

23868

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VAKUMLA KALIPLAMA
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Ali GEYİK

İSTANBUL, 1992

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YILDIZ TEKNİK UNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

VAKUMLA KALIPLAMA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Ali GEYİK

İSTANBUL, 1992

İ Ç İ N D E K İ L E R

SAYFA No:

ÖZET

SUMMARY

1. GİRİŞ.....	1
2. VAKUMLA KALIPLAMA YÖNTEMİ.....	2
2.1. Vakumla Kalıplama Yönteminde İşlem Kademeleri..	3
2.2. Vakumla Kalıplama Donatımları.....	6
2.2.1. Vakum Pompaları.....	6
2.2.2. Isıtıcı.....	6
2.2.3. Vakum Odası (Model Taşıma Kutusu).....	7
2.2.4. Vibratör.....	8
2.2.5. Vakum Bağlantı Hortumları.....	8
2.3. V-Yönteminde Kullanılan Kalıplama Elemanları...	8
2.3.1. Kalıp Kumları.....	8
2.3.2. Modeller.....	11
2.3.3. Dereceler.....	12
2.3.4. Plastik Film.....	14
2.3.4.1. Plastik Filmin Genleşme ve Mukavemet Özellikleri.....	20
2.3.4.2. Sıvı Metalin Kalıba Dökümü Sırasında Plastik Filmin Davranışı.....	22
2.3.5. Kalıp Astarları.....	22
(Yüzey Örtü Malzemeleri)	
2.4. Kum Vibrasyonu.....	23
2.5. Maçaların Yerleştirilmesi.....	24
2.6. Yolluk Sisteminin Dizaynı.....	24
2.7. Döküm.....	26
3. METALURJİK ÖZELLİKLER.....	27
3.1. Soğuma Hızı.....	27
3.2. Döküm Parçası Yüzeyinde Karbon Artışı.....	29
3.3. Vakumla Kalıplama Yöntemindeki Akıcılığın Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması.....	30
4. DÖKÜM HATALARI.....	32
4.1. Buruşma (Katmerlenme).....	33
4.2. Metal Sızması.....	33
4.3. Kalıbın Büzülmesi.....	33
4.4. Kalıbın Şişmesi.....	34
4.5. Köprü Oluşumu.....	34
5. KALIPLAMA TESİSLERİ.....	34
5.1. Döner Dolap Tesisi.....	37
5.1.1. Üretim Tesisi.....	37
5.1.2. Tesis.....	38
5.1.3. Döküm Parçalarının Soğutulması.....	40

5.2. Tek Kalıp Makinaları.....	41
5.3. Tüm Vakumla Kalıplama Tesislerine Ait Ortak Özellikler.....	41
6. VAKUMLA KALIPLAMA YÖNTEMİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI.....	41
6.1. V-Yönteminin Üstünlükleri.....	41
6.2. V-Yönteminin Sınırlamaları.....	44
7. V-YÖNTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ VE ÜRETİLEN DÖKÜM PARÇALARINA AİT ÖRNEKLER.....	45
8. GENEL SONUÇLAR VE İRDELEME.....	49
9. KAYNAKLAR.....	52

ÖZGEÇMİŞ

TEŞEKKÜR



Ö Z E T

Son yıllarda Döküm Endüstrisi ortamında büyük önem kazanan ve tartışılan konular; "Malzeme tasarrufu", "Endüstriyel artıkların ikinci bir çevre kirliliği yaratmadan ortadan kaldırılması" ve "Oldukça kötü olan döküm endüstrisi çalışma ortamı şartlarının düzeltilmesi" başlıkları altında toplanabilir. Gelişmiş dünya ülkelerinde bir çok araştırma geliştirme uzmanlarının çaba ve önerilerine karşın bu üç konunun basitçe çözümü bulunamamıştır.

1971 yılında Japonya'da küçük bir dökümhanede metalik kalıp ömrünü arttırmak için kalıp iç yüzeylerinin plastik filmle kaplanması denemeleri, Vakumla Kalıplama Yöntemi 'nin başlangıcı olmuştur. Yukarıda sayılan problemlere karşı bir tedbir olarak görülen yöntem, Japonya'da döküm sektörü tarafından benimsenmiştir.

İnce plastik bir filmin ve negatif hava basıncının kullanımı, geleneksel döküm işlemleri açısından tamamen farklı bir durum oluşturmuştur. Yıllardır kullanılan yerleşmiş bazı metalurjik kabulleri bile değiştiren Vakumla Kalıplama Yöntemi 'nin uzun döküm teknolojisi tarihinde yepyeni bir devir açan ve yeni gelişmeleri gerektirecek bir buluş olduğu sanılmaktadır.

Bu çalışmada vakumla kalıplama yönteminin esasları incelenmiş ve metalurjik esaslar araştırılmıştır. Ayrıca kalıp elemanları ve vakumla kalıplama tesisleri hakkında inceleme yapılmıştır.

İstanbul, 1992

Ali GEYİK

Makina Mühendisi

S U M M A R Y

Over the last few years on the casting industry, some major subjects have been discussed. These subjects are material saving, making the industrial waste harmless by not doing a second environmental pollution, and improving the working environment which is under the bad condition in casting house. In developed countries, in spite of studies of some researchers, solution of these problems have not been found.

In 1971, a study about improving the life of the mold by covering the surface of the mold by a thin plastic film, in a small casting house in Japan, was the beginning of **Vacuum Molding Process**. A suitable solution to the mentioned problems have been accepted by casting industry in Japan.

The usage of the thin plastic film and negative air pressure caused some different thoughts beyond traditional casting methods. **Vacuum Molding Process** has made a history and opened new horizon on casting technology.

In this study, the principles of the **Vacuum Molding Process** and metallurgical properties have been searched. In addition to this, molding equipment and the plants of the **Vacuum Molding Process** have been studied.

Istanbul, 1992

Ali GEYİK

Mech. Eng.

1. GİRİŞ:

İnsanların yaklaşık 3500 yıldan beri metalleri şekillendirebildiği ve bu konuda ilk uğraşların sanatsal nedenlerle olduğu ileri sürülmektedir. Metallere şekil verme yöntemlerinin en eskilerinden biriside mum model kullanılarak yapılan döküm yöntemleridir. Günümüzde döküm yöntemi, metallerin şekillendirilmesinde en önemli yöntem olarak kendini göstermektedir. Malzeme, şekil ve boyut serbestisi sağlama, şekilli ve şekilsiz döküm mamül veya yarı mamüllerin, diğer birçok endüstride kullanılması döküm yönteminin önemini arttırmıştır.

Döküm tekniğinde kalıp ve maça yapımı, mamül veya yarımamül kalitesini ve maliyetini etkileyen en önemli faktörlerdir. Bir döküm parçasının şekil doğruluğu, boyut hassasiyeti, yüzey düzgünlüğü, sıvı metalin kalıp içerisinde hızlı ilerlemesi, kalıp malzemesi sarfiyatı ve kalıplama zamanı kalıp kalitesine ve kalıplama tekniğine bağlıdır. Bu nedenle kalıplama tekniği ve özellikle kum kalıpların yapımı sürekli bir gelişme göstermiştir. Bu gelişmelerden biriside 1971 yılında Japonların geliştirip uygulamaya koydukları Vakumla Kalıplama Yöntemi'dir.

Çok yeni bir uygulama olan vakumla kalıplama yöntemi kısaca; döküm boşluğunun ve kalıplama derecelerinin atmosfere açık kısımlarının ince plastik bir filmle şekillendirildiği, kalıp içindeki bağlayıcısız serbest kum tanelerinin sıkıştırılması için vakumun yani negatif hava basıncının kullanıldığı ve bu basınç devam ederken de sıvı metalin boşaltıldığı bir döküm yöntemidir.

Yöntem ilk olarak 1971 yılında Japonya'da geliştirilmiş ve bu tarihten itibaren, yirmibeş'den fazlası Amerika'da olmak üzere dünya çapında yüz'den fazla dökümhane tarafından benimsenmiştir.

Her yeni yöntemde olduğu gibi V-Yönteminde de çözümlenmesi gereken bir çok teknik sorunlarla karşılaşmıştır. Ancak her lisans sahibinin yapmış olduğu araştırmaları, diğer lisans sahiplerine iletmeleri neticesinde, problemlerin büyük bir kısmı çözümlenmiş ve yöntemin, mükemmel döküm parçalarının üretimine uygun olduğu çok çabuk bir şekilde görülmüştür. 1979 yılında sadece Japonya'da 80000 ton'un üzerinde döküm parçası V-Yöntemi ile üretilmiştir. Bununla birlikte, yapılan çalışmalar düşük üretim teknikleri üzerinde yoğunlaşmış olup, yüksek üretim kapasiteleri ve otomasyonla ilgili problemler hala tam olarak çözülememiştir.

V-Yönteminde kullanılan kalıplama kumu herhangi bir bağlayıcı madde ve nem içermediğinden çevre kirliliği sorunu azalmakta ve dökümhane çalışma şartlarının iyileştirilmesi sağlanabilmektedir.

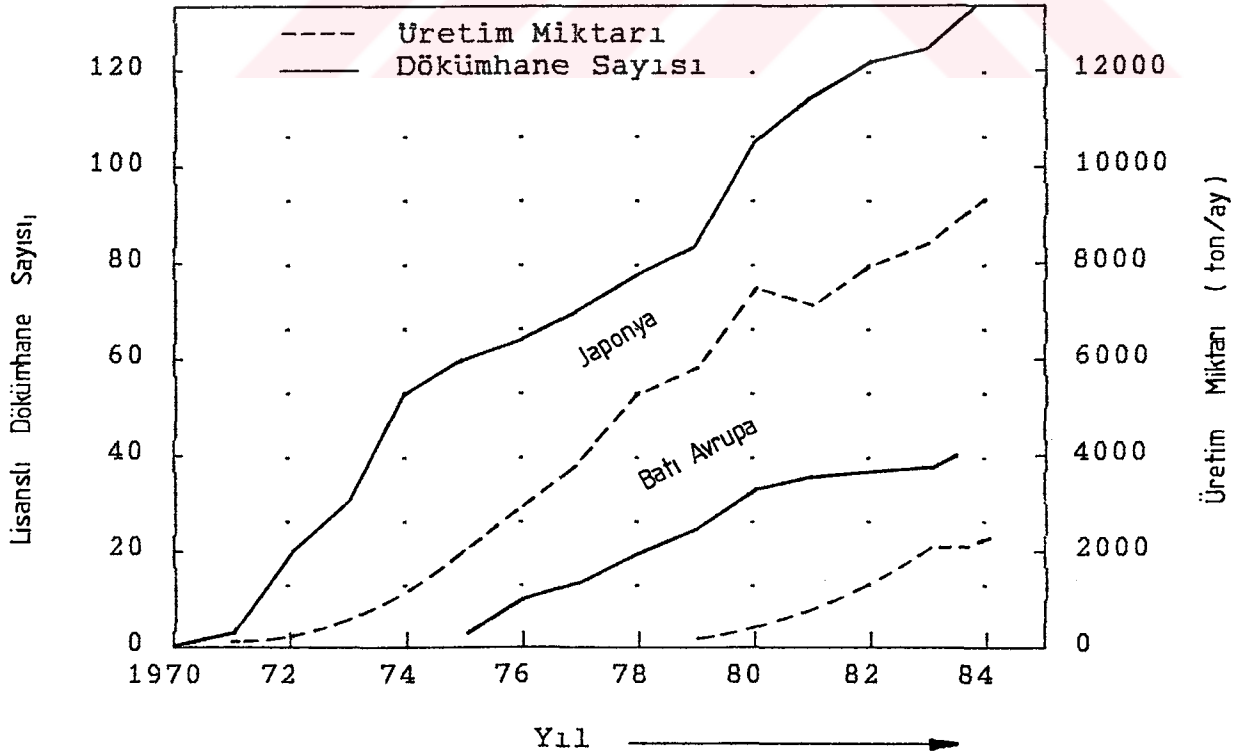
Ayrıca pahalı bağlayıcılara ihtiyaç olmadığından malzeme tasarrufu yapılabilmektedir.

Sıvı metalin kalıba dökümü ve katılaşmasından sonra, kalıplar normal basınca döndürülür ve döküm parçası, kendiliğinden dağılan kalıptan, herhangi bir ilave işlem gerektirmeden ayrılır.

2. VAKUMLA KALIPLAMA YÖNTEMİ:

V-Yönteminin en belirgin özelliği kendine özgü kalıbıdır. Bu yöntemde kalıp boşluğu, çok ince bir termo-plastik film tarafından oluşturulmakta ve kalıp içerisindeki kum tanelerinin sıkıştırılmasında negatif hava basıncından yararlanılmakta ve kalıbın döküm işlemi için hazırlanıp kapatılmasından sonra vakumun uygulanması, boşaltılan sıvı metalin tamamen katılaşmasına kadar devam etmektedir.

Vakumla kalıplama yönteminin ortaya çıktığı 1971 yılından itibaren, lisans alan dökümhane sayısı hızla artmış ve tüm döküm üretimindeki vakumla kalıplama yönteminin kullanılma oranı, 1979'da % 1 iken 1984'de bu oran % 2'e yükselmiştir. Şekil 1'de, yöntemin batı Avrupadaki gelişimi ve yapılan döküm üretimi de görülmektedir. Bu değerler 1985 yılında Japonya'da 9100 ton/ay, batı Avrupa'da ise 2100 ton/ay olarak saptanmıştır.



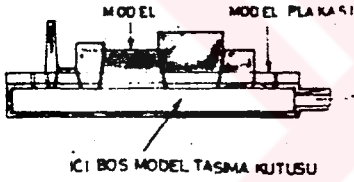
Şekil 1. Vakumla kalıplama yönteminin Japonya ve Batı Avrupadaki gelişimi /1/.

2.1. Vakumla Kalıplama Yönteminde İşlem Kademeleri:

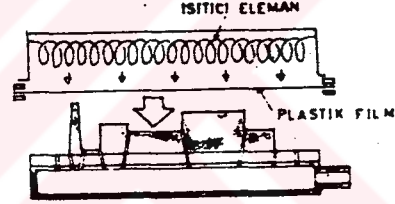
V-Yönteminin uygulanmasındaki ana işlem kademeleri şekil 2' den şekil 10'a kadar şematik olarak görülmektedir.

Model yarımclarını oluşturan plakalı modeller içi boş ve vakum düzeneği ile bağlantılı bir taşıyıcı kutu üzerine yerleştirilmiştir. Model üzerine açılmış çok sayıda ince kanallar, taşıyıcı kutu boşluğu ile temastadır (Şekil 2).

Modelin üstünde bir plastik film germe düzeneği ve onun üstünde de bir film ısıtıcı yer alır. Kalıplama işlemi sırasında gerilmiş plastik film birkaç dakika ısıtılır. Isınarak yumuşayan plastik film, model üzerine yaklaştırılır (Şekil 3).



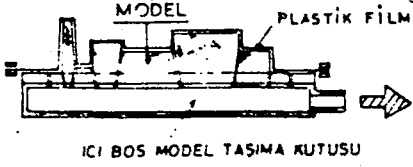
Şekil 2. Model ve üzerine yerleştirildiği vakumla bağlantılı model taşıma kutusu /2/.



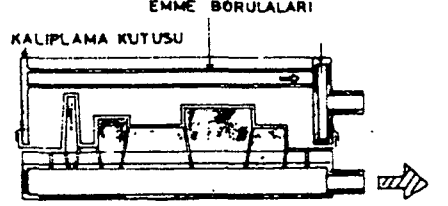
Şekil 3. İnce plastik filmin ısıtılması ve model üzerine yaklaştırılması /2/.

Model taşıma kutusuna hafif bir vakum uygulanır (0.5 Atm.). İnce plastik film, model üzerindeki çok sayıda ince hava kanallarından emilen havanın etkisi ile modele sıkıca değerek yapışır ve modeli tamamıyla sararak onun biçimini alır (Şekil 4).

Plastik film ile kaplanmış model üzerine derecenin yerini almış olan kalıplama kutusu yerleştirilir. Kalıplama kutusu, kutu içine vakumun uygulanmasına olanak verecek şekilde dizayn edilmiştir ve bir boru ile ana vakum sistemine bağlanmıştır (Şekil 5).



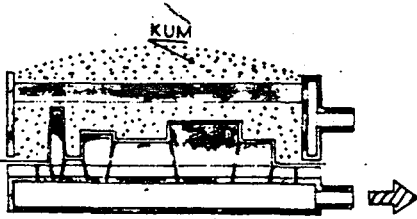
Şekil 4. İnce plastik filmle tamamen sarılmış model /2/.



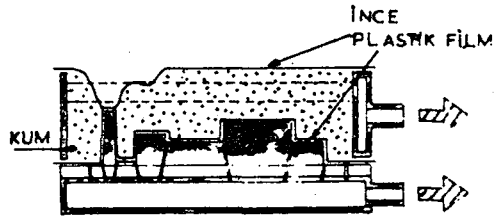
Şekil 5. Model taşıma kutusuna vakum uygulanırken modelin üzerine yerleştirilen kalıplama kutusu /2/.

Kalıplama kutusu bağlayıcı içermeyen herhangi bir kuru kumla doldurulur ve hafifçe titreştirilerek, kum tanelerinin iyice birbirine yaklaşmaları sağlanır (Şekil 6).

Kalıp üst yüzeyinde yolluk girişi ve yolluk havuzu oluşturularak fazla kum atılır. Kumun üst yüzeyi derece dışına taşan bir plastik film ile kapatılarak kalıp kutusunada vakum (0.5 Atm.) uygulanır (Şekil 7).



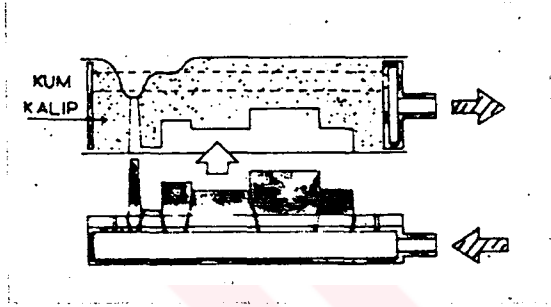
Şekil 6. Kalıplama kutusunun kuru temiz kumla doldurulması ve titreştirilmesi /2/.



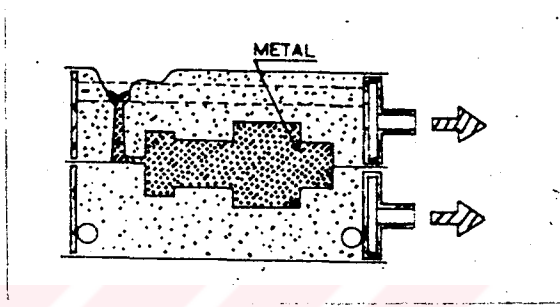
Şekil 7. Kalıplama kutusunada vakum uygulanması ve sert kum kalıp elde edilmesi /2/.

Kumun, vakum etkisiyle iyice sıkışması sonucu 90 - 95 AFS sertlikte kalıp yarımları elde edilir. Model taşıma kutusundaki vakum kaldırılır. Normal atmosferik basınçtaki havanın model taşıma kutusuna dolması ile modelin biçimini alarak şekillenmiş plastik film, kalıplama kutusu ile birlikte modelden kolayca sıyrılarak ayrılır. (Şekil 8).

Kalıplama kutusuna hala vakum uygulandığından kutu içindeki serbest kum, sürekli olarak bir kütle halinde tutulur. Alt-üst veya sağ-sol kalıp yarımları aynı şekilde oluşturularak birleştirilir (Şekil 9). Gerekiyorsa, kalıp yarımları birleştirilmeden önce kalıp içine, geleneksel yöntemlerle yapılmış maçalar da yerleştirilebilir. Uygun şartlarda ergitilmiş metal, metalurjik prensiplere uyularak kalıp içerisine boşaltılır.

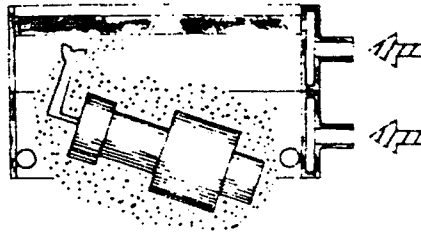


Şekil 8. Model taşıma kutusuna uygulanan vakumun kaldırılması ile sert kalıbın modelden ayrılması /2/.



Şekil 9. Alt ve üst kalıplama kutularına vakum uygulanırken kalıp boşluğunun sıvı metalle doldurulması /2/.

