



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL EMPRENYE İŞLEMİNDE İŞLEM  
PARAMETRELERİNİN İŞLEM KALİTESİNE ETKİSİNİN  
DENEYSEL İNCELENMESİ

Merve AKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BURSA 2010



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL EMPRENYE İŞLEMİNDE İŞLEM  
PARAMETRELERİNİN İŞLEM KALİTESİNE ETKİSİNİN  
DENEYSEL İNCELENMESİ

Merve AKTAŞ

Prof. Dr. M. Cemal ÇAKIR  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BURSA 2010

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL EMPRENYE İŞLEMİNDE İŞLEM  
PARAMETRELERİNİN İŞLEM KALİTESİNE ETKİSİNİN  
DENEYSEL İNCELENMESİ

Merve AKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez ....../...../2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.M. Cemal ÇAKIR  
Danışman

.....

.....

.....

.....

## ÖZET

Bu çalışma, döküm malzemelerde imalattan dolayı meydana gelen gözle görülemeyen mikro gözeneklerin ve boşlukların giderilme işlemi esasına dayanmaktadır. Burada yapılan, dökümden sonra çıkan malzemelerin gözeneklerini tıkama esasına dayanan emprenye denilen bir işlemi uygulamaktır. Emprenye işlemini etkileyen parametreler ve döküm parçaların yapılarında oluşan gözeneklerin tıkanma oranları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Metal emprenye işlemi, vakumlu emprenye işlemi, dökümde gözenekli yapı, malzeme kusuru

**ABSTRACT**

This study based on, metal casting materials that have micro porosities and cavities because of the manufacturing are being eliminated. After casting, materials are being plugging the pores which is based on blocking the pores of the procedure is called impregnation. The parameters that effect impregnation process and the rates of casting parts blocking of the pores are examined.

**Keywords:** Metal impregnation system, vacuum impregnation system, porous at casting, casting defects.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V,VI
TABLolar DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. DÖKÜM HATALARI.....</b>	<b>3</b>
2.1. Ergime Ve Katılaşma.....	3
2.2. Çekirdeklenme.....	5
2.3. Döküm kalıp içindeki katılaşma.....	8
2.4. Katılaşma hataları.....	10
2.4.1. Çekme.....	11
2.4.2. Dentritler arası çekme.....	12
2.4.3. Gaz gözenekliliği.....	14
2.4.4. Mikro segregasyon (Mikro ayrışma).....	15
2.4.5. Hidrojen gözenekliliği.....	16
2.4.6. Yüzey hataları.....	16
2.4.7. Merkez çatlaması.....	17
2.4.8. Üretimin etkileri.....	18
2.5. Gözeneklilik problemi.....	18
2.5.1. Gözenek tipleri.....	19
2.5.2. Gözeneklilik için çözümler.....	22
<b>3. METAL EMPRENYE İŞLEMİ VE METODLARI.....</b>	<b>24</b>

3.1. Emprenye metotları.....	25
3.1.1. Kuru vakum ve basınç metodu.....	25
3.1.2. Islak vakum ve basınç metodu.....	26
3.1.3. Dahili emprenye ya da basınçlı emprenye metodu.....	26
3.2. Bir üretim tesisinde uygulama örneği.....	27
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>31</b>
4.1. Emprenye prosesi.....	31
4.2. Emprenye tesisinin çalıştırılması.....	34
4.2.1. Ön kontrol.....	34
4.2.2. Parçaların ön işlemi.....	34
4.2.3. Sistemin temizliği.....	36
4.2.4. Sistemin bakımı.....	36
4.3. Emprenye işleminde işlem parametreleri.....	37
4.3.1. Kuru vakumun basınç değeri ve süresi.....	37
4.3.2. Reçine viskozitesi.....	38
4.3.3. Malzemenin gözenek yapısı.....	39
4.3.4. Polimerizasyon süresi ve sıcaklığı.....	40
4.4. Emprenye prosesinin kontrolü ve testler.....	41
4.4.1. Kimyasal kontroller.....	41
4.4.2. Viskozite testi.....	42
4.4.3. Jelleşme testi.....	43
4.5. UV testi.....	45
4.6. Sıcaklık dayanım testi.....	45
4.7. Maldaner emprenye reçinesinin (IM 3000) fiziksel özellikleri.....	47
4.8. Uygulama örnekleri.....	52
4.8.1. Test burcu ile basınç kontrol testi.....	52

4.8.2. Örnek bir parça ile basınç kontrol testi.....	54
<b>5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....</b>	<b>59</b>



**TABLULAR DİZİNİ**

	Sayfa
Tablo 2.1 Bazı malzemeler için katılma sırasında çökme.....	11
Tablo 2.2 Gözeneklilik tipleri.....	20
Tablo 4.1 Kuru vakum ve basınç yönteminde uygulanan işlem sırası.....	33
Tablo 4.2 IM 3000 reçinesinin fiziksel özellikleri.....	47
Tablo 4.3 IM 3000 reçinesinin kimyasal dayanımı.....	48

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

	Sayfa
Şekil 2.1	Sıvı halden katı hale geçerken iç yapı durumu..... 5
Şekil 2.2	Saf bir metal için sıcaklığa karşı hacim serbest enerji değişimi..... 6
Şekil 2.3	Katı ile sıvıyı ayıran ara yüzey..... 6
Şekil 2.4	Sistemin toplam serbest enerjisinin katı boyutu ile değişimi..... 7
Şekil 2.5	Sıvı sıcaklığına bağlı olarak çekirdeklenme hızı..... 8
Şekil 2.6	Yönlenmiş katılaşma..... 9
Şekil 2.7	Köşelerde katılaşma..... 9
Şekil 2.8	Kalıp içinde katılaşmada tane biçimlerinin farklı olduğu bölgeler.... 10
Şekil 2.9	Çekme..... 12
Şekil 2.10	Dentrit kolları arasında çekme..... 13
Şekil 2.11	Gümüş yapısında dentritik büyüme..... 13
Şekil 2.12	Çelikteki dentritlerin elektron mikroskobu ile görüntüsü..... 14
Şekil 3.1	Kuru vakum ve basınç metodu..... 25
Şekil 3.2	Basınçlı emprenye metodu..... 27
Şekil 3.3	Test standı..... 28
Şekil 3.4	Basınç kontrol valfinin test edilen iç gövdesi..... 29
Şekil 3.5	Basınç kontrol valfinin iç gövdesi üzerine testlerden..... 29
Şekil 4.1	Kuru vakum ve basınç yönteminde kullanılan vakum ve reçine tankı. 33
Şekil 4.2	Kuru vakum işleminde parçaların ceplerinin yukarı bakması vakum işlemini kolaylaştırır..... 35
Şekil 4.3	Maldaner IM 3000 reçinesinin sıcaklık ile viskozite arasındaki ilişki.. 39
Şekil 4.4	Maldaner IM 3000 reçinesinin jelleşme süresi ..... 40
Şekil 4.5	Burada test için kullanılan Frikmara-Becher Nr.3 görülmektedir..... 42

Şekil 4.6	Jelleşme testi için cam tüpe reçine alınır.....	43
Şekil 4.7	Reçine ile dolu cam tüp jelleşme süresi ölçülmesi için polimerizasyon tankına daldırılır.....	44
Şekil 4.8	UV ışını altında bakılan test parçası.....	45
Şekil 4.9	Maldaner firmasına ait reçinelerin sıcaklık karşısındaki durumları.....	46
Şekil 4.10	Test burcuna basınçlı hava vermek için kullanılan aparat.....	52
Şekil 4.11	Test burcu aparata geçirilerek su dolu kaba daldırılır.....	53
Şekil 4.12	Test burcu ve çıkan hava kabarcıklarının detaylı görüntüsü.....	53
Şekil 4.13	Teste tabi tutulan parçanın teknik resmi.....	54
Şekil 4.14	Test standı genel görünüm.....	55
Şekil 4.15	Test standına bağlanan boruya hava verilir ve dijital manometreden bu değer gözlenir.....	56
Şekil 4.16	Test parçasında zamana bağlı olarak basınç kaybı.....	56
Şekil 4.17	Test parçasında gözeneklerin olduğu yerlerdeki kaçaklar.....	57
Şekil 4.18	Emprenye yapılan test parçasındaki zaman basınç grafiği.....	58

## 1. GİRİŞ

Metal dökümü keşfedildiğinden beri gözenekler, basınç kaybına neden olan çatlakların oluşmasına ve düşük kalitede yüzey tesviyesine sebep olduklarından sorun yaratmaktadırlar. Mekanik işleme, kaynak vs. ile üretilen parçalar, gözenek ve çatlaklar yüzünden hurdaya ayrılmak zorunda kalırlar. Yıllarca yapılan çalışmalarla, sıvı ve gazları basınç altında saklamak için tasarlanan aksamındaki gözenekli boşlukları doldurmak için çok değişik metotlar geliştirilmiştir. Bunun sonucunda mikro ve makro gözeneklerin sebep olduğu çatlakları kalıcı olarak dolduran modern emprenye teknolojisi ortaya çıkmıştır.

Sızdırmazlık özelliği istenilen parçaların (fren pabuçları, hidrolik sistemlerde kullanılan parçalar, motor blokları, röleler, ventiller, vanalar vs.) döküm işlemi sonrasında bünyelerinde oluşan mikro gözenekleri parçaları ıskartaya ayırmadan bu tip sızdırmazlık gereken yerlerde kullanılabilir hale getirmek için uygulanan bir işlemdir. Ne yazık ki emprenye işlemi Türkiye’de birçok dökümcü tarafından dahi bilinmemektedir.

Gözenekler sızıntıya, gaz kavitasyonuna, oksit filminin oluşmasına neden olur. Bu her tür metal dökümde (demir, çelik, bronz, prin. vs.) olabilir ve özellikle alüminyum, çinko, bronz, demir, magnezyum ve diğer alaşımlarında büyük sorun oluşturur. Gözenekler her zaman toz metallerde ya da sinter parçalarında yapıları gereği daha fazladır. Dış yüzeye açılan gözenekleri kapatmak, sıvı veya gaz basınçları altında dayanımlarını sağlamak için çok çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Emprenye için ilk olarak kullanılan madde cam suyu ya da sodyum silikattır. Sodyum silikata ilave olarak tungoil, beziryağı, zift ve birçok madde çok küçük başarı oranları ile kullanılmıştır. Kısa süre sonra II. dünya savaşından sonra termosetting plastiklerinin bulunmasıyla, bunlar emprenye işleminde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle vakum altında uygulandığında verimli, gözenekleri kapatmada ekonomik bir yöntem olmuştur.

Bu işlem bütün döküm alaşımlar ve sinterlenmiş metaller, ferritler, seramik ve kompozit malzemeler için geçerlidir. Emprenye prosesi emprenye edilecek parçalarda herhangi bir zarara veya bozulmaya sebep olmaz. Emprenye işlemi sona erdiğinde,

bütün parçalar temiz çıkar, korozyon veya oksidasyon görülmez, ön işleme gerek kalmadan kullanıma hazırdırlar.

Burada metal emprenye işleminde uygulanan parametreler incelenerek, işlemin kalitesi üzerindeki etkilerine bakılacaktır.

Emprenye işlemine neden ihtiyaç duyulduğunu daha iyi anlayabilmek için döküm hataları bir sonraki bölümde incelenecektir.

## 2. DÖKÜM HATALARI

Hemen hemen tüm metal ve alaşımları, bazı seramik ve polimer malzemeler üretimlerinin bir aşamasında sıvıdır. Sıvı, katılaşma sıcaklığının altına soğutulduğunda katılaşır. Malzeme katılaşmış durumda iken veya ısı işlem ve mekanik işlemler uygulanmış halde kullanılabilir. Katılaşma süreci içerisinde ortaya çıkan yapı, mekanik özellikleri etkiler ve istenilen özellikleri elde etmek için başka işlemlere de ihtiyaç duyulabilir. Özellikle, tane boyutu ve şekli katılaşma ile kontrol edilebilir. Katılaşma, döküm gibi temel pratik uygulama alanına sahip en ekonomik şekil verme metodu olmasından dolayı çok önem taşımaktadır. Katılarda dövme ve benzer işlemlerde şekil verebilmek amacıyla uygulanan yüksek kuvvet ve gerilimlere nazaran sıvı metalin hemen hemen sıfır kayma kuvveti ve oldukça düşük viskozite özelliğine sahip olması ergitmeyi daha uygun kılmaktadır. Eğer dökümün özelliklerini kontrol edebilmek daha kolay olabilseydi, katılaşma da çok daha önemli bir proses olacaktı. Bu sebeplerden ötürü, katılaşmada mikro yapının temeli ve kontrolü, döküm kalitesini artırmada büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla özellikle döküm malzemelerin özelliklerinin kontrol edilebilmesi için katılaşma olayının (kristalleşme) iyi bilinmesi gerekir. Bir sıvı metalin katılaşması birincil kristalleşme (katılaşma) ve bu sırada oluşan katılaşma içyapısı (döküm içyapısı) birincil içyapı olarak adlandırılır. Döküm parçalarda birincil içyapı parça ömrü boyunca hiç değişmeyeceğinden katılaşma olayının çok iyi kontrol edilmesi zorunludur

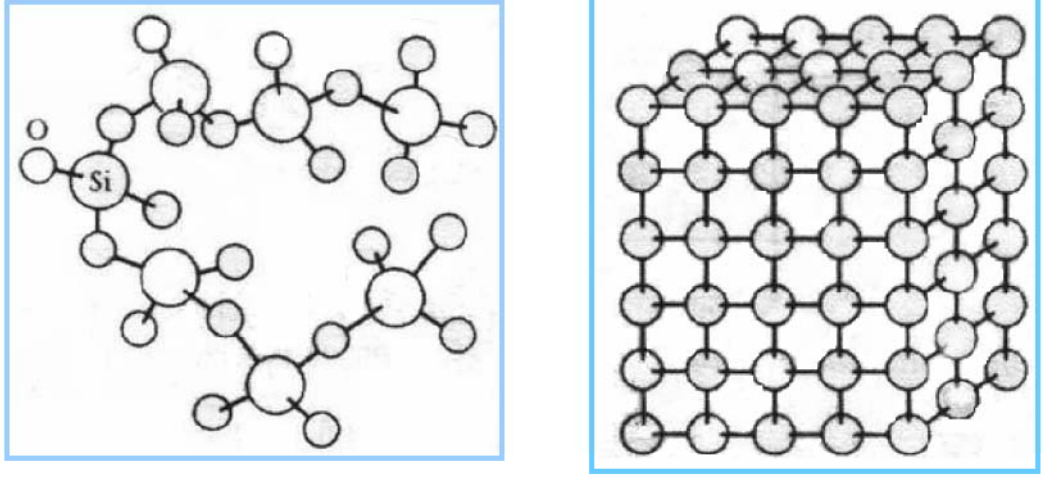
### 2.1.Ergime Ve Katılaşma

Sıfır Kelvin sıcaklıkta metal atomları kristal kafesleri içerisinde buldukları yerde hareketsiz olarak dururlar. Isı verilmesiyle gittikçe artan oranlarda buldukları noktalarda salınımlarında ortalama konumlarını değiştirmeyecek şekilde salınmaya başlar. İki atom birbirinden denge durumuna göre belli ölçülerde uzaklaşacak olursa bunları birbirine yaklaştıran çekim kuvveti artma gösterir. Buna karşılık atomların birbirine yaklaşması durumunda şiddetli bir şekilde itme kuvveti ortaya çıkar. Artan salınım uzaklığı ile atomların uzaklığı denge durumundakine göre gittikçe büyür ve

kafes sistemi genişler. Verilen ısı hareket enerjisine dönüşür ve bu da hem sıcaklığın yükselmesine ve hem de hacimsel büyümeye yol açar. Ergime sıcaklığına ulaşılması ile sıcaklık bir süre yükselme göstermez. Ergimenin başlamasıyla birlikte, verilen ısı daha çok atomların düzenli kafes yapısı durumundan, düzensiz olan sıvı fazdaki durumuna; yani salınım yerine belirgin olmayan bir atom hareketinin görüldüğü duruma geçmesine neden olur. Ergime esnasında harcanan ısıya ergime ısısı denir. Bu ısı malzeme içerisinde bir sıcaklık yükselmesine yol açmadığından buna ayrıca dönüşüm ısısı ya da gizli ısı denilmektedir. Bir eksen üzerinde özgül hacim, sıcaklığa bağlı olarak incelenecek olursa, ergime sıcaklığında malzemenin hacminde şiddetli bir büyümenin varlığı dikkati çeker. Ergime ve katılaşma durumunda, dönüşüm sıcaklıklarında sıcaklık - zaman eğrileri ( ısı eğrileri ) dönüşüm ısısı nedeniyle duraklama gösterir. Katılaşmada ergimenin tersi bir davranış gözlenir. Katılaşma sıcaklığına ulaşılmasıyla birlikte atomlar yeniden eski konumlarına ve salınan düzenli kafes yapılarına geri dönerler. Bu arada açığa çıkan dönüşüm ısısı katılaşma ısısı adını alır ve bu ısı ergime için harcanan ısıya eşittir. Burada da ısı eğride yine duraklama görülür. Katılaşma, tane çekirdekleri, çekirdekçik adı verilen çok küçük taneciklerden başlar. Tane büyümesi bu çekirdekler etrafında gerçekleşir. Sıvı metal içerisinde istenmeden önceden var olan ya da istenerek sıvıya katılan yabancı atom ve moleküller çekirdekçik görevi üstlenebilirler. Buna örnek olarak kendiliğinden çelik bünyesinde bulunan alümina ( $Al_2O_3$ ) ve aşılama amacıyla ergiyiğe istenerek katılan Ti ve Ce elementleri gösterilebilir. Çok saf olan ergiyiklerde bile çekirdekçik oluşumu vardır. Soğutma esnasında sıcaklık, katılaşma noktasına ne kadar yaklaşırsa ve atomların ergiyik içerisindeki hareket hızları ne kadar azalırsa, buna bağlı olarak bazı atomlar hemen kristal kafesi oluşturmak üzere grup halinde bir araya gelirler. Ancak bu atomların durumlarını koruyabilmeleri ve tane çekirdeklerine dönüşebilmeleri için sıvı ortamdan ısının çekilmesi ve ortamla çevre arasında sıcaklık gradyanının bulunması gerekir. Tanelerin büyümesi sırasında yapıda bulunan ve kafese kabul edilmeyen kirletici elemanlar (inklüzyonlar) tane sınırlarına itilirler ve burada tane sınırı yapısını oluştururlar. Taneler birbirlerine temas edecek duruma gelinceye kadar büyürler. Oluşan tane sınırları oldukça düzensizdir. Tanelerin özellikleri üzerinde, tane sınırlarından çok onların atom dizilişleri rol oynar.

## 2.2.Çekirdeklenme

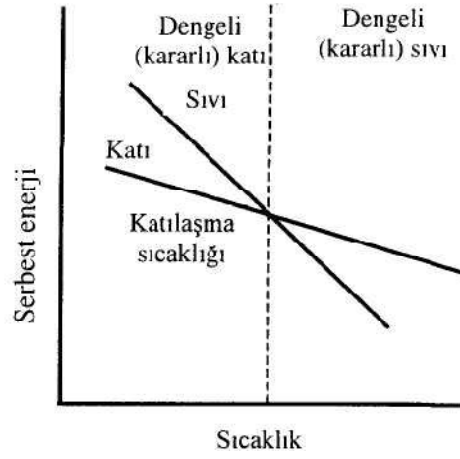
Katılma sırasında atomik diziliş, en düzenli kısa mesafeli düzenden uzun mesafeli düzene veya kristal yapıya kadar değişir (Şekil 2.1).



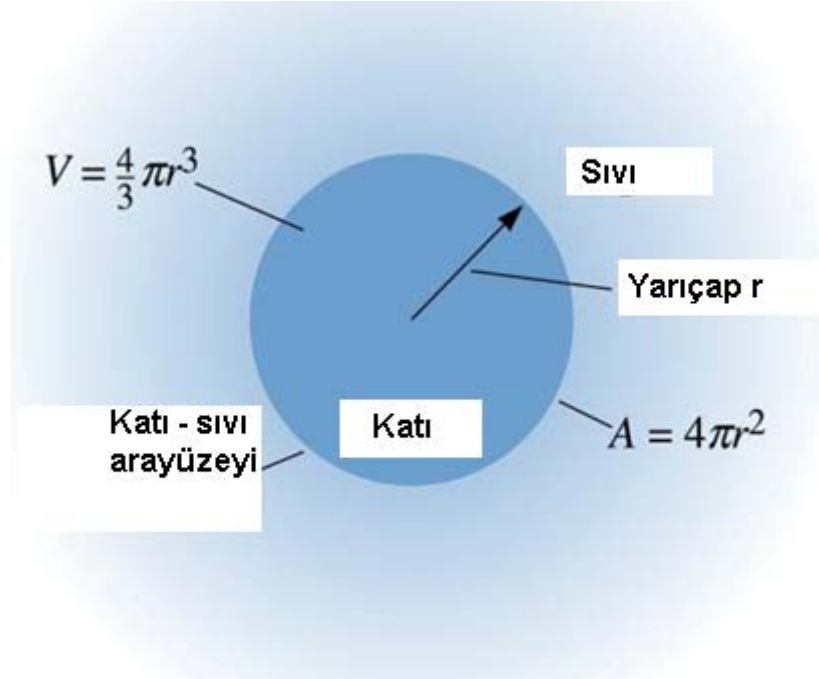
Şekil 2.1 Sıvı halden katı hale geçerken iç yapının durumu

Katılma iki aşamadan meydana gelir. Bunlar; çekirdeklenme ve büyümedir. Çekirdeklenme, küçük katı parçacıklarının sıvıdan embriyolaşması ile olur. Çekirdek kararlı olmadan önce minimum kritik çapa gelmelidir. Katının büyümesi, atomların sıvıdan oluşan çekirdeklere geçmeleri ile olur ve bu şekildeki büyüme sıvı bitene kadar devam eder. Sıvı, katılma sıcaklığının altına soğutulduğu zaman bir malzemenin katılması beklenir. Çünkü katının kristal yapısı ile ilgili enerjisi; sıvının enerjisinden daha azdır. Sıcaklık katılma noktasından daha da aşağıya düştüğünde, giderek büyüyen enerji farkı katıyı daha dengeli (kararlı) hale getirir (Şekil 2.2). Katı ve sıvının arasındaki bu enerji farkı serbest hacim enerjisidir ( $\Delta F_v$ ). Buna karşın, katının oluşması için katı ile sıvıyı ayıran bir ara yüzeyin oluşturulması gerekmektedir (Şekil 2.3). Yüzey serbest enerjisi, ara yüzey enerjisi  $\sigma$  ile birleşmiştir. Geniş yüzeyler, yüzey serbest enerjisini artırır; büyük bir yüzey alanı daha büyük yüzey enerjisi demektir.





Şekil 2.2 Saf bir metal için, sıcaklığa karşı hacim serbest enerji değişimi

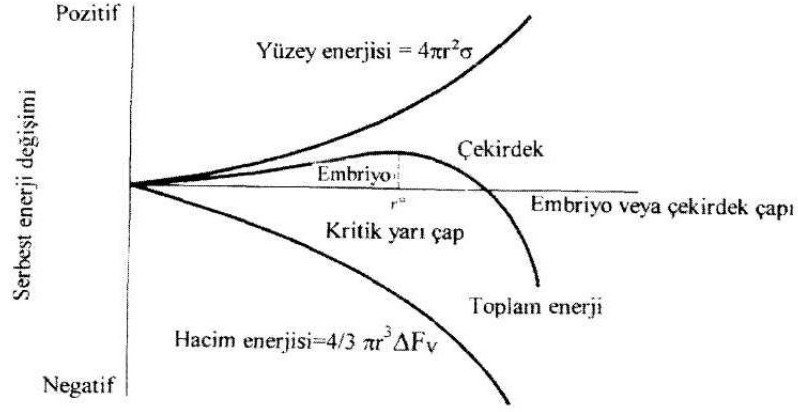


Şekil 2.3 Katı ile sıvıyı ayıran ara yüzey

Sıvı, katılma noktasına soğutulduğunda, sıvı içerisindeki atomlar kümeleşerek katı malzemeye benzeyen küçük bir bölge oluştururlar. Bu küçük katı parçacıkları "embriyo" olarak adlandırılır. Embriyo oluştuğunda, toplam serbest enerji değişimi, hacim serbest enerjisinde azalma ve yüzey serbest enerjisinde ise bir artış gösterir. Böylece toplam serbest enerji,

$$\Delta F = \frac{4}{3} \pi r^3 \Delta F_v + 4 \pi r^2 \sigma \text{ olur.}$$

Burada  $\frac{4}{3} \pi r^3$ , yarıçapı  $r$  olan küresel embriyonun hacmidir.  $4 \pi r^2$  küresel embriyonun yüzey alanıdır,  $\sigma$  serbest yüzey enerjisi ve  $F_v$  negatif değişen hacim serbest enerjisidir. Serbest enerjideki değişiklik, embriyonun boyutuna bağlıdır (Şekil 2.4). Embriyo çok küçükse, embriyonun daha fazla büyümesi serbest enerjinin yükselmesine neden olabilecektir.

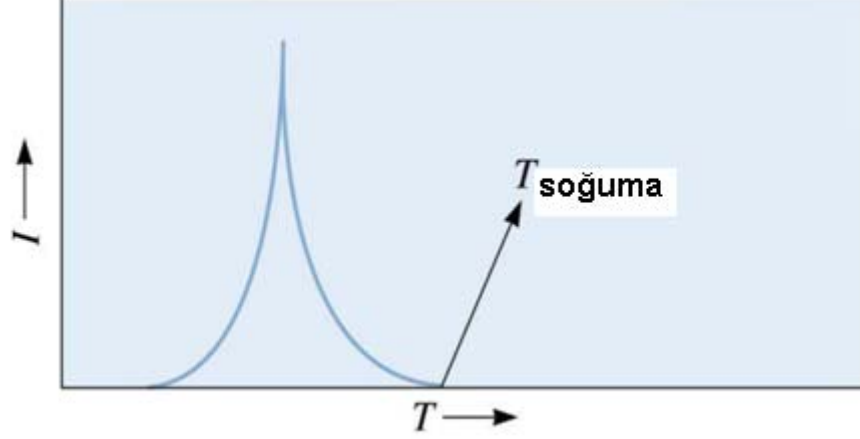


Şekil 2.4 Sistemin toplam serbest enerjisinin, katının boyutu ile değişimi

Büyüme yerine embriyo tekrar erir ve serbest enerjinin azalmasına neden olur. Bu yüzden metal sıvı kalır. Sıvı, denge katılaşma sıcaklığının altında bulunduğu için alt soğumuş olacaktır. Gerçek sıvı sıcaklığı ile denge katılaşma sıcaklığı arasındaki fark alt soğumadır. Sıcaklık, denge katılaşma sıcaklığının altında olduğu halde çekirdeklenme henüz oluşmamıştır ve büyüme başlayamaz. Eğer, embriyo kritik çekirdek yarıçapından ( $r$ ) büyükse, embriyonun boyutu arttığında toplam enerji azalır. Oluşan katı kararlıdır ve çekirdeklenme oluşmuştur. Artık çekirdek olarak adlandırılan katı parçasının büyümesi başlar (Şekil 2.5 sıvı sıcaklığına bağlı olarak çekirdeklenme hızı grafiği). Çekirdeklenme, ancak yeterli sayıda atom kendiliğinden katı üretmek için kümeleştiğinde ve bu katının çapı kritik çaptan büyük olduğunda oluşur. Bu durumda, kritik yarıçap, toplam serbest enerji değişim eğrisi üzerinde maksimum noktaya karşılık gelir. İki önemli çekirdeklenme tipi vardır:

- Homojen çekirdeklenme: yeni bir faz homojen (eş dağılımlı) olarak, mevcut faz içinde oluşur.

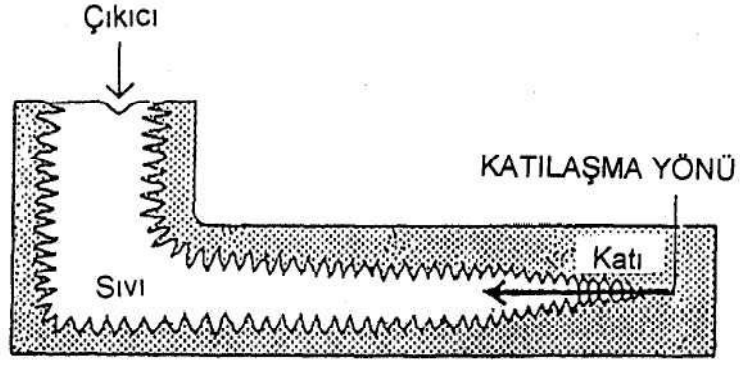
- Heterojen çekirdeklenme: yeni faz, mevcut faz içinde heterojen bölgelerde tercihli olarak oluşur.



Şekil 2.5 Sıvı sıcaklığına bağlı olarak çekirdeklenme hızı

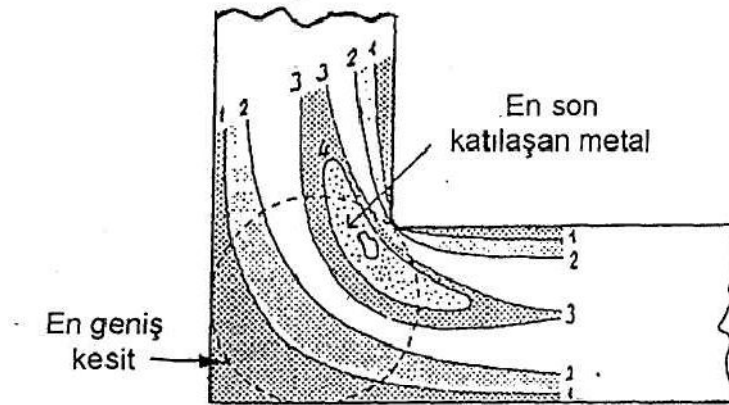
### 2.3.Döküm Kalıp İçindeki Katılaşma

Kalıp içine doldurulan sıvı metalin tümü birdenbire katılaşmaz. Katılaşmanın hangi bölge veya bölgelerde başlayıp, nasıl ilerleyeceği çekme boşluklarının oluşumunu belirler. Katılaşma, öncelikle soğumanın hızlı olduğu ince kesitlerde başlar ve bu sırada oluşan hacim azalmaları nedeniyle o ana kadar katılaşmamış olan kalın kesitlerdeki sıvı bu bölgeleri besler. İyi tasarlanmış bir kalıpta, katılaşma kalın kesitlerin ince kesitleri beslemesiyle kademeli olarak ilerlemeli ve en son katılaşan bölgelerin dışa açık olan yolluk ve çıkıcılarda kalması sağlanmalıdır. Böylece çekme boşluğu veya diğer kusurların parça içinde oluşması önlenir. Yani metal döküldükten sonra, en soğuk metalin kalıbın en uzak bölgesinde, en sıcak metalin ise yolluk ve çıkıcılarda bulunması amaçlanmalıdır. Döküm kalıplar için çok önemli olan bu tasarım prensibi katılaşmanın yönlendirilmesi olarak adlandırılır (Şekil 2.6).

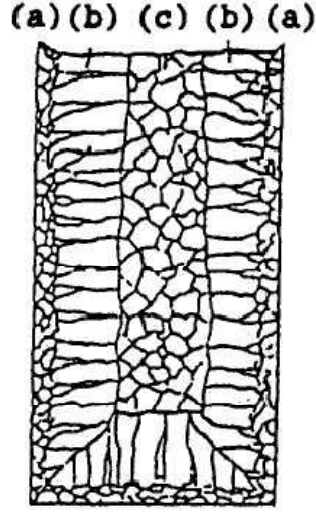


Şekil 2.6. Yönlenmiş katılaşma

Bu kuralın gerçekleştirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda, katılaşmanın istenen bölgelerde başlaması için soğutma plakalarından, çekme oluşabilecek yerlerin sıvı metal ile beslenebilmesi için çıkıcı ve besleyicilerden yararlanır. Katılaşmada en sorunlu bölgelerden biri de köşelerdir. Birleşme noktasındaki kesit, genellikle birleşen kesitlerden büyük olduğundan, bu bölgeler en son olarak katılaşır ve iç kısımlarında çekme boşlukları oluşabilir ki bu boşlukların oluşumunu engellemek çok zordur (Şekil 2.7). Dolayısıyla bu bölgelerde ya kesit inceltmeli, ya da soğutma plakaları yardımıyla buralarda soğuma hızlandırılarak katılaşmanın köşelerden başlaması ve kollara doğru devam etmesi sağlanmalıdır. Ancak yapılan tüm bu işlemlere rağmen çekme boşluklarının oluşması önlenemez (ARAN Ahmet, Metal Döküm Teknolojisi).



Şekil 2.7 Köşelerde katılaşma



Şekil 2.8 Kalıp içinde katılaşmada tane biçimlerinin farklı olduğu bölgeler

- (a) Hızlı soğuma etkisiyle oluşan küçük ve eşeksenli tanelerin bulunduğu kabuk
- (b) Sıcaklık gradyanı etkisiyle oluşan uzun çubuk taneler
- (c) Soğumanın her taraftan olması ile ortaya çıkan eşeksenli taneler

Döküm malzemelerinin içyapısı da, katılaşmadaki soğuma koşulları ile belirlenir. Burada üç ayrı bölge söz konusudur. Kalıp cidarlarında ani soğuma (chill) etkisi ile kalıpta önce küçük ve eşeksenli tanelerden oluşan bir kabuk, bunu izleyen bölgede sıcaklık gradyanının etkisiyle uzun çubuksu taneler, orta kısımda ise soğuma her taraftan olduğundan, tekrar eşeksenli taneler görülür (Şekil 2.8)

#### 2.4. Katılaşma Hataları

Dökümü yapılan metalin cinsi, kullanılan kalıplama tekniği, araç - gereçler ve el becerileri gibi faktörler neticesinde döküm parçalarında hatalara rastlanmaktadır. Katılaşma sırasında, çok sayıda potansiyel hatalar meydana gelmekle beraber bunlardan özellikle değinilmesi gerekenler şunlardır.

### 2.4.1. Çekme

Hemen hemen bütün malzemeler, katı durumda iken sıvı durumdan daha yoğundur (Şekil 2.9). Katılma sırasında malzeme en fazla % 7 kadar çeker (Tablo 2.1).

Çekme hatasının başlıca nedeni, dökümde istenen ısı merkezlerine doğru, yani yolluklar ve çıkıntılara doğru yönlü katılma sağlayamamaktır. Dökümün ısı derecesindeki düşüklük, meme ve yolluk yerlerinin uygun olmaması yönlü katılmanın düzgün olmamasına etki etmektedir. Döküm sıcaklığını artırarak, memeleri kalın kesitli kısımların yanına koyarak ve mümkün olan her şekilde memeler için ayrı birer çıkıcı yapmak hatayı azaltmaktadır. Bunun dışında bazı yerlerde düzgün soğuma sağlanamıyorsa soğutucu kullanılmalıdır.

Tablo 2.1. Bazı malzemeler için katılma sırasında çekme

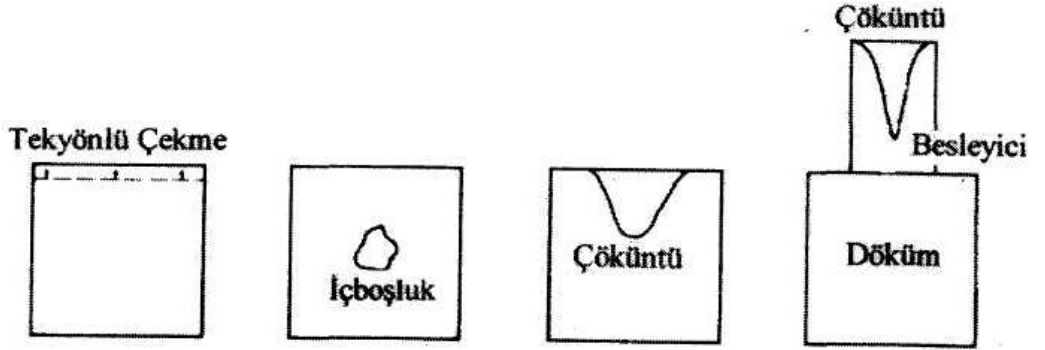
Metal	Kristal Yapı	Erime Sıcaklığı C	Sıvı Yoğunluk kg/m <sup>3</sup>	Katı Yoğunluğu kg/m <sup>3</sup>	Hacim Değişimi (%)
Al	fcc	660	2368	2550	7.14
Au	fcc	1063	17 380	18 280	5.47
Co	fcc	1495	7750	8180	5.26
Cu	fcc	1083	7938	8382	5.30
Ni	fcc	1453	7790	8210	5.11
Pb	fcc	327	10 665	11 020	3.22
Fe	bcc	1536	7035	7265	3.16
Li	bcc	181	528	-	2.74
Na	bcc	97	927	-	2.6
K	bcc	64	827	-	2.54
Rb	bcc	303	11 200	-	2.2
Cd	bcp	321	7998	-	4.00
Mg	bcp	651	1590	1655	4.10
Zn	hcp	420	6577	-	4.08
Ce	bcp	787	6668	6646	-0.33
In	tel	156	7017	-	1.98
Sn	tetrag	232	6986	7166	2.51
Bi	rhomb	271	10 034	9701	-3.32
Sb	rhomb	631	6493	6535	0.64
Si	diam	1410	2525	-	-2.9

Çekme her yönde aynı ise, katı dökümün boyutu, kalıbın boyutundan küçük olabilir. O zaman kalıp, uygun bir miktar büyük yapılarak çekme telafi edilebilir.

Buna karşın, pek çok durumda katılma dökümün bütün yüzeylerinde başlarsa, iç çekme boşluğu şeklinde, büyük çekme olur. Bir yüzeydeki katılma diğerlerinden yavaş ise, boru şeklinde iç çekme boşluğu ortaya çıkar. Her iki durumda da döküm

hatalıdır ve çekmeyi kontrol edebilmek için kalıp içerisine döküme bağlantılı besleyici (sıvı deposu) konur. Döküm parça soğuduğunda ve çektiğinde, çekmeden kaynaklanan boşluğu doldurmak için sıvı metalle besleyiciden takviye yapılır.

Çekme boşluklarının beslenmesi için kullanılan besleyicideki sıvı en son katılmalıdır. Besleyicideki sıvı ve dökümde katılan son sıvıyı bağlayan bir sıvı iç kanal vardır. Chvorinov kuralı, besleyicinin büyüklüğünü tasarlamak için kullanılabilir.



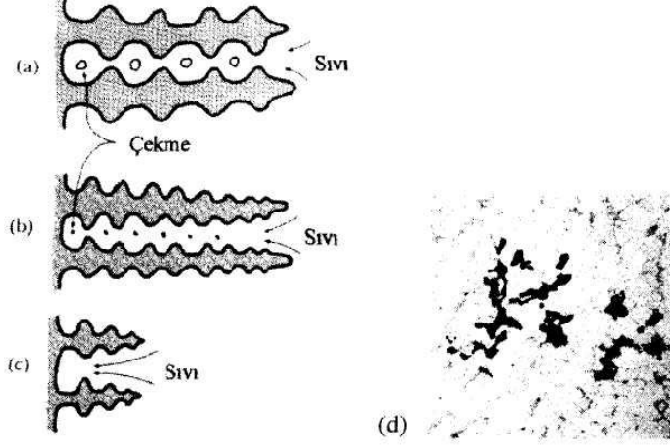
Şekil 2.9 (a) Tek yönlü, (b) boşluk, (c) çöküntüyü de içeren pek çok çeşit makro çekme olabilir, (d) Besleyiciler, çekmenin giderilmesi için kullanılır.

#### 2.4.2. Dendritler arası çekme

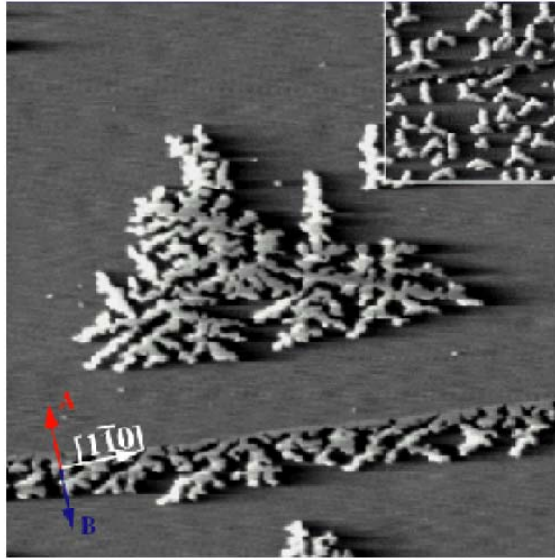
Temel olarak sıvı ile katı arasındaki yoğunluk farkından ileri gelir. Katılma boyunca hacim azalırken (katının hacmi) artı kalan sıvı bu hacim değişikliğini kapatamayacak şekilde akamazsa (dolduramazsa) çekilme boşluğu oluşur. Dolayısıyla düzlemsel büyüyen alaşımlarda (saf metal ve ötektik) çekilme boşluğu oluşumu zordur çünkü besleme problemleri azdır. Bu yüzden en çok dendritik katılma dar katılma aralığına sahip alaşımlarda çekilme boşluğu gözlenir. Dendritlerin hacminin azalması ile tipik mikroyapısal görüntüsü şekilde verilmiştir (Şekil 2.10, 2.11 ve 2.12).

Dendritler arası çekme yoğun dendritik büyüme olduğunda oluşur (Şekil 2.10, 2.11 ve 2.12). Sıvı metal, sıvının katılması için besleyiciden ince dendritik şebekeye doğru akamaz. Sonuç olarak; dökümün her tarafında küçük çekme gözenekleri oluşur. Bu hata mikro çekme veya çekme boşluğu (gözenek) olarak da adlandırılır. Besleyici kullanarak bunu önlemek zordur. Yüksek soğuma hızları, iç dendritik çekme problemlerini azaltabilir. Böylece, dendritler kısa olabilir ve bu yapı katının iç

yüzeyindeki sıvının, katılaşması için, dentrit şebekesine doğru akmasını sağlayabilir. Buna ilaveten, mevcut herhangi bir çekme, daha ince, daha üniform dağıtılmış olacaktır.

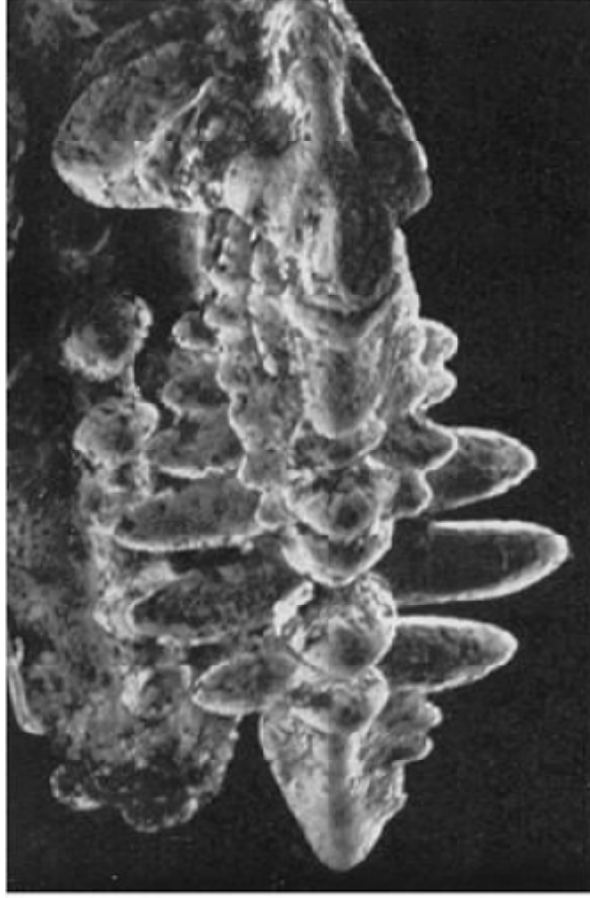


Şekil 2.10 Dentrit kolları arasında çekme olabilir, (a) Küçük dentritler homojen şekilde dağılmış küçük çekme boşlukları oluşturur, (b) Birincil kısa kollar çekmenin önlenmesine yardım edebilir (c), Al alaşımında iç dentritler arası çekme (d)



Şekil 2.11 Gümüş yapısında dentritik büyüme





Şekil 2.12 Çelikteki dentitlerin elektron mikroskobu ile görüntüsü

### 2.4.3. Gaz gözenekliliği

Metaller sıvı durumda iken büyük miktarda gaz eritirler. Örneğin; Al, H' i eritir. Buna karşın, Al katılaştığında katı metal içinde sadece H' in küçük bir kısmı kalır. Fazla H, küçük boşluklar oluşturur. Gözeneklilik, üniform olarak dökümün her tarafına dağılabilir. Dentrit kolları arasına hapis olabilir. Sıvı metal içinde çözünebilir gaz miktarı Sievert kanunu ile bulunabilir ([www.altanmakina.com](http://www.altanmakina.com), 2009).

$$\text{Gaz Yüzdesi} = K ( P_{\text{gaz}} )^{1/2}$$

Buradaki  $P_{\text{gaz}}$  metalle temas halindeki gazın kısmi basıncıdır ve K ise belirli bir gaz sistemi için gaz sabitesidir. Bu sabite yükselen sıcaklıkla birlikte artar. Dökümdeki gaz gözenekliliği; sıcaklık düşürülerek sıvı ve gazın birbirleriyle birleşip katı oluşturması için malzemeler katarak veya gaz kısmi basıncının düşük tutulması sağlanarak

azaltılabilir. Kısmi gaz basıncının düşük tutulması, eriyik metal vakum ortamına alınarak ve metal içinden bir asal gaz geçirilerek yapılabilir. Asal gaz veya vakumda, gaz basıncının düşük olması nedeniyle, gaz metalden ayrılır, vakum veya asal gaz içerisine girer ve böylece metalden uzaklaştırılır. Çelik elde etme işlemi sırasında oksijen, genellikle, sıvı çelik içerisinde çözünür. Çözünen oksijen sıvıda bir alaşımlama elementi olarak bulunan karbonla birleşir ve CO gaz kabarcıkları, çelik döküm içerisinde kalır. Katılaşmadan önce, Al ilave edilirse, çözünmüş oksijen tamamen yok edilebilir. Al, O ile birleşerek, katı alümina ( $Al_2O_3$ ) oluşturur. Gaz gözenekliliğini yok etmesinin yanında küçük ( $Al_2O_3$ ) inklüzyonlar tane sınırını tutma aracıdır ve bu nedenle daha sonra yüksek sıcaklıktaki ısıl işlemlerde tane büyümesini önler. Tamamen deokside edilmiş durgun (öldürülmüş) çelik veya çok ince taneli çelik olarak bilinir ve bu çeliklerde genellikle, çok derin çekme boşlukları veya boşluklar oluşur. Çelikler bazen sadece kısmi olarak deokside edilir. Küçük bir miktar Al ilave ederek yarı durgun (yarı öldürülmüş) düşük karbonlu çelik üretilir. Bu çelikte yeterince CO, katılaşma çekme kenarına bitişik olarak çökeler. Yarı durgun düşük karbonlu çelikler daha az yoğunlaşmış çekmeye sahip olmanın yanında, müteakip işlemlerden sonra çelik levha üzerinde temiz yüzeyler oluşturulmasına yardım eder.

#### **2.4.4. Mikro segregasyon (mikro ayrışma)**

Alaşım sıvı halden katı hale dönüşürken, katı genellikle farklı kompozisyonlar oluşturur. Dolayısıyla, katıdaki çözünen atomun dağılımı genellikle sıvıdakinden farklıdır. Segregasyon olarak bilinen bu durum, alaşımın katılaşması sırasında çok büyük önem taşır. Alaşım katkılarının çoğu alüminyumun katı fazda sıvı faza göre daha az erimesine, yani denge dağılım sabiti ( $k_P$ )' nin değerinin birden daha az olmasına yol açarlar. Katı çözeltilerden çoğu oldukça düşük sınır katı çözünürlüğü gösterirler. Bunun sonucunda, mevcut ingot yapısında ikincil faz oluşumları değişmeden kalır. Bu nedenle katılaşmada döküm yapısının ilk kısmı olan dentritler katı fazda az bulunurlar ve bir veya birden fazla ikincil faz oluşumlarının oluşturduğu dentritler arası ağ tarafından sarılıp kuşatılırlar. İy yapının boyut ve dağılımı yapıdaki çözeltilerin konsantrasyonu, dentritlerin kol aralığı ve tane iriliğine bağlıdır. Döküm alaşımlarında çökeltilerin

karakteristik dağılımlarına çekirdeklenme denir. Çekirdeklenme hesaplamaları için yeterli duyarlılıkta Scheil eşitliği verilmiştir.

$$C_s = C_o K_o (1 - f_s)^{k-1}$$

Bu eşitlikte  $C_o$  alaşım içerisindeki çözelti miktarını,  $K_o$  denge dağılım sabitini,  $f_s$  de ağırlıklı çözelti gurubunun bileşimini göstermektedir. Alüminyum alaşımlarının çoğunu, homojen bir yapıya ulaşmak için, alaşımın katılma sıcaklığının hemen altında geniş bir sıcaklık aralığında, ısı altında tutmak gerekir. Bu suretle çözeltilerin dengeli dağılımı gerçekleştirilebilir.

#### 2.4.5. Hidrojen gözenekliliği

Alüminyum alaşım ingotlarında hidrojen gözeneği oluşumu, açılı dentritler arası çukurlar veya oldukça küçük küresel parçaların (gözeneklerin) ortaya çıkması ile kendini belli eder. Bunlardan ilk tip gözenekli, ikinci tipten daha yüksek gaz içeriklerinde görülmektedir. Öte yandan bu iki tip gözenek, katılma oranı ve donma derecesine bağlılık gösterir. Mikroskobik dentritler arası gözeneklilik, sıvı fazdaki çözünme basıncı 1 atm basıncı aşınca kadar hidrojenin reddedilerek katı metalden sıvı metale geçmesinden kaynaklanır. Küçük küresel gözenekler, katı metalde çok az miktarda artı kalan hidrojenden ileri gelir. Bu küçük gözeneklerdeki gazın basıncı çok yüksektir. Yüksek sıcaklıklarda yapılacak ısı işlemlerle makroskobik dentritler arası gözenekler yuvarlatılabilir ve küçük yuvarlak gözenekler, gözle görülür hale getirilebilir. İngot yoğunluğu veya gaz içeriği bu işlemle hissedilir ölçülerde azalma göstermez, öte yandan gaz yeniden yayılarak, gaz içeriği dikkate değer ölçülerde azalmadan gaz yoğunluğu düşecek şekilde genişler.

#### 2.4.6. Yüzey hataları

Arzulanan alaşım elementleri ve birleşen sert yapı bileşenleri içeren yüzey tabakası, çoğu kez doğrudan, hızlı soğutulmuş yarı sürekli alüminyum alaşım ingotlarının dökümünde ortaya çıkar. Benzer bir yüzey kusuru, düşük alaşım konsantrasyonlarıyla birleştiğinde kanama bantları ortaya çıkar. Her iki kusur da

katılaşan döküm kabuğunun yeniden ısıtılmasında onun kalıp çeperinden, kısacası akışının kesilmesiyle ortaya çıkar. Kanama bantlarında şiddetli, çoğu kez yüzeyin altına kadar uzanan birleşikler vardır. Alüminyum alaşım ingotlarının yüzeyini segregasyondan kurtarmak, ya da düzenli olmayan ve 20 mm kadar hızlı soğutulmuş yüzeye yaklaşan değişik kalınlıktaki tabakayı uzaklaştırmak için soyma ya da kabuğu kaldırma denilen işlem yapılır. abalar daha çok yüzey kusurlarının giderilmesi ve işlem öncesi soğumaya ihtiyaç duyulmaması yönünde olmaktadır. Düşük sıcaklıkta soğuk kokile doğrudan döküm yapmak için ve etkinliği artırmak için Showa Denko yöntemi ve elektromanyetik döküm tekniği geliştirilmiştir. Elektromanyetik yöntemden daha çok teknikte 1XXX, 3XXX ve 5XXX serisi döküm ingotlarının üretiminde yararlanmakta ve bu ingotlar döküldüğu yüzeylerinden haddelenmektedir. İngot yüzeyindeki soğutma derecesinin farklılığı bazen denge dışı oluşumlara yol açar. Bu oluşumlar son yüzey işlemlerine karşı farklı duyarlılığa sahiptirler ve işlenmiş üründe düzensiz çizgiler ve renk kayıpları oluşumuna yol açarlar.

#### **2.4.7. Merkez atlaması**

Merkezde atlama çoğu kez döküm hızının artması ile yüzey durumunun iyileştirilmesi girişimleri sonucu oluşur. Merkezi atlak, nihai donma esnasında iç gerginliklerin atılması esnasında oluşurlar ve bunlara "örümcek çatlaklar" da denilmektedir ki bu çatlaklar parça eğer belli bir basınç altında çalışıyorsa zamanla ilerleyerek parçanın sızıntı yapmasına neden olur. Merkezi besleyecek sıvı metalin bulunmaması nedeni ile bu tip çatlaklar artar, bu kusura daha çok az katkılı alaşımlarda rastlanılmaktadır.

Çatlama, sadece nihai katılaşmadan sonra ortaya çıkan iç gerginliklerden ileri gelmektedir. 1954 yılında yapılan araştırmalarda her alüminyum ingotunun dökümünde doğrudan soğuk kalıba yarı sürekli döküm işleminde alışıma gelmiş döküm hızlarından söz edilmektedir. Son zamanlarda yapılan araştırmalarda, merkezde çatlamaya neden olan başlangıç döküm hızının, kontrollü ikincil soğutma işlemleri sayesinde giderilebileceği gösterilmiştir.

#### 2.4.8. Üretimin etkileri

Yüksek kaliteli ürünün üretilmesinin sağlanmasında, sıvı alaşımdaki hidrojen içeriğinin ve alkali elementlerin konsantrasyonunun düşürülmesi ve metalik olmayan tüm yapı kirleticilerinin uzaklaştırılması gerekir. Bu işlem genellikle sıvı metalin ergitilme fırınında döküm ünitesine akışı esnasında sırayla gerçekleştirilir. Yüksek kaliteli metalin üretilmesine karşın, özellikle sürekli olarak işlemin gözlenebildiği uygun bir yöntem bulunmadığından bazen sorunlar ortaya çıkar. Aşırı gaz içerikleri ingotlarda oksit kalıntılarının varlığında çok ciddi sonuçlar doğurur. Böyle durumlarda hadde ürünlerinde, oksitler kümelenir ve ip şeklinde bir bant oluştururlar. Gazın toplandığı ve yerleştiği bu bantlar daha sonra yapılacak tavlama esnasında tabaka arasında kabarcık oluşmasına yol açar. 7075 alaşımında görülen, kaba birincil oluşum, muhtemelen homojenleştirmeye ortadan kaldıramamaktadır. Bu ingota daha sonra uygulanan işlemler esnasında, bu oluşum kırılır, yorulma direncinin düşmesine yol açan iplikli kusurların oluşumuna neden olur.

Yukarıda döküm kusurlarından detaylıca bahsedildiği bu kusurları gidermek için ne yapılırsa yapılsın, mikro gözenek yapıları, gaz gözeneklilikleri, metalin soğurken köşelerde gerçekleşen soğuma hızlarından oluşan çatlak ve boşluklar yok edilemez. Bu yok edilemeyen gözenekleri tıkmak için kullanılan bir yöntem olan emprenye prosesinden bir sonraki bölümde detaylıca bahsedilecektir.

#### 2.5. Gözeneklilik Problemi

Dökümün tasarım inceliklerini anlayan mühendisler katılma sürecini tahmin edebilir ve büzülme, gözeneklilik gibi dökümün negatif etkilerini minimize edebilir. Bunun yanında, gösterilen tüm çabalara rağmen gözeneklilik yapısı engellenemez.

Çoğunlukla, gözenekliliğin varlığı döküm parçanın doğal ortamda kullanılmasında pratikte herhangi bir etkisi yoktur. Ancak ilave işlemler gerektiğinde, gözeneklilik sorun yaratır.

Gözeneklilik dökümün yapısında dış kaplamada kötü bir yüzeye neden olur ve birçok defa gözeneklilik yüzeyde karıncalanma süngerimsi yapı ya da korozyona neden

olacak ana problemleri doğurur. Bu kusurlardan herhangi birisi döküm parçanın amacına yönelik kullanımında uygunsuzluk oluşturabilir. Burada, yüzey gözenekliliğiyle birleşince oluşan atıklar, yeterli güçle birleşince yüzeyde çukurlara ve içsel çatlaklara ya da yüzeyin süngerimsi bir yapıyla kaplanmasına neden olur. Her durumda, dökümün fiziksel yapısıyla savaşılamazken, parçaların fonksiyonel ve işlevsel kullanımına zarar vermektedir.

Diğer uygulamalarda, döküm parçaların likid ya da gaz fazındaki malzemeleri barındırırken, gözeneklilik döküm parçanın işini yapmasını engelleyebilir. Yüzeyden yüzeye ilerleyen çatlakları izleyen delikler döküm parçanın sıvı ya da gazlara karşı koymasını engeller, tasarlanan amacına ulaşılmasına ve istenen fonksiyonu göstermesini engeller.

### **2.5.1. Gözenek tipleri**

Temel kimya biliminde de bilindiği üzere su benzersiz bir fenomene sahiptir; katılaştıkça genişler. Fiziksel dünyamızdaki diğer sıvılarda sonuç ise tam tersidir: küçülür.




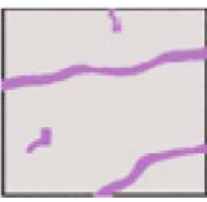
Metal döküm dünyasında, yoğunluğu daha fazla olan metallerde büzülmenin faydalı olacağı eğilimi vardır. Ancak, bu gerçeklikten uzaktır. Erimiş metal katılaştıkça, bu büzülme problemi çatlaklara, boşluklara ve gözenekliliğe neden olur. Gözeneklilik, sızıntılara neden olur ve pompalar, kompresörler, transmisyon üniteleri ve sıhhi tesisat armatürleri gibi ürünleri basınç altında kullanılsız hale getirir. Buzun aksine, ölçü değişimlerinin önemli olmadığı yerlerde, dökümde büzülme ve gözeneklilik kabul edilemez arızalı ürünlere neden olur, artan kalite ve garanti maliyetleri, iyi niyet ve iş kaybına neden olur.

Metal parçalarda gözenekler genel olarak iki kısma ayrılır; çıplak gözle görülebilecek durumda olan makro gözenekler ve çok küçük gözle görülemeyen mikro gözenekler. Sinter metallerde hafif yoğunluklu yapıda olanlar makro gözenekli, daha ağır yoğunlukta olanlar ise mikro gözenekler malzemenin yapısı gereği gözlenir. Gözenekler 'sürekli, kör ya da tamamen kapalı' olabilir. (Tablo 2.2' de açıkça gösterilmiştir). Sürekli gözenekler, metal parçaların et kalınlığı boyunca ilerler ki bu da


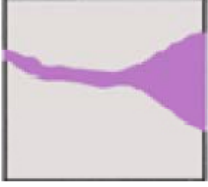

sızıntı için bir yol oluşturur. Kör gözenekler, parçanın et kalınlığı boyunca sadece bir tarafı dış duvarına açılır. Tamamen kapalı gözenekler ise parçanın tüm duvarları tarafından izole edilmiş, hiçbir ucu parçanın dış duvarına ulaşmamıştır. Döküm parçası işlendiğinde, hem kör hem de tamamen kapalı gözenekler sıklıkla dışarı açılır ve bu da sızıntıya sebep olur. Modern emprenye teknolojisi daimi olarak bu makro ve mikro gözeneklerin sebep olduğu sızıntıyı ortadan kaldırarak, sızdırmazlık sağlanmış olur.

Aşağıda verilen tabloya bakılarak mikro ve makro olarak ayırdığımız gözenek yapılarını ve hangi tip işleme tabii tutulacağını daha rahat anlayabiliriz ([www.impc-inc.com](http://www.impc-inc.com), 2010).

Tablo 2.2 Gözeneklilik tipleri

Gözeneklilik Tipi			
Gözeneklilik Sınıfı	Sürekli	Kör	Tamamen Kapalı
<b>Mikro</b>	 Bir bölümü kapalı olan kısımdan diğer bir kısma ya da duvara açılan	 Yüzeyde gözlenen herhangi bir gözenek yoktur	 Boşluk ve gözenekler döküm parçanın iç yüzeyindedir ve likid ya da gaz sızıntısına neden olmaz.
	Tek noktadan yavaş sızıntı	Atık maddelerin dışarı sızması. Islak ya da koyu renkli bölgeler. Basınca dayanır.	
	Emprenye metodu A	Emprenye metodu A	
	Sonuç 1	sonuç 1	

Tablo 2.2' nin devamı

<b>Mikro / Makro</b>	Çeşitli alanlarda birleşen toplu gözenekler	Yüzeyde görünür gözenek yoktur, yüzeyde koyu renkli bölgeler oluşturur.	
	Düşük sızdırma oranı ile çoklu sızıntı noktaları	Çeşitli makinalarda işlenirken gözenekler dışarı açılır. Basınca dayanır.	
	Emprenye metodu B	Emprenye metodu B	
	Sonuç 1	Sonuç 2	
<b>Huni Tip</b> 	Dışarıdan görülür. Ama bir bölümü mikrodur.	Yüzeyde gözeneklilik ve karıncalanma gözlenir.	
	Tek noktadan yavaş sızıntı	Yüzeyde leke, likid sızıntısı. Yüzeyde geniş alanda inorganik atık	
	Emprenye metodu B	Emprenye metodu C	
	Sonuç 2	Sonuç 1	
<b>Makro</b> 	Yüzeyde gözle görülebilir kusurlar	Yüzeyde görülebilir gözeneklilik, delikler ve yüzey pürüzlülüğü	
	Hızlı ve çok sızıntı	Yüzeyde leke ve atık	
	Emprenye metodu C	Emprenye metodu C	
	Sonuç 3	Sonuç 3	
<b>Emprenye Metodu;</b>			
A) Standart Vakum Yöntemi			
B) Gelişmiş Vakum Yöntemi			
C) Gelişmiş Vakum Yöntemi ve İlave Operasyonlar			



Tablo 2.2' nin devamı

<b>Sonuçlar;</b>
1) Emprenye sonrası %1' den az sızıntı
2) Emprenye sonrası %5' den az sızıntı
3) İlave operasyonlar ile %5' den az sızıntı

### 2.5.2. Gözeneklilik için çözümler

Gözeneklilik problemini çözmek için, çok eski zamanlardaki zanaatkârlar ve modern çağın mühendisleri genellikle benzer teknikleri uygulamışlardır. Özellikle döküm prosesi üzerine konsantre olarak; kalıpları düzeltildi, ısı değiştirildi ve mümkün olan tüm parametrelerle oynanmıştır.

Sonrasında, malzeme iyileştirme alanına hakim olan döküm mühendisleri bu alanda ilerleme ve gözeneklilik yapısını elimine etmek için incelemelerde bulunmuşlardır. Mühendisler ve metalurjistler alaşımları ve katkı metallerini değiştirmişlerdir. Bu materyalleri reddetmek göz ardı edilemezdi ve bu izleri takip ederek uygulamaya çalışmak sonucu düzeltmiştir.

Dizaynlar daha sonrasında değişmiştir. Parçaların bölümleri, dökümün bazı kusurlarını kütleler eklemek, et kalınlıklarını değiştirmek ve materyalin ilerlemesi açıkça yapılan modifikasyonlardır. Maçalarda ve kalıplardaki değişimler artmış, ilave soğutucu ya da ısıtıcı eklemek ve bazen arttırılan basınç yapılan bazı uygulamalardır. Bu ayrıntılı uygulamalar kısmısal başarılar sağlamıştır ve birçok durumda bazı düzeltmeler yapılır, ancak gözeneklilik hala önlenemez. Modern proses düzenlemeleri daha iyi sonuçlar doğurur, ancak son yüzeyde oluşabilecek gözenekliliğin önlenmesini garanti edemez ya da sızdırmazlığı garanti edemez.

Son zamanlara kadar birçok, hepsinde olmasa bile, dökümü düzeltme çabaları neredeyse imkansız sayılabilecek bir iş olan gözeneklilik probleminin varlığı üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak daha çok ekonomik ve uygulaması daha mümkün olan bir analiz ve gözenekleri sınıflandırma ve sonrasında sızıntı olayını çözme ya da bitirme problemi

emprenye reçinesi ile mümkündür. Bugün daha yüksek başarı ile döküm mühendislerinin çabaları ile döküm / işleme emprenye teknikleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte, dökümün gözeneklilik yapısını mükemmel bir şekilde anlayamaz ve dökümdeki değişimlerin nasıl olduğunu anlayamamak ve bu değişimlerin çeşitli emprenye prosesleri ile nasıl etkilendiğini anlamak, ısrarlı sızıntı problemi hala daha kullanıma elverişsiz olmasını sağlar ([www.maldaner.de](http://www.maldaner.de), 2009).

### 3. METAL EMPRENYE İŞLEMİ VE METODLARI

Metaldeki gözeneklilik durumu sızıntı sorununu doğurur ki bu kötü parçalar test ve deneyler sonucu ıskartaya ayrılmak zorunda kalır. Bu durumdaki metal dökümlerde ve sinter malzemelerde emprenye gözenekli yapının sebep olduğu delikleri tıkamak için kullanılır. Üretim birimine gönderilen iyi parçalar da çoğunlukla kötü olanlar kadar gözenekli bir yapıya sahiptir, ama gözenekler kördür (yani dış duvarları açılmıyordur) ve tam olarak birbirleriyle bağlantılı değildirler. Mekanik veya termal şoklar veya gerilmeler kör gözenekleri diğer gözeneklerle birleştirerek dış duvarlara ulaştırabilir ve bu da bir sızıntıya sebep olur.

Bir sıvı olan emprenye reçinesi ile bu gözenekler doldurularak, sızıntı önlenmiş olur. Bu yüzden test ve deneylerle sızıntılı parçalar ıskartaya çıkartılırken, emprenye ile bu parçaların kalitesi arttırılır ve sızdırmazlık sağlanmış olur. Döküm ya da sinter malzemelerin dış duvarlarına açılan gözenekleri vakum ve basınç uygulayarak tıkama sağlar. Emprenye maddesi daha sonra katılaşıp, dışarı açılan gözenekleri kapatır ve bu sayede sızdırmazlık sağlanır.

Parçaların işlenmesi, montaj ve işçilikten dolayı parçalarda yüzlerce hatta binlerce liralık bir maliyete neden olur. Bu maliyet ise bir metal parçanın gözeneklilik ve sızıntı nedeniyle ıskartaya çıkmasından dolayı artar. Emprenye maliyetleri ıskartaya ayrılan parçaların yeniden eritilmesi, yeniden dökülmesi, yeniden işlenmesine kıyasla çok daha küçüktür. Emprenye üreticiye zamandan, paradan, enerjiden ve kurtarılan parçalarla sağlanan ve arttırılan kaliteyle büyük bir tasarruf sağlar. Hurda ve yeniden işleme maliyetlerini önemli ölçüde ortadan kaldırır. İlave olarak, emprenye %100 olarak metal parçalarda sızdırmazlık için yapılan testlerden daha ucuza mal olmaktadır. İletim parçaları (rulmanlar vs.), klima, pompalar, motor blokları ve bunun gibi birçok üretim parçalarında ciddi anlamda bir hurda oranında düşüş sağlanır. Sinter malzemelerin emprenyesinde takım ömrü faydalı bir şekilde uzatılır (100 kata kadar). Çünkü emprenye reçinesi başlı başına yağlayıcı madde gibi davranır. Kayganlık emprenye edilmemiş sinter parçaların işlenmesi boyunca takımın kırılma etkisini ortadan kaldırır. Kanıtlanmış verimi ve emprenyenin ekonomik oluşu nedeniyle birçok mühendis yüksek sıvı ya da gaz basıncı altında çalışan tüm parçalarda bu yöntemi tercih eder. Yurt

dışında çok yaygın bir yöntem olmasına karşın, Türkiye de neredeyse tüm döküm firmaları tarafından bilinmeyen ve uygulanmayan bir yöntemdir ([www.casting-impregnation.com](http://www.casting-impregnation.com), 2010).

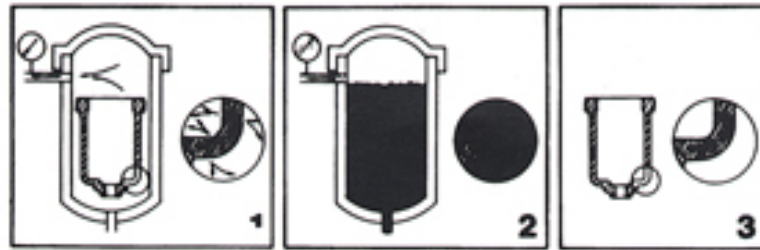
### 3.1. Emprenye Metotları

Geçerli olarak uygulanan kuru vakum-basınç, dahili basınç ve ıslak vakum-basınç yöntemlerini içeren üç çeşit emprenye yöntemi vardır ([www.impco-inc.com](http://www.impco-inc.com), 2009).

#### 3.1.1. Kuru vakum ve basınç metodu

Bu metot gözeneklerde en iyi sonucu elde etmek için ekipmanda yüksek yatırım maliyeti gerektirmesine rağmen, dünyada en çok tercih edilen yöntemdir.

Kuru vakum ve basınç yöntemi için bir basınç tankı ya da otoklav ve bir reçine tankına ihtiyaç vardır. Parçalar bir otoklav içine yerleştirilir ve kuru vakum uygulanır (Şekil 3.1' deki 1 numaralı resim). Vakumun seviyesi genellikle 3 – 10 mbar aralığındadır. Vakum otoklavdaki ve parça gözeneklerindeki hava tahliye olana kadar uygulanır. Sonrasında, ayrı bir tankta depolanan reçine otoklav içine bir boru yardımıyla transfer edilir. Transfer işlemi basınç farkından dolayı kolaylıkla tatbik edilir. Reçine transfer olurken, vakum uygulanmaya devam edilir. Reçine otoklav içindeki parçaların yaklaşık olarak 15 – 20 cm kadar üzerine çıktığında reçine transfer işlemi bitirilir (Şekil 3.1' deki 2 numaralı resimde görüldüğü gibi reçine tamamen parçanın üzerini örter). Kalan vakum atmosfere verilir ve parça üzerine atmosfer basıncı uygulanmış olur.



Şekil 3.1 Kuru vakum ve basınç metodunu

Basınç parçalardaki gözeneklere reçine nüfuz edecek kadar yeterli bir süre uygulanır (büyük gözeneklerin daha küçük gözeneklere göre daha uzun sürede dolacağı düşünülerek). Basınç altında yeteri kadar beklendikten sonra, reçine tankına yine basınç farkından yararlanılarak geri transfer edilir (Şekil 4.1.' deki 3 numaralı resimde görüldüğü gibi reçine geri boşaltıldığında gözenekler reçine ile tıkanmıştır.). Emprenye işleminden sonra parça yüzeyleri temiz su ile (katkısız) parçaların üzerinde emprenye reçinesine ait bir sıvı filmi kalmayana dek durulanır. İşlenen yüzeyler ya da toleranslar bu durumdan etkilenmez. Gözeneklerdeki reçine ısı uygulamasıyla sertleştirilir (kürleştirme işlemi) ([www.maldaner.de](http://www.maldaner.de), 2009).

### **3.1.2. Islak vakum ve basınç metodu**

Bu yöntemde göreceli olarak düşük yatırım maliyeti vardır. Ve döngü süresi daha kısadır. Islak vakum yöntemi sinter metalleri gibi gözenek yapısı daha iri olan parçalarda en iyi performansı gösterir. Buna karşın reçine içindeki parçalara vakum uygulamadaki zorluk nedeni ile pek tercih edilmez.

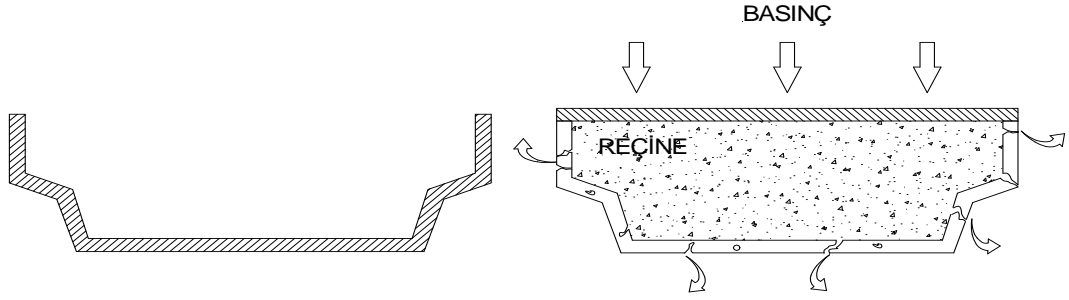
Islak vakum yöntemi için vakum uygulanabilecek tek bir tanka ihtiyaç vardır, bu nedenle ekstradan basınç tankına ihtiyaç yoktur. Islak vakum yönteminde, reçine tanka depolanır. Parçalar reçine içine daldırılır ve vakum uygulanır. Vakumun seviyesi genellikle 5 – 10 mbar civarındadır. Bu tanktaki, reçinedeki ve parçanın gözeneklerindeki havayı uzaklaştırır. (Vakum yeterli hava sirküle işlemi tamamlanacak kadar yeterli sürede uygulanır.)

İşlem tamamlandığında, kalan vakum atmosfere bırakılır. Parçalar atmosfer basıncı altında reçineyi emmesi için bir süre bırakılır. Yeterli emme zamanından sonra, parçalar çıkartılır. Yıkama ve duruluma işlemi yapılır. Sonrasında parçalar kürleşme işlemine hazır hale gelirler.

### **3.1.3. Dahili emprenye ya da basınçlı emprenye metodu**

Bu yöntemde ekipman olarak en düşük yatırım maliyeti vardır ve gözeneklerde mükemmel bir tıkama sağlar, ancak her defasında yapılacak parça sayısı sınırlıdır.

Dahili empenye ya da basınçlı empenye yöntemi parçaları bir tank gibi kullanır. Yalnız bu yöntemi uygulayabilmek için empenye yapılacak parçanın konstrüksiyonu çok önemlidir. Çünkü bu yöntemle sadece Şekil 3.2’ de görüldüğü gibi kapalı bir kap haline getirebilecek konstrüksiyona sahip parçalara uygulanabilir. Bu yöntem tamamen etkili olmasına rağmen, bir defasında sadece tek bir parçayı yapmaya olanak tanır. (Doğal olarak, yüzlerce binlerce parçanın işlem görmesini gerektiren durumlarda bu yöntem hiç de ekonomik olmaz.). Bir parçaya dahili empenye uygulamak için, parça ilk olarak herhangi bir hava uygulaması olmadan reçine ile doldurulur. Parçanın üzeri kapatılarak parçanın test basıncına kadar bir basınç uygulanır. Basınç tipik olarak, parçanın dış duvarından reçine sızana kadar uygulanır. Bu başarılıldığında, basınç atmosfere bırakılır ve reçine parçadan boşaltılır. Genellikle vakum tanklarına sığmayacak kadar büyük parçalar için uygulanabilir. Ancak dünya üzerinde neredeyse hiç tercih edilmeyen bir empenye metodudur.



Şekil 3.2 Basınçlı Empenye metodu

### 3.2. Bir Üretim Tesisinde Uygulama Örneği

Trafolar ve trafolarda kullanılmak üzere röleler, basınç kontrol valfleri, tahliye valfleri vs gibi yedek parçalar imalatı yapan bir kuruluş olan Elmek A.Ş.’ de yapılan basınç kontrol testleri incelenmiştir.

Trafolarda belirli periyotlarda bünyesinde bulunan yağdan dolayı artan basıncı istenilen değerde tahliye etmek için kullanılan basınç valflerinin iç gövdelerinde (Şekil 3.4) sızdırmazlık çok önemli bir kriterdir. Döküm yöntemiyle üretilen bu valflere döküm hatalarından dolayı oluşan gözenekleri tıkamak için empenye işlemi uygulanır. Empenye işlemi uygulanan basınç valfleri Şekil 3.3 ‘ de görülen test cihazına

bağlanırlar. Test cihazına bağlanan valflere 750 mmHg vakum uygulanır. Şekilde de görüldüğü gibi her valfin bağlı bulunduğu göze ait pano üzerinde bir manometre (0 – 760 mmHg aralığında)bulunmaktadır. Sızdırmazlık bu valfler için çok önemli bir kriter olduğu için test süresi 24 saat kadar uzun bir süredir. Test süresi sonunda maximum 50 mmHg basınç düşümü olan valfler testten olumlu sonuç alırken, daha fazla düşüş yaşananlar ıskartaya ayrılırlar. Emprenye işlemi yapılmadan önce ürünlerinde %60' lara varan fireler veren firma emprenye işlemi sayesinde bu fire oranını %1' lere indirmiştir.



Şekil 3.3 Test standı



Şekil 3.4 Basınç kontrol valfinin test edilen iç gövdesi



Şekil 3.5 Basınç kontrol valfinin iç gövdesi üzerine testlerden geçtikten sonra geçirilen şapka



Bundan sonraki bölümde dünya çapında ekonomik oluşu ve parçalarda yüksek oranda tıkama sağlamasından dolayı en çok tercih edilen kuru vakum ve basınç yöntemi detaylı olarak incelenecektir.

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

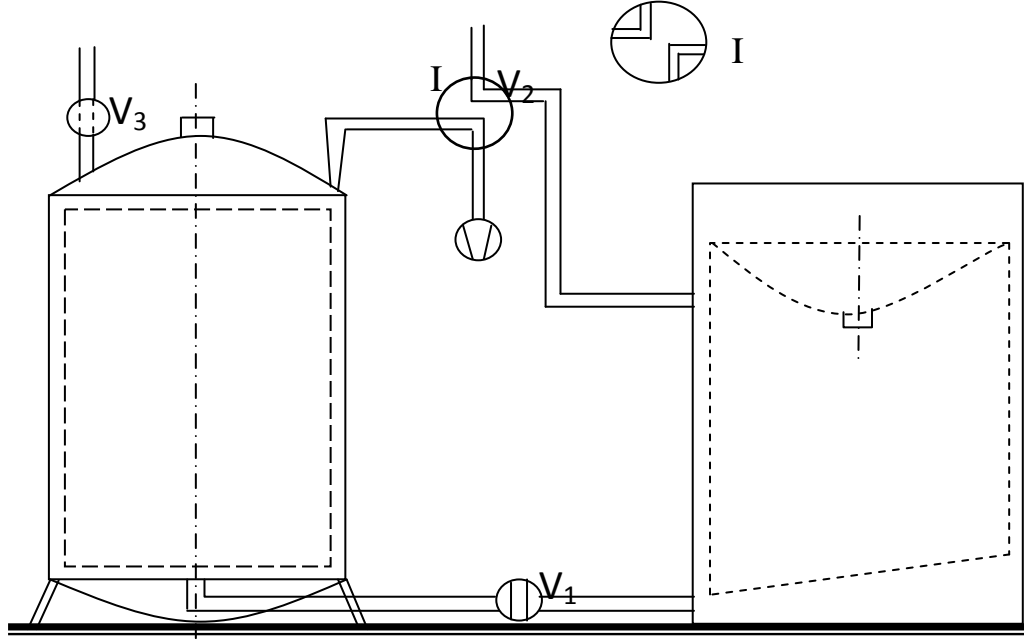
### 4.1. Emprenye Prosesi

- a. Emprenye işlemine başlamadan önce vakum pompasını (Şekil 4.1' de görülen V2) vakum ventilinin kapalı konumunda en az 10 – 15 dakika çalıştırılması tavsiye edilir. Bu sayede pompada kondens teşkili önlenir. Ayrıca vakum tankı içinde mevcut olan buhar da atılarak, uygulama esnasında zaman kazanılır.
- b. Parçaların kuru ve temiz olmasını çok önemlidir. Sıcakta kurutulan parçaların tümüyle 20°C oda sıcaklığına soğutulması şarttır.
- c. Parçaların istiflendiği sepet vakum kazanına konur, kapak kapanır ve 4-6 dakika vakum tatbik edilir. Emprenye kazanındaki son vakum 5 mbar'dan fazla olmamalıdır.
- d. Vakum kazanı ile depo arasındaki reçine ventili (Şekil 4.1' de görülen V1) açılır ve reçinenin vakum kazanındaki malzemeyi örtünceye kadar (en üst seviyedeki malzemenin 20 – 25 cm üzerine çıkana kadar) yükselmesi beklenir. İşlem tamamlandıktan sonra reçine ventili kapatılır. Bu arada fazla reçinenin emilerek vakum borusundan pompaya kaçmamasına dikkat edilmelidir. Reçinede nem varsa 10 mbar altındaki vakumda köpürür.
- e. (Şekil 4.1' de görülen V1) reçine ventilini kapadıktan sonra 8-10 dakika vakuma devam edilir. Bu süre malzemedan malzemeye göreceli bir parametredir. Zamandan çok vakum tankının gözetleme camından bakılarak reçine yüzeyindeki hava kabarcıklarının yok denecek kadar az olması beklenir.

- f. Yüzey durulana dek beklendikten sonra vakum ventili (Şekil 4.1' de görülen V2) kapatılır ve vakum kazanına havalandırma ventili (Şekil 4.1' de görülen V3) yavaşça açılarak atmosfer basıncı içeri alınır. Burada atmosfer basıncından faydalanarak vakum sayesinde parçanın gözeneklerine giren reçine gözenek içlerine doğru ilerler. Vakumun reçine deposuna tatbik edilmesi reçine ventilini (Şekil 4.1' de görülen V2) açmak suretiyle sağlanır. Reçinenin hepsinin vakum kazanından boşalmamasına dikkat edilmelidir. Vakum kazanı havalandırma ventili (Şekil 4.1' de görülen V3) havalandırıldıktan sonra kapak açılır.
- g. Malzeme sepeti vakum kazanından alınır ve reçine deposu üzerine damlama için bırakılır. Burada sepet farklı açılarda döndürülerek reçinenin iyice süzülmesi sağlanır. Süzülme emprenye işleminde önemli bir adımdır. Çünkü reçine tekrar kullanılabilirdiği için minimum sarfiyat maliyetleri doğrudan etkilemektedir. Boşalan vakum kazanına hazır doldurulmuş bekleyen diğer sepet yerleştirilir.
- h. Yeterli süzülme sağlandıktan sonra sepet alınır ve ön yıkama banyosuna daldırılır. Ön yıkama banyosunda 3-5 dakika bekletilen sepet hava ile hareketlendirilen suya daldırılarak yıkanır. Suyu hava ile hareketlendirilmesinin tek amacı sepetin merkezine yakın noktalarda bulunan parçaların da reçineden arınmasını sağlamaktır. Bu arada sepet sudan tam çıkıp ve tam dalacak şekilde aşağı yukarı hareket ettirilerek etkin bir yıkama sağlanır. Sonra banyo üzerinde bekletilen sepetin suyu bir süre süzdürülür. Çeşitli yönlerde delik, diş ve cepleri olan malzemeler için döner sepet kullanılır. Döndürülen sepette malzeme çeşitli yönlerde eğilerek bu deliklerden reçinenin rahat boşalması ve temiz yıkama sağlanır.
- i. Döner sepet çeşitli açılara getirilerek sık sık su banyosundan çıkarılır. Ön yıkamadan sonra aynı işlem durulama banyosunda tekrarlanır.
- j. Tüm bu işlemlerden sonra sepet polimerizasyon banyosuna daldırılır ve 1 dakika suda ileri geri hareket ettirilir (amaç, sepetin tüm noktasında bulunan parçalara bu ısıyı daha hızlı yayabilmektir). Sepet polimerizasyon için 10 dakika asgari 90°C banyoda bekletilir. Sıvı haldeki reçine ilk 3,5. dakikada jelleşmeye başlar ve

ilerleyen sürelerde de katılaştır. Sepet banyodan alınır, damlamaya bırakılır. İşlem bitmiştir. Parçalar teste veya montaja hazırdır. Genelde gerek olmamakla beraber yine kaçırması muhtemel malzeme tekrar aynı işleme tabi tutularak gözenekli kalan kısımları tekrar emprenye edilebilir

Yukarıda bahsedilen tüm bu adımlardaki ventillerin pozisyonları Tablo 4.1’ de görülmektedir (Maldaner Metal San., 2009).



Şekil 4.1 Kuru vakum ve basınç yönteminde kullanılan vakum ve reçine tankı

Tablo 4.1 Kuru vakum ve basınç yönteminde uygulanan işlem sırası

İŞLEM SIRASI	VENTİL KONUMU			Süre (dakika)
	V <sub>1</sub> Reçine ventili	V <sub>2</sub> Vakumventili	V <sub>3</sub> Havalandırma v.	
Kuru Vakum	⊘ Kapalı	⊘ I	⊘ Kapalı	5
Doldurma	⊘ Açık	⊘ I	⊘ Kapalı	Örtü
Islak Vakum	⊘ Kapalı	⊘ I	⊘ Kapalı	5
Havalandırma	⊘ Kapalı	⊘ II	⊘ Açık	2
Boşaltma	⊘ Açık	⊘ II	⊘ Açık	Boş

## 4.2. Emprenye Tesisinin Çalıştırılması

### 4.2.1. Ön kontrol

Emprenye sisteminin yüksek verimi tesisin çalışma şekli ve reçinenin karakteristiğinin bir uyum içinde olmasına bağlıdır. Bunlar birbirine bağlıdır ve optimal netice alabilmek için sürekli olarak eşit şartlar sağlanmalıdır. Bu nedenle tesiste devamlı yüksek kalitede bir kapama temin edebilmek için aşağıda belirtilen talimatlara uyulması gerekmektedir.

- a) Reçinenin viskozitesi ve jel süresi kontrol edilmelidir.
- b) Şarj sepeti ve içindeki malzemeyi örtmek üzere yeterli reçine varlığı kontrol edilmelidir.
- c) Vakum pompası yağ seviyesini kontrol edilmeli, gerekliyse tamamlanmalıdır.
- d) Vakum emişte 5 dakika içinde en az 3 mbar temin edilmelidir.
- e) Yıkama banyoları temiz suyla dolu olmalıdır.
- f) Polimerize banyosu temiz, en az 90°C ısıtılmış ve tam kullanımda da 90°C de kalmalıdır.
- g) Pik döküm için sıcak su banyosuna IM 3014 pas önleyici ilave edilmelidir.

### 4.2.2. Parçaların ön işleme

İyi bir sonuç almak için emprenye edilecek parçaların temiz ve kuru olması gereklidir. Şayet parçalar emprenyeden önce yıkanacaksa (pis olmaları durumunda), bu bir fırında asgari 100°C de 10 dakika kurutularak veya 15 dakika süreyle 120°C de buharla temizlenerek parçalarda kalacak bakiye sıcaklık ile nemin buharlaşması sağlanmalıdır. Nemli malzemenin tesise verilmesi neticenin verimini etkilemektedir. (Vakum tankında uygulanacak olan kuru vakum süresini uzatır.) Parçaların kimyasal buharda temizlenmesine öncelik verilmelidir. Parçaların emprenye kazanına konulmadan önce oda sıcaklığına soğutulması şarttır. Reçine 30°C' nin üzerinde

pelteleşmeye başlar ve bu da reçinenin tekrar kullanılmasını engelleyen bir durum olduğu gibi tankın da zayi olmasına sebep olur.

Parçaların emprenyeden önce yağlı olmaları önlenmelidir, zira petrol ve glikol bazlı yağların kurutmada giderilmesi çok zordur. Dolayısıyla bu yağların parçaların gözeneklerine dolduğu düşünülürse o noktadaki yağlar kuru vakumla emilemeyeceğinden dolayı emprenye reçinesi ıslak vakum sırasında bu gözeneklere giremez ve tıkama işlemi sağlıklı bir sonuca varmamış olur. Kerozin, destilatlar ve buharlaşma sıcaklığı düşük yağlar parçalar kurutulurken temizlendiği için sistemi etkilemezler (Maldaner Metal San., 2009).

İyi bir emprenye ve temizlik için parçaların sepete iyi istiflenmesi önemlidir. Parçalar aralarında hava boşlukları kalmayacak ve iyi bir süzülme temin edilecek şekilde istiflenmelidir. Parçalar vakum işlemini kolaylaştırabilmek için cepleri yukarı bakacak şekilde yerleştirilmelidir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kuru vakum işleminde parçaların ceplerinin yukarı bakması vakum işlemini kolaylaştırır

Ayrıca parçalarda çok küçük kör delikler (özellikle vida dişi açılmış delikler) mevcut ise, bu delikler uygun bir plastik tapa ile tıkanabilir. Bu şekilde kör deliklerde gereksiz reçine birikimi önlenmiş olacaktır. Optimal yükleme ve mekanik hasarları önleme açısından parçalar muntazam ve sıkı bir şekilde yüklenmelidir. Bu noktada parçaların dizimine dikkat edilmez ve aralarına seperatör yerleştirilmezse süzülme esnasında sepet döndürülürken parçaların birbirlerine çarparak mekanik olarak zarar görmeleri söz konusu olur. Bu nedenle istifledikten sonra sepet, damlama işlemi sırasında döndürülürken parçaların hareketi önlenecek şekilde sabitlenmelidir. Aralarına emici ambalaj malzemesi konulmamalıdır.

Ufak talaş ve diğer pislikler emprenyeden önce temizlenerek emprenye reçinesine karışması önlenmelidir. Reçinenin sonradan pisliklerden temizlenmesi çok zordur. Reçinenin belli bir kullanımdan sonra atılmayıp, tekrar tekrar kullanıldığı göz önünde bulundurulmalıdır.

#### **4.2.3. Sistemin temizliği**

Çalışma sürecinde yıkama ve sertleştirme banyoları parçalarla taşınan emprenye maddeleri ile kirlenir, dikkatli istifleme ve süzdürme ile bu miktar azaltılır ve süzdürülen reçine tekrar kullanılır. Kirlenen suların değiştirilmesi gerekir. Bu nedenle sistemde belirli aralıklarla hem reçine tankı hem de yıkama ve durulama tankları sık sık temizlenmelidir.

#### **4.2.4. Sistemin bakımı**

Haftalık Bakım:

- a) Vakum pompası yağ seviyesi kontrol edilir, gerektiğinde yağ ilave edilir. Belli periyotlarla filtreden geçirilir.
- b) Vakum kazan contasında hasar kontrolü yapılmalıdır.
- c) Çalışma kazanları ve ısıtma-soğutma borularının genel durumları kontrol edilmelidir. Polimerizasyon kazan ısıtıcılarının üzerinde kalıntı olmaması gerekir. Isıtıcıların ve termostatların gerekli ısıyı sağlayabildiklerinin kontrolü yapılmalıdır.

- d) Hava devresindeki yağ seviyesi kontrol edilmeli, hava filtresinde oluşan suyu boşaltılmalıdır.
- e) Reçine kazanında termostat ve ısı kontrol cihazlarının çalışmasının kontrolü yapılmalıdır. Soğutucu kontrol edilmelidir. Reçine sıcaklığı max. 25°C yi geçmemelidir.(Reçine sıcaklığını 25°C' de tutabilmek için reçine tankının içerisinde soğutucu eşanjör boruları geçirilir.)
- f) Vakum pompası sıvı ayırıcısında reçine olup olmadığı kontrol edilir, gerektiğinde boşaltılır.

#### Aylık Bakım:

- a) Tesis ayda 200 saat çalışıyorsa veya her 200 saat çalışmadan sonra vakum pompasının yağını değiştirmek gerekir.
- b) Polimerizasyon tankı sıcaklığı kontrol edilmelidir.
- c) Otomatik tesislerde zamanlama ayarı ve kumanda ventillerinin çalışması kontrol edilmelidir.
- d) İhtiyaca göre reçine filtre edilmelidir.

#### Filtreleme:

Reçine uygun bir el pompası ile cam-elyaf filtre üzerinden fiçiya veya tenekeye alınır. Vakum kazanı boşalınca bakiye sert kalıntılar kazanır. Bu esnada havalandırmanın çalışmasına dikkat edilmelidir. İşlem tamamlanınca temiz reçine tanka doldurulur.

- e) Tüm hareketli parçalar yağlanır (Maldaner Metal San., 2010)

### **4.3. Emprenye İşleminde İşlem Parametreleri**

#### **4.3.1. Kuru vakumun basınç değeri ve süresi**

Vakum tankı içerisine yerleştirilen parçalara uygulanan vakum değeri ve süre emprenye işlemini etkileyen önemli bir parametredir. Vakum yeteri kadar düşürülmezse



parçaların gözeneklerinde biriken hava ve su buharı yeteri kadar dışarı atılamaz. Ayrıca vakum süresi de yeteri kadar uzun olmazsa yine aynı sorunla karşılaşılır. Hava ve su buharının buharlaşmadığı gözeneklere de reçinenin girmesi imkansız olduğundan bu sürenin ve vakum değerinin optimum seviyede ayarlanması gerekir.

Emprenye işleminin kuru vakum işlem adımı boyunca süre tutulmasındansa gözetleme camından bakılarak tank içerisindeki dumanın ortadan kaybolmasını beklemek daha mantıklıdır. Çünkü her parçanın bulunduğu ortam dolayısıyla gözeneklerde biriken buhar ve kirlilik oranları farklılık gösterir. Vakum değeri ise mutlaka 10 mbar' ın altında (3 – 5 mbar arası) olmalıdır.

#### **4.3.2. Reçine viskozitesi**

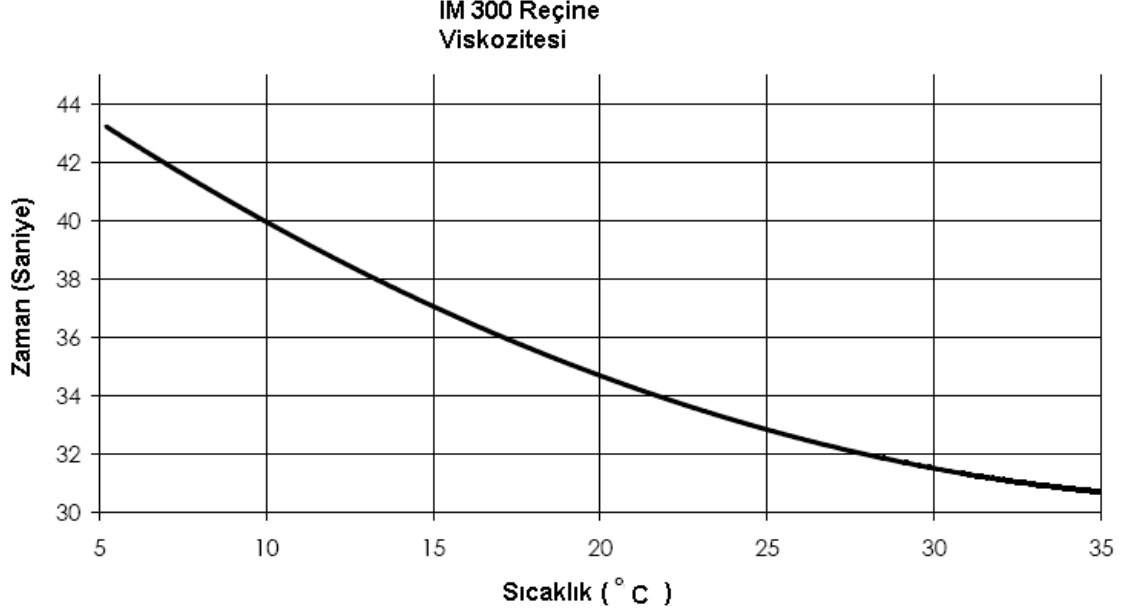
Kullanılan reçinenin yoğunluğu emprenye işleminin başarı oranını direkt olarak etkileyen bir faktördür.

Reçine viskozitesinin istenilen değerin altında olması yani daha akıcı olması durumunda işlem sırasında gözenekleri dolduran reçine damlama ve yıkama sırasında daha iri gözeneklere (~0,2 mm' den büyük) giren reçinenin boşalması söz konusu olabilir. Dolayısıyla tıkama işlemi düşük viskoziteli reçine için sadece çok çok küçük gözeneklerin tıkanmasında başarı sağlar.

Tam tersi bir durum yani reçinenin viskozitesi yüksek olduğunda ise, bu kez de reçinenin kıvamı çok koyu olduğundan küçük gözeneklere (~0,2 mm ve daha küçük) reçine giremez. Sadece iri gözeneklere girebilir. Yani bu durumda da kapama işlemi %100 tamamlanamaz. Bu yüzden reçine viskozitesi optimum değere ayarlanarak tıkama işleminde başarı maximuma çekilmeye çalışılır. Viskozite testine ilerleyen bölümlerde yer verilecektir.

Ayrıca katalizör ilavesi ile reçine viskozitesi ayarlanabileceği gibi burada viskoziteyi etkileyen en önemli faktör sıcaklıktır. Ortam sıcaklığının artması ile birlikte reçinede katılma tehlike baş gösterir. Bu sebepten dolayı yaz aylarında kullanılmak üzere reçine tankının içerisine soğutucu eşanjörler yerleştirilir. Maldaner IM 3000

reçinesinin ortam sıcaklığı ile viskozitesi arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 4.3' de verilmiştir (Maldaner Metal San., 2010).



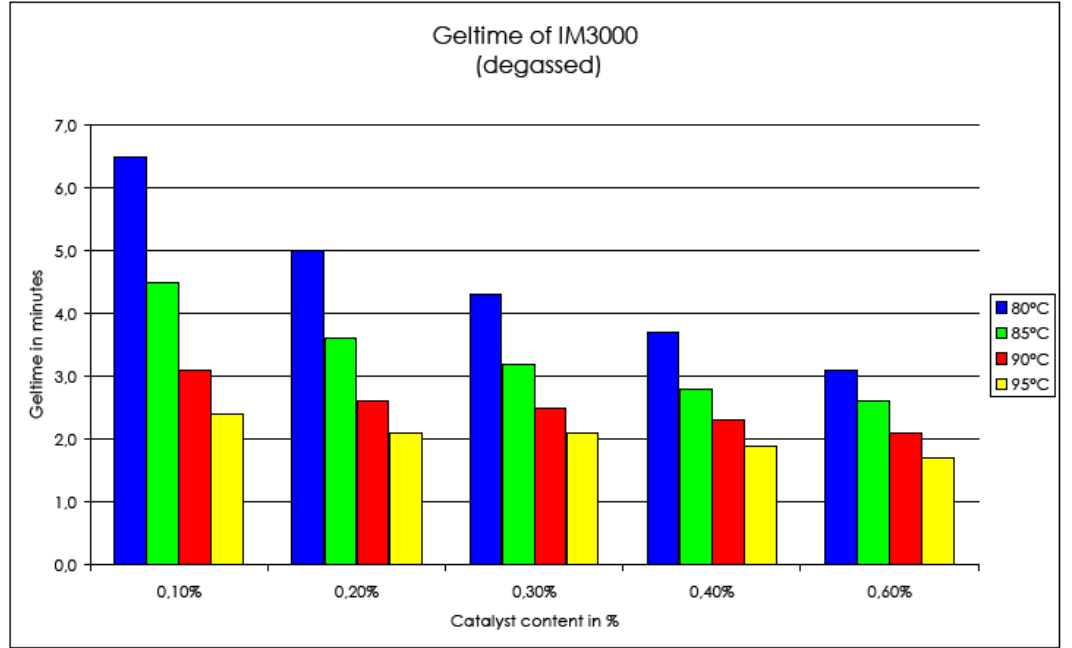
Şekil 4.3 Maldaner IM 3000 reçinesinin sıcaklık ile viskozite arasındaki ilişki

#### 4.3.3. Malzemenin gözenek yapısı

Emprenye işleminde döküm parçaların gözenek yapısı kapama işleminin başarı oranını etkiler. Şöyle ki daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi çeşitli döküm kusurlarından kaynaklanan iri gözeneklerin tıkanması ile ilgili ciddi sıkıntılar vardır. Bu iri gözeneklere tıkama yapabilmek için reçine viskozitesiyle oynamak gerekir. Bu da ekstra bir maliyete neden olur. Genellikle 0,2 mm' den daha büyük gözeneklerin tıkanması başarılı bir şekilde yapılamaz. Ancak eğer parçadaki gözenek yapısı huni tipli ise ve bu gözenek parçanın iç kısımlarına doğru daralan bir durumdaysa gözenegin dışarı açılan ucu 0,2 mm' den büyük olsa da bir sorun yaşanmadan tıkama işlemi başarı ile gerçekleştirilir.

#### 4.3.4. Polimerizasyon süresi ve sıcaklığı

Polimerizasyon tankındaki işlem için asgari sıcaklık 90°C' dir (Şekil 4.4). Burada yapılan denemelerde su sıcaklığı azaltıldığında jelleşme ve katılaşma gecikmektedir. Sistem üzerinde bulunan talimatnameye uyan operatör 10 dakika sonunda malzemeleri tanktan çıkardığında, tıkama işlemi tamamlanmamış olur. 10 dakikadan daha uzun süre de işlemin tamamlanmasını beklemek maliyetleri arttırır. Su sıcaklığı 90°C' nin üzerine çıkarılması durumunda ise suyun buharlaşma miktarı çok fazla olacağı için sürekli olarak dışarıdan su takviyesi yapmak gerekir. Bu da su sıcaklığını düşürür ve polimerizasyon işlemini yapabilmek için su sıcaklığının tekrar 90°C' ye çıkması için beklenmelidir (Maldaner Metal San., 2010).



Şekil 4.4 Maldaner IM 3000 reçinesinin jelleşme süresi

#### 4.4. Emprenye Prosesinin Kontrolü Ve Testler

Kontrollerin Tekrarı:

Günlük:

- a) Vakum kazanındaki reçine sepeti örtecek seviyede olup olmadığına bakılır.
- b) Gözle görülebilen kirlenme var mı kontrol edilmelidir.
- c) Emprenye reçinesi sıcaklığı 25°C altında olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Haftalık:

- a) 90°C de jelleşme süresi ölçülmelidir.
- b) 20°C de viskoziteyi ölçülmelidir. 25"-27" Becher Nr.3

Aylık:

- a) Kirlenmiş reçine filtre edilmelidir. Normal çalışmada 6 ayda bir, devamlı çalışmada daha sık filtreleyiniz.
- b) Analiz için reçine Maldaner firmasına gönderilir.

##### 4.4.1. Kimyasal kontroller

Kolay tatbik edilen birkaç testin amacı reçinenin polimerizasyon niteliklerinin değişmemiş olduğunu tespit etmektir.

IM 3000 reçinesine katılan katalizatör DB 42 oranı başlangıçta yarı mence doğru ise pratikte jelleşme süresinin haftalarca çalışmadan sonra değişmediği görülür. Jelleşme süresinin azalması halinde katalizatörsüz bir miktar reçine ilavesi tavsiye edilir.

Yükselen viskozite reçinede düşük molekül ağırlıklı polimer çözülmüş olduğunu gösterir ki, bu da normal işletme şartlarında zararlıdır. En ufak viskozite değişikliğine büyük değer verilmelidir.

#### 4.4.2. Viskozite testi

Test Cihazı: Alttaki kaplardan biri ve kronometre

Frikmar-Becher	Nr.3	akış süresi	25-27sn.	20°C de
Zahn-Becher	Nr.1	akış süresi	30-32sn.	20°C de
Ford-Becher	Nr.4	akış süresi	12-13sn.	20°C de



Şekil 4.5 Burada test için kullanılan Frikmar-Becher Nr.3 görülmektedir

#### Metot:

Öncelikli olarak reçine sıcaklığı 20°C ye getirilmelidir. Beher silme reçineye daldırılarak doldurulur. Alttan akıntının başlamasıyla akıntının ilk kesintili akmaya başlaması arasındaki zaman tespit edilir. Bu sürelerin 2 saniye üzerine çıkılması halinde gerekli önlem alınmalıdır. Ki bu yoğunluğun gerekenden fazla olduğunu gösterir. Yani katalizör fazla eklenmiştir. Bu durumda sıvı karışıma biraz daha reçine eklenmelidir. Bu

sürelerin altına düşmesi halinde de katalizör ilavesi yapıp, yoğunluğun biraz daha artması sağlanarak istenilen değerlere ulaşılmalıdır.

#### 4.4.3. Jelleşme testi

Kontrol cihazları: a) Termometre

b) Cam tüp (Ø15mm)

c) Kronometre

d) Bağ teli (200mm)

Tespit tüm deney süresince sabit 90°C sıcaklıkta yapılır.



Şekil 4.6 Jelleşme testi için cam tüpe reçine alınır

**Metot:**

Cam tüpe Şekil 4.6' da görüldüğü gibi 25 mm IM 3000 reçinesi doldurulur. İki ucu kıvrılmış telin bir ucu reçineye sokulur. Hepsini birden Şekil 4.7' de görüldüğü gibi 90°C sıcak suya daldırılıp, zaman ölçülür. 2 dakika ve ondan sonra her 30 saniyede bir tel hafif oynatılarak reçinenin sıvı ya da katı olduğu kontrol edilir. Tel oynatıldığında tüpte oynuyorsa reçine katılaşmış yani "jelleşme" olmuştur. Jelleşme süresi reçinenin katılaşması için geçen süredir.

Polimerizasyon süresi ise reçinenin tam sertleşmesi için geçen süredir. Bu süre 90°C de takriben 10 dakikadır.

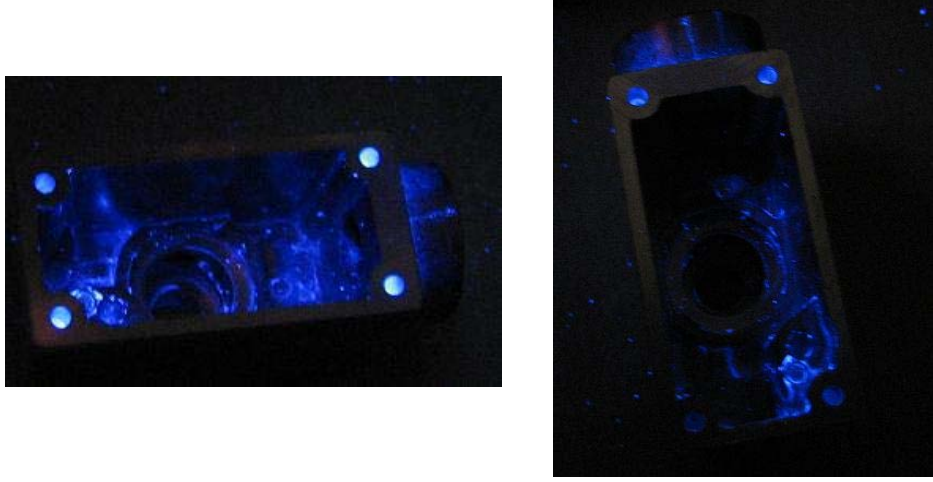
90°C testi reçinenin jelleşme süresini gösterir ve 3-7 dakika (en iyisi 3-5 dakika) arasında olmalıdır (Maldaner Metal San., 2010).



Şekil 4.7 Reçine ile dolu cam tüp jelleşme süresi ölçülmesi için polimerizasyon tankına daldırılır,

#### 4.5. UV Testi

Emprenye işlemine tabi tutulmuş parçaların işlem kalitesini görmek açısından reçinenin içinde bulunan flouresant maddesi sayesinde UV ışını altındaki görüntüsüne bakıldığında Şekil 4.8’ de görüldüğü gibi mavi parlak noktacıklar oluşmaktadır. Ki bu noktalar da emprenye reçinesinin girdiği noktalar (End Denetim San., 2009).



Şekil 4.8 UV ışını altında bakılan test parçası

#### 4.6. Sıcaklık Dayanım Testi

Emprenye reçinesi yüksek dayanım, aşırı esnekliğe ve fiziksel şoklara dayanım için gevrek olmayan malzemeden formüle edilmiştir. Emprenye işlemi gören parçalar -80°F’ dan 450°F’ a kadar (-62°C’ den 232°C’ ye) kadar sorunsuz olarak dayanım gösterirler (Şekil 4.9).

Şekil 4.9’ da Maldaner GmbH firmasına ait emprenye reçinelerinin ısıya dayanım testi yapılmıştır (Reçineler imalat tarihlerine göre aşağıdan yukarı doğru sıralanmıştır.). İlk resimde polimerizasyon işlemi görüp, katılaştıran reçineler 24 saat süreyle 200°C’ de sabit tutulmuştur. Bu resimde görüleceği üzere firmanın ilk zamanlarda (1970’ li yıllar) ürettiği PMS 90E reçinesinin ısı karşısındaki durumu oldukça kötü durumda iken;





Şekil 4.9 Maldaner firmasına ait reçinelerin sıcaklık karşısındaki durumları

bugün kullanılan son üretimleri IM 3000 reçinesinin bu ısı karşısındaki davranışı oldukça iyidir. IM 3000 reçinesi 200°C’ de 24 saat süre boyunca görsel olarak etkilenmediği gibi elastikiyetini de kaybetmemiştir.

İkinci resimde ise yine polimerizasyon işlemi görüp katılaştıran reçineler 1 saat süreyle 250°C’ de bekletilmiştir. Firmanın ilk zamanlarında ürettiği reçineler bu ısı karşısında kömürleşmekte ve elastikiyetlerini kaybetmektedirler. Oysa bugün kullanılan IM 3000 reçinesinin sadece renginde hafif bir koyulaşma olmuş ve yine elastikiyetini kaybetmemiştir. Yapılan testle de görüldüğü üzere şu anda aktif olarak kullanılan IM 3000 reçinesi ~250°C’ ye kadar sorunsuz olarak dayanmaktadır.

Ancak uygulamaya bağlı olarak bu dayanım sıcaklığı 2000°F (1093°C)’ lere kadar çıkartılabilir ki bu pek de talep edilmeyen sıra dışı bir durumdur.

#### 4.7. Maldaner Emprenye Reçinesinin (IM3000) Fiziksel Özellikleri

Tablo 4.2 IM 3000 reçinesinin fiziksel özellikleri

<b>Sertleştirilmemiş IM 3000 Reçinesi</b>	
Renk	: Saman sarısı
20°C de viskozite	: Frikmarbecher Nr.1 – 26 saniye Zahnbecher Nr.1 – 32 saniye Ford-Becher (9.0 CPS) Nr.4 – 12 saniye
Kullanma süresi	: Normal kullanımda süresiz
Parlama noktası	: 200°F - 93°C
Yoğunluk 20°C de	: 1.015-1.022
Koku	: Tatlımsı
Parlaklık	: Talep üzerine floresant
Depolama	: Serin yerde saklanmalı (30°C max.) ve direkt güneş ışınlarından korunmalıdır
Katalizatörlü depolama	: 20°C max. güneş ışınlarından muhakkak korumak gereklidir

Tablo 4.2' nin devamı

<b>Sertleştirilmiş IM 3000 Reçinesi</b>	
Isıya dayanıklılık	: 40 °C ile +250 °C arası
Dayanıklılık süresi	: Normal şartlarda sınırsız
Basınç dayanıklılığı	: Takribi 1000 bar
Elektiriki dayanıklılığı	: $5 \times 10^{10}$ Ohm

IM 3000 ile hızlandırıcı (katalizatör) DB 42 kullanımdan önce karıştırılmak üzere beraber verilmektedir.

Polimerize edilmiş IM 3000 sert ve elastiktir ve Freon gazı, asitler, alkaliler, yağlar, su, buhar ve antifirize karşı kimyasal dayanıklılığı vardır.

Reçine 10.000 psi (68 atu) basıncın üzerine kadar dayanır. Yakıtlara, yağlara, alkollere, glikollere, solventlere, hafif asitlere ve freonlara karşı yüksek dayanım gösterir. Aşağıda verilen tabloda IM 3000 reçinesinin çeşitli materyallere karşı kimyasal dayanımı detaylıca görülmektedir (Maldaner GmBh, 2009).

Tablo 4.3 IM 3000 reçinesinin kimyasal dayanımı

<b>İnorganik Bileşikler</b>	<b>Dayanım</b>
Amonyak solüsyonu %25	2
Amonyak solüsyonu %5	1
Sentine suyu	1
Brom	3
Damıtık su	1
Hidrojen peroksit %30	1
Mürekkep	1
Tentür diyot solüsyonu	1
Natriumtiyosiyanat	1
Nikel asetat	1
Nikel(II) asetat	1
Atık kağıt	1
Deniz suyu	1
Köpük	1

Sodyum bromid	1
Sodyum hidroksit solüsyonu	1
Sodyum hipoklorit	1
Sodyum silikat	1
Sodyum tiyosiyanat	1
Su	1

<b>Asitler</b>	<b>Dayanım</b>
Asetik asit %10' dan fazla	3
Asetik asit anhidrit	3
Asetik asit %10' a kadar	1
Akrilik asit	2
Borik asit	1
Butirik asit	1
Kromosülfirik asit	3

Tablo 4.3' ün devamı

Formik asit %10' dan fazla	3
Formik asit %10' a kadar	2
Glutamik asit	1
Hidroklorik asit %10	1
Hidroklorik asit, buhar, %36	2
Nitrik asit %10' dan fazla	3
Nitrik asit %10' a kadar	2
Perklorik asit %60	3
Fosforik asit %10' dan fazla	3
Fosforik asit %10' a kadar	2
Propiyonik asit	1
Tuz çözeltisi	1
Sulfonitrik asit	3

Yiyecek Maddeleri	Dayanım
Ayran	1
Coca Cola	1
Meyve suları	1
Üzüm suyu	1
Sebze suları	1
Limon suyu	1
Süt	1
Portakal suyu	1
Rom	1
Sorbitol	1
Domates suyu	1
Diş macunu	1
Vitaminler	1
Kefir	1
Viski	1
Şarap	1

Organik bileşikler	Dayanım
2Etilheksadifenilfosfat	1
1,1,1,2 Tetrafloretan	1
Aseton	1
Tutkal	1
Antifriz tip D	2
Benzaldehit	1
Benzen	1

Berzoik asit	1
Fren hidrolik yağı ATE SL DOT4	2
Bütanol	1
Klorohidrokarbon	1
Soğutucu 25R	1
Renkli boya	1
Sikloheksan	1
Di-2-Etilheksafenilfosfat	1
Dialifatik	1
Dim etil formamid	3
Dioksan	2
Dezenfektan	1
Etanol	2
Etil asetat	1
Ağır alkoller	1
Formaldehit	1
Gaz kondens	1
Yapaştırıcı	1
Gliserin	1
Heptan	1
Heksan	1
İzooktan	1
İsopropanol	1
Lateks	1
Melamin	1
Metan	1
Melamin	1
Metilen klorür	2
Metilbutilketon	1
Panolin	1
PCB-yedekleri	1
Penta-eritritol-ester	1
Parfüm	1
Fenol	1
Fosfat ester	1
Polyester reçinesi	1
Propanol	2

Tablo 4.3' ün devamı

Propilen glikol	2
Sızdırmazlık macunu	1
Stiren	1
Asfalt	1
4-Butil-2-heksanoat	1
4-Butilmetilether	1
Tetraklorilen	1
Tetrafydrofurane	3
Toluen	1
Tributilfosfat %79*	1
Tetrahidrofuran	3
Trikloretilen	1
Trikloreten	1
Tributilfosfat %79	1
Trikloreten	1
Trikloretilen	1
Trietilen glikol	2
Trifenilfosfat	1
Ksilen	1

\*%2,9 sikloalifatik epoksi, %21 ilaveler

Benzin/Yağ/Balmumu	Dayanım
ATF Dexron III	1
Biyolojik yakıt	1
Brezilya balmumu	1
Chevron hyjet IV -A	1
Dizel	1
Yenilebilir yağlar	1
Uçucu bitkisel yağlar	1
Fuel oil	1
Dişli yağı	1
Hidrolik yağ	1
Kern yağı	1
Süt kreması	1
Mineral yağlar	1
Kurşunsuz normal benzen	1
EN228	1
Yağ	1

Acıbadem yağı	1
Parafin yağı	1
Kolzayağı metil ester	1
Skydrol MCS-2361	1
Skydrol B500-4	1
Terebentin	1
Kurşunlu süper benzen	1
DIN 51600	1
Kurşunsuz süper benzen	1
EN 228	1
Balmumu	1

Soğutucular	Dayanım
R11 Trikloroflorometan	1
R12 Dikloroflorometan	1
R12B1 Bromklorodiflorometan	1
R13 Trifloroklorometan	1
R13B1 Bromtriflorometan	1
R14 Tetraflorometan	1
R21 Dikloromonoflorometan	1
R22 Klorodiflorometan	1
R23 Triflorometan	1
R32 Diflorometan	1
R40 Klorometan	1
R40B1 Bromometan	1
R13 Trifloroklorometan	1
R14 Tetraflorometan	1
R21 Dikloromonoflorometan	1
R22 Klorodiflorometan	1
R23 Triflorometan	1
R32 Diflorometan	1
R40 Clorometan	1
R41 Metilflorid	2
R114 1,2-Dikloro-1,1,2,2-tetraflorometan	1
R115 Kloropentafloroetan	1
R123 C <sub>2</sub> HCl <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	1

Tablo 4.3' ün devamı

R124	1-Kloro-1,2,2,2-tetrafloroetan	1
R125	Pentafloroetan	1
R133A	1-Kloro-2,2,2-trifloroetan	1
R134A	Tetrafloroetan	1
R142B	1-Kloro-1,1-difloroetan	1
R143A	1,1,1-Trifloroetan	1
R152A	1,1-Difloroetan	1
R161	Etilflorid	1
R170	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1
R218	Oktafloropropan	1
R227	Heptafloropropan	1
R290	Propan	1
RC318	Oktaflorosiklobütan	1
R410A	CHClF <sub>3</sub> %53 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>4</sub> %13	1
R402A	CHClF <sub>2</sub> (R22) %38 C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub> (R125) %60 C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (R290) %2	1
R403B	Karışım	1
R404A	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub> %44 FCH-CF <sub>3</sub> %4 H <sub>3</sub> C-CF <sub>3</sub> %52	1
R407C	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (R32) %23 F <sub>2</sub> HC-CF <sub>3</sub> (R125) %25 FH <sub>2</sub> -C-CF <sub>3</sub> %54	1
R408A	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub> %45 – 49 C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub> %5 – 9 H <sub>3</sub> C-CF <sub>3</sub> %45 – 47	1
R409A	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub> %58 – 62 CHClF-CF <sub>3</sub> %23 – 27 H <sub>3</sub> C-CClF <sub>2</sub> %14 – 16	1
R410A	Karışım	1
R413A	Karışım	1
R500	Diklorodifloroetan ve 1,1-Difloroetan	1
R502	Klorodifloroetan ve Pentafloroetan	1
R503	Klorotrifloroetan ve	1

Trifloroetan	
R507 C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> %50 CH <sub>3</sub> -CF <sub>3</sub> %50	1
R600 n-Bütan	1
R600A İso-bütan	1
R717 Amonyak	1
R1132A 1,1-Difloroetilen	1
R1150 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1
R1216 Hexafloropropilen	1
R1270 C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1
R1318 Oktaflorobut-2-ene	1
HFC245 1,1,2,2 Pentafloropropan	1

Gazlar	Dayanım
Asetilen	1
Hava	1
Argon	1
Bütan	1
Karbondioksit	1
Karbon monoksit	1
Klor	3
Etan	1
Etilen	1
Helyum	1
Hidrojen	1
Ozon (150 g/m <sup>3</sup> )	1
Propan	1
Propilen	1
Schwefeldioksit	1
Sülfür dioksit	1
Su buharı	1

**Dayanım Değerleri**

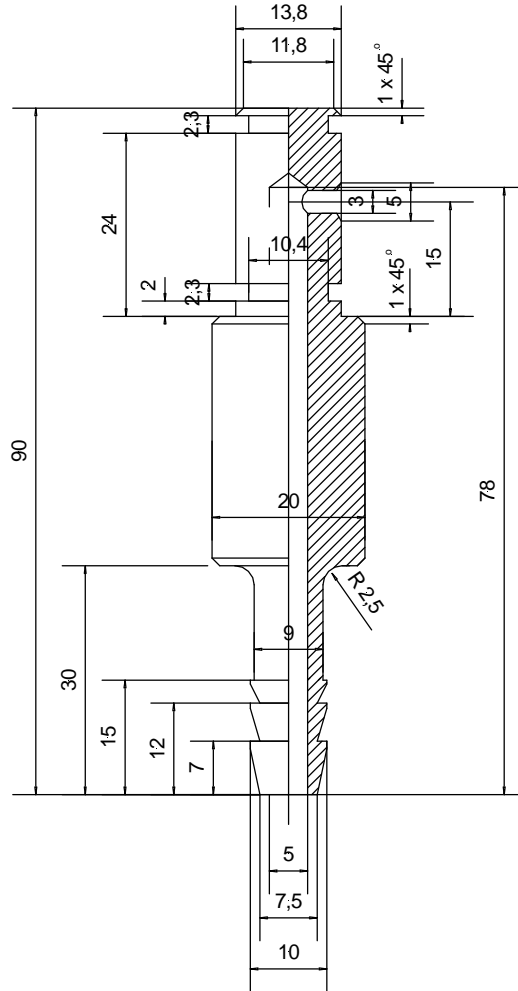
- 1 Çok iyi dayanım
- 2 Tatmin edici derecede iyi
- 3 Kötü dayanım

## 4.8. Uygulama Örnekleri

### 4.8.1. Test burcu ile basınç kontrol testi

IM 3000 tesisi her gün çalışabilirlik açısından kontrol edilmelidir. Bu kontrol ilk sepet ile beraber empenye edilen çok gözenekli bir alüminyum sinter burçla yapılır (Şekil 4.10). 3-5 bar arasındaki basınç testi ile basit, pratik ve uygun bir kalite kontrol yapılmış olur.

Burçlar kurutulduğunda daha iyi nitece alınır. Burçlarda %20 hava boşluğu vardır. Tam kaçırılmazlık temini çok zordur. %3'ü kaçırmaz. Burada yapılan test burcu empenye yapılmadan önce Şekil 4.8' de resmi görülen aparata bağlanır ve bu aparatın ucundan 5 bar arası basınçlı hava verilir.



Şekil 4.10 Test burcuna basınçlı hava vermek için kullanılan aparat

Ve parça su ile dolu bir kap içine tamamen batırılır (Şekil 4.11). Çıkan kabarcıkların Şekil 4.12' de görüldüğü gibi ne kadar fazla ve her noktadan olduğu gözlenmiştir. Sonrasında aynı parça aparattan sökülür ve empenye için sisteme alınır. İşlem sonrasında test burcu tekrar test aparatına bağlanarak, basınçlı hava (5 bar) verilir. Su dolu kaba tekrar batırıldığında hava kabarcığı çıkışı oldukça azalmış ancak sıfır olmadığı görülmüştür. Sebebi ise yukarıda bahsedildiği gibi sinter malzemenin yapısından kaynaklanan %20 hava boşluğudur (Maldaner Metal San., 2010).



Şekil 4.11 Test burcu aparata geçirilerek su dolu kaba daldırılır

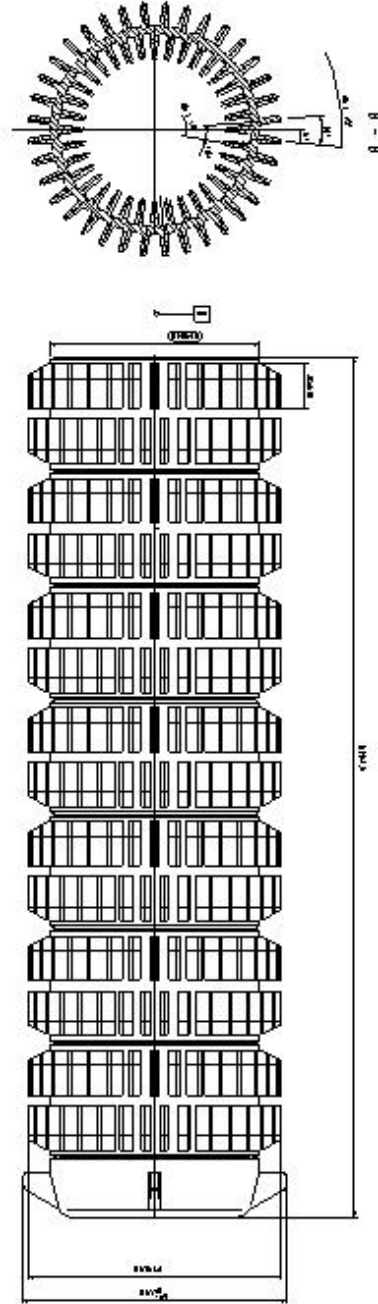


Şekil 4.12 Test burcu ve çıkan hava kabarcıklarının detaylı görüntüsü



#### 4.8.2. Örnek bir parça ile basınç kontrol testi

Emprenye işleminin işe yarayıp yaramadığını test etmek için basınç kontrol testi yapılmıştır. Bu test işlemi için Şekil 4.13’ de teknik resmi verilen test parçası kullanılmıştır.



Şekil 4.13 Teste tabi tutulan parçanın teknik resmi



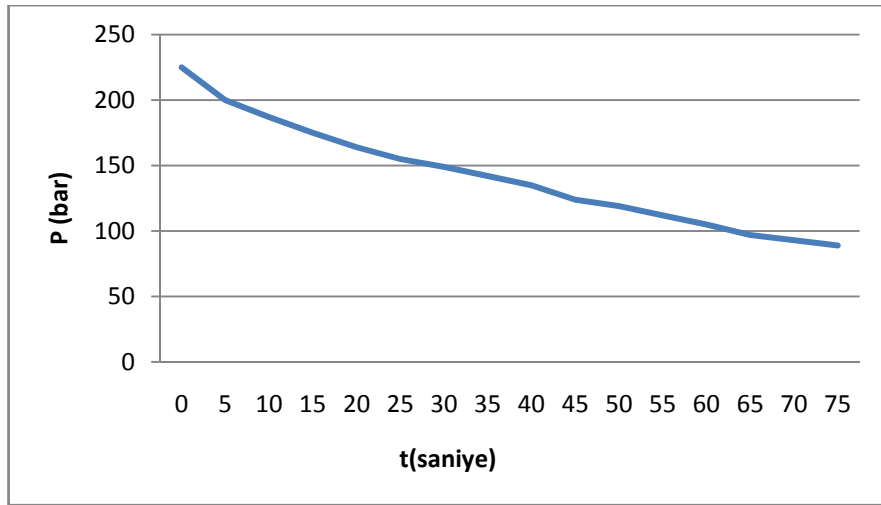
Şekil 4.14 Test standı genel görünüm

Basınç testini uygulayabilmek için Şekil 4.14' te görülen test standı tasarlanmıştır. Şekil 4.13' de teknik resmi görülen parçada %100 sızdırmazlık garantisi istenmektedir. Test standının çalışma prensibi son derece basit ve anlaşılırdır. İki tabla arasına pnömatik kolla sıkıştırılan boru şeklindeki döküm parçaya alt tablanın ortasında bulunan delikten basınçlı hava verilir. Standın yan tarafında bulunan manometreden (daha hassas ölçüm yapabilmek için dijital manometre de bağlanır) verilen basınçlı havanın değeri gözlenir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Test standına bağlanan boruya hava verilir ve dijital manometreden bu değer gözlenir

Sistem bu şekil kapalı devre iken boru içerisine parçanın çalışma basıncının 10 katı emniyet basınç değeri olan 225 mbar hava verilir ve süre tutulmaya başlanır. 75 saniye içerisinde dijital manometreden 136 mbar basınç değeri okunmuştur. Yani basınç 1,5 dakikada 89 mbar düşmüştür (Şekil 4.16).



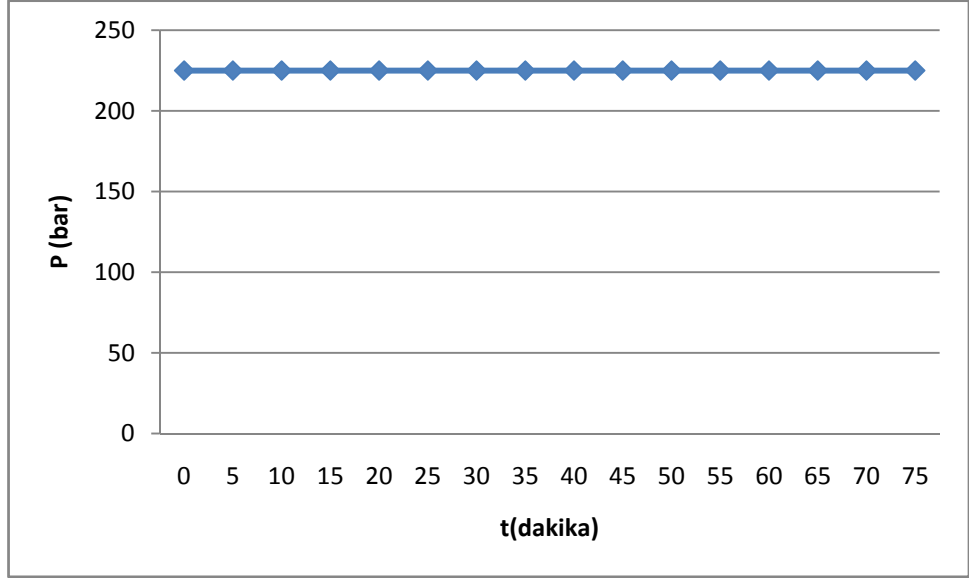
Şekil 4.16 Test parçasında zamana bağlı olarak basınç kaybı

Kapalı devre sistem içine basınç varken test parçasında kaçak yerlerini tespit etmek mümkündür. Test parçasının tüm yüzeyine tekrar basınç değeri 225 mbar' a çıkarılarak LF 400 kaçak test spreyi sıkılır. Birkaç saniyede parça yüzeyine bakıldığında gözeneklerin olduğu noktalardan basınçlı hava nedeniyle çıkan kabarcıklar Şekil 4.17' de görüldüğü gibi gözlenmektedir.



Şekil 4.17 Test parçasında gözeneklerin olduğu yerlerdeki kaçaklar

Aynı test bu kez mevcut boruya empenye işlemi uygulandıktan sonra tekrar edilmiştir. Yine kapalı devre sisteme 225 mbar hava verilmiştir. Bu kez 60 dakika beklenmesine karşın herhangi bir basınç düşüşü gözlenmediği gibi (Şekil 4.18) parça üzerine sıkılan LF 400 kaçak spreyinde de herhangi bir kabarcık çıkışı da görülmemiş, yani yapılan empenye işleminin başarısı kanıtlanmıştır.



Şekil 4.18 Emprenye yapılan test parçasındaki zaman basınç grafiği

## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Yapılan tüm iyileştirme karşın döküm, sinter metal ve benzeri teknolojilerle üretilen makine aksamında kaçınılmaz olarak kılcal gözenekler oluşmaktadır. Bu tip kılcal gözeneklere sahip makine parçalarında gaz ve sıvı gibi akışkan maddelerle temasta özellikle basınç altında sızdırma problemi yaşanmaktadır. Ancak sızdırmaya neden olan bu gözeneklerin varlığı parçaya son şekli verildiğinde (döküm sonrası tornalama, frezeleme gibi uygulanan ilave işlemler) tespit edilebilir.

Burada yapılan çalışmada uygulanan emprenye işlemi kılcal gözenekleri tıkayarak, sızıntıya neden olan parçaların ilave bir işleme gerek kalmadan bu sorunların giderilmesini sağlar. Döküm kusurlarından kaynaklanan kılcal gözeneklerin tıkanması emprenye işlemi ile başarılı bir şekilde gerçekleştirilir.

Emprenye işlemleri arasında uygulanan metotlar arasında kuru vakum ve basınç yöntemi en verimli emprenye metodu olarak kabul edilmektedir. Avrupa' da otomotiv yan sanayinde çok yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yapılan tespitlere göre son yıllarda artan otomotiv yan sanayi ihracatçılarından parçaların emprenye edilerek gönderilmesi şart koşulmaktadır (Audi, BMW, Bosch, Citroen, Daimler AG, Ford, General Motors / Opel, Peugeot, Porsche, Skoda Auto, Volkswagen gibi dünya çapında büyük firmalar Maldaner GmbH firmasıyla çalışmaktadır.).

Çeşitli döküm hatalarından dolayı oluşan kılcal gözenekler nedeni ile sıvı ve gaz sızıntılarından dolayı ıskartaya ayrılan parça sayısında artış olur. Oluşan yüksek ıskarta oranları neticesinde maliyetler artar, terminler aksar, gereğinden fazla parçanın imal edilmesi gerekir. Elmek firmasında yapılan incelemelerde emprenye işlemi öncesi ıskarta oranları %60 lara varırken, emprenye işlemi sonrası basınç kayıpları istenilen değerler arasında kalmış ve ıskarta oranları %1 lere kadar gerilemiştir.

Ayrıca Türkiye de Emprenye işleminin öncülüğünü yapan Alman Maldaner GmbH firmasının Türkiye ayağı olan Maldaner Metal Sanayi firmasında yapılan uygulama örneği ile de kılcal gözenekleri olan parçaya emprenye işlemi uygulandıktan sonra basınç kaybının sıfır olduğu gözler önüne serilmiştir. Yine Maldaner Metal firmasına ait

reçine örnekleri sıcaklık testine tabi tutulmuş ve bugün aktif olarak kullanılan reçinenin 250°C ye kadar sorunsuzca dayandığı, özelliğini kaybetmediği kanıtlanmıştır.

End denetim firmasında yapılan UV testleriyle de parçanın kılcal gözeneklerinin emprenye reçinesiyle nasıl dolduğu gözlenmiştir.

**KAYNAKLAR**

<http://www.maldaner.de>, Erişim Tarihi: 12.11.2009. Konu: Kuru vakum ve basınç Emprenye yöntemi,

<http://www.impc-inc.com>, Erişim Tarihi: 04.01.2010, Konu: Gözeneklilik problemi, gözeneklilik tipleri, Emprenye metodları,

Maldaner Metal San. Tic. LTD. ŞTİ. firması kaynakları, 2009

Maldaner GmBh firması kaynakları, 2009

[www.altanmakina.com](http://www.altanmakina.com), Erişim Tarihi: 18.02.2010, Konu: Döküm kusurları

ARAN, A. 1994. Metal Döküm Teknolojisi. Birsen Yayınevi. Konu: Döküm kalıp içinde katılma

[www.casting-impregnation.com](http://www.casting-impregnation.com), Erişim Tarihi: 18.02.2010, Konu: Emprenye teknolojisi.



## ÖZGEÇMİŞ

Lise eğitimini Karacabey Lisesi' nde (Yabancı Dil Ağırlıklı) tamamlamıştır. Lisans eğitimini Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yapmıştır. Stajlarını sırası ile 30 gün süre ile Sarten Ambalaj San A.Ş.' de, 15 gün süre ile Burçelik Döküm San. A.Ş.' de, 8 gün süre ile MSK Çelik Dövme San. A.Ş.' de ve 45 gün süre ile de Tamek Kons. Ve Gıda San. A.Ş.' de yapmıştır. İş deneyimleri ise sırasıyla Modül Isı Mühendislik, Şahin İnş & Müh ve Önder Müh. San. Tic. LTD ŞTİ firmalarında gerçekleştirmiştir.