

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BASINÇLI DÖKÜM YÖNTEMİNDE
KALIP SİSTEM TASARIMI
VE
SİMÜLASYON ANALİZİ**

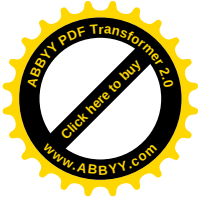
Endüstri Mühendisi Alper ULUDAĞ

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

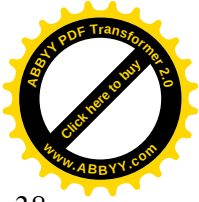
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

İSTANBUL, 2007

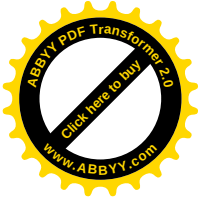


İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	4
ŞEKİL LİSTESİ.....	5
ÇİZELGE LİSTESİ	8
ÖNSÖZ	9
ÖZET	10
ABSTRACT	11
1. GİRİŞ	12
1.1. Türkiye'de Döküm Sanayinin Gelişimi	13
2. BASINÇLI DÖKÜM.....	15
2.1. Uygulama Yöntemleri	17
2.1.1 Düşük Basıncılı Döküm (Low Pressure Die Casting)	17
2.1.2 Yüksek Basıncılı Döküm (High Pressure Die Casting).....	18
2.1.3 Vakum Döküm (Vacuum Die Casting)	19
2.1.4 Sıkıştırma Döküm (Squeeze Casting).....	19
2.2. Tezgah Türüne Göre Uygulama Yöntemleri	20
2.2.1 Sıcak Kamaralı Basıncılı Döküm	20
2.2.2 Soğuk Kamaralı Basıncılı Döküm.....	22
2.3. Basıncılı Döküm Kalıpları	24
2.4. Basıncılı Döküm ile Kullanılan Alaşımlar.....	33
2.4.1. Alüminyum ve Alaşımları.....	34
2.4.2 Bakır ve Alaşımları.....	36
2.4.3 Magnezyum ve Alaşımları	38
2.4.4 Çinko ve Alaşımları.....	38

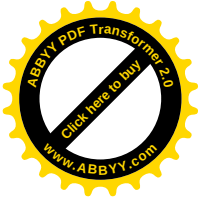


2.5.	Basınçlı Dökümde Meydana Gelen Hatalar ve Önlemleri	38
2.5.1.	Gaz Boşlukları ve Önlemleri.....	39
2.5.2.	Çekme Boşlukları ve Önlemleri.....	39
2.5.3.	Soğuk Birleşmeler ve Önlemleri.....	39
3.	BASINÇLI DÖKÜMDE SİMÜLASYON TEMELLERİ.....	40
3.1	Bilgisayar destekli simülasyonun döküm parçası imalatındaki yeri.....	41
3.2	Döküm simülasyon programlarının faydaları.....	42
3.3	Simülasyon yazılımlarının model oluşturma ve analiz yöntemleri.....	42
3.3.1	Reynolds Transport Teorisi (Süreklilik Denkliği).....	43
3.3.2	Momentumun Korunumu.....	45
4.	BASINÇLI DÖKÜM KALIPLARININ TASARIMI.....	46
4.1.	Göz Sayısı Tespiti.....	46
4.2.	Hesaplamalar.....	46
4.3.	Yolluk Tasarımı.....	56
5.	DÖKÜM KALIBININ TASARIMINDA SİMÜLASYON KULLANILMASI.....	72
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	88
	KAYNAKLAR.....	89
	ÖZGEÇMİŞ.....	91



SİMGE LİSTESİ

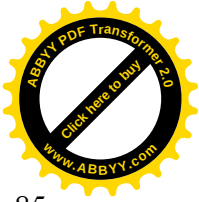
F_{LI}	Kalıp açma kuvveti
A_{IM}	Parçanın cep, topuk, yolluk dahil izdüşümü alanı
P_{I3M}	Final basıncı
Q_M	Metal akış oranı
N	Hava cebi sayısı
b_U	Çizelge 3'e göre seçilen hava cebinin genişliği
d	Gaz çıkışının yüksekliği
t_f	Doldurma zamanı
V_{MA}	Giriş hızı
V_A	Toplam hacim
ρ	Yoğunluk
m_I	Cep, topuk, yolluk ve parça toplam ağırlığı
d_m	Piston çapı
l_{aktif}	Kovanın aktif uzunluğu



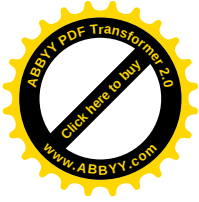
ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Bronz çağında kullanılan ve döküm yöntemiyle elde edilen bakır oklar	12
Şekil 2.1	Bazı basınçlı döküm parçaları	16
Şekil 2.2	Düşük Basınçlı Döküm Makinesi	18
Şekil 2.3	Basit Bir Yüksek Basınçlı Döküm Makinesi	19
Şekil 2.4	Sıkıştırma döküm prosesi	20
Şekil 2.5	Elle çalışan sıcak kamaralı basınçlı döküm makinesi	21
Şekil 2.6	Sıcak kamaralı modern basınçlı döküm makinesi	21
Şekil 2.7	Yatay Soğuk Kamaralı Makinenin Çalışmasına Örnek	23
Şekil 2.8	Düsey Soğuk Kamaralı Döküm Makinesi ve Çalışma Sırasının Gösterilmesi ...	24
Şekil 2.9	Soğuk kamara basınçlı döküm kalıbı	25
Şekil 2.10	Çekirdeklere işlenen göz tipleri	26
Şekil 2.11	Sabit kalıp hamili örneği	26
Şekil 2.12	Kılavuz Kolonları ve Yatakları	27
Şekil 2.13	Taralı kısımlar itici plakası ile hareketli tarafı göstermektedir	28
Şekil 2.14	Paraleller	28
Şekil 2.15	İtici sistemi	29
Şekil 2.16	İtici pimleri	29
Şekil 2.17	Dişi ve maça yerleşimlerine örnekler	30
Şekil 2.18	Dağıtıcı çeşitleri	30
Şekil 2.19	Giriş kanallarının kalıp üzerindeki tipik konumları	31
Şekil 2.20	Taşma ve tahliye kanalına örnek dişi kalıp yerleşimi	32
Şekil 2.21	Taşma ve tahliye kanalına örnek parça yerleşimi	32
Şekil 2.22	Soğutma kanallarına örnek kalıp kesiti	33
Şekil 3.1	Bilgisayar destekli simülasyonun döküm parçası imalatındaki yeri	41
Şekil 4.1	Bir Hava Cebi İçin bU ve cU. $x=3cU$ olmalıdır	50
Şekil 4.2	Akış Yönleri ve Giriş Yönleri Arasındaki Bağlantılar	54
Şekil 4.3	Yolluk Tasarımı Örneği-1 (8)	56
Şekil 4.4	Yolluk Tasarımı Örneği-2 (8)	56
Şekil 4.5	Yolluk Tasarımı Örneği-3 (8)	57
Şekil 4.6	Yolluk Tasarımı Örneği-4 (8)	57
Şekil 4.7	Yolluk Tasarımı Örneği-5 (8)	58
Şekil 4.8	Yolluk Tasarımı Örneği-6 (8)	58
Şekil 4.9	Yolluk kanalı tipleri A elverişli, B elverişsiz	59

Şekil 4.10	Geniş yüzeyli, ince cidarlı döküm parçalarının yolluk girişleri.....	60
Şekil 4.11	Yolluk girişi kesiti. A normal içeri akış hızlarında kullanılan bir konstrüksiyon	61
Şekil 4.12	Silindirik ve boru şekilli döküm parçaları için yolluk girişleri.....	62
Şekil 4.13	Silindirik ve boru şekilli döküm parçaları için yolluk girişleri.....	63
Şekil 4.14	Yatay soğuk kamara makinalarının iğne yolluk girişi için döküm artığını ayırma tertibatlı özel düzenek.....	64
Şekil 4.15	Sıcak kamara ve dikey soğuk kamara enjeksiyon makineleri için yolluk örnekleri.....	66
Şekil 4.16	Solda kap şeklinde bir parça için merkezi yolluk girişi, Sağda yatay soğuk kamara enjeksiyon makineleri için standart yolluk girişi.....	67
Şekil 4.17	Yatay soğuk kamara enjeksiyon makinası için ortası boş dişli çark kalıbında merkezi yolluk girişi.....	67
Şekil 4.18	Halka şeklinde merkezi yolluk girişi.....	68
Şekil 5.1	İki gözlü tasarımlardaki dolumun başlangıcı.....	72
Şekil 5.2	İki gözlü ilk tasarımda sıvı metalin yolluklardan parçalara girişi.....	73
Şekil 5.3	İki gözlü ikinci tasarımda sıvı metalin yolluklardan parçalara girişi.....	74
Şekil 5.4	İki gözlü tasarımlarda dolumun ilerleyen aşamaları.....	74
Şekil 5.5	İki gözlü tasarımlarda dolumun son aşamaları.....	75
Şekil 5.6	Katılaşma sürecinin başlaması.....	75
Şekil 5.7	Katılaşma süreçlerinin ilerleyen durumu.....	76
Şekil 5.8	Parçaların katılaşma süreçlerinin bitişi.....	76
Şekil 5.9	İki gözlü ilk tasarımın dolum zamanı (s).....	77
Şekil 5.10	İki gözlü ikinci tasarımın dolum zamanı (s).....	77
Şekil 5.11	İki gözlü ilk tasarımın katılaşma zamanı (s).....	78
Şekil 5.12	İki gözlü ikinci tasarımın katılaşma zamanı (s).....	78
Şekil 5.13	İki gözlü ilk tasarımın porozite dağılımı.....	79
Şekil 5.14	İki gözlü ikinci tasarımın porozite dağılımı.....	79
Şekil 5.15	Dört gözlü ilk tasarımın dolum başlangıcı.....	80
Şekil 5.16	Dört gözlü ikinci tasarımın dolum başlangıcı.....	81
Şekil 5.17	Dört gözlü tasarımlarda sıvı metalin topuktan ilerlemesi ve girişlere yaklaşması.....	81
Şekil 5.18	Dört gözlü ilk tasarımda sıvı metalin parçalara girişi.....	82
Şekil 5.19	Dört gözlü ikinci tasarımda sıvı metalin parçalara girişi.....	82
Şekil 5.20	Dört gözlü tasarımlarda dolumun son aşamaları.....	83
Şekil 5.21	Dört gözlü tasarımlarda dolumun son hali.....	83
Şekil 5.22	Dört gözlü tasarımlarda katılaşma sürecinin başlangıcı.....	84
Şekil 5.23	Dört gözlü tasarımlarda katılaşma sürecinin bitişi.....	84

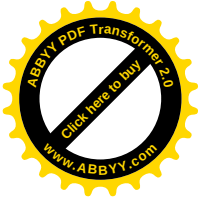


Şekil 5.24	Dört gözlü ilk tasarımda dolum zamanı (s).....	85
Şekil 5.25	Dört gözlü ikinci tasarımda dolum zamanı (s).....	85
Şekil 5.26	Dört gözlü ilk tasarımda katılma zamanı (s).....	86
Şekil 5.27	Dört gözlü ikinci tasarımda katılma zamanı (s).....	86
Şekil 5.28	Dört gözlü ilk tasarımın porozite dağılımı.....	87
Şekil 5.29	Dört gözlü ikinci tasarımın porozite dağılımı.....	87



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Basıncılı dökümde çok kullanılan bazı alaşımların kimyasal kompozisyonları	17
Çizelge 2.2 Al-Si Faz Diyagramı.....	36
Çizelge 2.3 Cu-Zn Faz Diyagramı	37
Çizelge 4.1 P_{13M} Basıncının Bazı Alaşımlara Göre Tespiti.....	47
Çizelge 4.2 s' 'ye Bağlı Olarak t_f' in Seçilmesi.....	49
Çizelge 4.3 Hava Cebi Tayini İçin Genişlik, Yükseklik ve Ağırlıklar	50
Çizelge 4.4 V_{MA}' nın Çeşitli Malzemeler ve Döküm Yöntemleriyle İlgili Olarak Seçimi..	53
Çizelge 4.5 V_{MA}' nın Hava boşaltım kanallarının derinliği	70



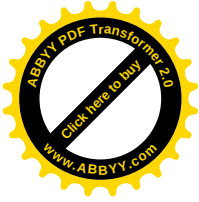
ÖNSÖZ

Global rekabet ortamında işletmeler sürekliliklerini sağlayabilmek için yüksek kalite, düşük maliyet, sıfır hata ve müşteriye cevap verme süresini minimize etmek için teknolojik gelişimleri yakından takip etmek ve üretim sistemlerini sürekli modernize etmek zorundadır. Kendisini yenileyemeyen ve teknolojiye ayak uyduramayan firmalar zamanla yok olmaya mahkûmdur.

Üretim sistemine teknolojik gelişmeleri entegre etmiş döküm sektörün önde gelenlerinden ARPEK firmasında, basınçlı dökümde simülasyon analizleri üstüne yaptığım yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında değerli fikirleriyle tezime yön veren Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ' e, yoğun iş programına rağmen simülasyon çalışmalarım için her türlü desteği sağlayan ARPEK firmasına ve Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesinde, lisans ve lisansüstü eğitimimde emeği geçen herkese, hayatımın her döneminde olduğu gibi tezimi yazdığım dönemde de benden hiçbir desteğini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Alper ULUDAĞ

TEMMUZ, 2007



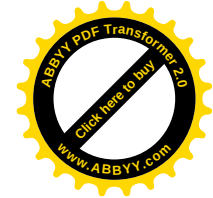
ÖZET

Döküm teknolojisi, İnsanlık tarihinde yüzyıllardan beri önemli bir role sahiptir. Her geçen gün artan ihtiyaçlar, düşük maliyet ve sıfır hata ile istenen yüksek kaliteli üretim, döküm teknolojilerinin ve alt dallarının ilerlemesine öncülük etmiştir.

Döküm yöntemlerinden basınçlı döküm yöntemi ile parça üretimi; ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına karşın, düşük birim maliyetli seri üretime imkân vermektedir. Son 10 yıldır kullanılmakta olan **Döküm Simülasyon Yazılımları** sayesinde tasarımlar bilgisayar üzerinde yapılmakta ve analiz edilmekte; üretim tecrübeleri ile birlikte sonuçlar irdelenerek, optimum tasarım bilgisayar ortamında oluşturulabilmektedir. Bu sayede olası değişiklikler ve/veya hatalar üretim sonrasında kalıp üzerinde değil, daha üretim safhasına gelmeden bilgisayar ekranında analiz edilebilmektedir.

Bu çalışmada, basınçlı döküm yöntemiyle zamak malzemeden üretilecek olan flanşın 2 ve 4 gözlü 2'şer adet tasarımı simülasyon yazılımı ile incelenmiş ve optimum sonuç elde edilmiştir. Gerek farklı gözlü tasarımlar arasında, gerekse aynı göz sayısına sahip farklı tasarımlar arasında sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Basınçlı Döküm, Simülasyon, Parça Tasarımı, Zamak



ABSTRACT

During centuries, casting technology has played an important role in mankind history. At the first ages arrow and spear heads made of reduced minerals and also at modern ages various tools that we use in everyday life are all produced with casting technology. The increasing needs of the society resulted new demands on casting technology which is one of the most important methods of shaping technologies. Especially demands of low-priced pieces with high-quality and zero-mistake lead the development of this technology and his sub-branches.

Production with high pressure die casting which is one of the most important methods of casting technologies has taken a major place in industry especially automotive sub-industry, despite its high bench and tool costs. However lots of company had to retire from market due to low-cost / high-quality problems. Improper tool desings gives serious economical damages to companies which cant recover their cost of investment.

Beside all these, for tools produced with the experience and trial and error, the production period is too long and it is hard to obtain optimum results. Aproximately for 10 years, designs are made and analized via computer with aid of casting simulation software and by experience which is mentioned before, the results of the simulations are revised in order to get the optimum design solution. By these means, possible changes and errors can be corrected before production on the computer software and there wont be any need to correct the tool after production.

In this study, two each 2 and 4 cativy tool design of a flange which will be produced with high pressure die casting from Zamak alloy; was investigated with simulation software and optimum results were obtained. The results which are between different cavity tools and same cavity tools were compared.

Keywords: High Pressure Die Casting (HPDC), Simulation, Part Design, Zamak

1. GİRİŞ

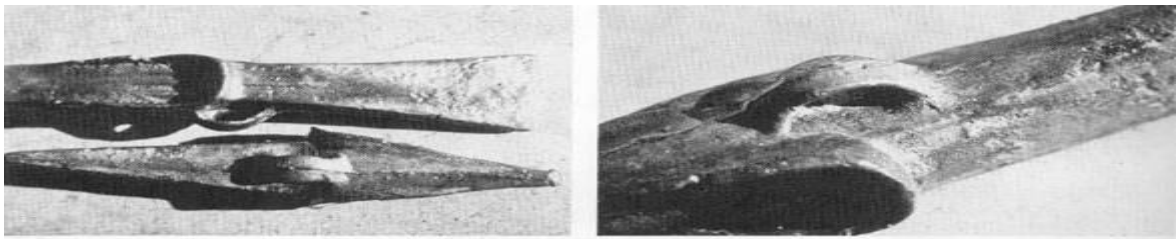
Günümüzde insanların yaşam standardında son yıllarda sağlanan olağanüstü artış, büyük ölçüde yüksek kaliteli ürünlerin tasarımı ile bunların seri ve ucuz olarak üretimini sağlayan imalat yöntemlerinin geliştirilmesi sayesinde olmuştur. İmal usullerini tanımak, günümüzde sadece makine mühendisleri için değil, 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. Üretim, doğada bulunan maddeleri istenilen özellik ve biçimdeki ürünlere dönüştürmek olarak tanımlanabilir. (1)

Üretim yöntemlerini iç ve dış dönüşümler olarak iki gruba ayırmak mümkündür. İç dönüşümler genellikle cevherlerin indirgenmesi, kimyasal arıtma, ısıl işlemler gibi maddelerin kimyasal dönüşüme uğratıldıkları üretim teknikleridir. Dış dönüşümler ise malzemelerin istenilen biçim ve boyutlara sokulması anlamında olup, Türkçe teknik terminolojide bu teknikler için genellikle imal usulleri adı kullanılmaktadır. Çok değişik yöntemleri içeren imal usullerinin başlıcaları döküm, kaynak, plastik şekil verme ve talaş kaldırma yöntemleridir. (1)

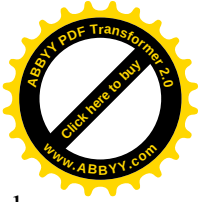
Metal dökümü, istenen bir şekli elde etmek için seçilen metal veya alaşımının ergitilmesi ve hazırlanan kalıp boşluğuna dökülmesi olarak açıklanabilir. (2)

Arkeolojik bulgular döküm yönteminin M.Ö.4000 yıllarından başlayan bir geçmişi olduğunu göstermektedir. İnsanların ilk ilgisini çeken metal, altın olmuştur. O tarihlerde metal dökümün gelişimi için bir temel sağlayan ve ateş kullanan birçok teknoloji vardı. Bunlardan bazıları daha çalışabilir olması için kayaların ısıl işlemi, alçı yapmak için kirecin yakılması ve seramik oluşturmak için çamurun pişirilmesi idi. (1,3)

Daha sonra bakır metali, bu cevherin tesadüfen ateş söndürmede kullanılması sırasında bakır taneciklerinin erimesi sonucunda keşfedilmiştir. Önceleri dövülerek biçimlendirilen bakırın yüksek sıcaklıklarda eridiğini gören insanlar bu malzemeyi dökerek kullanmaya başlamışlardır. Bir bakır alaşımı olan bronz da bir rastlantı sonucunda bulunmuş ve dayanımı bakırdan daha yüksek olan bu malzeme bir tarih öncesi çağa adını vermiştir (Şekil 1.1) (3)



Şekil 1.1 Bronz çağında kullanılan ve döküm yöntemiyle elde edilen bakır oklar (3)



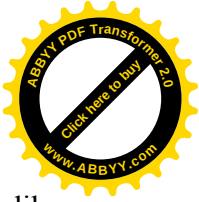
Bu çağlarda kullanılan eritme ocaklarına bakır cevheri ile odun, tabakalar halinde doldurulur ve ayakla çalışan keçi derisi körükler yardımıyla eritilen metal, taş veya pişirilmiş kilin işlenmesiyle elde edilen kalıplara dökülürdü. Önceleri tek parça açık kalıplara balta ve diğer yassı parçaların üretimi için kullanılan döküm tekniği, yuvarlak parçaların üretilmesi için iki veya daha çok parçalı kalıpların kullanımıyla geliştirildi. M.Ö. 2000 yıllarından itibaren iç boşlukların elde edilmesi için pişirilmiş kilden maçalar kullanılmaya başlandı. Bunun yanında kalıplamada mum modellerin kullanıldığı ve ısıtılarak eritilen mumun kalıbı terk etmesiyle kalıp boşluğunun oluşturulduğu hassas döküm yönteminin de aynı asırlarda geliştirildiği görülmektedir. M.Ö. 1500' den başlayarak döküm tekniğinin özellikle Çin'de çok geliştirildiği görülmektedir. Çinliler çok parçalı kalıplarla karmaşık parçaların üretiminde ustalaşmışlardı. Orta ve Uzak Doğu' da geliştirilen bu teknikler savaşlar ve göçebe insanlarla birlikte Akdeniz havzasına ve daha sonra Avrupa'ya ulaştı. Mısırlı ustaların da metal döküm tekniğine çok önemli katkıları olmuştur. Anadolu, Mezopotamya ve Suriye'de oturan kavimler ile Yunanlılar M.Ö. 1000 yıllarında demiri çok iyi işliyorlardı. Avrupalı dökümcülerin ise 13.yüzyıla kadar en önemli uğraşları kiliselere çan dökmek idi. Bu nedenle döküm uygulamaları başlangıçta kiliselerin himaye ve kontrolünde gerçekleşmiştir. Tarihte ilk top bir rahip tarafından bronz malzemeden 1313 yılında dökülmüştür. Bunun dışında özellikle İtalya'da çok sayıda sanat dökümü üretilmiş, papalık dökümhanesinin başında bulunan Biringuccio; döküm teknolojisi hakkında Pirotechnica adlı ilk yazılı eseri hazırlamıştır. Rönesans'tan sonra canlanan ticaret, bağımsız bir döküm sanayinin gelişmesini sağlamıştır.

(1)

1.1. Türkiye'de Döküm Sanayinin Gelişimi

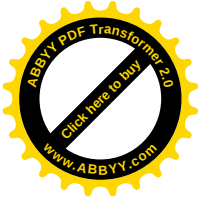
Ülkemizde döküm yönteminin bilinen ilk önemli uygulamaları Kosova Savaşında ve İstanbul'un fethinde kullanılan topların üretimidir. Fatih Sultan Mehmet tarafından Tophane'de kurulan dökümhane, diğer padişahlar tarafından da (özellikle Kanuni Sultan Süleyman zamanında) geliştirilmiştir.

O dönemde bronzdan dökülen toplar taşıma güçlüğü nedeniyle bazen kuşatılacak kalelerin yakınında da dökülürdü. Cumhuriyet döneminde ise büyük döküm fabrikalarının ilki 1937 yılında Sivas'ta Devlet Demiryolları bünyesinde kurulmuştur. 1950'lerden ve özellikle 1960'lardan sonra otomotiv ve inşaat sektörünün gelişmelerine paralel olarak ülkemizdeki döküm sanayi de hızlı bir gelişme göstermiştir.



Ancak bu hızlı yatırım dönemi 1976' dan sonra yavaşlamış, yıllık dökme demir ve çelik döküm üretimi de 1979' dan sonra düşmeye başlamıştır. 1981'den sonra tekrar artmaya başlayan üretime paralel olarak özellikle modern tekniklerin uygulandığı yatırımların yapıldığı gözlenmektedir. (1)

Halen ülkemizde Devlet Kuruluşları (Demir-Çelik, Devlet Demir Yolları, T.C.Zirai Donatım Kurumu, Çimento Sanayi, Makine Kimya Endüstrisi, Tersaneler, Şeker Fabrikaları, Askeri Fabrikalar v.b.) bünyesindeki tesislerin dışında, sanayi bölgelerinde yaklaşık 100 kadar büyük, değişik illere dağılmış 1500'ün üzerinde küçük dökümhane bulunmakta ve bu kitap kapsamında ele alınan yöntemlerin büyük çoğunluğu başarı ile uygulanmaktadır. Ülkemizde kişi başına üretim 10 kg dolayında olup, bu değer sanayileşmiş ülkelerde 40 kg düzeyindedir. Yaklaşık 600.000 ton/yıl olan toplam üretimin %75'i lamel grafitli dökme demir, %7'si küresel grafitli (sfero) dökme demir, %3'ü temper dökme demir, %10'u dökme çelik ve %5'i de demir dışı metallerin üretimi olarak gerçekleştirilmektedir. Bu üretimin %30'u inşaat, %35'i makine imalat, %15'i otomotiv, %8'i basınçlı boru ve %12'si demir-çelik ve diğer alanlarda kullanılmaktadır. (1)



2. BASINÇLI DÖKÜM

Basınçlı döküm yöntemi sıvı metalin basınç altında metal kalıba doldurulması esasına dayanan bir döküm yöntemidir. Metal kalıba (kokil) döküm yöntemine benzemektedir; aralarındaki fark kokil dökümde yerçekimi etkisiyle dolum, basınçlı dökümde ise basınç altında dolmasıdır. (2)

Elle çalışan döküm makinelerinin patentleri, hızlı dökümle daha kaliteli parçaları elde etmek isteyen, Sturgiss (1849), Barr (1852) tarafından alınmıştır. Daha sonra metal bir kalıba piston ilerlemesi tarafından zorlanan sıvı metalin dökülmesiyle Ottmar Mergenthaler otomatik döküm makinesini “Linotip” geliştirdi. Linotip adını taşıyan ilk basınçlı döküm makinesinin patenti 1905 yılında H.H. Doehler tarafından alınmıştır. İki yıl sonra E.B. Wanger’ in bugünkü sıcak kameralı basınçlı döküm makinesinin bir prototipi niteliğindeki makinesi ortaya çıkmıştır. Bu makine II. Dünya Savaşı sırasında geniş bir şekilde kullanılmıştır. (3)

Önceleri kurşun ve kalay alaşımlarının basılmasıyla başlayan uygulamalar daha sonraları yüksek ergime sıcaklığı problemleri sebebiyle çinko alaşımlarına kaymıştır. 1915’te ise alüminyum ve alaşımları dökülmeye başlanmıştır. Daha sonraları ise alüminyumu, magnezyum ve bakır takip etmiştir. (2,3)

Basınçlı döküm, metal bir kalıbın hızlı dolmasını sağlamak için sıvı metale yüksek hız veren hidrolik enerjinin bir kaynağı ile karakterize edilir. Kalıp enjeksiyonun gerilmelerini absorbe eder, metal içindeki sıcaklığı dağıtır ve bir sonraki çevrim için hazırlıkta şekillendirilmiş parçanın çıkarılmasını kolaylaştırır. Hidrolik enerji, kalıp boşluklarını dolduran ve katılaştıran metal üzerinde hız, akış optimizasyonu ve kuvvet fonksiyonlarının kontrolüne izin veren bir sistem tarafından sağlanır.

Basınçlı döküm avantajları şöyle sıralanabilir:

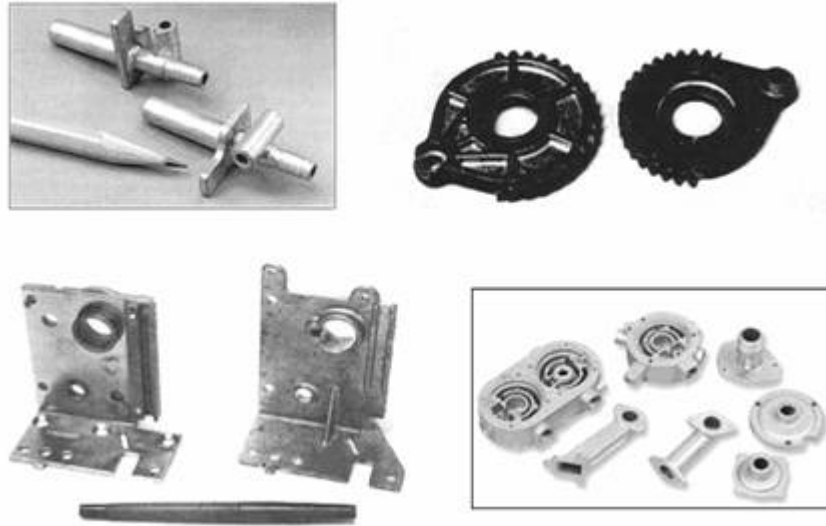
- Karmaşık şekilli parçalar rahatlıkla üretilebilir.
- Kalıplar basınç altında dolduklarından, diğer döküm yöntemlerine göre daha ince cidarlı ve boyutsal hassasiyeti fazla olan parçalar dökülebilir.
- Aynı kalıpla aynı anda çok sayıda parça dökülebildiğinden imalat hızı yüksektir.
- Yüzey işlemi çok az gerekir ya da hiç gerekmez.
- Daha ince kesitlerin dökülebilmesi malzeme maliyetlerini azaltmaktadır.
- Al alaşımları gibi bazı alaşımlar bu yöntemle üretildiklerinde diğer döküm yöntemlerine göre daha yüksek mekanik özellikler gösterirler.

- Dökülebilir parça ağırlıkları çok geniş bir aralığa sahiptir.

