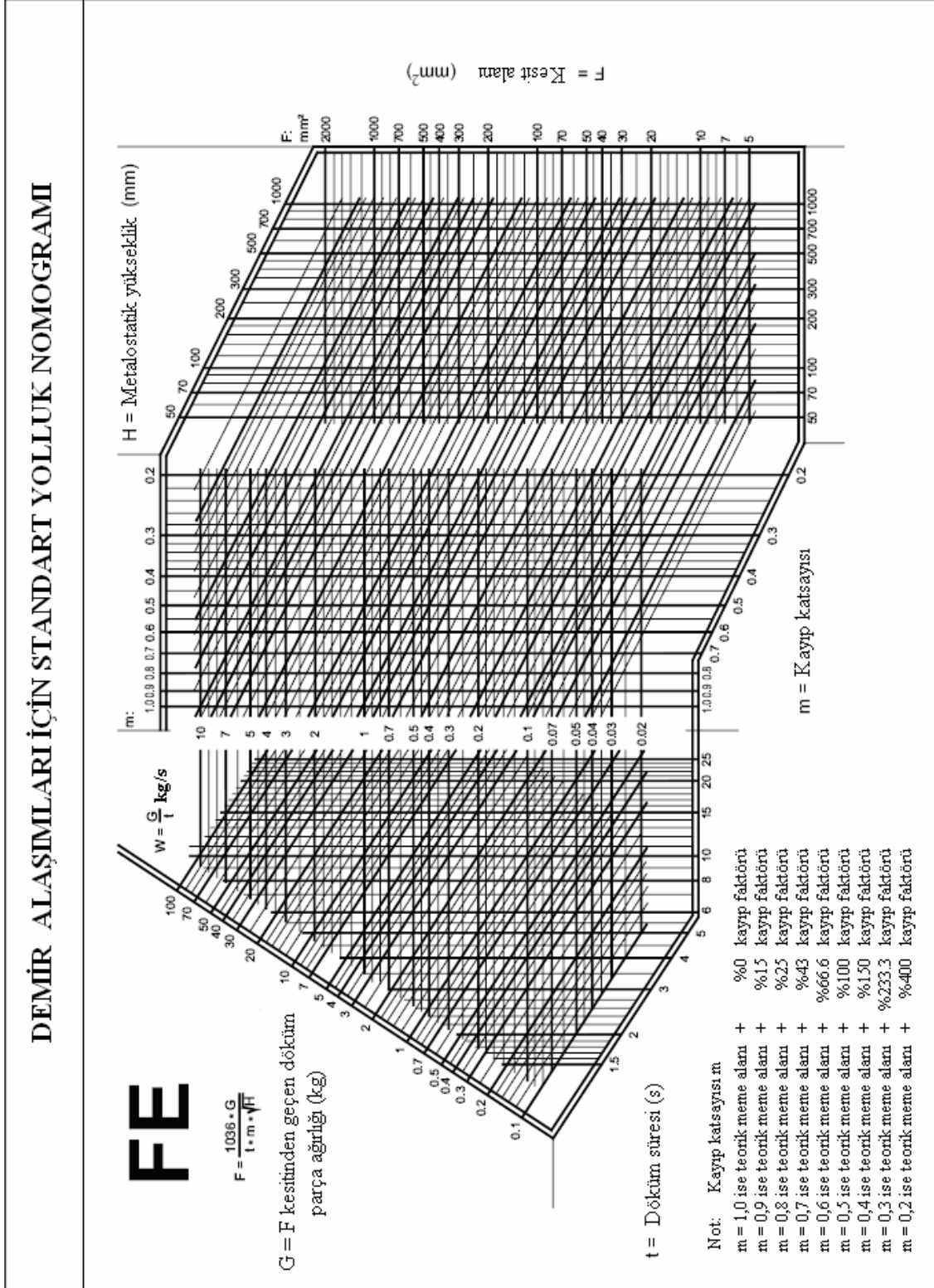
EKLER

Ek 1 Demir Alaşımları İçin Standart Yolluk Nomogramı

