

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİSAMATİK KALIPLAMADA BİLGİSAYAR  
DESTEKLİ YOLLUK SİSTEMİ TASARIMI**

**SAMİR YEŞİLHOCA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
İMAL USULLERİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. HÜSEYİN SÖNMEZ**

**İSTANBUL, 2011**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİSAMATİK KALIPLAMADA BİLGİSAYAR DESTEKLİ YOLLUK SİSTEMİ**  
**TASARIMI**

Samir YEŞİLHOCA tarafından hazırlanan tez çalışması 28.11.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Mehmet Emin YURCİ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Mustafa ÇİĞDEM  
Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

## ÖNSÖZ

---

Disamatik kalıplama makineleri, döküm endüstrisine 1964 yılında bir Danimarka firması olan Disa Industri Syndikat AŞ tarafından ticari olarak sunulan ve 47 yıldan beri çok sayıda döküm parçasının yüksek kapasitede imaline olanak sağlayan, derecesiz ve dikey kalıplar üretiminde kullanılan sistemlerdir.

Disamatik kalıplama ile üretilen kalıplar bu sisteme uygun olarak tasarlanmalı ve döküm ağızı, yatay yolluklar, düşey yolluklar, memeler, besleyiciler, çıkıcılar ve kuyu gibi bileşenlerden oluşan yolluk sistemi üretilen parçaya göre hesaplanmalı ve seçilmelidir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasının her aşamasında fikirleri ve görüşleriyle destek veren Hüseyin SÖNMEZ'e, Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesinde lisansüstü eğitimimde emeği geçen herkese ve hayatımın her döneminde benden desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Mayıs, 2011

Samir YEŞİLHOCA

## İÇİNDEKİLER

|   | Sayfa |
|---|-------|
| SİMGE LİSTESİ.....  | viii  |
| KISALTIMA LİSTESİ .....                                   | ix    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....  | x     |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                     | xii   |
| ÖZET .....  | xiii  |
| ABSTRACT.....   | xiv   |
| BÖLÜM 1   |       |
| GİRİŞ .....   | 1     |
| 1.1 Literatür Özeti.....                                  | 1     |
| 1.2 Tezin Amacı.....                                      | 1     |
| 1.3 Hipotez.....  | 2     |
| BÖLÜM 2   |       |
| KUM KALIBA DÖKÜM.....                                     | 3     |
| 2.1 Modeller.....   | 5     |
| 2.2 Maçalar .....   | 6     |
| 2.3 Kum Esaslı Kalıp Türleri ve Kalıplama Teknikleri..... | 6     |
| 2.3.1 Yaş Kum Kalıplar .....                              | 6     |
| 2.3.2 Kuru Kum Kalıplar .....                             | 7     |
| 2.3.3 Kabuk Kalıplar.....                                 | 8     |
| 2.3.4 Vakumlu Kalıplama Yöntemi.....                      | 9     |
| 2.3.5 Dolu Kalıba Döküm.....                              | 11    |
| 2.4 Kum Kalıplama Makinaları .....                        | 12    |
| 2.4.1 Derecesiz Otomatik Kalıplama Makinaları .....       | 12    |
| BÖLÜM 3   |       |
| DİSAMATİK KALIPLAMA YÖNTEMİ .....                         | 14    |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.1     | Disamatik Kalıplamanın Avantajları Ve Dezavantajları .....    | 15 |
| 3.1.1   | Disamatik Kalıplamanın Avantajları .....                      | 15 |
| 3.1.1.1 | Yüksek Üretim Kapasitesi .....                                | 16 |
| 3.1.1.2 | Kaliteli Döküm .....  | 17 |
| 3.1.1.3 | Üretim Maliyeti .....   | 18 |
| 3.1.2   | Disamatik Kalıplamanın Dezavantajları .....                   | 18 |
| 3.1.3   | Disamatik Kalıplamanın Özelliklerinin Karşılaştırılması ..... | 19 |
| 3.2     | Disamatik Kalıplama Makineleri .....                          | 20 |
| 3.2.1   | Disamatik Kalıplama Makinelerinin Teknik Özellikleri .....    | 21 |
| 3.3     | Disamatik Kalıplama Sistemi Ve Bölümleri .....                | 21 |
| 3.3.1   | Kalıplama Makinesi (DMM) .....                                | 22 |
| 3.3.1.1 | Kalıplama Odasının Kum İle Doldurulması .....                 | 24 |
| 3.3.1.2 | Kalıbın Sıkıştırılması .....                                  | 25 |
| 3.3.1.3 | Modellerin Kalıptan Ayrılması .....                           | 25 |
| 3.3.2   | Maça Yerleştirici (CSE) .....                                 | 26 |
| 3.3.3   | Otomatik Kalıp Taşıyıcı (AMC) .....                           | 28 |
| 3.3.4   | Senkronize Bant Taşıyıcı (SBC) .....                          | 30 |
| 3.3.4.1 | Disa Shuttle .....  | 31 |
| 3.3.5   | Disacool Ve Otomatik Döküm Parça Çıkarıcı (ACE) .....         | 32 |
| 3.3.6   | Otomatik Kum Karıştırıcısı (DISA Turbine Mixer SAM) .....     | 33 |
| 3.3.7   | Diğer Üniteler .....  | 34 |
| 3.4     | Disamatik Kalıplama Malzeme Ve Gereçleri .....                | 35 |
| 3.4.1   | Disamatik Kalıp Kumı .....                                    | 35 |
| 3.4.1.1 | Ortalama Kum Tane İriliği Ve Dağılımı .....                   | 36 |
| 3.4.1.2 | Bentonit (Bağlayıcı Kil) Özellikleri .....                    | 37 |
| 3.4.1.3 | Nem Miktarı .....   | 38 |
| 3.4.1.4 | Kum Sıcaklığı .....   | 40 |
| 3.4.1.5 | Kum Yenileme .....  | 41 |
| 3.4.1.6 | Kumun Sıkıştırılabilirlik Özelliği .....                      | 42 |
| 3.4.1.7 | Kum Kontrol İşlemi .....                                      | 43 |
| 3.4.2   | Modeller Ve Model Plakaları .....                             | 43 |
| 3.4.2.1 | Model Plakaları .....   | 43 |
| 3.4.2.2 | Model Ve Model Plakası Malzemesi Seçimi .....                 | 44 |
| 3.4.2.3 | Model Plakası Alanı Kullanımı .....                           | 46 |
| 3.4.2.4 | Kalıp Kalınlığından Faydalanma .....                          | 48 |
| 3.4.3   | Maçalar .....   | 52 |
| 3.4.4   | Maça Maskesi .....  | 52 |
| 3.4.5   | Dikey Giriş Sistemi .....                                     | 54 |

## BÖLÜM 4

### DİSAMATİK KALIPLAMADA YOLLUK SİSTEMİ .....

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.1   | Yolluk Sistemlerinin Tasarımı .....                              | 56 |
| 4.1.1 | Döküm Ağzı .....   | 56 |
| 4.1.2 | Döküm Ağzının Kalıp Üzerindeki Yerleşimi .....                   | 60 |
| 4.1.3 | Yolluklar .....  | 61 |
| 4.1.4 | Düşey Yollukların Döküm Ağızlarına Bağlantısı .....              | 61 |
| 4.1.5 | Yatay Yollukların Döküm Ağızlarına Bağlantısı .....              | 63 |
| 4.1.6 | Üst Yatay Yolluk .....   | 64 |
| 4.1.7 | Üst Yatay Yolluklar Ve Düşey Yolluklar Arasındaki Bindirme ..... | 65 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 4.1.8    | Düşey Yolluklar .....                                  | 66 |
| 4.1.9    | Düşey Yollukların Yatay Yolluklara Bağlantısı .....    | 66 |
| 4.1.10   | Çentikler Ve Yolluklar Üzerinde Alan Azaltılması ..... | 70 |
| 4.1.11   | Orta Ve Alt Yatay Yolluklar .....                      | 70 |
| 4.1.12   | Memeler .....  | 71 |
| 4.1.13   | Besleyiciler .....                                     | 74 |
| 4.1.13.1 | Besleyici Modülü ( $M_F$ ) .....                       | 75 |
| 4.1.13.2 | Katılma Modülü ( $M_C$ ) .....                         | 76 |
| 4.1.13.3 | Besleyici Boynu .....                                  | 77 |
| 4.1.14   | Çıkıcılar .....  | 78 |
| 4.1.15   | Filtreler .....  | 79 |
| 4.1.16   | Yolluk Sistemindeki Radyüsler .....                    | 80 |
| 4.2      | Basınçlı Yolluk Sistemi .....                          | 81 |
| 4.2.1    | Basınçlı Yolluk Sistemlerinde Metal Akışı .....        | 82 |
| 4.3      | Basınçlı Yolluk Sistemi Formülleri .....               | 83 |
| 4.3.1    | Serbest Düşme Ve Basınçlı Yolluk Sistemi .....         | 83 |
| 4.3.2    | Meme Kesit Alanı Formülü .....                         | 84 |
| 4.3.2.1  | Kayıp Katsayısı ( $m$ ) .....                          | 85 |
| 4.3.2.2  | Metalostatik Ortalama Yükseklik ( $H$ ) .....          | 86 |
| 4.3.2.3  | Akış Debisi ( $W$ ) .....                              | 87 |
| 4.3.2.4  | Ağırlık ( $G$ ) .....                                  | 88 |
| 4.3.2.5  | Döküm Süresi ( $t$ ) .....                             | 89 |
| 4.3.2.6  | Laminer, Türbülanslı Ve Türbülanssız Akış .....        | 90 |
| 4.3.2.7  | Basınçlı Yolluk Sistemlerinde Hızlar .....             | 90 |

## BÖLÜM 5

|   |   |     |
|---|---|-----|
| YOLLUK SİSTEMİNDE HESAPLAMALAR VE TASARIM ..... | 93  |     |
| 5.1   | Yolluk Sistemi Türleri .....                              | 93  |
| 5.1.1   | Basınçlı Yolluk Sistemi Özellikleri .....                 | 93  |
| 5.1.2   | Geri Basınçlı Yolluk Sistemi Özellikleri .....            | 95  |
| 5.1.3   | Basınçsız Yolluk Sistemi Özellikleri .....                | 95  |
| 5.1.4   | Hibrit Yolluk Sistemi Özellikleri .....                   | 95  |
| 5.2   | Yolluk Sistemleri İçin Genel Bilgiler .....               | 96  |
| 5.2.1   | Dört Yolluk Sistemi Arasından Yolluk Sistemi Seçimi ..... | 96  |
| 5.3   | Geri Basınçlı Yolluk Sistemleri Hesaplamaları .....       | 98  |
| 5.3.1   | Düşey Yolluklar .....                                     | 99  |
| 5.3.2   | Üst Yatay Yolluk .....                                    | 101 |
| 5.3.3   | Orta Ve Alt Yatay Yolluklar .....                         | 102 |
| 5.3.4   | Memeler .....   | 103 |
| 5.3.5   | Hazneler .....  | 104 |
| 5.3.6   | Döküm Ağzı .....  | 104 |
| 5.4   | Bilgisayar Destekli Döküm Ve Katılma Simülasyonu .....    | 105 |
| 5.5   | Kalıp Simülasyonlu Döküm Denemeleri .....                 | 106 |
| 5.6   | Disa Kalıplama Makinesi Döküm Denemeleri .....            | 107 |

## BÖLÜM 6

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| SONUÇ VE ÖNERİLER ..... | 108 |
|-------------------------|-----|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| KAYNAKLAR ..... | 110 |
| ÖZGEÇMİŞ .....  | 112 |

## SİMGE LİSTESİ

---

|                |   |
|----------------|---|
| C              | Gerçek oda derinliği (mm)               |
| D              | Hidrolik çap (mm)                       |
| G              | Ağırlık (kg)                            |
| F              | Kesit alanı (mm <sup>2</sup> )          |
| m              | Kayıp katsayısı                         |
| H              | Metalostatik yükseklik (mm)             |
| M <sub>C</sub> | Döküm parça modülü (mm)                 |
| M <sub>N</sub> | Besleyici boynu modülü (mm)             |
| M <sub>F</sub> | Besleyici modülü (mm)                   |
| k <sub>M</sub> | Besleme faktörü                         |
| Re             | Reynolds sayısı                         |
| P              | Çevre (mm)                              |
| 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 <sup>2</sup> )  |
| v              | Kinematik viskozite (m <sup>2</sup> /s) |
| ρ              | Yoğunluk (kg/mm <sup>3</sup> )          |

## KISALTMA LİSTESİ

---

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

## ŞEKİL LİSTESİ

|   | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 2.1 Döküme hazır bir kum kalıbın kesiti .....   | 3     |
| Şekil 2.2 Kum kalıpların elle hazırlanmasındaki aşamalar.....                                     | 4     |
| Şekil 2.3 Kum esaslı kalıp kullanan dökümhaneler için karakteristik bir akış şeması ..            | 5     |
| Şekil 2.4 Kabuk kalıba döküm yönteminin aşamaları .....   | 8     |
| Şekil 2.5 Vakumlu kalıplama yönteminin aşamaları .....  | 10    |
| Şekil 2.6 Dolu kalıba döküm .....   | 12    |
| Şekil 2.7 231A Disamatik kalıplama makinesi.....  | 13    |
| Şekil 3.1 Prof. Vagn Aage Jeppesen'in patentini aldığı makinenin şekli.....                       | 14    |
| Şekil 3.2 Disamatik kalıplama tesisinin genel bir modeli .....                                    | 22    |
| Şekil 3.3 Disamatik kalıplama makinesi (DMM).....   | 23    |
| Şekil 3.4 Disamatik kalıplamanın işlem adımları .....   | 24    |
| Şekil 3.5 Maça yerleştirici (CSE) .....   | 26    |
| Şekil 3.6 Maça yerleştiricisi çevrim aşamaları .....  | 28    |
| Şekil 3.7 Disamatik kalıplamada döküm işlemi .....  | 29    |
| Şekil 3.8 Disa Shuttle.....   | 31    |
| Şekil 3.9 Disacool soğutma tamburu .....  | 32    |
| Şekil 3.10 Otomatik kum karıştırıcısı .....   | 33    |
| Şekil 3.11 Ortalama tane iriliği ve metal yüksekliğinin metal penetrasyonu oluşumuna etkisi ..... | 36    |
| Şekil 3.12 Kalıp kumunun dayanıma göre en uygun nem miktarı .....                                 | 39    |
| Şekil 3.13 Kalıplama kumu sıcaklığının sıkıştırılabilirliğe etkisi.....                           | 40    |
| Şekil 3.14 Döküm sonrası ilave kum ve bentonit miktarlarının belirlenmesi .....                   | 41    |
| Şekil 3.15 Kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinliği .....                                     | 42    |
| Şekil 3.16 Standart model plakası.....  | 44    |
| Şekil 3.17 Disamatik model ve plaka örneği .....  | 46    |
| Şekil 3.18 Norm bölümlü model plakası .....   | 46    |
| Şekil 3.19 Standart model plakası kullanılabilir alanı .....                                      | 47    |
| Şekil 3.20 Kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinliği .....                                     | 49    |
| Şekil 3.21 Modellerin için güvenlik stroku ve tampon pim kullanımı .....                          | 51    |
| Şekil 3.22 Maçaların kalıptaki yerleşimi .....  | 52    |
| Şekil 2.23 Maça maskesindeki vakum delikleri .....  | 53    |
| Şekil 3.24 Maça-maske bağlantısının güçlendirilmesi .....   | 53    |
| Şekil 4.1 Disamatik kalıplamada düşey yolluk sistemi .....  | 56    |
| Şekil 4.2 Döküm ağzı türleri.....   | 57    |
| Şekil 4.3 Dörtgensel döküm ağzı özellikleri.....  | 58    |
| Şekil 4.4 Hegzagonal döküm ağzı özellikleri .....   | 59    |
| Şekil 4.5 Kalıp üzerinde döküm ağzı yerleşimi .....   | 60    |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Şekil 4.6  | Standart yolluklar ve kesit alanları .....   | 61  |
| Şekil 4.7  | Dörtgensel döküm ağızlarına düşey yollukların bağlanması.....  | 62  |
| Şekil 4.8  | Düşey yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlanması .....   | 63  |
| Şekil 4.9  | Yatay yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlantıları.....  | 63  |
| Şekil 4.10 | Yatay yollukların düşey yolluklara bindirilerek bağlanması.....  | 65  |
| Şekil 4.11 | Yatay yönden düşey yöne basit akış şekli .....   | 65  |
| Şekil 4.12 | Basit, ince ve uzun yatay yolluklar için üst yatay yolluk ve düşey yolluk arasındaki bindirme tasarımı ..... | 67  |
| Şekil 4.13 | Düşey yolluk ile yatay yolluğun basit bağlantısı.....  | 68  |
| Şekil 4.14 | Düşey yolluk ile çentikli yatay yolluğun basit bağlantısı.....   | 69  |
| Şekil 4.15 | Düşey yolluktan yatay yolluğa basit akış .....   | 69  |
| Şekil 4.16 | Asimetrik (yatay) ve simetrik (düşey) çentikli yolluklar.....  | 70  |
| Şekil 4.17 | Orta ve alt yatay yolluklar .....  | 71  |
| Şekil 4.18 | Meme ve yatay yolluğa bağlantısı .....   | 72  |
| Şekil 4.19 | Ön ve arka memeler.....  | 73  |
| Şekil 4.20 | Standart besleyiciler .....  | 75  |
| Şekil 4.21 | Besleyici boynunun döküm parçaya etkisi .....  | 77  |
| Şekil 4.22 | Çıkıcılar .....  | 78  |
| Şekil 4.23 | Köpük seramik ve çekilmiş seramik filtreler.....   | 79  |
| Şekil 4.24 | Yolluk sistemindeki radyüsler .....  | 81  |
| Şekil 4.25 | Basınçlı yolluk sistemi.....   | 81  |
| Şekil 4.26 | Kalıp boşluklarının doldurulması .....   | 82  |
| Şekil 4.27 | Farklı ortamlarda hızlar .....   | 84  |
| Şekil 4.28 | Yolluk geometrisi ile kayıp katsayısı ilişkisi.....  | 85  |
| Şekil 4.29 | Sıvı metalin kalıp boşluğuna farklı giriş durumları.....   | 86  |
| Şekil 4.30 | Ağırlık (G) ve kesit alanı (F) örnekleri.....  | 87  |
| Şekil 5.1  | Yolluk Sistemleri.....   | 94  |
| Şekil 5.2  | TE fitting (130 TE Equal ISO/EN B1).....   | 98  |
| Şekil 5.3  | Geri basınçlı yolluk sisteminde ölçüler .....  | 99  |
| Şekil 5.4  | Geri basınçlı sistemde düşey yolluklar .....   | 101 |
| Şekil 5.5  | Geri basınçlı sistemde üst yatay yolluk .....  | 102 |
| Şekil 5.6  | Geri basınçlı sistemde orta ve alt yatay yolluklar.....  | 103 |
| Şekil 5.7  | Geri basınçlı sistemde memeler.....  | 104 |
| Şekil 5.8  | Geri basınçlı sistemde 3 no.lu döküm ağzı.....   | 105 |
| Şekil 5.9  | Simülasyona hazır 3D CAD formatındaki yolluk sisteminin görünüşü.....  | 106 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

---

|  | Sayfa |
|--|-------|
| Çizelge 3.1 Farklı Disamatik kalıplama makinelerinin teknik özellikleri .....              | 21    |
| Çizelge 3.2 Disamatik kalıplama kumunun fiziksel özellikleri .....                         | 35    |
| Çizelge 3.3 İdeal bentonit kalitesi içeriği .....  | 37    |
| Çizelge 3.4 Model ve model plakası malzemesine göre kalıplama sayısı (ömür).....           | 45    |
| Çizelge 3.5 Parça et kalınlığı ve katılma modülüne göre kalıp emniyet mesafeleri .         | 48    |
| Çizelge 3.6 Çeşitli kalıplama odası derinlikleri.....                                      | 50    |
| Çizelge 4.1 Basit, ince, uzun standart üst yatay yollukların karşılaştırılması .....       | 64    |
| Çizelge 4.2 Basit, ince, uzun standart düşey yollukların karşılaştırılması .....           | 66    |
| Çizelge 4.3 Basit, ince, uzun standart orta ve alt yatay yollukların karşılaştırılması ... | 70    |
| Çizelge 4.4 Bazı malzemeler için $k_M$ değerleri.....                                      | 76    |
| Çizelge 4.5 Et kalınlığı ile B faktörü ilişkisi .....                                      | 89    |
| Çizelge 4.6 Metallerdeki maksimum hızlar .....   | 90    |
| Çizelge 4.7 Reynolds sayısı ile akış tipinin tayini .....                                  | 91    |
| Çizelge 5.1 Düşey yolluk sistemlerinin karşılaştırılması.....                              | 96    |
| Çizelge 5.2 Kalıp boşluğu emniyet mesafeleri .....   | 97    |

# DİSAMATİK KALIPLAMADA BİLGİSAYAR DESTEKLİ YOLLUK SİSTEMİ TASARIMI

Samir YEŞİLHOCA

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

Döküm teknolojisinde, geçmişten günümüze kadar gelen ve hala devam etmekte olan gelişmeler sürekli daha kaliteli ve daha ucuz üretim yapılabilmesi yönünde olmuştur. Bu gelişmeler, üretim sürecinin ilk olarak doğru planlanması ve daha sonra bu plan yönünde ilerleyerek farklı olasılıkların sürekli olarak denenip, değerlendirilmesi ile sağlanmıştır. Üreticiler, istenilen kaliteye ve maliyete ulaşmak için bu gelişmeler ve tecrübelerden yararlanarak doğru üretim yöntemi seçimi ve optimum kalıp tasarımına ulaşılması için gereken kriterleri belirlerler.

Bu çalışmada Disamatik kalıplama, diğer adıyla derecesiz dikey kalıplama incelenmiştir. İlk kısımda model, kalıp ve yolluk sistemi anlatılmış, bunların tasarımında nelerin önemli olduğu ve tasarım sırasında nelerden faydalandığı gibi konulara yer verilmiştir. İkinci kısımda ise planlama bittikten sonra ulaşılan sonuçların, bilgisayar ortamında çeşitli sayısal programlar ile hesaplanması ve tasarım programları ile tasarlanması sonucunda uygun modelin oluşturulmasına yer verilmiştir. Tasarlanan model döküm simülasyon ve CAM programlarına uygun halde yapılmış ve üretime hazır hale getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Disamatik, derecesiz dikey kalıplama, SolidWorks, yolluk sistemi, CAD

## ABSTRACT

---

# COMPUTER AIDED DESIGN OF GATING SYSTEM IN DISAMATIC MOLDING

Samir YEŞİLHOCA

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

Developments in casting technology that has come from past to present and still ongoing are always about lowering production costs and raising quality. These developments are achieved by planning production process correctly and then following this plan and testing and evaluating different possibilities. Manufacturers determine the criteria that lead to optimum mold design to achieve intended quality and costs by getting benefit from these developments and experiences.

In this study, Disamatic molding a.k.a flaskless vertical molding is investigated. In the first part patterns, molds and gating systems are told. In the second part designing the correct pattern that is calculated by numerical programs in PC is told. The pattern is designed suitable for casting simulation and CAM programs, and made ready for manufacturing.

**Key Words:** Disamatic, flaskless vertical molding, SolidWorks, gating system, CAD

---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE**

### GİRİŞ

#### 1.1 Literatür Özeti

Günümüz insanının yaşam standardında son 50 yılda sağlanan olağanüstü iyileşme, büyük ölçüde mühendislik tasarımlarının seri ve ucuz olarak imalatını sağlayan yöntemlerin geliştirilmesi sayesinde. İmal usullerini tanımak bütün mühendislik disiplinleri için kaçınılmaz bir zorunluluktur. Mühendisler her bir imal usulünün imkânlarını, üstünlüklerini ve sınırlarını tanıyarak amaçladıkları tasarıma en ucuz ve doğru olarak ulaşmak için gerekli bilgileri edinmek zorundadırlar.

Döküm tekniği, sıvı halde akıcı olan metallerin, üretilmek istenen parçanın biçiminde bir boşluk içeren kalıplara (yerçekimi yardımıyla veya uygulanan basınçla) doldurularak katılaştırıldığı bir imalat yöntemidir. Sıvı metalin içine döküldüğü kalıp olarak, her dökülen parçadan sonra bozulan (örneğin kum) kalıplar kullanıldığı gibi, birden fazla parçanın üretimine imkân veren kalıcı (örneğin metal) kalıplar da kullanılabilir. Metalin katılaşmasından sonra kum kalıplarda kalıp bozularak, kalıcı kalıplarda ise kalıp açılarak dökülen parça çıkarılır.

#### 1.2 Tezin Amacı

Mekanik sıkıştırırmalı 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.

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.

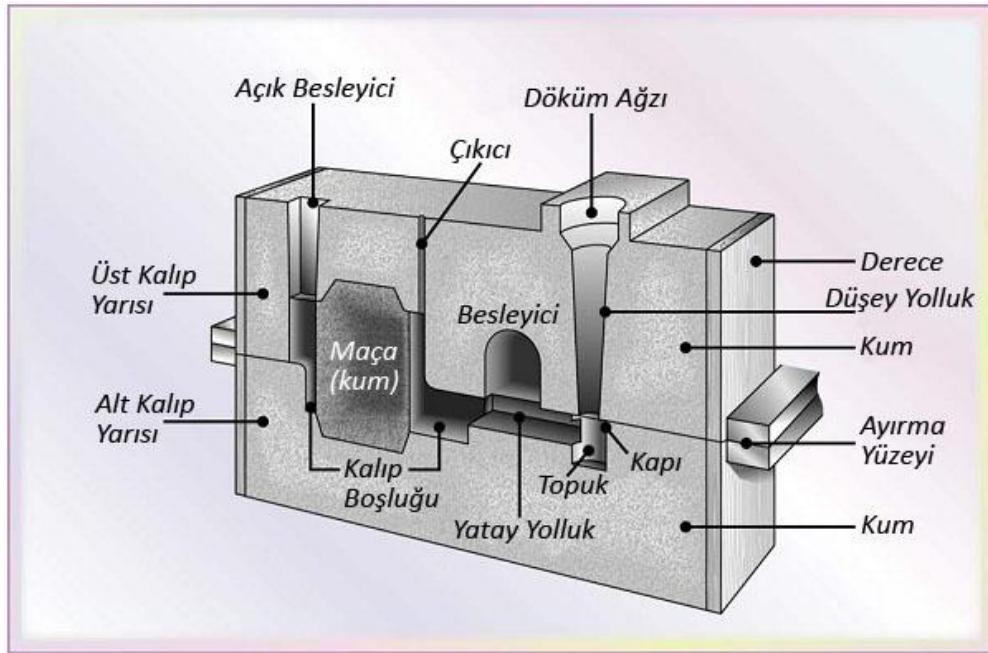
### **1.3 Hipotez**

Yolluk sisteminin seçimi ve yolluk sistemi elemanlarının hesaplanması ile elde edilen model SolidWorks adlı CAD programı ile tasarlanır. Döküm simülasyonlarına ve CAM kullanılarak model imalatına uygun hale getirilir.

## BÖLÜM 2

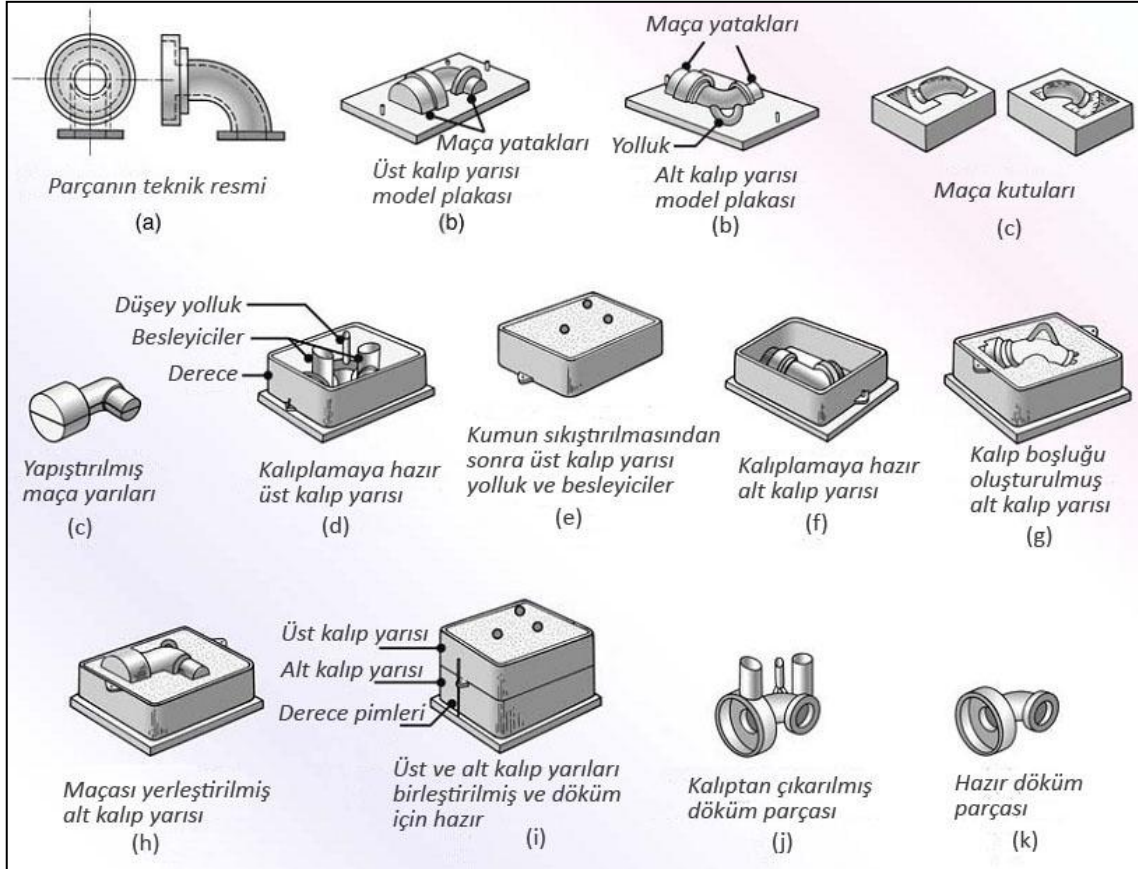
### KUM KALIBA DÖKÜM

Demir esaslı ve demir dışı metallerin dökümünde, ucuz ve refrakter özelliğe sahip kum esaslı kalıp malzemeleri yaygın olarak kullanılır. Kum kalıba döküm bir harcanan kalıp yöntemidir, yani katılma sonrasında kalıp bozularak parça çıkarılır ve her dökülecek parça için ayrı bir kalıp hazırlamak gerekir. Kalıplama kum esaslı malzemenin bir model etrafına sıkıştırılması ve daha sonra modelin kalıptan çıkartılması ile yapılır. Genellikle iki parça olan kalıpta, yolluk sistemi ve besleme amaçlı çıkıcılar gibi diğer kalıplama elemanları da bulunur. İç boşlukların elde edilmesi için gerektiğinde maçalardan yararlanır. Şekil 2.1’de döküme hazır bir kum kalıbın kesiti görülmektedir.



Şekil 2.1 Döküme hazır bir kum kalıbın kesiti [6]

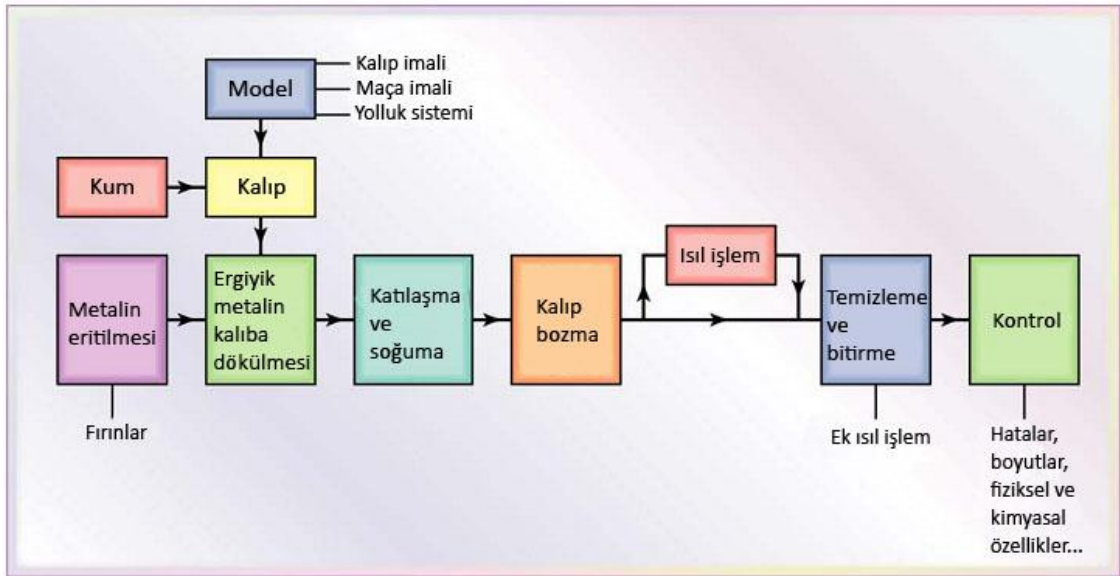
Yöntemde en çok emek harcanan işlem, kalıbın hazırlanması aşamasıdır. Günümüzde kalıplama çoğunlukla makinalarla ve seri olarak yapılır; ancak Şekil 2.2’de temel kalıplama bilgisi verebilmek amacıyla elle kalıplamanın aşamaları özetlenmiştir [6].