Yöntemin dezavantajları ise;

- Dökülebilir parça boyutları tezgah boyutlarına ve özelliklerine göre kısıtlı olmaktadır.
- Tasarım aşamasında yolluk ve hava ceplerinin tasarımı çok önemlidir.
- Tezgah ilk yatırımları çok yüksektir.
- Ergime sıcaklıkları Cu ve alaşımlarının ergime sıcaklıklarından daha yüksek olan alaşımlar bu yöntemle üretilemezler. (2)

Yöntemle özellikle otomotiv endüstrisi olmak üzere birçok endüstri için parçalar üretilebilir (Şekil 2.1). Gövdeler, bağlama elemanları, flanşlar, direksiyonlar vb. gibi parçalar üretilebilir (3)



Şekil 2.1 Bazı basınçlı döküm parçaları (3)

Basınçlı dökümde 4 temel alaşım ailesi sık olarak kullanılır: Alüminyum, çinko, magnezyum ve bakır alaşımları (Çizelge 2.1). Kullanılan kalıp ve enjeksiyon sistemin çelik olması nedeni ile bu yöntem ile en fazla 980 °C ye kadar ergitilmiş metal alaşımları yöntemle dökülebilmektedir.

Çizelge 2.1 Basıncılı dökümde çok kullanılan bazı alaşımların kimyasal kompozisyonları (3)

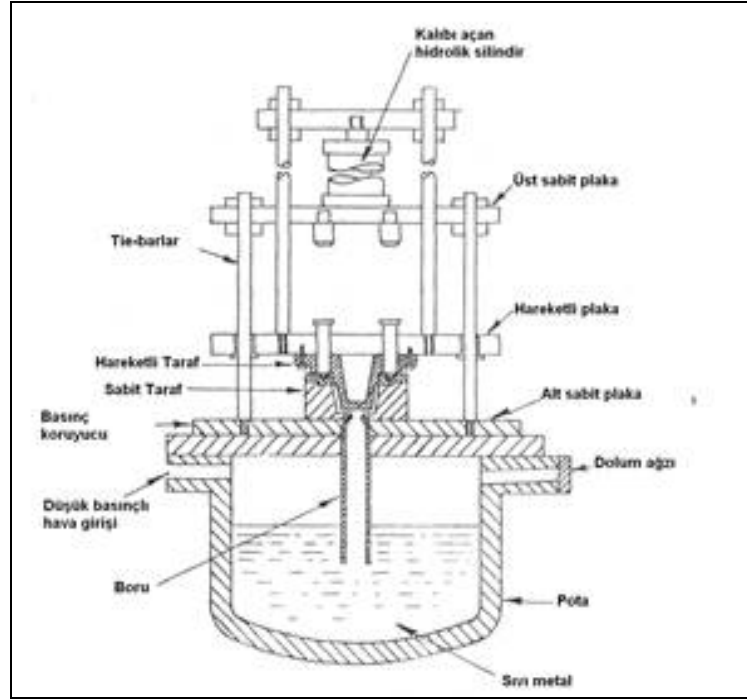
Alaşım	Alaşımların elementleri (%)								
	Al	Cu	Fe	Mg	Mn	Pb	Si	Sn	Zn
Alüminyum alaşımları									
A360	min	0.60	1.0	0.40-0.60	—	—	9.0-10.0	—	0.40
A380	min	3.0-4.0	1.0	0.10	—	—	7.5-9.5	—	2.9
A392	min	2.0-3.0	1.0	0.10	—	—	9.5-11.0	—	2.9
A394	min	3.0-4.5	1.0	0.10	—	—	10.5-12.0	—	2.9
B290	min	4.0-5.0	1.0	0.5-0.65	—	—	16.0-18.0	—	1.4
A413	min	1.0	1.0	0.10	—	—	11.0-13.0	—	0.40
518	min	0.25	1.1	7.6-8.5	—	—	0.35	—	0.15
Bakır alaşımları									
C9500	0.25	57 min	0.50	—	0.25	1.5	0.25	1.50	31 min
C9700	0.15	63 min	0.40	—	0.15	0.25	0.75-1.25	0.25	min
C9800	0.15	80 min	0.15	0.01	0.15	0.15	3.75-4.25	0.25	min
Magnezyum alaşımları									
AZ91B	3.3-9.7	0.35	—	min	0.13	—	0.50	—	0.13
A360A	5.5-6.5	0.35	—	min	0.13	—	0.50	—	0.22
A341A	3.5-5.0	0.06	—	min	0.20	—	0.50	—	—
Çinko alaşımları									
AC40A	3.9-4.3	0.10	0.075	0.025-0.05	—	0.004	—	0.002	min
AO40A	3.5-4.3	0.25	0.10	0.02-0.05	—	0.005	—	0.003	min
ALloy 7	3.9-4.3	0.75-1.25	0.075	0.03-0.06	—	0.004	—	0.002	min
ILZER 16	3.5-4.3	0.75-1.25	0.10	0.03-0.08	—	0.005	—	0.003	min

2.1. Üretim Metoduna Göre Uygulama Yöntemleri

Uygulama yöntemleri, Düşük Basıncılı Döküm (Low Pressure Die Casting), Yüksek Basıncılı Döküm (High Pressure Die Casting), Vakum Döküm (Vacuum Casting), Sıkıştırma Döküm (Squeeze Casting) olarak sıralanabilir.

2.1.1 Düşük Basıncılı Döküm (Low Pressure Die Casting)

Bu yöntem gravite dökümden enjeksiyon ve katılaşma sırasında kalıp içinde metalde pozitif bir basınç uygulanması yönünde ayrılır. Şekil 2.2' de görülen düşük basınçlı döküm prosesi sıcak ve soğuk kamaralı yöntemlerdeki 100-1000 MN/m² basınçlardan farklı olarak 40 kN/m² basınç uygulanan bir yöntemdir. (4)

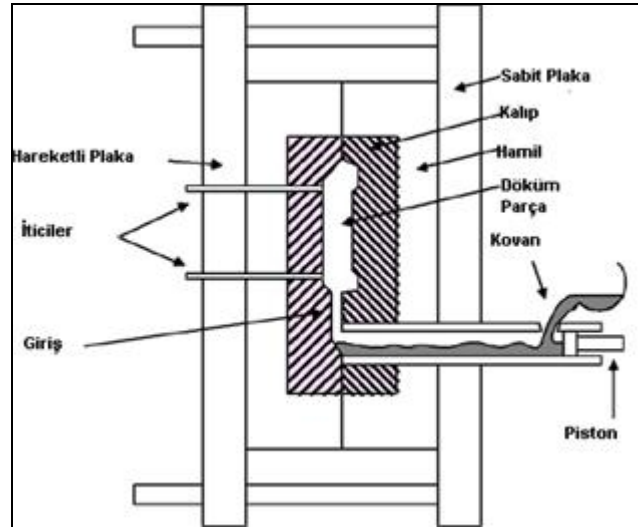


Şekil 2.2 Düşük Basıncılı Döküm Makinesi (4)

Düşük basınçlı döküm yöntemi, sıvı metalin yüzeyi altına daldırılmış ve aşağılara kadar inen bir besleme borusuyla monte edilen kalıbın altında hava geçirmeyen bir fırın kullanır. Atmosfer basıncının biraz üstünde uygulanan bir basınç ile hava veya asal gaz fırına gönderilir ve, bu gaz fırındaki metal seviyesine baskı yapar ve onun kalıbı doldurmak için yukarı çıkmasını sağlar. Özellikle Al ve alaşımları için kullanılan bir yöntem olsa da diğer metal alaşımları da bu yöntemle dökülebilmektedir. Bu yöntemle çok küçük parçalardan 22 kg'a kadar parçalar dökülebilir. Parça büyüklüğüne göre 50-500 parça/saat döküm yapılabilir. (2,4)

2.1.2 Yüksek Basıncılı Döküm (High Pressure Die Casting)

Ergime dereceleri yüksek Al, Mg ve Cu alaşımlarının ergitme fırınından hazneye doldurulup bir piston yardımıyla basınç altında kalıp boşluğuna basılarak yapılan basınçlı döküm yöntemidir. (2)



Şekil 2.3 Basit Bir Yüksek Basıncılı Döküm Makinesi (5)

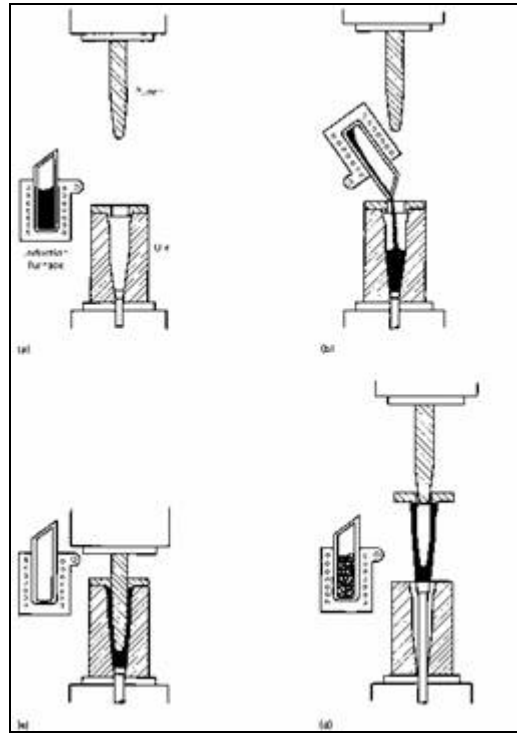
Bu donanımlar kalıp yarılarını tutan ve destekleyen hamiller üzerinde bulunan iki dikey plakadan oluşur. Bu plakalardan biri sabit diğeri hareketlidir. Yukarıda da anlatıldığı gibi hidrolik olarak hareket ettirilen piston yardımıyla kovana doldurulan sıvı metal kalıba 3 fazda doldurulur. Katılaşma bittikten sonra kalıbın hareketli tarafı açılır ve iticiler yardımıyla parça kalıptan çıkar. Daha sonra kalıp soğutulur ve bir sonraki döküm için çevrime tekrar hazırlanır. (5)

2.1.3 Vakum Döküm (Vacuum Die Casting)

Prencip olarak düşük basınçlı döküme benzer. Kalıbın içindeki basınç bir vakum pompası ile düşürülür ve basınç farklılığı sıvı metalin kalıba girmesini sağlar. Bu yöntemle daha az türbülans olduğundan diğer yöntemlere nazaran daha az gaz boşluğu meydana gelir. Bu yeni teknik sonuç olarak daha sonrada ısıtım işlem görebilecek parçalar için kullanılabilecek özel bir yöntemdir. (5)

2.1.4 Sıkıştırma Döküm (Squeeze Casting)

Şekil 2.4' te görüldüğü üzere sıvı metal açık bir kalıba gönderilir. Kalıp kapanmasının son aşamalarında, sıvı metal sıkışarak kalıbı tamamen doldurur. Metalin yer değiştirmesi kalıp içinde az olduğundan, sıvı metal için büyük akışkanlık gerekmez. Bundan dolayı normal olarak dökülemeyen dövme alaşımları bu yöntemle dökülebilir. Proseste önemli olan metal hacmi, metal sıcaklığı ve uygulanan basınç (50-140 MPa) çok önemlidir. (5,6)



Şekil 2.4 Sıkıştırma döküm prosesi (5)

2.2. Tezgah Türüne Göre Uygulama Yöntemleri

Tezgah türüne göre uygulama yöntemleri, Sıcak kamaralı yöntem ve Soğuk kamaralı yöntem olarak sıralanabilir.

2.2.1 Sıcak Kamaralı Basınçlı Döküm

Bu makinelerin 1900'lü yılların başlarında kullanılan tipleri Şekil 2.5'de verilmiştir. Burada dökme demir bir potaya ergimiş metal içine dalabilecek durumda bir silindir ve silindir içine de yatay çalışabilecek bir piston yerleştirilmiştir. Ergimiş metal silindir içine kendi ağırlığı ile dolar. Bu arada kalıbın iki yarısı plakalar üzerinde uygun şekilde bağlanır. Kalıp yarıları elle kumanda edilerek kilitlenir ve bütün kalıp döndürülerek yatay durumdan düşey duruma getirilir. Böylece kalıp yoluğu enjeksiyon deliğine oturtulur. Piston silindirdeki ergimiş metali kalıba basar (2).

Sıcak kamara tipi basınçlı döküm makinelerinde metal presin arka tarafında bulunan pik döküm potalar içinde elektrik rezistansları veya gaz, sıvı yakıt brülörleri kullanılarak ergitilir. Kaz boynu ergimiş metalin pota içinden metal kalıp içine basınçlı olarak sokulmasının sağlar. Kaz boynunun bir kısmı ergimiş metal içindedir.

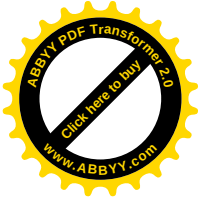


Şekil 2.6 Sıcak kamaralı modern basınçlı döküm makinesi (3)

Bu tip makinelere dalma silindirli sıcak kamaralı makineler adı verilmekte olup, pistonlu yöntemden ayrılmasını sağlayan tek fark piston itilmesi için hidrolik kuvvetin kullanılmasıdır.

(2)

Yöntemde sıvı metalde türbülans oluşmasını, havanın okside olmasını ve hidrolik enerjinin transferi sırasında ısı kayıpları en aza indirgenmiştir. Sıvı metal ve sistem ekipmanlara arasındaki uzun süreli yakın etkileşim üretim prosesinde bir çok problemler meydana getirebilir. (3)



2.2.2 Soğuk Kamaralı Basınçlı Döküm

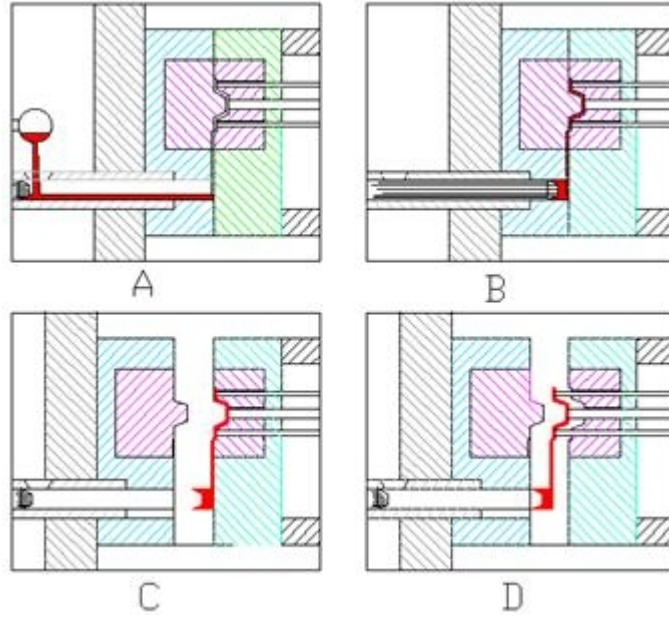
Bu tip makinelerde, metal pompası, soğuk kamara ya da kovan fırın dışındadır ve içine konulan metale göre daha soğuktur.

Soğuk kamara tipi döküm makinelerinde basınç odasına ergimiş metal operatör veya robot tarafından sokulur. Yolluk sistemi sıcak kamaradan farklı olan soğuk kamara kalıbına metal, pistonun metali önünde sürükleyip sıkıştırması sonucu girer. Kalıbın ergimiş metalin gireceği tarafı potaya yakın olan sabit plakaya, itici tertibatı bulunan kısmı presin hareketli plaka tarafına bağlanır. Sıcak kamarada her çevrimden sonra ergimiş metali kalıba basınçlı sokan hidrolik silindir kaz boynu içinde çalışan pistonu yukarı çeker. Kaz boynunun pota içinde kalan kısmında silindir cidarında, pistonun üst noktada bulunduğu konumdan 5 cm kadar altta kaz boynu büyüklüğüne bağlı değişen metal giriş deliği bulunur. Piston üst noktada iken delikten silindir içine ergimiş metal dolar. Piston hareketi ile metal sıkışır kalıp boşluğuna doğru ilerler. Kalıp içindeki katılaşmanın olması ile piston yukarı konuma alınır. Kaz boynunun içinde kalan metalin ergiyik kısmı silindire geri akar. Bu duruma yardımcı olmak için presler arkaya doğru 5 ° yatık imal edilirler. Soğuk kamarada metalin tamamı katı faza geçtiğinde piston metalin giriş deliğinde kalan metali kalıptan dışarıya atar. Dokum sonunda kalıbın açılmasını sağlayan hareketli plakayı makaslar geriye geri konuma alırlar. Bu esnada basılan parça kalıbın itici tarafında kalır. İticiler devreye girerek kalıp yüzeyinden parçanın ayrılıp düşmesini sağlarlar.

Özellikle ergime sıcaklığı 665 °C olan alüminyum, 649 °C olan magnezyum, 1083 °C olan bakır gibi ergime sıcaklıkları yüksek olan malzemelerin kalıplanmasında kullanılmaktadır. Bu presin en büyük avantajı eritilmiş olan metalin silindir- piston ünitesini etkilememesidir. Çünkü metal ayrı bir fırın içerisinde eritilerek kalıp içerisine basılmaktadır. Soğuk kamaralı döküm makineleri, alıştırma konumlarına göre iki çeşittir (7):

Yatay soğuk kamaralı döküm makinesi

Yatay konumlu soğuk kamaralı makinelerde enjeksiyon sistemini oluşturan silindir, piston ünitesi yatay düzleme paralel olarak yerleştirilmiştir (Şekil 2.7). Silindir-piston ünitesi ısıtılmayan bu makinelerde ergitilmiş metalin enjeksiyon sistemini sıcaklık etkisinden korumak amacıyla silindir ve piston içerisine soğutucu kanallar açılmıştır. Kalıplama işleminin ardından, açılan kanallar sayesinde silindir-piston ünitesi soğutulmuş özelliğinin bozulmaması sağlanır. Bu preste ergitilmiş metalin silindir içerisine aktarılışında uygulanacak ilave ve besleme sisteminin yerleşiminin zor olması, kalıplama zamanının fazlalığı, ısı kaybını önlemek için metalin ergime sıcaklığından fazla ısıtılması gibi zararlı yönleri olmaktadır. (7)

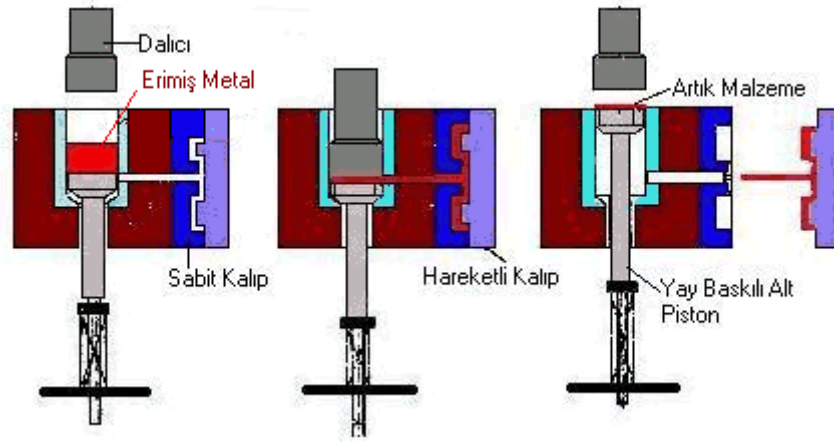


Şekil 2.7 Yatay Soğuk Kamaralı Makinenin Çalışmasına Örnek (A;B;C;D)

A-Metalin Doldurulması B-Metalin Basılması C-Kalıbın Açılması D-Parçanın Çıkarılması (7)

Düşey soğuk kamaralı döküm makinesi

Basma işlemi düşey bir kamarada yapılmaktadır, Şekil 2.8' deki gibi alttaki piston ergimiş metal kamaraya dolarken, kalıp giriş deliğini kapayacak konumdadır. Metal beslendikten sonra üst piston aşağı doğru hareket ettirilerek, önce ergimiş metal iki piston arasında sıkıştırılır ve bu esnada alt piston üst piston basıncının etkisi ile aşağı doğru hareket ederek kalıp giriş deliğini açar. Ergimiş metal bu girişten hızla kalıp boşluğuna basılır ve dökümün tamamlanması için bir süre basınç tatbik edilir. Katılaşma bittikten sonra üst ve alt piston yukarıya doğru hareket ettirilerek metal artığı dışarı atılır. Kalıp yarımı açılarak parça çıkarılır. En önemli avantajları piston hareket ettirildiğinde ergimiş metal sıkı bir kitle halinde hareket ederek dökülen parçada hava boşluklarının oluşumu da minimum olur. Düşey makineler genellikle merkezden beslemenin en iyi olduğu veya daha etkin olduğu durumlarda tercih edilir. Örneğin; merkez kısmının et kalınlığı fazla ve merkezden uzaklaştıkça kenarlara doğru et kalınlıkları azalan tekerlek vb. parça dökümlerinde kullanımı avantajlıdır (7)



Şekil 2.8 Düşey Soğuk Kamaralı Döküm Makinesi ve Çalışma Sırasının Gösterilmesi (7)

Soğuk kamaralı makinelerin dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ergimiş metali beslemek için ek donatıma ihtiyaç vardır.
- Sıcak kamaralı makinelere göre imalat hızı düşüktür.
- Aşırı ısı kaybından meydana gelebilecek döküm hataları oluşabilir (2).

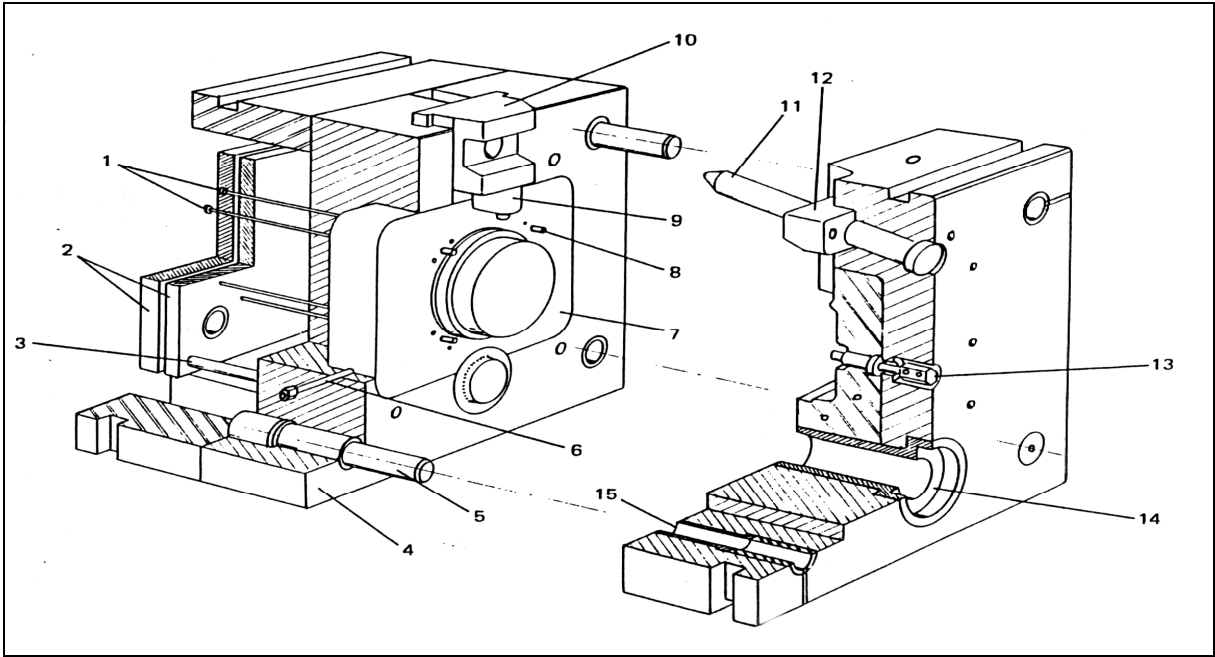
2.3. Basınçlı Döküm Kalıpları

Kaliteli bir üretim yapılabilmesi için basınçlı döküm parçalarının iyi bir konstrüksiyona sahip olması gerekmektedir. Parçaların şekillendirilmiş kısımları mümkün olduğu kadar doğrusal olmalıdır, sivri uçlardan kaçınılmalıdır, 1.5 mm' den 4 mm' ye kadar aynı kalınlıkta bir cidar kalınlığı sağlanmalıdır, gerekli koniklik miktarı 1°' den aşağı olmamalıdır, muhtelif yerlere konacak boşluk, delik ve cep gibi yerlere konacak maçalardaki koniklik 1.5°' nin altında olmamalıdır, parçada vida dişleri hususi hallerde dökülmeli, gerekli dişlere ait maçalardan istifade edilir, döküldükten sonra maçalar yerlerinden döndürülmek suretiyle çıkarılır. Basınçlı döküm parçalarının konstrüksiyonlarında en iyi tasarım elde edilinceye kadar gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Kalıp yapımında kullanılan malzemeler Basınçlı döküm kalıplarında yüksek sıcaklık, basınç gibi etmenlerden dolayı kalıpta; Isıl yorulma, Çatlama-kırılma, Korozyon- Erozyon, Çökme gibi sorunlar meydana gelebilir.

Bu sorunları en aza indirebilmek için kalıp çeliklerinde olması gereken başlıca özellikler şunlardır:

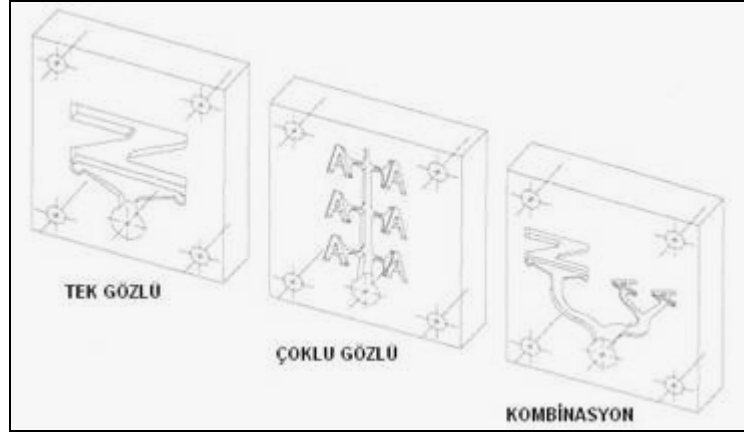
- Yapısal sağlamlık ve homojenlik,
- Kolay işlenebilme özelliği,
- Sıcak çalışmada ısısal arızalara karşı yüksek dayanımı,
- Çalışma anında deformasyonu önleyecek yeterlikte sertlik ve mukavemet,
- Moleküler çatlamayı önleyecek yeteri sağlamlık,
- Dökülen alaşımın aşındırıcı ve silici etkisine karşı yüksek dayanımı,
- Yüksek ısı iletkenliği,
- Çok küçük ısısal genleşme katsayısı,
- Isı işleminde ölçüsel stabilize olmamalıdır.



Şekil 2.9 soğuk kamara basınçlı döküm kalıbı

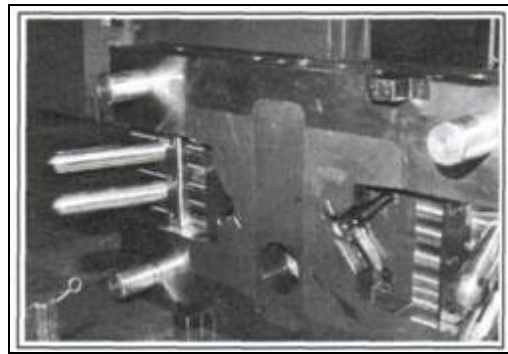
- 1-İtici pim, 2-İtici plakası, 3-Geri itici pimleri, 4-Kalıp seti, 5-Merkezleme pimleri,
6-Soğutma kanalı, 7-Çekirdek, 8-Sabit maça, 9-Hareketli maça, 10-Maça yatağı,
11-Maça sürücüsü, 12-Maça kilidi, 13-Maça soğutma kanalı, 14-Metal girişi (Yolluk),
15-Burç Basınçlı döküm kalıpları kendini oluşturan elemanlar açısından aşağıdaki gruplara ayrılabilir (6):

Çekirdek: Çekirdek parçanın şekline sahip olan ve kalıp ayırma yüzeyinden bölünen kısımları içeren kısımdır. Geleneksel kalıplarda hareketli ve sabit hamillere bağlanan hareketli ve sabit çekirdekler vardır. Bir çekirdek çeşitli formlara sahip olabilir. Tek bir göz (cavity), çoklu göz içeren çekirdekler ya da farklı parçaların formlarını içeren çekirdekler olabilir. (Şekil 2.10)



Şekil 2.10 Çekirdeklere işlenen göz tipleri (6)

Kalıp hamilleri: Kalıp hamilleri metalden oluşturulan ve kalıbın diğer tüm elemanlarını tutmak için tasarlanan kısımdır. (Şekil 2.11) Temel olarak hareketli ve sabit taraf olmak üzere iki yarıya ayrılır. Ayrıca bu bölme, kalıp ayırma yüzeyi olarak da bilinmektedir. (6)



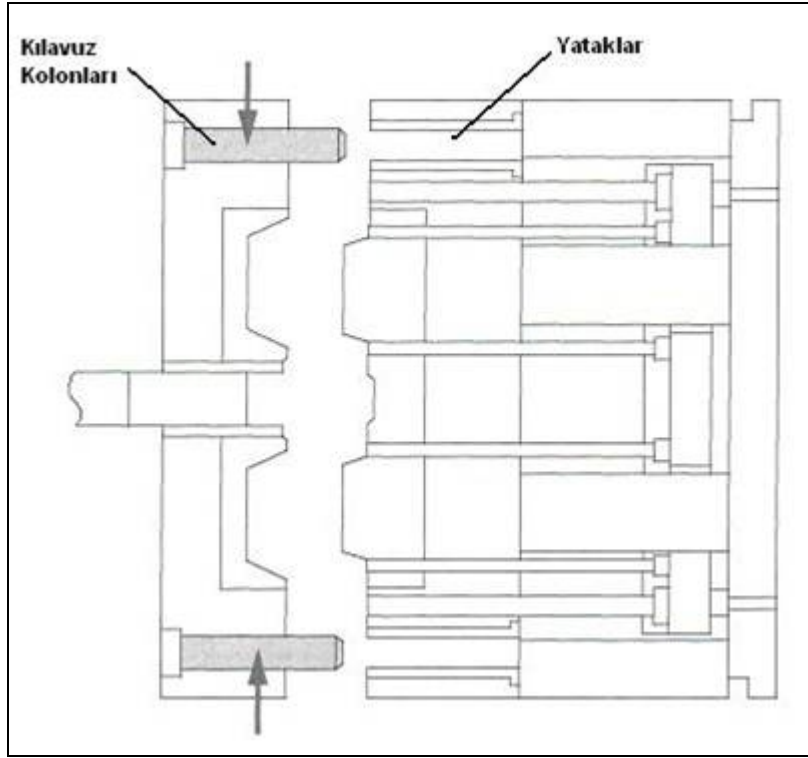
Şekil 2.11 Sabit kalıp hamili örneği (6)

Kalıp hamili dökümü yapan komponentleri kapsar. Kalıbın sabit tarafına soğuk veya sıcak kamaralı bir sistemin giriş kısmına da bağlanır.