Katılaşma tamamlanıncaya kadar kalıplama kutuları vakum altında tutulur. Döküm parçası tamamen katılaştıktan sonra vakum kaldırılır ve serbest konumda kalan kum tanecikleri, döküm parçasından ayrılarak yerçekimi kuvveti ile düşerler (Şekil 10). Soğutulup tozlarından arındırılan kumlar tekrar tekrar kullanılabilir.



Şekil 10. Kalıplama kutularına uygulanan vakumun kaldırılması ile katılaşmış olan döküm parçasının kalıptan ayrılması /2/.

2.2. Vakumla Kalıplama Donatıları:

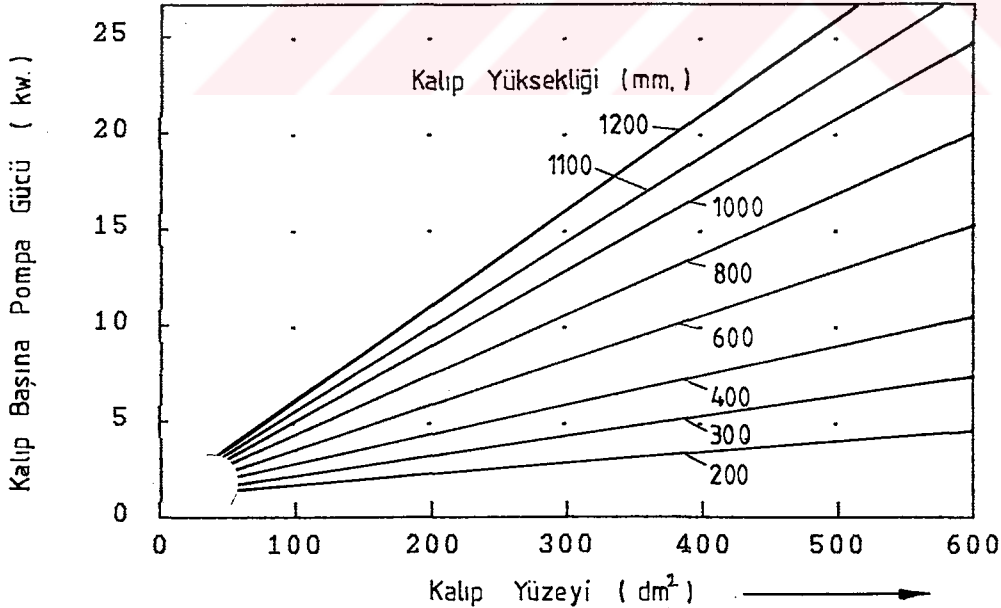
Vakumla kalıplama yöntemi için temel donatılar şunlardır.

- Vakum Pompaları
- Isıtıcı
- Vakum Odası (Model Taşıma Kutusu)
- Vibratör (Sarsıcı)
- Vakum Hortumları

2.2.1. Vakum Pompaları:

V-Yöntemi için en uygun vakum pompaları "su donanımlı vakum pompaları" dır. 0.54 bar basınç ve 15.6 m³ 'lük değerlerde çalışan pompa, orjinal dizaynı dört hortum bağlantılı olan ancak ilave döküm kapasiteleri için on hortum bağlantılı hale getirilmiş olan bir ana emme manifolduna sahiptir. Sekiz bağlantı kalıba dökümde, iki bağlantı ise kalıplama ünitesinde kullanılır. Döküm esnasında iki kalıplama ünitesi arasındaki bağlantı kesilmiş olmalıdır.

Vakumla kalıplama tesisi, büyük bir kısmını vakum pompalarının harcadığı yüksek bir enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Şekil 11'de derece ve parça boyutlarına göre kullanılan pompa güçleri verilmektedir.



Şekil 11. Parça hacmine bağlı vakum pompası güçleri /1/.

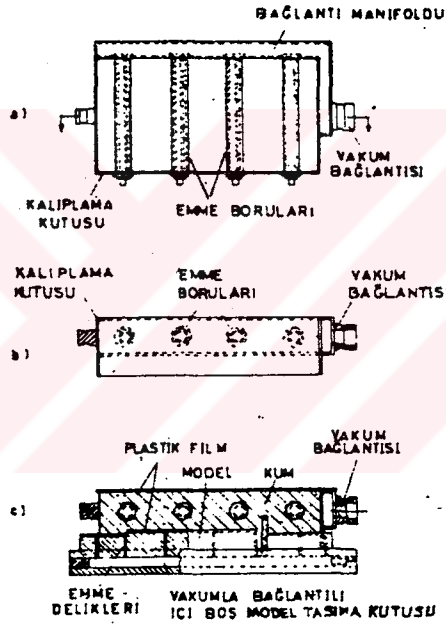
2.2.2. Isıtıcı:

Tel tipinde olan ısıtıcı, 93.3 - 107.2 °C (200-225°F) sıcaklık aralığında plastik filmi yumuşatmak için kullanılır. Isıtıcının sıcak havayı üniform bir şekilde dağıtması amacı

ile sisteme bir fan ve dağıtıcı ilave edilmiştir. Isıtıcının plastik film yüzey alanının tamamı üzerinde üniform bir sıcaklık oluşturmaları oldukça önemlidir.

2.2.3. Vakum Odası (Model Taşıma Kutusu):

Vakum odası, model plakası için içten kirişlerle destekli rijit bir çerçeve kutudur. Vakum odasının dört tarafı ve taban kısmı hava sızdırmazlığına karşı yalıtılmış olmalıdır. Üzerinde küçük hava delikleri olan model plakası, vakum odasının üst kısmını oluşturur. Vakum odasının bütün ölçüleri kullanılan derece boyutlarına göre dizayn edilmiştir ve vakum hortumlarının bağlantısı için 50.8 mm. dış ölçüsünde bir çıkış deliğine sahiptir /3/.



Şekil 12. Elle kalıplamaya uygun bir taşıma kutusu
a. Yatay kesiti b. Düşey kesiti
c. Model taşıma kutusu üzerindeki konumu /2/.

Model taşıma kutusunun içerisindeki boşluktan model yüzeyine kadar açılmış olan çok sayıdaki ince kanallardan hava emişi yapılarak plastik filmin model yüzeyine sıkıca yapışması sağlanmaktadır.

Model taşıma kutusundaki delikler şu özellikleri içermelidir.

1. Açılmış olan delik çapları oldukça önemlidir. Plastik filmin model üzerine sıkıca yapışmasını sağlayacak büyüklükteki delik çapı yeterlidir.
2. Deliklerin sayısı ve yüzey üzerindeki konumu önemlidir. Delikler en derin noktaya kadar nüfuz edecek şekilde dikey açılmalıdır.

3. Deliklerin toplam alanının, plastik filmi aşağı doğru çekebileceği göz önünde tutulmalıdır.

2.2.4. Vibratör:

V-Yönteminde vakumun uygulanmasından önce kum yığınının kitle yoğunluğunu yükseltmek için kalıbı titreştirmek uygundur. Titreşim uygulanmasından sonra kalıp içerisindeki kum, boş kısımları doldurarak kalıbın daha sert bir yapıya kavuşmasını sağlamaktadır. Kalıp sertliği, titreşim uygulanmadan önce 50 - 75 AFS aralığında iken, kalıbın yaklaşık 30 saniye titreştirilmesinden sonra sertliğin 90 - 95 AFS değerine yükseldiği gözlenmiştir /3/.

Vibratör, kullanılan kum ve derecelerin ağırlığına göre dizayn edilebilir ve vibrasyon miktarı, ünitelerdeki ağırlıkların değiştirilmesi ile istenilen değere ayar edilebilir.

2.2.5. Vakum Bağlantı Hortumları:

Vakumla kalıplama yönteminde kullanılan ve 50.8 mm.'lik iç ölçülere sahip olan vakum hortumları, içten çelik sargılarla takviye edilmiş olan esnek plastik veya kauçuk'dan yapılmıştır. Derece ve vakum odası bağlantılarında sızdırmazlık mümkün olduğu kadar sağlanmış olmalıdır. Hortum ve hortum bağlantılarındaki herhangi bir sızıntı, kalıplama ve döküm esnasında ciddi problemlere sebep olabilir.

2.3. V-Yönteminde Kullanılan Kalıplama Elemanları:

Vakumla kalıplama yönteminde, döküme hazır bir kalıbın oluşturulmasında kullanılan kalıplama elemanları şu şekilde sıralanabilir:

- Kalıp Kumları
- Modeller
- Dereceler
- Plastik Film
- Kalıp Astarları

Vakumla kalıplamadan iyi sonuç alınabilmesi için bu elemanların özelliklerinin ve bu özelliklerin vakumla kalıplamaya etki yönlerinin iyi bilinmesi gereklidir. Bu nedenle her bir eleman ayrı ayrı incelenecektir.

2.3.1. Kalıp Kumları:

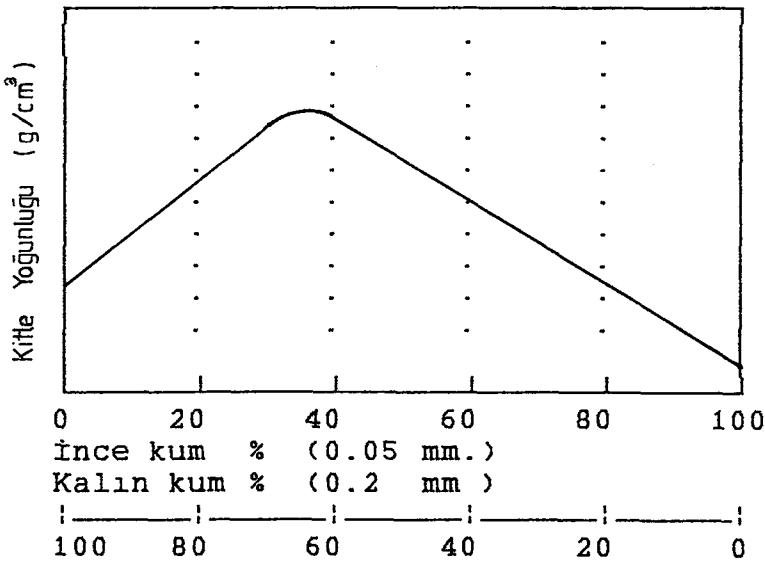
Vakumla kalıplama yönteminde, ergimiş metalin sıcaklığına dayanabilen her tip kalıplama kumu kullanılabilir. Silis, Zirkon, Kromit, Şamot ve Olivin kullanılan kumlardır. Özellikle Türkiye de; bol bulunması, ucuz olması ve genleşme

katsayısının döküm için uygun olmasından dolayı ençok silis kumu kullanılmaktadır.

V-Yönteminde uygun tane boyutu seçiminde dikkat edilecek nokta, geleneksel yaş kum yöntemlerindeki farklıdır. Buharlaşılan plastik film, kum yüzeyinde bir alt tabaka içinde kendini tekrar yoğunlaştırdığından gaz çıkışı nisbeten azdır.

Kalıplama kutularıda sürekli olarak vakum altında tutulduğundan ince taneli kum karışımları, düşük geçirgenlik yaratma korkusu olmadan kullanılabilirler. Ayrıca, yöntemin özelliğinden kaynaklanan metal sızması oluşturma eğilimini engellemek amacıyla da ince kum kullanımı gereklidir. Çünkü bu yöntemde kalıplar döküm işlemi süresince bile (-) basınç altında tutulmaktadır. Zaten V-Yöntemi için gözlenen en önemli sonuçlardan birisi, geleneksel yaş kum yöntemlerinden çok daha ince kumların kullanılabilmesi ve bu nedenle de daha düzgün döküm yüzeylerinin elde edilebilmesidir.

Vakumla kalıplama yönteminde daha yüksek kitle yoğunluğu sağlayan yuvarlak taneli kumların kullanılması gerekmektedir. Kitle yoğunluğunun tane boyutunun küçülmesi ile azaldığı görülmüştür. Diğer taraftan, her iki tanenin birbiri ile olan temas yüzeyi daha az olduğundan, sürtünme dirençleri küçük olmakta ve dolayısı ile kum karışımının basma dayanımı daha az olmaktadır. Böylece vakumla kalıplama yönteminde kalıbın dayanımı, her iki kum tanesinin kalıp içindeki ve dışındaki basınç farkından kaynaklanan sürtünme direncinden doğmaktadır. Şekil 13'de kumun kitle yoğunluğunun kullanılan kum karışımlarına göre değişimi görülmektedir.



Şekil 13. Kitle yoğunluğunun kullanılan kum karışımına göre değişimi /3/.

Köşeli ve kırılmış şekilli kumlar için ise bu olayın tersi geçerlidir. Bu tür kumlar doğal olarak daha az akışkanlık gösterirler ve kitle yoğunluklarının nisbeten daha az olmasına karşılık, sürtünme dirençlerinin yüksek oluşu nedeniyle daha yüksek kalıp dayanımı oluşturlar. Ayrıca, yapılan bir çalışmada, en yüksek kitle yoğunluğunun, eşit boyutlu yuvarlak taneli kumlarla, optimal orandaki ince taneli kumun karıştırılması ile sağlandığı görülmüştür.

Şekil 13 'den de görüldüğü gibi, tane boyutu 0.05 mm.'nin altındaki ince kum ile 0.2 mm. boyutundaki kuvars kumu karıştırıldığında, maksimum kitle yoğunluğu elde edilmiştir. İnce kumun kullanılma oranı % 30 dır.

Tablo 1 'de vakumla kalıplama yönteminde yaygın olarak kullanılan silis kumunun tane dağılımına ait bir örnek verilmektedir.

Tablo 1. V-Yöntemindeki kumların tane dağılımı.

Örnek	Mesh	28	35	48	70	100	150	200	270	Pan	AFS No
A	%	--	--	0.4	2.4	40	21.8	12.2	1.2	0.2	82
B	%	0.2	0.2	2.4	10.2	22.2	32	23	8.4	1.4	107
C	%	--	--	--	2.4	13	26.8	26.8	19.2	11.8	148.4

Vakumla kalıplama yöntemi ile dökülen bazı döküm alaşımları için kullanılan kum tane büyüklükleri aşağıda belirtildiği gibi önerilmektedir.

- Al dökümler için AFS 140 (Astarsız)
- DD dökümler için AFS 100 (Astarlı)
- Çelik dökümler için AFS 80 (Astarlı)

Japonyada yapılan bir araştırmada, kalıplama işleminde 160 AFS inceliğindeki kumun kullanılması durumunda, kalıp astarına gerek kalmadığı görülmüş ve aynı zamanda üretilen döküm parçalarının son derece iyi bir yüzey kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak kumun maliyetinden dolayı en uygun yolun, kalıp astarı kullanılarak daha kalın kumlarla işlemin gerçekleştirilmesi olduğuna karar verilmiştir /3/.

Vakumla kalıplama yönteminde kullanılan kum, herhangi bir nem ve bağlayıcı içermediğinden dolayı, yanma sonucu oluşan kayıplar % 0.01 'den daha az ve her kullanım sonucundaki kum kaybı ise yaklaşık % 2 - 3 civarındadır. Kumun kalıplama işleminde tekrar kullanılabilmesi için sıcaklığının 40 °C 'nin altına düşürülmesi gerekmektedir.

2.3.2. Modeller:

Yaş kum kalıplamada kullanılan klasik model donatımları, yeni özel model plakaları düzenlenerek ve model ile model plakasının her ikisinin birden uygun yerlerinden hava delikleri delinerek vakumla kalıplama yönteminde kullanılabilir. Modelin yeniden düzenlenmesi için fazla zamana ihtiyaç yoktur, ancak hava deliklerinin açılması için gerekli olan süre fazladır.

Vakumla kalıplamada kullanılacak model malzemesinin seçiminde dikkat edilecek husus, ısıtılarak yumuşatılmış plastik filmin model üzerine örtüldüğü anda aniden soğuyarak katılaşmasını önlemek için, model malzemesinin düşük ısı iletimine sahip olmasıdır.

Vakumla kalıplama yönteminde kullanılan 19.1 - 25.4 mm. kalınlığındaki kontrplak model plakası, yaş kum kalıplamada sıkma veya sarsma makinelerinde kullanılan metal tabakadan veya ince tahta'dan oldukça farklıdır. Model ve model plakası birbirine dikey yerleştirilmiş yaklaşık 50.8 - 76.2 mm. aralıklı çizgilerden oluşan ızgara sisteminde, çapları 0.51 - 0.64 mm. arasında değişen hava delikleri ile delinir. Deliklerin büyük bir kısmı model plakasındadır, ancak güç durumlarda aynı zamanda model de delinebilir.

Gün geçtikçe delinmiş olan model ve model plakalarından, deliklerin sayısı ve yeri hakkında bazı temel fikirler elde edilmektedir. Örneğin, deneyler sonucunda hava deliği sayısının minimum olması gerektiği anlaşılmıştır. Deneyler göstermiştir ki delik sayısının fazla olduğu bir durum, plastik filmin düzgün bir şekilde gerilmesine izin vermemekte ve hatta sonuç olarak film de yırtılmalara da sebep olabilmektedir.

Modelin daha ince bölgelerindeki hava deliklerinin açılması sırasında ince piyano telinin kırılma meyli vardır. Bu problem için bulunmuş olan çözüm; küçük delikler ağaç dubellere delinir ve daha sonra bu dubeller model üzerinde delinmiş olan daha büyük deliklere yerleştirilir.

Model ve model plakasındaki küçük hava deliklerinin delinmesi için diğer bir alternatif ise, model merkezinin altında, model plakasına 50.8 - 76.2 mm. çaplarında bir veya iki delik delinir. Daha sonra model bir kapak plakası yardımı ile model plakasına yerleştirilir. Model ve model plakası arasında olabilecek maksimum mesafe 1.01 mm. dir. Bu değer oldukça önemlidir. Açıklığın daha fazla olması durumunda, plastik film modelin altına çakılabilir ve kalıpta düzgün yüzey oluşumuna engel olabilir.

Kontrplak model, yaş kum kalıplamada olduğu gibi sıkma, sarsma veya kimyasal bağlayıcılı kumların etkilerine karşı mukavemetli olmak zorunda değildir. Ancak 0.75 - 0.87 bar'lık vakuma karşı mukavemetli olması gereklidir. Ayrıca, kalıp

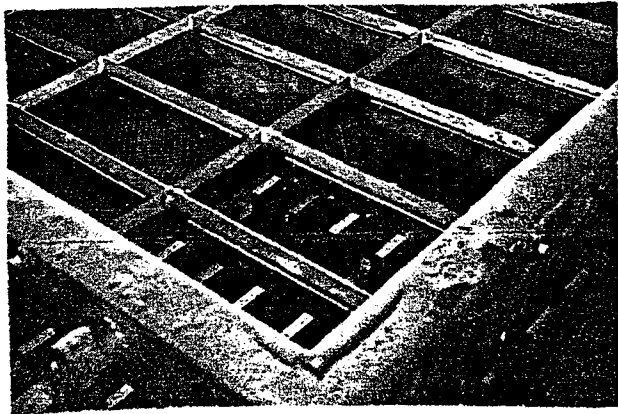
Ayrıca, kalıp ile model arasında herhangi bir temas olmadığından model ömrü oldukça fazladır. Model plakalarında karşılaşılan temel problem, yüksek vakum etkisi ile çökmeye meyilli olan kontrplak model plakasındaki eziklerdir. Eğer ezilen bölgeler varsa bu kısımların dolgu malzemeleri ile doldurulması gereklidir. Model plakası iki temel sebepten dolayı mümkün olduğu kadar pürüzsüz olmalıdır.

- a.. Model plakası, vakum odasının çevresel uzunluğunda hava sızdırmazlığını sağlamalıdır.
- b.. Yaş kum kalıplamada olduğu gibi, plakadaki deforme olmuş veya kavisli kısımlar kalıp yüzeyinde düşük veya yüksek oranda lekelerle sebep olabilir.

Vakumla kalıplama yönteminde kullanılan model donanımlarında karşılaşılan diğer bir problem ise havanın olumsuz etkisidir. Rutubetlenmiş olan model plakaları havalandırıldığında, ağaç model plakasında şişmeler meydana gelmekte ve sonuç olarak, 0.64 mm. çapındaki hava delikleri kapanmaktadır. Bu durum, plastik filmin gerilme operasyonu için gerekli sürenin artmasına sebep olmaktadır. Bu olumsuz durum modellerin rutubetsiz alanlarda muhafaza edilmesi ile giderilebilir /3/.