Şekil 2.2 Kum kalıpların elle hazırlanmasındaki aşamalar [6]

- Modeli tasarlamak için parçanın teknik resmi çizilir. Çizim yapılırken parçanın çekme ve işleme payları dikkate alınır.
- Modeller, hizalama pimleri bağlanmış plakalara monte edilirler. Maçanın yerinde durmasını sağlayacak maça yatakları da burada görülmektedir.
- Maça kutuları ile maça yarıları imal edilir ve bu yarılar birbirlerine yapıştırılır. Maçalar (a) da gösterilen boşluğu oluşturmak için kullanılır.
- Kalıbın üst yarısı oluşturulurken, yolluk ve besleyicileri oluşturacak kısımlar yerleştirilir ve derece pimleri kullanılarak üst kalıp model plakası dereceye sabitlenir.

- e) Dereceye kum dökülür ve sıkıştırıldıktan sonra plaka ve diğer ek parçalar çıkarılır.
- f) Alt kalıp yarısı da oluşturulurken aynı yol izlenir. Sıkıştırma tahtası alt kalıp yarısının altına konur ve pimlerle sabitlenir.
- g) Model, derece ve sıkıştırma tahtası ters çevrilir; model çıkarılır ve uygun kalıp boşluğu oluşturulmuş olur.
- h) Maça, kalıp boşluğundaki maça yataklarına yerleştirilir.
- i) Üst kalıp yarısı, alt kalıp yarısının üstüne yerleştirilir ve pimlerin yardımıyla sabitlenir. Bu şekilde döküm sırasında sıvı metalin yapacağı basıncın, üst kalıp yarısını kaldırması ihtimaline karşı önlem alınmış olur.
- j) Metal katılaştıktan sonra döküm parçası kalıptan çıkarılır.
- k) Yolluklar ve besleyiciler kesilir ve geri dönüşüme gönderilir, döküm parça temizlenir, incelenir ve (gerekiyorsa) ısıl işlem görür.



Şekil 2.3 Kum esaslı kalıp kullanan dökümhaneler için karakteristik bir akış şeması [6]

## 2.1 Modeller

Model, üretilecek parçanın yaklaşık bire bir kopyası olup, kalıp içinde dökülecek sıvı metalin dolduracağı boşluğu elde etmek için kullanılır. Modellerin biçim ve boyutlarının belirlenmesinde, katılaşma sonrasında parçanın soğuyarak büzülmesi, işleme payları, modelin kalıptan sıyrılmasını kolaylaştıracak eğimler ve maça

yuvalarının da düşünülmesi gerekir. Döküm teknolojisinde, modelin doğru tasarımı ve kaliteli olarak üretimi çok önemlidir. Kötü bir model kullanarak kaliteli bir kalıp hazırlamak ve iyi bir döküm gerçekleştirmek mümkün değildir [1].

## **2.2 Maçalar**

Döküm parçaların iç boşluklarını veya modelin kumdan sıyırılması sırasında bozulabilecek kalıp kısımlarını oluşturmak için kullanılan kalıp elemanları, maça olarak adlandırılır. Bazı karmaşık parçalarda kalıpların tümüyle maçalardan yapılması da gerekebilir (maça kalıplar). Maça malzemeleri genellikle kum esaslı karışımlardır, ancak seramik, metal v.b. malzemelerden yapılmış maçalar da kullanılabilir.

Kaliteli bir maçadan beklenen özellikler şunlardır:

- Maçalar, tümüyle sıvı metal içinde kaldığından yüksek sıcaklık dayanımları ve metal erozyonuna karşı dayanıklılıkları yeterli düzeyde olmalıdır.
- Döküm sonrasında kolay dağılmalıdır. Bu özellik döküm sonrasında temizleme işlemlerinin kolay ve ekonomik yapılabilmesi için gereklidir.
- Döküm sonrasında soğuyan parçanın serbestçe büzülebilmesi ve sıcak yirtilmelerin oluşmaması için de maçaların dağılabilir olması gereklidir.
- Gaz geçirgenliği yeterli olmalı ve döküm sırasında mümkün olduğu kadar az gaz oluşturmalıdır.
- Yüzeyleri düzgün olmalıdır.
- Depolama sırasında özellikleri değişmemelidir [1].

## **2.3 Kum Esaslı Kalıp Türleri ve Kalıplama Teknikleri**

### **2.3.1 Yaş Kum Kalıplar**

Yaş kum kalıba döküm, dökümhanelerde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Burada kalıp malzemesi: kum tanecikleri, kil, su ve diğer katkıların bir karışımıdır. Kum tanecikleri kalıp malzemesinin esasını, bünyesine su alan kil ise bağlayıcıyı oluşturur.

Yaş kum kalıba döküm yönteminin üstünlükleri şunlardır:

- Kalıp malzemesi ucuzdur ve tazelenerek defalarca kullanıldığından en ekonomik kalıplama yöntemidir.
- Yöntem basittir, gerektiğinde mekanizasyon da uygulanabilir.
- Değişik metallerin dökümü için elverişlidir.

Bu yöntemin sınırları ise öyle sıralanabilir:

- Kalıp malzemesinin dayanımı sınırlıdır. İnce, uzun, karmaşık biçimli ve iri parçaların dökümünde yetersiz kalır. Taşıma sırasında bozulabilir.
- Erimiş metalin dökümü sırasında nemli kalıpta oluşan buhar kusurlara neden olabilir.
- Boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi çok iyi değildir.
- Kalıbın optimum dayanıma sahip olabilmesi için nem miktarının çok iyi kontrol edilmesi gereklidir [2].

### **2.3.2 Kuru Kum Kalıplar**

Kuru kum kalıplar, yaş kum kalıplara benzer şekilde hazırlanır ve 150-350°C arasındaki sıcaklıklarda kurutulurlar. Bağlayıcı görevi yapan kilin tüm suyunu kaybetmemesi için 400°C sıcaklığın üzerine çıkılmamalıdır. Yöntemin sakıncası kurutma işleminin kalıp hazırlama süresini uzatması ve maliyeti artırmasıdır.

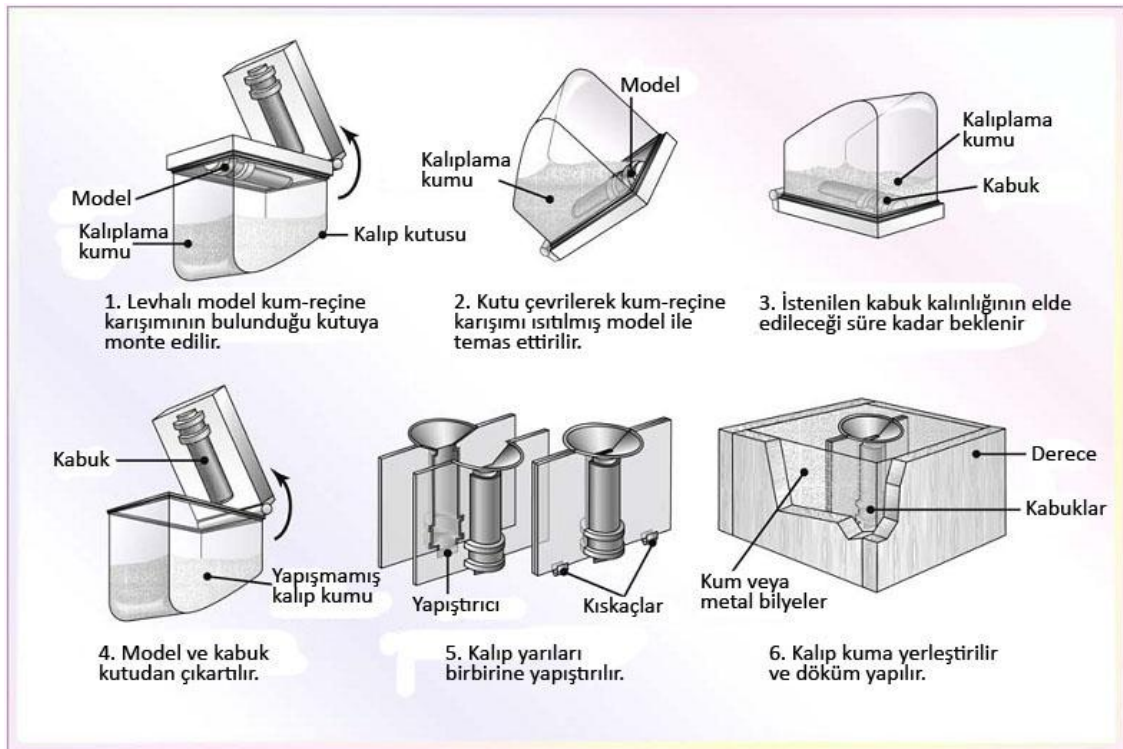
Kuru kum kalıplara döküm yönteminin üstünlükleri şunlardır:

- Dayanımı ve metal erozyonuna karşı dayanıklılığı daha yüksektir. Taşınırken bozulma tehlikesi daha azdır.
- Yaş kum kalıplardaki gibi kalıplama sırasında nem miktarının kontrolü kritik değildir.
- Döküm sırasında buhar oluşmayacağından, bu nedenle ortaya çıkan döküm kusurları söz konusu değildir.
- Gaz geçirgenliği daha iyidir.

Bazı durumlarda yaş kum kalıpların sadece yüzeyleri (6...25 mm kalınlığında bir tabaka) kurutularak dökümde nemden kaynaklanan sorunlar azaltılabilir. Bu işlemde üfleç, sıcak hava veya elektrikli ısıtıcılardan yararlanılır. Yüzeyi kurutulmuş kalıplarda iç kısımlardaki nem, zamanla yüzeye ilerleyeceğinden, bu kalıpların yüzey kurutma işleminden hemen sonra kullanılmaları çok önemlidir [2].

### 2.3.3 Kabuk Kalıplar

Kabuk kalıplamada kullanılan kalıp malzemesi, ince taneli kum ile bağlayıcı olarak katılan ve yüksek sıcaklıkta sertleşen bir termoset reçinenin karışımıdır. Kumun tane inceliği arzulanan yüzey kalitesine göre seçilir. Kullanılan bağlayıcı reçineler sayesinde kalıp malzemesi çok yüksek dayanımlara ulaştığından ve kalıp malzemesi pahalı olduğundan, kabuk biçiminde kalıpların kullanılması yeterli olur. Metalsev levhali modellerin yüzeylerine kalıplamadan önce özel bir sıvı püskürtülür, yaklaşık 200°C sıcaklığa ısıtılır ve kum-reçine karışımıyla kaplanır. Model yüzeyine püskürtülen sıvı, modeli temiz tutar ve kalıp kumunun modele yapışmasını önler. Kalıp malzemesi model üzerinde kısa bir süre (yaklaşık 5 ila 20 saniye) tutulur, bu sırada model yüzeyine temas ederek ısınan bölgede reçine sertleşir ve sıcaklık ve tutma süresi ile kalınlığı ayarlanabilen ince bir kabuk oluşur. Kabuk istenilen kalınlığa ulaştığında (6...12mm), sertleşmemiş ve bağlanmamış kum geriye dökülür. Tam sertleşmeyi sağlamak için kabuk modelden çıkarılmadan önce yaklaşık 315°C sıcaklıkta pişirilir ve böylece tam dayanımına kavuşan kabuk, modelden ayrılır. Kabuk döküm yönteminin aşamaları Şekil 2.4'te görülmektedir [1].



Şekil 2.4 Kabuk kalıba döküm yönteminin aşamaları [6]

Kabuk kalıplamanın geleneksel kum kalıplara göre üstünlükleri şunlardır:

- Hassas toleransların elde edilmesi mümkündür.
- Çok ince kum kullanıldığından yüzey kalitesi yüksektir.
- Makinalarla üretildiğinden seri üretime uygundur.
- Döküm daha düşük sıcaklıklarda yapılabilir ve daha ince cidarlar dökülebilir.
- Kalıplar hafiftir ve depolanabilir.

Kabuk kalıba dökümün sınırları ise aşağıdaki gibidir:

- Metal malzemeden üretilen modeller pahalıdır ve bu nedenle yöntem ancak seri üretimde ekonomik olur.
- Kabuk kalıplama makinaları yüksek bir yatırım gerektirir.
- Dökülebilen parça boyut ve ağırlıkları sınırlıdır.
- Kuma bağlayıcı olarak reçine katıldığından kalıp malzemesi masrafları yüksektir.

### **2.3.4 Vakumlu Kalıplama Yöntemi**

Bu yöntem 1970'li yıllarda Japonya'da geliştirilmiştir. Kalıp malzemesi olarak bağlayıcı içermeyen ince taneli kuru kum kullanılır. Hafif bir titreşim uygulanmasından sonra, vakumun yarattığı alçak basınçla kum tanecikleri ince plastik folyolar arasında sıkıştırılarak kalıp hazırlanır. Yöntemin aşamaları Şekil 2.5'te görülmektedir.

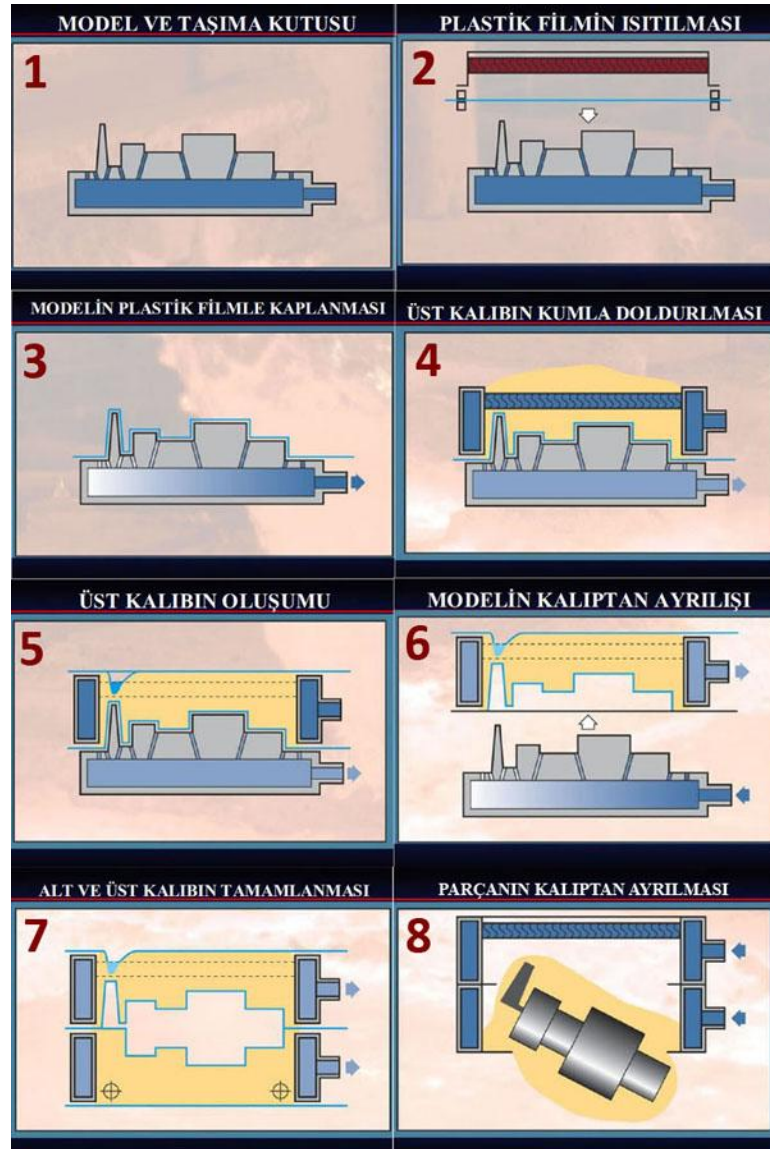
Vakumlu kalıplamanın başlıca üstünlükleri şunlardır:

- Kalıplama sırasında model kolayca sıyrıldığından ve kalıbın her bölgesi aynı sertlikte olduğundan boyut hassasiyeti yüksektir.
- Döküm yüzeyi çok düzgündür.
- Kalıp hazırlama ve bozmada mekanik zorlamalar olmadığından aşınma ve gürültü en az düzeydedir.
- Döküm gazlar, vakum sistemiyle emildiğinden çalışma atmosferini kirletmezler.

Vakumlu kalıplama yöntemi şu aşamalardan meydana gelir:

1. Vakum kutusu üzerine yerleştirilen modelin yüzeyi, delikler ile vakum kutusuna bağlanır.

2. İnce bir plastik film ısıtılarak model yüzeyi kaplanır.
3. Vakum yaratılarak filmin model yüzeyini kaplaması sağlanır ve içinde vakum borusu bulunan derece yerleştirilir.
4. Dereceye bağlayıcısız kuru kum doldurulur ve titreşim uygulanarak kumun oturması sağlanır.
5. Yolluk ağzı düzenlendikten sonra derecenin üst yüzeyi de film ile kaplanır ve vakum uygulanır.
6. Kutudaki vakum kaldırılıp derece modelden ayrılır.
7. Bu şekilde hazırlanan iki derece birleştirilerek kalıp hazırlanır ve döküm yapılır.
8. Katılaşma bitince vakum kaldırılır, kum tanecikleri dağılır ve parça düşer [1].



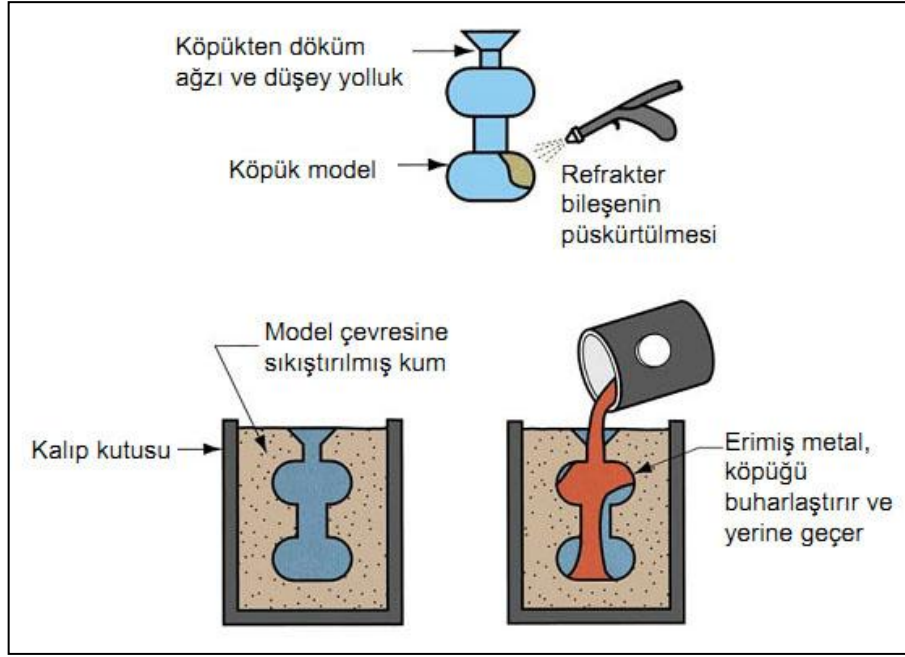
Şekil 2.5 Vakumlu kalıplama yönteminin aşamaları

### 2.3.5 Dolu Kalıba Döküm

Dolu kalıba döküm yöntemi, yanarak gaz haline geçen köpük modellerin (polistiren) kullanıldığı bir kalıplama tekniğidir, Şekil 2.6. Bu model malzemesi testere, bıçak veya sıcak tel ile kesilerek model biçimlendirilir. Büyük modeller birçok parçanın birbirine yapıştırılması ile de oluşturulabilir. Kalıplama sonrasında köpük model kalıp içinde bırakılır (dolu kalıp) ve erimiş metal kalıba dökülünce model yanarak gaz halinde kalıbı terk eder. Böylece erimiş metalin köpük modelin yerini almasıyla parça biçimlenir.

Bu yöntemde yolluklar, çıkıcılar ve diğer tüm kalıp elemanları köpükten yapılır ve kumla kalıplanır. Modelin kalıptan çıkarılması söz konusu olmadığından, kalıbın iki parçalı olarak yapılmasına gerek yoktur. Burada model kalıptan çıkarılmadığından tüm girinti ve iç boşluklar kumla doldurulabilir. Modelin kalıptan çıkarılması halinde gerekecek eğimlerin verilmesine ve maça kullanılmasına gerek kalmaz. Köpüğün kalıplama sırasında biçim değiştirmemesi için dövülerek sıkıştırılan kum kalıplar yerine, CO<sub>2</sub> yöntemi veya havada kendiliğinden sertleşen kalıp malzemelerinin kullanılması daha uygundur. Kalıplama tamamlandıktan sonra modelin dıştan ulaşılabilen kısımlar, bir gaz alevi ile yakılır. Modelin kalan kısımlar, sıcak metal ile temas sırasında tümüyle yanar. Sıvı metal, kalıba başlangıçta yavaş yavaş doldurulmalı ve hidrokarbonlar içeren yanma gazlarının herhangi bir patlamaya neden olmadan kalıbın içinde ve dışında yanmasına olanak sağlanmalıdır.

Dolu kalıba döküm tekniği özellikle, sadece az sayıda üretilecek büyük parçaların dökümünde kullanılmaktadır. Örneğin otomotiv endüstrisinde kullanılan pres kalıpları bu yöntemle üretilir. Teknik ve ekonomik bakımdan önemli avantajları olan bu yöntemin, küçük parçaların seri üretiminde de kullanılmasını sağlayacak araştırmalar sürdürülmektedir [1].



Şekil 2.6 Dolu kalıba döküm [6]

## 2.4 Kum Kalıplama Makinaları

Değişik büyüklük ve biçimlerde tonlarca parçanın üretildiği dökümhanelerde mekanizasyondan değişik amaçlarla yararlanılabilir. Her bir dökümhane için uygun olan mekanizasyonun seviyesini, üretilen parçanın boyut ve türü, toplam kapasite ve aynı parçadan kaç adet üretileceği gibi faktörler belirler. Küçük dökümhanelerde basit birkaç işlemde mekanizasyondan yararlanılabileceği gibi, belirli bir alanda uzmanlaşmış veya sürekli olarak aynı parçayı üreten dökümhanelerde işlemlerin tümünün otomatik kontrollü makinalarda yapılması düşünülebilir. Kalıplama işlemlerindeki mekanizasyon, kalıp kumunu sıkıştırma ve model levhasını çıkarma işlemlerini içerir. Kalıp üretiminde kumu sıkıştırmak için dört temel yöntem söz konusudur: ezme, sarsma, savurma ve üfleme.

### 2.4.1 Derecesiz Otomatik Kalıplama Makinaları

Kum kalıp hazırlamada otomasyonun en gelişmiş örneği, Şekil 2.7’de görülen ve saatte 510 adet kalıbın üretilebildiği derecesiz kalıplama makinalardır. Yöntemde derece kullanılmaz, kalıplar kumun üflenerek metal bir kalıp kutusuna doldurulması ve hidrolik olarak hareket ettirilen model levhalarının kumu sıkıştırmasıyla biçimlendirilirler. Daha sonra bu derecesiz kalıp blokları, kalıplama çerçevesinin devamı olan oluklar içinde

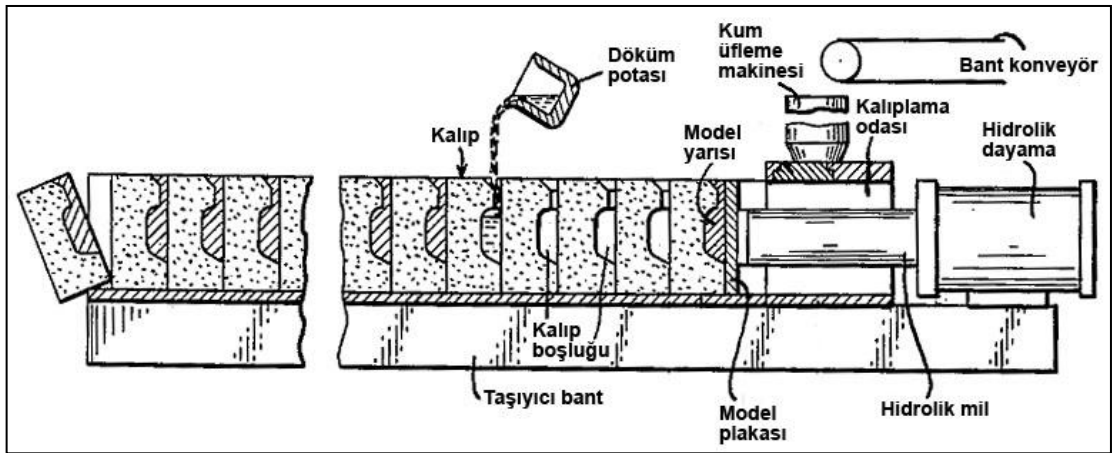
itilir ve konveyörler üzerinde iki sıra olarak ilerler. Sıkıştırılan kalıp, oluğa itildikten sonra sonraki kalıp için aynı işlemler tekrar edilir. Kalıpların ön ve arka yüzeylerinde oluşturulmuş boşlukların yan yana gelmesiyle, iki kalıp arasında döküm boşluğu ortaya çıkar. Oluk içinde sıralanmış kalıplar arasındaki döküm boşluklarının erimiş metal ile doldurulması da sürekli olarak yapılır. Hattın sonunda kum bloklar, tamburlara düşürülür ve kalıplar bozulduktan sonra soğutulan kum, tekrar geriye gönderilerek yeniden kullanılmak üzere hazırlanır. Dökülen parçalar ise konveyörler yardımıyla temizleme bölümüne iletilir [1].



Şekil 2.7 231A Disamatik kalıplama makinesi [8]

### DISAMATİK KALIPLAMA YÖNTEMİ

1957 yılında Danimarka Teknik Üniversitesi'nden Prof. Vagn Aage Jeppesen belli özellikleri ile diğerlerinden ayıracak bir kalıplama makinesi geliştirmeye karar verdi (Şekil 3.1). Ona göre ilk olarak, tasarımı var olan kalıplama parametreleri ile sınırlanmayacaktı. İkinci olarak, temel fiziksel işlem çok kısa zamanda ve basit makine elemanı ile gerçekleştirilecekti. Model tekrar kullanılabilir olmalıydı ve kalıp malzemesi basit olacaktı. Kalıp dikey olarak hazırlanacak ve taşıma düzenleri döküm sırasında destek olarak kullanılacaktı. Böylece bu parametrelerden Disamatik kalıplama makinesi ortaya çıktı. İlk Disamatik kalıplama makinesi döküm endüstrisine 1964 yılında bir Danimarka firması olan Disa Industri Syndikat A/S tarafından ticari olarak sunuldu ve 47 yıldan beri çok sayıda döküm parçasının yüksek kapasitede imaline olanak sağladı. Ayrıca döküm çevrelerinde gördüğü kabul ile bugün dünya dökümhanelerindeki sayısı da 2200'e ulaşmıştır.



Şekil 3.1 Prof. Vagn Aage Jeppesen'in patentini aldığı makinenin şekli [9]

Disamatik kalıplamada, kapalı bir kalıplama odasına alınan kalıp kumu bir piston ve karşı basınç plakası (veya bir piston-dayama sistemi) arasında sıkıştırılır ve şekillendirilir. 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 sıkıştırmalı 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 kalıplama ifadesi ancak “Disamatik kalıplama makineleri” ile bir anlam oluşturur ve bu makineler olmadan bu yöntemle kalıplama yapılamaz. Bu da, Disamatik kalıplamanın daha çok seri üretime uygun bir yöntem olduğunu gösterir.

Bugün dünyada Disamatik kalıplama makinelerinin tek üreticisi hala DISA Industries AS'dir. Üretici firma ihtiyaca göre farklı kalıp boyutları ve kapasitelerde Disamatik kalıplama makineleri üretmiştir [12], [13].

### **3.1 Disamatik Kalıplamanın Avantajları Ve Dezavantajları**

#### **3.1.1 Disamatik Kalıplamanın Avantajları**

1. Yüksek Üretim Kapasitesi
2. Kaliteli Döküm
3. Üretim Maliyeti

Şeklinde üç ana başlık altında inceleyebiliriz.

### 3.1.1.1 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 500 kalıp üretilebilen bir Disamatik kalıplama hattında 8 saatlik bir çalışma ile teorik olarak 300.000 kg sıvı metalin dökümü olanaklıdır. % 65-70 çalışma verimi ve optimum çalışma şartlarında 195-210 ton/gün üretim kapasitesi gerçekleştirilmektedir. Değişen kalıp boyutları ve döküm geometrilerine göre bu miktar yarı yarıya azalsa bile elde edilecek 95-105 ton/gün döküm kapasitesi hayli yüksek bir kapasitedir.

Kullanılan sıvı metal ağırlığı göz önüne alınmadan da üretim kapasitesinin yüksekliği görülebilir. Model plakası kullanım yüzeyi ya da 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 500 kalıp/saat kalıplama kapasitesi ile elde edilecek ürün, motor bloğu veya fitting üretimi yönünden 2500'ü aşkın motor bloğu ve 20800-22500 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 [12].

### 3.1.1.2 Kaliteli Döküm

Disamatik kalıplamanın diğerk bir üstünlüğü de kaliteli dökümlerin üretilmesidir. Disamatik'te kaliteli döküm, dar boyut toleranslı, tam şekillenmiş, temiz yüzeyli ve kusursuz içyapıya 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 mamullerin boyut, yüzey ve içyapıları, 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 mamulün boyut, yüzey ve içyapı 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 ağızı, düşey yolluk, yatay yolluk ve birçok metal cinsi için kullanılan besleyici formları, metalin kalıp boşluklarına dengeli olarak dolmasını ve üniform katılmasını temin etmektedir. Standart giriş sisteminde yolluklar, kalıp boşluğu ile doğrudan değil yolluk memeleri veya besleyiciler ile irtibatlıdır. Döküm ağızında 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 katılma sağlanarak döküm içinde ya da yüzeyinde döküm hatalarının (katılma 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.

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 [12].

### **3.1.1.3 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 [12].

### **3.1.2 Disamatik Kalıplamanın Dezavantajları**

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 malzemedен 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 in 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 [12].

### **3.1.3 Disamatik Kalıplamanın Özelliklerinin Karşılaştırılması**

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 [12].

### **3.2 Disamatik Kalıplama Makineleri**

Disamatik kalıplama makineleri, kalıp boyutları ve kapasitelerine göre birkaç tipte imal edilmişlerdir. Bunların başlıcaları üretici firma kodlandırılmasıyla 2110, 130, 231, 240, 250, 270 ve 280 tipleri olarak tanımlanmaktadır. Bu tam otomatik makineler kapasite bakımından farklı, işlem özellikleri olarak aynıdır.

