

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

85058

DÖVME DÖKÜM

Metalurji Mühendisi Hüseyin Murat LUŞ

F.B.E. Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı
Üretim Programında hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMENTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nihat G. KINIKOĞLU

Prof. Dr. Ahmet Zihir Avcı

Doç. Dr. Ahmet EKERİM

İSTANBUL, 1999

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ	1
2. DÖVME DÖKÜM TEKİNİĞİ	3
2.1 Yöntem	3
2.2 Dövme Dökümün Avantajları	3
2.2.1 Ekonomik avantajlar	3
2.2.2 Teknik avantajlar	3
2.3 Kullanılan Alaşımlar	6
2.3.1 Alüminyum alaşımları	6
2.3.2 Bakır alaşımları	8
2.3.3 Metal anafazlı karmamalzemesler	9
2.4 Yöntemin Değişkenleri	10
2.4.1 Metal sıcaklığı	10
2.4.2 Sıvı kalitesi ve miktarı	11
2.4.3 Kalıp sıcaklığı	12
2.4.4 Basınç uygulamaya kadar geçen süre	12
2.4.5 Uygulanan basınç ve bekleme süresi	12
2.4.6 Kalıp malzemesi ve tasarımı	14
3 DÖVME DÖKÜMÜN MALZEME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	16
3.1 Yoğunluğun Artışı ve Boşlukların Azalması	16
3.2 Denge Çizgesi ve Mikroyapı	17
3.3 Mekanik Özellikler	19
4 ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ DÖVME DÖKÜMÜ	23
4.1 Alüminyumun Döme Dökümünde Döküm Hataları	24
4.1.1 Oksit kalıntıları	24
4.1.2 Boşluklar	25
4.1.3 Darçıkım ayrımlaşması	26
4.1.4 Merkez ayrımlaşması	27
4.1.5 Kabarcıklanma	28
4.1.6 Dolmamış kalıplar ve soğuk döküm	29

4.1.7	Sıcak yırtılma	29
4.1.8	Yapışma	29
4.1.9	Soyulma	30
4.1.10	Dar çıkım soyulması	30
5	GELECEK VE İLERLEMELER	31
5.1	Dövme Dökümün Geleceği	33
6	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	34
6.1	Kullanılan Malzeme ve Aletler	34
6.1.1	Kullanılan alaşım	34
6.1.2	Kalıp malzemesi ve dizaynı	34
6.1.3	Kalıp ayırıcı ve gaz giderme malzemesi	34
6.1.4	Pres	37
6.1.5	Eritme ünitesi	37
6.1.6	Kalıp ısıtma fırını	37
6.1.7	Sıcaklık ölçüm cihazları	37
6.2	Deneyler	38
6.2.1	Deney koşulları	38
6.3.	Gelecekte Yapılması Düşünülen Çalışmalar	44
7	SONUÇLAR	45
	KAYNAKLAR	46
	ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	Dövme dökümün çizgişimle gösterilişi	4
Şekil 2.2	Dolaylı dövme dökümün çizgişimle gösterilişi	5
Şekil 2.3	B. 295.2-T6 Alaşımında demir içeriğinin mekanik özelliklere etkisi	11
Şekil 2.4	Uygulama basıncı ve Al-Si alaşımında Si miktarı arasındaki ilişki	13
Şekil 2.5	Basınç ve parça şekli arasındaki ilişki	14
Şekil 3.1	Uygulama basıncı ve yoğunluk arasındaki ilişki Al-Si alaşımı	17
Şekil 3.2	Hızlı katılaşmanın denge diagramı üzerindeki etkisi	18
Şekil 3.3	CDA 925 alaşımının karşılaştırmalı mikroyapısı	19
Şekil 3.4	Çeşitli alaşımlarda çekme dayanımı - boşluk ilişkisi	21
Şekil 3.5	Basıncın LM 6 alaşımının çekme dayanımı, uzuma, sertlik ve yoğunluğu üzerine etkisi	21
Şekil 3.6	ZA 8 alaşımında, değişik kalp sıcaklıkları ve uygulama basınçlarının çekme dayanımına etkisi	22
Şekil 4.1	Çekme boşluklarının oluşması. A-İnce kesitli yer. B-Kalın kesitli yer	25
Şekil 6.1	Üst kalıbın teknik resmi	35
Şekil 6.2	Alt kalıbın teknik resmi	36
Şekil 6.3	Ergitme ünitesi	39
Şekil 6.4	Kaplanmış ve ısıtma fırını içine yerleştirilmiş kalıplar	40
Şekil 6.5	Kalıpların ısıtılması	41
Şekil 6.6	Aynı kalıpta basınç altında ve basınçsız katılaşmış parçalar.....	42
Şekil 6.7	Dördüncü deney sonucu ortaya çıkan parçanın mikroyapıları.....	43

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Sıkıştırılmalı dökümde kullanılan döküm tipi alüminyum alaşımları	7
Çizelge 2.2	Sıkıştırılmalı dökümde kullanılan dövme tipi alaşımları	7
Çizelge 2.3	Sıkıştırılmalı döküm yöntemine uygun bakır esaslı alaşımlar	8
Çizelge 2.4	Bakır esaslı alaşımların karşılaştırmalı özellikleri	9
Çizelge 2.5	A 356 alaşımının SiC katkılı ve katkısız halde mekanik özellikleri	9
Çizelge 3.1	Sıkıştırılmalı dökümün alaşım yoğunlukları üzerindeki etkisi	16
Çizelge 3.2	Bir alüminyum alaşımının mekanik özelliklerine şekillendirme yönteminin etkisi	20
Çizelge 4.1.	Döküm tipi alüminyum alaşımlarında sıkıştırılmalı dökülmüş ve metal kalıba dökülmüş parçaların çekme özellikleri	23
Çizelge 4.2.	Dövme tipi alüminyum alaşımlarında sıkıştırılmalı dökülmüş ve dövülmüş parçaların çekme özellikleri	24
Çizelge 6.1	Deneylerde kullanılan alaşım bileşimi	34
Çizelge 6.2	Sıkıştırılmalı döküm presi teknik özellikleri	37
Çizelge 6.3	Deney koşulları	38

ÖZET

Sıkıştırırmalı döküm (dövme döküm) yöntemi son şekline yakın boyutlarda, parça üretimine uygun, dövme ve döküm işlemlerini bir arada barındıran bir döküm yöntemidir. Yöntem dövme işlemiyle üretilen parçaların yüksek mekanik özellikleriyle dökümün ekonomisi ve dizayn genişliğine aynı anda sahiptir. Yeni bir yöntem olmamasına rağmen ticari uygulaması 20. yy.'ın ikinci yarısında gerçekleşmiştir.

Yöntem yüksek basınç etkisiyle boşlukları giderir ve mikroyapısal iyileşmeyi sağlar. Mikroyapısal iyileşme ve boşluksuz yapı döküm sonrası yapılan işlemlerin olabilirliğini artırır ve son boyutlara yakın üretim imkanı işleme maliyetini azaltır. Sonuçta sıkıştırırmalı döküm ürünleri döküm ürünleri içerisinde en yüksek mekanik özellikleri sergilemektedirler.

Bu çalışmanın kuramsal kısmını sıkıştırırmalı dökümün tanımlanması, genel özellikleri ve özellikle alüminyum alaşımlarına uygulanışı oluşturmaktadır.

Deneyisel çalışmalarda %12 Si içeren alüminyum alaşımı kullanılarak sıkıştırırmalı döküm yöntemiyle mühimmat gövdesinin üretimi yapılmıştır. Bu amaçla önce gerekli sıkıştırırmalı döküm makinesi kurulmuş ve sıvama döküme geçiş için ön hazırlık yapılmıştır. Bunu takiben %12 silisyum içeren alüminyum alaşımı kullanılarak sıkıştırırmalı döküm yöntemiyle mühimmat gövdesi üretilmiştir.

ABSTRACT

Squeeze casting is a casting method of producing near net shape parts in which a liquid metal charge is forged to shape inside closed dies. It combines the strength and integrity of forging with the economy and design flexibility of casting. Although the process is not a relatively new one, only in second half of 20. century squeeze casting process become available for industrial production.

Due to the high level of applied pressure, porosity is eliminated and micro structural refinement is achieved. The micro structural refinement and integrity promotes a variety of secondary operations such as welding and solution heat treatment and reduces machining cost. As a result, squeeze casting products represents the highest mechanical properties among cast products.

In theoretical parts of this work, aspect of the squeeze casting, general properties of process, production applications and especially squeeze casting of aluminum are presented.

In the experimental work, producing of bomb body from Al-Si alloy by squeeze casting is aimed. For this reason a squeeze casting machine is designed by us and manufactured in Bursa. Afterward, using %12 Al-Si alloys, bomb body is produced by squeeze casting and preliminary preparation for transfer to swage casting is made on the same machine.

1. GİRİŞ

Döküm ve dövme işlemlerini bir araya getiren bir işlem olan dövme döküm ile parça üretimine değişik yaklaşımlar yapmak mümkündür. Döküm ve dövme işlemleri geleneksel olarak birbirinden ayrı yollarda ilerlemişlerdir ve sonuçta ikisini bir üretim tekniğinde görmek garipsenebilir. Bu iki teknik kendisine has üstünlük ve eksikliklere sahiptir. Döküm yöntemiyle karışık şekilli parçalar rahatça üretilebilir fakat son üründe mikrogözeneklilik ve diğer hatalar görülebilir. Bunun dışında dökümde değişik kesit kalınlıklarıyla beraber homojen bir yapı elde etmekte güçtür. Bu hatalar dövme işlemiyle giderilebilirken yöne bağımlı (anizotropik) yapı ortaya çıkar ve karışık şekiller elde etmek her zaman mümkün değildir veya birden fazla işlem gerektirir.

Dövme döküm (sıkıştırılmalı döküm, sıvı metal dövümü veya sıvı metal şekillendirmesi olarak da bilinir) basınçlı dökümle – kapalı kalıpta dövmenin bileşimidir. Yöntem basit ve ekonomik bir yöntem olup yüksek üretim oranlarında otomatikleştirilmiş üretim potansiyeline sahiptir. Yüksek boyutsal tamlik ve yüzey düzgünlüğü parçaların işleme ihtiyacını en aza indirir. Diğer tüm döküm yöntemlerine nazaran yüksek basınçtan dolayı boşluksuz ve küçük tanelere sahip parçalar üretilebilir. Döküm parçalar içerisinde dövme döküm ürünleri en yüksek mekanik özellikleri sergilemektedirler.

Mikroyapısal iyileşme ve boşluksuz yapı döküm sonrası yapılan işlemlerin (kaynak ve ısıtım işlemi gibi) sayısını artırır. Diğer bir önemli avantajı da metal ve seramiğin birlikte kullanılmasının karma malzeme üretimine imkan vermesidir. Bu dövme işleminde çok limitli bulunan bir özelliktir.

Yaygın düşüncenin aksine dövme döküm yeni bir yöntem değildir. Bu konudaki ilk referans 1819'da James HOLLINGRAKE tarafından alınan patentdir (Morton ve Barlow, 1994). Bununla birlikte 20. yüzyılın ikinci yarısına kadar önemli bir gelişme gözlemlenmemiştir. 1931'de alüminyum-silisyum alaşımlarında basıncın katılmasına etkisi incelenmiş, sonra Sovyetler Birliği'ndeki gelişmelerle 1975'de Plyatskii tarafından dövme döküm konusunda ilk sayılabilecek bir kitap yayımlanmıştır (Franklin ve Das, 1984; Morton ve Barlow, 1994). Sovyetler Birliği'ndeki bu gelişmelere paralel olarak 1965-1970 yıllarından itibaren Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ve Japonya'da çalışmalar başlamış ve bu tarihi gelişimin sonucu olarak 1974'de ilk ticari uygulamaya geçilmiştir (Lynch vd, 1975; Franklin ve Das, 1984).

1970’ler boyunca savunma sanayi parçaları ve otomobil aksanları üretilmiş ve yöntemde kullanılabilecek yeni malzeme arayışları sürmüştür. 1980’den sonra ilgili dövme dökümden piston imali konusuna yönelmiş, bunun için Avrupa ve Japonya’da ayrı ayrı çalışmalar yürütülmüştür. 1983’te Toyota otomobil firması dizel motorlar için fiber destekli alüminyum anafazlı malzemedan pistonlar alüminyum alaşımından jantlar üretmeye başlamıştır (Suzuki , 1989; Chadwick ve Stubbington , 1991). 1980’lerde İngiliz GKN firması yine MMC’den mamul pistonlar ve alüminyum alaşımı jantlar üretmiş ve “warrior” zırhlı personel taşıyıcısı araçlarda kullanmaya başlamıştır (Morton ve Barlow 1994). Ürün aralığını genişletmek ve daha iyi teknik özelliklere sahip malzemeler elde etmek için araştırmalar devam etmektedir.

Dövme döküm tekniği ile sıvı metalin basınç altında katılaşmasından yararlanarak klasik yöntemlerle üretilen ürünlerden daha yetenekli ürünler elde etmek mümkündür. Günümüzde pistonlar, jantlar, rulman parçaları, bilezikler, bağlantı milleri, varil başlıkları, fren diskleri, dökme demirden bomba kılıfları gibi parçalar bu teknikle üretilmektedir.

Dövme döküm tekniği şüphesiz diğer üretim yöntemleriyle rekabet halindedir. Maliyet, dizayn uygunluğu ve yüksek mekanik özellikler gereksinimi ile birleştiğinde yöntem maliyet etkin olmaktadır.