2.3.3. Dereceler:

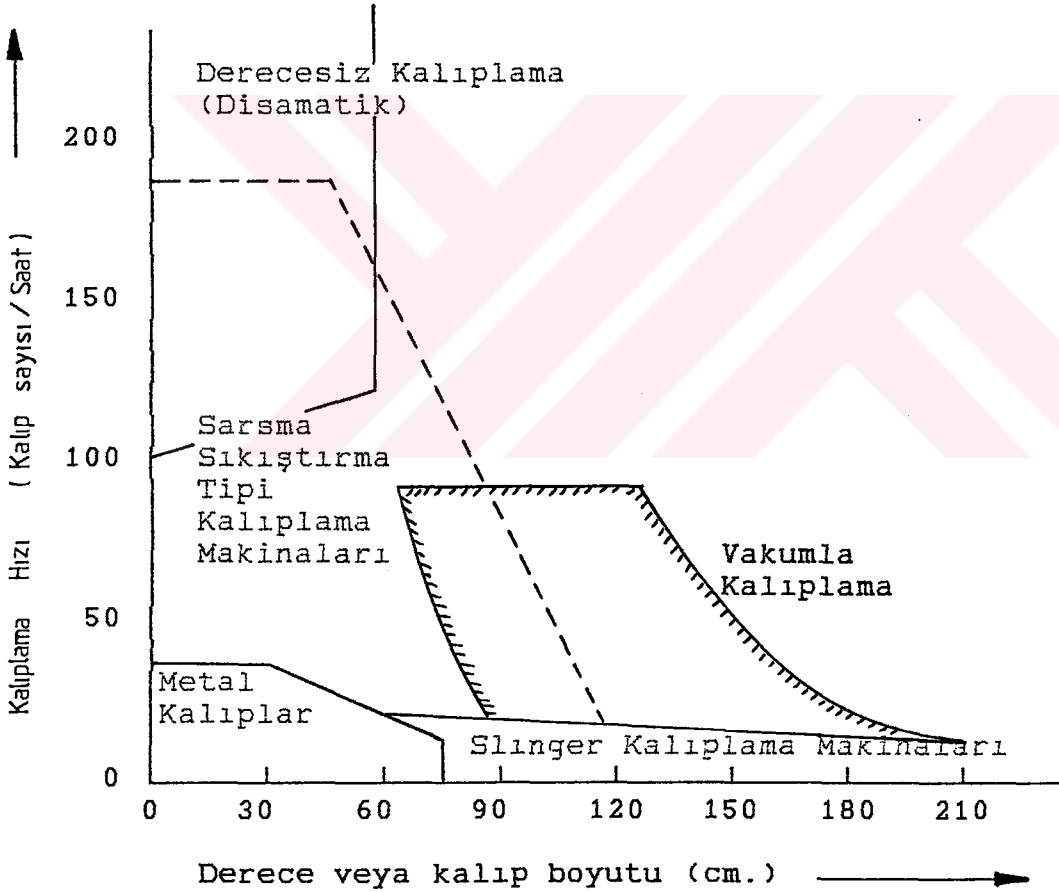
Vakumla kalıplama yönteminde kullanılan dereceler, diğer kalıplama yöntemlerinde olduğu gibi kalıplama kumunun sıkı bir şekilde bir arada durmalarını sağlarlar. Bu dereceler ile klasik yöntemlerde kullanılan dereceler arasındaki temel fark, yalıtılmış kenarlar ve kalıptan tahliye edilen havanın içinden geçtiği vakum odalarıdır (Şekil 14).



Şekil 14. Vakumla kalıplama yöntemindeki derece konstrüksiyonu /1/.

Kullanılan birçok yöntemde derece odasının iç cidarları ızgara ile çevrilmiştir. Bu şekilde kumun hareketine izin verilmezken havanın kalıp bölgesinden hareketine olanak sağlanır. Izgara, 0.20 - 0.25 mm. çaplarındaki hava delikleri üzerine 30 ile 250 kare gelecek şekilde, Alman paslanmaz çelik tellerin çapraz örülmesi ile oluşturulmuştur. Gerekli olan ızgara alanı miktarı direk olarak derece hacmi ile orantılıdır. Gerekli olan bu ızgara alanının doğru bir şekilde tayini için V-Yönteminde kullanılan lisanslı bir formül vardır.

Vakum hortumlarına bağlantı için derecelerin her biri üzerine monte edilmiş olan bir veya iki vakum giriş ağızı vardır. Bazı dereceler köşelerine yakın kısımlarda vakum odacıklarına direk bağlantılı 50.8 mm.'lik giriş ağızına sahiptir.



Şekil 15. Çeşitli kalıplama yöntemlerinde kullanılan derece (veya kalıp) boyutları ile kalıplama hızları /4/.

Gerek elle kalıplama düzeneklerinde, gerekse de tam otomatik düzeneklerdeki donanımları, kullanım kolaylığı, daha çok sayıda parça kalıplayabilme ve ekonomiklik açılarından geliştirmek için dünyadaki pek çok firma çaba sarfetmektedir.

Bu arada modellerin ve derecelerin en ekonomik boyutlarının bulunması için de deneyler yapılmaktadır. Şu anda kullanılan vakum kalıplama derece boyutları, diğer kalıplama yöntemleri ile kıyaslamalı olarak kullanılan kalıplama hızları ile birlikte şekil 15 'de görülmektedir /3,4/.

2.3.4. Plastik Film:

Vakumla kalıplama yönteminde döküm boşluğu ile, alt ve üst kalıp yüzeyleri ince bir termoplastik film tarafından şekillendirilmektedir. Bu nedenle uygun plastik filmin seçimi ve özellikleri yöntemin başarısı için çok önemlidir. Kullanılacak termoplastik filmin bazı özellikleri taşıması gereklidir. Bunlar;

- Ucuz olması,
- Mükemmel şekillenebilmesi,
- Yandığında az gaz oluşturmaması,
- Oluşan gazların zehirli olmaması,
- Yüzey kararlılığıdır.

Plastik film Polyethylene ve ethyl-vinylacetate (EVA) nın polimerizasyonudur. Kullanılan plastik film bu iki elemandan oluşur ve kalınlıkları 0.077 - 0.178 mm. arasında olup, içerdiği EVA miktarı %14 - %18 arasındadır.

Plastik film aşağıdaki yöntemle model üzerine kaplanmaktadır. Film, ısıtıcıdan 152.4 mm. uzaklıktaki tahta bir çerçeveye tespit edilir ve hafifçe yumuşatılması sağlanır. Daha sonra plastik film model üzerine yerleştirilir ve film ile model arasındaki hava, vakum vasıtası ile hareket ettirilir. Film üzerine etkiyen atmosferik basınç, filmin modeli çepeçevre sarmasını sağlar.

0.077 - 0.101 mm. gibi düşük kalınlıklardaki film, aynı zamanda düşük oranda EVA içerir ve sert bir iç yapıya sahiptir. Bu plastik film, basit şekilli modeller üzerinde herhangi bir keskin kenar ve kabarcık oluşturmada rahatlıkla kullanılabilir. Bununla birlikte sadece basit şekilli modellerin üzerini örtmek için kullanılmalıdır. Karmaşık şekilli modeller plastik filmin yırtılmasına sebep olabilir.

Diğer tip plastik film yani 0.127 - 0.177 mm. kalınlıkları arasında olan ve daha fazla EVA içeren film, yüksekliği fazla olan modellerin kaplanmasında kullanılabilir. Yüksekliği maksimum 584.2 mm. olan modeller bu film ile kaplanmaktadır. Daha yüksek oranda EVA içeren ve daha kalın olan plastik filmler, yüksekliği daha fazla olan modellerin kaplanmasında kullanılabilir. Çünkü; artan ısı muhafaza kabiliyeti, filmin herhangi bir yırtılma olmadan model üzerini hassas bir şekilde kaplamasına olanak sağlamaktadır.

Kalın plastik filmlerin kullanılması sırasında karşılaşılan en önemli sorun filmin model üzerine tam olarak kaplanamamasıdır.

Diğer bir problem ise plastik tabakaların muhafaza sürecinde karşılaşılan zayıf fiziksel şartlardır. Plastik film tabakaları ısıtılıp büyük deliklere doğru gerildiğinde, üzerlerinde küçük deliklerin olduğu görülmüştür. Bu durum filmin bozulmasına neden olmaktadır.

Sonuç olarak bazı problemleri olmasına rağmen yüksek oranda EVA içeren kalın plastik filmler uygun görülmektedir. Bu plastik film model seçiminde daha fazla esneklik sağlar ve model üzerine gerilmesi sırasında daha az problemlere neden olur.

Plastik film, oluşturulan kalıp boşluğunun iç yüzeyini teşkil eder. Bundan dolayı kalıbın en önemli kısımlarından biridir. Plastik film model üzerine kaplanmadan önce model yüzeyinde bulunan kir, kum tanecikleri ve diğer elemanların temizlenmesi gereklidir. Plastik film model üzerine gerildiğinde, model yüzeyinde bulunan herhangi bir yabancı eleman, döküm parçası yüzeyinde hatalara sebep olmaktadır.

Plastik film genellikle model üzerine sanki sıvanmış gibi kaplanır ve bu kaplama işlemi herhangi bir yırtılma olmaksızın elle yapılır. Model şekline ve montaj durumuna göre plastik filmin bazı bölümlerinde inceltme yapılabilir. Bu durum bazen plastik filmin yırtılmasına sebep olabilir.

Plastik filmdeki yırtılma aşırı değilse yapışkanlı şeritlerden oluşan yama ile veya küçük plastik parçacıklarının yırtık üzerine ilavesi ile onarılabilir. Onarım işleminde, plastik yama ve şerit civarında emilen havanın tamamen durdurulması için yırtılan bölge tamir edilirken son derece dikkat gereklidir. Eğer yırtılmış olan bölge önemli bir yerde değilse, yamama işlemi metal bölgesinde olduğu kadar önemli değildir. Vakum altındaki yırtılmış olan bölgenin büyük olmaması gereğinin temel sebebi, plastik filmin döküm esnasında sıvı metalin sadece birkaç milimetre önünde buharlaşmasıdır. Onarım esnasında plastik film yerine şerit kullanıldığında, yapışkanlı şerit plastik filmde daha çabuk buharlaşacak ve sonuçta plastik film bir vakum kaybına neden olarak kalıpta çökmelere sebebiyet verecektir. Bu durum yapışkanlı şeritin bileşim bakımından plastikten farklı olmasının sonucudur /3,4/.

Vakum Altındaki Özellikler:

Isıtılan plastik film model üzerine kaplanmıştır. Döküm esnasında, sıvı metal plastik filmi tekrar ısıttığında, film bir büzülme ve eski haline dönme meyline sahip olur. Aşırı ısısal büzülmeye izin verilmemelidir. Çünkü, ergimiş metal kalıp boşluğunun bir ucundan doldurulur ve film tahrip edilir. Kalıp boşluğunun diğer ucundaki plastik film ise büzülmeden dolayı kaybolabilir. Bu durum da sadece vakum basıncı ile tutulabilen açıkta kalmış kum taneleri oluşacaktır.

Yüzey Düzgünlüğü:

Plastik film aşırı miktarda ısıtıldığında erir ve kum yüzeyinden içeri doğru nüfuz eder. Bu durumda sanki bir kum bağlayıcısı gibi görev yapar. Bu yüzden plastik film, sıvı metalin katılaşma zamanından daha fazla bir çalışma zamanına sahip olmalıdır. Bu şekilde yüzeyde oluşabilecek metal penetrasyonu ve kum kalıntıları gibi hatalar önlenmiş olacaktır. Bu sebepten dolayı plastik film kum yüzeyinden içeri doğru yavaş bir şekilde ve mümkün olduğu kadar sığ derinliklere nüfuz etmelidir.

Isısal Ayırışma (Bozulma):

Isı etkisinden dolayı plastik filmde açığa çıkan gazlar mümkün olduğu kadar minimum ve insan sağlığına zararsız olmalıdır. Bu koşulların maksimum derecede sağlanması için mümkün olduğu kadar ince ve üniform kalınlıkta plastik film kullanılmalıdır.

Isısal Kararlılık Testleri:

Yukarıdaki şartları sağlamak amacı ile, üç değişik reçineden üretilmiş olan plastik filmlere ısısal kararlılık testleri uygulanmıştır.

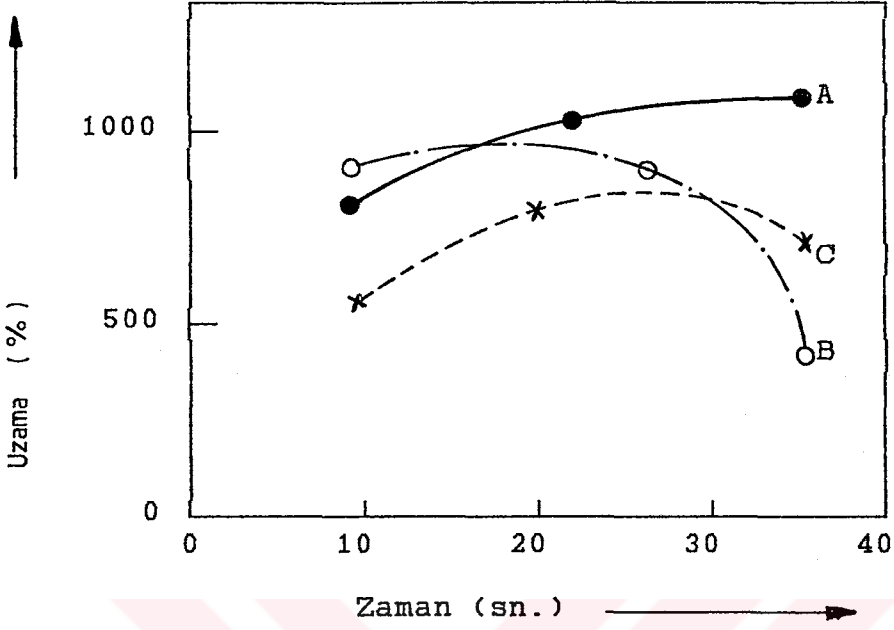
- Ionemer reçineler
- Vinylacetate ve Polyethylene'in polimerizasyonu olan reçine (EVA)
- Düşük yoğunluklu Polyethylene reçine (LDPE)

Açığa çıkardığı Chlorine gazından dolayı Polyvinyl Chloride (PVC) dikkate alınmamıştır.

Bu testler, 20 mm. genişliğinde, 50 mm. uzunluğunda ve 100 micron kalınlığındaki filmlere uygulanmıştır.

Test örnekleri uzama deneylerine tabi tutularak, 400 °C (752 °F) sıcaklıktaki ısıtıcıdan 200 mm. uzaklıkta 10 -40 saniye ısıtılmıştır. Daha sonra 30 mm/saniye'lik bir çekme hızı ile gerilmiştir. Şekil 16 'da Ionemer reçinedeki uzamanın diğer ikisinden daha kararlı olduğu görülmektedir.

Daha sonra kalıplar bu üç filmin ayrı ayrı kullanımı ile hazırlanmış ve sıvı metal kalıp boşluğunun 1/3 ünü dolduracak şekilde kalıba dökülmüş ve inceleme için üst derece kaldırılmıştır.



Şekil 16. Isıtılan filmdeki uzama.
A-Ionomer; B-EVA; C-LDPE /5/.



A- Ionomer

B-EVA

C-LDPE

Şekil 17. Dökümden 7 saniye sonraki üst derece yüzeyi /5/.

Şekil 18, plastik filmin erimesinden buharlaşmasına kadar geçen süreyi göstermektedir. Burada Ionemer reçinenin diğerlerine göre daha uzun sürede buharlaştığı ve aynı zamanda yüzey düzgünlüğünün daha iyi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Ionemer reçine termoplastik bir reçine olduğundan kalıpların seri imalatında yetersiz olduğu göz önünde tutulmalıdır.

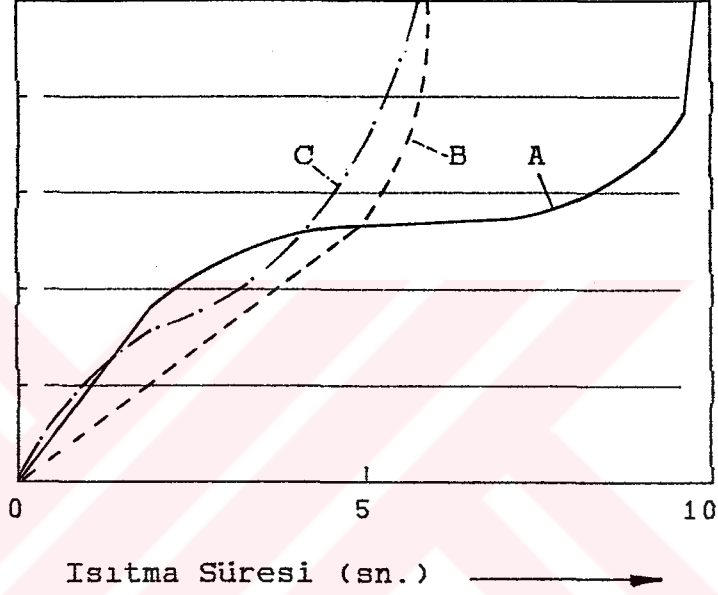
Kumun Açıkta
Kalması

Filmin Dağılması

Filmin
Kömürleşmesi

Filmin Renk
Değiştirmesi

Filmin Yumuşaması



Şekil 18. Isı uygulanması sonucu plastik filmin durumu /5/.
A- Ionomer; B-EVA; C-LDPE.

Tablo 2'de değişik kalıp astarlama uygulamalarından sonra döküm parçalarının yüzey ve alt yüzey şartları görülmektedir. Test parçaları 300 mm. uzunluğunda, 100 mm. genişliğinde ve 10 mm. kalınlığındaki dökümlerdir. Alt yüzeydeki kum ve gaz hatalarının kontrolü için yüzey 2 mm. derinliğinde frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Bu tablo, özellikle astar kalınlığının 5 -40 micron olduğu durumlarda Ionomer reçine ile kaplanmış olan kalıp yüzeyinin büyük ölçüde stabil olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Ionomer reçine film üzerine uygulanan astar kalınlığı ve döküm parçalarındaki hatalar /5/.

No	Astar Kalınlığı (Mikron)	Yüzey Kalitesi	Kum izi hatası	Hortumlardaki üfleme hatası
1	1	Biraz Pürüzlü	10	0
2	2	iyi	1	0
3	5	iyi	0	0
4	10	iyi	0	0
5	15	iyi	0	0
6	20	iyi	0	0
7	40	iyi	0	0
8	50	iyi	0	1
9	75	iyi	0	1
10	100	iyi	0	1
11	110	Kaplumbağa kabuğu gibi çizgili	0	2

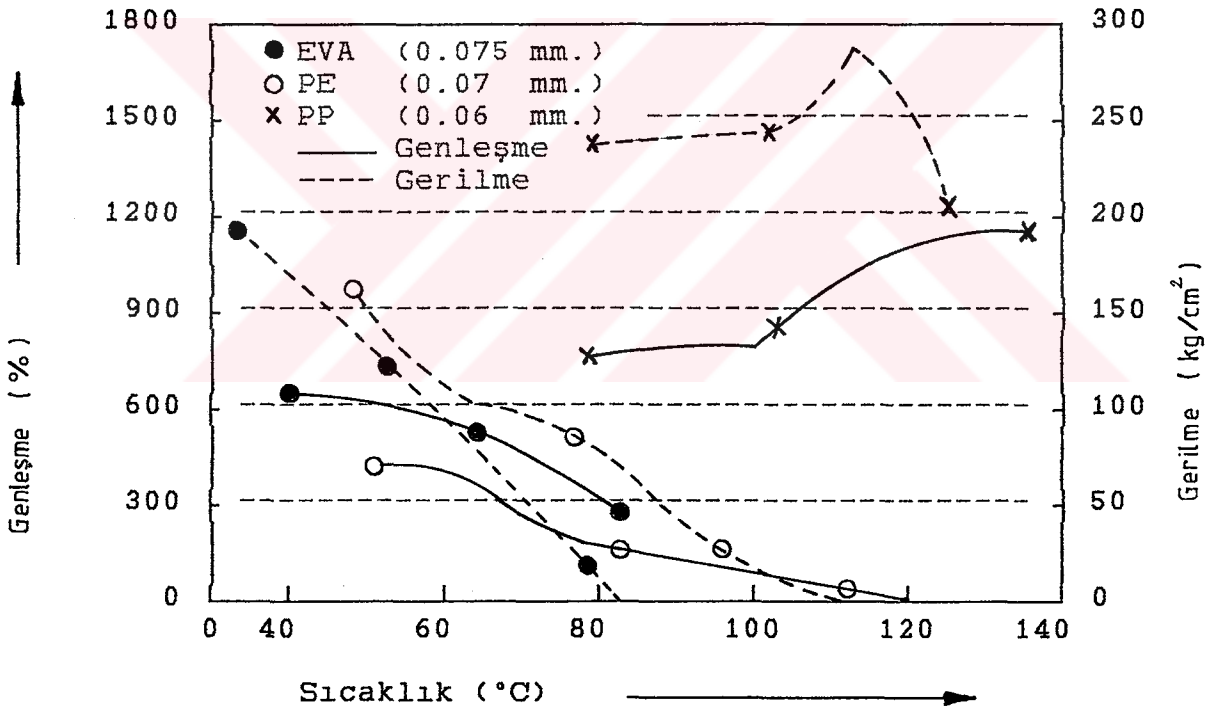
Bu uygulamanın genellikle bütün döküm parçalarına uygun olduğu henüz doğrulanmamıştır. EVA 'nın standart kullanımı yani bir kalıp astarı ile birlikte kullanımı ile kıyaslandığında, bu tekniğin dezavantajları; Çok ince kum gerektirmesi ve filmin oldukça pahalı olmasıdır. Uygulamalarda karşılaşılan avantajlar ise, kalıplama çevriminin azaltılabilmesi, dökümün oldukça kolay olması, kum ömrünün arttırılması, film kalınlığının yaklaşık %50 azaltılması ve döküm parçalarının kalite açısından süper olmasıdır.