### 3.2.1 Disamatik Kalıplama Makinelerinin Teknik Özellikleri

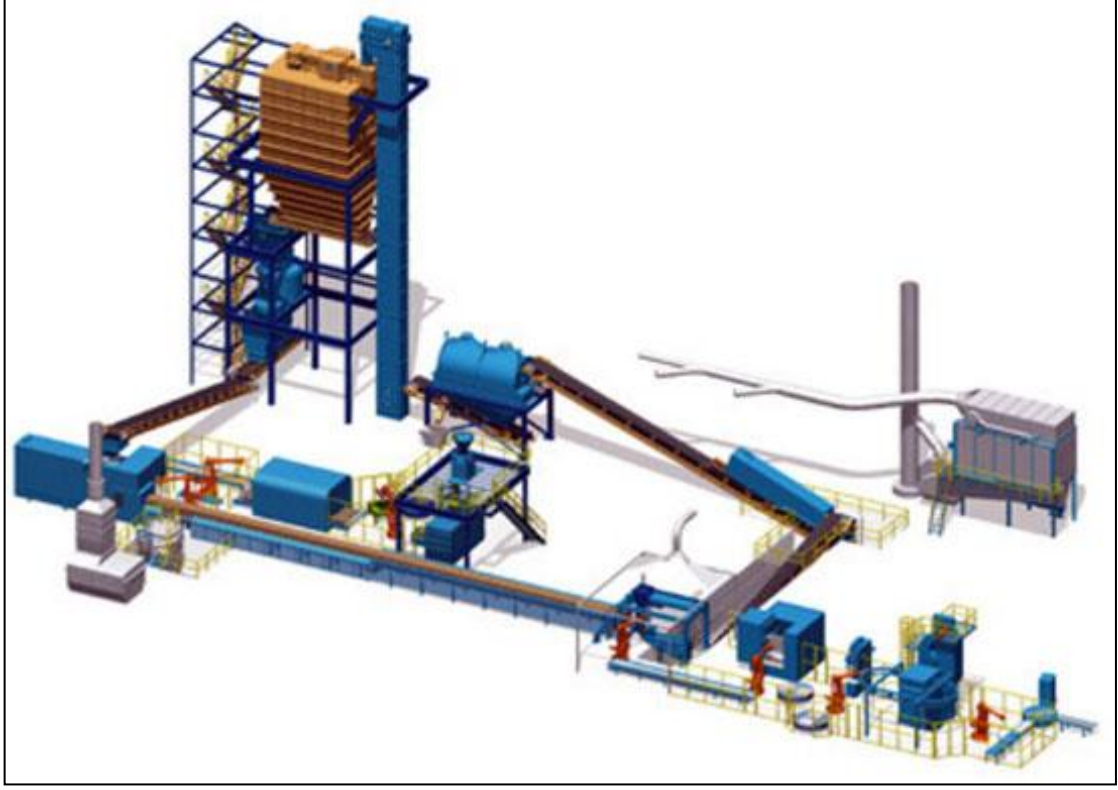
Disamatik kalıplama makinelerinde yapılan işlem prensip olarak aynıdır. Fakat kalıp boyutları ve kapasiteleri gibi konularda farklılık gösterirler (Çizelge 3.1). Bu makineler ayrıca demir, alüminyum ve bakır alaşımları gibi farklı malzemelerin dökümünde de kullanılabilirler.

Çizelge 3.1 Farklı Disamatik kalıplama makinelerinin teknik özellikleri [11]

| Disamatik Kalıplama                      | 2110    |         | 130     |         | 231     |         | 240     |         | 250     | 270     |         | 280     |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | LP      | MK3     | A       | B       | A       | B       | A       | B       | C       | A       | B       | B       |
| <b>Kalıp Ölçüleri</b>                    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Yükseklik (mm)                           | 400     | 400     | 480     | 535     | 480     | 535     | 600     | 600     | 650     | 700     | 800     | 850     |
| Genişlik (mm)                            | 500     | 500     | 600     | 650     | 600     | 650     | 750     | 775     | 850     | 950     | 950     | 1200    |
| Kalınlık (mm)                            | 100-315 | 100-315 | 150-395 | 150-395 | 150-395 | 150-395 | 150-500 | 150-500 | 150-500 | 200-650 | 200-650 | 200-675 |
| Uyuşmama (mm)                            | 0.2     | 0.2     | 0.1     | 0.1     | 0.1     | 0.1     | 0.15    | 0.15    | 0.15    | 0.2     | 0.2     | 0.25    |
| <b>Kalıplama Kapasitesi</b>              |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Maçasız (kalıp/saat)                     | 205     | 300     | 350     | 350     | 510     | 510     | 450     | 450     | 450     | 400     | 395     | 300     |
| Maçalı (kalıp/saat)                      | 185     | 275     | 320     | 320     | 440     | 440     | 400     | 400     | 400     | 375     | 356     | 280     |
| <b>Konveyör Uzunluğu (m)</b>             | 50      | 50      | 86.5    | 86.5    | 86.5    | 86.5    | 100     | 100     | 100     | 120     | 120     | 120     |
| <b>Soğutma Süresi (dak)</b>              | 70      | 50      | 70      | 70      | 49      | 49      | 66      | 66      | 66      | 90      | 91      | 96      |
| <b>Kum Tüketimi (ton/saat)</b>           | 70      | 27      | 47      | 56      | 70      | 84      | 122     | 126     | 150     | 190     | 213     | 253     |
| <b>Güç Tüketimi (kW)</b>                 | 16      | 22      | 60      | 60      | 55      | 55      | 75      | 75      | 90      | 110     | 110     | 165     |
| <b>Hava Tüketimi (m<sup>3</sup>/dak)</b> | 3.2     | 4       | 11      | 11      | 15      | 15      | 16      | 16      | 16      | 26      | 26      | 28      |
| <b>Su Tüketimi (litre/dak)</b>           | 10      | 15      | 40      | 40      | 40      | 40      | 65      | 65      | 65      | 75      | 75      | 85      |

### 3.3 Disamatik Kalıplama Sistemi Ve Bölümleri

Disamatik kalıplama sistemi; kalıplama, maça yerleştirme, kalıp taşıma ve döküm soğutma gibi kısımlardan oluşmaktadır (Şekil 3.2). Bu sistemde kalıplamadan başlayarak bitirme aşamasına kadar yapılan işlemler farklı bölümlerde ve bir dizi farklı makine operasyonları ile gerçekleşmektedir.

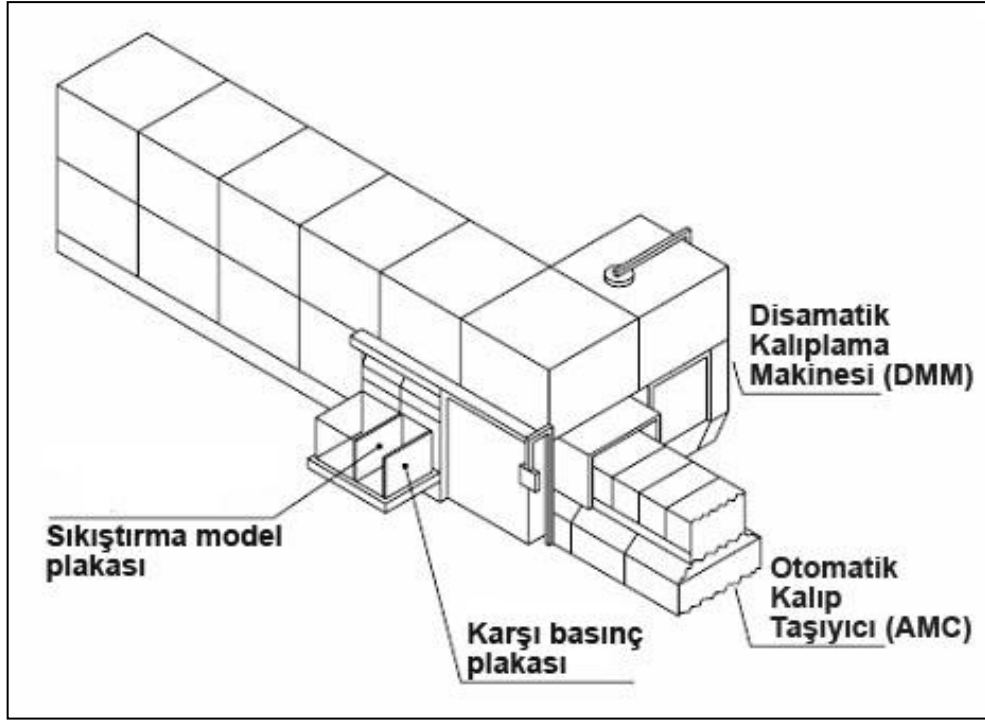


Şekil 3.2 Disamatik kalıplama tesisinin genel bir modeli

### 3.3.1 Kalıplama Makinesi (DMM)

Kalıplama makinesi, kumun sıkıştırılarak kalıp haline getirildiği ana bölümdür. Oluşturulan kalıplar, otomatik kalıp taşıyıcısına hareket ettirilir ve bir kalıp dizisi oluşturulur. Disamatik kalıplama makinesi aşağıdaki kısımlardan oluşur;

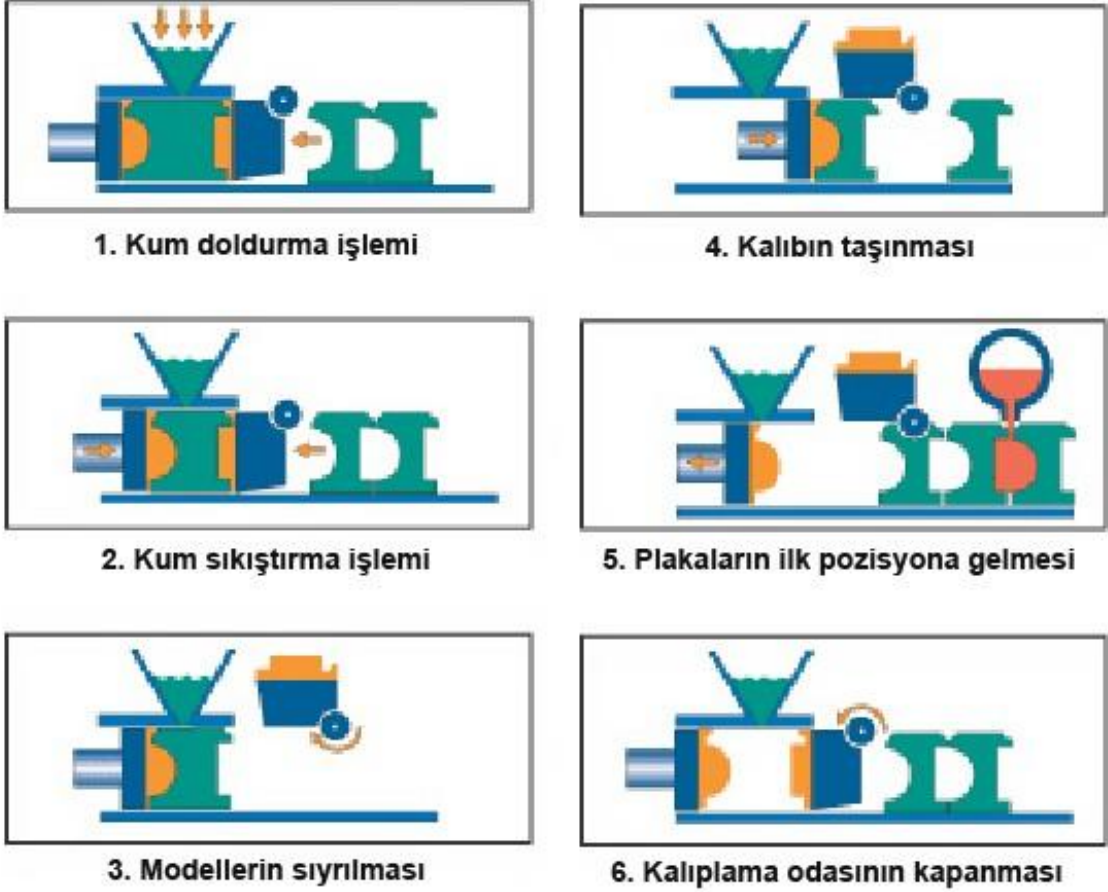
- Alt, üst ve yan duvarları sabit bir kalıplama odası,
- Kalıpların nakli ve sıkıştırma için kuvvet temin eden bir hidrolik sistem,
- Model plakalarının bağlı olduğu sıkıştırma ve karşılama plakaları,
- Bir kum doldurma düzeneği,
- Bir kum haznesi.



Şekil 3.3 Disamatik kalıplama makinesi (DMM).

Kalıplama işleminin adımları aşağıdaki gibidir;

1. Kalıplama odası kum ile doldurulur,
2. Kalıp sıkıştırılır,
3. Öndeki modelin kalıptan ayrılır,
4. Kalıbın kalıp dizisine birleştirilir ve kalıp dizisinin bir kalıp adımı kadar ilerletilir,
5. Arkadaki model geriye çekilir,
6. Son olarak çevrim başa döner, kalıplama odasında modellerin sıkıştırma pozisyonuna gelir ve kalıplama odası yeniden kumla doldurulur [18].



Şekil 3.4 Disamatik kalıplamanın işlem adımları [18]

### 3.3.1.1 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 tasarlanmıştır. 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 3.4-1). Bu operasyonda kum püskürtme hızının, modellerde yüksek aşınmaya neden olmayacak şekilde kontrol edilmesi önemlidir. Aksi halde kalıpta zamanla zayıf noktalar meydana gelebilir [12].

### **3.3.1.2 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 3.4-2). 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 [12].

### **3.3.1.3 Modellerin Kalıptan Ayrılması**

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 3.4-3). 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 ulaşmaya kadar sıkıştırma basıncı sabit tutulur. Ön ayarlı kalıp yüzeyi basıncına ulaşıncaya kadar bütün kalıp dizisi, otomatik kalıp taşıyıcısından(AMC) sağlanan güç ile hız kazanır (Şekil 3.4-4). 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 3.4-5). Karşı basınç plakası dönerek kalıplama odasını kapatmak üzere dikey pozisyona gelir. Kalıp yapım çevrimi tamamlanır (Şekil 3.4-6). 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 [12].

### 3.3.2 Maça Yerleştirici (CSE)

Maça gerektiren dökümlerde, kalıplama odasında kumun sıkıştırılmasından hemen sonra oluşan kalıbın arka yüzüne maça yerleştirme işlemini otomatik olarak yapan bölümdür (Şekil 3.5 ). 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 [12].



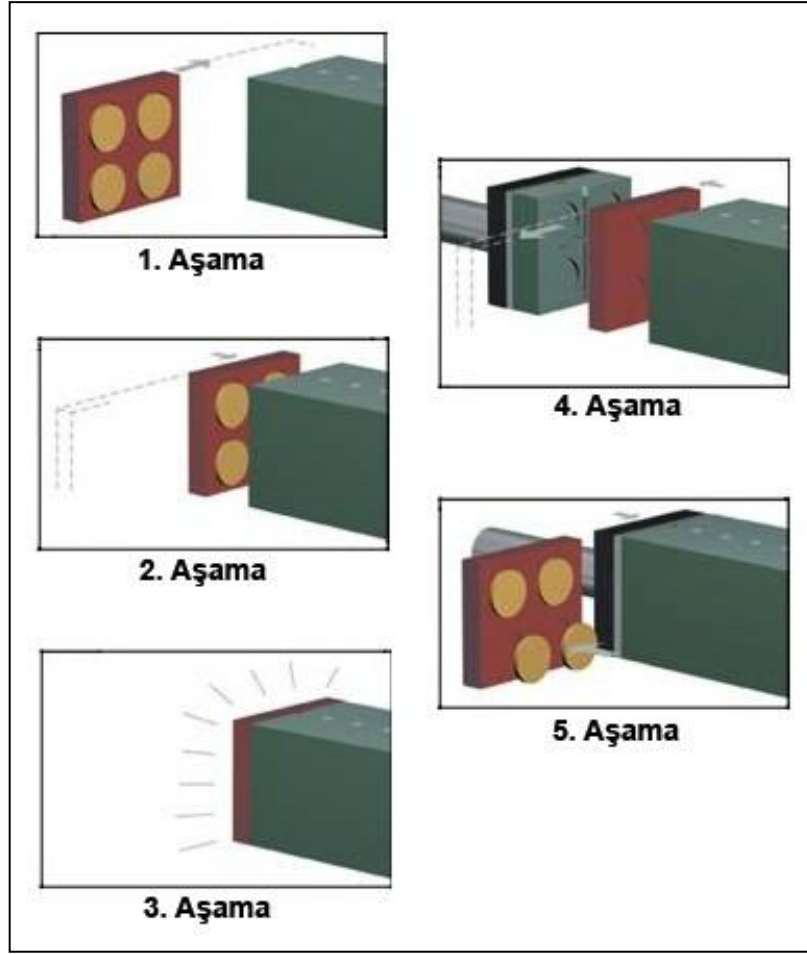
Şekil 3.5 Maça yerleştirici (CSE) [15]

Maça yerleştirici, kalıplama bölümünde karşı basınç plakasına yakın bir konumdadır. Maça yerleştirme işlemleri, 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.

Maça yerleştiricisi çevrimi aşağıdaki beş aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3.6);

- 1) 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) 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.
- 3) 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) Boş maça maskesi başlangıç pozisyonuna geri döner.
- 5) Kalıba maça konulması işlemi tamamlanır ve maske yeniden maça ile yüklenir [14].



Şekil 3.6 Maça yerleştiricisi çevrim aşamaları

### 3.3.3 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 2 m. sonra ve kalıp dizisinin durma anlarında yapılmaktadır (Şekil 3.7). 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 [14].



Şekil 3.7 Disamatik kalıplamada 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 taşıyıcısı, 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 senkronize 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 desteklerler. Destek sürgü mekanizması, döküm işlemi nedeniyle ısıya dayanıklı dökme demirden yapılmalı ve ergimiş metal dökülme ve sıçramalarına karşı emniyet sağlamalıdır [12], [13].

Kalıp taşıyıcısında kalıpların taşınma işlemi şu şekilde gerçekleşir.

- 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) Basıncılı 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 [13].

### **3.3.4 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 bandın 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 bandın 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 bandın 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 [14].

#### **3.3.4.1 Disa Shuttle**

Disa döküm hattına dik hareket eden hareketli mekik vagonuna monte edilmiş iki ya da üç senkronize bant taşıyıcısından oluşan sistemdir (Şekil 3.8). İlk senkronize bant taşıyıcısının kapasitesi dolduğunda mekik vagon yana doğru hareket eder ve gelen kalıpları almak üzere ikinci senkronize bandı sarsıntısız şekilde yerine yerleştirerek devreye sokar. Bu şekilde kalıpların ilerlemesi, senkronize bantların yan yana hareket ettirilmesiyle süreç devam eder. Bu da kısıtlı alana sahip işletmelerin gerekli soğutma zamanına sahip olmalarına, böylelikle istedikleri döküm çeşitlerini yapmalarına olanak sağlar [8].



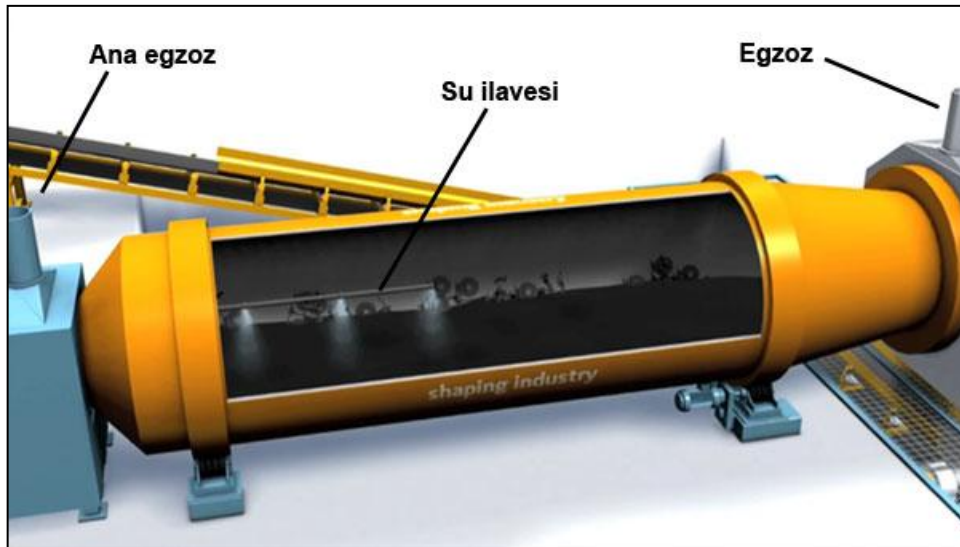
Şekil 3.8 Disa Shuttle [8]

### 3.3.5 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 3.9). Disacool ile kalıp bozma işleminden sonra, döküm parça ve kum ayrı sevk bantlarına alınmakta, su ilavesi tamamlanan topaksız kum, yenileme işlemine gitmektedir.

Disacool'dan başka daha çok Disamatik kalıplama sistemlerinin büyük tiplerinde kullanılan otomatik döküm parça çıkarıcılar (ACE) bulunmaktadır. 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 [12], [14].

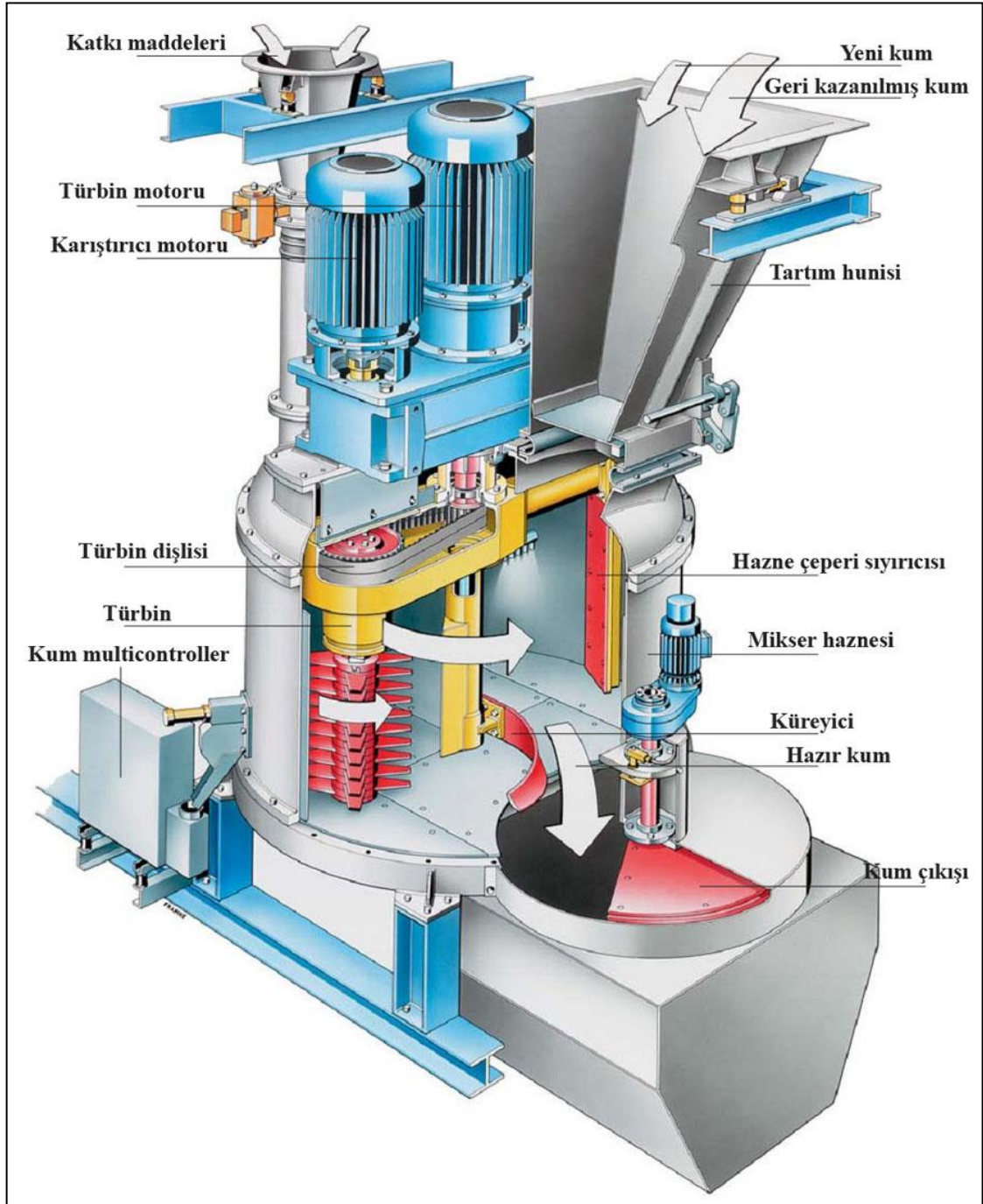


Şekil 3.9 Disacool soğutma tamburu

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.

### 3.3.6 Otomatik Kum Karıştırıcısı (DISA Turbine Mixer SAM)

Otomatik kum karıştırıcısı, kaliteli bir dökümün gereği olan kum karışımının en iyi şekilde üretilmesini sağlamak için DISA tarafından üretilmiştir (Şekil 3.10). Tüm dozajlama, karıştırma ve nemlendirme işlemi multicontroller tarafından ayarlanır ve sıkıştırılabilme ve kalıp dayanımı gibi kalıbın önemli özellikleri istenilen değerlerde ayarlanabilir.



Şekil 3.10 Otomatik kum karıştırıcısı [16]

Dört ebatta (toplam 13 tipte) üretilmektedir. Bu da farklı işletme büyüklüklerine ve gerekliliklerine optimum yanıtı verebilmeyi sağlamaktadır. Üretim hızı 15 – 150 ton/saat ve parti miktarları da 500 – 5000 kg arasında değişmektedir [16].

### **3.3.7 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 egzozu) bastırarak hava ve kumu ayıran bölümdür.

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 sıyrıcıları ile bir bant ve kumun döküldüğü sıyırma kanallarını içerir.

Hızlı model değiştirme ünitesi (QPC), kolay ve çabuk model değiştirme amacıyla yarı-otomatik olarak kullanılmaktadır. 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 yerleştirilir. Ayrıca gelişen teknoloji ile birlikte tam otomatik modelleri de (APC) piyasaya sürülmüştür.

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.

Uzaktan tanılama erişimi (RDA), DISA hattının desteği ile beklenmedik arıza sürelerinin minimuma düşmesini sağlar. DISA mühendisi uzaktan erişim aracılığıyla direkt olarak makinenin VDU ekranına bağlanabilir ve probleme çözüm üretmede hızlı destek sağlar [8], [13], [14].

### 3.4 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.

#### 3.4.1 Disamatik Kalıp Kumu

Disamatik kalıplama yönteminde kalıp kumu olarak kil bağlayıcılı sentetik kum kullanılır. Kimyasal bağlayıcıların kullanıldığı diğer kalıplama metotları ile karşılaştırıldığında, kil bağlayıcı kumun maliyeti çok daha düşük, yapılan dökümlerin verimliliği ve kalitesi ise aynı derecede hatta daha iyidir. Çizelge 3.2’de kullanılan kalıplama kumunun fiziksel özellikleri verilmiştir.

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.

Çizelge 3.2 Disamatik kalıplama kumunun fiziksel özellikleri [18]

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

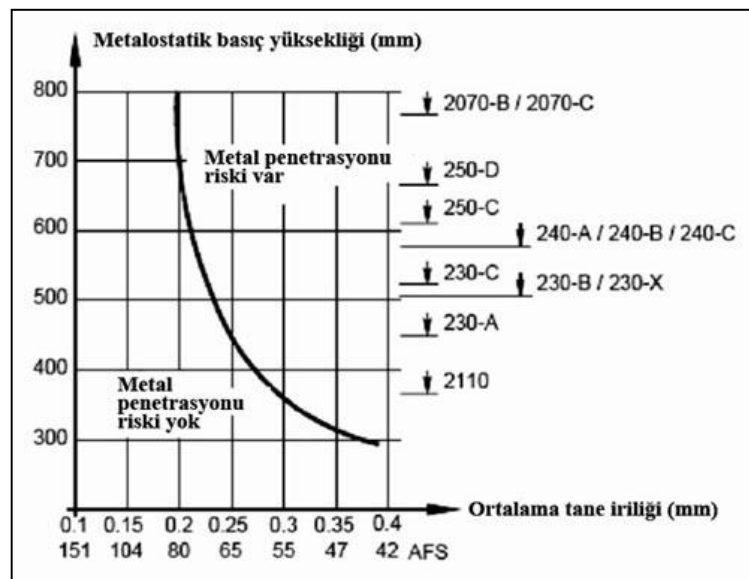
Kum özelliklerinin sürekli kontrol altında tutulması ile genel olarak;

- Artıkların azalması,
- Modelin kalıptan daha kolay sıyırılması,
- 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 [14], [18].

### 3.4.1.1 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 3.11). Sıkıştırılmış haldeki yapının yeterince homojen olması için kum taneleri 3-4 elek üzerinde dağılmalıdır [14].



Şekil 3.11 Ortalama tane iriliği ve metal yüksekliğinin metal penetrasyonu oluşumuna etkisi [18]

### 3.4.1.2 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.

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 3.3'te verilmiştir [14].

Çizelge 3.3 İdeal bentonit kalitesi içeriği.

|                        |            |
|------------------------|------------|
| 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.

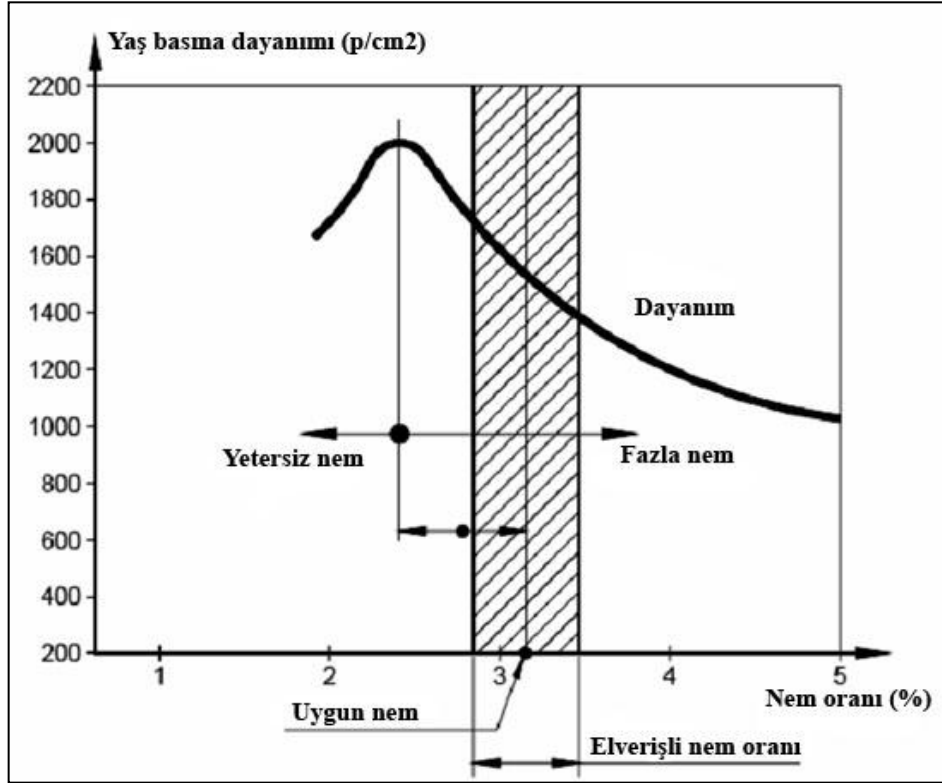
Ölü kil, kristal suyunu kaybetmiş bentonit, iriliği 0,02 mm'den küçük kömür tozu parçacıkları, yeni kumdan gelen doğal tozlar, kırılmış veya ısı ile parçalanmış silika tanelerinden oluşur. Yüksek bir ölü kil miktarı, su ihtiyacını arttırır ve kalıp kumunda kırılabilirliğe yol açar, geçirgenliği azaltır. 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 [14].

#### **3.4.1.3 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.

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 3.12). 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.



Şekil 3.12 Kalıp kumunun dayanımına göre en uygun nem miktarı [18]

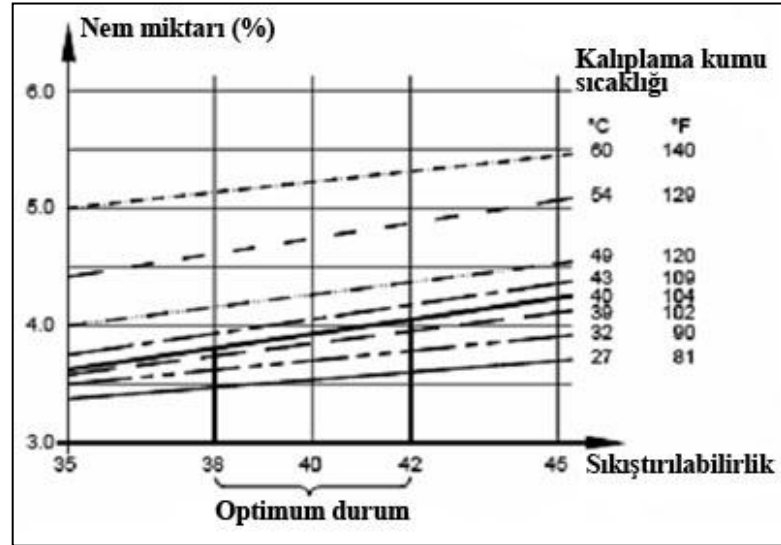
Birçok çeşitleri olan killer su emme kabiliyetleri ve nem oranı ile belirlenen bağlama derecelerine göre sınıflandırılırlar. Aynı zamanda su kristalizasyon kaybına göre de özellikleri değişir. Genel olarak kaolin kili veya doğal bağlayıcılı kum kullanırken nem miktarı %3 ile %6 arasındadır. Kalsiyum 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 [14].