2. DÖVME DÖKÜM TEKNIĞİ

2.1 Yöntem

Dövme dökümün ana prensibini, doğru ölçülmüş hacimdeki sıvı metalin istenilen sıcaklıktaki kalıba konması ve üst kalıbın inerek veya pistonun yukarı çıkarak metalin katılaşması esnasında basınç uygulaması oluşturur. Son yıllarda yöntem iki ana gruba ayrılmıştır, doğrudan ve dolaylı yöntem.

Doğrudan yöntem Şekil 2.1’de görüldüğü gibidir ve üç kademeye ayrılabilir,

- 1) İstenilen miktarda sıvı metalin alt kalıba dökülmesi.
- 2) Prese bağlı üst kalıbın inmesi ve alt kalıba basınç uygulaması. Bu kademede basınç parça tamamen katılaşana kadar devam ettirilir.
- 3) Üst kalıbın yukarı çıkması ve parçanın alınması.

Göreceli olarak daha yeni bir teknik olan dolaylı dövme döküm tekniği beş kademeye ayrılmaktadır (Şekil 2.2)

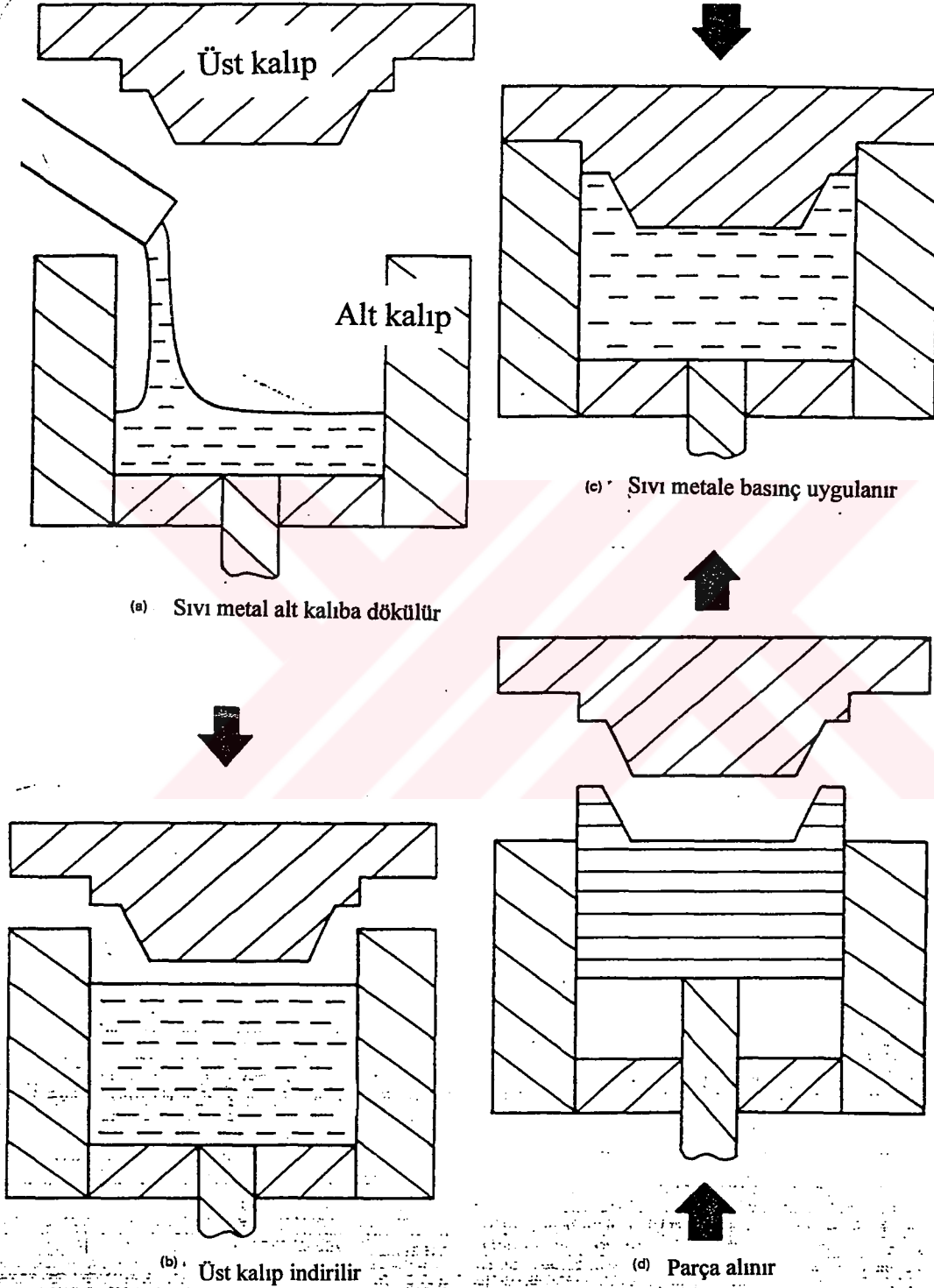
2.2. Dövme Dökümün Avantajları

2.2.1 Ekonomik Avantajlar

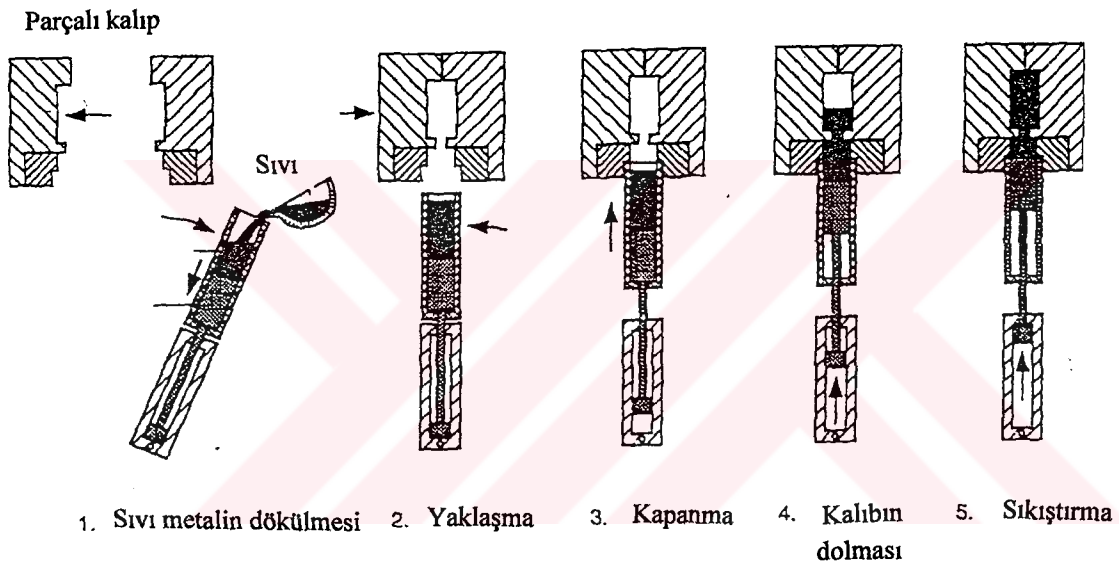
- 1) Dövme ve basınçlı döküme nazaran bütün proses için daha küçük kalıpla üretim yapılabilir.
- 2) Son ürün boyutlarına yakın üretim imkanı işleme maliyetini düşürür.
- 3) Konvansiyonel dökümdeki besleme ve yolluk sistemlerinin olmayışı malzemeden tasarruf sağlar. 165 mm çapında işlenmiş 900 gr. ağırlığındaki parça için dövme dökümde 1474 gr. metal dökümü gerekirken kuma dökümde 3175 gr. metal dökülmesi gerekmektedir (Lynch vd., 1975).

2.2.2 Teknik Avantajlar:

- 1) Hızlı katılaşma zamanı malzemeye son derece ince taneli mikroyapı verir, bunun sonucu diğer döküm yöntemlerine göre daha yüksek ve dövme işlemiyle kıyaslanabilir çekme



Şekil 2.1. Dövme dökümün şematik gösterilişi. (Franklin ve Das, 1984)



Şekil 2.2 Dolaylı dövme dökümün çizgiresimle gösterilişi. (Suzuki, 1989)

dayanımdır. Örnek olarak 7075 T-73 tipi alüminyum alaşımında dövme dökümde 480 MN/m² çekme dayanımına karşılık dövme işlemiyle 441 MN/m² çekme dayanımına ulaşılmıştır (Morton ve Barlow, 1994).

- 2) Basınç altında katılaşma gaz boşlukları ve çekme gözenekliliğini yok eder.
- 3) Mikroyapı yönden bağımsızdır, böylece bütün yönlerde dövme yapının aksine özellikler birdir.
- 4) Bazı parçalarda gereksinim duyulan mekanik özellikler daha az malzeme kullanılarak elde edilebilir.

2.3. Kullanılan Alaşımlar

Dövme döküm işleminde genellikle yanlış anlaşılan noktalardan biri döküm ve dövme alaşımlarının ikisinin de işlem için uygun olduğudur. Bu ifade ürün eğer düz bir yüzey veya çubuk şeklinde ise doğrudur. Parçalar karmaşılaşmaya başladığı zaman alaşım seçimi önem kazanır.

2.3.1 Alüminyum Alaşımları

Uygulama çeşitli fiziksel ve mekanik özelliklere sahip özel alaşımlara ihtiyaç duyar. Bu gereksinimleri karşılayabilmek için, bir alüminyum alaşım grubu geliştirilmiştir. Çizelge 2.1'de dövme dökümde kullanılan alüminyum döküm alaşımları, Çizelge 2.2'de ise dövme dökümde kullanılan Al-dövme alaşımları verilmiştir.

Burada LM 24 alaşımı özellikle dikkat çekicidir. Çünkü önemli miktarda demir (>%0,5) içermektedir. Bu alaşım önemli parçaların metal kalıba döküm veya basınçlı dökümle imalinde kullanılmaktadır. Bu tür uygulamalarda çok iyi kalitede hammadde kullanma zorunluluğu vardır ve bu alaşımlarda %0,2'den fazla demire izin verilmez (Williams ve Fisher., 1981).

Çizelge 2.1 Dövme Dökümde Kullanılan Döküm Tipi Alüminyum Alaşımları
(Williams , 1981, 1984).

Alaşım No.	Kimyasal Bileşim %						
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn
LM 6	11,5-13,5	0,60	0,10	0,40	0,10	--	0,10
LM 18	4,5-6	0,50	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10
LM 24	7,5-9,00	1,0	3,0-4,0	0,5	0,3	0,20	1,0

Çizelge 2.2 Dövme Dökümde Kullanılan Dövme Tipi Alüminyum Alaşımları
(Williams ., 1981, 1984).

Alaşım No.	Kimyasal Bileşim %					
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
AA 7075	0,4	0,5	1,2-2,0	0,3	2,1-2,9	5,1-6,1
AA 2014	0,5-1,0	0,7	3,9-5,0	0,4-1,2	0,2-0,8	0,25
AA 6061	0,40-0,80	0,7	0,15-0,40	0,15	0,8-1,20	0,25
AA 6066	0,2-0,6	0,35	0,10	0,05	0,45-0,9	0,10
AA 6082	0,7-1,3	0,5	0,10	0,4-0,8	0,10	0,20

Bu halde bile mekanik özelliklerin artışı dikkat çekicidir ve ikincil kalitedeki hammaddelerden kritik parçaların üretimi mümkün olmuştur.

2.3.2. Bakır Alaşımları

Dövme dökümle dökülen en yaygın bakır alaşımları ve bileşimleri Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Dövme Döküm Yöntemine Uygun Bakır Esaslı Alaşımlar (Lynch vd., 1975, Franklin ve Das ,1984; Çavuşoğlu , 1992).

Alaşım No.	Kimyasal Bileşim %							
	Cu	Zn	Sn	Pb	Mn	Al	Si	Fe
CDA 377	58-62	Kalan	-	1,5-2,5	-	--	--	0,3
CDA 624	86	--	0,2	-	0,3	10-11,5	0,25	2-4,5
CDA 674	57-60	Kalan	0,3	0,5	0,1-3,5	0,5-2	0,5-1,5	0,35
CDA 865	55-60	36-42	1	0,4	0,1-1,5	0,5-1,5	--	0,4-2
CDA 925	85-88	0,5	10-12	1-1,5	--	0,005	0,005	0,30
CDA 932	81-85	2-4	6-8	6-8	--	0,005	0,005	0,20
CDA 943	69-74	0,8	4-6	22-25	--	0,005	0,005	0,15

CDA (Copper Development Association Inc.)

Standart pirinç malzemenin kimyasal bileşimi dövme döküm içinde uygundur. CDA 377 dövme pirinç alaşımı başarılı biçimde dövme dökülmüştür. Cu – Zn pirinçlerinin düşük erime sıcaklığına sahip olması daha düşük erime maliyeti ve düşük çevrim zamanı ile kalıp ömrünü artırır (Lynch vd., 1975).

Dövme ve klasik dökümde kullanılan bronzlar dövme dökümde de kullanılabilirler.

Bu alaşımların karşılaştırmalı özellikleri Çizelge 2.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 Bakır Esaslı Alaşımların Karşılaştırmalı Özellikleri (Franklin ve Das , 1984).