2.3.4.1. Plastik Filmin Genleşme Ve Mukavemet Özellikleri:

Vakumla kalıplama yönteminde polietilen (PE), Polipropilen (PP), Etilvinil asetat (EVA), Polivinil klorür (PVC), Polivinil alkol (PVA) ve Polistrol (PS) türü filmler üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Bu filmlerden Polivinil klorür, ergime sırasında zararlı klor gazı çıkışından dolayı kullanılmamaktadır. Polivinil alkol ise nem absorblama özelliğine sahip olduğu gibi ısı karşısında da kararlı bir davranış göstermemektedir.

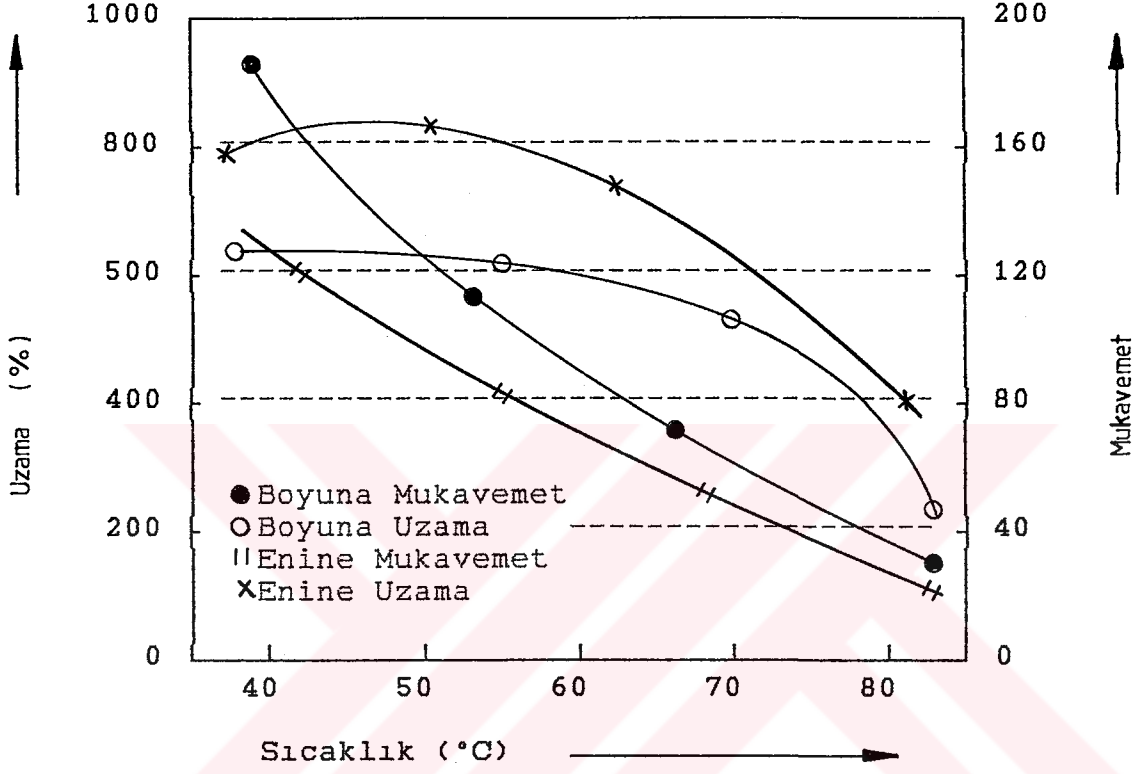
EVA, 100 °C'nin altındaki sıcaklıklarda çok düşük bir kuvvet uygulandığında en fazla genleşme yüzdesini vermektedir. Bunun sonucunda EVA'nın şekillendirilmesinde küçük bir kuvvetin yeterli olduğu anlaşılmaktadır. EVA, esasen %15 - 20 etil vinil asetat içeren bir kopolimerdir. Vinil asetat miktarı arttıkça filmin yumuşama özelliği artarken, bu miktar daha az olduğu taktirde kırılğanlık görülmektedir. Ayrıca bazı ilaveler yapılarak EVA'nın ısınma hızında bir artış sağlanabileceği ileri sürülmektedir. Şekil 19'da da görüldüğü gibi yüksek sıcaklık uygulamalarında Polietilen ve Polipropilen iyi bir uzama özelliği vermektedir.



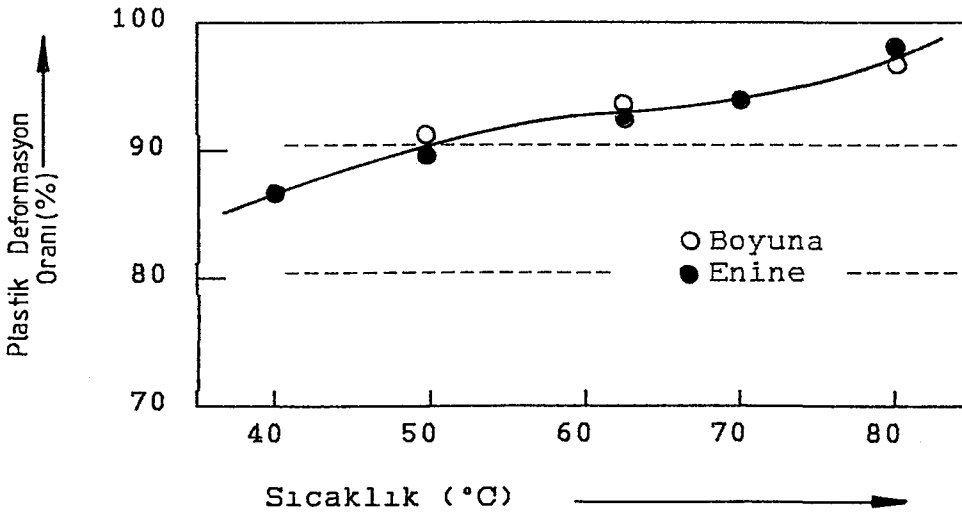
Şekil 19. Çeşitli plastik filmlere ait sıcaklık-genleşme yüzdeleri /4/.

Şekil 20'de 0.075 mm. kalınlıktaki EVA'nın, değişen sıcaklıklarda uzama ve mukavemet değerleri verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi EVA 50 - 60 °C 'de maksimum bir uzama göstermektedir. Ancak artan sıcaklık ile bu değer önemli ölçüde azalmaktadır.

Şekil 21'de ise yine aynı kalınlıktaki EVA için sıcaklığa bağlı olarak plastik deformasyonun değişimi görülmektedir. Sıcaklık artışına bağlı olarak deformasyon oranı artmakta, ancak filmin mukavemeti azalmaktadır.



Şekil 20. 0.075 mm. kalınlıktaki EVA 'ya ait sıcaklık - % uzama - mukavemet ilişkisi /6/.



Şekil 21. Sıcaklık - % deformasyon ilişkisi /6/.

Sekil 20 ve 21'den de görüleceği gibi EVA için en uygun kullanım sıcaklığı 60 °C civarında olmaktadır. Termoplastik filmin kalıplama sıcaklığı düşük ancak bu sıcaklığın, kullanılmış kumun kalıplama anındaki sıcaklığından yüksek olması gerektiği unutulmamalıdır.

2.3.4.2. Sıvı Metalin Kalıba Dökümü Sırasında Plastik Filmin Davranışı:

Vakumla kalıplama yönteminde kalıp, düşük sıcaklıkta eriyen ve buharlaşan bir plastik filmle kaplandığından akla gelen ilk soru, yüksek döküm sıcaklığındaki ergimiş metalle karşılaşan filmin davranışının ne olduğudur. Bunu saptamak amacıyla çeşitli araştırma enstitülerinde ve bu yöntemi geliştiren firmalarda yapılan deneyler sonucunda şunlar görülmüştür.

Sıvı metalle karşılaşan plastik film, vakum etkisi ile yanmayarak hemen buharlaşmakta ve kalıp içlerine doğru ilerleyen plastik film buharları orada soğuyarak ve yoğunlaşarak kum tanecikleri ile birlikte yüzeyde yoğun-katı bir kabuk oluşturmaktadır. Bu kabuk zaman içinde kalıp yüzeyinden ayrılarak içerilere doğru ilerlemekte ve ilerleyiş esnasında kabuk kalınlığı artmaktadır. Böylece kalıp metal ara yüzeyindeki kum, tekrar orijinal temiz kuma dönüşmektedir. Plastik filmin kumla temas eden yüzeyinin özel bir astar malzemesi ile kaplanması durumunda, erimiş ve buharlaşmış olan filmin bu örtü maddesi içinden de geçerek kalıp içinde ilerlediği görülmüştür. Uygulanan astar ise, kalıp yüzeyinde kalarak kum taneciklerinin metalle karşı karşıya kalmasını önlemiştir.

Kalıp yüzeyindeki erimiş film katmanının kaybolma süresini yavaşlatmak için daha kalın bir film kullanılması mümkündür. Fakat kalın film, daha çok buhar ve ergimiş metal yüzeyinde daha çok olumsuz etki demektir. Ayrıca kalın plastik film kullanılması doğal olarak ekonomik de değildir. En uygun ve dolayısıyla en çok kullanılan film kalınlığı 0.05 - 0.1 mm. arasında değişmektedir.

2.3.5. Kalıp Astarları (Yüzey Örtü Malzemeleri):

V-Yönteminde kullanılan yüzey örtü malzemeleri model ile temas eden plastik film yüzeyine uygulanır. Model üzerine derecenin yerleştirilmesi ve kum doldurma işleminden önce yüzey, kalıp astarı ile kaplanmaktadır. Test edilmiş olan üç türlü yüzey örtü malzemesi vardır.

- Refrakter silika (SiO) ihtiva eden klorlanmış hidrokarbon,
- Refrakter zirkon (ZrSiO) ihtiva eden su esaslı sıvı,
- Refrakter silika (SiO) ihtiva eden alkol esaslı sıvı.

ilk kullanılan yüzey örtü malzemesi klorlanmış hidrokarbon dur. Elde edilen sonuçlara göre, üniform miktarda sprej plastik film üzerine tatbik edildiğinde astarlama işlemi sonucunda çok iyi bir döküm yüzeyi elde edilmiştir. Astarlama işlemindeki temel sorun, astarlamanın üniform olmaması ve aşırı spreyleme durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu durum oluştuğunda, taşıyıcı yani klorlanmış hidrokarbon plastik filmi fiziksel olarak etkilemekte ve sonuç olarak döküm yüzeyinde açıkça görülen, plastik filmin sert bir şekilde bel vermesidir. Bu astarlama ile ortaya çıkmış olan diğer bir sorun ise, çözücünün hızlı bir şekilde buharlaşmasından dolayı sprej donanımlarındaki tıkanmadır.

Uygulanmış olan diğer bir kalıp astarlama şeklide, su esaslı zirkonla yapılan astarlamadır. Fakat daha sonra bu yöntemin elverişli olmadığı görülmüştür. Su taşıyıcının filme tutunamamasından dolayı bu çeşit astarlama tekrar kullanılmamıştır.

Sürekli kullanılan astarlama, refrakter silika içeren alkol esaslı yüzey örtü malzemesi ile yapılan astarlamadır. Burada işlem, sprej donanımlarının kullanımı ile düzgün bir tarzda model üzerine uygulanır. Astarlama işlemi esnasında sprej tabancasında herhangi bir tıkanma söz konusu değildir ve elde edilen döküm parçalarının yüzey kalitesi oldukça iyidir. Bu çeşit astarlamanın en büyük dezavantajı, hava koşullarına bağlı olarak kalıp başına 3 - 7 dak. tutan kuruma zamanıdır. Klasik ısıtıcıların kullanımı ile bu kurutma süresi azaltılabilir ve dolayısıyla daha iyi çalışılabilir bir üretim koşulları sağlanabilir /3/.

2.4. Kum Vibrasyonu:

Vakumla kalıplama yönteminde vakumun uygulanmasından önce kum yığınının kitle yoğunluğunu yükseltmek için kalıbı titreştirmek uygundur. Titreşim uygulamasından sonra kalıp içerisindeki kum, boş kısımları doldurarak kalıbın daha sert olmasını sağlamaktadır. Uygulanan titreşim frekansı ve genliği, kumun sıkışma derecesini dolayısı ile kalıbın sertliğini etkilemektedir.

Kalıp yoğunluğu veya kalıp sertliği vibrasyondan önce yani sadece vakum etkisi ile 50 - 75 arasında değişir. Yaklaşık olarak 90 saniyelik vibrasyondan sonra kalıp sertliği 90 -95 mertebesine ulaşır.

Vibrasyonla ilgili olarak oluşabilecek bir sorun kum kaçaklarıdır. Vibrasyon kumun gevşemesine neden olur ve eğer ara yüzeyler sıkı değilse kum derece ile model plakası arasından dışarı sızacaktır. Düşük sıkılık, sızıntı bölgelerinin oluşmasına neden olur.

2.5. Maçaların Yerleştirilmesi:

Vakumla kalıplama yönteminde maçaların yerleştirilmesi yaşı kum kalıplamaya göre daha önemlidir. Maça yerleştirilirken kalıp yüzeyindeki plastik filmin yırtılmamasına büyük özen gösterilmelidir. Maçaların dikkatsiz bir şekilde yerleştirilmesi durumunda, plastik film yırtılabilir veya çentikli bir hal alabilir. Yırtılan plastik film eğer önemli bir bölgede ise hava sızmalarına karşı tamir edilmelidir.

Sıcak maçalar, kalıp yüzeyindeki plastik filmi olumsuz yönde etkilerler. Maçaların sıcaklığı 52 - 54 °C (125 - 130 °F) den fazla ise plastik film eriyecek ve kalıp vakum kaybederek bozulacaktır.

Vakumla kalıplama yönteminde üst dereceye çakılmış olan maçaların kullanımı iyi sonuçlar vermektedir. Bugüne kadar kullanılmış olan maça tipi, ağırlığı 0.45 Kg. civarında olan başı kesik maçalardır. Maça üst derecede uygun bir yere yerleştirilir ve plastik filmden geçmek sureti ile kalıba çivilerle monte edilir. Çiviler plastik filmin yerini alır ve dolayısıyla kalıpta önemli bir vakum kaybı meydana gelmez. Bununla birlikte plastik filmin içinden geçmiş olan çivilerden birisinin yeri dahi değiştirilmemelidir. Aksi taktirde vakum kaybı meydana gelecek ve kalıpta bozulmalar olacaktır.

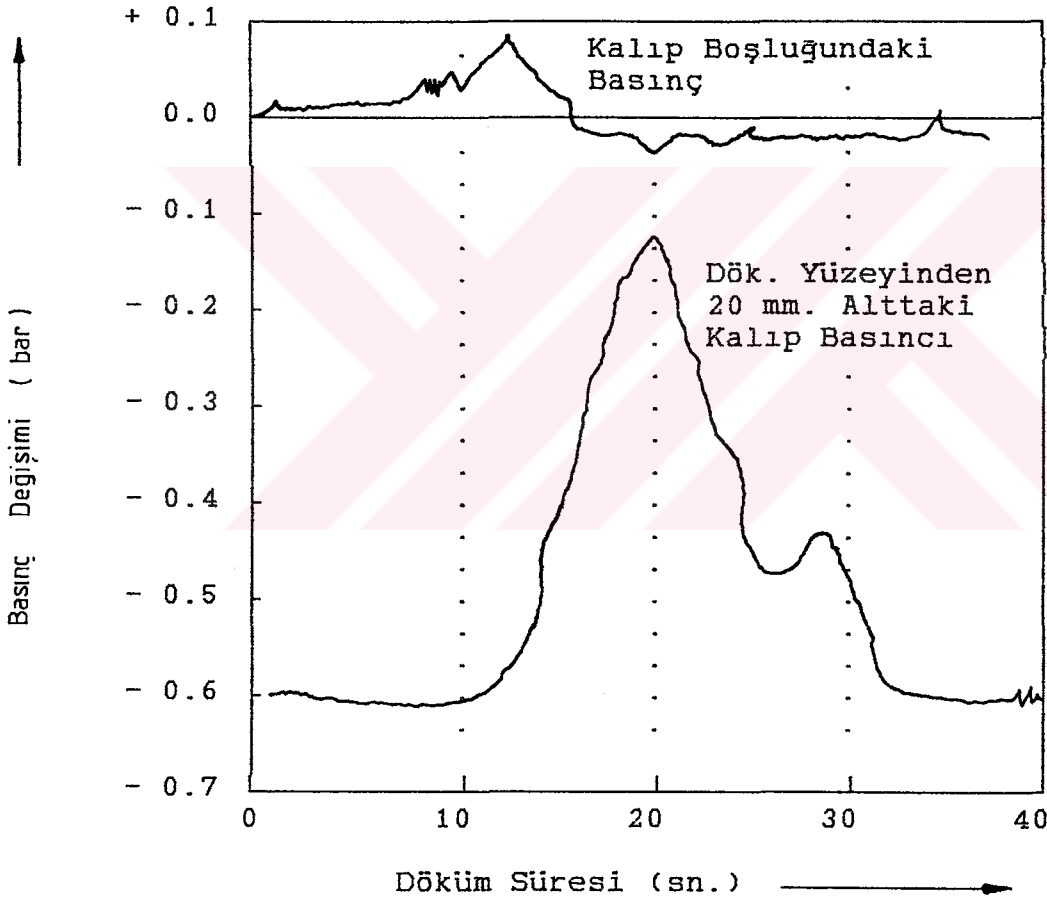
2.6. Yolluk Sisteminin Dizaynı:

Vakumla kalıplama yönteminde düşük katılma hızı olduğundan dolayı, döküm boşluğunun mümkün olduğunca süratli bir şekilde doldurulabileceği yolluk sisteminin dizayn edilmiş olması gereklidir. Daha önce de anlatıldığı gibi V-Kalıplama yönteminde kalıp yüzeyi plastik bir film ile kaplıdır. Bu plastik film, ergimiş metalle temas ettikten sonraki kısa bir süre içinde ergiyerek buharlaşır. Bu nedenle de kalıp, sıvı metalin boşaltılmasının ilk anında herhangi bir geçirgenliğe sahip değildir. Dolayısıyla kalıbın, filmden buharlaşacak gazların ve kalıp boşluğundaki havanın uzaklaştırılmasını sağlayacak kanallarla donatılmış olması gereklidir. Gerek çıkıcılar gerekse bu kanallar, dökümün ilk anında oluşacak herhangi bir gazın kolaylıkla atmosfere çıkabilmesini sağlarlar. Böylece kalıp boşluğunun doldurulmamış bölgeleri her zaman atmosferik basınçta kalır. Eğer bu sağlanamazsa kalıp boşluğu ve kum arasındaki basınç farkı azalacağından kum kalıp dağılabilir. V-Kalıplama yönteminde dökümlerin yolluklandırılması, hava kanalları ve çıkıcı uygulamalarında bu noktaya özellikle önem verilmelidir.