Sabit kalıp hamili, döküm makinesinin sabit tarafına bağlanır. Kalıbın diğer yani hareketli hamil ise itici plakasıyla beraber makinenin hareketli tarafına bağlanır (6).

Sabit kalıp hamiline açılan kilitleme slotları standart boyutlara sahip yerlerdir ve sabit tarafın çevresine açılır. Amaçları döküm sırasında kalıbın kapanmasını ve kilitlenmesini sağlamaktır.

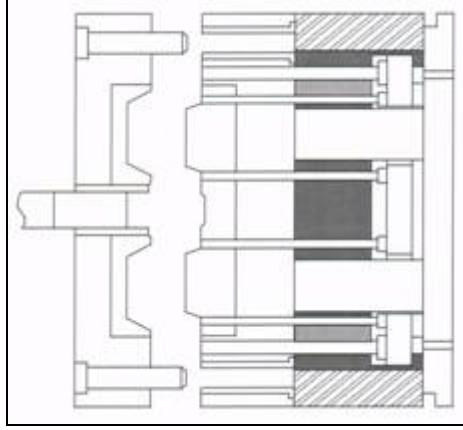
Kılavuz kolonları: Kılavuz kolonları ise kalıp yarıları kapandığında bunları merkezlemeye yarar. Kılavuz kolonları ve bunların yataklarının Şekil 2.12’ de gösterilmiştir. (6)



Şekil 2.12 Kılavuz Kolonları ve Yatakları (6)

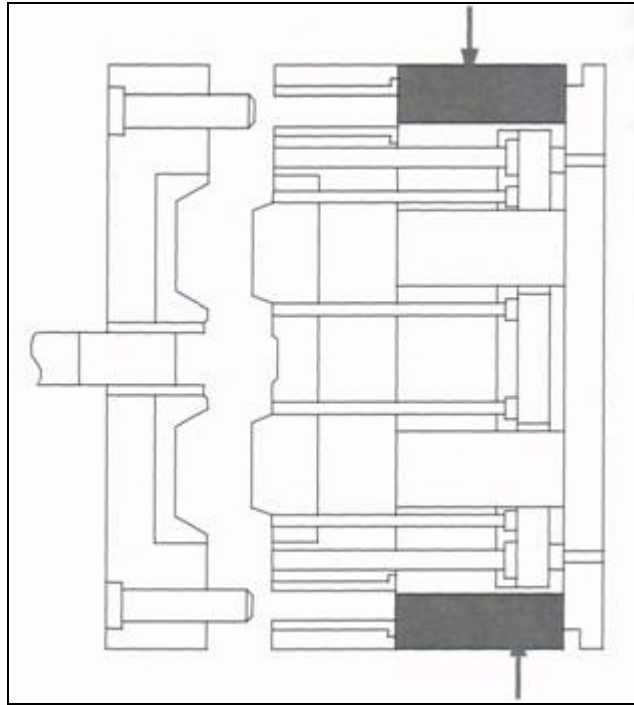
Hareketli hamiller: Hareketli hamillerin fonksiyonları da sabit hamiller gibidir. Bunlar da sabit hamiller gibi kalıp yarılarını ve ek olarak itici plakasını da taşırlar. (6)

İtici plakası: İtici plakası kalıbın itici sistemini kapsayan alanı kapsar. Nasıl tasarlanacağı sadece parça tasarımına bağlı olup, özel bir tasarım yapılamaz. Ek olarak bağlandığı hareketli tarafı kalıp kapama kuvvetine ve itici kuvvetlerine karşı korur. (Şekil 2.13) (6)



Şekil 2.13 Taralı kısımlar itici plakası ile hareketli tarafı göstermektedir (6)

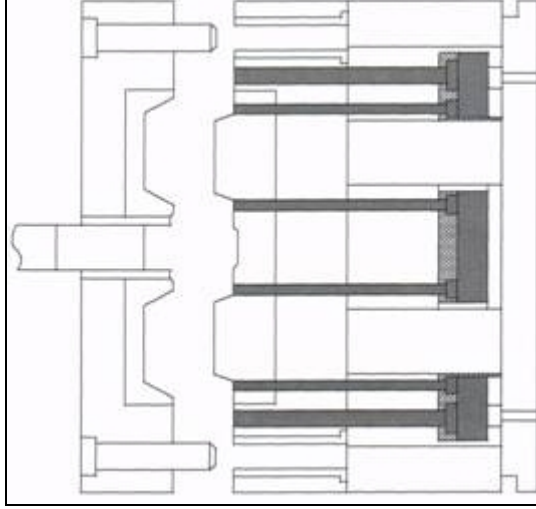
Paraleller: Paraleller hareketli hamilden makinenin hareketli tarafına kilitleme veya kilitleme plakasına ulaşmak için erişebilen ve genellikle AISI 1020 gibi çeliklerden üretilen; bağlantı yüzeyleri paralel olan elemanlardır. (Şekil 2.14) Baskılara karşı yeterli sertlikte olmalıdır. Kalıbın bütün kilitleme kuvvetleri paraleller tarafından taşınır. (6)



Şekil 2.14 Paraleller (3)

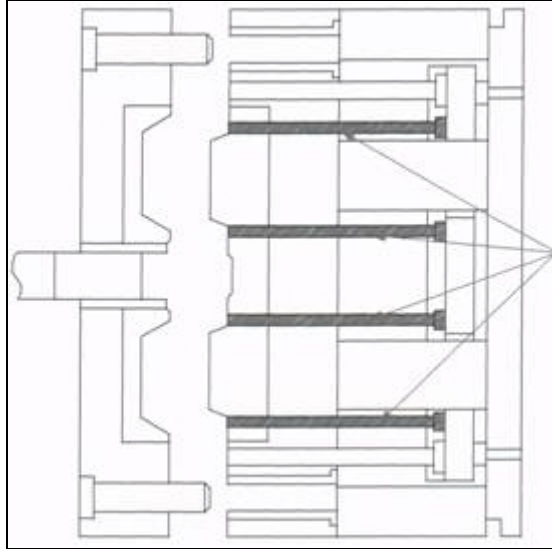
İtici sistemi: İtici sistemi kritik kalıp fonksiyonlarından “katılaşan metalin kalıptan çıkmasını” sağlar. İtici sistemi en düşük sayıda itici pimini ve plakaları içermektedir.

Ek olarak özel itici özelliklerini sağlayan elemanları ve kılavuz pimlerini ve yataklarını da içerebilir. (Şekil 2.15) (6)



Şekil 2.15 İtici sistemi (6)

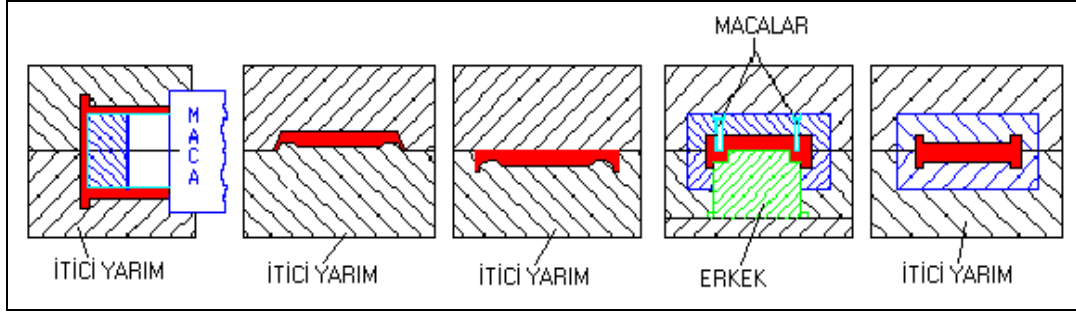
İtici pimleri: İtici pimleri itici plakasından döküm parçaya kadar uzayan ve döküm parça üzerinde yerleştirilen elemanlardır. İtici pimleri döküm parçayı kalıptan çıkardıktan sonra parça üzerinde izler bırakırlar. Parça kalitesine göre bu izlerin yükseklikleri değişmelidir (Şekil 2.16). (6)



Şekil 2.16 İtici pimleri (6)

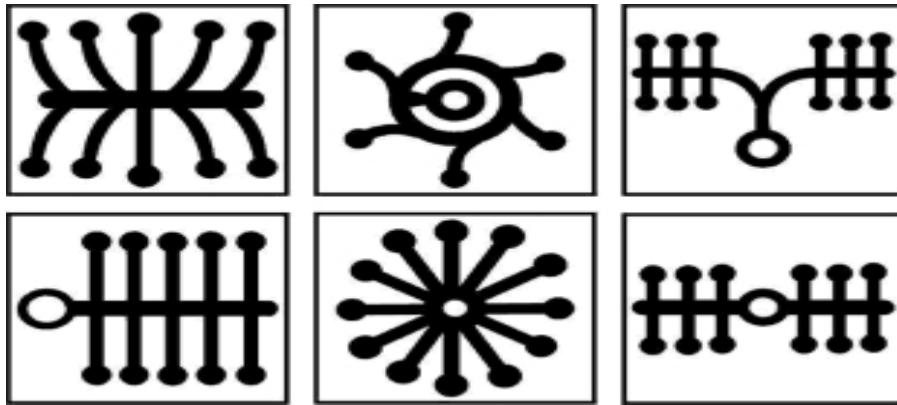
Dişi kalıplar: Dişi kalıplar istenilen biçimde doğrudan doğruya kalıp ayırma çizgisinden itibaren itici kısmına ve sabit tarafına işlenir.

Dişi kalıplar aynı zamanda ayrı çelik bloklardan işlenerek kalıp takımlarının iki yarısındaki yuvalarına yerleştirilmek suretiyle kullanılır. Kalıp takımına yerleştirilen dişi kalıp, kalıplanacak parçanın biçimine göre yapılır. Kalıbın iki parçasının üst yüzeyleri ayırma çizgisinde birbirine oturur. Maçalar iş parçası üzerindeki delik, oluk ve iç girintileri yapmak için kullanılır.



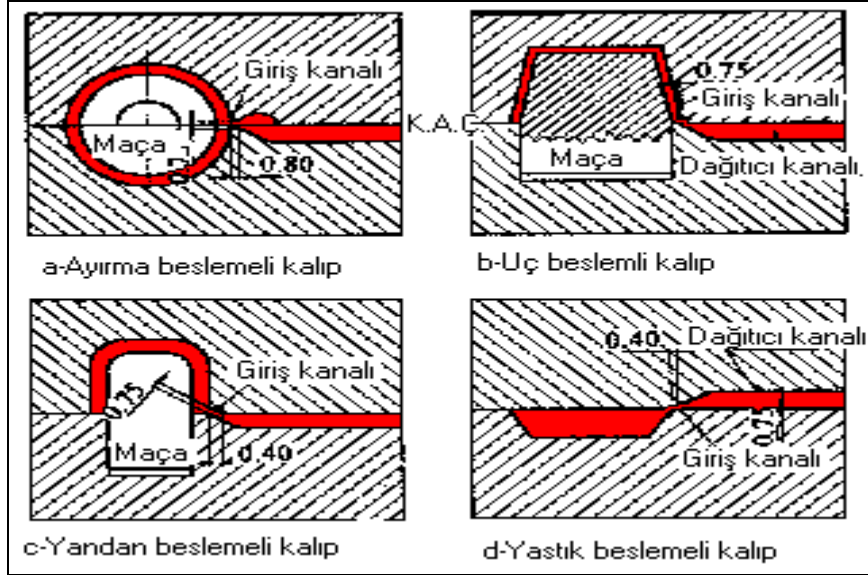
Şekil 2.17 Dişi ve maça yerleşimlerine örnekler

Dağıtıcılar: Dağıtıcılar yolluk burcundan giren ergimiş alaşımın, basınçlı döküm kalıbına ayırma yüzeyinden dişi kalıbın içine dolmasını sağlayan geçiş kanallarıdır. Basınçlı döküm kalıplarında dağıtıcılar genellikle kalıp iticisi bulunan kısma açılır. Derinlikleri 4.5 mm den 8 mm ye kadar değişir. Genişlikleri ise iş parçasının ağırlığına ve dış biçimine göre tayin edilirler. Basınçlı döküm kalıplarında girişlerin yani dağıtıcı memelerinin geniş aralıklı tiplerinde ölçü 1.25 mm üzerindedir. İnce aralıklar ise 0.625 mm civarındadır. Çok büyük parçaların meme aralığı 2.25 mm veya daha fazla aralıkla yapılır.



Şekil 2.18 Dağıtıcı çeşitleri

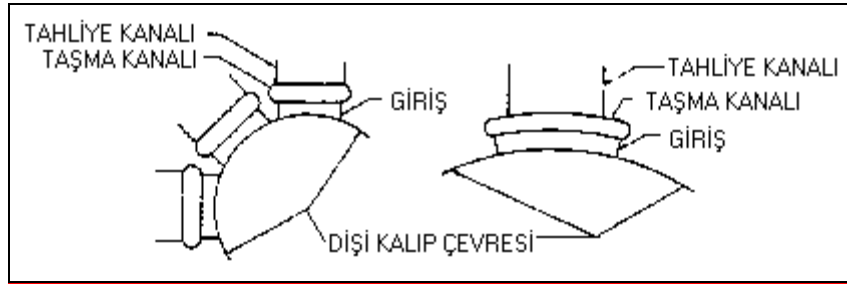
İnce girişlerle iyi yüzey kalitesi elde edilir, artık kısımların ve yüzeyin düzeltilmesi kolay olur, fakat yoğun bir döküm yapılamaz. Büyük girişlerle daha yoğun ve kusursuz bir döküm yapılır. Fakat artık kısımların kırılması ve yüzeyin düzeltilmesi daha güç olur. Girişlerin büyüklüğü ve biçimi ergiyik alaşımın buhar gibi püskürmeden bir akım sağlayacak şekilde olmalıdır.



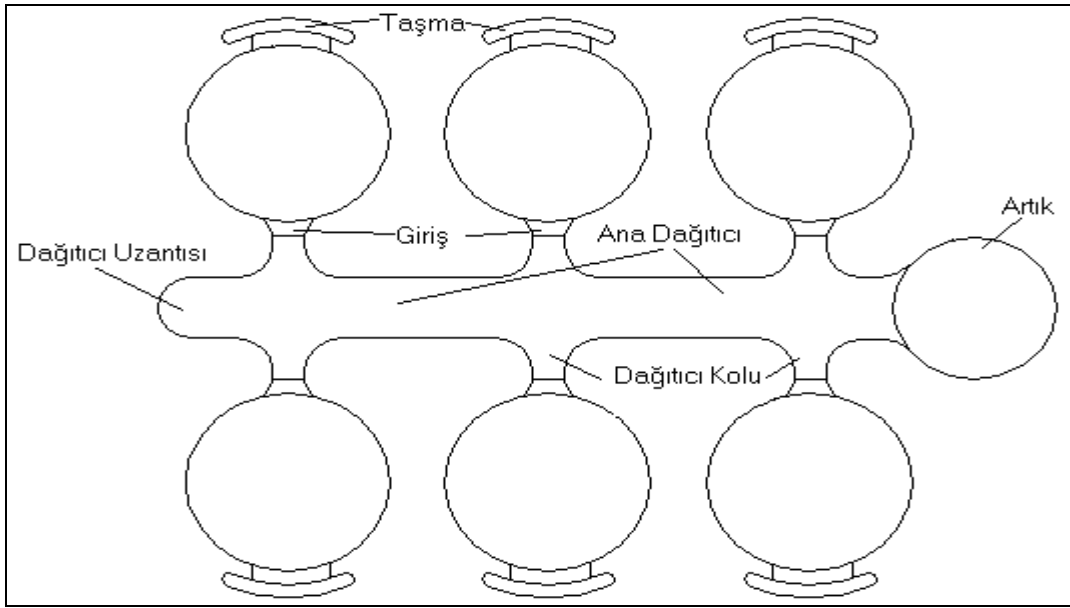
Şekil 2.19 Giriş kanallarının kalıp üzerindeki tipik konumları

Hava Tahliye Kanalları (Gaz Çıkışları): Hava Tahliye Kanalları (Gaz Çıkışları) basınçlı döküm kalıplarda hava tahliyesi şart olan ve kalıbın ayırma çizgisi üzerine işlenen elemanlardır. Tahliye kanalı genellikle ergiyik alaşımın havayı sıkıştıracağı yerde veya girişin karşıt tarafına açılır. Bazı tahliye kanalları kızakların etrafına hareketli maçaların ve iticilerin üzerine açılır.

Taşma kanalları: Taşma kanalları, basınçlı döküm yapmada önemli rol oynayan tahliye sisteminin bir parçasıdır. Doldurulması güç olan dişi kalıpların çukurlarına ergimiş alaşımın akmasını kolaylaştırır.

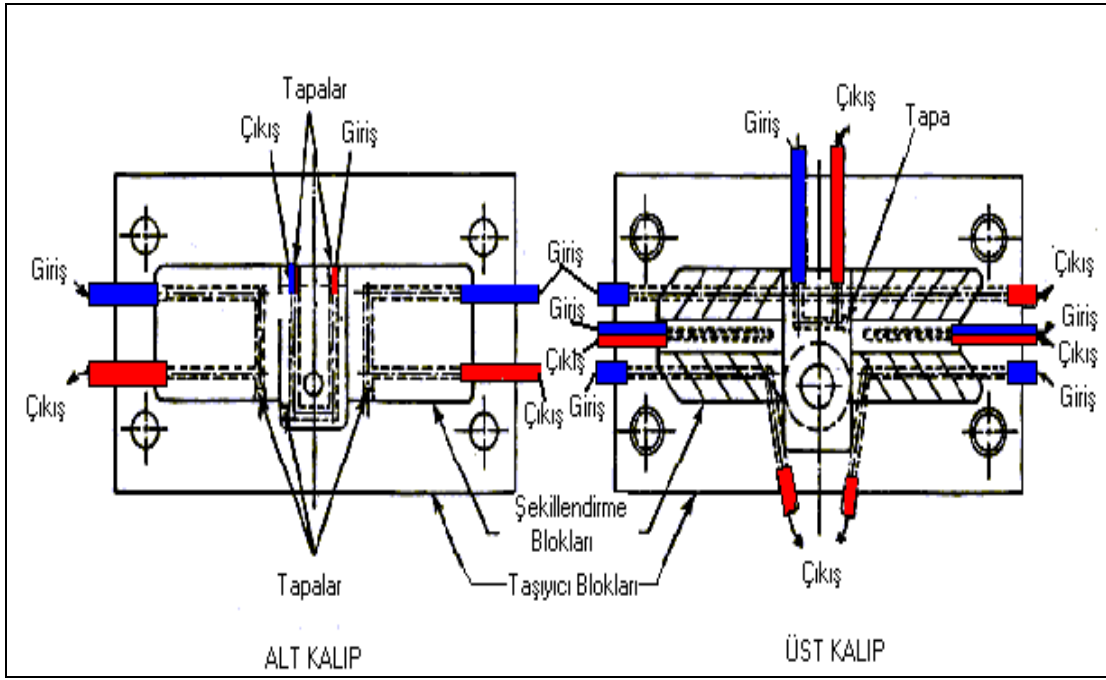


Şekil 2.20 Taşma ve tahliye kanalına örnek dişi kalıp yerleşimi



Şekil 2.21 Taşma ve tahliye kanalına örnek parça yerleşimi

Soğutma Sistemleri: Soğutma Sistemleri, basınçlı döküm makineleri her ne kadar belirli zaman aralığında daha önceden tespit edilen sayıda parça dökümü için ayarlanmış ve kalıp ısınmaları göz önüne alınmışsa da, kalıpların bazı kısımları diğer taraflarına nazaran daha fazla sıcaklık çeker. Bu kısımlar soğutma suyu kullanılarak istenilen sıcaklığa düşürülür. Şekil 2.22’teki gibi soğutmayı gerektiren bölgelere su, kalıp bloğuna delinen delikler veya açılan kanallarla iletilir. Delinen su deliklerinin kalıp yüzeyine 20 mm den yakın olmaması tavsiye edilir. Bununla beraber sakıncası olmayan hallerde kanallar, maça yahut boşluk yüzeylerine 6 mm kalıncaya kadar yaklaşabilir. Uygun soğutma sadece imalat kolaylığı için değil aynı zamanda iş parçasının yüzey kalitesinin iyi olmasına ve kalıp ömrünün artmasına yardımcı olur.



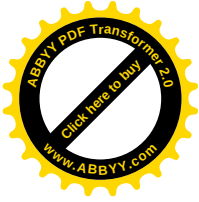
Şekil 2.22 Soğutma kanallarına örnek kalıp kesiti

2.4. Basınçlı Döküm ile Kullanılan Alaşımlar

Basınçlı döküm yöntemiyle üretilen parçaların kullanım alanlarının genişliği buralardaki fiziki ve kimyasal şartlara uyum sağlayabilecek alaşımların geliştirilmesini sağlamıştır. Bunun sonucu olarak ortaya çok değişik tipte alaşım çıkmıştır. Bununla birlikte bir kullanım alanı için son derece uygun olan bir alaşım başka bir iste uygunluk sağlamayabilir. Örnek olarak, insanların sürekli temas halinde bulunduğu kapı kolu gibi bir parçada estetik, buna bağlı olarak da kaplanabilme özelliği ön planda iken kuvvet iletiminde kullanılan bir dişlide esas problem malzemenin dayanımıdır.

Malzeme seçiminde aşağıdaki hususları göz önünde bulundurmalıdır:

- İmalatı yapılan parçanın dayanım, sertlik ve şekil değiştirme gibi mekanik özellikleri.
- Yaşlanmanın mekanik ve fiziksel özellikler üzerindeki etkisi.
- Dökülebilirlik, akışkanlık, soğuma çekmesi gibi yönlerden basınçlı döküme adapte edilebilirliği.
- Isı etkisiyle dayanımda meydana gelen değişiklikler.
- Talaş kaldırma işlemlerine ihtiyaç duyulması halinde malzemenin talaş kaldırmaya uygunluğu
- Parlatma, boyama ve kaplama gibi bitirme işlemlerine uygunluğu



- Korozyona dayanımının uygunluğu
- Kullanım yerine göre parça ağırlığı
- Kullanılan yere göre parça maliyeti
- Kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı dayanıklılığı

Basınçlı Dökümde Kullanılabilen Alaşımların Temel Özellikleri

- Katılaşma olayının belirli bir sıcaklıkta oluşması gerekir. Bu nedenle ötektik alaşımlar ve saf madenler basınçlı döküme elverişli değildirler.
- Eritme potasındaki hiçbir kristal ayrışımı olmamalıdır.
- Keskin ve ince hatların iyi dökülebilmesi için alaşımın yeterli bir akıcılığı olmalıdır.
- Hızlı soğumaya rağmen çöküntü ve iç boşluklar meydana gelmemelidir.
- Kalıp içerisindeki engellere rağmen çatlama ve iç gerginlikler oluşmamalıdır.

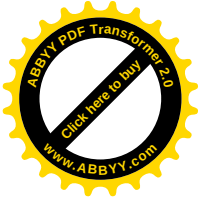
Yukarıdaki özellikleri göz önünde bulundurularak basınçlı döküm için uygun olan çinko, kurşun, kalay, alüminyum, magnezyum ve bakır esaslı alaşım arasında en uygun olanını seçmesi gerekmektedir.

2.4.1. Alüminyum ve Alaşımları

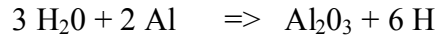
Alüminyum alaşımları düşük yoğunlukları, yüksek ısı ve elektrik iletkenlikleri, bazı ortamlarda korozyon özelliklerinin iyi olması yanında, kolay eritilebilen ve döküm özellikleri de iyi olan malzemelerdir. Katılaşma sırasında kendini çekme saf alüminyumda yaklaşık % 4 iken, alaşımlarda % 0,6' ya civarlarına inebilir.

Erimiş alüminyumun oksijene ilgisi çok fazladır, ancak sıvı metalin üzerinde oluşan oksit tabakası eriyiği oksidasyona karşı etkin olarak korur. Dolayısıyla eritme sırasında gereksiz turbülans oluşturulmamalı ve bu ok tabakasının koruyuculuğu muhafaza edilmelidir.

Alüminyum alaşımlarından dökülmüş parçalarda en çok rastlanan hata gözenekliliktir. Bunun nedeni alüminyum alaşımlarının gazlar çözündürme meylinin yüksek oluşu ve çözünmüş gazların katılaşma sırasında açığa çıkmasıdır. Normal olarak 1 m³ havada 10 gram kadar buharı vardır.



Bu su buharı,



reaksiyonuyla alüminyumun bünyesine girerse yaklaşık 1 gram hidrojen açığa çıkar ve bu miktarda gazın bulunması ise 1 ton kadar alüminyumun gözeneklilik nedeniyle reddi için yeterlidir. Bu nedenle yanma gazlarında nem bulunan ve ısı verimi düşük olan potalı ocaklar yerine, eritmede elektrikli ocaklar tercih edilmelidirler. Elektrikli ocakların kullanılması halinde dahi özenli bir gaz giderme işlemi uygulanmalıdır.

Basınçlı döküm alüminyum malzemelere yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntemdir. Bu yöntem için özel alaşımlar geliştirilmiş olup, bileşiminde yaklaşık % 1 Fe bulunması alüminyum alaşımlarının demir esaslı kalıplara yapışmasını önler. Basınçlı dökümde gözeneklilik en az düzeydedir.

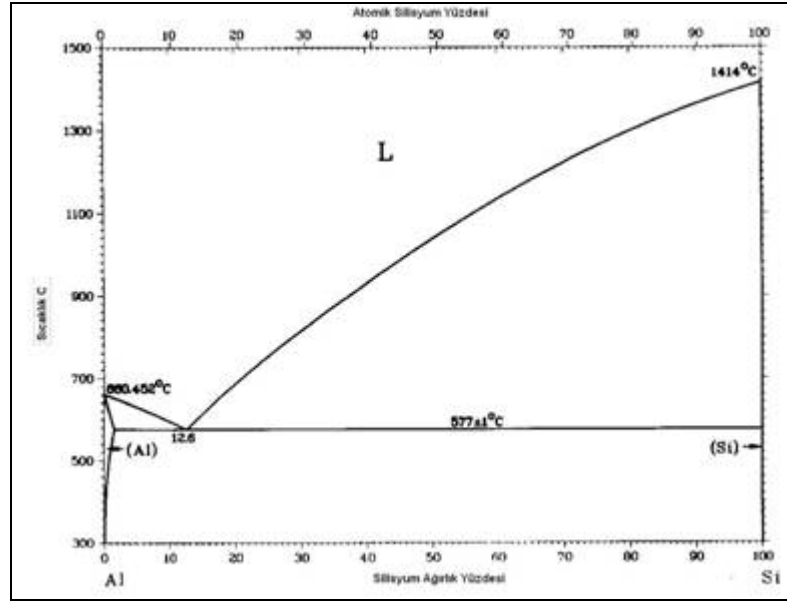
Alüminyum Dökme Alaşımları

Alüminyum dökme alaşımları, ısıtıl işlem uygulanan ve uygulanmayanlar olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Alaşımsız alüminyum genellikle elektrik ve ısı iletkenliği ile korozyona dayanıklılık nedeniyle kullanılır. Al-Cu alaşımları çökelme (yaşlandırma) sertleşmesi yoluyla yüksek dayanım değerlerine ulaşabilen malzemelerdir. Ancak bunların korozyona karşı dayanımları diğerlerine oranla daha düşük olup, gerektiğinde koruyucu yüzey kaplamalarından yararlanır.

Alüminyum döküm malzemelerinin çoğu ana alaşım elementi olarak silisyum içerirler. Silisyumun % 4.. 12 oranlarında katılmasıyla, malzemenin döküm özellikleri büyük oranda iyileşir. % 12 Si'de bulunan ötektik noktaya yaklaşıldıkça erime sıcaklığı düşer ve katılaşma aralığı daralır (Çizelge 2.2). Silisyumun yanında Mg, Cu elementleri katılarak dayanıma ve sertlik arttırılabilir. Soğuk ve sıcak çökelme (yaşlandırma) işleminin uygulanması ile bu artış daha da belirginleşir. Sadece % 5..12 Si içeren alaşımlar ise orta dayanım, yüksek süneklik ve yüksek darbe dayanımının istendiği durumlarda kullanılır.