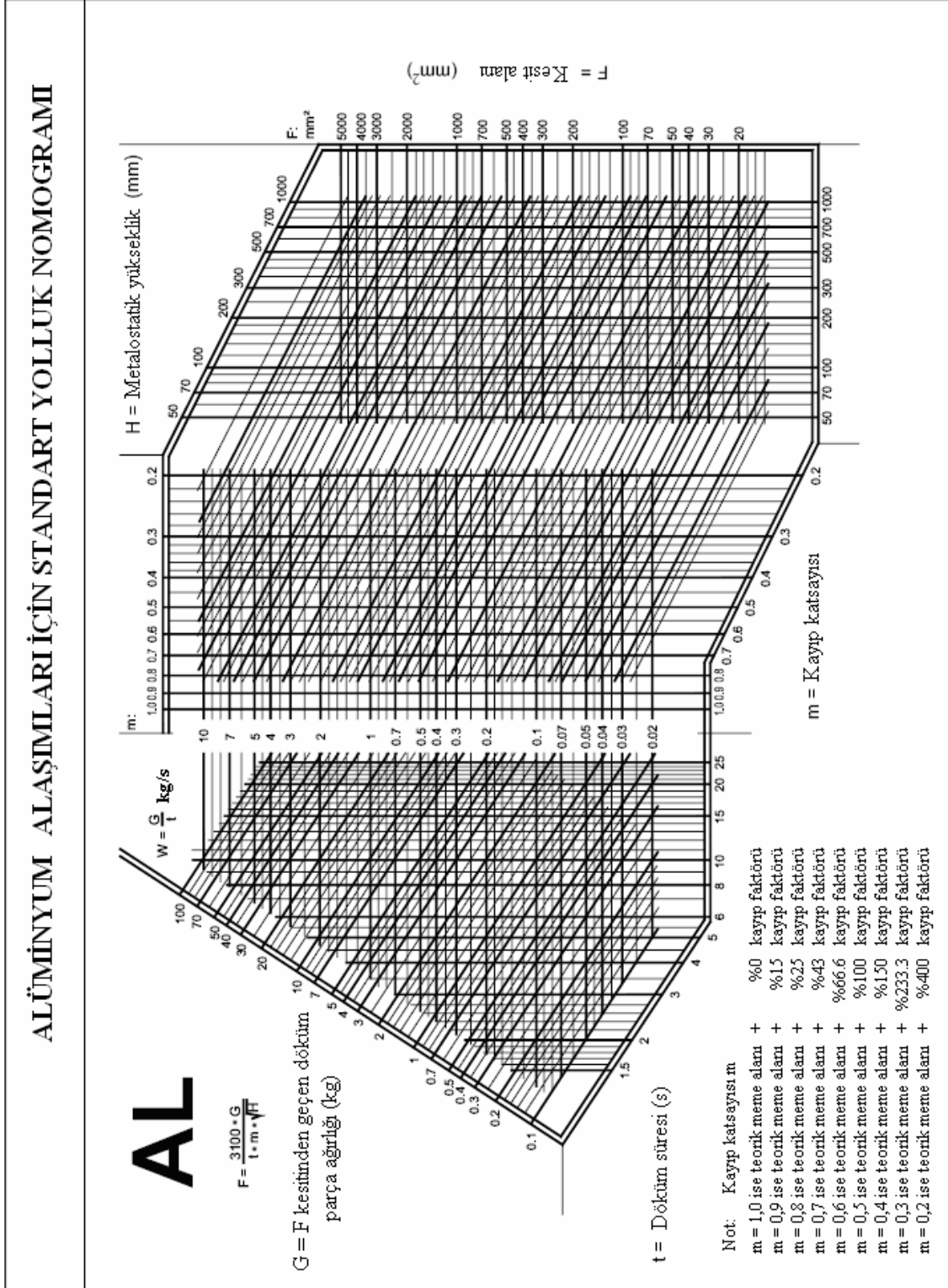
Ek 2 Alüminyum Alaşımları İçin Standart Yolluk Nomogramı