Alaşım Tipi	Şekillendirme Yöntemi	Çekme Dayanımı MN/m ²	Akma Sınırı MN/m ²	%Uzama
CDA 377	Dövme Döküm	379	193	32
	Ekstrüzyon	379	145	48
CDA 624	Dövme Döküm	783	365	13,5
	Dövme	703	345	15,0
CDA 674	Dövme Döküm	517	324	7,0
CDA 865	Dövme Döküm	476	239	13,0
CDA 925	Dövme Döküm	382	245	19,2
	Kuma Döküm	382	182	16,5

2.3.3 Metal Anafazlı Karmamalzemeler

Karma malzemelerin avantajlarından biri de mekanik özelliklerdeki önemli artıştır. Özellikle vorteks metoduyla hazırlanan parçalarda rastlanılan önemli miktardaki boşluklar parça ömrünü kısaltmakta ve beklenmeyen kırılmalara yol açmaktadır. Dövme döküm boşluksuz karma malzemelerin dökümünü mümkün kılmakta ve karma malzemelerden pratikte de tam anlamıyla yararlanmayı mümkün kılmaktadır.

Ulaşılan ilerlemeyi görmek için Çizelge 2.5'e bakılmalıdır. Burada dövme dökülmüş A 356 alaşımının SiC katılmış ve katılmamış halinin mekanik özellikleri görülmektedir.

Çizelge 2.5 A 356 Alaşımının SiC Katkılı ve Katkısız Halde Mekanik Özellikleri (Chadwick ve Stubbington., 1991).

Alaşım	Akma Sınırı MPa	Young Modülü Gpa
A 356 + 0%SiC	200	75,2
A 356 + 10%SiC	283	80,7
A 356 + 15%SiC	317	90,3
A 356 + 20%SiC	331	96,6

%20 SiC içeren A 356 alaşımının akma sınırı normal alaşımdan %50-70 daha iyidir.

Bugün Al-Al₂O₃, Al-SiC, Al-Al₂O₃-MgO gibi karma malzemelerden birçok parça dövme dökümle üretilmektedir.

Dövme dökümle üretilcek MMC malzemeler hakkında aşağıdaki konular açığa kavuşturulmalıdır. Bunlar;

- 1) Anafaz –güçlendiricilerin iyi kaynaşmasını sağlayacak teknikler
- 2) Fiber/partikül’le seçilmiş anafaz arasındaki yüzey ilişkisinin anlaşılması
- 3) Basıncın güçlendirici – anafaz arasındaki ilişkiye etkisi.

1988-2000 yılları arasında alüminyum anafazlı karma malzeme malzemeler konusunda yıllık ortalama büyüme oranı %16.5 olarak öngörülmüştür (Chadwick ve Stubbington., 1991). Özellikle otomotiv piyasasında metal anafazlı karma malzeme – dövme döküm ikilisinin yüzdesinin giderek artacağı kesindir.

2.4. Yöntemin Değişkenleri

Dövme döküm işleminin gelişebilmesi ve daha geniş kullanımı için kullanılan alaşımların gelişiminin yanı sıra yöntem değişkenlerinin de ürün üzerindeki etkilerinin tam olarak anlaşılması gerekir. Bu özellikle gereklidir çünkü mekanik özellikler makro ve mikro yapılara sıkı sıkıya bağlıdır.

Dövme döküm işlemine etki eden değişkenler aşağıdadır. Bunlar

- 1) Metal sıcaklığı
- 2) Sıvı metal kalitesi
- 3) Kalıp sıcaklığı
- 4) Basınç uygulanana kadar geçen süre
- 5) Uygulanan basınç ve bekleme süresi
- 6) Kalıp malzemesi ve dizaynı

2.4.1. Metal Sıcaklığı

Metalin kalıba döküldüğü sıcaklık döküm kalitesi ve döküm kalıbının ömrü üzerinde etkilidir. Yolluk ve besleme sistemlerinin olmayışı ve kalıbın esas olarak basınç etkisiyle dolması düşük sıvı akışkanlığının kabul olunabileceği anlamına gelir. Bununla birlikte çok düşük döküm sıcaklığı yetersiz akış zamanına dolayısıyla ince kesitlerin dolmaması veya birleşmeme hatalarına neden olabilir. Tersine, çok yüksek döküm sıcaklığı sıcak yırtılmaya sebep olabilir ve kalıp ömrü olumsuz etkilenir.

Doğru döküm sıcaklığı sıvılaştırma sıcaklığına, katılaşma aralığına ve kalıp biçimine bağlıdır, fakat çeşitli malzemeler için yerleşmiş kuralları mevcuttur.

Alüminyum alaşımları için döküm sıcaklığı erime sıcaklığının 20°C ile 100°C üstündedir. 7075 ve A 390 alaşımları için düşük döküm sıcaklığı kullanılırken 3003 ve A 419 tipi alaşımlar için yüksek döküm sıcaklığı gerekir (Lynch vd., 1975).

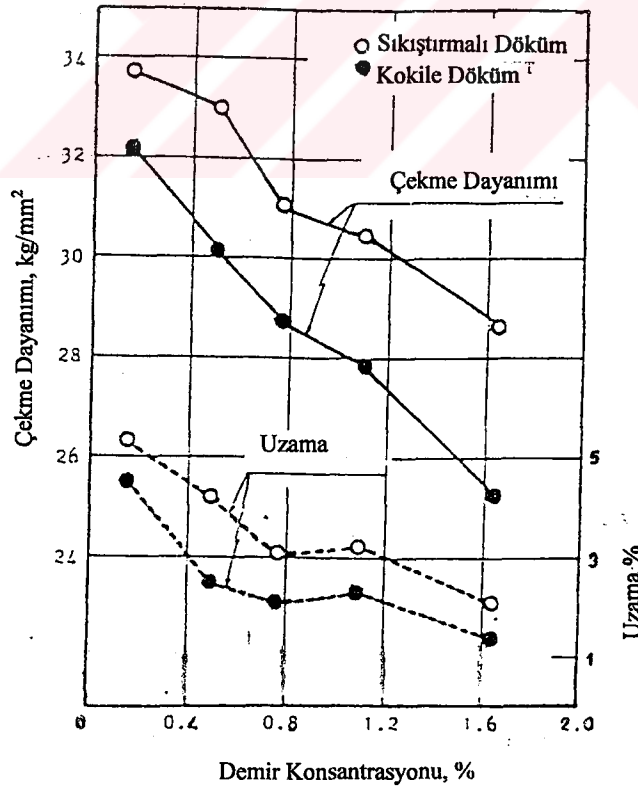
Bakır ve çelik alaşımlarında, kalıpla temas eden yüzeyler hızlı katılaştıkları için 30°C ile 150°C arası üst ısı gereklidir (Franklin ve Das., 1984).

2.4.2. Sıvı Kalitesi ve Miktarı

Konvansiyonel dökümlerde olduğu gibi dövme dökümde de döküm sıvısının kontrolü temiz bir mikroyapı elde etmek için verimli bir yoldur.

Metal kalıp boşluğuna direk döküldüğü için metal içindeki kalıntıların ve istenmeyen maddelerin bu işlemde evvel uzaklaştırılmaları önemlidir

Metal içinde kalan emprütenin mekanik özelliklere olan etkisi Şekil 2.3'de görülmektedir. B 295.2 alüminyum alaşımında demir içeriğinin arttıkça çekme dayanımı ve yüzde uzama üstünde olumsuz etkileri açıktır.



Şekil 2.3 B 295.2-T6 alaşımında demir içeriğinin mekanik özelliklere etkisi (Okada vd., 1982).

2.4.3. Kalıp Sıcaklığı

Kalıp sıcaklığı erken katılaşmaya, ısı yorulmaya ve soğuk birleşmelere neden olmayacak kadar yüksek (150°C - 400°C), yüzey hatalarına yol açmayacak kadar düşük tutulur. Eğer kalıp sıcaklığı çok yüksekse metal ile kalıp arasında kaynak olma eğilimi vardır (Lynch vd., 1975a, 1975b; Franklin ve Das, 1984; Rajagopal ve Altergott., 1985).

Alüminyum alaşımları için 300°C 'den, demir bazlı alaşımlar için 400°C 'den yüksek kalıp sıcaklıkları tavsiye edilmez. Döküm parçasına ve kalıp dizaynına bağlı olarak kalıbın dökümde açığa çıkan ısıyı dağıtacak kadar büyük olması veya soğutucu sıvıyla (su veya yağ) soğutulması gerekebilir (Franklin ve Das., 1984; Rajagopal ve Altergott., 1985).

2.4.4. Basınç Uygulanana Kadar Geçen Süre (Geciktirme Zamanı)

Bu konuda uzlaşılmış tek bir nokta yoktur. Bu süre alaşımın bileşimine ve parça geometrisine bağlı olarak 1-2 saniyeden bir dakikaya kadar değişmektedir (Franklin ve Das, 1984).

Bazı kaynaklar basıncın metalin hemen hemen sıfır akışkanlık sıcaklığında uygulanması gerektiğini söylemektedir. Yani döküm sıcaklığı katılaşma ve sıvılaşma eğrilerinin ortasındadır (Franklin ve Das, 1984).

Çoğunluğa göre ise metal basınç uygulandığında tamamıyla sıvı durumda olmalıdır. Her iki halde de bu sıcaklık geciktirme süresi ile ayarlanır.

2.4.5. Uygulanan Basınç ve Bekleme Süresi

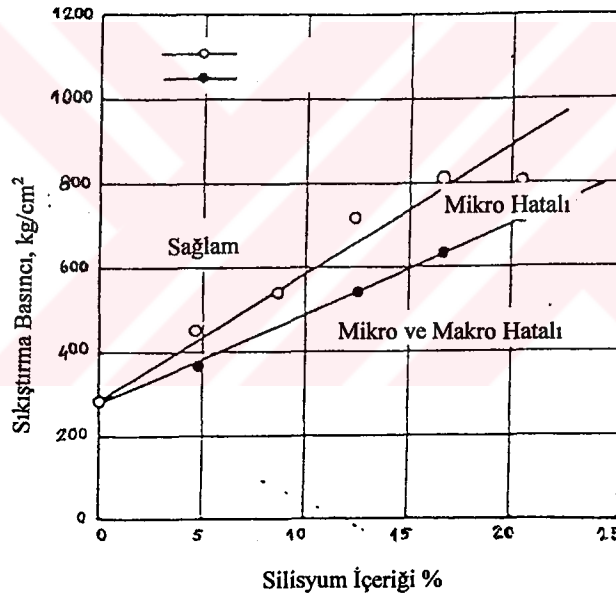
Uygulama basıncı parça geometrisi ve alaşımın bileşimine bağlı olarak 30-140 Mpa arasındadır (Lynch vd., 1975a, 1975b; Franklin ve Das, 1984; Chadwick ve Stubbington, 1991; Yamamoto vd., 1992). Basınç seviyesinin belirlenmesinde arzu edilen mekanik özellikler önemlidir. Boşluksuz yapıda döküm parçası üretmek için uygulanacak basınçtan daha fazla basınç ,uygulanacak mekanik özellikleri arttırabilir fakat kalıp ömrünü düşürür. Basıncın katılaşma davranışındaki olası etkileri ise;

- a) Metalin erime sıcaklığının değişmesi
- b) Döküm kalıp ara yüzeyi arasındaki ısı transferinin artması

c) Katılaşma işlemi sonuna doğru yarı katı malzemelerin çıkışı şeklinde sıralanabilir (Chadwick ve Stubbington, 1991).

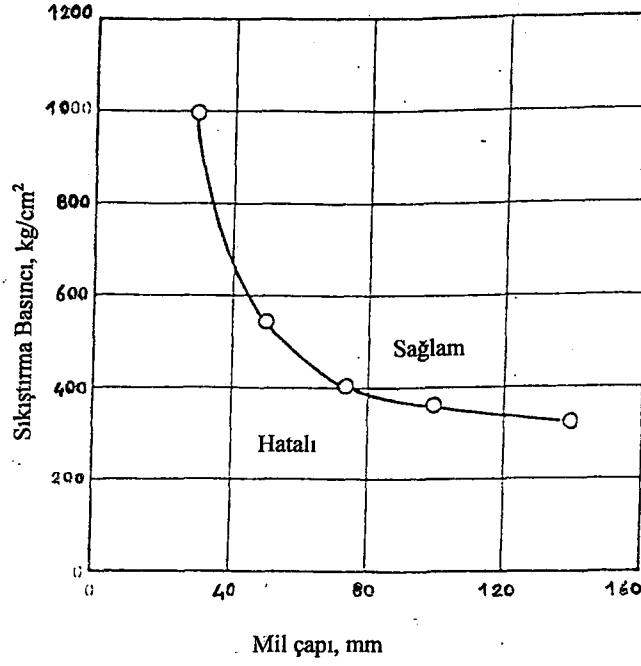
Uygulanan basınçta bekleme süresi alaşım tipi, parça şekli ve ısı transfer koşullarına bağlı olarak değişir. Parça tamamen katılaşıp kadar basınç uygulamak yeterliyken sıcak yırtılmada kaçınmak için bu süre biraz daha uzatılabilir. Daha uzun sürelerde basınç uygulaması çok az yarar sağlarken kırılma gibi problemlere yol açabilir. Tavsiye edilen kural 1 mm cidar kalınlığı için 1 sn. beklenmesidir (Franklin ve Das, 1984).

Alaşım elementlerinin uygulama basıncı üzerindeki etkisini anlamak için Şekil 2.4'ü incelemek gerekir. Burada alüminyum içinde artan silisyum oranının seçilmesi gereken basınç seviyesini arttırdığı anlaşılmaktadır.



Şekil 2.4 Uygulama basıncı ve Al-Si alaşımında Si miktarı arasındaki ilişki (Okada vd., 1982).