#### 3.4.1.4 Kum Sıcaklığı

Kalıplama prosesinde kalıp kumunun sıcaklığı 40 °C den fazla olmamalıdır (şekil 3.13). Çok sıcak kum ile kalıplama halinde aşağıdaki istenmeyen durumlar oluşabilir;

- Özellikle geçirgenlik ve dayanım açısından üniform olmayan kum zellikleri,
- 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 [14]



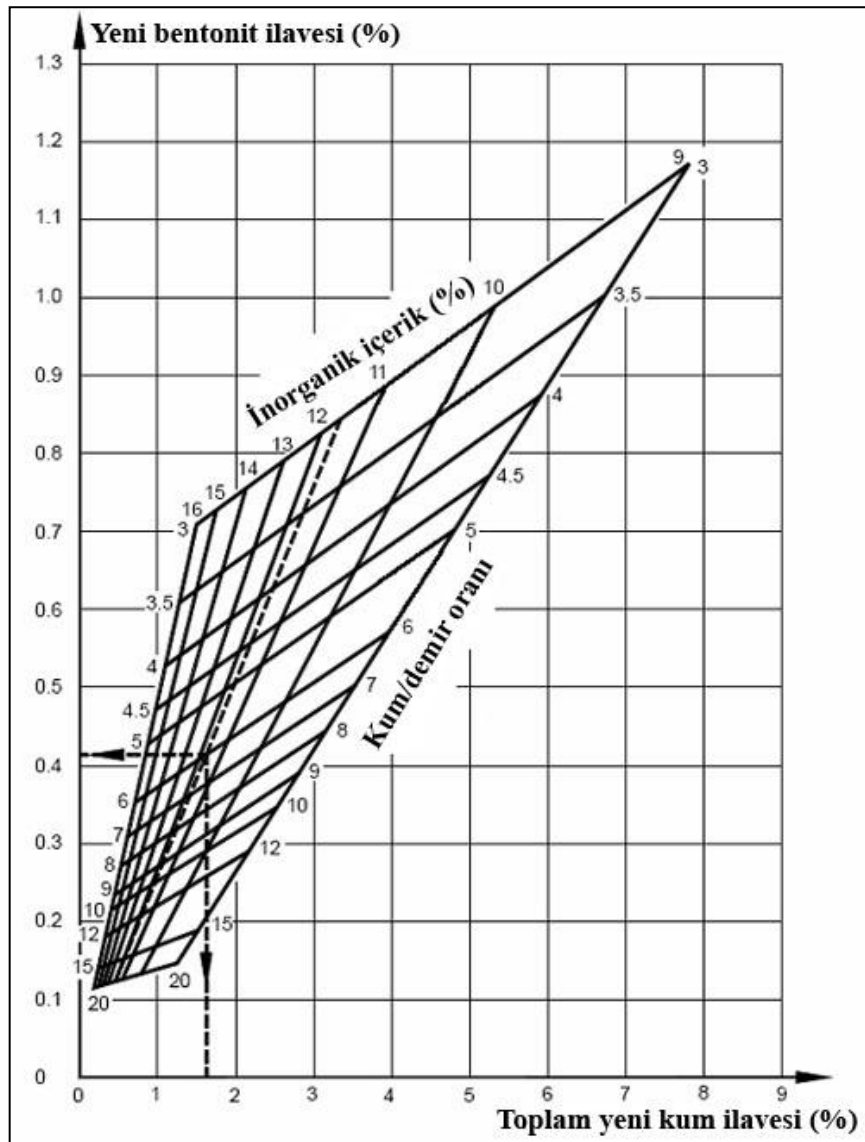
şekil 3.13 Kalıplama kumu sıcaklığının sıkıştırılabilirliğe etkisi [18]

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 [18].

### 3.4.1.5 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 3.14 Döküm sonrası ilave kum ve bentonit miktarlarının belirlenmesi [18]

Şekil 3.14'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 [14].

### 3.4.1.6 Kumun Sıkıştırılabilme Özelliği

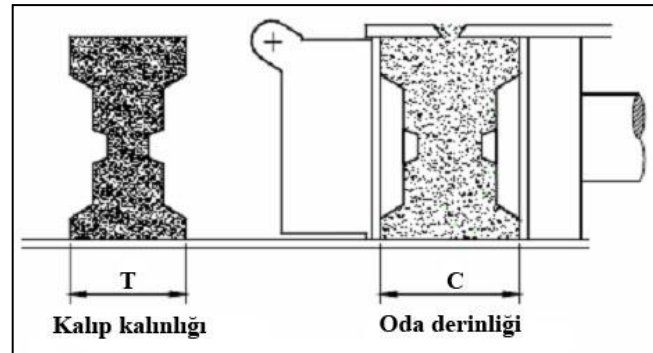
Kalıp kumlarının sıkıştırılabilme özelliği, onların otomatik kalıplama makinelerinde kullanılıp kullanılmayacağını tespit etmekte büyük önem taşır. Derece kullanılmayan Disamatik yönteminde bu özellik, önem açısından daha da ön plana çıkmaktadır. Kumun sıkıştırılabilme özelliğini, kumun gevşek durumundaki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

Disamatik kalıp kumunda bu oran %  $40 \pm 2$  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 (3.1) eşitliğine göre hesap edilmektedir.

$$\text{Sıkıştırılabilme oranı (\%)} = \frac{C-T}{C} \times 100 \quad (3.1)$$

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 3.15).



Şekil 3.15 Kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinliği [18]

Kumun sıkıştırabilirliği 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 faydalanılamayacağını belirler [12].

#### **3.4.1.7 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 [14].

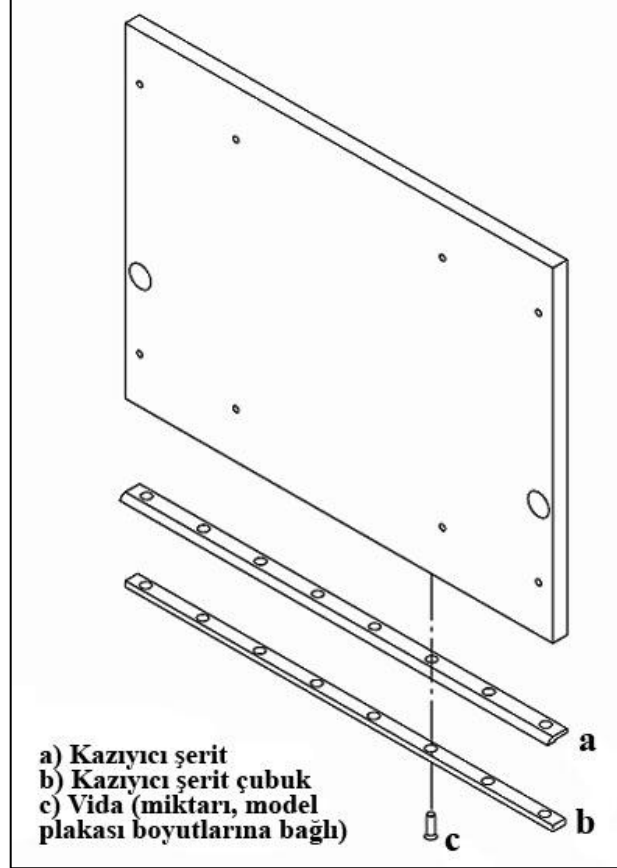
#### **3.4.2 Modeller Ve Model Plakaları**

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.

##### **3.4.2.1 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 3.16). Standart, 20 mm. 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 85 mm, arka plaka kalınlığı maksimum 265 mm. olabilir. Disamatik kalıplama makinesinde model plakası, makine tipine bağlı olarak dört blokajlı vida ve iki pimle monte edilir. Plakaların çözülmesi bir kol yardımıyla gerçekleştirilir [18].



Şekil 3.16 Standart model plakası [18]

### 3.4.2.2 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 3.4'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 3.17) [18].

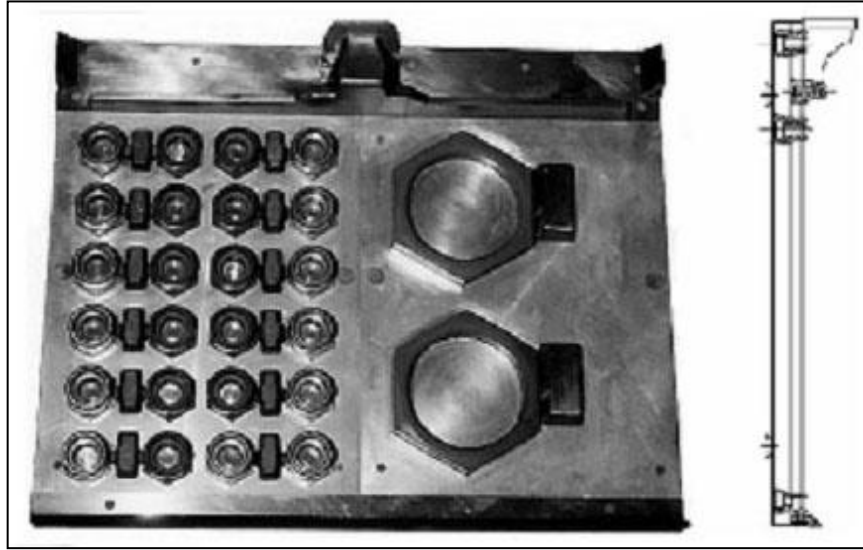
Çizelge 3.4 Model ve model plakası malzemesine göre kalıplama sayısı (ömür)

| <b>Model veya model plakası malzemesi</b> | <b>Model ömrü (kalıplama sayısı)</b> |
|---|--------------------------------------|
| 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                    |

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 3.18).



Şekil 3.17 Disamatik model ve plaka örneği [17]



Şekil 3.18 Norm bölümlü model plakası [18]

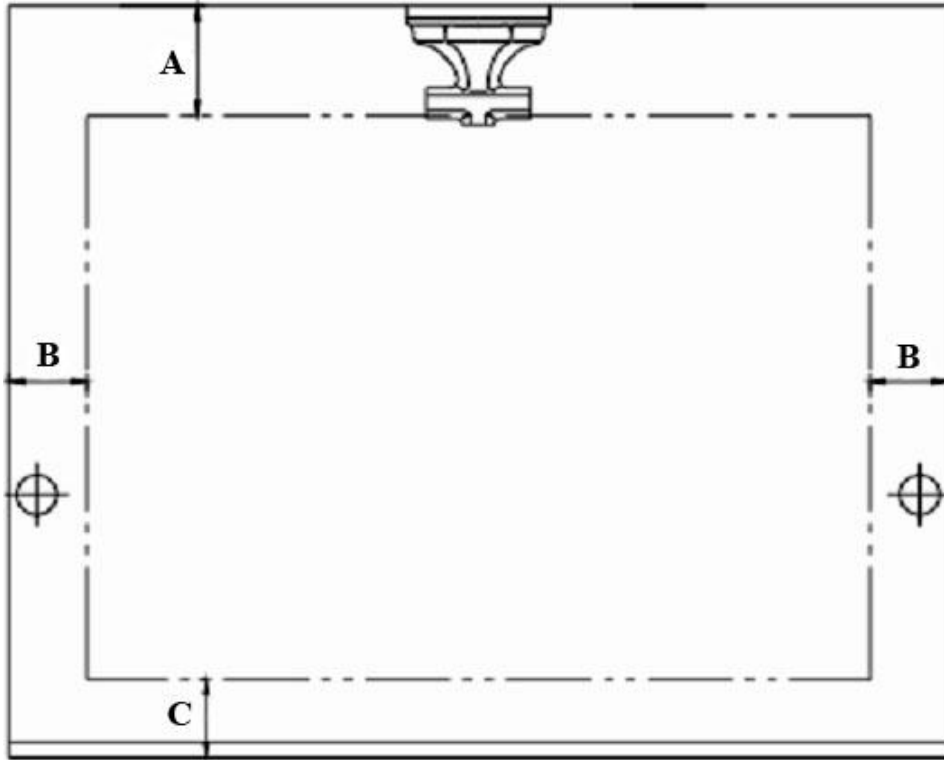
### 3.4.2.3 Model Plakası Alanı Kullanımı

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.

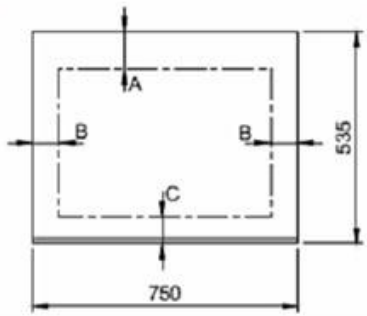
Efektif kalıplama alanı, yani modeller ve yolluk sistemi için kullanılabilen alan birçok parametreye bağımlıdır fakat genel olarak efektif kalıplama alanı, toplam model plakası yüzeyi alanının % 60'ını geçmemelidir. Kalıp dizilerinin, kalıp taşıyıcısı ile çok hassas nakledilmesi bu oranı sağlayan en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

Efektif kalıplama alanını etkileyen birçok faktör içinde en önemli ölçüt, 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 3.19'da Disamatik kalıplama makinelerinin her modeli için geçerli olan, standart model plakalarında kullanılabilir plaka alanı görülmektedir. A ölçüsü, kalıbın döküm ağzı, 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 3.5) [12], [18].



Şekil 3.19 Standart model plakası kullanılabilir alanı [18].

Çizelge 3.5 Parça et kalınlığı ve katılma modülüne göre kalıp emniyet mesafeleri [18]



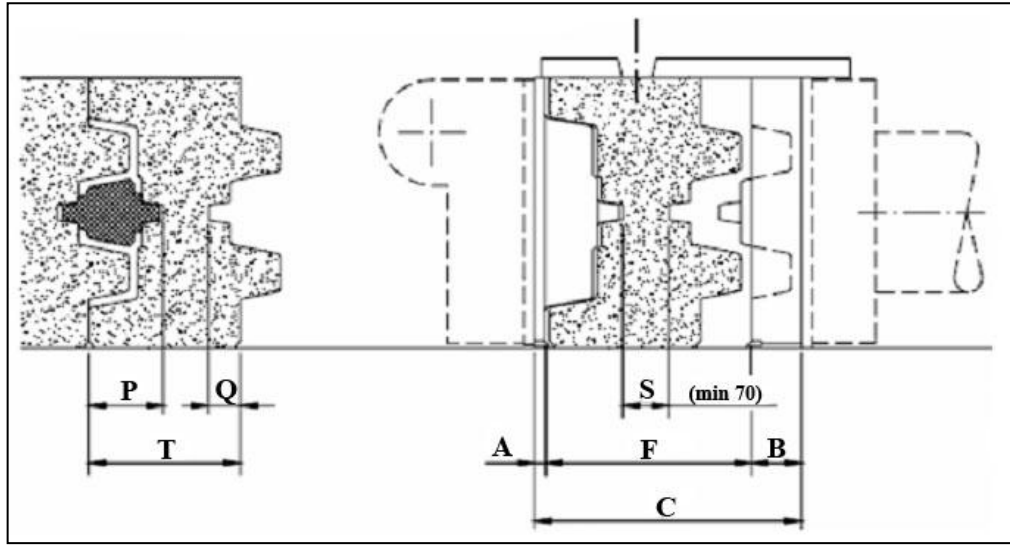
| Parça et kalınlığı (mm) | Katılma modülü (mm) | Toplam model yüksekliği (plaka hariç) (mm) | Üst kenar (A) (mm) | Yan Kenar (B) (mm) | Alt kenar (C) (mm) |
|-------------------------|---------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0 - 10                  | 0 - 0.50            | 0 - 100                                    | 70                 | 30 - 40            | 30 - 40            |
|                         |                     | 100 - 200                                  |                    | 50 - 60            | 50 - 60            |
|                         |                     | 200 - 300                                  |                    | 70 - 80            | 70 - 80            |
| 10 - 15                 | 0.50 - 0.75         | 0 - 100                                    | 70                 | 50 - 60            | 40 - 50            |
|                         |                     | 100 - 200                                  |                    | 70 - 80            | 60 - 70            |
|                         |                     | 200 - 300                                  |                    | 90 - 100           | 80 - 90            |
| 15 - 20                 | 0.75 - 1.00         | 0 - 100                                    | 70                 | 60 - 70            | 50 - 60            |
|                         |                     | 100 - 200                                  |                    | 80 - 90            | 70 - 80            |
|                         |                     | 200 - 300                                  |                    | 100 - 110          | 90 - 100           |
| 20 - 25                 | 1.00 - 1.25         | 0 - 100                                    | 70                 | 70 - 80            | 60 - 70            |
|                         |                     | 100 - 200                                  |                    | 90 - 100           | 80 - 90            |
|                         |                     | 200 - 300                                  |                    | 110 - 120          | 100 - 110          |
| > 25                    | > 1.25              | 0 - 100                                    | 70                 | 80 - 90            | 70 - 80            |
|                         |                     | 100 - 200                                  |                    | 100 - 110          | 90 - 100           |
|                         |                     | 200 - 300                                  |                    | 120 - 130          | 110 - 120          |

#### 3.4.2.4 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 [12], [18].

### 3.4.2.5 Minimum Oda Derinliğinin Belirlenmesi

Minimum oda derinliğini belirleyebilmek için, kalıplama odasının doldurulması ve daha sonra sıkıştırma operasyonu düşünülmelidir. Şekil 3.20’de kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinlikleri gösterilmektedir.



Şekil 3.20 Kalıp kalınlığı ve kalıplama odası derinliği [18].

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 70 mm. olmalıdır.

T: Gerekli kalıp kalınlığı.

$$C = F + (A + B) \quad (3.2)$$

$$F = \frac{T}{1-K} = \frac{T}{0,75} \quad (3.3)$$

$$T = P + Q + S \quad (3.4)$$

(3.4) eşitliği, (3.3) eşitliğinde yerine konulursa, buradan çıkan sonuçta (3.2) eşitliğinde yerine yazılırsa;

$$C = \frac{P+Q+S}{0,75} + (A + B) \quad (3.5)$$

(3.5) 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 3.6'da çeşitli kalıplama odası derinlikleri verilmiştir [12], [18].

Çizelge 3.6 Çeşitli kalıplama odası derinlikleri [18]

| 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.

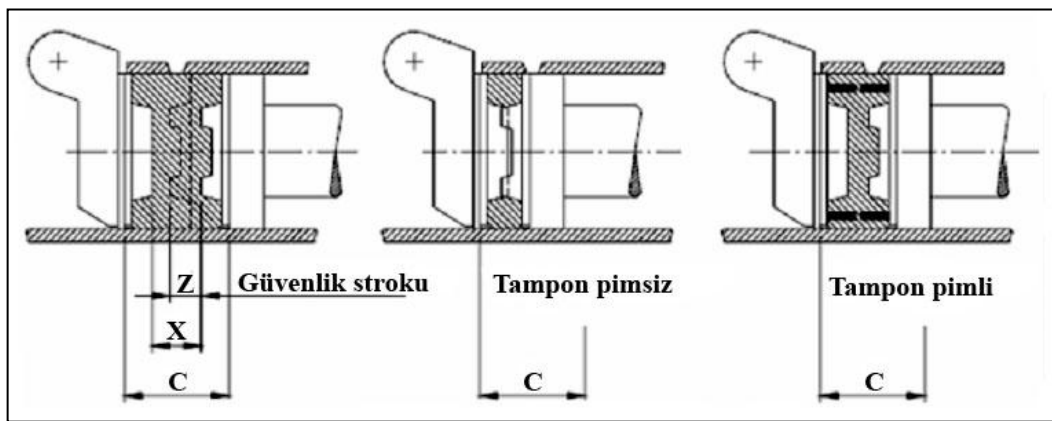
Eğer hesaplanandan daha küçük bir oda derinliği seçilir ve makine kumsuz olarak çalışırsa veya kum püskürtme işleminde bir sorun olursa, model plakaları çarpışabilirler.

Model plakalarının çarpışmasının nedeni, kalıplama odasında kum olsa da olmasa da, basınç plakasının sıkıştırma işlemi sırasında her zaman oda içerisinde ileri doğru hareket etmesi sebebiyledir.

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 3.21). 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 donanımlarının imali sırasında önlemler alınmalıdır. Bu, her biri karşı model plakasındakine karşı gelecek biçimde, her kalıp plakasına en az iki tampon pimi koymak suretiyle yapılır. Bu pimler, uçta en az 25 mm. ve altta 38 mm. 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 [18].

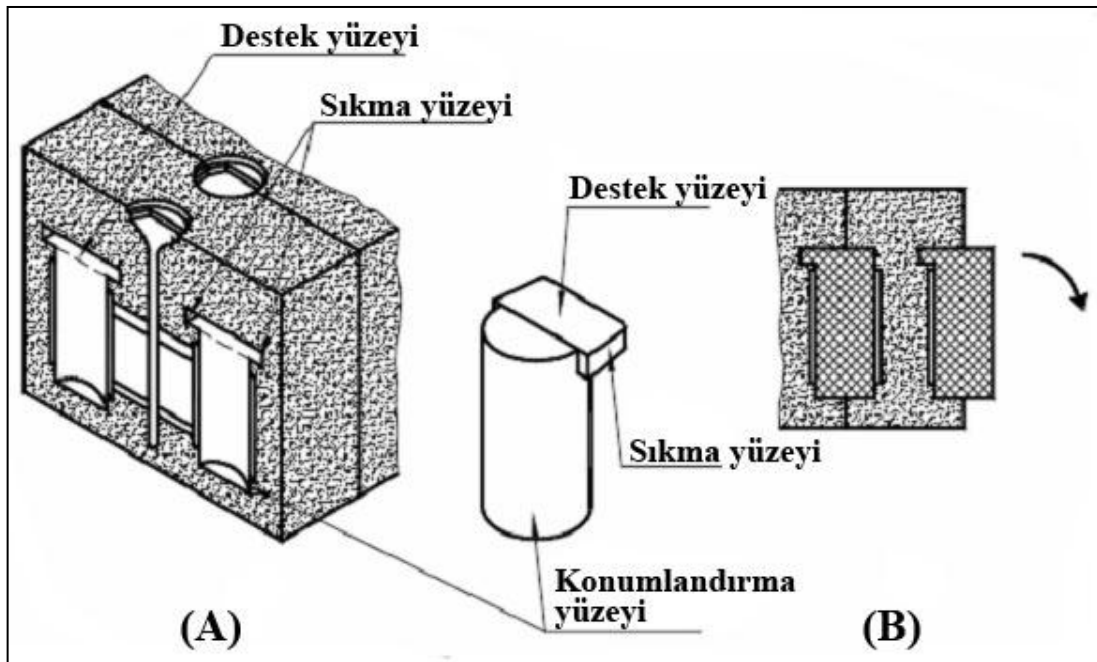


Şekil 3.21 Modellerin için güvenlik stroku ve tampon pim kullanımı [18]

### 3.4.3 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 dâhilinde 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 ( $2^\circ$ ) 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 3.22). Maçalar, makine ve modelden kaynaklanan küçük kusurları önleyebilmek için, maske ile arasında 0,3 mm. küçük bir boşluk bırakılmalıdır [18].

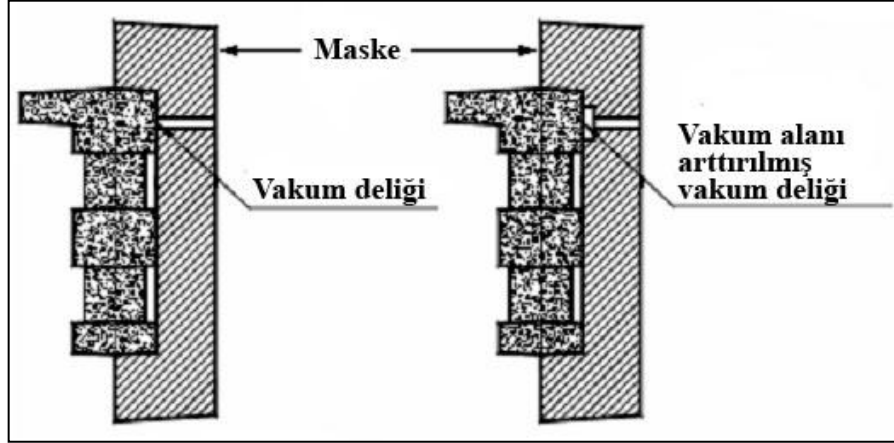


Şekil 3.22 Maçaların kalıptaki yerleşimi [18]

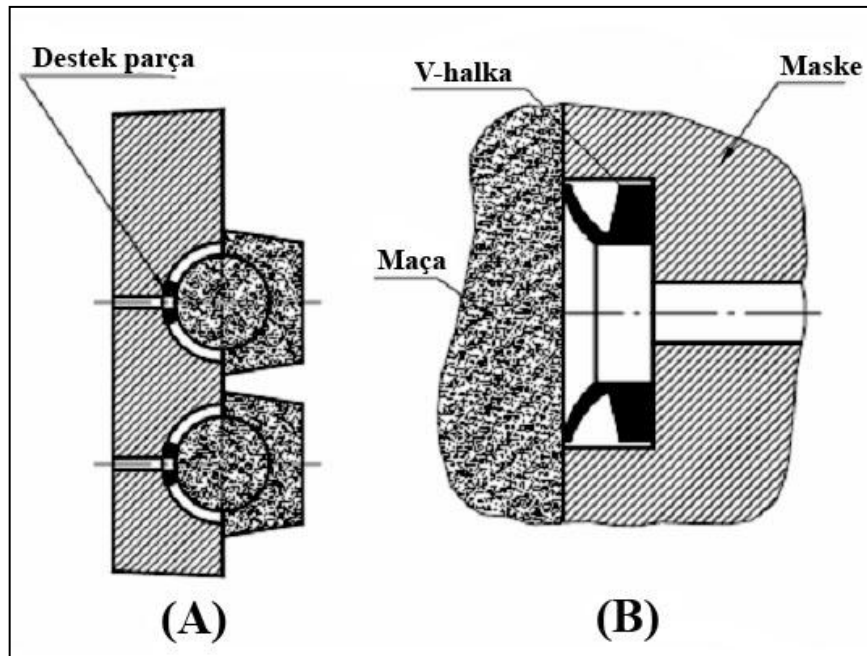
### 3.4.4 Maça Maskesi

Maçalar, maça maskesindeki deliklerden vakum uygulanarak maskede tutulurlar. Maskedeki bu delikler, 5 - 12 mm. çapındadır (Şekil 3.23). Vakum deliklerinin sayısı ve boyutu, maçayı tutma yerlerine, maskedeki maçaların sayısına, maçaların ağırlığına ve boyutuna, maça ve maske arasındaki boşluğa bağlıdır.

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 3.24.A) Maça-maske arasındaki emiş gücünü arttırmak ya da maça geometrisinden dolayı emiş alanını arttırmak için vakum deliklerinin etrafına kauçuk V-halkalar konulabilir. (Şekil 3.24.B) Ayrıca çok ağır maçalarda, vakum deliklerin ilave olarak pnömomatik silindirler maçaların taşınmasına yardımcı olur [18].



Şekil 3.23 Maça maskesindeki vakum delikleri [18]



Şekil 3.24 Maça-maske bağlantısının güçlendirilmesi [18]

Maske çerçevesi alüminyum, içerisi ise epoksi ya da poliüretan reçineden oluşur ve maçaların olacağı kısma aşınmayı azaltmak için kaplama yapılmaktadır. Maça yerleştiricisi, 70 mm. veya 130 mm.'lik iki değişik büyüklükte standart maça maskeleri ile çalışır. 130 mm. lik maça maskesi çok amaçlı olarak kullanılabilir. 70 mm. 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 [12], [18].

#### **3.4.5 Dikey Giriş Sistemi**

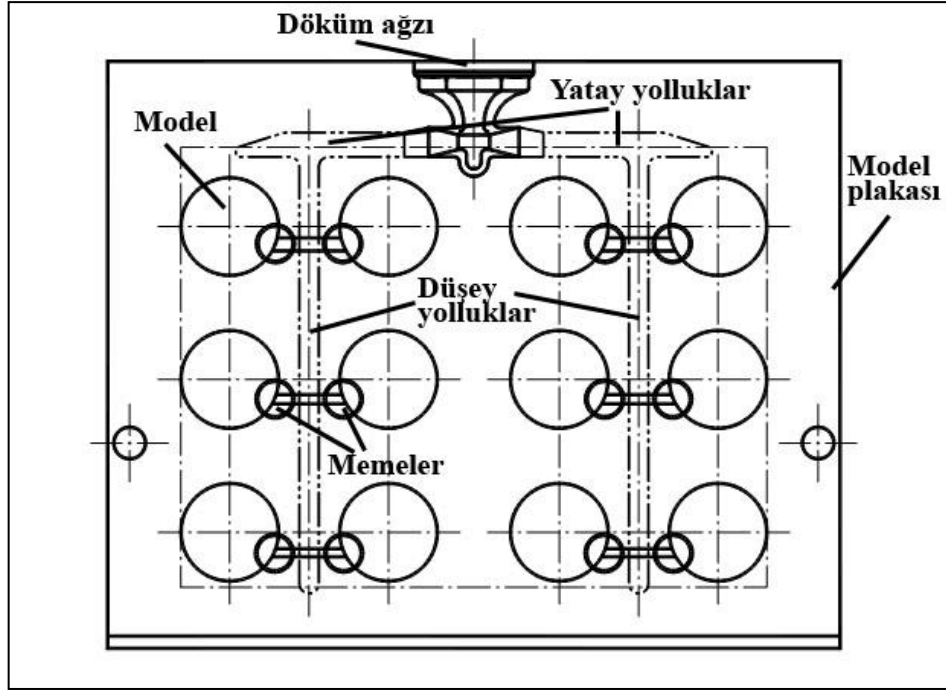
Disamatik kalıplama yönteminde metalin kalıba girişi kendine özgü bir düşey giriş sistemi ile gerçekleşmektedir. Bu sistem her biri standart hale getirilmiş, döküm ağız, yatay ve düşey yolluklar, memeler ve besleyicilerden oluşur. Giriş sistemi elemanları, dökülecek parça geometrisi, kullanılan kalıp boyutları ve döküm metaline göre belirlenmektedir. Düşey giriş sistemleri, elemanları ve yardımcı elemanlar sonraki bölümde detaylı olarak incelenmiştir [14].

### DİSAMATİK KALIPLAMADA YOLLUK SİSTEMİ

Yolluk sisteminin ana elemanları döküm ağzı, yatay ve düşey yolluklar ve memelerdir. Besleyici sisteminin elemanları ise besleyici ve besleyici boynudur. Şekil 4.1’de Disamatik kalıplamada kullanılan çok gözlü kalıpta düşey yolluk sistemi gösterilmektedir. İdeal bir yolluk sistemi şu işlevleri yerine getirmelidir;

- 1) Kalıp boşluğunun sıvı metal ile katılma 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 katılmayı sağlayacak şekilde sıcaklık dağılımı yaratmalıdır.
- 5) Sıvı metal ile gelen ve metalin dağılımı sırasında ortaya çıkan cüruf, pislik ve kumu vs’yi tutmalıdır.
- 6) Sistem hem kalıplama hem de ağırlık açısından ekonomik olmalıdır [14].

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 katılma karakteristikleri dikkate alınarak belirlenir [18].



Şekil 4.1 Disamatik kalıplamada düşey yolluk sistemi [18]

## 4.1 Yolluk Sistemlerinin Tasarımı

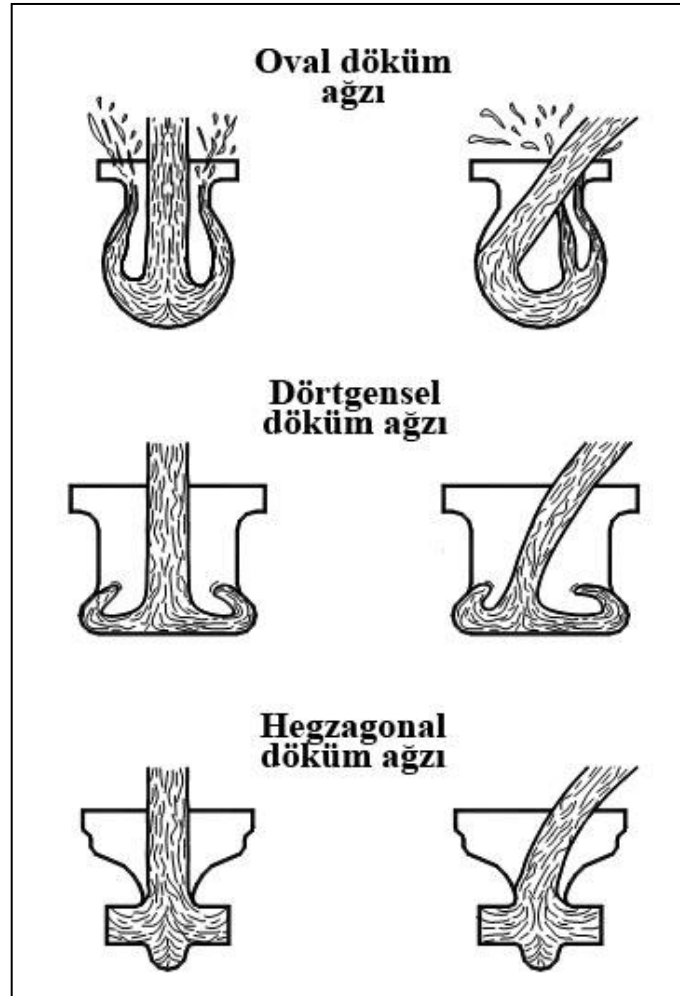
### 4.1.1 Döküm Ağızı

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

Sağlam dökümler elde etmek için döküm ağızı 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 ağızının tamamen dolu olmasına kadar geçen zaman olan geçiş zamanı, doldurma prosesinin kontrol dışına çıktığı kritik bir zamandır. Birçok yolluk sisteminin, bu geçiş zamanı içerisinde oluşan hasarı önlemek için dikkatli tasarlanması kaçınılmazdır.