V-Kalıplamada, döküm boşluğunun olabildiğince çabuk doldurulabileceği ve hava kanalları ile çıkıcılarının da, döküm boşluğunun doldurulmamış kısımlarını her zaman atmosferik basınçta tutabilecek şekilde yerleştirilebileceği bir yolluk dizaynı gereklidir.

Yani vakumla kalıplama yönteminde daha iyi sonuçlar elde etmek için yolluk sisteminin basınç oluşturmeyan tipten olması gerektiği unutulmamalıdır.

Döküm işlemine başlandığında plastik film buharlaşarak gaz oluşumuna sebebiyet verecektir. Gerek bu gazlar gerekse kalıp içerisindeki hava kum taneleri arasından geçerek uzaklaşır. Bununla birlikte tersine olarak, bu aşamada besleyici atmosferik havayı kalıp deliğine doğru çekmektedir. Şekil 22 'de V-Kalıplama yöntemi ile oluşturulan bir kalıp içerisinde, döküm işlemi sırasında besleyici boyunca giren ve çıkan havanın durumu görülmektedir.



Şekil 22. V-Kalıplama da döküm sırasındaki basınç değişimi.

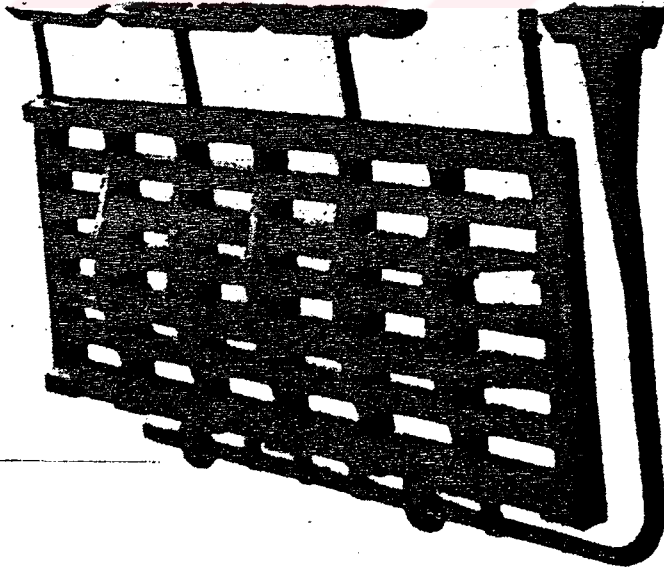
Besleyicinin bulunmadığı bir durumda, kalıp boşluğundaki basınç, kalıbın içerisindeki basınca benzer olarak negatif basınca doğru gider. Daha sonra kalıbın mukavemeti birden düşmektedir. Çünkü kalıbın mukavemetini sağlayan gerekli basınç farkı düşüktür. Besleyiciler, dökümün ilk anında oluşacak herhangi bir gazın kolaylıkla atmosfere çıkabilmesini sağlarlar.

2.7. Döküm:

Kalıpların hazırlanıp kapatılmasından sonra, metalin kalıba dökümü esnasındaki sıçramalar neticesinde oluşabilecek yanmaları önlemek için plastik filmin üst tarafı kum ile örtülür. Döküm sırasındaki vakum kaybı yaklaşık olarak 0.03 - 0.06 bar. arasındadır. Bu düşüştan fazla bir düşme görülürse sızıntılar için kalıp tekrar gözden geçirilmelidir.

Döküm işlemi mümkün olduğu kadar çabuk ve sürekli bir şekilde olmalıdır. Sıvı metalin kalıp boşluğuna doldurulması işlemine kısa bir süre içinde olsa ara verildiğinde metal arayüzeyinde buharlaşan plastik film kalıbın bozulmasına sebebiyet verecek kadar bir vakum kaybına neden olabilir. Kalıp daha tamamen doldurulmadan önce plastik filmin ergimesiyle, kalıp içerisindeki kum taneleri arasından emilen hava hacmi artar ve kalıp boşluğundaki basınç azalarak kalıp bozulur. Bunun sonucunda ergimiş metal serbest kalan kumla doğrudan doğruya karşı karşıya kalacağından kum inklizyonları gibi bazı döküm hatalarına sebebiyet verebilecektir.

Vakumla kalıplama yönteminde kalıp yüzeyini örten plastik film sürtünme direncini önemli miktarda düşüreceğinden sıvı metalin kalıp içerisindeki akıcılığı çok yüksek olmaktadır. Bunun dışında bağlayıcı madde kullanılmadığından şiddetli gaz basıncı oluşmamaktadır. Bu basıncın olmaması da sıvı metalin kalıp içerisindeki akıcılığını artırmaktadır.



Şekil 23. Düşey bölünmeli kalıplama kutuları ile kalıplanmış izgara tipi bir döküm parçası ve yolluk sistemi/7/.

Sıvı metal kalıba döküldükten sonra katılaşınca kadar yeterli bir vakumun kalıp üzerine etkimesi gereklidir. Kalıp üzerine etkiyecek olan vakum süresi miktarı direk olarak parça kalınlığına bağlıdır.

Bugüne kadar elde edilen sonuçlara göre, uygulanması gereken vakum süresi, parçanın en kalın kısımlarında 25.4 mm. başına 5 dakika olarak bulunmuştur. Aynı tip parçalarda değişik vakum süresi uygulandığında, dökülen parçalarda boyutsal hatalar görülmektedir.

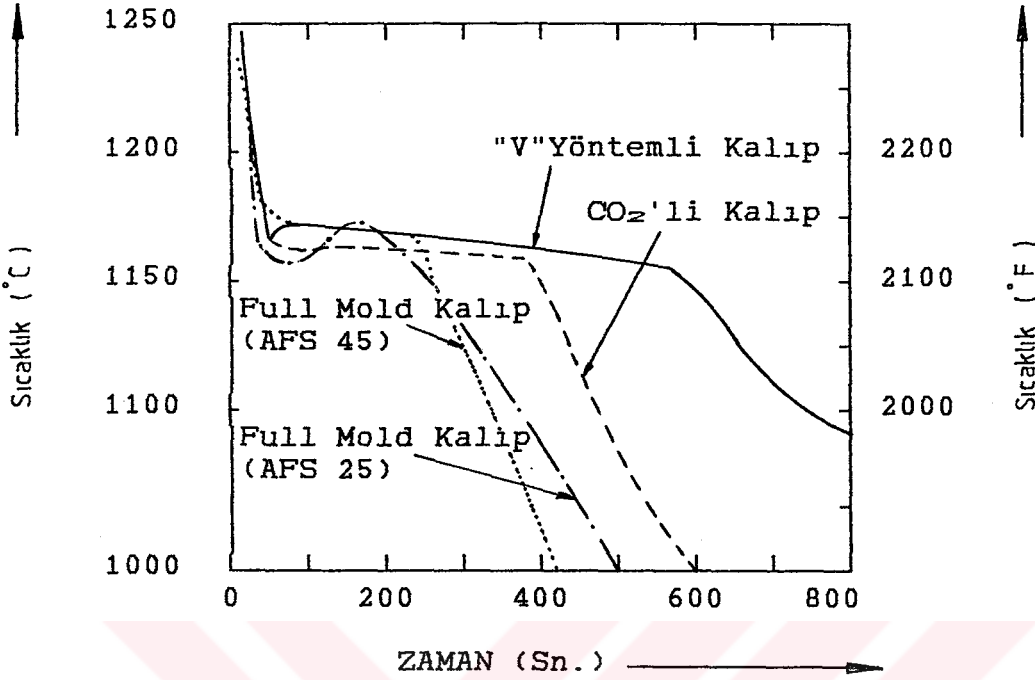
3. METALURJİK ÖZELLİKLER:

3.1. Soğuma Hızı:

Yapılan çeşitli karşılaştırmalı testler, tahmin edildiği gibi vakumla kalıplama yöntemi ile elde edilen dökümlerin soğuma hızlarının yaş kum kalıpla elde edilenlerden daha düşük olduğunu göstermiştir. Farklar, 1100 - 900 °C soğuma aralığında ve 30 mm. kalınlığındaki test parçaları için dakikada 6.5 °C ve 50 mm. kalınlığındaki test parçaları için biraz daha az, dakikada 3.5 °C olarak bulunmuştur. Sıvı metal kalıba boşaltıldıktan sonra dökümün dış kabuğunun ısısı hemen alındığından başlangıçta soğuma hızı nisbeten yüksektir. Çünkü metal, vakum etkisi ile kalıp duvarına sıkıca değmektedir. Ayrıca yaş kum kalıplama takniğinde var olan su buharı filmi oluşumu da yoktur. Bununla beraber kalıp herhangi bir nem içermediğinden kalıp cidarı ısınır ısınmaz soğuma hızı son derece düşer.

Soğuma hızına kalıp malzemesi bileşenlerinin (nemin, bağlayıcının, havanın olup olmaması ve kum cinsi) etkisini saptamak amacı ile aynı deney çubuklarının " Yaş Kum Kalıplama" , "CO₂ 'li Kalıplama" , "Vakum Kalıplama" , "Dolu Kalıplama" ile elde edilen soğuma hızları şekil 24 'de gösterilmiştir. Deney de termokupllar merkeze yerleştirildiğinden, yüzey sıcaklıkları saptanamamıştır. Deney sonuçlarında " Yaş Kum Kalıplama " ile " CO₂ 'li Kalıplama " nın ve silis kumu kullanılan " V-Kalıplama " ile zirkon kumu kullanılan " V-Kalıplama " nın soğuma hızları benzer bulunmuştur.

Vakumla kalıplamanın düşük soğuma hızı ile silis ve zirkon kumu kullanımı arasında fark olmaması çok ilginçtir. Elde edilen sonuçlar şu şekilde açıklanabilir. Vakumla kalıplama yönteminde kalıpta hiçbir nem yoktur, herhangi bir bağ yoktur ve hava dolaşımı yoktur. Bunların sonucu olarak da dökümün katılaşması sırasındaki ısı çıkışı esas olarak genleşen kalıp yüzeylerinden havaya veya kum taneciğinden kum taneciğine kumun içindeki diğer bölgelerdir.



Şekil 24. Çeşitli döküm yöntemleri ile elde edilen soğuma hızları. (Gri dökme demirden 5 cm. kesitli değişik açılı deney çubukları kullanılarak) Yaş kum kalıplardaki soğuma hızı, CO₂ 'li kalıplarla ve V-Yöntemli silis kumlu kalıplardaki soğuma hızı, V-Yöntemli zirkon kumlu kalıplardaki ile benzer bulunduğundan bir tek eğri ile gösterilmiştir /8/.

Dolu-Kalıp kalıplama (Full Mold) yönteminde de bağlayıcısız kum kullanılmasına karşın daha yüksek katılaşma hızı sağlanmıştır. Burada ısının hava dolaşımı ile dökümden alınmasına çok uygun bir ortam olduğu açıktır. Nitekim daha ince boyutlu kum kullanıldığında soğuma hızı düşmüştür. Yaş kum kalıpta olsun CO₂ 'li kum kalıpta olsun, dökümden ısının alınması yalnızca nemin buharlaşması ve diğer iki kalıplama yönteminin arasında bir geçirgenliğe (vakum ve dolu kalıplama) sahip olması ile değil, bağlayıcı elemanın olmasının radyasyonla ısı iletimini daha sürekli ve direkt yoldan sağlamasıyla da mümkün olmaktadır.

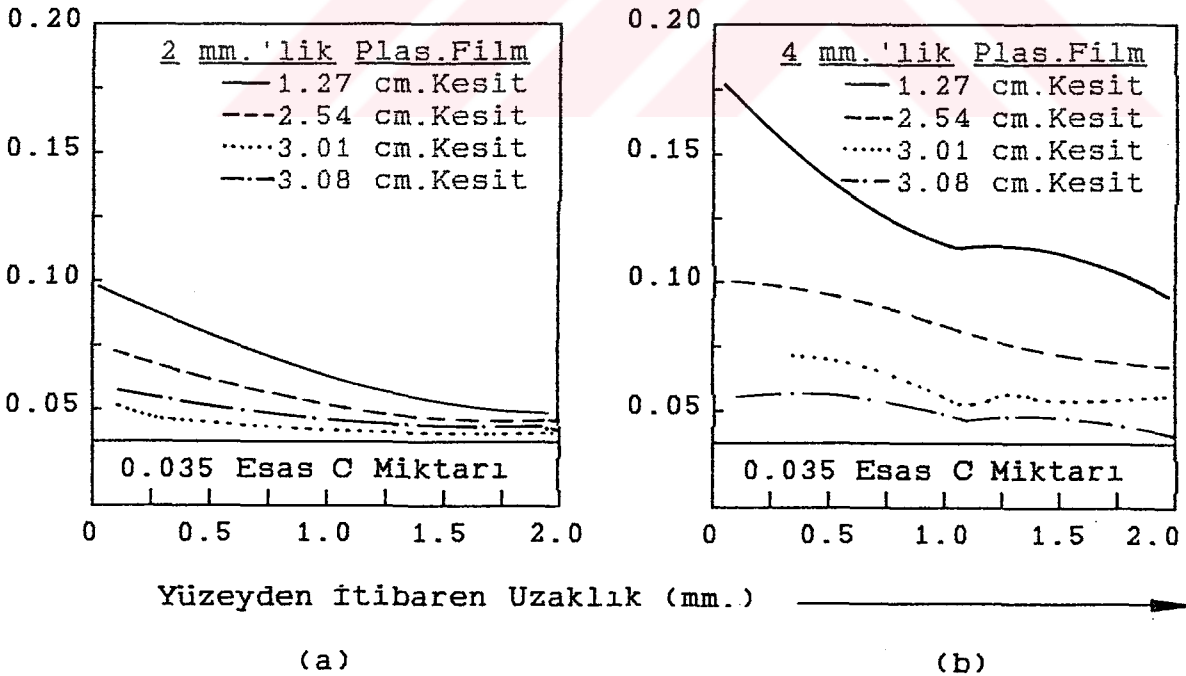
Vakumla kalıplama yönteminin düşük katılaşma hızı ve bunun sonucu olan yavaş soğuma, avantaj ve dezavantaj olabilir. Örneğin dökme demir malzemelerin dökümünde ince kesitler karbür oluşumu olmaksızın dökülebilir. Ayrıca düşük soğuma hızı, dökme demirdeki ötektik hücre sayısını azaltır. Diğer taraftan soğuma hızının düşüklüğü çok sayıdaki üretimde, özellikle de bir birimi şekillendirmede sınırlı sayıda derecenin olması, otomatik vakum kalıplama hatlarında bütün sistemi yavaşlatır.

Çelik dökümde ise düşük soğuma hızı beslemeyi kolaylaştırırken, ilave işlem gerektirecek segregasyon oluşumuna da sebep olabilir.

Vakumla kalıplama ve yaş kum kalıplama ile üretilen döküm parçalarındaki çekme mukavemeti, enine mukavemet ve sehım (deflection) değerleri karşılaştırıldığında, yüksek karbon ekivalanlı dökme demirler için her iki kalıplama yönteminin değerlerinin benzer olduğu, düşük karbon ekivalanlılar da ise V-Kalıplama değerlerinin daha iyi olduğu görülmüştür. Döküm sıcaklığının etkisi yalnız dökme demir için incelenmiş ve test sonuçları, düşük döküm sıcaklıklarında daha iyi özellikte dökümler elde edildiğini göstermiştir.

3.2. Döküm Parçası Yüzeyinde Karbon Artışı:

Bilindiği gibi koroziif ortamlarda kullanılabilecek paslanmaz çeliklerin karbon miktarının düşük olması gerekmektedir. Karbon miktarının düşük olması, çeliğin genel korozyon direncini ve kaynaklanabilme yeteneğini artırmaktadır. Ayrıca bir çok paslanmaz çeliklerde ve nikel esaslı alaşımlarda gerilimli korozyon çatlaklarını, oyuklanmayı (pitting) ve taneler arası korozyonu önemli ölçüde azalttığı da gözlenmiştir.



Sekil 25. Düşük karbonlu paslanmaz çelik dökümlerinde parça kesiti'nin ve plastik film kalınlığının yüzeydeki C artışına etkisi /8/.

a. Plastik film kalınlığı 2 mm.

b. Plastik film kalınlığı 4 mm.

Son yıllarda maça ve kalıplama kumlarında büyük oranlarda organik bağlayıcıların kullanılmasıyla, özellikle de çok düşük oranlarda karbon içeren çelik dökümlerinde parça yüzeyindeki karbon miktarı önemli ölçüde artabilmektedir.

Vakumla kalıplama yönteminde herhangi bir bağlayıcı kullanılmadığından kalıplama malzemesinden gelen zararlı bir etki yoktur. Fakat kullanılan plastik film organik bir malzemedir. Yapılan deneyler düşük karbonlu paslanmaz çelik dökümlerinde parça yüzeyinde önemli bir karbon artışının olduğunu göstermiştir. (şekil 23.) Ayrıca yüzeydeki karbon artış oranı, hem kullanılan plastik film hemde dökülen parça kalınlığı ile ilişkilidir. Kullanılan plastik film kalınlığı arttıkça ve dökülen parça kesiti incelidikçe yüzeydeki karbon artış oranı yükselmektedir.

Yüzeydeki karbon miktarı artışının sorun olduğu durumlarda, plastik film kalınlığı seçimi son derece önem taşımaktadır. Yüzeydeki karbon miktarı artışının önlenmesinde en etkili yöntem, astar uygulamasının yapıldığı ince plastik filmlerin kullanılmasıdır. Bu astar, buharlaşabilen bir kimyasal madde içinde süspanse halde bulunan refrakter toz karışımlarından meydana gelen özel boyaların, modele kaplanan plastik film üzerine püskürtülmesi veya fırça ile sürülmesi şeklinde uygulanır.

3.3. Vakumla Kalıplama Yöntemindeki Akıcılığın Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması:

Çeşitli döküm yöntemlerinde ergimiş metal, yolluktaki metal katılaşmadan önce kalıp boşluğunu dolduramazsa, metal kafi derecede akıcı değildir denir. Geniş anlamda akıcılık, sıvı metalin kalıp yolları içinden akabilmesi ve bütün kalıbı doldurabilmesi, dolayısıyla sıvı metalin bir özelliği olarak tanımlanır.

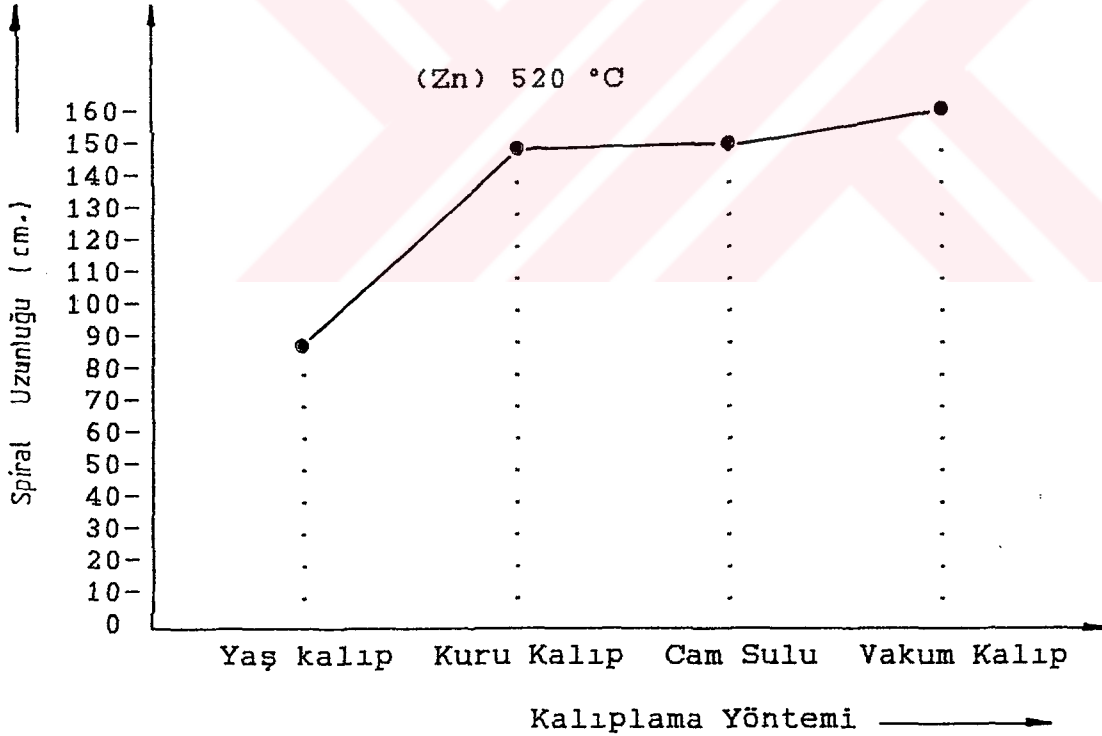
Akıcılık, kalıp doldurma kabiliyeti ile karıştırılmamalıdır. Kalıp doldurma kabiliyeti, kalıp boşluğunun her detayının ergimiş metal tarafından doldurulabilme kabiliyetidir. Akıcılık ise, doldurma kabiliyetini birçok yaklaşımla tamamlar. İyi akıcılık, ince kesitli ve keskin profilli parçaların dökümüne imkan verir.

