

84992

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PRES DÖKÜMDE YENİ BİR PRESLEME
TEKİNİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE
DENEYLERİNİN YAPILMASI**

Mak. Müh. Mükerrerem ER

**F.B.E. Makina Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İng. Ahmet Ulvi AVCI

Prof. Dr. Ahmet Ulvi AVCI

Prof. Dr. Nihat KINIKOĞLU

Prof. Nurullah GÜLTEKİN

(Handwritten signatures and names)

İSTANBUL, 1999

İÇİNDEKİLER

	sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. BASINÇLI DÖKÜM	4
2.1 Basınçlı Döküm Makinaları	6
2.1.1 Sıcak kamara (dalgiç piston tipi) makinalar	9
2.1.2 Soğuk kamara tipi makinalar	12
2.1.2.1 Yatay soğuk kamara tipi makinalar	12
2.1.2.2 Düşey soğuk kamara tipi makinalar	15
2.1.3 Vakumlu basınçlı döküm makinaları	17
2.2 Basınçlı Döküm Alaşimleri	19
2.2.1 Çinko alaşimleri	20
2.2.2 Alüminyum alaşimleri	22
2.2.3 Magnezyum alaşimleri	23
2.2.4 Bakır alaşimleri	23
2.2.5 Kurşun ve kalay alaşimleri	24
2.3 Kalıplar	24
2.3.1 Kalıp malzemeleri	26
2.3.2 Kalıp sıcaklığı	30
2.3.3 Kalıp yağlayıcıları	31
2.4 Fırımlar	33
2.5 Basınçlı Dökümde Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri	34
3. BASINÇLI DÖKÜMÜN BAZI FARKLI UYGULAMALARI	39
3.1 Yarı Katı Metal Dökme ve Dövme	39
3.1.1 Thixocasting ve Rheocasting yöntemleri	39
3.1.2 Yarı katı metal dövme (semisolid metal forging)	42
3.1.1 3.2 Düşük Basınçlı Döküm (Low Pressure Casting)	45
3.3 Dövme Döküm (Squeeze Casting)	48

4.	İMALATTA PATLAMA ETKİSİNDEN YARARLANILMASI	53
4.1	Patlamalı Kaynak	54
4.2	Patlama Etkisi ile Yüksek Enerjili Şekillendirme	59
4.3	Toz Metalurjisinde Patlamalı Kaynağın Kullanılması	62
4.4	Patlamalı Perçinleme	65
5.	LPG'NİN GENEL ÖZELLİKLERİ	67
5.1	Genel Yapısı ve Eldesi	67
5.2	Teknik Özellikleri	68
5.3	Sağlık Üzerine Etkileri	69
5.4	Gaz Kaçağı Tanı Olanakları	69
5.5	Patlayıcılık Özelliği	70
5.6	Kullanım Alanları	70
5.7	Yanma Öncesi Karışım Basıncı Hesabı	71
6.	YENİ BİR PRESLEME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI	74
6.1	Prototipin Tasarım Süreci	74
6.2	Prototipin İmalat Süreci	79
6.3	İlk Sızdırmazlık Testleri ve Prototip Üzerinde Yapılan Revizyonlar	82
6.4	İkinci Sızdırmazlık Testleri	85
6.5	Ateşlemeye Yönelik İlk Deneyler ve Gaz Giriş Tertibatı Üzerinde Yapılan Revizyonlar	86
6.6	Ateşlemeye Yönelik İkinci Deneyler	88
6.7	Döküme ve Dövmeye Yönelik Deneysel Çalışmalar	92
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	96
	KAYNAKLAR	99
	EKLER	101
	Ek 1 Silindir bağlantı plakası (üst plaka) resmi	102
	Ek 2 Üst destek plakası resmi	103
	Ek 3 Kayıt plakası resmi	104
	Ek 4 Alt destek plakası resmi	105
	Ek 5 Kalıp bağlantı plakası (alt plaka) resmi	106
	Ek 6 Dişi kalıp resmi	107
	Ek 7 Erkek kalıp resmi	108
	Ek 8 Kalıp stoperi resmi	109
	Ek 9 Piston Mili (saplama)	110
	ÖZGEÇMİŞ	111

SİMGE LİSTESİ

P_{hava}	Silindire doldurulan havanın basıncı
P_{Lpg}	Silindire doldurulan LPG'nin basıncı
V_{hava}	Silindire doldurulan havanın (silindirin) hacmi
V_{Lpg}	Silindire doldurulan LPG'nin (silindirin) hacmi
R	Üniversal gaz sabiti
T_{hava}	Silindire doldurulan havanın sıcaklığı
T_{Lpg}	Silindire doldurulan LPG'nin sıcaklığı
N_{hava}	Silindire doldurulan havanın mol sayısı
N_{Lpg}	Silindire doldurulan LPG'nin mol sayısı
M_{hava}	Silindire doldurulan havanın kütlesi
M_{Lpg}	Silindire doldurulan LPG'nin kütlesi
MA_{hava}	Havanın molekül ağırlığı
MA_{Lpg}	LPG'nin molekül ağırlığı
i	Silindirde sağlanacak karışım (LPG kütlesinin hava kütlesine) oranı



KISALTMA LİSTESİ

ASM	American Society for Metals
ASTM	American Society for Testing and Metals
DBD	Düşük Basıncılı Döküm
FBE	Fen Bilimleri Enstitüsü
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
LPG	Likid Petrol Gazı
MHDC	Magnetohydrodynamic Casting
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MMO	Makina Mühendisleri Odası
TMMOB	Türkiye Mimar ve Mühendis Odaları Birliği
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi



ŞEKİL LİSTESİ

	sayfa
Şekil 2.1	Basınçlı dökümle üretilmiş bazı parçalar 5
Şekil 2.2	Basınçlı döküm makinalarının temel kısımları 7
Şekil 2.3	Basınçlı döküm makinalarının enjeksiyon sistemleri 7
Şekil 2.4	Sıcak kamara tipi makinanın şematik gösterimi 10
Şekil 2.5	Yerli yapım bir sıcak kamara tipi basınçlı döküm makinası..... 11
Şekil 2.6	Sıcak kamara tipi makinanın şematik gösterimi 13
Şekil 2.7	Yerli yapım bir soğuk kamara tipi basınçlı döküm makinası..... 14
Şekil 2.8	Yatay kalıplı düşey soğuk kamara tipi makina 16
Şekil 2.9	Düşey kalıplı düşey soğuk kamara tipi basınçlı döküm makinasının çalışma şekli 17
Şekil 2.10	Vakumlu sıcak kamara tipi basınçlı döküm makinası 18
Şekil 2.11	Soğuk kamaralı basıçlı döküm makinasında vakum tipi metal transfer sistemi 18
Şekil 2.12	Basınçlı döküm kalıbı 25
Şekil 3.1	Yüksek sıcaklık rheocasterin şematik gösterimi 41
Şekil 3.2	Semisolid döküm proseslerinin prensip şeması 41
Şekil 3.3	Semisolid şekillendirme ile üretilmiş bazı parçalar 44
Şekil 3.4	DBD makinasının prensip şeması 46
Şekil 3.5	Dövme dökümde basıncın uygulanmasında üç farklı sistem 49
Şekil 3.6	Dövme dökümle parça imali 50
Şekil 4.1	İki paralel levhanın patlamalı kaynağı ve birleşme ara yüzeyi 55
Şekil 4.2	Silindir giydirme (içten) 57
Şekil 4.3	Eksplösiv bindirme kaynağı 58
Şekil 4.4	Uzaktan patlama ile biçimlendirme 60
Şekil 4.5	Temas patlaması ile şekillendirme ve kesme 60
Şekil 4.6	Patlamalı motor çevrimi ile şekillendirmenin prensibi 60
Şekil 4.7	Yüksek hızlı dövme makinası 62
Şekil 4.8	Patlamalı perçinleme 66
Şekil 6.1	Prototip için düşünülen ilk prensip şeması 75
Şekil 6.2	Çıkarılan ön şartlar doğrultusunda hazırlanmış ikinci prototip taslağı 78
Şekil 6.3	Prototipin mekanik aksamının 3D CAD sistemiyle çizilmiş montaj resmi 83
Şekil 6.4	Prototip için hazırlanan ilk gaz giriş tertibatı 84
Şekil 6.5	Gaz giriş tertibatının revizyonlardan sonraki durumu 89
Şekil 6.6	Dişi kalıbın ön taraf çekilmesi ve kalıp boşluğuna ergiyik konulması 94
Şekil 6.7	Dişi kalıbın yerine alınması 94
Şekil 6.8	Basıncın uygulaması 95
Şekil 6.9	Parçanın kalıptan alınması 95
Şekil 6.10	Prototip ile hazırlanan numuneler 95

ÇİZELGE LİSTESİ

	sayfa
Çizelge 1.1 Döküm yöntemlerinin sınıflandırılması ve karşılaştırılması	2
Çizelge 2.1 Bazı basınçlı döküm aşamalarının bileşim ve özellikleri	21
Çizelge 3.1 Dövme dökümün diğer yöntemlerle kıyaslanması	52
Çizelge 4.1 Toz metalurjisinde iş akışı ve presleme yöntemleri	63
Çizelge 5.1 LPG'nin temel bileşenlerinin özellikleri	68
Çizelge 6.1 Prototipte kullanılan malzemeler	90



ÖNSÖZ

Bu çalışma, mevcut pres döküm tekniğine alternatif bir sistem oluşturulması maksadıyla hazırlanmıştır. Çalışmada mevcut pres döküm tekniklerine ve patlama etkisinin endüstrideki uygulama alanlarına değinilmiş; patlama etkisinin pres döküme adaptasyonunu hedef alan deneysel çalışmalarla ileride yapılacak araştırmalara ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Araştırmanın her aşamasında verdiği destek için değerli hocam Sayın Prof.Dr.İng. Ahmet Ulvi Avcı'ya, deney standının yapılmasında yardımlarını esirgemeyen işverenim Sayın Müjdat Önay'a ve Önaysan Metal San. ve Tic. Ltd. Şti. personelinden Sayın Şükrü Arslan'a teşekkürlerimi sunarım.

Mak. Müh. Mükerrerem ER



ÖZET

Pres döküm, soğuk kamaralı makinalar ile yapılan bir basınçlı döküm yöntemidir. Günümüzde kullanılan basınçlı döküm makinaları, presleme mekanizmalarının hidrolik olmasından dolayı pahalı yatırımlardır. Ayrıca sistem hidrolik olduğu için üretim hızı belli sınırlarda kalmaktadır. Yeni bir presleme sisteminin geliştirilmesi bu dezavantajları ortadan kaldıracaktır. Endüstride kaynak, plastik şekillendirme, toz metalurjisi ve perçinleme alanlarında yararlanılan patlama etkisinin, pres döküm yönteminde mevcut sistemlere alternatif bir presleme tekniği sunabileceği düşünülmüştür. Konuya ilişkin daha önce yapılmış bir araştırmaya literatürde rastlanamamıştır. Bu çalışma yeni araştırmalar için bir referans olabilir. Bunun için çalışma, konuyla ilgili temel esasları saptama üzerine yoğunlaşmıştır. Çalışmanın teorik kısmında basınçlı döküm, basınçlı dökümün özel uygulamaları, patlama etkisinin imalatta kullanımı ve LPG gazının özellikleri konuları ele alınmıştır.

Uygulama aşamasında ise patlamalı presleme sistemi için model olabilecek bir prototip hazırlanmıştır. Prototipin temel parçaları piston-silindir sistemi, dişi-erkek kalıp, buji-manyeto, emniyet ventilleri, karıştırıcı, valfler, manometreler ve LPG regülatörüdür. Prototip ile yapılan deneysel çalışmalarla bazı temel verilerin geliştirilmesi hedeflenmiş, karşılaşılan problemler aşılmaya çalışılmıştır. Bu prototip ile 37 mm çapında 12-15 mm kalınlıkta silindirik numuneler yarı katı (semisolid) halde dövülmüştür. Malzeme olarak %95 Zn, %4 Al, %0.97 Cu ve %0.03 Mg içeren Zamak-5 basınçlı döküm alaşımı kullanılmıştır. Prototipin en büyük problemi piston-silindir arası sızdırmazlığın yeterince sağlanamamasıdır. Prototip üzerinde yapılacak ek çalışmalarla problemlerin giderilebilmesi halinde, ilk yatırım maliyetleri, işletme ve bakım kolaylığı ve üretim zamanları açısından mevcut sistemlere göre çok daha avantajlı bir imalat yöntemine ulaşılmış olacaktır.

ABSTRACT

Existing die casting machines have hydraulic systems so which is expensive and also the production speed shell be limited. The new developing pressure system will be able to solve these disadvantages. In industry, welding, plastic forming, powder metallurgy, riveting treatments employ the explosion influence which is considered over pressure die casting systems. Any research for this subject has not been seen in literature. This study will be a reference to other researches. That is condensed to state for base principles. The die casting, the special treatment of die casting, using the explosion influence in industry and properties of LPG are examined in the theoretic part.

In the initial step of application the prototype was prepared that would be a model for explosion pressure system. The basic parts of the prototype are piston-cylinder system, halves of mould, sparking plug-magneto, safety valves, mixer, valves, manometers, and regulator of LPG. Experimental studying with the prototype was tried to disobey for problems and developed some basic data. Some cylindrical samples ($\text{Ø}37\text{mm}$, thickness 12-15 mm) was forged by this prototype when the material is semisolid. The casting material that used is Zamak-5 that has %95 Zn, %4 Al, %0.97 Cu and %0.03 Mg. The leak proofing is provided between piston and cylinder is not enough so that is the biggest problem for this prototype. If this problem is solved this method will be have more advantages than the other existing systems for initial investment cost, production and maintenance.

1.GİRİŞ

Arkeolojik bulgular, insanoğlunun M.Ö. 9000'li yıllarda ham bakırdan yaptığı ilkel nesnelere metal kullanımına başladığını göstermektedir. İnsanlığın dökümcülüğe attığı ilk adım ise M.Ö. 5000-3000 yılları arasında bakırın eritilmesiyle gerçekleşmiş ve döküm, tarih boyunca başvurulan temel bir imalat yöntemi olmuştur.

Metale sıvı fazda şekil verilmesinin sunduğu avantajlar sayesinde dökümcülük, imalatçıların her zaman ilgi duyduğu bir metod haline getirmiştir. Bu ilgi, birbirlerine göre farklı avantajları olan çok sayıda döküm tekniğinin geliştirilmesini sağlamıştır (Çizelge 1.1).

Bilinen en eski döküm metodu, eritilmiş metalin kum kalıba, yerçekimi etkisiyle dökülmesidir ve bu metod günümüzde de kullanılmaktadır. Kuyumculukta daha kaliteli yüzey elde etmeye duyulan ihtiyaç, alçı kalıba döküm metodunu geliştirmiştir. Her iki yöntemin de en büyük dezavantajı kalıpların yalnız bir kez kullanılabilmesidir. Bu durum üreticileri çok sayıda döküm yapılabilecek bir kalıp malzemesi araştırmasına itmiş ve ilk kez ortaçağda demir esaslı kalıplarla tabak, bardak, sürahi vb. mutfak eşyaları dökülmüştür.

Daha ince kesitli ve daha karmaşık şekilli parçaların seri bir şekilde üretilebilmesi için yapılan çalışmalar, dökümde basınç etkisi kullanımını gündeme getirmiştir. Bu gaye ile 19. yüzyılın ikinci yarısında başlayan çalışmalar 20. yüzyıl başlarında meyvasını vermiş ve H.H. Doehler ilk basınçlı döküm makinasını patentlemiştir (Çiğdemoğlu, 1972). Basınçlı dökümle ilgili çalışmalar bundan sonra büyük bir hız kazanmış ve yöntem, bu gün en çok başvurulan temel imalat metodlarından biri haline gelmiştir.

Günümüz teknolojisinin sağladığı bilgisayar desteği ve otomatik kontrol gibi imkanlar sayesinde basınçlı döküm parçaları, dayanım konusunda talaşsız imalat yöntemleriyle üretilen parçalarla; boyutsal ve yüzeysel hassasiyet konusunda talaşlı imalatla elde edilen ürünlerle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir.

Çizelge 1.1 Döküm yöntemlerinin sınıflandırılması ve karşılaştırılması

a) sınıflandırma

b) karşılaştırma (1:en iyi ; 6:en kötü)

KULLANILAN KALIPLAMA TEKNİĞİNE GÖRE DÖKÜM YÖNTEMLERİ		
A - KUM KALIPLAMA DÖKÜMÜ	B - METAL KALIPLAMA DÖKÜMÜ	C - DİĞER YÖNTEMLER
1 - Elle Kalıplama	1 - Kokil Döküm	1 - Hassas Döküm (Investment Casting)
2-a - Dereceli Kalıplama	2 - Sürekli Döküm	2 - Seramik Kalıplama
2-b - Yerde Kalıplama	3 - Santrifüj Döküm	3 - Alçı Kalıba Döküm
2 - Makina ile Kalıplama	4 - Basınçlı Döküm	
3 - Tam Otomatik Kalıplama	4-a - Enjeksiyon (sıcak kamaralı makina ile)	
3-a - Disamatik Kalıplama	4-b - Pres Döküm (soğuk kamaralı makina ile)	
3-b - Üiversal Kalıplama	4-c - Özel Yöntemler	
4 - Vakumla kalıplama	4-c-1 - Thixocasting Yöntemi	
5 - Kabuk Kalıp (Shell Molding)	4-c-2 - Rheocasting Yöntemi	
	4-c-3 - Düşük Basınçlı Döküm	
	4-c-4 - Dövme Döküm	

a)

YÖNTEM	KUM KALIPLAMA DÖKÜMÜ	HASSAS DÖKÜM	KOKİL DÖKÜMÜ	BASINÇLI DÖKÜM
KRİTER				
Dökümde boşluksuz yapı	6	3	4	2
Yüzey kalitesi	6	1	4	2
Döküm toleransı	6	2	4	1
Düşük adetli üretimde verimlilik	1	4	3	5
Yüksek adetli üretimde verimlilik	6	5	3	1
Mekanizasyona uyum	5	6	3	1
Parça başına maliyet	5	6	3	1
Toplam maliyet	1	3	4	6

b)

Bununla birlikte mevcut basınçlı döküm makinaları, oldukça karmaşık yapılı ve ilk yatırım maliyetleri bir hayli yüksek sistemlerdir. Sistemin kompleks olması bakım onarım masraflarını yüksek kılmaktadır. Ayrıca bu makinalar hidrolik olarak çalıştıkları için üretim hızları göreceli olarak düşüktür. Klasik basınçlı döküm makinalarının bu dezavantajlarını ortadan kaldırmak ancak yeni bir presleme sisteminin geliştirilmesiyle mümkün olacaktır.

Tez konusu bu gaye ile ele alınmış olup, ileride yapılacak konuya ilişkin çalışmalara destek verecek bir makina prototipi ortaya koymak esas amaç edinilmiştir. Geliştirilecek yeni presleme sisteminde itici güç olarak patlama tesiri seçilmiştir. Uzun çalışmalarla hazırlanan prototipte patlama etkisinin gaz (LPG) yanışıyla sağlanması öngörülmüştür. Basınçlı döküm ve basınçlı dökümün bazı sıradışı uygulamaları çalışma kapsamına alınmış, günümüzde patlama etkisinin imalatta yararlanıldığı alanlara değinilmiştir. Ayrıca LPG gazının temel özellikleri de çalışmaya dahil edilmiştir.

Oluşturulan makina prototipi ile yapılan deneysel çalışmalarla geliştirilen sistemde ortaya çıkan problemler araştırılmış, böylece bu amaçla yapılacak ileriki çalışmalara bir yön verilmeye çalışılmıştır. Sistem üzerinde yapılacak yeni çalışmalarla problemlerin giderilebilmesi halinde, gerek ilk yatırım maliyetleri, gerek işletme ve bakım kolaylıkları ve gerekse üretim zamanları açısından mevcut sistemlere göre önemli üstünlüklere ulaşılmış olacaktır.

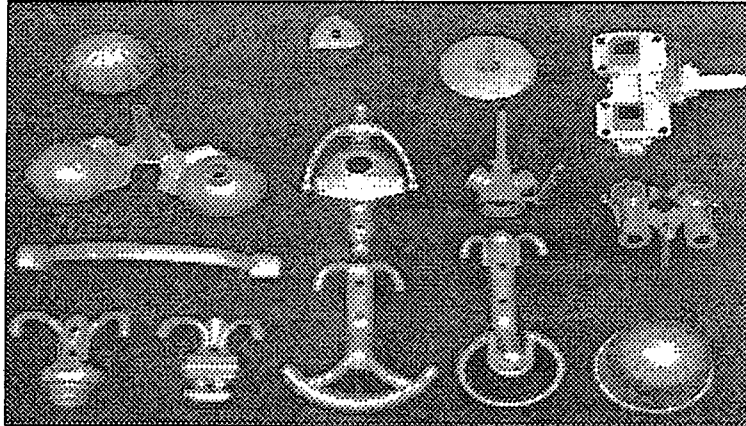
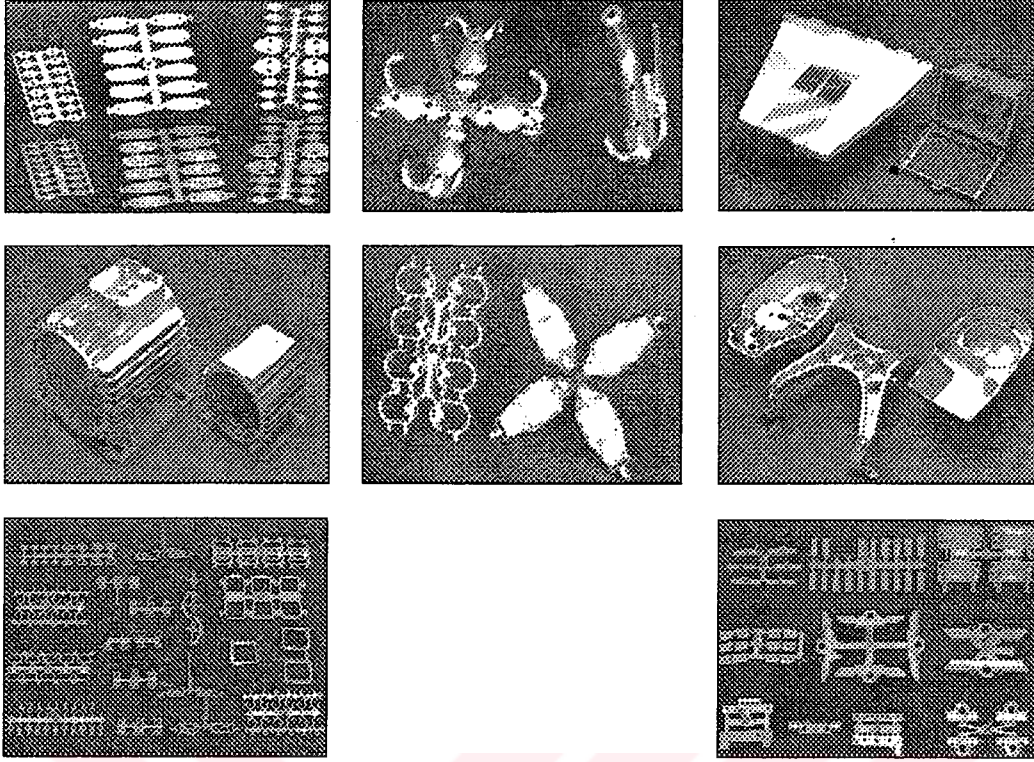
2. BASINÇLI DÖKÜM

Basınçlı döküm, sıvı metalin basınç etkisi altında kalıba doldurulması esasına dayanan döküm yöntemidir. Amerikan literatürlerinde yöntem “Die Casting” olarak, Avrupa literatürlerinde ise “Pressure Die Casting” olarak isimlendirilmektedir. İşlem basınçlı döküm makinası ile gerçekleştirilir. Basınçlı dökümde kalıp, iki yarımdan oluşur ve iki kalıp yarımı mekanizma tarafından kapatılıp kilitlendikten sonra, sıvı metal bir pompa haznesine aktarılır. Bu hazne soğuk olabileceği gibi metal sıcaklığına ısıtılmış olabilir. Pompa sıvı metali kalıba doldurur. Kalıp içerisindeki hava dolum esnasında kalıp yüzeylerindeki kaçma deliklerinden atılır. Kalıp boşluğu tamamen dolduktan sonra döküm soğuyuncaya kadar basınç uygulanır. Sonra kalıp açılır ve döküm parçası alınır. Kalıp açık durumda iken içi temizlenir, yağlanır ve önceki işlemler tekrar edilir. Basınçlı döküm yönteminin sağladığı başlıca avantajları şunlardır:

- 1) Metal kalıba (kokil) döküme kıyasla çok daha karmaşık şekilli parçaların dökümü mümkündür.
- 2) Daha ince cidarlı parçaların dökümü mümkündür.
- 3) Boyutsal hassasiyeti yüksektir.
- 4) Özellikle çok gözlü kalıplar kullanıldığında üretim hızı diğer yöntemlerden çok daha fazladır.
- 5) Parçalar yolluk ve çıkıcıların kesilmesi dışında hemen hiç talaşlı işlem gerektirmez.
- 6) Parça boyut ve yüzey hassasiyeti yitirmeksizin aynı kalıpla binlerce parça üretilebilir.
- 7) Parçaların dayanım değerleri daha yüksektir.
- 8) Çok sayıda parça imalatı için birim parça maliyeti düşüktür.

Yöntemin avantajları yanı sıra bazı dezavantajları da vardır:

- 1) Dökülebilecek parça büyüklüğü sınırlıdır. Ağırlık 23 kg'ı nadiren aşar ve genellikle 4-5 kg civarında parçalar dökülebilmektedir.
- 2) Basınçlı döküm makinaları oldukça pahalı sistemlerdir.
- 3) Kalıp tasarımı ve imali zor, maliyeti yüksektir.
- 4) Düşük sayıda parça imali için uygun değildir.
- 5) Basınçlı döküme uygun döküm malzemeleri sınırlı sayıdadır (Çavuşoğlu, 1981).



Şekil 2.1 Basınçlı dökümle üretilmiş bazı parçalar

Basınçlı döküm yöntemi ile çinko, kurşun, kalay, alüminyum, magnezyum ve bakır alaşımlarından parçalar üretilmektedir. Bu parçaların yoğun olarak kullanıldıkları alanlar, otomotiv endüstrisi, elektrik endüstrisi, uçak sanayii, optik aletler, ev eşyaları ve büro makinalarıdır. Şekil 2.1’de basınçlı dökümle üretilmiş çeşitli parçalar görülmektedir.

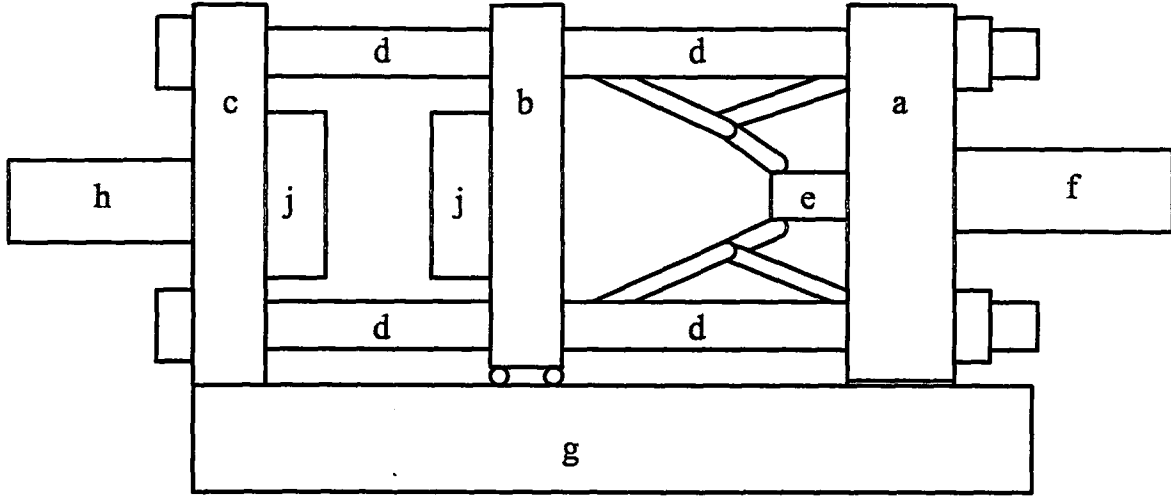
2.1 Basınçlı Döküm Makinaları

Basınçlı döküm makinasının temel fonksiyonu, iki kalıp yarımını birbirine kilitli tutmak, erimiş metali basınç altında kalıp boşluğuna basmak ve dökülmüş parçayı kalıptan çıkarmak için kalıbı açmaktır. Basınçlı döküm makinaları üç ana kısımdan meydana gelir:

- 1) Kalıpların ve çalıştırma düzeneğinin monte edildiği bir şasi (gövde)
- 2) Genellikle bir hidrolik piston-silindir sisteminden meydana gelen ve kalıbı açıp kapayan çalıştırma düzeni
- 3) Ergimiş metali kalıp boşluğuna basma tertibatı

Basınçlı döküm makinalarının temel kısımları Şekil 2.2’de şematik olarak gösterilmiştir. Basınçlı döküm makinaları, metal basma sistemlerine göre “sıcak kamaralı” ve “soğuk kamaralı” olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Düşük ergime sıcaklığına sahip alaşımların dökümünde sıcak kamara tipi makinalar; yüksek ergime sıcaklığına sahip alaşımların dökümünde ise “soğuk kamara tipi makinalar” kullanılır. Her iki tipin de şasileri ve arka kısımları birbirine benzer; fakat ön kısımları farklıdır.

Soğuk kamara tipi makinalarda, sıvı metali döküm sıcaklığında tutan fırın genellikle, makinanın entegre bir parçası değildir. Bu tipte sıvı metal elle veya otomatik olarak baskı silindirene dökülür. Sıcak kamara tipi makinalarda ise fırın makinanın ön tarafına bağlıdır. Dökülecek alaşım düşük ergime sıcaklığına sahip olduğu için, ergimiş metal piston ve silindir malzemesine zarar vermeyecektir ve piston-silindir sistemi doğrudan ergimiş metale daldırılmış durumdadır. Bu özelliklerinden dolayı sıcak kamara tipi makinalara "dalğış piston tipi makinalar" da denir (Sönmez, 1995).



a-itici plaka (kilitleme plakası)

b- hareketli plaka

c-sabit plaka

d-kolonlar

e-masfalı kilitleme mekanizması

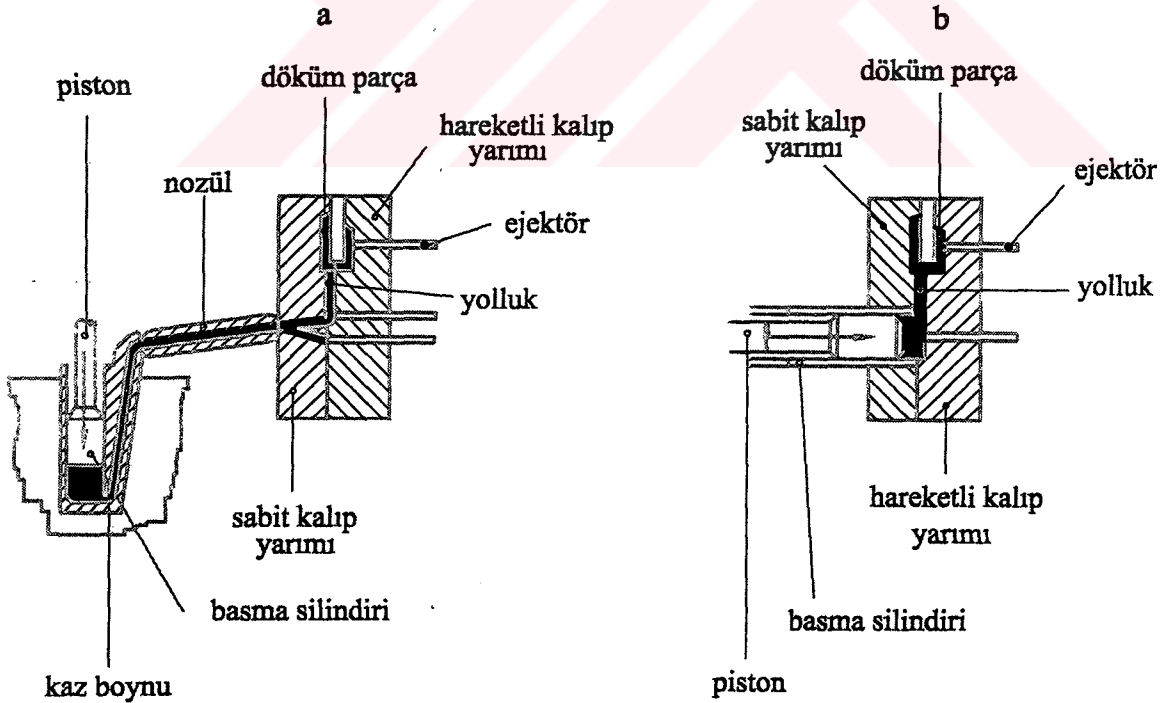
f-kilitleme silindiri

g-makina gövdesi (şasi)

h-enjeksiyon sistemi

j-kalıp yarımları

Şekil 2.2 Basınçlı döküm makinalarının temel kısımları (Upton, 1982)



Şekil 2.3 Basınçlı döküm makinalarının enjeksiyon sistemleri (ASM Volume 15, 1992)

a) sıcak kamara tipi

b) soğuk kamara tipi

Yerli literatürde sıcak kamaralı makinalarla yapılan döküm işlemi “metal enjeksiyonu”, soğuk kamaralı makina ile yapılan döküm işlemi ise “pres döküm” olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.3’de sıcak ve soğuk kamara tipi makinaların enjeksiyon sistemleri gösterilmiştir.

Basınçlı döküm makinalarının tipi ve özellikleri yapılacak üretimin şekline ve kapasitesine göre belirlenir. Makinaları karakterize eden özellikler şunlardır:

- Kilitleme kuvveti
- Açma kuvveti
- Kapatma stroku
- Açılma stroku ve ayarlanabilirliği
- Maksimum hareketli plaka stroku
- İtici (ejektör) kuvveti
- İtici stroku
- Minimum - maksimum kalıp yükseklikleri
- Plaka ölçüleri
- Kolonlar arası mesafe
- Kolon çapı
- Piston çapı
- Piston çubuğu uzunluğu
- Maksimum döküm kuvveti
- Döküm stroku
- Çalışma basıncı
- Maksimum basma basıncı
- Döküm hacmi
- Pota hacmi
- Pota gücü
- Motor gücü
- Boşta çalışma hızı

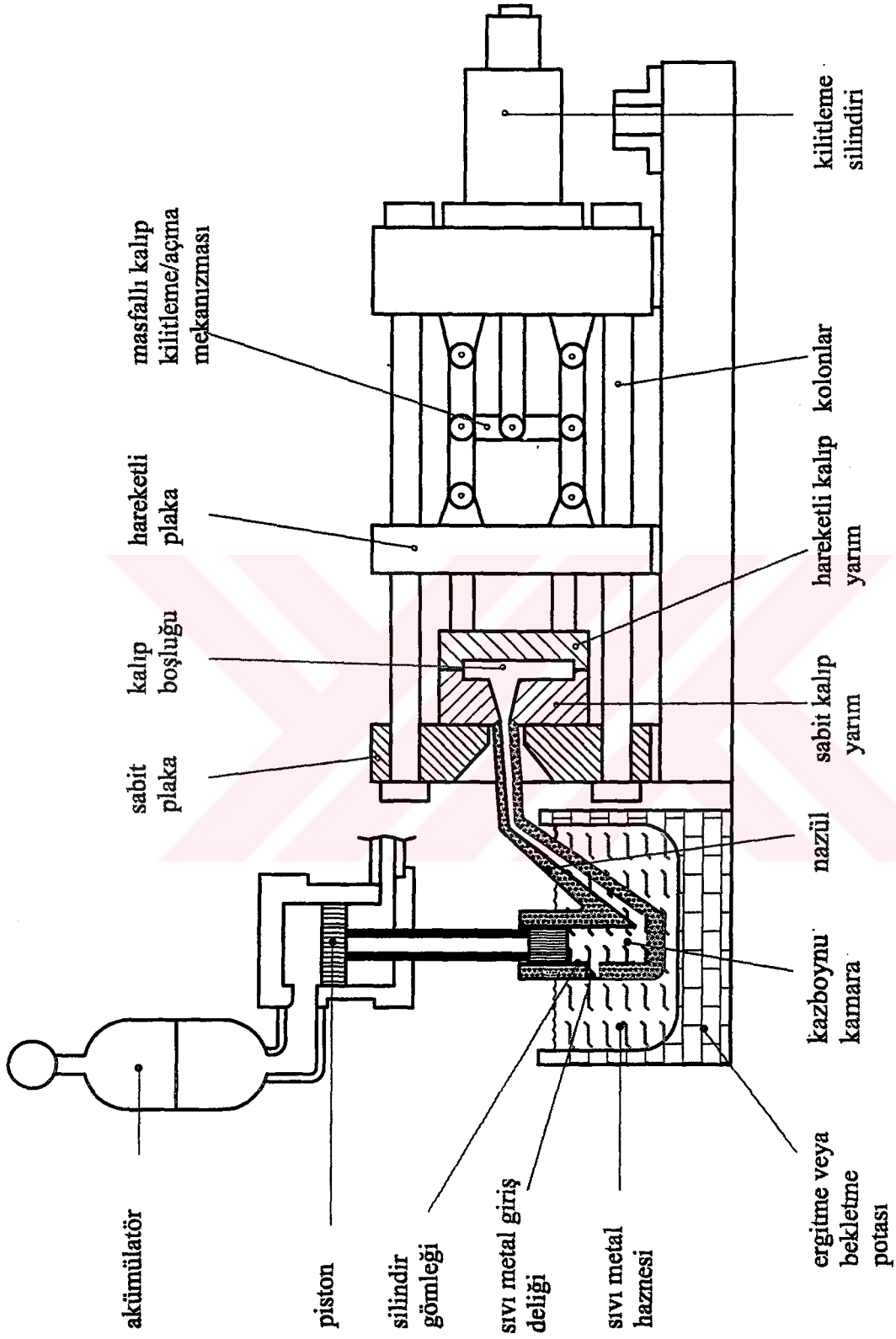
- Kalıp soğutma suyu debisi
- Hidrolik sistem soğutma suyu debisi
- Tonaj
- Makina ebatları
- Fiyat

2.1.1 Sıcak kamara (dalgiç piston) tipi makinalar

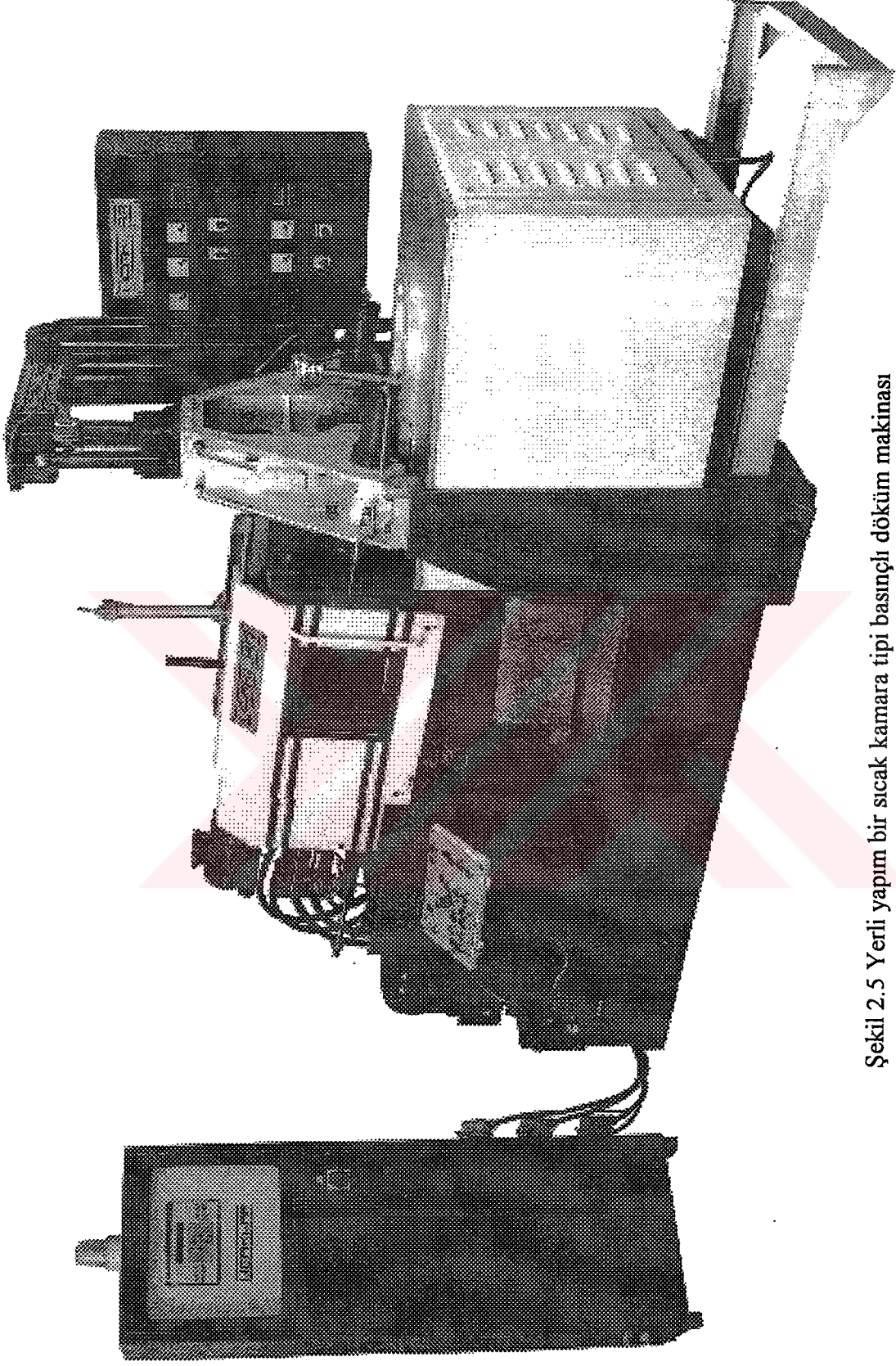
Sıcak kamara tipi (hot chamber) makinalar, başta çinko esaslı alaşımlar olmak üzere kalay ve kurşun gibi düşük ergime dereceli alaşımların dökümünde kullanılır. Alüminyum ve diğer yüksek ergime dereceli alaşımlar için uygun değildir. Öyle ki kamara cidarları ile yüksek sıcaklıktaki sıvı metalin uzun süreli teması alaşımların içine demir bulaşmasına neden olabilmektedir. Makinanın ön tarafında ergimiş metali döküm sıcaklığında tutan fırın bağlıdır ve enjeksiyon genellikle ergimiş metalin içine daldırılmış silindir (kazboynu) içerisinde hareket eden bir piston ile sağlanır. Ancak enjeksiyonun piston yerine basınçlı hava ile sağlandığı makinalar da mevcuttur. Bu tip makinalarda enjeksiyon aşamasında özellikle hava ile basmada metale önemli oranda hava kaçması söz konusu olabilmekte ancak enjeksiyon hızının kontrolü ile bu durum azaltılabilmektedir.