Al-Mg sistemine giren alaşımlara da çökelme sertleşmesi uygulanabilir. Bunların özellikle deniz suyu gibi ortamlarda korozyon dayanımı yüksektir. Al-Zn-Mg alaşımlarının özellikleri ise talaşlı işlenebilme ile korozyon dayanımının yüksek oluşu yanında oda sıcaklığında gerçekleşen çökelme sertleşmesi sonucu yüksek mekanik özelliklere sahip olmasıdır. (1)

Çizelge 2.2 Al-Si Faz Diyagramı (3)



2.4.2 Bakır ve Alaşımları

Bakır, saf veya az miktarda alaşımlandırılmış olarak genellikle elektrik ve ısı iletiminde kullanılır. Bunun dışında en önemli bakır alaşımları ise pirinçler ve bronzlardır.

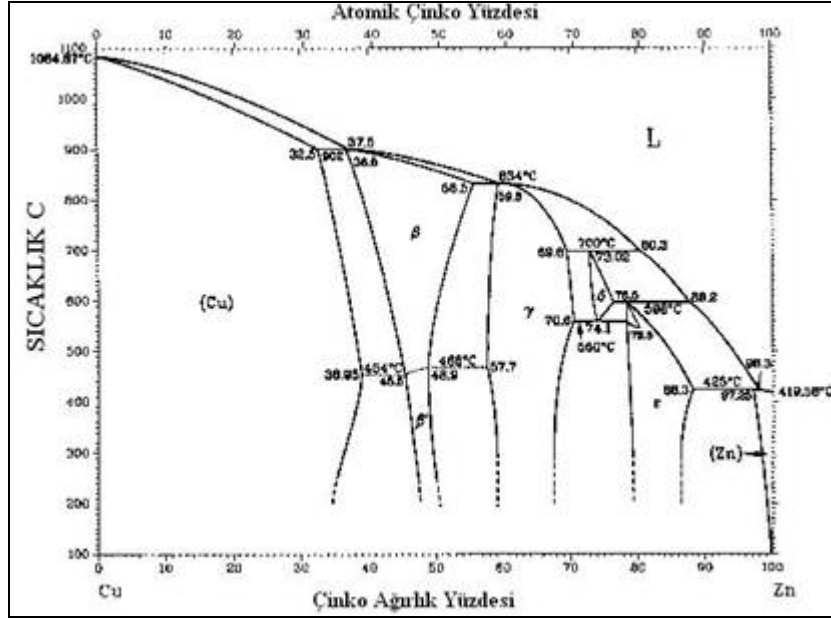
Bakır ve alaşımları, sıvı veya katı yakıtlı potalı ocaklarda eritilebilirler. Ancak bakırda hidrojen çözünürlüğünün yüksek olması ve dolayısıyla yanma gazlarından eriyiğin bünyesine gaz girmesi, değişik sorunlar yaratır. Elektrikli ocakların kullanılması, döküm sıcaklığının mümkün olduğu kadar düşük seçilmesi, ortamın nemden arındırılması ve diğer tedbirlerle çözüm aranmalıdır.

Bakır ve alaşımları da alüminyum alaşımları gibi basınçlı döküm ile kullanılabilen alaşımlardır. (1)

Bakır-Çinko Alaşımları (Pirinçler)

Bileşimde en az % 53 bakırın bulunduğu Cu-Zn alaşımları olan pirinçlerde, artan çinko miktarı ile dayanım, sertlik ve kopma uzaması artar, döküm sıcaklığı ise düşer. Belirli bir çinko yüzdesinden sonra malzeme gevreklemeye başlar. % 36'ya kadar çinko içeren α - pirinçleri plastik şekil vermeye uygundur. Dökme pirinçlerde ise bileşimdeki çinko miktarı % 36...43 arasında seçilerek, (α - β) - içyapısının yüksek dayanımından yararlanılır. Pirinçlerin katılaşma aralığı dar olduğundan, mikrosegregasyon ve gözeneklilik tehlikesi azdır. (1,3)

Çizelge 2.3 Cu-Zn Faz Diyagramı (3)



Al, Pb, Fe, Mn, Si gibi alaşım elementleri katılarak dayanım ve korozyon özellikleri geliştirilmiş değişik özel dökme pirinçler de mevcuttur. (3)

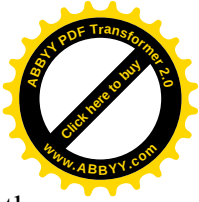
Bronzlar

Kalay Bronzları: Klasik bronzlar, bakır-kalay alaşımlarıdır. Sertlik ve dayanımları pirinçten yüksek, süneklikleri ise daha düşüktür. Ek olarak korozyona dayanıklılık ve yüksek sıcaklık özellikleri daha iyidir. % 14 kalaya kadar tek fazlı olarak katılaşır, ancak katılaşma aralığı geniş olduğundan mikrosegregasyon ve gözeneklilik tehlikesi vardır

Kalay % 4..25 arasında katılarak değişik renk ve dayanımlara sahip dövme ve dökme alaşımları elde edilir. Yüksek dayanım yanında yeterli tokluğa sahip en uygun dökme alaşımları % 12.. 14 Sn içerirler. Bronzlar, süs eşyası üretiminde kullanılabildiği gibi endüstride de geniş yer tutarlar. Aşınma ve korozyona dayanıklılığı nedeniyle sonsuz vida dişlileri, pompa çarkları, kasnak yatakları gibi makine parçalarında tercih edilirler.

Kalayın yerine genellikle fiyatı ucuzlatmak için bir miktar çinko katılmasıyla elde edilen kalay-çinko bronzları da (kızıl döküm) benzer özelliklere sahiptirler.

Kurşun Bronzları: Kalay bronzlarına kurşunun az miktarda (% 2,5) katılması işleme kolaylığı sağlarken, ana alaşım elementi olarak % 30'a kadar kurşun katılmasıyla değişik yatak alaşımları elde edilebilir.



Alüminyum Bronzları: Yaklaşık % 10 alüminyum ve gerektiğinde Fe, Ni, Mn gibi elementler içeren bronzlardır. Hem mekanik dayanımları, hem de korozyona karşı dayanıklılığı yüksek olan bu malzemeler deniz suyuna, çeşitli asit ve alkalilere karşı dayanıklıdırlar.

Diğer Bronzlar: Yukarıda belirtilenlerin dışında ana alaşım elementi silisyum, mangan, nikel veya berilyum olan yüksek dayanımlı bronzlar da vardır. (1)

2.4.3 Magnezyum ve Alaşımları

En düşük yoğunluklu metallerden biri olan magnezyum (1,74 gr/cm³), saf halde dayanımı yeterli olmadığından makine yapımında alaşımlandırılarak kullanılır. Al ve Zn tokluğu, Mn ise korozyona dayanıklılığı artırır. Doğada bol miktarda bulunmasına karşın, oksijenle çok hızlı bir reaksiyona girdiğinden, döküm sırasında tutuşmaması için özel koruyucu tedbirler gerektirir. Döküm sıcaklığı 680...800° C arasında olan magnezyum alaşımları, demir potada koruyucu örtü altında eritilir. Döküm sırasında eriyik kükürtle örtülür ve SO₂ gazı ile atmosferle teması kesilen sıvı metalin tutuşması önlenir. (1)

Kendim çekme %4 dolayında olup, boşluk ve gözeneklilik oluşması tehlikesi yüksektir. Hafifliğin önemli olduğu uygulamalarda tercih edilen magnezyum alaşımlarından en yaygın kullanılanları Mg-Al -Zn ve Mg-Al alaşımlarıdır. (1)

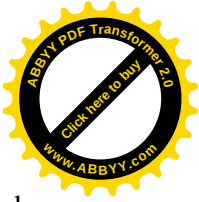
2.4.4 Çinko ve Alaşımları

Erime sıcaklığı düşük olan çinko ve alaşımları ise 415°C atmosferik korozyona, alkol ve petrol türevlerinin korozyonuna karşı dayanıklıdır. Basınçlı döküm yöntemiyle imal edilen parçaların, yaklaşık % 50'si çinko esaslı alaşımlardan üretilir. Çinko esaslı dökme alaşımlarının en önemlileri, alaşım elementi olarak Al, Cu ve Mg içermeleridir (Zamak). Bu malzemelerden üretilen parçalara otomobil, bisiklet, saat parçaları ile oyuncak gibi eşyalar örnek olarak gösterilebilir. (1)

2.5. Basınçlı Dökümde Meydana Gelen Hatalar ve Önlemleri

Basınçlı döküm teknolojisinde dökümden sonra bazı hatalar meydana gelebilir. Bunlardan başlıcaları;

- Gaz Boşlukları
- Çekme Boşlukları
- Soğuk Birleşmelerdir



Ayrıca döküm parçalarda; kırılmalar ve yırtılmalar, yüzey hataları, sıcak çökmeler, kalıp erozyonu sonucu oluşan hatalar, çapaklanma gibi problemler de oluşabilir (8)

2.5.1. Gaz Boşlukları ve Önlemleri

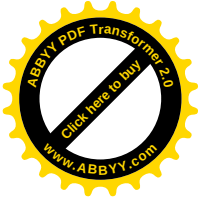
Kalıp boşluğunda varolan veya sıvı metal içinde çözünmüş gazların metali ve kalıbı terk edememesi sonucu parça içinde veya yüzeyinde oluşur. Ayrıca hava tahliye alanları yeterli olmayabilir (8)

2.5.2. Çekme Boşlukları ve Önlemleri

Dökülen metal katı haldeyken, sıvı hale oranla daha az yer kaplar, ve dökümde sıcak noktalar mevcut ise o bölgelerde bu tür boşluklar oluşur. Porozite bölgesi göz önüne alınarak basınç değiştirilebilir. Çekme boşluğu olan bölge ve onu çevresindeki bölgeler arasında ısı farkları olabilir. Piston-kovan sistemindeki hatalar buna sebep verebilir. Ayrıca enjeksiyonun daha düşük sıcaklıklarda yapılmasının da yardımı olabilir (8)

2.5.3. Soğuk Birleşmeler ve Önlemleri

Kalıp içinde önceden katılaşmış bölgelerin daha sonra gelen sıvı metal cephesi ile birleştiği ve aradaki oksit tabakası nedeniyle kaynamanın tam olmadığı bölgelerde görülür. Bu hatanın nedenleri arasında metalin dökümündeki kesiklikler, malzeme akıcılığının düşük olması, yolluk sisteminin yetersizliği nedeniyle besleme hızının yavaş olması, döküm sıcaklığının düşük ve cidar kalınlıklarının ince olması sayılabilir (8).



3. BASINÇLI DÖKÜMDE SİMÜLASYON TEMELLERİ

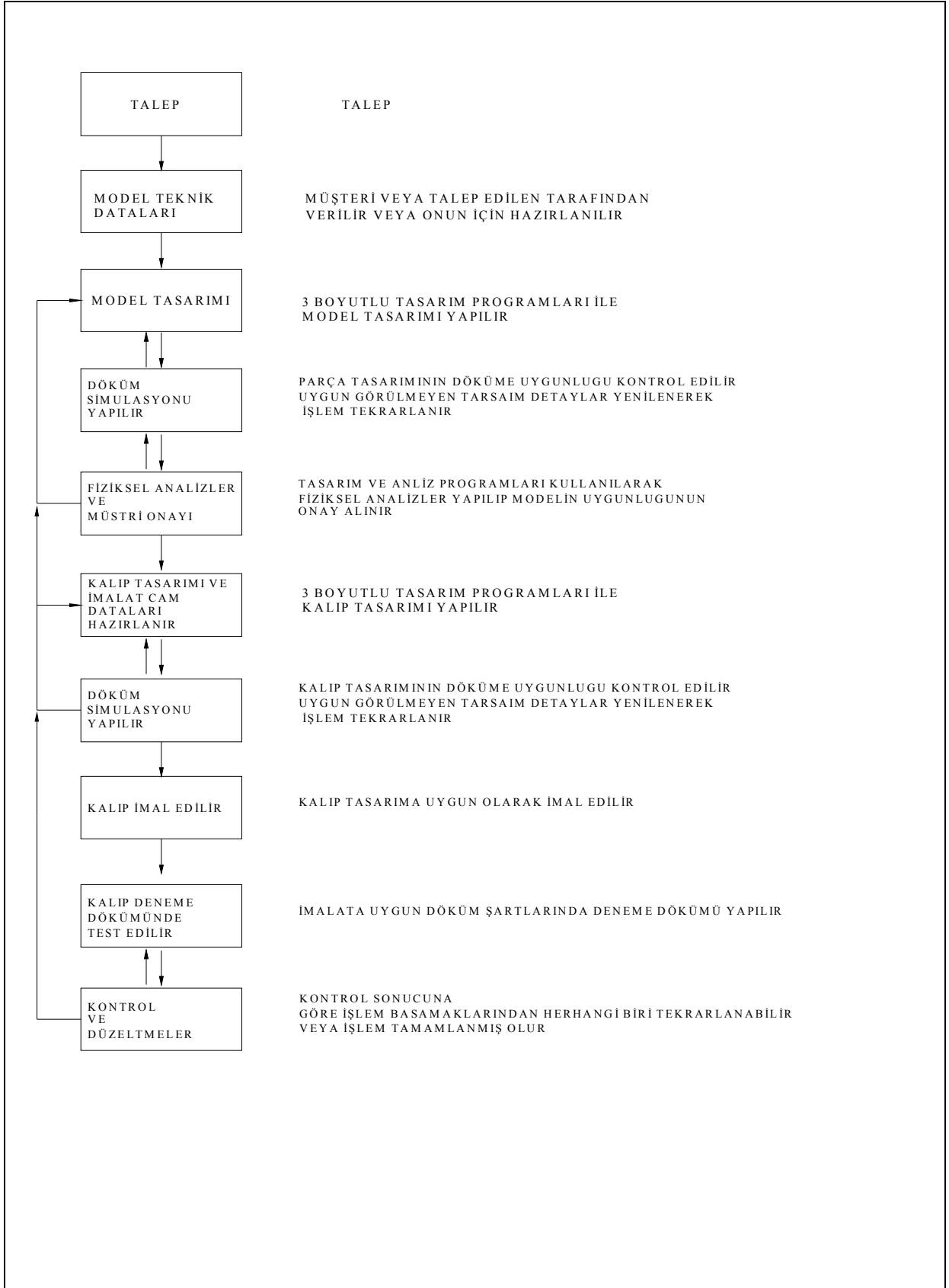
Döküm, bir çok değişkenin sonuç üzerinde önemli değişiklikler yapabileceği karmaşık bir imalat yöntemidir. Köklü bir çok döküm firması edindikleri tecrübe ile yıllar içinde üretimlerini mükemmelleştirdiler. Araştırmacılar ve mühendisler biriken bu bilgilerden kalıp tasarımında yardımcı olabilecek diagramlar ve tablolar hazırlayarak yayımladılar. Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ve bilgisayar yazılım ve donanımlarının hızlanıp ucuzlaması, bir çok sektörde olduğu gibi döküm sektöründe de yazılımların sayı ve kalitesinin artmasına neden oldu. Sınırlı sayıda bile olsa, temel değişkenleri işleyip sonuç çıkartabilen yazılımlar basınçlı döküm sektöründeki parça, yolluk ve diğer elemanların tasarımlarında imalatçıların sorunlarını tam olarak çözemesede önemli ölçüde destek olamaya başladı.

Basınçlı dökümde de birçok değişkenin birbiri ile etkileşimi mevcuttur. Çalışma şartları, makina özellikleri, kalıp ve parça tasarımı ve malzemenin özellikleri, simülasyon programı yazan firmaların temel değişkenleridir. Bu sınırlı sayıdaki değişkenlerden alınan girdiler kullanılarak simüle edilen bilgisayar modeli ile döküm sonucu alınan parça, tersine mühendislik düzeltmeleri olmadan birbiri ile örtüşmeyacaktır.

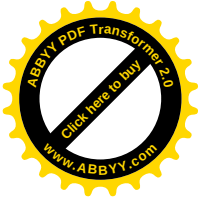
Döküm simülasyonunda uygulanan tersine mühendislik, değişken döküm şartları kayıt altına alınarak yapılan döküm işlemi sonucu elde edilen parçaların ve yolluk sistemlerinin incelenip elde edilen bilgilerin simülasyon programındaki hesaplamaların düzeltilmesi için kullanılması olarak düşünülebilir.

Bir çok simülasyon programı ideal şartlar için sonuç çıkarttığından uygulamalardaki başarısı tam güvenilir değildir. Bu şartlar altında bile imalatı pahalı olan basınçlı döküm kalıplarının tasarımı esnasında birçok hatanın oluşmasını önleyerek döküm ve kalıp imalatı yapan firmalara zaman ve para tasarrufu sağlamaktadır. Yazılım maliyetleri, yazılımları kullanabilecek yetişmiş personel ve teknik destek eksikleri yüzünden ülkemizde döküm simülasyon yazılımları yaygın olarak kullanılmamaktadır.

3.1 Bilgisayar destekli simülasyonun döküm parçası imalatındaki yeri



Şekil 3.1 Bilgisayar destekli simülasyonun döküm parçası imalatındaki yeri



3.2 Döküm simülasyon programlarının faydaları

Tasarım esnasında,

- Döküm parçasının döküme uygun tasarımının yapılması,
- Kalıp çekirdelerinin şekil adet ve ömür tesbiti,
- Yolluk sisteminin tasarımının yapılması,
- Besleyici, hava cebi ve kanallarının tasarımı,
- Hurda miktarının azaltılması,
- Kalıp ve döküm parçasının maliyetinin çıkartılması,
- Hata oluşmadan hata tesbit ve analizlerinin yapılması,
- Tasarım özgürlüğü sağlaması sebebi ile yeni model ve imalat tarzlarının geliştirilmesi,
- Tasarımcının kabiliyetinin ve deneyiminin arttırılması,

Kalıp imalatı esnasında,

- İmalat cad datalarının test edilmesi sorun çıkabilecek bölgelerin önceden tedbir alınması,

Bakım ve onarım esnasında

- Sorun tesbiti,
- Sorunun giderilmesi için gerekli olan denemelerin yapılması,
- Mekanik değişikliklerin ve onarımların imalattan önce denenmesi.

3.3 Simülasyon yazılımlarının model oluşturma ve analiz yöntemleri

Simülasyon yazılımları yolluk ve kalıp boşluğu doldurma analizlerini, ısı transferi ve katı faza geçiş esnasındaki yapı oluşumlarını sonlu elemanlar yöntemi kullanarak matematiksel modeller oluşturarak yaparlar. Tasarımcı akış yapısı ile ilgili detayları yazılım ve uygulama deneyimlerinden faydalanarak yazılıma yükler ve matematiksel modelin oluşması için gerekli değişkenlerden modelin fiziksel yapısı haricindekileri belirlemiş olur. Yazılımın, döküm modelini hesaplarken kullandığı matematiksel eşitlikleri kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemleri ile temel akış denklemleridir.

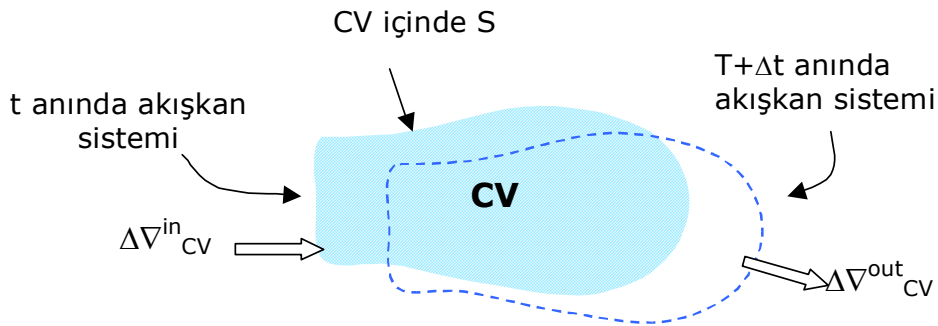
3.3.1 Reynolds Transport Teorisi (Süreklilik Denkliği)

Sistem (CS)

Sistem (S), kapalı bir yüzey ile tanımlanan sınırlar içerisinde yer alan akışkandır. Sistemin şekli zamanla değişebilir.

Kontrol Hacmi (CV)

Kontrol hacmi (CV), uzayda tanımlı sabit bir bölgedir, hareket etmez ve şekil değiştirmez.



“X” akışkanın herhangi bir özelliğinin sistem (S) içerisindeki toplam miktarını simgelesin (kütle, enerji, momentum).

Herhangi bir t anında anında, sistem (S) ve kontrol hacmi (CV) sınırları tamamen aynıdır.

$$(X_s)_t = (X_{cv})_t \quad (1)$$

t+Dt anında S, CV boyunca yer değiştirir, ve bu sırada şekil de değiştirebilir. Küçük bir miktar yeni akışkan ΔV^in_{cv} CV'ye girerken, küçük bir miktar da ΔV^out_{cv} CV'yi terk eder. CV'ye giren ve çıkan bu akışkan içerisinde, belli miktarda X (ΔX^in_{cv} and ΔX^out_{cv}) taşınmaktadır.

$$(X_s)_{t+\Delta t} = (X_{cv})_{t+\Delta t} + \Delta X^{out}_{cv} - \Delta X^{in}_{cv} \quad (2)$$

(2)'den (1) çıkarılıp;

$$(X_s)_{t+\Delta t} - (X_s)_t = (X_{cv})_{t+\Delta t} - (X_{cv})_t + \Delta X^{out}_{cv} - \Delta X^{in}_{cv}$$

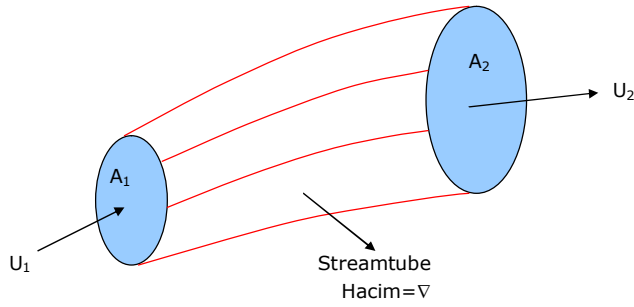
$$\Delta X_s = \Delta X_{cv} + \Delta X^{out}_{cv} - \Delta X^{in}_{cv}$$

Dt'ye bölünür ve limit alınırsa ($\Delta t \rightarrow 0$),

$$\frac{dX_s}{dt} = \frac{dX_{cv}}{dt} + \frac{dX^{out}_{cv}}{dt} - \frac{dX^{in}_{cv}}{dt} \quad (3)$$

elde edilir.

Süreklilik Denkliği (Kütlenin Korunumu) ($\dot{m} = \rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2$)



Akım çizgilerinden (streamlines) oluşan bir akım tüpü ele alalım. Akışkan streamtube içerisine u_1 hızında ve A_1 kesit alanından girip, u_2 hızında A_2 kesit alanından çıksın.

Reynolds Transport Teorisi'ne göre;

$$\frac{dX_s}{dt} = \frac{dX_{cv}}{dt} + \frac{dX_{cv}^{out}}{dt} - \frac{dX_{cv}^{in}}{dt}$$

X: kütle (m) için eşitlik

$$\frac{dm_s}{dt} = \frac{dm_{cv}}{dt} + \frac{dm_{cv}^{out}}{dt} - \frac{dm_{cv}^{in}}{dt}$$

$$\frac{dm_s}{dt} = 0$$

(Kütlenin korunumu)

(a)

$$m_{cv} = \bar{\rho}_{cv} (\forall) \quad (b)$$

$\bar{\rho}_{cv}$: CV içinde ortalama yoğunluk

$$\frac{dm_{cv}}{dt} = \frac{d(\bar{\rho}_{cv} \forall)}{dt} = \forall \frac{d\bar{\rho}_{cv}}{dt} + \bar{\rho}_{cv} \frac{d\forall}{dt}$$

$$\frac{d\forall}{dt} = 0$$

$$\frac{dm_{cv}}{dt} = \forall \frac{d\bar{\rho}_{cv}}{dt}$$

$$\Delta m_{cv}^{out} = \rho_2 \Delta \forall_2 = \rho_2 A_2 u_2 \Delta t$$

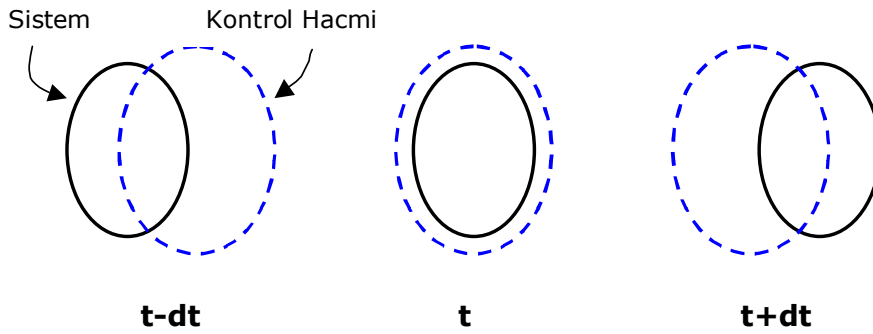
(c)

$$\frac{dm_{cv}^{out}}{dt} = \rho_2 A_2 u_2$$

$$\frac{dm_{cv}^{in}}{dt} = \rho_1 A_1 u_1 \quad (d)$$

$$\rho u_1 A_1 - \rho_2 u_2 A_2 = \nabla \frac{\partial \bar{\rho}_{cv}}{dt} \quad (10)$$

3.3.2 Momentumun Korunumu



$$M = m \cdot u = \int u \cdot \rho dV$$

(S: sistem, CV: kontrol hacmi, CS: kontrol yüzeyi)

Newton 2nd Kanunu : Akışkana etkiyen net kuvvet lineer momentumun değişmesine neden olur.

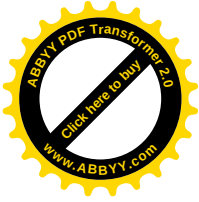
$$\Sigma F = \frac{d}{dt}(\dot{m} u)$$

$$\Sigma F_s = \frac{d}{dt} \int_s M = \frac{d}{dt} \int_s u \cdot \rho dV = \frac{d}{dt}(\dot{m} u)$$

$$\frac{d}{dt} \int_s u \cdot \rho dV = \frac{d}{dt} \int_{cv} u \cdot \rho dV + \int_{cs} u \cdot \rho u \cdot dA$$

$$\frac{d}{dt} \int_{cv} u \cdot \rho dV = 0$$

$$\int_{cs} u \cdot \rho u \cdot dA = \Sigma M_{out} - \Sigma M_{in} \quad (10)$$



4. BASINÇLI DÖKÜM KALIPLARININ TASARIMI

Basınçlı döküm kalıplarının tasarımı, pratik çalışma tecrübelerine, matematik formüllerine ve simülasyon sonuçlarına dayanmaktadır. Basınçlı döküm kalıbı tasarlandığında, yaklaşık olarak aşağıda verilen sıralamanın takip edilerek kalıp tasarımı ile ilgili kararların alınması ve hesaplamaların yapılması gerekmektedir:

- Metalin yolluktan geçerek kalıp boşluğuna gireceği konumun seçilmesi.
- Metalin döküm boşluğuna girmesi için gereken en iyi yönün belirlenmesi.
- Metalin maksimum akış hızının belirlenmesi. Bu genellikle yaklaşık olarak 30 m/s kadardır. Ancak yapılacak işin niteliğine bağlı olarak bunun üstünde ya da altında olabilir.
- Ergiyik metal sıcaklığının ve kalıbın çalışma sıcaklığının belirlenmesi. İkisinin arasındaki fark kalıbın doldurulmasını düzenlemeye yardımcı olan önemli bir faktördür.
- Yolluk giriş kesit alanının hesaplanması ve biçiminin belirlenmesi
- Yolluk biçiminin seçilmesi ve kanal alanının hesaplanması.
- Hava cepleri ve gaz çıkışlarının konumlarının ve büyüklüklerinin belirlenmesi

Üretimin başarısı büyük ölçüde deneyimden geçer. Öncelikle yapılacak olan işlem, uygun tezgâh seçimi ve göz sayısıdır. Göz sayısı parçanın yıllık adedine ve istenilen parça kalitesine bağlı olup, ayrıca parça tasarımına bağlı olarak ta değişebilir.

4.1. Göz Sayısı Tespiti

Öncelikle belirlenen yıllık adede ve parça kalitesine uygun olarak belirlenir. Bu parçanın göz sayısı 4 adet belirlenmiştir.

4.2. Hesaplamalar

Basınçlı dökümde tasarım yapılırken en önemli nokta yüksek basınçlar ile çalışıldığından kalıbın açılmamasını sağlamaktır. Ayrıca kalıbı kapatmak için gerekli olan kuvvet te çok önemlidir:

Kalıp açma kuvveti:

$$F_{LI} = \frac{A_{IM} \times p_{I3M}}{100} \quad (4.1)$$

Burada; A_{IM} Parçanın cep, topuk, yolluk dahil izdüşümü alanı; p_{I3M} ise final basıncıdır. p_{I3M} ' in seçimi ile ilgili çizelge aşağıda gösterilmiştir

Çizelge 4.1 p_{I3M} Basıncının Bazı Alaşımlara Göre Tespiti (8)

p_{I3M} (bar)	Al, Mg alaşımları	Zn alaşımları	Ms alaşımları
Standart dökümler	-600	100–200	300–400
Teknik dökümler	600–800	200–300	400–600
Basınç-sıkıştırma dökümleri	800–1000	250–400	600–1000

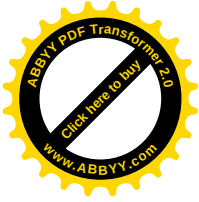
İnce parçalarda düzgün bir yüzey kalitesi için 400 bar basınç yeterli olabilir.

Kalıp kapama kuvveti ise;

$$F_{LN} = K.F_{LI} \quad (4.2)$$

Burada K katsayısının seçimi için şu kriterler dikkate alınır:

- Büyük maçalar: 1,25



- Orta maçalar: 1,2
- Küçük maçalar: 1,15
- Maçasız kalıplar: 1,1

Bu parçada kızağa bağlı bir maça sistemi olmadığından feder kısımlarındaki boşluk çekirdeklerde çıkarılacaktır. Dolayısıyla K burada 1,1 olarak alınmıştır.