Ek 3 Bakır Alaşımları İçin Standart Yolluk Nomogramı

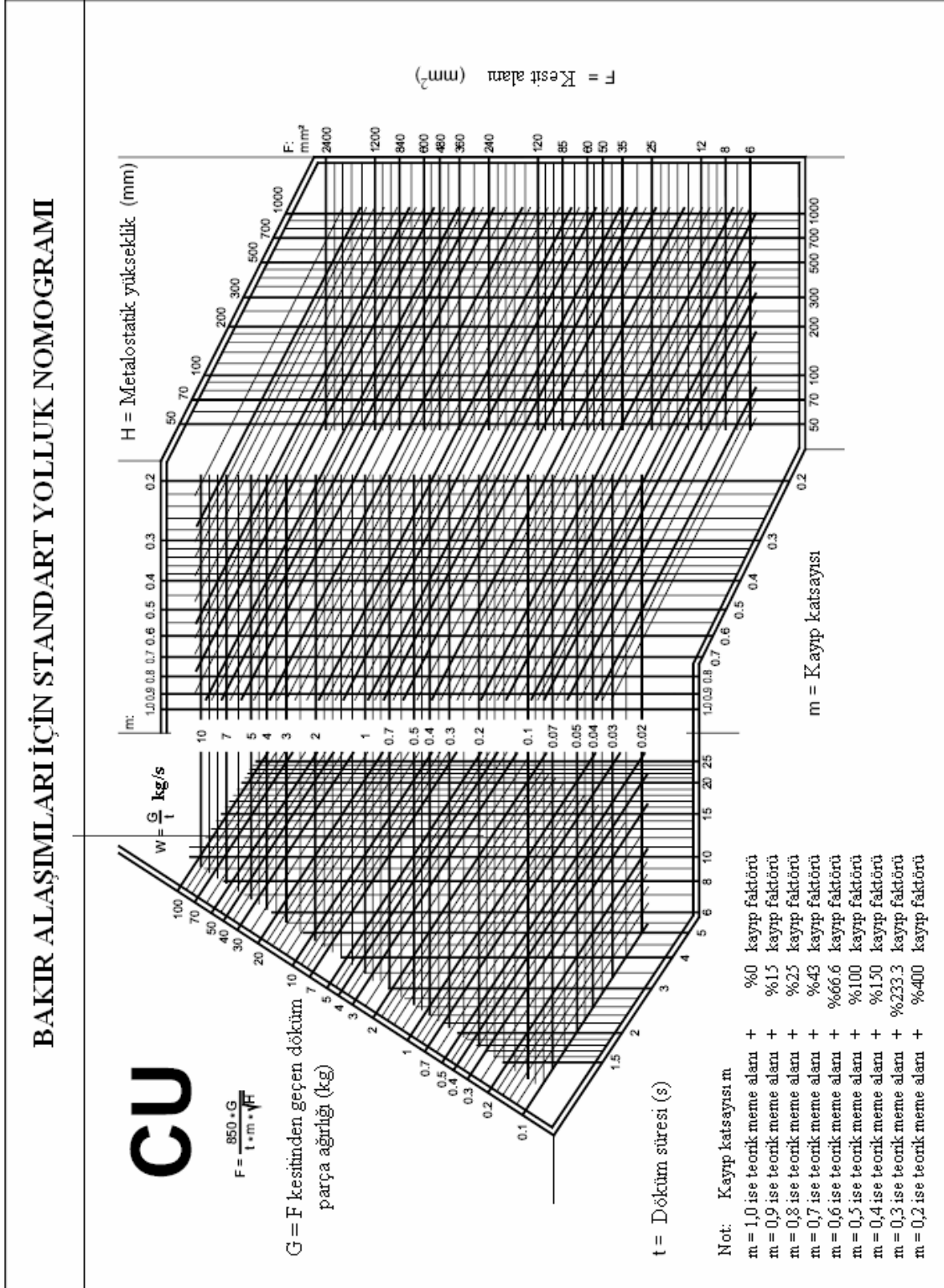
Ek 1 Demir Alaşımaları İçin Standart Yolluk Nomogramı



Ek 2 Alüminyum Alaşımları İçin Standart Yolluk Nomogramı



Ek 3 Bakır Alaşımları İçin Standart Yolluk Nomogramı



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 08.05.1982

Doğum yeri Tekirdağ

Lise 1996-1999 Tekirdağ Namık Kemal Lisesi

Lisans 2000-2004 Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurumlar

2005-2006 Alka Mühendislik Ltd.Şti.

2006-halen OMTAŞ A.Ş