Şekil 2.4'de bir sıcak kamaralı makina şematik olarak gösterilmiştir. Sistemde enjeksiyon piston vasıtası ile gerçekleştirilmektedir. Şekildeki haznede ergime sıcaklığının üstünde bir değere ısıtılmış sıvı metal bulunmaktadır. Piston üst konumda iken sıvı metal, giriş deliğinden kazboynuna dolar. Sonra piston aşağı itilerek sıvı metal, nozül aracılığı ile kalıp boşluğuna enjekte edilir. Pistonun bu hareketi ile giriş deliği kapatılmış olur. Soğuma tamamlandığında kalıp açılıp parça alınırken, piston başlangıç konumuna getirilerek giriş ağzı tekrar açılır.

Sıcak kamaralı makinalarda 20 gr'dan 22 kg'a kadar çeşitli büyüklükte parçaların üretimi mümkündür. Bu makinalar mekanizma, proses ve parça boyutlarına göre saatte 50 ila 500 adet parça üretebilmektedir. Özel makinalarda üretim hızı 2000-5000 parça/saat'e kadar çıkabilmektedir.



Şekil 2.4 Sıcak kamara tipi makinenin şematik gösterimi (ASM Volume 15, 1992)



Şekil 2.5 Yerli yapım bir sıcak kamara tipi basınçlı döküm makinası
(Uçaklar firma kataloğu, 1998)

Makinalarda kazboynu ve hazne gri dökme demir, küresel grafitli dökme demir veya çelikten olabilir. Genellikle gömlek malzemesi H13 takım çeliği veya yüksek hız çeliği; nitrürlemeye uygun alaşımlı çelik veya paslanmaz çeliktendir. Nozül malzemesi olarak H13 takım çeliği veya paslanmaz çelik, piston için ise alaşımlı dökme demir kullanılır (Çavuşoğlu, 1981).

Şekil 2.5'te bir firma kataloğundan alınmış yerli yapım sıcak kamaralı basınçlı döküm makinası görülmektedir.

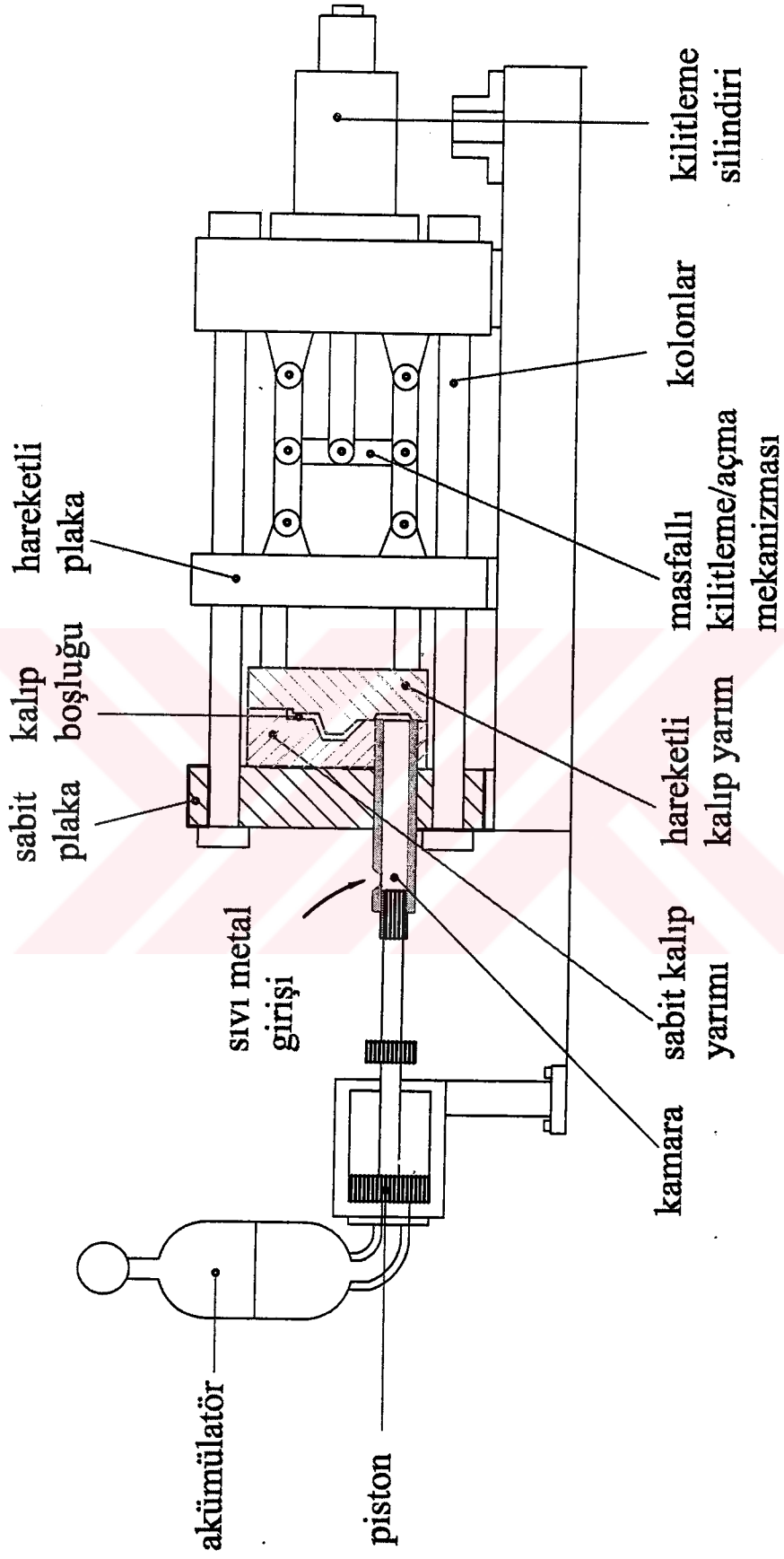
2.1.2 Soğuk kamara tipi makinalar

Soğuk kamara tipi (cold chamber) makinalar pistonun yerleşimine göre “yatay” ve “düşey” olmak üzere iki gruba ayrılır.

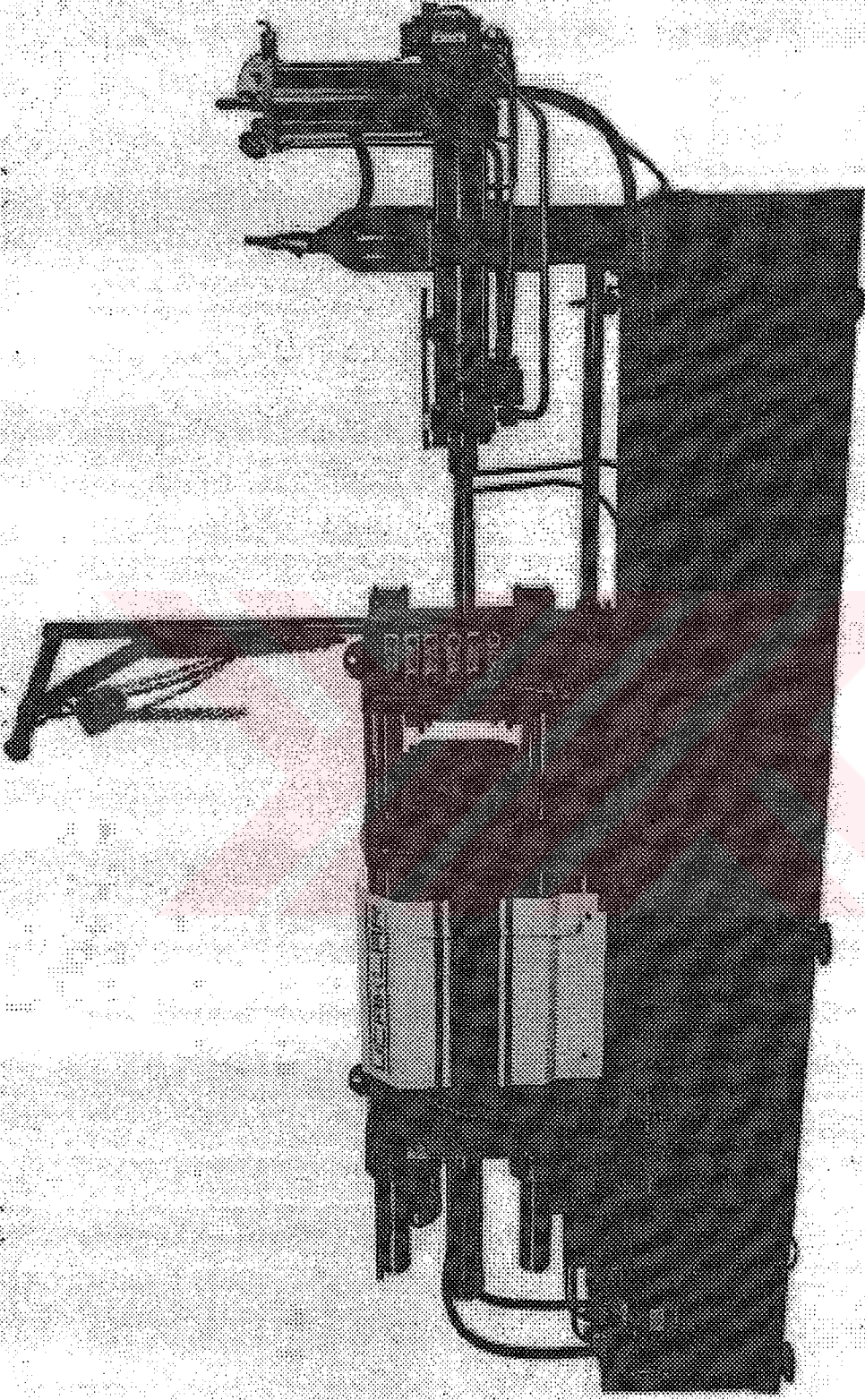
2.1.2.1 Yatay soğuk kamara tipi makinalar

Bu tip basınçlı döküm makinalarında metal basma kamarası ısıtılmaz. Kamarada yalnız sıvı metalin neden olduğu ısı artışı söz konusudur. Aşırı bir ısınma olursa piston su ile soğutulmak yoluyla korunur. Şekil 2.6'da yatay soğuk kamara tipi makinanın şematik görünüşü verilmiştir. Hareketli kalıp yarısı kapatılıp kalıp kilitlendikten sonra, silindir içindeki piston geri çekilmek suretiyle besleme deliği açılır ve buradan sıvı metal kamaraya boşalır. Piston ileri itilerek önce sıvı metal girişi kapanır sonra da sıvı metal kalıp boşluğuna basılır. Katılma tamamlandıktan sonra piston geri çekilir ve kalıp açılır. Dökülen parça hareketli kalıp yarısında kalır. Buradan ejektör (itici) pimleri ile çıkarılır. Piston tekrar ilk duruma getirilerek işlemler tekrarlanır.

Soğuk kamaralı makinalar basınçlı dökümle üretimi gerçekleştirilebilen tüm malzemeler için kullanılabilmeyle birlikte genellikle alüminyum, magnezyum ve bakır alaşımları için tercih edilir. Döküm işlemi birkaç saniyede tamamlandığı ve basma sistemi sıvı metal dışında olduğu için alaşıma demir bulaşmaz. Bu yöntemle 70-210 MN/m² mertebesinde basma basınçlarına erişilebilmektedir (Çavuşoğlu, 1981).



Şekil 2.6 Soğuk kamara tipi makinanın şematik gösterimi (ASM Volume 15, 1992)



Şekil 2.7 Yerli yapım bir soğuk kamara tipi basınçlı döküm makinası
(Uçaklar firma kataloğu, 1998)

Bu sistemin en önemli dezavantajları şunlardır:

- ergimiş metali basma silindirine doldurmak için ek teçhizat gerekliliği,
- sıcak kamara tipine nazaran üretim hızının daha düşük oluşu,
- aşırı ısı kaybından doğabilecek döküm hataları.

Basma kamarası, piston tipi ve boyutu, dökülecek parça için gerekli ergimiş metal hacmine bağlıdır. Kamaranın gerekenden büyük olması halinde metal, kamarada yayılarak döküm esnasında hava boşluklarına neden olabilir. Küçük olması durumunda da kalıp boşluğunu besleyecek miktarda ergimiş metal verildiğinde metalin bir kısmı kamaradan taşabilir.

Makina çalıştırıldığında piston hareket ettirilmeden önce sıvı metalin kamaraya beslenmesi için gerekli zaman ayarlanmalıdır. Genellikle metal doldurma işi tamamlanana kadar piston yavaş olarak hareket ettirilir. Metal doldurulduktan sonra hızla metali kalıp boşluğuna basar. Optimum piston hızı alaşıma, parça büyüklüğüne ve kalıp dizaynına bağlı olarak 45-270 m/dak değerleri arasındadır.

Piston malzemesi olarak berilyum-bakır veya alaşımlı çelikler kullanılır. Kamara yine H13 takım çeliği veya nitrürasyon çeliğinden yapılır (Çavuşoğlu, 1981).

2.1.2.2 Düşey soğuk kamara tipi makinalar

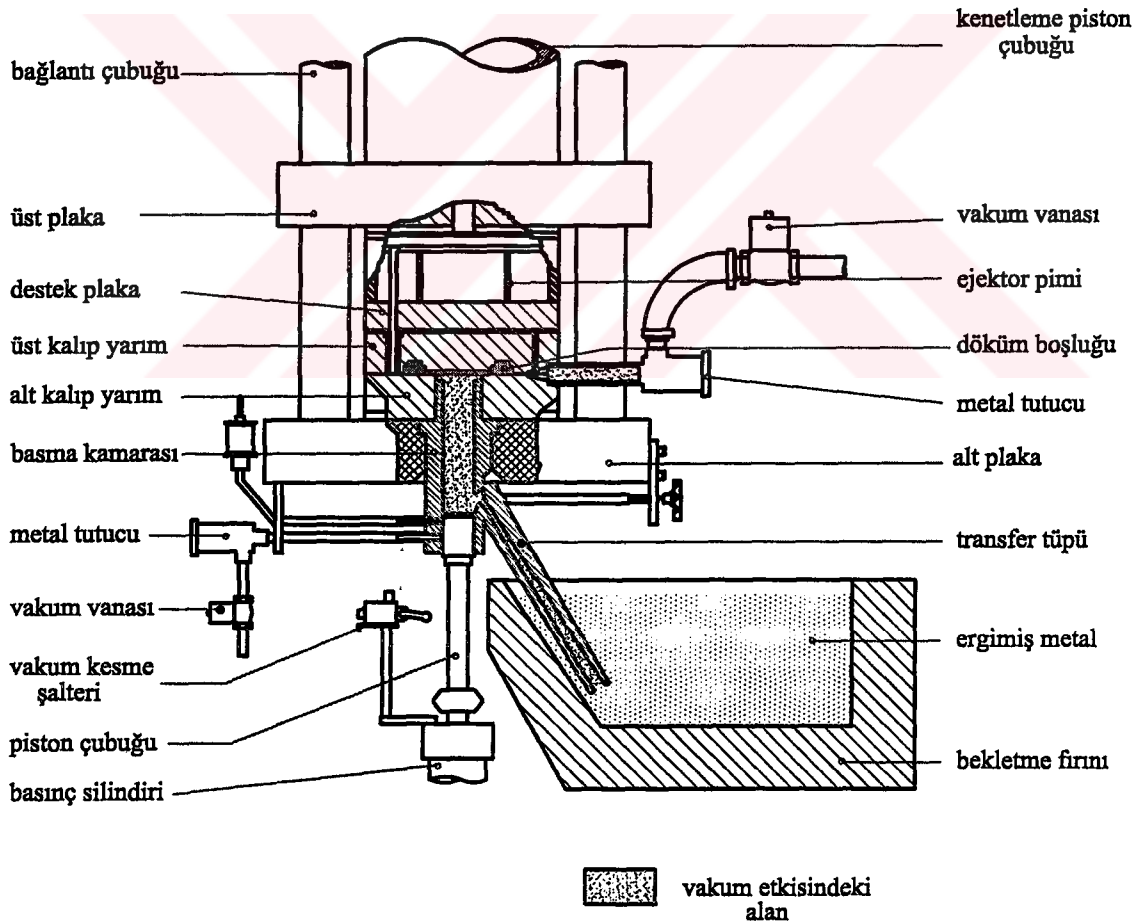
Bu makinalar da kendi içinde kalıbın yerleşimine göre “düşey” kalıplı veya “yatay kalıplı” olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 2.8; Şekil 2.9). Yatay kalıplı makinada metal alt kalıptan beslenir. Hava kalıptan boşaltılıp, ergimiş metal bekletme fırınından vakumla basma haznesine alınır. Kalıp kilitleme ve basma basınçları bir akümülatör vasıtası ile kontrol edilir.

Düşey kalıplı sistemde alttaki piston, ergimiş metal kamaraya dolarken kalıp giriş deliğini tıkayacak konumdadır. Metal beslendikten sonra piston aşağı doğru hareket ettirilerek önce ergimiş metal iki piston arasında sıkıştırılır ve bu sırada alt piston üst piston basıncının

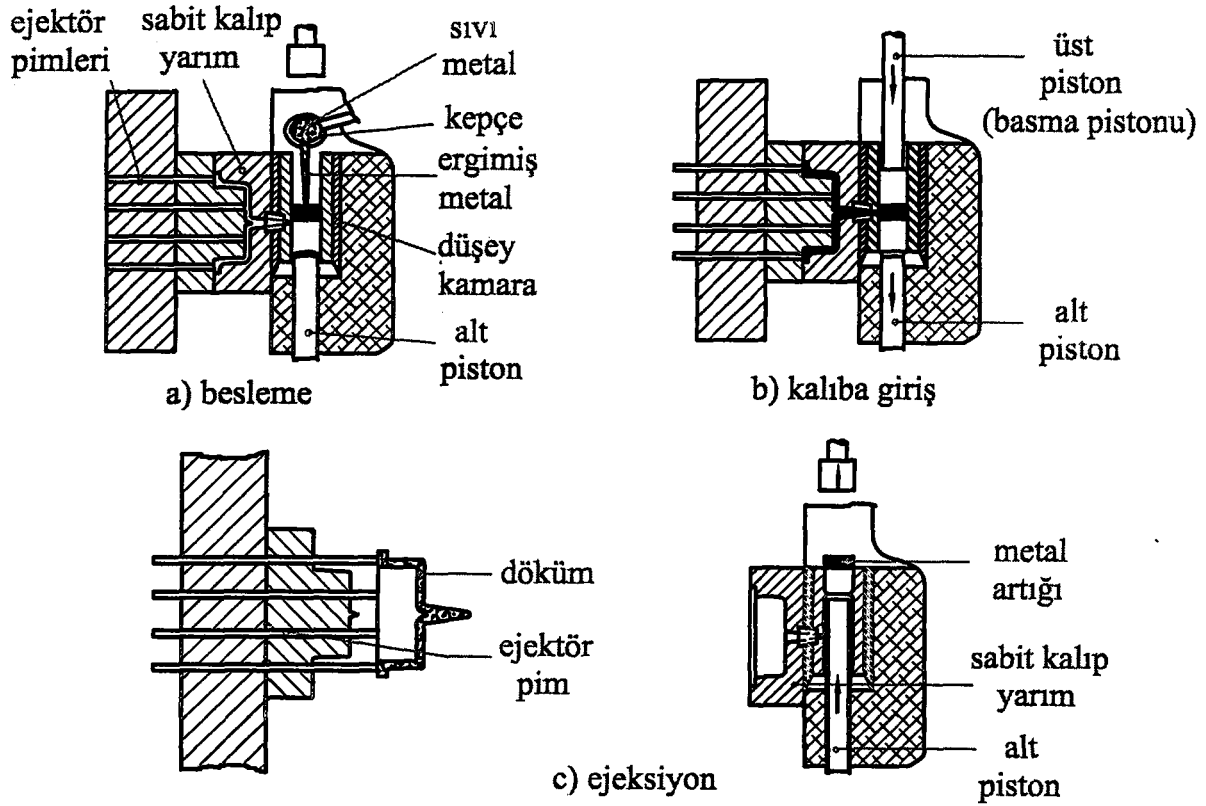
etkisiyle aşağı doğru hareket ederek kalıp giriş deliğini açar. Ergimiş metal bu girişten hızlı kalıp boşluğuna basılır ve dökümün tamamlanması için belirli bir süre basınç uygulanır. Katılaşma sonrasında üst ve alt piston yukarıya doğru hareket ettirilerek metal artığı dışarı atılır. Sonra hareketli kalıp yarımı açılarak parça alınır.

Bu makineler çift pistonla çalıştılarından sık bakım gerektirirler. En önemli avantajı ise kamaranın düşey olmasından dolayı türbülansın minimum olması ve dökülen parçada boşluk oluşumunun azalmasıdır.

Genellikle yatay makinalarda üretilemeyen yüksek yoğunluklu parçaların üretiminde ve merkezden besleme yapılmasının gerektiği hallerde düşey makinalarla çalışılır. Örneğin merkez kısmının et kalınlığı fazla ve kenarlara doğru et kalınlıkları azalan tekerlek vb. parçalarda düşey makina tercih edilir.



Şekil 2.8 Yatay kalıplı düşey soğuk kamara tipi makina (Çavuşoğlu, 1981)

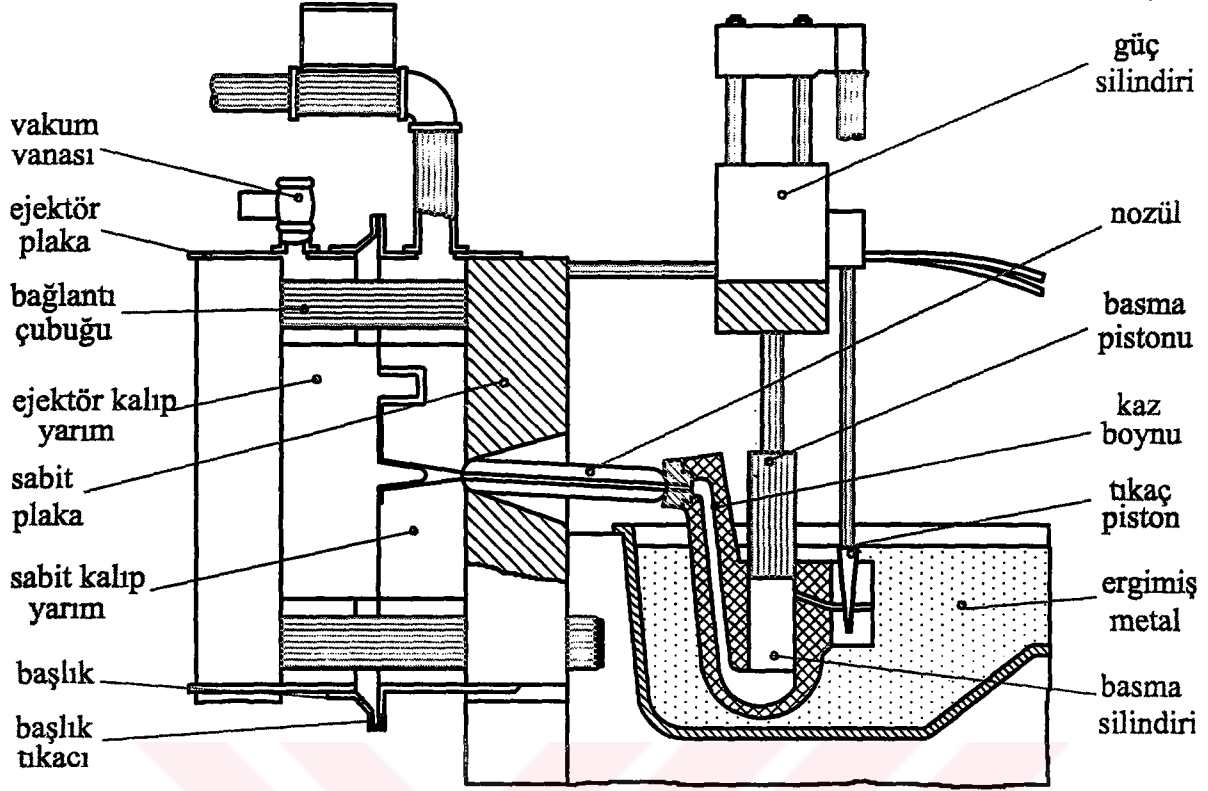


Şekil 2.9 Düşey kalıplı düşey soğuk kamara tipi basınçlı döküm makinasının çalışma şekli (Çavuşoğlu, 1981)

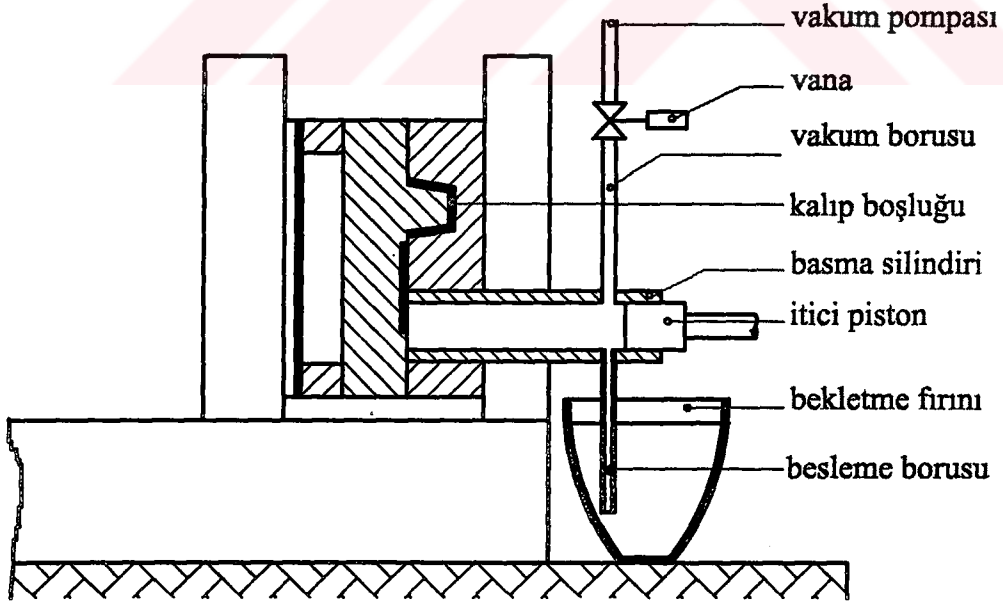
2.1.3 Vakumlu basınçlı döküm makinaları

Besleme ve dökümün tamamen vakum altında yapılabildiği sıcak ve soğuk kamara tipi makinalar geliştirilmiştir. Bu makinalarda, sıvı metalin hava absorbe etmesi engellendiğinden, uygun dizayn edilmiş kalıplarla çalışılması halinde çok düşük poroziteli ve bitirme işlemi gerektirmeyen parçalar dökülebilmektedir.

Vakumlu tip sıcak kamaralı makinede (Şekil 2.10) hava sızdırmazlığı sağlanmıştır. Sıvı metalin silindir içerisine alımı, nozül aracılığı ile uygulanan vakum etkisiyle olmaktadır. Sistemde basma pistonuna bağlı olarak hareket eden ve beslemeyi kontrol eden bir tıkaç piston mevcuttur. Tıkaç piston, ergimiş metalin potadan vakum altında enjeksiyon kamarasına geçişine izin vermekte, yeterli miktarda besleme yapıldıktan sonra basma pistonunun hareket etmesi ile birlikte metal giriş deliğini kapatarak aşırı metal geçişini engellemektedir. Bu durumda kalıp bölme yüzeyinden metal sızması olmayacağı için parçada bitirme işlemi gereksinimi ortadan kalkar (Çavuşoğlu, 1981).



Şekil 2.10 Vakumlu sıcak kamara tipi basınçlı döküm makinası (Çavuşoğlu, 1981)



Şekil 2.11 Soğuk kamaralı basınçlı döküm makinasında vakum tipi metal transfer sistemi (Allsop ve Kennedy, 1983)

Soğuk kamara tipi vakumlu basınçlı döküm makinasında ise sızdırmazlığı sağlanmış baskı silindirisinin üst kısmına, vakum borusu aracılığı ile bağlanmış olan ve bir selenoid valf ile kontrol edilen vakum pompası vardır (Şekil 2.11). Pompanın yarattığı vakum etkisi, bekletme fırınından besleme borusu vasıtasıyla baskı silindirine sıvı metal alınmasını sağlar. Yeterli miktarda sıvı metal alımı sağlandıktan sonra selenoid vana yardımıyla vakum kesilir; baskı silindiri içindeki ergiyik itici piston tarafından kalıba basılır.

2.2 Basınçlı Döküm Alaşımları

Pres döküm yönteminde dökülecek alaşım seçilirken genel olarak şu özellikler göz önüne alınır:

1. dayanım ,süneklik , sertlik gibi mekanik özellikler
2. yaşlanma dayanımı
3. termal etkilere mukavemet
4. işlenebilirlik
5. parlatma, boyama vb bitirme işlemlerine uygunluk
6. korozyon direnci
7. ağırlık ve maliyet
8. pres döküm şartlarında vizkozite
9. kendini çekme katsayısı

Bu özellikleri sağlayan alaşımlar 6 gruba ayrılır. Bu alaşım grupları çinko, alüminyum, magnezyum, bakır, kalay ve kurşun alaşımlarından oluşmaktadır. Bunlardan, düşük ergime sıcaklığına sahip olan çinko, kalay ve kurşun alaşımları sıcak kamaralı makinalarla döküm için (metal enjeksiyonu) uygundur. Alüminyum, magnezyum ve bakır ise yüksek ergime sıcaklığına sahip olduklarından soğuk kamaralı makinalarla döküme (pres döküm) yatkındırlar (Çizelge 2.1).

Alaşımların muhtevası şarja bağlı olup alaşımlama işleminden önce harmanlama hesabı yapılır. Bileşimden sapmalar parçanın özelliklerini önemli derecede etkileyebileceğinden

hesabın iyi yapılması önemlidir. Malzeme içerisindeki empüritelerin esas kaynağı hurdalar ve yolluk, çıkıcı, parça fireleri gibi dökümhane artıklarıdır. Malzeme tamamen önceden hazırlanmış alaşım veya ingotlardan oluşabileceği gibi hurda ve artıklardan da yararlanılabilmektedir. Genel uygulamada şarjın yarısı yeni metalden diğer yarısı artıklardan karşılanmaktadır. Kaliteli üretimin temel koşulu standart şartnamelere dayanan özelliklerde alaşımların satın alınması veya imal edilmesidir. Standart pres döküm alaşımlarının özellikleri ASTM tarafından belirlenmiş olup bir çok üretici bunları kullanmaktadır.

2.2.1 Çinko alaşımları

Pres döküm alaşımlarının %60'ını çinko esaslı alaşımlar oluşturur. Bunun temel nedeni çinko alaşımlarının kolay ve hızlı dökülebilmesidir. Ayrıca döküm sıcaklıklarının düşük olması bu alaşımları ergitme ve kalıp imal masraflarını düşürmektedir. Bunun yanı sıra mekanik özelliklerinin ve işlenebilirliklerinin yüksek oluşu ve ucuz olmaları dolayısıyla çinko alaşımlarını avantajlı kılmaktadır.

Otomotiv endüstrisi çinko alaşımlarının en çok kullanıldığı sektördür. Bir otomobil başına düşen çinko esaslı basınçlı döküm miktarı 20 kg kadardır. Ayrıca çinko esaslı alaşımlar elektrikli ev aletlerinde de çok kullanılan bir malzemedir. Bunlar çalışma sıcaklığı 90°C'nin üzerinde olan uygulamalarda yüksek genleşme katsayılarından dolayı tercih edilmezler. 35°C'nin altında ise darbe dirençleri çok zayıftır. Ayrıca yorulma dirençleri düşüktür.

Çinkoya %3.5-4.3 oranında alüminyum ilavesi mukavemeti, akışkanlığı ve dökülebilirliği artırır. Alüminyum %3.5'den az olursa dökülebilirlik çok düşer; alaşım makina ve kalıp üzerinde yıpratıcı etkiler gösterir. Alüminyum oranının %4.3'ü geçmesi halinde ise süneklik ve darbe direnci azalır. Alaşıma %0.05'in altında magnezyum katılması yüzey altı korozyon eğilimini engeller. Ancak bu değer aşılması halinde malzemenin sıcak gevreklik eğilimi artar.

Çinko alaşımlarına, empüritelerin etkilerini azaltmak ve sertlik ve mukavemet değerlerinde az da olsa bir artış sağlamak amacıyla %1.25'e kadar bakır ilave edilebilmektedir. Bakırın daha yüksek oranlarda kullanılması sünekliğin önemli mertebede azalmasına neden olur. Demirin çinko alaşımlarına önemli etkileri olmamakla birlikte yüksek oranlarda bulunması kırılmalığa yol açar. Kurşun, kadmiyum ve kalay, magnezyum ilavesi ile kontrol edilirler. Bu elementlerin üst limitleri aşması tanelerarası çatlama ve yüzey altı korozyonuna neden olur. Hurdalardan çok az miktarlarda silisyum, mangan ve nikel geçişi olsa da bunların alaşım özelliklerine önemli tesirleri yoktur (Çavuşoğlu, 1981).

2.2.2 Alüminyum alaşımları

Alüminyum esaslı alaşımlar özellikle hafiflik, uzun süreli yüzey parlaklığı, mükemmel korozyon direnci, elektriki ve ısı iletkenlik, normal altı sıcaklıklarda özelliklerin bozulmaması gibi özelliklerinden dolayı ve maliyet açısından ağırlık dikkate alındığında çelik ve dökme demir ile rekabet edebilmeleri nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. En çok kullanıldıkları alanlar küçük elektrik motorları, uçak, optik aletler, ev aletleri ve büro makinalarıdır.

Alüminyum esaslı basınçlı döküm alaşımlarında demir genellikle %0.8-1.2 arasındadır. Bu orandaki demir dökülen metalin kalıba yapışma eğilimini azaltır, sıcak mukavemeti artırır ve sıcak çatlamaı minimuma indirir. Alaşımda mangan (max %0.5) ve silisyum bulunması halinde demir oranı %0.8'i geçmemelidir. Alüminyum alaşımları aşırı ısıtıldığında (665°C) yüksek oranda demir toplanması meydana gelir. Bu toplanma yalnız döküm kalitesini bozmakla kalmayıp ergitme ve döküm cihazlarının metalik kısımlarının da ömrünü azaltır.

Krom normal hallerde %0.25 ve altında değerlerde bulunur. Nikel oranı max %0.5 olmasına rağmen özellikle yüksek sıcaklık alaşımları için %3 oranına kadar bulunması arzu edilir. Çinko, alüminyum alaşımları için bir empürite olup gevreklik ve çatlamaıya neden olur ve %0.1'in altında kalması gerekir. Magnezyum oranı genellikle %0.1'dir. Magnezyumun artışı ergiyiğin akışkanlığını ve sertliğini artırır, uzamayı ve darbe direncini azaltır (Çavuşoğlu, 1981).

2.2.3 Magnezyum alaşımları

Magnezyum alaşımları pres dökümde hafifliğin ana faktör olduğu uygulamalar için tercih edilmektedirler. Büro makinaları, elektrik motorları ve tekstil makinaları parçalarının imalinde; oyuncak, konveyör ve uçak sanayilerinde magnezyum alaşımlarından faydalanılmaktadır. En çok kullanılan magnezyum alaşımları ASTM AZ 91 A ve ASTM AZ 91 B alaşımlarıdır. Alaşımlama da temiz ingot kullanılsa dahi ön ergitme ve temizleme işlemleri gerekir. Ön ısıtma işlemleri özellikle eski metal artıkları kullanıldığında zaruriyet haline gelmektedir. Saflaştırma yaklaşık olarak 705°C'ta uygun bir flaks ilavesi ile 10-15 dakika bekletilerek yapılır. Flaks genellikle MgCl₂, KCl ve diğer klorürler ile az miktarda CaF₂ içerir. Flaks ağırlığı ergimiş metal ağırlığının %1-3'ü kadar olup ergitilecek malzemenin temizliğine bağlı olarak kullanılır. Ergimiş metal pislik olarak yağ, oksit ve metalik empüriteler içerebilir. Flakstan oluşabilecek enklüzyonlar korozyona sebep olurlar. Berilyum ve magnezyum oranları ergitme ile düşeceğinden bu kaybı önleyecek miktarda takviye yapmak gerekir. Bileşim kimyasal veya spektroskopik olarak kontrol edilir. Magnezyum alaşımlarına mukavemet ve sertlik kazandırmak, döküm özelliklerini düzeltmek için alüminyum katılır. Aşırı alüminyum ilavesi segregasyonu kolaylaştırır. Uygun miktarda çinko ilavesi korozyon direncini artırır ve alüminyum ile birleştğinde mekanik özellikleri iyileştirir. Fazla miktarda çinko ilavesi sıcak çatlama eğilimini artırır.

2.2.4 Bakır alaşımları

Bakır esaslı alaşımların ve özellikle pirinçlerin yaygın olarak kullanılmalarının nedeni mukavemet, korozyon ve aşınmaya karşı direnç gibi özelliklerinin iyi olmasıdır. Özellikle aşınmaya, yorulmaya ve korozyona direnç istenilen uygulamalarda kullanılırlar. Ergime sıcaklığı yüksek olduğu için kalıp ömrü kısadır.

Alaşımlarda bileşim kontrolü şarja bağlıdır. Önceden hazırlanmış alaşım veya ingot kullanılabilir. Döküm ve işlem artıkları beraber olarak ergitilebilir. Eğer bileşim ayarlanacaksa bu ergitme esnasında yapılır. Şarjda tamamen hurda kullanılıyorsa flaks ilavesi gereklidir. Bakır esaslı pres döküm alaşımlarında kalay sertliği artırıcı rol oynar.

Kalay oranının %1'i geçmesi işlenebilirliği önemli ölçüde düşürür; ancak diğer taraftan korozyon dayanımında önemli artış sağlar. Demir oranı genellikle %0.25 civarında tutulur. Bu oranın üzerinde korozyon direncinde düşme gözlenir. Silisyum ergime sıcaklığını düşürür, akıcılığı ve mekanik özellikleri artırır. Kurşun işlenebilirliği artırır ve %0.20 oranına kadar kullanılır. Bunun üzerindeki değerlerde sıcak yırtılma eğilimi artar.

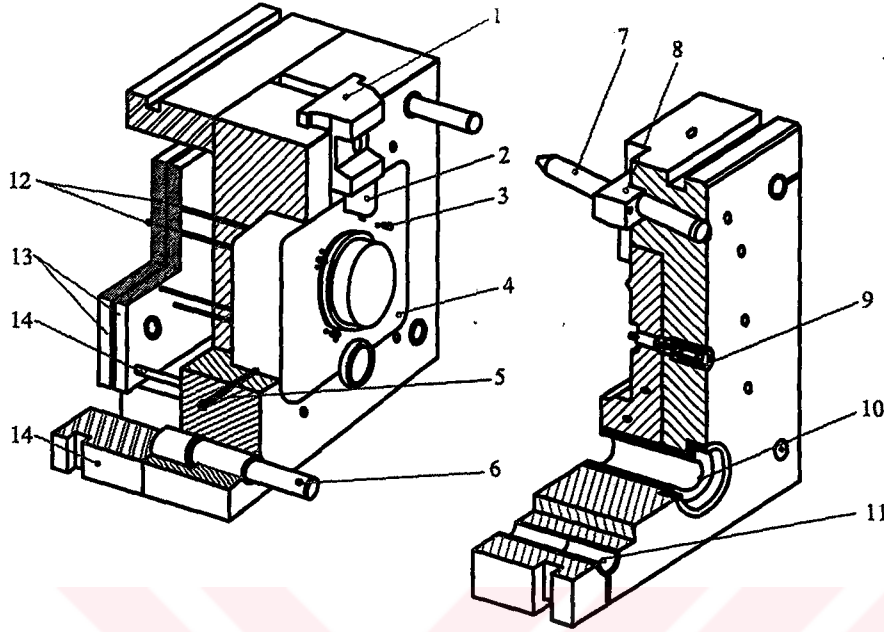
2.2.5 Kurşun ve kalay alaşımları

Kurşun ve kalay alaşımlarının mekanik özellikleri çok düşük olduğundan bu alaşımlar toplam alaşım tüketimi içerisinde küçük bir yüzdeye sahiptirler. Bu alaşımlar özellikle korozyon direncinin esas olduğu uygulamalarda tercih edilmektedirler. Kalay esaslı alaşımların basınçlı dökümde kullanımı çoğunlukla sürtünmeye karşı çalışacak yatakların imalinde olmaktadır. Ancak daha iyi yatak malzemelerinin geliştirilmesi ile kalay esaslı alaşımların bu alandaki kullanımı azalmıştır.

Kurşun alaşımları ise daha çok, kuvvetli asitlere karşı direnç istenilen akümülatör parçaları, kimyasal aparatlar ve yangın söndürme teçhizatlarında kullanılmaktadır. Kurşun ayrıca X ışınlarını geçirmemesinden dolayı röntgen aparatlarında ve yüksek yoğunluğundan dolayı regülatör ağırlıklarında da kullanılmaktadır (Çiğdemoğlu, 1972).

2.3 Kalıplar

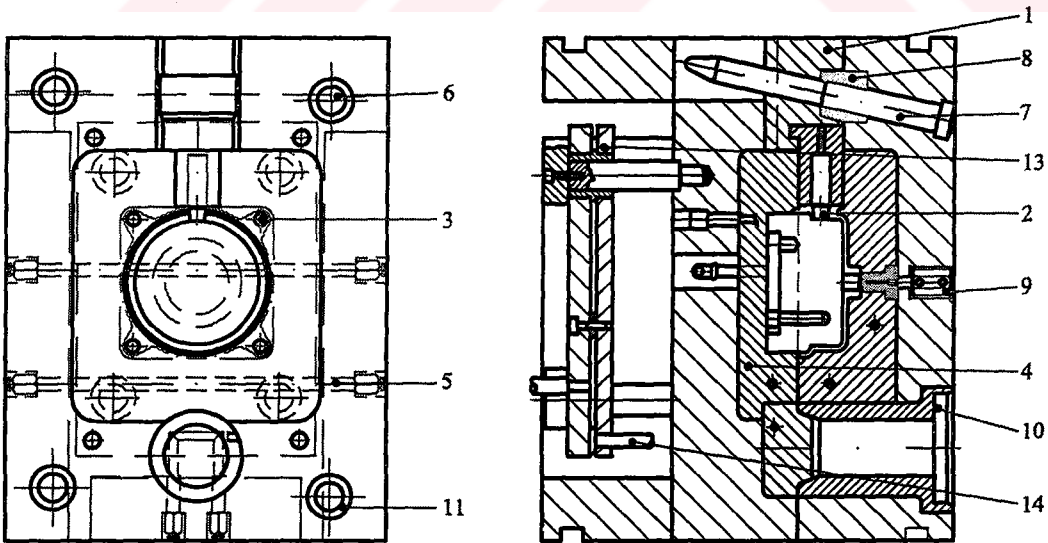
Basınçlı döküm kalıpları, üzerine, dökülecek parçanın gravürü, ana yolluk ve metal giriş kanalları işlenmiş olan iki kalıp yarımından meydana gelir. Makinaya monte edilen bu kalıp yarımından biri sabit, diğeri hareketli (ejektör) kalıp yarımıdır. Kalıpların karşılaşma yüzeyleri tam bir uyum sağlayacak şekilde olmalıdır. Enjeksiyon öncesi makina kalıpları birbirine kilitler ve dökümden sonra parça alınmak üzere tekrar açılırlar. Ergimiş metalin kalıp boşluğuna akmasını sağlayan besleme memesi sabit kalıp yarımında bulunur. Hareketli kalıp yarımı ise yolluk ve kanalları ihtiva eder. Şekil 2.12'de bir basınçlı döküm kalıbının ana parçaları gösterilmiştir.



1-hareketli maça tutucu
2-hareketli maça
3-sabit maça
4-erkek kalıp
5-erkek kalıp kanalı

6-kılavuz pimi
7-açılı pim
8-maça kilitleme kaması
9-dişi kalıp kanalı
10-sıvı metal besleme ağzı

11-kılavuz deliği
12-ejektör pimleri
13-ejektör plakası
14-ejektör geri dönüş pimi
15-temel plaka



Şekil 2.12 Basınçlı döküm kalıbı (Kaye ve Street, 1982)

Üretimin hızlı olması dökülen parçaların kalıptan hızlı çıkarılması ile direkt orantılıdır. Parçaların kalıptan çıkarılması genellikle bir plaka üzerine yerleştirilmiş pimlerle sağlanır. Bu plakaya ejektör (itici) plakası, pimplere de ejektör pimleri denir. Ejektör plakası kalıp tabanına monte edilir. Parça içerisindeki boş kısımları elde etmek için hareketli kalıp yarımına yerleştirilmiş sabit maçalar kullanılır. Bunlar kalıp hareket yönüne paraleldirler ve parça kalıptan çıkarılırken itici pim vazifesi de görürler. Yerleşim yönü hareket yönüne paralel olmayan maçalara ise hareketli maçalar denir ve bir mekanizma ile parça kalıptan çıkarılmadan yerlerinden alınırlar. Maçalar çok ince ve derin deliklerin yapılmasında kullanılamazlar. Kalıba metal basıldığında kalıp içerisindeki havanın çıkabilmesi için kalıp yüzeylerine 0.150-0.375 mm derinliğinde kaçma kanalları açılır. Uygun havalandırma sağlanamaması halinde parça boşluklu olacaktır (Çavuşoğlu, 1981).

Pres döküm üretim kalitesi ve hızı kalıpla direkt ilişkilidir. Kalıbın çalışma esnasında mümkün mertebe az problem çıkarması (yağlama, temizlenme, aşınma vs) ve uzun ömürlü olması için dizayn aşamasında son derece titiz davranılmalıdır. Uygun bir dizayn ve malzeme seçimi ile elde edilebilecek kalıp ömrü:

- çinko ve kurşun ve kalay alaşımları için 100.000-1.000.000 baskı
- magnezyum alaşımları için 125.000-250.000 baskı
- alüminyum alaşımları için 100.000-200.000 baskı
- bakır alaşımları için 10.000-20.000 baskı civarındadır (Ayhan,1992).

2.3.1 Kalıp malzemeleri

Kalıp yapımında kullanılacak malzeme kalıbın ömrüne ve dökümün başarısına doğrudan etki eder. Kalıplar büyük ısı ve basınç etkileri altında çalışacağından kalıp malzemeleri belirli özellikleri sağlamalıdır. Basınçlı döküm kalıbı imalinde kullanılacak çeliklerden şu özellikler beklenir:

1. Yapısal sağlamlık ve homojenlik: Basınçlı döküm kalıpları ergiyik metalin yüksek basınç altında enjeksiyonu sonucu periyodik olarak ısı şoka maruz kalırlar. Şayet kalıp

malzemesinde özellikle yüzeye yakın kısımlarda küçük de olsa bir hata varsa yüksek basınç nedeni ile bu hata hızla büyüyecektir. Böyle bir hatanın varlığı fark edildiğinde kalıp mümkünse tamir edilir. Tamir mümkün değilse hatalı parça imalini engellemek için kalıp ıskartaya ayrılır. Bu gibi durumlarla karşılaşmamak için kullanılan malzemenin mutlaka homojen, sağlam ve çatlaksız olması gerekir. Yüksek kaliteli takım çeliklerinin kullanılması bu tip hataların ortaya çıkmaması için tavsiye edilir.

2. İşlenebilme özelliği: Kalıp imalatının en zor ve pahalı yanı kalıp çeliğinin işlenmesidir. İşlenecek çelik tamamen normalleştirilmiş olmalıdır. Kalıp imalatında karşılaşılan ikinci büyük sorun biten kalıbın sertleştirilmesidir. Çinko ve alaşımlarının basınçlı dökümünde kullanılan kalıpların imalinde, önceden 200-300 HB e kadar sertleştirilmiş çelikler kullanılır. Bunların işlenmesi zor fakat imkansız değildir. Kalıp imalinde mümkün mertebe işlenmesi kolay malzemeler tercih edilmelidir. Çinko esaslı alaşımlarla çalışılacaksa kalıp yaşlandırma suretiyle sertleştirilebilir.

3. Isıl kaynaklı çatlamalara karşı dayanım: Basınçlı döküm kalıpları için en büyük arıza riski ısıl kaynaklı çatlamalardır. Bu tip çatlamlar kalıp yüzeylerinde küçük çatlaklar halinde ve ağ şeklinde ortaya çıkar. Bu çatlakların sebebi ergimiş metalin yüksek basınç altında kalıba basılması ile kalıp yüzeyine çarpan metalin bu yüzeyleri çok sıcak hale getirmesidir. Kalıp yüzeyi ergimiş metalin sıcaklığına saniyenin binde biri gibi bir zamanda ulaşır. Bu bariz bir termal şoktur. Bu tip çatlaklar daha çok alüminyum ve bakır gibi yüksek ergime noktasına sahip metallerin döküldüğü kalıplarda yaşanır. Günümüzde alüminyum alaşımlarını ısıl çatlamalara mahal vermeksizin ekonomik olarak dökülebilecek kalıp çelikleri vardır.

4. Deformasyon dayanımı ve sertleştirilebilirlik: Basınçlı döküm kalıpları yüksek kapama ve döküm basınçlarını karşılayabilecek sertlik ve dayanımda olmalıdır. Döküm sonunda kalıp yüzeylerinde küçük madeni parçacıklar yapışık kalabilir. Tam olarak temizlenmemeleri halinde bunlar kapama kuvvetinin etkisi ile kalıp yüzeylerine gömülürler. Buna yüzeyin çekiçlenmesi denir ve kalıp yüzeylerinin tamirini gerektirir. Kalıplar sertlik bakımından üç sınıfa ayrılırlar. Yumuşak kalıpların sertliği 85 HB ile 125

HB arasındadır. Kalıp boşluğu presleme ile açılan bu kalıplar düşük karbonlu çelikten yapılırlar ve ömürleri kısadır. Ön sertleştirmeli kalıp çelikleri 200-350 HB arasında bir sertliğe sahiptirler ve ergime noktası düşük malzemelerin pres dökümünde kullanılırlar. Kalıp ömrü uzundur. Sert kalıp çelikleri ise ısı işlemler sonucunda 375 ile 460 HB arasında bir sertliğe getirilirler. Ömürleri uzun olup yüksek ergime noktasına sahip malzemelerin dökümünde kullanılırlar.

5. Çentik darbe dayanımı: Basınçlı döküm kalıplarında kalıp malzemesinin kopma dayanımı üzerindeki yüklemeler, çentik etkisi oluşturan kısımlarda (keskin köşelerde ve küçük yuvarlatmalarda) gerilme yığılmalarına neden olarak çatlamalara sebebiyet verir. Bu çatlaklar zamanla büyüyerek kalıp için tehlikeli hale gelir. Bunun ortaya çıkmaması için keskin köşe ve küçük yuvarlatmaları ortadan kaldıracak parça ve kalıp konstrüksiyonlarına gidilmeli; gerilim yığılmalarını dağıtıp dengeleyebilecek kalıp çeliği seçimi yapılmalıdır. Çeliklerin gerilim yutma özellikleri, sağlamlıkları, şekil değiştirme yetenekleri, çarpma dayanımı ve çentik duyarlılığının bir fonksiyonudur. Genel olarak belirtmek gerekirse bir çeliğin sağlamlığı sertlikle ters orantılı olup kalıbın çalışma ömrü, ısı çatlamalar ve deformasyonlar kullanılan çeliğin sertliği ile ilişkilidir (Sönmez, 1995).

6. Dökülen alaşımın aşındırıcı ve silici etkisine karşı yüksek dayanım: Kalıp içerisine yüksek hızla giren ergimiş metalin kalıp yüzeylerinin aşındırma meyli vardır. Aşınmanın miktar ve hızı yolluk konstrüksiyonuna bağlıdır. Ancak kalıp çeliği de etkendir. %5 krom ve %1 molibden içeren çeliğe %1 oranında vanadyum ilave edilmesi aşınma dayanımını artırmaktadır. Aşınma problemi kalıplarda genellikle küçük bir alanda meydana geldiğinden aşınan bölge, kaynakla doldurulup temizlenerek tamir edilebilir. Ancak bu işlemden önce kalıbın tavllanması gerekir (Sönmez, 1995).

7. Yüksek ısı iletkenliği: Basınçlı döküm işleminde operasyon hızı geniş ölçüde kalıp çeliğinin ısı iletkenliğine bağlıdır. Kalıp çeliğinin ısı iletkenliği dökümden sonra parçanın katılaşması için ne kadar bekletileceğinin belirlenmesinde en önemli faktördür. Parça kalıp içerisinde ne kadar kısa zamanda katılaşır bir sonraki döküm işlemi o kadar çabuk başlar. Ancak döküm hızı ile kalıbın ısı iletkenliği uyumlu olduğunda verimli bir çalışma söz

konusu olabilir. Fakat bu, parçaların sağlamlığını temin edecek belirli bir sınırdan daha düşük olamaz.

8. Küçük ısıl genişleme katsayısı: İşletme sıcaklığında kalıp ölçü değişimlerinin ve çatlama minimum düzeyde kalması için çeliğin küçük bir ısıl genişleme katsayısına sahip olması istenir. Ferritik çelikler östenitik çeliklere göre daha küçük bir ısıl genişleme göstermektedirler. Kalıbın değişik kısımları döküm esnasında farklı sıcaklıklarda çalışmaktadır. Şayet hareketli maçalar ve çekme parçalarının genişmeleri kalıbinkinden büyük olursa bu parçalar sıkışarak arızalara yol açarlar.

9. Isıl işlemlerde ölçüsel stabilite: Basınçlı döküm kalıplarının değişik kısımları farklı kalınlıkta kesitlerden oluşur ve bunlar birbirine dökülecek parçanın yapısına uygun şekilde birleştirilmişlerdir. Bu tip bir parçanın ısıl işlem karakteristiklerinin oldukça kritik olduğu bir gerçektir. Basınçlı döküm kalıpları genellikle işlenip taşlandıktan hatta parlatıldıktan sonra ısıl işleme tabi tutulurlar. Bu nedenle ısıl işlem sonrası meydana gelebilecek şekil değişimleri yeniden talaş alınarak düzeltilemez. Diğer taraftan talaş kaldıracak bir fazlalık da yoktur. Bunun için ısıl işlem sonrasında çarpılma, genişleme, çekme, karbon bileşimi değişimi, oksitlenme, çukurlaşma, pullanma veya çatlama eğilimi göstermeyecek malzemeler seçilmelidir. Çarpılma ve ölçüsel değişimleri minimuma indirebilmek için mümkünse hava çelikleri kullanılmalıdır. Çelik seçiminde martenzitik yapı çeliklerin tercih edilmesi tavsiye edilir. Sonuç olarak çelik, karbon, azot ve diğer elementleri ısıl işlem süresince alıp vermemelidir. Aksi takdirde kalıp yüzeyi bozulacak, oksidasyon, çukurlaşma, pullanma gibi durumlar ortaya çıkacaktır ki bu da kalıp yarımlarının uyumlu çalışmasına engel teşkil eder. Bununla birlikte ısıl işlem sektöründeki gelişmeler işlem esnasında ortamı kontrol altında tutacak ve yüzeyleri koruyacak bir çok metodu beraberinde getirmiştir (Sönmez, 1995).

Çinko esaslı alaşımlar için kalıp ve kalıp ilavelerinde kullanılması önerilen malzeme P20'dir. Ancak kalıpla 1.000.000 adet ve üzerinde baskı yapılacaksa H13 kullanılmalıdır. Alüminyum ve magnezyum alaşımlarında H11 ve H13 kullanılması tavsiye edilir. Her üç alaşım grubunda ejektör pimleri ve maçalar H11, H12 veya H13 den yapılabilir. Bakır

esaslı alaşımlar için hem kalıp malzemesi hem de maça ve ejektör malzemesi olarak H20, H21, H22 kalitesinde çeliklerle çalışılmalıdır. Sözü edilen malzemelerin içerikleri şu şekildedir:

- P20 düşük karbonlu kalıp çeliği olup %0.30 C, %0.75 Mn, %0.80-1.20 Cr, %0.25-0.40 Mo ve % 0.50 Si içerir.
- H11, H12, H13 Kromlu sıcak işlem takım çelikleridir. Bileşimlerinde %0.35-0.40 C, %5.00 Cr, %1.50 Mo, %1.00 Si %0.40 Mn ve %0.40-1.00 V bulunur. H12 bunlara ek olarak %1.50 W içerir.
- H20, H21, H22 Wolframlı sıcak iş takım çelikleri olup %0.35 C, %2.00-3.50 Cr ihtiva ederler. Bileşimdeki wolfram yüzdesi ise sırası ile %9, %9.5 ve %11 dir (Çavuşoğlu, 1981).

2.3.2 Kalıp sıcaklığı

Basınçlı dökümde en önemli konulardan biri de kalıp sıcaklığıdır. Kalıp dizaynına ve kesit kalınlığına bağlı olarak ısıl ayarlamalar yapılır. Sürekli çalışmada kalıbın tutulması gereken sıcaklık limitleri; ergiyik sıcaklığı, parça kütlesi, döküm hızı, gravür yüzey alanı ve kesiti ile soğutma şartlarına bağlı olarak seçilir.

Kalıp gereğinden soğuk ise yetersiz besleme meydana gelebilir ve parçada boşluklar oluşabilir. Kalıbın istenilen kısımları (örneğin çıkıcılar) bakır ilaveler ve sıyırma tipi ısıtıcılar kullanılarak ısıtılır. İnce kesitler metal giriş ağzından uzakta ise döküm çevresine kanallar ilave edilerek ince kesitli bölgelerde metal akışı artırılabilir. Kalıp sıcaklığı gerekenden fazla ise kalıp daha kolay tahrip olur. Soğuma daha geç olacağından üretim daha yavaş gerçekleşir. Kalıp sıcaklığının artması soğutma kanalları ile kontrol edilir. Çinko alaşımları için uygun kalıp sıcaklığı 165-245°C'dir. İnce kesitli parçalar için üst, kalın parçalar için alt limite yakın sıcaklıklarda çalışılır.

Alüminyum esaslı alaşımlar için çinko alaşımlarına göre daha yüksek kalıp sıcaklıkları ile çalışılır. Kalın parçalar için 220°C ve üzerinde, ince kesitli parçalar için 315°C ve altında

kalıp sıcaklıkları tercih edilir. Alüminyum alaşımlarında yüksek sıcaklık ihtiyacı ve oksitlenme eğiliminden dolayı kaliteli döküm elde etmek çinko esaslı alaşımlara göre daha zordur. Alüminyum, kalıp sıcaklığının artması ile kalıp çeliğine yapışma eğilimine girer.

Magnezyum alaşımları için optimum sıcaklık aralığı 245-275°C'dir. Çok ince kesitli parçalarda kalıp malzemesine bağlı olarak üst sınır 300°C'ye kadar çıkarılabilir.

Bakır alaşımları için uygun kalıp sıcaklıkları 315-700°C arasındadır. Kalıp ömrünün uzun olması için alt değere yakın çalışılması önerilir (Çavuşoğlu, 1981).

2.3.3 Kalıp yağlayıcıları

Kalıp yağlayıcısının temel fonksiyonu kalıp yüzeyi ile döküm parçası arasında ince bir film tabakası oluşturarak ergimiş metalin kalıba yapışmasını önlemektir. İdeal yağlayıcı:

- Alaşım ile kalıp arasında iyi bir ayırıcı yüzey oluşturur.
- Alaşımın kalıba yapışmasını önler.
- Kalıp yüzeyleri dışında itici pimlerinin ve maça boşluklarının yağlanmasına da uygundur.
- Enjeksiyon esnasında kalıp ile malzeme yüzeyi arasındaki sürtünmeyi azaltır.
- Metalin akıcılığını etkilemez.
- Dökümün yüzey kalitesini bozamaz.
- Kalıp ve alaşım ile reaksiyona girmez.
- Kolayca uygulanabilir.
- Maliyeti yüksek değildir.
- Yangın tehlikesi ve sağlığa zararlı etkiler oluşturmaz.
- Parça dayanım ve kalitesini etkilemez.
- Döküm sonrası bitirme işlemlerini zorlaştırıcı etkisi yoktur.

Ancak bu özelliklerin hepsini birden sağlayan bir yağlayıcı yoktur. Yağlayıcı seçimi alaşıma, kalıp ve metal sıcaklığına ve dökülecek parçanın fonksiyonuna bağlı olarak

yapılır. Örneğin dekoratif maksatla kullanılacak bir parçanın dökümünde yüzey kalitesini minimum düzeyde etkileyecek bir yağlayıcı kullanılırken karmaşık şekilli bir parçanın dökümünde iyi bir ayırıcı yüzey oluşturacak yağlayıcı tercih edilir (Ayhan, 1992).

Çinko alaşımları için başlıca iki tür yağ kullanılır. Çözünür solvent ve su karışımlı yağlayıcılar. Çözünür solvent yağlayıcılar yağ ve alkolü eriyik karışımları ile yağ ve kerosin karışımları olup bazen grafit ilave edilir. Bu yağlayıcılar kalıbı korudukları gibi ejektör pimlerini de yağlarlar ancak soğutucu etkileri yoktur. Su karışımlı yağlayıcılar ise koloidal grafit ve silisyum emülsiyonu olup kalıbı hem korur hem de soğuturlar. Ancak ejektör pimlerini koruyucu vazife görmezler. Pimleri yağlamak için başka bir yağlayıcı kullanılır.

Alüminyum esaslı alaşımlar için başlıca dört tip yağlayıcı vardır. Bunlar boya bileşikleri, grafit yağlayıcılar, yağ grafit karışımları ve sulandırılmış bileşiklerdir. Boya bileşikleri boya ve yağ karışımlarıdır. Boyanın ergime derecesi dökülecek alaşımın ergime derecesinden daha yüksek olmalıdır. Böylece döküm yüzeyinde hataların oluşumu önlenmiş olur. Ancak boyanın kalıp yüzeylerine yapışarak kalıp toleranslarını etkilemesi söz konusu olabilir. Bu durum kostik sıvılarla kalıbın sık sık temizlenmesi ile önlenir. Grafit yağlayıcılar normal ve düşük sıcaklıkta kullanılan kalıplar için en uygun yağlayıcılarıdır. Mum, yağ ve grafit, kerosin ile karıştırılarak kalıp yüzeyine sürülür. Karıştırma ile grafitin homojen dağılımı sağlanmalıdır. Grafitli yağ ise daha yüksek sıcaklıklar için kullanılır. Bu tür yağlayıcılarda karbonlaşma daha yavaştır. Sulandırılmış bileşikler ise grafit ve silisyum emülsiyonları olup suya oranları 1/30-1/100 arasında değişir.

Magnezyum alaşımları için çoğu kez yağlama gerekmez . En çok görülen hatalar aşırı yağlamadan oluşur. Kalıp boşluğu yağlanacak ise bu çok ince olarak tabanca ile püskürtülerek yapılmalıdır.

Bakır alaşımları için yağlama ya tabanca ile yapılır veya hiç yapılmaz. Çünkü döküm esnasında yanmaları söz konusudur. Yağ kullanmanın zorunlu olduğu kalıp kısımları için grafit yağ karışımı kullanılabilir (Çavuşoğlu, 1981).

2.4 Fırımlar

Basınçlı döküm yönteminde fırınlardan üç farklı şekilde yararlanılmaktadır:

- a) Yeni ingot ergitme,
- b) Dökümhane hurda ve artıklarını tekrar ergiterek uygun ilavelerle istenilen bileşimi sağlama,
- c) Ergitilmiş metalin sıcaklığını döküm sıcaklığında tutma ve enjeksiyon kamarasına besleme.

Küçük kapasiteli dökümhaneler dışında ergitme ve bekletme değişik tip ve büyüklükte fırınlarda yapılır. Küçük kapasiteli dökümhanelerde ekonomiklik için hurda ve ingotu birlikte kullanma zorunluluğu vardır. Ancak bu durumda bileşimi ve döküm sıcaklığını kontrol etmek daha zordur. Alaşımlara göre uygun fırın tipleri aşağıdaki gibidir:

a) Çinko alaşımları: Çinko esaslı alaşımların ergitilmesi ve bileşimlerinin ayarlanması için genellikle pota fırını kullanılmakla birlikte daldırma tüp fırınları ve endüksiyon fırınları da kullanılır. Kullanılacak fırın kapasiteleri pres döküm makinasının kapasitesine ve hızına, parça boyutlarına ve yapılacak üretim miktarına bağlıdır. Pratikte kullanılacak ergitme fırınları 1saatlik üretim için gerekli olan ergimiş metal miktarının 5-7 katı kapasitede seçilirler. Pota fırınlarında ergitme için gerekli ısı gaz veya fuel-oil ile sağlanmakta; ayrıca rezistanslı ısıtma da yapılabilmektedir. Hat frekanslı endüksiyon ocaklarının avantajı ısı kaybına daha az imkan vermesi ve daha homojen bir bileşim sağlamasıdır. Buna karşılık fırın fiyatı yüksektir. Ergitme ve bekletme fırınlarının her ikisinde de hassas bir sıcaklık kontrol sistemine ihtiyaç vardır.

b) Alüminyum alaşımları: Alüminyum esaslı alaşımların ergitilmesinde genellikle gaz brülörlü fırınlar tercih edilmektedir. Bunun nedeni ilk yatırım, işletme ve tamir masraflarının düşük olmasıdır. Pota fırınları, çinko alaşımları için kullanılanlara benzer. İnce bir metal kabuk izolasyon ve ateş tuğlası ile örülmüştür. Ergimiş metal bekletme potası küresel grafitli dökme demir veya seramiktedir. Daha büyük miktarda ergitme gerektiği durumlarda Reverber tipi fırınlar kullanılabilir. Bunlar bekletme fırını olarak

kullanılmazlar. Elektrik fırınları endüksiyon, radyasyon veya kondüksiyonla ısıtılabilir. Genellikle kanal endüksiyon fırınları ve düşük frekanslı endüksiyon fırınları kullanılır.

c) Magnezyum alaşımları: Magnezyum esaslı alaşımların ergitilmesinde gaz ile ısıtılan pota fırınları (sabit veya vibrasyonlu) ve çekirdeksiz endüksiyon fırınları kullanılır. Reverber fırınlarının uygulama alanları sınırlıdır. Küçük çaplı işler için sabit açık pota fırınları ile çalışmak yeterli olur. Orta büyüklükteki çalışmalarda metalin potaya yapışmasını engellemek için titreşimli fırınlar kullanılabilir. Büyük çaplı üretimlerde çekirdeksiz endüksiyon fırınları idealdir. Genel olarak magnezyum için kullanılan ergitme ve bekletme fırınları konstrüksiyon açısından çinko alaşımları için kullanılanlara benzer. Ancak ergimiş magnezyum, bazı refrakterlerle ve demir oksitle şiddetli kimyasal reaksiyon verdiği için bazı özel tedbirler gerektirir.

d) Bakır alaşımları : gazla ısıtılan pota tipi fırınlar, bakır esaslı alaşımların ergitilmesi ve bekletilmesi için en yaygın kullanıma sahip fırınlardır. Bunlar çinko alaşımları için kullanılan fırınların benzeridir. Potalar genellikle silisyum karbürden imal edilir. Astarlar 80 saatlik çalışmadan sonra değiştirilmeli veya tamir edilmelidir. Bakırın ergitilmesi için endüksiyon fırınları da kullanılabilir. Bunların pota fırınlarına göre, daha az cüruf, daha hızlı ergitme, daha hassas sıcaklık ve bileşim kontrolü, daha az gaz absorpsiyonu ve daha kolay çalışma imkanı gibi avantajları vardır. Endüksiyon fırını astarı 6-9 aylık çalışma sonunda yaklaşık bir haftalık bir tamir süreci gerektirir. Tamir masrafı gaz ile ısıtılanlara göre daha azdır. Bu fırınların en büyük dezavantajları pahalı olmalarıdır (Çavuşoğlu, 1981).

2.5 Basınçlı Dökümde Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri

Basınçlı dökümde kalıplarda yaşanan önemli hatalar yorulma çatlama, termal şok çatlama, plastik şekil değiştirme, kırılma, erozyon ve korozyondur. Bu hataların ana nedenleri ise şunlardır:

1. Yanlış kalıp malzemesi seçimi: Daha önce de bahsedildiği gibi kalıp malzemesi işleminde çok önemli bir etkidir. Malzemenin kesinlikle dökülecek sıvı metale uygun olması gerekir. Aksi takdirde yukarıda bahsi geçen tüm hatalar ortaya çıkabilecektir.
2. Hatalı kalıp dizaynı: Kalıpta ince kesitler ve keskin köşeler kalıp erozyonuna neden olmaktadır. Ayrıca besleme ağzının gerekenden küçük olması daha yüksek basınç gerektirir ve kalıbın aşınması kolaylaşır. Ayrıca bu durum sıvı metal hızını yükselteceğinden erozyon ihtimali artar.
3. Kalıp yüzey kalitesinin yetersizliği: Düzgün ve çatlaksız bir kalıp yüzeyi erozyon riskini çok azaltacaktır.
4. Bilinçsiz ve homojen olmayan ön ısıtma: Ön ısıtma sıcaklığının alaşıma uygun olması şarttır. Bu değer çinko alaşımları için 150-200°C; alüminyum alaşımları için 250-300°C; bakır alaşımları için 300-350°C'dir. Yetersiz ve homojen olmayan bir ön ısıtma işlemi sıvı metalin akıcılığını düşüreceğinden kalıbın mekanik zorlamalara ve aşınma etkilerine daha çok maruz kalmasına neden olacaktır.
5. Üretim parametrelerinin yanlış seçilmesi: Özellikle enjeksiyon basıncı ve hızı, kalıp ve alaşım sıcaklığı gibi üretim kriterleri kalıp ömrüne direkt etkilidir. Düşük sıcaklıklarda çalışılması halinde ise alaşımın viskozitesi artacağından büyük enjeksiyon kuvvetleri gerekecektir. Yüksek enjeksiyon basıncı kalıbın gereğinden fazla zorlanmasına neden olacaktır ki bu durum yorulma çatlaklarını teşvik eder. Gerekenden yüksek sıcaklıklarda ise düşük basınç değerlerinde bile çalışılrsa yüksek ısı etkisi kalıbın aşınmasını ve termal şok etkisi ihtimali artar.
6. Hatalı soğutma: Soğutma kanallarının gereğinden büyük kesitlerde olması hızlı soğumaya neden olacağından alaşımın akıcılığını kötü etkiler. Küçük kesitlerde ise zamanla tıkanma ve yetersiz soğuma söz konusudur ki bu durum kalıp erozyonunu artırır.
7. Isıl işlem hataları: Kalıbın ısıl işleminin yanlış yapılması kalıpta ölçüsel hatalara, yüzeylerin bozulmasına ve malzemede iç gerilmelere yol açabilir. Ölçüsel hatalar kalıbın yeniden yapılmasına kadar varan sonuçlar doğurabilir. Yüzeylerin bozulması ise erozyon riskini artırır. Dökümdeki basınç etkisinin iç gerilmelerle birleşmesi durumunda ise kalıp çatlayabilir hatta kırılma söz konusu olabilir (Erdem, 1993).

Basınçlı döküm parçalarında görülen başlıca hatalar ise, tabakalaşma, çekme hataları, gözeneklilik, akış çizgileri, pullanma, sert noktalar ve yüzey çöküntüleridir. Bunların oluşum mekanizmalarına aşağıda kısaca değinilmiştir.

Tabakalaşma olayı parçada bileşimleri birbirinden farklı olan katmanların oluşmasıdır. Erken katılan dış kısımlar bileşimce zayıf, daha geç katılan iç kısımlar ise bileşimce zengindir. Tabakalaşma şiddeti kesit kalınlığına ve soğuma hızına bağlıdır. Bu sorun kalıp ağzındaki besleme kısmında daha çok görülmektedir. Temel çözümü homojen soğumanın sağlanmasıdır.

Dökülen parçanın katılması sırasında meydana gelen iç gerilmeler soğuma sonrasında çekme çatlaklarına sebep olabilirler. Ayrıca sıvı metalin maçalarla uzun süre temasta bulunması da çatlaklara sebep olabilmektedir.

Döküm yüzeyinde ince çizgiler oluşmasının nedeni, enjeksiyon esnasında kalıp gravürüne ayrı besleme kanallarından gelen akışların, erken soğuma nedeniyle birbirine kaynamamasıdır. Kalıp sıcaklığı düştükçe bu izler daha belirginleşir. Kalıp sıcaklığı artırılarak problem giderilebilir.

Pullanma olayı ise kalıbın dolumu devam ederken arkadan gelen sıvı metalin kısmen veya tamamen katılmış bir tabaka ile karşılaşması halinde ortaya çıkar. Bu durumda sıcak metal, soğuk metal ile kalıp arasına girerek döküm yüzeyine gevşek bağlanan ve kolayca soyulabilen pullu bir yapı oluşturur. Problem kalıp ve sıvı metal sıcaklıkları ile enjeksiyon hızının doğru seçimi ile giderilebilir.

Kalıbın şiddetli termik şoka veya lokal olarak aşırı ısınmalara maruz kalması halinde ise parça yüzeyinde homojen olmayan bir soğuma ve kendini çekme meydana gelir ve yüzey çöküntüsü denilen hata türü ortaya çıkar (Çavuşoğlu, 1981).

Gözeneklilik, özellikle karmaşık yapıları parçalarda çok karşılaşılan problemlerden biri olup döküm sırasında metal bünyesine giren gazların parçada oluşturduğu süngerimsi yapıdır. Gözenekliliğin temel nedenleri:

- kalıptaki ve besleme sistemindeki enjeksiyondan önceki hava boşluğu,
- kalıp ayırıcı yağların bir önceki işlemde gelen kalıntılarının yanması sonucu oluşan gazlar,
- piston ve kalıp elemanlarının yağlarından kaynaklanan gazlar,
- kalıp temizleme işleminde kalıpta kalan suyun buharı,
- sıvı metalin atmosferik basınç etkisi ile absorbe ettiği gazlar ve yüzeyinde oluşan oksit tabakasıdır.

Gözenekliliğin önlenmesi birinci derecede kalıp dizaynına bağlıdır. Kalıp elemanlarının uygun şekilde yerleştirilmesi ve hava çıkış deliklerinin yeterli adet ve büyüklükte olması gerekir. Ayrıca işlem esnasında kalıp, piston ve sıvı metal sıcaklıklarının iyi kontrol edilmesi ve makinanın çalışma parametrelerinin doğru şekilde seçilmesi de gözenekliliğin oluşumunu azaltır. Oluşan gözeneklilik ise genellikle empregasyon yöntemi ile giderilmektedir. Empregasyon, formüle edilmiş bir çamurun (macunun) parçada dökümün ilk aşamalarında oluşmuş gözeneklere emdirilmesidir (Karaosmanoğlu,1996).

Basınçlı dökümde kalıp ve parça hatalarına engel olmak için şu hususlar dikkate alınmalıdır:

1. Kalıbın bağlanacağı makina kalıp dizaynından önce belirlenmeli, kalıp ile makina arasında mükemmel bir uyum sağlanmalıdır.
2. Kalıp kilitleme gücü hesapla belirlenen değerlerin en az %25 üzerinde olmalıdır.
3. Besleme ağzı kalıp üzerinde akışı en iyi sağlayacağı yere konulmalıdır.
4. Dökülecek alaşım çok iyi tanınmalı ve kalıp dizaynında alaşımın özellikleri göz önüne alınmalıdır. Üretime geçildiğinde ise her zaman alaşımın bileşimine sadık kalınmalıdır.
5. Sıvı metal akışı için:

- kalıp içindeki en uzak noktaya direkt ulaşılabilecek yol seçilmelidir,
 - akış yönünün aniden değişmesi engellenmelidir,
 - maçalara ve kalıp duvarlarına ani çarpma engellenmelidir,
 - akışın bölünmeden tamamlanmasına çalışılmalıdır,
 - türbilans engellenmelidir.
6. Hava çıkış delikleri yeterli olmalıdır. Uygulamada yapılan en büyük hatalardan biri budur. Genellikle çıkış deliklerinin çapı hava çıkış hızının 500-600 m/sn olmasını gerektirecek kadar küçük seçilmektedir. Oysa ki pres döküm makinalarında piston hızı 6.5 m/sn kadardır.
7. Tüm üretim parametreleri ve işlem esnasında meydana gelecek ısı ve mekanik etkiler kalıp dizaynı aşamasında belirlenmeli; besleme memesi, ana yolluk, besleme kanalları ve soğutma kanalları için uygun kesitler bu değerlere göre hesaplanmalıdır.
8. Üretime geçilirken uygun ön ısıtma yapılmalı ve kalıbın soğumasına neden olan soğumalardan sonra ön ısıtma işlemi tekrar edilmelidir.
9. Yeni üretime sokulan kalıplarda 1000-2000 baskı arasında çalışma yüzeyinde oluşabilecek kılcal çatlaklar büyüteçle kontrol edilmelidir. Eğer gerekiyorsa kalıp 2 saatten az olmamak kaydıyla ilk menevişlemenin 10-15°C altında gerilme giderme tavlamasına tabi tutulmalıdır.
10. Her baskıdan sonra yüzeyin temizlenmesi ve soğutulması özenle yapılmalıdır. Bu amaçla özel yağlar kullanılması önerilir. Şayet grafit ve su kullanılacaksa kalıp yüzeyi aşırı soğutulmadan ve homojen bir şekilde yağlanmalıdır (Karaosmanoğlu, 1996; Erdem, 1993).

3. BASINÇLI DÖKÜMÜN BAZI FARKLI UYGULAMALARI

3.1 Yarı Katı Metal Dökme ve Dövme

3.1.1 Thixocasting ve Rheocasting (yarı katı metal dökme) yöntemleri

Bu yöntemler yabancı literatürde "semisolid metal casting" ismiyle anılmaktadır. Konuya ilişkin ilk çalışmalar 1971'de M.I.T. katılaşma laboratuvarında yapılmıştır. Yapılan ilk deneylerle A380 alüminyum alaşımının yarı katı fazda pres döküme elverişliliği araştırılmış ve %40 oranında katı içerdiği halde bile basınçlı dökümün gerçekleştirilebileceği saptanmıştır.

Yapılan diğer bir çalışmada ise yarı katılaşmış malzeme bir ön şekillendirme için döküldükten sonra tekrar sıvı-katı aralığına ısıtılarak basınçlı dökümü yapılmıştır. Katı-sıvı aralığındaki ikili fazın doğrudan pres döküm makinasına beslenmesine "rheocasting"; bir ön şekillendirmeden sonra katı-sıvı aralığına tekrar ısıtılarak dökülmesine "thixocasting" isimleri verilmektedir. Sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda bazı bakır alaşımlarının rheocasting ve thixocasting yöntemleri ile dökümü başarılmıştır.

Katılaşmanın belirli bir safhasından (%20 ve üzerinde katı oluşumundan) sonra büyüyen dentritler katı-sıvı bölgesinde sürekli bir kafes (iskelet) oluştururlar. Bir dereceye kadar tane boyutuna bağlı olarak sürekli bir katı şebekesinin oluşumu ile mukavemet artar. Mesela bir alüminyum alaşımında mukavemet 1 MPa'ya ulaşabilir. Metal alaşımı katılaşma sırasında kuvvetle karıştırılarak kesme gerilmeleri uygulandığında sürekli katı şebekesinin oluşumu yüksek katı oranlarına kadar geciktirilebilir. Bu durumdaki alaşım düşük viskoziteli bir çamur özelliği gösterir. Çünkü yapı dentritlerin katı ağları yerine sıvı içerisinde dağılmış küresel katı parçacıkları şeklindedir. Bu durumda alaşımın viskozitesi ağır makina yağı viskozitesi kadardır ve katı konsantrasyonuna bağlıdır. Ayrıca viskozite kesme hızına ve zamana da bağımlılık gösterir. Düşük kesme hızlarında çamur partikülleri birbirine bağlanarak viskozite yükselir (Çavuşoğlu, 1981).

İlk rheocasting çalışması 400 tonluk bir alüminyum pres döküm makinası ile A 380 alaşımı üzerinde yapılmıştır. Bu ilk deneyden sıvı metal ile yapılan dökümlerde kalıbın ısınma süresini belirlemek ve yarı katı metal ile yapılan dökümlerle mukayese yapmak amaçlanmıştır. Likidüs sıcaklığının üstüne ısıtılan sıvı metal grafit karıştırıcılar ile karıştırılarak fırın sıcaklığı önceden hesaplanan sıvı-katı aralığındaki bir sıcaklığa ulaşmaya kadar kontrollü olarak 2°C/dak hızla soğutulmuştur. Karıştırıcı hızı 400 dev/dak pota hızı ise 3 dev/dak seçilmiştir. Metal potadan önceden ısıtılmış el kepçeleri ile alınarak %40 katı fazında döküm makinasına beslenmiştir.

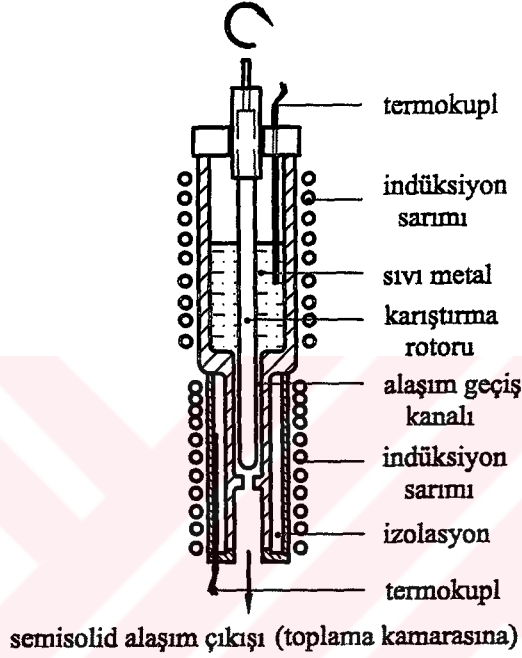
Thixocasting deneylerinde ise daha önce kum kalıplara dökülerek ön şekillendirmesi yapılan rheocast malzemeler dirençli elektrik fırınında sıvı-katı aralığına ısıtılıp pres döküm makinasına konulmuşlardır. Her iki yöntemle üretilen malzemelerin metalografik muayenelerinde iç yapı özelliklerinin birbiri ile aynı ve klasik döküm yöntemlerine göre farklılık gösterdikleri saptanmıştır.

Bakır esaslı alaşımlar üzerinde yapılan çalışmalarda ekonomik olarak basınçlı dökümle dökülemeyen SAE 836 (Cu - %10 Sn, %2 Zn) ve SAE 905 (Cu - %5 Sn, %5 Zn, %5 Pb) alaşımları ile çalışılmıştır. Normalde bu alaşımların pres dökümü için en az 1066°C sıcaklığa ihtiyaç vardır ve bu yüksek sıcaklık kalıpta çatlama ve deformasyon problemleri doğurur. Bu nedenle yüksek bakır içerikli alaşımların kum kalıba dökümü önerilir. Rheocasting ve Thixocasting yöntemleri ile bu alaşımların %55 katı fazda ve 982°C'de basınçlı dökümü yapılabilmektedir.

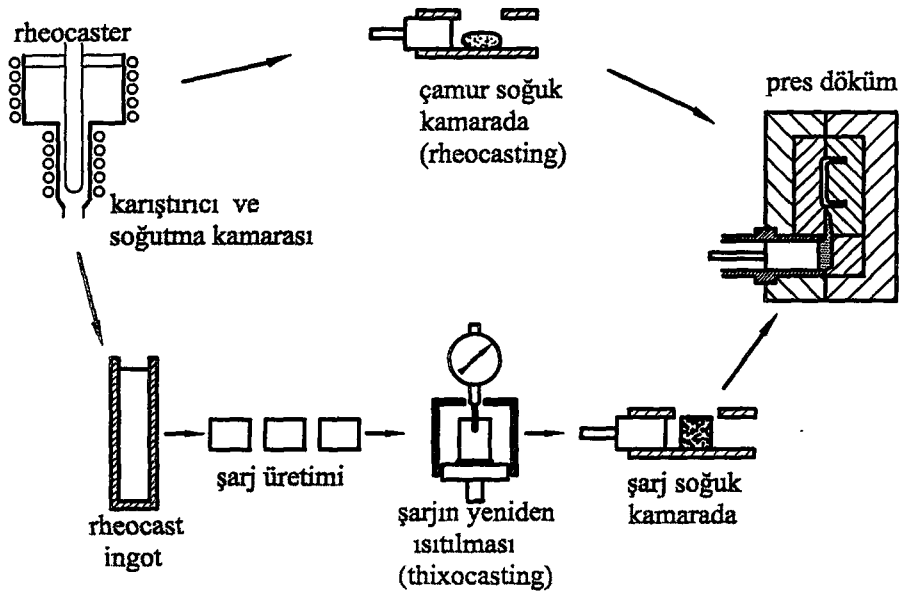
Rheocast dökümleri için vakum endüksiyon fırınında ve inert (argon) gaz atmosferi altında ergitilen alaşım likidüs sıcaklığından itibaren 2°C/dak'lık bir soğuma hızı ile soğutulmuş ve grafit kanatlı bir karıştırıcı ile 850 dev/dak hızla sürekli olarak karıştırılmış ve %55 katı fazında 400 tonluk bir soğuk kamara tipi pres döküm makinasına beslenmiştir.

Yöntemlerin en büyük avantajı düşük ısı ihtiyacıdır. Bu sayede kalıp problemleri azalır, kalıp aşınması yavaşlar ve kalıp ömrü uzar. Düşük ısıyla çalışılmasından dolayı kalıpta ve basma silindirinde termal şok meydana gelmez. Ayrıca soğuma daha çabuk gerçekleşeceğinden

çevrim süresi ve harcanacak enerji azalır. Klasik büyük fırınlarla çalışma gereksinimi ortadan kalkar. Semisolid dökümün önemli avantajlarından biri de alaşımın kalıba kısmen katılaşmış olarak girmesidir. Bu durumda alaşım daha viskoz olduğu için kalıp boşluğuna türbilanssız girer; bu da gaz boşlukları oluşumunu azaltır. Ayrıca kısmen katılaşmış metal, soğumada daha küçük çekmeler gösterir. Döküm yüzey kalitesi ve boyutsal hassasiyet daha iyidir. Ergitme söz konusu olmadığından çalışma ortamı daha sağlıklıdır (Çavuşoğlu, 1980; Kaye ve Street 1982).



Şekil 3.1 Yüksek sıcaklık rheocasterinin şematik gösterimi (Kaye ve Street, 1982)



Şekil 3.2 Semisolid döküm proseslerinin prensip şeması (Kaye ve Street, 1982)

3.1.2 Yarı katı metal dövme (semisolid metal forging)

Günümüzde yarı katı metal şekillendirmenin en yaygın ticari uygulaması, askeri sanayi, havacılık ve otomotiv endüstrilerinde yararlanılan alüminyum semisolid dövme parçalardır. Alüminyum dışında fazlaca başvurulmamakla birlikte çinko, bakır, magnezyum, titanyum ve demir alaşımlarının da yarı katı fazda şekillendirilmesi mümkün olabilmektedir (Şekil 3.3).

Yarı katı dövme olayı üç aşamadan meydana gelir. Önce uygun miktarda metal kesilir. Sonra ısıtılarak yarı katı kıvama getirilir. Son olarak da kalıba konulup dövülür. Prosesin kritik elemanları dövme presi, kalıplar, alaşım ve ısıtma metodudur. Dövme presleri farklı şekillerde olabilir, ancak değişik parçaların semisolid olarak dövülebilmesi için şekillendirme hızının ve basıncının kontrol edilebilir olması gerekir. Şekillendirme hızı üretilecek parçanın büyüklüğüne, geometrisine, kullanılacak alaşıma ve istenilen parça kalitesine bağlı olmakla birlikte yaklaşık 1270 mm/sn civarındadır. Uygulanan basınç da 140 MPa veya daha üzerindedir. Alüminyum alaşımlarının dövülmesinde kullanılacak kalıplar H13 takım çeliğinden, bakır alaşımlarının dövüleceği kalıplar ise H21 kalite çelikten yapılırlar. Kullanılacak alaşım önceden farklı bir yöntemle (MHDC) imal edilmiş dairesel kütükten kesilir. Bu kütükler 40-150 mm çapta bulunmaktadır.

Miktarı önceden belirlenen alaşım uygun çaptaki kütükten istenilen boyda kesildikten sonra yarı katı faza ısıtılır. Dövme işlemi saniyeler mertebesinde kısa bir sürede tamamlanır. Dişi kalıba konulan malzemenin erkek kalıbın hareketiyle kalıp boşluğuna akışı, çok düşük bir basınç etkisiyle meydana gelir. Basınç etkisi, yalnızca işlemin sonunda parçanın istenilen formu tam alması ve boşluksuz bir yapı oluşumunun sağlanması amacıyla artırılır. Yüksek basınç etkisi yalnızca bir kaç saniye uygulanır. Çünkü yüksek basınç etkisi altında alaşımdan kalıba daha hızlı bir ısı transferi meydana gelmekte ve soğuma süreci kısalmaktadır. Şekillendirme çevriminin tamamlanmasıyla kalıplar açılır ve parça alınır(ASM Volume 15, 1992).

Günümüzde yarı katı dövme sistemleri tamamen otomatik hale gelmiştir. Bu sistemlerle 20 gramdan 13.6 kilograma kadar parçalar, saatte 360 ile 1200 arasında değişen adetlerde

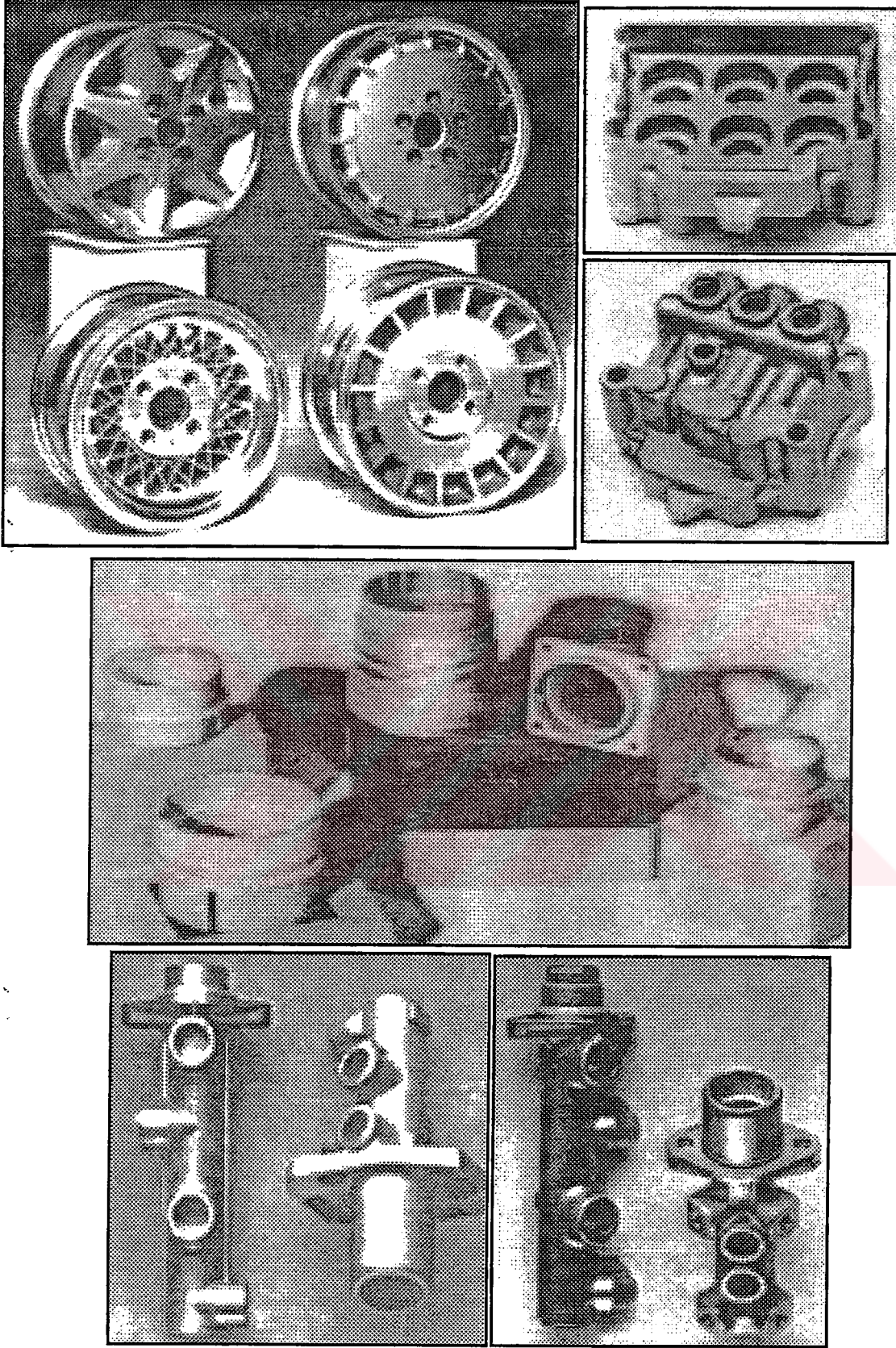
üretilebilmektedir. Daha seri preslerin ve çok gözlü kalıpların kullanımı ile üretim hızı daha da artırılabilir.

Sistemin sağladığı başlıca avantajlar şunlardır:

- Sistem sayesinde döküm ve dövme işlemlerinin özellikleri birleştirilmektedir.
- Prosesin kontrolü çok basitleşmektedir.
- Otomasyon sayesinde verimlilik artmaktadır.
- Düşük sıcaklıkta çalışılması ve kısa süreli basınç uygulandığı için kalıp ömrü uzamaktadır.
- Uygulanan yüksek final basıncıyla malzemenin kalıbı en ince kesitlerine kadar doldurması sağlanmaktadır.
- İşlem sonrası parçalar bitirme işlemi gerektirmeyecek bir yüzeye sahip olmaktadırlar.
- Yarı katı faza ısıtma işlemi, döküm için gerekli ısıtma ısısının %65'i gibi küçük bir enerjiyle sağlanabilmektedir.
- Sistem değişik alaşımlara uygulanabilmektedir.
- Malzeme yarı katı fazda kullanıldığı için kendini çekme olayı çok düşük oranda meydana gelir ve boşluksuz bir yapı oluşur.
- Kalıp içinde malzeme akışının laminer olması parçada gaz boşluklarının oluşumuna engel olmaktadır.
- Hızlı soğuma sağlanması sayesinde yüksek özellikler elde etmek için pahalı soğutma solüsyonları kullanmaya gerek kalmaz.

Buna karşılık semisolid şekillendirmeye dair bazı sınırlamalar da mevcuttur:

- Özel hazırlanmış bir hammadde (alaşım) kullanımını gerektirir.
- Alaşım maliyeti yüksektir.
- Alaşım kaynakları sınırlıdır.
- Kalıpları pahalıdır ve dizaynı çok özen gerektirir.
- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Yetenekli personel ile çalışmayı gerektirir (ASM Volume 15, 1992).

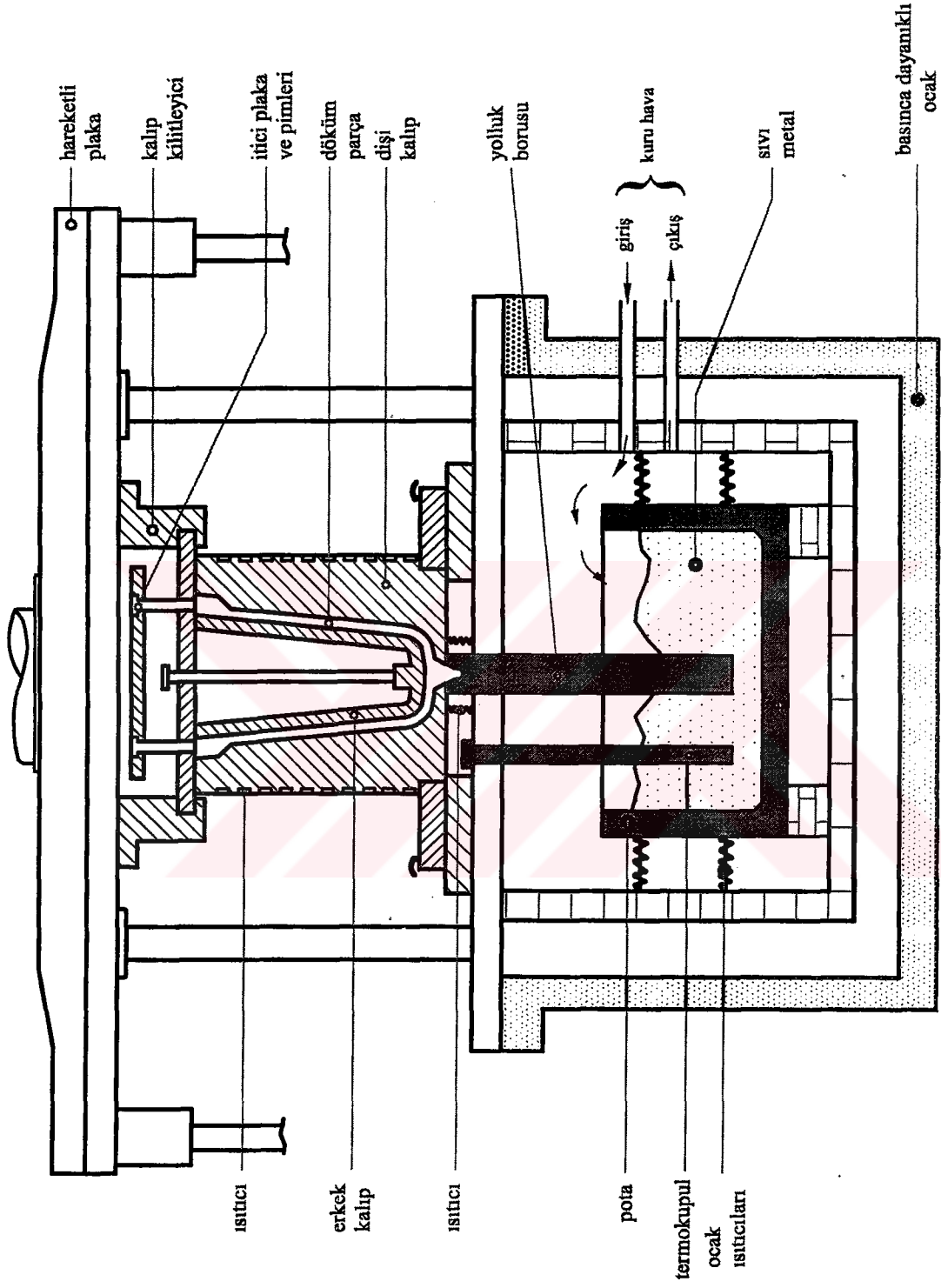


Şekil 3.3 Semisolid metal şekillendirme ile üretilmiş bazı parçalar (ASM Volume 15, 1992)

3.2 Düşük Basıncılı Döküm (Low Pressure Casting)

Sistem ilk kez 1910 yılında A.L.J Queneau tarafından alüminyum ve magnezyum bronz dökümünde kullanılmak üzere düşünülmüştür. Aynı yıllarda E.H. Lake günümüzde kullanılan modern makinaların benzerini geliştirmiştir. 1937'de düşük basınçlı döküme uygun olan inert gaz atmosferli ergitme ocakları yapılmaya başlanmıştır. Yöntem II.dünya savaşına kadar çok az kullanılmıştır. Savaş başlarında İngiltere'de Bristol-Hercules uçaklarının hava soğutmalı motor silindir kafalarının dökümünde kullanılmıştır. 1945'te İngiltere'de Alumasc Ltd.'de E.C. Lewis DBD yöntemiyle yemek tenceresi ve bazı parçaların üretimini yapmış, 1949'da ise modern DBD makinasının patentini almıştır. 1950'lerde Avusturya'da Mandl ve Berger pek çok otomotiv parçasını bu yolla üretmiştir. 1955 yılında Almanya'da Karl Schmidt GmbH, Alumasc Ltd ile birlikte oldukça karmaşık parçaları dökmüşlerdir. 1956'da ABD'de General Electric firması kendi geliştirdiği makinalarla pek çok otomotiv parçasını DBD yöntemiyle dökmeye başlamıştır. General Motors ise 1957'de Chevrolet Corvair motor bloklarını bu yöntemle üretmeye başlamıştır. Sistem 60 ve 70'li yıllarda diğer avrupa ülkelerinde ve Japonya'da da uygulanmaya başlamıştır.

DBD yönteminin esası, ergimiş metalin hava, azot veya argon gazı basıncı (10-120 KPa) ile bir yolluk borusu vasıtasıyla vakum altındaki kalıp boşluğuna doldurulmasıdır. Kalıp genellikle metaldir. Nadiren kum kalıba da döküm yapılmaktadır. Sistem demir dışı alaşımlara uygundur ve genellikle alüminyum alaşımları ile çalışılmaktadır. Yöntem, yıllık üretim adedi 5.000 civarında olan ve ağırlığı 5 kg ve üzerinde olan parçalar için ekonomiktir. Kalıp ömrü ise yaklaşık 50.000 adettir. İşlem kendine özgü bir makina ile yapılır (Şekil 3.4). İşlemden önce basınç üç kademe artırılır. İlk aşamada pota içerisindeki ergiyik metal üzerine uygulanan bir ön basınç ile sıvı metal kalıp ağzına kadar yükseltilir. Daha sonra metale türbülans yaptırmayacak ve kalıptaki havanın kalıbı terk etmesine imkan verecek bir hızda metalin kalıba doluşunu sağlayacak ikinci basınç kademesine geçilir. Son olarak parçadaki gaz ve çekme boşluklarını almak üzere sıkıştırma basıncı uygulanır. Parçanın katılaşması tamamlanuncaya kadar bu basınç değerinde beklenilir. Katılaşmayı hızlandırmak için kalıp su ile soğutulur. Daha sonra hareketli plaka yukarı doğru çekilerek parça dışarı alınır (Büyükbayrak, 1986).



Şekil 3.4 DBD makinasının prensip şeması (Büyükbayrak, 1986)

Parçaların istenilen kalitede olması için alaşımın kalıba girdapsız dolması, yeterli besleme sağlanması ve katılaştırmanın uygun şekilde yönlendirilmiş olması gerekir. İşlemin başarı ile yapılabilmesi için DBD sisteminin şu şartlara sahip olması gerekir:

- Ergitme fırını kesinlikle sızdırmaz ve basınca dayanıklı olmalıdır.
- Alaşım sıcaklığı $\pm 10^{\circ}\text{C}$ hassasiyetle istenilen değerde tutulabilmelidir (alüminyum için $650 \pm 10^{\circ}\text{C}$).
- Kalıp elemanlarının termik dengesini sağlayabilecek ısıtıcı ve soğutuculara sahip olmalıdır.
- Sistem kuru bir basma havası veya gazı sağlamalıdır.
- Basma gazı (hava, azot veya argon) basıncı (10-120 KPa değerleri arasında) ve debisi ($150-1000\text{cm}^3/\text{sn}$ değerleri arasında) hassas olarak ayarlanabilir olmalıdır.

Sistemin en önemli iki elemanı ergitme fırını ve yolluk borusudur. Ergitme fırını genellikle sızdırmazlığı sağlanmış ve basınca dayanıklı bir ocak veya potadan ibarettir. Ergitme işlemi fueloil, doğal gaz veya elektrikle yapılır. En çok başvurulan yöntem endüksiyonla ergitmedir. Ortalama ocak kapasitesi 250 kg (alüminyum) olup 1000 kg'a kadar ocaklar kullanılmaktadır. Yolluk borusu da sistemin önemli bir elemanıdır. Bu parçadan beklenen temel özellikler, termik ve mekanik zorlamalara dayanması ve basınç etki merkezinin kaymasını önlemesidir. Yolluk borusu siyah dökme demirden yapılır ve yüzeyi her 40 saatte bir seramik kaplanır (Büyükbayrak, 1986).

Düşük basınçlı dökümün sağladığı avantajlar şunlardır:

1. Yüzey kalitesi oldukça iyidir.
2. Uygun alaşımlarla çalışılması halinde elde edilen parçalar ısıtma ve kaynağa elverişlidir.
3. Gerekli önlemler alınarak kum kalıplar ve maçalar kullanılabilir.
4. Uygun kalıp dizaynı ile üzerinde civata, pim, burç gibi bağlantı elemanları bulunan parçalar hassasiyetle üretilebilir.
5. Döküm sonrası mekanik işlemler, basınçlı dökümle üretilen parçalara göre daha rahat yapılabilir.
6. Basınç etkisi düşük olduğu için kalıp maliyeti basınçlı döküme göre daha azdır.

7. Büyük ve ağır parçalar basınçlı döküme oranla daha ekonomik olarak dökülebilirler.
8. 1.5 mm'ye kadar ince kesitli parçalar üretilebilir.
9. Prosesin iyi bir şekilde otomasyonu sağlanması halinde bir işçi 3-4 üniteyi birden kontrol edebilir.
10. Atelye ortamı diğer tüm döküm yöntemlerine göre daha temiz ve sağlıklıdır.

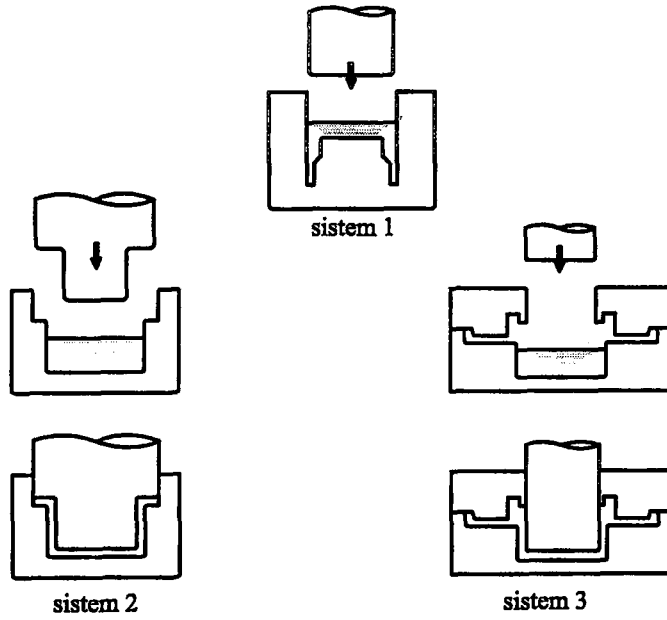
Buna karşılık yöntem aşağıdaki dezavantajlara sahiptir:

1. Kalıbın termik dengesini ayarlamak çok zordur.
2. Seri üretime geçişte sistemin oturtulması uzun zaman alır ve tecrübe gerektirir.
3. Hafif parçalarda (özellikle 1 kg altında) sistemin ekonomik olabilmesi için çok gözlü kalıpların kullanılması gerekir.
4. Basınçlı döküme göre makinanın çevrim süresi daha uzundur.
5. Yolluk kesme işlemi basınçlı döküme göre daha zahmetlidir.
6. Ergimiş metalin ve kalıbın sıcaklığını çok dar sınırlar içerisinde kontrol etmek gerekir (Büyükbayrak,1986).

3.3 Dövme Döküm (Squeeze Casting)

Dövme döküm, dövme yönteminin sağladığı üstün mekanik özellikler ile dökümün kompleks şekillendirme kabiliyetlerini birleştirme hedefi ile geliştirilmiş bir imalat yöntemidir. Yöntem ilk kez 1930 yılında Sovyetler Birliği'nde Plyatskii tarafından ortaya atılmış, konuya ilişkin ilk makale Welter tarafından yayınlanmıştır. 60'lı yıllarda Sovyetler Birliği'nde 150 firmada 200'den fazla değişik parça bu yolla imal edilmiştir. 1970 yılında Plyatskii'nin konuyla ilgili kitabının yayınlanması ile Amerika, Japonya ve İngiltere'de de çalışmalar başlamış, 1974'de ABD'de ticari olarak demir dışı alaşımlar için uygulamaya geçmiştir (Han ve Çoban, 1986).

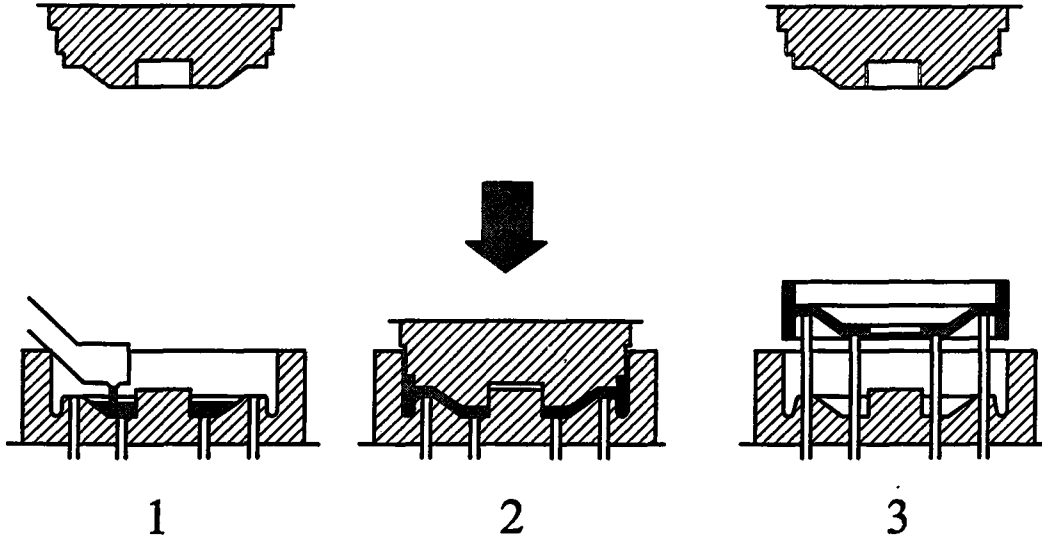
Bu üretim yöntemi basitçe, miktarı önceden belirlenmiş sıvı metalin dışı kalıba doldurulması ve sıvı metal üzerine erkek kalıp veya pistonla basınç uygulanarak sıvı metalin basınç altında katılaştırılması olarak tanımlanabilir. Şekil 3.5'de basınç etkisinin uygulanmasında yararlanılan üç farklı sistem görülmektedir.



Şekil 3.5 Dövme dökümde basıncın uygulanmasında üç farklı sistem

Dövme döküm tekniği ile çok sayıda demir ve demir dışı alaşımlar gözeneksiz, sıkı yapılı, kaliteli olarak besleyici ve yolluk sistemine gerek duyulmaksızın, düşük maliyetle ve seri bir şekilde üretilebilmektedir (Şekil 3.6). İş akışı şu şekildedir:

- Uygun bir hidrolik prese dişi ve erkek kalıp bağlanır.
- Kalıplar dökümden önce bir ön ısıtmaya tabi tutulur.
- Hassas bir şekilde tartılmış sıvı alaşım dişi kalıba dökülür.
- Pres üst tablası hareket ettirilerek erkek kalıp dişi kalıp üzerine sıvı metalde boşluk bırakmayacak kadar bir basınçla bindirilir. (bu işlem, basınç öncesi katılaşma olmaması için sıvı metal döküldükten hemen sonra yapılmalıdır)
- Basınç seviyesi katılaşmaya etki edecek seviyeye getirilir.
- Metalin tümü katılaşmaya kadar basınç etkisi devam ettirilir (30-120 sn). Uygulanan basınçla sıvı metal ile kalıp yüzeyleri sıkı temas halindedir. Bu da ısı akışını arttırmakta ve sıvı metalin en dar kesitlere kadar ulaşmasını sağlamaktadır.
- Katılaşma süresi tamamlandıktan sonra dişi ve erkek kalıp yüzeylerine ayırma maddesi püskürtülür. En yaygın kullanılan ayırma maddesi su esaslı koloidal grafitir.
- erkek kalıp yukarı çekilir.
- Parça dişi kalıptan alınarak bir sonraki işlem hazırlıklarına başlanır.



Şekil 3.6 Dövme dökümle parça imali (Çoban ve Han, 1986)

Döküm kalitesi ve kalıp ömrü açısından döküm sıcaklığı önemlidir. Döküm sıcaklığı, alaşıma ve parça geometrisine bağlı olarak alaşımın ergime sıcaklığının $6-55^{\circ}\text{C}$ üzerinde bir değerde seçilir. Yöntemde besleyici ve yolluk sistemlerinin olmayışı, katılaşmanın basınç altında olması nedeniyle döküm sıcaklığı diğer yöntemlerdekinden daha düşük tutulur. Döküm sıcaklığı alaşımın likidüs sıcaklığına, katılaşma aralığına ve parçanın şekline bağlıdır. Gerekenden düşük sıcaklıklarda döküm yapılması halinde ince kesitli bölgelerde dolmama problemi ortaya çıkabilir. Yüksek sıcaklıklarda ise metalin kalıp yüzeyleri arasından sızarak çapak yapması ihtimali artar.

Kalıp sıcaklığı da önemli bir faktördür. Yüksek sıcaklıklarda sıvı metalin kalıba yapışması ihtimali ortaya çıkar. Düşük sıcaklıklarda ise erken katılaşma meydana gelebilir. Alüminyum alaşımları için genellikle kalıp sıcaklığı $200-250^{\circ}\text{C}$ 'dir. Demir alaşımları için bu değer maksimum 400°C olarak belirlenmiştir. Erkek kalıbın sıcaklığı bu değer $15-30^{\circ}\text{C}$ altındadır. Kalıp sıcaklığının yükselmemesi için kalıpların yağ veya su ile soğutulması gerekir.

İşlemdaki basıncın etkileri şunlardır:

- Basınç etkisiyle gazların ergiyikteki çözünürlükleri artmakta ve böylece gaz kabarcıkları oluşumu engellenmektedir.

- Basınç, sıvı alüminyumda hidrojen kabarcıkları oluşumunu engeller.
- Katılaşmadan doğan çekme boşlukları basınç etkisi ile yeniden sıvı metalle dolar.
- Diğer yöntemlerde sıkça rastlanan metal-kalıp ara yüzeyinde oluşan hava boşlukları basınç etkisinden dolayı bu yöntemde görülmez.

Uygulanan basınç miktarı dövmeye göre düşüktür. Basınç değeri parça geometrisine ve dökülecek alaşıma bağlı olarak 31-108 MN/m² arasındadır. Bu değer 140 MN/m²'ye kadar çıkabilir; genel uygulamalar 70 MN/m² civarındadır. Basıncın yüksek tutulması mekanik özellikleri artırırken kalıp ömrünü azaltır. Basınç uygulama süresi alaşıma, döküm şekline ve ısı transfer şartlarına bağlıdır. Önerilen basınç süresi kesit kalınlığının her 1 mm'si için 1 saniyedir. Basınç hızı erkek kalıbın zararlı etki yapmasını önleyecek bir şekilde ayarlanmalıdır. Çapak oluşumuna ve erken katılaşmaya neden olmayacak uygun darbe hızı 0.5 m/sn olarak belirlenmiştir.

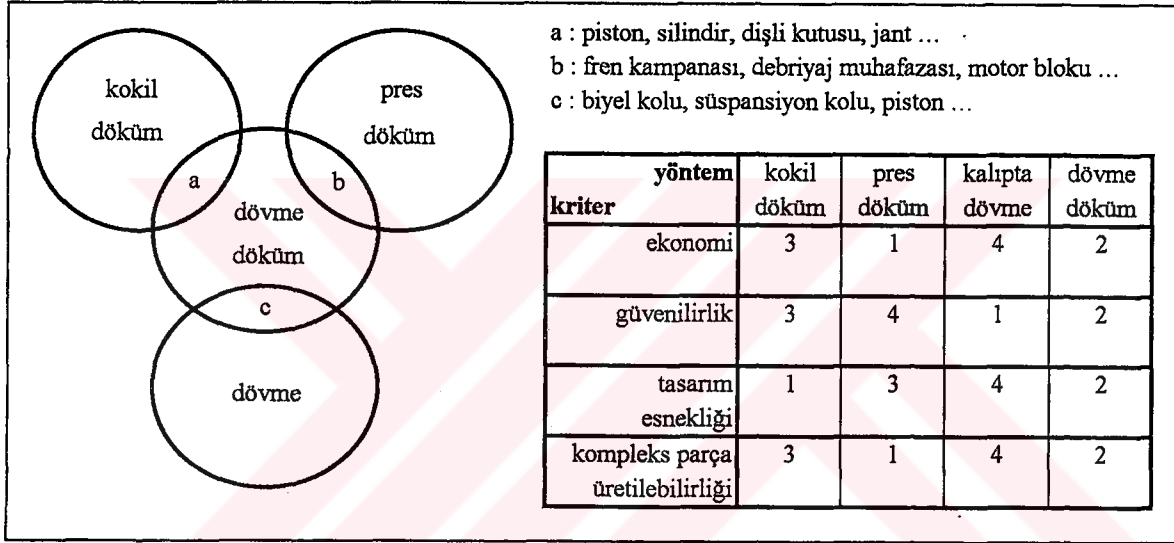
Dövme döküm işleminde kullanılacak kalıp malzemesi dökülecek alaşımın cinsine bağlıdır. Kalıp malzemesi çalışma sıcaklığına dayanmalı ve metalle reaksiyona girmemelidir. Alüminyum alaşımları için H13 sıcak iş takım çeliği kullanılır. Çelik dökümler için daha zor şartlar olduğundan kalıp malzemeleri Tungsten ve Molibden alaşımıdır. Ergimiş metalin katılaşması sırasında kalıba bir ısı geçişi olur. Basınç etkisinden sonra ise kalıp soğutulduğundan kalıpta termal gerilmeler oluşur. Kalıp malzemesi bunu karşılayabilmelidir.

Dövme döküm yöntemiyle bir çok demir ve demir dışı alaşım dökülebilmemesine karşın çoğunlukla alüminyum alaşımları ile çalışılmaktadır. Yöntem özellikle kalın kesitli, geniş yüzey alanına sahip ve yuvarlak şekilli parçalar için daha uygundur. Bununla birlikte asimetrik parçalar da üretilebilmektedir. Yöntemle 125 gramdan 34 kilograma kadar parçalar dökülebilmektedir. Demirdışı alaşımlarla çalışıldığında parça boyutları 0.05 mm gibi küçük bir toleransla sağlanabilmektedir. Dökülen parçaların kesit kalınlıkları ise 3-50 mm arasındadır.

Başlangıçta bir araştırma konusu olan dövme döküm zamanla askeri alanda kullanılmıştır. Günümüzde ise ticari bir uygulama haline gelmiştir. Sistem, imalat tekniği olarak kokil döküm, pres döküm ve dövme metodları arasında bir yerdedir (Çizelge 3.1). Denemeler

sonucu demir ve demir dışı bir çok alaşımın dövme dökümle üretilebileceği ispatlanmış ve beklenen özellikler elde edilmiştir. Ancak uygulamaların çoğu alüminyum alaşımları ile yapılmıştır. Yöntemdeki hızlı soğuma sonucu ince taneli bir yapı oluşmaktadır. Bu da dayanım özellikleri üzerinde olumlu etkiler yapmaktadır. Yapılan deneylerde uzama ve akma gerilmesinin kokil döküme göre daha iyi olduğu saptanmıştır. Ayrıca üretilen parçaların her yerinde aynı mekanik özellikler görülmekte, dövme işleminde karşılaşılan yönlenme söz konusu olmamaktadır (Han ve Çoban,1986; ASM Volume 15,1992).

Çizelge 3.1 Dövme dökümün diğer yöntemlerle kıyaslanması
(1: en iyi , 4: en kötü)



4. İMALATTA PATLAMA ETKİSİNDEN YARARLANILMASI

Patlama olayından imalatta kaynak, talaşsız şekillendirme, perçinleme ve sinter tekniği (toz metalurjisi) alanlarında yararlanılmaktadır. Uygulamalarda, patlamadan faydalanma konusunda en ileri gidene kaynaktır. Patlamalı kaynak olayı nokta kaynağı, dikiş ve bindirme kaynağı, elyaf ve tel destekli yapıların, petekli yapıların ve çok katmanlı yapıların oluşturulması gibi birçok özel uygulamaya açılmış olmasına karşın yoğun olarak levhaların ve silindirlerin giydirilmesinde kullanılmaktadır. Bu olayı bir kaynak tekniği yerine, bir kaplama yöntemi olarak kabul etmek de mümkündür.

Talaşsız şekillendirmedeki patlamalı teknikler ise direkt patlamalı (explosive) şekillendirme ve patlamalı motor prensibi ile şekillendirmedir. Eksplosiv şekillendirme ülkemizde bilinmemesine rağmen dışarıda çok yaygın olmasa da kullanılan bir teknik haline gelmiştir. Bu yöntemden basit şekilli ağır ve büyük parçalarda faydalanılmaktadır. Patlamalı motor mantığı ile çalışan biçimlendirme sistemleri ise depolama, ilave tesis gereksinimi, kontrol güçlüğü gibi dezavantajlarından dolayı çok ağır bir gelişim göstermektedir.

Toz metalurjisinde, patlama etkisinden yoğunlaştırma aşamasında istifade edilmektedir. Patlama ile hidrolik, mekanik ve pnömatik sistemlere göre daha yüksek bir hız imkanı sağlanmaktadır. Çok iyi bir sıkıştırma yoğunluğu sağladığından kimi zaman presleme sonrasında sinterlemeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Burada da patlama etkisi, tıpkı talaşsız şekillendirmede olduğu gibi direkt veya endirekt olarak kullanılmaktadır.

Patlamalı perçinleme olayı ise hem sızdırmazlık, hem dayanım gerektiren ve diğer yöntemlerle başaramayacak konstrüksiyonlarda başvurulan bir tekniktir. Fazlaca yararlanıldığı alan uçak sanayiidir.

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan patlayıcılar “yüksek hızlı patlayıcılar” ve “düşük hızlı patlayıcılar” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bunların seçiminde ise iş emniyeti, patlama hızı, maliyet ve kullanım kolaylığı gibi faktörler rol oynamaktadır. Yüksek hızlı patlayıcılarda patlama hızı 4500-7620 m/sn arasında olup başlıcaları Trinitrotoluen (TNT),

Siklotrimetilentrinitramin (RDX), Pentaeritritol trinitrat (PETN) dir. En çok kullanılan düşük hızlı patlayıcılar ise Amonyum nitrat, Fuel-oil ile hassaslaştırılmış topak amonyum nitrat, Amonyum perklorat, Amatol, Dinamit, Nitroguanidin ve seyreltik Pentaeritritol trinitrat olup bunlarla ulaşılan patlama hızları 1500-4500 m/sn dir. Bu patlayıcıların dışında endüstride gaz ve sıvı yakıtların patlama özelliğinden de yararlanılmaktadır (ASM Volume 6, 1989).

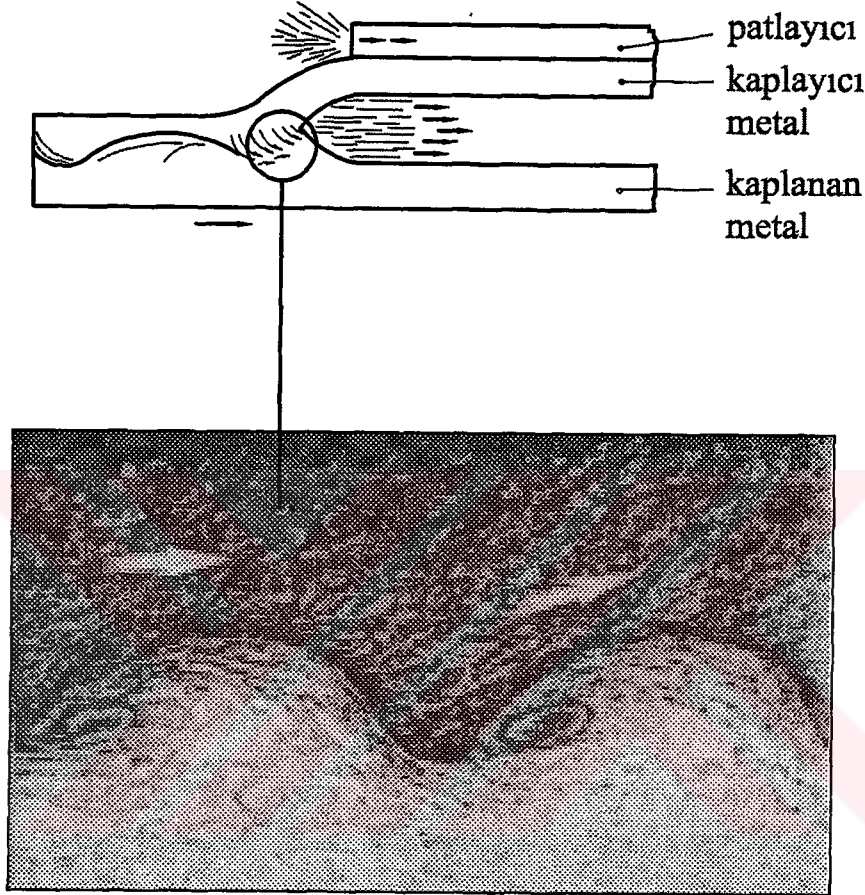
İmalatta patlama olayına mecbur kalınmadıkça başvurulmamaktadır. Bunun nedeni de patlayıcıdan kaynaklanan tehlikeler, kontrol imkanlarının sınırlılığı, gürültü faktörü, patlayıcı depolamanın zorluğu ve maliyetlerin yüksekliğidir. Yöntemlerin yaygınlaşabilmesi, ancak patlayıcı sektöründe olacak gelişmeler ile patlama ve depolama zamanlarındaki tehlikelerin azaltılması durumunda olabilecektir.

4.1 Patlamalı Kaynak

Patlama olayından kaynak işleminde yararlanılması fikri, çok önceleri top atışlarında mermi parçalarının hedefteki zırhlı levhalara kaynamış olduğunun uzmanlarca farkedilmesiyle doğmuştur. Konuya ilişkin çalışmalar ancak 1950'lerde deney düzeyini aşabilmiştir. Günümüzde patlamalı kaynak yöntemi, özellikle geniş metallerin ve silindirik parçaların farklı metallerle giydirilmesinde faydalanılan endüstriyel bir uygulama olmuştur.

Patlamalı kaynak prensip olarak soğuk basınç kaynağına benzetilebilir. Her iki yöntemde de yüzeye dik bir basınç etkisi söz konusudur. Bu etki yüzeydeki film (oksit) tabakasının yırtılmasına ve yüzeyin büyümesine neden olur. Patlama kaynağında birleşmeyi sağlayan mekanizma çarpışma jeti (metal jeti) dir. Bu jetin oluşumu, işlem gören parçalardan patlayıcı yüklü olanının diğerine 2-25° lik bir açı altında ve 100-7000 m/sn hıza kadar hızlandırılması ile sağlanır. Bu sırada çarpışma basıncı 10-200 Kbar'a (1000-2000 MPa) kadar çıkar ve çarpma yüzeyindeki film tabakası bir jet oluşturarak çarpma noktasından uzaklaşır. (Anık ve Vural, 1993). Oluşan metal jeti ilerlerken yüzeyleri temizler. Temizlenerek uygun kaynak şartlarına getirilen metal yüzeylerinde atomlararası kuvvetlerin kurulabildiği çok sıkı bir kaynama sağlanır. Yüzeyler arasında birleşmenin sağlandığı bölge (Şekil 4.1) birbirine

geçmiş dalgalar şeklinde bir görünüme sahiptir. Çoğu durumda bu bölgelerde, metal jetinin yüksek kinetik enerjisi ısıya dönüştüğü için lokal bir ergime meydana gelir. Bunun için patlamalı kaynakta içyapı hem ergime ile hem de katı halde oluşmuş bağların özelliklerini taşımaktadır.



Şekil 4.1 İki paralel levhanın patlamalı kaynağı ve birleşme ara yüzeyi

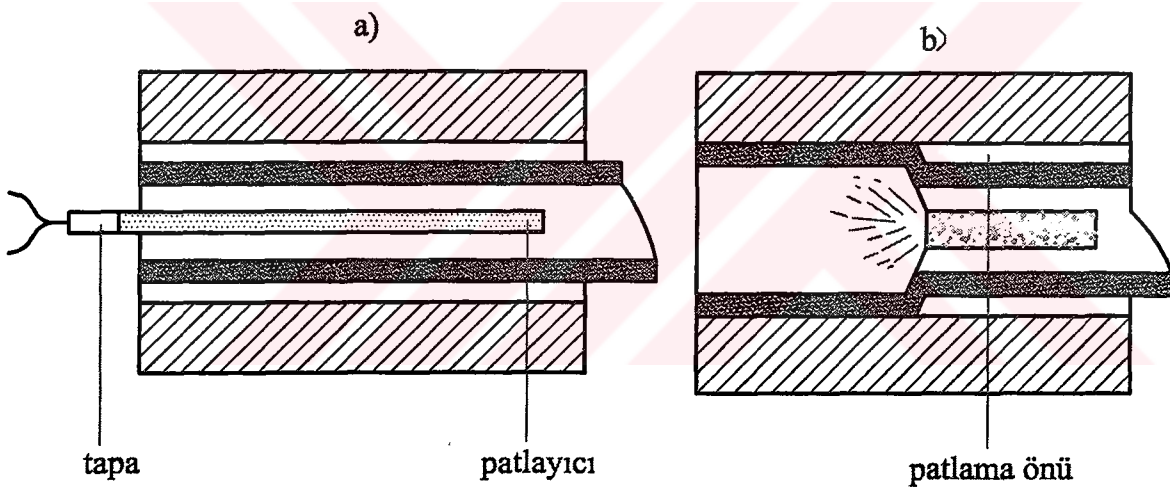
Patlamalı kaynak yöntemiyle kaynak edilecek metallerin, patlama etkisini karşılayabilmeleri için kopma uzamasının en az %5, Charpy darbe değerinin ise en az 15 J olması gerekmektedir. İki metalin akma mukavemetleri arasında 3 veya daha fazla kat fark varsa patlama kaynağıyla birleştirme yapmak zorlaşır. Ayrıca iki metalin katı halde birbirini içindeki çözünürlüğü ne kadar iyi ise kaynak o derece kaliteli olur. Kaynakta kullanılan patlayıcıların çok düşük hızlı olması halinde yeterli birleşme basıncı sağlanamayacaktır. Ancak gerekenin üstünde hızlara çıkılması da hem parçaların hem de uygulayıcının ve ortamdaki diğer nesnelere zarar görmesine neden olabilecektir. Patlamayla oluşan impulsu absorbe etmek ve iş parçalarının bozulmasını önlemek için iş parçası, kaplama plakası yüzeyinden daha geniş

yüzeyle yardımcı düzenekler (altlıklar) ile çevrelenir. Altlık olarak en çok kullanılan ıslak kum havuzlarıdır. Ayrıca sıkıştırılmış toprak, kurşun alaşımları, çelik ve bu malzemelerin çeşitli bileşimleri ve kombinasyonları da altlık olarak kullanılmaktadır. Patlamalı kaynağın en önemli sorunlarından biri patlama sırasında çevrede tahribat ve gürültü yaratmasıdır. Patlamanın tünel, depo ve çelik kaplar içinde yapılmasına çalışılmış ancak en uygun çözümün açık havada, yerleşim bölgelerinden uzak yerlerde ve uzaktan kumandalı sistemler kullanılarak sağlanacağı sonucuna varılmıştır (Aran ve Demirkol, 1989).

Düz yüzeylerin kaynatılarak kaplanması, patlama kaynağının en çok ilgi çeken ve yarar sağlayan uygulaması olup bu yöntemin en basit ve en ileri tatbikatıdır. Düz plakaların kaplanmasında kaplayıcı olarak, kalınlığı 0.025 mm olan folyolardan yaklaşık 25 mm'ye kadar saclar kullanılabilir. Çok ince kaplayıcı plakaların patlama etkisinden zarar görmesini engellemek için genellikle patlayıcı ile kaplayıcı (hareketli) plaka arasına bir tampon konulur. Tampon malzemesi olarak patlama şiddetine göre mukavva, lastik, plastik veya metal kullanılmaktadır. Kaplanan (baz) metal kalınlığı o kadar hassas değildir ve 0.050-0.125 mm'den herhangi bir kalınlığa kadar değişebilir. Bu yöntemle başarılabilen maksimum birleştirme yüzeyi 32 m²'dir. Patlamalı kaynağın karakteristik yapısını oluşturan girdaplı yüzeyin genişliği, patlama öncesinde levhalar arasındaki açıya bağlı olup bu değer maksimum 15°'dir. 5° ve altındaki açılarda birleşme daha sağlıklı olmaktadır. Düz plakaların kaplanmasındaki amaç mekanik dayanım özellikleri iyi olan malzemelerin korozyon direncini ve ısı dayanımını artırmaktır. Bu yolla elde edilen bileşimler özellikle kimya endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu malzemelerden basınçlı kaplar, asit tankları, depolama aparatları, pota vs yapılmaktadır. Düz levhaların patlamalı kaynakla birleştirilmesinde yeni bir uygulama ikiden fazla metalin kaynatılarak çok katmanlı yapıların elde edilmesidir. Bu yapı birbirini takip eden bir dizi işlemle gerçekleştirildiği gibi tek kademeli bir kaynak işlemi ile de gerçekleştirilebilmektedir. Tek kademeli bir kaynak işlemi ile 100'den fazla folyonun birleştirilmesi mümkün olabilmektedir (Aksoy, 1979 ; Anık ve Vural, 1993)

Boruların patlama etkisiyle kaplanması da düz plakaların kaynatılması işlemine benzer ve patlamalı kaynağın sıkça kullanılan bir uygulamasıdır. Burada en önemli nokta merkezlemenin çok iyi yapılması ve düşük hızlı patlayıcıların kullanılmasıdır. Boruların

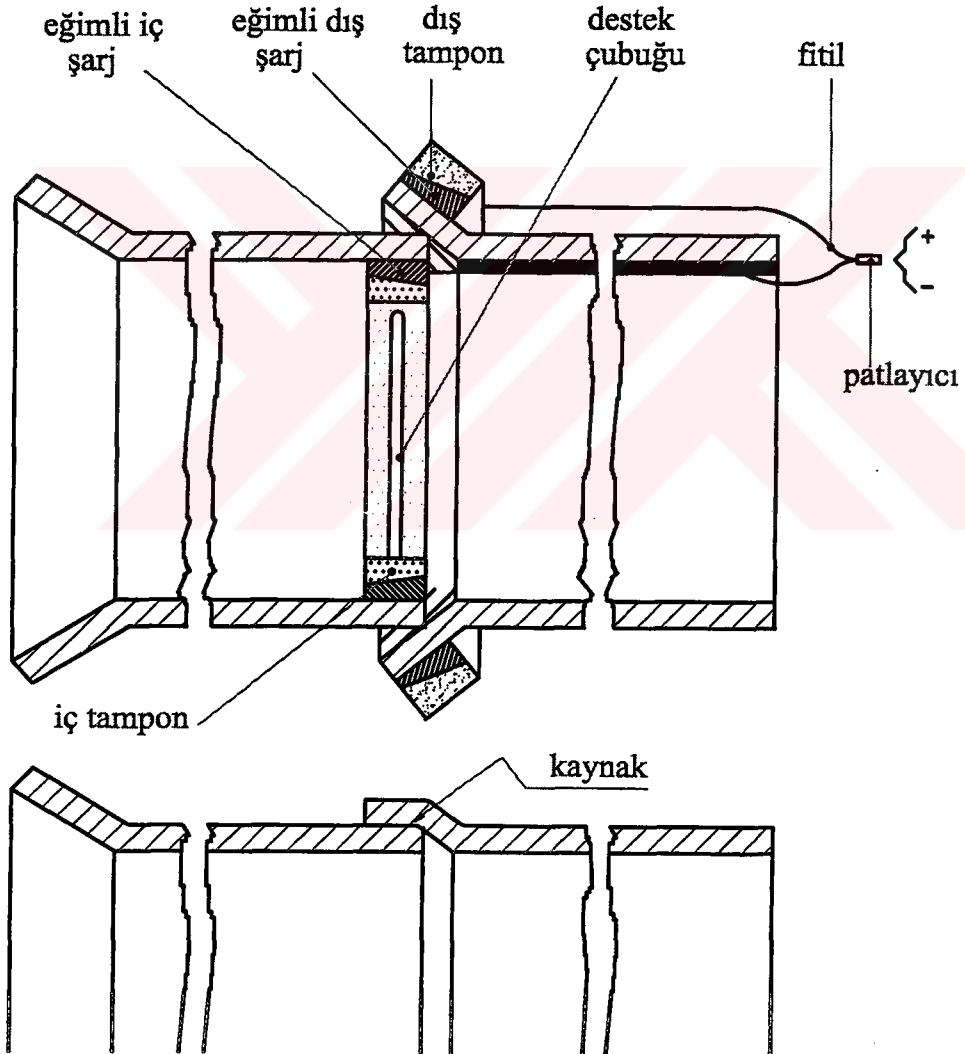
kaplanması dıştan ve içten kaplama olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Birinci metodda patlayıcı silindirik parçanın için yerleştirilir ve kaplayıcı kaynak sırasında borunun iç duvarlarına doğru genişletilir. Bu tip kaynakta parçanın zarar görmesini önlemek için borunun dışını çevreleyen bir dış destek kullanılması gerekir. Bu metodla kaplanabilecek boru uzunluğu, malzeme ve patlayıcı özelliklerine bağlı olmak üzere boru çapının 10-25 katıdır. Silindirik parçaların kaplanmasında uygulanan diğer yöntem ise dışardan patlama uygulamasıdır. Burada patlayıcı dışa yerleştirilir ve kaplayıcı plaka silindirik parçayla birleştirilecek şekilde bastırılır. Dıştan kaplama işleminde (Şekil 4.2) uzunluk boru çapına bağlı olmayıp 12 metreye kadar çıkabilmektedir. Dışardan kaynak işleminde borunun çökmesini önlemek için içerden destekleme mandreni kullanılır. Silindirik kaplamada genellikle çelik parçaların ısı, korozyon, aşınma dayanımının artırılması amacıyla kaplayıcı olarak paslanmaz çelik, titanyum, tantal ,alüminyum, çinko ve pirinç malzemeler kullanılmaktadır (Aksoy, 1979).



Şekil 4.2 Silindir giydirme (içten) a) başlangıç b) patlamanın ilerlemesi (Aksoy, 1979)

Patlamalı kaynak yöntemi, levha ve silindirik yüzeylerin giydirilmesinde çok kullanışlı olmasının yanında özellikle paslanmaz çelik-karbonlu çelik, pirinç-çelik, alüminyum-çelik gibi farklı metallerin bindirme kaynağı (Şekil 4.3) ve dikiş kaynağı ile birleştirilmesi için de uygun bir yöntemdir. Bu tekniklerden sacların ve boruların ucuca eklenmesinde; kaburgalı yapıların ve panellerin üretiminde faydalanılmaktadır. Bu patlamalı kaynağın en karmaşık ve zor uygulamasıdır. Patlamalı kaynakta büyük patlayıcı yüklerinde aşırı enerji ve gürültü oluşumu ve tehlikeli olması dezavantajları patlamalı nokta kaynağı fikrini ortaya çıkarmıştır.

Paketlenebilen ve elle tutulabilen küçük patlayıcı yüklerle tehlikesizce uygulanabilen bu teknik, Aerojet-General Corp. Tarafından U.S hava kuvvetleri için 0.25-1.25 mm kalınlıklarındaki alüminyum, titanyum ve yüksek mukavemetli çelik alaşımlarına uygulanmıştır. Isı eşanjörleri ve kazan uygulamaları için boruların başlık pleytlerine (aynaya) patlama ile kaynağı da ilgi toplayan diğer bir uygulamadır. Bu uygulamada az bir dolgu borunun ucuna yerleştirilir. Dolgunun patlamasıyla borunun ucu, boru başlık plakasına doğru kaynak için gerekli olan jet oluşumunu gerçekleştirecek çarpışmayı sağlamak üzere kuvvetle itilir. Bunların haricinde patlamalı kaynak ile nükleer reaktörlerde kullanılan parçalar, korozyon direnci gerektiren kimyasal donanım parçaları, ikiden fazla malzeme içeren katmanlı yapılar ve elyaf ve tel takviyeli malzemeler üretilebilmektedir (Aksoy,.1979).



Şekil 4.3 Eksplosiv bindirme kaynağı (ASM Volume 6, 1989)

4.2 Patlama Etkisi ile Yüksek Enerjili Şekillendirme

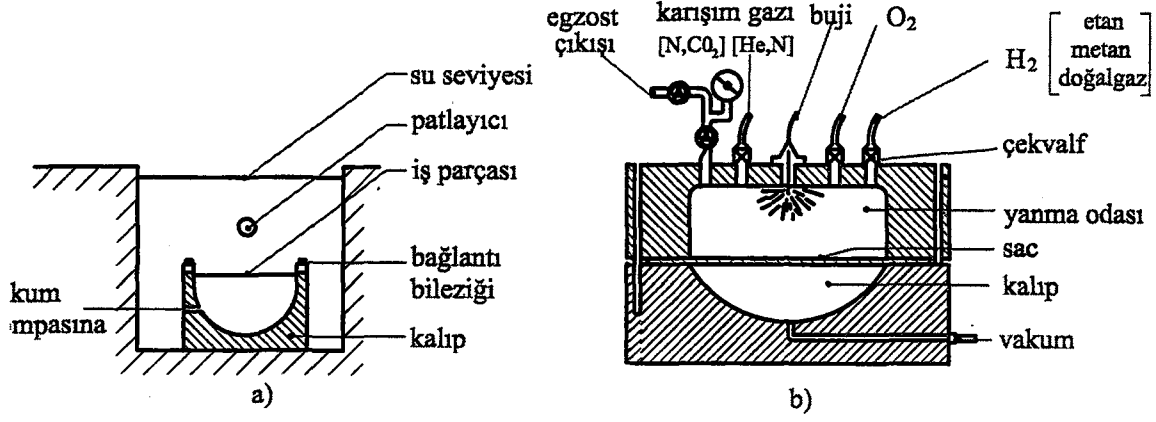
Talaşsız şekillendirmede patlama etkisi, yüksek enerji seviyelerine makina boyutlarını büyütme maksadıyla kullanılmaktadır. Uygulamalar patlama etkisinin oluşum şekline göre üçe ayrılabilir:

- uzaktan patlamalı eksplosiv şekillendirme
- temas patlaması ile şekillendirme
- patlamalı motor çevrimi ile şekillendirme

Uzaktan patlama ile biçimlendirmede patlayıcı, duruma göre iş parçasından belirli bir uzaklıkta bulunmaktadır. Patlayıcı aynı zamanda bir ortam içinde bulunmakta ve basınç etkisi iş parçasına bu ortam vasıtasıyla iletilmektedir. Bu ortam genellikle hava veya su olmaktadır. Şekillendirme süresi çok kısadır.

Şekil 4.4'de bir basınçlı kap bombesinin biçimlendirilmesi görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi iş parçası kalıp üzerine uygun biçimde bağlanmıştır. Ayrıca kalıp ile sac arasında sızdırmazlık sağlanmıştır. Şayet büyük deformasyonlar bekleniyorsa kalıp malzemesi olarak çelik türünden bir malzeme seçilmelidir. Ancak bu da ek işlemleri gerektireceğinden beton çok tercih edilen bir kalıp malzemesi olmaktadır. Patlamalı şekillendirme sıcak olarak da uygulanabilir. Ancak bu durumda ortam malzemesi olarak su yerine kum, ergimiş metal, yağ gibi maddeler kullanılmaktadır.

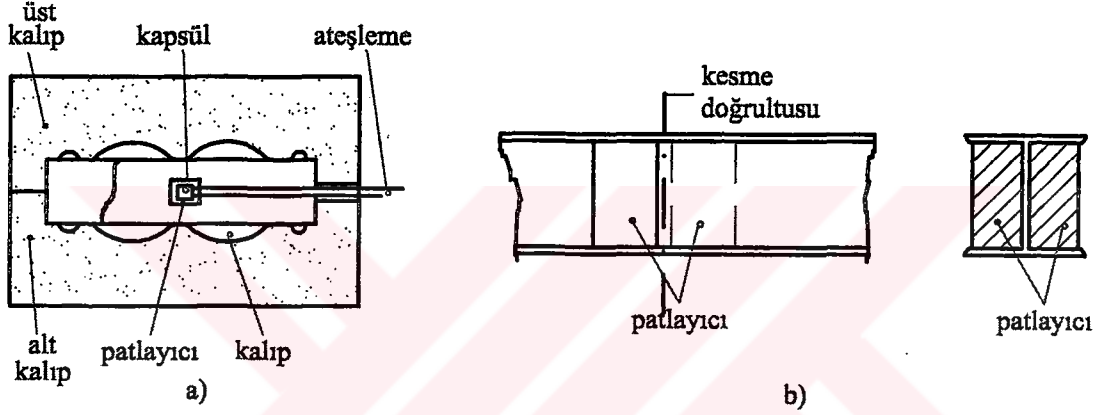
Temas patlaması ile şekillendirmede (Şekil 4.5) patlayıcı parça yüzeyine yerleştirilmektedir. Bu uygulamada etkiyen basınç çok daha şiddetli (birkaç milyon psi) ve etkime süresi daha kısa (birkaç mikrosaniye) olmaktadır. Temas patlamasının form verme dışındaki bir uygulaması da patlama ile kesme işlemidir. Ancak temas patlaması ile gerçekleştirilen kesmeden henüz bir imalat yöntemi olarak bahsedilememektedir. Bununla birlikte, çok yüksek kayma gerilmeleri sağlayan bu teknik kesme işlemleri için elverişli olabilmektedir. Burada önemli olan patlayıcının yerleştirilme şekli, yani patlamanın doğru yönlendirilmesidir. (Yurci, 1996)



Şekil 4.4 Uzaktan patlama ile biçimlendirme (Yurci, 1996)

a) patlayıcı ile

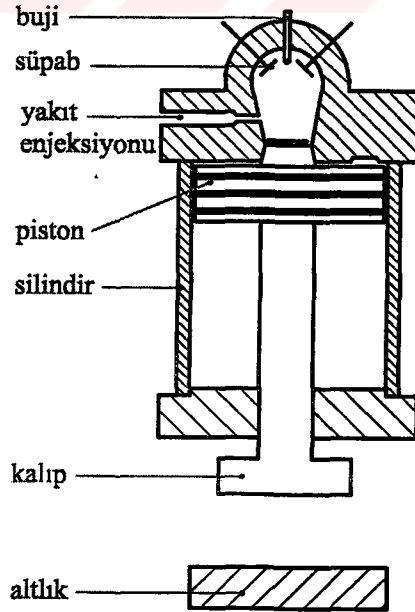
b) gaz patlaması ile



Şekil 4.5 Temas patlaması ile şekillendirme ve kesme (Yurci, 1996)

a) şekillendirme

b) kesme



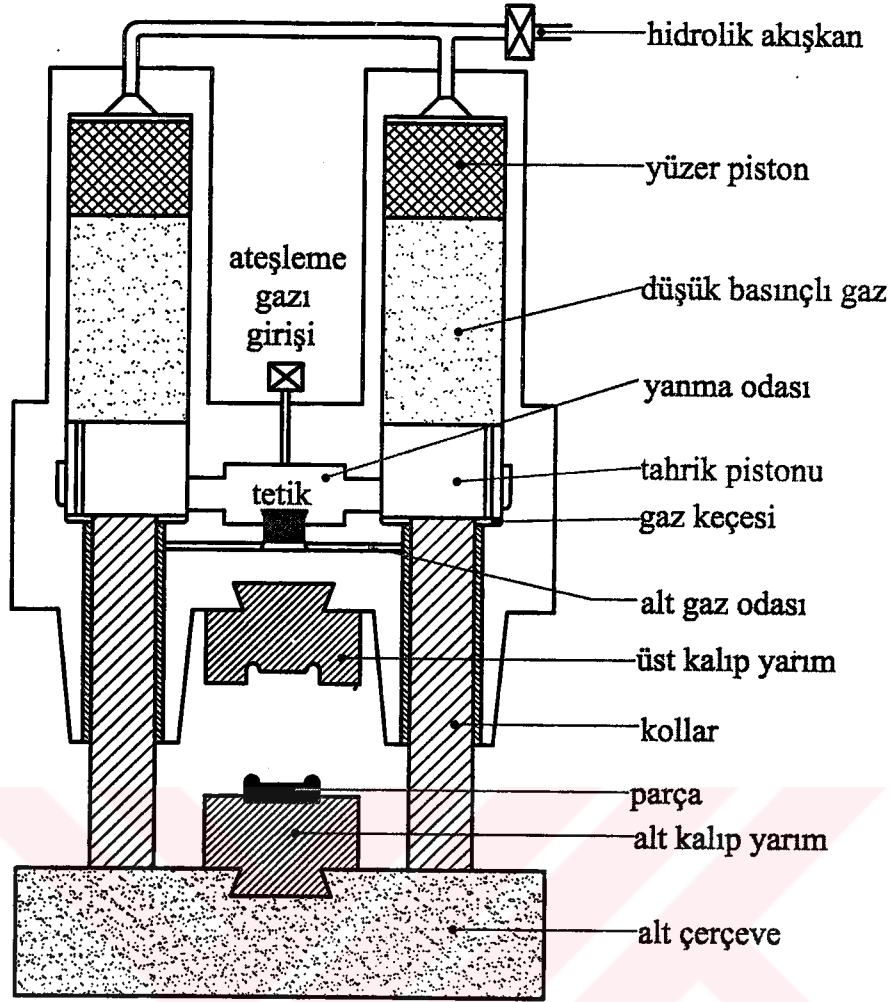
Şekil 4.6 Patlamalı motor çevrimi ile şekillendirmenin prensibi (Yurci, 1996)

Bilinen pres işlemlerindeki elektrik enerjisi yerine daha ucuz olabileceği düşünülerek patlamalı motor çevrimi ile imalat gündeme gelmiştir (Şekil 4.6). Böylelikle normal preslere göre daha yüksek hızlı ve kolay elde edilebilen hareketler sağlanabilmektedir. Ancak bu donatım henüz bir dış güç kaynağından tamamen bağımsız hale getirilememiştir. Sistemin başlangıç konumunu alması için hidrolik veya pnömatik bir ilave donanım gerekmektedir (Yurci, 1996).

Yüksek Enerjili Dövme Makinaları denilen patlamalı presler şahmerdanlardan çok daha yüksek hız ve enerji seviyeleri sağlayan özel makinalardır. Aynı enerji değeri için daha küçük çekiçler yeterli olabilmektedir. Her tipi karşı vuruşlu olarak dizayn edilmiştir. Makina gövdesi dönme kuvvetinin etkisinde kalmayacak şekilde dizayn edilmiştir. İçten yanmalı pres diye de adlandırabileceğimiz bu makinalar patlamalı bir motordaki piston-silindir prensibi ile çalışırlar. Yaklaşık olarak 15 m/sn hız ve 60 darbe/dakikalık bir vuruş sayısı elde edilebilmektedir.

Farklı kapasitede ve birbirinden farklı çalışma prensiplerine sahip makinalar geliştirilmiştir. Esas olarak bu makinalar konsantrik (eş merkezli) ve dönel parçaların imalatında kullanılırlar. Örneğin dişli, kasnak vb. Parçalar bu makinalarla imal edilirler. Bu makinaların kullanım alanı böyle tam simetrik parçalarla sınırlı kalmaktadır. Çünkü çok yüksek hız değerleri altında eksantrik yükleri karşılayabilmesi çok daha sakıncalı olmaktadır. Ancak çok dikkatli bir kalıp dizaynı ve imali ile yükler dengelendiğinde asimetrik parçalar da başarı ile dövülebilir (Yurci, 1992).

Şekil 4.7'de görülen yüksek enerjili dövme makinasında iç çerçeve gövde dıştakinin içinde hareket edebilmektedir. Başlangıçta denge durumunda olan piston üzerindeki geniş bir kesite tetik gazı; dar bir alana da yüksek basınçlı ateşleme gazı etki etmektedir. Basınç değerindeki küçük bir değişim tetik gazı keçesinin açılmasına ve yüksek basınçlı ateşleme gazının piston üst yüzeyini de etkilemesine neden olacak, çekiç hızla aşağıya itilecektir. Bu sırada oluşan tepkime ile alt çekiç de yukarı doğru sıçrama yapmaktadır. Yani tekrar reaksiyon prensibi uygulanmaktadır. Şekildeki hidrolik donatım sistemi yeniden başlangıç pozisyonuna getirmek içindir.

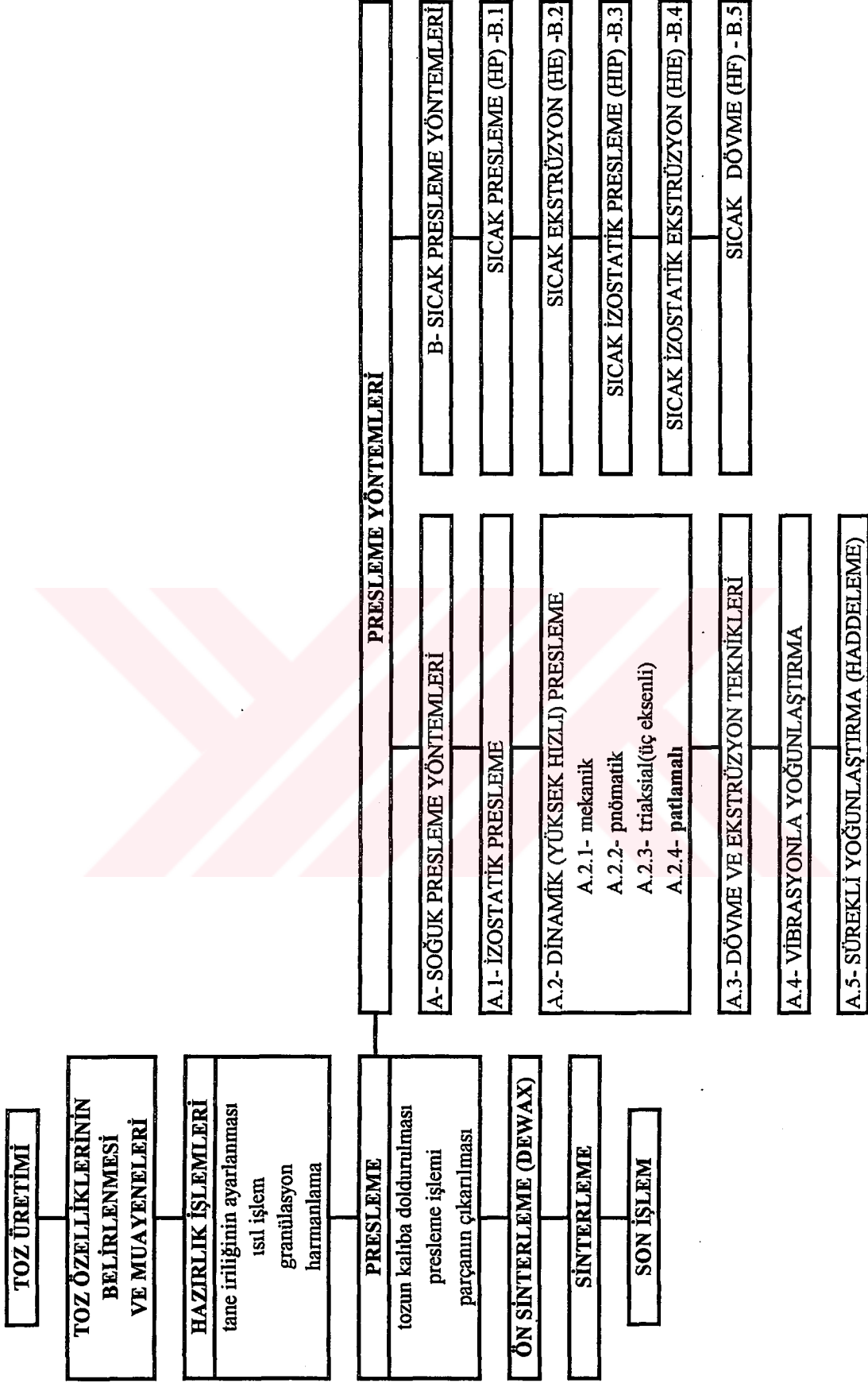


Şekil 4.7 Yüksek hızlı dövme makinası (Yurci, 1992)

4.3 Toz Metalurjisinde Patlama Etkisinden Faydalanılması

Toz Metalurjisi (sinter tekniği), metal ve seramik tozlarının üretimini ve bu tozların termik etkilerle birleştirilerek parça üretimini amaçlayan bir mamul ve yarı mamul üretim metodudur. Özellikle ergime sıcaklığı yüksek olan metallerden parça üretiminde ve sıvı fazda birbiri içerisinde çözünemeyen elementlerin alaşımlanmasında faydalanılmaktadır. Yöntemin en büyük özelliği her türlü alaşımlamaya imkan vermesidir. Mıknatıs, filtre, kesici takım uçları, kontaktörler, kendinden yağlamalı yataklar gibi bir çok özel yapıli parça bu yöntemle imal edilmektedir. Toz metalurjisinde iş akışı Çizelge 4.1'deki gibidir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere işlemden patlama etkisinden presleme (yoğunlaştırma) aşamasında yararlanılmaktadır (Avcı, 1993).

Çizelge 4.1 Toz metalurjisinde iş akışı ve presleme yöntemleri



İş akışından da görüldüğü gibi ilk aşama toz özelliklerinin belirlenmesi ve muayenedir. Daha sonra tane boyutlarının ayarlanması, ısıl işlem, granülasyon ve harmanlama gibi hazırlık işlemleri yapılır. Bu işlemlerden sonra metal tozu, parça üretimine hazır hale gelmiş demektir ve tozlara, istenilen parça özelliklerine göre yoğunlaştırma işlemi uygulanır. Toz metalurjisinde en önemli aşama yoğunlaştırmadır. Preslemede ulaşılan yoğunluk toz metalurjisi ile imal edilen parçaların mekanik özelliklerini birinci derecede etkiler. Presleme çoğunlukla soğuk (ortam sıcaklığında) yapılmaktadır. Ancak özel hallerde sıcak olarak da yapılabilir. Presleme ile metal tozuna imal edilecek parçanın şekil ve boyutları tam olarak verilmeye çalışılır. Preslemede parçaya şekil ve boyut vermenin yanında yoğunluk ve mekanik dayanım kazandırmak da amaçlanır. Yoğunlaştırma işlemi genellikle bir kalıp içinde yapılır. Kalıp boşluğuna saptanan miktarda metal tozu doldurulur. Zimbalar yardımı ile toz basınç altında sıkıştırılır ve şekillendirilmiş parça kalıptan alınır. Preslemede toz üzerine uygulanan yük yaklaşık olarak $3-8 \text{ ton/cm}^2$ (295-785 MPa) arasındadır. Basınç etkisi genellikle mekanik ya da hidrolik preslerle sağlanır. Yoğunlaştırma işlemlerini sıcak ve soğuk olmak üzere iki ana gruba ayırmak mümkündür (Çizelge 4.1).

Presleme yöntemlerinden konumuzla ilgili olanı dinamik (yüksek hızlı) yoğunlaştırmadır. Bu gruba giren yöntemler pnömatik, mekanik, triaksial ve patlamalı presleme teknikleridir. Bu tekniklerin önemli üstünlüğü toz üzerine kısa sürede yüksek bir basıncın uygulanabilmesidir. Ayrıca çok ucuz ve düşük kaliteli toz kullanma imkanı vardır. İşlem sonucu parça sinterlenmeden bile kullanılacak kadar yüksek bir yoğunluk ve dayanıma ulaşabilmektedir. Yüksek bir kalıp aşınması ile dar kalıp-zimba toleransları ve yüksek maliyet bu tekniklerin olumsuz yönleridir.

Dinamik yoğunlaştırma yöntemlerinde toz sıkıştırma hızı klasik yöntemlere göre çok yüksektir. Yoğunlaştırılacak tozlar önce yumuşak çelikten bir zarf içine doldurulur ve kaynatılarak ağzı kapatılır. Bunun çevresine gömlek şeklinde patlayıcı madde doldurulur. Yoğunlaştırma patlayıcı maddenin patlaması sonucu açığa çıkan yüksek basınç dalgalarının, parça yüzeyinde iç bölgelere doğru ilerlemesiyle sağlanır. Bu yöntem klasik yöntemlerle preslenmesi güç ya da mümkün olmayan, sinterlemede kimyasal reaksiyona giren alaşımların ve metal tozu karışımlarının preslenmesinde tercih edilmektedir.

Sıkıştırma basıncı ya patlayıcı maddenin infilak ettirilmesiyle (direkt presleme), ya da patlama ile tahrik edilen yüksek hızlı bir piston tarafından (endirekt presleme) sağlanır. Direkt preslemenin tesis maliyeti düşüktür ve daha büyük parçaların yoğunlaştırılmasında kullanılır. Endirekt preslemede ise işlem parametrelerini daha iyi kontrol edebilme imkanı vardır. Kullanılan patlayıcıya örnek olarak yoğunluğu 1000 kg/m^3 olan amonyumnitrat esaslı bir toz kullanılmaktadır. Bu yöntemle Fe ve Cu tozlarından hazırlanmış parçalarda teorik yoğunlukları sırasıyla %96.4 - %94.5 mertebesinde bir yoğunluk değerine erişilmektedir. Tungsten tozlarında bu değer %97.6'ya kadar çıkmaktadır. Yoğunlaştırmada hemen hemen tam bir homojenlik sağlanmakta, yalnız parçaların merkezinde çok sınırlı bir bölgede daha yüksek bir sertliğe rastlanmaktadır.

Dinamik yoğunlaştırmada küresel bakır tozları şekil değiştirerek ovalleşmekte ve birbirine yapışmaktadır. Bu birleşme patlamalı kaynak olayına benzemektedir. Tanelerin bir hız kazanarak birbirlerine çarpmaları için aralarında belli bir boşluk bırakılması gerekmektedir. Bu amaçla başlangıçta teorik yoğunluğun %40'ına kadar bir ön yoğunlaştırma yapılır. Tane yüzeylerindeki oksit tabakası bu kaynamaya mani olmakla birlikte çarpışma ile yer yer yırtılmalar meydana gelmekte ve birleşme gerçekleştirilmektedir (Avcı, 1993).

4.4. Patlamalı Perçinleme

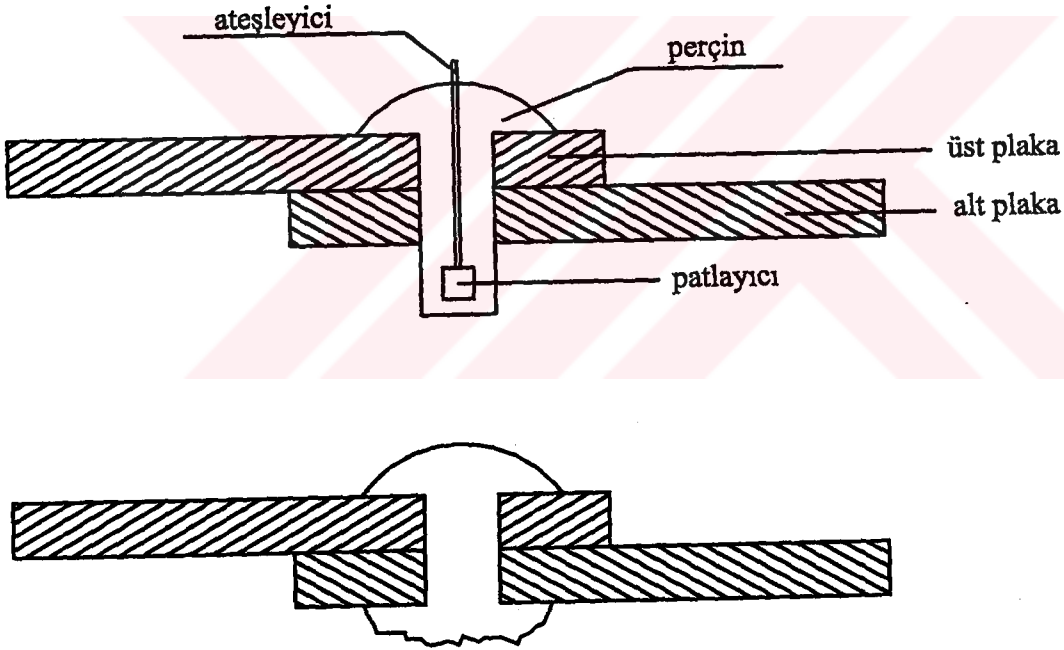
Perçinler kullanıldıkları yerlere göre üç sınıfa ayrılırlar:

- a) dayanım perçinleri
- b) sızdırmazlık perçinleri
- c) dayanım + sızdırmazlık perçinleri

Patlamalı perçinler ise genel olarak hem dayanım hem de sızdırmazlık gereken durumlarda kullanılırlar. Hızlı bir birleştirme tekniği olmasına karşın maliyeti yüksek, tehlikeli ve gürültülü bir metod olmasından dolayı ancak konstrüksiyonun zorunlu kıldığı durumlarda uygulanır. Konstrüksiyon gereği eğer alt plakanın alt tarafına müdahale imkanı yoksa ve

birleştirmeden dayanım ve sızdırmazlık bekleniyorsa patlamalı perçin tercih edilir. Açıkta gerçekleştirilen birleştirmelerde patlamalı perçin uygulamasına gidilmeyip hidrolik, elektro-hidrolik, elektro-mekanik ve havalı perçin makinalarıyla klasik usulde perçinleme yapılmaktadır.

Şekilde görüldüğü gibi perçinin içine üretimi esnasında yerleştirilen patlayıcı, perçinin kafa tarafında bulunan bir fitil ile bağlantılıdır. Saclar üstüste bindirildikten sonra, perçin daha önceden açılmış olan deliğe oturtulur ve fitil aracılığı ile patlayıcı infilak ettirilir. Patlamann verdiği yüksek basınç etkisiyle perçinin alt ucu yarılr ve iki yana açılarak birleştirmeyi sağlar. Endüstride patlamalı perçin uygulaması en çok uçak sanayinde kanat saclarının birletirilmesinde görülmektedir (Gültekin, 1995).



Şekil 4.8 Patlamalı perçinleme

5. LPG'NİN GENEL ÖZELLİKLERİ

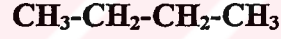
5.1 Genel Yapısı ve Eldesi

Likit Petrol Gazı (LPG) dünyada ilk kez 1810 yılında İngiltere'de kullanılmıştır. 1910-1920 yılları arasında Amerika'da da kullanılmaya başlanmış, zamanla tüm dünyaya yayılmıştır. Esas olarak ham petrolün damıtılmasıyla elde edilen bütan, propan ve izobütan gazlarının karışımıdır. Ayrıca yapısında az miktarda propilen ve bütilen gazları bulunur. Bunların dışında LPG'ye emniyet açısından çok küçük miktarda koku verici maddeler de ilave edilir. Bu amaçla 1 ton LPG içerisine 21 gram etil merkaptan ve 137 gram tiyofen katılır. Likit petrol gazları kritik sıcaklıklarına göre belli basınç altında sıvılaştırılmışlardır. Çizelge 5.1'de LPG'nin temel bileşenlerinin bazı özellikleri verilmiştir.

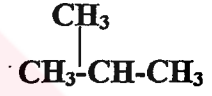
Yakıt olarak kullanılan bu gaz karışımı dünya piyasasında "Philgas, Pyropaz, Plamo, Sehlane, Essotane, Solgas, Skelgas ve benzeri birçok ticari isimlerle anılmaktadır. LPG'nin yapısında yer alan temel gazların kimyasal gösterimleri aşağıdaki gibidir:



n-propan



n-bütan



izo-bütan

LPG tabii gazlardan ve rafinerilerden olmak üzere iki farklı yoldan elde edilmektedir. Tabii gazlardan elde edilişi çok hafif olan metan ve etan gazlarının daha ağır olan propan ve bütan gazlarından kompresyon yolu ile ayrılmasıyla başlar. Sonra adsorbsiyon ve absorbsiyon metotları ile muhtelif fraksiyonlara ayrılırlar. Son olarak bir destilasyon işlemine tabi tutularak yan etkisi olabilecek artık maddelerden arıtılır.

Ham petrolün rafinasyonu ile üretimde sırası ile şu aşamalar vardır. Önce bir karışım halinde katalitik veya termal reforming ve termal veya katalitik kraking işlemleri yapılır. Buradan çıkan gazla absorbsiyon, destilasyon, kondensasyon ve fraksiyonlama işlemleriyle bütan ve propan halinde elde edilir (Kadıoğlu, 1999).

Çizelge 5.1 LPG'nin temel bileşenlerinin özellikleri (Kadıoğlu, 1999)

özellikleri	birim	n-propan	izo-bütan	n-bütan
kimyasal formül	-	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀
mol ağırlığı	gr/mol	44,09	58,18	58,12
normal kaynama noktası	°C	-42,1	-11,7	-0,5
normal ergime noktası	°C	-190	-135	-135
normal donma noktası	°C	-187,8	-130	-138,3
normal parlama noktası	°C	-105	-75	-60
yanma sıcaklığı	°C	450	325	385
alev sıcaklığı (havada)	°C	1925	1900	1895
bağıl yoğunluk (likit halde) (su=1)	-	0,508	0,563	0,584
bağıl yoğunluk (gaz halde) (hava=1)	-	1,52	2	2
özgül ağırlık	kg/lt	0,508	0,563	0,584
özgül hacim	lt/kg	1,968	1,776	1,712
ısı değeri	kcal/nm ³	22,447	29,018	29,089
ısı değeri	kcal/kg	11,07	10,8	10,92
patlama alt sınırı	%	2,4	1,8	1,9
patlama üst sınırı	%	9,5	8,4	8,5
gaz hacmi/likit hacmi	m ³ /m ³	272	238	238
1 m ³ gaz için gerekli yanma havası	m ³ /m ³	23,87	31,03	31,03
1 kg gaz için gerekli yanma havası	kg/kg	15,7	15,7	15,7
1 kg gaz için gerekli yanma havası	nm ³ /kg	12,15	12,03	12,02
1 m ³ gaz için gerekli yanma ısı (ilk)	cal	50,34	-	49,5
1 m ³ gaz için gerekli yanma ısı (son)	cal	46,36	-	45,73
1 kg gaz için gerekli yanma ısı (ilk)	cal	101,8	-	134
1 kg gaz için gerekli yanma ısı (son)	cal	93,56	-	123,53
buharlaşma ısı (15.6 °C da)	cal/kg	85	-	88,6
buharlaşma basıncı (15.6 °C da)	kgf/cm ²	6,51	0,8	0,82
buharlaşma basıncı (20 °C da)	kgf/cm ²	8,93	-	1,2
buharlaşma basıncı (55 °C da)	kgf/cm ²	20,18	-	4,85
entalpi	cal/mol	-530,5	-	-687,98

5.2 Teknik Özellikleri

LPG renksiz ve kokusuz olup yanıcı ve parlayıcı bir organik maddedir. Normal şartlar altında gaz halinde bulunur. Basınç altında sıvılaştırılır ve depolanır. Ancak öyle bir sıcaklık değeri vardır ki bu sıcaklıkta basınç ne kadar yüksek olursa olsun LPG buharı sıvılaştırılamaz. Bu sıcaklık değerine kritik sıcaklık denir. Kritik sıcaklık değerine ulaşmış gazın yoğunluğuna kritik yoğunluk, basıncına da kritik basınç denir. Atmosferik şartlarda

hava ile karışımı belli oranlar dahilinde yanıcı ve patlayıcı özellik gösterir. Rutubetli hava ile karışımı halinde sis oluşturur. Suda çok az çözünür. Suyun yüzeyinde de patlayıcı etkiye sahiptir. Buharı az da olsa narkotik etki gösterir. LPG buharı havaya göre daha ağır bir gazdır. Propan havadan 1.52 kat, bütan ise 2 kat daha ağırdır. Isıl değeri hava gazından ve doğal gazdan daha yüksektir. Kauçuğu çözücü etkisi olduğundan LPG tesisatlarında kauçuk malzemeler kullanılmamalıdır.

5.3 Sağlık Üzerine Etkileri

LPG hem sıvı hem de gaz halinde deri ve gözler için zararlıdır. Zehirli değildir fakat yanma ürünleri (CO ve CO₂) zehirleyici etki gösterir. Ayrıca havadan ağır olduğu için herhangi bir kaçak halinde hava içindeki oranı hızlı artış gösterir; oksijen yetersizliğinden boğulmaya sebebiyet verebilir. İnsan yaşamı için, soluduğumuz havada bulunması gereken ideal oksijen oranı %21 dir. Bu oranın %17 ye kadar düşmesi durumunda nefes alma ritmi hızlanır, adele ve kas kontrollerinde azalma olur. Oksijen oranının %12 civarına inmesi halinde baş dönmesi ve yorgunluk belirtileri olur; muhakeme yeteneği azalır. %9 oranında oksijen içeren ortamlarda ise baygınlık ve bilinç kaybı meydana gelir. Oksijen oranının %6 ve daha aşağı seviyelere inmesi durumunda nefes almak imkansızlaşır ve o ortamda kalan kişiye şayet 3 dakika içerisinde müdahale edilirse yaşama şansı vardır. Ayrıca LPG, hava ile %1.9-%9 arasında karışım yapması halinde patlayıcı tesir gösterir. Bunun için LPG kullanılan yerlerde gaz kaçaqları çok önemlidir (Kadıoğlu, 1999).

5.4 Gaz Kaçağı Tanı Olanakları

Gaz kaçaqları aşağıdaki şekillerde tespit edilebilir:

1. Önemli bir gaz kaçağı çok net bir ısıklık sesi çıkarır.
2. Kaçaqlar LPG nin kendine has kokusu ile farkedilebilir.
3. Çok küçük kaçaqların tespiti için şüphelenilen kısımlara sabun köpüğü tatbik edilerek kaçak bulunabilir.
4. Sıvı LPG'nin kaçağında (tank veya tüpten kaçak olması halinde) kaçak bölgesinde karlanma görülür.

5.5 Patlayıcılık Özelliği

Patlama olayı ses hızından daha yüksek hızda meydana gelen yanma reaksiyonudur. Yani çok kısa bir zaman aralığında çok büyük bir enerjinin açığa çıkmasıdır. Bu olaya detonasyon da denilir ve karakteristik özelliği bir şok dalga etkisi yaratmasıdır. Uygun konsantrasyondaki LPG-hava karışımı ateşlendiğinde saniyenin binde biri gibi çok küçük bir zamanda yanarak ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$) yanma ürünlerini meydana getirir. LPG, kapalı ortamlarda patlayıcı özellik gösterir. Oksijen miktarının çok yüksek olduğu (fakir karışım) veya LPG miktarının çok fazla olduğu (zengin karışım) LPG-hava (veya LPG-oksijen) karışımları patlayıcı etki göstermez. Bu limitler patlama alt ve üst sınırları olarak tanımlanırlar. LPG için (hava ile karışımında)patlama alt sınırı %1.9, patlama üst sınırı %9'dur (Kadioğlu, 1999).

LPG tank ve tüplere basınç altında doldurulduğundan (sıvılaştırma maksadı ile) bunlar da patlama telikesi gösterirler. Tank ve tüplerin patlamasının en sık rastlanılan nedeni bunların ısı etkisine maruz kalmaları, taşınma ve depolanmalarında gerekli kurallara uyulmamasıdır.

5.6 Kullanım alanları

Temiz bir yakıt olan LPG'den, evlerde en çok ocak ve şofbenlerde yakıt olarak faydalanılmaktadır. Bu bakımdan en büyük rakibi, daha ucuz olan doğalgazdır. Ancak doğalgaz tüplerde depolanan bir yakıt olmadığından doğalgaz şebekesi bulunmayan şehirlerde domestik kullanımda LPG rakipsizdir. Ayrıca evlerde, kombi ve sobalarda ısıtma amaçlı kullanımı da mevcuttur. Özellikle büyük hacimli LPG tanklarının ve gezici dolun araçlarının yaygınlaşmasıyla LPG, şehir dışında konut ısıtması için (özellikle villa ve site ısıtmasında) tercih edilen bir yakıt olmaya başlamıştır. Aynı şekilde doğalgaz şebekesinin bulunmadığı sanayi bölgelerinde de çeşitli fırınlarda ve kazanlarda yakıt olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Bunun dışında LPG'nin araçlarda motor yakıtı olarak kullanımı da her geçen gün artış göstermektedir. LPG'nin motor yakıtı olarak üstünlükleri;

- yüksek oktan sayısı (105),
- benzin ve motorine göre daha temiz bir egzost emisyonu,
- karbon birikintisine yol açmaması,
- daha uzun bir yağ ömrü sağlaması,
- daha ucuz olmasıdır (Ayhaner,1995a).

Dünyada artık pek çok otomobil üreticisi firma araçları doğrudan LPG uyumlu olarak üretmektedir. Ülkemizde de LPG'li taşıt üretimi yapılmaktadır. Ayrıca mevcut otomobillerin ve özellikle ticari taksilerin LPG'ye dönüştürülmesi hızla yaygınlaşmaktadır. LPG nin motor yakıtı olarak kullanıldığı sistemler genel olarak üç grup altında toplanmaktadır:

- 1) Karbüratörlü motorlar üzerinde kullanılan "1.Kuşak Sistemler",
- 2) Enjeksiyon sistemli taşıtlarda kullanılan "2.kuşak sistemler",
- 3) LPG'yi emme süpabı üzerine püskürterek daha iyi bir performans sağlayan "3.kuşak sistemler".

Dönüşümlerde kullanılan LPG kitini oluşturan temel parçalar, LPG tankı, tank bağlantı elemanları, iki aşamalı basınç düşürücü LPG elektrovalfi, benzin elektrovalfi, elektronik kontrol ünitesi, LPG seviye sensörü, karıştırıcı (mikser) benzin, su ve gaz hortumları, emniyet valfleri, havalandırma hortumu, sızdırmaz odacık ve LPG dolum ağız setidir (Ayhaner,1995b).

5.7 Yanma Öncesi Karışım Basıncı Hesabı

Çalışma sonunda hazırlanacak prototipte patlayıcı etki kaynağı olarak LPG-hava karışımının kullanılması uygun görülmüştür. LPG hava ile %1.9-9 oranında karışım yaptığında patlayıcılık göstermektedir. Bu değer aralığı, LPG kütlesinin hava kütlesine oranı (i) cinsinden ($i=1/50 -1/10$) şeklinde ifade edilebilir. Patlama etkisiyle silindir içerisine alınacak LPG'nin basıncı direkt olarak kullanılacak regülatöre bağlıdır. Havanın basıncı ise LPG regülatörü çıkış basıncına ve karışım oranına bağlı olarak hesap edilebilir. Bunun için

yapılması gereken ideal gaz denkleminin LPG ve hava için yazılarak oluşturulan denklemlerin birbirine oranlanmasıdır. Hesaplamalarda, karışımdaki LPG miktarı havaya göre çok küçük olduğundan hava için yazılan denklem ve bulunan sonuçlar karışımın tümü için değerlendirilebilir. Ayrıca hesaplamayı basitleştirmek için bazı kabuller yapılmıştır:

$$P_{\text{hava}} \times V_{\text{hava}} = N_{\text{hava}} \times IR \times T_{\text{hava}} \quad (5.1)$$

$$P_{\text{Lpg}} \times V_{\text{Lpg}} = N_{\text{Lpg}} \times IR \times T_{\text{Lpg}} \quad (5.2)$$

$$(P_{\text{hava}} \times V_{\text{hava}}) / (P_{\text{Lpg}} \times V_{\text{Lpg}}) = (N_{\text{hava}} \times IR \times T_{\text{hava}}) / N_{\text{Lpg}} \times IR \times T_{\text{Lpg}} \quad (5.3)$$

(5.3) eşitliğinde IR (üniversal gaz sabiti) sabittir ve her iki gaz için aynıdır. Ayrıca LPG ve hava aynı yanma odasına (silindire) alınacağına göre yanma öncesi durum için:

$$V_{\text{hava}} = V_{\text{Lpg}} \quad ; \quad T_{\text{hava}} = T_{\text{Lpg}} \quad (5.4)$$

ifadesi yazılabilir. Bu durumda (5.3) eşitliği aşağıdaki hale dönüştürülebilecektir:

$$P_{\text{hava}} / P_{\text{Lpg}} = N_{\text{hava}} / N_{\text{Lpg}} \quad (5.5)$$

Eşitlikte N_{hava} havanın ve N_{Lpg} LPG'nin mol sayısı olup kütle -molekül ağırlığı cinsinden:

$$N_{\text{hava}} = M_{\text{hava}} / MA_{\text{hava}} \quad ; \quad N_{\text{Lpg}} = M_{\text{Lpg}} / MA_{\text{Lpg}} \quad (5.6)$$

şeklinde ifade edilebilir. (5.6) eşitliğinin (5.5) ifadesinde yerine konulması ile :

$$P_{\text{hava}} / P_{\text{Lpg}} = (M_{\text{hava}} / MA_{\text{hava}}) / (M_{\text{Lpg}} / MA_{\text{Lpg}}) \quad (5.7)$$

denklemini elde edilir. Burada LPG kütlesinin hava kütlesine oranına "i" denilirse ve denklem havanın basıncını (P_{hava}) verecek şekilde düzenlenirse aşağıdaki eşitlik sağlanır:

$$P_{\text{hava}} = (P_{\text{Lpg}} \times MA_{\text{Lpg}}) / (MA_{\text{hava}} \times i) \quad (5.8)$$

Bu durumda havanın ve LPG'nin molekül ağırlıklarının tespiti gerekecektir. Evlerde kullanılan LPG'nin bileşiminde Bütan/Propan oranı (kütlesel) 13/11'dir. Bütanın molekül ağırlığı 58.1 gr/mol, propanın molekül ağırlığı ise 44.1 gr/mol'dur (çizelge 5.1). Bu verilere göre LPG'nin molekül ağırlığı:

$$MA_{\text{Lpg}} = (13 \times 58.1 + 11 \times 44.1) / (13 + 11) = 51.7 \text{ gr/mol} \quad (5.9)$$

olarak bulunur. Havanın molekül ağırlığının hesabında da yaklaşık olarak %21 O₂ ve %79 N₂'den oluştuğu kabul edilebilir. O₂'nin molekül ağırlığı 32 gr/mol ve N₂'nin molekül ağırlığı 14 gr/mol olduğuna göre havanın molekül ağırlığı:

$$MA_{\text{hava}} = (21 \times 32 + 79 \times 14) / (21 + 79) = 17.8 \text{ gr/mol} \quad (5.10)$$

değerindedir. (5.9) ve (5.10) eşitliklerinden elde edilen sonuçlar (5.8) denkleminde yerine konulursa, havanın karışım öncesi basınç değeri karışım oranına "i" ve LPG regülatörünün çıkış basıncına bağlı olarak şu şekilde elde edilir:

$$P_{\text{hava}} = 2.9 \times P_{\text{Lpg}} / i \quad (5.11).$$

6. YENİ BİR PRESLEME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI

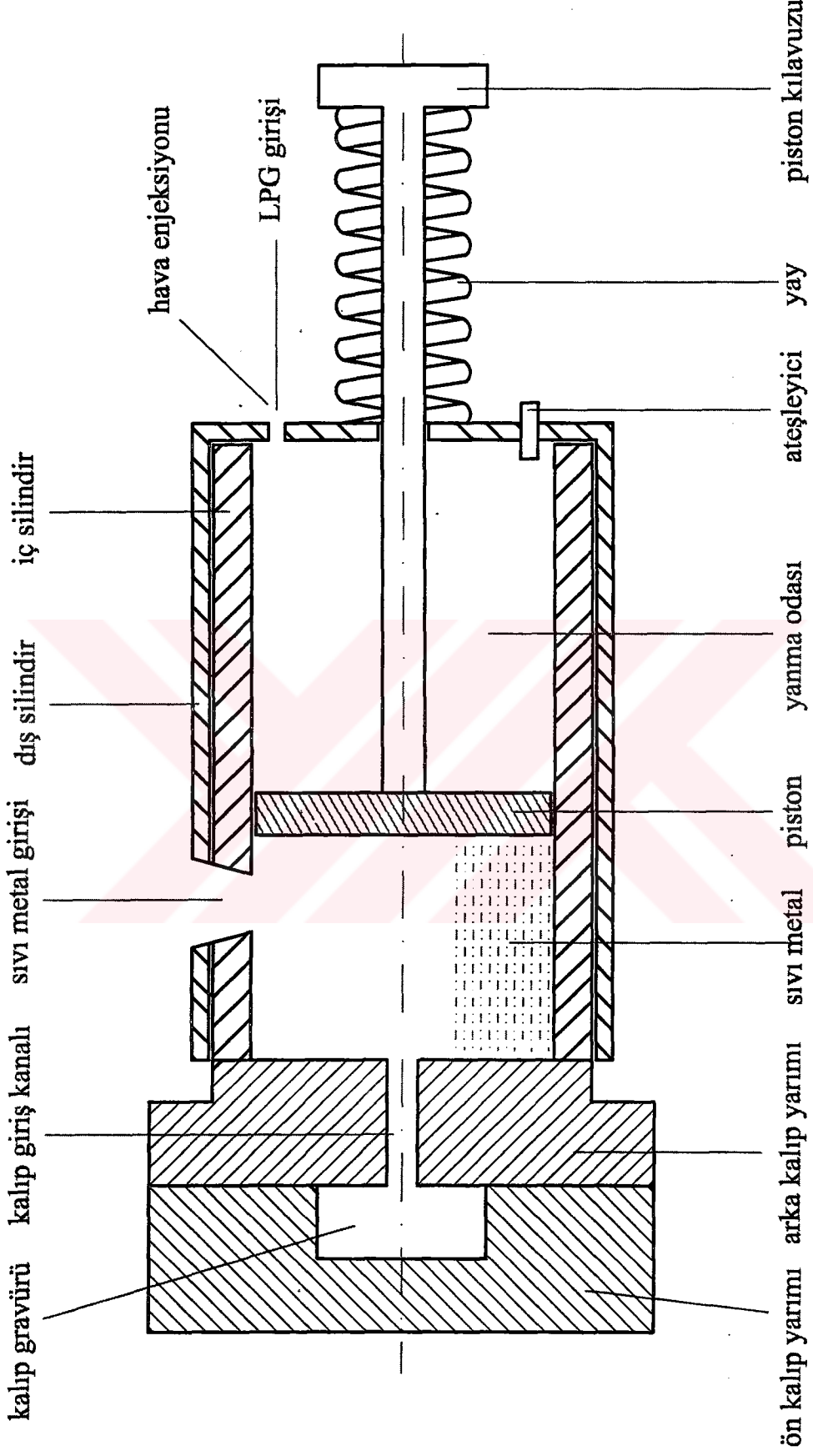
6.1 Prototipin Tasarım Süreci

Bu tez çalışmasıyla mevcut pres döküm makinalarındaki presleme sistemlerine bir alternatif sunmak, konuya ilişkin ileriki çalışmalara destek vermek ve yeni deneysel çalışmaların yolunu açmak amaçlandığından çalışma sonunda bir deney prototipi ortaya çıkarmak temel hedef seçilmiştir. Pres dökümde yeni bir presleme sistemine gereksinim duyulmasının nedeni, mevcut makinaların hidrolik presleme mekanizmalı olmasından kaynaklanan:

- yapısal karmaşıklık,
- yüksek ilk yatırım maliyetleri,
- işletme, bakım ve onarım masraflarının yüksekliği,
- daha yüksek üretim hızlarına çıkılamaması gibi dezavantajlardır.

Bu dezavantajları ortadan kaldıracı bir presleme için ani hareket yaratabilecek bir etki gereklidir. Bunu sağlayabilecek kaynak, patlama etkisidir. Yeni presleme sisteminin tasarımında başlangıçta katı veya toz halde bir patlayıcı kullanılması düşünülmüş ise de patlamanın kontrollü ve emniyetli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için patlayıcı olarak bir gaz yakıtın seçilmesi uygun görülmüştür. Yakıt seçiminde önce en ucuz gaz olan doğalgaz üzerinde durulmuş, ancak deneysel çalışmalar için ilave tesisat gerekeceğinden bundan vazgeçilmiştir. Deneysel çalışmaların rahat yapılabilmesi için kolay temin edilebilen, depolanabilir ve taşınabilir bir yakıtı ihtiyaç vardır. Bu gereksinimlere en iyi cevap verecek yakıt LPG olduğundan patlama etkisinin LPG-hava karışımı ile sağlanmasında karar kılınmıştır.

Oluşturulacak prototipin mekanik kısmı ile ilgili olarak düşünülen ilk prensip şeması Şekil 6.1'deki gibidir. Şekildeki dış silindirin iç silindir üzerinde döndürülmesiyle sıvı metal ağız açılacak, sıvı metalin iç silindire alınmasından sonra dış silindir tekrar döndürülüp ağız kapanacaktır. Daha sonra pistonun arka kısmına gaz girişi yapılacaktır. Bu esnada silindir içerisine enjeksiyon prensibi ile hava dolacaktır.



Şekil 6.1 Prototip için düşünülen ilk prensip şeması

Yeterli miktarda gaz dolumu sağlandıktan sonra bir ateşleyici tarafından patlama gerçekleştirilecektir. Patlama etkisiyle piston sıvı metali ani bir şekilde kalıba basacaktır. Piston kılavuzu, pistonun silindir içerisinde salınımsız hareketini sağlayacak ve silindirin dışında bulunan yayı patlama esnasında kurarak basınç etkisi kalktıktan sonra sistemin başlangıç konumunu almasını sağlayacaktır.

Bu ön tasarım üzerinde yapılan incelemelerde aşağıdaki problemlerin ortaya çıkabileceği görülmüştür:

1. Sistemin yatay konumda olmasından dolayı sıvı metalin tamamının kalıba dolması mümkün olmayacak, kalıp giriş kanalı ile silindir alt kısmı arasında bir miktar sıvı metal kalacaktır.
2. Sistemde sıvı metal ile gaz karışımının aynı silindir içerisine doldurulması öngörülmüştür. Bu durumda, yüksek sıcaklığa sahip olan sıvı metal, gazın sıcaklığının artmasına ve dolayısıyla kontrolsüz bir patlama olayına neden olabilecektir.
3. Sistemde presleme direkt olarak piston ile sağlanacağından sıvı metalin pistonla teması piston yüzeyini ve sıvı metal bileşimini olumsuz etkileyecektir.
4. Sıvı metalin silindire alınması esnasında silindir içine dolan hava, ergiyik kalıba basıldığında parçada boşluklara neden olacaktır.
5. Kalıp üzerindeki ergiyik giriş kanalının dar olmasından dolayı düşük akıcılığa sahip olan sıvı metal, akışa belli bir direnç gösterecek; dolayısıyla basma işlemi pistonun patlama etkisiyle kazandığı hızla gerçekleştirilemeyecektir.
6. Prototip imalatı basit atelye şartlarında gerçekleştirileceğinden piston ve silindir çapları arasında uyum sağlamak çok zor olacaktır. Piston çapının gerekenden büyük olması halinde, patlama ile oluşan sıcaklık pistonun genleşerek silindir içerisinde sıkışmasına neden olacaktır. Piston çapının gerekenden küçük olması halinde yanma sonrası pistonun sıvı metal haznesine gaz geçişi; yanma odasına da sıvı metal geçişi olabilecektir.
7. İç ve dış silindir arasındaki sızdırmazlığın sağlanması çok güç olacaktır. Patlama etkisiyle piston ön tarafa doğru ilerleyip sıvı metal giriş deliği hizasını geçtiğinde, pistonun arka tarafındaki yanmış gaz iki silindir arasındaki boşluktan kaçacaktır. Bu da elde edilen basıncın düşmesine neden olacaktır. Ayrıca bu ara yüzeye, ergiyiğin silindire alınışında

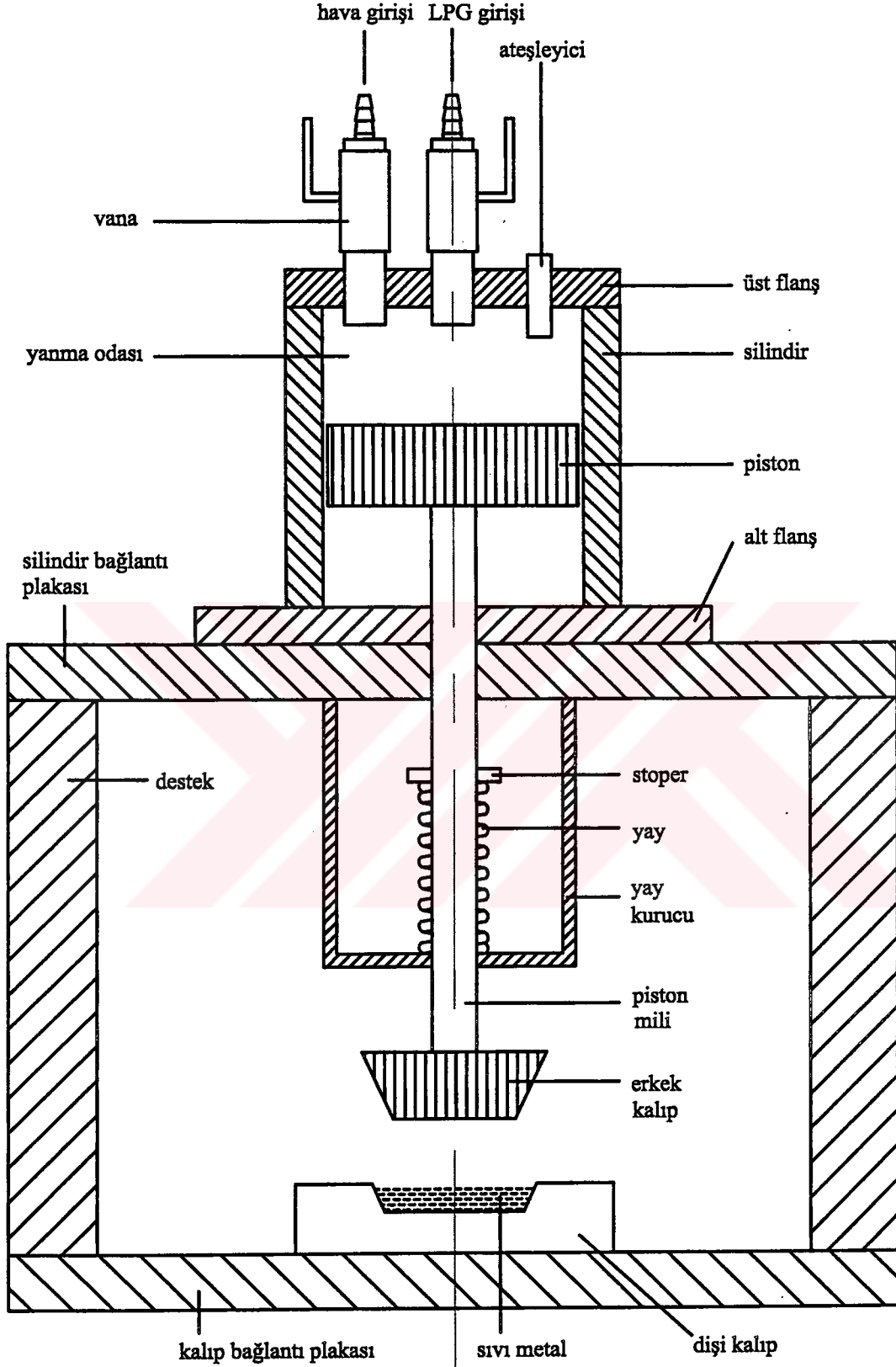
veya patlama esnasında sıvı metal sızması halinde bir süre sonra sıvı metal bu bölgede katılarak silindirlerin kilitlenmesine neden olabilecektir.

8. Kalıbın silindire bağlantısında silindir et kalınlığı buna cevap vermeyeceği için problem yaşanacaktır.
9. Sistemde gaz-hava karışımı enjeksiyon prensibi ile sağlandığı için ileride yapılacak deneysel çalışmalarda LPG-hava karışım oranının etkilerini incelemek mümkün olmayacaktır.

Doğabilecek bu problemler göz önüne alınarak tasarım için bazı ön şartlar ortaya çıkarılmıştır:

1. Sistem yatay değil düşey çalışmalıdır.
2. Sıvı metalin ve gazın aynı silindire doldurulmayacağı bir sistem düşünülmelidir.
3. Pistonun sıvı metal ile teması engellenmelidir.
4. Tasarım, sıvı metal üzerindeki havanın basma işlemi esnasında tahliyesine imkan vermelidir.
5. Tasarımda sıvı metal girişi mümkün mertebe geniş tutulmalıdır.
6. Piston ile silindir arasındaki çap uyumunu sağlamak güç olduğundan tasarımda piyasada bulunan hazır bir piston-silindir sistemi kullanılmalıdır.
7. Ergiyeğin silindire alınışı farklı bir şekilde yapılmalı, sistemde içiçe iki silindir kullanılmamalıdır.
8. Kalıp, silindire değil, uygun dizayn ile oluşturulacak başka bir parçaya bağlanmalıdır.
9. LPG-hava karışımı için valfli bir sistem düşünülmelidir.

Bu ön şartlar doğrultusunda Şekil 6.2’de verilen taslak çizilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi yeni tasarımın çalışma prensibi, dövme döküm ve semisolid dövme teknikleri ile benzeşmektedir. Önceki tasarımdan farklı olarak bu sistemde kalıp, erkek ve dişi olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Basma etkisi piston yerine erkek kalıp ile sağlanacaktır. Bu şekilde pistonun sıvı metalle teması kesilmiştir. Erkek kalıp piston miline bağlanmıştır. Bu sistemle şekilli parça üretimi de mümkün kılınmıştır. Silindirin üst kısmına LPG ve hava girişi için kullanılacak valflerin ve ateşleyicinin bağlantısı için bir flanş konulmuştur. Silindirin silindir plakasına bağlantısı için de bir alt flanş düşünülmüştür.



Şekil 6.2 Çıkarılan ön şartlar doğrultusunda hazırlanmış ikinci prototip taslağı

Valfler aracılığı ile silindir içerisinde istenilen oranda bir karışım sağlandıktan sonra ateşleme yapılacak ve erkek kalıp, dişi kalıba önceden dökülmüş olan sıvı metali dövecektir. Bu esnada yay kurucu ile stoper arasında sıkışan yay, sistemi başlangıç konumuna getirecektir.

Sistemin temel elemanı, piston silindir sistemi olduğundan diğer parçaların konumu ve boyutları bu iki parçaya göre belirlenmek zorundadır. Ayrıca parçaların birbirine bağlantı şekilleri de parçaların boyutlarını ve şekillerini etkileyecektir. Bu detayların kağıt üzerinde hesap edilip çizime aktarılması tasarım sürecini çok uzatacaktır. Prototip tasarım ve üretim sürecini kısaltıp deneysel çalışmalara da zaman ayırabilmek için bir piston silindir sistemi temin edilerek diğer parçaların buna göre imal edilmesi kararlaştırılmıştır.

6.2 Prototipin İmalat Süreci

Piston ile silindir arasındaki uyumu kendi imkanlarımızla yapacağımız imalatla yakalamamız çok zor olacağı için piyasadan hazır bir sistem alma yoluna gidildi. Maliyeti düşürmek maksadı ile kullanılmış bir otomobil piston ve silindiri alındı. İlk alınan piston ve silindir incelendiğinde bu parçalara göre yapılacak imalatla oldukça büyük bir deney prototipi ortaya çıkacağı görüldü. Bu durum diğer parçaların boyutlarını ve dolayısıyla maliyetini artıracığı için daha küçük bir piston-silindir sistemine ihtiyaç duyuldu. Bu maksatla bir motosiklet tamirhanesi ile görüşülerek ithal bir mobiletten sökülmüş piston ve silindir alındı.

Alınan silindir incelenerek egzost deliğinin uygun bir tertibat bağlanarak gaz girişi için değerlendirilebileceği görüldü. Emme ve süpürme delikleri ise gaz kaçağına yol açacağından kapatıldı. Bu işlemde dişçilikte protez yapımında ve metal kesme kalıpcılığında kayıt plakası deliklerinin revizyonunda kullanılan takılın malzemesinden yararlanıldı. Takılın, toz halde bulunan ve özel sıvısı ile karıştırılarak uygulanan bir malzemedir. Çevre şartlarında bir kaç saatlik bir kuruma süresinin sonunda sert fakat talaşlı işlenmeye yatkın bir hal almaktadır. Emme ve süpürme delikleri silindirin iç kısmından cam macunu ile tıkandı. Daha sonra takılın çözeltisi hazırlanarak emme ve süpürme kanallarına dolduruldu.

Gaz girişi egzost deliğinden yapılacağı için tasarımıda valflerin bağlanması ön görülen üst flanşa gerek kalmadı. Bunun yerine üzerine sadece ateşleyicinin bağlanacağı silindir kapağı kullanılmasına karar verildi. Patlama sonrası egzost da silindir kapağı üzerindeki jikle ile sağlanabilecekti. Ancak silindir ithal bir mobiletten sökülme olduğundan silindir kapağı almak için yapılan piyasa araştırmaları sonuç vermedi. Bu durum karşısında atelyede buji bağlantısının yapılacağı basit bir kapak imal edildi. Egzostun bu kapak üzerine monte edilecek, doğalgaz tesisatlarında kullanılan bir test nipelini ile manuel olarak yapılabileceği düşünöldü.

Bu noktada ateşleyici seçimi gündeme geldi. Ateşlemenin güçlü bir manyeto ile yapılması fikri ile bir katalitik soba çakmağı temin edildi. Bununla ateşleme yapabilmek için manyeto kablosuna bir buji bağlandı ve silindir kapama parçasına, bağlantı maksadı ile bujinin dişine uygun kılavuz çekildi. Silindir üzerindeki boydan boya açılmış olan dört adet bağlantı deliğinden istifade edilerek, 4 adet M8 saplama ve M8 somun ile silindir kapağı, silindir ve silindir bağlantı plakası birbirine bağlandı. Bu bağlantı şekli sayesinde silindirin plakaya bağlantısı için düşünölen alt flanşa gerek kalmadı.

şekil-6.2'deki tasarımıda görülen yay kurucu parçanın yerine şekil 6.3'deki kayıt plakası kullanıldı. Bu durumda kullanılacak destek plakası sayısı dörde ıktı. Yay kurucunun "U" kesitli bir parça olması talaşlı olarak imalini güçleştirecekti. Talaşsız olarak yapılması halinde ise ince bir sacdan imal edilmesi gerekiyordu. Bu durumda parça silindir bağlantı plakasına kaynak ile bağlanacaktı. Bu, imalatta herhangi bir problemle karşılaşılması halinde parçanın sökülmesini, mile ve yaya müdahale imkanını zorlaştıracaktı. Bu vesile ile sistemin tüm parçalarının sökülebilir bağlantılı olması gerektiği göröldü. Tasarımda mile kaynaklı olarak bağlanması düşünölen stoper iptal edilerek bunun yerine somun ve rondela kullanılmasına karar verildi.

Piston mili olarak M16 saplama kullanıldı. Önce uzunca kesilen saplamanın bir ucu ısıtılıp dövölerek ezildi. Ezilerek genişleyen bu yüzeye, piston pernosununun çapına uygun delik açıldı. Saplamanın diğer ucuna ise arka yüzeyine M16 diş çekilmiş olan erkek kalıp takıldı.

Piston ile erkek kalıp arasındaki bağlantıda düz bir mil yerine boydan boya dişli olan M16 saplama kullanılarak şu avantajlar sağlandı:

- Erkek kalıbın mile sökülebilir olarak bağlanması imkanı elde edildi.
- Mil ve erkek kalıbın toplam yüksekliğine bir esneklik getirildi. Böylece hareket stroku belli sınırlar içerisinde ayarlanabilir hale geldi.
- Stoper yerine M16 somun ve rondela kullanma imkanı elde edildi; stoper yerinin hassas bir şekilde önceden tespit edilmesine gerek kalmadı.
- Parçanın tamamen dişli olmasından dolayı, somun ve rondelanın mil üzerindeki yeri değiştirilerek pistonun silindir içerisindeki konumunda bir ayar imkanı sağlandı. Bu şekilde piston strokunun ve patlama öncesi yanma odası hacminin değiştirilebilmesi mümkün kılındı.

Tasarımda diş kalıbın kalıp bağlantı plakasına bağlantısının iki adet civata ile yapılması düşünülmüş idi. Bu durumun, parçanın kalıptan çıkarılmasını zorlaştıracığı gözönüne alınarak kalıp tek taraftan 1 adet M6 imbus civata ile bağlandı. Bu maksatla kalıp bağlantı plakasına M6 diş çekildi. Bağlantı civatası çok fazla sıkılmayarak döküm sonrası kalıbın civata ekseninde döndürülmesine ve parçanın kolayca çıkarılmasına imkan tanındı.

Deneysel çalışmalarda dökülen parça alındıktan sonra, ikinci döküm için diş kalıp eski yerine döndürüldüğünde diş ve erkek kalıpların eksenlerinin tam çakışması gerekecektir. Bu gaye ile kalıp bağlantı plakasına bir kalıp stoperi konuldu (Şekil 6.3). Bu stoperin konumunda bir esneklik sağlayabilmek için stoper üzerine bir delik açmak yerine slot açılması tercih edildi. Stoperin plakaya bağlantısı da yine M6 civata ile yapıldı. Silindir bağlantı plakasının, kayıt plakasının ve kalıp bağlantı plakasının desteklere bağlantısında da M8 civatalar kullanıldı.

Tüm civatalı bağlantılarda imbus civata kullanılmasından dolayı sistemin bir adet altılık ve bir adet beşlik alyan anahtarı ile demontajı ve montajı mümkün kılındı. Prototip bu haliyle gaz girişinin sağlanacağı düzenek haricinde tamamlanmış oldu.

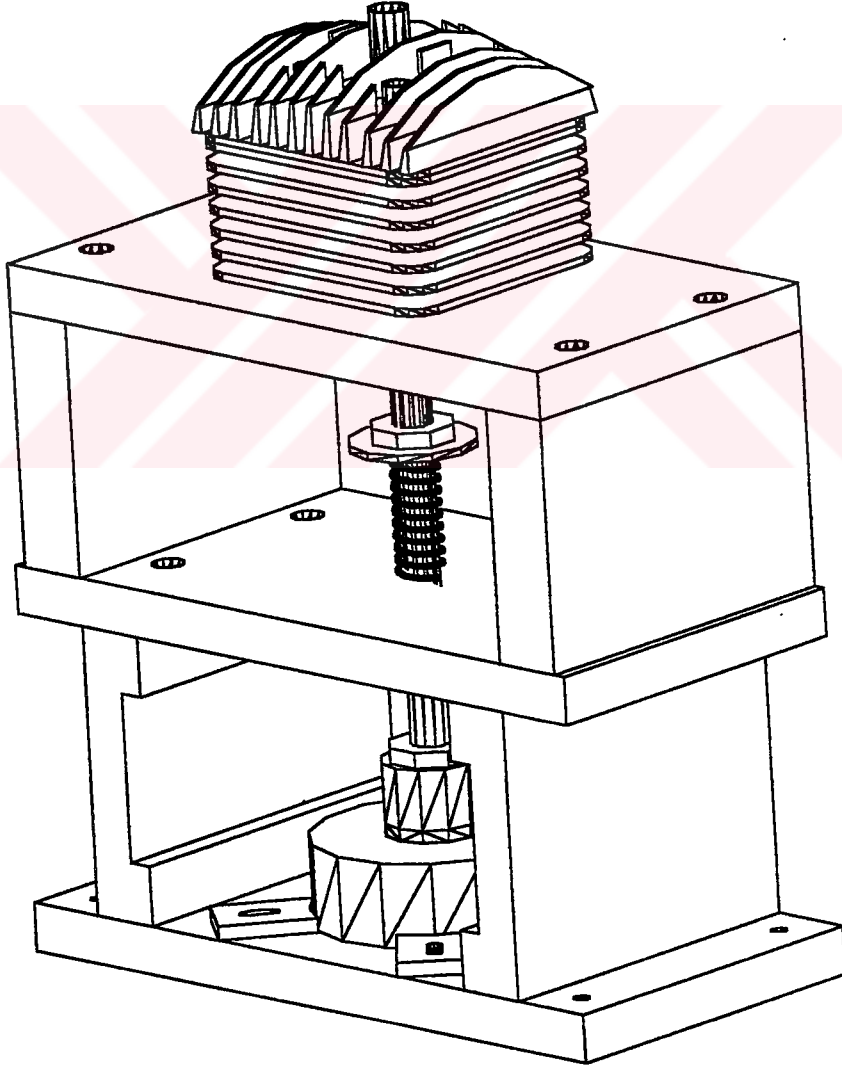
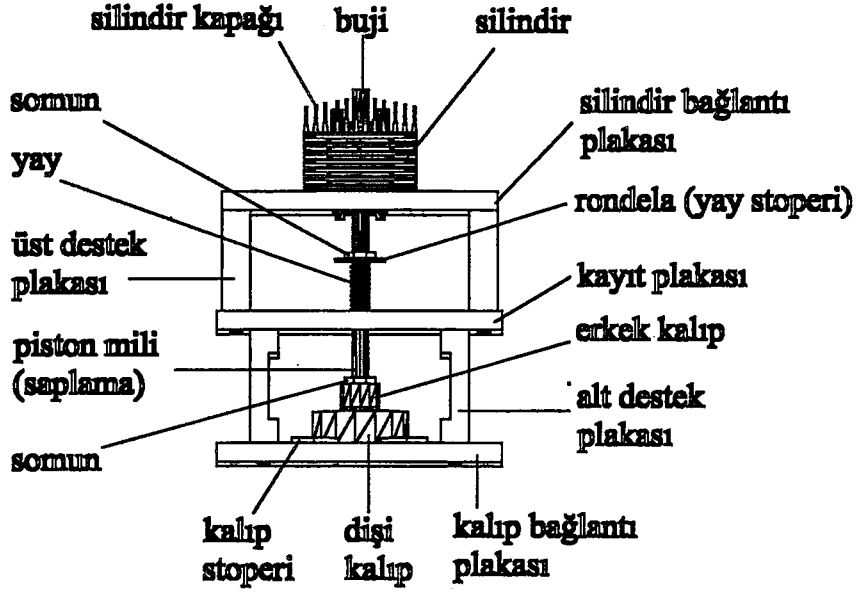
6.3 İlk Sızdırmazlık Testleri ve Prototip Üzerinde Yapılan Revizyonlar

İlk testlerde oluşturulan prototipin basınç etkisi altındaki hareketinin ve hazırlanan parçaların uyumunun nicel olarak gözlenmesi amaçlandığından bu aşamada patlama etkisi yerine hava basıncından yararlanılmasının yeterli olacağı düşünüldü. Bu düşünce ile vakit kazanmak için daha gaz giriş tertibatı hazırlanmadan testlere geçildi.

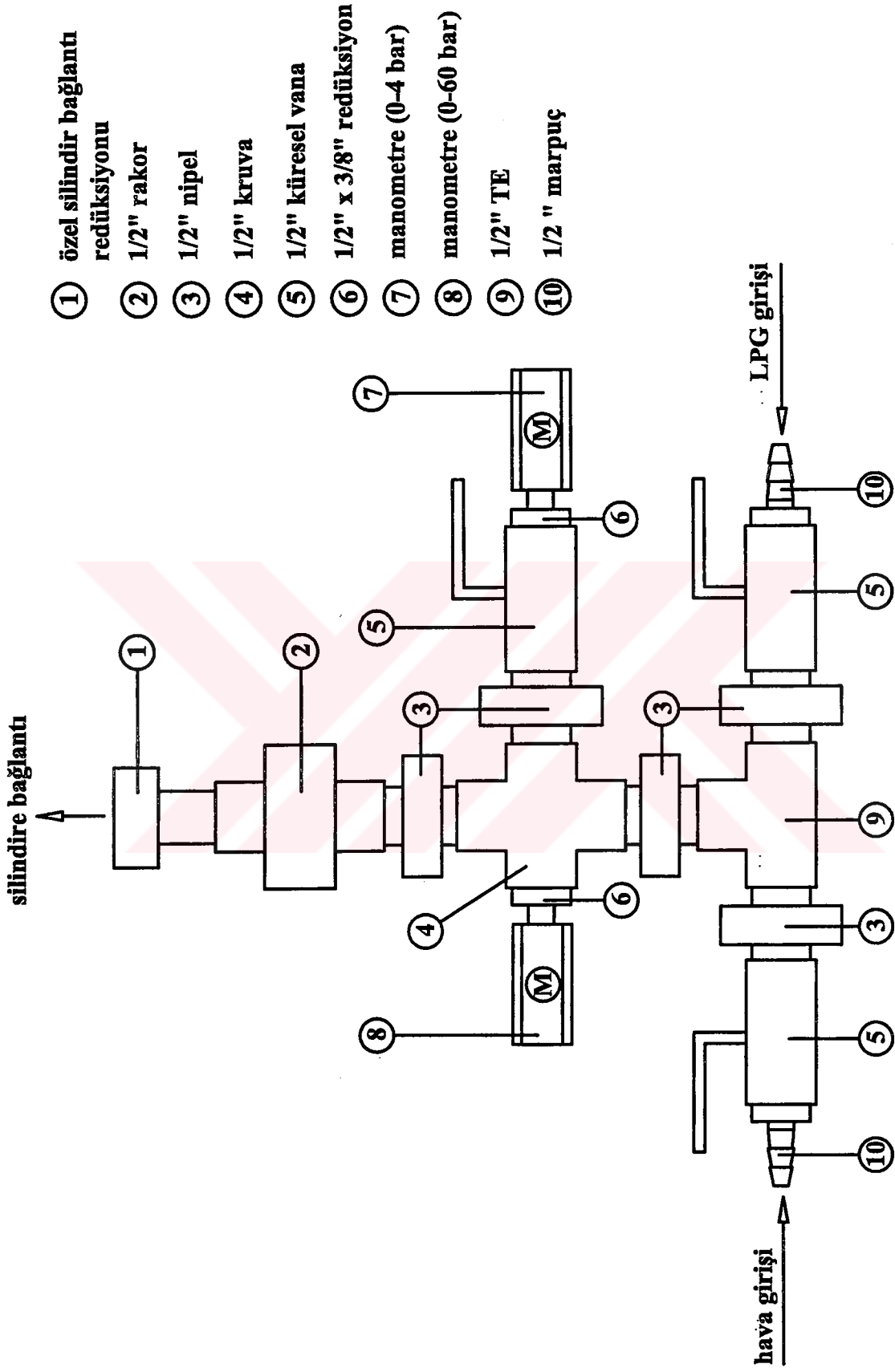
Silindir üzerindeki, gaz giriş düzeneğinin monte edileceği deliğe bir kör flanş bağlandı. Testte hava girişi silindir kapama parçası üzerindeki buji bağlantı deliğinden yapıldı. Havanın kontrolü kompresöre bağlı hortum üzerindeki hava tabancası ile sağlandı. Silindire doldurulan 5 bar (0.5 MPa) basınçlı havanın etkisiyle erkek kalıbın hızla dişi kalıba vurduğu gözlemlendi. Bu, prototipten beklenilen temel hareket olduğundan sağlanabilmiş olması sevindirici idi. Ancak tabancanın tetiği bırakıldığında piston birkaç saniye içerisinde başlangıç konumuna geri döndü. Buradan sistemde bir kaçak olduğu anlaşıldı.

Kaçak olması muhtemel olan silindir-kapak ve silindir-kör flanş arası yüzeylere klingirik conta konularak test tekrar edildi; kaçağın devam ettiği görüldü. Kaçağın emme ve süpürme deliklerine yapılan takılan dolgulardan kaynaklanabileceği düşünülerek bu kısımlara sabun köpüğü sürülerek tekrar test yapıldı. Ancak bu kısımlarda kaçağa rastlanılmadı. Geriye kalan tek ihtimal silindir ile piston segmanları arasındaki boşluktan kaçak olmasıydı. Yapılan yeni testte bu kısmın altına sigara tutuldu ve basınç uygulandığında sigara alevinin parladığı görüldü. Kaçağın bu kısımdan meydana gelmesi, kullanılmış bir piston-silindir sistemi ile çalışılmasına bağlanarak yeni bir sistem alınmasına karar verildi.

Bu maksatla bir yedek parça satıcısından yerli yapım bir komple mobilet silindir sistemi (silindir, silindir kapağı, segmanlar, piston, perno, perno ringleri, contalar ve buji) alındı. Alınan yeni sistemde silindir kapağı da bulunduğu atelyede yapılan silindir kapama parçasına gerek kalmadı. Alınan yeni silindir eskisine göre şekilsel ve boyutsal farklılıklar gösterdiği için daha önce hazırlanmış olan diğer parçalar yeni silindire göre revize edildi. Bu şekilde prototipin gaz giriş tertibatı dışında kalan mekanik kısmı son şeklini almış oldu (Şekil 6.3). Mekanik kısımda yer alan ve atelyede imal edilen parçaların teknik resimleri ekler bölümünde verilmiştir.



Şekil 6.3 Prototipin mekanik aksamının 3D CAD sistemiyle çizilmiş montaj resmi



Şekil 6.4 Prototip için hazırlanan ilk gaz giriş tertibatı

Bu işlemler devam ederken diğer taraftan silindire LPG ve hava girişini sağlayacak tertibat hazırlandı (Şekil 6.4). Bu tertibat karışımın silindir içerisinde yapılacağı düşünülerek, şu çalışma prensibi ile tasarlandı: önce LPG regülatörü açılacaktır. Sonra LPG vanası açılarak silindire gaz dolumu yapılacaktır; bu esnada 0-4 bar (0-0.4 MPa) aralıklı manometrenin ibresi yükselişe geçecektir. Silindirdeki basınç, regülatörün basınç değerine ulaştığında manometre ibresinin yükselişi duracaktır. Bu durum gözlemlendiğinde LPG vanası ve regülatörü kapatılacak hava giriş valfi kısık bir şekilde açılacaktır. Hava girişi kompresörden sağlanacaktır. 0-4 bar aralıklı manometreden gözlenen LPG-hava karışımının basıncı istenilen değere geldiğinde hava giriş vanası ve bu manometrenin (patlama basıncı ile bozulmaması için) vanası kapatılacaktır. (LPG-hava karışımının toplam basıncı regülatör çıkış basıncına ve istenilen karışım oranına bağlı olarak (5.11) eşitliği yardımıyla hesap edilecektir). Sağlanan karışım, manyeto ile ateşlenerek patlama gerçekleştirilecektir. Sistemdeki 0-60 bar (0-6 MPa) aralıklı manometrenin amacı patlama esnasında oluşan basıncı gözlemektir. Daha sonra egzost işlemi için silindir kapağındaki jikle açık konuma getirilecek ve hava giriş valfi açılarak silindir içerisine süpürme havası alınacaktır.

Tertibat hazırlanırken çalışmalarda kaçaklara mani olmak amacıyla tüm dişli bağlantılarda keten ve doğalgaz macunu kullanıldı. Prototip parçalarının revizyonu tamamlanıp montajı yapıldıktan sonra gaz giriş tertibatı, özel bağlantı redüksiyonu ve R1/2" rakor ile silindire bağlandı.

6.4 İkinci Sızdırmazlık Testleri

Revizyonu tamamlanan prototip yeniden teste alınırken, emniyet açısından patlama etkisi yerine basınçlı hava ile çalışılması uygun görüldü. Bu testlerde de önceki gibi sıvı metal kullanılmadan çalışıldı. Kompresöre bağlı hortum hava giriş vanasındaki marpuca kelepçe ile bağlandı. Gaz giriş tertibatında bulunan 0-4 bar kadranlı manometre ve LPG giriş vanaları kapalı konuma getirildi. Basınç uygulandığında (0-60) bar aralıklı manometrenin ibresi çok hızlı bir şekilde kompresör basıncı olan 5 bar değerine ulaştı ve bu esnada erkek kalıp da hızla dişi kalıba çarptı. Sonra hava giriş vanası kapatıldı. Manometre ibresinin yavaş yavaş (yaklaşık 10 saniyede sıfıra) düştüğü gözlemlendi.

Buradan sistemde kaçak olduğu anlaşıldı. Kaçağın gaz giriş tertibatındaki bağlantılardan olabileceği ihtimali düşünülerek bu kısımlara sabun köpüğü tatbik edildi. Ancak kaçağın yine silindir ile piston segmanları arasından kaynaklandığı görüldü; bu kaçağın, eski piston-silindir sistemindekinden küçük olması yine de sevindirici idi. Kaçağı önlemek amacı ile piston sökülerek silindirin içi gres yağı ile yağlandı ve test tekrar edildi. Kaçak, bir miktar daha azalmakla birlikte yine vardı.

Bunun üzerine silindir sisteminin imalatını yapan firma ile bağlantı kurulup parçalara ait teknik veriler istenildi. İmalatçı firma silindirin üretim hattındaki test basıncını $1,2 \text{ kp/cm}^2$ ($1.18 \text{ bar}=0.118 \text{ MPa}$) olarak verdi. Buradan kaçağın testte kullandığımız hava basıncının bu değer üzerinde olmasından kaynaklandığı anlaşıldı. Bu değer sistem için sızdırmazlık limiti olarak kabul edildi.

Bu şartlarda kaçak engellenemedi. Ancak basınç etkisi, erkek kalıbın istenilen çarpma hareketini yapmasını sağlıyordu. Yani kaçak, deneysel çalışmalara engel olacak boyutta değildi. Hem çalışmanın asıl gayesi de sorunsuz bir prototip ortaya koymak değil, pratik çalışma yapmaya yetecek ve ileriki çalışmalara destek verecek bir sistem oluşturmaktı. Bu düşünce ile LPG-hava karışımıyla yapılacak deneylere geçilmesine karar verildi.

6.5 Ateşlemeye Yönelik İlk Deneyler ve Gaz Giriş Tertibatı Üzerinde Yapılan Revizyonlar

LPG hortumu, LPG giriş vanası marpuçuna kelepçelendi. (5.11) denkleminde 0.03 bar regülatör basıncı ve $1:15$ karışım oranı için (ki bu oran LPG'li otomobillerde kullanılan karışım oranıdır) yapılacak karışımdaki havanın basıncı 1.31 bar olarak tespit edildi. Yani karışımın toplam basıncı 1.34 bar civarında olacaktı. LPG giriş vanası açılarak silindire gaz girişi yapıldı. Kullanılan LPG regülatörü düşük çıkış basınçlı ($300 \text{ mmSS}=0.03 \text{ bar}$) bir regülatör olduğundan $0-4 \text{ bar}$ lık manometreden belirgin bir yükseliş izlenemedi (bunun için ileride yapılacak çalışmalarda yüksek basınçlı bir regülatör temin edilmesi kararlaştırıldı). Fakat yine de silindire LPG girişi sağlanıyordu. Silindire bir süre LPG dolumu yapıldıktan

sonra (silindir içindeki basınç regülatör basıncına eşitlendikten sonra gaz girişi kendiliğinden duracaktır) LPG vanası kapatılıp hava giriş vanası açılarak, manometre ibresi yaklaşık 1.34 bar değerine gelene kadar hava girişi yapıldı. Ancak ateşleme sağlanamadı. Bu durum şu şekilde açıklanabilirdi: içerisinde LPG bulunan silindire sonradan verilen ve basıncı sistemin sızdırmazlık limitinin üzerinde olan hava içerideki LPG'yi segman-silindir arası bölgeden silindir dışına atıyordu. Yani silindir içerisinde, istenilen oranda karışım sağlanamıyor, hatta havanın bir süre fazla uygulanması halinde silindirde hiç LPG kalmıyordu.

Bu durumda karışımın silindir içerisinde hazırlanamayacağı anlaşıldı ve gaz giriş tertibatının karışımı silindir dışında hazırlandıktan sonra silindire alacak şekilde revize edilmesi gerektiği ortaya çıktı. Karışımın dışarıda sağlanmasında önce LPG'li taşıtlardaki sistem üzerinde duruldu. Ancak yapılan araştırmalarla sistem maliyetlerinin yüksek olduğu ve prototipe uyarlanmasının zor olacağı görüldüğünden bundan vaz geçildi. Karışımın oksii-asetilen kaynağında kullanılan bir şalümo ile sağlanmasında karar kılındı.

Şalümonun bir girişi LPG tüpü hortumuna, diğer girişi kompresör hortumuna, çıkışı ise (nozül çıkarılarak) mevcut gaz giriş tertibatındaki hava giriş vanasına (yeni gaz tertibatında gaz kesme vanası olarak adlandırıldı) bağlandı. Bu bağlantı için şalümonun nozül bağlantı bileziğinin ucuna bir adet ½" pirinç nipel sertlehimle eklenerek özel bir redüksiyon yapıldı. Hazırlanan bu yeni gaz giriş sisteminde, LPG girişi karıştırıcı (şalümo) tarafından sağlanacağından eski tertibatta bulunan LPG vanasına lüzum kalmadı. Ancak bu vana (yeni gaz tertibatında alev deneme/egzost vanası olarak adlandırıldı) deneylerde egzostun hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayabileceği ve karışımın hazırlanmasında ön alev ayarlarında faydalanılabileceği düşünülerek sökülmedi.

Diğer taraftan gaz giriş tertibatı yeniden gözden geçirildi; sisteme bir emniyet ventili eklenerek, deneysel çalışmalarda meydana getirilecek patlama esnasında oluşacak basıncın silindirin ve bağlantıların dayanımını aşacak bir değere çıkması engellendi. Bu maksatla 1 adet ½" bağlantı ağızlı 0-12 bar ayarlı emniyet ventili kullanıldı. Bu ventil, silindir çıkış tarafındaki rakor ile kruva arasına bağlandı. Güvenlik açısından düşük basınçla çalışılması öngörüldüğünden ventilin çalışma basıncı 6 bara ayarlandı.

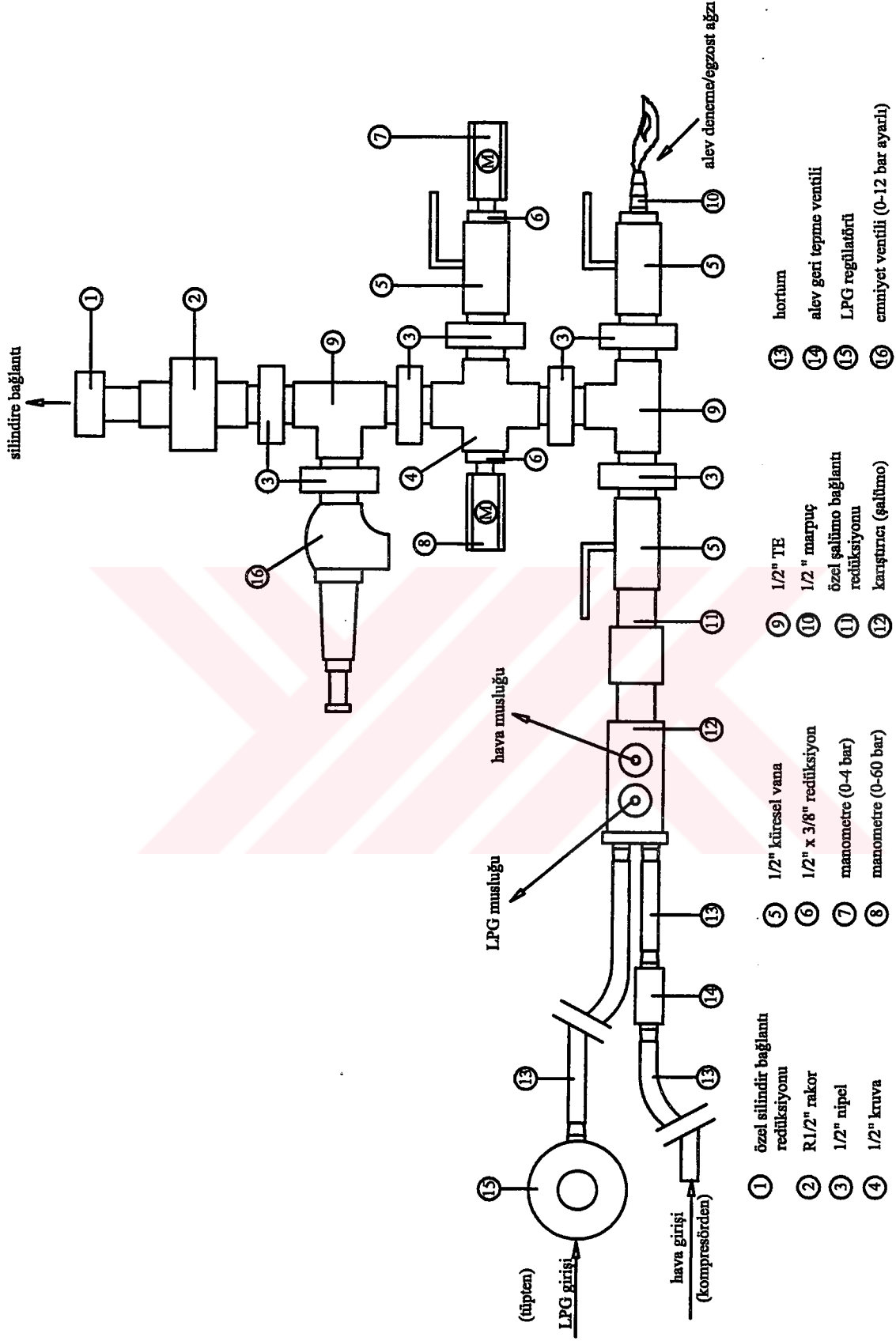
Deneysel çalışmalarda ateşleme esnasında silindirde meydana getirilecek patlama ile oluşacak alevin geri tepmesi ihtimali üzerinde durularak, tüpün infilak riskini ortadan kaldırmak için sisteme bir de alev geri tepme emniyet ventili (flashback arrestor) dahil edildi. Bu ventil hortum tip bağlantılı olup LPG hortumu ile şalümonun LPG giriş ağzı arasına iki adet kelepçe ile monte edildi.

Gaz giriş tertibatında yapılan son değişiklik ise deneysel çalışmalarda yetersiz kalacağı gözlenen düşük çıkış basınçlı domestik tip regülatör yerine, 0-2 bar (0-0.2 MPa) değerleri arasında 6 kademede ayarlanabilen sanayi tipi bir yüksek basınçlı bütan-propan regülatörünün takılması idi. Yapılan bu değişikliklerle gaz giriş tertibatı (Şekil 6.5) ve prototipin bütünü son halini almış oldu. Çizelge 6.1’de prototipte kullanılan tüm malzemeler belirtilmiştir.

6.6 Ateşlemeye Yönelik ikinci Deneyler

Basınç tahliye ve alev geri tepme emniyet ventillerinin monte edilmesiyle sistem LPG ile çalışma açısından tam güvenli hale gelmiş oldu. Ateşleme ile ilgili olarak yapılacak çalışmalarda önce sıvı metal kullanılmadan çalışılması, ateşleme güvenli bir şekilde sağlandıktan sonra dökümle ilgili çalışma yapılması uygun görüldü. Başlangıçta karışımın basınç değerinin (5.11) eşitliği yardımıyla bulunarak çalışmaların yapılması düşünüldü. Ancak henüz bu aşamada kullanılacak regülatör basıncı ve karışım oranı belli değildi.

Ayrıca yeni gaz giriş tesisatında eskisinden farklı olarak karıştırıcı bulunuyordu. Bunun üzerindeki muslukların kısık veya açık olmaları da giriş tarafı basıncını değiştiriyordu. Yani bu aşamada birden çok değişken vardı ve uygun regülatör basıncı, hava basıncı ve karışım oranı değerlerinin deneme yanılma yolu ile bulunması daha pratik olacaktı. Karışım oranının yaklaşık tespiti için önce silindir dışında, yakılabilen bir LPG-hava karışımı oluşturuldu. Bu iş için eski gaz giriş tertibatında (Şekil 6.4) LPG giriş vanası olarak kullanılacağı düşünülen alev deneme/egzost vanasından (Şekil 6.5) yararlanıldı. Önce 6 kademe ayarlı LPG regülatörü birinci kademeye getirildi. Sonra karıştırıcı (şalümo) üzerindeki LPG musluğu hafifçe açılarak vana ucundan çakmak ile yanma sağlandı.



Şekil 6.5 Gaz giriş tertibatının revizyonlardan sonraki durumu

Çizelge 6.1. Prototipte kullanılan malzemeler

PARÇA ADI	MİKTAR	MALZEME / AÇIKLAMA / NORM
LPG tüpü	1 adet	12 kg'lık domestik kullanım için ; TS 55 (13/11 Bütan /propan)
LPG regülatörü	1 adet	0-2 bar çıkış basınçlı ; (debi:0-7 kg/h) ; TS 1862 6 kademe ayarlı ; sanayi tipi
LPG hortumu	1 metre	Ø8 mm ; TS 1846
Hortum kelepçesi	2 adet	ST37 ; 8-13 mm
Hortum kelepçesi	4 adet	ST37 ; 13-19 mm
Alev geri tepme emniyet ventili	1 adet	Ø8 mm ; TS ISO 5175 (max 5 bar çıkış basınçlı/ bütan-propan için) ; flashback arrestor
Karıstırıcı	1 adet	Oksi-asetilen kaynak şaltımosu ; TS 3579
Özel redüksiyon	1 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; (şaltımo bileziği + R1/2" nipel)
Rakor	1 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; R1/2" ; TS 11
TE	2 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; R1/2" ; TS 11
Nipel	7 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; R1/2" ; TS 11
Kuruva (4'lü TE)	1 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; R1/2" ; TS 11
Redüksiyon	2 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; R1/2" x 3/8" ; TS 11
Kuyruklu Dirsek	2 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; R1/2" ; TS 11
Hortum ucu (marpuç)	1 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; R1/2" x Ø8 ; TS 11
Vana	3 adet	Küresel doğalgaz vanası ; R1/2" ; TS 9809
Emniyet ventili	1 adet	MS 58 (CuZn40Pb3F44) ; R 1/2" ; BSP-BS2779
Manometre	1 adet	0-4 bar ; R 3/8"
Manometre	1 adet	0-60 bar ; R3/8"
Özel redüksiyon	1 adet	ST 37 ; M30-1.25 x R1/2" ; gaz tertibatının silindire bağlantısı için
Sızdırmazlık macunu		Doğalgaz tesisatları için kullanılan
Keten		
Buji	1 adet	TS 968
Manyeto	1 adet	Çakmak ; (katalitik sobalar için kullanılan)
Kablo	300 mm	TS 212
Silindir kapağı	1 adet	Etial 160 + stabilizasyon
Silindir kapağı strok çapı : Ø39 mm strok boyu: 41.8 mm	1 adet	Etial 145+stabilizasyon (200°C de 7 saat) ; sertlik 110 HB strok sert krom kaplama (1000 HV) + stabilizasyon (210°C'de 4 saat) ; yanma odası hacmi : 6.3 cm3
Segman	1 takım	
Conta	1 takım	TS 2648
Piston	1 adet	Ø39 Etial 177 + stabilizasyon ; sertlik 95 HB
Piston pernosu	1 adet	TS 5336
Piston mili	1 adet	ST 37 ; M16 saplama ; TS 1029
Takılın dolgu		Methyl Methacrylate ; UN 1247 ; TS 8230
Somun	2 adet	(8.8) ; M16 A.K.B ; TS 1026
Somun	4 adet	(8.8) ; M8 AKB-tırtili flanşlı ; TS 4094
Civata	16 adet	(8.8) ; M8 imbus (altlık alyan başlı) ; TS 1036
Civata	3 adet	(8.8) ; M6 imbus (beşlik alyan başlı) ; TS 1036
Üst plaka	1 adet	ST 37
Üst destek	2 adet	ST 37
Kayıt	1 adet	ST 37
Alt destek	2 adet	ST 37
Alt plaka	1 adet	ST 37
Erkek kalıp	1 adet	ST 37
Dişi kalıp	1 adet	ST 37
Stoper	2 adet	ST 37
Yay	1 adet	CK60 ; Ø27 X 70 ; TS 1440 (sarım sayısı:10 ; tel çapı: Ø2 mm)
Rondela	1 adet	ST 37 ; M16 x 40 x 2 ; TS 79
Döküm alaşımı		Zamak-5 (%95Zn, %4 Al, %0.97 Cu, %0.03 Mg)

Ancak oluşan alev boyu kısa idi ve hava musluğunun biraz açılması ile hemen söndü. Bunun üzerine regülatör ikinci kademeye getirilerek alev yeniden oluşturuldu; oluşan alev sarı renkli ve isli bir yanışa sahipti. Şalümo üzerindeki hava ve LPG muslukları sırayla hafif hafif açılarak mavi renkli iyi bir yanma alevi elde edildi. Sonra alev deneme vanası kapatılarak oluşturulan karışım silindire dolduruldu. Bu esnada 0-4 bar aralıklı manometre yaklaşık 0.8 bar değerine kadar yükseldi ve durdu. Bundan silindirin yeterince karışım gazı ile dolduğu anlaşıldı. 0-4 bar kadranlı manometrenin vanası ve gaz kesme vanası kapatılarak manyeto ile arka arkaya bir kaç kez ateşleme yapılmaya çalışıldı. Ancak bir patlama tesiri oluşturulamadı.

Bunun karışım oranı ile ilgili olduğu düşünüldü; öyle ki karışım LPG'nin açıktaki yanma verimliliğine bakılarak ayarlanmıştı ve açıktaki yanmada LPG hem şalümodan hem de çevreden hava almaktaydı. Bu durum dikkate alınarak hava musluğu biraz daha açılarak karışım fakirleştirildi. Yapılan yeni denemede manometre değerinin 1.1 bar civarında olduğu gözlemlendi. Fakat ateşleme yine sonuç vermedi.

Bunun üzerine buji-manyeto siseminde bir arıza veya yetersizlik olabileceği düşünülerek buji silindir kapağından söküldü. Alev deneme vanasından kısık bir şekilde LPG geçişi sağlanarak vana ucundan buji ile ateşleme yapılmaya çalışıldı; fakat alev oluşmadı. Manyetonun (katalitik soba çakmağı) eski olduğu için yeterli ark oluşturmadığı düşünülerek yeni bir çakmak temin edildi. Yeni çakmakla aynı deneme yapıldığında da sonuç alınamaması üzerine manyetonun ucuna bağlı olan kablonun kesitinin yetersiz olduğu ve akıma fazla direnç gösterdiği kanaatine varıldı. Daha kalın bir kablo ile yapılan denemede, alev deneme vanası ucunda alev oluşumu başarılabildi. İşlem kablonun ucuna buji bağlanarak tekrar edildi; sonuç yine olumlu idi.

Buji silindir kapağı üzerindeki yerine tekrar monte edildi ve silindir içerisinde ateşleme sağlamaya yönelik aşamalar tekrarlandı. Bundan netice alınamayınca hava ve LPG oranları karıştırıcı ve regülatör üzerinden değiştirilerek yeni deneyler yapıldı. LPG ve hava oranlarının artırılmasıyla silindir içerisine dolan karışımın basıncı 2 bar ve üzerine çıktı. Bu basınç değerinde erkek kalıbın dişi kalıba doğru yavaş bir hareket yaptığı ve silindir-segman

aralığından kaçak meydana geldiği görüldü. Silindir kapağından bujinin sökülüp onun yerine manyetonun direkt olarak bağlanmasıyla yapılan denemeler de sonuç vermedi.

LPG ile yapılan her deneyden sonra emniyet açısından bir süre beklenilerek ortam içerisinde çökmüş olan LPG'nin tahliye olması beklenilmiştir. Bu da deneysel çalışmaların uzun bir zaman almasına neden olmuştur. Çalışmada deneysel çalışmalara ayrılan süre daraldığı için ateşlemeye yönelik deneyler durdurularak dökümle ilgili çalışmalara geçilmiştir.

6.7 Döküme ve Dövmeye Yönelik Deneysel Çalışmalar

Daha öncede belirtildiği gibi sistemdeki kaçak, prototipten vurma hareketinin sağlanılmasına engel olacak düzeyde değildir. Patlamanın sağlanamamış olması da aslında nicel bazı gözlemlerin yapılmasına mani değildir. Keza prototiple 5 bar hava basıncı ile yeterli bir çarpma tesiri yaratılabilmektedir. Ayrıca patlama etkisinin sağlanıldığı düşünülse bile sistemdeki emniyet ventilinden dolayı elde edilecek basınç değeri sınırlı olacaktır.

Öncelikle LPG regülatörü ve karıştırıcı üzerindeki LPG musluğu kapatıldı. Gaz kesme vanası, alev deneme/egzost vanası ve 0-4 bar kadranlı manometrenin vanası kapalı konuma getirildi. Karıştırıcı üzerindeki hava musluğu sonuna kadar açılarak sistem, bir tek gaz kesme vanasının açılmasıyla ani vuruş etkisi yapacak konuma alınmış oldu.

Deneylerde kullanılacak zamak, küçük parçalar halinde kesilerek döküm potasına girebilecek boyutlara getirildi. Pota fırın içerisinde 600 °C'de yaklaşık 15 dakika beklenilerek zamakın ergimesi sağlandı. Kalıp bağlantı plakasına bir adet civata ile (bu civatanın ekseninde dönebilecek şekilde) bağlanmış olan dişi kalıp döndürülerek ön kısma çevrildi. Hazırlanan ergiyik kalıp boşluğuna taşmayacak miktarda döküldü. Gaz kesme vanası açılarak kompresörden silindire basınçlı hava dolumu sağlandı. Bu etkiyle manometre ani bir şekilde 5 bar değerine çıktı ve erkek kalıp da hızlı bir şekilde dişi kalıptaki zamaka çarptı. Ancak kalıp soğuk olduğu için ve biraz da gaz kesme vanasının açılmasında yavaş kalındığından ergiyik çarpma etkisinden önce katılaştı. Gaz kesme vanası kapatılıp alev deneme/egzost vanası açılarak içerideki basınç tahliye edildi.

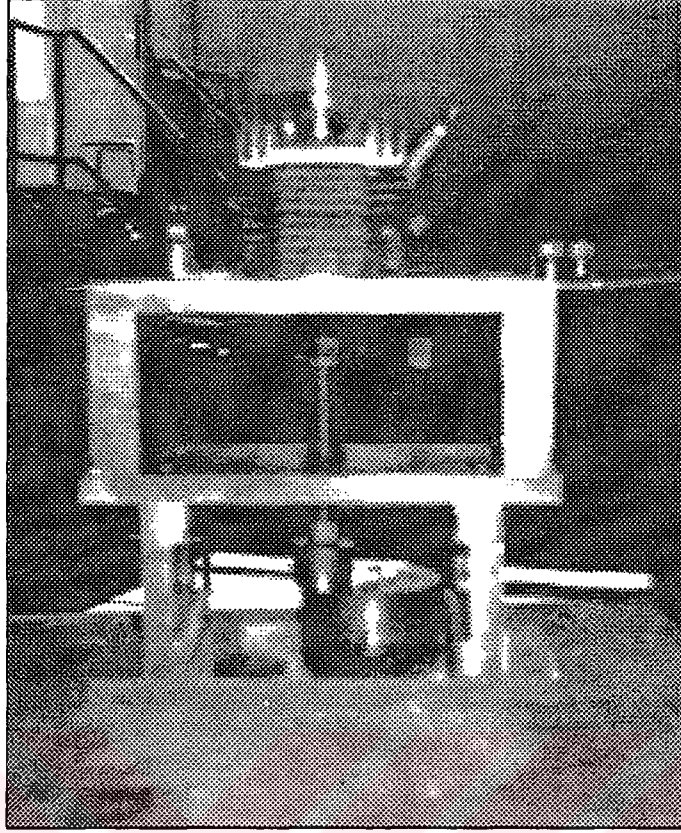
Yapılan ikinci ve üçüncü denemelerde de katılaşma açısından aynı durum yaşandı. Ancak bu denemeler yapılırken kalıp da bir miktar ısınmış oldu. Bu sayede, yapılan dördüncü, beşinci ve altıncı denemelerde (gaz kesme vanası uygun bir gecikme ile açılarak) çarpma etkisi metal yarı katı fazda iken uygulanabildi. Yapılan bu üç deneme tam anlamıyla bölüm 3.1.2 de bahsedilen semisolid forging (yarı katı metal dövme) olayına model teşkil edecek niteliktedir.

Bu denemeler yapılırken dişi ve erkek kalıbın sıcaklığı iyice yükseldi. Yedinci denemede, hem kalıp sıcaklıklarının elverişli olması; hem de ergiyiğin kalıba boşaltılması, kalıbın eski konumuna alınması ve basınç etkisinin uygulanması aşamalarında atik davranılması sayesinde ergiyik sıvı fazda iken dövülebildi. Ancak bu esnada etrafa bir miktar sıvı metal sıçradı. Bu durum tehlike yaratabileceğinden sonraki döküm deneylerinde basınç etkisi uygulanmadan önce kayıt plakası ile kalıp bağlantı plakası arasındaki açıklık düz bir sac levha ile kapatıldı.

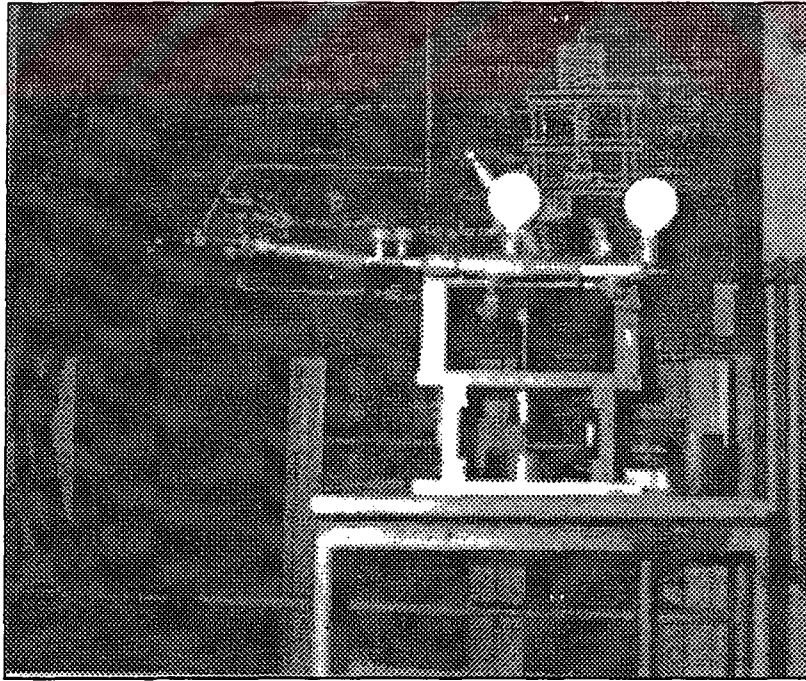
Deneyin sekizinci tekrarında da dövme etkisi sıvı fazda uygulandı fakat önceki denemelerden farklı olarak egzost 15-20 sn gibi bir gecikmeyle yapıldı. Yani basınç etkisi katılaşma sürecinde de uygulandı. Bu da prototipin, dövme döküm (squeeze casting) tekniğiyle kullanıldığı bir uygulama oldu. Buraya kadar yapılan deneylerde presleme sisteminin olabirliği görülmüş oldu.

Daha sonra yapılan denemede ise diğerlerinden farklı bir uygulama yapıldı; ilk darbe etkisinin hemen ardından gaz kesme ve egzost vanaları hızlı şekilde açılıp kapatılarak seri birkaç vuruş daha yapıldı. Prototipin bu şekilde de kullanılabilir olması sistemin yapılacak ek çalışmalarla geliştirilmesi halinde üretim hızlarının artacağına gösteriyordu. Bu deneme ile tez çalışmasının uygulama safhası tamamlanmış oldu.

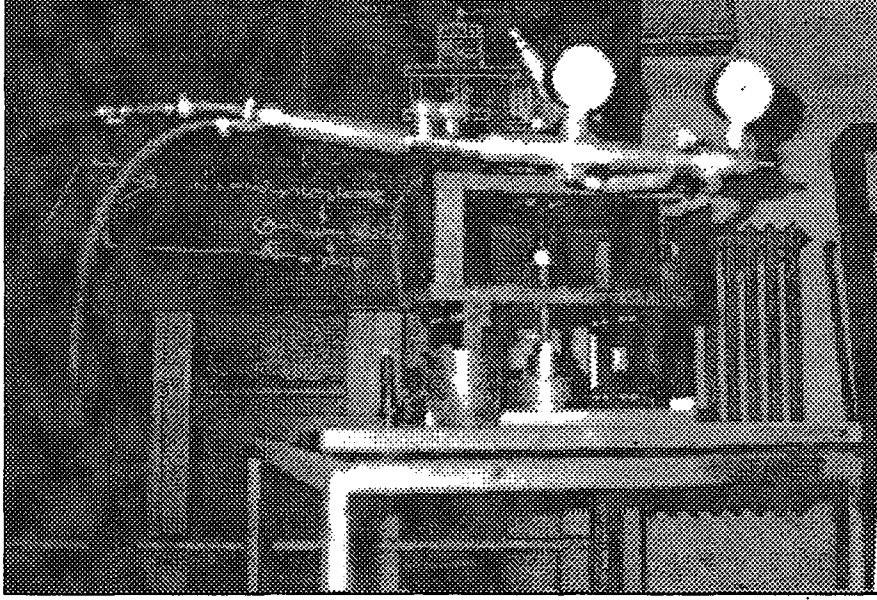
Yapılan döküm ve dövme işlemlerinde Ø37 mm çapında ve 12-15 mm kalınlığında dairesel parça numuneleri elde edilmiştir. Şekil 6.6, Şekil 6.7, Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve şekil 6.10 da deneysel çalışmalar esnasında çekilmiş bazı fotoğraflar görülmektedir.



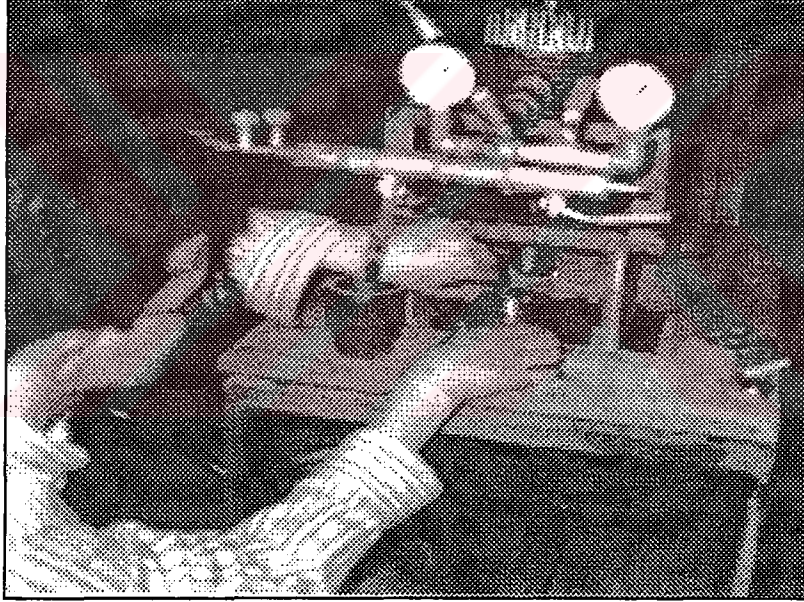
Şekil 6.6 Diş kalıbın ön tarafa çekilmesi ve kalıp boşluğuna ergiyik konulması



Şekil 6.7 Diş kalıbın yerine alınması (erkek kalıp üst konumda)



Şekil 6.8 Basınç uygulaması (erkek kalıp alt konumda)



Şekil 6.9 Parçanın kalıptan alınması



Şekil 6.10 Prototiple hazırlanan numuneler

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma için belirlenen temel hedef, konuyla ilgili olarak ileride yapılacak çalışmalara yön verecek bir prototipin ortaya çıkarılmasıdır. Çalışmanın sonucunda, belli esnekliklere ve kolayca sökülüp takılabilen modüler bir yapıya sahip olan bir prototip hazırlanmıştır. Hazırlanan prototip ile yapılan deneysel çalışmalar, tasarlanan presleme sisteminin olabilirliğini ortaya koymuştur. Ateşleme sisteminde sorunlar tamamen çözülmüş olmamakla birlikte prototipin ani etkili basınçlı hava ile çalışmaya gösterdiği uyumla öngörülen presleme hareketi sağlanabilmiştir. Patlama etkisi ile de benzer sonuçlara ulaşılabilecektir. Deneysel düzeneğin dizaynında, imalinde ve çalıştırılmasında karşılaşılan önemli sorunların aşılması için harcanılan süre, deneysel çalışmalara ayrılan zamanı kısıtlamıştır. Kısıtlı bir zamanda da olsa prototip ile parça üretimi yapılabilmektedir. Bu aşamada dövme döküm (squeeze casting) ve yarı katı dövme (semisolid forging) tekniklerine model olabilecek prosesler gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda 5 bar basınçlı havadan sağlanan itici etki ile Ø37 mm çapta ve 12-15 mm kalınlıkta silindirik numune parçalar dökülmüştür. Ayrıca bu çalışmayla, konuya dair temel esaslar yeterince belirginleştirdiğinden ileride yapılacak çalışmaları destekleyecek iyi bir teorik zemin oluşturulmuştur.

Konu üzerinde çalışmak isteyen araştırmacılara başlangıç noktası olarak ateşleme sistemi ve sızdırmazlık konularını ele almaları önerilebilir. Ayrıca;

- LPG-hava karışım oranının etkileri ve optimizasyonu,
- çevrim süresinin düşürülmesi,
- sistemin farklı malzemelere uygulanabilirliği,
- daha karmaşık yapıları parçaların ve daha büyük parçaların dökülebilirliği,
- yüksek presleme basınç ve güçlerine çıkma imkanları,
- çok gözlü kalıplarla çalışabilirlik,
- büyük boyutlu prototip makina dizaynı,
- LPG yerine doğal gaz kullanımı,
- sistemin otomasyonu (elektronik ateşleme, otomatik parça çıkarma),

konularında çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar neticesinde, mevcut sistemlerin karmaşık yapıları hidrolik presleme sistemlerinden kaynaklanan ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin

yüksekliği, bakım ve onarım güçlüğü, birim parça üretim zamanının uzunluğu gibi dezavantajlar aşularak patenti alınabilecek alternatif bir sistem ortaya konmuş olacaktır.

Mevcut prototiple çalışacak araştırmacılar için bazı özelliklerin belirtilmesinde fayda vardır. Hazırlanan prototipte patlamanın kontrollü bir şekilde sağlanabilmesi için gaz yakıt kullanılması gerektiği düşünülmüş; kolay temin edilen, emniyetli olarak depolanabilen ve taşınabilen bir yakıt olan LPG tercih edilmiştir. Her ne kadar emniyetli olsa da LPG kullanımının da bir riski vardır. Şöyle ki, LPG hava ile %1.9-9 arasında bir değerde karışım yaptığında patlayıcı etki göstermektedir. Ortam içerisinde sızıntı nedeniyle LPG oranının bu değerlere ulaşması halinde infilak tehlikesi ortaya çıkacaktır. Bunun için mevcut prototip üzerinde LPG ile yapılacak deneysel çalışmalarda azami dikkat gösterilmelidir. Herşeyden önce deney yapmak için çok iyi havalandırılan bir ortam seçilmelidir. Ayrıca ortamdaki elektrik tesisatı bir ark sıçraması oluşturmayacak nitelikte olmalıdır. Ortamda sigara içilmemelidir. Deneye geçmeden önce deney setine ait tüm parçaların ve parçalar arası bağlantıların sızdırmazlığı hava ile yapılacak testlerle kontrol edilmelidir. Silindir içerisine gaz girişi yapıldıktan sonra, ateşleme yapılmadan önce gaz giriş vanası ve LPG regülatörü kapalı konuma getirilmelidir. Ayrıca karışımın giriş basıncı ölçmek maksadıyla kullanılan 0-4 bar aralıklı manometrenin vanası da basınç etkisi oluşturulmadan önce kapatılmalıdır. Aksi takdirde bu manometre, yüksek basınç etkisiyle bozulabilecektir. Prototiple yapılacak döküm işlemlerinde ergimiş metalin yapacağı sıçramalardan zarar görmemek için ön taraftaki (kayıt plakası-alt plaka arasındaki) açıklık basınç etkisi uygulanmadan önce bir levha ile kapatılmalıdır.

Sistem, üzerinde bulunan emniyet ventilleri ve armatürler ile güvenli bir şekilde çalışma imkanı sunmaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda prototipte bazı revizyonlara gidilmesinin gündeme gelmesi halinde prototip üzerindeki gaz armatürlerinin ve özellikle 0-12 bar aralıklı emniyet ventilinin revizyonlardan sonra çalışılacak yeni basınç değerlerine cevap vermemesi ihtimali olabilecektir. Deneysel çalışmaya geçilmeden önce bununla ilgili kontroller yapılmalıdır. Emniyet ventilinin aralığı yeterli ise yeniden basınç ayarının yapılması, yeterli değil ise yeni bir emniyet ventilinin alınması gerekir; alınacak yeni emniyet ventilinin de mevcut sistemdeki gibi ayarlanabilir olması tavsiye edilir.

İleride yapılacak çalışmalarda yeni bir prototipin dizayn edilmesi gündeme geldiğinde tasarım sürecinin kısaltılması için, öncelikle sistemin temel elemanı olan piston-silindir sisteminin belirlenmesi önerilebilir. Zira diğer parçaların konumu, boyutları ve bağlantı şekilleri bu iki parçaya göre belirlenmek zorundadır. Bu çalışmada bu nedenle zaman kaybı fazla olmuş ve prototip imalat süreci uzamıştır. Ayrıca sızdırmazlığın sağlanabilmesi açısından, yeni piston-silindir sisteminin seçiminde iyi bir piyasa araştırılmasına gidilmesi ve hazır bir sistemin alınması tavsiye edilir. Öyle ki basit atelye şartlarında bu parçalar arasındaki uyumun sağlanması çok güçtür. Ayrıca çalışmada karışımın silindir içerisinde sağlanacağı düşünülmesi de deneysel çalışmaları aksatmıştır. Bu nedenle karışımın dışarıda hazırlandıktan sonra silindir içerisine alınmasını sağlayacak bir sistemin öngörülmesi önerilir.



KAYNAKLAR

Aksoy, M. A., (1979), Patlamalı Kaynağın Esasları ve Sanayide Uygulama Olanak ve Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE (yayımlanmamış).

Allosp, D. F. ve Kennedy, D., (1983), Pressure Die Casting Part 2, Pergamon Press Ltd., Oxford, UK.

Anık, S. ve Vural, M., (1993), "Özel Kaynak Yöntemleri", TMMOB MMO Meslek İçi Eğitim Programı Seminer Notları, Kasım 1993, İstanbul.

Aran, A. ve Demirkol, M., (1989), "Patlamalı Kaynak Yöntemi", 2. Ulusal Kaynak Sempozyumu, 13-15 Kasım 1989, İstanbul.

ASM, (1989), "Explosion Welding", Welding, Brazing and Soldering ASM Handbook, Volume 6:705-717

ASM, (1992), "Die Casting", Casting ASM Handbook, Volume 15:286-295

ASM, (1992), "Squeeze Casting", Casting ASM Handbook, Volume 15:323-327

ASM, (1992), "Semisolid Metal Casting and Forging", Casting ASM Handbook, Volume 15:327-338

Avcı, A. U., (1993), "Toz metalurjisi", Ders Notları, YTÜ (yayımlanmamış).

Ayhan, A., (1992), "Basınçlı Döküm", Metal Makina Dergisi, Eylül 92:35-37.

Ayhaner, M., (1995a), "Araçlarda LPG Kullanımıyla İlgili Dünyadaki Genel Durum ve Türkiye'deki Gelişmeler", Mühendis ve Makina Dergisi, 36(429):38-40.

Ayhaner, M., (1995b), "Araçlarda LPG ve CNG Uygulaması", Mühendis ve Makina Dergisi, 36(423):13-15.

Büyükbayrak, M. N., (1986), "Düşük Basınçlı Döküm", Mühendis ve Makina Dergisi, 27(319):11-14.

Çiğdemoğlu, M., (1972), Basınçlı Döküm Cilt I, MMO Yayınları, 77, Şenyuva Matbaası, Ankara.

Çavuşoğlu, E. N., (1981), Döküm Teknolojisi I, İTÜ Matbaası, İstanbul.

Erdem, H., (1993), "Basınçlı Dökümde Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri", Metal Makina Dergisi, Şubat 93:12-15.

Gültekin, N., (1980), Kaynak Tekniği, Ders Notları, YTÜ (yayımlanmamış).

Han, A. ve Çoban, B., (1986), "Döküm Tekniğinde Yeni Bir Boyut: Dövme Döküm", 4. Ulusal Metalurji Kongre ve Sergisi, 22-25 Ekim 1986, Ankara, 2:1055-1071.

Kadioğlu, H., (1999), "İpragaz LPG Eğitim Notları", İpragaz Yayını, İstanbul.

Karaosmanoğlu, B., (1996), "Basınçlı Dökümde Hatalar, Hata Nedenleri ve Düzeltme Yöntemleri", Makina Tek Dergisi, Haziran 96: 88-92.

Kaye, A. ve Street, A., (1982), Die Casting Metallurgy, Butler&Tanner Ltd, London.

Sönmez, H., (1995), Basınçlı Döküm, Ders Notları, YTÜ, İstanbul.

Upton, B., (1982), Pressure Die Casting Part 1, Pergamon Press Ltd., Oxford, UK.

Uçaklar Metal Makina San. ve Tic. Ltd. Şti., (1998), Firma kataloğu

Yurci, M. E., (1992), Talaşsız Şekil Verme, YTÜ Matbaası, İstanbul.

Yurci, M. E., (1996), Talaşsız Şekil Verme Analizleri ve Gelişmeler-2, Yüksek Lisans Ders Notları, YTÜ FBE (yayımlanmamış).

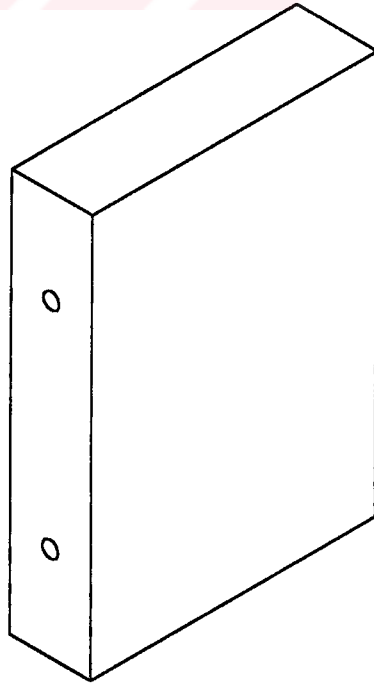
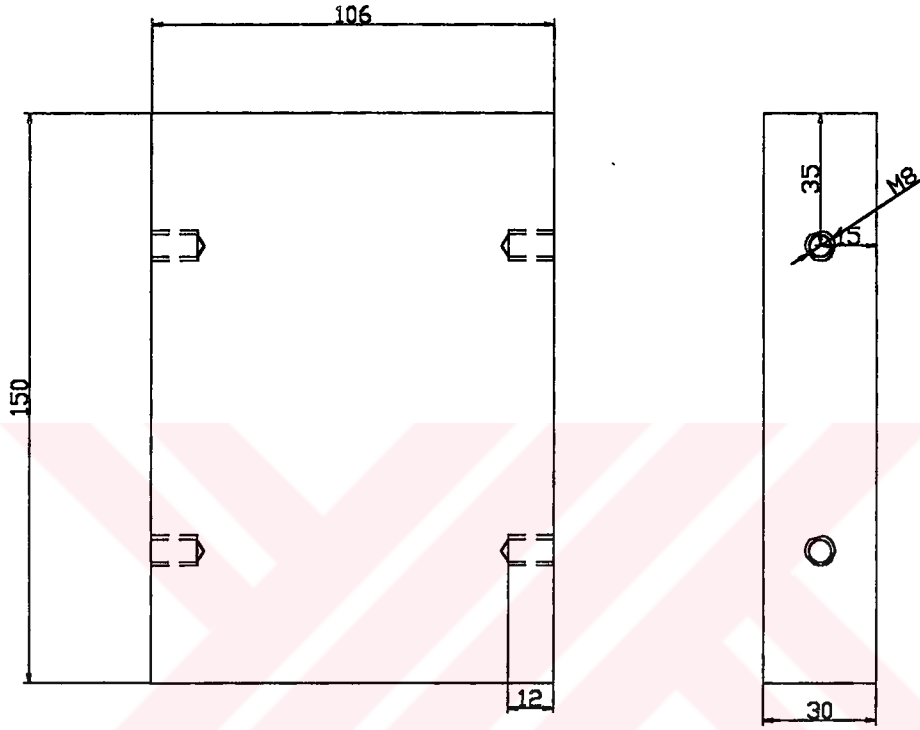
EKLER

- EK 1 Silindir bağlantı plakası (üst plaka) resmi
- EK 2 Üst destek plakası resmi
- EK 3 Kayıt plakası resmi
- EK 4 Alt destek plakası resmi
- EK 5 Kalıp bağlantı plakası (alt plaka) resmi
- EK 6 Dişi kalıp resmi
- EK 7 Erkek kalıp resmi
- EK 8 Kalıp stoperi resmi
- EK 9 Piston Mili (saplama) resmi



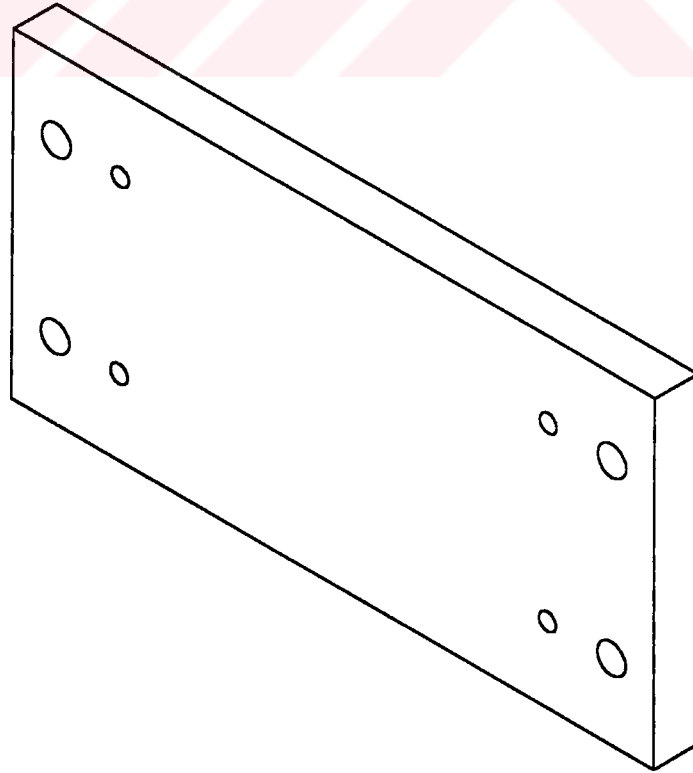
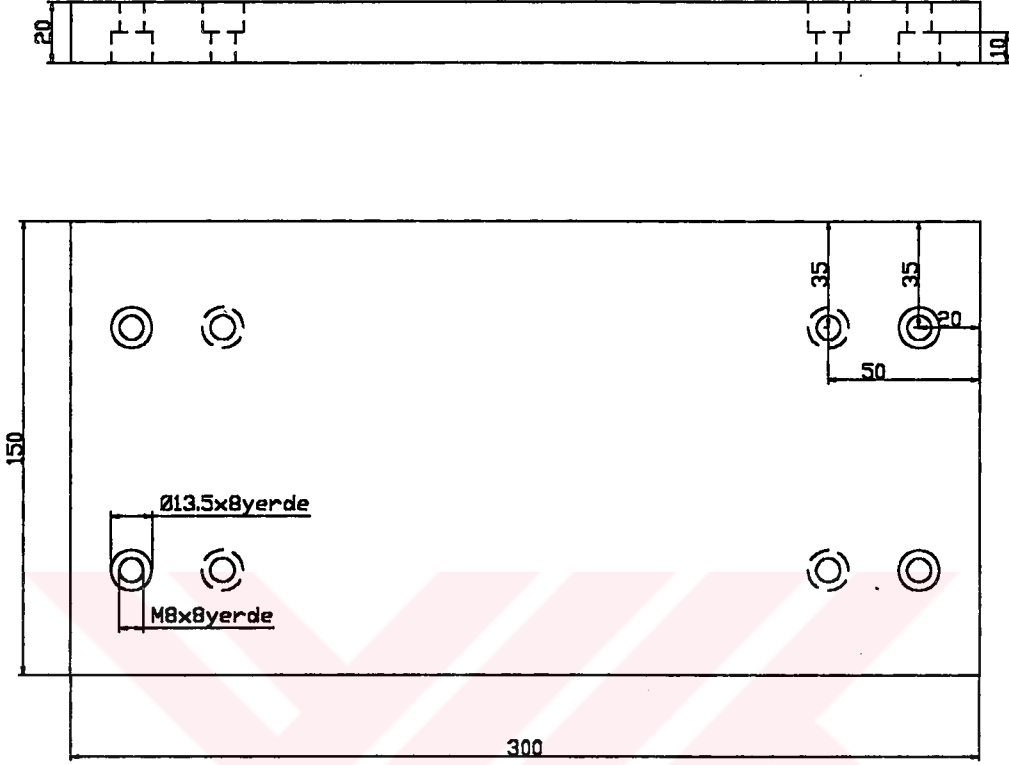
EK 2 Üst Destek Plakası

St 37 ; 2 adet



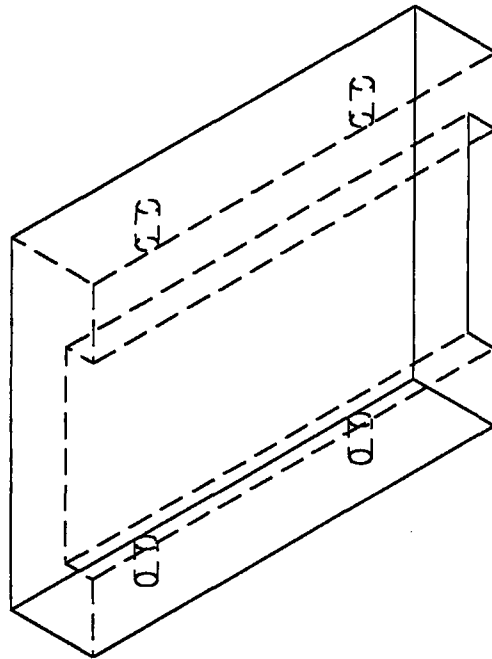
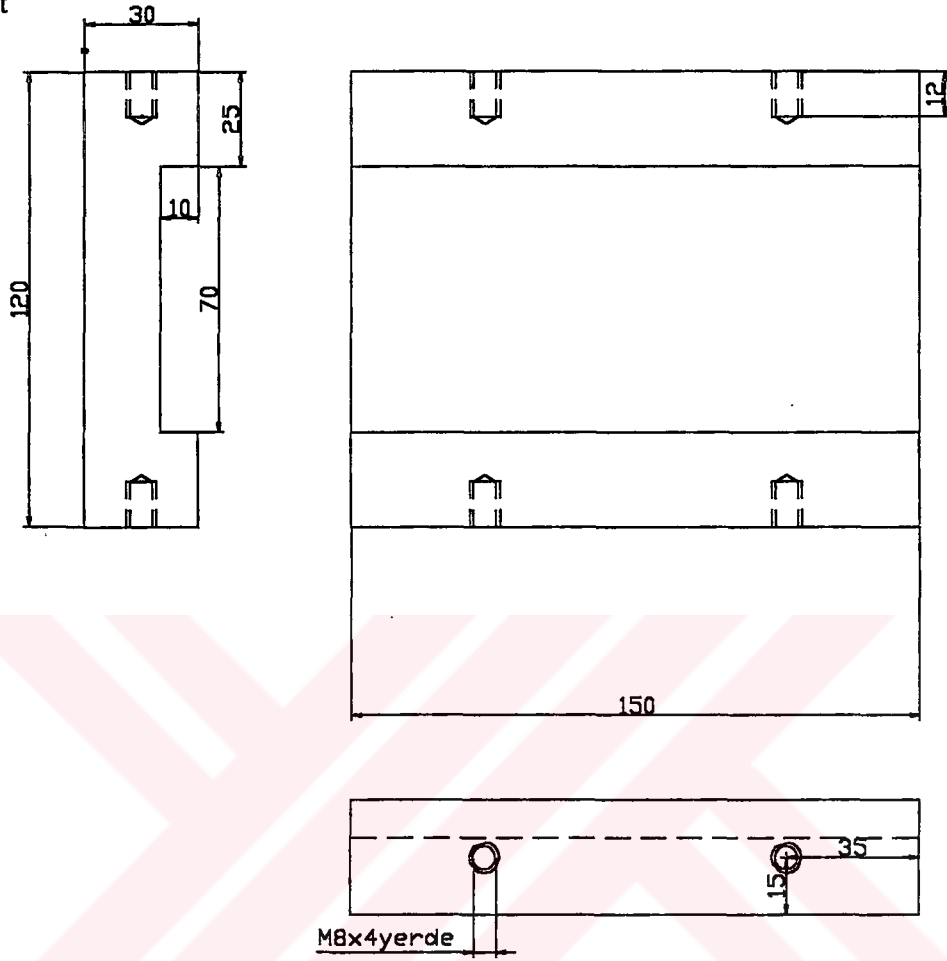
EK 3 Kayıt Plakası

St 37 ; 1 adet



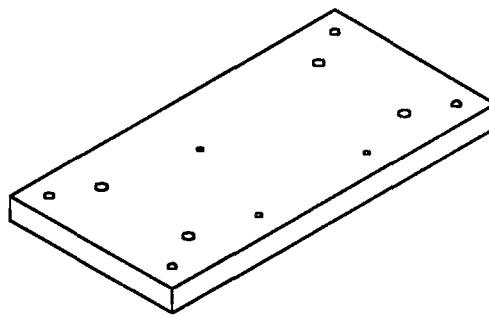
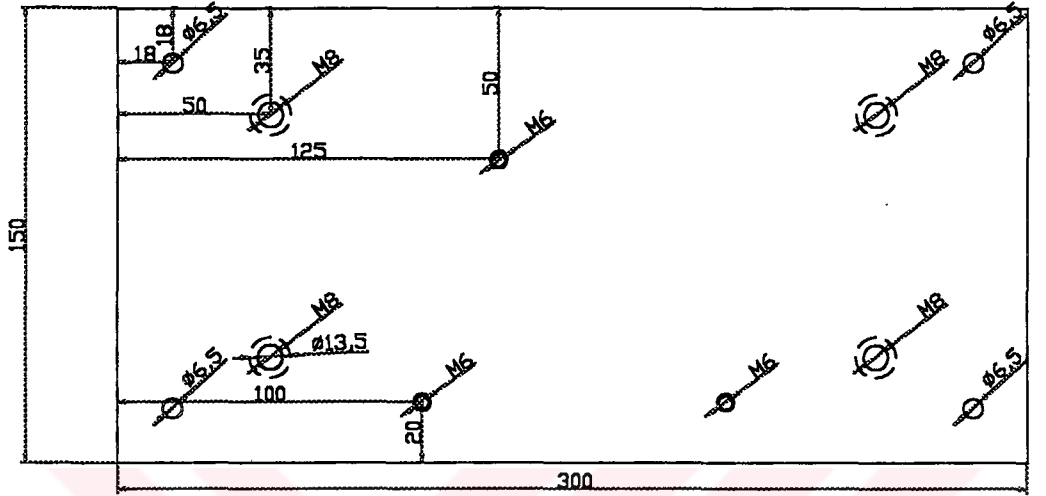
EK 4 Alt Destek Plakası

St 37 ; 2 adet



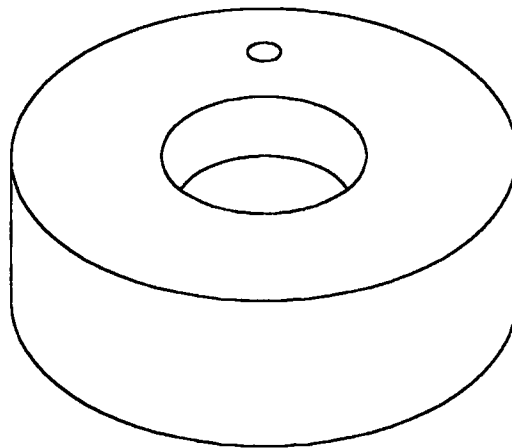
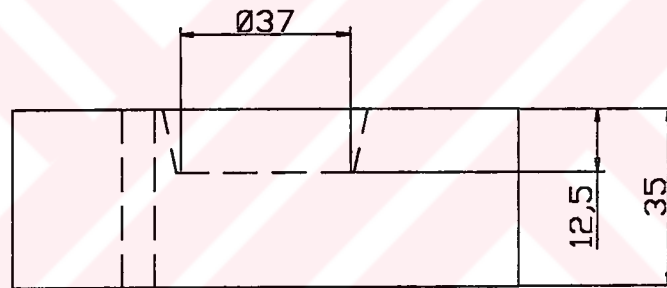
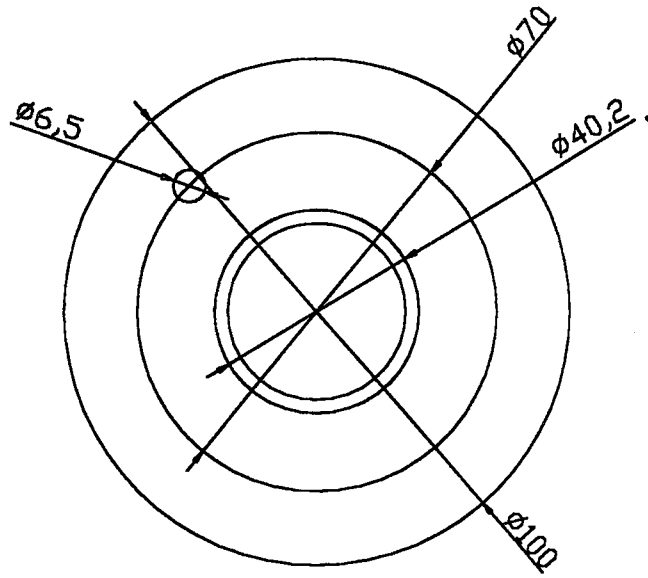
EK 5 Kalıp Bağlantı Plakası (Alt Plaka)

St 37 ; 1 adet



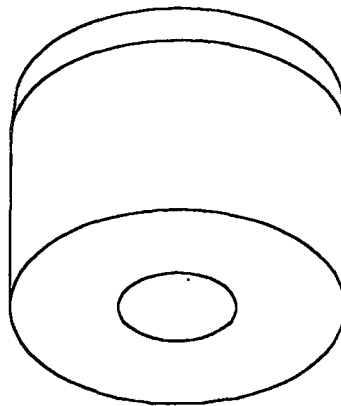
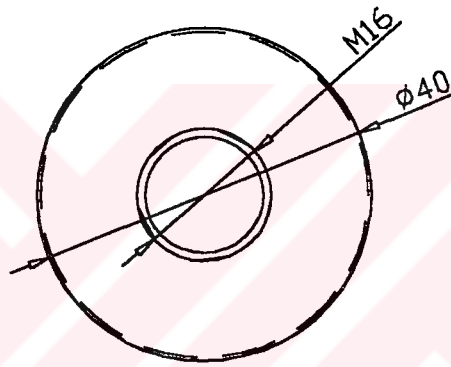
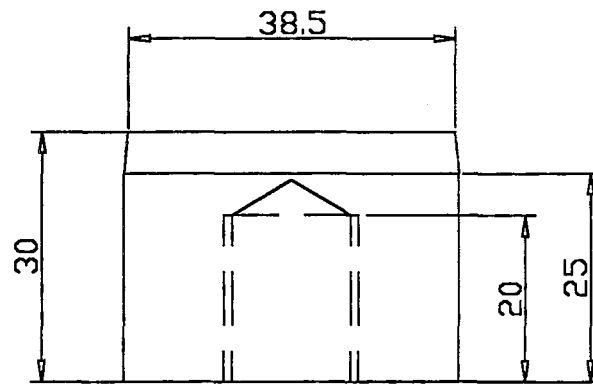
EK 6 Dişi Kalıp

St 37 ; 1 adet



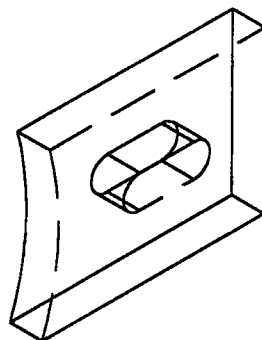
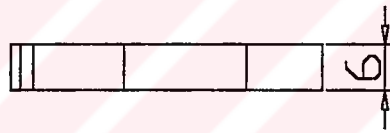
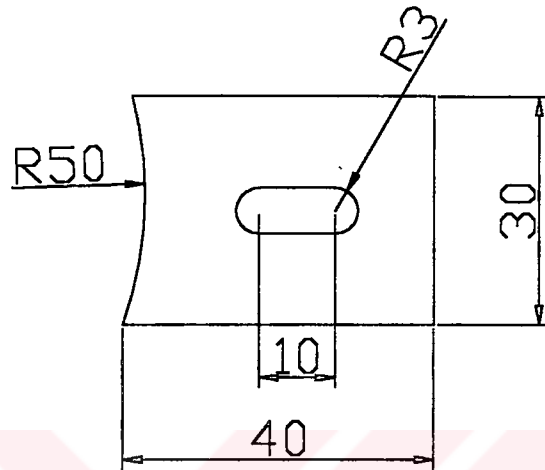
EK 7 Erkek Kalıp

St 37 ; 1 adet



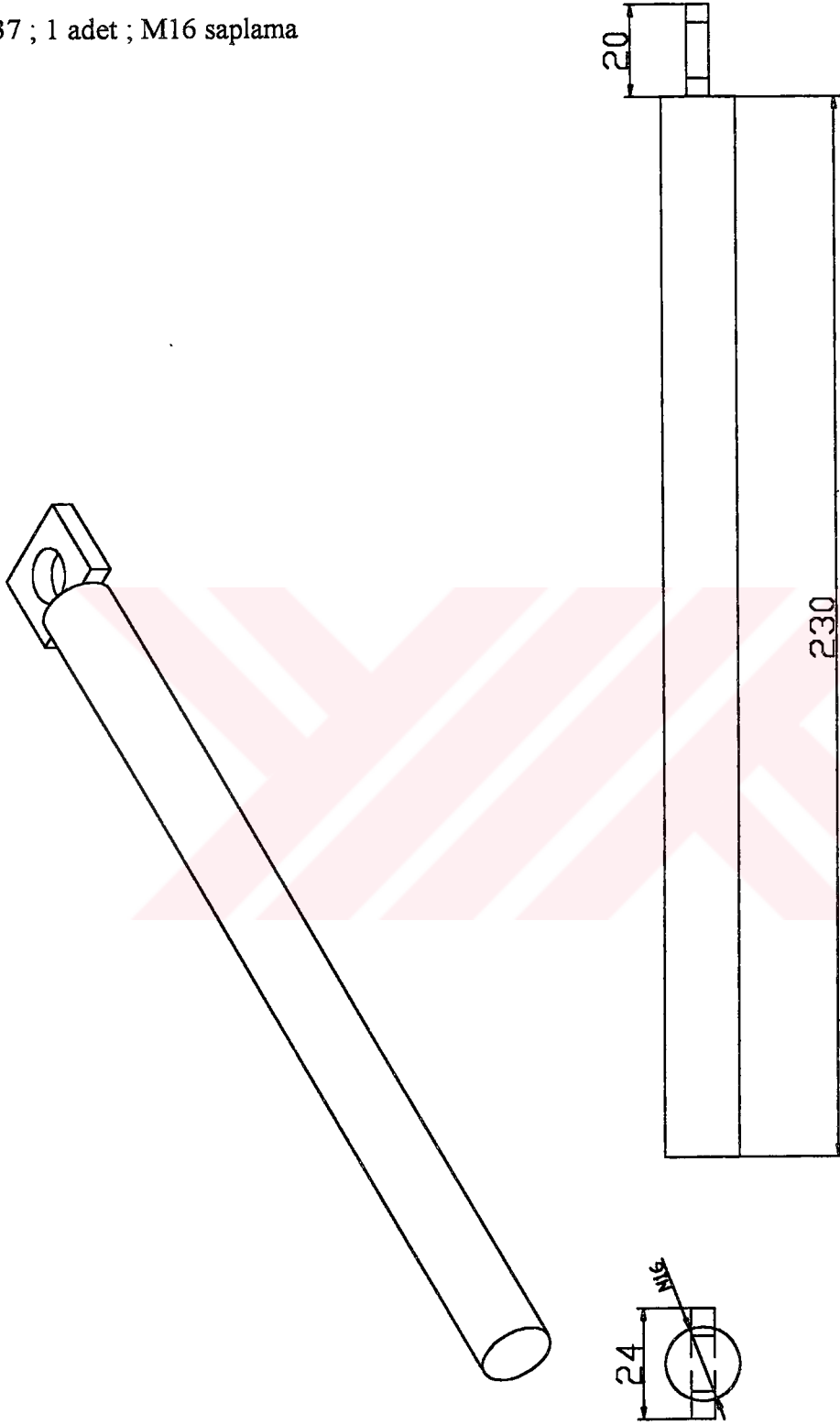
EK 8 Kalıp Stoperi

St 37 ; 2 adet



EK 9 Piston Mili (saplama)

St 37 ; 1 adet ; M16 saplama



Y.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTA

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 21.07.1974

Doğum Yeri Ayaş

Lise 1988-1991 Ankara Ayaş Lisesi

Lisans 1991-1996 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1996-1999 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

Çalıştığı Kurumlar

1995-1996 Hidroterm Isı San. Tic. Ltd. Şti.

1996-1997 Burfe Turizm ve İnş. San. Tic. Ltd. Şti.

1997-Devam ediyor Önaysan Metal San Tic. Ltd. Şti.