Uygulama basıncı üzerinde etkili olan ikinci faktör parça şeklidir. Parça şekli ile basınç arasındaki ilişki Şekil 2.5'de gösterilmiştir. Artan parça büyüklüğü ile uygulanması gereken basınç ters orantılıdır.



Şekil 2.5 Basınç ve parça şekli arasındaki ilişki (Okada vd., 1982).

2.4.6. Kalıp Malzemesi ve Dizaynı

Kullanılacak kalıp malzemesi birinci derecede kullanılan alaşıma bağlıdır. İdeal olanı sıvı metal ve kalıp yüzeyi arasında hiçbir tepkime olmaması ve kalıp malzemesinin servis sıcaklığına dayanmasıdır.

Demir dışı alaşımlarda genellikle H13 krom-molibdenli sıcak iş takım çelikleri kullanılır. Bu malzeme ortalama yüksek sıcaklık dayanımına ve yeterli ısıl yorulma ve yırtılma dayancına sahiptir. Daha zorlu koşullar için wolfram ve molibdenli sıcak iş takım çelikleri kullanılmalıdır.

Basınçlı dökümde girdaplı metal akışında kaynaklanan kalıp korozyonu problemi dövme dökümde görülmemiştir. Bununla birlikte sıvı metal çok çabuk katılaşmakta ve açığa çıkan enerji metal kalıp ara yüzeyi vasıtasıyla kalıp malzemesine geçmektedir. Böylece kalıp yüzeyinde hızlı bir sıcaklık yükselişi olur. Parçanın çıkartılmasından sonra kalıp yüzeyi soğumaya başlar. Bu sıcaklık yükselişi ve düşüşü ısıl yorulmaya neden olabilir. Kalıpların parçalı yapılması bu sorunu çözümleyebilir.

Parçanın rahat sıyrılması için üst kalıpta demir dışı alaşımlar için köşeler 2 mm, demir alaşımları için 3 mm açılı verilmelidir. Toplam sıyırma açısı %2'den düşük olmamalıdır.

Doğru sıyırma açısı gözenekliliğin giderilmesi için gerekli basıncın düşürülmesine de yarar (Franklin ve Das, 1984).

Kalıp yüzeyleri uygun bir kalıp ayırıcı ile kaplanmalıdır. En ucuz yöntem asıltılı grafit püskürtmesidir. Daha zorlu koşullar için alümina ve bağlayıcı karışımı veya bor nitrür kullanılabilir.



3. DÖVME DÖKÜMÜN MALZEME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

3.1. Yoğunluğun Artışı ve Gözenekliliğin Azalması

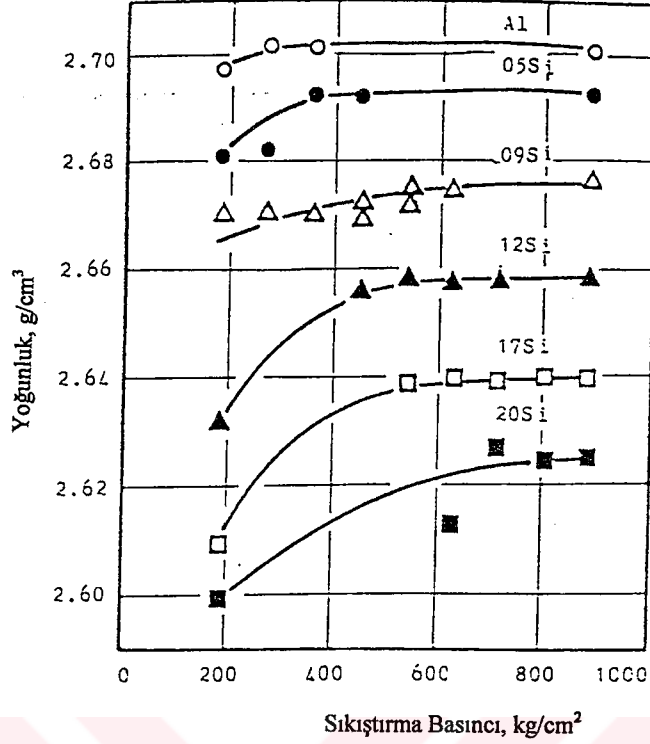
Sıvı metale basınç uygulanması katılaşma esnasında gaz boşluklarını azaltmaya veya yok etmeye meyillidir. Basınç sıvı metaldeki gazın çözünübilirliğini artırır ve böylece sıvıda daha büyük miktarlarda gaz bulunabilir. Buna rağmen gaz katılaşma esnasında uygulanan basınç yüzünden kabarcık oluşturmaz.

Gözenekliliğin yok edilmesindeki diğer sebep basıncın katılaşma esnasında gelişen dallantı kolları arasına sıvı metali ilerlemeye zorlamasıdır. Çizelge 3.1’de dövme dökülmüş alaşımların yoğunluklarındaki artış verilmiştir.

Çizelge 3.1 Dövme Dökümün Alaşım Yoğunlukları Üzerindeki Etkisi (Savaş ve Altıntaş , 1993).

Alaşım Tipi	Yöntem	Yoğunluk (g.cm ⁻³)
Zn-27%Al	Metal kalıba dökülmüş	4,91
	Dövme dökülmüş	5,42
Al-20%Si	Metal kalıba dökülmüş	2,44
	Dövme dökülmüş	2,63
Al-7%Si	Metal kalıba dökülmüş	2,24
	Dövme dökülmüş	2,55
Al-10%Mg	Metal kalıba dökülmüş	2,51
	Dövme dökülmüş	2,58
	Dövme dökülmüş ve tavlanmış	2,68
Al-4,5Cu-0,5Bi	Metal kalıba dökülmüş	2,69
	Dövme dökülmüş	2,80
	Dövme dökülmüş ve tavlanmış	2,80

Uygulanan basıncın artmasıyla beraber yoğunlukta artış meydana gelir ama bu artış devamlı değildir ve bir doygunluk noktasından sonra yoğunluğun basınçla artışı durur. Şekil 3.1’de Al-Si alaşımının yoğunluğunun artan basınçla nasıl değiştiği görülmektedir.



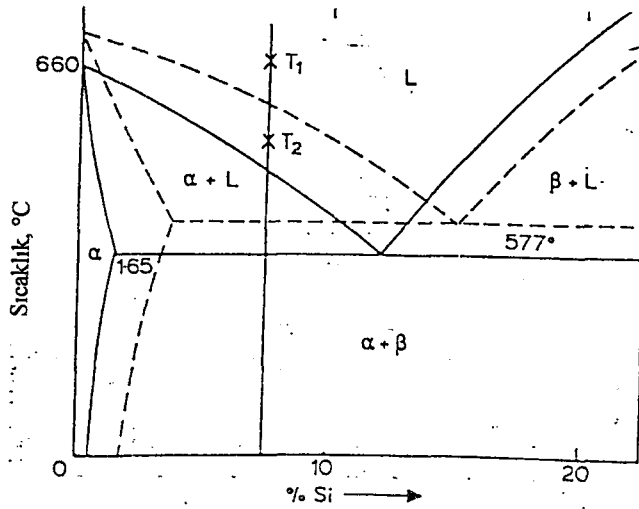
Şekil 3.1 Uygulama basıncı ve yoğunluk arasındaki ilişki. Al-Si alaşımı (Okada vd., 1982).

3.2. Denge Çizgesi ve Mikroyapı

Sıkıştırılmış dökülmüş parçaların mekanik özellikleri önemli ölçüde katılaşma esnasında kazanılan mikroyapı tarafından kontrol edilir.

Hızlı soğuma ve katılaşma sıvı metal ve kalıp yüzeyi arasındaki yakın temas nedeniyle meydana gelir. Uygulanan basınç kalıp/metal ara yüzeyindeki ısı akışını artırır.

Normal faz diagramları atmosferik basınç altında yavaş soğutma koşullarını betimler. Bununla birlikte dövme dökümde bu koşullar geçerli değildir. Basınç uygulaması birçok alaşımın erime noktasını artırır. Metallerin çoğu her 98 MN/m² basınca karşılık 2-6°C arasında artış gösterir (Franklin ve Das, 1984). Alaşımın erime noktası basınçla değiştiğinde, ötektik noktada erime sıcaklığı daha az etkilenen ve daha az orana sahip alaşım elementine doğru kayar. Şekil 3.2’de ötektik nokta daha yüksek Si içeriğine kaymıştır.



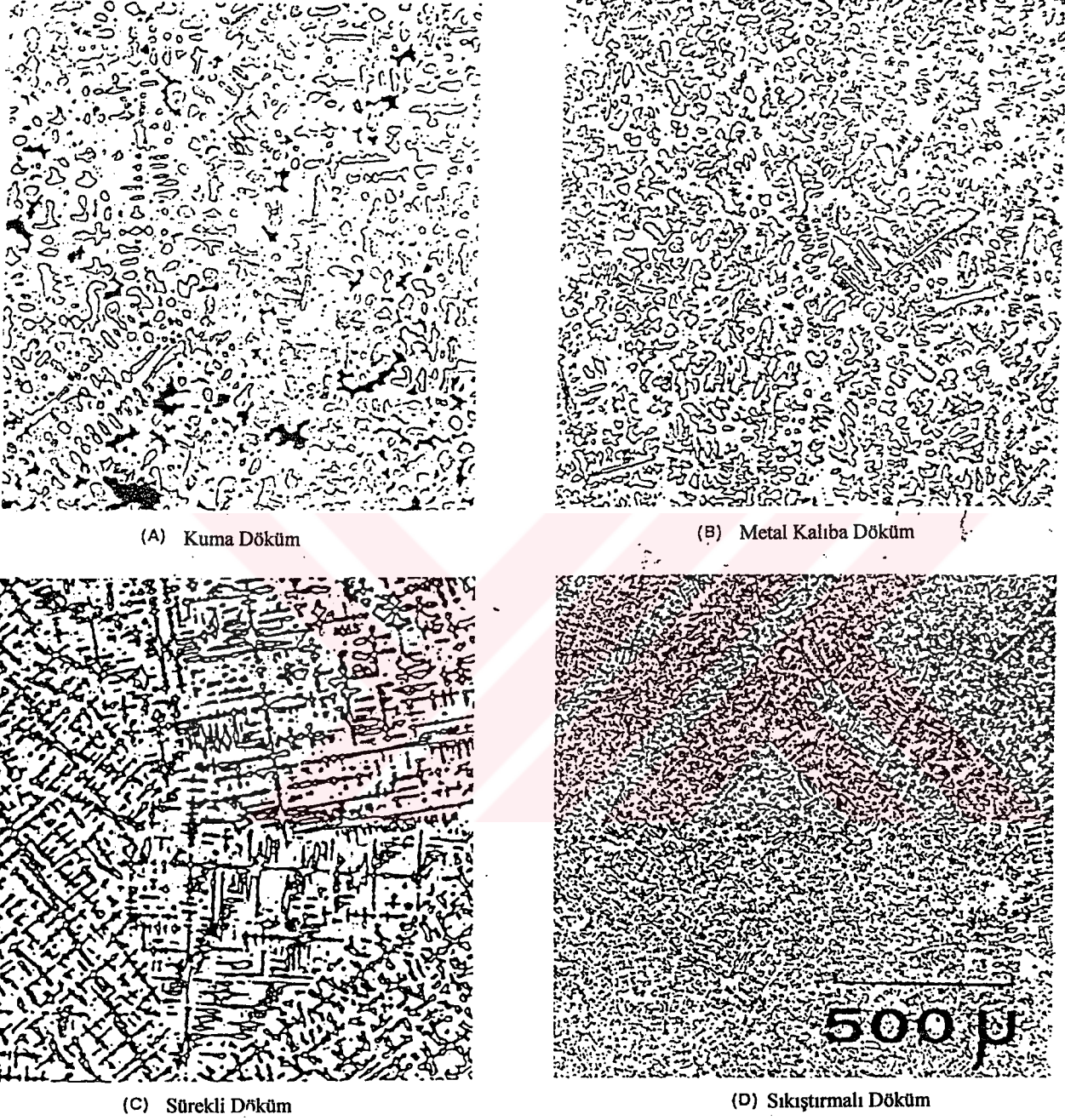
Şekil 3.2 Hızlı katılaşmanın denge diagramı üzerindeki etkisi. Basınç 1 kilobar (Franklin ve Das , 1984).

Yöntemde döküm-dövme işleminin bir arada uygulanması sonucu metalurjik yapının hem makroskopik hem de mikroskopik ölçeğinde olumlu etkisi vardır. Mikroskopik seviyede dövme döküm küçük taneler, birbirine yakın dallantı kollarından oluşan iyileştirilmiş mikroyapıya sahiptir. Küçük taneler, yüksek seviyedeki çekirdeklenme ve takip eden büyüme tarafından sağlanır. Çekirdeklenme önce kalıp duvarlarında başlar ve parça içine doğru ilerler. Üst kalıbın ani kapanmasıyla oluşan hidrolik şok çekirdeklenmenin artmasına neden olur.

Yüksek orandaki ısı çekimi, hava boşluklarının en aza inmesine neden olan basınç altında katılaşan metalin soğuk kalıp duvarlarına doğru zorlanmasıyla gerçekleşir. Dallantı kollarıyla ilgili yapılan çalışmalar göstermiştir ki ısı transfer katsayısı, h , dövme döküm esnasında 0,2-0,3 cal/cm².sn kadar olabilir ki bu değer, metal kalıba dökümde 0,02-0,06 cal/cm².sn'dir (Lynch vd., 1975a).