İyi bir döküm ağızının 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 ağzı, kalıp üst kısmındaki metal döküntülerini yakalayabilecek şekilde tasarlanmalıdır [18].

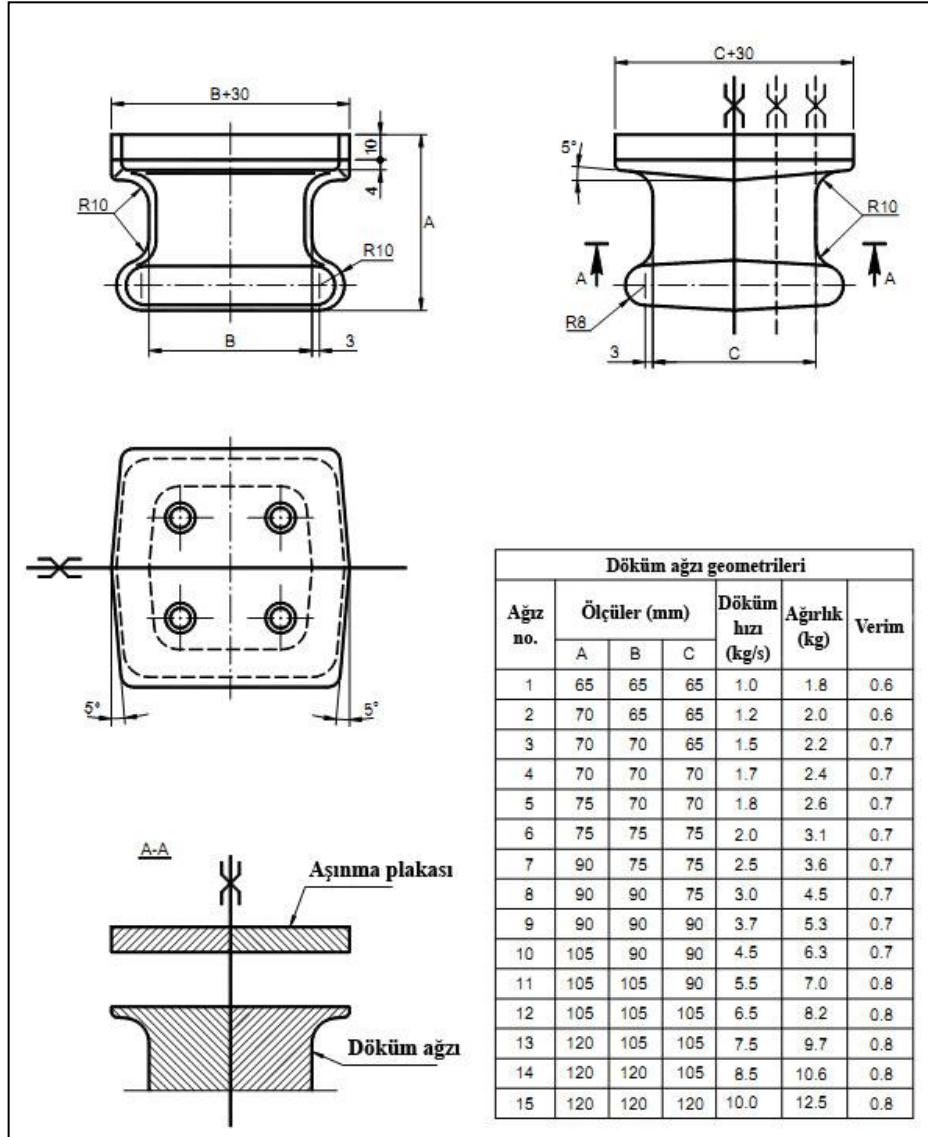


Şekil 4.2 Döküm ağzı türleri [18]

Disamatik kalıplama'da bütün metal çeşitleri için kullanılabilen standart döküm ağızları geliştirilmiştir. Şekil 4.2 (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.

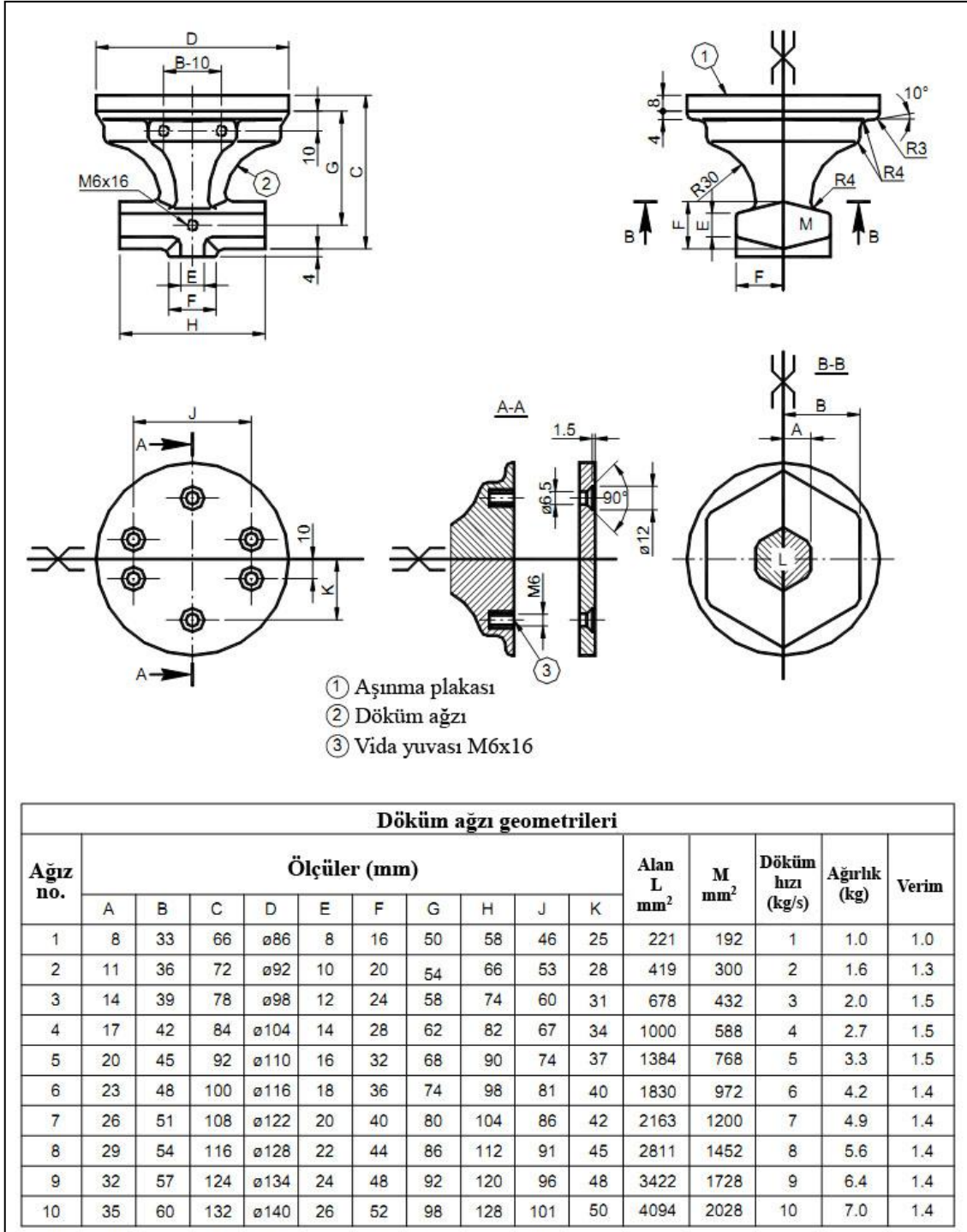
Oval döküm ağızının dezavantajlarından kaçınmak için Şekil 4.2 (b)'de gösterildiği gibi Dörtgenel döküm ağızları geliştirilmiştir. Dörtgenel döküm ağızları, şeklinden dolayı bu ismi almıştır. Bu ağız, türbülansı ve sıçramayı/devrilmeyi önler.

Dörtgenel döküm ağızı, döküm hızı 10 kg/s'ye kadar boyutlandırılır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Dörtgenel döküm ağızı özellikleri [18]

Ayrılma çizgisi gösterildiği gibi düşey yönde rastgele konulabilir. Şekil 4.3'te son sütunda gösterilen verim, döküm ağzında mümkün olan döküm hızının, döküm ağzının ağırlığına bölünmesiyle bulunur. Bu tip döküm ağzlarında verim çok yüksek değildir ancak model plakasında ve diğer yolluk elemanlarına bağlanması kolaydır [18].



Şekil 4.4 Hegzagonal döküm ağızı özellikleri [18].

Dörtgenel döküm ağızlarında verimin düşük olması nedeniyle hegzagonal döküm ağızları geliştirilmiştir. Şekil 4.2 (c) 'de görüldüğü gibi hegzagonal döküm ağızları daha incedir ve adını şeklinden almıştır. Hegzagonal döküm ağızları, türbülansı ve metal sıçraması ve devrilmesini önler.

Hegzagonal döküm ağızları 10 kg/s döküm hızına kadar boyutlandırılır (Şekil 4.4). 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.

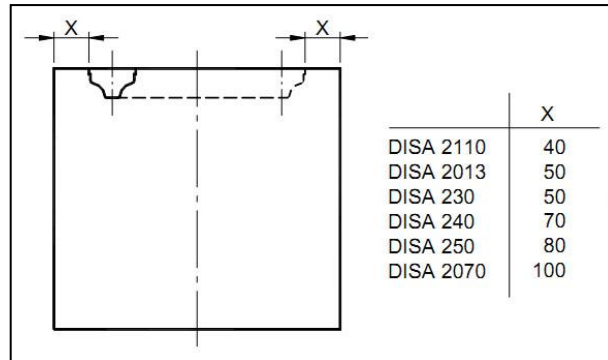
Dörtgenel ve hegzagonal döküm ağızlarının üzerinde özel değişebilir aşınma plakalarının faydaları şunlardır:

- 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 ağızının 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.

#### 4.1.2 Döküm Ağızının Kalıp Üzerindeki Yerleşimi

Disamatik kalıpların dengesi için döküm ağızı ucundan kalıp kenarına kadar olan mesafe kalıplama makinesine bağlı olarak belirli bir değerin altında olmamalıdır. Şekil 4.5'te kalıplama makinelerine göre bu uzaklıklar verilmiştir [18].



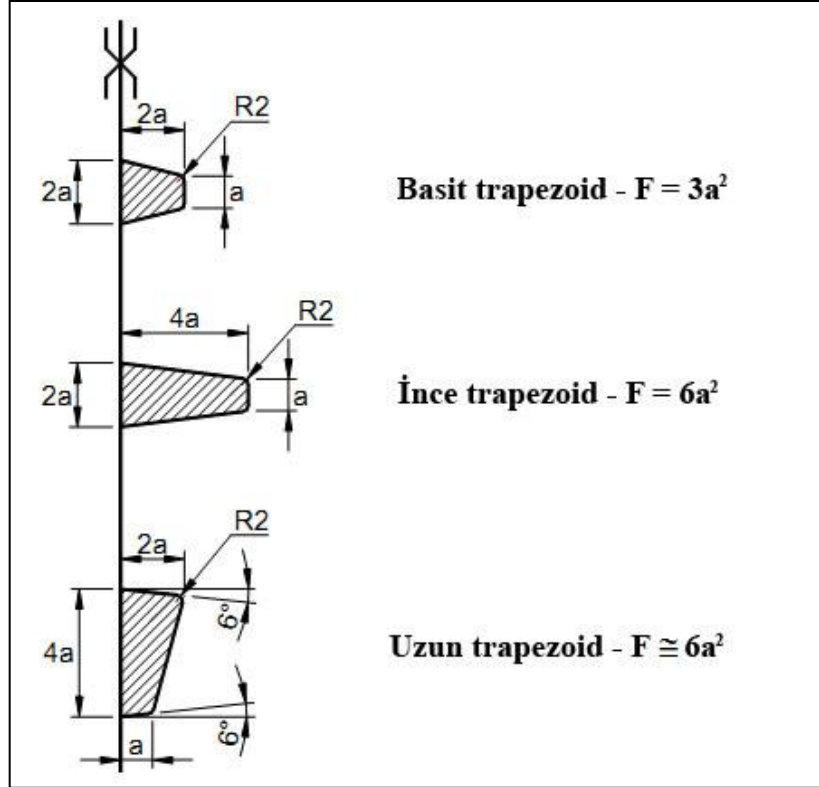
Şekil 4.5 Kalıp üzerinde döküm ağızı yerleşimi [18]

### 4.1.3 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 4.6'da verilmiştir. Özetle şu şekillerde kullanılırlar:

- Basit trapezoid yolluklar, dikey yolluk olarak,
- İnce trapezoid yolluklar genellikle yatay yolluk olarak,
- Uzun trapezoid yolluklar üst yatay yolluk olarak [18].



Şekil 4.6 Standart yolluklar ve kesit alanları [18]

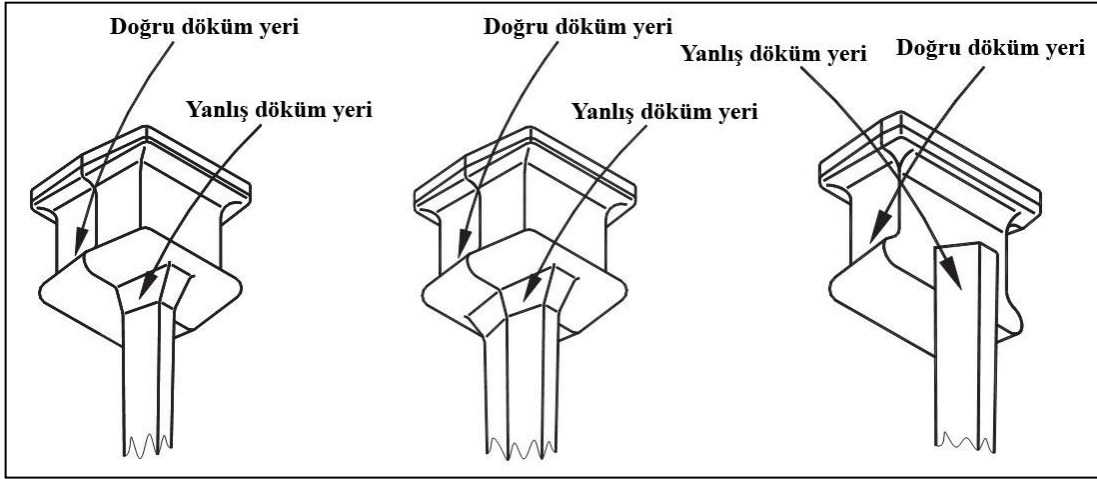
### 4.1.4 Düşey Yollukların Döküm Ağzlarına Bağlantısı

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

Çeşitli basit düşey yollukların dörtgensel döküm ağzlarına bağlantısı Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Bu bağlantının tasarımı, dökümhanelere uygun olacak şekilde çeşitli şekillerde olabilir. Ayrıca Şekil 4.7'de düşey yolluk ile bağlanmış bir döküm ağzına

nasıl döküm yapılacağı da gösterilmektedir. Potanın kenarı, döküm ağızına çok yakın olmadıkça düşey yolluklara direkt olarak döküm yapılmaması tavsiye edilir. Bunun nedeni metal akış hızının, döküm ağızı ile pota kenarı arasındaki uzaklığına bağlı olarak değişmesinden dolayı dinamik basıncın değişmesidir.

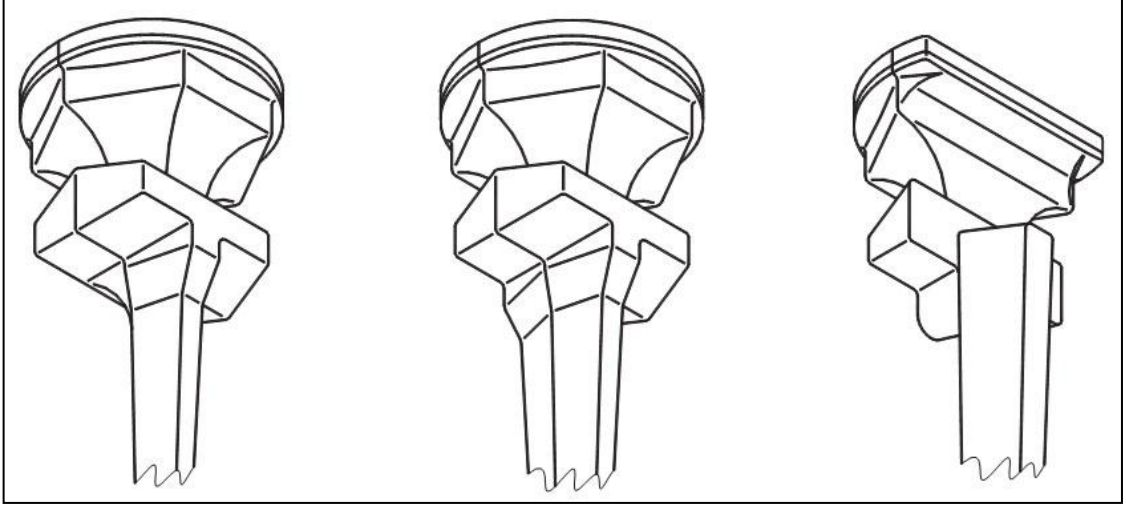
Şekil 4.7’de gösterildiği gibi döküm ağızındaki yuvarlak kenarlardan sıvı metal geçerek metal hızının mümkün olduğu kadar azaltacak şekilde uygun bir pozisyonda döküm yapılması tavsiye edilmektedir.



Şekil 4.7 Dörtgenel döküm ağızlarına düşey yollukların bağlanması [18]

Düşey yollukların hegzagonal döküm ağızlarına mümkün olan farklı basit bağlantıları Şekil 4.8’de gösterilmektedir. Bu bağlantının tasarımı farklı dökümhanelere uygun olacak şekilde çeşitlendirilebilir.

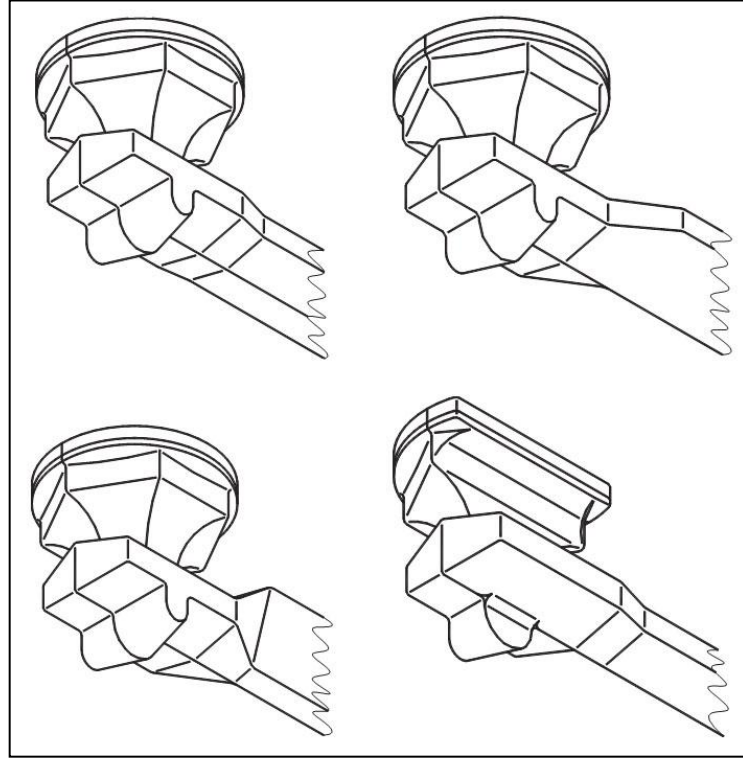
Bu döküm ağızları oldukça ince olduğu için bunun içerisine döküm yapmak aynı zamanda da düşey yollukların içerisine direkt olarak dökülmesini engellemek zordur. Bu bağlantılarda, döküm hızı dolayısıyla basınç fazla olacağından düşey yollukların bu tip ince döküm ağızlarına bağlanması tavsiye edilmez. Bazı dökümhanelerin bu tip bağlantıyı başarı ile kullanabilmesi için döküm hızı yaklaşık olarak  $1 \text{ kg/s}$  ‘ den daha az olmalıdır [18].



Şekil 4.8 Düşey yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlanması [18]

#### 4.1.5 Yatay Yollukların Döküm Ağızlarına 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 4.9'da gösterilmektedir.



Şekil 4.9 Yatay yollukların hegzagonal döküm ağızlarına bağlantıları [18]

#### 4.1.6 Üst Yatay Yolluk

Üst yatay yolluk için standart yolluklar arasından bir seçim yapılır (Şekil 4.6). Üst yatay yollukların 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 4.1 'de üç standart üst yolluk bazı önemli yönlerden karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.1 Basit, ince, uzun standart üst yatay yollukların karşılaştırılması [18]

| 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           |

#### **Taşınma kabiliyeti:**

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.

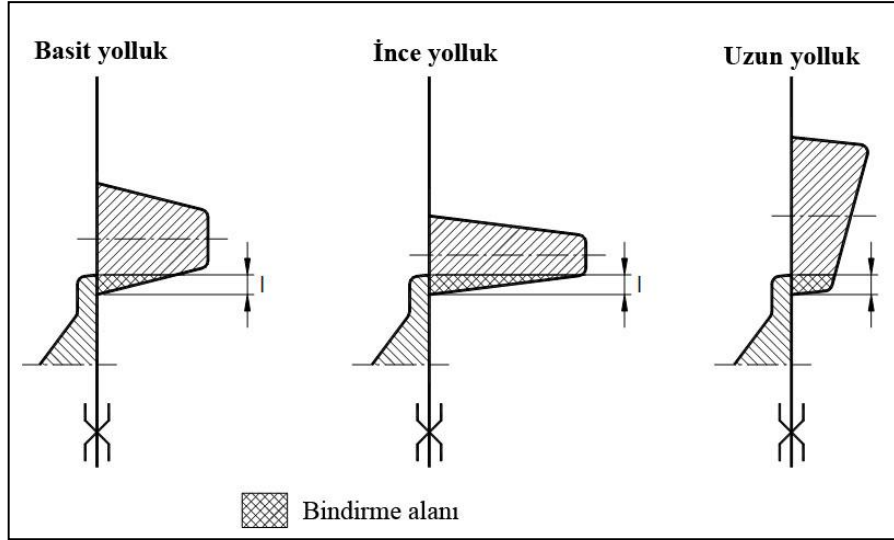
#### **Metali yakalama kabiliyeti:**

Üst yatay yolluk ile düşey yolluk arasındaki bindirme kesit alanları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

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.

#### **Kum ve cüruf tutma kabiliyeti:**

Kum ve cüruf normal olarak alüminyum dışında metallerden daha hafiftir. Kum ve cüruf, kalıp yüzeyine yakın oldukları zaman ve hızları düşük olduğunda kolayca kalıp yüzeyine yapışırlar. 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.

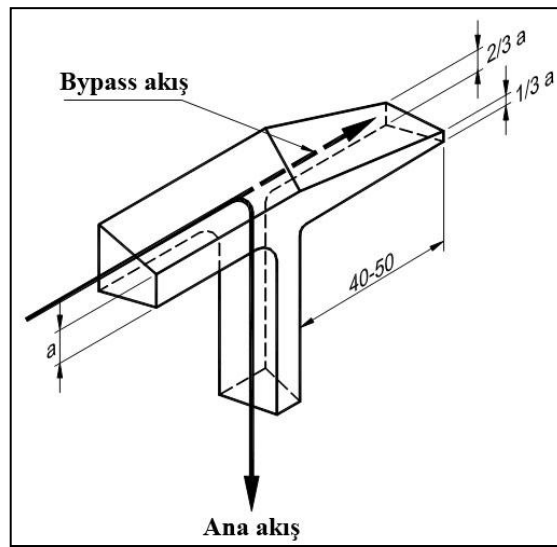


Şekil 4.10 Yatay yollukların düşey yolluklara bindirilerek bağlanması [18]

#### 4.1.7 Üst Yatay Yolluklar Ve Düşey Yolluklar Arasındaki Bindirme

Yatay akışı, düşey akışa dönüştürmenin yolu basitçe Şekil 4.11’de 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 uzantının sonuna doğru azalmasının nedeni ise hızı giderek azaltmaktır.

Basit, ince ve uzun trapezoid yatay yolluklar ile düşey yolluklar arasındaki bağlantı tasarımları Şekil 4.12’de gösterilmiştir [18].



Şekil 4.11 Yatay yönden düşey yöne basit akış şekli [18]

#### 4.1.8 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 4.2).

Çizelge 4.2 Basit, ince, uzun standart düşey yollukların karşılaştırılması [18]

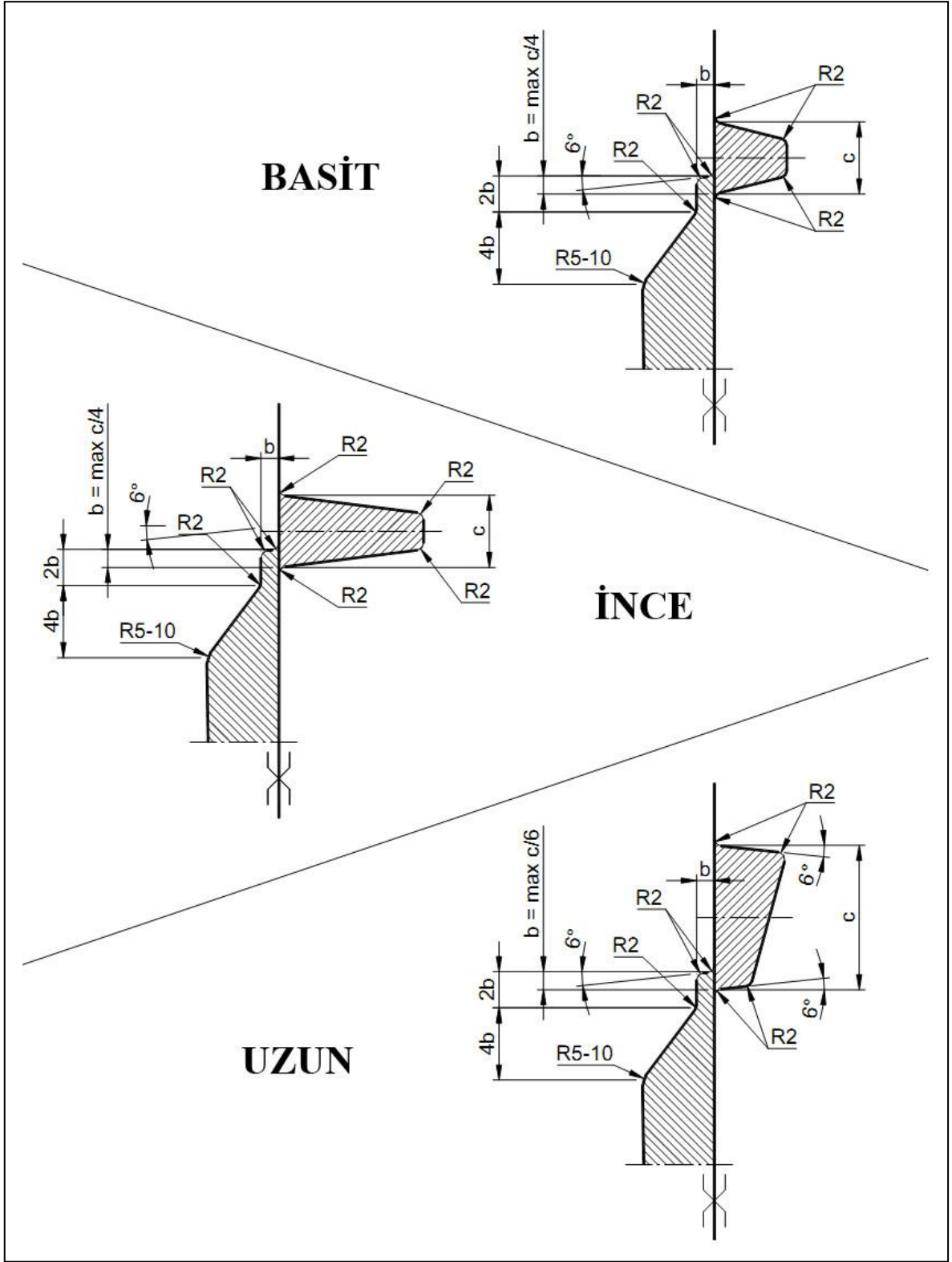
| Yolluk (Düşey)                   | Basit trapezoid | İnce trapezoid | Uzun trapezoid |
|----------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Taşıma kabiliyeti                | Çok iyi         | İyi            | İyi            |
| İlk metali yakalama kabiliyeti 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

Basit trapezoid yolluklar aynı kesit alanı için daha iyi sonuçlar verdiği için dolayı 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 [18].

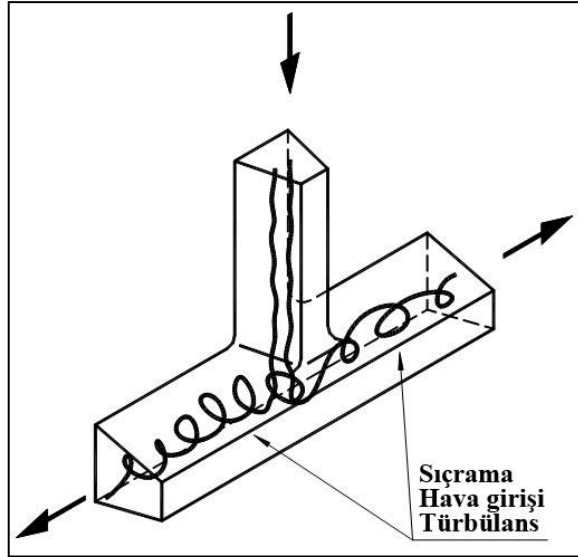
#### 4.1.9 Düşey Yollukların Yatay Yolluklara Bağlantısı

Düşey yolluktan yatay yolluğa akış yönünü değiştirme basitçe Şekil 4.13'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 [18].



Şekil 4.12 Basit, ince ve uzun yatay yolluklar için üst yatay yolluk ve düşey yolluk arasındaki bindirme tasarımı [18]

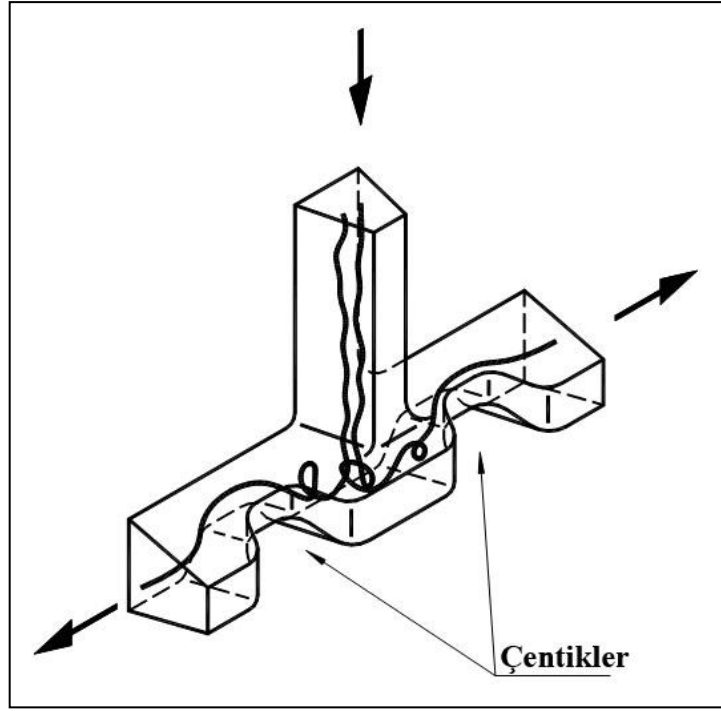


Şekil 4.13 Düşey yolluk ile yatay yolluğun basit bağlantısı [18]

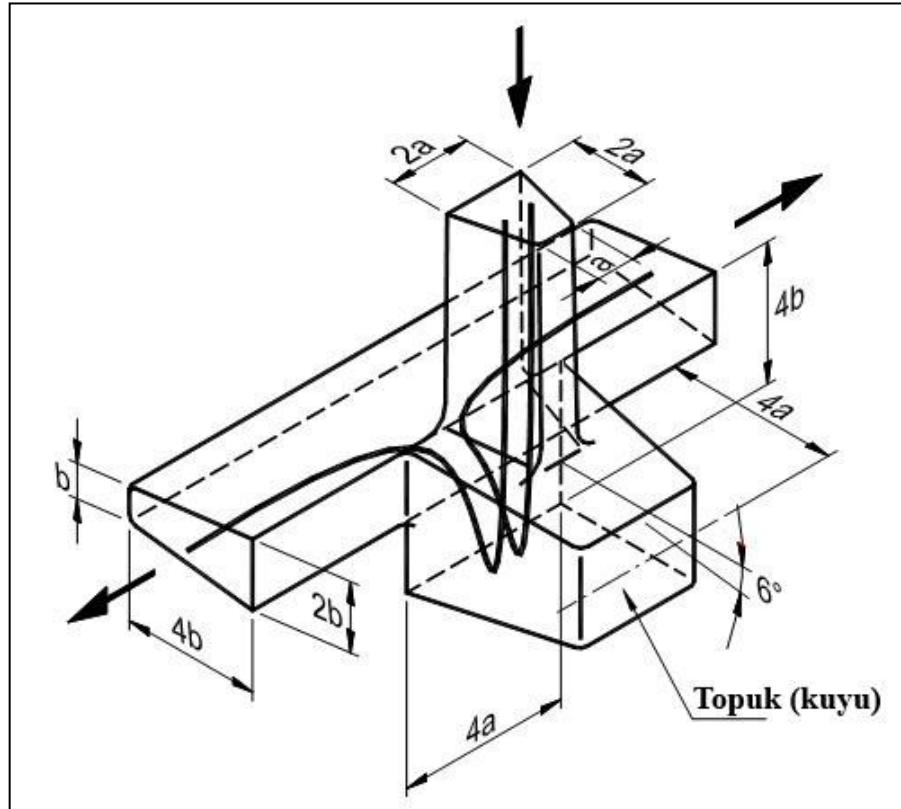
Bağlantı bölgesine yakın yatay yollukta çentik olması ile bu durum engellenebilir. İlave olan iki çentiğin kesit alanı düşey yolluğun kesit alanı ile karşılaştırılır (Şekil 4.14).

Düşey yolluktan yatay yolluğa geçişte bir kuyu (topuk) dâhil edilmesi ve diğer kalıp parçasının içine taşınması durumunda, tasarım normal olarak üretim ve döküm için uygun olacaktır. Bu durumda sıçramalar ve hava emilmesi önlenmiş olur. Hazne eni ve derinliği, düşey yolluğun eni ve derinliğinin iki katı olması tavsiye edilmektedir (Şekil 4.15).

Bu bağlantı için sonraki geliştirmeler hazneli geçiş durumuna çentiklerin ilave edilmesidir. Eğer üst yatay yolluk ile alt yatay yolluk arasında orta yatay yolluk varsa alttaki bağlantı durumu ortadaki bağlantı için de geçerlidir [18].



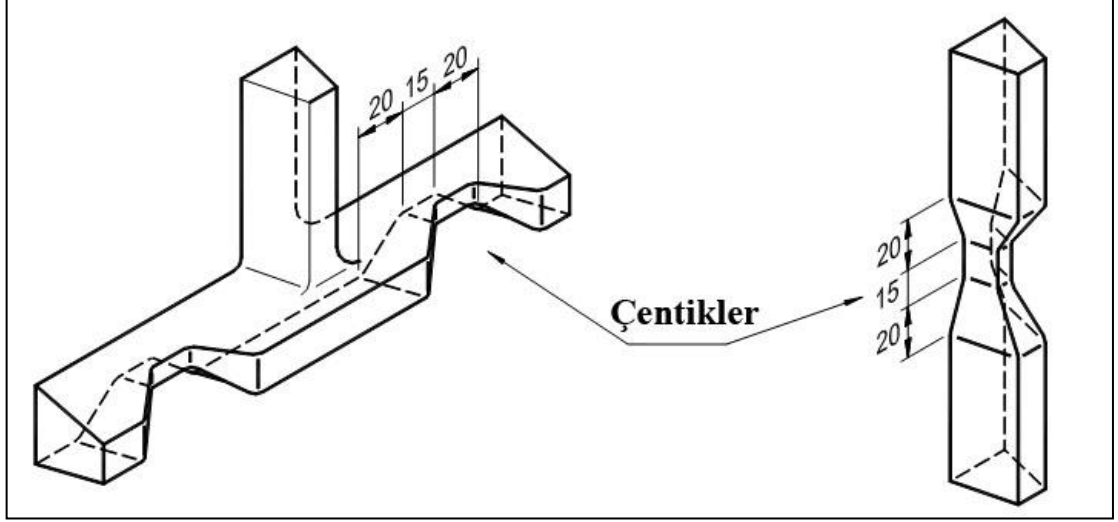
Şekil 4.14 Düşey yolluk ile çentikli yatay yolluğun basit bağlantısı [18]



Şekil 4.15 Düşey yolluktan yatay yolluğa basit akış [18]

#### 4.1.10 Çentikler Ve Yolluklar Üzerinde Alan Azaltılması

Düşey ya da yatay yolluklar üzerinde çentikler kullanılırsa yolluklar Şekil 4.16'da gösterildiği gibi tasarlanmalıdır. Bu tasarım, akışın oldukça düzgün ve türbülanssız olmasını sağlar [18]



Şekil 4.16 Asimetrik (yatay) ve simetrik (düşey) çentikli yolluklar [18]

#### 4.1.11 Orta Ve Alt Yatay Yolluklar

Orta ve yatay yolluklar için görülen bir basit, bir ince ve bir uzun yolluk arasından bir seçim yapılmalıdır (Şekil 4.17). Bu üç standart yolluk ana özellikleri bakımından birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.3).

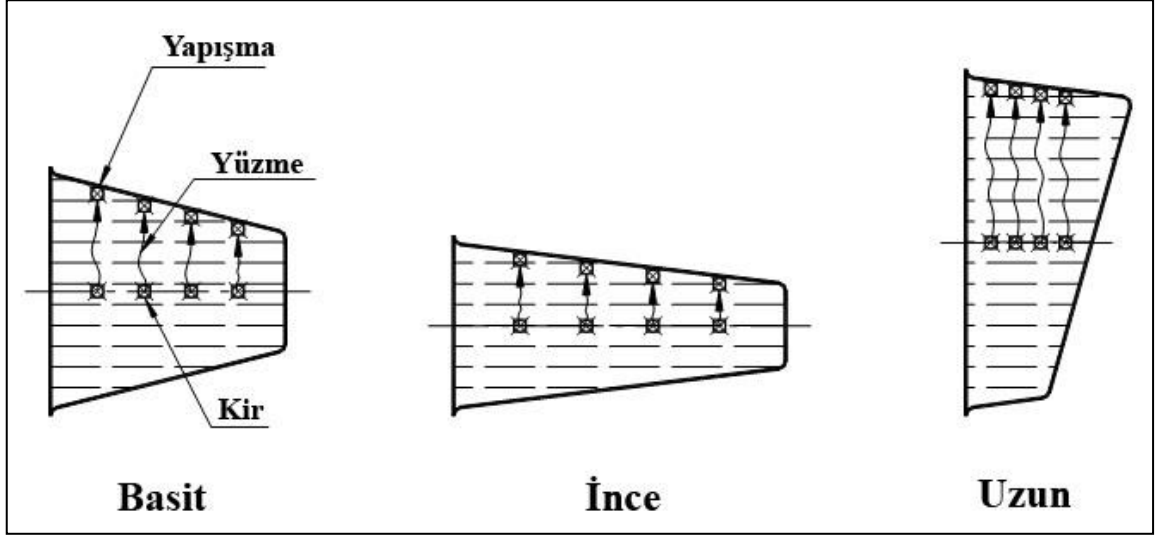
Çizelge 4.3 Basit, ince, uzun standart orta ve alt yatay yollukların karşılaştırılması [18]

| 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 bahsedilen bindirme yolu burada işe yaramaz. Bütün yolluklar, yolluğun en son kısmında memelere akışında biraz ilk metal yakalayacaklardır.

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

Kir yakalama özelliği Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Burada kir, aynı kesit alanına sahip dört parçacık şeklinde, üç tip yolluğun merkez çizgisinde 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.



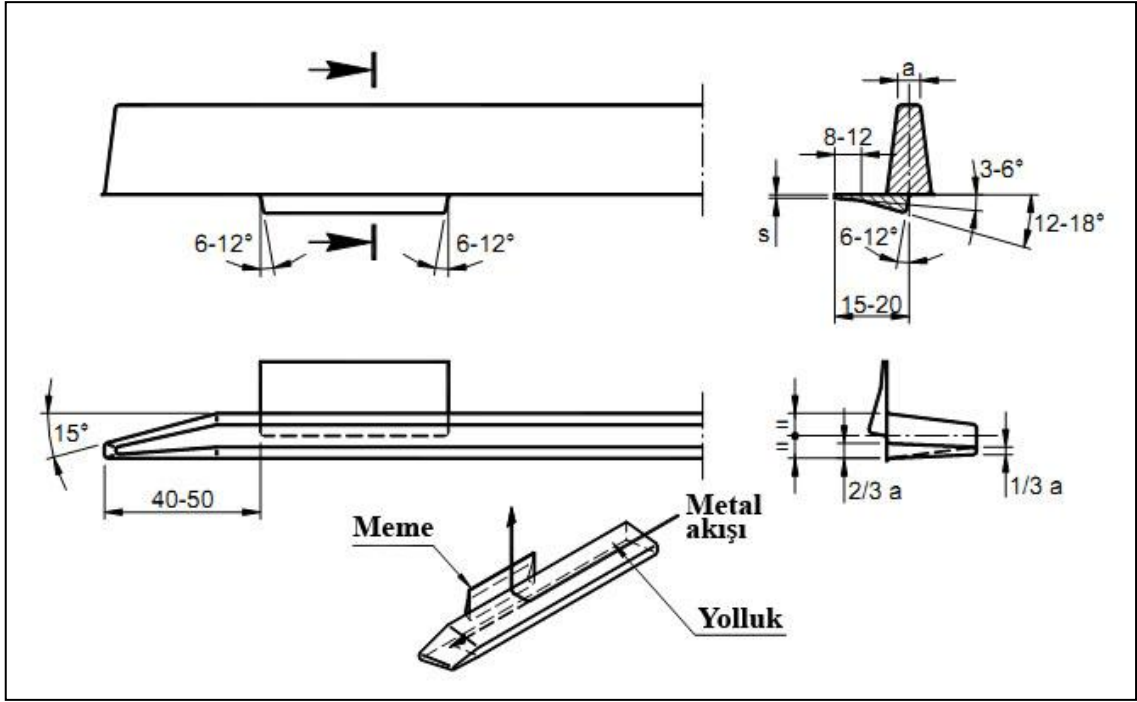
Şekil 4.17 Orta ve alt yatay yolluklar [18]

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 [18].

#### 4.1.12 Memeler

Genellikle memeler Şekil 4.18’de 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  $3-6^\circ$  ‘lik bir artış, döküm parçanın daha kolay kopmasını sağlar.
- Meme kalınlığında  $12-18^\circ$  ‘lik bir artış metalin, yolluktan soğuk olarak akmamasını sağlar.



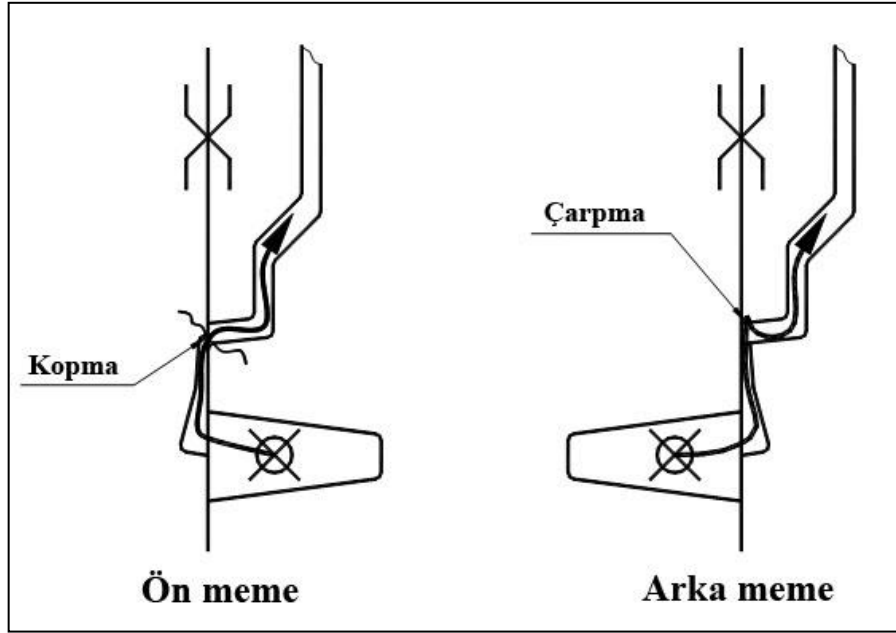
Şekil 4.18 Meme ve yatay yolluğa bağlantısı [18]

Meme kalınlığı  $s$ , döküm parça katılma modülünün %25'i ile %100'ü arasında değişik değerler alabilir. Meme kalınlığı, döküm modülünün %25'inden 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 nokta oluşabilir. Bu da lokal bir büzülmeye sebep olabilir. Meme kalınlığı 1 mm.'den daha az olursa yanlış akış riski ile karşılaşılabilir.

Şekil 4.18'deki meme tasarımı 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, arka meme denilmektedir. Buraya kadar açıklananlar arka memeler içindir. Ön ve arka memeler Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19 Ön ve arka memeler [18]

Ön memeler aşağıdaki özelliklere sahiptir.

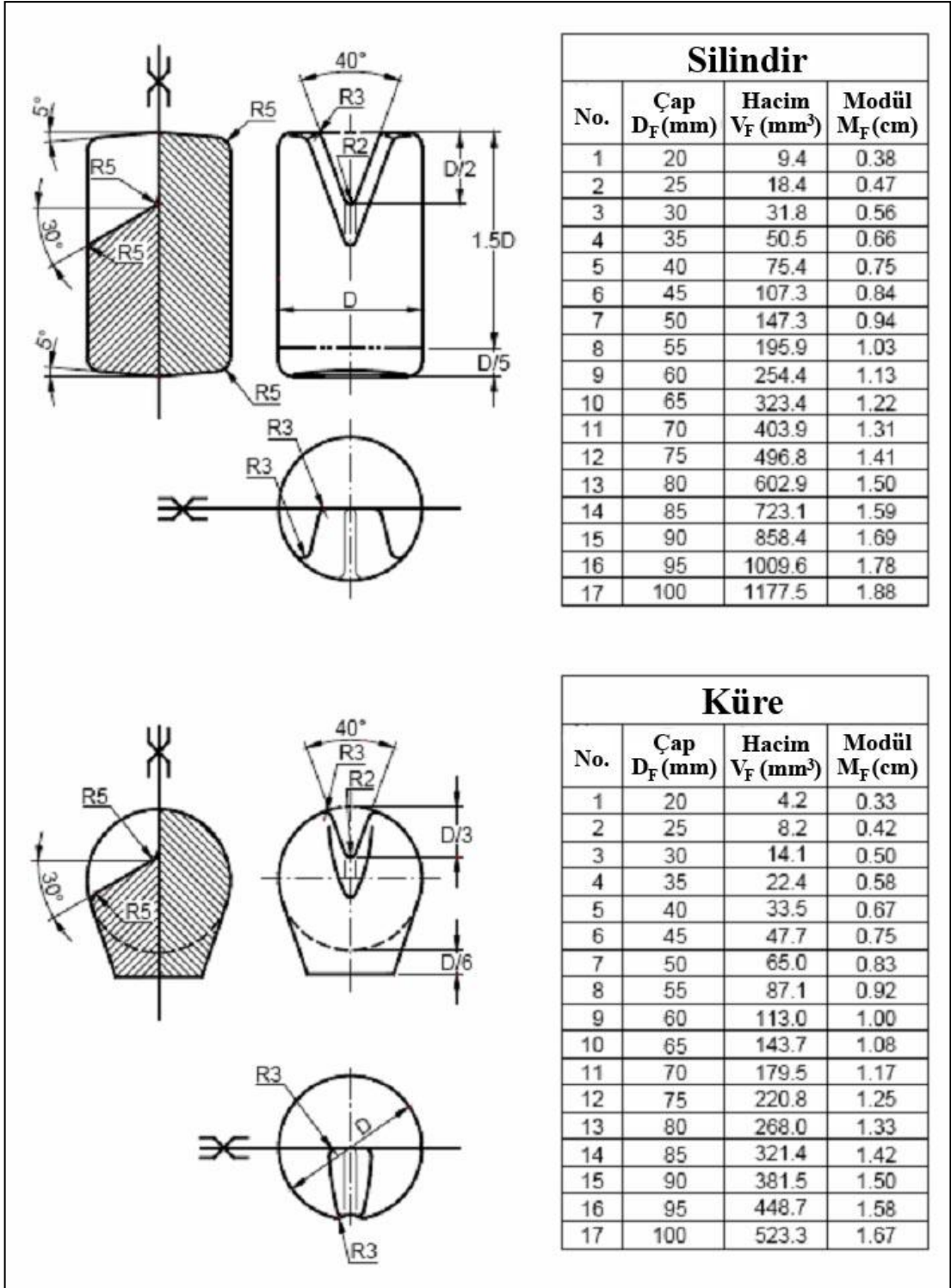
- Sıvı metal, kalıp duvarına çarparsa ve kum erozyonu olursa, ön memeler yanlış akışı düzeltir.
- 2 mm. civarına kadar bindirme uzunluğu, memenin döküm parçadan oldukça rahat bir şekilde kopmasını sağlar. Bu nedenle taşlama işlemine ihtiyaç duyulmaz. Bu özellik daha çok modelin aynı model plakası üzerinde olmasına imkân verir.
- Ön meme tasarımı, 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 türbülansa daha az etkilenir.
- 0.25 cm.’den daha yüksek katılma modülü için; kum, bindirme alanı yakınında daha yüksek sıcaklıkta olur ve bu alan yakınında gaz boşlukları oluşabilir [18].

#### 4.1.13 Besleyiciler

Besleyiciler kalıpta yönlü katılaşmayı, yani katılaşmanın 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 katılaşmasını sağlarlar. Besleyiciler, kendini çeken dökümler için yeterli sıvı metal içeriğini mümkün olduğunca sıcak tutabilen, 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 metalin daha geç katılaşmasını sağlayarak döküm parçadan önce katılaşmasını engeller (Şekil 4.20).

İyi bir besleyiciden beklenen özellikler şunlardır;

- Besleyici, döküm parçanın en sıcak kısmını ya da en son katılaşan kısmını besleyebilmeli ve bu kısımdan daha geç katılaşmalıdır. Ayrıca yerçekiminden yararlanarak beslemeyi kolaylaştırmak için döküm parçanın üst kısmında olmalıdır.
- Besleyici, döküm parçanın kendini çekmesini karşılayabilecek kadar sıvı metal içeren büyüklükte olmalıdır.
- Besleyici, ergiyik metali kalıp boşluğuna çok iyi bir şekilde transfer edecek ve minimum hacimde en yüksek sıcaklığa sahip olacak bir şekilde sahip olmalıdır.
- 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 [18].



Şekil 4.20 Standart besleyiciler [18]

#### 4.1.13.1 Besleyici Modülü ( $M_F$ )

Besleyici modülü ( $M_F$ ), dökümden sonra belli bir zamana kadar besleyicinin sıvı metalle döküm parçayı yeterince besleyecek kadar büyük olmalıdır.

$$M_F = k_M \times M_C \quad (4.1)$$

$M_C$ : 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 4.4 'te verilmiştir [18].

Çizelge 4.4 Bazı malzemeler için  $k_M$  değerleri [18]

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

#### 4.1.13.2 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.

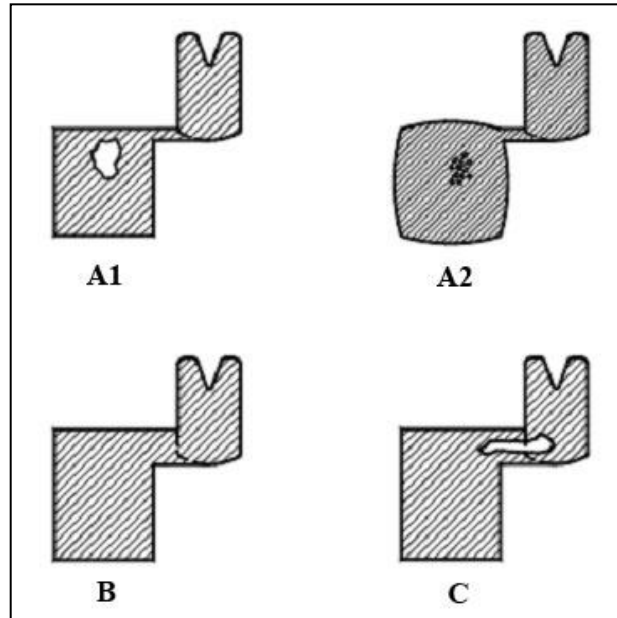
$$M_C = \frac{V_C}{A_C} \text{ (cm)} \quad (4.2)$$

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

#### 4.1.13.3 Besleyici Boynu

Döküm parça ile besleyici arasındaki bağlantının yani 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 katılaştır ve döküm parçada çekme boşlukları oluşur (Şekil 4.21 A1 ve A2). Besleyici boynu çok büyük olursa, boyun çok fazla ısı enerjisi içereceğinden döküm parçadan ve/veya besleyiciden daha sonra katılaştır. (Şekil 4.21 C). Besleyici boynunun, döküm sonrasında parçadan kolayca temizlenebilir olmasına da dikkat edilmelidir.



Şekil 4.21 Besleyici boynunun döküm parçaya etkisi [18]

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 [18].

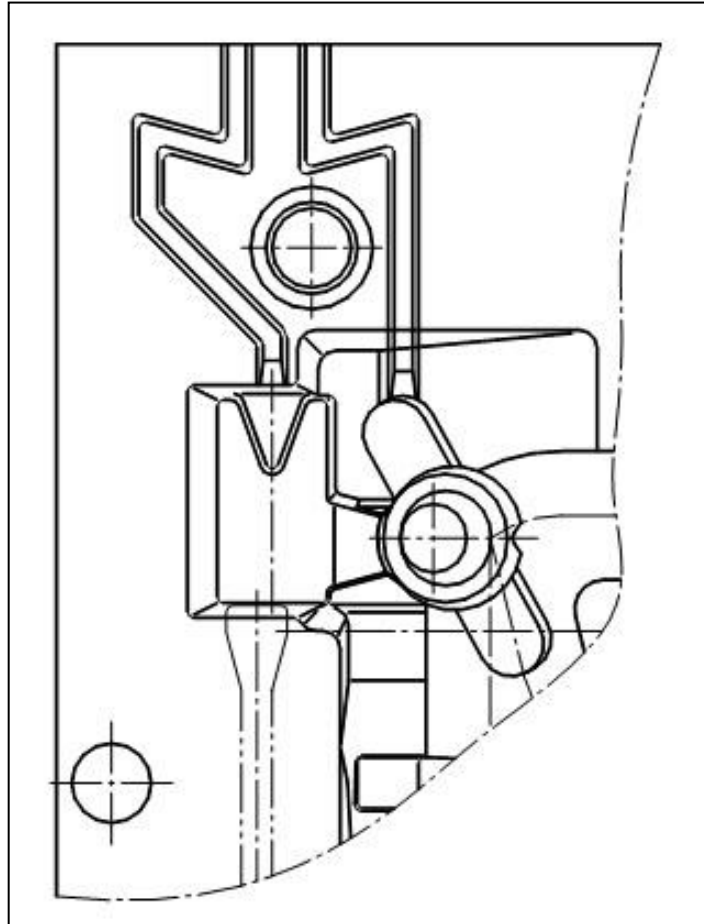
$$M_N \geq \frac{M_F}{3} \quad (4.3)$$

#### 4.1.14 ıkıcılar

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. ıkıcılar çoğunlukla dökülen parçanın en üst kısmına yerleştirilirler.

ıkıcıları uygun taslaklarla bütün şekillerde yapmak çok basittir. Disamatik kalıplamadaki düşey ayırma nedeniyle çıkıcılar da düşey yöndedirler. ıkıcıların kesit alanı, yapılan işe bağlı olarak daire, kare ve trapezoid şekilde olabilir.

ıkıcının şekli mümkün olduğu kadar çok pürüzlü olmalı ve metalin kalıp boşluğuna ilerlememesini sağlamalıdır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 ıkıcılar.

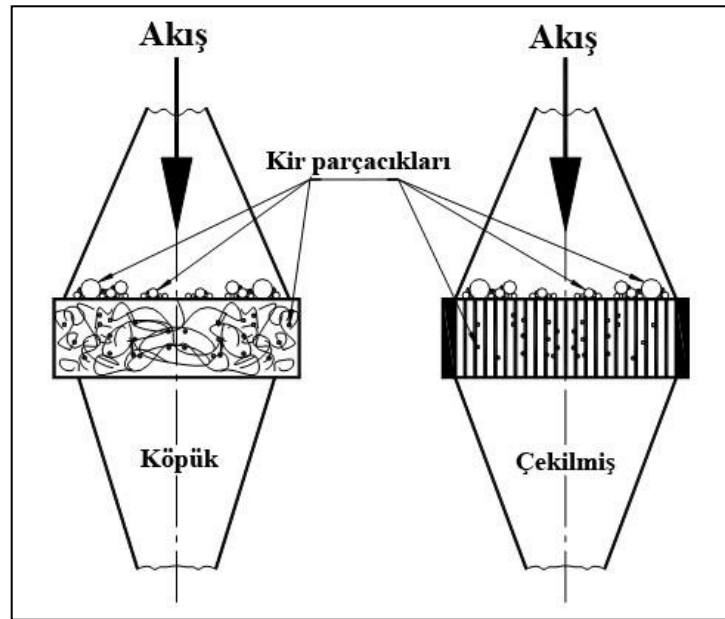
Maça çıkıcıları, maça izdüşümü kesit alanının minimum %15'i kadar kesit alanına sahip olmalıdır. Döküm parça çıkıcısı, eğer meme basınçlı yolluk sisteminde ise, meme kesit alanının en az %15'i kadar kesit alanına sahip olmalıdır. Eğer meme basınç altında değilse, döküm parça çıkıcısı hesaplamalara göre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

Çıkıcı kalınlığı "t" , maksimum döküm katsayısının %50'si ile %150'si arasında farklı değerler alabilir. Eğer çıkıcı kalınlığı, döküm katsayısının %50'sinden daha az ise döküm parça, katılma sıcaklığının altına düşmeden önce çıkıcılar katılacağından 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 oluşumuna sebep verebilir [18].

#### 4.1.15 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 4.23 Köpük seramik ve çekilmiş seramik filtreler [18]

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 4.23). Bu filtreler aşağıda belirtilen maddeleri filtre etme özelliklerine sahiptir;

- Ergitme ocağı ve pota refrakter parçacıkları,
- Kum taneleri,
- Metal işlemlerindeki reaksiyon ürünleri,
- Diğer cüruflar ve oksitler.

Filtrelerin üç temel özelliği vardır:

- 1) Eleme: Cüruf parçacıkları ya da delik/gözenek boyutundan daha büyük olan parçacıkları filtre girişinde yakalar.
- 2) Bağlanma: Filtre girişinde daha büyük parçacıklar yakalandığında daha küçük olan parçacıklar büyük olan parçacıklara yapışır.
- 3) Derin yatak (tabaka) filtrasyonu: En küçük cüruf parçacıkları filtre gözenekleri içerisinden geçerken gözeneklere yapışır.

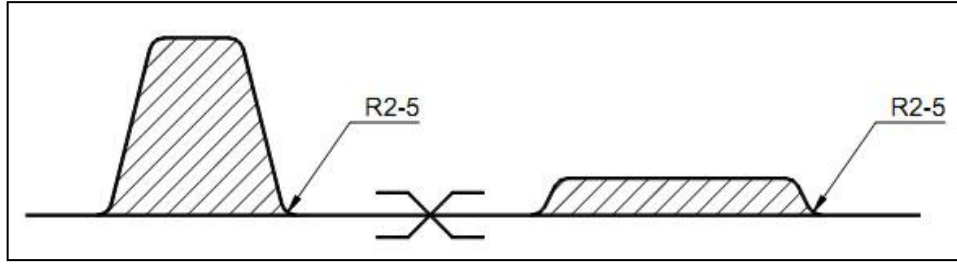
Aynı yolluk sistemi için, filtre kullanılan sistemler filtre kullanılmayanlara göre metali daha iyi temizler. Ancak filtreli sistemden elde edilen döküm parçalarının filtresiz sistem döküm parçalarının yerine tercih edileceğine dair açık bir kanıtta yoktur. Pratikte birçok dökümhane her iki şekilde de 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 [18]

#### **4.1.16 Yolluk Sistemindeki Radyüsler**

Tüm yolluk sistemi hesaplandığında ve üretildiğinde keskin kum kenarlarını engellemek için  $R=2,5$  mm. civarında radyüslerin olması tavsiye edilmektedir (Şekil 4.24) [18]

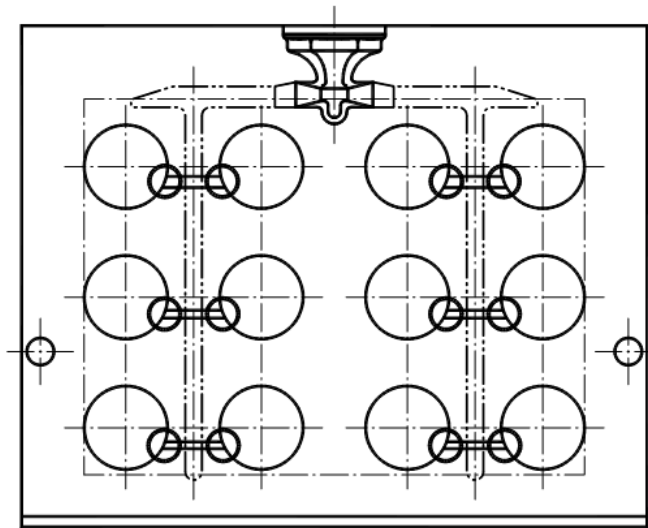


Şekil 4.24 Yolluk sistemindeki radyüsler [18]

#### 4.2 Basınçlı Yolluk Sistemi

Basınçlı yolluk sistemleri, memelerin boyutlarıyla karakterize edilir. Bu sistemde memeler, sürtünme göz önünde bulundurularak serbest düşme formülüne göre belirlenir (Şekil 4.25).

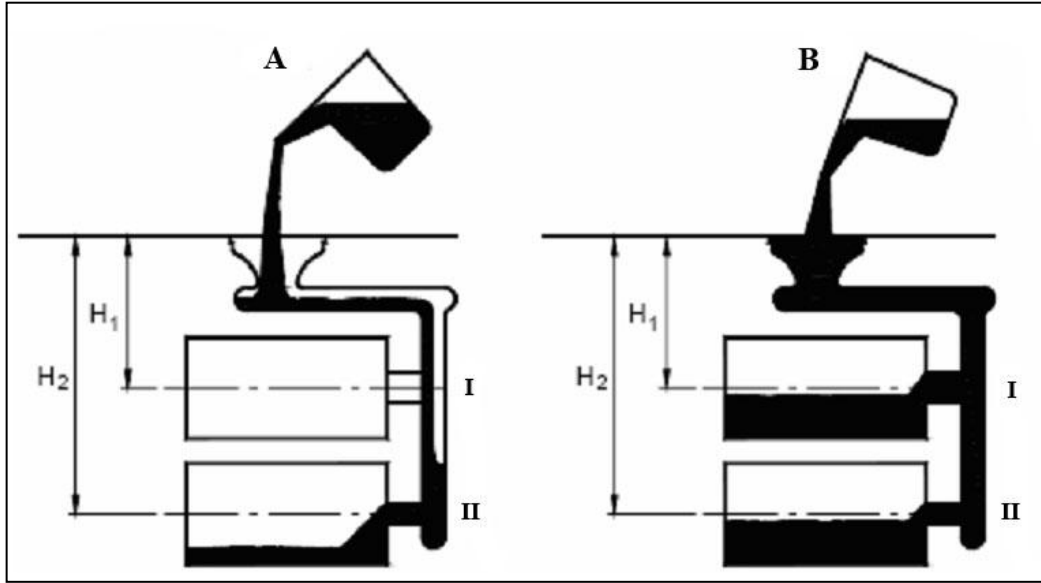
Yatay ve düşey yolluklar, sıvı metalin, yönünü sürekli  $90^\circ$  değiştirerek döküm ağzından memelere kadar ulaşmasını sağlamaktadır. Sıvı metalin, yolluklar içerisinde memelere ulaşana kadar oluşan metal akış kayıplarını karşılayabilmesi yani gerekli basıncı koruyabilmesi için yollukların kesit alanı %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 4.25'te işaretli kısımlar) [18].