Bir metal veya alaşımın akıcılığı, farklı bileşim ve sıcaklıklarda kalıbı doldurabilmesidir. Her metal ve alaşımın belirli bir kalıp doldurma sıcaklığı vardır. Ergimiş metal düşük sıcaklıklarda dökülürse kalıp içerisinde çabuk katılaşır ve ince kesitleri dolduramaz. Eğer metal çok aşırı ısıtılmışsa, yolluk sistemindeki ve kalıp boşluğundaki kum çok şiddetli aşınmaya maruz kalacak ve sonuçta da döküm parçası yüzeyi oldukça pürüzlü çıkacaktır.

Yapılan deneyler sonucunda vakumla kalıplama yönteminde elde edilen akıcılığın, diğer döküm yöntemlerine göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Aşağıda yapılan bir deney sonucunda döküm kalıplarında elde edilen spiral uzunlukları görülmektedir.

Metal	Döküm Sıc. (°C)	Spiral Uzunluğu (cm.)			
		Yaş Kalıp	Kuru Kalıp	Cam Sulu Kalıp	Vakum Kalıp
Zn	520	92	148.8	152	160



Şekil 26. Döküm kalıplarında elde edilen spiral uzunlukları /10/.

Yaş kum kalıplarda daha az spiral boyu elde edilmiştir. Nemli kumla dolu kalıp yüzeyinde devamlı bir buharlaşma mevcuttur ve yüzey devamlı soğuktur. Ergimiş metal soğuk yolluktan akarak spiral kanalında ilerlerken metal-kalıp ara yüzeyinde sıcak metalin çevresinde bir buhar filmi meydana gelecektir. Bu filmin etkisiyle sıvı metal hızla katılaşmış ve akıcılığı önemli oranda düşmüştür.

Kalıp yüzeyi incelendiğinde yüzeyin oldukça pürüzlü olduğu görülmüştür. Bentonit + su bağlayıcının kum tanelerini bağlama özelliğinden oluşan bu durum, deney parçasının yüzeyinin pürüzlü olmasından anlaşılmaktadır. Dolayısıyla kalıp nemi ve pürüzlülüğü akıcılığı büyük ölçüde azaltmıştır.

Kuru kum kalıpta ise yüzeyden içeriye doğru kalın ve nemsiz bir tabaka mevcuttur. Ergimiş metal yaş kalıptaki gibi bir buhar filmiyle çevrelenmeyeceğinden katılaşma daha yavaş ve akıcılık daha fazladır. Ancak bağlayıcı etkisiyle, yüzeyde kum taneleri arasındaki boşluklardan dolayı kalıp yüzeyi oldukça pürüzlüdür ve bu durum akıcılığı olumsuz yönde etkilemiştir.

Cam sulu bağlayıcılı kalıp da kuru kalıp gibi özellik göstermektedir. Kalıp, kuru kum kalıptakine nazaran daha sert bir yapıya sahip olmaktadır. Kalıp yüzeyi daha az pürüzlüdür. Bu etkilerle akıcılık, kuru kalıba nazaran biraz daha artmıştır.

Vakumla kalıplama yönteminde kalıp yüzeyini plastik bir film oluşturmaktadır. Kum tane yapısı ne olursa olsun plastik film pürüzsüz bir yüzey teşkil etmektedir. Kalıpta hiç nem ve bağlayıcı yoktur. Kalıp yüzeyi vakum etkisiyle oldukça serttir.

Ergimiş metalin film ile temasında film hemen erir ve buharlaşarak vakum etkisiyle kum tabakalarının içine emilir ve kum içerisinde bir kabuk meydana getirir. Bu kabuk katılaşma hızını düşürerek, yüzey etkileri azalmakta ve iyi derece de bir akıcılık görülmektedir.

4. DÖKÜM HATALARI:

Vakumla Kalıplama Yönteminde karşılaşılan birçok döküm hatası sadece bu yönteme mahsustur.

Hataların büyük bir kısmı kalıp yapımı veya döküm aşamasında ortaya çıkmaktadır. Kalıp yapımında oluşan hatalara modelin düzgün sıyrılmaması, buruşuk film veya kumda bulunan yabancı maddeler sebep olmaktadır. Döküm aşamasında oluşan hatalara ise kalıptaki bozulmalar neden olmaktadır.

Plastik filmdeki aşırı ısısal büzülme, kalıntı gerilmelere sebep olmaktadır. Bu olumsuz duruma karşı alınabilecek tedbirler, plastik film kalitesinin tam kontrolü ve ısıtma ile şekillendirme aşamasında uygun prosedürlerin izlenmesidir.

V-Yönteminde karşılaşılan başlıca döküm hataları:

4.1. Buruşma (Katmerlenme):

Döküm parçalarının yüzeyinde oluşan ve genellikle plastik filmde kaynaklanan bir hatadır. Hatanın başlıca oluşum sebepleri aşağıda verilmiştir.

- a.. Plastik filmin aşırı ısıtılması ve çok fazla oranda genişlemesi. Bu durum, filmin gerilmesi operasyonu sırasında filmde üst üste binmiş bölgelerin oluşmasına sebep olmaktadır.
- b.. Plastik filmin model üzerine uygun bir şekilde gerilmemesi,
- c.. Vibrasyonun yeterli olmaması ve buna bağlı olarak kalıbın deforme olması,
- d.. Kalıp cidarlarının deforme olmasına neden olacak şekilde kalıbın uygunsuz olarak sıyrılması,
- e.. Kullanılan kalıp astarlama şeklinin plastik filmi etkilemesi.

4.2. Metal Sızması:

Bu hata, döküm yüzeyinde metal çapaklarının oluşmasıyla kendini gösterir. Hatanın oluşmasına sebep olarak plastik filmin sızdırması ve yırtılması gösterilebilir.

Plastik filmin sızdırması, filmdeki deliklerin tam anlamıyla giderilemediği durumlarda meydana gelmektedir. Bu durumda hava, delikler boyunca çekilecek ve kalıpta oyuk oluşturarak bozulmaya neden olacaktır.

Plastik filmin yırtılması ise, döküm yüzeyinde bir metal çapağı şeklinde görülmektedir.

4.3. Kalıbın büzülmesi:

Vakum basıncı, kum tane boyutunun dağılımı ve titreşim süresi kalıbın büzülmesinde etkili olmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmalarda kalıptaki büzülme miktarının, kaba kum kullanılarak oluşturulan kalıplarda daha az olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, kaba kumlarda metal penetrasyonunun daha fazla olması nedeniyle bundan kaçınılmalıdır. Ayrıca kalıba uygulanan vakum basıncının kalıbın büzülmesini çok az etkilediği saptanmıştır.

4.4. Kalıbın Şişmesi:

Gerek yaş kum gerekse CO₂ ile sertleştirilen kalıplarda döküm boyutu, kalıbın önemli ölçüde şişmesi nedeniyle kalıp boyutundan büyüktür.

Yaş kum kalıpların dolma yoğunluğu ve kalıp mukavemeti düşük olup kalıp cidarı, kalıp yüzeyine yakın bölgede nem kondensasyonundan dolayı kararlı değildir. Oysa CO₂ ile sertleştirilen kalıplarda mukavemet yüksek bir sıcaklık altında azalmaktadır.

V-Yönteminde kalıbın şişmesi, dolma yoğunluğunun oldukça yüksek olması ve metal dökümü için gerekli kalıp mukavemetinin sağlanmasından dolayı daha az olmaktadır.

4.5. Köprü Oluşumu:

Döküm sırasında kalıp içerisindeki havanın plastik filmi etkilemesi sonucunda oluşan boşluğun metal tarafından doldurulmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu hata vakumun çok yüksek olması (0.84 - 0.90 bar.) ve kalıbın uygun hava çıkış deliklerine sahip olmamasına bağlıdır /5/.

5. KALIPLAMA TESİSLERİ:

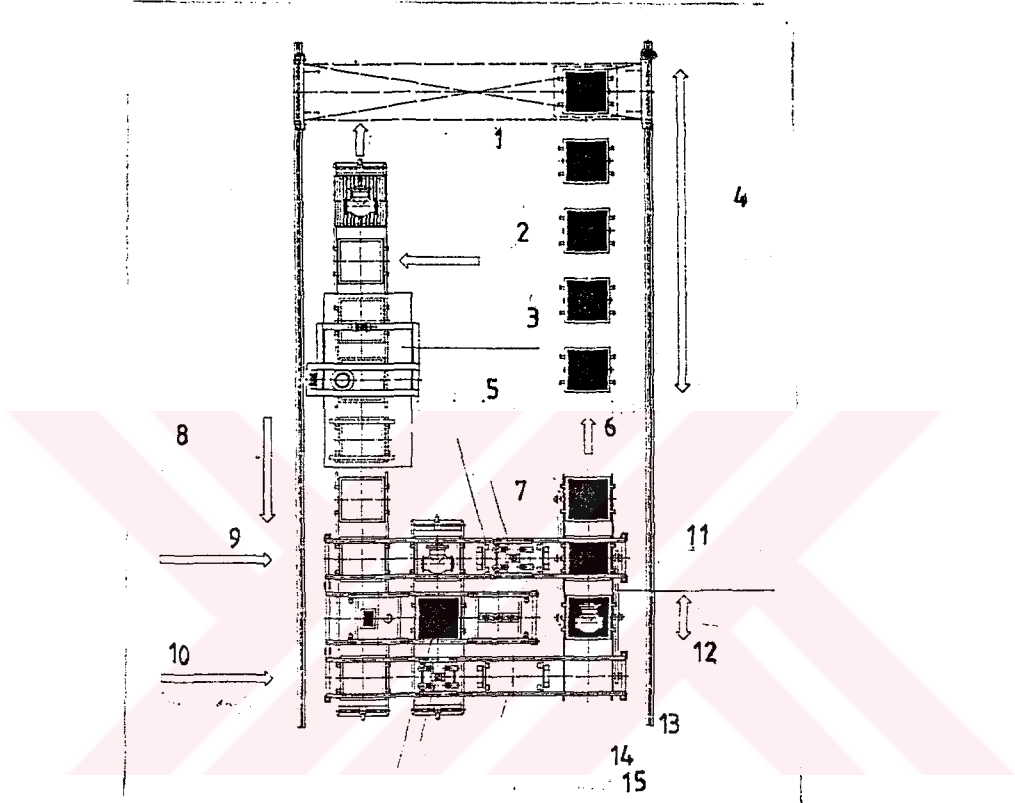
Kalıplama tesisi olarak son yıllarda geliştirilen tiplerden dördü diğerlerine göre daha çok tutulmuştur. Bunların üçünde ise kalıplama sistemi (Vibrasyon masası, film yerleştirme tertibatı, örtü filmi ve örtüp-çekme tertibatı ile kum haznesi) düzeni benzerdir. Aralarındaki fark, model plakasının kalıp istasyonuna götürülme sisteminden doğar.

Transfer kalıplama tesislerinde, üst ve alt derece modeli, iki yönden lineer olarak vibrasyon masasıyla donatılmış kalıp istasyonuna iletilirler. Bu tipdeki kalıp tertibatı sorunsuz olarak tam otomatik kalıplama tesisi şekline getirilmiştir. Şekil 27.'de transfer kalıp istasyonu kullanılarak vakumla kalıplama işlemi görülmektedir.

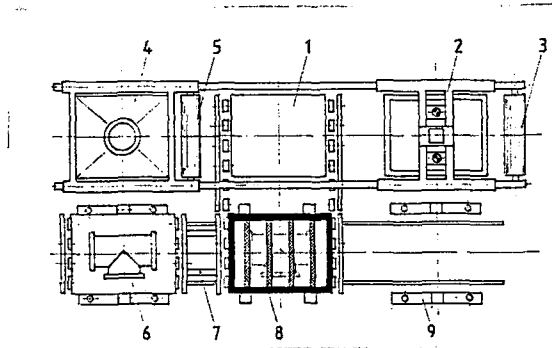
Yöntemi:

1. Döküm çıkışı
2. Derecelerin yerleştirilmesi
3. Boşaltma istasyonu
4. Döküm ve soğutma yerleri
5. Üst derece çeviricisi
6. Bitmiş dereceler
7. Taşıma donanımı
8. Boş derece akışı
9. Üst derece şekillendirme çizgisi

10. Alt derece şekillendirme çizgisi
11. Kalıp taşıma yolu
12. Çekirdek yerleştirilmesi
13. Alt derece çeviricisi
14. Taşıma donanımı
15. Vibrasyon masası kalıp otomatı



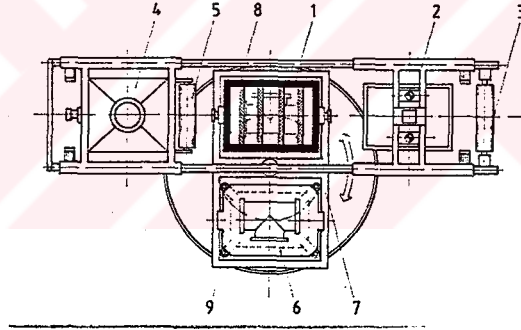
Sekil 27. Transfer Kalıp İstasyonu Kullanılarak Vakumla kalıplama /1/.



Sekil 28. Vakum Sarsma Kalıplama Yöntemi /1/.

1. Vibrasyon masası
2. Film yerleştirme mekanizması
3. Kontur film makarası
4. Kum depolama aleti
5. Filmle kaplama makarası
6. Model plakası ve taşıyıcısı
7. Sarsma vagonu
8. Dereceler
9. Saplamların kaldırılması

Sekil 28'de modellerin birer transfer vagonuyla tek yönden kalıp istasyonuna götürülebildiği bir tesis görülmektedir. Bu tipe uygun olan derece boyutları 2800*2000*350/350 mm. ve 1600*1250*500/300 mm. olarak belirlenmiştir. Bu tesisin gücü ise 6 parça/saat 'e kadar çıkabilmektedir. Bu yapıdaki tesislerin en gelişmişisi ise döner masa tesisidir. En sorunsuz ve basit kalıplama bu tesiste yapılır. Şekil 29'da bu döner masa kalıplama tesislerine örnek görülmektedir.



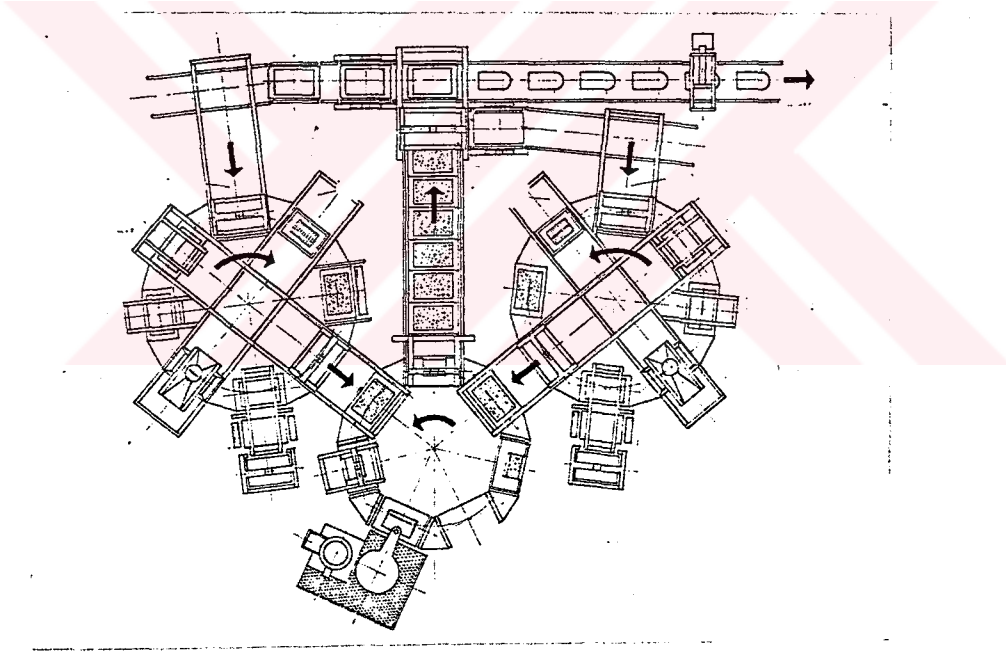
Şekil 29. Vakum Döner Kalıplama Tesisi /1/.

1. Vibrasyon masası
2. Film yerleştirme mekanizması
3. Kontur film makarası
4. Kum depolama aleti
5. Film kaplama makarası
6. Model plakası ve taşıyıcısı
7. 2 istasyonlu döner masa
8. Dereceler
9. Saplamların kaldırılması

Bir gelişmiş versiyonu ise 4 istasyonlu döner haç tesisidir. Bu sistemde 1600*1600*500/500 mm.'lik derecelerle gücü 12 parç/saat 'e ulaşabilecek üretimler yapılabilmektedir. Çünkü bu sistemde, farklı çalışma bölümleri kalıplama oluşumuyla aynı anda gerçekleştirilmektedir. Bu yüksek gücü tamamıyla kullanabilmek için tesis, özel bir taşıma sistemi ile donatılmıştır.

Bu taşıma sisteminde, çevrim zamanında boş dereceler boşaltma istasyonundan makinaya, bitmiş derece yarılari ise çekirdek yerleştirme yerlerine taşınır.

Avrupa'da derece boyutları 2000*1100*750/200 mm. olan banyo küvetlerinin üretimi vakumla kalıplama yöntemi kullanılarak başarıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 29'da da görüldüğü gibi bu tesis, karşılıklı çalışan 8 istasyonlu döner haç kalıplama tesislerinden oluşmaktadır. Tesislerden biri kalıp üst parçasını, diğeri ise kalıp alt parçasını üretmektedir Bitmiş kalıp yarılari 7 istasyonlu döküm döner hacında dökülmüş bir parça haline gelirler. Dökülen parçalar kısa bir süre soğutma yolundan sonra boşaltma istasyonuna giderler. Bu istasyonda döküm parçası şeklini alır. Buradan makaralı yolla döküm kırma tertibatına giderler. Daha sonra da kaba döküm yerleştirme bölümüne giderler. Boşalmış ve temizlemiş derece parçaları otomatik olarak kalıplama tertibatına geri dönerler. Bu kalıplama tesisinin gücü 50 - 60 parça/saat dir.

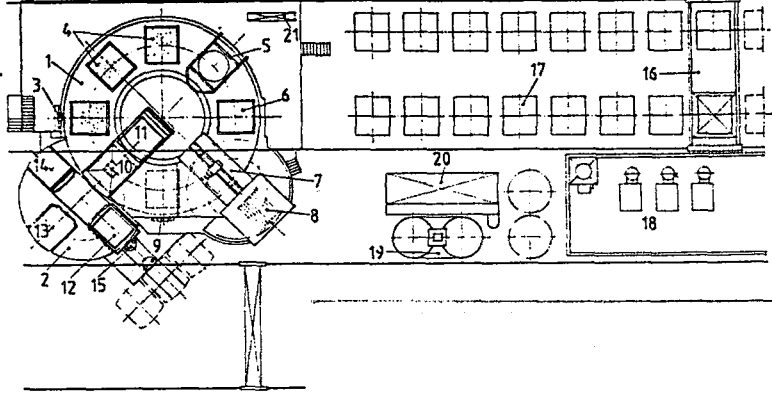


Şekil 30. Banyo küveti vakumla kalıplama tesisi /1/.

5.1. Döner Dolap Tesisi:

5.1.1. Üretim Tesisi:

Yapılan deney ve araştırmalar sonucu elde edilen tecrübe ve bilgiler, araştırmacıları bir üretim tesisi oluşturma düşüncesine götürmüştür. Piyasada kullanılan sarısalı sistem sınırlı bir güce ulaşabildiği için döner dolap tesisinin taslağı oluşturulmuştur.



Şekil 31. Döner dolap tesisi /1/.

(2300*2600*300/500 mm. ölçülerindeki dereceler için.)

1. Dereceler için döner dolap
2. Modeller için döner dolap
3. Dolu derece döndürücü
4. Çekirdek yerleştirme yerleri
5. Kapatıcı (örtücü)
6. Yükleme - Boşaltma yeri
7. Boşaltma istasyonu
8. Döküm alma
9. Boş derece döndürücü
10. Doldurma istasyonu
11. Örtme filmi kaplama mekanizması
12. Model filmi kaplama mekanizması
13. Düzleme istasyonu
14. Kurulama istasyonu
15. Model değişimi
16. Derece taşıma vinci
17. Döküm ve soğutma yeri
18. Vakum pompası istasyonu
19. Kum hazırlama
20. Toz giderme düzeni
21. Elektrikli kumanda

B tesisde 4 - 6 parça üretim kapasitesi için 5 kişiye gereksinim duyulmakta ve birçok fonksiyon otomatik olarak yerine getirilmektedir.

5.1.2. Tesis:

Tesis iç içe çalışan üç tane döner haçtan oluşur. (Şekil 31)

- Model plakası için döner dolap (2)
- Derece ve çekirdek yerleştirici için döner dolap (1)
- Boşaltma için döner dolap (7)

Model plakası için döner dolabın (2) dört istasyonunun her birinde ikişer model plaka çifti vardır. Film döner dolabın ortasındaki film ısıtma mekanizmasında 90 - 100 °C ye kadar ısıtıldıktan sonra modele 12 nolu istasyonda kaplanır. Modelin filmle kaplanması için ısıtma mekanizması 12 nolu istasyona doğru ilerler ve burada bir kafa yardımıyla film model üzerine çevrilir. Daha sonra vakum yardımıyla film model üzerine çekilir. Bu işlemden sonra film 14 nolu istasyonda kurutma mekanizmasıyla sıcak hava üflenerek kurutulur. Bundan sonra 13 nolu istasyonda 75° lik bir açıyla düzleme yapılır.

Model plakası 10 nolu istasyonda derecenin altına konur. Derece otomatik olarak kumla doldurulur, sarsılarak kum sıkıştırılır. Daha sonra 11 nolu mekanizmada bir örtü zarla örtülür. Model taşıyan plakanın altındaki vakumun kaldırılmasından ve derecedeki vakumun otomatik bağlanmasından sonra modelin kalıptan ayrılmasına başlanabilir. Model plakası yeniden 12 nolu pozisyona gelirken bitmiş kalıp parçaları 10 nolu pozisyonundan 3 nolu dönme pozisyonuna gelir ve döndürülür. Böylece filmle örtülmüş havalandırma delikleri, döküm olukları ve besleyiciler açılırlar.

Dereceler iki duvarlıdır. İç yüzeylerinde süzgeç yüzeyleri vardır. Döküm derecesi çubuklarının içi boştur ve süzgeç yüzeylerle donatılmışlardır.

Derece çevirme haçı 8 istasyondan oluşur. 4 numaradaki 2 pozisyon çekirdek yerleştirmeye yarar. 5 nolu pozisyon ise örtme istasyonudur. Burada üst sandık kaldırılıp onu izleyen alt sandığın üzerine otomatik olarak kapatılır. 6 nolu pozisyonda koridordan yönetilen taşıma vinci ile bu şekil alınır ve döküm sahasına götürülür. Döküm sahasında toplam olarak 28 döküm ve soğutma yeri vardır.

Bu dönme sırasında bulunan derece çifti sayısı 38 dir. Böylece bazı dereceler, soğutma sırasında kümelenirler. Bütün derece çiftleri paletlerle donatıldığı için döküm sonrası vakumsuz taşıma mümkündür. Döküm alanında şekiller 3° lik açı ile dökülürler. Döküm parçası, büyüklüğü ve cidar kalınlığına bağlı olarak 1.5 - 6 saat arasında soğuma için derecede bekletilirler. Bu esnada vakum sadece 20 - 30 dakika kadar tutulur.

Bütün taşıma işlemlerinde ve döküm sırasında parça vakum altındadır. Vinç, dönüş sırasında dökülmüş bir parçayı 6 nolu pozisyona, boş alana götürür. Bir sonraki safha da, dökülmüş parça boşaltma istasyonuna silkelenir. Böylece döküm ve derece birbirinden ayrılır. Vakumun kaldırılmasıyla beraber, kuru kum sandıktan dökülmeye başlar. Döküm parçası, alt derecenin döküm derece çubuğunda durur, daha sonra 8 nolu pozisyonla çıkışa döndürülür. Orada bir damga sistemi yardımıyla döküm parçası kaldırılır ve kalan son kum parçalarıda temizlenir.

Özel sistemlerle boşaltma istasyonundan alınır, soğutma ızgarasına yerleştirilir ve burada temizleme gerçekleşir. Bu arada üst derece bir sonraki safha da, 9 nolu çevirme istasyonuna tekrar gider ve orada kalan kum artıklarından temizlenir. Bu periyot da daha sonra alt derece de alınıp çevirme istasyonuna götürülür. Buradan sonra proses tekrarlanarak aynı şekilde devam eder.

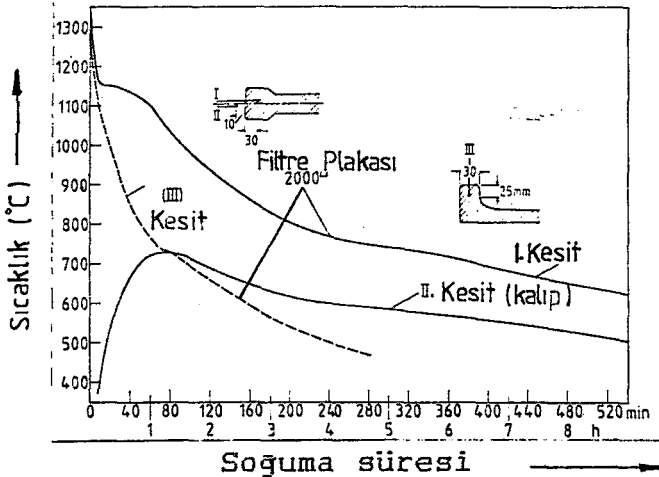
Tesisin kapasitesi 6 parça/saat dir ki bu 10 parçaya kadar çıkabilir.

Kum, altında manyetik bir ayırıcı ve süzgeç bulunan boşaltma ızgarasından pnömatik bir mekanizmayla havalı filtreye götürülür, iki soğutma kulesinden geçirilir ve sonra doldurma istasyonu deposuna gider. Deponun çıkışı birbirini iten iki delik plakasıyla kapalıdır.

5.1.3. Döküm Parçalarının Soğutulması:

Vakumla kalıplama yönteminin önemli bir dezavantajı da, döküm parçalarının kuru ve ısı iletme kabiliyeti iyi olmayan kum kalıptaki yavaş soğumasıdır. Basit bir döküm parçasının en düşük 650 °C 'de döküldüğü düşünülürse, bu durumda döküm parçasının derece içerisinde ne kadar uzun süre kaldığı tasavvur edilebilir.

Yapılan araştırmalar sonucunda, tüm soğutma süresince vakumun uygulanması durumunda, soğutma zamanının ancak % 10 - 15 azaldığı görülmüştür ki bu durum enerji tasarrufu açısından oldukça dezavantajdır. Tesisin normal kapasitede çalışabilmesi için derece sayısının oldukça fazla olması gereklidir. Ancak kullanılan derecelerin özelliklerinden dolayı oldukça pahalı olması derece sayısında sınırlamalara neden olmaktadır. Şekil 32 'de 2 m.'lik filtre plakasının değişik kesitlerindeki ve kalıptaki soğuma süresi görülmektedir.



Şekil 32. 2 m.'lik filtre plakasının değişik kesitlerindeki ve kalıptaki soğuma süresi /1/.

Döküm parçasını olması gereken sıcaklığa en kısa yoldan düşürecek bir tesisin bulunmasına yönelik çalışmalardan biriside, döküm parçalarını 1000 °C 'nin biraz daha altındayken kumdan ayırmak ve özel bir fırında yavaş soğumaya bırakmak olmuştur. Ancak, plaka şeklindeki döküm parçalarında eğilmeler görüldüğünden bu çalışmadan da sonuç alınamamıştır. Günümüzde uygulanmakta olan yöntem, soğuma zamanını kısaltabilmek amacı ile derecedeki ısıyı uzaklaştırma metodudur.

5.2. Tek Kalıp Makinaları:

Tek kalıp makinalarının yapıları sarsıntılı kalıplama makinalarının yapılarıyla aynıdır. Bu tip makinada film yerleştirme ve kum haznesi aynı yana çevrilme eksenindedir ve ayrı ayrı yana çevrilebilirler. Makina masası, vibrasyon masasıyla aynı işlevdedir. Bu makina tipi 1000*800*400 mm. ölçülerine kadar çeşitli derece tiplerine uygundur. Farklı donanımlarla bu makinaların gücü, eğer tek işçi çalışırsa, 5 - 30 parça arasındadır. Gücü artırmak için döner masalar kullanılabilir.

5.3. Tüm Vakumla kalıplama Tesislerine Ait Ortak Özellikler:

Tüm bu tesis tiplerinde dökümü bitmiş kalıplar koridor vinciyle taşınmaktadır. Daha sonraları, yüksek bir otomasyona ulaşabilmek amacıyla özel bir vinç geliştirilmiştir. Bu vinç, dökümü tamamlanmış kalıpları tam otomatik bir çalışmayla yerleştirme istasyonuna götürür, döküm çizgisine bırakır ve milimetrik doğrulukla boş döküm yerlerine bırakır. Dönüş yolunda ise, dökülmüş kalıp boşaltma istasyonuna bırakılır.

Kalıplamadaki tüm alçak basınç işlemlerinin doğru olabilmesi için bütün istasyonlar ve aletler otomatik vakum kavramalarıyla donatılmıştır.

6. VAKUMLA KALIPLAMA YÖNTEMİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI:

6.1. V-Yönteminin Üstünlükleri:

Vakumla kalıplama yöntemi, diğer geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında bazı belirgin farklar ve üstünlükler gösterir. Bunları kısaca özetlersek;

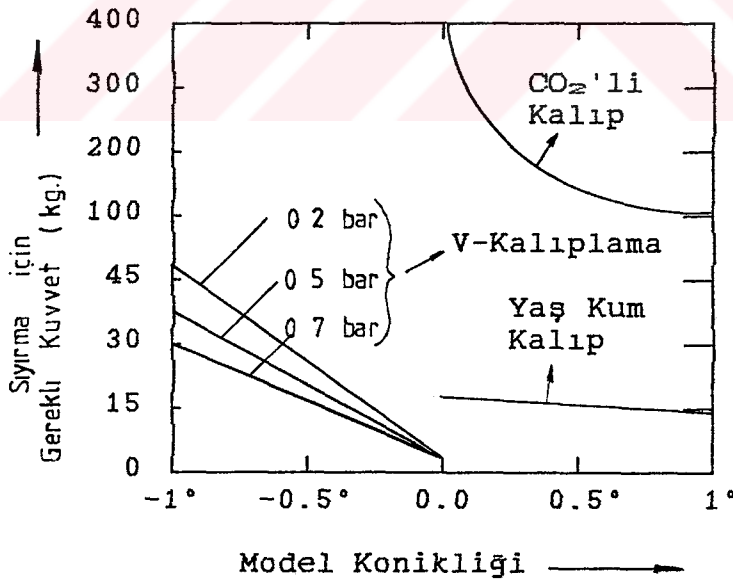
-- Yeni bir döküm modelinin kısa sürede hazırlanabilmesi:

V-Yönteminde model üzerine herhangi bir basınç ve kalıbın modelden ayrılması için titreşim uygulanmaz. Böylece metalik olmayan, alçı veya tahta modeller de rahatlıkla kullanılabilir. Bu nedenle V-Yöntemi küçük miktardaki üretim sistemlerine ve dökümlerin teslim süresinin kısa olduğu durumlara da kaloylukla uygulanabilir.

-- Koniklik içermeyen model kullanımı ve çok iyi boyutsal hassasiyet:

Yeni bir kalıplama yöntemi geliştirildiğinde en önemli noktalardan biri de erişilebilecek boyutsal hassasiyettir. Vakumla kalıplama yönteminde kalıp, plastik bir film ile kaplanmış olduğundan herhangi bir kalıp dağılması ve kum dökülmesi olmaksızın kolaylıkla modelden ayrılabilir. Plastik film kullanımı, model-kalıp arasındaki sürtünme direncini azaltır. Ayrıca kalıba uygulanan emişin etkisi ile belirli derecede bir kalıp büzülmesi olur. Bunun sonucu oluşan açıklık modelin sıyrılmasını kolaylaştırır. Bu da model konikliğinin çok azaltılmasına ve hatta hiç olmamasına olanak sağlar. Çeşitli kalıplama yöntemlerinde model konikliğine bağlı olarak değişen gerekli model sıyırma kuvvetleri şekil 33 'de gösterilmiştir.

Derinliği az olan delikler maça kullanılmaksızın kalıp üzerinde oluşturulabilir. Karmaşık modeller ve ince yüzey ayrıntıları da kolaylıkla kalıplanabilir. Modelin çıkarılmasında kalıbın gevşetilmesinin gerekmemesi, kalıbın dolma yoğunluğunun ve mukavemetinin yüksek olması ayrıca kalıp sertliğinin bölgelere göre değişmemesi sonucu elde edilen dökümlerin boyutsal hassasiyeti çok iyidir.



Şekil 33. Çeşitli kalıplama yöntemlerinde modelin kalıptan ayrılması için gerekli olan kuvvetler ve model konikliğine bağlı olarak değişimleri /9/.

-- Çok düzgün döküm sonu yüzeyi:

Elde edilen döküm parçalarının yüzey kalitesi diğer geleneksel kum kalıplama yöntemlerinde olduğu gibi esas olarak kullanılan kumun tane inceliği ile, ayrıca da döküm sıcaklığı ve dökülen kesit kalınlığı ile ilişkilidir. Geleneksel yöntemlerden farklı olarak V-Yönteminde yüzey düzgünlüğüne etki eden en önemli bir diğer faktör de kalıplara uygulanan vakumun değeridir. Vakum arttıkça döküm yüzeyi kabalaşmaktadır. V-Yönteminde kalıplama kumu hiç bir nem ve bağlayıcı içermediğinden ve kalıp tüm döküm işlemi boyunca eksi basınç altında tutulduğundan çok daha ince kum, geçirgenliği azaltmadan kullanılabilir. Bunun sonucu olarak da döküm sonu yüzeyi çok düzgündür. Döküm yüzeyinin düzgünlüğü mükemmel boyutsal tamlıkla birleşince bazı özel durumlarda döküm parçası, yalnızca bir parlatma işlemi ile döküm sonu durumuyla kullanılabilir hale gelmektedir. Diğer geleneksel kalıplama yöntemleri ile kıyaslandığında Vakumla Kalıplama ile elde edilen dökümün son ürün haline getirilme maliyeti yarı yarıya düşmekte ve parçanın döküm ağırlığı azaltılabilmektedir.

-- İnce kesitlerin dökülebilirliği:

Vakumla kalıplama yönteminde ergimiş metal, plastik filmle kaplanmış kalıp boşluğunda, sürtünmenin çok az olması nedeniyle yaş kum kalıplara oranla çok daha hızla yol alabilir. Kalıbın uzak bölgelerine daha çabuk erişebilir. Bu durum, ince kesitli ve geniş yüzeyli parçaların boşluksuz dökülebilmesini sağlar.

-- Boşluksuz Döküm:

Kum kullanılarak yapılan dökümlerin başlıca sorun kaynağı olan nemin ve bağlayıcı malzemelerin bulunmaması, geleneksel kum döküm yöntemlerinde çok görülen birçok hataların özellikle de gaz boşluklarının oluşmasını engeller. Plastik film nedeniyle metal akışkanlığının artması ve beslemenin daha iyi yapılması da boşluksuz kaliteli dökümlerin elde edilmesini kolaylaştırır.

-- Kalıplama Ve Kalıp Bozma İşlemlerinin Basitleşmesi:

Vakumla kalıplama yönteminde döküme hazırlama işlemlerinin ana kademeleri olan kum hazırlama, kalıplama ve kalıp bozma işlemleri çok basitleştirilmiştir. Kalıplama kutuları, model plakasının çok hafif bir titreşimi ile yerçekimi kuvveti ile doldurulur. Kalıplama kumu sürekli devreder ve yalnızca toz kaybı kadar ilave yapılır. Devreden kumdaki eleme, soğutma ve toz gidermenin sınırlı olması, kum hazırlamayı oldukça kolaylaştırmıştır.

Döküm sonu kalıbın bozulması da çok basit olduğundan ağır ve yüksek maliyetli sarsma tipi kalıp bozma makinalarına gereksinim duyulmaz. Bütün bunlar; yatırım, işletme ve bakım maliyetlerinin büyük oranda azalmasına neden olurlar. Ayrıca kumda bağlayıcıların ve ilavelerin olmamasıda maliyeti azaltan bir diğer nedendir.

-- Dökümhane Çalışma Şartlarının iyileşmesi:

Vakumla kalıplama yönteminde kalıplama hattı sürekli bir emiş altında tutulduğundan gerek kalıplama malzemesinden gerekse de film den herhangi bir gaz ve duman çıkışı olmaz. Kömür tozu ve diğer ilave kalıp malzemeleri kullanılmadığından bunların oluşturacağı toz ve dumandan zaten bahsedilemez. Kalıp yapım ve bozma işlemleri sırasında herhangi bir darbe, dövme, sarsma veya sıkıştırma işlemi gerekmediğinden sağlığa zararlı hiçbir gürültü oluşmaz. Kalıplama kumu tekrar tekrar kullanılabilirdiğinden endüstriyel artıkların ortadan kaldırılması sorunu önemini yitirmiştir. Bütün bunların genel sonucu olarak çalışma alanının havalandırılması ve ısıtılması kolaylaşmış, gerektirdiği maliyet azalmıştır. Basıncılı hava ve diğer şekillerde ki enerji tüketimi de aynı şekilde azalmıştır.

6.2. V-Yönteminin Sınırlamaları

- Tüm operasyon boyunca kalıpların vakum altında tutulma zorunluluğunun bulunması
- Diğer yöntemlere göre katılaşma hızının düşük olması
- Plastik film den gelen masrafların bulunması
- Yüzey kaplama malzemesinden kaynaklanan masrafların bulunması
- Kalıp bekleme süresinin daha uzun olması
- Kullanılan kumun kaliteli olma zorunluluğunun bulunması
- Kendine özgü vakum tertibatı bulunan kalıplardan gelen masraflar
- Derece boyutlarının vakum ölçüleri ile sınırlanmış olması

Vakumla kalıplama yöntemi ile alüminyum, tüm dökme demirler, çelik alaşımları ve diğer tüm ticari dökümler yapılabilir. Bu yöntemle birkaç gram ağırlığındaki çok küçük parçalardan 12 tona yaklaşan değişik boyutlu dökümlerin üretimi mümkündür.

7. V-YÖNTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ VE ÜRETİLEN DÖKÜM PARÇALARINA AİT ÖRNEKLER:

Yeni ve alışılmamışın dışında bir kalıplama yöntemi olan V-Kalıplama'nın başarıyla kullanılabileceği döküm alanları henüz yeterince araştırılmamıştır. İlk uygulamalar doğal olarak nisbeten basit, maçasız veya birkaç maçalı yassı parçaların dökümü şeklinde olmuştur. Her geçen gün gerek dökülen parça cinsi ve boyutları gerekse dökülebilecek alaşım türleri, çeşitlilik ve artış göstermektedir.