Basınç altında katılaşmanın tane büyüklüğü üstündeki etkisi Şekil 3.2'de açıkça görülebilir. X alaşımı atmosferik basınçta sıvılaşma hattının oldukça yukarıdadır (T1). Basınç uygulaması sıvıgen hattını yukarı çeker. Fakat bu hat hala T1 sıcaklığının altındadır. Sıvı sıcaklığı bu hatta ulaşmadan katılaşma başlamayacaktır. Bununla birlikte T2 sıcaklığındaki alaşıma basınç uygulandığında sıvıgen hattı bu sıcaklığın üzerine çıkar ve süper soğuma gerçekleşir. Tane küçülmesi bu soğumayla orantılı gerçekleşir. Bundan başka dallantı kolları arası mesafe daha kısadır (Franklin ve Das, 1984).

Basıncın uygulanmasıyla mikro yapıda meydana gelen gelişmeler Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Kıyaslama için diğer üretim yöntemleriyle ulaşılan mikroyapılarda verilmiştir.



Şekil 3.3 CDA 925 alaşımının karşılaştırmalı mikroyapısı (55x) (Lynch vd., 1975b).

3.3. Mekanik Özellikler

Dövme dökümde gözeneksiz, benzeşik, daha iyi mikroyapılı parçalar üretilmektedir. Mekanik özellikler döküm alaşımları için en yüksek değerleri verirken dövme işleminde elde edilen özelliklerle de kıyaslanabilir seviyededir.

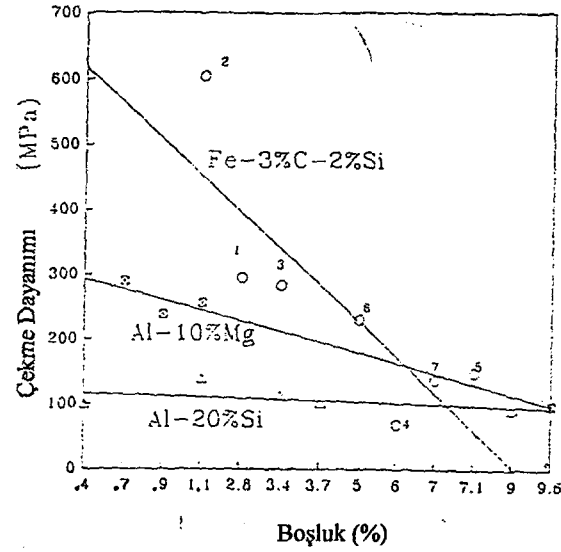
Yöntemin bir alaşımın mekanik özelliklerini nasıl arttırdığı çizelge 3.2’de görülebilir. Dövme dökülmüş parça döküm haliyle haddelenmiş parçadan üstün, ısıtılmış haliyle eşit değerlere sahiptir.

Çizelge 3.2 Bir alüminyum alaşımının mekanik özelliklerine şekillendirme yönteminin etkisi (Franklin ve Das, 1984).

Şekillendirme Yöntemi	Yoğunluk	Dökülmüş Halde			Yaşlandırılmış Halde		
		0,2 Akma Sınırı MN/m ²	Çekme Dayanımı MN/m ²	% Uzama	0,2 Akma Sınırı MN/m ²	Çekme Dayanımı MN/m ²	% Uzama
Kuma döküm	2.782		127,0			181,4	1
metal kalıba döküm	2.802	181,4	219,7	1,6		208,9	1
Dövme döküm	2.827	199,1	294,2	6,0	310,9	359,9	1,9
Metal kalıba döküm ve %50 sıcak haddelenmiş	2.869	185,3	265,8	4,9	331,5	361,9	1,8

	Cu	Si	Mg	Fe	Mn	Ni	Cr
Alaşım Kompozisyonu	4,26	0,95	0,49	0,25	0,38	0,34	0,24
Isıl İşlem	480°C’de 16 saat çözeltiye alınmış ve 170°C 7 saat yaşlanmıştır.						

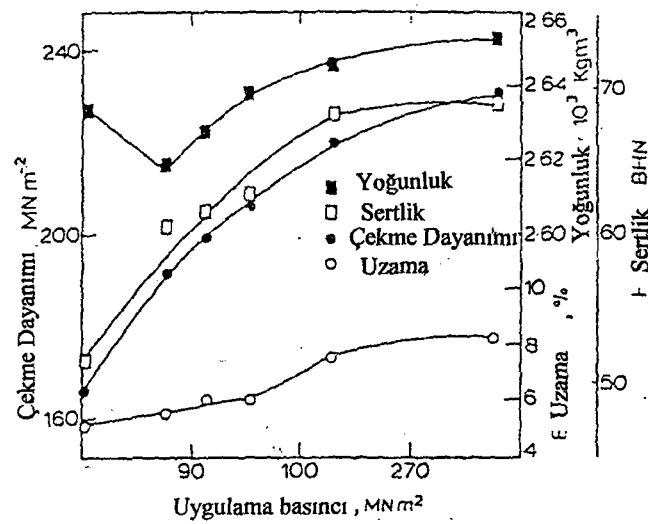
Malzemelerde görülen bu mekanik iyileşmenin nedenleri esas olarak iki tanedir. İlk ve en önemli neden yapı içerisinde olan boşlukların azlığıdır. Dövme dökümle alaşımlar hemen hemen ideal yoğunluklarına yaklaşmaktadırlar. Yoğunlukla çekme dayanımı arasındaki ilişki Şekil 3.4’de görülmektedir. İkinci neden ise malzeme mikroyapısının iyiliğidir.



Şekil 3.4 Çeşitli alaşımlarda çekme dayanımı – boşluk ilişkisi (Savaş ve Altıntaş., 1993).

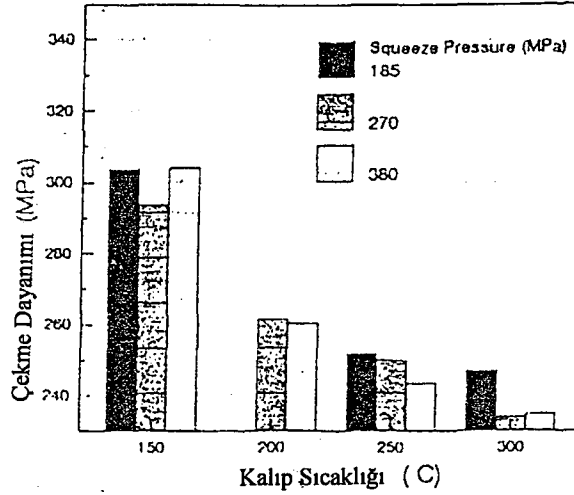
Dövme döküm değişkenlerinin mekanik özellikler üzerinde birinci derecede etkisi vardır. Bunların en önemlileri uygulama basıncı ve kalıp sıcaklığıdır.

Uygulama basıncının LM6 alaşımının çekme dayanımı, uzama sertlik ve yoğunluk üzerine olan etkisi Şekil 3.5'de görülmektedir. Basınç seviyesi arttıkça parça yoğunluğu artmakta parça yoğunluğu arttıkça çekme dayanımı artmaktadır.



Şekil 3.5 Basıncın LM6 alaşımının çekme dayanımı, uzama, sertlik ve yoğunluğu üzerine etkisi. Kalıp sıcaklığı 200° (Franklin ve Das, 1984).

Çekme dayanımının artmasında basınç seviyesi her alaşım için en önemli değişken değildir ve doğru kalıp sıcaklığı mekanik özelliklerin gelişiminde en önemli değişken olabilir. Değişik basınçlarda ve kalıp sıcaklıklarında dökülmüş ZA8 (çinko-alüminyum alaşımı) alaşımının çekme dayanımları Şekil 3.6 'da görülmektedir.



Şekil 3.6 ZA 8 alaşımında, değişik kalıp sıcaklıkları ve uygulama basınçlarının çekme dayanımına etkisi (Begg ve Clegg., 1986).

Bu alaşımda çekme dayanımı üzerinde basınçtan çok kalıp sıcaklığının etkisi olduğu görülmektedir. Buradan her alaşım için istenilen özelliklere uygun olarak işlem koşullarının belirlenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

4. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ DÖVME DÖKÜMÜ

Bugünün acil enerji tasarruf ihtiyacı tasarımda değişiklikleri zorlamaktadır. Bu özellikler malzeme seçiminde, malzeme özellikleri gelişiminde görülmektedir.

Günümüzde dikkat çekici bir eğilim alümin alaşımlarının artan kullanımıdır. Hafifliği bakımından alüminyum alaşımlar çeliğin yerini alırken, elektrik ve ısı iletkenliği özelliklerinin de iyi olması nedeniyle bakır alaşımlarının yerini almaktadır. Bu akım hızlanarak devam edecektir.

Alüminyum alaşımları için yeni gelişen şekillendirme teknolojileri arasında dövme döküm teknolojisi en gelecek vaat eden teknolojilerden görülmektedir.

İcadından beri bu metodun yüksek mekanik özellikleri temin etme kapasite defalarca görülmüştür.

Çizelge 4.1 ve 4.2’de dövme dökümde çok kullanılan döküm ve dövme alaşımları ve değişik üretim yöntemleri elde edilen mekanik özellikleri göstermiştir.

Çizelge 4.1 Döküm tipi alüminyum alaşımlarında dövme dökülmüş ve metal kalıba dökülmüş parçaların çekme özellikleri (Williams ve Fisher ,1981).

Alaşım Tipi	Isıl İşlem	Dövme Dökülmüş parçanın çekme özellikleri			Metal Kalıba Dökülmüş Parçanın Çekme Özellikleri		
		0,2 Akma Sınırı MN/m2	Çekme Dayanımı MN/m2	% Uzama	0,2 Akma Sınırı MN/m2	Çekme Dayanımı MN/m2	% Uzama
LM5	Yok	142	250	14	90	230	10
LM18	Yok	103	187	13	80	150	6
LM25	Yok	124	195	15	90	180	5
LM25	Çözeltiliye alma işlemi yapılmış	165	235	7	150	220	2
LM25	Çözeltiliye alma + yaşlandırma işlemi yapılmış	250	300	10	240	310	3

Çizelge 4.2 Dövme tipi alüminyum alaşımlarında dövme dökülmüş ve dövülmüş parçaların çekme özellikleri (Williams ve Fisher ,1981).

Alaşım Tipi	Isıl İşlem	Dövme dökülmüş parça			Dövme Yönü	Dövülmüş Parça		
		0,2 % sınırı	Çekme Dayanımı	% Uzama		0,2 % sınırı	Çekme Dayanımı	% Uzama
AA 7075	T6	525	565	6	A	427	503	7
					B	414	483	2
					C	503	572	11
AA 2014	T6	455	485	2	A	379	434	6
					B	372	434	2
					C	414	483	13
AA 6061	T6	325	335	8	A	241	262	7
					B	241	262	5
					C	276	310	12
AA 6082	T6	260	285	7		255	295	8

* A. Dövme yönüne dik, B. Dövme yönüne paralel, C. En yüksek.

4.1. Alüminyum Dövme Dökümünde Döküm Hataları

Güvenilir ürünler üretmek için kontrol altına alınması veya giderilmesi gereken döküm hatalar şunlardır (Rajagapol ve Altergott., 1985).

1. Oksit kalıntıları
2. Boşluklar
3. Darçıkım ayrımlaşması
4. Merkez ayrımlaşması
5. Kabarcıklanma
6. Dolmamış kalıplar
7. Soğuk döküm
8. Sıcak yırtılma
9. Yapışma
10. Kabuk soyulması
11. Darçıkım soyulması

4.1.1. Oksit Kalıntıları

Dövme dökümde yolluk ve besleyici sistemleri olmadığı için yorulma dayanımını ve çekme dayanımını düşürecek kalıntılar da döküm sırasında parça içinde kalabilir. Dövme döküm ise çoğunlukla yüksek mekanik özellikler istendiğinde tercih edildiğinde temiz sıvı metal dökümü özellikle önem kazanır.

Alüminyumdaki metal olmaya kalıntıların genel kaynakları şunlardır:

1. Yüklenen malzemenin yüzeyinden gelen kalıntılar
2. Ergitme, taşıma ve döküm esnasında oluşan atmosferik kirlenme
3. Metal transferindeki aşırı girdap
4. Potada kalan cürufkların uzaklaştırılmasındaki yetersizlik.

Sıvıda bazı oksitlenmelerin oluşumu kaçınılmazdır. Sorun katı oksitlerin (Al_2O_3 , MgO gibi) yaklaşık olarak eriyik alüminyumla aynı yoğunluğa sahip olması ve eriyik içinde kalabilmesidir. Aşırı sıvı girdabı da bu oksitlerin varlığını artırır. Bu oksitler ne yazık ki kolayca uzaklaştırılamazlar. Bununla birlikte parça içine nüfuz edebilecek bu metal olmayan katışkıları önlemek için aşağıdaki teknikler kullanılabilir.

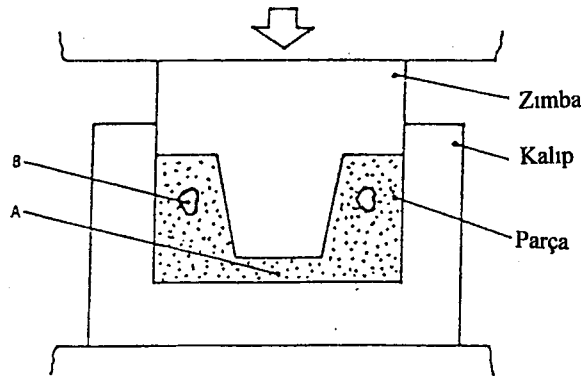
1. Sıvı yüzeyinde cüruflar ayrılmalı.
2. Koruyucu atmosfer altında işlem yapılmalı
3. Metal taşıma ekipmanlarından cüruf kalıntıları alınmalı.
4. Kalıp ağzında tercih edilecek şekilde seramik köpük filtre kullanılmalı
5. Mümkün olan en düşük ergitme sıcaklığı ve ergitme süresi kullanılmalı.
6. Şarj malzemesi ve sıvı metal taşıma ekipmanlarındaki nem ön ısıtma ile giderilmeli.
7. Bütün aşamalarda minimum sıvı girdabı olmalı.