Kapama ve açma kuvvetlerini hesaplamak için gerekli olan izdüşüm alanında gerekli olan kriterler; cep, topuk, yolluk ve parçaların birleştiği ve kağıt düzlemine yansıtılıp bulunan alandır.

Dolayısıyla parçanın kesin izdüşüm alanını hesaplamak için öncelikle cep, topuk, yolluk ve parçanın yani enjeksiyondan çıkan parçanın genel bir taslak çalışması yapılır. Yapılan bu taslak çalışmasında parça 4 gözlü ve parça başına 3 olmak üzere toplam 12 hava cebi kabul edilmiştir.

İzdüşüm alanını hesaplamak için hava ceplerinin boyutunu ve ayrı olarak ta ağırlıklarının hesaplanması gerekir. Bunun için parçadaki toplam hava tahliye alanının hesaplanması gerekir:

Hava tahliye alanı;

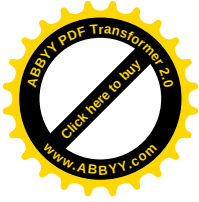
$$S_V = \frac{Q_M}{200 \frac{m}{s}} \quad (4.3)$$

Burada Q_M metal akış oranı olup;

$$Q_M = \frac{m_A}{\rho \cdot t_f} \quad (4.4)$$

Burada;

$$m_A = \text{Göz Sayısı} \times (m_{\text{parça}} + m_{\text{havacebi}})$$



ρ yoğunluk

t_f ise doldurma zamanıdır. t_f parçadaki en dar kesite göre (s) Çizelge 4.2' den ortalama olarak seçilir.

Çizelge 4.2 s'ye Bağlı Olarak t_f ' in Seçilmesi

s (mm)	t_f (ms)
1,5	10-30
1,8	20-40
2,0	20-60
2,3	30-70
2,5	40-90
3,0	50-100
3,8	50-120
5,0	60-200

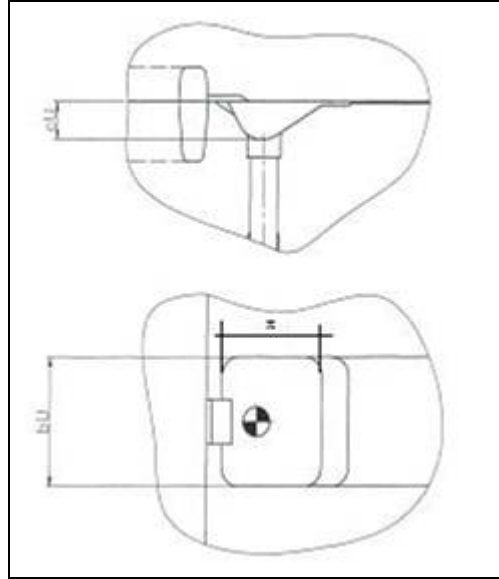
Örneğimizde parçadaki en dar kesit 4 mm olup, iterasyon yöntemiyle yaklaşık 55 ms dolum süresi seçilmiştir.

Alüminyumun ortalama yoğunluğu $2,65 \text{ g/cm}^3$ 'tür.

Q_M 'i hesaplamak için bulunması gereken son değişken m_A ' dır. Parçanın net ağırlığı 310 gr'dır. Hava ceplerinin ağırlığını bulmak için ise başlangıç tasarımında tecrübeye dayalı olarak bazı hava cepleri seçilir Basıncılı döküm parçalarda; gaz çıkışları için minimum kalınlık malzemeye bağlı olarak 0,1-0,12 mm arasında değişmektedir. Ayrıca aşağıdaki çizelgeye göre hava cebinin genişliği ve uzunluğu arasında seçim yapılarak ortalama hava cebi ağırlığı bulunur.

Çizelge 4.3 Hava Cebi Tayini İçin Genişlik, Yükseklik ve Ağırlıklar (8)

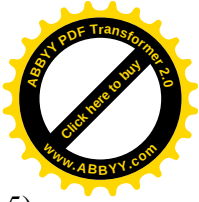
hava cebi genişliği: bU		20	25	30	35	40	50	60	70
hava cebi uzunluğu: cU	6	2	3	4	5	6	7	9	11
	7	3	4	6	7	8	10	12	14
	8	4	6	7	9	10	13	16	19
	9	5	7	9	11	13	16	20	24
	10	7	9	11	14	16	20	25	30
	11	8	11	14	16	19	25	30	35
	12	10	13	16	19	23	29	35	42
	13	12	16	20	24	29	35	42	50



Şekil 4.1 Bir Hava Cebi İçin bU ve cU. $x = 3cU$ olmalıdır (8)

Burada kabul edilen değer 30 mm genişlik ve 8 mm uzunluğa sahip olan ve Çizelge 4.3' e göre 7 g olan hava cebidir. Aşağıdaki formülleri yerine koyarak hava cebi sayısının doğruluğu saptanır.

$$m_A = \text{Göz Sayısı} * (\text{mparça} + \text{mhavacebi})$$



$$= 4 * (310 + 7 * 3) = 1324 \text{ g bulunur.} \quad (4.5)$$

$$Q_M = \frac{1324}{2,65.0,055} = 9084 \text{ cm}^3 / s \quad (4.6)$$

bulunur.

$$S_V = \frac{9084}{200 \frac{m}{s}} = 45 \text{ mm}^2 \quad (4.7)$$

Bu değer toplam tahliye alanını göstermektedir. Kabul edilen hava cebi sayısı aşağıdaki formülle doğrulanabilir:

$$n = \frac{S_V}{b U \cdot d} \quad (4.8)$$

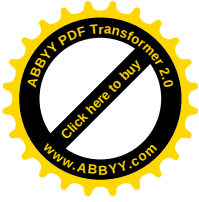
n: Hava cebi sayısı

b_U: Çizelge 4'e göre seçilen hava cebinin genişliği

d: gaz çıkışının yüksekliği

Bu formülden;

$$n = \frac{45}{30.0,12} = 12,5 \text{ a det} \quad (4.9)$$



bulunur.

Burada yaklaşık alınan 12 adet hava cebi parça başına 3 adete karşılık gelmektedir ve bu yapılan varsayımın doğru olduğunu bize gösterir. Parçada yapılan tasarıma göre hesaplanan izdüşümü 935 cm²'dir.

Alüminyum parçaların teknik dökümler için çizelgeden seçilen minimum 600 bar basınç değeri alınmıştır. Bunları yukarıdaki formüllerde yerine koyarsak;

$$F_{LI} = \frac{935 \times 600}{100} = 5610 \text{ kN} \quad (4.10)$$

Ve

$$F_{LN} = 1,1.6545 = 6171 \text{ kN} \quad (4.11)$$

olarak bulunur.

Bu hesaplanan kuvvet değerlerine göre tezgah seçimi yapmak çok önemlidir. Çünkü enjeksiyon sırasında kalıbın açılması maden kaçırmasına sebep olabilir. Ayrıca öngörülen tasarımın parça boyutu tezgah plakasına uyumlu olmalıdır.

Buradan sonra parçadaki yolluk kesit giriş alanlarını hesaplamak gerekir. Giriş alanı aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$S_A = \frac{V_A}{V_{MA} \cdot t_f} = \frac{m_A}{\rho \cdot V_{MA} \cdot t_f} \quad (4.12)$$

Burada

$$m_A = \text{Göz Sayısı} \times (m_{\text{parça}} + m_{\text{havacebi}})$$

t_f ise doldurma zamanı

V_{MA} giriş hızı

V_A toplam hacim

ρ yoğunluktur.

V_{MA} hesaplanırken dikkat edilmesi gereken nokta, metal akış yönüyle giriş yönü arasında Şekildeki gibi bir yön değişimi olup olmamasıdır. Şekil 4.2 (a)'dan görüldüğü gibi bir durum olursa hızlı olarak çarpacak ve bölgede deformasyon olacaktır. Bunu engellemek için şekildeki bölge kalınlaştırıldığında tasarım şartları açısından uygun bir durum olmayacaktır. Şekil 4.4 (b)' de ise akış yönü ve giriş yönü aynıdır.

Bu tasarım şartları göz önüne alınırsa aşağıdaki çizelgeden ortalama bir V_{MA} değeri seçilir.

Çizelge 4.4 V_{MA} 'nın Çeşitli Malzemeler ve Döküm Yöntemleriyle İlgili Olarak Seçimi (8)

Alüminyum	20-60 m/s	Standart dökümler
	15-30 m/s	Vakumlu dökümler
Çinko	30-50 m/s	Standart dökümler
Magnezyum	40-90 m/s	Standart dökümler

Şekil 4.2 (a)'daki gibi bir tasarım şartında V_{MA} 20-40 m/s arasında, (b) de ki gibi ise 40-60 m/s arasında seçilebilir.



Şekil 4.2 Akış Yönleri ve Giriş Yönleri Arasındaki Bağlantılar

a) Akış yönü - giriş yönü arasında bir yön değişimi var

b) Akış yönü - giriş yönü arasında yön değişimi yok (8)

Giriş kalınlıkları seçiminde malzemeye bağlı olarak minimum 1-1,2 mm yükseklik alınmalıdır. Bütün bunlar neticesinde;

$$S_A = \frac{m_A}{\rho \cdot V_{MA} \cdot t_f} = \frac{1324}{2,65 \cdot 50 \cdot 0,055} = 182 \text{ mm}^2 \quad (4.13)$$

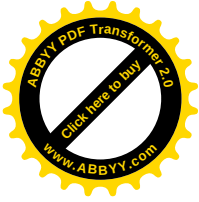
olarak bulunur. Bu alan parçadaki taslak olarak çalışması yapılan tasarımdaki tüm girişlerin toplam alanıdır. Parça 4 gözlü olduğundan her parçaya $182 / 4 = 45,5 \text{ mm}^2$ giriş alanı verilmelidir.

Bundan sonraki aşama piston hızını hesaplamaktır. Piston hızının hesaplanmasında gerekli olan değişkenler; kovan doluluk oranı, metal akış oranı ve seçilen piston çapıdır.

Piston çapları tecrübeye ya da elde bulunan kovan ya da pistonların durumuna bağlıdır. Kovan doluluk oranı %40-60 arasında olması gereken bir değerdir.

Doluluk oranı;

$$\%F = \frac{m_I \cdot \%100 \cdot 1000}{\rho \cdot d_m^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l_{aktif}} \quad (4.14)$$



Burada;

m_1 cep, topuk, yolluk ve parça toplam ağırlığı

ρ yoğunluk

d_m piston çapı

l_{aktif} ise kovanın aktif uzunluğudur.

Kovan aktif uzunluğu; basınçlı döküm makinesinin arka tarafında kalan boşluktur ve piston kolunun hareket ettiği uzunluktur. Parçanın hesaplanan toplam ağırlığı 2266 gr olarak CAD yazılımından hacim x yoğunluk olarak hesaplanmıştır. Bu basınçlı döküm makinesinde l_{aktif} 450 mm olarak kabul edilmiştir. Doluluk oranı ortalama %50 kabul edilirse;

$$\%50 = \frac{2266.\%100.1000}{2,65.d_m^2.\frac{\pi}{4}.450} \Rightarrow d_m = 70 \text{ mm} \quad (4.15)$$

olarak bulunur. Bu bize kabul edilen doluluk oranındaki kullanılması gereken piston ve dolayısıyla kovan çapını verir.

Piston hızını hesaplamak için;

$$v_c = \frac{Q_m}{d_m^2.0,785} \quad (4.16)$$

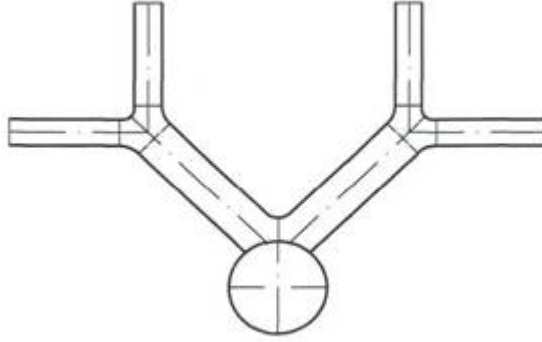
formülü kullanılır. Daha önce hesaplanan değerler formüle konulduğunda;

$$v_c = \frac{9084}{70^2.0,785} = 2,36 \text{ m/s} \quad (4.17)$$

bulunur.

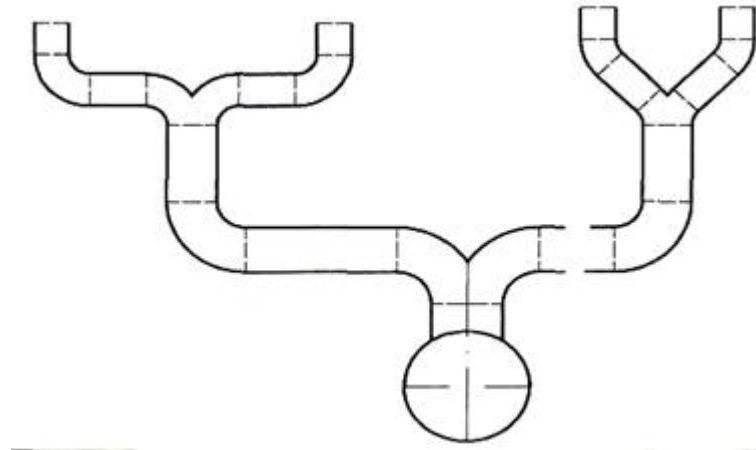
4.3. Yolluk Tasarımı

Hesaplamalar bittikten sonra kabul edilen tasarım şartları doğrulanır ve bulunması gereken değerler hesaplanır. Taslak aşamasında yolluk tasarımı yapılırken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır:



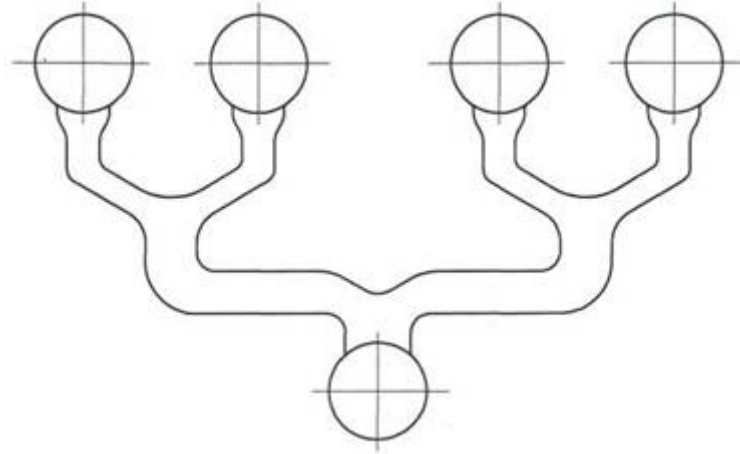
Şekil 4.3 Yolluk Tasarımı Örneği-1 (8)

Şekil 4.3' deki yolluk tasarımında da görüleceği üzere parçaların uzaklıkları birbirine eşittir. Bu eşit basınç sağlamakla beraber; kalıp boyutlarını da küçültmektedir. Bu gibi bir dizayndaki tez dezavantaj 1. ve 2. faz arasındaki geçişin kısa oluşudur.



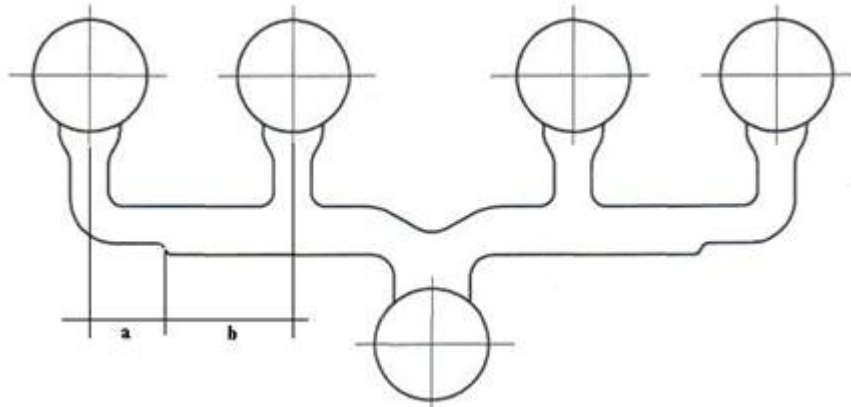
Şekil 4.4 Yolluk Tasarımı Örneği-2 (8)

Bu gibi bir dizayn sonucu zamanlama sorunu yaşanabilir bu da parça kalitesini etkiler. Ayrıca bu gibi bir yolluk dizaynı sonucu kalıp boyutları da artacaktır. (Şekil 4.4)



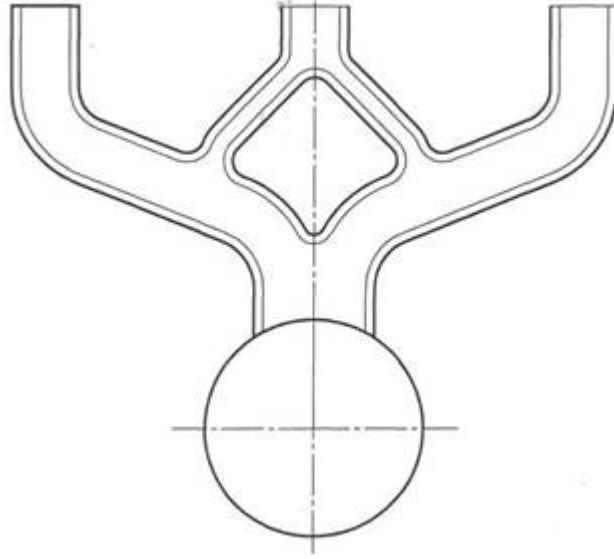
Şekil 4.5 Yolluk Tasarımı Örneği-3 (8)

Şekil 4.5' teki tasarım yüksek basınçla dökülen parçalarda kullanılabilir. Her parça eşit basınca maruz kalır, malzeme belirli bir yere kadar yükselip aniden parçalara vurur. Tek dezavantajı geri ergitilen malzeme miktarının çok oluşu ve kalıp boyutlarının büyük oluşudur.



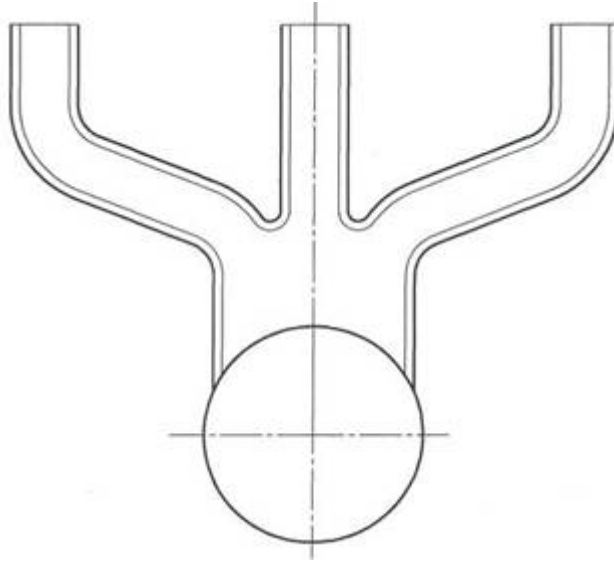
Şekil 4.6 Yolluk Tasarımı Örneği-4 (8)

Şekil 4.6' deki tasarımda kalıp boyutları biraz daha düşüktür ve geri dönüşüm oranı da daha azdır. a/b oranı $1/2$ olmalıdır. Burada içteki gözlerin daha fazla basınca maruz kaldıkları unutulmamalıdır.



Şekil 4.7 Yolluk Tasarımı Örneği-5 (8)

Şekil 4.7' daki tasarıma bakıldığında tüm parçaların eş zamanda dolacağı söylenebilir.

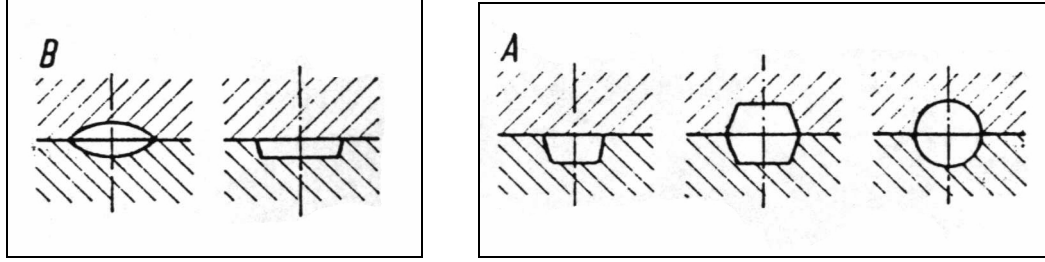


Şekil 4.8 Yolluk Tasarımı Örneği-6 (8)

Şekil 4.8' da görülen tasarım Şekil 4.9 ile karşılaştırıldığında, üstteki tasarımın nispeten daha iyi bir çözüm olduğu söylenebilir fakat 3 parça için de eş bir kalite elde mümkün olamaz. Şekil 4.8' daki tasarımda ortadaki parça diğerlerine oranla daha çabuk dolacağından bu parçanın kalitesi diğerlerine göre daha iyi olacaktır.

Tüm bu yukarıda anlatılan tasarımlar birer örnekten ibaret olup, basınçlı döküm parçalardaki yolluk tasarımının birçok etkene bağlı olduğunu tekrar vurgulamak ta yarar vardır.

Örneğin akıntı sırasında kayıp oluşumunu engellemek için, keskin yön değişimleri tercih edilmelidir. Yolluk ve bağlantı kanalları, gerektiğinden daha büyük yapılmamalıdır. Aksi takdirde kalıp plakasının bu bölümünde gereksiz sıcaklık kaybı ve aşırı ısı birikmesi meydana gelir.



Şekil 4.9 Yolluk kanalı tipleri A elverişli, B elverişsiz.

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

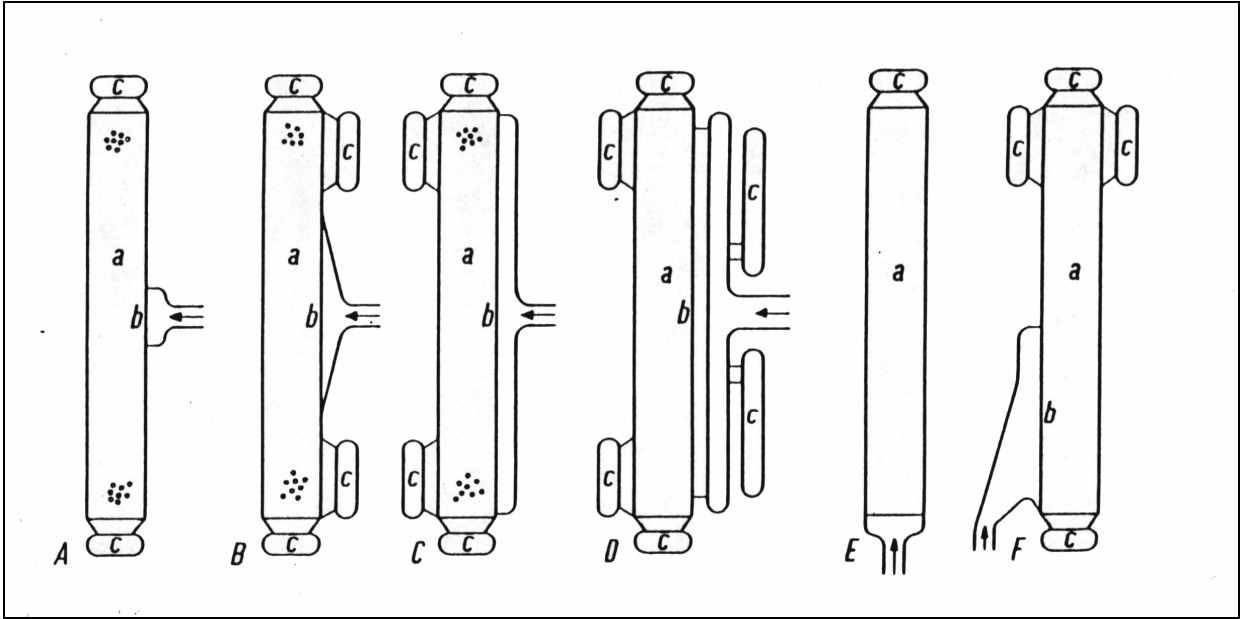
Genel kural olarak, yolluk kanalları olabildiğince kısa olmalıdır; ancak soğuk baskıların önlenmesi için kalıbın belirli bölümlerinin ısıtılması gerekiyorsa kör bir yolluk kanalı kullanılabilir.

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

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

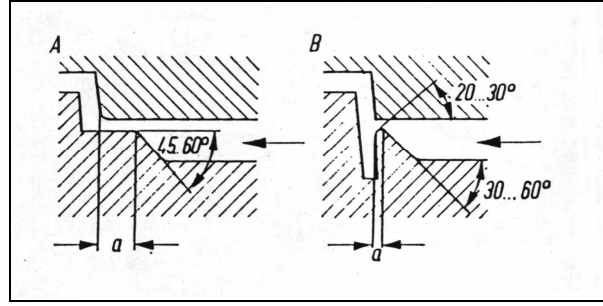
Yolluk girişi genellikle kalın kesitli kısımlara konulsa da bazı durumlarda döküm parçasının ince cidarlı bir noktasına yerleştirilebilir. Kalın kesitten yolluk girişi verildiğinde döküm parçasının en uzakta kalan bölümlerine, kalıp boşluğu içinde akmış olmaktan soğumuş ve kalıp plakasına pek fazla ısı vermeden, çabuk katılan metal ulaşır.

İnce cidarlı bölümde verilen yolluktan ise kalıp boşluğuna az ama sıcak metal ulaşır ve kalıbı ısıtır, uzun süre sıvı halde kalır. İlk önce döküm parçasının kalın cidarlı bölümü doldurulmak zorundadır buradan taşan sıvı metal, ince cidarlı bölümleri dolduracaktır. İnce cidarlı bölümdeki metal çabuk katılaşır ve o ana kadar, sıvı halde olan kalın cidarlı bölümdeki metalin basıncı altındadır. İmalat sırasında, yolluk girişi büyüdükçe, kalın cidarlı döküm parçalarında porozite oluşumunun azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.10 Geniş yüzeyli, ince cidarlı döküm parçalarının yolluk girişleri.

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



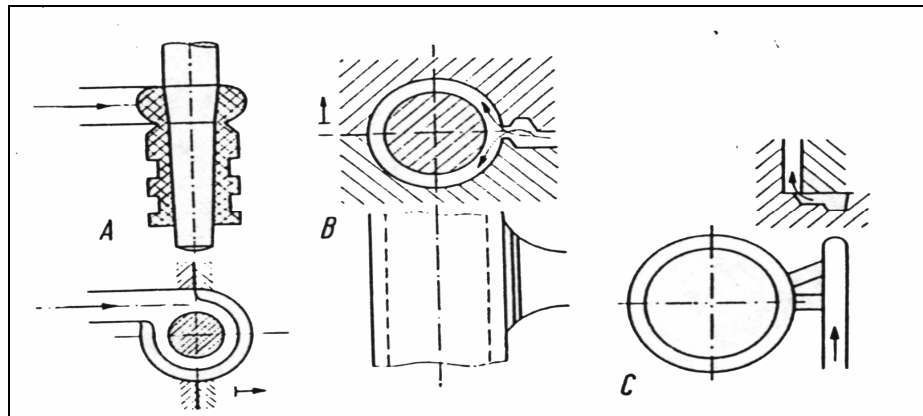
Şekil 4.11 Yolluk girişi kesiti. A normal içeri akış hızlarında kullanılan bir konstrüksiyon

Yolluklar için genel konstrüksiyon kuralları aşağıda sıralanmıştır:

- Mümkünse sadece bir yolluk girişi kullanılmalı, Birden fazla yolluk girişinde sıvı metal ışınlarının birbirlerini karşılıklı engellemelerine dikkat edilmelidir.
- Sıvı metalin mümkün olduğunca uzun bir süre boyunca serbest ışın olarak kalması sağlanmalıdır.
- Büyük alanlı parçalarda yolluk girişi, metalin eşit şekilde dağılabilmesi için, parçanın ortasına yerleştirilmelidir.
- Hava boşaltım cep ve kanallarının, içeri akan sıvı metal tarafından ilk anda doldurulmamasına dikkat edilmelidir.
- Kalıp boşluğunun dolması, ancak yolluğun tamamıyla dolmasından sonra başlamalıdır; böylece yolluk girişinin önünde akıntının yavaşlaması önlenir. İnce cidarlı döküm parçalarında kullanılan geniş, bant şeklindeki yolluk girişiyle bu şart nadiren yerine getirilebilir
- İnce yolluk girişi, özellikle ince cidarlı döküm parçalarında yüksek akış hızında kullanılır, kalın yolluk girişi , küçük içeri akış hızında kalın cidarlı döküm parçaları için uygundur.
- Boru şeklindeki parçalar, yuvarlak yolluk üzerinden çok noktadan doldurulabilir.
- Parçada kaburgalar mevcutsa, bunlardan mümkün olduğunca, sıvı metal ışınını yönlendirmek için yararlanılmalıdır.
- Yolluk girişi sıvı metalin karşı cidara çarpıp dağılmasına izin vermeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Yolluk girişinin kesiti, döküm yolluğu kesitinden büyük olmamalıdır, yoksa içinde hava sürüklenen girdaplar oluşur.