Vakumla kalıplama yöntemi şu anda, bilinen tüm dökme demir, alüminyum ve özel çelik alaşımlarını da içine alan geniş bir metal gurubunun şekillendirilmesinde kullanılabilmektedir. Yöntem, son derece mekanize olmuş veya tamamen otomatik çalışan büyük sayılarda üretim hatlarına uygun olduğu kadar, birbirinden bağımsız ayrı parçaların üretildiği "parça işi" (Jobbing) çalışan dökümhanelerde kullanılmaya da son derece uygundur. Vakumla kalıplama yöntemi, sanayinin diğer çeşitli kesimlerinde kullanılan vakum sistemlerinden farklı vakum cihazları gerektirir. Ayrıca plastik filmi germek ve yumuşatmak için ısıtıcı bir düzenek de gereklidir. Bunlara karşın, normal bir kum dökümhanesinin kum işlemlerinde, gerek döküm öncesi gerekse döküm sonrası kullanılan cihazların çoğu gerekmez (Kum karıştırıcıları ve kalıp bozma makineleri gibi). Ayrıca dökülmüş parça üzerindeki her türlü kesme, düzeltme, taşlama gibi bitiş işlemleri azaltılmış olduğundan bu tip cihazlarda da azalma vardır.

Vakumla kalıplamada dökülebilecek parça kesit kalınlığı için bir sınır yoktur. İnce kesitlerde kalın kesitler kadar kolay kalıplanabilip dökülebilmektedirler. Şu anda dünya'daki çeşitli vakumla kalıplama dökümhanelerinde çok küçük parçalardan, herbirinin ağırlığı 12 tona yaklaşan, ince ve kalın kesitlerin yanyana bulunduğu çelik çapalara kadar çok değişken boyutlarda dökümler üretilebilmektedir. Ancak en yaygın ve en yeğlenerek kullanıldığı başlıca yerler şunlardır.

- Avrupa veya Japon stili emayeli dökme demir banyo küvetlerinin dökümü
- Çeşitli geniş şekilli makina iskeletleri-çerçeveleri (Özellikle piyano iskeletleri)'nin dökümü
- Çatallı kaldırıcıların denge ağırlıklarının dökümü
- Demiryolu vagonları için tamponlar, yan çerçeveler ve diğer çeşitli parçaların dökümleri
- Çeşitli metalik ayırma çitleri, mimari dış süsleme, iç süsleme, kafes, bahçe ve giriş kapıları ve diğer tip çeşitli mimari yapı malzemelerinin dökümleri

V-Kalıplamanın banyo küveti dökümünde (özellikle Japonya'da) diğer kalıplama yöntemlerine yeğlenmesinin nedenleri şunlardır: Besleyici hacminin azaltılabilmesiyle ve kesidin incelmesiyle döküm ağırlığı azalmıştır. Üretim verimi yükselmiştir. Eş döküm parçası kesidi sağlanmıştır. döküm sonu yüzeyi çok iyi olduğundan emayeye hazırlama işlemleri %30 azaltılabilmiştir.

V-Kalıplama yönteminin çok iyi boyutsal hassasiyet ve düzgün döküm sonu yüzeyi gibi en belirgin iki üstünlüğü bu yöntemi " metalik kalıp üretimi " için de ideal hale getirir. Özellikle mekanik olarak işlenmesinin çok zor ve uzun süre gerektirdiği, ancak çeşitli elektrokimyasal yöntemlerle şekillendirilebilen ince detaylı kalıpların üretiminde vakumla kalıplama büyük bir basitlik sağlamıştır (Örneğin cam eşya kalıpları).

V-Kalıplamanın yüksek metal akışkanlığı, çok iyi döküm sonu yüzeyi gibi üstünlükleri ile çok başarılı olduğu bir diğer alan da piyano iskeletlerinin dökümüdür. Tablo 3'de böyle bir dökümhanenin belli başlı sayısal değerleri verilmiştir. Böyle bir sisteme her ay yalnız 30 ton kum ilavesi gerekir. Bu da 1 ton döküm için 20 kg. kum demektir. Bu dökümhane iki yıldır çalışmaktadır ve sistemdeki kum hiç değiştirilmemiştir /5/.

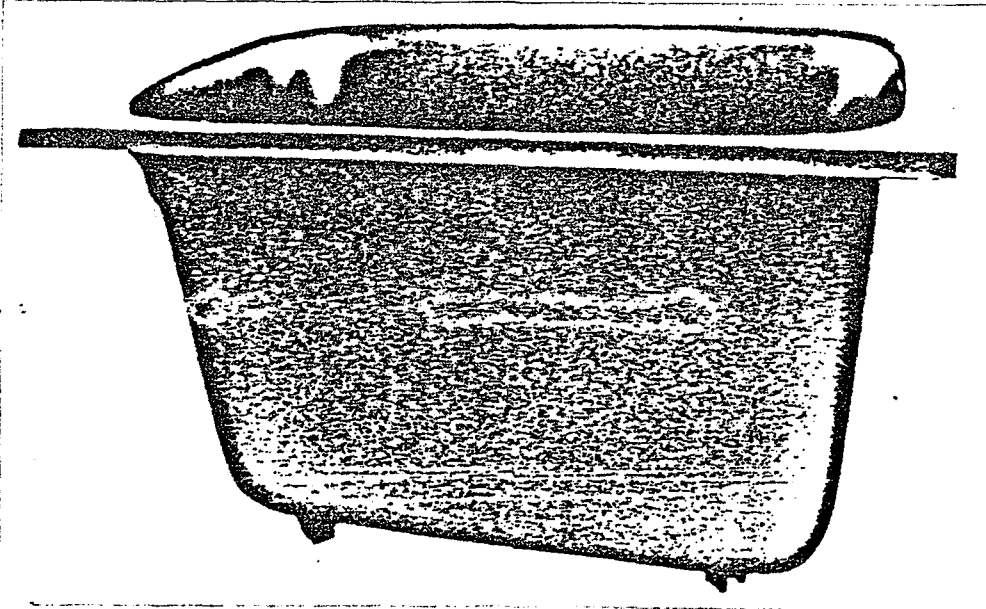
Tablo 3. Saatte 50 kalıp yapan ve piyano iskeleti döken bir V-Kalıplama tesisinin özellikleri /5/.

Uzunluk	700 - 2500 mm.	Piyano iskeleti
Genişlik	1420 mm.	boyutları
Kalınlık	7 - 80 mm.	(50 - 200 kg.)

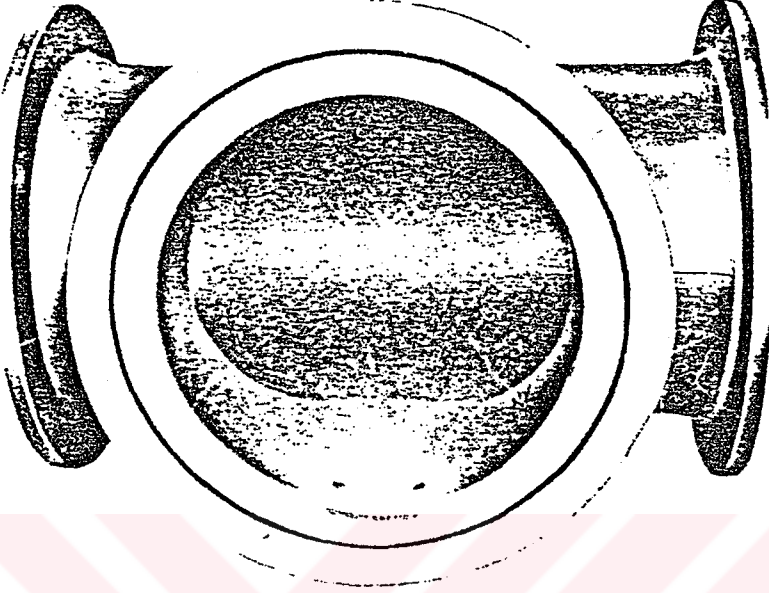
Derece Boyutu	1650*3000*230/180 mm.	
Üretim Hızı	50 kalıp/saat	
Gerekli Kum	170 ton/saat	
	(AFS 173, çoğunluğu 200 mesh altı)	
Sistemdeki Kum	300 ton	
Derece Sayısı	67 takım	
Toz Toplayıcı	4000 m ³ /dak.	
Vakum Sistemi	120 m ³ /dak.	
Bir Kalıptaki Net	150 - 200 kg.	
Döküm Ağırlığı		
Çalışma Süresi	8 saatlik iki vardiya	

V-Kalıplama yönteminin uygulanabilirliğini ve uygulama sınırlarını göstermek amacıyla şu anda başta Japonya ve A.B.D. olmak üzere vakumla kalıpla yöntemiyle dökülen parça boyut ve cinslerine bazı sayısal örnekler aşağıda sıralanmıştır.

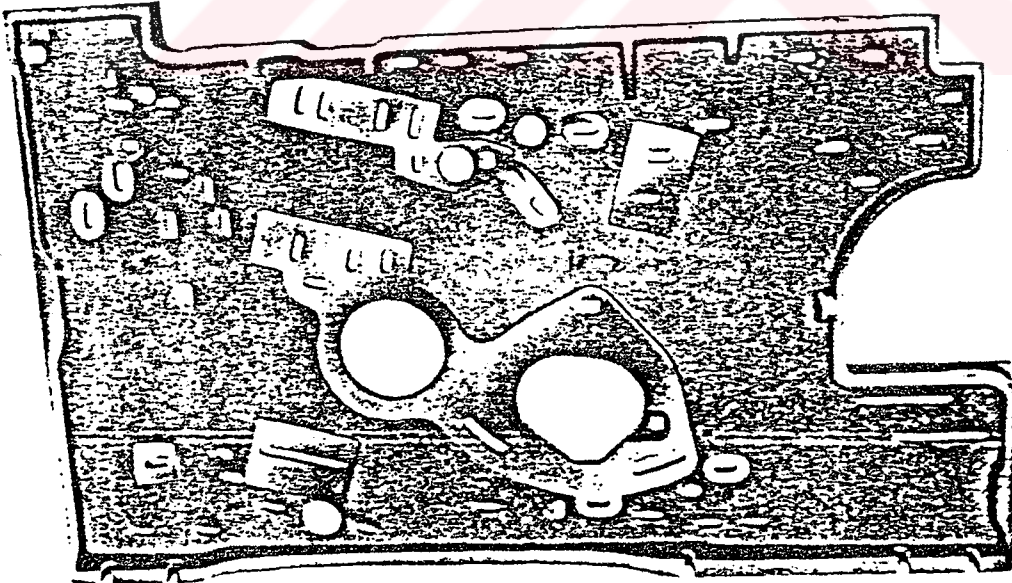
- 650 kg. ağırlığında, dış çapı 440 mm., et kalınlığı 100 mm., ve yüksekliği 680 mm. olan ortası delik dökme demir silindir. Diğer yöntemlerle döküldüğünde kalın kesidi ve ağırlığından dolayı kalıp şişmesi ve metal sızması gösterme eğiliminde olan bu parça V-Yöntemi ile hassas boyutlarda ve temiz döküm yüzeyli olarak dökülebilmektedir.
- 2000*3000 mm. boyutlarında ve ortalama 8 mm. et kalınlığında 800 kg. ağırlığında dökme demir parçası. Yine geleneksel yöntemlerle dökülmesi bir sorun olan bu ince kesitli ağır döküm parçası, V-Yönteminin sağladığı yüksek metal akışkanlığı nedeniyle sorun çıkarmaksızın dökülebilmektedir.
- Ağırlığı 17 kg. ve ortalama kesit kalınlığı 4 mm. olan boşaltma manifoldu.
- Yaklaşık kesit kalınlığı 15 mm. olan 570 mm. çapında dökme demir parçalar.
- 4 kg. ağırlığında 230 mm. çapında, ortalama kesit kalınlığı 5 mm. olan dökme demir elektrik motor kapağı.



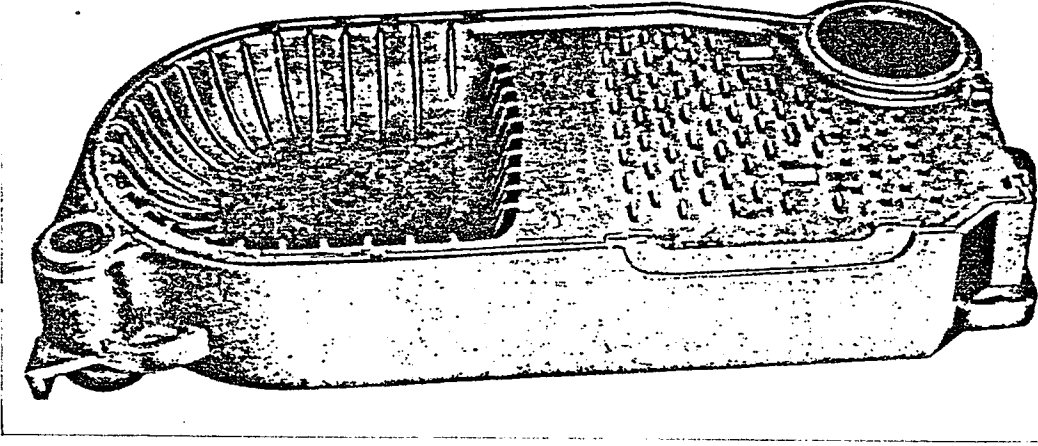
Şekil 34. Banyo Küveti.



Şekil 35. T Vana.



Şekil 36. Makina Parçası.



Sekil 37. Isıtıcı Kesiti.

Tablo 4. Bazı Döküm Parçalarına Ait Özellikler.

Döküm Parçası	Malzeme	Ortalama Kalınlık (mm.)	Ağırlık (Kg.)	Boyutlar (mm.)
Bahçe Kapısı	Alüminyum	8	20	885*1185
Banyo Küveti	Gri Dök.D.	8.5	70	1000*720*500
T-Vana	Gri Dök.D.	8.5	300	1000*850*720
Makina Parç.	Gri Dök.D.	1.5	250	76*800*1400
Isıtıcı Kest.	Gri Dök.D.	8	160	210*540*1320

8. GENEL SONUÇLAR VE İRDELEME:

Bu çalışmada, gerek ana prensip gerek uygulama yönünden yepyeni bir yöntem olan Vakumla Kalıplama yönteminin esası incelenmiş olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Kalıplama işleminde kullanılabilecek en uygun kumun, eşit boyutlu yuvarlak taneli kumlarla, optimal orandaki ince taneli kumun karışımı olduğu görülmüştür.
- Kullanılacak model malzemesi düşük ısı iletimine sahip olmalıdır.

- Model ve model plakasındaki deliklerin çapları önemlidir. Plastik filmin model üzerine sıkıca yapışmasını sağlayacak büyüklükteki delik çapı (0.51 - 0.64 mm) yeterlidir. Daha büyük deliklerin film üzerinde iz bıraktığı ve bu iz'in döküm sonrası parça üzerinde de aynen olduğu görülmüştür.
- Model ve model plakasına açılacak delik sayısı mümkün olduğu kadar minimum olmalıdır.
- Düşük kalınlıklardaki (0.077 - 0.101 mm.) ve aynı zamanda düşük oranda (%14) EVA içeren plastik filmlerin, basit şekilli modellerin kaplanmasına uygun olduğu görülmüştür.
- Kalınlığı daha fazla (0.127 - 0.177 mm.) olan ve aynı zamanda fazla oranda (%18) EVA içeren plastik filmler, yüksekliği fazla (max. 584.2 mm.) ve nisbeten şekilli modellerin kaplanmasında kullanılmalıdır.
- Kalıp iç yüzeyini plastik film oluşturduğundan sıvı metalin akıcılığının son derece iyi olduğu görülmüştür.

Gerek ana prensip gerek uygulama yönünden yepyeni bir yöntem olan Vakumla Kalıplama yöntemi, henüz gelişme evresindedir ve deneme devrini geçirmektedir. Öyle ki kabul edilmiş bir yöntem şeması, herhangi bir kalıplama yönteminde, zaman içinde ortaya çıkabilecek problemlerin çözümü için değişebilmektedir.

V-Yöntemi şu anda en yaygın olarak orta boyutta ve ince kesitli denilebilecek (250 - 400 mm.) döküm parçalarının elde edilmesinde uygulanmaktadır.

Vakumla kalıplama yönteminin uygulama sınırları ve potansiyeli henüz kesin olarak bilinmemektedir. Kalıp yapımında vakumun ve plastik filmin kullanılabileceği olgusu çok yenidir. Bu yeniliğin ileride çok yeni gelişmelere ön ayak olması beklenmektedir. Bu nedenle bu alanda yapılan denemeler ve araştırmalar, özellikle gelecekteki ilerlemeler açısından son derece önemlidir.

V-Yöntemi günümüzde yüksek üretim gücü olan geleneksel yaş kum kalıplama yöntemleri ile yarışamaz. Fakat kazandırdığı mükemmel döküm yüzeyi ve çok iyi boyutsal hassasiyet sonucu;

- Döküm sonu işlemlerinin süresini ve maliyetini azaltabilir.
- Döküm karıştırıcıları ve kalıp bozma makinaları gibi ağır ve fazla enerji tüketen makinaların olmayışı ile toplam sermaye yatırımını azaltabilir.

- Kalıplama girdisi olarak yalnız kuru kum ve plastik malzeme gerektirdiğinden kalıp malzemesi maliyetini azaltır.
- Döküm veriminin yüksek olması nedeniyle metal tasarrufu sağlar.
- Nüfus yoğunluğu hızla artan sanayi bölgeleri için önem taşıyan yerleşim alanı gereksinimini azaltabilir.
- Dökümcülükte işçi açısından tecrübe faktörünün ve el becerisinin önemini ortadan kaldırır.
- Tüm bu sıralananlardan daha önemli olarak da döküm endüstrisinin en başa bela sorunu olan "sağlığa zararlı çalışma ortamı" kavramının (toz, duman, zehirli gaz veya sıvı, gürültü) ağırlığını azaltır. Dolayısıyla dökümhaneleri, kadınlar ve genç işçiler için de uygun bir çalışma yeri haline getirir.

Tüm olumlu yönlerine ve çevre kirliliğine getirdiği önlemlere karşın yine de vakumla kalıplama yönteminin olağanüstü, herşeye kadir bir yöntem olmadığı unutulmamalıdır. Bir parçayı döküm yolu ile şekillendirmede günümüzde birçok kalıplama yöntemi vardır. Bunlardan en uygununun seçiminde ürün tipine bağlı olarak teknolojik ve sosyal avantajlar kadar ekonomiklik açısı da göz önünde bulundurulmalıdır.

9. K A Y N A K L A R :

1. Berndt H., "Forschungsabteilung der Buderus AG, Wetzlar." Giesserei 70 Nr.11. 30.Mai. 1983
2. Scgneider P., "Production of Castings by the Vacuum-sealed Moulding Process using Binderless Sand" Foundry Trade Journal, P. 723 - 733, June 6 - 1974
3. Engerle R., "Introduction of Vacuum Molding at Buckeye Steel" , AFS Transactions, P. 59 - 64, 1979
4. "The V-Procees Explained", Foundry Trade Journal, P.741 - 750, June 5 1975
5. Kasai H., "High Production of Thin-Wall Castings by the V-Process" , AFS Transactions, P. 535 - 540, 1980
6. Miura T., "Casting Production by V-Process Equipment", AFS Transactions, P.233 -236, 1976
7. "Le Procede de Moulage par le vide", Wagner-Sinto Firması Broşürü.
8. "An Evaluation of the Vacuum Process" AFS Transactions, P. 43 - 48, 1976
9. Kono R., Mivra T., "Accruracy of Iron Castings Produced by the V-Process" , The British Foundryman, Vol.68, Part 3, P.70 - 78, Mach.1975
10. Kaluç E., "Döküm Metallerinde Kalıplama Yönteminin Akıcılık Üzerine Etkisi" I.D.M.M.A. Bitirme tezi, İstanbul, 1982
11. Çavuşoğlu E. "Döküm Teknolojisi I" İ.T.U. Yayını, İstanbul, 1982.
12. Zeren M., "Vakumla Kalıplama ve Plastik Filmin Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Y.Ü. Kocaeli Müh.Fak. Kocaeli, 1984

TEŞEKKÜR

Oldukça yeni bir uygulama olan ve dünya üzerinde sayılı dökümhane tarafından kullanılan Vakumla Kalıplama Yöntemi hakkında, beni araştırmaya teşvik eden ve bu tez'in hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam, Sayın Y.Doç.Dr. Hüseyin SÖNMEZ 'e teşekkürü borç bilirim.

Ali GEYİK

Makina Mühendisi

Ö Z G E Ç M i Ş

1967 Kahramanmaraş doğumluyum. İlk ve orta öğrenimimi İstanbul'un muhtelif okullarında tamamladım. 1984 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladım. 1989 yılında bu eğitimimi tamamladım ve aynı yıl Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladım. Halen bu eğitime devam etmekte olup aynı zamanda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım.

Ali GEYİK

Mak. Müh.