Sıvı metalin süzülmesi (köpük filtre ile) en basit ve güvenilir oksit giderici önlem olarak gözükmektedir.

4.1.2. Boşluklar

Dövme dökümün önemli avantajlarından bir tanesi yeterli basınç altında katılaşmada gaz ve çekme boşluklarının en aza inmesi veya yok edilmesidir.

Makroboşluklar: Şekil 4.1 'de makroskopik boşluk oluşma mekanizması gösterilmiştir. İnce kesitli yerler ilk katılan yerler olup pres gücünün çoğunu üzerine çekip basınç iletimini veya metal hareketini engellemiştir. Kalın kesitli yerler hala sıvı haldedir ve bu kesitte sıvı metal hareketiyle beslenemeyen boşluklar oluşmuştur.



Şekil 4.1 Çekme boşluklarının oluşması. A-ince kesitli yer. B- kalın kesitli yer (Rajagopal ve Altergott, 1985).

Makroskopik çekme boşlukları dövme dökümde aşağıdaki yöntemlerle yok edilirler.

1. Basınç arttırılarak
2. Kalın kesitlerdeki sıcak noktaların oluşumunu en aza indirecek şekilde sıvılaşma sıcaklığının hemen üstünde metal dökümü yapılarak
3. Şayet düşük döküm sıcaklığı soğuk döküm gibi hatalara neden oluyorsa daha yüksek döküm sıcaklıkları üst kalıbın inme zamanının geciktirilerek. Bu önlem yürümeme hatasına yol açabilir
4. Kalın bölgenin soğutulurak daha hızlı katılaşması sağlanarak
5. Çok parçalı üst kalıp kullanımıyla bağımsız basınçlar uygulanarak
6. Daha bir biçimli geometride parça dökümü yapılarak

Katılaştıran son bölgede görülen makroboşluklardan farklı olacak şekilde mikroboşluklar bütün parça boyunca yer alabilir. Mikro boşluklar çekme boşluklarından, katılaşma esnasındaki çözünmemiş gazlardan veya her ikisinin bileşimi sonucu oluşabilir. Döküm işleminde sıvı ve katı bir arada bulunmaktadır. Böylece küçük sıvı parçaları, büyüyen dallantı kolları içerisinde kalır.

Bu hapsolmuş sıvılar, katılaştığında, bu bölgeye sıvı akışı olmadığı sürece bu bölgede mikroboşluklar oluşur. Katılaşmada basınç iletimi daha evvel katılaşmış bölümler tarafından engellendiğinden sıvı akışı olamaz ve boşluklu yapı giderilemez.

Mikroboşluklar sıkışmış gazlar yüzünden de olabilir. Alüminyum içerisinde hidrojen çözünürlüğü oldukça yüksektir ve sıvının sıcaklığı ile bu çözünürlük hızla düşer ve aşırı hidrojen genellikle küresel formda döküm içinde kalır. Bu boşlukları çekme boşluklarından da ayırt etmek zordur. Yeterli basınç iletimi gaz oluşumunu engellemeye meyillidir. Bundan dolayı gaz boşlukları genelde direk basınç altında kalmayan bölgelerde sık görülür. Bazı zamanlarda gaz boşlukları sıvı metalin yeterince gazı alınmamışsa, nem oranı fazlaysa, basınç şiddeti çok küçükse veya çok yüksek ısıda döküm yapılmışsa da görülebilir.

Çekme boşlukları ile gaz mikroboşluklarını ayırt etmek zor olsa bile bu boşlukları (iğne deliklerini) en aza indirmek aşağıdaki şekillerde mümkündür.

1. Gaz alma işlemini uygun şekilde yapmak
2. Döküm geometrisini değiştirmek
3. Basınç miktarını arttırmak.

4. Kalıbı dolduracak en düşük döküm sıcaklığında çalışmak.
5. Nem kaynaklarından sakınmak (su bazlı kalıp ayırıcılar gibi)
6. Direk veya indirek gaz yakıtlı fırın kullanılıyorsa gaz kompozisyonunu oksitleyici alev verecek şekilde ayarlamak.

4.1.3. Darçıkım Ayrışması

Dövme dökümde var olan hızlı soğuma daha az ayrışmaya yol açar. Diğer bir taraftan, dövme döküm kendine özgü bir makro ayrışma vermeye eğilimlidir. Sıvı alüminyumun kalıba dökülmesiyle beraber, ilk katı çekirdekler kalıp duvarlarından büyümeye başlar. Katılaşma yüzeyi kalıp yüzeylerinden uzaklaşmaya başladıkça katı yüzey Cu, Zn, Mn, Si gibi elementlerce zengin sıvıyı iteler. Böylece bu elementlerce zengin bölüm üst kalıp indiğinde diğer bölgelere gider. Katılaşma tamamlandığında parçada çözelti konsantrasyonu farklılığı görülür. Bu konsantrasyon farklılığı ısıtıl işlemce giderilemeyecek kadar şiddetli olabilir. Daha da önemlisi bu bölgeler düşük erime sıcaklığına sahip olabilirler. Çökelti sertleşmesi işleminde bu fazlar ısıtıl işlem esnasında erimeye meyledebilir. Mekanik özellikleri olumsuz şekilde etkilemesi dışında korozyon direncide düşer. Bu olayın olumlu yanı bu hataların genellikle 2014 ve 7075 gibi yüksek alaşımlı malzemeler kullanıldığında görülmesidir.

Aşağıdaki yöntemlerle bu hata giderilebilir.

1. Kalıp sıcaklığını arttırmak.
2. Kalıp kapanma zamanını en aza indirmek
3. Alaşım seçimini uygun yapmak.

4.1.4. Ayrışma

Katılaşma kalıp duvarlarından merkeze doğru ilerler. Merkez son katılaşan bölge olduğu için alaşım elementlerince zengindir. Bu hatada dar çıkım ayrışması gibi sorunlara yol açabilir.

Aşağıdaki tekniklerin kullanılmasıyla giderilebilir.

1. Yönlendirilmiş katılaşma olacak şekilde kalıp soğutulması (yukarıdan aşağıya veya tersi yönde)
2. Daha hızlı katılaşma için düşük kalıp sıcaklığı. Böylece alaşım elementlerince zengin kısımlar oluşamayacaktır.
3. Döküm alaşımının değiştirilmesi.

4. Düşük döküm sıcaklığı
5. Homojenizasyon ısı işlemi

4.1.5. Kabarcıklaşma

Sıvı hareketinde türbülans ve basınç hava ceplerinin ve yarı katı partiküllerin hapsolmasına yol açar. Bunlar yüzeyin hemen altındalarsa basınç kaldırılırken veya ısı işlem esnasında ortaya çıkarlar. Bu hata genellikle ince kesitli geniş yüzeyli parçaların en büyük problemidir.

Bu hatayı gidermek için şu önlemler alınmalıdır:

1. Pres inme hızı azaltılmalı.
2. Doğru gaz alma işlemi uygulanmalı
3. Metal olmayan parçaların uzaklaştırılması için filtrasyon yapılmalı
4. Hava kaçışı için uygun dizayn yapılmalı.
5. Akış kalın kesitten ince kesite doğru olmalı.
6. Mümkün olan en düşük döküm sıcaklığını kullanmalıdır.

4.1.6. Kalıbın Tam Dolmaması ve Birleşmeme (Soğuk Döküm)

Hava veya döküm gazlarından doğan basınç ince kesitlere sahip yerlerin tam dolmasına yol açabilir.

Diğer döküm yöntemlerinde olduğu gibi dövme dökümde de parça şekli kalıp boşlukları tam dolmada sıvının katılaşması sonucu bozulabilir. Bunu önlemek için;

1. Kalıp sıcaklığını yükseltmek
2. Döküm sıcaklığını yükseltmek
3. Kalıp inme zamanını azaltmak
4. Daha geniş katılaşma aralıklı alaşım
5. Yönlendirilmiş katılaşma için kalıp dizaynı önlemleri alınabilir.

4.1.7. Sıcak Yırtılma

Sıcak yırtılma hızlı katılaşma hızlarında sık görülen genel bir döküm hatasıdır. Sıvı ve katı geniş bir sıcaklık aralığında bir arada bulunduğunda rijit kalıp yüzeyindeki katının karşı hareketli kısmı katılaşmış bölgede kopmalara sebep olabilir. Çinko içeren alaşımların metal kalıba dökümü bu yüzden zordur. Sorun değişik kesit kalınlıkları parçada bulunuyorsa daha da büyür. Kesit farklılıkları değişik soğuma hızlarına da neden olacağından sorun karmaşıklaşır.

Dövme dökümde bu hatada kaçınmak için birçok çözüm bulunmaktadır. Bunlar;

1. Parçada açık yerleri ve köşe çaplarını arttırma.
2. Kalıp sıcaklığını azaltmak
3. Ayrışmaları (segregasyonları) yok etmek için döküm sıcaklığını düşürmek.
4. Döküm basıncını arttırmak.
5. Basınç uygulayıp üst kalıp ayrıldıktan sonra parçayı hemen çıkarmak.
6. Dar katılaşma aralıklı veya daha düşük erime noktalı alaşım seçmek.
7. Döküm parçasında birbirine yakın kesitler kullanmak.

4.1.8. Yapışma

Kalıp dizaynı veya kalıp ayırıcısında hata yapılmadıkça yapışma kritik bir problem değildir. Yapışma sonucu üst kalıp alt kalıptan ayrılırken ince alüminyum bir tabakayı da çeker. Genellikle kalıpların soğumasına izin vermeyecek hızlı çevrim süreleri söz konusuysa görülür.

Yapışma aşağıdaki önlemlerle engellenir.

1. Doğru ve yeterli kalıp ayırıcısı kullanmak
2. Kalıp sıcaklığını düşürmek.
3. Basınç uygulama süresini düşürmek.
4. Parçayla uygun ve yeterli sıyırma açısı vermek.
5. Yeterli kalıp soğuma süresi sağlamak.

4.1.9. Soyulma

Bu hata Al-Si-Mg-Cu döküm alaşımları hariç sık görülen bir hata değildir. Soğuk kalıpla birleşen sıvıda katılaşma sonucu çok ince, sert, 1-2,5 mm derinliğinde bir bölge oluşur. Bu bölge sonradan kumlama veya diğer döküm sonrası işlemlerde pul pul dökülür.

Bu hatayı gidermek için,

1. Döküm sıcaklığını yükseltmek.
 2. Kalıp inme süresini azaltmak.
 3. Alaşım, bileşimini değiştirmek
- önlemleri alınabilir.

4.1.10. Dar çıkım Soyulması

Bu hata sadece parça derin detaylara sahipse ve sıvı metal döküldükten sonra üst kalıp inmesine kadar geçen süre çok uzunsa görülür. Kısmen katılaşmış sıvının yüzeyinde bulunan oksit tabakası sıvı kalıbı doldururken metal-metal bağlarını engelleyecek şekilde kalır. Oksit tabakasının nüfuz derinliği basınç uygulayınca kadar oluşan katılaşmış kabuğa eşittir.

Bu hata aşağıdaki önlemlerle giderilebilir.

1. Üst kalıbın kapanma zamanını en aza indirmek
2. Sıvı metali süzmek veya yansız atmosfer altında ergitme yapmak.
3. Yansız atmosfer altında kalıbı doldurmak.
4. Uç bir önlem olarak, kalıbı yeterinden fazla sıvı ile doldurmak ve basınç uygularken fazlasının taşmasına izin vermek.

5. GELECEK VE İLERLEMELER

Dövme döküm teknolojisi aşağıdaki konular dahilinde gelişimini sürdürmektedir.

- 1) Klasik döküm alaşımlarına ilaveten, daha uzun katılaşma süresi olan alaşımlar veya dökme alaşımları da verimli bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.
- 2) Çekilebilir kalıplar kullanılarak delikli parçalar üretilmiştir.
- 3) Metal anafazlı karma malzeme malzemeler dökülmeye başlamıştır.

Bunların dışında dövme dökümü temel alan yeni tekniklerde geliştirilmiştir. Bunlardan biri de “sıvama döküm” adı verilen yeni bir döküm yöntemidir. Yöntem klasik merkezkaç döküm, dövme döküm ve pelte döküm (reocasting) proseslerini tek bir proseste birleştirmektedir.

Klasik merkezkaç prosesinde ergimiş metal dönen silindirik bir kalıcı (metal) kalıba dökülmektedir. Merkezkaç kuvvet ergimiş metali dönen kalıbın yüzeylerine yaymakta kalıbın şekline ve bulunduğu yere bağlı olarak ya silindirik bir boru veya kalıbın belirlediği bir biçimde katılaşmaktadır (ASM, Metals Handbook, Vol. 15, 9th ed.).

Klasik dövme döküm prosesinde ergimiş metal sabit bir metal alt kalıba dökülür. Üst kalıp zımba alt kalıptaki sıvı metal üzerine indirilir ve parçanın son şekli zımba daha da bastırılarak elde edilir. Fakat, kalıp ve zımba ile temas halindeki ergimiş metal hızla ısı kaybettiğinden sıkıştırma etkisine rağmen hızlı katılaşma prosesin ince yüksek cidarlı parçaların üretilmesinde kullanılmasını sınırlamaktadır.