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

Örnek Yolluk Şekilleri

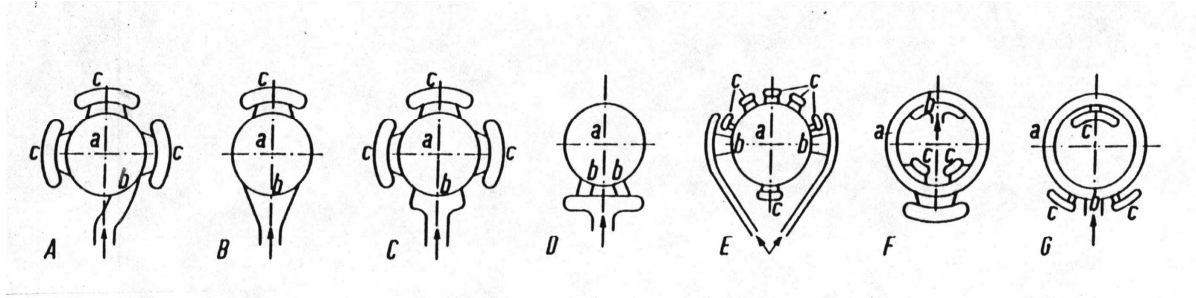


Şekil 4.12 Silindirik ve boru şeklinli döküm parçaları için yolluk girişleri.

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

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

Şekil 4.13’ te yuvarlak, plaka şekilli parçalarda yolluk girişlerine örnek şekiller ve konumlar gösterilmiştir. Teğet yolluk girişleri (Şekil 4.13 A, B), hava boşaltımının kapanması nedeniyle kullanılamaz. Onun yerine bu girişler simit şekilli parçalar için uygundur.

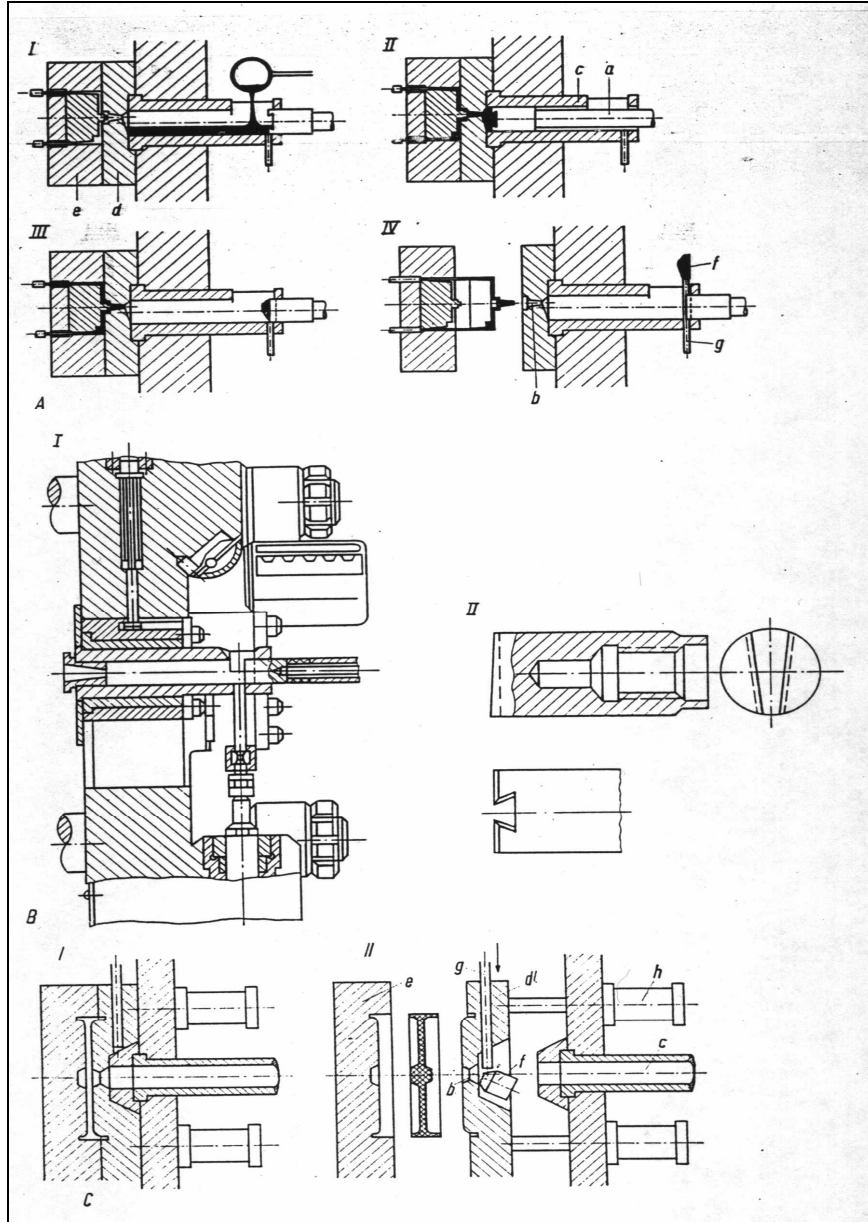


Şekil 4.13 Silindirik ve boru şekilli döküm parçaları için yolluk girişleri.

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

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

Özel donanımlı yatay soğuk kamara makinelerinin özel konstrüksiyon pistonları olmaktadır. Bu piston, kırlangıç yatak şekilli yuvası sayesinde döküm artıklarını geri çekerek döküm parçasından ayırmaktadır. Yolluk bu durumda nokta şeklinde dizayn edilmiş olmalıdır. Geri çekilmiş pozisyonda, döküm artıkları hidrolik hareket ettirilen bir pistonla pres pistonunun içinden dışarı itilir. Şekil 4.16 A ve B böyle bir düzeneği ve pres pistonunun şeklini göstermektedir. Şekil 4.17 başka bir çözümü göstermektedir. Sabit kalıp plakası kalıp taşıyıcısından ayrılır, iğne yolluk girişini yerinden söker ve bir piston döküm artığını atar.

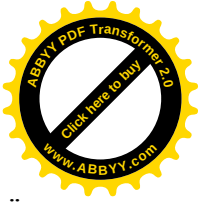


Şekil 4.14 Yatay soğuk kamara makinalarının iğne yolluk girişi için döküm artığını ayırma tertibatlı özel düzenek.

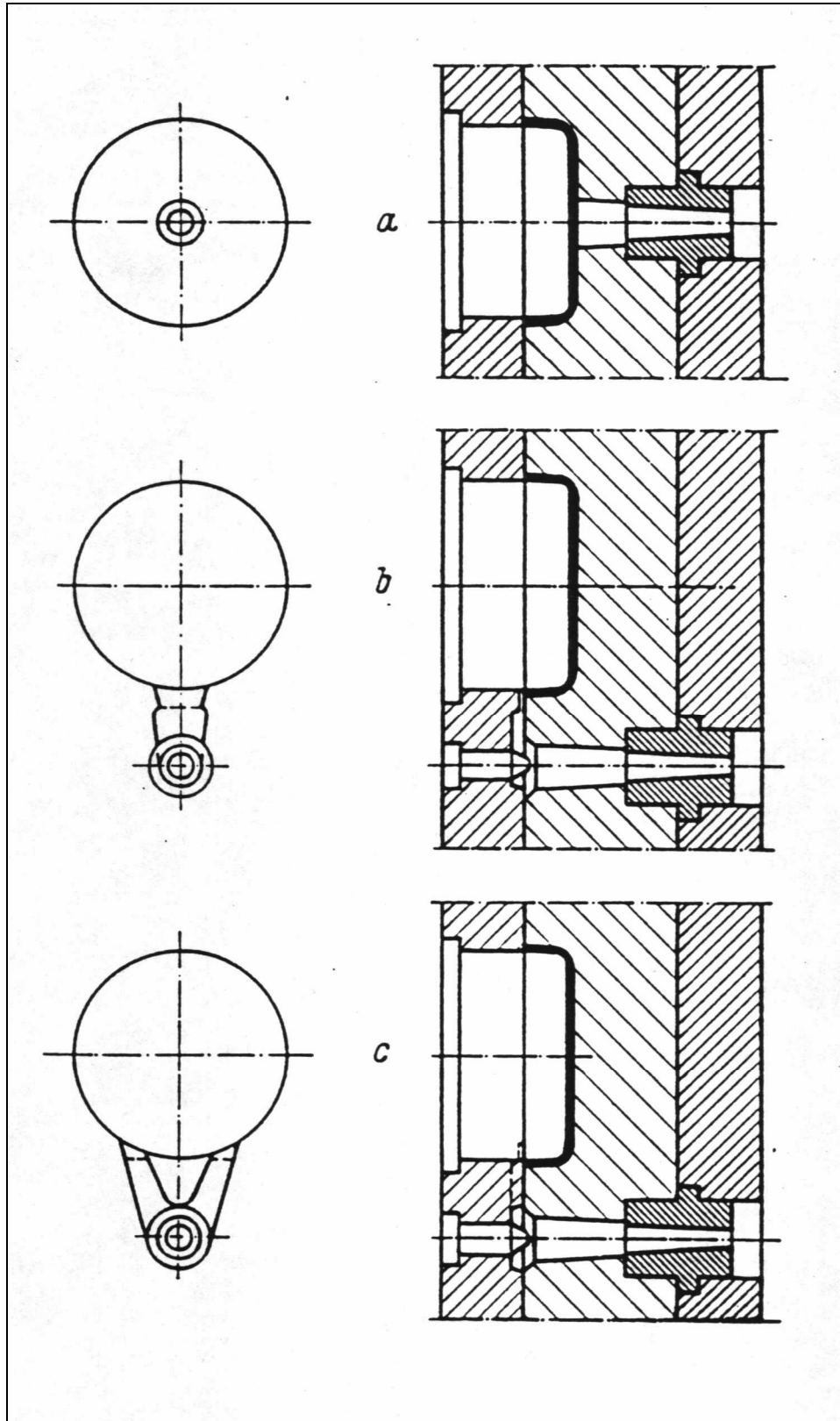
(A) Döküm artığı, döküm pistonunun başında bir kırlangıç tutucu bölmeye metalin dolması sayesinde geri çekilir ve özel bir dışarı atıcı sayesinde dışarı atılır. I metalin içeri dökülmesi, II preslenmiş metal, III geri çekilmiş pres pistonu, IV döküm artığı dışarı atılır. (B) örnek kalıp, II kırlangıç kuyruklu piston.

a döküm pistonu, b meme, c basınç odası, ⊗ döküm artığı, g dışarı atma tertibatı, h sabit kalıp plakasının hareketi için hidrolik silindirler.

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



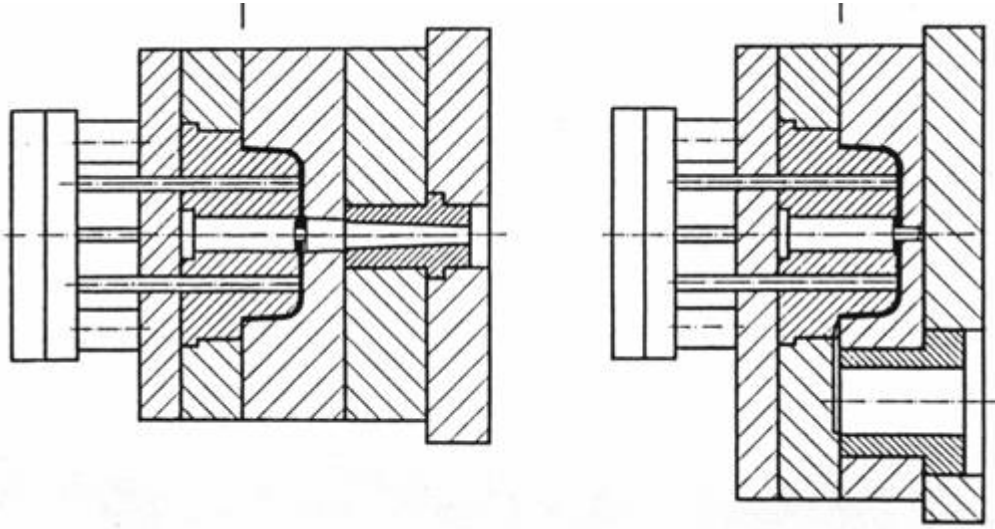
Bu tip yolluğun avantajı, uygun biçime sahip döküm parçalarında yolluğun tam döküm parçasının üstüne yerleştirilebiliyor olmasıdır. Bu tür bir yolluk girişi özellikle merkezinde girinti olan döküm parçalarında uygundur. Parçanın bu girintisini vermeye yarayan kalıp bölümü aynı zamanda dağıtıcı görevini üstlenir. Daha geniş yarı çaplı girintiye sahip olan döküm parçaları için dağıtıcı görevini üstlenecek ayrı bir parça yine kalıbın merkezinde yer almalıdır. Parçanın ölçülerine göre, yolluk girişi, döküm parçasının girintisinin halka şeklindeki yüzeyinin tümünden ya da tek tek bazı noktalarından oluşturabilir. Merkezi yolluk girişi ergiyeğin akışı açısından çok elverişli bir çözümdür. Çünkü ergiyik yön değiştirmeler olmadan doğrudan kalıp boşluğuna ulaşmaktadır. Bu tür yolluk girişleri özellikle şekli karmaşık olan döküm parçaları için ve yolluk girişi olarak merkezi bir girinti kullanılabiliriyorsa, tercih edilmelidir. Merkezi yolluk girişi aynı şekilde tas seklindeki döküm parçalarında da (Şekil 4.18 A) kullanılabilir. Fakat bu durumda yolluk karşısındaki metalin ilk çarpacağı alanın, bir dağıtıcı olmaması nedeniyle, termik olarak çok zorlanacağı dikkate alınmalıdır. Bunun yanı sıra, Şekil 3.18 B ve C’de görüldüğü gibi, konik bir yolluk ile bağlantılı olan ve dışarıda yer alan yolluk girişleri de kullanılabilir. Bu durumda ergiyik, dıştan döküm parçasına bağlı bir ya da birden fazla yolluk girişinden geçerek 90 °’lik sapmayla kalıp boşluğuna girer. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, yolluk girişi yönünün ergiyeğin olabildiğince az engelle karşılaşarak kalıp boşluğunu doldurabilecek şekilde işlenmesidir. Bu nedenle ergiyeğin akışı açısından yanlamasına ya da teğet bir yolluk girişi daima dik olarak kalıba işlenmiş tek bir yolluk girişinden daha elverişlidir.



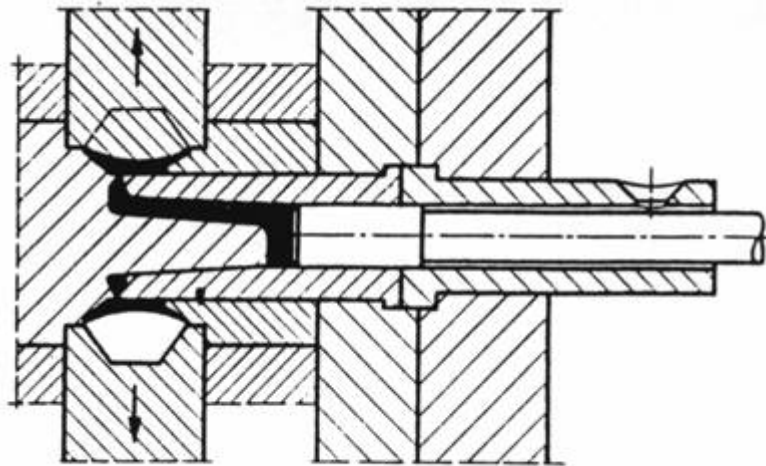
Şekil 4.15 Sıcak kamara ve dikey soğuk kamara enjeksiyon makineleri için yolluk örnekleri

(a) Merkezi yolluk girişi, (b) Dıştan yolluk girişi, (c) Dıştan ikili yolluk girişi.

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

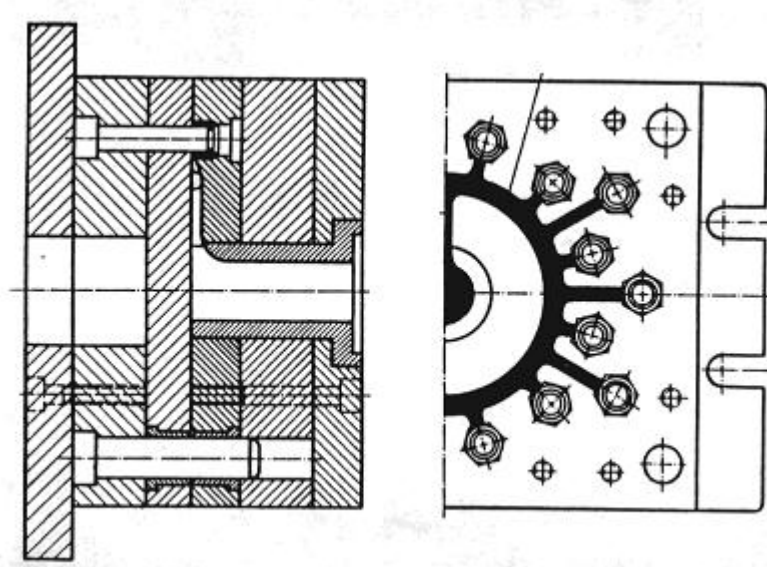


şekil 4.16 Solda kap şeklinde bir parça için merkezi yolluk girişı, Sağda yatay soğuk kamara enjeksiyon makineleri için standart yolluk girişı.



şekil 4.17 Yatay soğuk kamara enjeksiyon makinası için ortası boş dişli ark kalıbında merkezi yolluk girişı.

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



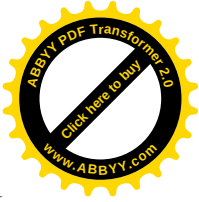
Şekil 4.18 Halka şeklinde merkezi yolluk girişi.

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

İnce cidarlı parçalarda yolluk kanalının kalınlığı (SL), döküm kalıbı duvar kalınlığından (SG) %50 oranında daha büyük tutulması, ayrıca yolluk genişliği (bL) de yolluk derinliğinin 3-5 katı kadar olması gerektiği döküm firmaları tarafından tavsiye edilmektedir. Yolluk girişinin kalınlığı ise, döküm parçasının ölçülerine göre değişerek yaklaşık olarak 0,5 ila 1.5 mm arasında olmalı ve yalnızca çok özel ya da ağırlığı yüksek parçalarında arttırılmalıdır.

Hava Boşaltımı, Hava Kanalları ve Cepleri

Kalıp boşluğunda ve basınç odasında bulunan hava ve metalden açığa çıkan gazların, basınçlı döküm parçasının içine hapis olmasını engellemek amacıyla hava boşaltım kanal ve cepleri kullanılır. Havası gerektiği gibi boşaltılmamış bir basınçlı döküm kalıbı, döküm parçasının poroziteli olmasının nedenlerinden biridir. Gözenekler, yüzeyin altında bulunduklarından, normal koşullarda genellikle görülemezler.



Hava boşaltımı, kalıp ayırım yüzeyine işlenen hava boşaltım kanalları gerçekleştirilir. Hava boşaltım kanalları, çoğunlukla kalıbın yan taraflarında, yolluk girişinin yanında ve karşısında ya da akışa bağlı olarak belirlenen başka bir noktaya işlenir.

Hava boşaltım kanalının, döküm işleminin sonunda sıvı metal tarafından kapatılması gerekir. Sıvı metal, kesinlikle havanın önüne geçmemelidir. Sıvı metalin, havanın önüne geçmesi tehlikesi, akış hızı büyüdükçe ve metalin viskozitesi küçüldükçe artar. Bir kalıp içinde farklı cidar kalınlıklarının bulunduğu durumlarda her geçişte, kalıp ayırımına bir hava boşaltım kanalı yerleştirilmelidir. Kalıp boşluğundaki gazlar içeri dolan sıvı metal tarafından çok kısa süre içinde itilmelidir. Hava boşaltım kanallarını tam tamına hesaplamak çok zordur. Bernoulli'nin formülü sadece yaklaşık 100 m/s'lik gaz akış hızları için geçerlidir. Biz ses hızında akış hızları için formüllere ihtiyaç duyuyoruz. Boşaltılması gereken gazların toplamının (V), kalıp boşluğu içindeki hava hacmi (V_1) ile dökümde oluşan gazların hacminden (V_2) meydana geldiğini söyleyebiliriz.

V_1 şu formülle hesaplanabilir:

$$V_1 = (V_F (1 + \alpha \cdot t)) \cdot \Pi_{at} / \pi_G \quad (4.18)$$

Π_{at} Normal atmosfer basıncı (1 kp/cm²)

π_G Spesifik döküm basıncı

V_F Döküm sistemi ve kalıp boşluğu hacmi

$\downarrow$ ısı genleşme değeri

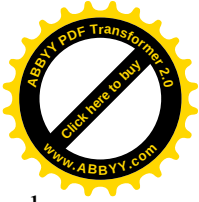
t Havanın getirildiği ortam sıcaklığı

Dökümde oluşan gaz hacminin hesaplanması için şu formül kullanılabilir:

$$V_2 = G_V \cdot O_G \cdot \Pi_{at} / \pi_G \quad (4.19)$$

G_V Birim kalıp yüzeyinde yağlama, yanma sonucu oluşan gaz miktarı

O_G Yolluk sistemi dahil döküm parçasının yüzeyi



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

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

Sadece bir kalıp yarısında çalışılacak ve nispeten büyük cidar kalınlıkları olan parçalarda tek başına hava boşaltım kanalları yetersiz kalmaktadır. Yolluk girişi kesiti yüksekliği küçültülerek ve yolluk girişi genişliği uzatılarak, havaya ek olarak çıkma yolları sağlanmalıdır.

Sabit parçalar ya da kalıp boşluğuna yerleştirilmiş ek parçalar arasına yerleştirilen hava boşaltım kanallarının sıvı metal tarafından tıkanılarak etkisini kaybetmelerinin önlenmesi gereklidir. Ayrım yüzeyine yerleştirilen ve kalıp açılınca temizlik için açıkta kalan hava boşaltım kanalları tercih edilmelidir.

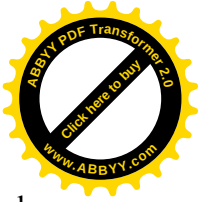
Hava boşaltımını iyileştirmek için, kalıp içine ayrıca kalıp elemanlarından da yararlanılabilir. İtici pimlerinin üzerlerinin çizilmesi bu yöntemlerden biridir. Kalıp üzerindeki kritik noktalara iyi bir biçimde hava boşaltımı için 0,3-0,8 mm — delikler açılabilir. En ideal hava boşaltım elemanı, çekirdek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

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

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

Çizelge 4.5 V_{MA} 'nın Hava boşaltım kanallarının derinliği

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



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

Kalıbın havası, hava boşaltım kanallarına uygun aparatlar aracılığıyla vakumlanabilir.

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

Yolluk kanalları ve yolluk girişlerinin, döküm parçasının bir çeşit hava cebi gibi kullanması nedeniyle, hiçbir zaman poroziteli olmamaları gerçeği, kalıp boşluğunun bazı noktalarına hava cebi torbalarının yerleştirilmesi düşüncesini doğurmuştur. Hava cepleri, porozitesiz döküm parçaları elde etmek için mükemmel araçlardır. Hava ceplerine ilk enjekte edilen köpüksü metal girer, parçanın yüzey kalitesi artar, mukavemeti yükselir. Metalin ilk aktığı noktalara, yolluk girişi tarafının tam karşı tarafına yerleştirilirler. Kalıp boşluğunun dış tarafına, çerçeve şekilli parçalarda yolluk girişinin karşısında kalan döküm parçası bölümünün iç tarafına yerleştirilebilirler. Hava cebinin derinliği, yaklaşık döküm yolluğunun derinliği kadar olmalıdır. Hava cebinin derinliklerinin, döküm yolluğu derinliğinin 3-4 katına çıkarılması yardımcı olabilir. Hava cepleri neredeyse doğrudan döküm parçası üzerine yerleştirilir ve 0,2-0,5 mm derinlikte bir kanalla döküm parçasına bağlanır. Genellikle hava ceplerine dışarı açılan hava boşaltım kanalları açmak avantaj sağlamaktadır. Hava boşaltım kanalı ve hava cebi, döküm parçası üzerindeki curufları bünyesine alabilir.

5. DÖKÜM KALIBININ TASARIMINDA SİMÜLASYON KULLANILMASI

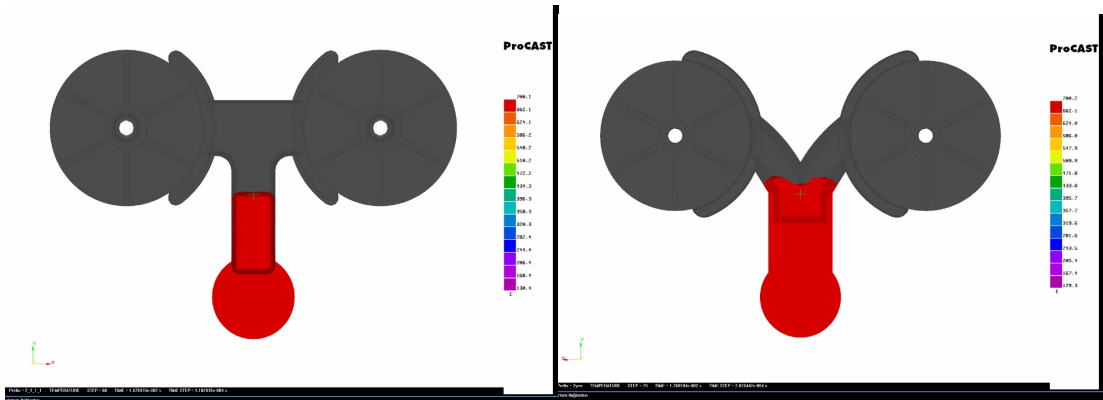
Basınçlı döküm parçalarda tasarım aşamasında simülasyon kullanılması gerek maliyet gerekse zaman açısından çok önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Günümüzde birçok döküm simülasyon yazılımları sayesinde döküm işlemi tezgahlardan önce bilgisayar ortamında yapılmakta; dolum, katılaşma, gerilme, porozite gibi önemli sonuçlar kalıp üretiminden önce optimize edilebilmektedir.

Bu çalışma bir flanş parçasının 2 ve 4 gözlü olarak 2 farklı tasarımı yapılarak toplam 4 adet simülasyonu yapılmıştır. Döküm parçaların tasarımında kalıbın göz sayısı tasarımın ve döküm tezgahının izin verdiği koşullarda maksimum derecede yapılmalıdır.

Çalışmada kullanılan flanş parçasının parametreleri aşağıda verilmiştir:

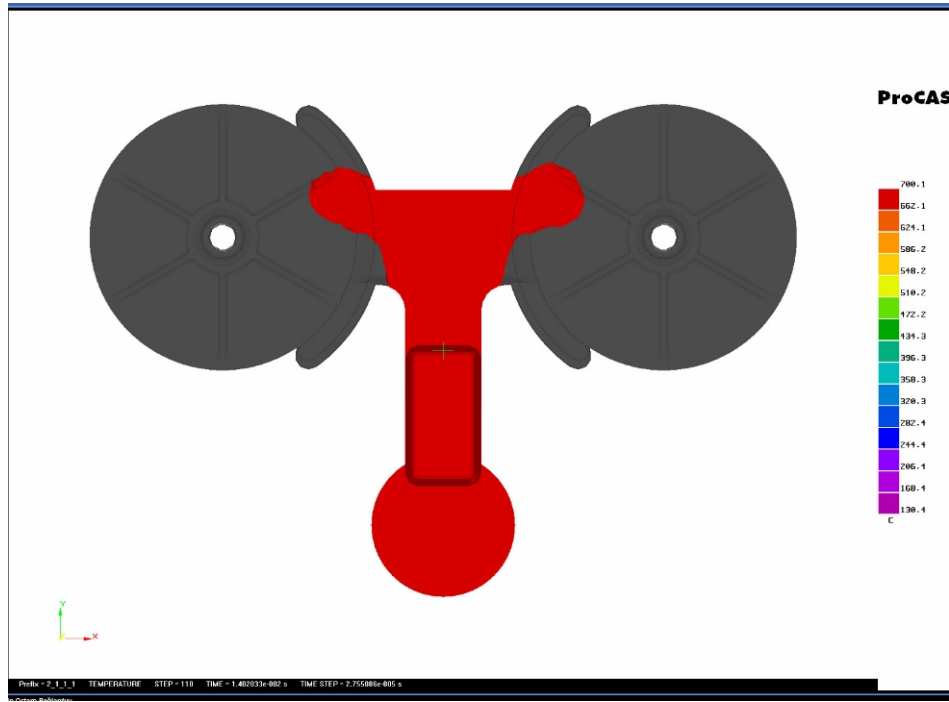
- Alaşım: Alüminyum
- Alaşım Sıcaklığı: 700 °C
- Kalıp Sıcaklığı: 120 °C

2 gözlü olarak yapılan 2 farklı tasarımdaki dolum aşamaları aşağıda verilmiştir. Bu tasarımlar arasındaki fark yolluk kısmında değişiklik yapılmıştır. Bu değişiklik ile hem alaşımın topuk bölgesinden ilerleyip yatay yolluklara ayrıldığı bölgedeki aşınma problemi ortadan kaldırılmış hem de aynı bölgede oluşacak türbülans riski en aza indirilmiştir.



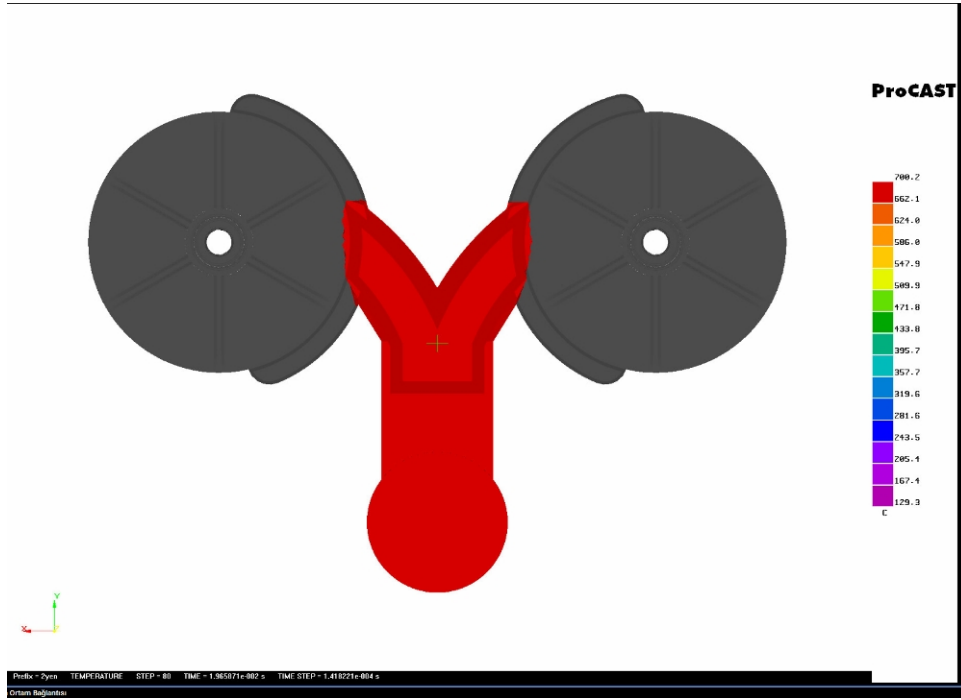
Şekil 5.1 İki gözlü tasarımlardaki dolumun başlangıcı

2 gözlü tasarımlardaki yukarıdaki resimlerde görüldüğü üzere dolum aşamaları başlangıçta aynıdır.



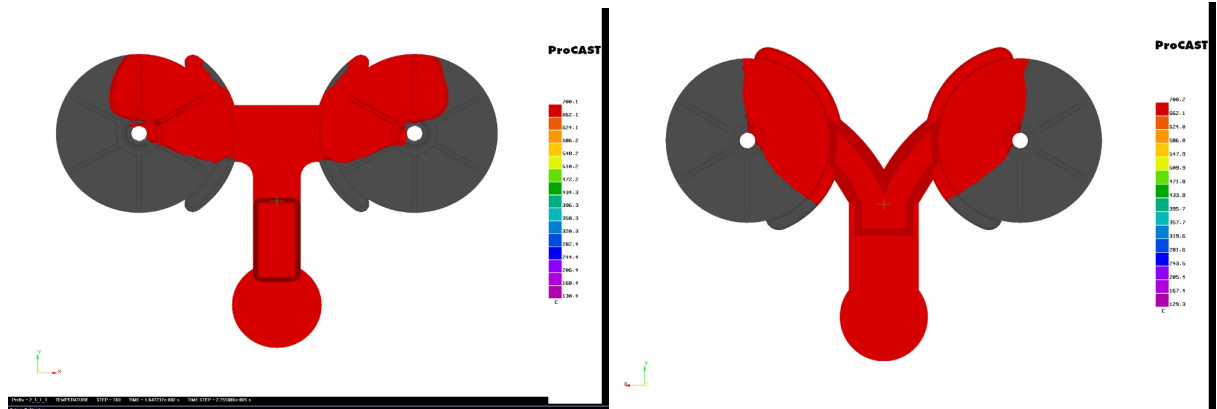
Şekil 5.2 İki gözlü ilk tasarımda sıvı metalin yolluklardan parçalara girişi

Üstteki resimden de görüleceği üzere, ilk tasarımda ana yolluk üzerinden sıvı metal hızla karşıya doğru ilerlemektedir. Bu, sıvı metalin sürekli olarak karşı bölgeyi aşındırmasına sebep olmasının yanı sıra; metalin yatay yolluklara ilerlerken türbülans yapma riskini de arttıracaktır. Bu nedenle tasarımın yeni halinde yolluğun ilgili bölgesi aşağıdaki hale getirilerek yukarıdaki bahsedilen problemler ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.3 İki gözlü ikinci tasarımda sıvı metalin yolluklardan parçalara girişi

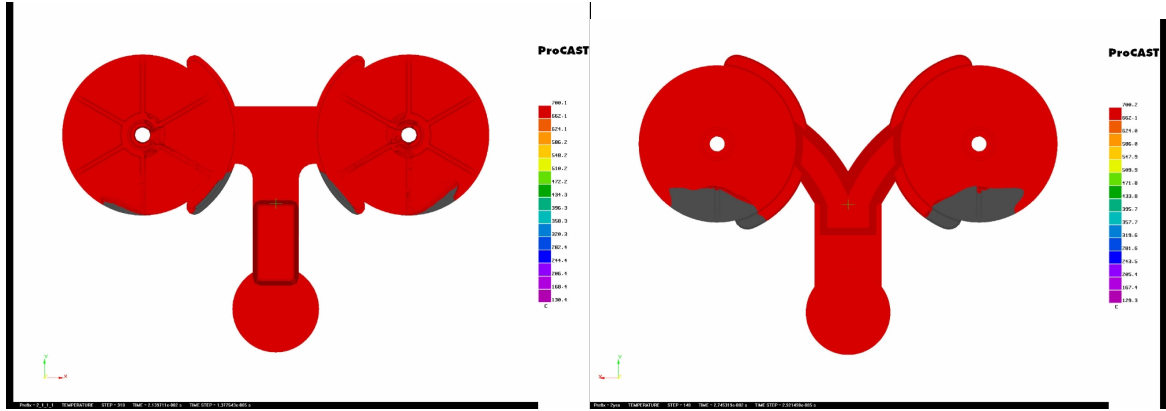
Dolumun diğer aşamalarına bakıldığında, ikinci tasarımın gerek parçaların eş dolumu açısından gerekse sıvı metalin ilerlemesi açısından daha etkin olduğu görülmektedir.



Şekil 5.4 İki gözlü tasarımlarda dolumun ilerleyen aşamaları

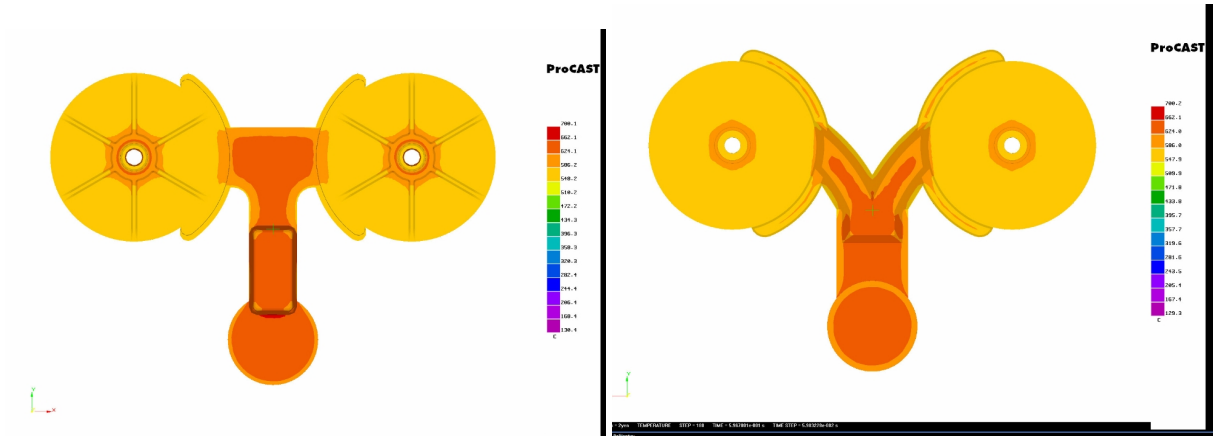
Basıncılı döküm parça tasarımı yapılırken simülasyon kullanmanın en önemli yararlarından bir tanesi de, parçalarda kullanılacak olan hava ceplerinin yerlerini çok kolay olarak bulabilmektir. Esas olarak, parçalarda son dolan bölgelere konan hava cepleri bir nevi akış sonundaki tortuyu da toplayarak tüm havayı gaz çıkışlardan kalıp dışına vermeye yarar.

İki tasarımda da hesaplanan hava cebi sayısına göre konulacak hava ceplerinin ikisi, aşağıdaki resimlerden de görüleceği üzere parçaların alt bölgelerinde olacaktır.

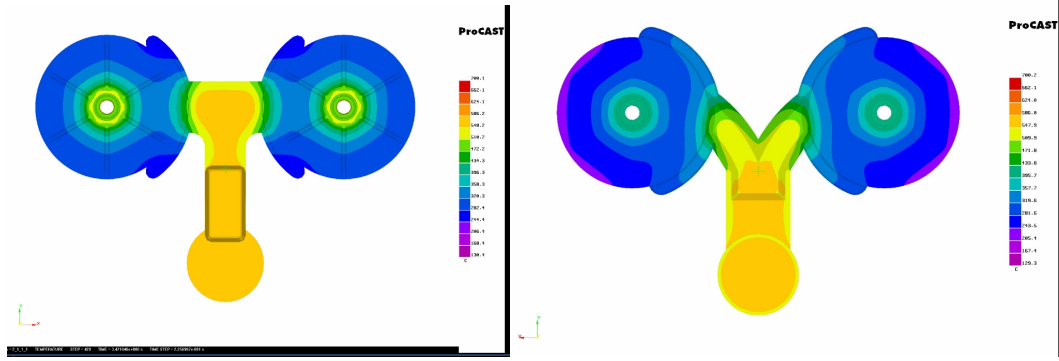


Şekil 5.5 İki gözlü tasarımlarda dolumun son aşamaları

Parçaların katılma süreçleri genel olarak eş gitmektedir. Görüleceği üzere parçaların soğutulması gereken önemli noktalarından biri de göbek bölgeleridir.

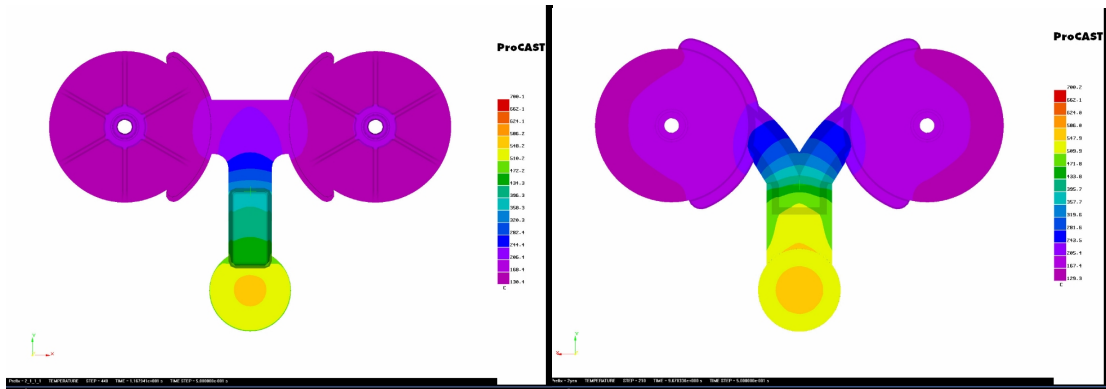


Şekil 5.6 Katılma sürecinin başlaması



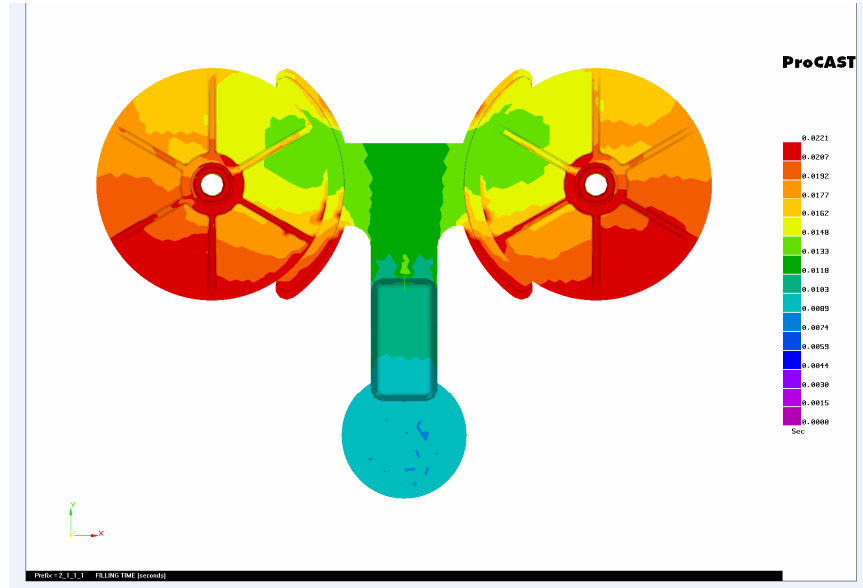
Şekil 5.7 Katılma süreçlerinin ilerleyen durumu

Katılmanın son hali aşağıdaki resimlerden görülebilir. Her iki tasarımda da soğutma yapılması gereken en önemli bölgeler parçaların göbek kısımlarıdır.

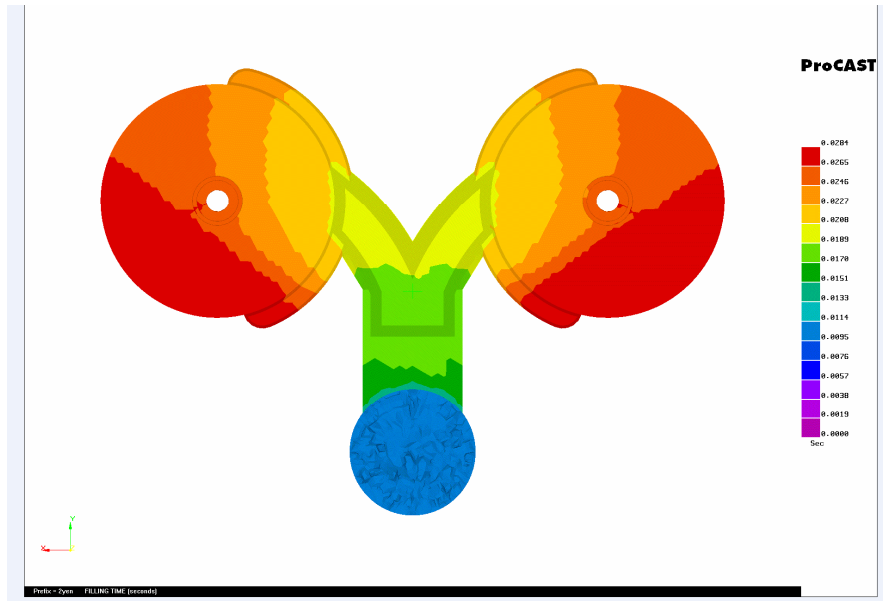


Şekil 5.8 Parçaların katılma süreçlerinin bitişi

Dolum zamanları karşılaştırılması yapılırsa, ikinci tasarım ile daha eş zamanlı bir dolum elde edildiği görülecektir.

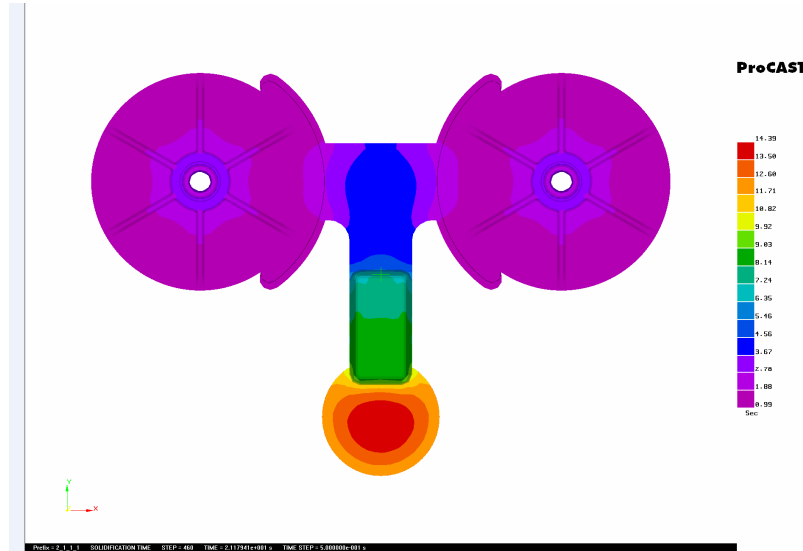


Şekil 5.9 İki gözlü ilk tasarımın dolum zamanı (s)



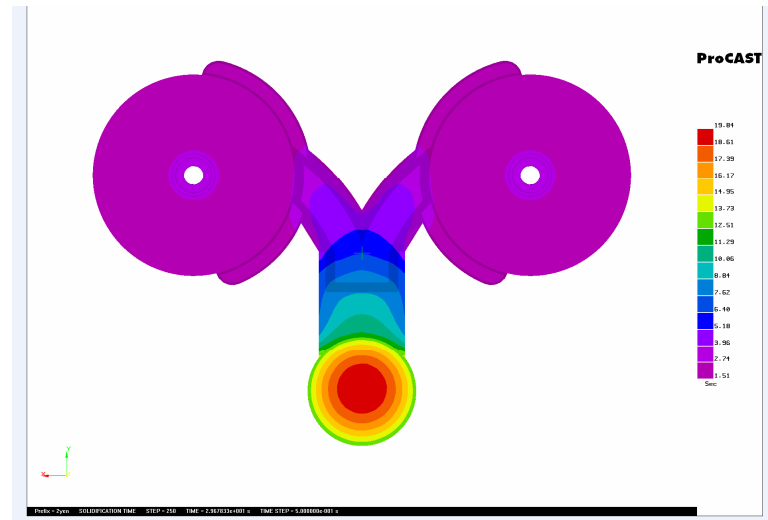
Şekil 5.10 İki gözlü ikinci tasarımın dolum zamanı (s)

Benzer bir karşılaştırma katılma zamanları için yapılmıştır ve sonuçlar aşağıdadır.



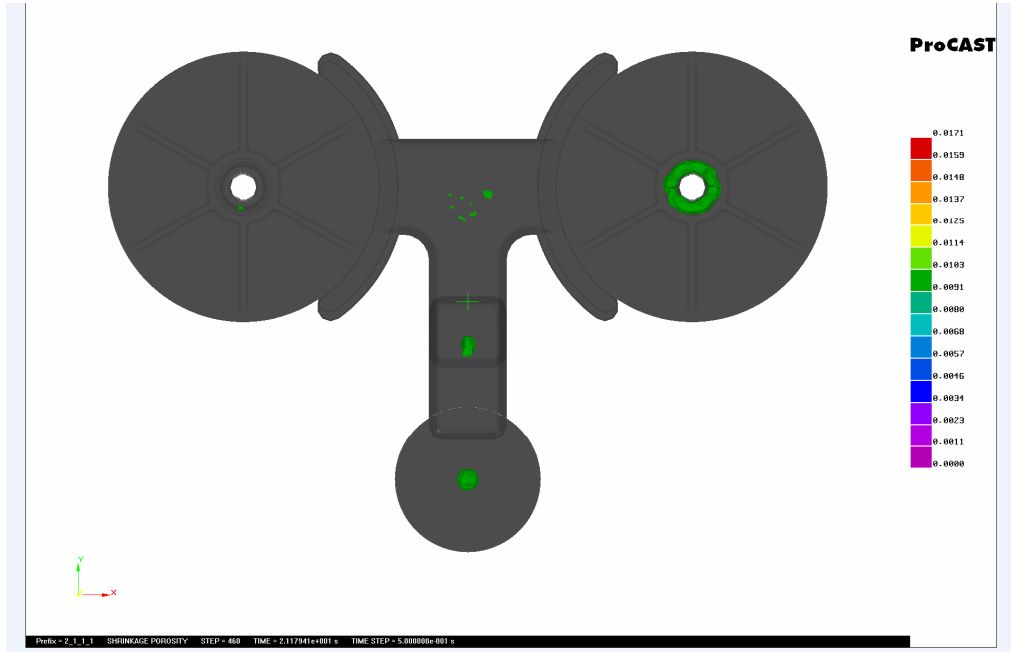
Şekil 5.11 İki gözlü ilk tasarımın katılaşma zamanı (s)

İlk tasarım sonucunda parçaların göbek çevresinin soğutulması gerekliliği bir kez daha önümüze çıkarken, yolluk girişlerinin de parçadan daha geç katılaştığı görülecektir.



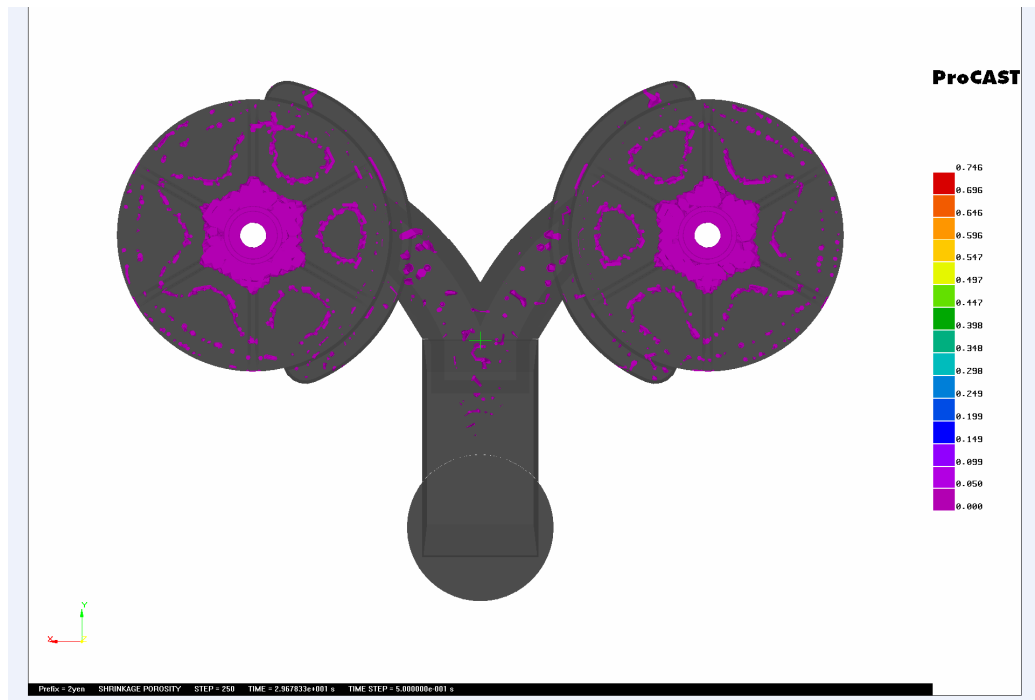
Şekil 5.12 İki gözlü ikinci tasarımın katılaşma zamanı (s)

Son olarak potansiyel olarak hesaplanan porozite sonuçlarında da ikinci tasarımın daha iyi sonuçlar verdiği görülecektir.



Şekil 5.13 İki gözlü ilk tasarımın porozite dağılımı

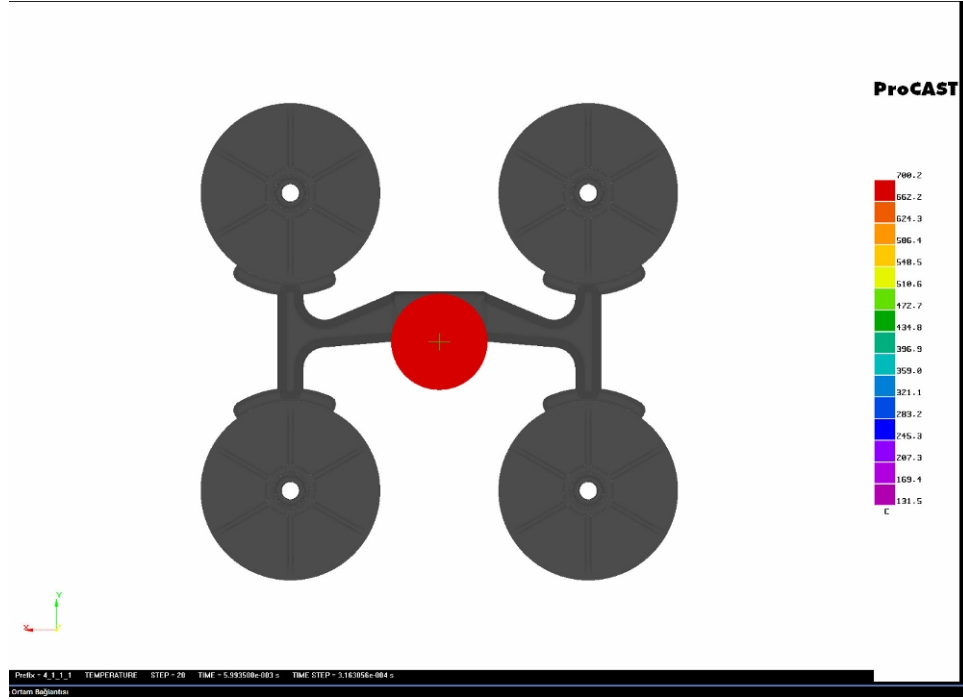
Döküm simülasyon yazılımlarının hesapladığı porozite değerleri potansiyel sonuçlar olup, öncelikle her gözde eş olması istenir. Soğutmalar, 3.faz basıncı gibi değerlerin eklenmesiyle bu potansiyel poroziteler en aza inecek veya yok olacaktır.



Şekil 5.14 İki gözlü ikinci tasarımın porozite dağılımı

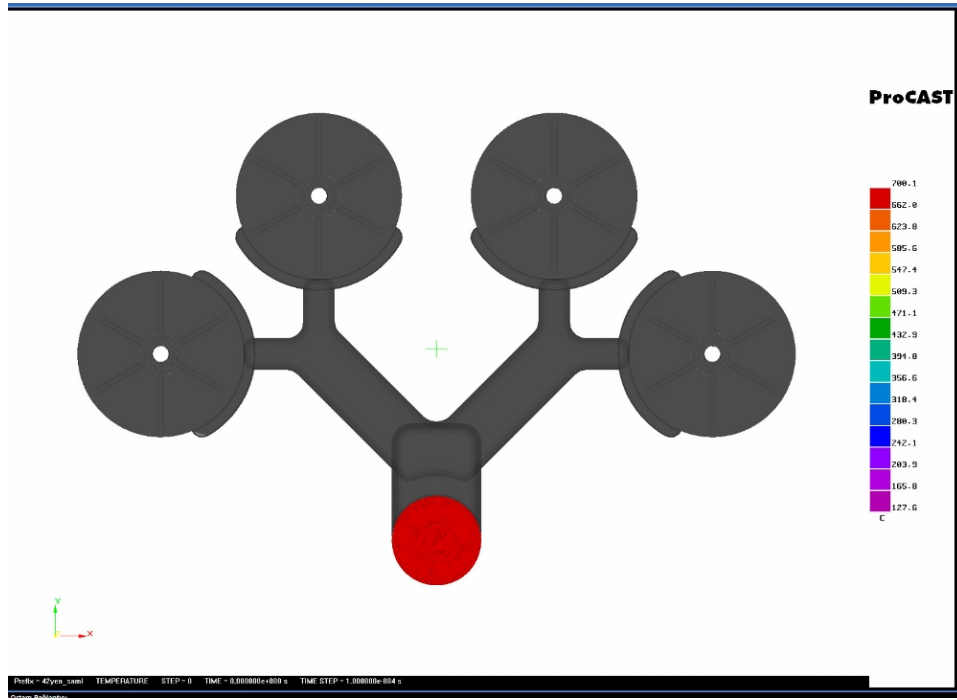
İkinci tasarımın porozite sonuçlarından da anlaşılacağı üzere dağılım her gözde eş ve ilk tasarıma göre daha az yüzdelik değere sahip olmaktadır.

Aynı parçanın 4 gözlü olan tasarımları ise anlaşılacağı üzere daha büyük bir tezgahta bir seferde daha fazla parça üretmek adına yapılmıştır.



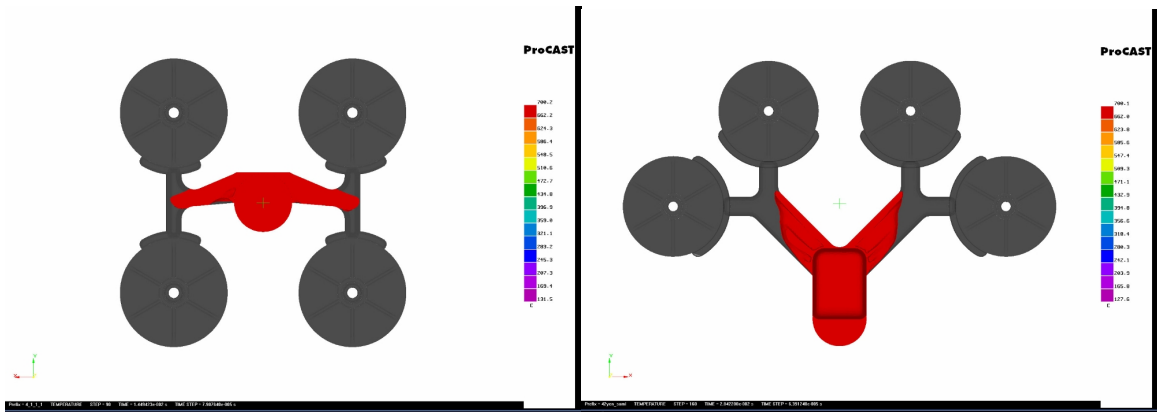
Şekil 5.15 Dört gözlü ilk tasarımın dolum başlangıcı

İlk tasarımda yolluk yatay olarak ilerlemekte 90 derece açı yaparak parça girişlerini sağlamaktadır. Aşağıdaki resimde görülen ikinci tasarımda ise yolluk 45 er derece açılar yaparak ilerlemektedir.



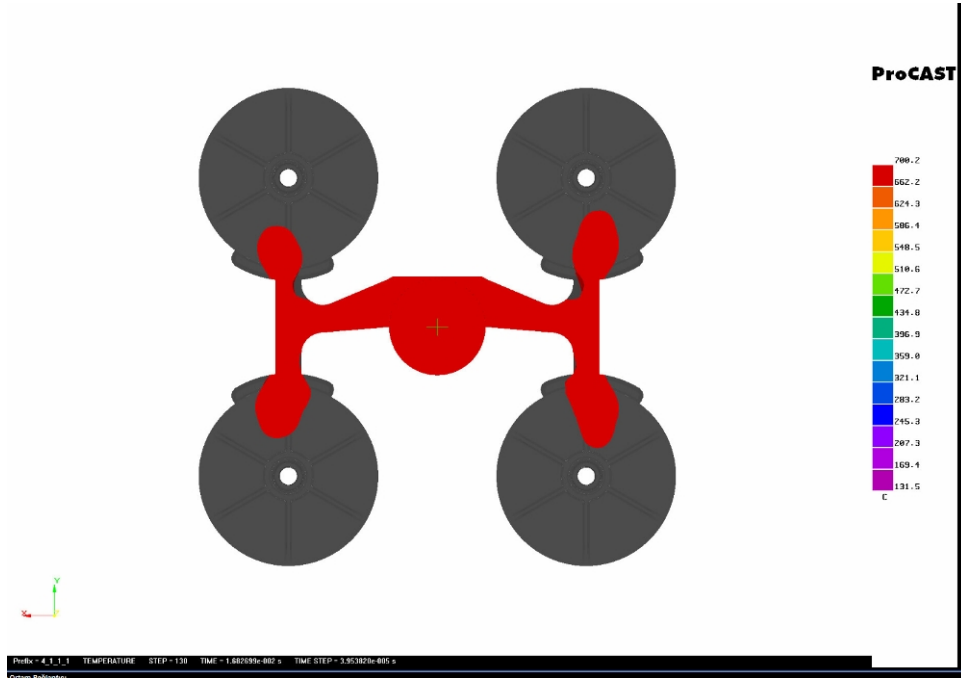
Şekil 5.16 Dört gözlü ikinci tasarımın dolum başlangıcı

Dolumun aşamaları sırasıyla aşağıda verilmektedir.



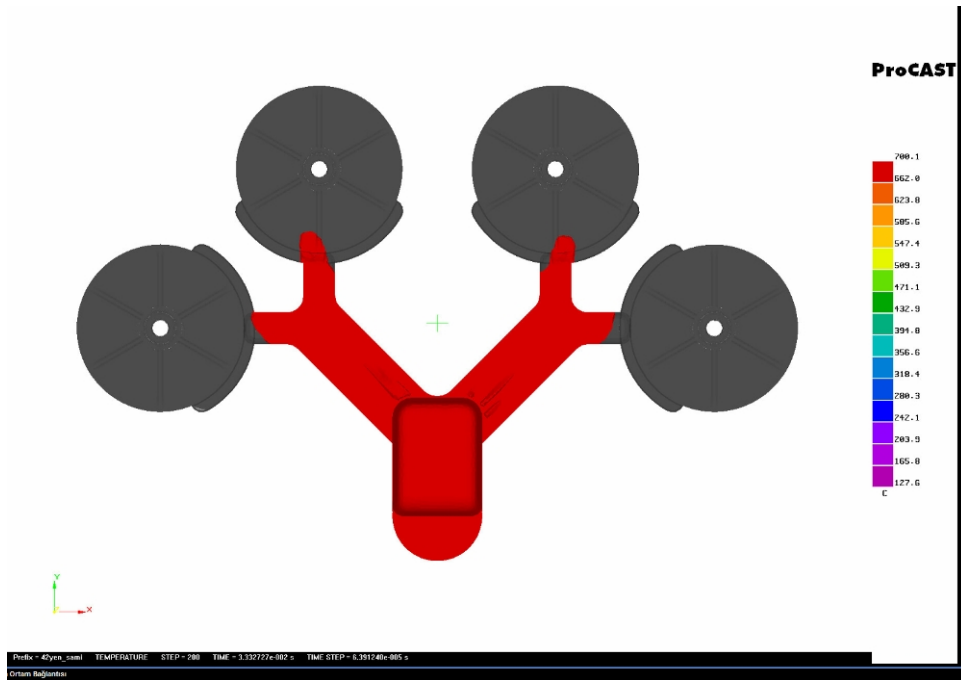
Şekil 5.17 Dört gözlü tasarımlarda sıvı metalin topuktan ilerlemesi ve girişlere yaklaşması

İkinci tasarım, ilkinе göre her ne kadar daha büyük kalıp boyutları gerektirse de dolum kalitesi açısından daha olumlu olduğu görölmektedir.

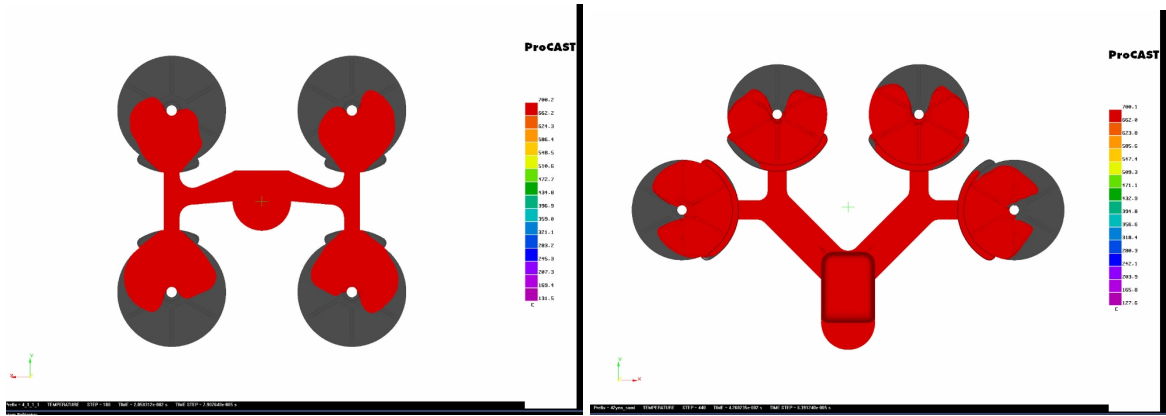


Şekil 5.18 Dört gözlü ilk tasarımda sıvı metalin parçalara girişi

Yukarıdaki resme bakıldığında dolumun gözler arasında eş olduğu gözükse de sıvı metal akışının çok iyi olmadığı açıktır. Aşağıda görülen ikinci tasarımda ise sıvı metal 45er derecelik yolluklarda eş olarak ilerlemekte ve her parçaya aynı oranda besleme yapmaktadır.

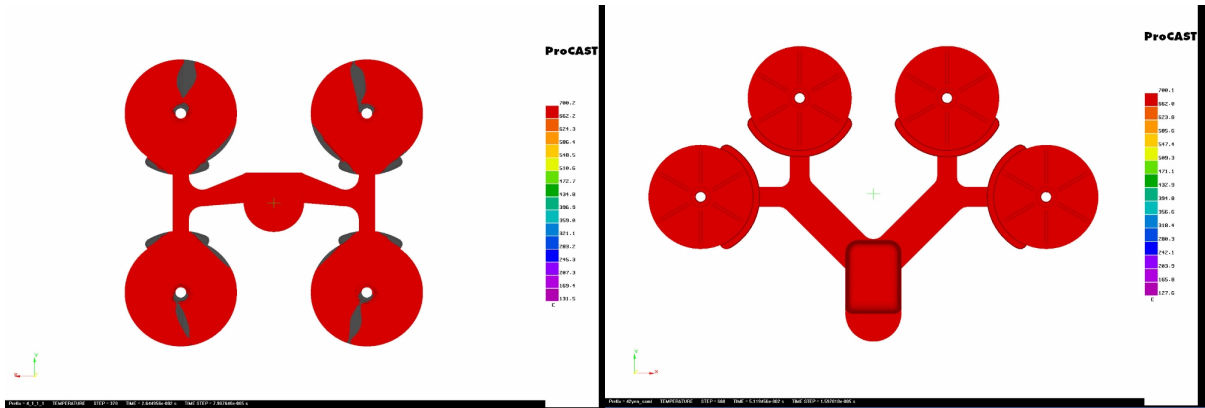


Şekil 5.19 Dört gözlü ikinci tasarımda sıvı metalin parçalara girişi



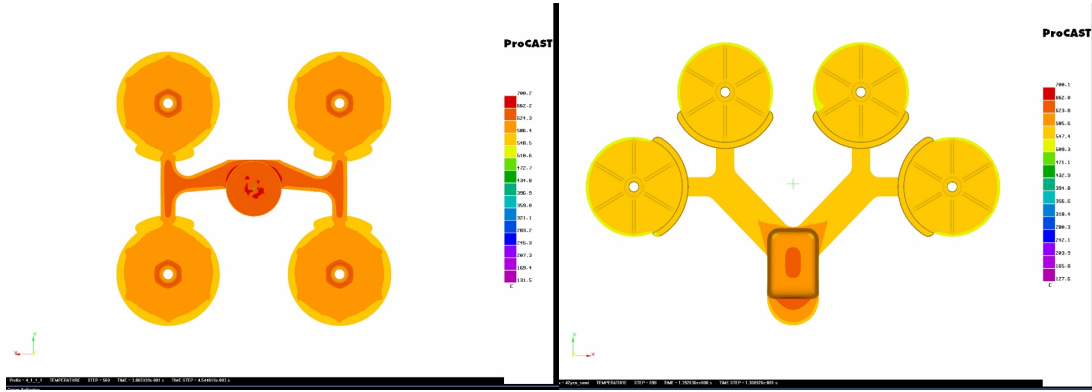
Şekil 5.20 Dört gözlü tasarımlarda dolumun son aşamaları

Basıncılı dökümde, parçaların topuk hizasından aşağıda olması dolum açısından uygun olmamakla birlikte, ikinci tasarımdaki görünen tek olumsuzluk, sıvı metalin parçaya ilk girmesinden itibaren kısmen de olsa parçaların göbeklerini oluşturan maçalara çarpmaları olacaktır. Maçaların aşınma riskine karşı yapılacak olan plazma nitrürasyon kaplamaları sayesinde ömürleri daha fazla arttırılabilmektedir. Bu sayede bu olumsuzluk ta en aza indirilebilir.



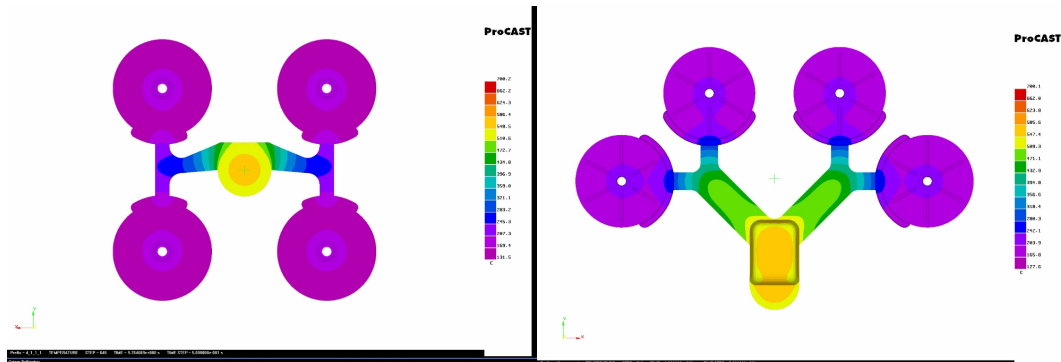
Şekil 5.21 Dört gözlü tasarımlarda dolumun son hali

Parçaların dolumlarının son hallerine bakıldığında ilk tasarımın türbülanslı dolum sebebiyle katılma sonrası hatalı parça üretme riskinin olacağı görülmektedir. Parçaların katılma süreçleri aşağıdadır.



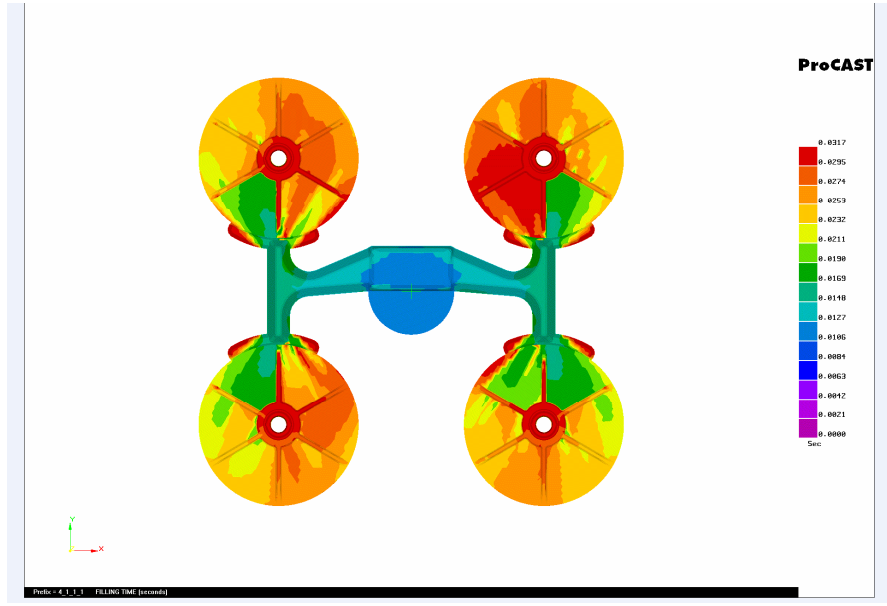
Şekil 5.22 Dört gözlü tasarımlarda katılaşma sürecinin başlangıcı

Gerek iki gözlü gerek dört gözlü olarak yapılan toplam 4 adet tasarımın simülasyonlarından ortak olarak çıkan sonuç parça göbeklerin en kalın kesit olduğu ve soğutulması gerektiğidir.

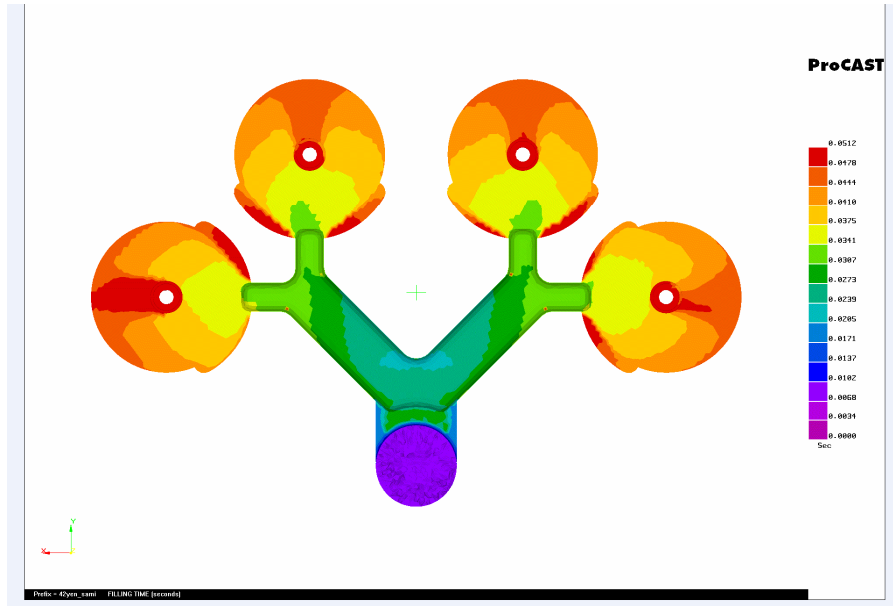


Şekil 5.23 Dört gözlü tasarımlarda katılaşma sürecinin bitişi

Dört gözlü tasarımların dolum sürelerinin karşılaştırılmasına bakıldığında ikinci tasarım ile eş dolum elde edildiği görülecektir.

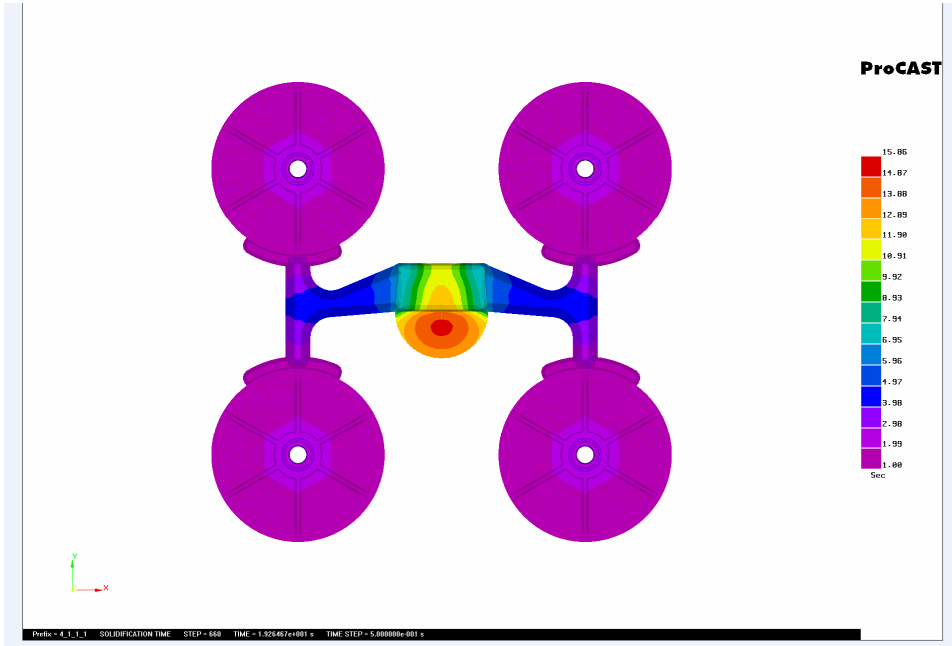


Şekil 5.24 Dört gözlü ilk tasarımda dolum zamanı (s)

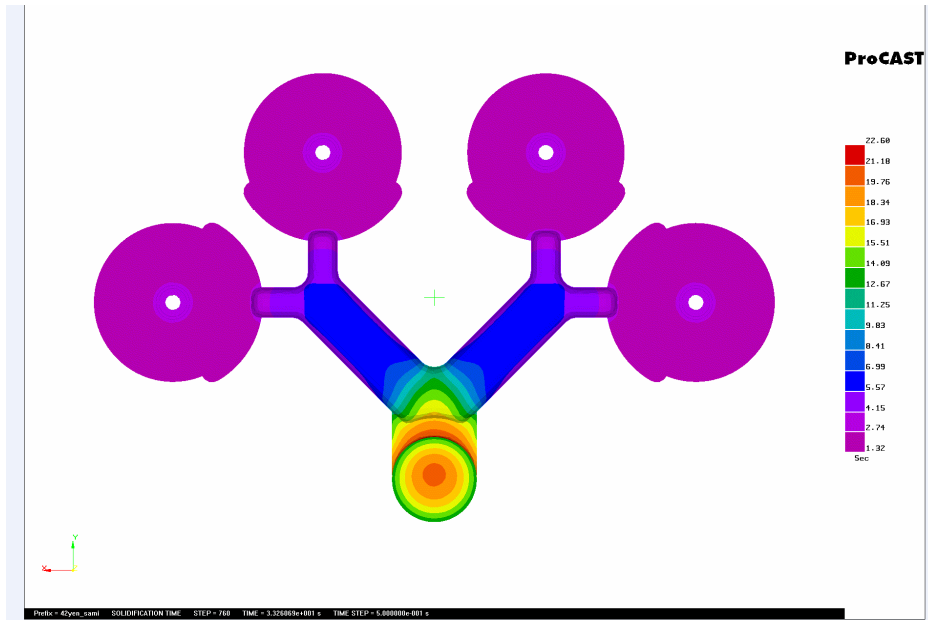


Şekil 5.25 Dört gözlü ikinci tasarımda dolum zamanı (s)

Buna paralel olarak katılma sürelerinin hesaplanan değerleri aşağıdadır

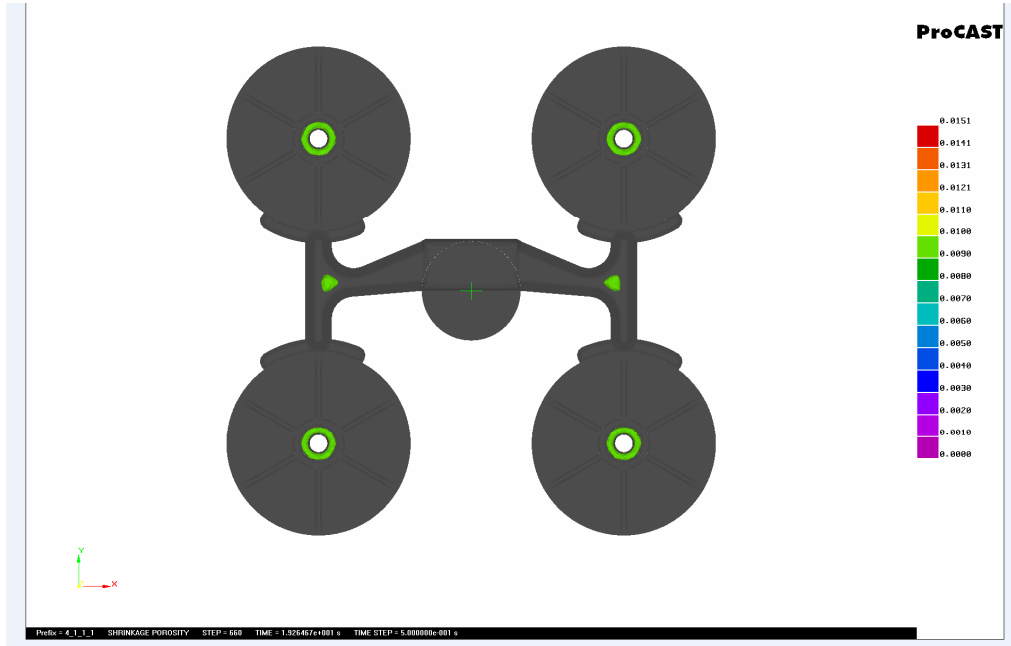


Şekil 5.26 Dört gözlü ilk tasarımda katılaşma zamanı (s)

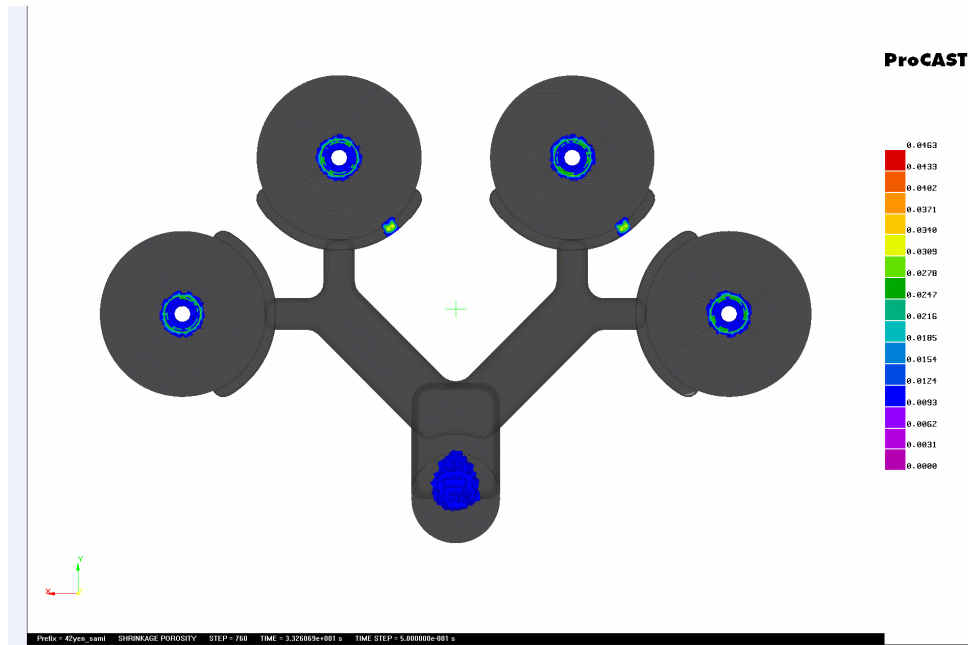


Şekil 5.27 Dört gözlü ikinci tasarımda katılaşma zamanı (s)

Son olarak porozite sonuçlarını karşılaştırması aşağıdaki resimlerle verilmiştir.

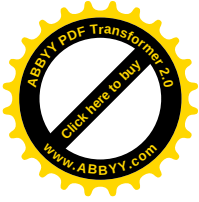


Şekil 5.28 Dört gözlü ilk tasarımın porozite dağılımı



Şekil 5.29 Dört gözlü ikinci tasarımın porozite dağılımı

Porozite sonuçları tasarımların kendi içindeki gözleri açısından eş çıksa da ikinci tasarımdaki hesaplanan değerler, ilk tasarıma göre daha az seviyededir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

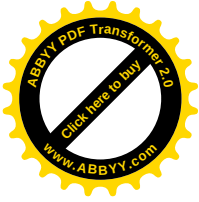
Döküm simülasyonlarını tasarım aşamasında kullanmak; yolluk tasarımlarının sanal ortamda değiştirilerek daha kalıp üretilmeden en iyi çözümü bulmak için kullanılan en önemli araçlardan biridir. Tüm bunların yanı sıra deneyim ve bilgi birikiminin de payı hiçbir zaman unutulmamalıdır.

Basıncılı döküm parçalarının tasarımındaki ilk adım; istenilen üretim adedi, müşterinin talep ettiği spesifikasyonlar ve imalatın teslim tarihine göre kalıbın kaç gözlü olacağına karar vermektir. Bu süreçte, eldeki mevcut tezgah ve kalıp boyutları temel kısıt olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmada incelenen 2 ve 4 gözlü 4 ayrı tasarım kendi içlerinde ve toplu olarak karşılaştırıldığında; topuk bölgesinden sonra parça girişlerinde 45er derecelik eş açılar ile yolluk açılmasının daha doğru sonuçlar verdiği gözlenmiştir. 2 ve 4 gözlü ilk tasarımların simülasyon sonrasında, gerek dolum gerekse dolum sonrası katılaşma süreçleri incelendiğinde, elde edilen dolum, katılaşma ve porozite sonuçlarının eş olmadığı görülmüş ve tasarımda değişikliğe gidilmiştir. Buna karşın 2 ve 4 gözlü ikinci tasarımlarda yukarıda bahsi geçen sonuçların gözler arasında “eş” olduğu saptanmıştır.

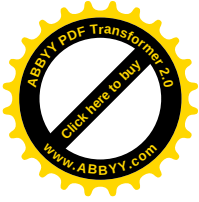
2 ve 4 gözlü ikinci tasarımların karşılaştırılması yapıldığında, parçaların siparişlerine göre bir çevrimde üretilecek parça adedi; firmanın politikasına bağlı olarak değişecektir. Kimi firmalar yüksek kalıp maliyetlerini karşılayarak daha büyük kalıplar üretmekte ve sonuç olarak stoklu üretim neticesinde, yıllık tüm siparişi kısa sürede gerçekleştirirken; kimi firmalar ise örnekteki gibi 2 gözlü bir kalıp üreterek yıllık sipariş miktarını 4 gözlü kalıba göre 2 kat daha fazla sürede gerçekleştirecektir.

Sonuç olarak işletme, İşverenin 6 aylık 240,00 adet siparişi aylık 40,000 adet üretilecek flanşın minimum 4 gözlü kalıbı zorunlu hale getirmiştir. Kalıp 4 gözlü olarak tekrar simüle edilmiş, imal edilmiş ve üretime geçilmiştir. Üretilen her 4 flanş kalıptan bir robot koluyla çıkarılmakta yolluk ve çıkıcısı kesilip olası talaşların temizliği vibrasyonlu temizleme kazanında yapılmakta ve dokum parçasının iç boşluk kontrolü yapıldıktan sonra paketlemeye gönderilmektedir.

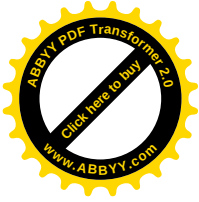


KAYNAKLAR

- (1) Kaye A., Street A., (1982), Die Casting Metallurgy, Butterworth Scientific, England.
- (2) Brunhuber E., (1963), Moderne Druckgussfertigung, Fachverlag Schiele ,Berlin.
- (3) Reimer V., (1981), Druckguss, Carl Hanser Verlag, Münih.
- (4) Campbell J.S., (1950), Casting and Forming Processes, Toronto, London.
- (5) Campbell J.S., (1961), Principles of Manufacturing Materials and Processes, McGraw-Hill Publishing Company , London.
- (6) Niebel B. W., Drapper A.B., Wysk R. A., (1989) Modern Manufacturing Process Engineering, McGraw-Hill Publishing Company, London.
- (7) DeGarmo E. P., Black J.T., Kohser R. A., (1990), Materials and Processes In Manufacturing, 7 Th. Edition, Macmillan publishing company, New York.
- (8) Street A., (1984), The Diecasting Book, Portcullis Press Ltd., England.
- (9) D. F. Allsop, D. Kennedy (1991) , Pressure Diecasting Part 1, Pergamon press, England.
- (10) D. F. Allsop, D. Kennedy (1991) , Pressure Diecasting Part 2, Pergamon press, England.
- (11) ASM Handbook Volume 3 Alloy Phase Diagrams.



- (12) Assab&Korkmaz Çelik, Teknik Bülten (1997), Metal Enjeksiyon Kalıplarında Ömür Arttırıcı İpuçları. İstanbul.
- (13) Rocky Wang ,(1998), Producer machine catalogue, Taiwan.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 27.12.1981

Doğum yeri Ankara

Lise 1995-1998 Bahçeşehir Lisesi

Lisans 1998-2003 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri
Programı

Çalıştığı kurumlar

2003-2004 Webasto Sanayi Ltd Şti.

2007-..... ENKA İnşaat ve Sanayi A.Ş.