Şekil 4.25 Basınçlı yolluk sistemi [18]

#### 4.2.1 Basınçlı Yolluk Sistemlerinde Metal Akışı

Döküm ağzının 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 ağzı dolmadan önce alttaki kalıp boşlukları dolmaya başlar ve üstteki kalıp boşlukları en son dolar. Bunun sonucunda birçok problem ortaya çıkar. Yolluk ve meme kesit alanlarının uygun şekilde boyutlandırılması ile bu problemler ortadan kaldırılmış olur.



Şekil 4.26 Kalıp boşluklarının doldurulması [18]

Kalıp boşluklarının Şekil 4.26.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 makinesi 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 4.26.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 [18].

### 4.3 Basınçlı Yolluk Sistemi Formülleri

#### 4.3.1 Serbest Düşme Ve Basınçlı Yolluk Sistemi

Basınçlı yolluk sistemlerinde hızın hesaplanması, Torricelli'nin bir cisim için serbest düşme eşitliğine dayanmaktadır (Şekil 4.27.A).

$$V = \sqrt{2 \times g \times H} \quad (4.4)$$

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

g: Yerçekimi ivmesi (9810 mm<sup>2</sup>/s)

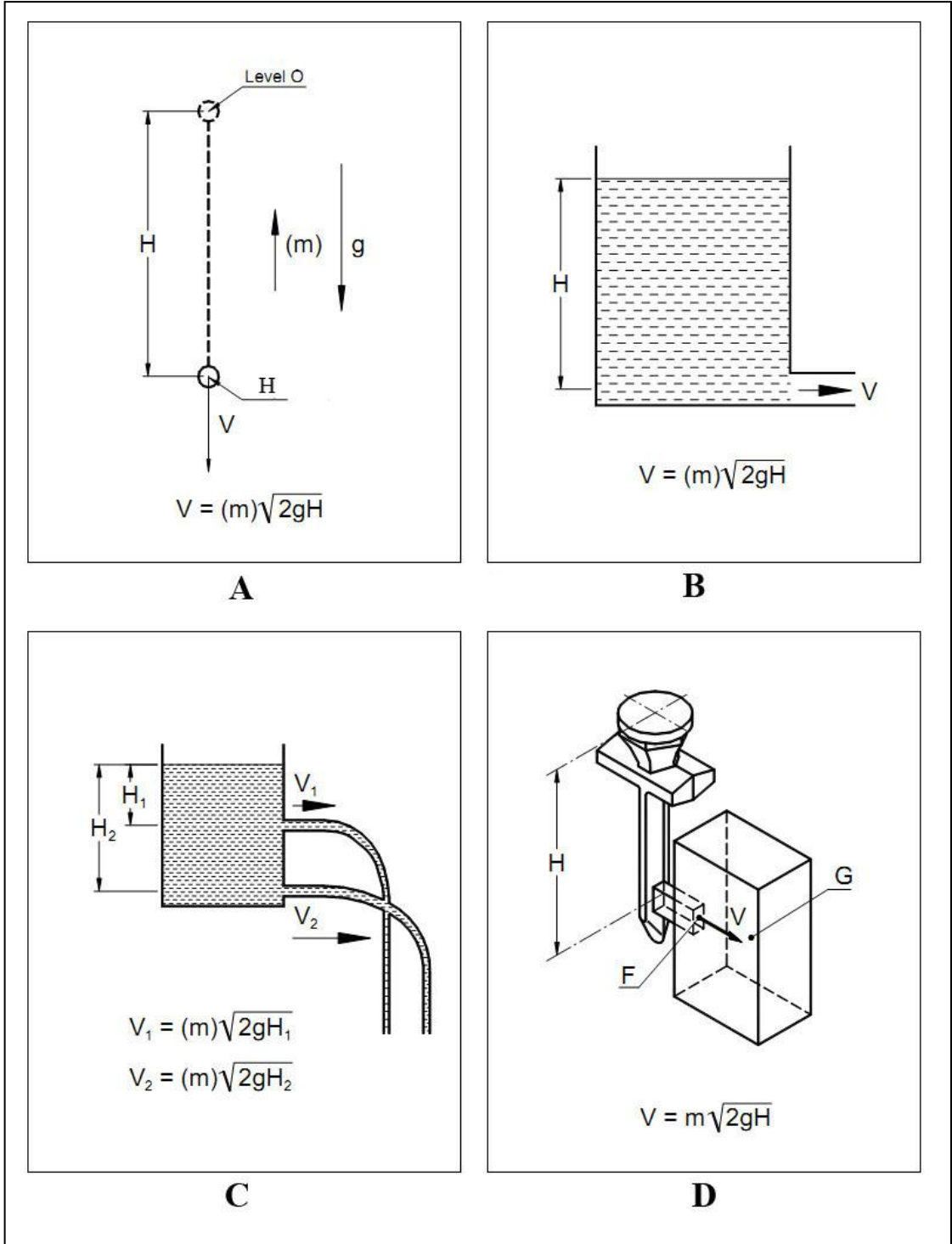
Bu (4.4) eşitliği ideal bir durumu yansıtmaktadır. Sürtünme ve metal viskozitesinde herhangi bir değişiklik olmadığı kabul edilmiştir. Sürtünme olayı dikkate alınarak gerçek düşme hızı;

$$V = m \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad (4.5)$$

m: kayıp katsayısı ( $0 < m < 1$ )

(4.5) eşitliği sıvı dolu bir kaptaki bir delikten geçen akışkan hızının bulunmasında da kullanılabilir (Şekil 4.27.B). Ancak bu durumda H yüksekliği, akışkan sıvı yüzeyi ile delik arasındaki mesafe olacaktır.

Basınçlı yolluk sistemi, Şekil 4.27.C'deki duruma benzemektedir. Sıvı metal ile doldurulmuş kabın delikleri aslında yolluk sistemiyle bağlantılı olan memeleri tanımlamaktadır (Şekil 4.27.D) [18].



Şekil 4.27 Farklı ortamlarda hızlar [18]

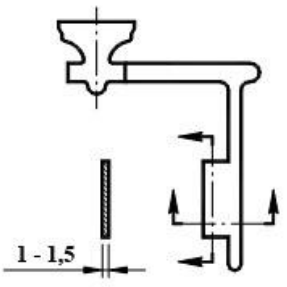
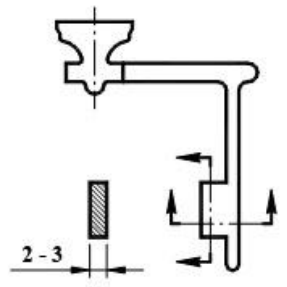
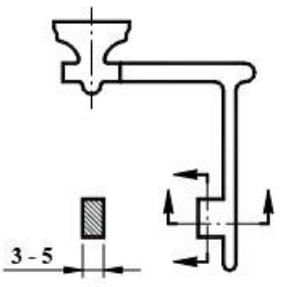

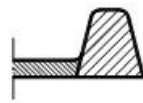
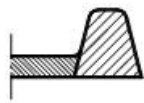
#### 4.3.2 Meme Kesit Alanı Formülü

Basıncılı sistemde, meme kesit alanı  $F$ 'yi veren (4.6) eşitliğini bulabilmek için formülü oluşturan bileşenlerin ve sabitlerin açıklanması gerekmektedir;

$$F = \frac{k \times G}{m \times t \times \sqrt{H}} \quad (4.6)$$

#### 4.3.2.1 Kayıp Katsayısı (m)

Kayıp katsayısı m, hızdaki azalmayı veya yolluk sistemindeki metal akışının maruz kaldığı sürtünme nedeniyle akış debisinin azalmasını ifade etmektedir. Kayıp katsayı 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</p> <p>Alan 100 mm<sup>2</sup></p> |  <p>2 - 3</p> <p>Alan 100 mm<sup>2</sup></p> |  <p>3 - 5</p> <p>Alan 100 mm<sup>2</sup></p> |
|  <p>Yüksek sürtünme</p>                       |  <p>Orta sürtünme</p>                       |  <p>Düşük sürtünme</p>                      |
| <p>Kayıp katsayısı (m): 0,3</p>  | <p>0,5</p>   | <p>0,6</p>   |

Şekil 4.28 Yolluk geometrisi ile kayıp katsayısı ilişkisi [18]

Metal akış enerjisi, sürtünme nedeniyle ve kalıp içerisinde bulunan gazların sıvı metale ters yönde bir basınç uygulaması nedeniyle azalmaktadır. Şekil 4.28’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.

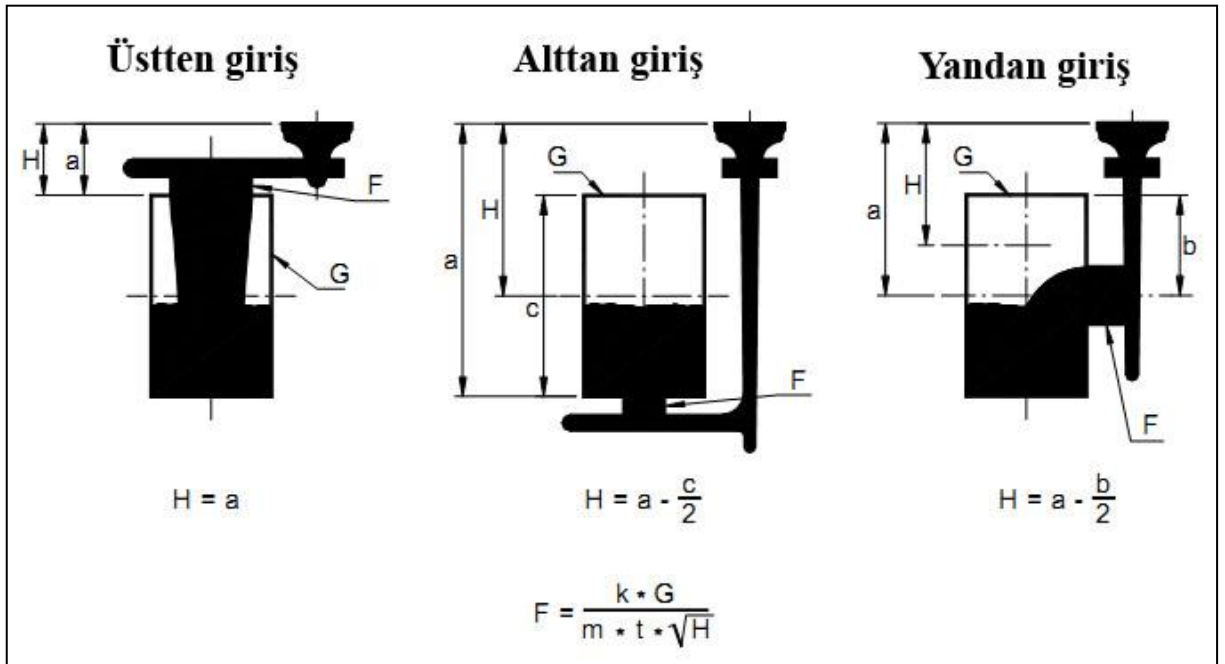
Metal viskozitesi ise esasen metal cinsine, döküm sıcaklığına ve metal kompozisyonuna bağlıdır.

Yolluk sistemlerindeki kayıp katsayısı, ilk döküm denemelerinden elde edilen sonuçlara göre yaklaşık bir değer alınabilir. Daha sonraki denemelerde, kayıp katsayısı düzeltilerek gerçeğe daha yakın bir değer elde edilmeye çalışılır [18].

#### 4.3.2.2 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 sistemindeki memelerin boyutları hesaplanmaktadır. Bunun için de metalostatik yüksekliğin belirlenmesi gerekmektedir. Döküm operasyonu sırasında birçok nedenden dolayı metalostatik yükseklik değişeceğinden, memeleri hesaplayabilmek için ortalama metalostatik yükseklik gereklidir.



Şekil 4.29 Sıvı metalin kalıp boşluğuna farklı giriş durumları [18]

Sıvı metalin, kalıp boşluğuna üstten, alttan ve yandan girmesi durumunda ortalama metalostatik yükseklikler Şekil 4.29'da 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 [18].

### 4.3.2.3 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.

$$W = \frac{G}{t} \quad (4.7)$$

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

$$W = \rho \times F \times V \quad (4.8)$$

(4.7) ile (4.8) eşitlenirse,

$$\frac{G}{t} = \rho \times F \times V \quad (4.9)$$

Bu eşitlikte, eşitlik (4.1) V'nin yerine konulursa,

$$\frac{G}{t} = \rho \times F \times m \sqrt{2 \times g \times H} \quad (4.10)$$

ya da,

$$F = \frac{G}{t \times \rho \times m \sqrt{2 \times g \times H}} \quad (4.11)$$

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  $g = 9810 \text{ mm/s}^2$  (4.11) eşitliğinde yerine yazılırsa, demir esaslı, 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.

$$\text{Demir alaşımları: } F = \frac{1036 \times G}{t \times m \sqrt{H}}; \quad F[\text{mm}^2] = \frac{1036 \times G[\text{kg}]}{t[\text{s}] \times m \sqrt{H[\text{mm}]}} \quad (4.12)$$

$$\text{Bakır alaşımları: } F = \frac{850 \times G}{t \times m \sqrt{H}}; \quad F[\text{mm}^2] = \frac{850 \times G[\text{kg}]}{t[\text{s}] \times m \sqrt{H[\text{mm}]}} \quad (4.13)$$

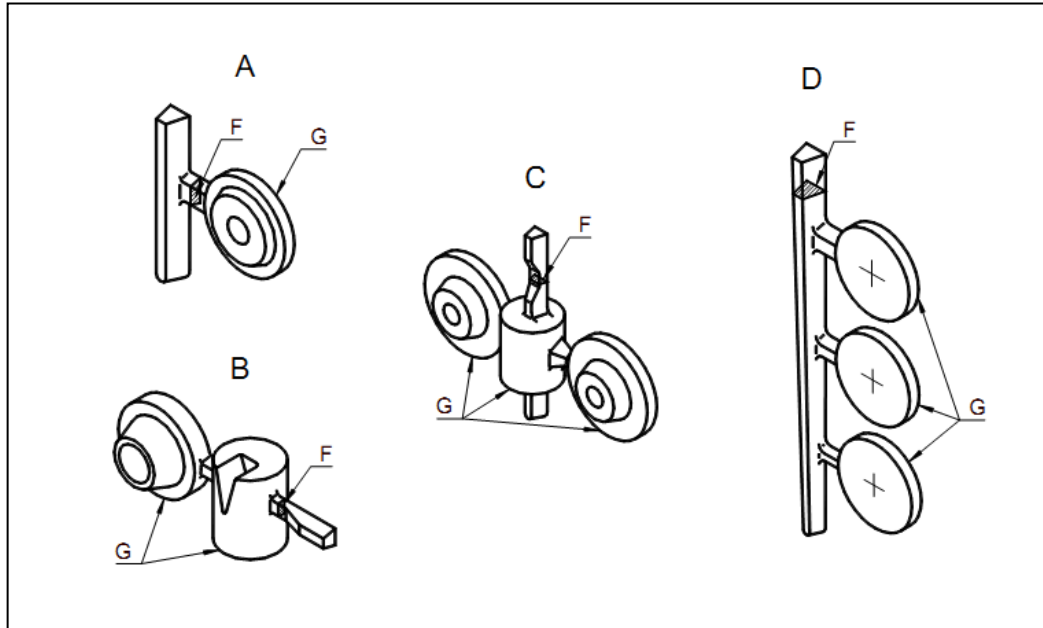
$$\text{Alüminyum alaşımları: } F = \frac{3100 \times G}{t \times m \sqrt{H}} ; \quad F [mm^2] = \frac{3100 \times G [kg]}{t [s] \times m \sqrt{H [mm]}} \quad (4.14)$$

Demir esaslı, bakır ve alüminyum alaşımları için bulunan bu formüllerden yararlanılarak hesaplamaları hızlandırmak ve kolaylaştırmak için Nomogramlar oluşturulmuştur [18].

#### 4.3.2.4 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 4.30.A). Bazen, besleyici gerekli olduğu zaman kalıp boşluğunun dolmasını sağlayan besleyici kesitinin belirlenmesi için toplam ağırlık gereklidir (Şekil 4.30.B). Bazen, iki kalıp parça boşluğunun bir besleyici ile doldurulması durumunda, bu kısımlara sıvı metal gelmesi sağlayan yolluk kesitinin hesaplanmasında toplam ağırlık gereklidir (Şekil 4.30.C). Bazen de, tek bir yolluk ile beslenen tüm kalıp boşluklarının durumunda, yolluk kesitinin hesaplanmasında toplam ağırlık gereklidir (Şekil 4.30.D). Özet olarak, kritik kesit alanına karar verirken ağırlık bilinmelidir [18].



Şekil 4.30 Ağırlık (G) ve kesit alanı (F) örnekleri [18]

#### 4.3.2.5 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 tasarımına 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 (4.9) eşitliğiyle bulunabilir.

$$t_{max} = B\sqrt{G} \quad (4.15)$$

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

Çizelge 4.5 Et kalınlığı ile B faktörü ilişkisi [18]

| 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 $G \geq 4 \text{ kg} \rightarrow 3$   |

Çizelge 4.5'te demir esaslı alaşımlar gibi ağır metaller için geçerli olan B faktörü ile en ince et kalınlığı ilişkisi verilmiştir. Hafif metaller için, Çizelge 4.5'te verilen değerlerin 1,5-2 katı alınmalıdır [18].

#### 4.3.2.6 Laminer, Türbülanslı Ve Türbülanssız Akış

Laminer akış, akışkan parçacıklarının düzgün ve birbirine paralel olduğu akış türüdür. Türbülanslı akış, akışkan parçacıklarının 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 filmi 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 [18].

#### 4.3.2.7 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 4.6'da metallerde izin verilen maksimum hız değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.6 Metallerdeki maksimum hızlar [18]

| 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 (4.16) eşitliği ile bulunabilir. Reynolds sayısı boyutsuzdur.

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\mu} \quad (4.16)$$

V: Yolluk sisteminde kanal içerisinde metal akış hızı

D: Kanal hidrolik çapı

$\rho$  : metalin yoğunluğu

$\mu$  : metalin dinamik viskozitesi

Reynolds sayısı ayrıca (4.17) eşitliği ile de bulunabilir.

$$Re = \frac{G \times k}{t \times P} \quad (4.17)$$

Farklı metaller için (4.17) formülü aşağıdaki gibidir.

$$\text{Demir alaşımları:} \quad Re = \frac{G \times k}{t \times P}; \quad Re = \frac{G[kg] \times 10^5 \times 1[s \times \frac{cm}{kg}]}{t[s] \times P[cm]} \quad (4.18)$$

$$\text{Bakır alaşımları:} \quad Re = \frac{G \times k}{t \times P}; \quad Re = \frac{G[kg] \times 10^5 \times 1,37[s \times \frac{cm}{kg}]}{t[s] \times P[cm]} \quad (4.19)$$

$$\text{Alüminyum alaşımları:} \quad Re = \frac{G \times k}{t \times P}; \quad Re = \frac{G[kg] \times 10^5 \times 1,09[s \times \frac{cm}{kg}]}{t[s] \times P[cm]} \quad (4.20)$$

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 4.7 Reynolds sayısı ile akış tipinin tayini [18]

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

Eşitlik (4.16)'ya göre bulunan Reynolds sayısı, Çizelge 4.7'ye göre değerlendirilerek akış tipi tayin edilir. Memelerde  $Re=6000$  ve sıvı metali memelere gelmesi sağlayan yollukta  $Re=12000$  olması tavsiye edilir [18].

### YOLLUK SİSTEMİNDE HESAPLAMALAR VE TASARIM

#### 5.1 Yolluk Sistemi Türleri

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

1. Basınçlı yolluk sistemleri
2. Geri basınçlı yolluk sistemleri
3. Basınçsız yolluk sistemleri
4. Hibrit yolluk sistemleri

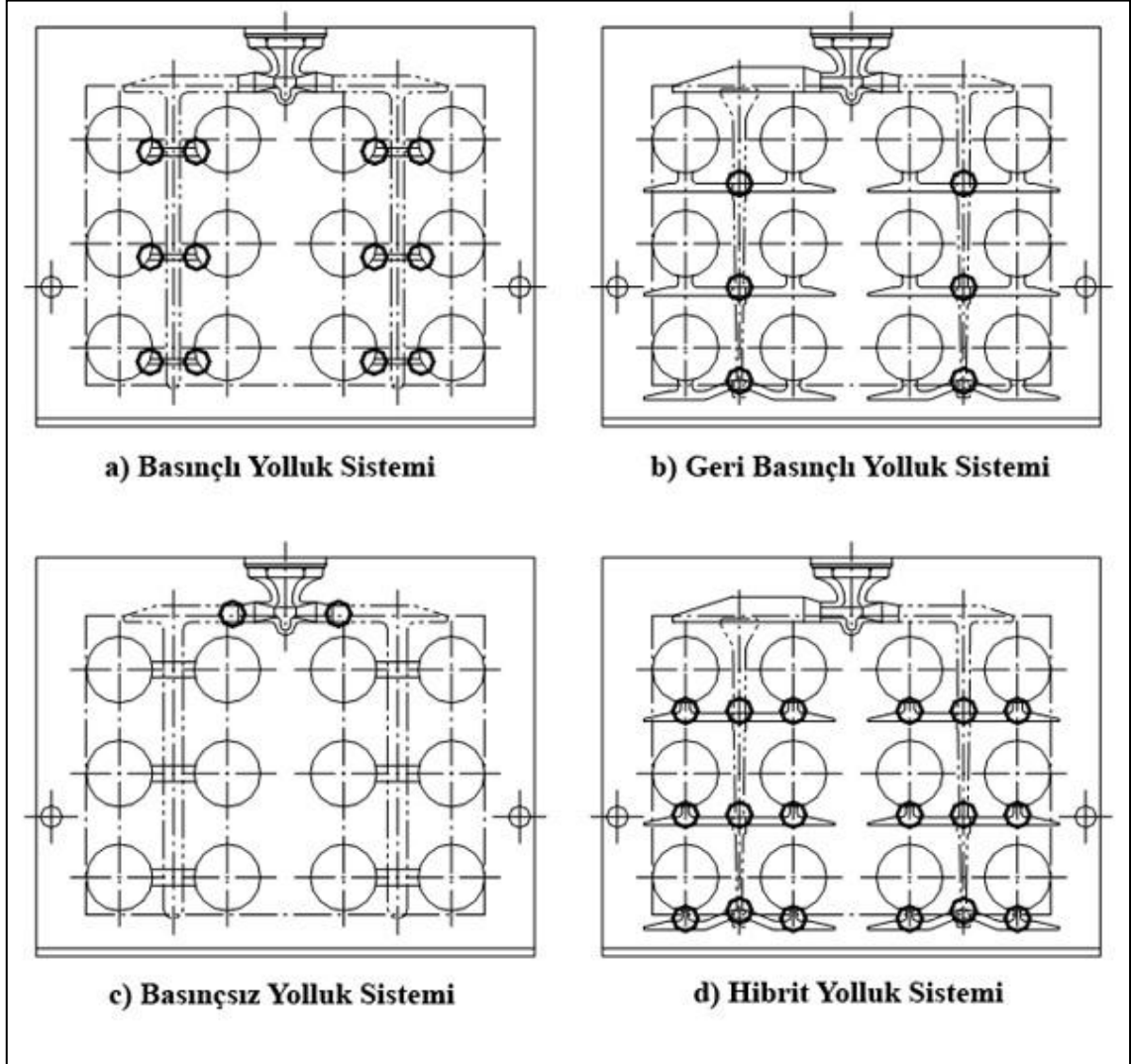
şeklinde sınıflandırılmaktadır. Her sistemin kendine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Şekil 5.1 de aynı döküm parça için dört farklı yolluk sisteminin yerleşim planları verilmiştir [18].

#### 5.1.1 Basınçlı Yolluk Sistemi Özellikleri

Basınçlı yolluk sistemleri, memelerin boyutlarıyla tanımlanır. Bu sistemde memeler, sürtünme göz önünde bulundurularak serbest düşme formülüne göre hesaplanır (Şekil 5.1.a ).

Yatay ve düşey yolluklar, sıvı metalin yönünü sürekli 90° değiştirerek döküm ağzından memelere kadar ulaşmasını sağlamaktadır. Sıvı metalin, yolluklar içerisinden memelere ulaşana kadar oluşan metal akış kayıplarını karşılayabilmesi yani gerekli basıncı

koruyabilmesi için yollukların kesit alanı %10-20 daha fazla hesaplanması gerekmektedir.



Şekil 5.1 Yolluk Sistemleri [28]

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 5.1.a'da işaretli kısımlar) [18].

### **5.1.2 Geri Basınçlı Yolluk Sistemi Özellikleri**

Geri basınçlı yolluk sistemleri, geri basınçlı memeler ile tanımlanır (Şekil 5.1.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 kesit alanları döküm zamanını belirlemektedir. (Şekil 5.1.b'de işaretli kısımlar) [18].

### **5.1.3 Basınçsız Yolluk Sistemi Özellikleri**

Basınçsız yolluk sistemleri, tüm döküm işlemi esnasında yolluk sisteminin önemli kısımlarındaki sıfır metal basıncı ile tanımlanır. Bu sistemde tam metal basıncı, döküm işleminin en sonunda oluşmaktadır (Şekil 5.1.c).

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

Bu sistemde döküm ağzına yakın olan yatay yollukların kesit alanları ile döküm zamanı belirlenmektedir. (Şekil 5.1.c'de işaretli kısımlar) [18].

### **5.1.4 Hibrit Yolluk Sistemi Özellikleri**

Hibrit ya da karma yolluk sistemleri, diğer yolluk sistemlerinin en azından ikisinin ya da üçünün bir karışımı olmasıyla tanımlanır (Şekil 5.1.d).

Buradaki sistemde, yolluk sistemi geri basınçlı bir yolluk sistemi olarak verilmiş ve hesaplanmıştır. Ancak sistemdeki memeler, basınçlı sisteme göre hesaplanır.

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 [18]

## 5.2 Yolluk Sistemleri İçin Genel Bilgiler

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

- Kalıp boşlukları ve kalıp kenarlarından uzaklık döküm katsayısı ve/veya döküm parça et kalınlığına bağlı olarak belirlenmelidir.
- Yolluk sistemine besleyici dâhil edilip edilmeyeceği 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.
- Döküm kalitesi [18].

### 5.2.1 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 alışımalar ve bunların ergitme maliyetleridir.

Çizelge 5.1 Düşey yolluk sistemlerinin karşılaştırılması [18]

| <b>DÜŞEY YOLLUK SİSTEMİ</b>                     |                  |                       |                   |               |
|---|------------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| <b>Özellik</b>                                  | <b>Basıncılı</b> | <b>Geri Basıncılı</b> | <b>Basıncısız</b> | <b>Hibrit</b> |
| 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 erezyonu 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           |

Düşey yolluk sistemlerinin karşılaştırılması Çizelge 5.1 'de verilmiştir. Yolluk sistemleri için en önemli özellikler değerlendirilip uygun yolluk seçimi yapılır.

Biz burada geri basınçlı yolluk sistemini seçtik ve bu sistem için hesaplamalar aşağıdaki faktörlere ve ön hesaplamalara dayanmaktadır.

Disa230A kalıplama makinesi (480×600mm).

Kalıp üretim hızı: 440 kalıp/saat (maçalı).

Döküm parça ismi: 130 TE, Tee, Equal, ISO/EN B1 (Şekil 5.2).

Malzeme: Temper dökme demir.

Döküm geometrisi: yaklaşık 600 gr.lık bir döküm ağırlığı ve 0,8 cm.lık 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 5.2'den alınmıştır.

Çizelge 5.2 Kalıp boşluğu emniyet mesafeleri [18]

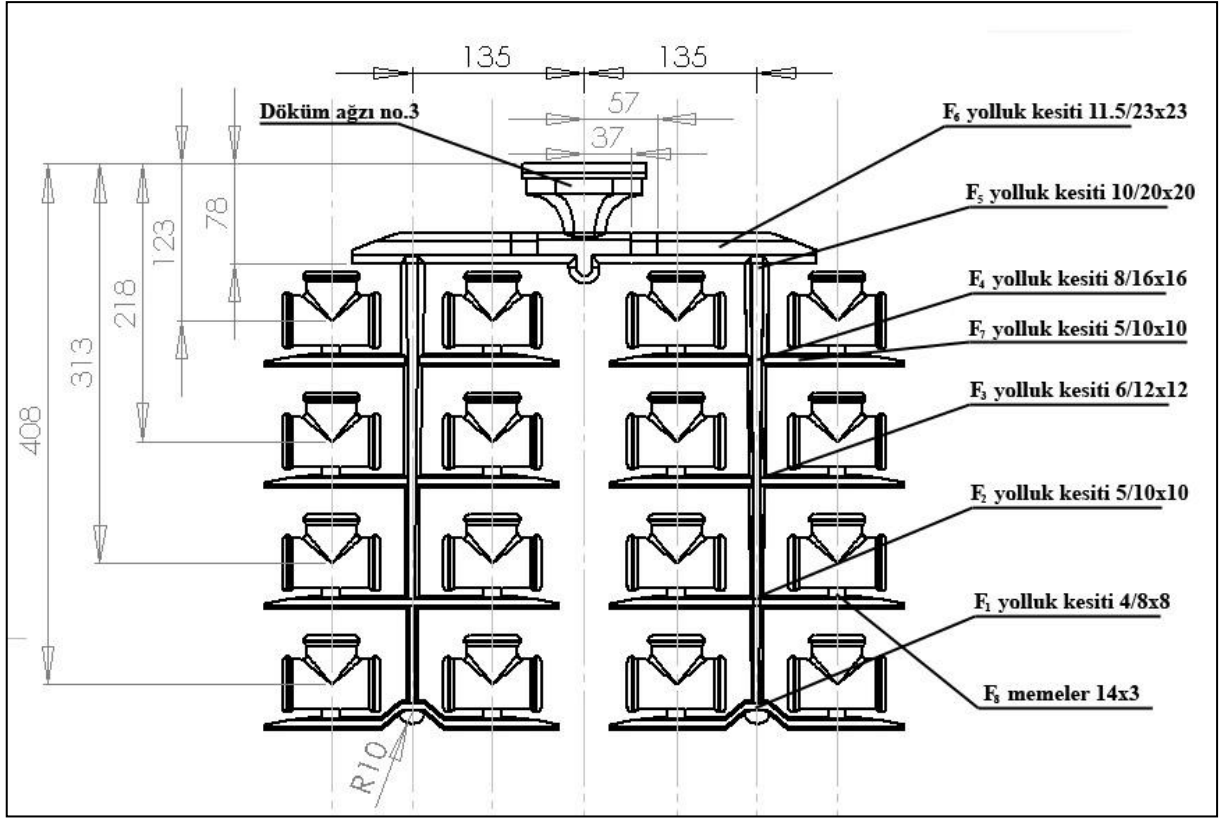
| Parça et kalınlığı (mm) | Katılma katsayısı (mm) | Toplam model yüksekliği (m. Plaka hariç) (mm) | Üst kenar A (mm) | Yan kenarlar B (mm)              | Alt kenar C (mm)                |
|-------------------------|------------------------|---|------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 0 - 10                  | 0 - 0.50               | 0 - 100<br>100 - 200<br>200 - 300             | 70               | 30 - 40<br>50 - 60<br>70 - 80    | 30 - 40<br>50 - 60<br>70 - 80   |
| 10 - 15                 | 0.50 - 0.75            | 0 - 100<br>100 - 200<br>200 - 300             | 70               | 50 - 60<br>70 - 80<br>90 - 100   | 40 - 50<br>60 - 70<br>80 - 90   |
| 15 - 20                 | 0.75 - 1.00            | 0 - 100<br>100 - 200<br>200 - 300             | 70               | 60 - 70<br>80 - 90<br>100 - 110  | 50 - 60<br>70 - 80<br>90 - 100  |
| 20 - 25                 | 1.00 - 1.25            | 0 - 100<br>100 - 200<br>200 - 300             | 70               | 70 - 80<br>90 - 100<br>110 - 120 | 60 - 70<br>80 - 90<br>100 - 110 |



Şekil 5.2 TE fitting (130 TE Equal ISO/EN B1).

### **5.3 Geri Basınçlı Yolluk Sistemleri Hesaplamaları**

Detaylı boyutlandırılmış geri basınçlı yolluk sistemi Şekil 5.3'te 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 5.3 Geri basınçlı yolluk sisteminde ölçüler.

### 5.3.1 Düşey Yolluklar

Düşey yolluklar, bu halde basınçlı sistemlerdir. (4.12) eşitliği düşey yolluklar için kullanılabilir.

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

k: 1036 (demir alaşımları için sabit bir değer)

G: Döküm parça ağırlığı; 0,6 kg

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

1. Çevrim zamanı kriteri:

t = (Çevrim zamanı-kalıp taşıma süresi-Yolluk sistemi dolma süresi)

$$t = \frac{3600}{440} - 1.5 - 1.5 \cong 4.5 \text{ s.}$$

2. Yanlış akış kriteri:

$$t_{max} = B \times \sqrt{G} = 6 \times \sqrt{0.6} \cong 4.6 \text{ s.}$$

Parça et kalınlığı ve  $G \leq 1$  kg için Çizelge 4.5'ten  $B = 6$  seçilir.

İşlemleri basitleştirmek için ve biraz daha emniyetli olması için  $t = 4$  s. seçilebilir.

Ortalama ferrostatik yükseklikler  $H_1, H_2, H_3$  ve  $H_4$  yaklaşık olarak,  $H_1 = 125$  mm.,  $H_2 = 220$  mm.,  $H_3 = 315$  mm. ve  $H_4 = 410$ .

$m = 0,7$  seçilir. Çünkü daha ince memelere göre daha geniş memelerde kayıp daha azdır (Şekil 4.28).

$$F_4 = \frac{1036 \times 0.6 \times 8}{0.7 \times 4 \times \sqrt{135}} \cong 158.9 \text{ mm}^2 \cong 8/16 \times 16 \text{ mm} = 192 \text{ mm}^2$$

$$F_3 = \frac{1036 \times 0.6 \times 6}{0.7 \times 4 \times \sqrt{220}} \cong 89.8 \text{ mm}^2 \cong 6/12 \times 12 \text{ mm} = 108 \text{ mm}^2$$

$$F_2 = \frac{1036 \times 0.6 \times 4}{0.7 \times 4 \times \sqrt{315}} \cong 50 \text{ mm}^2 \cong 5/10 \times 10 \text{ mm} = 75 \text{ mm}^2$$

$$F_1 = \frac{1036 \times 0.6 \times 2}{0.7 \times 4 \times \sqrt{410}} \cong 21.9 \text{ mm}^2 \cong 3/6 \times 6 \text{ mm} = 27 \text{ mm}^2$$

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

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

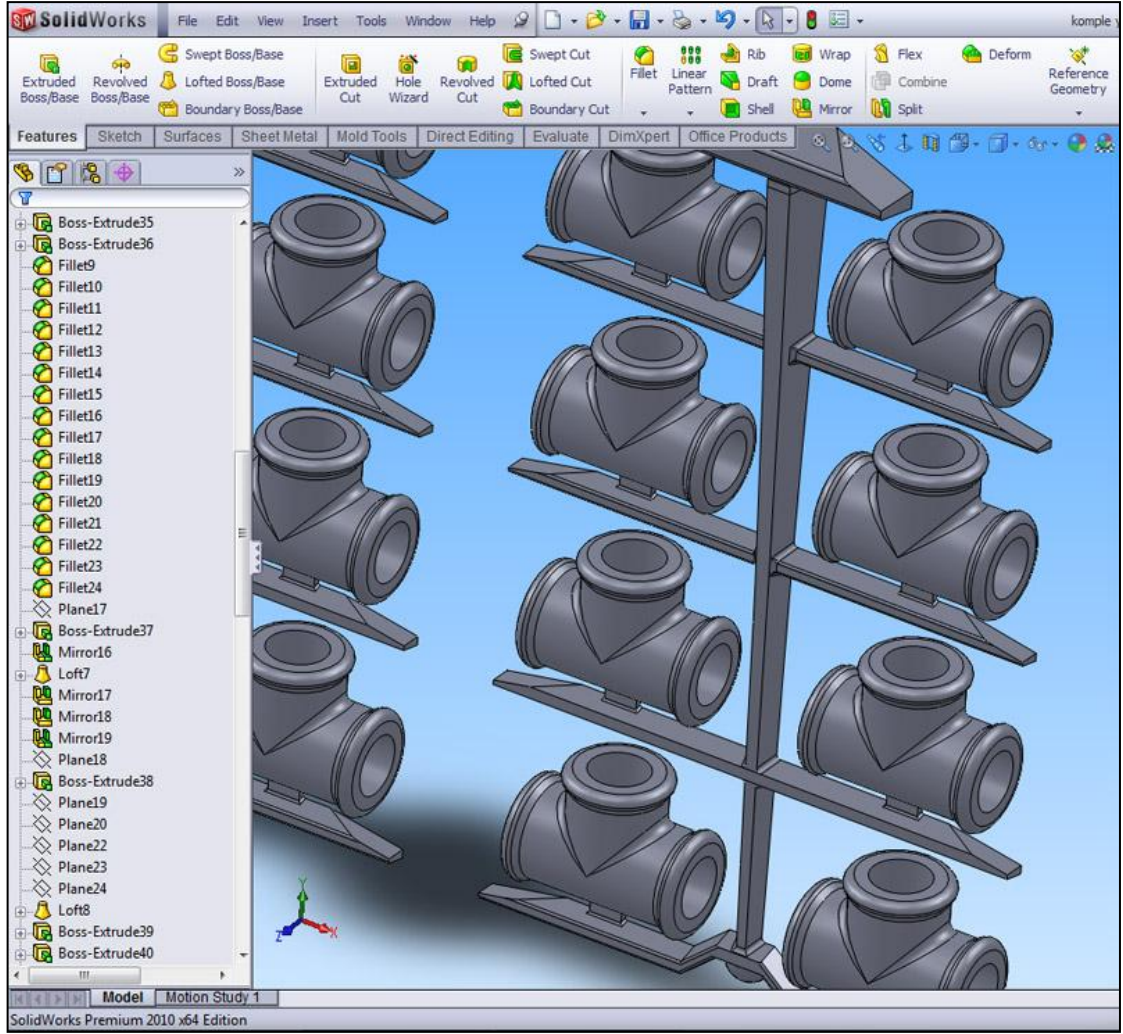
78 mm. uzaklıkta olan düşey yolluğun üst kısmı,  $F_3$  gibi en azından aynı akış hızını verecek bir boyutta olmalıdır. Bu durumda;

$$F_5 = \frac{1036 \times 0.6 \times 8}{0.7 \times 4 \times 78} \times \frac{\sqrt{149}}{\sqrt{125}}$$

Bu eşitlikte, 149 mm, 4.durumda gerçek ferrostatik yüksekliği ve 125 mm. ise 4.durumda ortalama ferrostatik yüksekliğidir.  $F_4 = 192 \text{ mm}^2$  seçilmiş olduğundan;

$$F_5 = 192 \times \frac{\sqrt{149}}{\sqrt{78}} = 265.4 \text{ mm}^2 \cong 10/20 \times 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}^2$$

olur. Elde edilen düşey yolluk Şekil 5.4 te gösterilmiştir.



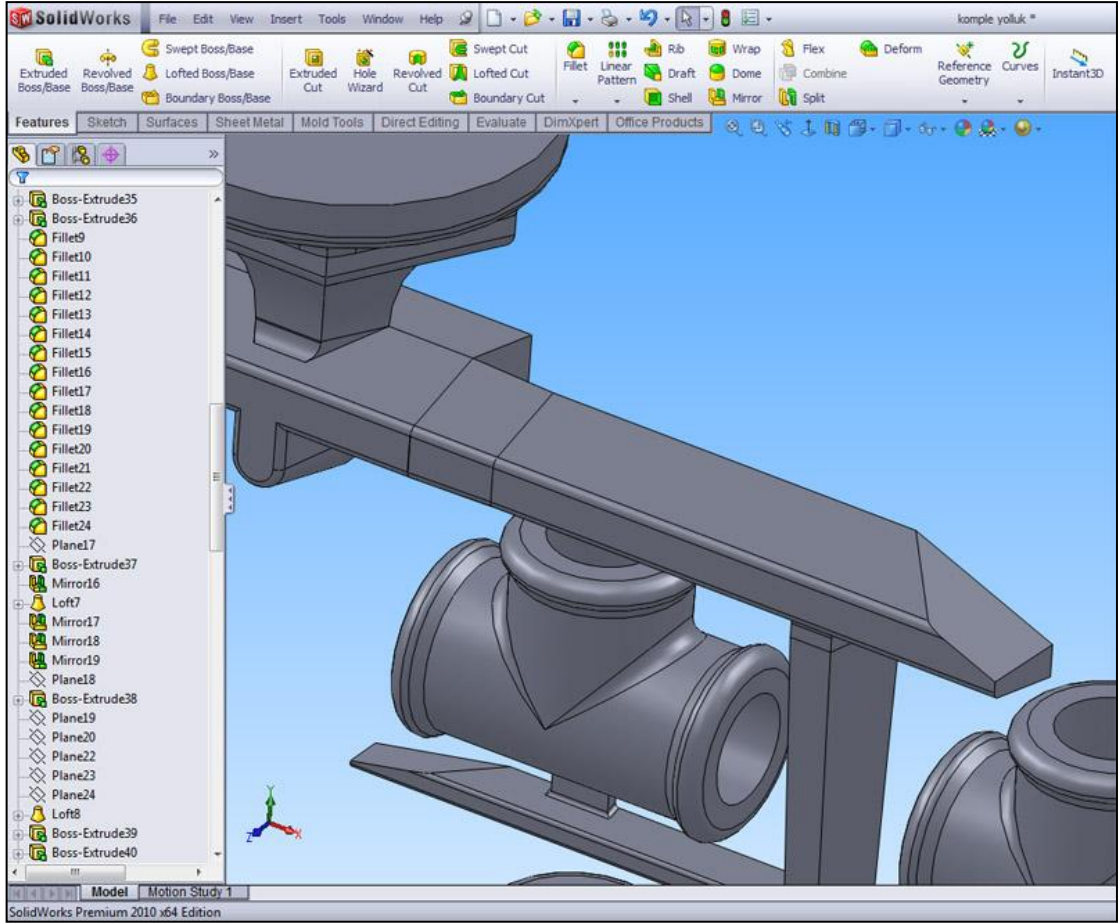
Şekil 5.4 Geri basınçlı sistemde düşey yolluklar.

### 5.3.2 Üst Yatay Yolluk

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

$$F_6 = 192 \times \frac{\sqrt{149}}{\sqrt{40}} \cong 370.5 \text{ mm}^2 \cong 11.5/23 \times 23 \text{ mm} = 396.75 \text{ mm}^2$$

Basit ve ince trapezoid yolluklarından biri seçilebilir. Biz basit trapezoid yolluğu seçtik (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Geri basınçlı sistemde üst yatay yolluk.

### 5.3.3 Orta Ve Alt Yatay Yolluklar

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

$$V_1 = m \times \sqrt{2 \times G \times H_1} = 0.6 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.41} = 1.7 \text{ m/s}$$

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 1,7 kat daha büyük bir kesit alanıyla bağlı olması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı orta ve alt yatay yollukların her biri,

$$F_7 \geq 1/2 \times F_1 \times 1.7 = 1/2 \times 48 \times 1.7 = 40.8 \text{ mm}^2$$

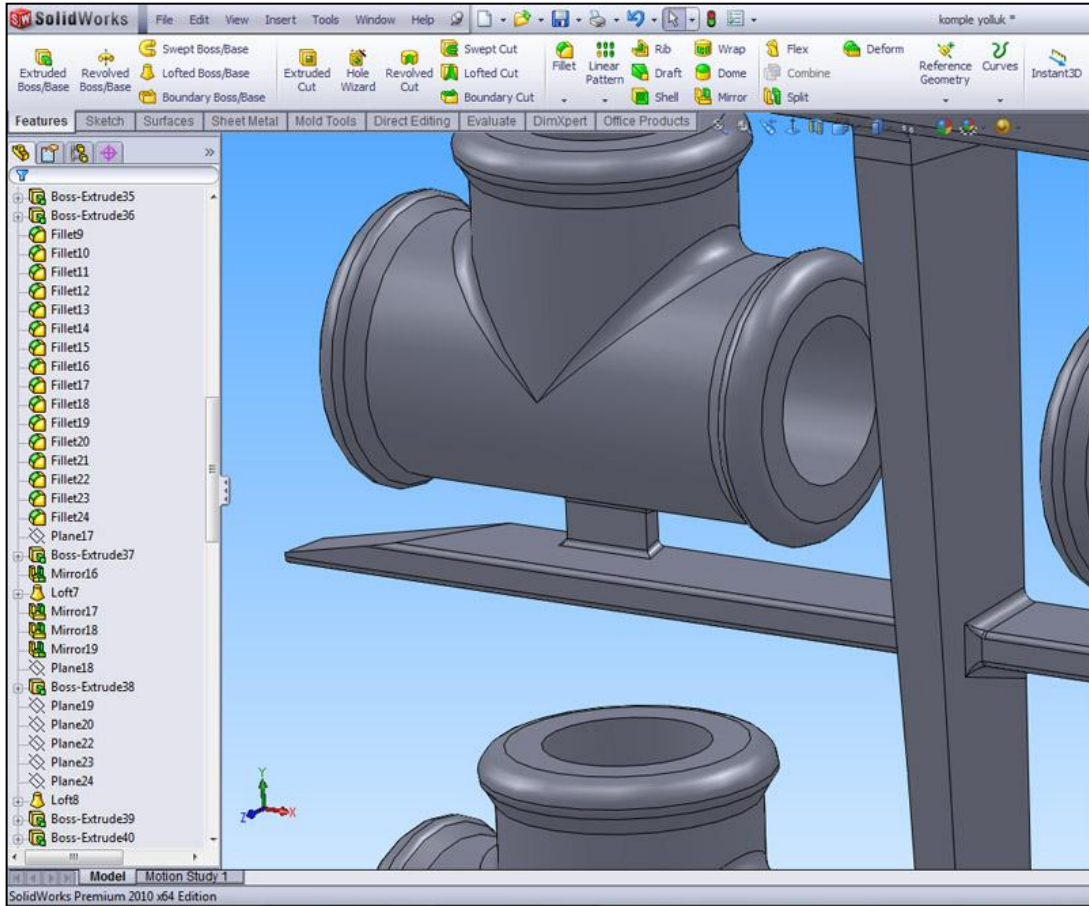
Düşey yolluklar için geçerli aynı nedenden dolayı yatay yolluklar 5/10× 10mm boyutlarından daha küçük olmamalıdır.

$$F_7 = 5/10 \times 10 = 75 \text{ mm}^2$$

olur.

Sıcaklık kaybı nedenlerinden dolayı tavsiye edilen ince tip yollukların yerine basit trapezoid yolluklar seçilir (Şekil 5.6).

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



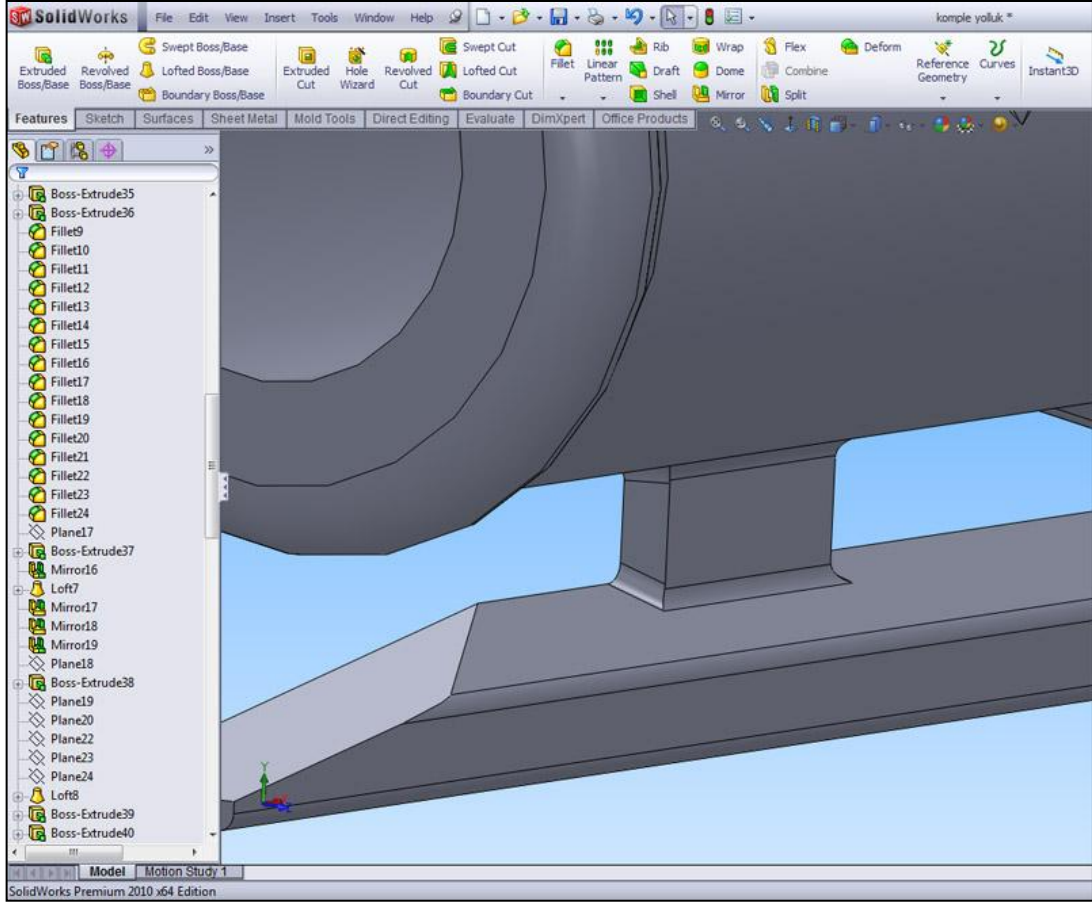
Şekil 5.6 Geri basınçlı sistemde orta ve alt yatay yolluklar.

### 5.3.4 Memeler

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

$$F_8 \geq 1/2 \times F_1 \times 1.7 = 1/2 \times 48 \times 1.7 = 40.8 \text{ mm}^2 \cong 14 \times 3 = 42 \text{ mm}^2$$

Meme kalınlığı 3 mm. seçilir. Hesaplamalar alt memeler için yapılmıştır. Ancak boşlukların doldurulması eş olması gerektiğinden meme boyutları tüm memeler içinde aynı olmalıdır (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 Geri basınçlı sistemde memeler.

### 5.3.5 Hazneler

Hazneler, alt düşey yolluğun yatay yolluğa bağlanması için tasarlanmıştır. Ancak boşlukların eş zamanlı olarak dolması gerektiğinden hazne boyutları, tüm diğer benzer bağlantılar içinde aynı olmalıdır.

### 5.3.6 Döküm Ağızı

Standart döküm ağızları sağladıkları döküm debilerine (kg/s) göre sınıflandırılır. Toplam döküm ağırlığı  $G_{t2}$ , %70 verime karşılık gelen ağırlık olarak kabul edilmektedir.

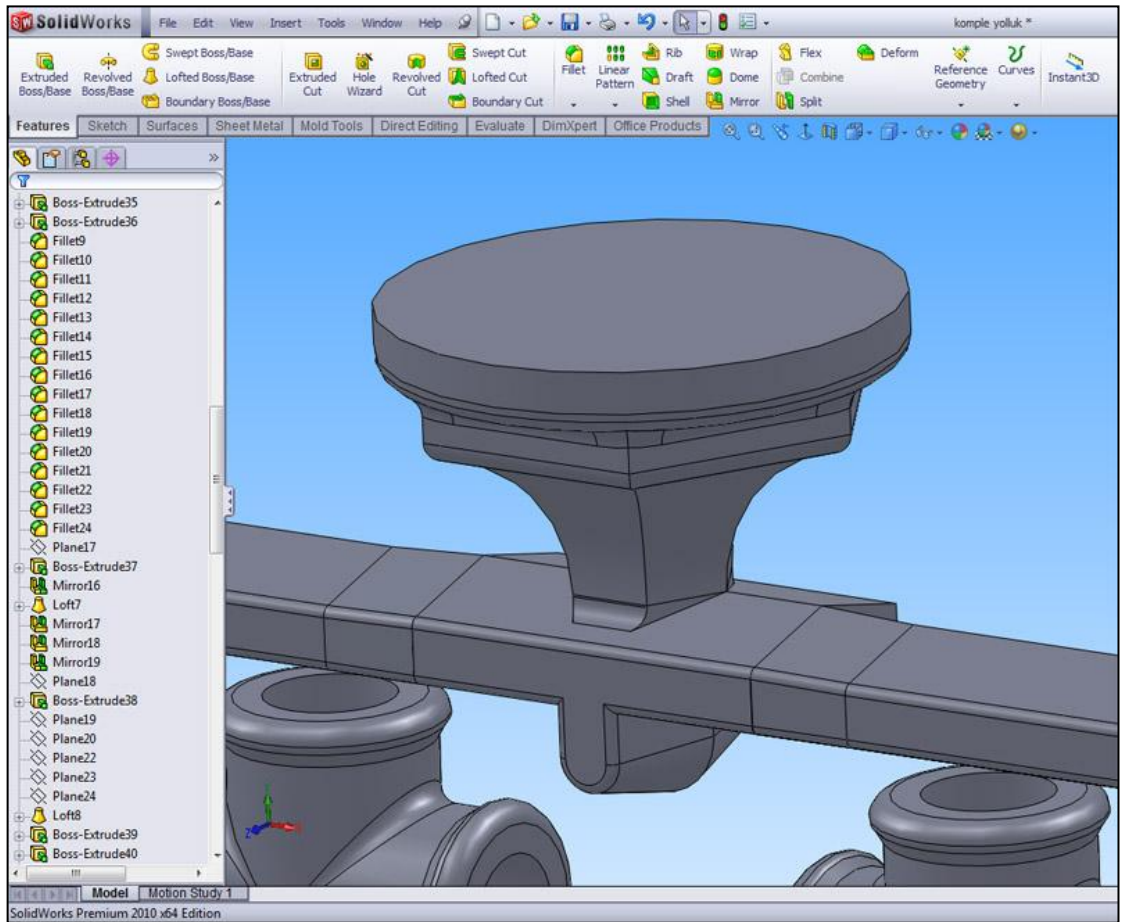
$$G_{t_2} = \frac{0.6 \times 16}{\% 70} = 13.7 \text{ kg}$$

$$t_2 = 4 + 1.5 = 5.5 \text{ s.}$$

Bu durumda ortalama döküm oranı;

$$\frac{13.7}{5.5} \cong 2.5 \text{ kg/s}$$

olur. Bu durumda Şekil 4.4'ten 3 numaralı döküm ağzı seçilir (Şekil 5.8).



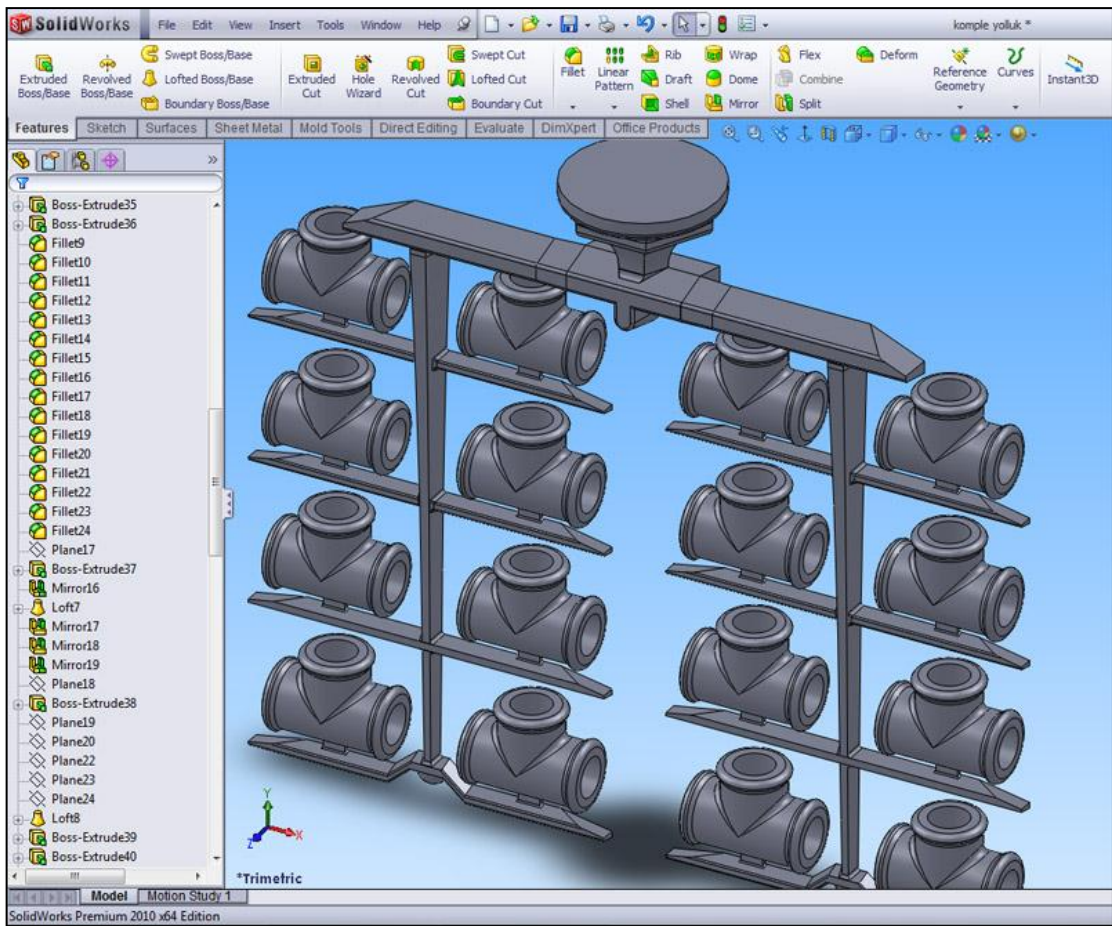
Şekil 5.8 Geri basınçlı sistemde 3 no.lu döküm ağzı.

#### 5.4 Bilgisayar Destekli Döküm Ve Katılaşma Simülasyonu

MagmaSoft, SolidCast, ProCast, Pam-Quick Cast, Nova Flow&Solid ve Vulcan gibi gelişmiş ticari bilgisayar yazılımları ile kalıbın doldurulması ve katılaşması simüle

edilebilir. Simülasyonlara dayanarak döküm zamanı, katılaşma süresi, türbülanslı/laminer akış, akış dağılımı, olası büzülme ve sıcaklıklar gibi temel veriler kontrol edilebilir. Özellikle MagmaSoft'un Disamatik kalıplama üzerine modülleri vardır.

Simülasyon için döküm çizimleri ve ilişkili yolluk sistemi çizimleri, SolidWorks, Catia, Unigraphics, SpaceClaim gibi programlarda tasarlanmalı ve 3D CAD formatında olmalıdır (Şekil 5.9). Simülasyona giriş bilgileri arasında döküm sıcaklığı, metal kompozisyonu ve döküm oranı da olmalıdır.



Şekil 5.9 Simülasyona hazır 3D CAD formatındaki yolluk sisteminin görünüşü.

## 5.5 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 dâhil 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.

### **5.6 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.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan teorik çalışma ve araştırmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmış ve bu sonuçlardan yola çıkılarak üretimde iyileştirme amacına yönelik öneriler sunulmuştur:

- Disamatik kalıplama, yüksek miktarda dökümleri kaliteli ve 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.
- Disamatik kalıplama yöntemi ile döküme uygun demir esaslı alaşımlar, alüminyum ve bakır alaşımlarının dökümü yapılabilmektedir. Bu yöntemde hatasız döküm parça imali, diğer birçok yöntemden daha fazla olmaktadır.
- Döküm ağzı ve yolluk sistemi, sürekli olarak sıvı metalle dolu tutularak pisliklerin, cürüfların ve dökümde çıkan gazların yolluk sisteminde kalması sağlanmakta ayrıca daha kısa zamanda döküm yapılabilmesi sağlanmaktadır.
- Kalıp gözlerinin tümü eş zamanlı olarak dolmalıdır. Bu, yolluk sisteminin doğru tasarlanması ile sağlanabilmektedir. Kalıp boşluklarının eş zamanlı olarak dolması ile döküm parçada, gaz boşlukları oluşma riski ve kum erozyonu riski azalmakta, verimlilik daha yüksek olmaktadır.
- 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.

- Döküm parça kalitesi, döküm parça içyapısı, 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.
- Yapılan çalışmada, uygun döküm programları ile bilgisayar ortamında döküm simülasyonu uygulanabilecek ve/veya bilgisayardaki CAM modülleri ile G-codes adı verilen kodlar çıkartılarak CNC lerde üretimi yapılmaya hazır 3D CAD Disamatik kalıplama modeli hazırlanmıştır.
- Tasarımda bir kalıba 16 parça sığdırılmıştır. Bu sayede yüksek sayıdaki siparişlerin hızlı bir şekilde üretimi hedeflenmiştir.
- Uygulamada seçilen geri basınçlı yolluk sistemin diğer yolluk sistemlerinden daha kaliteli döküm parçalar sağladığı fakat kalıp veriminin düşük olduğu yani daha fazla sıvı metal harcandığı belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

---

- [1] Aran, A., (1999). Metal Döküm Teknolojisi, Birsen Yayınları, 2. Baskı, İstanbul.
- [2] Cerit, A.M., (2004). Makina Mühendisliği El Kitabı: Üretim ve Tasarım Cilt 2, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2. Baskı, İstanbul.
- [3] Asm International Handbook Committee, (1998). Metals Handbook: Casting, ninth edition, volume 15, ASM International.:12-13.
- [4] Rakamlarla Dünya Döküm Üretimi, (2011). “Türkdöküm” Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği Yayın Organı, İstanbul.
- [5] Feinguss / History of metal casting, <http://www.mk-technology.com/geschichtemetallguss.html?L=2> 14 Mart 2011
- [6] Metal-Casting Processes, [http://www.nd.edu/~manufact/MET%20pdf\\_files/MET\\_Ch11.pdf](http://www.nd.edu/~manufact/MET%20pdf_files/MET_Ch11.pdf). 14 Mart 2011
- [7] Ammen C. W., (1979). The Complete Handbook of Sand Casting, Mc Graw-Hill Book Co., New York.
- [8] DISA 231 Brochure, <http://www.disagroup.com/Download.ashx?i=1464> 11 Mart 2011
- [9] Jeppesen V.A., (1961). Method of Producing Casting Molds and a Plant for Carrying Out The Said Method, Patent Ser. No. 765,015
- [11] DISA General Specifications, <http://www.disagroup.com/Download.ashx?i=1786> 12 Mart 2011
- [12] Çelik, C., (1986). Disamatik Kalıplama Yöntemi, Yöntemin Üstünlükleri, Kullanma Alanları ve Ekonomik Sınırları, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Güven Y., (1987). Disamatik Kalıplama ve Makine ile Kalıplama Yöntemlerinin Kalıplama Zamanı ve Maliyet Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Ergen E., (2007). Disamatik Kalıplamada Yolluk Sistemi ve Kalıp Gözlerinin Doldurulmasının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] DISA Core MP, TP & LP Brochure, <http://www.disagroup.com/Download.ashx?i=1480>. 11 Mart 2011

- [16] DISA SAM Mixers Brochure, <http://www.disagroup.com/Download.ashx?i=1476>  
14 Mart 2011
- [17] Foundry patterns for machine moulding, <http://www.modelarna-nemosice.cz/foundry-patterns-for-machine-moulding.htm> 14 Mart 2011
- [18] DISA Industries A/S, (2004). Disa 230-X Sand Moulding System Application Manuel, Denmark.

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Samir YEŞİLHOCA  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 16.05.1985 Bulgaristan\Rousse  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : s.yesilhoca@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

| Derece | Alan          | Okul/Üniversite                        | Mezuniyet Yılı |
|--------|---------------|--|----------------|
| Lisans | Makine Müh.   | Gazi Üniversitesi                      | 2008           |
| Lise   | Fen-Matematik | Çorlu Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi | 2003           |

### İŞ TECRÜBESİ

| Yıl  | Firma/Kurum                         | Görevi  |
|------|-------------------------------------|---------|
| 2008 | Akerler Tekstil Tic. San. Ltd. Şti. | Stajyer |
| 2005 | Hema Endüstri A.Ş.                  | Stajyer |