Pelte döküm prosesinde, pota içinde peltemsi bölgeye kadar soğumuş yarı katı metal bir kanatçıkla karıştırılarak dallantılar kırılır ve küreleştirilir. Dallantıları küreselleşmiş malzemenin kazandığı akışkanlık onun sıvı alaşımlar gibi kalıbın ince kesitlerin doldurmasına imkan verir.

Sıvama döküm prosesinde alt tablası merkezkaç döküm makinesi olan bir dövme döküm presinde gerçekleştirilmektedir. Dövme dökümün alt kalıbı bir merkezkaç döküm makinesinin döner tablasına yerleştirilmiştir. Sıvı metal merkezkaç döküm makinesinin tablası üzerinde dönen (genellikle yağlama ve ısıtma gibi ön hazırlıklar yapılmış) metal kalıba dökülür. Dövme dökümün üst kalıbı olan zımba indirilmeden önce sıvı metal merkezkaç kuvvet etkisiyle kalıbın duvarları üzerinde yayılarak iç yüzeyi merkezkaç kuvvet etkisiyle belirlenen

ergimde şekillendirilecektir. Ergimiş metalin dönen kalıp yüzeyinde kısmen katılaşmasından sonra zımba indirilerek yarı katı malzeme dönen alt kalıp ile dönmeyen zımba arasında sıkıştırılarak (dövme dökümde her iki kalıp da dönmemektedir) parçanın son şekli elde edilir. Sıkıştırma hareketinin başında metal henüz yarı katı haldeyken kalıbın belirli bir süre dönmesi sağlanır. Bu süre makinenin gücü kapatılarak kalıbın kendi ataletiyle durana kadar dönmesi veya kalıp bir süre döndükten sonra dönmenin frenlenmesi şeklinde yapılabilmektedir.

Döner alt kalıp ve dönmeyen üst kalıp arasındaki yarı katı metal üzerinde bir kesme etkisi meydana gelir. Kesme etkisi kısmen katılaşmış metalin dallantı ağını ve dallantılarını kopartarak onları pelte döküm işleminde olduğu gibi küreleştirir.

Sıvama dökümde üç etki altında kalan sıvı metal çok daha ince kesitli silindirik parçaların dökümüyle üretilmesine imkan vermektedir. Ergimiş metal merkezkaç kuvvetin etkisiyle zımba indirilmeden önce alt kalıbın üst kısımlarına doğru yükselmiş olmaktadır (birinci etki). Bu sırada iç kalıbın soğutucu tesiri olmadığından sıvı metal her iki kalıbın birden soğutucu etkisine maruz kaldığı duruma göre daha sıcak kalmakta, akışkanlığını daha uzun süre muhafaza edebilmektedir. Diğer taraftan, kalıplar arasındaki yarı katı metal üzerinde oluşan kesme kuvvetlerinin metalin dallantılarını kırarak onu daha akışkan hale getirmesi (ikinci etki) ve sıkıştırmanın yarattığı hidrostatik basınç (üçüncü etki) ile metal iki kalıp arasında daha yükseklerle çıkabilmekte, daha ince kesitleri doldurabilmektedir.

Ergimiş metal katılaşma ayrılaşmasından önce merkezkaç kuvvet etkisiyle kalıp cidarında yükselerek ön şekillendiğinden konvansiyonel dövme dökümde normal olarak metalin son sürüklendiği bölgelerde rastlanılan çözünen ayrılaşması buluş döküm yönteminde nispeten daha azdır. Ayrıca, ilk katılaşan alışımın bileşimindeki kırılan dallantı parçaları çözünen ile yukarılara doğru sürüklendiğinden bu kısımlar çözence zenginleşmekte dolayısıyla üstteki ince kısımlarda katılaşma ayrılaşması etkisi konvansiyonel dövme dökümden daha az olmaktadır.

Buluşun mikroyapı üzerindeki bir diğer müspet etkisi gaz gözenekliliğindeki azalmadır. Başlangıçtaki merkezkaç kuvvetler etkisiyle yayılma sürecinde katılaşma sırasında oluşan gaz üst kalıp metalle temas halinde olmadığından daha kolaylıkla ergimiş metali terk edecektir. Ayrıca, sıkıştırma sürecinde yarı katı metalin karıştırılması ve dallantı ağının kırılması da gazın ergimiş metali daha kolaylıkla terk etmesine neden olmaktadır.

5.1. Dövmeye Dökümün Geleceği

Pazar durumunu belirlemek ve üretim yönünü tayin etmek için bazı temel güçlükler bulunmaktadır. Anahtar engeller göreceli olarak bilinmeyen bir proses ve fiyattır.

Dövmeye döküm için üç ana pazar bulunmaktadır. İlk iki grup diğer döküm ve dövme işlemlerinin bulunduğu pazarlardır. Bu grupta döküm müşterileri düşük kalite-düşük fiyat durumuna alışık olduklarından ilk gözlerine çarpan şey kalite ve uyumluluktan ziyade ürün fiyatı olmaktadır. Son zamanlarda potansiyel müşteriler kalitenin maliyetleri düşürdüğü gerçeğini hesaba katmaya başlamışlardır.

Üçüncü ve en önemli grup ise döküm ürünlerinin yeterli özelliklere sahip olamadığı, dövme işleminin aşırı maliyetli olduğu veya aşınma dayanımının istendiğı fakat demir bazlı alaşımların pratik olarak fazla ağır geldiğı alanlardır.



6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Metalürji Mühendisliği dökümhanesinde yapılan deneylerde, dövme döküm yöntemine hakim olmak, belirli bir parça seçilerek dövme dökümle üretebilmek ve sıvama döküme geçiş öncesi yeterli bilgi tabanı oluşturmak amaç edilmiştir.

Bu amaçlar doğrultusunda gerekli alaşım seçimi, alet ve düzenekler oluşturulmuştur.

6.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler ve Araçlar

6.1.1. Kullanılan Alaşım

Dövme döküm deneyi için kolay tedarik edilebilen, basınç altında döküme uygun, yüksek Si içerikli bir alüminyum alaşımı seçilmiştir. Alaşım bileşimi çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Deneylerde kullanılan alaşım bileşimi.

Fe	Si	Ni	Cu	Mg	Ti	Al
0,262	12,3	0,949	1,02	1,3	0,1	Kalan

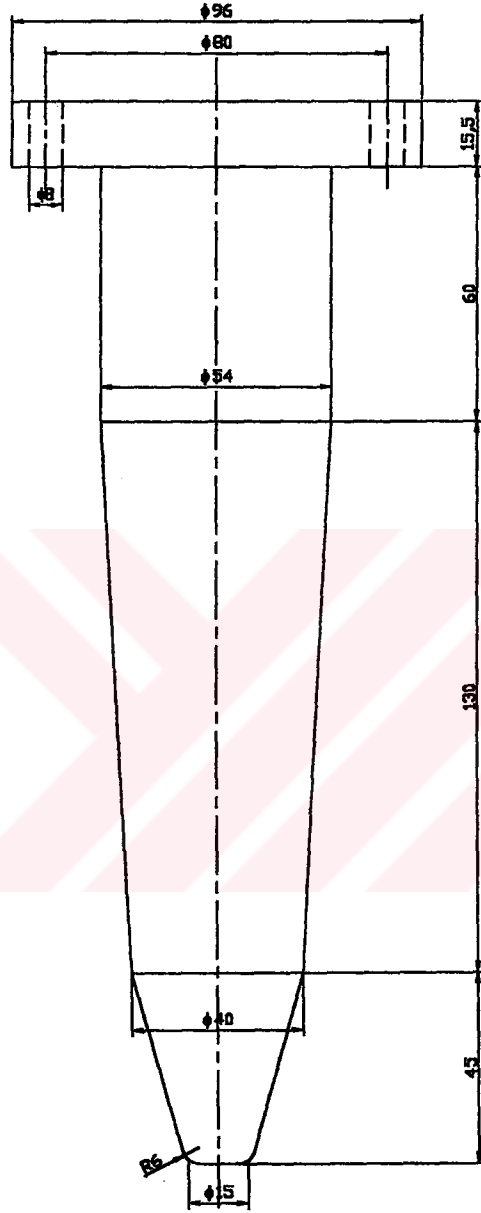
*Analiz Yıldız Teknik Üniversitesi Metalurji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır.

6.1.2. Kalıp Malzemesi ve Dizaynı

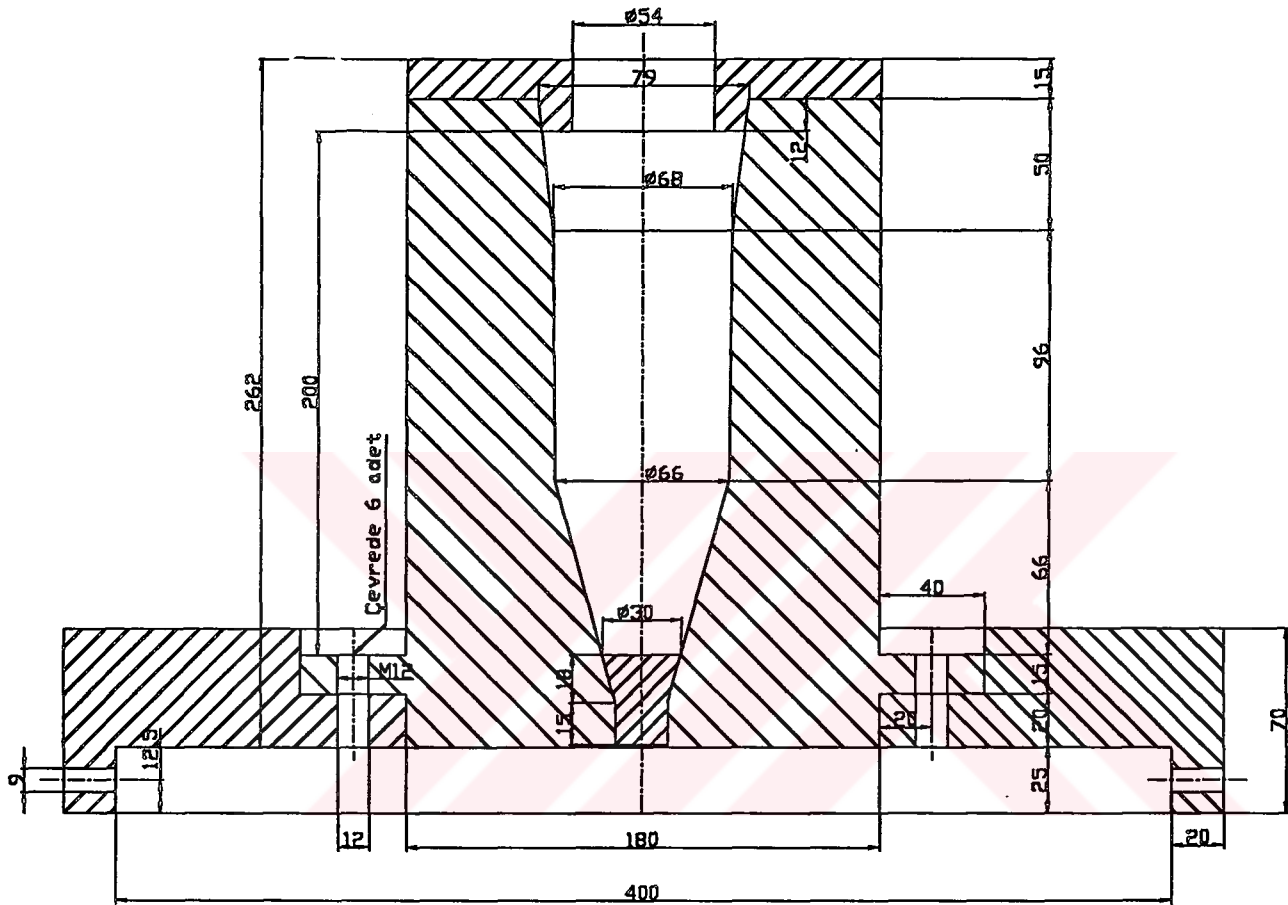
Kalıp malzemesi 1.2344 rumuzlu sıcak iş takım çeliğidir. Üst ve alt kalıbın resimleri Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Üretimi amaçlanan parça bir mühimmat gövdesidir ve kalıplarda buna uygun olarak dizayn edilmişlerdir. “Kararmaz Kalıp A.Ş.” tarafından işlenmiş kalıplar bunu takiben “İstaş. A.Ş.”de ısıtma işlemi tabi tutulmuş ve 52 HRC sertlik değerini kazanmışlardır.

6.1.3. Kalıp Ayırıcı ve Gaz Giderme Malzemesi

Kalıp ayırıcı olarak “Zyp Coatings” firmasının ürettiği Bor Nitrür i malzemesi kullanılmış ve kalıp duvarlarına püskürtülerek kaplama yapılmıştır. Püskürtme üç kademe yapılarak kaplamanın zarar görmemesi sağlanmış ve son olarak 50-70 µm arası kalınlığa ulaşılmıştır. Bu değer uygulama talimatına uygundur. Sıvı metalin gazını almak “Hexa kloretan” tableti 50°C’de yarım saat kurutulduktan sonra %1 oranında sıvı alüminyum alaşıma katılmıştır.



Şekil 6.1 Üst kalıbın teknik resmi.



Şekil 6.2 Alt kalıbın teknik resmi.

6.1.4. Pres

Dövme döküm için gerekli basıncı uygulayacak olan pres “Bursa Mastaş A.Ş.” firmasınca imal edilmiş olup özellikleri çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Döküm presi teknik özellikleri.

Pres Tipi	Hidrolik
Üst Tabla Kursu	100 mm.
Max. Yük.	100 TON
Tablalar Arası Max. Açıklık	1.480 mm.
Ağırlık	5.200 kg.

6.1.5. Ergitme Ünitesi

Ergitme için “Inductotherm” marka minimelt tipi 9600 Hz. frekanslı indüksiyon ocağı kullanılmıştır.

6.1.6. Kalıp Isıtma Fırını

Özmaç Ltd. Şti.’nde yapılmış $3,5 + 3,5 = 7$ kW kapasiteli direnç ısıtmalı fırın kullanılmıştır.

6.1.7. Sıcaklık Ölçüm Cihazları

Testo 900 marka sıcaklık ölçer cihazı ve sıvı alüminyum sıcaklığının ölçümü için NiCr - NiAl tipi daldırma prob, kalıp sıcaklığının ölçümü için NiCr – NiAl tipi yüzey sıcaklığı probu kullanılmıştır.

6.2. Deneyler

Deneylerde takip edilen yol aşağıda sıralanmıştır.

1. Kalıpların yerleştirilmesi
2. Kalıp ayırıcıyla kaplama (Şekil 6.4)
3. Kalıbın ısıtılmaya başlanması (Şekil 6.5)
4. İstenilen kalıp sıcaklığında ulaşıldığında alüminyum alaşımının ergitilmesi
5. Kalıp ısıtıcı fırının alınması
6. Gaz alma işlemi
7. Dökümün yapılması ve basıncın uygulanması
8. Parçanın çıkarılması.

6.2.1. Deney Koşulları

Yapılan deneylerin koşulları çizelge 6.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 Deney koşulları

	* Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4
Basınç Miktarı	70MPa(40 Ton)	70MPa(40Ton)	70MPa(40Ton)	70MPa(40 Ton)
Kalıp Sıcaklığı	300°C	300°C	300°C	300°C
Döküm Sıcaklığı	730°C	720°C	725°C	685°C
Bekleme Süresi	30 Saniye	12 Saniye	12 Saniye	12 Saniye
Dökülen parça ağırlığı		800 gr.	841 gr.	933 gr.

* Kalıp ayırıcı olarak yağlı grafit kullanılmıştır.

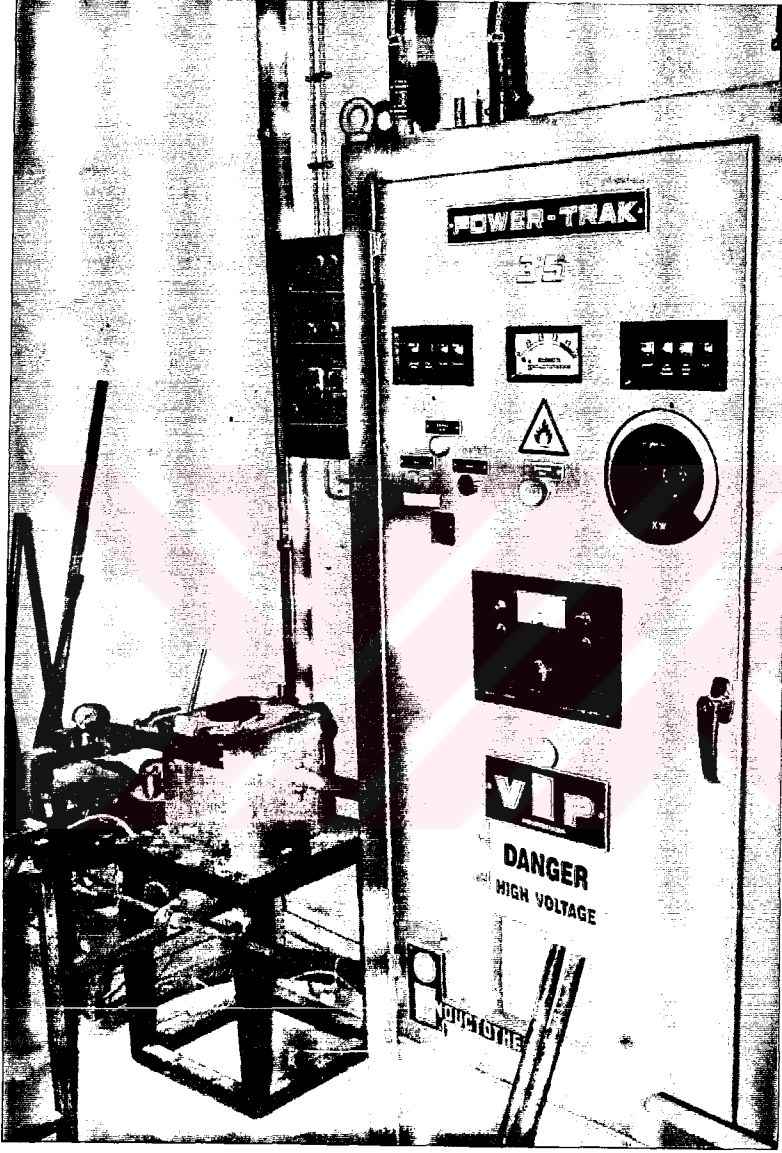
Deney 1. Sonucu: Üst kalıp geri çekilemedi ve sonuç olarak parça çıkarmak mümkün

Olmadı (kalıp ayırıcısı görevini tam olarak yapmadı)

Deney 2. Sonucu: Alt kalıp kapağının iyi kapatılmaması sonucu metal fişkırdı. Parça gözenekli çıktı.

Deney 3. Sonucu: Parçaya basınç uygulanamadığı için işlem gerçekleşemedi.

Deney 4. Sonucu: Normal prosedür başarıyla yürütüldü ve sıkıştırılmış dökülmüş ilk parça üretildi.



Şekil 6.3 Ergitme Ünitesi.



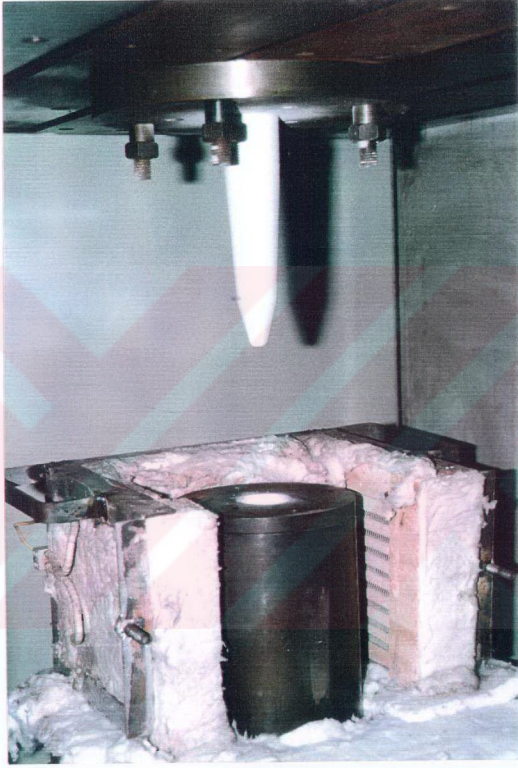
Şekil 6.4 Kaplanmış ve ısıtma fırını içine yerleştirilmiş kalıplar.



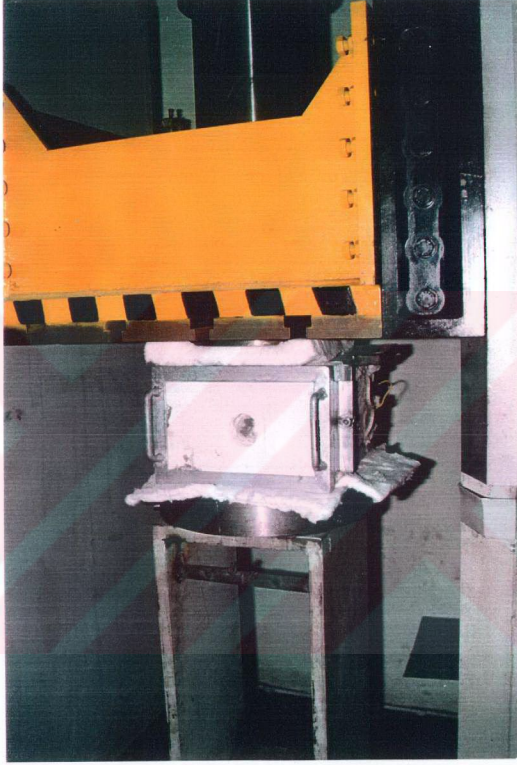
Şekil 6.5 Kalıpların ısıtılması



Şekil 6.3 Ergitme Ünitesi.



Şekil 6.4 Kaplanmış ve ısıtma fırını içine yerleştirilmiş kalıplar.



Şekil 6.5 Kalıpların ısıtılması



Şekil 6.6 Aynı kalıpta basınç altında ve basınçsız katılaşmış parçalar



Şekil 6.7 Dördüncü deney sonucu çıkan parçanın mikroyapıları a) X200 b) X500

6.3 Gelecekte Yapılması Planlanan Çalışmalar

Bu projenin amacı mühimmat gövdelerinin dökümle üretimi için bir teknoloji geliştirmektir. Kalıp şeklinin ve döküm koşullarının düşük sıcaklıkta eriyebilen bir malzeme üzerinde belirlenmesinden sonra asıl parçaların dökümü küresel grafitli dökme demirden yapılacaktır. Bu nedenle bu tezde alüminyum-silisyum alaşımıyla yapılmış çalışmalar yer almıştır.

Dövme dökümle sıvama döküm arasındaki kalıp doldurma ve dallantı yapısı farkları alüminyum-silisyum alaşımlarından çeşitli koşullarda (kalıp sıcaklığı, devir, metal sıcaklığı vb.)yapılan dökümlerle belirlenecektir.

Bundan elde edilen veriler K.G.D.D. mühimmat gövdesi dökümünde kullanılacaktır.



7. SONUÇLAR

Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- 1.)Yöntem için tasarlanmış pres ve merkezkaç döküm makinesi üzerinde değişiklikler yapılmış (pres geri dönüş gücü, merkezkaç döküm makinesi sabitlenmesi vb.) deneylerin sağlıklı yapılabileceği bir düzenek tamamlanmıştır.
- 2.)Kalıplar tasarlanmış ve imal ettirilmiş deneyler sonucu gerekli görülen değişiklikler yaptırılmıştır.
- 3.)Çeşitli kalıp boyaları denenmiş Türkiye’de uygulaması olmayan bir boya türü bulunmuştur.
- 4.)Belli basınç ve sıcaklıkta düzgün bir parça çıkartılabilmesi için deneyler yapılmış istenilen biçimde parça elde edilmiştir

KAYNAKLAR

ASM Metals Handbook,(1992), Vol. 15, 9th ed.

Begg, J. ve Clegg, A.J., (1996) “Production and Evaluation of Squeeze - Cast Zinc-Aluminum (ZA) Alloys”, AFS Transactions, 1159-1169.

Chadwick, G.A. ve Stubbington, C.A. (1991) “High quality squeeze casting of monolithic and of reinforced aluminium alloys”, The Foundryman December, 471-474.

Çavuşoğlu, E.N. (1992) “Döküm Teknolojisi I”, İ.T.Ü., İstanbul.

Franklin, J.R. ve Das, A.A. (1984) “Squeeze Casting - A review of the status” British Foundrymen, 150-158.

Morton, J.R. ve Barlow, J. (1994) “Squeeze Casting: From a theory to profit and a future”, The Foundryman January, 23-28.

Okada, S., Fujil, N., Goto, A., Morimoto, S. ve Yasuda, T. (1982) “Development of a fully Automatic Squeeze Casting Machine”, AFS Transactions, 135-146.

Lynch, R.F., Olley, R.P. ve Gallagher, P.C.J. (1975) a “Squeeze Casting of Aluminum”, AFS Transactions, 569-576.

Lynch, R.F., Olley, R.P. ve Gallagher, P.C.J. (1975) b “Squeeze Casting of Brass and Bronze”, AFS Transactions, 561-568.

Rajagopal, S., Altergott, W.H. (1985) “Quality Control in Squeeze Casting of Aluminum” AFS Transactions, 145-154.

Suzuki, S. (1989) “Vertical Squeeze Casting of Aluminum Components”, Modern Casting/October, 38-40.

Savaş, M.A. ve Altıntaş, S. (1993) “Effects of squeeze casting on the wide freezing range binary alloys.” Material Science and Engineering, 227-231.

Williams, G. ve Fisher, K.M. (1981) "Squeeze forming of aluminum - alloy components", Metals Technology, July 1981, 263-267.

Williams, G. (1984) "Squeeze form combines casting with forging" Foundry Trade Journal, February 2, 1984, 66-71.

Yamamoto, N., Itamura, M. ve Ueno, T. (1992) "Effect of squeeze casting process on mechanical Properties of Aluminum Diecasting Alloy", AFS Transactions, 539-546. s



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 06.09.1973

Doğum Yeri Erzurum

Lise 1988-1990 Taksim Atatürk Lisesi

Lisans 1991-1995 Yıldız Teknik Üniversitesi
Metalurji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1996-1999 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Metalurji Müh. Anabilim Dalı,
Üretim Programı

Çalıştığı Kurumlar 1995-1996 Polymetal Anonim Şirketi

1998-Devam ediyor YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi