

154775

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Prof. Dr. Hüseyin Sönmez

Prof. Nurdullah Gültekin

Prof. Dr. Cemalettin Yılmaz

**KABUK KALIPLAMA YÖNTEMİNDE REÇİNE
MİKTARININ, KUM TEMAS SÜRESİNİN ve MODEL
SICAKLIĞININ KABUK KALINLIĞINA VE
MUVAKEMETİNE ETKİSİ**

Makine Müh. Mustafa Çağlar GÜVEN

FBE Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı İmal Usulleri Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	i
ŞEKİL LİSTESİ	ii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
ÖNSÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. KABUK KALIPLAMA YÖNTEMİ	3
2.1 Kabuk Kalıp Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	3
2.2 Kabuk Kalıp Yönteminin Dökümcülükteki Yeri ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması	4
3. KABUK KALIPLAMADA KALIP MALZEMELERİ	7
3.1 Kum	7
3.2 Reçine	9
3.2.1 Reçine Tipleri	10
3.2.1.1 Novalak Reçine	11
3.2.1.1.1 Novalak Reçinenin Akıcılığı	14
3.2.1.1.2 Novalak Reçinenin Ergime Noktası	17
3.2.1.1.3 Novalak Reçinenin Fiziksel Halleri	17
3.2.1.1.4 Novalak Reçinenin Kütleme Hızı	17
3.2.1.2 Fenolik Reçineler	17
3.2.1.3 Fiziksel Görünüşlerine Göre Reçineler	18
3.3 Hekzametilentetramin	19
3.4 Yağlayıcı Maddeler	20
3.5 Ayırıcı Maddeler	21
3.6 Özel Katkı Maddeleri	21
3.7 Kalıp Kumunun Kaplanması	24
3.7.1 Soğuk Kaplama Yöntemi	25
3.7.2 Ilık Kaplama Yöntemi	27
3.7.3 Sıcak Kaplama Yöntemi	29
3.8 Model, Model Plakası ve Maça Sandığının İncelenmesi	30
3.8.1 Model, Model Plakası ve Maça Sandığı Malzemeleri	31
3.8.1.1 Dökme Demir	31
3.8.1.2 Alüminyum	32
3.8.1.3 Berilyum – Bakır Alaşımı	32
3.8.1.4 Bronz	33
3.8.2 Kabuk Kalıp Yönteminde Kullanılan Metalsel Modelin ve Maça Sandıklarının Isıtma Çeşitleri	33
3.8.2.1 Elektrikle Isıtma	34

3.8.2.1.1	Kovan Tipi Isıtıcılar	35
3.8.2.1.2	Levha Tipi Isıtıcılar	35
3.8.2.1.3	Fırın Tipi Isıtıcılar	36
3.8.2.2	Gazla Isıtma	38
3.8.2.2.1	Manifoldlu Isıtıcılar	38
3.8.2.2.2	Levhalı Isıtıcılar	39
3.8.2.2.3	Izgara Tipi Isıtıcılar	39
3.9	Kabuk Yapım Yöntemleri	40
3.9.1	Devirme Kutu Yöntemi (Dump-Box)	42
3.9.2	Püskürtme Yöntemi	45
3.10	Kabuğun Kürlenmesi	46
3.11	Kabuk Kalıplarda Yolluklandırma ve Besleme	48
4.	KABUK KALIP YÖNTEMİNDE KABUK KALINLIĞINA VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER	50
4.1	Kabuk Kalınlığına Etki Eden Faktörler	50
4.1.1	Kum Temas Süresinin Kabuk Kalınlığına Etkisi	50
4.1.2	Model Sıcaklığının Kabuk Kalınlığına Etkisi	52
4.1.3	Model Malzemesinin Kabuk Kalınlığına Etkisi	53
4.1.4	Reçine Miktarının Kabuk Kalınlığına Etkisi	53
4.1.5	Reçine Cinsinin Kabuk Kalınlığına Etkisi	54
4.1.6	Karıştırma Süresinin Kabuk Kalınlığına Etkisi	55
4.1.7	Kum ve Hava Sıcaklığının Kabuk Kalınlığına Etkisi	56
4.2	Kabuk Kalıp Mukavemetine Etki Eden Faktörler	58
4.2.1	Kum ve Hava Sıcaklığının Kabuk Mukavemetine Etkisi	58
4.2.2	Reçine Miktarının Kabuk Mukavemetine Etkisi	59
4.2.3	Karıştırma Süresinin Kabuk Mukavemetine Etkisi	60
4.2.4	Hekzametilentetramin Miktarının Kabuk Mukavemetine Etkisi	61
4.2.5	Katkı Maddelerinin Kabuk Mukavemetine Etkisi	63
4.2.6	Kürleme Sıcaklık ve Süresinin Kabuk Mukavemetine Etkisi	67
4.2.7	Yağlayıcı Miktarının Kabuk Mukavemetine Etkisi	68
5.	DENEYSEL ÇALIŞMA	69
5.1	Deneyde Kullanılan Malzemeler	69
5.2	Deneyde Kullanılan Cihazlar	71
5.3	Deneylerin Yapılışı	71
5.3.1	Reçine Kaplanmış Kumun Hazırlanma Aşamaları	71
5.3.2	Numunelerin Hazırlanması ve Mukavemet Değerlerinin Ölçülmesi	77
5.3.3	Kaplanmış Kumun Yapışma Noktasının Bulunması	78
5.3.4	Kabukların Oluşturulması ve Kabuk Kalınlıklarının Ölçülmesi	79
5.4	Deney Sonuçları	89
6.	SONUÇ	101
	KAYNAKLAR	103
	ÖZGEÇMİŞ	104

SİMGE LİSTESİ

Al	Alüminyum
Be	Berilyum
C	Karbon
$(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$	Hekzametilentetramin
$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	Klorobenzen
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	Fenol
$\text{Ca}(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO})_2$	Kalsiyum stearat
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Fe_2O_3	Hematit
Fe_3O_4	Manyetit
HCHO	Formaldehit
HCl	Hidroklorik asit
H_2O	Su
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Ni	Nikel
P	Fosfor
S	Kükürt
Si	Silisyum
Zn	Çinko
ZrO_2SO_2	Zirkon

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Kabuk ve kum kalıpta boyutsal duyarlılığın parça büyüklüğüyle değişimi 5
Şekil 3.1	Novalak reçinelerin ısı etkisiyle değişimi 12
Şekil 3.2	Reçine fiziksel durum çevrimi 15
Şekil 3.3	Düşük, orta ve yüksek minimal viskoziteli reçinelerin erime viskozitelerinin zamanla değişimi 16
Şekil 3.4	Paddle tipi karıştırıcı 26
Şekil 3.5	Müller tipi karıştırıcı 27
Şekil 3.6	Kovan tipi ısıtıcı 35
Şekil 3.7	Levha Tipi Isıtıcı 36
Şekil 3.8	Fırın Tipi Isıtıcı 37
Şekil 3.9	Manifoldlu ısıtıcılar 38
Şekil 3.10	Gazlı Levha Tipi Isıtıcı 39
Şekil 3.11	Izgara tipi ısıtıcı 40
Şekil 3.12	Kabuk kalıplama prosesleri 41
Şekil 3.13	Model ve devirme kutusu birbirine bağlanmış ve 180° dönebilen devirme kutu yöntemi ile kabuk kalıp yapım aşamaları 43
Şekil 3.14	Dairesel ayırıcı üzerine yüksek hızla model ve devirme kutusunun beraberce döndüğü devirme kutu yöntemiyle kabuk kalıp imali 44
Şekil 3.15	Ayırma plakalı devirme kutu yöntemiyle kabuk yapımının aşamaları 44
Şekil 3.16	Püskürtme yöntemiyle elde edilmiş kabuk kalıpların kesitleri 45
Şekil 3.17	Kabuk kalıpları sertleştirmek için kullanılan elektrikli pişirme fırınları 46
Şekil 3.18	Üflemlerli tip manifoldlu gaz fırınları 47
Şekil 3.19	Düşey ve yatay ayırma yüzeyli kalıplar için yolluk sistemleri 49
Şekil 4.1	Kaplanmış kum-sıcak model temas süresinin kabuk kalınlığına etkisi 51
Şekil 4.2	Temas süresi ve model sıcaklığının kabuk kalınlığına etkisi 51
Şekil 4.3	Model sıcaklığının kabuk kalınlığına etkisi 52
Şekil 4.4	Kabuk kalınlığının reçine miktarı ile değişimi 54
Şekil 4.5	Reçine cinsinin kabuk kalınlığına etkisi 55
Şekil 4.6	Karıştırma süresinin kabuğun kalınlığına ve kabuğun kendiliğinden kürlenmiş kısmının kalınlığına etkisi 56
Şekil 4.7	Kabuk kalınlığının değişik kum sıcaklıkları için hava sıcaklığı ile değişimi ... 57
Şekil 4.8	Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin değişik kum sıcaklıkları için hava sıcaklığı ile değişimi 59
Şekil 4.9	Kabuk kalıbın soğuk çekme mukavemetinin reçine miktarı ile değişimi 60
Şekil 4.10	Karıştırma süresinin soğuk çekme mukavemetine etkisi 61
Şekil 4.11	Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin heksametilentetramin miktarıyla değişimi 62
Şekil 4.12	Kabuk kalıbın soğuk ve sıcak kesme mukavemetinin heksametilentetramin miktarıyla değişimi 63
Şekil 4.13	Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin vinsol ilavesi ile değişimi 64
Şekil 4.14	Kabuğun soğuk kesme mukavemetinin vinsol ilavesi ile değişimi 65
Şekil 4.15	Kabuğun sıcak kesme mukavemetinin vinsol ilavesi ile değişimi 65
Şekil 4.16	Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin hadde tufali ilavesi ile değişimi 66
Şekil 4.17	Kabuğun soğuk ve sıcak kesme mukavemetinin hadde tufali ilavesi ile değişimi 66
Şekil 4.18	%4 reçine içeren kaplanmış kum ile yapılan kabuk kalıbın çekme mukavemetinin çeşitli kürlenme sıcaklıklarında kürlenme süresi ile değişimi ... 68
Şekil 5.1	Pastil halinde katı novalak reçine 70

Şekil 5.2	Reçineli Kum Hazırlama Tesisi	72
Şekil 5.3	Reçineli kum imalatı iş akış şeması	74
Şekil 5.4	Sıcak kumun kimyasal malzemeler ile (reçine, hegzamin ve kalsiyum stearat) karıştırıldığı mikser	75
Şekil 5.5	Mikserde hazırlanan kaplanmış kumu elek üzerine ileten helezon şeklindeki besleyici	75
Şekil 5.6	Ortam sıcaklığına soğutulmuş kaplanmış kumun siloya alınmasını sağlayan taşıyıcı bant	76
Şekil 5.7	Reçine kaplanmış kumun silodan alınarak kum sepetlerine doldurulması	76
Şekil 5.8	Çekme numunesi	77
Şekil 5.9	Sıcak çekme test cihazı	78
Şekil 5.10	Kaplanmış kumun yapışma noktasını tayin cihazı	79
Şekil 5.11	Çift istasyonlu kabuk kalıplama makinası	80
Şekil 5.12	Yolluk ve besleyicilerin bulunduğu üst model plakası	81
Şekil 5.13	Alt model plakası	81
Şekil 5.14	Boşaltma kutusundaki kaplanmış kumun model plakası üzerine düşürülerek kabuk oluşturulması	82
Şekil 5.15	Kabuk oluşturulduktan sonra boşaltma kutusunun ve model plakasının başlangıç konumuna geri dönmesi	82
Şekil 5.16	Kabuğun modeli içine alan ısıtma kafası ile pişirilmesi	83
Şekil 5.17	Homojen bir şekilde sertleşen üst kabuk kalıbın, model üzerindeki itici pimler vasıtasıyla modelden ayrılması	83
Şekil 5.18	Homojen bir şekilde sertleşen alt kabuk kalıbın, model üzerindeki itici pimler vasıtasıyla modelden ayrılması	84
Şekil 5.19	Model plakası üzerinde oluşturulan kabuğun modelden ayrılmasını sağlayan itici pimler	84
Şekil 5.20	Üst kabuk kalıp	85
Şekil 5.21	Alt kabuk kalıp	85
Şekil 5.22	Kabuk kalıp yarılarının özel bir yapıştırıcıyla yapıştırılması ve preslenmesi ...	86
Şekil 5.23	Üst kabuk kalıp kesiti	86
Şekil 5.24	Alt kabuk kalıp kesiti	87
Şekil 5.25	Palet maske kesiti	87
Şekil 5.26	Dökümden sonra oluşan çelik palet gövdesi	88
Şekil 5.27	Palet döküm kesiti	88
Şekil 5.28	Reçine miktarının üst kalıbın kabuk kalınlığına etkisi	89
Şekil 5.29	Reçine miktarının alt kalıbın kabuk kalınlığına etkisi	90
Şekil 5.30	Temas süresinin üst kalıbın kabuk kalınlığına etkisi	91
Şekil 5.31	Temas süresinin alt kalıbın kabuk kalınlığına etkisi	91
Şekil 5.32	Model sıcaklığının üst kalıbın kabuk kalınlığına etkisi	92
Şekil 5.33	Model sıcaklığının alt kalıbın kabuk kalınlığına etkisi	93
Şekil 5.34	Reçine miktarının sıcak çekme mukavemetine etkisi	94
Şekil 5.35	Reçine miktarının soğuk çekme mukavemetine etkisi	94
Şekil 5.36	Pişirme süresinin sıcak çekme mukavemetine etkisi	95
Şekil 5.37	Pişirme süresinin soğuk çekme mukavemetine etkisi	96
Şekil 5.38	Kürleme sıcaklığının değişiminin sıcak çekme mukavemetine etkisi	97
Şekil 5.39	Kürleme sıcaklığının değişiminin soğuk çekme mukavemetine etkisi	97
Şekil 5.40	Reçine miktarının kumun yapışma noktasına etkisi	98
Şekil 5.41	Temas süresinin kumun yapışma noktasına etkisi	99
Şekil 5.42	Sıcaklık değişiminin kumun yapışma noktasına etkisi	100

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	Model ve model plakalarında kullanılan alaşımlı dökme demir bileşenleri	31
Çizelge 3.2	1.Tip alüminyum alaşımlarının kimyasal bileşenleri (% olarak)	32
Çizelge 3.3	2.Tip alüminyum alaşımlarının kimyasal bileşenleri (% olarak)	32
Çizelge 3.4	Berilyum-Bakır Alaşımları (% olarak)	33
Çizelge 5.1	Reçine kaplanmış kum hazırlanırken katılan reçine ve çamur miktarları	73
Çizelge 5.2	Reçine miktarının kabuk kalınlığına etkisi	89
Çizelge 5.3	Temas süresinin kabuk kalınlığına etkisi	90
Çizelge 5.4	Model sıcaklığının kabuk kalınlığına etkisi	92
Çizelge 5.5	Reçine miktarının mukavemete etkisi	93
Çizelge 5.6	Pişirme süresinin mukavemete etkisi	95
Çizelge 5.7	Kürleme sıcaklığının değişiminin mukavemete etkisi	96
Çizelge 5.8	Reçine miktarının kumun yapışma noktasına etkisi	98
Çizelge 5.9	Temas süresinin kumun yapışma noktasına etkisi	98
Çizelge 5.10	Sıcaklık değişiminin kumun yapışma noktasına etkisi	99



ÖNSÖZ

“Kabuk Kalıplama Yönteminde Reçine Miktarının, Temas Süresinin ve Model Sıcaklığının Kabuk Kalınlığına ve Mukavemetine Etkisi” konulu çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen ve değerli katkılarıyla bana yol gösteren hocam Prof. Dr. Hüseyin SÖNMEZ’e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca deneysel çalışma süresince her türlü olanağı sağlayan 1. Ana Bakım Merkezi Komutanlığı’na teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmam sırasında her türlü yardımı gösteren başta Mak.Müh.Bnb. Hüsnu Emin GÖKDEMİR olmak üzere, Met.Yük.Müh. İsmail YILDIRIM’a ve Met.Yük.Müh. Esat İLHAN’a teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

Kabuk kalıplama yüzey kalitesi ve boyutsal duyarlılığın iyi olmasının istendiği parçaların üretiminde kullanılan önemli kalıplama yöntemlerinden biridir. Günümüzde çok sayıda parça kabuk kalıplama yöntemiyle imal edilmektedir.

Bu çalışmada kabuk kalıplama yönteminin esasları incelenerek, reçine miktarının, kumun modelle temasta bulunduğu sürenin ve model sıcaklığının kabuk kalınlığına ve mukavemetine etkisini araştırmak için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Sıcak kaplama yönteminde %3-%3,5-%4-%4,5-%5'lik reçine oranları kullanılarak elde edilen kaplanmış kumlarla yapılan deneylerde reçine miktarını, süreyi ve model sıcaklığını değiştirerek çeşitli sonuçlar elde edilmiştir.

Reçine miktarı arttıkça kabuk kalınlığının, sıcak ve soğuk çekme mukavemet değerlerinin arttığı, kumun yapışma noktasının azaldığı ölçülmüştür. Temas süresi arttırıldığında kabuk kalınlığının ve soğuk çekme mukavemetinin arttığı, kumun yapışma noktasının azaldığı, sıcak çekme mukavemetinin belli bir süre arttıktan sonra azaldığı saptanmıştır. Model sıcaklığının arttırılması ile kabuk kalınlığının ve soğuk çekme mukavemetinin arttığı, kumun yapışma noktasının azaldığı ve sıcak çekme mukavemetinin önce artıp daha sonra azalmaya başladığı ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kabuk kalıplama, sıcak kaplama, reçine, model sıcaklığı, temas süresi

ABSTRACT

One of the important molding methods is shell molding which is used to produce the components having the best surface quality and dimensional susceptibility. Nowadays, the most of the components is produced with shell molding method.

At this study, the base of shell molding is examined, and a few experiments are performed to determine the effects of some variations such as resin amount, contact duration of the model with sand, and temperature of model on the shell thickness and strength.

Concerning the hot coating method, various results are obtained using divers resin amounts, contact durations and model temperatures in the experiments where in used the coated sands with the resin ratios of %3-%3,5-%4-%4,5 and %5.

It is seen that hot and cold tension strength increase, and sticking point of sand decreases when resin amount increases. It is observed that shell thickness and cold tension strength increase, sticking point of sand decreases, hot tension strength first increases, then decreases in the case that contact duration is increased. It is also observed that shell thickness and cold tension strength increase, sticking point of sand decreases, and hot tension strength first increases, then decreases, when model temperature is increased.

Keywords : Shell molding, hot coating, resin, model temperature, contact duration.



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kabuk kalıplama yöntemi ikinci dünya savaşı yıllarında(1943) Almanya'da Dr. Johannes Carl Adolp Croning (1887-1957) tarafından geliştirilmiştir. Croning bu yöntemle ilgili patenti 1944 yılında almıştır. Termoset fenol-formaldehit kullanarak akışkan, sertleşebilir bir reçine + kum karışımı yapmayla ilgili bu patent 1947'ye kadar Alman patent bürosunda gizlenmiş, daha sonra A.B.D hükümetine bağlı teknik servis tarafından ele geçirilerek varlığı açıklanmıştır. Yöntem bulucusunun adıyla "Croning Yöntemi" veya kısaca "C yöntemi" olarak anılmaktaydı. Daha sonraları kalıbın kabuk görünümünde olması yüzünden "Kabuk Kalıp Yöntemi", (Shell process) olarak ta adlandırılmıştır. Yöntem ilk haliyle toz halindeki reçinenin kumla karıştırılarak sıcak model üzerine bir hazne ile kapatılması ilkesine (dump-box) dayanmaktaydı. Bugün de en yaygın kullanılan kabuk kalıp makinaları bu ilkeye göre yapılmışlardır. Ancak kum + toz reçine karışımı reçinenin karışım içinde segregasyonuna neden olduğu için sakınca yaratmaktadır. 1948 yılında toz reçinenin katalizörle birlikte bir çözücü içinde çözünerek kumla karıştırılması sonucu, reçinenin taneleri etrafına kaplanmasını sağlayan bir yöntem geliştirilmiştir (Soğuk Kaplama). Bu yolla reçine kaplı kumun ısıtılmış maça sandıkları içine segregasyon tehlikesi olmadan üflenebilmesi sağlanmış ve yöntemin yaygınlaşması hızlandırılmıştır. Chester W. Fitco'nun reçine kaplı kumun akışkanlığını ve maça / kalıp yoğunluğunu artırıcı, yağlayıcı sabun kullanımı ile ilgili patenti alması gelişmeye hız vermiştir. 1952'de ılık kaplama yöntemi geliştirilmiştir. Ilık kaplamada reçinenin içinde çözündüğü çözücünün sıcak hava üflenerek daha hızlı uçması sağlanmıştır. 1955 yılında çözücünün ortadan kaldırıldığı ve halen en yaygın kaplama yöntemi olarak kullanılan sıcak kaplama yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle katı reçineler sıcak kumla karıştırılarak kaplanmaktadır. Reçine kaplı kumla kabuk maça yapımı ve kullanımı bu tarihten sonra yaygınlaşmıştır.

Kabuk kalıplama, kil bağlayıcılı yaş kum kalıplamaya oranla daha iyi yüzey kalitesi ve daha sıkı boyutsal toleranslarla şekilli parça dökümünün yapıldığı bir seri imalat yöntemidir. Bu yolla üretilen döküm parçalarının yukarıdaki özelliklerinden dolayı çok az işlenerek ya da işlenmeden döküldüğü haliyle kullanılabilmesi; özellikle karmaşık şekilli, işlenmesi zor metallere ve çok sayıda parça üretilmesi gereken durumlarda kabuk kalıplamanın önemini arttırmaktadır.

Kabuk kalıplama yönteminde, sıcakta sertleşen novalak tipi reçine ile kaplanmış kum sıcak model üzerine düşürülerek modelin şekline sahip bir kabuk elde edilmekte ve bu kabuk model ile birlikte istenen özellikleri kazanması için bir fırında kürlenmektedir. Bu kabukların yüzey

özellikleri ve boyutsal kararlılıkları çok yüksek olduğundan dolayı; kabuk kalıplama hemen hemen döküldüğü gibi kullanılabilir , özellikle işlenmesi zor metal alaşımlarının dökümünde kullanılmakta ve mekanik işlemeyi azaltmaktadır.

Kabuk kalıplama yönteminde reçine kaplanmış kumu hazırlamada kullanılan kum sıcaklığı, hava sıcaklığı, kumun hazırlanmış modelle temasta bulunduğu süre, karıştırma süresi , reçine miktarı , hekzametilentetramin, kalsiyum sitearat miktarı ile katkı maddesi tip ve miktarı yöntemin özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerdir.

Bu çalışmada kabuk kalıplama yönteminin esası incelenerek kum temas süresinin, reçine miktarının ve model sıcaklığının kabuk kalınlığına ve mekanik özelliklerine etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.



2. KABUK KALIPLAMA YÖNTEMİ

2.1 Kabuk Kalıp Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Kabuk kalıplama yöntemi hem demir esaslı, hem de demir dışı alaşımlarda birkaç gramdan 180 kg'a kadar parçaların seri dökümünde kullanılan bir yöntemdir. Kabuk kalıp yöntemini daha ziyade yaş kum kalıpla çeşitli yönlerden karşılaştırdığımızda bir çok üstünlüklerin olduğunu görebiliriz (Kefeli,1989).

Kabuk kalıbın sağladığı avantajları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- a) Döküm parçalarının yüzeyi yaş kum kalıba nazaran son derece düzgün olmakta ve böylece yüzey işleme masrafları minimuma inmektedir (Kefeli,1989).
- b) 0,08-0,13 mm'lik çok dar boyutsal toleranslar sağlanabilmektedir (Karamış,1999).
- c) Kalıplamada daha az kum sarf edilmektedir (Çavuşoğlu,1981).
- d) Kabuk kalıp yönteminde üretim hızı daha yüksektir.
- e) Düzgün yüzeyli dökümler için kalifiye işçi ve kalıp boyaları gerekmemektedir.
- f) Kum metal oranının diğer kaplama yöntemlerine göre düşük olması nedeniyle malzeme taşıma maliyetleri azdır ve dökümhane alanının kullanım oranı yüksektir (Kefeli,1989).
- g) Kalıpların nem almama özelliğinden dolayı kalıp ve maçalar süresiz olarak özelliklerinde büyük bir değişim olmaksızın stoklanabilmektedir.
- h)Döküm yapıldığında kabuk kalıp ve maçalar yanarak mukavemetlerini kaybettiğinden, kalıp bozma teçhizatına gerek yoktur (Ergin,1986).
- i) Dizayn açısından bakıldığında kabuk kalıp yönteminde daha az sınırlamalar olmaktadır (Çavuşoğlu,1981).
- j) Az kum kullanımı sonucu döküm sonrası gazların miktarı düşük olmakta , dolayısıyla gazdan kaynaklanan hatalar azalmaktadır (Başgut,1989).

Kabuk kalıp yönteminin yukarıdaki üstünlüklerine rağmen bir takım sınırlandığı durumlar söz konusudur. Kabuk kalıp yönteminin dezavantajlarını da şu şekilde sıralayabiliriz.

- a) Maksimum döküm boyut ve ağırlığı sınırlıdır.
- b) Metal modelin ve reçine bağlayıcının maliyeti yüksektir.
- c) Model plakalarını ısıtmak ve kalıpları kürelemek için daha fazla ekipman ve kontrol cihazı gerekmektedir.(Ergin,1981)

d)Yolluk ve çıkıcılar tamamen veya kısmen model üzerinde bulunması gerekmektedir (Çavuşoğlu,1981).

e) Kabuk yapımı ve döküm anında kötü kokuların oluşması ve bazı döküm hatalarına karşı aşırı duyarlılık göstermektedir (Kefeli,1989).

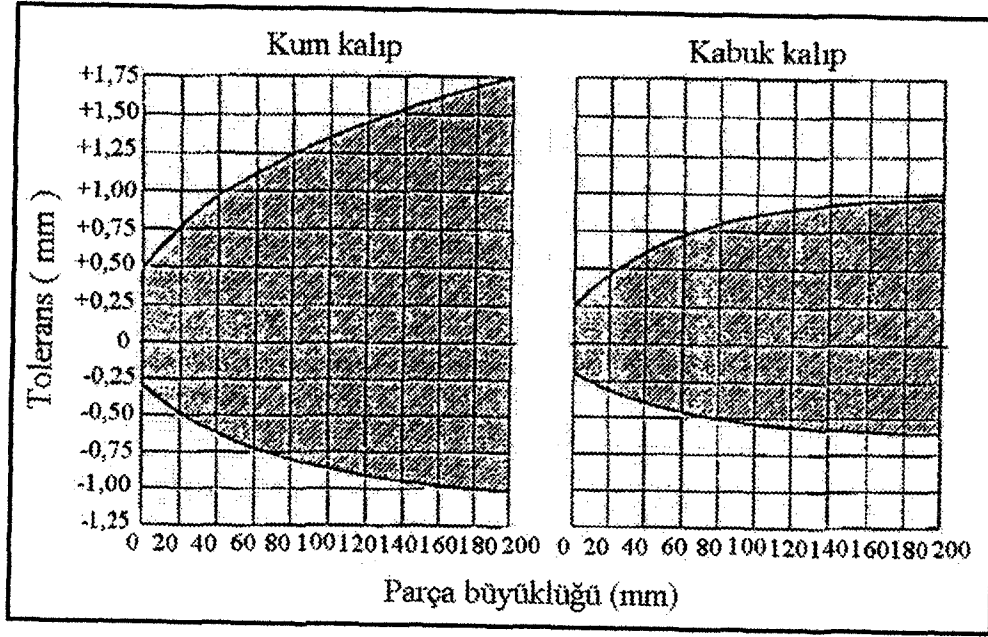
2.2 Kabuk Kalıp Yönteminin Dökümcülükteki Yeri ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması

İdeal bir kalıp veya maça yapım yönteminde hammaddelerin kolay temini; döküm ve katılma esnasında boyutsal kararlılık; “kum+bağlayıcı” karışımının kullanma süresinin uzun olması, havadaki nem ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmemesi; kalıp veya maçanın model veya maça kutusundan kolayca sıyrılabilmesi; döküm sonu yüzeyinin düzgün olması; kalıp veya maça yapımı, döküm ve kalıp bozma işlemleri esnasında istenmeyen gazların meydana gelmemesi; artık madde sorununun olmaması ve döküm işlemi esnasında iyi dağılılırılık istenir (Çavuşoğlu ,1981).

Hiçbir yöntem bu özelliklerin hepsini birden sağlayamaz ;hammaddelerin bulunabilmesi, yatırım ve işletme maliyeti, nihai döküm parçasının kalitesi ve döküm sonrası işletme maliyeti açısından ideale en yakın yöntemlerden biriside 1943 yılında Almanya'dan Dr. Johannes Croning tarafından geliştirilen Kabuk Kalıp yöntemidir.

Bu yöntemle üretilmek istenen parçalar üç gruba ayrılabilir.

1. Döküm sonrası boyutsal duyarlılık ve yüzey kalitesi yönünden herhangi bir bitirme işlemine gerek kalmadan kullanılacak parçalar.
2. Yüzey kalitesi yönünden yeterli, boyutsal duyarlılık yönünden bir bitirme işlemi gerektiren parçalar.
3. Dökülmüş haldeki boyutsal duyarlılığı önemli olmayan, ancak iç veya dış döküm yüzey kalitesinin önemli olduğu parçalar.



Şekil 2.1 Kabuk ve kum kalıpta boyutsal duyarlılığın parça büyüklüğüyle değişimi(Başgut,1989)

Kabuk kalıplama yönteminin tüm avantajlarının kullanıldığı parçalar ilk gruba girmektedir. Bu gruba giren parçaların özellikleri hassas döküm (investment casting) ve basınçlı dökümle üretilen parça özelliklerine yaklaşmaktadır. Yüksek yüzey kalitesi yanında, dar boyutsal toleransların sağlanabildiği parçalar Şekil.2.1'den de anlaşılacağı gibi daha çok küçük parçalar olmaktadır. İri civata ve somunlar bu gruptaki parçalar için ilginç bir örnektir.Kabuk kalıplama ikinci ve üçüncü gruptaki parçaların üretiminde yüksek yüzey kalitesi yönünden kullanılmaktadır. Boyutsal duyarlılık işleme maliyetlerini azaltıcı etki yapmaktadır.

Kabuk kalıplarda boyutsal duyarlılık kalıp içinde her 25 mm'de $\pm 0,076$ mm $\pm 0,406$ arasında, kalıp birleşme çizgisi boyunca her 25 mm'de $\pm 0,127$ mm $\pm 0,760$ arasında değişmektedir.

Boyutsal duyarlılık kum kalıplamada çelik için her 25 mm de ortalama $\pm 1,52$ mm, dökme demir için ortalama $\pm 0,76$ mm iken kabuk kalıplamada yine ortalama olarak sırasıyla $\pm 0,51$ mm ve $0,48$ mm'dir.

Yüzey kalitesi yönünden kabuk kalıplama, kil bağlayıcı kum kalıplamadan iyi, basınçlı döküm, hassas döküm ve metal kalıba basınçsız dökümden daha kötüdür.

Yüzey pürüzlülüğü yüksek basınçlı dökümde 0,76 mikron, alçı kalıba dökümde 0,81 mikron, düşük basınçlı dökümde 1,27 mikron, hassas dökümde 1,53 mikron, basınçsız (metal kalıba) dökümde 1,78 mikron, kabuk kalıba dökümde 3,18 mikron, kum kalıba dökümde 12,7 mikron düzeyindedir. Boyutsal doğruluk yönünden kabuk kalıplama 25 mm den küçük parçalarda yüksek basınçlı döküm, hassas döküm, alçı kalıba döküm, düşük basınçlı ve basınçsız metal

kalıba dökümden kötü, kum kalıba dökümden iyi sonuç verirken parça boyutu büyüyünce durum değişmektedir.

300 mm den büyük parçalarda boyutsal doğruluk sıralaması iyiden kötüye doğru yüksek basınçlı döküm, alçı kalıba döküm, kabuk kalıba döküm, hassas döküm, düşük basınçlı döküm, kum kalıba döküm ve basınçsız metal kalıba döküm olmaktadır.

Boyutsal kararlılık yönünden ise kabuk kalıba döküm yüksek basınçlı, düşük basınçlı ve basınçsız metal kalıba dökümlerden kötü, hassas döküm, alçı kalıba ve kum kalıba dökümlerden iyi durumdadır (Başgut,1989).

Karmaşık şekilli parçaların üretilmesine uygunluk sıralamasında kabuk kalıba döküm; hassas döküm, alçı kalıba döküm ve yüksek basınçlı dökümden sonra, düşük basınçlı döküm, kum kalıba döküm ve basınçsız metal kalıba dökümden önce gelmektedir. Dökülen parçanın sağlamlığı yönünden kabuk kalıba döküm, düşük basınçlı döküm dışında yukarıda sözü edilen yöntemlerin tümüne iyi sonuç vermektedir. Her cins metalin dökülebilmesi ise kabuk kalıbın, kum kalıp ve hassas dökümle birlikte diğer yöntemlere üstünlüğüdür.

Maliyet açısından bir parçanın parçayı kullanacak kişiye mal oluşunu model yapım maliyeti, birim parçanın döküm maliyeti, döküm sonrası işlemler ve işleme maliyeti olarak üçe ayırırsak , birim parça maliyeti bakımından sıralama, en düşük maliyetten en yüksek maliyete doğru; yüksek basınçlı döküm, düşük basınçlı döküm, basınçsız metal kalıba döküm, kum kalıba döküm, kabuk kalıba döküm, hassas döküm ve alçı kalıba döküm şeklindedir.

Model maliyeti bakımından sıralama ise, en düşük maliyetten en yüksek maliyete doğru alçı kalıba döküm (ahşap modeller), kum kalıba döküm, kabuk kalıba döküm, hassas döküm, alçı kalıba döküm (metal modeller) , basınçsız metal kalıba döküm, alçak basınçlı döküm ve yüksek basınçlı döküm şeklindedir (Özilmen,2002).

3. KABUK KALIPLAMADA KALIP MALZEMELERİ

3.1 Kum

Kabuk kalıp yönteminde imalatın bütün safhalarını etkilediği için kalıp kumlarının seçimi oldukça önemlidir. Gerek silis gerekse zirkon kumu kabuk kalıp işlemi için uygun olan kumlardır ve saflık, tane büyüklüğü, tane şekli ve tane büyüklüğü dağılımı açısından küçük de olsa değişiklikler göstermektedir. Ayrıca kimyasal analiz, sinterleşme noktası, ısıl genleşme ve özellikle işlendikten sonraki nem durumları bakımından da bir takım değişiklikler gösterirler (Kefeli,1989).

Kabuk kalıplama yöntemi için uygun olan kumlar çok dar saflık, tane boyutu, tane şekli ve tane dağılımı aralığına sahiptirler. Kabuk kumu seçiminde dikkate alınacak esas özellikler kum mineralinin tipi, kil miktarı, tanelerin boyut ve şekli ile elekler arasındaki dağılımıdır. Kumun bu özellikleri kalıp mukavemetini, gaz geçirgenliğini, ateşe dayanıklılığını, parçanın yüzey kalitesini ve reçine miktarını doğrudan etkiler (Barutçu,2003).

Kabuk kalıplamada kullanılacak kumda organik maddeler ve kilin düşük seviyede olması gerekir. Bu husus yıkama yoluyla temin edilebilir. Organik maddeler ve kil miktarı gerekenden fazla olursa reçine sarfiyatı artmaktadır (Yıldırım,1998).

Yuvarlatılmış kum taneleri sıra dışı bir akışa sahiptir ve kalıba yüksek yoğunlukta dolması sayesinde minimum yüzey boşluğu ile metal girişine max. dayanıklılık sağlamaktadır (May ve Smith,1999).

Kabuk kalıplamada kullanılan başlıca malzeme silis kumudur. Silis kumunun refrakterliğinin yetersiz kaldığı erime sıcaklığı yüksek metallerin dökümünde, silis kumunun genleşme özelliğinin sorun yarattığı ve silis kumuyla bazı metallerin reaksiyona girdiği durumlarda daha yüksek refrakterlik, daha iyi ısı iletimi, daha düşük ısıl genleşme özelliklerine sahip ve kimyasal olarak da metallere karşı daha dirençli oldukları için zirkon ($ZrO_2 \cdot SO_2$), kromit ve daha nadir olarak da olivin kumları kullanılır (Başgut,1989).

Olivin kumları, olivin taş bloklarından konkasör ve değirmenlerde istenen tane büyüklüğüne göre suni olarak hazırlanır. Olivin kumları bilhassa aşınmaya dayanıklı büyük çelik döküm kalıplarında tercih edilmektedir. Zirkon kumları olivin kumlarına olduğu gibi aşınmaya dayanıklı çelik döküm kalıplarında kullanılmaktadır. Arzu edilen tane şekli, tane büyüklüğü ve dağılımına sahip olmaları üstün taraflarıdır. Diğer önemli bir tercih sebebi ise bu kumlarda ısı genleşme katsayısının çok küçük oluşudur. Kromit kumlarının kullanılmasının iki önemli

sebebi çelik dökümünde görülen kalıp-sıvı metal reaksiyonuna ve metal penetrasyonuna karşı iyi bir özelliğe sahip olmalarıdır (Avcı,1992).

Silis kumlarında silis oranının en az % 96 olması istenir. Kabuk kalıplamada kullanılan kumlarda özellikle silis kumunda aranan en önemli özelliklerden biri şlam (kil, feldispat, mika) içeriğinin ve diğer katışkıların olabildiğince düşük olmasıdır. Şlam içeriğinin % 0.5'ten yüksek olmaması gerekir. Yüksek şlam oranı gereksiz reçine tüketimine yol açar. Aynı dayanımı sağlamak için yüksek şamlı kumlarda daha fazla reçine kullanmak gerekir.

Kum tanelerinin yuvarlak olması tercih edilir. Yuvarlak taneli kumlar yüksek gaz geçirgenliği ve yüksek soğuk dayanım sağlarlar ancak sıcak dayanımları düşüktür. Köşeli kumlar ise düşük gaz geçirgenliği ve düşük soğuk dayanım verirken yüksek sıcak dayanım sağlarlar. Yuvarlak taneler, köşeli tanelere göre daha az reçine ile aynı soğuk dayanımı verirler. Yuvarlak taneli kumların akışkanlığı ve sağladıkları döküm yüzeyi kalitesi daha yüksektir. Ancak kalıbın çatlamasına, çarpılmasına ve boyutsal hatalara neden olabilecek ısıl genleşme yuvarlak taneli kumlarda daha yüksektir. Yarı köşeli kumlar ise bu özellikler arasında uygun bir uzlaşma sağlaması bakımından en uygun kumlardır. İşte bu özellikler dikkate alındığında; yuvarlak taneli kumlar ağırlıklı olarak maça yapımında, köşeli kumlarda kalıp yapımında tercih edilir. Yarı köşeli kum ise bu iki tip kumun arasında kaldığından kalıp yapımında en sık tercih edilen kum tipidir.

Kabuk kalıplamada kil bağlayıcılı kum kalıplamaya oranla daha ince kum kullanılmaktadır. Kumun tane büyüklüğünü ve şeklinin saptanması amacıyla elek analizi deneylerine başvurulur. Kullanılan kumun tane dağılımı 3-5 elek arasındadır. Genellikle AFS tane incelik numarası 50-160 arası olan silis kumları kabuk kalıplama için uygundur. Çelik dökümünde 50-90, demir dökümünde 80-130 , bronz dökümlerde 90-160 AFS tane incelik numaralı kumlar kullanılmaktadır. Kullanılan zirkon kumlarının AFS tane incelik numarası 100-150 civarındadır (Başgut,1989).

Kumun taneleri inceldikçe döküm yüzey kalitesi artmakta ancak belli bir dayanıma ulaşmak için gerekli reçine oranı yükselmektedir. Kum taneleri ne kadar küçük olursa kum kütlelerinin ateşe dayanıklılığı o kadar zayıf olur. Ancak kabuk kalıplarda ve maçalarda yanan sentetik reçine kumun ateşe dayanıklılık özelliğini arttırmakta ve böylece daha ince kumlar kullanılabilir. Kum taneleri inceldikçe aynı miktardaki kumun toplam yüzey alanı artar. Yüzey alanı kum tanelerinin çapının karesiyle ters orantılı olarak değişir. Bu da daha fazla reçine gereksinimine yol açar. Bu bilgiler ışığı altında tane büyüklüğünün kalıbın gaz

geçirgenliğine, ateşe dayanıklılığına ve dayanımına da doğrudan etki eden önemli bir faktör olduğu görülür (Barutçu,2003).

Yukarıdaki bilgiler ışığında kabuk kalıpta kullanılan kumların seçiminde son derece özen gösterilmelidir.

Yanlış kum seçimi ve kullanımı nedeniyle ortaya çıkan problemleri şöyle sıralayabiliriz;

1. Zayıf özelliklere sahip doğal kalıp kumları genellikle kaba döküm yüzeyleri verir.
2. Kumun düşük sinterleme noktasından dolayı derin boşluklar da kaba döküm yüzeyi hataları oluşur.
3. Maçaların ve kalıpların zayıf ısısal dirençlerinden dolayı çatlamar oluşabilir.
4. Kumun aşırı ısısal genişmesi nedeniyle boyut değişimleri meydana gelebilir.
5. Kum tanelerinin yüzey bozuklukları nedeniyle aşırı miktarda reçine tüketilebilir.

Kabuk kalıp işleminde kullanılan kumların teknik özelliklerinin yanında özellikle kuru olarak muhafaza edilmeleri gerekir. Bu nedenle kum imalatçıları özellikle ambalajlama, yükleme ve taşıma konularında son derece dikkatli olmaları gerekir. Taşımacılıkta kullanılan kum silolarının rutubetli ve rutubet çekici olmayacak şekilde dizayn edilmelidir. Kabuk kalıp kumlarının seçimini yapmadan önce hangi malzemelerin döküleceğinin önceden belirlenmesi gerekir (Kefeli,1989).

3.2 Reçine

Kabuk kalıp yönteminde gerek kalıp yapımında gerekse maça yapımında bağlayıcı olarak kullanılan reçineler doğal reçinelerden farklı olarak ancak doğal reçine gibi sınıflandırılan petrolden kimyasal işlemlerle üretilen sentetik reçinelerdir. Bu reçineler bulunmadan önce doğal reçineler döküm sanayiinde uzun yıllar kullanılmıştır. Sentetik reçineleri iki ana gruba ayırabiliriz. Bunlardan termoplastik reçineler oda sıcaklığında normal olarak katıdırlar. Ancak belirli bir derece ısıtıldıklarında ergiyip sıvı haline gelirler ve soğuduklarında tekrar katılaşırlar. Bu tip reçineler tekrar tekrar sıvılaşıp katılaşırsalar bile özelliklerinden hiçbirini kaybetmezler. Bu sıvılaşıma ve katılaşıma termoplastik reçine karakteristiklerinde hiçbir değişme meydana getirmeden defalarca tekrarlanabilir. Uygulamada bütün doğal reçineler bu gruba girerler. Termoplastik reçineler ister sentetik, ister doğal olsun kabuk kalıp yönteminde tek başlarına birleştirici olarak kullanılamazlar.

İkinci grupta fenol (C_6H_5OH) –formaldehit ($HCHO$) ve üre- formaldehit reçineleri yer almaktadır. Bu reçineler döküm sanayiinde bağlayıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Poliester gibi diğer sentetik reçinelerde maça imalinde kullanılmaktadır. Epoksi reçineler model malzemesi olarak döküm tekniğinde kullanılmaktadır. Furfuril alkol reçineleri de sıcak kutu yönteminde bağlayıcı olarak kullanılmaktadır.

Reçine kullanımında en son gelişmeler yağda modifiye edilmiş veya modifiye edilmemiş poliüretan reçinelerin kalıplarda ve maçalarda kullanılmasıdır (Kefeli,1989).

Yeni reçine teknolojisi yüksek dayanıklı kalıplar ile düşük genleşme özelliğine sahip malzemedan maça yapımını da mümkün hale getirmiştir. Geçmişte düşük genleşme özelliğine sahip kumun kullanımı, kimyasal ve fiziksel yüzey özelliklerinin önceki reçinelerle uyum sağlamamasından dolayı sınırlıydı. Bu son yıllarda taneler arasında güçlü bir bağ oluşturmak üzere elverişsiz yüzeylerde daha iyi akış sağlayan reçinelerin kullanımıyla düzeltilmiştir (May ve Smith,1999).

Döküm sanayiinde kullanılan fenol-formaldehit reçineler genel olarak iki tiptedir; birinci tipi veya resole reçineleri ve ikinci tipi veya novalak reçinelerdir. Birinci tip reçinelerde gerekli fenol formaldehit yüzdeleri bulunduğundan bunlarla gerekli kürlenmeyi sağlamak için sadece ısı uygulamak yeterlidir. Bu tip reçineler bağlayıcı olarak döküm sanayiinde geniş bir şekilde kullanılmaktadır. İkinci tip reçineler ise uygulamadan önce formaldehit ile karıştırmak gerekmektedir. Bu reçineye ilave edilmesi gereken formaldehit ürünü olarak heksametilentetramindir. Novalak reçineleri birleşiminde değişiklik yapmadan tekrar tekrar kullanılabilirler için termoplastik reçine olarak kabul edilebilmektedir. Ancak doğal reçineler gibi gerçek termoplastik reçine değildirler (Kefeli,1989).

3.2.1 Reçine Tipleri

Döküm endüstrisinde, kabuk kalıplama yönteminde genel olarak 4 tip reçine kullanılmaktadır.

1. Kuru karışım işlemlerinde ve kumun bir bağlayıcıyla soğuk kaplanması işleminde kullanılan kuru toz haline getirilmiş novalak reçinelerdir. Bu tip reçineler toz haline getirilmiş hexa içermektedir.
2. Kumun soğuk veya sıcak kaplanması için kullanılan sıvı novalak reçineleri. Kaplama işlemleri esnasında bu tip reçinelere hexa ve yağlayıcı ilave edilir.

3. Kaplama esnasında hexa ve yağlayıcı ilave edilen sıcak kaplamada kullanılan sıvı novalak reçineler.

4. Sıcak kaplama için kuru granül veya parçacıklar halindeki novalak reçineler.

Bu tip reçinelerde yağ genellikle reçine imal edilirken içerisine katılır ve hexa ise suyla çözülmüş halde kaplama işlemi esnasında ister sıvı durumda ister katı olsun rutubetten korunması için bütün reçinelerin iyi bir şekilde depolanması gerekir. Yani reçineler rutubetsiz bir ortamda korunmaları gerekir. Özellikle toz reçineler rutubete karşı oldukça hassastır ve depolandıkları yerlerde kolayca rutubetlenmektedirler. Şayet iyi önlem alıp rutubetten koruyamadığımız takdirde rutubetli reçineler bileşim değişikliğine uğrayacaklarından kabuk kalıplarda ve maçalarda problem yaratacaklardır. Bu problem döküm parçasının hatalı çıkmasına ve böylece ıskartaların artmasına neden olacaktır (Kefeli,1989).

Reçine sarfiyatını azaltmak için ; kum ,kil, organik madde gibi emrütelerden arındırılmalıdır,memnun edici döküm yüzeyi verecek en kaba kumla çalışılmalıdır, ön kaplama işlemlerinde kum taneleri reçine ile daha etkili olarak kaplandıklarından, toz reçine-kum karışımlarına göre daha az reçine kullanılabilir, kumun mekanik olarak paketlenmesine imkan veren üfleme tip makinalarda kabuğun mukavemeti önemli oranda arttırılabilir ve reçineden %50'ye yakın tasarruf sağlanabilir, arkalama metotları kullanılarak daha ince kabuklara döküm yapılabilir, eğer kompozit kalıp yapmak için pratik bir metot uygulanabilirse daha kaba, daha az reçine ihtivalı kumla desteklenen ince kumdan ince bir yüzey tabakasına sahip kompozit kalıplar kullanılması, kabuk mukavemetini arttıran ilavelerin kullanılması iyi sonuçlar vermektedir (Ergin, 1981).

3.2.1.1 Novalak Reçine

Formaldehit (HCHO) mol oranı 1 den büyük yani formaldehit moleküllerinden az ve kullanılan katalizörde asidik ise, elde edilen reçine iki aşamalıdır. Bu reçinelere novalak reçine denir. Bir aşamalı reçineler dökümcülükte sıcak kutu reçineleri olarak kullanılırken, iki aşamalı novalak reçineler kabuk kalıp ve maça yapımına kullanılır. Novalak reçineler en yaygın kullanılan reçine tipidir.

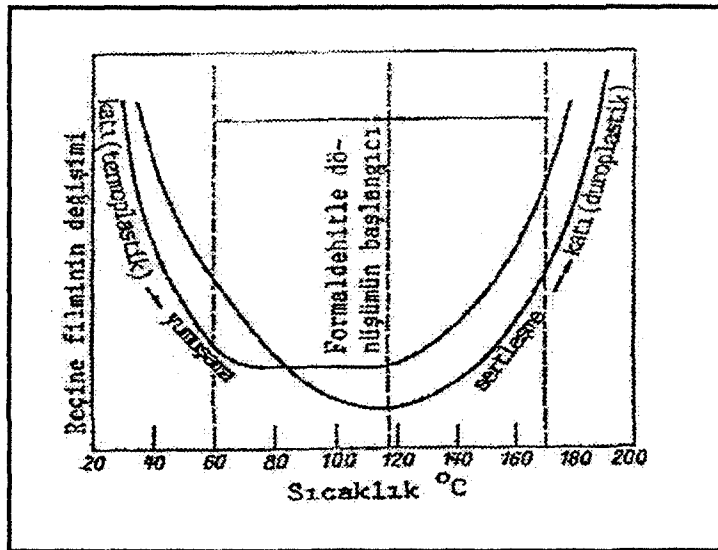
Kabuk kalıplamada iki aşamalı novalak reçine kullanılması yöntemin bir gereğidir. Kabuk kalıp yapımında kullanılan kum önce reçine ile kaplanmalıdır. Bir başka deyişle reçine kum tanelerinin etrafını bir tabaka halinde sarmalıdır. (Yöntemin ilk uygulamaları sırasında toz reçine kumla karıştırılarak kullanılıyordu, ancak bu uygulama bazı sakıncaları yüzünden terkedilmiştir). Bunun yapılabilmesi için de reçinenin plastik hale gelebilmesi gereklidir. Bu

nedenle termoplastik özellik gösteren iki aşamalı novalak reçine kullanılır ve ısı etkisiyle (sıcak kaplama), çözünme etkisiyle (soğuk kaplama) veya hem ısı hem de çözünme etkisiyle (ılık kaplama) plastik hale geçirilerek kum taneleri etrafına kaplanır.

Ancak bu reçine kaplı kum tanelerinin kalıbı oluşturabilmesi için reçinenin ısı etkisiyle sertleşmesi gerekir. Başka bir deyişle bu aşamada termo- set özellikli bir reçine gereklidir. Bu da reçinenin modülünü, yani formaldehit / fenol oranının yükseltmek için eksik olan formaldehiti vermekle sağlanır. Teorik olarak modülün 1' e çıkarılması yeterli ise de pratik olarak modülü 1' e çıkarmak için gerekli olandan daha fazla formaldehit kullanılır.

Bu amaçla termoplastik reçineye kum kaplama aşamasında ve düşük sıcaklıkta formaldehit taşıyıcı maddeler ilave edilir. Bu durumdaki reçineler istenilen süre stoklanabilir. Novalak reçineye eksik formaldehiti sağlamak için en yaygın kullanılan madde " heksametilentetramin" dir. Kısaca heksamin veya hekza olarak bilinir. Hekzamin 117 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısı etkisiyle formaldehit ve amonyak olarak ayrışır. Ayrışan formaldehitle eksik olan çapraz bağlar tamamlanır. Hekzamin yaklaşık 60 °C civarında fenolün reaktif çekirdek- hidrojen atomu ile reaksiyona girer. Daima fenol fazlasının bulunması, tüm amonyağın ayrışması ve dimetilenamin köprüsünün oluşmasıyla dönüşüm sağlanır. Reaksiyona açığa çıkan formaldehit, metilen köprüsüne gider.

Metilen köprüsü mekanik ve termik olarak en sağlam bağı oluşturur ve 300 °C nin üstündeki sıcaklıklarda bozular. Yeterli miktarda formaldehitin hekzaminle sağlanması ve ısı etkisiyle polimerlerin çapraz bağları tamamlanarak üç boyutlu yapı meydana gelir. Çapraz bağlar tamamlanırken viskozite hızla yükselir ve reçine (ısıtılmış model üzerinde kalıp malzemesi ile birlikte) katılaşır. Bu durumdaki reçine "resit" adını alır.



Şekil 3.1 Novalak reçinelerin ısı etkisiyle değişimi(Başgut,1989)

İki ayrı novalak reçinenin fiziksel durumlarının değişimi formaldehit ve ısı etkisine bağımlı olarak Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Katı haldeki reçineler ısı etkisiyle önce yumuşarlar 117 °C de ayrışan heksadan sağlanan formaldehit ile sertleşme başlar. Hekzametilentetramin novalak reçinelerin çapraz bağlanmasında en yaygın olarak kullanılan madde olmasına karşın kabuk kalıpta ikincil amin zincirleri halinde bir miktar azot bırakması çelik dökümlerde bazı gaz hatalarına neden olmaktadır. Bu nedenle azot gazı taşımayan formaldehit taşıyıcılar denenmiştir. Paraformaldehit bunların en önemlisidir. Paraformaldehitin azot içermemesine karşın, paraformaldehit kullanılan kumların termoplastik özellik göstermesi ve bu maddedeki formaldehitin modelin sıcaklığı etkisiyle buharlaşması hekzamini en önemli formaldehit kaynağı durumuna getirmiştir.

Novalak reçineler saf halde bağlayıcı kalıp malzemesi olarak kullanılmaya uygun değildirler. Saf novalak gevrek ve kırılımandır. Sağladığı dayanımda oldukça düşüktür. Bu dezavantajların giderilerek novalak reçinenin bağlayıcı olarak uygun özellikler taşımalarını sağlamak için reçinenin kondenzasyon sürecinde veya daha sonra bazı maddelerle işlem görmesi gerekir. Bu olaya modifikasyon, reçineye ilave edilen maddelere de modifikatör denilir. Modifikatörler reçinenin kullanım amacına uygun olarak seçilen herhangi bir özelliğini iyileştirmek amacıyla kullanılırlar. Değişik modifikatörler değişik özelliklerin iyileştirilmesini sağlar.

Novalak reçinenin resolle modifikasyonu bağlayıcıya orta değerlerde mekanik ve ısıl dayanıklılık verir. Resolün novalakla kısmen yer değiştirmesi sistemdeki metilol gruplarının artmasına neden olur. Bu da reçinenin yapısının değişimine ve elastik yapının gelişmesine yol açar.

Novalak reçineler kabuk kalıplamada başlıca sıvı ve katı olmak üzere iki halde bulunurlar. Sıvı reçineler % 60-70 katı reçine (geri kalanı alkol veya aseton) içeren novalak vernikler ve % 75-80 katı reçine (% 4 alkol, geri kalanı su) içeren sulu çözeltilerdir. Katı reçineler toz, toprak granül ve pul şekilde kullanılırlar. Sıvı reçinelerde reçine, alkol veya alkol-su karışımı içinde çözülmüş durumdadır. Kaplama sırasında bu alkol- su karışımı sıcak veya soğuk hava üflenerek buharlaştırılır. Novalak vernikler organik çözücülerde tamamen çözüldükleri halde suda çok az çözünürler. Sıvı reçineler ılık kaplamada kullanılırlar. Çözelti içindeki katı madde oranı arttıkça viskozite yükselir. En yüksek katı oranı % 80’dir. Katı reçineler sıcak kaplamada kullanılır. Toz halde iken kumla karışım halinde de kullanılırlar. Katı reçineler de katı madde oranı % 92-97 civarındadır (Başgut,1989).

3.2.1.1.1 Novalak Reçinenin Akıcılığı

Novalak reçineleri son derece dikkatli olarak kontrol edilmiş şartlar altında fenol-formaldehitin su çözücüsünde asit katalizörü içinde reaksiyonu olarak imal edilir.

Reaksiyon işleminde bir veya daha fazla değişiklikleri ayarlayarak fenol-formaldehitin fenola göre yüzde oranı zaman, ısı, asit katalizör tipi ve miktarı v.s. , reçinelerin erime noktası, erime yoğunluğu ve kürlenme hızı bakımından değişik karakteristiklerde imal edilmektedirler. Bu reçinelerin erime noktası veya yumuşama noktası kapiler tüpü veya bilyası ve halka metotlarından biriyle tespit edilebilir. Reçinelerin akıcılığı genellikle eğik pozisyonda 150-165 °C sıcaklıktaki cam plakanın üzerinden belirli ağırlıktaki reçinenin kat ettiği mesafeyle ölçülür. Reçinenin erimesi ve sert bir film oluşturması için gerekli olan süre kürlenme hızı olarak kabul edilebilir. Sıvı reçineler gerek sıcak gerekse soğuk kaplama işlemlerine sokulmadan önce kalite kontrolden geçirilmesi gerekir.

Bu kontrollerde sıvı reçinelerden beklenen özellikleri şöyle sıralayabiliriz;

- a) Katıların yüzdesi
- b) Yoğunluk
- c) Özgül ağırlık
- d) Alev alma noktası

Bütün reçine imalatçıları kabuk kalıplama yönteminde kullanılmak üzere ürettikleri her reçine için bu özellikleri tespit eden belirli mukayese oranları tesis etmişlerdir. Reçine imalatçıları için kalite kontroldeki metotlar tamamen aynıdır.

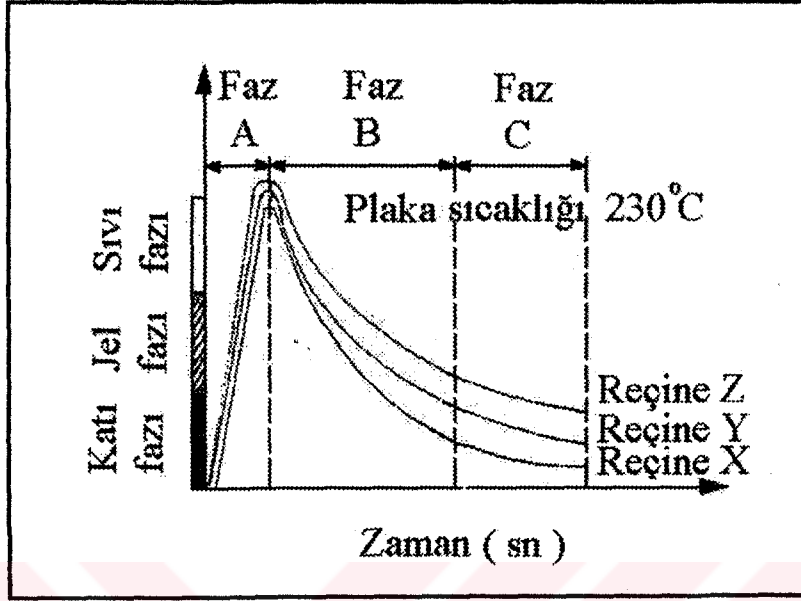
Sabit sıcaklıkta zamanla reçinelerin fiziksel değişimleri Şekil 3.2' de gösterilmiştir. Bu eğriler sadece hexalı saf reçinelere uygulanır. Şekil 3.2'nin A bölgesi basit bir ergime işlemini göstermektedir.

Bu noktada serbest bırakılan amonia ve formaldehit ile hexanın sebep olduğu kimyevi değişiklikler nedeniyle reçine davranışlarında belirli bir değişme meydana gelmektedir.

Reçinelerin farklı şekilde 3 adet sertleşme eğrileri kısa, orta, uzun akışlar olarak x, y ve z şeklinde sınıflandırılır.

Eğik cam test plakasında reçineler 75 mm'den az akış için kısa akışlı reçineler, 75 ile 100 mm arasındaki orta akış, 150 mm ile 250 mm ve daha yukarısı için uzun akışlı reçineler olarak adlandırılır. Kısa akışlı reçineler kum tanelerini iyice bağlamadan katılaşırlar ve dolayısıyla tam bir bağlayıcı görevi yapmamaktadırlar. Orta akışkanlıktaki reçinelerin geniş bir kullanma

alanı vardır, ancak bazı durumlarda iyi sonuç vermemektedirler. Uzun akışlı reçineler ise en iyi sonucu yani mukavemet yönünden en iyi sonucu vermelerine rağmen kabuk kalıp ve maçalarından pullanma meydana getirebilmektedirler (Kefeli,1989).

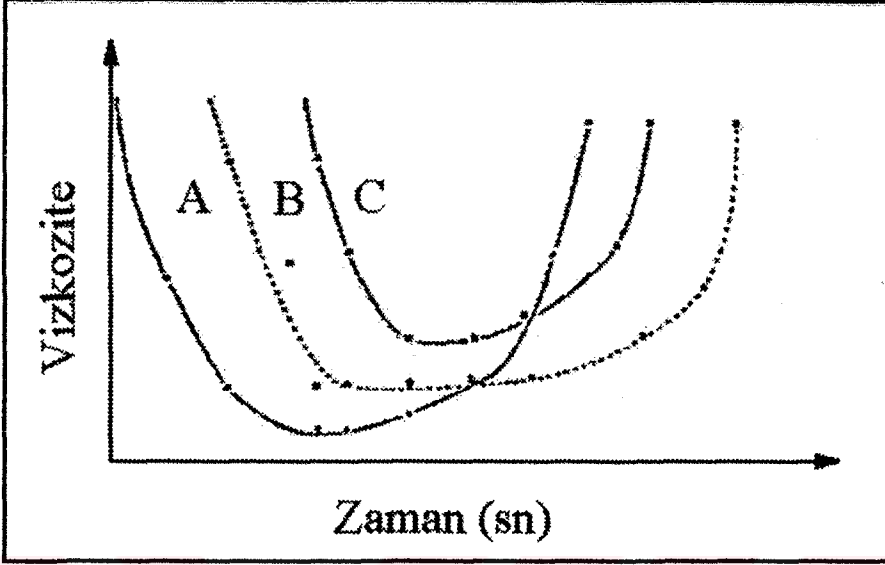


Şekil 3.2 Reçinenin fiziksel durum çevrimi (Kefeli,1989)

Kabuk kalıp reçinesi kum taneleri etrafında kaplanırken ve sertleşme sırasında, viskozitenin zamana göre uygun biçimde değişmesi, reçinenin kum tanelerinin yüzeyine iyice yapışması (adhesion) ve hem sıcak hem soğuk durumda yüksek birleştirme (cohesion) kuvveti sağlaması gerekir. Reçinenin viskozitesi ısı etkisi ile düşer, buharlaşan hekzaminin reçineyle reaksiyona girmesi ile jelleşme başlar ve sertleşmesiyle birlikte viskozite de artmaya başlar. Reçineler, viskozitenin aldığı en küçük değer (minimal viskozite) ve ısı uygulaması ile jelleşme arasında geçen zaman (reaktiflik) bakımından farklılık gösterirler. Bu da onların kabuk kalıp yapımındaki davranışlarını etkiler.

Reçinenin viskozite değişimi rotasyon viskozimetresine gösterdiği direncin zamanla değişimi (erime viskozitesi) ile belirlenir. Akma uzunluğu (flow) da reçinenin aldığı en küçük viskozite değeri için ölçü alınabilir. Reçinenin minimal viskozitesinin düşük olması kaplama işlemi sırasında kum tanelerinin etrafını kolayca ve kısa sürede kaplamasını sağlar. Bu durumda kabuk yapma hızı (investment rate) yüksektir, ancak soyulma hatası (peel-back) ortaya çıkar. Dayanım iyi fakat çekme dayanımı düşüktür. Orta değerde minimal viskozite orta uzunlukta bir kaplama süresi gerektirir. Orta değerde dayanım ve kabuk yapma hızı verir. Soyulma hatası görülmez. Yüksek minimal viskozite, uzun kaplama zamanı gerektirirken, düşük kabuk yapma hızı ve düşük dayanım sağlar. Soyulma görülmez veya tabaka ve başlangıç halde soyulma görülür. Reaktiflik oluşan soyulma hatasının tipini etkiler. Uzun

reaktiflikte tam soyulma, kısa reaktiflikte tabaka veya hafif soyulma meydana gelir. Şekil 3.3’ de düşük (a) , orta (b), ve yüksek (c) minimal viskoziteli reçinelerin erime viskozitelerinin zamanla değişimi görülmektedir (Başgut,1989).



Şekil 3.3 Düşük, orta ve yüksek minimal viskoziteli reçinelerin erime viskozitelerinin zamanla değişimi (Başgut,1989)

Reçinenin katı oranının artması viskoziteyi artırır, sıvı reçinelerde en yüksek katı oranı % 80’dir. Bir reçinenin 24 °C’ deki viskozitesi; %58 katı oranında 250 santipoise iken, %77 katı oranında 14000 santipoise olmaktadır. Yüksek viskoziteye sahip reçineler kumu tam kaplayamaz ve döküm sırasında kalıbın mukavemeti yeterli olmaz ve kalıp kolayca çatlayabilir. Reçinenin viskozitesi alkol gibi bir organik çözücüde eritilerek azaltılabilir. Reçinedeki aşırı alkol ise düşük kalıp mukavemetine, kalıptan kum düşmesine, reçine kaplama zamanının azalmasına ve karışımın topaklanmasına neden olur.

Sıvı reçinelerde viskoziteye karşılık, katı reçinelerde bu özellik ergimiş reçinenin akış mesafesi olarak verilir. Genellikle sabit sıcaklıktaki bir fırın içerisindeki meyilli bir cam plaka üzerinde belirli bir ağırlıktaki bir reçinenin aktığı mesafe ölçülerek katı reçinenin ergimiş durumdaki akış mesafesi tespit edilir. Reçine bileşimindeki su, reçine üretimi esnasında alkol ile birlikte verilmektedir. Reçinenin su eritebilirliği moleküler ağırlığına bağlıdır ve molekül ağırlığı arttıkça su erirliği azalmaktadır. Aşırı su içeren reçineler aşırı alkol içeren reçinelere benzer döküm hatalarına yol açarlar (Ergin,1986).

3.2.1.1.2 Novalak Reçinenin Ergime Noktası

Ergime noktası kabuk kalıplamada kullanılan katı reçinelerde oldukça önemlidir. Ergime noktası katı reçinenin akmaya başladığı sıcaklık olarak tanımlanır ve bu özellik kabuğun oluşum hızını kontrol eder (Barutçu,2003).

Yüksek ergime noktası yüksek polimerizasyonu gösterir ve bu tip reçinelerle daha iyi fakat daha ince kabuk oluşturulur. Yüksek ergime noktalı reçinelerle en hızlı ve en kalın kabuk oluşturulmakta fakat bu tip reçinelerin kür hızı düşük olmaktadır (Yıldırım,1998).

3.2.1.1.3 Novalak Reçinenin Fiziksel Halleri

Novalak reçineler kabuk kalıplamada başlıca sıvı ve katı olmak üzere iki halde bulunmaktadırlar. Sıvı reçineler % 60-70 katı reçine (geri kalanı alkol veya aseton) içeren novalak vernikler ve %75-80 katı reçine (%4 alkol, geri kalanı su) içeren sulu çözeltilerdir. Katı reçineler toz, topak, granül ve pul şeklinde kullanılırlar. Sıvı reçinelerde reçine, alkol veya alkol- su karışımı içinde çözülmüş durumdadır. Kaplama sırasında bu alkol – su karışımı sıcak veya soğuk hava üflenerek buharlaştırılır. Novalak vernikler organik çözücülerde tamamen çözündükleri halde suda çok az çözünürler. Sıvı reçineler ılık kaplamada kullanılırlar. Çözelti içindeki katı madde oranı arttıkça viskozite yükselir. En yüksek katı oranı % 80'dir. Katı reçineler sıcak kaplamada kullanılır. Toz halde iken kumla karışım halinde de kullanılırlar. Katı reçineler de katı madde oranı % 92- 97 civarındadır (Başgut,1989).

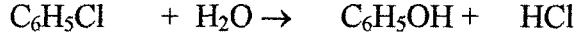
3.2.1.1.4 Novalak Reçinenin Kürleme Hızı

Bir novalak reçinenin kürleme hızı, sıcaklık, pH, reçine bileşimi veya yapısı, nem, serbest fenol, serbest formaldehit, heksametilentetramin ve katı maddeleriyle değişir. Katı reçinelerde kürleme hızı 150-165 °C' deki sıcak bir plaka üzerinde reçinenin jel fazından sert bir film durumuna geçmesi için gereken zaman ölçülerek belirlenir. Kürleme için gerekli zamanın heksametilentetraminin artmasıyla çok az, sıcaklığın artması ile önemli oranda azaldığı bulunmuştur. Reçinenin polimerizasyon zamanı ise pH'ın beşe kadar artması ile artmakta ve pH'ın daha fazla artması ile azalmaktadır (Ergin,1986).

3.2.1.2 Fenolik Reçineler

Novalak reçineleri bir asit katalizöründe fenol formaldehitin sulu solisyonu ile fenolden üretilir. Fenol imali için ilk bilinen metod Rashing işlemidir. 1930'larda geliştirildi ve sonra Rashing Hoqker işlemi olarak piyasada tanınmıştır. Bu işlemde kömür katranından elde edilen

benzenin oksidasyonu ile klorobenzen elde edilir. Klorobenzen de fenol ve hidroklorid asiti aşağıdaki reaksiyonla oluşturulmaktadır (Kefeli,1989).



Klorobenzen Su Fenol Hidroklorik asit

Silis kumlarının tane yzeylerinin üzerine fenolik reĉineler kaplanmaktadır. Kabuk kalıplardaki fenolik reĉineler kontroplaklardakiyle benzerdir, fakat iĉerikleri plastikler ve performansı arttırmak amacıyla eklenen stearatları iĉermektedir. Reĉine esasen kabuğun ısı dayanımını yükseltmekte etkilidir. Isıl şoklara karşı dayanım ve sıvı metal sıcaklığından kaynaklanan kalıpların bozulmalarına karşın direnĉ gösterir (McIntyre,1999).

Son zamanlarda geliştirilmiş bir işlemde Cumene işlemidir ve bugun fenol üretiminde ĉokĉa kullanılan bu yöntem ancak 1950'lerde ticari üretime geĉebilmiřtir. Formaldehitin üretiminde fenol- formaldehit reĉinelerin diğer esas bileşeni sıcak kok buharla muameleye tabi tutularak metil alkol elde edilir ve bundan da oksidasyon yoluyla fenol- formaldehit elde edilir.

Bu iki ürün yani fenol ve formaldehit bir katalizör iĉerisinde birleştirilerek fenol reĉine oluşur. Reaksiyon şartları ve fenole göre formaldehitin oranına ve kullanılan katalizör tipine bağılı olarak fenolik reĉinelerin ĉok genişçe değışen özellikleri vardır. Bir kabuk kalıp reĉinesinde ağırlıkĉa 100 kısım fenol, 72 kısım % 37'lik formaldehit ve 0,5 kısım okzalik asit bulunur (Kefeli,1989).

Kabuk kalıplamada kullanılan fenolik reĉineler yüksek sıcaklıklara dayanıklıdırlar. Kabuk kalıplama dart, kum aşınması ve kum yanması (burn- in) gibi hatalara dayanıklıdır. Genellikle boya kullanımı gereksizdir. Kullanılan reĉine, kabuk kalıp maĉanın kullanma yerine göre % 1,5 – 8 oranları arasında değışmektedir (Başgut,1989).

3.2.1.3 Fiziksel Görünüşlerine Göre Reĉineler

Fiziksel görünüşlerine göre reĉineler sıvı (novalak vernikler ve su iĉeren novalaklar) ve katı (topak, plaka, granül veya toz) reĉineler olarak iki gruba ayrılırlar. Novalak vernikler suda ĉok az organik çözücülerde tamamen erirler. Bunlar genellikle ılık kaplama yönteminde kullanılırlar ve bu tip reĉine – kum karışımlarının kürlenme hızı yüksek olup karışımın depolanmasında topak oluşturma meyili oldukĉa yüksektir. Su iĉeren novalaklarda ya sıcak kum ya da sıcak hava kullanılması gerekmektedir. Topak plaka, granül veya toz şeklinde bulunabilen katı reĉineler mutlaka sıcak kuma kullanılmalıdır.

Kabuk kalıp işleminde, tipine bağlı olarak %2-10 arasında reçine kullanılmaktadır ve karışımdaki reçine miktarı arttıkça kabuk kalıbın çekme mukavemeti artmaktadır.

Reçinelerin molekül ağırlığındaki artış bileşenlerden gelen su gibi düşük moleküler ağırlıklı bazı ürünlerin eliminasyonu ile sağlanır. Yani diğer bir ifadeyle molekül ağırlığındaki artış bir kademe reaksiyonudur. Bir novalak reçinedeki büyük molekül ağırlıklı polimerlerin daha düşük molekül ağırlıklı polimerlere oranının yüksek olması daha yüksek ergime noktası ve ergimede daha kısa akış mesafesi verecektir.

Bir novalak reçinenin molekül ağırlığı, formaldehit / fenol molekül oranına bağlıdır ve bu oran bire yaklaştıkça moleküler ağırlık artar. Bir fenolik reçinenin ortalama molekül ağırlığı viskozitesi veya ergime noktası ile belirlenebilir. Ayrıca viskozite reçinenin akışı ve kalıptaki kum düşmesi hatasıyla yakından ilgilidir. Novalak reçinenin formaldehit / fenol oranının % 82'ye kadar artırılması ile reçinenin molekül ağırlığı çok az artmakta, fakat bu oranın daha fazla artması moleküler ağırlığı çok daha fazla arttırmaktadır. Katı novalak reçinenin molekül ağırlığı ile ergimede akış mesafesi lineer olarak artmaktadır (Kefeli,1989)

3.3 Hekzametilentetramin

Kabuk kalıplamada aktivatör olarak en yaygın kullanılan malzeme ; fiyatının uygun oluşu nedeniyle hekzametilentetramindir. Hekzametilentetramin ((CH₂)₆N₄) beyaz, kristalize ve suda çok kolay çözünebilen bir maddedir. Formaldehit ile, amonyakın ekzotermik reaksiyonundan elde edilir. Molekül ağırlığı 140.2 , yoğunluğu 1.331 gr / cm³ tür. Havanın neminden etkilendiği için kuru atmosferde veya kapalı ambalajda bulundurulmalıdır (Başgut,1989)

Hekzaminin saflığı en az % 98,7 olmalı ve fiziki görünüşü de toz kristaller halinde, kokusuz sarımsı beyaz renkte olmalıdır (Türk Standartları Enstitüsü,1988).

Bir reçine bağlayıcıda ihtiyaç duyulan çapraz bağlanma ve sürekli sertleşme gibi termoseting karakteristikleri geliştirmek amacıyla, kabuk kalıp karışımlarında kullanılır. Hekzametilentetraminin bileşiminde bulunan formaldehit novalak reçine ile kimyasal olarak birleşirken, amonyak reaksiyon hızını arttırmak için katalist olarak davranır. Kullanılması gerekli hekzametilentetramin miktarı kütleme hızına bağlı olarak reçine katılarının yaklaşık % 8-16'sıdır ve reçine katılarının %12'si optimum miktar olarak tavsiye edilmektedir.

Hekzametilentetramin miktarının soğuk çekme mukavemeti üzerinde çok az etkisi olması ile birlikte, sıcak çekme mukavemeti hekzametilentetramin miktarı ile artmaktadır.

Reçine katılarının %6'sından daha az miktardaki heksametilentetraminin hiçbir etkisi olmayacaktır. Hekzametilentetramin miktarının reçine katılarının %8'inin üzerinde artması soğuk mukavemeti biraz, sıcak mukavemeti önemli oranda arttırmaktadır. Sıcak çekme mukavemetini arttırmak, kütleme sıcaklık ve zamanını azaltmak için heksametilentetramin miktarının reçine katılarının % 20'sinin üzerinde artırılması gerekmektedir. Ancak bu oranda heksametilentetramin kullanılması soğuk mukavemeti azaltıp, kabuk ve maçaların kırılabilirliğini ve ısıl çatılma riskinin artmasına neden olacaktır.

Hekzametilentetramin miktarının reçine katılarının % 10-12'si arasında olması daha yüksek soğuk, daha düşük sıcak mukavemetli kalıpların üretilmesini sağlar; kabuklar modelden sıyırma daha plastiktir ve daha yüksek heksametilentetramin içeren karışımlardakinden daha az kırılabilir (Ergin,1986).

3.4 Yağlayıcı Maddeler

Yağlayıcı; kabuk kalıp kumunda taneler arası sürtünmeyi azaltarak akışkanlığı arttırmak ve kum tanelerinin daha sıkı paketlenmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar. Yağlayıcı kullanılan kabuk kalıpların yoğunlukları ve dayanımları daha yüksektir.

Yöntemin uygulandığı yıllar boyunca çeşitli maddeler yağlayıcı olarak kullanılmıştır. Madeni mum (montanwachs), metalik sabunlar, karnauba mumu, çinko stearat, kalsiyum stearat ve bir organik amid mumu olan "acrawax" bunların başlıcalarıdır. Magnezyum ve alüminyum stearatlar yağlayıcı olarak denenmişlerse de kalıp yoğunluğunu arttırmada iyi sonuçlar vermemişlerdir (Başgut,1989).

Yağlayıcı ilave edilmesiyle kum taneleri arasındaki sürtünme katsayısının azalmasıyla kumun daha sıkı paketlenmesi ve daha yüksek yoğunluk kazanmasından dolayı % 20 daha yüksek mukavemet değerleri elde edilir. Yağın miktarı arttıkça çekme mukavemeti önce artar ve sonra azalır (Ergin,1986).

En yaygın kullanılan yağlayıcı madde kalsiyum stearattır. Kullanılacak yağlayıcı miktarı yağlayıcı cinsine göre değişir. Kalsiyum stearat için reçinenin ağırlıkça yüzdesi olarak % 2-5, % 4 , % 4-6 , % 2-6 oranları verilmektedir. Kalsiyum stearat yağlayıcılığı yanında modelden sıyrılmayı kolaylaştırıcı (ayırıcı) etkide yapmaktadır. Bu nedenle kullanılacak kalıp ayırıcı gereksinimi ve kürlenmiş kabuk kalıbın sıyırılması için gerekli kuvvet azalmaktadır (Bunting ve Carr,1973).

Modelde koniklik çok az, itici pimler düzensiz dağılmış ve yetersizse veya çok karmaşık bir maça yapılıyorsa kalsiyum stearat oranı reçinenin % 9'una kadar arttırılabilir. Kalsiyum

stearat toz veya suda dağılmış halde verilebilir. Rengi beyazdır. Toz halde iken % 9.4 kül, %2 nem içerir. 148-160 °C arasında yumuşar, serbest yoğunluğu 1.03 gr/cm³, sıkışmış yoğunluğu 2.0 gr/cm³'tür. Tanelerinin %99.9'u 0.045 mm.lik elekten geçmelidir (Başgut,1989).

3.5 Ayırıcı Maddeler

Kabuk kalıp ve maçaların model ve maça sandığından kolayca sıyrılabilmeleri için model ve maça sandığının yüzünü yağlayacak ayırıcı maddelere gerek vardır. Bunların ticari olarak kullanılan başlıcaları silikon, stearat ve mumlardır. Yağlayıcı olarak en yaygın kullanılan kalsiyum stearatın ayırıcı etkisi de olmakla birlikte ayırıcı olarak genellikle silikon kullanılmaktadır.

Silikon ilk kez 1943 yılında A.B.D de endüstriyel olarak imal edilmiş, 1947'den sonra da kabuk kalıplamada ayırıcı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Silikon doğada rastlanmayan kimyasal bağlar taşır ve organik maddelerle anorganik maddeler arasında köprü oluşturur. Plastikler gibi, organik polimerler ve elastomerlerle benzer özellikler taşır, soğuk akışkanlık özelliği ile birlikte çok düşük yüzey eğilimi göstermesi silikonu kabuk kalıp için çok uygun bir ayırıcı yapmaktadır (Başgut,1989).

Silikon sıvı yağ, katı yağ ve emülsiyon halinde bulunmaktadır. Sıvı halde iken viskozitesi 350 cSt, yoğunluğu 25 °C'de 0.97 olan ayırıcı olarak kullanılmaya uygundur. Renksizdir ve uçucu değildir. Katı yağ halinde inceltmeden veya 50-200 kısım organik çözücüde inceltilebilir. Emülsiyon halinde, % 30-60 silikon yağı içeren sulu emülsiyonlar olarak hazırlanırlar. % 5 civarında emülsiyon yapıcı içerirler. Kullanılmadan önce 1 ölçü emülsiyon, 10 ile 100 ölçü, arası su ile inceltilebilir. Organik ayırıcılar bulaşmış, yeni model ve maça sandıkları silikondan önce trikloretilen gibi bir çözücüyle temizlenmelidir. İyi sonuç almak için önce katı yağ halindeki silikon modele sürülmeli, model 250 °C'ye ısıtıldıktan sonrada sıvı yağ ve emülsiyon halindeki silikon uygulanmalıdır (Barutçu,2003).

3.6 Özel Katkı Maddeleri

Kabuk kalıba dökülen metallerin kalıp veya maçalarla reaksiyona girmelerini önlemek için reçine- kum karışımlarına birçok maddeler ilave edilmektedir. Bu ilave maddelerin çeşitleri ve sağladığı yararlar aşağıdaki gibidir.

1) Vinsol : Reçine- kum karışımlarına ilave edilen maddelerden en önemlilerinden biri vinsoldur. Vinsol ağacın ana bileşenlerinden ligninin saflaştırılmış şeklidir ve reçine

miktarının % 8-12'si oranında kullanıldığında ısısal çatlamayı azaltırken sıcak çekme mukavemetini düşürmektedir. Ancak % 12'nin üzerinde vinsol ilave edilmesi ısısal çatlamayı azaltmaz, sıcak ve soğuk mukavemeti düşürür (Kefeli,1989).

2) Demir Oksit : Kabuk kalıplamada kullanılan diğer bir ilave ise demir oksittir. Demir oksit hematit cevheri konsantresi (Fe_2O_3 ilavesi amacıyla) ve hadde tufali (Fe_3O_4 ilavesi amacıyla) şeklinde kabuk kumu karışımlarında kullanılmaktadır.

Reçine miktarının % 2'si hematit cevheri konsantresi ilavesi sıcak mukavemeti arttırıp, ısısal çatlama hassasiyetini azaltır. Fakat ince toz halinde kullanıldığından dolayı, karışıma hematit konsantresi ilave edildiğinde aynı soğuk mukavemeti sağlamak için reçine miktarının arttırılması gerekmektedir. Hematit konsantresi karbon çeliği dökümlerde portakal kabuğu hatasını önlemek için % 4 ince, granüle kalsiyum karbonatla birlikte soğutucu çil amacıyla kullanılır, fakat bu iki maddenin birlikte kullanılması zirkon kumu için sakıncalıdır (Ergin,1986).

Hadde tufali %5-12 oranları arasında kullanıldığında portakal kabuğu hatasını önlemede mükemmel sonuç vermektedir.. Kabuk kalıp kumu karışımına % 7'ye kadar hadde tufali ilavesiyle çekme mukavemeti azalır ve hadde tufalinin daha fazla arttırılmasıyla çekme mukavemeti artar (Barutçu, 2003).

Hadde tufali 0.105 mm'nin (140 mesh) altındaki tane boyutunda kullanıldığı için; aynı kalıp mukavemetini elde etmek için daha fazla reçine kullanmak gerekmektedir. Bu nedenle kum karışımındaki hadde tufali miktarına göre reçine miktarı belirlenmelidir. Hadde tufali içeren silis kumu kabuk kalıplarda gaz yayılım hızı ve toplam gaz ihtivası katkısız silis kumu kabuk kalıplardan daha yüksektir, genleşme ise daha azdır. Ayrıca karışımda hadde tufali kullanıldığı zaman çeliğin kuvvetli deoksidasyonu nedeniyle boşluk hatası önemli oranda azalmaktadır (Kefeli,1989).

3) Kalsiyum Karbonat: Kalsiyum karbonat granül kireç taşı şeklinde sağlanır. Kalsiyum karbonat kalıptan gaz çıkışını arttırıcı etki yapar ve ince demiroksitle birlikte %4 oranında kullanıldığında karbon çeliklerinde yüzey hatalarını önler (Başgut,1989).

Kalsiyum karbonatın ısıyla CaO ve CO_2 'ye parçalanması ve bu CO_2 'nin reçinenin bozulmasından oluşan karbonla CO oluşturması reaksiyonları endotermiktir. Bu durum ise döküm yüzeyinin kalıptan yayılan gazlar tarafından karıştırılmasını önleyecek, dökümün kabuk oluşturmasını hızlandıracak ve kabuğun soğuma etkisini arttıracaktır (Ergin,1986).

Aynı zamanda metalin kabuk oluşturmasını hızlandırır ve kalıptan çıkan gazların döküm yüzeyini etkilemesini önler. Reaksiyonun endotermik özelliği ve çil etkisi, merkezi kendini çekmeyi belirli ölçüde arttıracak kadar kuvvetlidir.

Reçine kaplı zirkon kumuna % 5 oranında ince kalsiyumkarbonat katılması karbon çeliklerinde yüzey gaz hatalarını önlemektedir. Karışımın basınçlı hava üflenmesi halinde kireç taşı kalıp veya maça sandığının yüzeyine segregasyonla toplanmaktadır. Sıvı metalin kalıp veya maçayla teması sırasında kalsiyum karbonat kuvvetli bir oksit giderici rolü oynayarak yüzey gaz hatalarını en aza indirir (Başgut,1989).

Kalsiyum karbonat karışıma direkt olarak ilave edildiğinde kalıp-metal ara yüzeyinde oluşan CaO parçacıklarından dolayı döküm yüzeyi pürüzlü olmaktadır. Eğer kalsiyum karbonat tabakası kalıp-metal ara yüzeyinden çok az bir mesafe uzaklaştırılabilse kireç taşının faydalı etkilerinden daha fazla yararlanılacaktır (Kefeli,1989).

4) Odun Talaşı : Taneler arasında yastık etkisi yaparak deformasyonu arttırmak amacıyla 0.09 mm (180 mesh)'nin altındaki tane boyutunda ve % 0.25-1.0 oranlarına kullanılır. Reçine emmesini önlemek ve yanma noktasını yükseltmek için sodyum silikatla muamele edilmiş odun talaşı kullanılmalıdır (Başgut,1989).

5) Bentonit : Kabuk kalıp ve maçaların yanma zamanlarını geciktirmek amacıyla, reçine emmesini önleyecek sodyum silikatla aşılanmış ve işlenmiş bentonit kullanılır (Kefeli,1989). Kalıp ve maçaların dağılma hızını düşürür ve demir esaslı metallerde döküm sonrası yüzey kalitesini artırır. Kömür tozu gri dökme demir, temper demir ve sfero dökme demir dökümlerde yüzey kalitesini arttırmak amacıyla kullanılır. Aynı zamanda bentonit soğuk dayanımı da düşürmektedir (Başgut,1989).

6) Magnezyum Siliko Florür : Kabuk kalıba döküm yönteminin amaçlarından biri de döküm parçası yüzeyinin düzgün olmasıdır. Bu amaçla özellikle çelik dökümlerde kalıp- metal reaksiyonunu azaltarak döküm yüzeyinin düzgünlüğünü arttırmak için magnezyum siliko florür ilave edilir (Kefeli,1989).

7) Mangandioksit : Mangandioksit çelik dökümlerde silis kumunun sinter noktasını arttırmak amacıyla kullanılır. Mangandioksit kabuk kalıplardan döküm sırasında çıkan gazın artmasına neden olmaktadır. Mangandioksitin döküm parçasının yüzey kalitesini belli ölçüde iyileştirme ve metalin karbon toplamasını azaltıcı etkisi vardır (Başgut,1989). Ayrıca oksitleyici etkisi yapmak ve kalıp genişmesinin neden olduğu döküm hatalarını azaltmaktadır (Kefeli,1989).

8) Amonyum Siliko Florür : Özellikle kır dökme demirlerin dökümünde yüzey altı ince gaz boşluğu oluşumuna neden olan kalıp-metal reaksiyonunu azaltmak için kabuk kalıp ve maça malzemelerine amonyum siliko florür ilave edilmektedir (Barutçu,2003).

9) Kupol Curufu : Kupol curufu 0.009 mm.nin (180 mesh) altına öğütülerek kullanılır. Metalik katışkılardan tümüyle arındırılmış olmalıdır. Sıcak genleşmeyi azaltıcı etkisi için kullanılmaktadır (Başgut,1989).

10) Kükürt ve Potasyum Boro Florür : Magnezyum ve alaşımlarının dökümünde kullanılacak kabuk maçalarda % 0.5 oranında kükürt ve potasyum boro florür gibi ilaveler kullanılır. Bunlar oksijen ve silis ile sıvı metalin zararlı reaksiyonunu önlerler (Ergin,1986).

3.7 Kalıp Kumunun Kaplanması

Kabuk kalıba döküm yöntemi ilk uygulamaya konulduğu yıllarda kum ile toz reçine dökümhanelerde bulunan herhangi bir karıştırıcıda mekanik olarak hazırlanıyordu. Bu kuru karıştırma yöntemine “ Croning Prosesi” denilmektedir. Kuru olarak reçine-kum karışımları segregasyon ve tozlanmalara neden olduklarından ve kumun reçine ile kaplama tekniklerinde çeşitli gelişmeler sağlandığından kuru karıştırma yöntemi artık hiç kullanılmamaktadır. Böylece kabuk kalıp yönteminde kalıp malzemesi olarak kaplanmış kumlar kullanılmaktadır (Kefeli,1989).

Kumun reçine ile kaplanmasında soğuk, ılık ve sıcak kaplama yöntemleri uygulanmaktadır. Çeşitli şartlarda yapılan kum kaplama işlemlerinde katı ve sıvı katkı reçine malzemeleri kullanılmakla beraber, kaplanmış kum tamamen kuru durumdadır.

Kaplanmış kum içerisinde çözücü kalması kum taneleri arasında düşük ergime noktalı bağların oluşmasına, kalıpların soğuk ve sıcak çekme mukavemetlerinin azalmasına, kaplanmış kumun stoklamada topak oluşturmaya, düzensiz kabuk kalınlığına ve küreleme zamanının artmasına yol açar.

Karıştırma esnasında reçine iyice dağıldıktan sonra karıştırmaya devam edilmemelidir. Çünkü karıştırmaya devam edilmesi aşırı oğmaya neden olur. Aşırı oğma kum taneleri arasındaki bağların ergime noktasını yükseltir, kalıpların soğuk ve sıcak mukavemetlerini ve kabuk oluşma hızını azaltır (Ergin,1986).

Aynı hacimdeki bir kalıp boşluğuna üflendiklerinde reçine kaplanmış kum ile elde edilen yoğunluk, kuru kum ile elde edilen yoğunluktan % 20 daha fazladır. Kumun reçine ile kaplanmasında her bir kum tanelerinin etrafı reçine filmi ile çepeçevre sarıldığından kaplanmış kumun tane boyutu büyümektedir. Aşırı karıştırma sonucu reçine filmi aşındığı

için yoğunluk azalması nedeniyle çekme mukavemeti de azalmaktadır. Yoğunluk ile çekme mukavemeti arasında doğru orantılı bir bağıntı vardır (Kefeli,1989).

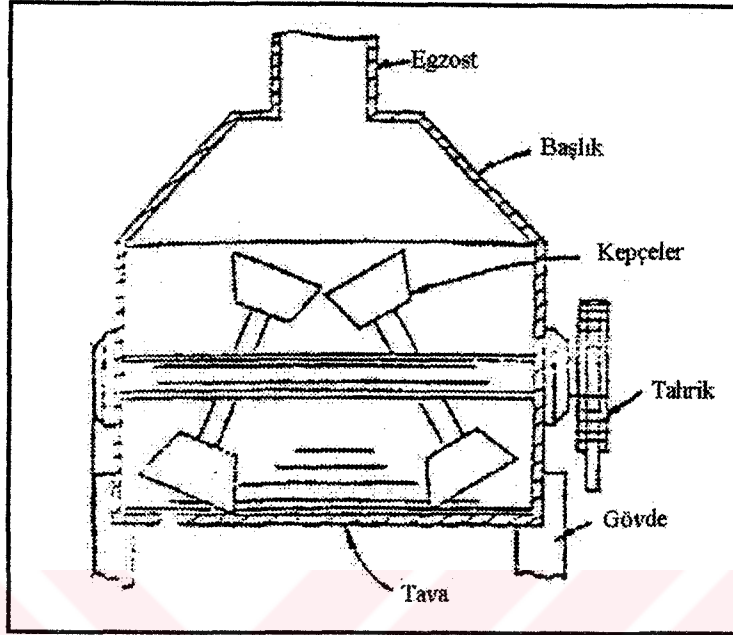
Reçine kaplı kumların en önemli avantajı kum toz reçine karışımları gibi segregasyona uğramamalarıdır. Bu yüzden, kullanımı yalnızca devirme yöntemiyle sınırlı kum- toz reçine karışımlarının aksine, reçine kaplı kumlar her yöntemle kalıp ve maça yapımında kullanılmaktadır.

Reçine kaplı kum kullanımıyla maliyetin düşmesinin yanında, segregasyon dolayısıyla düzensiz reçine dağılımı ve bunun neden olduğu gaz hataları da önlenmiştir. Yarı yarıya az reçine kullanılması nedeniyle döküm sırasında kalıptan daha az gaz çıkması model ve maça sandığından kolay sıyrılabilmesi yüzünden pahalı ayırıcı kullanımında azalma sağlanması, otomatik makinalarla kalıp yapımına uygunluk, akışkanlığın artması ve toz sorununun ortadan kalkmasıyla tozun getirdiği sağlık sorunlarının çözümlenmesi diğer önemli avantajlarıdır. Reçine kaplı kumun yüksek ısıl çatlama eğilimi reçine kaplı kumun en önemli dezavantajlarıdır (Özilmen,2002).

3.7.1 Soğuk Kaplama Yöntemi

Bu yöntemde karışım oda sıcaklığında yapıldığı için soğuk kaplama yöntemi olarak tanınmaktadır. Soğuk kaplamada oda sıcaklığındaki kum % 60-70 oranında katı madde içeren sıvı reçine ile kaplanmaktadır. Sıvı reçine alkol-su karışımı içinde çözülmüş novalak reçineden oluşmaktadır. Kullanılan alkoller metil, etil veya izopropil alkollerdir. Sıvı reçine yerine toz reçine kullanılıp, kum- reçine karışımına, alkol-su karışımını daha sonra da ilave etmek de mümkündür. Önce kuma heksamin ve yağlayıcı ilave edilerek 30-60 saniye karıştırılır. Sıvı reçine böylece kum taneleri etrafına sıvandıktan sonra alkol ve suyun uçurulması için soğuk hava üflenir. Alkol ve su karışımından alındıkça reçine-kum karışımı topak hamur görünümü alır. Karıştırma ve alkolün uçurulması devam ettikçe kum topağı ufalanarak tanelere ayrılır ve kum akışkan bir hal alır. Kaplama süresi reçine tipine, karıştırıcı hızına ve üflenen hava miktarına bağlı olarak değişir. Toplam soğuk kaplama süresi 6-15 dakika arasında değişir. Kaplamadan sonra kum elenerek küçük topaklar ayıklanır. Soğuk kaplama yöntemi ile kaplanmış kumlarda az miktarda çözücü alkol kalır. Bu çözücü, depolama sırasında reçinenin yapışmasına ve topaklanmasına neden olur. Bunun önlenmesi için kumun hava üflenerek çok iyi kurutulması gerekir (Başgut,1989).

Soğuk kaplama işleminde karıştırma işlemini gerçekleştirmek için Paddle tipi karıştırıcılar (Şekil 3.4) ve Müller tipi karıştırıcılar (Şekil 3.5) kullanılmaktadır. Karşım elemanlarının karıştırıcı haznesine konulmadan önce karıştırıcının iyice temizlenmesi gerekir.

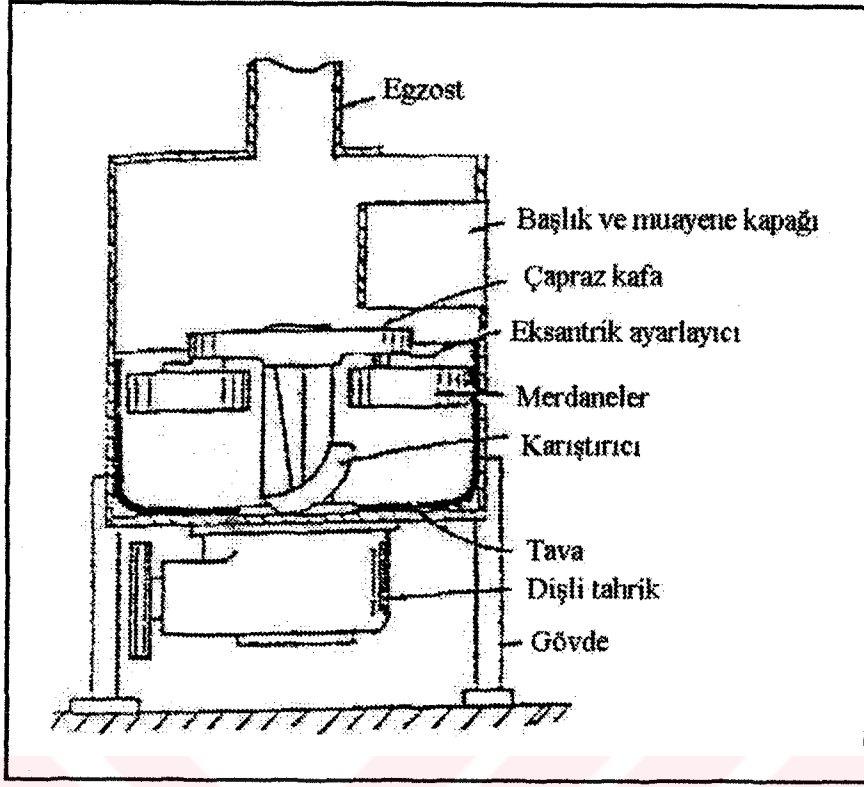


Şekil 3.4 Paddle tipi karıştırıcı (Kefeli,1989)

Müller tipi karıştırıcıda toz reçine kullanımı ile gerçekleştirilen kaplama işleminin aşamaları şu şekildedir:

1. Yeterli miktarda reçine ve kum karıştırıcıya konur ve 10 dakika döndürülür.
2. Önceden karıştırılmış su-alkol çözücüsü 15-20 saniye içerisinde azar azar ilave edilir.
3. Makinayı 30 ile 60 defa döndürdükten sonra karışımda yüksek bir plastikleşme olmakta ve en az 60 ile 90 dönüşte bu durumda kalmalıdır.
4. Plastikleşmenin sona ermesi alkolün buharlaşmasıyla başlar ve bu durumda büyük parçalar kırılmaya başlar.
5. İstenilen miktarda yağ katılır.
6. Büyük parçalar tamamen buharlaşmaya ve istenen inceliğe kırılıncaya kadar döndürülmeye devam edilir. Bu kaplama işlemi 16 ile 20 dakika içerisinde bitirilir.
7. Karıştırıcı gereğinden fazla döndürülmemelidir. Karışım kurur kurumaz havalandırma tesisine alınır (Kefeli,1989)

Sıvı reçine ile kaplama işleminde ise karıştırıcıya kum ve hekza birlikte konur ve 15 kere döndürülür. 15-20 saniyelik zaman içerisinde sıvı reçine azar azar ilave edilir. Bundan sonraki işlemler tıpkı toz reçineyle yapılan işlemlerin aynısıdır.(Barutçu,2003)



Şekil 3.5 Müller tipi karıştırıcı (Kefeli,1989)

Soğuk kaplama yönteminin başlıca avantajı kumu ısıtmak için ayrı bir teçhizata gerek göstermeyişiştir (Çavuşoğlu,1981). Diğer avantajları ise kum ve reçinenin ayrılmasının minimuma inmesi ve karıştırma işinin kolay olmasıdır (Barutçu,2003).

Soğuk kaplamanın dezavantajları arasında uzun döndürme süresinin verimi düşürmesi, aşırı topaklanmanın olması, akış hızının düşmesi (Kefeli,1989), son ürüne girmeyen önemli miktarda sıvının işleme girişi ve bu sıvının uzaklaştırılmasının karıştırma zamanını arttırması ve düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonların buharlaşmasının sebep olabileceği patlama tehlikesi sayılabilir (Çavuşoğlu,1981).

3.7.2 Ilık Kaplama Yöntemi

Ilık kaplama yönteminde kum, 40-120 °C sıcaklığında karıştırıcıya yüklenir. Karıştırma işleminin son kademesine 120-160 °C sıcaklıkta hava üflenerek reçinenin çözücüsü sistemden uzaklaştırılır. Bazı sıcak kaplamalarda ise daha dar kum sıcaklık aralığı (75-90 °C) ve daha düşük hava üfleme sıcaklığında (70-90 °C) çalışılırken, bazı uygulamalarda daha düşük kum yükleme sıcaklıkları (40-70 °C) ve daha yüksek hava üfleme sıcaklıklarında (150-200 °C) çalışılmaktadır.

Ilık kaplama işleminde kullanılacak reçine %50-60 katı içermeli ve buharlaşabilir bir çözücüde çözülmüş olmalıdır. Bu yöntemde kaplanmış kum kalitesi ve üretim hızları

kullanılan reçinenin tipi, kum ve hava sıcaklığı, işleme zamanı ve hekzametilentetramin miktarı tarafından etkilenmektedir.

Bu yöntemdeki problem, karışımı ayarlamak ve reçine kaplanmış kumda kalan çözücü miktarını minimumda tutmaktır. Reçine kaplanmış kumda minimum miktarda çözücü kalması sağlanarak kabuk yapımı esnasında kabuktan kum düşmesi hatası önlenir (Ergin,1986).

Soğuk kaplama yöntemi ılık kaplama yöntemiyle karşılaştırıldığında ılık kaplamada toplam işleme zamanı %50-70 daha kısadır ve dolayısıyla daha yüksek kapasitelere çıkılabilir. Daha az miktarda çözücü kaldığından ılık kaplanmış kumun topaklanma meyli daha azdır (Kefeli,1989).

Yaklaşık 9-15 dakika süren yaygın uygulama sahası bulan bir ılık kaplama metodu karıştırma işlem sırası şu şekilde sıralanabilir.

1. Yaklaşık olarak 40-90⁰C'ye ısıtılmış, tartılmış veya hacmi ölçülmüş kum karıştırıcı (oğucu) içerisine vermek için bir siloya doldurulur. Bu kum dökümhanede mevcut kurutma cihazlarından sağlanabilir.
2. Kum karıştırıcı içerisine boşaltılır, sürekli miktarda hekzametilentetramin ve yağlayıcı ilave edilir. Homojen bir karışım sağlamak için kısa bir süre (30 sn. ile 2 dak.) karıştırılır.
3. Tartılarak veya hacimsel olarak ölçülerek basınç altında üflenerek reçine karışıma katılır. Kaplama oluşuncaya kadar karıştırmaya devam edilir. Bu karıştırma süresi yaklaşık olarak 2-6 dakika arasında değişir.
4. Daha sonra karıştırmaya devam edilirken 70-200⁰C sıcaklıkta hava üflenir. Bundan sonra önce hızlı olarak, işlem ilerledikçe yavaşlayarak çözücü buharlaşır. Kum sıcak havaya maruz kaldıkça sıcaklığın etkisi altında reçinenin moleküler ağırlığı ve karışımın yapışma noktası artarken, buharlaşabilir ve düşük moleküler ağırlıklı reçine bileşenlerinin kaybı artar ve reçine hekzametilentetramin ile kısmen reaksiyona girer. Ovalama ilerledikçe kum taneleri etrafındaki reçine filmi çoğalır, sertleşme başlar ve karışımın içindeki çözücünün buharlaşması devam eder. 2 ile 5 dakika sonra karışım tamamen kuru hale dönüşür, kırılma meydana gelir ve karışım oldukça büyük topaklardan meydana gelen bir görünüm alır.
5. Çözücünün daha fazla uzaklaştırılmasını sağlamak ve elemeyi kolaylaştırmak için iki dakika daha ovmaya devam edilir.
6. Kum karıştırıcıdan boşaltılır, elenir ve soğutmak için siklon veya akışkan yatak soğutucudan geçirilir (Ergin,1986).

Ilık kaplama yönteminin avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Kum tanelerinin daha iyi akıcılığından dolayı kabukların mukavemeti ve yoğunluğu daha büyüktür.
2. Daha büyük üretim kapasitesi sağlamaktadır.
3. Maksimum reçine verimliliği elde edilmektedir (Kefeli,1989)

Ilık kaplamanın dezavantajları ise şunlardır:

1. Her kaplama işlemi sırasında önemli miktarda alkol ve suyun ortamdan buharlaştırılarak alınmasının zorunlu olması
2. Parlayıcı alkolle çalışılması (Ergin,1986)
3. Daha geniş zemin alanı gerektirmesi
4. Eksoz, ısı değiştiricisi, vibrasyonlu elek, hava taşıyıcısı gibi ilave donatılar gerektirmesi (Kefeli,1989)
5. Kaplama sonrası kalan artık çözücü alkolün, kumların soyulma hatası yapma eğilimini sıcak kaplanmış kumlara göre arttırması (Barutçu,2003)

3.7.3 Sıcak Kaplama Yöntemi

Sıcak kaplamanın soğuk ve ılık kaplamadan en büyük farkı kullanılan reçinenin katı olmasıdır. Çözücü alkol-su karışımının kullanılmaması hem kaplama süresini kısaltmakta, hem de alkolden kaynaklanan sakıncaları ortadan kaldırmaktadır. Katı reçine toz, granül ve pul halinde kullanılabilir. Alkol kullanımının ortadan kalkması reçine maliyetini düşürdüğünden ticari açıdan elverişli duruma geçen yöntem günümüzde en yaygın kullanılan kaplama yöntemidir (Başgut,1989).

Sıcak kaplama yönteminde ılık kaplamadan daha yüksek kum sıcaklıkları kullanılır. Kaplama işlemi esnasında ısının etkisiyle reçine sistemine kimyasal reaksiyonlar oluşarak moleküler ağırlık ve dolayısıyla yapışma noktası artar. Kum sıcaklığı olan 120-180 °C sıcaklıkta termoplastik novalak reçine karıştırma esnasında ergiyerek kum tanelerinin etrafını sarar, fakat sertleşmez. Ancak suda çözülmüş haldeki katalizörün ilavesiyle sertleşme olur. Sıcak kaplama yöntemiyle elde edilen kum ılık kaplama yöntemiyle elde edilen kumdan daha düşük kabuk oluşturma hızına sahiptir (Ergin,1986).

Sıcak kaplama yönteminde ya su içeren novalak yada toz veya plaka reçine kullanılır. Alkol çözeltileri alev ve patlama tehlikesinden dolayı kullanılmamaktadır. Çalışılan yüksek

sıcaklıkta kumu kaplamak için reçinenin viskozitesi uygun olmalıdır. Kabuk yapımı esnasında kalıptan kum düşmesi hatasına neden olmayacak şekilde reçine seçilmelidir (Kefeli,1989).

Sıcak kaplama yönteminin başlıca avantajları şunlardır:

1. Sıcak kaplanmış kumların çekme mukavemeti, soğuk kaplanmışlara nazaran % 25 daha fazladır
2. Sıcak kaplanmış kumların toz teşkili daha azdır.
3. Alkol kullanılmadığı için patlama tehlikesinin olmaması (Çavuşoğlu,1981)
4. Düşük maliyet
5. Daha kısa döndürme süresi
6. Daha yüksek yapışma noktası
7. Karıştırma için yağlayıcı maddelere gereksinim duyulmaması
8. Reçine çözeltilisine gerek duyulmamasıdır (Kefeli,1989).

Sıcak kaplama yönteminin dezavantajları ise şunlardır;

1. Karıştırmadan önceki ısıtma ihtiyacı (Çavuşoğlu,1981)
2. Daha fazla malzeme gereksinmesi
3. Hata yapma riskinin fazlalığıdır (Barutçu,2003).

3.8 Model, Model Plakası ve Maça Sandığının İncelenmesi

Tüm döküm yöntemlerinde olduğu gibi , kabuk kalıp yönteminde de model ve model plakası kalıp yapımında, maça sandığı da maça yapımında kullanılmaktadır. Ancak bu elemanlar sadece kalıp ve maçaların imal edilmesinde kullanılmamaktadır. Aynı zamanda kalıpların ve maçaların pişirilme ve kürlenme işlemlerinde de kullanılmaktadır (Barutçu,2003).

Bu nedenle model ve maça sandıkları 177 °C ile 288 °C arasında yapılan pişirme ve kürlenme işlemlerinin oluşmasına imkan verecek özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. Isıtma ve soğutma işlemleri arasında meydana gelebilecek sıcaklık değişimlerine dayanabilecek şekilde dizayn edilmeleri gerekmektedir. Ayrıca dökülmüş parçadan istenilen boyut toleranslarını ve yüzey hassasiyetlerini sağlayabilmelidirler ve maliyeti çok yükseltmemelidirler (Kefeli,1989).

Modelin son işlemesi ince olmalıdır. 30-60 inç'lik bir son işleme genellikle yeterlidir. Daha ince model son işlemesi kabuk kalıp üretimi sırasında kabukların modele yapışması olasılığını artırır. Modelin kalınlığı ısıyı iyi tutacak şekilde yapılmalı ve ince kesitlerden olacak ısı

kaybını önlemek için mümkün olduğunca aynı kalınlıkta olmalıdır. Bütün yolluk sistemleri modele tutturulmalı ve uygun şekilde dengelenmelidir. Model plakaları erkek ve dişi kısımlarıyla birlikte iki modelli olmalıdır. Model plakaları uygun bir sıyırıcıyla kaplanmalı ve kabuk kalıbın modele yapışması önlenmelidir. Kullanım sırasına sıyırıcı malzeme sürekli tatbik edilmelidir (Çukurova Kimya Endüstri A.Ş. 1998).

3.8.1 Model, Model Plakası ve Maça Sandığı Malzemeleri

Kabuk kalıp yönteminde kullanılan model ve maça sandıklarının imalinde kullanılacak malzemelerin seçimi imalat şartlarıyla birlikte ekonomiklik faktörü de dikkate alınarak yapılmaktadır. Yukarıda belirtilen model ve maça sandıklarından beklenen özelliklerden dolayı bu yöntemde sadece metalsel modeller ve maça sandıkları kullanılmaktadır (Kefeli,1989).

Dökme demir, alüminyum, berilyum-bakır alaşımı ve bronz kabuk kalıplama yönteminde en sık kullanılan model ve maça sandığı malzemeleridir.

3.8.1.1 Dökme Demir

Kabuk kalıplama yönteminde en sık kullanılan metal alaşımı dökme demirdir. Dökme demirden yapılmış modeller ve maça sandıkları kabuk kalıplama sıcaklıklarında özelliklerini koruyabilmektedirler. Ayrıca aşınma dirençleri çok yüksektir ve bu özelliklerinden dolayı model ve maça sandığı ömrü oldukça uzun olmaktadır (Barutçu,2003).

Daha iyi fırın tesislerinin geliştirilmesi ve metalurjik olayların şekillendirme ve dökme usulleriyle birlikte, daha emniyetli bir tarzda kontrol ve idare edilmeleri neticesinde, dökme demir ve çeşitleri bugün malzemeler arasında ciddi bir yere sahip olmuştur (Weissavach,1996).

Dökme demirle imal edilmiş bir model veya maça sandığında her 100.000 adetlik kalıp yapımında sadece 0.002 mm'lik bir aşınma meydana gelmektedir (Kefeli,1989).

Model ve model plakalarında kullanılan alaşımli dökme demirin kimyasal bileşimi Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Model ve model plakalarında kullanılan alaşımli dökme demir bileşenleri (% olarak) (Kefeli,1989)

C	Si	Mg	P	S	Ni	Cr
3.2-3.4	2.2-2.6	0.77-0.88	0.4-0.47	0.01-0.02	2.5-3.5	0.5-0.6

3.8.1.2 Alüminyum

Model ve maça sandıklarının imalinde alüminyum alaşımları da kullanılmaktadır. Ancak boyutsal hassasiyetinin iyi olmaması ve ömürlerinin kısa olması gibi özelliklerinden dolayı pratik bir malzeme değildir. Ayrıca yüzey hassasiyetinin önemli olduğu durumlarda alüminyum alaşımları model ve maça sandıklarının imalinde kullanılabilir.

Kullanılan alüminyum alaşımlarının kimyasal bileşenleri Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 1.Tip alüminyum alaşımlarının kimyasal bileşenleri (% olarak) (Kefeli,1989)

1.Tip Alaşım					
Cu	Ni	Mg	Fe	Si	Al
3.5-4.5	1.7-2.3	1.2-1.8	Max.1	Max.0.7	Kalan

Çizelge 3.3 2.Tip alüminyum alaşımlarının kimyasal bileşenleri (% olarak)(Kefeli,1989)

2.Tip Alaşım							
Si	Mg	Mn	Ni	Cu	Fe	Zn	Al
11-13	0.7-1.3	Max.0.05	2-3	0.5-1.5	Max.1.3	Max.0.1	Kalan

1. Tip Alaşımın; döküm zorlamalarını ortadan kaldırmak ve boyutsal hassasiyeti sağlamak için ısıtılma tabii tutulması gerekir.

2. Tip Alaşım ise birinci derecede geçirgen kalıp malzemeleri içindir, fakat yeşil kum kalıplarında da başarıyla kullanılabilir (Kefeli,1989).

3.8.1.3 Berilyum – Bakır Alaşımı

İstenilen boyut hassasiyetini uzun bir süre koruyabilmek için kabuk kalıp model ve maça kutularının berilyum-bakır alaşımından yapılması gerekir.

Berilyum-Bakır alaşımının fiziksel özellikleri alaşımlı çeliklerle mukayese edilebilir ve basit ısıtılma işlemlere kolaylıkla uyum sağlayabilir. Yumuşak tavllanmış berilyum-bakır alaşımı 275 °C’lik bir sıcaklıkta 3.5 saat tutulur ve oda sıcaklığına kadar soğutulursa sertleşebilir.

Çekme mukavemeti maksimuma ulaşır. Yüksek ısısal iletkenliği, aşınma direnci ve oksidasyona karşı yüksek direnci bu malzemeyi model ve maça kutuları için tercih edilen bir malzeme haline getirmiştir (Kefeli,1989).

Berilyum-Bakır alaşımlarının bileşenleri Çizelge 3.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Berilyum-Bakır Alaşımları (% olarak) (Kefeli,1989)

Be	Ni	Fe	Cu
2.0-2.5	0.25-0.5	Max.0.1	Kalan

3.8.1.4 Bronz

Bronzdan model ve maça sandıkları, kalıplama sıcaklıkları boyunca çok iyi aşınma dirençlerine ve dayanım özelliklerine sahiptirler. Ancak bu metalden yapılmış modellerin işlenmesi zor ve çok pahalıdır (Barutçu,2003).

3.8.2 Kabuk Kalıp Yönteminde Kullanılan Metalsel Modelin ve Maça Sandıklarının Isıtma Çeşitleri

Kabuk kalıp yönteminde kullanılan model ve maça sandıkları kalıp veya maça imali sırasında ısıyı bütün yüzeylerini çevreleyen kum-reçine karışımına eşit şekilde dağıtmaları gerekmektedir. Aksi takdirde kabuk kalınlığında kalınlık homojensizlikleri oluşur. Homojen bir ısı elde edilmediği takdirde üretim hızı düşmekte, kalıbın boyutsal hassasiyeti kötüleşmekte ve kalıp,maça ve döküm parçalarında ıskarta miktarları çoğalmaktadır.

İmalatın hem kalite, hem hız, hem de maliyet açısından istenilen seviyeye ulaştırabilecek olan başlıca faktör makinelerin her işlem safhasında ısı seviyelerini koruyabilmeleridir. Isı oranının aynı seviyede tutulabilmesi model ve maça sandığının ısıl dizayn karakteristikleri ile ısıtma sistemi arasındaki entegrasyonla doğrudan doğruya ilişkilidir. İşletmede kullanılan makinaların model ve maça sandıklarını mümkün olduğu kadar üniform olarak ısıtılabilmelerini sağlayacak şekilde dizayn edilmeleri gerekmektedir (Kefeli,1989).

Kabuk kalıp yönteminde reçine bağlı kum tanelerini birbirlerine bağlanmasını sağlayan ve böylece kabuğun oluşumunu temin eden, modelin kendisi ve yüklü olduğu ısıdır. Kullanılan metinsel modelin mutlaka homojen olarak ısıtılması gerekmektedir. Bu nedenle modellerin ve maça sandıklarının ısıtılması kabuk kalıp yönteminde önemli bir konudur. Çünkü modelin homojen ısıtılmaması veya düşük sıcaklıklarda ısıtılması kabuğun kalınlığına ve kalınlık homojenliğine etki etmektedir. Yani kabuk ince olmakta ve her tarafta aynı kalınlık elde edilememektedir. Dolayısıyla kabuktan istenen dayanım değerlerine ve özelliklerine ulaşamamaktadır

Modelin aşırı derecede ısıtılması ise reçinenin bağlayıcılık özelliğini zayıflatmakta, kabuk kalınlığını arttırmakta ve dolayısıyla kabuğun dayanımı düşmekte ve malzeme sarfiyatı artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı istenen kalınlıkta, özellikte ve homojen kalınlıkta bir

kabuk oluşturmak için modelin istenen miktarda homojen olarak (modelin her yerinde maksimum ± 10 °C sıcaklık farkıyla) ısıtılması gerekmektedir (Barutçu,2003).

Modellerin ısıtılması kalıplama makinasına monte edilmiş elektrikli veya gazlı ısıtıcılarla yapılmaktadır. Modelin ısıtılacağı sıcaklık derecesi; model şeklinin karmaşıklığına, modelin büyüklüğüne ve kullanılan kum-reçine karışımının tipine bağlı olarak seçilir (Çavuşoğlu,1981).

Genellikle model sıcaklığı 200-350 °C arasında değişmektedir. Bu sıcaklık derecelerini elde edebilmek için kullanılan elektrikli veya gazlı ısıtıcıların hangisinin kullanılacağı şekil ve enerji maliyeti dikkate alınarak seçilir. Elektrik enerjisinin pahalı olduğu ülkelerde gaz ısıtmalı sistemler daha çok kullanılmaktadır (Barutçu,2003).

3.8.2.1 Elektrikle Isıtma

Modellerin elektrikle ısıtılması, model plakasının arkasına veya modellerin içine çeşitli ısı elemanlarının takılmasıyla mümkündür. Model plakalarındaki elektrikli ısıtıcılar çeşitli problemlere yol açabilmektedir:

- Isıtma elemanları modelle tamamen temasta olmalı ve yüzey boyunca üniform bir ısıtma sağlamalıdır.
- Eğer modelin alt yarısında küçük bir boşluk ya da detay varsa buraya gerekli ısının, modelin geri kalan kısmının ısınıp çok yükseltmeden eldesi zordur.
- Genellikle ısıtıcı elemanların yeri sıyrıcılarla uyumsuz.
- Özellikle çıkıcılar içinde kalan ve fazla ısıdan dolayı yanmış elemanları çıkarmak zaman kaybına neden olur (Barutçu,2003).
- Plaka yüzeyinin elektrikli ısıtma ünitesinin tam bir teması için yassı bir yüzey gerektirmektedir (Özilmen,2002).

Kabuk kalıplama yönteminde, modellerin ve maça sandıklarının elektrikle ısıtılması için kabuk kalıplama makinalarında 3 tip yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler:

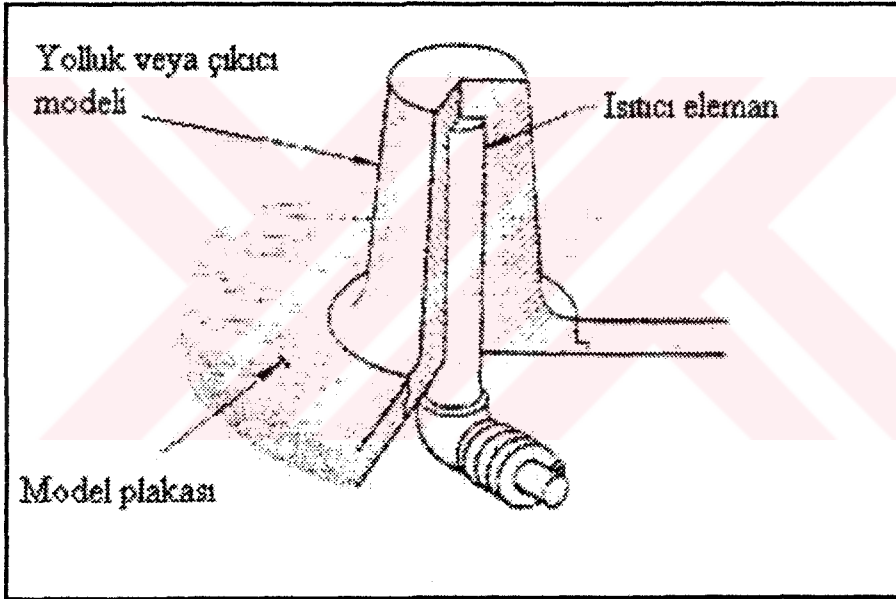
1. Kovan tipi ısıtıcılar
2. Levha tipi ısıtıcılar
3. Fırın tipi ısıtıcılar (Kefeli,1989)

3.8.2.1.1 Kovan Tipi Isıtıcılar

Modellerin ısıtılmasında kullanılan kovan tipi ısıtıcılar modelin veya plakanın içine ısıtıcı elemanların sokulmasıyla yapılır. Modellerin büyüklüğüne bağlı olarak 5-10 kovan tipi ısıtıcılar kullanılabilir.

Kovan tipi ısıtıcıların kullanılmasıyla ısının istenilen yere verilmesi sağlanmış olmaktadır. Ancak bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Bu tip ısıtıcılar modelin maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca önemli ısıtma şartları altında birçok elektrikli bağlantıları sağlamak zorlaşmaktadır. Bir kovan tipi ısıtıcısının hata yapması halinde model tamir edilinceye kadar imalattan kaldırılması gerekmektedir. Bu durumda kovan tipi ısıtıcının çıkarılıp yerine başkasının monte edilmesi için ısının oda sıcaklığına kadar indirilmesi gerekmektedir (Kefeli,1989).

Bir kovan tipi ısıtıcı Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Kovan tipi ısıtıcı (Metal Handbook,1970)

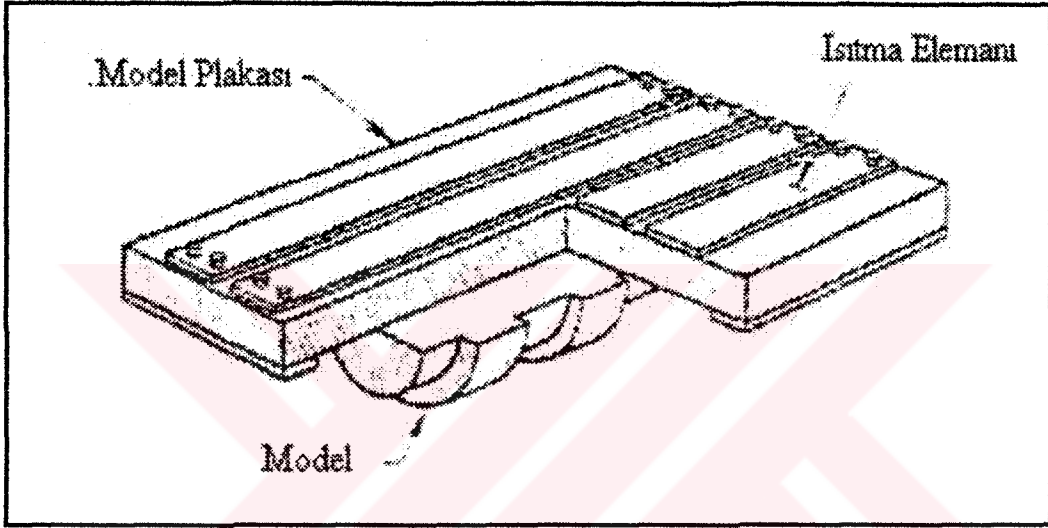
3.8.2.1.2 Levha Tipi Isıtıcılar

Bu tip ısıtıcılar kalıplama makinasının bir parçası gibi entegre edilmiş durumdadır ve ağır bir dökme demir plakadan oluşur. Makinaya bağlanan taban plakasının üzerine şerit ısıtıcıları yerleştirilmek üzere kanallar açılmıştır. Şerit ısıtıcılar bu kanallara yerleştirildikten sonra dökme demirden plaka ısıtıcı bu kanalların üzerini kapatacak şekilde monte edilir. Maksimum ısı transferini sağlamak için modelin arka tarafı iki yüzey arasında maksimum temas sağlamak için son derece hassas olarak taşlanmalıdır.

Plaka ısıtıcıları kullanmanın başlıca dezavantajları müsaade edilebilen watt yoğunluğu tarafından empoze edilen önemli bir sınırlamadır. Şerit ısıtıcıları bakır, çelik, nikel-gümüş,

krom-çelik levhalarından yapılır. Bunların maksimum işletme sıcaklıkları 180 °C – 400 °C – 550 °C - 800 °C ve 1100 °C'dir. Nikel - krom alaşımı şerit tipi ısıtıcıları ömür ve fiyat bakımından en uygun olanıdır. Bununla beraber bu şerit ısıtıcılar hiçbir zaman 34 watt/ inç² yüzeyden geniş bir saha üzerinde çalıştırılmamaları gerekir. Büyük bir sahanın çalışma ısısına erişebilmesi için uzun bir zamana ihtiyaç vardır. Kalıp yapma devreleri arasındaki bu uzun zaman nedeniyle bu ünitenin gazla ısınan modelleri rekabet edemeyeceğini göstermektedir (Kefeli,1989).

Bir levha tipi ısıtıcı Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Levha Tipi Isıtıcı (Metal Handbook,1970)

3.8.2.1.3 Fırın Tipi Isıtıcılar

Kullanılan fırın tipi ısıtıcılar; Hollanda tipi veya etrafı sarılı tek merkezli makineler veya tünel tipi çok merkezli makineler olmak üzere çeşitli tipte olabilir.

Fırınların çalışma prensibi radyant (yayılan) ısı prensibine dayanmaktadır. Rezistans telinden geçen ısı, ısıtma elemanının yüzeyinde ışık enerjisine dönüşür. Havadan geçerek (havayı ısıtmadan) alıcı hedefe geçmekte ve burada tekrar ısı enerjisine dönüşmektedir. Aslında kızılötesi bir donanımda hava ısıtmakta fakat bu iş parçası ve fırın duvarlarından tekrar radyasyon ve konveksiyondan dolaydır. Bir metal model içinde yükselen ısı dış yüzeyden gelen kondüksiyon sebebi ile olmaktadır. Kızılötesi tipi fırınların en önemli avantajı ısıtma hızıdır. Isıyı taşımaya ihtiyaç olmamakta, böylelikle ısıtılmaması arzu edilen şey hemen ısınmaya başlamaktadır.

Elektrikle ısıtma elemanlarının tamamının ömürleri doğru voltajda çalıştırılırsa ömürleri kısa olmakta, şayet düşük voltajda çalıştırılırsa ömürleri uzun olmaktadır. Çünkü ticari ısıtma

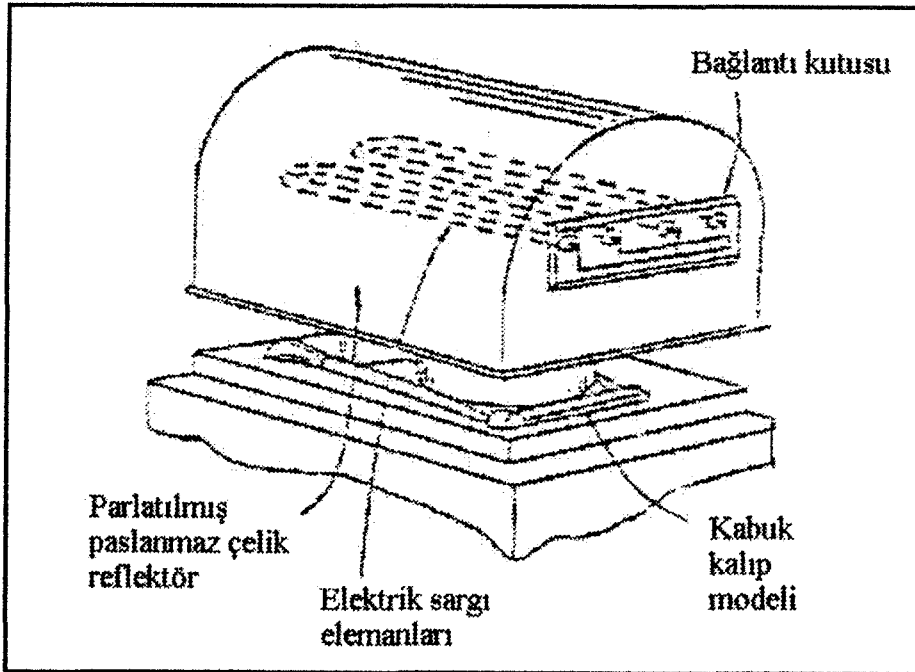
elemanlarının direnci kısmen sabit kalmaktadır. Isının watt verimi uygulama alanına göre değişmektedir.

Uygun voltajın elektrik motorlarından ziyade ısı elemanlarına uygulanması çok önemlidir. Örneğin bir motor istenen voltajın %10 ile tatminkar çalışacak şekilde imal edilmiştir. Eğer elektrikli ısıtma elemanı istenen voltajın %90'ı ile çalıştırılırsa, istenen ısıtma veriminin %81'ini üretecektir. Bu sebepten ötürü ısıtma elemanlarını bağlamak için kullanılan bütün tellerin küçük boyutlu değil, büyük boyutlu olmaları daha önemlidir. Kabuk kalıp makinaları tesis edilirken iyi bir voltaj düzeninin sağlanmasına özen gösterilmelidir.

Elektrikli ısıtma elemanlarının verimini kontrol etmenin birkaç yolu mevcuttur. Isının miktarını otomatik olarak istenen orana ayarlayan birçok cihaz vardır. bunlar şöyle sıralanabilir.

1. Enerjinin her dakika için devamlı ayarlanabilen oranda tutulmasını sağlayan bir giriş kontrol cihazı
2. Çift yönlü manyetik kontaktör ve yüksek hızlı tek fazlı devreler için paralel veya düşük ısı için W tertibatlı ve yüksek ısı üç fazlı devreler üzerinde delta irtibatlı
3. Kademesiz voltaj kontrolü için kullanılan ve ısıtma elemanının ısı veriminde değişkenlik sağlayan motorlu varyak olmak üzere üç tiptir (Kefeli,1989).

Bir fırın tipi ısıtıcı Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Fırın Tipi Isıtıcı (Kefeli,1989)

3.8.2.2 Gazla Isıtma

Kabuk kalıp makinalarında günümüzde gazla ısıtma sistemlerinin tercih edilmesinin en önemli nedeni elektriğin pahalı olduğu yerlerde gazla ısıtma sisteminin sağladığı ekonomik kolaylıklar ve monte edilmesinin kolay olmasıdır.

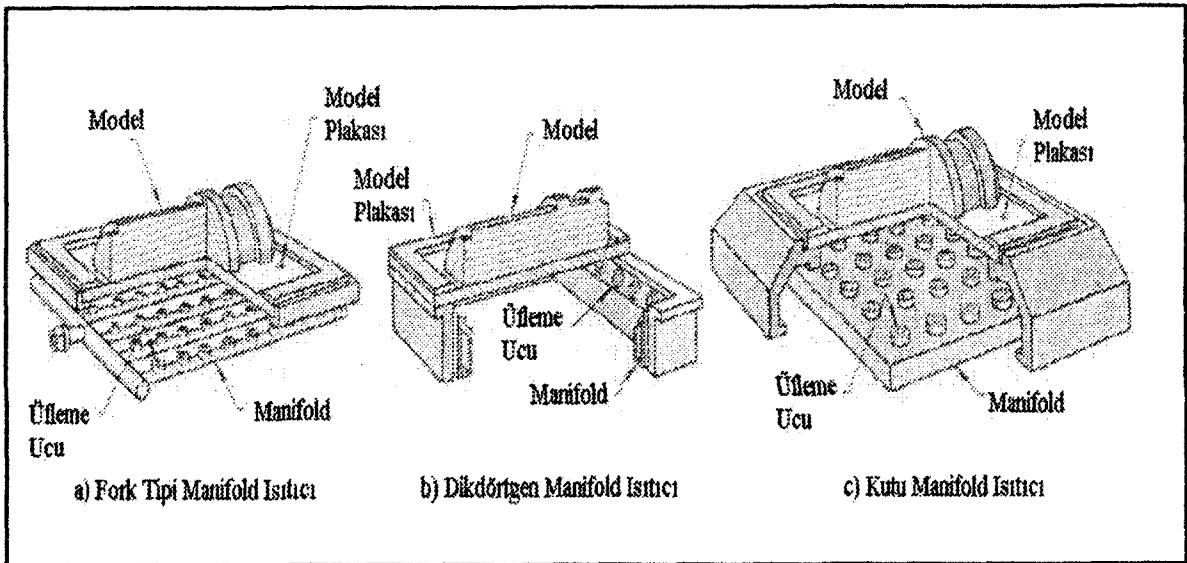
Kabuk kalıp makinalarının gazla ısıtma sisteminde üç ana method vardır. Bunlar Manifoldlu Isıtıcılar, Levhalı Isıtıcılar ve Izgara tipi ısıtıcılar olmak üzere üç tiptir.

3.8.2.2.1 Manifoldlu Isıtıcılar

Özellikle üzerine bir sıra delik açılmış standart boru uzunlukları üfleme tipleri olarak kabul edilir. Alev benzer bir üfleme yapıyı gerçekleştirmek için basınç altında hava ve gaz karışımlarını yakabilen küçük gaz yakıcıları üfleme tipleri olarak isimlendirilirler ve refraktörsüz kullanılmak üzere dizayn edilmişlerdir. Karışımın normal basınç altında alevin uzaklara üflenmesini önleyecek şekilde yapılmışlardır.

Ticari olarak temin edilebilen gaz yakıtların değişik yanma karakteristikleri nedeniyle bütün gazları aynı yeterlilikte yakacak üfleme tipleri pratik olmamaktadır. Kok gazı yakarken alev alkoyma bakımından tatminkar olan üfleme tipleri bir doğal gaz alevini tutmayabilir. Kabuk kalıp makinasının çalışma şartları püskürtme sistem dolayısıyla değişirse gaz-hava karışımı yanmadan önce ısınmış olacaktır. Bu durum karışımın büyümesine neden olur ve böylece kapasitelerin düşmesi yanında üfleme tipleri ısınması çabuk bozulmasına neden olacak kalıpların düzgün ve pürüzsüz kürünü etkileyecektir (Kefeli,1989).

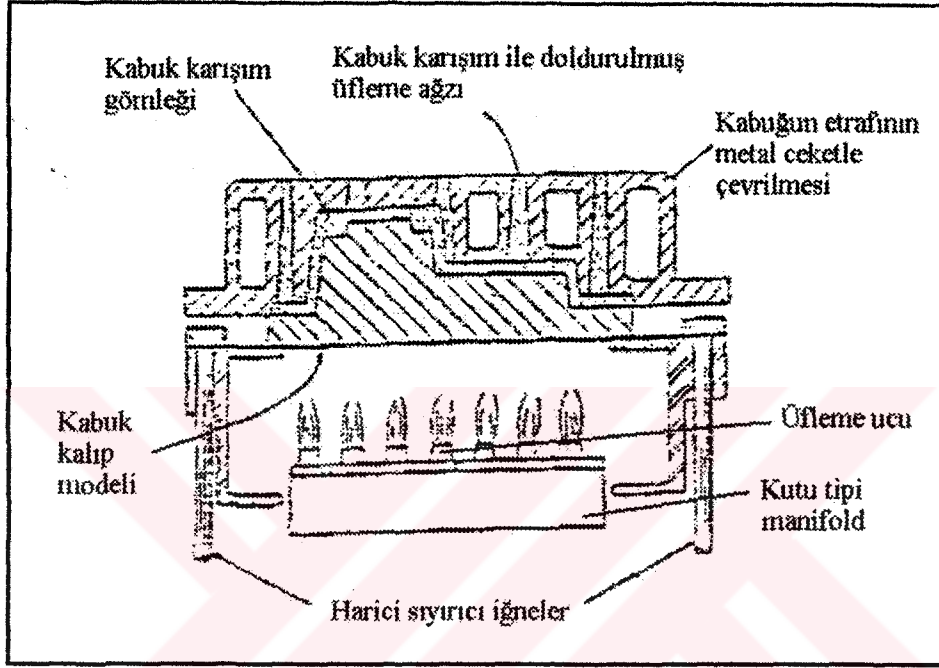
Üç tip manifoldlu ısıtıcı Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Manifoldlu ısıtıcılar (Metal Handbook, 1970)

3.8.2.2 Levhalı Isıtıcılar

Üfleme pimlerinin modele teşhizi zor olduğu için levhalı ısıtıcılar işleme tabi tutulacak metotlara ciddi kısıtlamalar getirmektedir. Kabuk kalıp kaplamaları için dizayn edilmiş makinalarında genellikle levhalı ısıtıcılar kullanılmaktadır. Bu durumda metal kalıplar ile kaplamalar modelden harici sıyrıcı iğnelerle kazınır. Böyle bir sıyırma işleminin ayrıntıları ve levhalı ısıtıcının yerleşimi Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Gazlı Levha Tipi Isıtıcı (Kefeli,1989)

Levhalı tipler kısa borular üzerine monte edildiklerinden fazla ısınma tehlikesi azdır. Bu durumda gaz-hava karışımının önceden ısınması gibi bir durum meydana gelmez. Levha tipi ısıtıcılarda önceden ısınma nedeniyle meydana gelen karışım oranı ile basınç değişkenlikleri bir problem yaratmamaktadır (Kefeli,1989)

3.8.2.3 Izgara Tipi Isıtıcılar

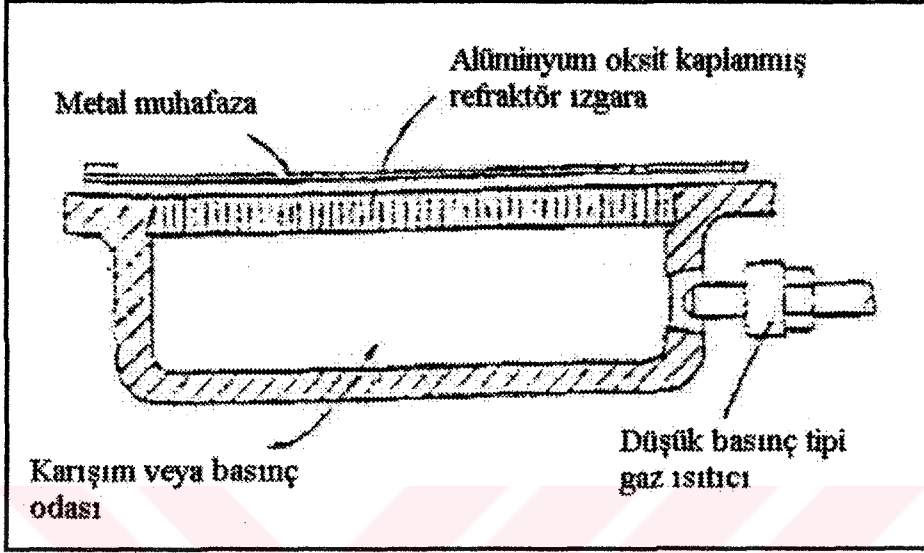
Burada gaz hava karışımı odaya (hücreye) püskürtülür. Refraktör fayans arasından geçen bu karışım fayansın dış yüzeyinde yanar. Bir ön ısıtma devresinden sonra refraktör fayansın tümü kiraz kırmızısına dönüşür ve kızıl ötesi ışınlar çıkarır.

Model çalışma ısısına eriştiğinde termoeleman sinyalleri kontrol cihazını uyarır. Bu uyarı sinyali selenoid valfe enerji veren ufak bir röleye geçer ve ana ısıtıcıları kapatıp ateşleme brülörünü bırakır.

Izgara tipi ısıtıcılar genellikle kabuk kalıp makinalarında kullanılır. Gaz ateşi ile ısıtma sistemlerinde ısı veriminin kontrolü makinaya monte edilecek fırına bağlıdır. Bu tipler şayet

birbirlerinden yakılabilecek şekilde yakın merkezlere monte edilirlerse ateşleme brülör sistemi kullanılabilir (Kefeli,1989).

Izgara tipi ısıtıcıların basınçlı oda ve ateşe dayanıklı fayans bulunduğu petekli hücre Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Izgara tipi ısıtıcı(Kefeli,1989)

3.9 Kabuk Yapım Yöntemleri

Kabuk kalıplama yönteminde en önemli aşamalardan biri de kabuğun oluşturulduğu süreçtir. Bu aşamadaki dikkatli ve titiz çalışma, imalatı yapılan ürüne doğrudan etki etmektedir. Çünkü elde edilecek ürünün kalitesi, en başta oluşturulan kalıbın kalitesine bağlıdır. Bu yüzden kullanılan kabuk yapım yöntemleri büyük bir önem arz etmektedir (Barutçu,2003).

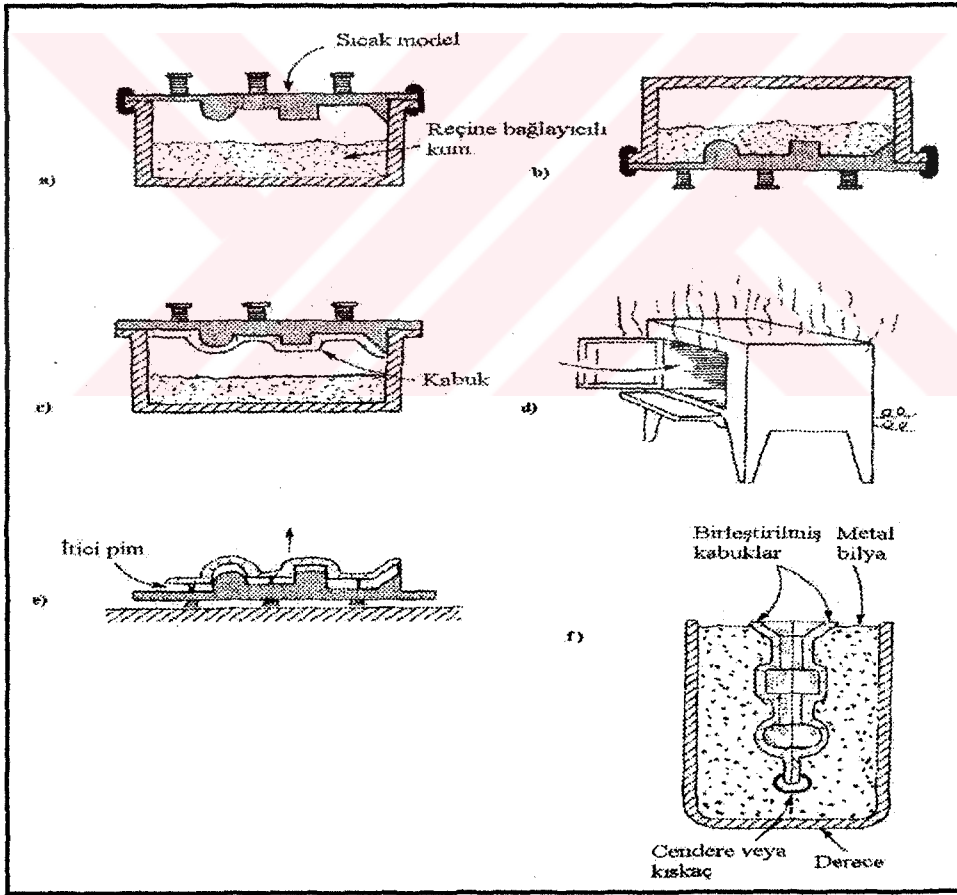
Kabuk kalıplama yöntemiyle kum-reçine karışımından kalıp ve maça yapımı makinalar vasıtasıyla gerçekleştirilebilmektedir. El ile kabuk kalıp ve maça imali yapılmaz. Çünkü modellerin ısıtılması gerekmektedir ve ısıtılmış modelin üzerine herhangi bir yöntemle kaplanmış kumun boşaltılması gerekmektedir. Bütün bu işlemler döküm şartlarına göre belirli sürelerde ve belirli sıcaklıklarda yapılmalıdır. Bu nedenle kabuk yapımı gerek kalıbın hassasiyeti ve gerekse işlemin hızı yönünden makinalar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir.

Otomasyon derecesine ve işlemlerin teferruatına göre değişen farklı makine tipleri olmasına rağmen hepsi sıcaklık skalaları ve zaman kontrolünü sağlayacak şekilde yapılmışlardır (Kefeli,1989).

Kullanılan makinaların tipine ve otomasyon derecesine bakılmaksızın kalıp veya maça yapımındaki başlıca işlemler şunlardır:

1. Yüzeyleri bir termoset plastik bağlayıcı (reçine) ile kaplanmış kum karışımı 300 °C ila 400 °C'a ısıtılmış modelin üzerine dökülür ve birkaç dakika tutulur. Bu esnada sıcaklık etkisiyle reçine sertleşir.
2. Kabuk istenilen kalınlığa ulaştığında sertleşmemiş ve bağlanmamış kum geriye boşaltılır.
3. Model ve kısmen pişirilmiş kalıp bir fırına konarak sertleştirme işlemi tamamlanır.
4. Kabuk modelden ayrılır.
5. İki veya daha çok parçalı olan kalıplar yapıştırılarak birleştirilir.
6. Döküm esnasında kalıbın şekil değiştirmemesi için kalıplar genellikle bir dolgu malzemesi (iri taneli kum, çakıl veya metal bilyalar) içine gömüldükten sonra döküm yapılır. (Çiğdem, 1996).

Kabuk kalıplama prosesleri Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Kabuk kalıplama prosesleri: a) Isıtılmış metal model termosetting plastik reçine ile karıştırılmış kum içeren "devirme kutuya" kelepçelenir. b) Kutu ve model tersine çevrilir ve ısıtılmış model reçineyi yumuşatır. c) Kutu ve model düzeltildiğinde reçine bağlanmış kum içeren ince bir kabuk model üzerine tutunur. d) Kabuk model fırın içine yerleştirilir ve kabuk bağı kuruyana kadar ısıtılır. e) İtici pimlerin yardımıyla kabuk modelden sıyrılır. f) Kalıbın diğer yarısı da yapıldıktan sonra kabuklar birbirine kelepçelenir ve derece şeklindeki kap

içine yerleştirilir. Metal bilyaları veya kaba kum taneleri kabukların etrafına dökülür ve kabuk kalıp erimiş metal dökmek için hazır hale getirilir.(Niebel vd.,1989)

Kabuk yapımında kullanılan iki yöntemden birisi devirme kutu (dump-box) yöntemi, diğeri de püskürtme yöntemidir.

3.9.1 Devirme Kutu (Dump-Box) Yöntemi

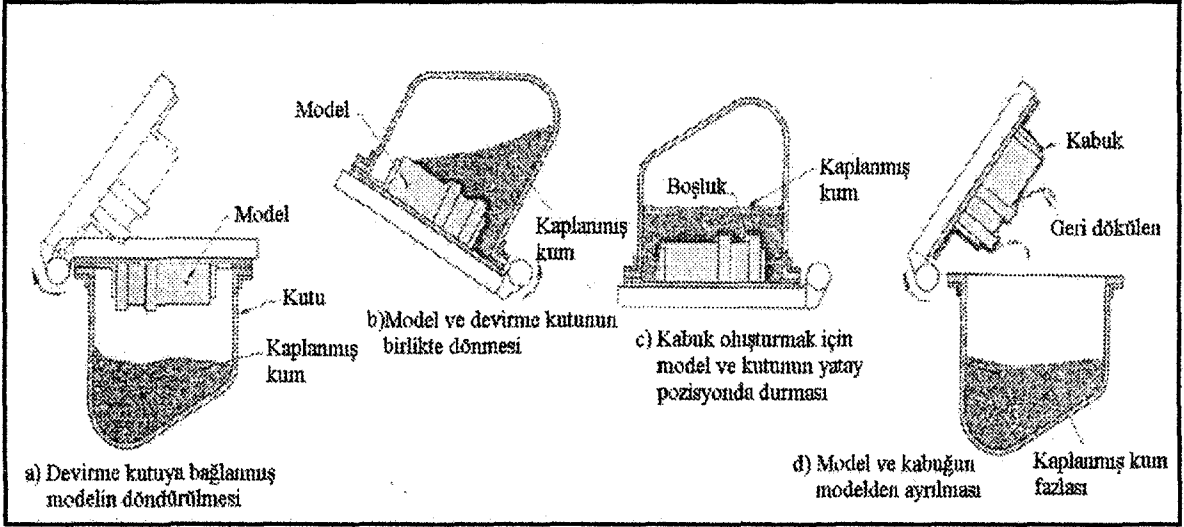
Kum-reçine karışımının ısıtılmış model üzerine boşaltılması için devirmek kutu yöntemi, püskürtme yönteminden daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Reçine kaplı kum, ısıtılmış model üzerine devrilir. Belli bir süre bekletilir. Isı etkisiyle kumun belirli bir kalınlıkta bir kısmı model üzerinde kabuk oluşturur. Model ve kum haznesi ters çevrilir, geri kalan kum hazneye dökülür. Modele yakın ve uzak kısımlar arasındaki ısı farklılığını gidermek için model üstündeki kabuk bir fırın veya ısıtıcı kapak yardımıyla üstten de ısıtılır. bu işleme de kurlama adı verilir. Homojen şekilde sertleşen kabuk, model üstündeki itici pimlerin itmesiyle modelden ayrılır. Özel yapıştırıcı ile iki parça halindeki kabuk yapıştırılarak yolluk, çıkıcı ve besleyiciyle birlikte bir bütün halinde döküme hazır hale getirilir. Kabuk kalıp kalınlığı 10 mm. civarındadır.

Devirme kutu yönteminin püskürtme yöntemine göre tercih edilmesinin nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

1. İşlem basittir.
2. Donatım maliyeti daha düşüktür.
3. Kalıp ıskartası daha azdır.
4. Kabuk mukavemeti üzerinde daha kolay kontrol sağlanır.
5. Demir oksit, kalsiyum karbonat ve mangandioksit gibi katkıları minimum düzeyde kullanılır (Barutçu,2003).

Devirme-kutu makinaları 350-450 mm' den 650-2000 mm' ye kadar kalıplar imal etmek için değişik dizaynlarda ve değişik ölçülerde yapılmaktadır. Makinaların bazılarında model kutuya bağlanmış, model ve devirme kutusu beraberce 180° dönebilmektedir.

Model ve devirme kutusu birbirine bağlanmış ve beraberce 180° dönebilen makine Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Model ve devirme kutusu birbirine bağlanmış ve 180° dönebilen devirme kutu yöntemi ile kabuk kalıp yapım aşamaları (Metal Hansbook,1970)

Şekil 3.13 a' da model devirme kutusuna oynar şekilde bağlanmış ve 180° döndürülmüştür. Devirme kutusunun içinde de herhangi bir yöntemle kaplanmış kalıp kumu bulunmaktadır.

Şekil 3.13 b' de model ve devirme kutusu beraberce 180° döndürülürken kaplanmış kalıp kumu da model üzerine boşalmaktadır.

Şekil 3.13 c' de ise kabuk oluşturulmak üzere model ve devirme kutusu yatay pozisyona gelmiş ve kabuk oluşmaya başlamıştır.

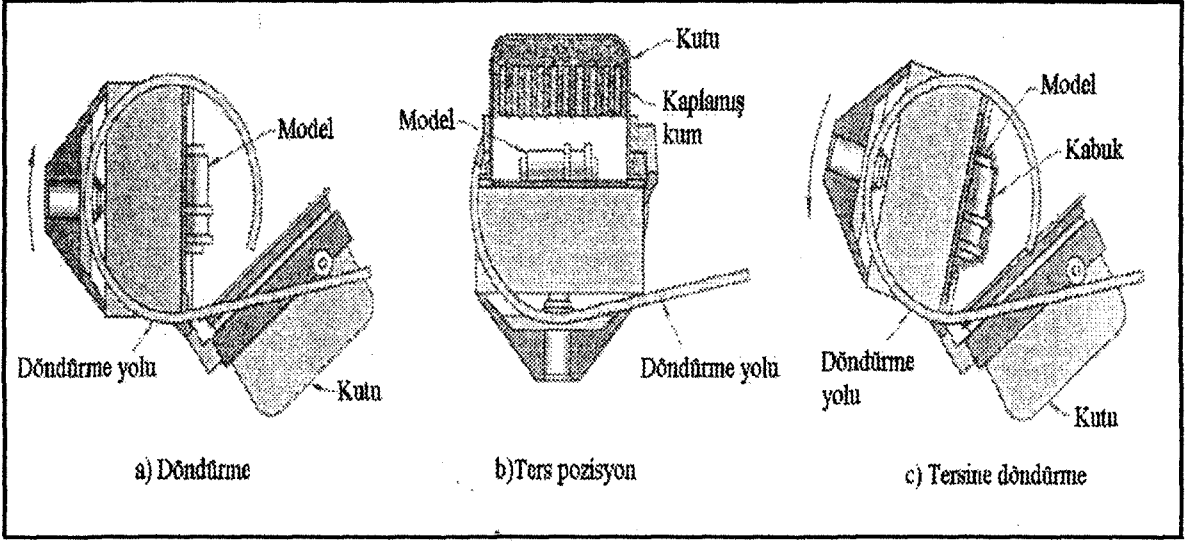
Şekil 3.13 d' de ise istenen kabuk kalınlığı elde edilmiş ve kutu model ile beraberce 180° ters çevrilmiştir. Bu durumda model sıcaklığından etkilenmeyerek birbirlerine bağlanmayan fazla karışım kutu içerisine dökülürken model ilk pozisyonuna dönmektedir.

Bu yöntemin esas dezavantajı geri dökülmelerin ve boşlukların oluşmasıdır. (Şekil 3.13 d)

Ayrıca diğer yöntemlere göre işlem hızı biraz daha düşüktür (Kefeli,1989).

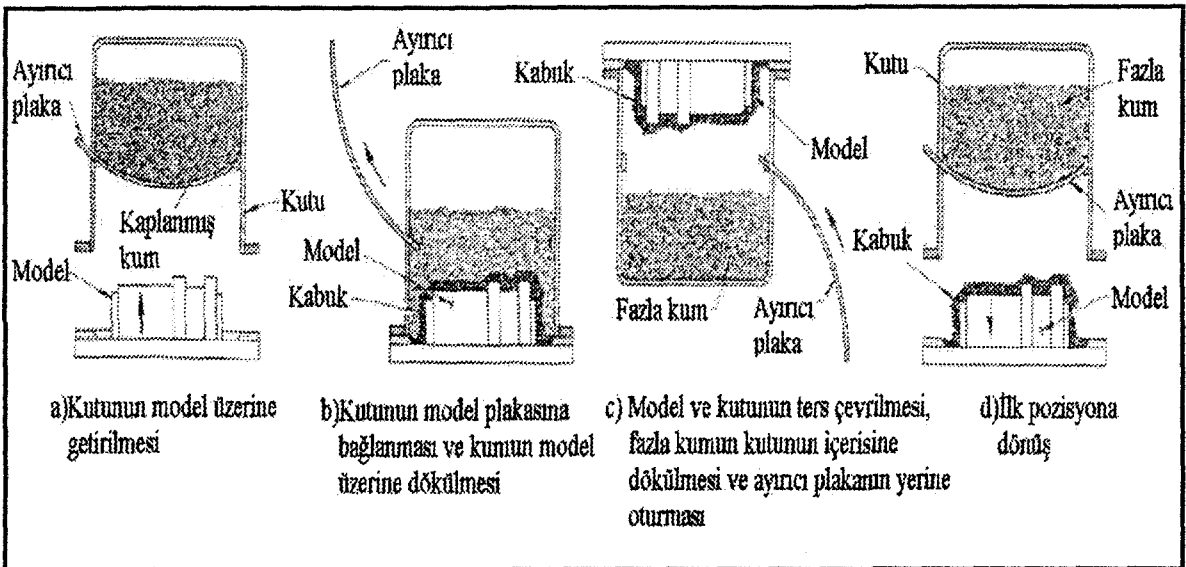
Devirme kutu yönteminin başka bir donatımı Şekil 3.14'de gösterilmiştir. Bu donatımda model ve devirme kutusuyla beraber gelen ve dönen dairesel bir ayırıcı bulunmaktadır. Dönme hareketi öyle hızlıdır ki kum ancak kutu modelin üzerine tam olarak gelinceye kadar dökülmez. Model kutu tam yatay pozisyona geldikten sonra kum dairesel ayırıcının döndürülmesiyle direkt olarak ve üniform bir şekilde dökülür. Kabuk oluşuktan sonra daha hızlı olarak geriye dönüş sağlanır. Böylece geriye dökülmeler ve boşluklar minimuma inmiş olmaktadır (Barutçu,2003).

Kutunun içindeki kanatlar kumun model üzerine eşit olarak dağılımını sağlar. Bu durum ve verilen ters bir dönüş boşlukları ve gevşeklikleri önler (Özilmen,2002).



Şekil 3.14 Dairesel ayırıcı üzerine yüksek hızla model ve devirme kutusunun beraberce döndüğü devirme kutu yöntemiyle kabuk kalıp imali (Metal Handbook, 1970)

Devirme kutu makinasının diğer bir tipi de Şekil 3.15’de gösterilmiştir. Bu yöntemde bölmeli bir devirme kutusu kullanılmaktadır. Model ve devirme kutusu birbirinden ayrıdır. Isıtılmış model ve model plakası üzerine kutu getirilmek suretiyle bağlanır. Model plakasıyla kutunun birbirine bağlanmasından sonra bölme levhası çekilmek suretiyle kaplanmış kum ısıtılmış model üzerine dökülür ve ayırma plakası tekrar kutunun içerisine sürülür. Ayırma plakası yerine oturduktan sonra sistem ilk pozisyona getirilir. Böylece kaplanmış kum aynı anda ve homojen olarak ısıtılmış modelin üzerine döküldüğünden kabuk kalınlığı homojen olmaktadır. Ayrıca geriye dökülmeler ve boşluklar oluşmamaktadır. Donatım da diğerlerinden oldukça basittir (Kefeli,1989).



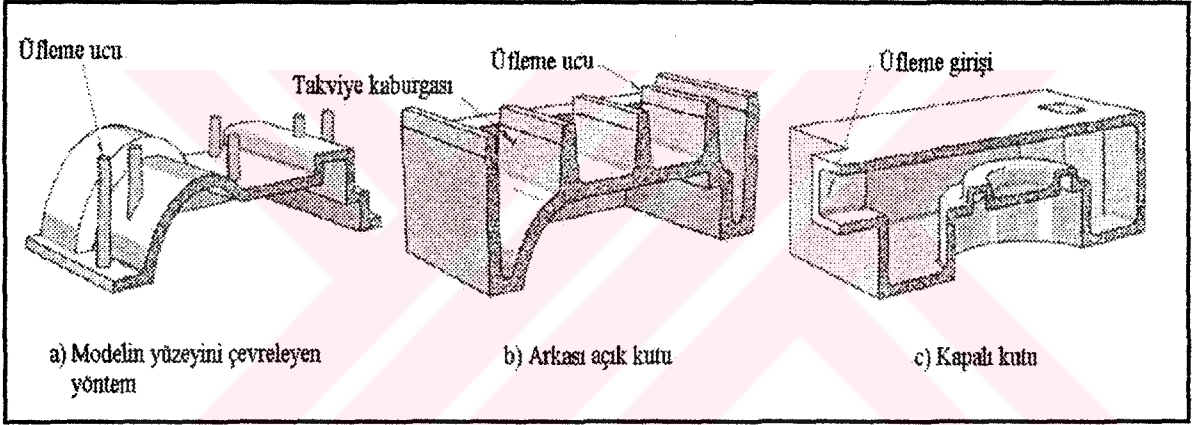
Şekil 3.15 Ayırma plakalı devirme kutu yöntemiyle kabuk yapımının aşamaları (Metal Handbook, 1970)

3.9.2 Püskürtme Yöntemi

Kabuk kalıplar devirme kutu yönteminden başka kum-reçine karışımının ısıtılmış model üzerine püskürtülmesiyle de imal edilebilir (Kefeli ,1989).

Bu yöntem daha çok kabuk maça yapımında kullanılmaktadır. Püskürtme yönteminde basınçlı havanın kontrollü tahliyesi çok önemlidir. Isı etkisiyle bir süre sonra oluşan kabuk, istenen kalınlığa ulaştınca maça sandığı ters çevrilerek maça içindeki sertleştirilmiş kumun akması sağlanır. Maça sandığı açılarak kabuk maça tek parça halinde alınır.

Püskürtme yöntemi değişik bir biçimde kabuk kalıp yapımı için de kullanılmaktadır. Devirme-kutu yönteminde kullanılan modele ek olarak, kalıbın arka yüzünün hatlarını belirleyen, ikinci parça metal kapak yapılır. Bu kısımda üfleme yerleri bulunur ve buradan kum-hava karışımı üflenir (Barutçu,2003).



Şekil 3.16 Püskürtme yöntemiyle elde edilmiş kabuk kalıpların kesitleri
(Metal Handsbook, 1970)

Bazı kalıplar modeli çevreleyen dış yüzeye püskürtülerek yapılır (Şekil 3.16 a). Bazı kalıplar ise takviye kanallı açık arkalı kutularda üflenerek elde edilir (Şekil 3.16 b). Bazıları ise kapalı kutu şeklinde üflenerek elde edilir (Şekil 3.16 c) (Metal Handsbook,1970).

Püskürtme yönteminin bir diğer çeşidi de presle uygulananıdır. Bu yöntemde basınçlı hava ile ısıtılmış iki parça model veya maça sandığı içine üflenene kuma, üflemeden hemen sonra bir veya iki yönden hareketli model ile basınç uygulanarak presleme yapılmaktadır. Bu yolla kabuk kalıp dayanımında önemli artışlar sağlanmaktadır.

Püskürtme yönteminde model yapımında ek masraf gerektirmesine karşın, iki taraflı ısınan kumun daha çabuk sertleşmesi kalıp üretim hızını arttırmaktadır. Bu yöntemle kabuk kalıpların destekleyici çıkıntılarla kuvvetlendirilmesi de mümkün olmaktadır (Barutçu,2003).

Püskürtme yönteminin başlıca dezavantajı elde edilen kabuk kalıbın ağırlığının diğer yöntemlerle elde edilenin iki ya da üç katı daha fazla oluşudur (Çavuşoğlu,1981).

Diğer dezavantajları şu şekilde sıralanabilir:

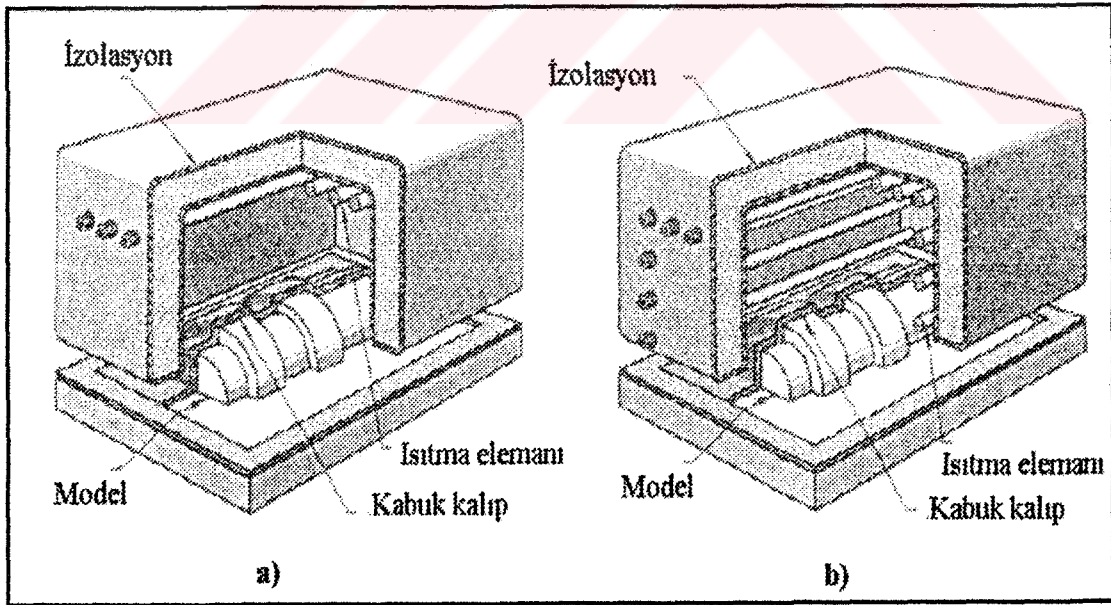
1. Modelin ve model bakımının maliyeti yüksektir.
2. Tıkanmış püskürtme kanalları aşırı miktarda zaman kaybına yol açabilir.
3. Çeşitli amaçlarla yapılması gereken ilaveler, püskürtme esnasında kum tanelerinin ayrılmasına ve dayanımının düşmesine yol açabilir (Metal Handbook,1970).

Bütün bu dezavantajlar dikkate alındığında püskürtme yöntemi daha az tercih edilen ve daha az kullanılan bir kabuk kalıp hazırlama yöntemidir (Kefeli,1989).

3.10. Kabuğun Kurlenmesi

Çeşitli yöntemlerle sertleştirilmiş kabuk kalıbın tam olarak sertleşmesi için bir çok kabuk kalıplama makinasında elektrikli veya gaz alevli fırınlarda mevcuttur. Elektrik fırınında sıcaklık $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' de modellerde ise sıcaklığın $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ' de tutulması iyi sonuçlar vermektedir (Metal Handbook,1970).

Kabuğun sertleşmesi için kullanılan elektrikli pişirme fırınları Şekil 3.17'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Kabuk kalıpları sertleştirmek için kullanılan elektrikli pişirme fırınları (Metals Handbook, 1970)

Şekil 3.17-a'da gösterildiği gibi ısıtıcı elemanlar fırının tavanının altına normal olarak yerleştirilir,yüksek bir bölümünün aşırı pişirilmesini önlemek için duvarların iç taraflarına bu elemanlardan ilave edilebilir(Şekil 3.17-b) (Metals Handbook,1970).

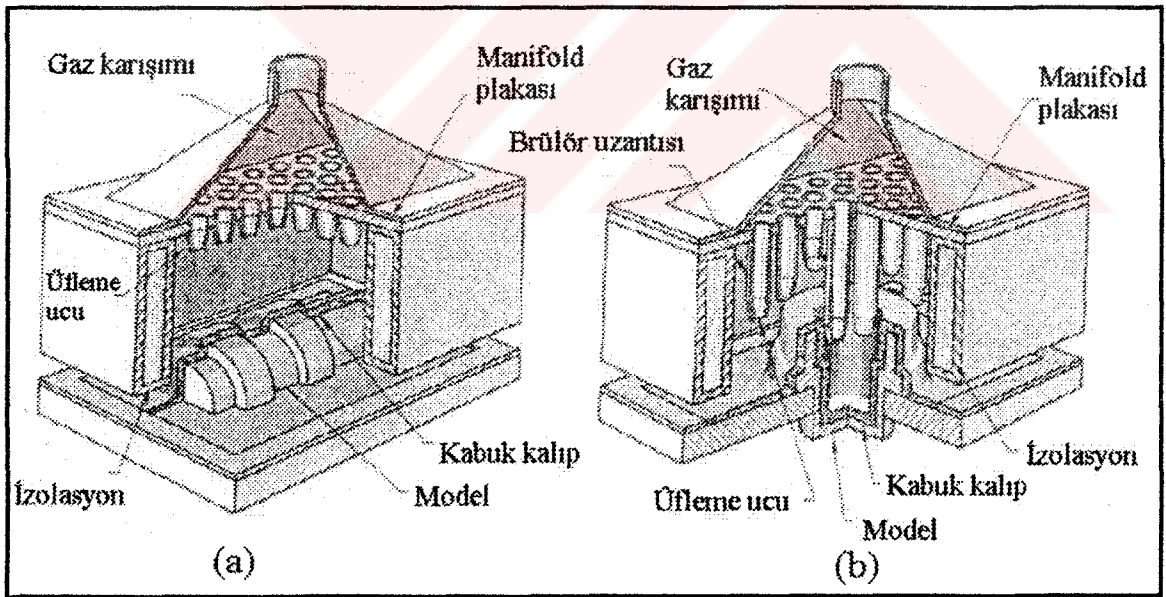
Kabuk kalıpların ısıtılma aşamasında aşırı ısıtma veya pişirmeden kaçınılmalıdır. Aşırı ısınma, kabuk kalıpların içine sıvı metal döküldükten sonra, erken çatlaması ile kendini gösterir. Çünkü kalıp içindeki bağlar sıvı metalin katılaşması tamamlanmadan yanabilmektedir. Kabuk kalıpların aşırı pişirilmiş oldukları koyu kahverengi bir renk alışlarından belli olmaktadır.

Buna karşılık eksik pişirme, döküm parçasında gaz boşluklarına (küçük ve büyük) neden olur. Bu tip kabukların mukavemetleri de gereğinden çok azdır. Uygun bir şekilde pişirilmiş kabukların rengi koyu sarı veya açık kahverengidir ve bu duruma 30 ila 40 saniyede erişirler (Çavuşoğlu,1981).

Ayrıca az kürlenmiş bir kabuk kırılmaksızın taşınmaya dayanacak yeterli çekme mukavemetine sahip olmayabilir (Ergin,1986).

Kabukların kürlenmesinde elektrik fırınlarından başka birçok manifoldlu ve üflemeli olarak dizayn edilmiş gaz fırınları da kullanılmaktadır. Her iki tipte de gaz ısıyı direkt olarak kalıpların üzerine yönlendirilmiştir.

Üflemeli tip manifoldlu gaz fırınları Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18 Üflemeli tip manifoldlu gaz fırınları (Metals Handbook ,1970)

Kabuk kalıpların pişirilmesi için (a)'daki gibi üfleme tipli gaz alevli manifoldlu fırınlar, kabuk boşluğunu direkt ısıtmak için brülör uzantılı fırınlar (b) uygundur (Metals Handbook ,1970).

Gaz fırınları şayet model derin boşluklar içeriyorsa veya model 200 mm'den daha fazla çıkıntılar içeriyorsa manifoldlu ve üflemeli gaz fırınları tercih edilir. Çünkü ısının doğrudan doğruya derin boşlukların içine veya çıkıntıların çevresine gönderilmesi sağlanır. Gaz

fırınlarında sıcaklık termostatla kontrol edilebilir veya gaz alevi otomatik kapatma sistemiyle sabit tutulabilir (Kefeli,1989).

3.11 Kabuk Kalıplarda Yolluklandırma ve Besleme

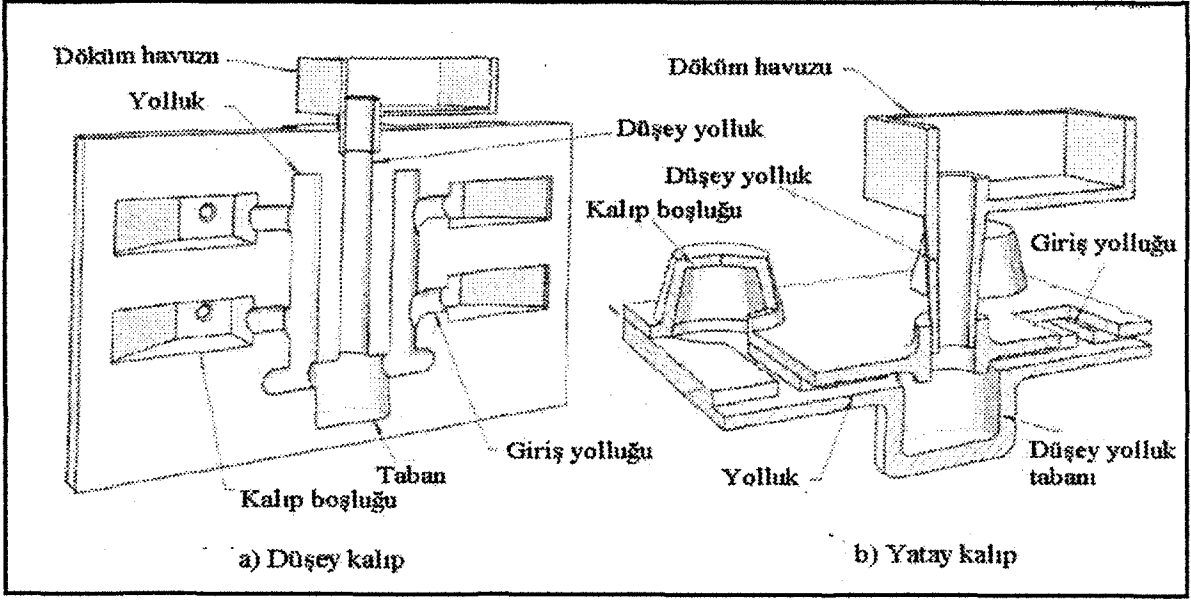
Klasik kum kalıplarda olduğu gibi kabuk kalıpta da bölme yüzeyleri yatay ya da düşey olabilmektedir. Bu nedenle de yolluk sistemleri farklı şekillerde olmaktadır. Yolluk sisteminin görevi; klasik kum kalıplarda olduğu gibi sıvı metalin kalıp boşluğuna ulaşmasını sağlamaktır. Sıvı metali kalıp boşluğuna ulaştıran yatay ve düşey kanalların tamamına yolluk sistemi denilmektedir (Kefeli,1989).

Düzgün yüzeye sahip kabuklarda sıvı metal akışına karşı direnç düşük olduğundan dolayı metal akış hızı yüksektir. Bu nedenle istenen debide sıvı metal akışı sağlamak için gerekli yolluk boyutları küçüktür. Ancak kabuk kalıbın çok hızlı doldurulması istenildiği takdirde boyutları oldukça büyük basınçsız yolluk sistemleri kullanılabilir. Çok sayıda döküm parçasının kalıplandığı düşey kabuk kalıplarda üst kısımdaki kalıp boşluğuna giren sıvı metalin hidrostatik basıncındaki azalma nedeniyle, kalıbın üst kısımlarının daha uzun zamanda dolması ise ancak basınçlı yolluk sistemleri kullanılarak önlenabilir. Bu durumda ise kalıp aşınması ve gaz problemleri ortaya çıkar. Bu problemleri azaltmak için en iyi çözüm, kolay akış imkanı veren basınçsız yolluk sistemleridir (Ergin,1986).

Yolluk sistemleri; bataklık, düşey yolluk, hazne, meme gibi bölümlerden oluşur. Yolluk sistemi ve besleyiciler kalıp boşluğuyla yekpare olarak şekillendirilebilir. Ancak bataklık (döküm kabı) kalıp boşluğundan ayrı olarak yapılabilir.

Bölme yüzeyi dik olan kabuk kalıp yapısındaki yolluklandırma Şekil 3.19a'da gösterilmiştir. Bu yolluk sistemi düşey yolluk, hazne, yatay yolluklar ve memeler içermektedir. Bütün bu bölümlerin boyutları klasik kum kalıplarda olduğu gibi hesaplanmıştır. Bu sistemde bataklık kalıp boşluğu ile yekpare olarak imal edilmiştir. Ancak kalıp boşluğundan ayrı olarak imal edilen bataklıklarda vardır.

Bölme yüzeyi yatay olan bir kabuk kalıbı ve yolluk sistemleri Şekil 3.19b'de gösterilmiştir. Burada bataklık ve düşey yolluk kalıp boşluğundan yatay yolluk ve memelerden ayrı olarak imal edilebilmektedir. Ancak bütün yolluk sistemi kalıp boşluğu ile yekpare olarak yapılan kabuk kalıplarda kullanılmaktadır (Kefeli,1989).



Şekil 3.19 Düşey ve yatay ayırma yüzeyli kalıplar için yolluk sistemleri
(Metal Handbook 1970)

Kabuk kalıp dayanımının yüksek oluşu yüzünden karmaşık yolluk sistemlerinin uygulanabilmesi, yolluktan kum koparma ve sürükleme sorununun olmayışı, yolluk sisteminin model üzerinde bulundurulması sonucu kalıp yapımı sırasında yollukla ilgili işçilik hatalarının önlenmesi kabuk kalıplama yolluk sisteminin avantajlı yanlarıdır. Ancak yolluk sisteminin boyut ve tasarım bakımından metalin kalıp içine düşük hızla girişini sağlayacak şekilde tasarlanması zorunludur. Aksi halde döküm yüzeyinin pürüzlü olması engellenemez. Yolluk ve besleyici sisteminin doğru uygulanması boyutsal duyarlılık yönünden de gereklidir (Başgut,1989).

Besleyicilerin besleme karakteristikleri sıvı-katı fazın bir arada bulunduğu katılaşma aralığıyla ilişkilidir. Katılaşma aralığı geniş olan alaşımlarda besleyen sıvı metal akışının engellenmesi nedeniyle besleme güç olur. Diğer taraftan katılaşma aralığı dar olan alaşımlar besleme metalinin akışı için daha fazla açık yollara müsaade eder ve besleme mesafesi artar. Katılaşma süresi dökülen metalin bileşeninin yanı sıra dökümden kalıp malzemesine ısı transfer hızıyla da doğrudan ilişkilidir.

Kabuk kalıplarda silindirik besleyicilerin besleme verimi %45, prizmatik besleyicilerin ise %25'tir. Pratikte gerekli besleyici hacmi; silindirik besleyicilerde teorik olarak gerekli sıvı metal miktarının 2.5 katı, prizmatik besleyicilerde 4 katı olmaktadır.

Besleyici bağlantı boyutlarının çap ve kalınlığı temasta olduğu döküm kesit kalınlığının 1/3 – 1/2'si arasında ve mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır. Besleyici üst yüzeylerinin donması ekzotermik malzemeler kullanılarak mutlaka önlenmelidir. Çünkü atmosferik basınç besleyicideki sıvı metali kalıp içersine iten en büyük güçtür (Ergin,1986).

4. KABUK KALIP YÖNTEMİNDE KABUK KALINLIĞINA VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

4.1 Kabuk Kalınlığına Etki Eden Faktörler

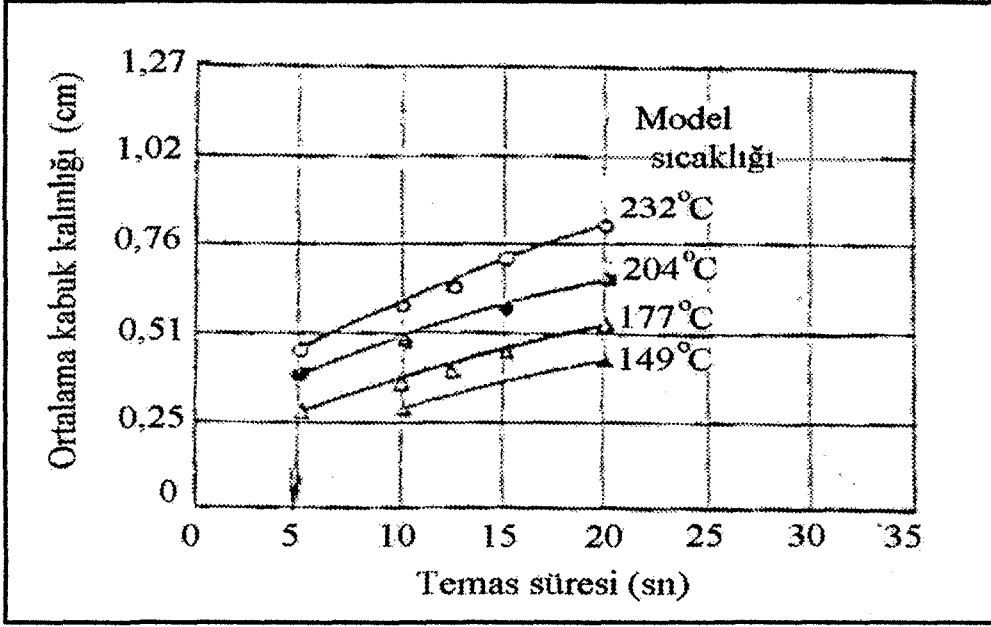
Kabuk kalıplama yönteminde istenilen kabuk kalınlığı döküm sıcaklığına, dökülen metalin cinsine, döküm parçasının büyüklüğüne, döküm şekline bağlı olarak belirlenir. Parçanın ağırlığı arttıkça kalın bir kabuk gerekmekte, aynı şekilde döküm sıcaklığı arttıkça kabuk kalınlığının artması gerekmektedir. Dökülecek alaşımın cinsine ve döküm parçasının büyüklüğüne göre optimum bir kabuk kalınlığını elde edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Ancak ne kadar kalın kabuk elde edilirse o kadar iyi sonuç alınır diye bir kural mevcut değildir. Bu sebeple istenilen şartlara cevap verebilecek kabuk kalınlığı ancak belli sayıda denemeler sonucu bulunabilir. Çünkü kabuk kalınlığının gerekenden çok büyük yapılması kum ve reçine sarfiyatının artmasına, kabuk oluşturma zaman ve sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Bunlar maliyeti arttırmakta ve kalıplama hızını düşürmektedir (Kefeli,1989).

Kabuk kalıplama yönteminde kabuk kalınlığı, kaplanmış kumun hazırlanmasında kullanılan kum sıcaklığı, hava sıcaklığı, reçine miktarı, karıştırma süresi, kum temas süresi vs. gibi faktörler tarafından belirlenir. Kullanılan katkı maddelerinin kabuğun termal özelliklerini değiştirdiklerinden dolayı kabuk kalınlığını çok az miktarda etkileyebilecekleri belirtilmesine rağmen, çoğu durumlarda bunlar ihmal edilebilir (Barutçu,2003).

4.1.1 Kum Temas Süresinin Kabuk Kalınlığına Etkisi

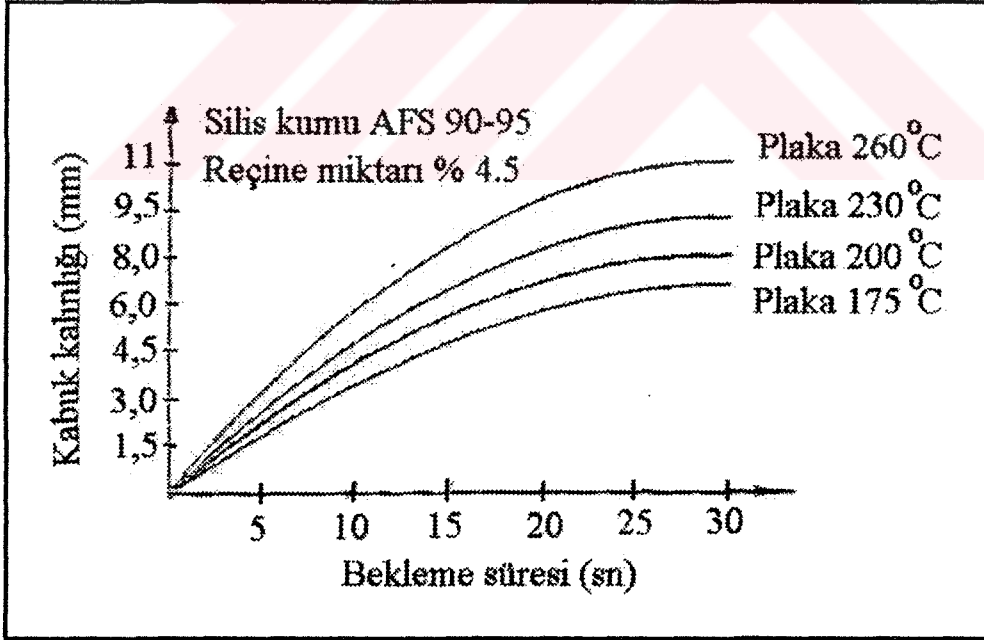
Kabuk kalıpta, kabuk kalınlığı esas olarak model sıcaklığı ve temas süresinin bir fonksiyonudur. Kaplanmış kum ne kadar uzun süre sıcak model üzerinde kalırsa kabuk kalınlığı o kadar artmaktadır. (Şekil 4.1) Çünkü kaplanmış olduğumuz kumun modelle temasta bulunduğu sürenin artmasıyla, reçine modelden almış olduğu ısı ile birlikte kum tanelerini birbirine daha sıkı bağlar ve böylece kabuk kalınlığı artar.

Burada da gösterildiği gibi model sıcaklığı ile kum temas süresinin beraber ele alınmasında fayda vardır. Aslında eşit model sıcaklıkları için temas süresinin artmasıyla daha kalın kabuklar elde edilebilir demek mümkündür. Ancak bu durum kabuk oluşturma zamanının uzamasına ve dolayısıyla işlemin hızını etkilemektedir.



Şekil 4.1 Kaplanmış kum-sıcak model temas süresinin kabuk kalınlığına etkisi (Çavuşoğlu,1981)

Bir kabuk kalıpta aynı kalınlığı elde etmek için model sıcaklığını yükselterek temas süresini azaltabiliriz. Temas süresine ve model sıcaklığına bağlı olarak kabuk kalınlıklarının değişimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



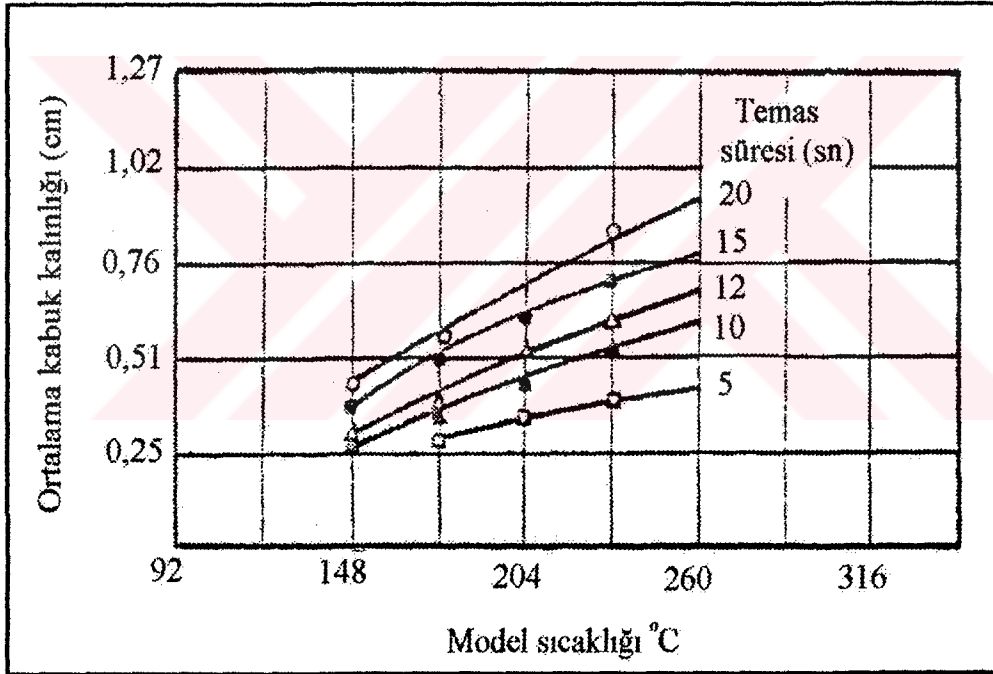
Şekil 4.2 Temas süresi ve model sıcaklığının kabuk kalınlığına etkisi(Kefeli,1989)

Yukarıdaki grafiklerde görüldüğü gibi 6 mm' lik kabuk kalınlığını 175°C' lik model sıcaklığında 20 sn' lik temas süresinde elde edilebilmektedir. Ancak model sıcaklığı 175°C'den 260°C'a çıkarıldığında aynı kalınlık 10 sn.lik temas süresinde elde edilebilmektedir. Bu da yüksek model sıcaklıklarında kısa temas süresinde istenilen kalınlığın

elde edileceğini göstermektedir. Fakat model sıcaklığının da belli bir sıcaklığın üzerine çıkarması halinde reçinenin bağlayıcılık özelliği zayıfladığından kabuğun mukavemeti düşmektedir. Bu nedenle optimal model sıcaklığında belirli bir temas süresi içerisinde istenilen kabuk kalınlığına ulaşılmaya çalışılmalıdır. Temas süresinin çok kısa olması kaplanmış kum taneleri arasına ısının fazla yayılmasını önleyebilmektedir (Kefeli,1989).

4.1.2 Model Sıcaklığının Kabuk Kalınlığına Etkisi

Model sıcaklığı kabuk kalınlığını ve kalınlığın homojen olarak oluşmasını etkileyen en önemli faktördür. Model sıcaklığı arttıkça oluşan kabuk kalınlığı da artmaktadır (Şekil 4.3). Model sıcaklığı ne kadar fazla olur ise yüklü olduğu ısı da o kadar çok olmaktadır. Isı kapasitesi yüksek olduğunda ısının karışım içerisinde ilerleme mesafesi de uzun olacak ve dolayısıyla kalınlık artacaktır.



Şekil 4.3 Model sıcaklığının kabuk kalınlığına etkisi (Çavuşoğlu,1981)

Aynı zamanda model sıcaklığı modelin her yerinde aynı olmalıdır. Aksi durumda farklı kalınlıklarda kabuk oluşmaktadır. Model sıcaklığı istenenden küçük değerde olduğunda kabuk ince oluşmakta veya kabuk oluşturma zamanı uzamaktadır. Diğer taraftan modelin aşırı derecede ısıtılması ise reçinenin bağlayıcılık özelliğini zayıflatmakta, kabuk kalınlığını arttırmakta ve dolayısıyla kabuk dayanımını düşürmektedir ve malzeme sarfiyatını arttırmaktadır. Kabuk kalınlığı döküm sıcaklığına ve döküm parçasının şekline bağlıdır. Döküm sıcaklığı arttıkça daha kalın kabuk gerekmektedir. Aynı şekilde dar kesitli döküm parçaları için kalınlığı büyük olan kabuklar kullanılır. Bu nedenle dökülecek alaşımın döküm

sıcaklığına ve döküm parçasının şekline ve büyüklüğüne göre istenen kalınlıktaki bir kabuk oluşturmak için model belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılmalıdır (Kefeli,1989).

4.1.3 Model Malzemesinin Kabuk Kalınlığına Etkisi

Model malzemesinin de kabuk kalınlığına etkisi model sıcaklığı kadar önemlidir. Çünkü malzemelerin ısı tutumları ve ısı iletimleri farklı olmaktadır. Kabuk kalınlığı, model sıcaklığı ile değiştiği gibi model malzemesine göre de değişir.

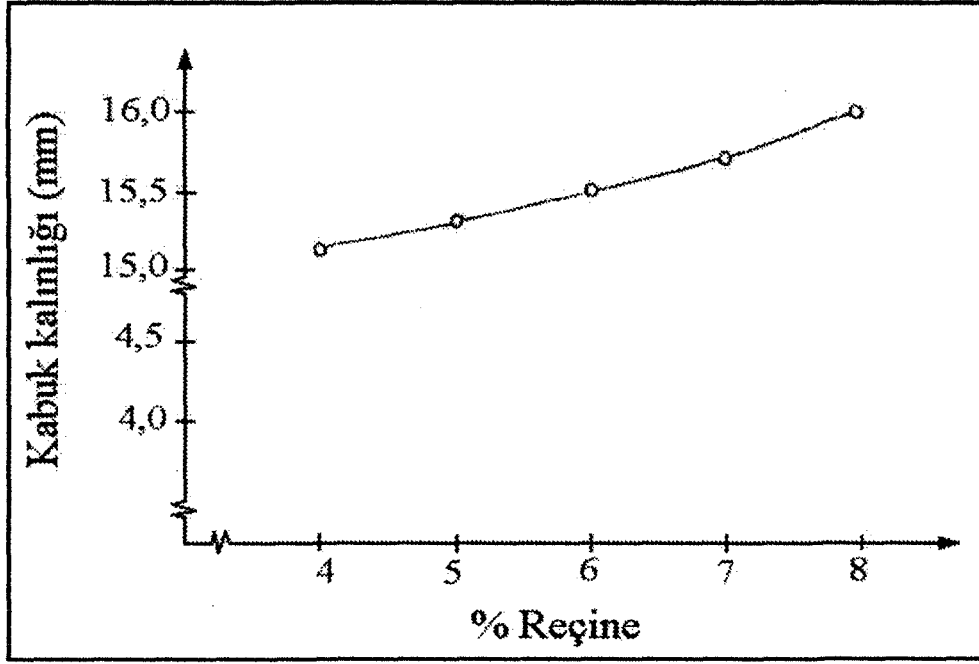
Örneğin dökme demirden yapılmış bir model, alüminyumdan yapılmış bir modelden daha yüksek ısı kapasitesine sahiptir. Bu nedenle dökme demir modeller üzerinde oluşturulan kabuğun belli bir mesafesindeki sıcaklık, alüminyum modellere nazaran daha yüksektir. Dolayısıyla daha kalın kabuklar oluşabilmektedir (Kefeli,1989).

4.1.4 Reçine Miktarının Kabuk Kalınlığına Etkisi

Reçine miktarının az veya çok olması kabuk kalınlığına mutlak bir etkisi olmaktadır. Araştırmacılar kabuk kalıp karışımını meydana getiren ve reçinenin dışındaki bütün bileşenleri sabit tutarak reçine miktarını arttırarak kabuklar oluşturmuşlardır. Bu işlemler sonucunda görülmüştür ki reçine miktarı arttıkça kabuk kalınlığı artmaktadır (Kefeli,1989).

Reçine miktarının artması ile kaplanmış kumun yapışma noktası artan bir hızla azaldığından, kabuk kalınlığı artan bir hızla artmaktadır.

Reçine miktarının kabuk kalınlığına etkisinin incelendiği bir araştırma Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Bu çalışmada reçinenin %12'si heksametilentetramin ve %3'ü kalsiyum stearat ilavesi her reçine oranı için sabit tutularak, 55°C'deki kuma gerekli ilaveler yapılarak bir dakika süre ile karıştırıldıktan sonra, karışıma iki dakika süre ile 140°C sıcaklıktaki hava üflenerek reçine kaplanmış kum hazırlanmış ve %4 ila %8 arasında reçine ilavesinin kabuk kalıp özelliklerine etkisi incelenmiştir (Ergin,1986).



Şekil 4.4 Kabuk kalınlığının reçine miktarı ile değişimi (Ergin,1986)

Reçine miktarı %4 iken kabuk kalınlığı 15.2 mm olduğu halde reçine miktarı %8'e çıkarıldığında kabuk kalınlığı 16.05 mm olmuştur (Şekil 4.4) (Ergin,1986).

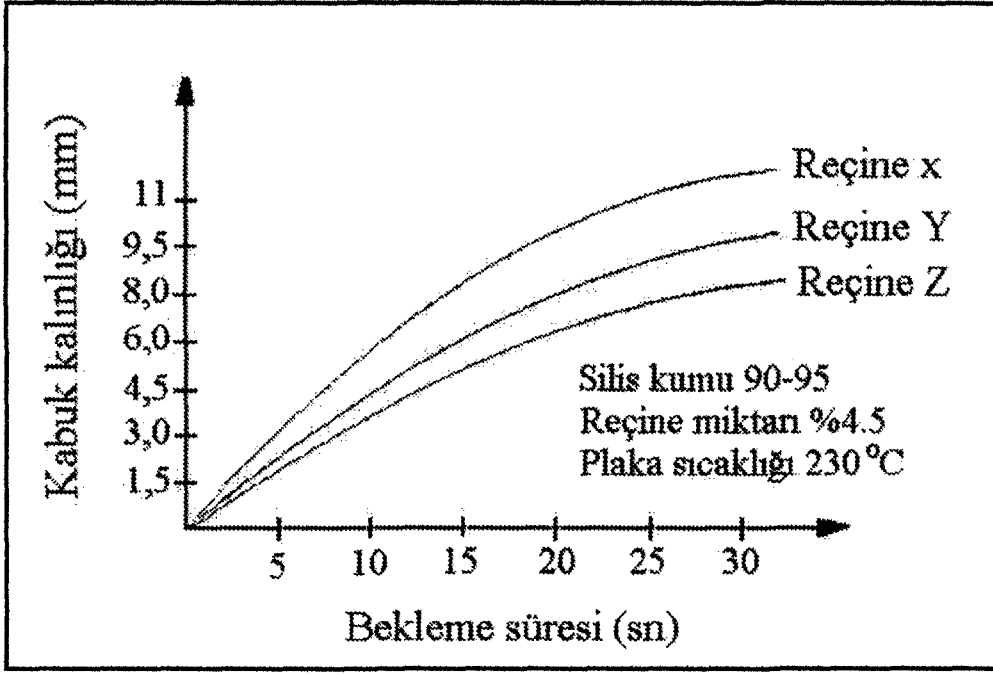
Bu araştırma da gösteriyor ki bir kabuk malzemesi bileşimindeki reçine miktarı arttıkça kabuk kalınlığı belirli bir hızda artmaktadır.

4.1.5 Reçine Cinsinin Kabuk Kalınlığına Etkisi

Kabuk kalıpta kullanılan reçineler akıcılıklarına göre, kısa akışlı reçineler, orta akışlı reçineler ve uzun akışlı reçineler olmak üzere 3 şekilde sınıflandırılmaktadırlar.

Bu akış özelliklerine bağlı olarak kabuk kalınlığı etkilenmektedir. Kısa akışlı reçineler kum tanelerini iyice bağlamadan katılaşırlar ve tam bir bağlayıcı görevi yapamamaktadır. Uzun akışlı reçineler ise kum tanelerini iyi bir şekilde bağlayarak daha iyi bir kabuk oluştururlar. Ancak kabuk kalıp ve maçalarda pullanma meydana getirebilmekte ve kabuk kalınlığı fazla artmamaktadır.

Aynı kum, aynı reçine miktarı ve aynı model sıcaklığı için yapılan bir çalışmada kısa akışlı reçinede eşit temas süresi için daha kalın kabuklar elde edilmiştir.(Şekil 4.5) Yani uzun akışlı reçinelerle daha ince ve daha iyi bir kabuk elde edilirken, kısa akışlı reçineler için daha kalın ve daha zayıf kabuklar elde edilebilmektedir. Ancak orta akışlı reçinelerle orta kalınlıkta ve kuvvetli kabuklar elde edilebilmektedir (Kefeli,1989).



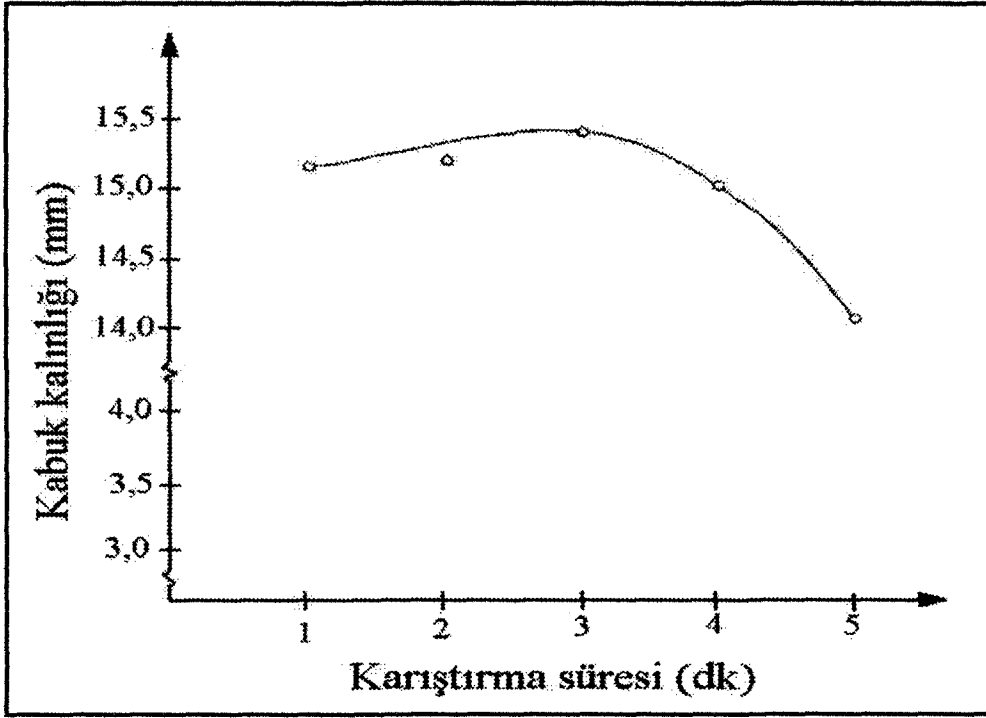
Şekil 4.5 Reçine cinsinin kabuk kalınlığına etkisi (Kefeli,1989)

4.1.6 Karıştırma Süresinin Kabuk Kalınlığına Etkisi

Reçine kaplanmış kumun hazırlanmasında kullanılan kum ve hava sıcaklığının yanısıra, reçine ile hekzametilentetraminin reaksiyona girdiği süre olan karıştırma süresi de kabuk kalıp özelliklerini etkilemektedir (Ergin,1986).

Karıştırma süresi kumun yapışma noktasını etkilemektedir. Karıştırma süresi belli bir değere kadar arttıkça yapışma noktası bir miktar düşmekte fakat karıştırma süresi daha uzun olursa yapışma noktası da artmaktadır. Yapışma noktasının artması veya düşmesi de oluşturulacak kabuğun kalınlığının ince veya kalın olmasına neden olmaktadır. Kum tanelerinin etrafındaki reçine filminin çok uzun süre karıştırma ile aşınması ve reçinenin kopmasından dolayı da kabuk kalınlığı hızla düşer.

Karıştırma süresinin kabuk kalınlığına etkisinin incelendiği bir araştırma Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Optimum kum sıcaklığı 55 °C ve hava sıcaklığı 140 °C seçilerek; bu şartlarda karıştırma süresi bir dakikadan 5 dakikaya değiştirilerek çeşitli kabuk kalınlıkları bulunmuştur (Ergin,1986).



Şekil 4.6 Kariştırma süresinin kabuğun kalınlığına ve kabuğun kendiliğinden kürlenmiş kısmının kalınlığına etkisi (Ergin,1986)

Yukarıdaki çalışmada kariştırma süresi 3 dakikaya kadar arttırıldığında kabuk kalınlığının 15.5 mm'ye, kariştırmaya devam edildiği takdirde 5 dakika kariştırma süresinde kabuk kalınlığının 14.15 mm'ye düştüğü görülmektedir (Ergin,1986).

Kariştırma süresinin 3 dakikaya kadar arttırılması ile kabuk kalınlığı çok az artarken, kariştırma süresinin daha fazla artması ile bu özelliklerin hızla azaldığı görülmektedir (Şekil 4.6).

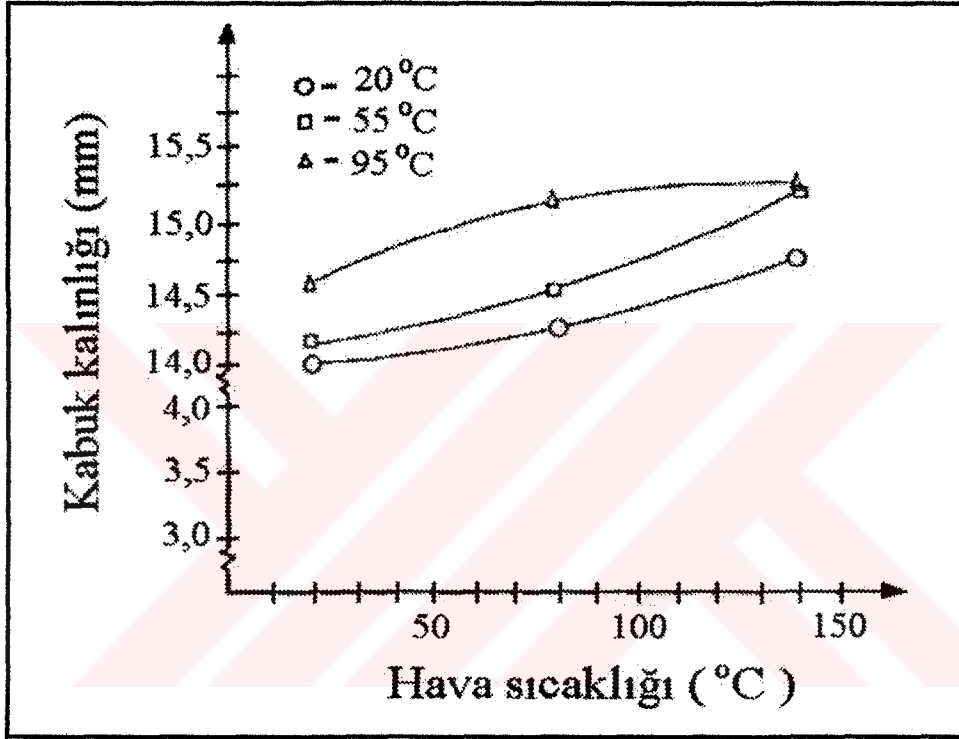
4.1.7 Kum ve Hava Sıcaklığının Kabuk Kalınlığına Etkisi

Kabuk kalıp yönteminde kabuk oluşturulmadan önce saf silis kumu reçine ile kaplanır. Kaplama yöntemleri soğuk, ılık ve sıcak olarak yapılır. Soğuk kaplamada bütün şartlar ortam sıcaklığında oluşturulmakta, ılık kaplamada kum ve hava belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılmakta, sıcak kaplamada ise kum ve havanın ılık kaplamadan daha yüksek bir sıcaklığa ısıtılmakta olduğu daha önceki bölümlerde açıklanmıştı. Yukarıda da bahsedilen kaplama yöntemleri ile elde edilen kaplanmış kumla kabuk oluşturulurken elde edilecek kabuğun kalınlığı da değişmektedir (Kefeli,1989).

Kum sıcaklığı ve karışım üflenen hava sıcaklığı yükseldikçe kabuk kalınlığı da belli bir oranda artmaktadır. Bunun sebebini şöyle açıklayabiliriz ; Kum ve hava sıcaklığının artmasıyla reçinenin yapışma noktası azaldığı için , belli bir sürede sıcak model üzerindeki

kum içerisinde daha düşük sıcaklığa erişen mesafelerde de kabuk oluştuğundan kabuk kalınlığı artmaktadır.

Kabuk kalınlığının reçine kaplanmış kumun hazırlanmasında kullanılan kum ve hava sıcaklığı ile değişiminin incelendiği bir araştırma Şekil 4.7.'de gösterilmiştir. Bu çalışmada %4 novalak reçine, reçinenin %12'si hekzametilentetramin ve % 3'ü kalisyum stearat içeren kum karışımı esas alınmış ve reçine ilavesinden sonra bir dakika karıştırma ve iki dakika hava üfleme süresi sabit tutularak kum ve hava sıcaklığının etkisi incelenmiştir (Ergin,1986).



Şekil 4.7 Kabuk kalınlığının değişik kum sıcaklıkları için hava sıcaklığı ile değişimi (Ergin,1986)

Karışıma üflenen hava sıcaklığı 20°C' den 140°C' ye artarken kullanılan kum sıcaklığına bağlı olarak 220°C' de bir dakika sabit kabuk oluşturma şartında elde edilen kabuk kalınlığının 20°C kum sıcaklığında 14.2 mm 'den 14.8 mm' ye, 95°C kum sıcaklığında 14.6 mm' den 15.2 mm' ye arttığı görülmektedir.

Karıştırıcıya yüklenen kum sıcaklığı 20°C'den 95°C'ye artarken 20°C hava sıcaklığında kabuk kalınlığının 14.2 mm'den 14.65 mm'ye ve 140°C hava sıcaklığında kabuk kalınlığının 14.8 mm'den 15.2 mm'ye arttığı bulunmuştur (Ergin,1986).

İncelenen bu çalışmada da görüldüğü gibi kum ve karışıma üflenen havanın sıcaklığı arttıkça, reçinenin yapışma noktası azaldığı için elde edilen kabuğun kalınlığı da artmaktadır.

4.2 Kabuk Kalıp Mukavemetine Etki Eden Faktörler

Kabuk kalıbın kalınlığı kadar kabuğun mukavemeti de önemlidir. Döküm parçasının kusursuz olarak elde edilebilmesi için kabuğun sıcak mukavemetinin, soğuk mukavemetinin ve sıcaklığa dayanımının yüksek olması istenir.

Kabuk kalıp mukavemetine birçok faktör etki etmektedir. Bu faktörlerin incelenmesi döküm yönteminin verimliliği açısından oldukça önemlidir.

4.2.1 Kum ve Hava Sıcaklığının Kabuk Mukavemetine Etkisi

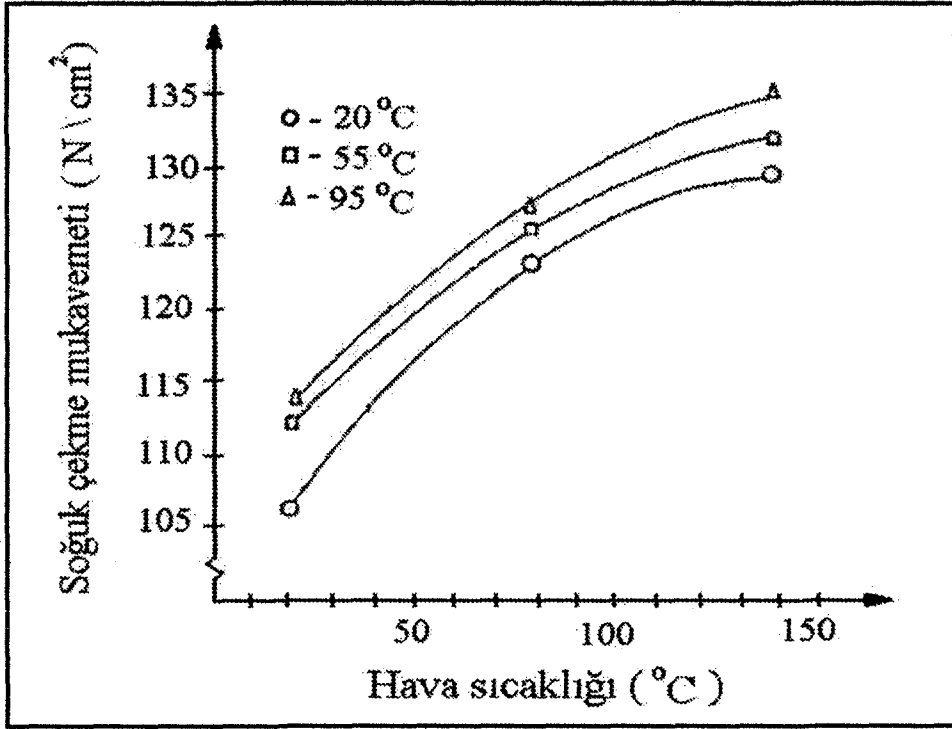
Kabuk kalıp yönteminde kullanılan reçine kaplanmış kumun hazırlanması esnasında kullanılan kum ve hava sıcaklığının kaplanmış kumun diğer özelliklerine etkisinin yanında kabuğun mukavemet özelliklerini de etkilemektedir.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki kum ve hava sıcaklığı arttıkça kabuğun çekme mukavemeti artmaktadır. Çünkü hava sıcaklığının artmasıyla karışıma ilave edilen çözücünün daha kolay buharlaştırılması sağlanmakta ve böylece reçinenin kum tanelerinin etrafını daha kolay sarmasına neden olmakta ve böylece de mukavemet değerleri artmaktadır. Ancak bunlara rağmen aşırı kum ve hava sıcaklığı reçinenin bağlayıcılık özelliklerini azalttığından mukavemet değerleri azalabilmektedir (Kefeli,1989).

Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin değişik kum sıcaklıkları için hava sıcaklığı ile değişiminin incelendiği bir araştırma Şekil 4.8’de gösterilmiştir (Ergin,1986).

İncelenen bu çalışmada kum sıcaklığının yaklaşık 95°C’ ye kadar artmasıyla kabuğun soğuk çekme mukavemetinin arttığı görülmüştür. 140°C hava üfleme sıcaklığında kum sıcaklığının 95°C’ den 115°C’ ye artırılması ile kabuk mukavemetinin azaldığı görülmüştür. Hava sıcaklığının artmasıyla kabuğun soğuk çekme mukavemetinin arttığı bulunmuştur (Ergin,1986).

Çalışılan yüksek sıcaklıklar reçine esaslı malzemelerin aşırı kaybına neden olduğundan, ılık kaplama yönteminde 95°C’ den yüksek kum sıcaklıkları kullanılmasının kabuğun çekme mukavemetini azalttığı bulunmuştur (Barutçu,2003).



Şekil 4.8 Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin değişik kum sıcaklıkları için hava sıcaklığı ile değişimi (Ergin,1986)

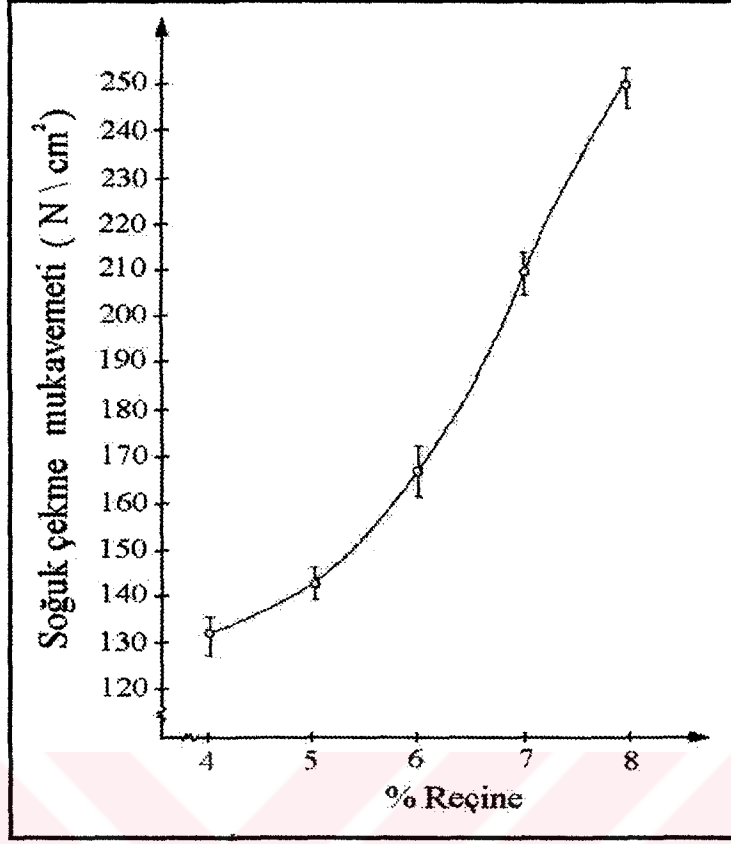
4.2.2 Reçine Miktarının Kabuk Mukavemetine Etkisi

Kabuk kalıp yönteminde bağlayıcı olarak kullanılan reçinenin miktarının ve cinsinin kabuğun mukavemet özelliklerine önemli bir etkisi vardır. Özellikle reçine miktarının kabuğun mukavemet özelliklerine etkisi önemli olduğu için bu konuda birçok araştırmacı çeşitli çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar sonucunda reçine miktarının kabuğun çekme mukavemetini arttırdığı görülmüştür.

Reçine miktarı arttıkça kabuğun çekme mukavemetinin artmasının nedeni şu şekilde açıklanabilir. Reçine miktarı arttıkça, reçinenin bağlayıcılık özelliğinden dolayı kum taneleri birbirine daha sıkı bağlanır ve böylece çekme mukavemeti artar.

Genellikle kabuk kalıp yönteminde %2-10 arasında reçine kullanılmaktadır. Fakat ağır parçaların ve ergime sıcaklığı yüksek olan malzemelerin dökümünde reçine miktarı artırılmaktadır. Reçine miktarı %4'den %10'a doğru yükseldikçe, yeni reçine miktarında %100 gibi bir artış yapıldığı zaman çekme mukavemetinde de %100'e yakın bir artış olabilmektedir (Kefeli,1989).

Kabuk kalıbın soğuk çekme mukavemetinin reçine miktarı ile değişiminin incelendiği bir araştırma Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Karışımdaki reçine miktarı %4'ten %8'e arttıkça kabuğun soğuk çekme mukavemetinin 132 N/cm^2 'den 249 N/cm^2 'ye arttığı tespit edilmiştir (Ergin,1986).



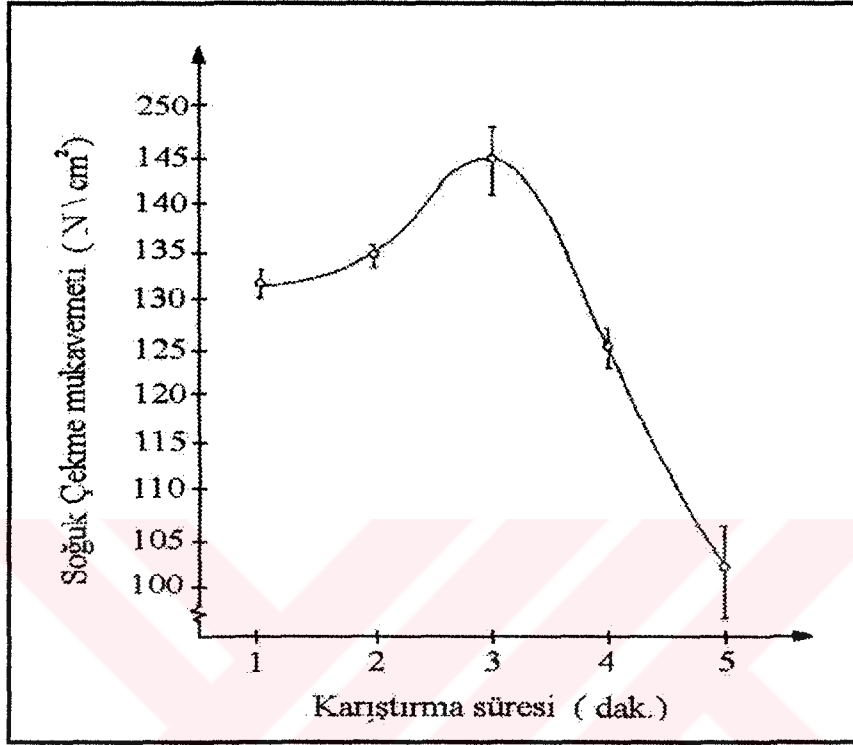
Şekil 4.9 Kabuk kalıbın soğuk çekme mukavemetinin reçine miktarı ile değişimi (Ergin,1986) Reçinelerin akıcılığı da kalıbın mukavemet özelliklerine etkisi olmaktadır. Kısa akışlı reçineler kum tanelerini iyice birbirine bağlamadan katılaştıklarından tam bir bağlayıcı görevi yapamamaktadırlar ve bu nedenle de kabuğun mukavemet değerleri düşük olmaktadır. Orta akışkanlıktaki reçineler ise kabuk kalıpta en yaygın kullanılan reçinelerdir. Ancak mukavemet değerleri fazla olmamaktadır. Mukavemet yönünden en iyi neticeleri uzun akışlı reçineler sağlamaktadır. Uzun akışlı reçinelerle yapılan kabukların mukavemet değerleri yüksek olmaktadır. Tek bir kötü etkisi vardır, o da kabuk kalıp ve maçalarda pullanma etkisi yapmasıdır (Kefeli,1989).

4.2.3 Karıştırma Süresinin Kabuk Mukavemetine Etkisi

Reçine ile heksametilentetramin arasındaki reaksiyonun tamamlanabilmesi için 3 dakika gerektiğinden karıştırma süresinin 3 dakikaya kadar arttırılması ile çekme mukavemetinin arttığı yapılan çalışmalarda görülmüştür. 3 dakikadan daha uzun süren karıştırma sürelerinde kum tanelerinin etrafını saran reçine filminin aşınmasından dolayı kabuğun çekme mukavemeti azalmaktadır (Barutçu,2003).

Karıştırma süresinin soğuk çekme mukavemetine etkisinin incelendiği bir araştırma Şekil 4.10'da gösterilmiştir (Ergin,1986).

Bu çalışmada karıştırma süresi üç dakikaya kadar arttırıldığında soğuk çekme mukavemetinin 132 N/cm^2 'den 145 N/cm^2 'ye arttığı ve karıştırmaya daha fazla devam edildiği takdirde beş dakika karıştırma süresinde soğuk çekme mukavemetinin 102 N/cm^2 'ye düştüğü bulunmuştur (Ergin,1986).



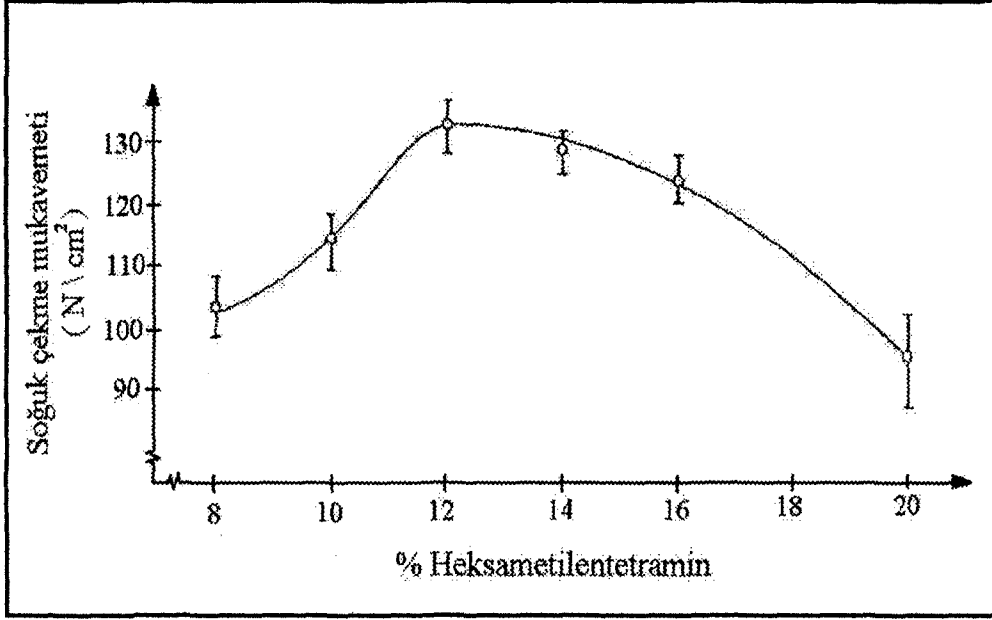
Şekil 4.10 Karıştırma süresinin soğuk çekme mukavemetine etkisi (Ergin,1986)

4.2.4 Hekzametilentetramin Miktarının Kabuk Mukavemetine Etkisi

Kabuk kalıpta hekzametilentetramin miktarının kabuğun soğuk çekme mukavemeti, soğuk kesme mukavemeti ve sıcak kesme mukavemeti üzerine etkisi olmaktadır.

Kum reçine karışımına, karışıma katılan reçinenin %8 ile %20'si arasında hekzametilentetramin katılabilmektedir. Karışımdaki hekzametilentetramin miktarı belli bir değere kadar kabuğun soğuk çekme mukavemetini arttırmakta belirli bir değerden sonra düşürmektedir (Kefeli,1989).

Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin hekzametilentetramin miktarıyla değişiminin incelendiği bir çalışma Şekil 4.11.'de gösterilmiştir. Bu çalışmada % 4 reçine ve reçinenin % 3'ü kalsiyum stearat ilavesi sabit tutularak reçinenin %8 ile %20'si arasında hekzametilentetramin ilavesinin kabuğun mukavemet özelliklerine etkisi incelenmiştir (Ergin,1986).



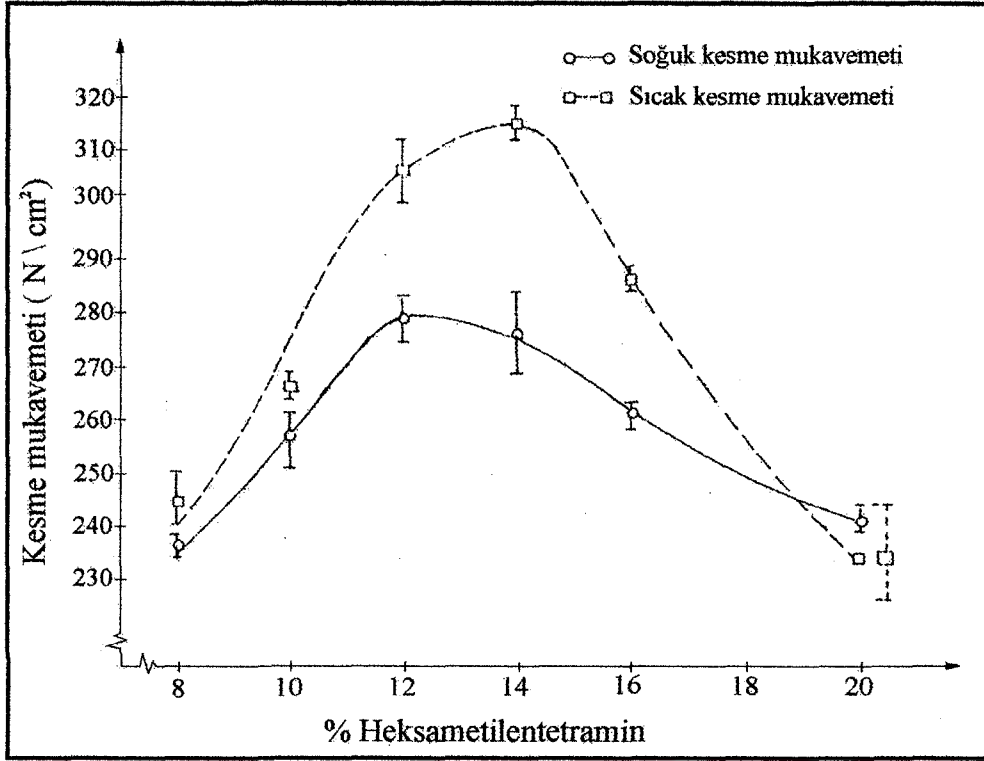
Şekil 4.11 Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin heksametilentetramin miktarıyla değişimi (Ergin,1986)

Bu çalışmada karışımdaki heksametilentetramin oranının %12'ye kadar artmasıyla kabuğun çekme mukavemetinin 103 N/cm^2 'den 132 N/cm^2 'ye arttığı; %12'den fazla heksametilentetramin ilavesinde ise soğuk çekme mukavemetinin düştüğü görülmektedir (Ergin,1986).

Bunun sebebini açıklayacak olursak reçinenin moleküler yapısında eksik olan formaldehit karışıma heksametilentetramin ilave edilerek tamamlanıp fenol/formaldehit oranı bire yaklaştırıldığından ; karışımdaki heksametilentetramin miktarının reçinenin %12'sine kadar artmasıyla kabuğun çekme mukavemeti hafifçe artmıştır. Fenol/formaldehit oranının birin üzerine çıkması serbest formaldehit miktarını arttırdığından; heksametilentetramin miktarının %12'nin üzerinde artırılması kırılabilirliği artırarak kabuğun çekme ve kesme mukavemetini önce yavaşça, sonra hızla azalmıştır. Heksametilentetramin miktarı %12'nin üzerine çıktığında kabukta kırılabilirlik yaptığından mukavemet değerleri düşmektedir

Karışımdaki heksametilentetramin miktarının %12'ye kadar artması ile soğuk kesme mukavemeti artmakta ve sonradan tekrar düşmektedir. Ancak sıcak kesme mukavemeti heksametilentetramin miktarı ile %14'e kadar artmaktadır. Bu değeri geçtikten sonra hızla azalmaktadır.

Kabuk kalıbın soğuk ve sıcak kesme mukavemetinin heksametilentetramin miktarıyla değişiminin incelendiği bir çalışma Şekil 4.12'de gösterilmiştir (Ergin,1986).



Şekil 4.12 Kabuk kalıbın soğuk ve sıcak kesme mukavemetinin heksametilentetramin miktarıyla değişimi (Ergin,1986)

Bu çalışmada karışımdaki heksametilentetramin miktarının %12'ye kadar artmasıyla kabuğun soğuk kesme mukavemetinin 237 N/cm^2 'den 279 N/cm^2 'ye arttığı ve sonra azaldığı görülmektedir. Yaklaşık %19 heksametilentetramin oranına kadar kabuğun sıcak kesme mukavemeti daima soğuk kesme mukavemetinden daha yüksek olmaktadır. Sıcak kesme mukavemetinin heksametilentetramin miktarının %14'e kadar artması ile 245 N/cm^2 'den 315 N/cm^2 'ye arttığı; daha fazla heksametilentetramin kullanılması ile sıcak kesme mukavemetinin hızla azaldığı bulunmuştur (Ergin,1986).

Sıcak çekme mukavemetini arttırmak, kütleme zaman ve sıcaklığını azaltmak için hegza reçine katılarının % 20'sinden fazla olmalıdır. Fakat bu oranda hegza kullanılması soğuk mukavemetin biraz azalmasına, kırılabilirlik ve termal çatlama riskinin artmasına neden olmaktadır (Ergin,1981).

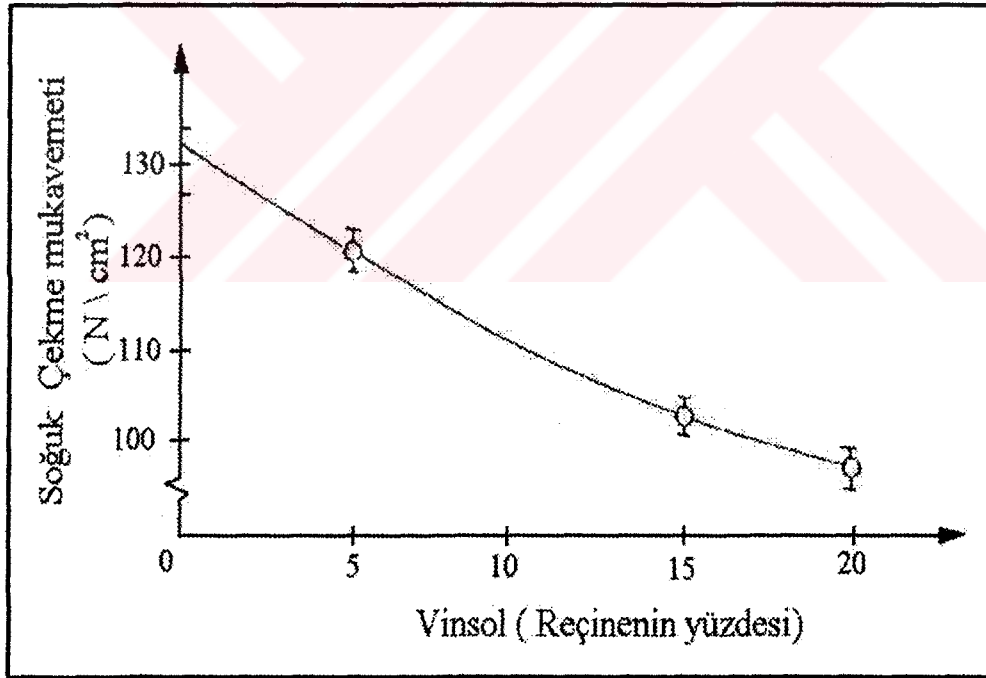
4.2.5 Katkı Maddelerinin Kabuk Mukavemetine Etkisi

Kabuk kalıp karışımına çeşitli amaçlar için birçok ilave maddeler katılmaktadır. Reçine, heksametilentetramin ve yağlayıcı miktarı sabit tutularak çeşitli ilave maddelerin kabuğun mukavemet özelliklerine etkisi birçok araştırmacı tarafından incelemeye tabi tutulmuş ve etkileri görülmüştür.

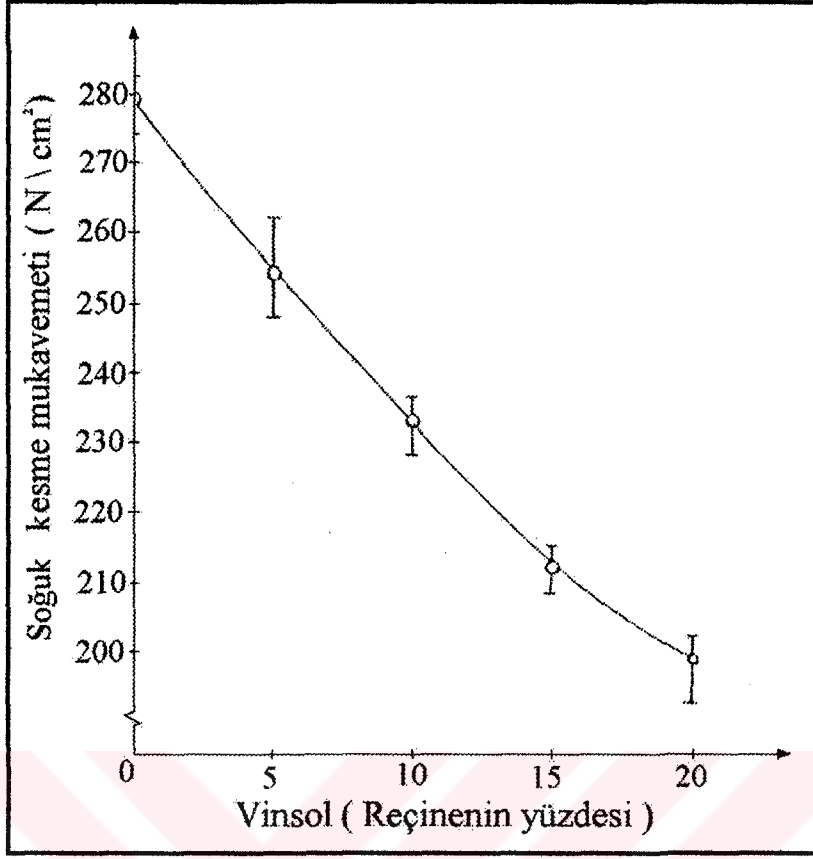
Kabuğun soğuk çekme ve kesme mukavemeti kabuk kalıp karışımlarında vinsol ve hadde tufali kullanılması ile azalmış; hematit konsantresi kullanılması ile kumun %2'si miktarına kadar bu özellikler artmış ve daha sonra azalmıştır.

Vinsol miktarı arttıkça kabuğun çekme mukavemeti azalmaktadır. Yani belirli bir vinsol miktarı kullanıldığında, örneğin reçine miktarının %8 ile %12'si arasındaki değerlerde ısıl çatlama azalmaktadır. Dolayısıyla da mukavemet değeri iyileşmektedir. Ancak %12'nin üzerine çıkıldığında ısıl çatlamadan dolayı soğuk ve sıcak çekme mukavemeti azalmaktadır (Kefeli,1989).

İncelenen bu çalışmada kumun %4'ü reçine, reçinenin %12'si hekzametilentetramin ve %3'ü kalsiyum stearat oranları sabit tutularak reçinenin %5 ila %20'si arasında vinsol ilave edilerek mukavemet değerleri bulunmuştur. Karışıma katılan vinsol miktarının reçinenin %20'sine kadar artırılmasının kabuğun soğuk çekme mukavemetini 132 N/cm^2 'den 98 N/cm^2 'ye; soğuk kesme mukavemetini ise 279 N/cm^2 'den 199 N/cm^2 'ye düşürdüğü bulunmuştur (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14) (Ergin,1986).

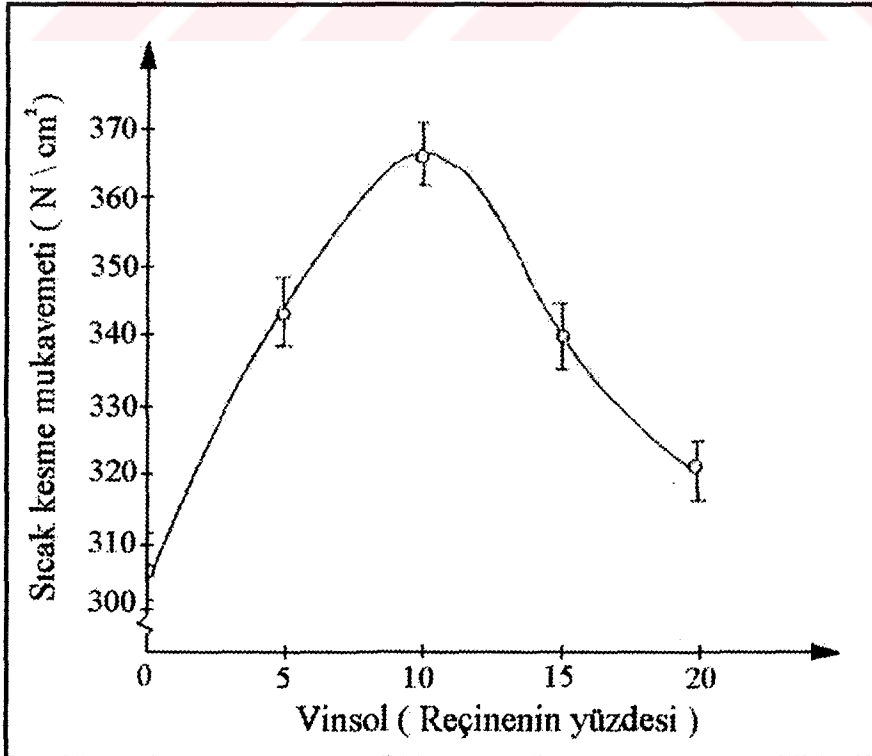


Şekil 4.13 Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin vinsol ilavesi ile değişimi (Ergin,1986)



Şekil 4.14 Kabuğun soğuk kesme mukavemetinin vinsol ilavesi ile değişimi (Ergin,1986)

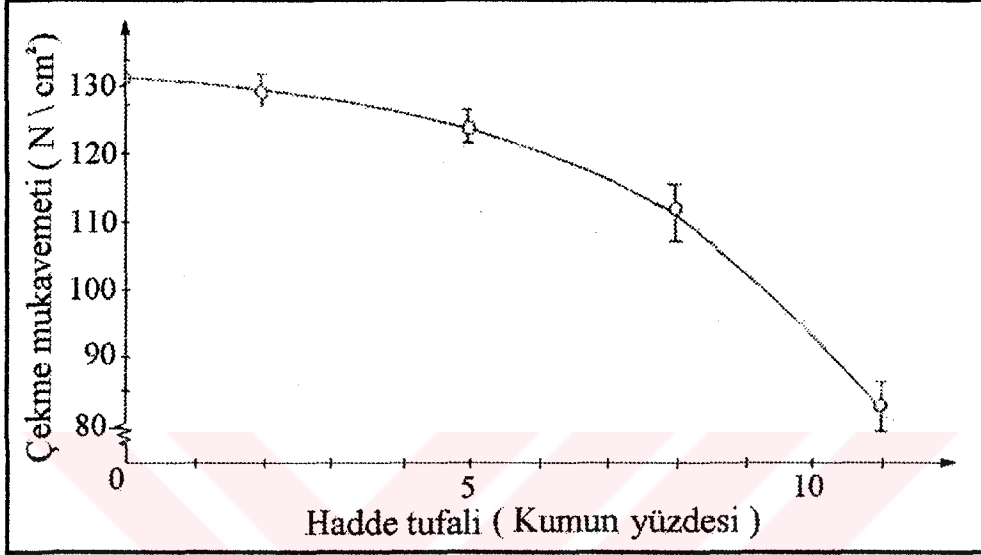
Kabuğun sıcak kesme mukavemetinin vinsol ilavesi ile değişiminin incelendiği bir çalışma Şekil 4.15'de gösterilmiştir (Ergin,1986).



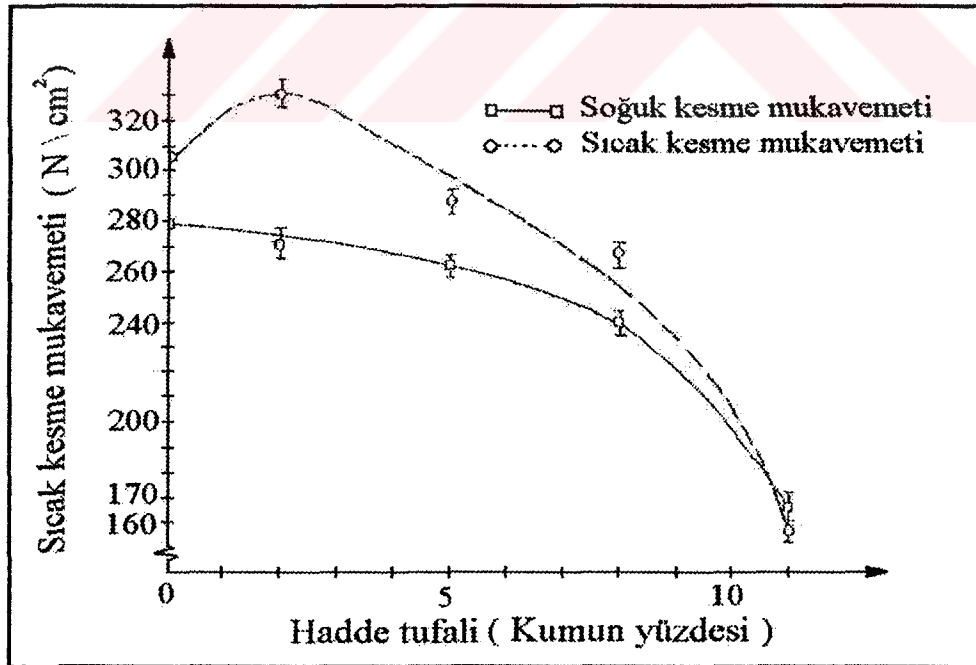
Şekil 4.15 Kabuğun sıcak kesme mukavemetinin vinsol ilavesi ile değişimi (Ergin,1986)

Burada vinsol miktarının reçinenin %10'una kadar artırılmasıyla sıcak kesme mukavemetinin 306 N/cm^2 'den 371 N/cm^2 'ye arttığı ve vinsol miktarının daha fazla artırılmasının kabuğun sıcak kesme mukavemetini azalttığı gözlenmiştir (Ergin,1986).

Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin, soğuk ve sıcak kesme mukavemetinin hadde tufali ilavesi ile değişiminin incelendiği bir çalışma Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.16 Kabuğun soğuk çekme mukavemetinin hadde tufali ilavesi ile değişimi (Ergin,1986)



Şekil 4.17 Kabuğun soğuk ve sıcak kesme mukavemetinin hadde tufali ilavesi ile değişimi (Ergin,1986)

Hadde tufalinin miktarı arttıkça soğuk çekme ve kesme mukavemetinde parabolik olarak önce yavaş, sonra hızlı bir düşme gözlenmiştir. Bu çalışmada, kumun %11'i hadde tufali

ilavesinde kabuğun çekme mukavemetinin 132 N/cm^2 'den 83 N/cm^2 'ye, kesme mukavemetinin ise 279 N/cm^2 'den 170 N/cm^2 'ye düştüğü görülmektedir (Ergin,1986).

Sıcak kesme mukavemetinin hadde tufali ilavesinin %2'ye kadar artmasıyla önce 331 değerine yükseldiği; daha fazla hadde tufali ilavesinde ise sıcak mukavemetin azalarak %11 hadde tufali ilavesinde 160 N/cm^2 değerine düştüğü görülmektedir (Ergin,1986).

Hematit cevheri konsantresinin kabuğun soğuk çekme mukavemetini belli bir orana kadar yükselttiği ancak daha fazla hematit konsantresi kullanılmasının çekme mukavemetini düşürdüğü görülmüştür. Soğuk kesme mukavemeti de aynı şekilde değişmektedir.

Karışma demir oksit ilavesiyle kumun sinterleme noktası yükselmektedir. Reçine miktarının %2'si kadar demir oksit katılmasıyla sıcak mukavemet artmakta, sıcak çatlama hassasiyeti azalmaktadır. Ancak %2'den sonra sıcak çekme mukavemeti düşmektedir. Buna karşılık demir oksit miktarı soğuk çekme ve soğuk kesme mukavemetini arttırmakta yani karışma demir oksit ilave edildikçe mukavemet değeri azalmaktadır (Kefeli,1989).

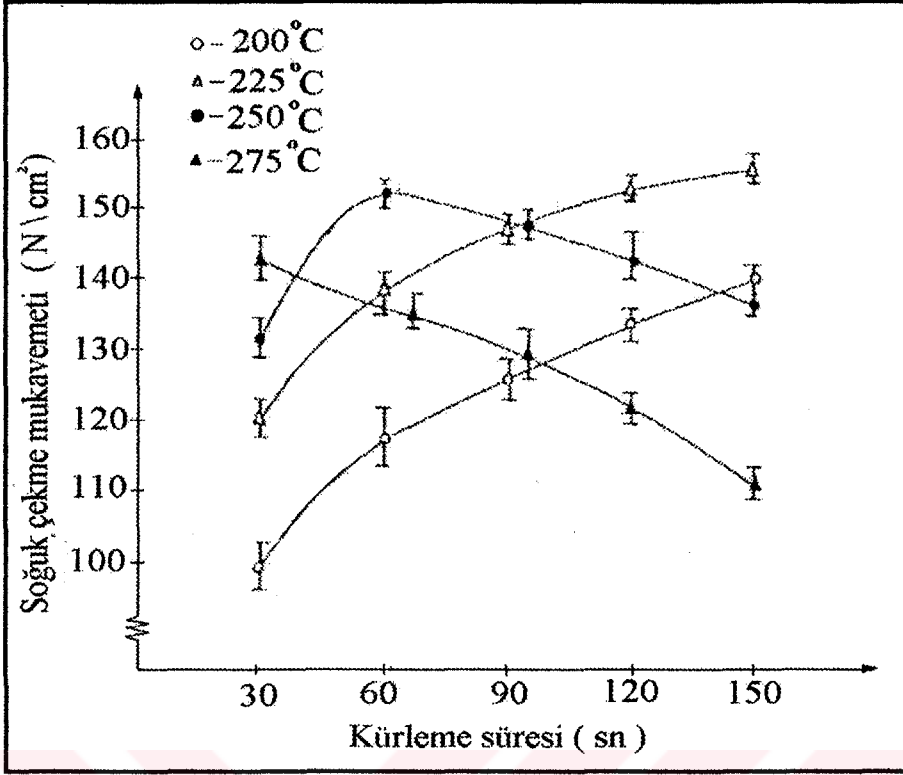
4.2.6 Kürleme Sıcaklık ve Süresinin Kabuk Mukavemetine Etkisi

Kabuk kalıp yapımında, kabuk yapıldığında modelden sıyrılmadan önce model ile birlikte bir fırında kürlenerek kabuk içindeki sıcaklık gradyanının kaldırılması ve kabuğun kalınlığı boyunca her yerinin aynı mukavemete getirilmesi gereklidir. Bu nedenle kürleme sıcaklık ve süresi kabuk kalıbın soğuk mukavemetini etkilemektedir (Barutçu,2003).

$55 \text{ }^\circ\text{C}$ kum sıcaklığı ve $140 \text{ }^\circ\text{C}$ hava üfleme sıcaklığı, reçinenin %12'si oranında hekzametilentetramin ve %3'ü kalsiyum stearat miktarları sabit tutulup %4 reçine kullanılarak hazırlanan kaplanmış kum ile yapılan kabuk kalıbın çekme mukavemetinin çeşitli kürleme sıcaklıklarında kürleme süresi ile değişimi Şekil 4.18'de gösterilmiştir (Ergin,1986).

Yapılan bu çalışmada %4 reçine ilavesinde kürleme süresinin 30 saniyeden 150 saniyeye artması ile kabuk kalıbın çekme mukavemetinin 200°C kürleme sıcaklığında 99 N/cm^2 'den 140 N/cm^2 'ye ; 225°C kürleme sıcaklığında 121 N/cm^2 'den 156 N/cm^2 'ye arttığı ve 275°C kürleme sıcaklığında ise 143 N/cm^2 'den 112 N/cm^2 'ye azaldığı bulunmuştur. 250°C kürleme sıcaklığında kürleme süresinin 60 saniyeye artmasıyla çekme mukavemetinin 132 N/cm^2 'den 152 N/cm^2 'ye arttığı ve kürleme süresinin 150 saniyeye kadar arttırılması ile 137 N/cm^2 'ye azaldığı gözlenmiştir (Ergin,1986).

Kabuk kalıpların mukavemeti genellikle düşük sıcaklıklarda kürleme süresi ile artmakta, yüksek sıcaklıklarda ise kürleme süresi ile azalmaktadır.



Şekil 4.18 %4 reçine içeren kaplanmış kum ile yapılan kabuk kalıbın çekme mukavemetinin çeşitli kürleme sıcaklıklarında kürleme süresi ile değişimi (Ergin,1986)

4.2.7 Yağlayıcı Miktarının Kabuk Mukavemetine Etkisi

Kabuk kalıp yönteminde kullanılan kum-reçine karışımına çeşitli yağlayıcılar karıştırılır. Yağlayıcılar reçine ağırlığının yaklaşık %6'sı kadar karışıma ilave edilerek kumun modelden kolay sıyırılmasını ve akıcılığını geliştirmek için katılır.

Yağlayıcılar kum taneleri arasında sürtünmeyi azaltarak daha sıkı bir şekilde modelin üzerine yığılmakta ve daha yüksek yoğunluk kazanmasından dolayı kabuğun mukavemetini arttırmaktadır. Yağlayıcı miktarı arttıkça kabuğun çekme mukavemeti hızla artmaktadır.

Ancak yağlayıcı miktarının hızla artması özellikle %5'in üzerine çıkılmaya başladığında kum tanelerinin bağlanması zorlaştığından kabuğun çekme mukavemeti azalmaktadır (Kefeli,1989).

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Boyutsal hassasiyeti, yüzey düzgünlüğü gibi özelliklerinden dolayı döküm endüstrisinde geniş kullanım alanı bulan kabuk kalıp yönteminde, reçine miktarının, temas süresinin ve model sıcaklığının kabuk kalınlığı ve mukavemetine etkilerini araştırmak için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Sıcak kaplama yöntemi kullanılarak farklı reçine oranlarında kaplanmış kumlar hazırlanmıştır. Elde edilen kaplanmış kumlardan numuneler hazırlanarak yapışma noktası ve çekme deneyleri yapılmıştır. Farklı reçine oranlarında kapladığımız kumlardan çeşitli kalınlıklarda kabuklar oluşturulmuştur.

5.1 Deneyde Kullanılan Malzemeler

Kum: Çukurova Kimya Endüstri A.Ş'den temin edilen 66-72 AFS tane inceliğinde silis kumu kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan silis kumunun özellikleri:

Yanma kaybı	% 0,33 max.
Kil miktarı	% 0,3 max
Asit ihtiyacı	% 0,2ml. \pm 0,05ml. max
Rutubeti	% 10 max.

Silis kumunun kimyasal içeriği:

SiO ₂	%97-99
Fe ₂ O ₃	% 0,10-0,12
K ₂ O	% 0,10-0,20
NaO	% 0,15 max.
CaO	% 0,2 max.
MgO	% 0,2 max.
TiO ₂	% 0,3 max.
Al ₂ O ₃	%1,0-1,4

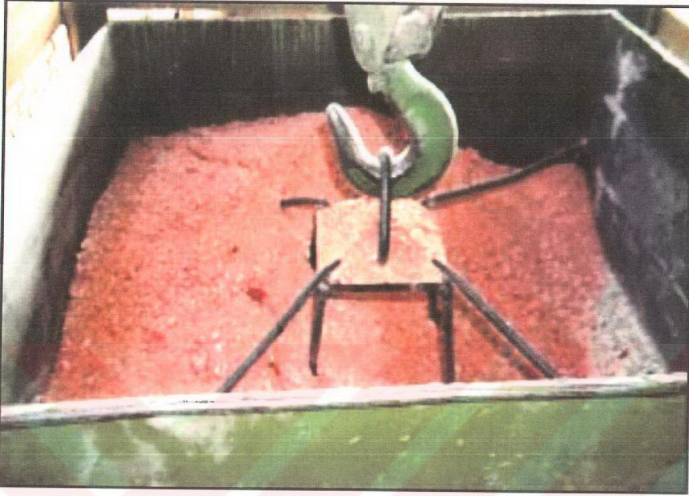
Reçine: Pastil halindeki katı novalak reçine kullanılmıştır.

Kullanılan reçinenin	150 °C'deki viskozitesi	2-7 poise
	100 °C'deki sakızlaşma zamanı	16-20 dak..

Erime noktası

54°C-62°C

Rengi açık sarı ve açık kahverengi arasındadır.



Şekil 5.1 Pastil halinde katı novalak reçine

İlaveler: Sertleştirici olarak heksametilentetramin, yağlayıcı olarak Ca-Stearat ve katalizör olarak su kullanılmıştır. İlave edilen çamur miktarı reçine miktarının %30-35'i kadardır.

Hekzametilentetramin ($\text{CH}_2)_6 \text{N}_4$: Deneylerde toz kristaller halinde kokusuz sarımsı beyaz renkte heksametilentetramin kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan heksametilentetraminin teknik özellikleri şu şekildedir:

Saflığı	% 98,7
Nem miktarı	% 1 max.
Yakma sonucu kalıntı miktarı	% 0,05 max.
Klorür miktarı	% 0,001 max.

Amonyum tuzları ve para formaldehit içermemektedir.

Kalsiyum stearat $\text{Ca} (\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{16} \text{COO})_2$: Deneylerde ince beyaz toz şeklinde olan kalsiyum stearat kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan kalsiyum stearatın teknik özellikleri şu şekildedir:

Kalsiyum miktarı	% 6,7± 0,1 max.
------------------	-----------------

Kül oranı	% 9,4 max.
Serbest asit miktarı	% 0,5 max.
Suda çözünen tuz miktarı	% 0,1 max.
Yoğunluğu	0,21 ± 0,01 g / cm ³
Nem miktarı	%3 max.

5.2 Deneylerde kullanılan cihazlar

Çeşitli reçine oranlarıyla kaplanan kumun sıcak mukavemetini ölçmek için sıcak mukavemet deney cihazı kullanılmıştır.

Soğuk çekme mukavemetini ölçmek için soğuk mukavemet deney cihazı kullanılmıştır.

Kaplanan kumun yapışma noktasını bulmak için de yapışma noktası tayin cihazı kullanılmıştır.

Çeşitli reçine oranlarıyla kaplanan kumdan farklı kalınlıklarda kabuklar elde etmek için de kabuk kalıplama makinası kullanılmıştır.

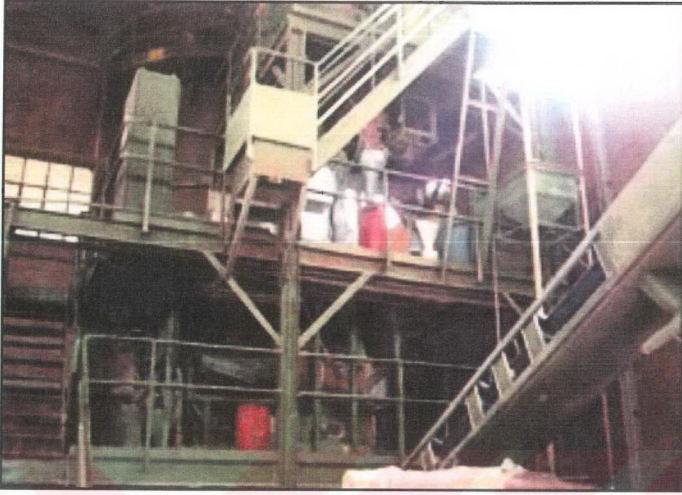
Elde edilen kabuk kalınlıklarını ölçmek için hassas kumpas kullanılmıştır.

5.3 Deneylerin Yapılışı

Kabuk kalıplama yönteminde kabuk kalınlığını, mukavemet değerlerini ve yapışma noktasını etkileyen faktörlerin incelenmesi için önce kum hazırlama ünitesinde kaplanmış kum hazırlanmış ve daha sonra deneyler yapılmıştır.

5.3.1 Reçine Kaplı Kumun Hazırlanma Aşamaları

Kumun reçine ile kaplanması için sıcak kaplama yöntemi kullanılmıştır. Kum hazırlama tesisinde farklı reçine oranlarında kaplanmış kumlar elde edilmiştir.



Şekil 5.2 Reçineli Kum Hazırlama Tesisi

Reçine kaplanmış kumun hazırlanma aşamaları şu şekildedir.

1. Nemli olan 66-72 AFS tane boyutundaki silis kumu önce kurutularak (110-130 °C) nem oranı düşürülür.
2. Nem oranı düşürülen kum 50 tonluk ana siloya elevatör yardımıyla doldurulur.
3. Ana silodaki kuru kum titreşimli elekte elendikten sonra 2. elevatör yardımıyla 3 tonluk siloya alınır.
4. 3 tonluk silodan her şarj için otomatik olarak alınan 85 kg. kum ısıtma haznesinde 120-135 °C'ye ısıtılır.
5. Kumun özelliğine göre 120-135 °C ısıtılan kum mikserde boşaltılır.
6. Aynı anda önceden tartılmış olan reçine karışır ve hamur kıvamına gelir.
7. Bu malzemeye çamur adı verilen Hekzamin + Ca-stearat + su karışımı ilave edilir.
8. Bir müddet (42 sn.) bu şekilde karıştıktan sonra mikserin kapısı açılır.
9. Mikserde hazırlanan kaplanmış kum kırıcı ve taşıyıcı helezonla titreşimli eleğe kadar taşınır.
10. Kalın ve ince eleklerden geçerek soğutma ünitesine alınır.
11. Soğutma ünitesi kumu ortam sıcaklığına düşürür.

12. Ortam sıcaklığına düşürülen reçine kaplanmış kum taşıyıcı bant ile siloya alınır.

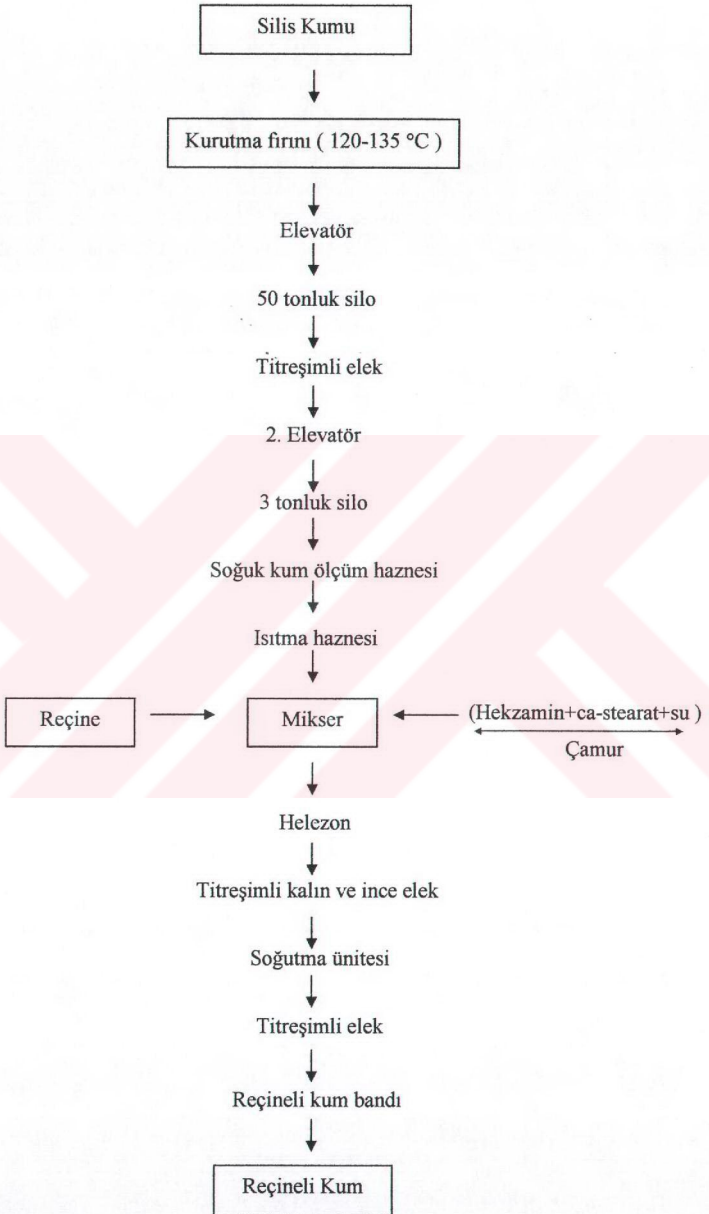
13. Siloya gelen reçine kaplanmış kum sepetlere alınarak kabuk kaplama ünitesinde kullanılmak üzere götürülür.

Reçine kaplanmış kum hazırlanırken hekzamin ve kalsiyum stearat sisteme direkt olarak verilmez. Önceden belirli miktarlarda su ile karıştırılarak sisteme çamur adı verilen karışım şeklinde verilir. İlave edilen çamur miktarı reçine miktarının % 30-35'i kadardır.

Hazırlanan çamur bileşimi: Hekzamin %35 + Ca-Stearat %10 + Su %55

Çizelge 5.1 Reçine kaplanmış kum hazırlanırken katılan reçine ve çamur miktarları

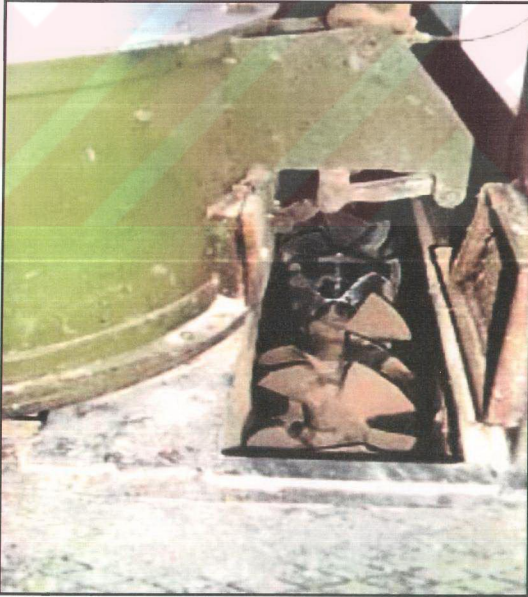
Reçine yüzdesi (%)	Reçine miktarı(gr)	Çamur miktarı(gr)
%3	2850	1050
%3,5	3325	1225
%4	3800	1400
%4,5	4275	1575
%5	4750	1750



Şekil 5.3 Reçineli kum imalatı iş akış şeması



Şekil 5.4 Sıcak kumun kimyasal malzemeler ile (reçine, heksamin ve kalsiyum stearat) karıştırıldığı mikser



Şekil 5.5 Mikserde hazırlanan kaplanmış kumu elek üzerine ileten helezon şeklindeki besleyici



Şekil 5.6 Ortam sıcaklığına soğutulmuş kaplanmış kumun siloya alınmasını sağlayan taşıyıcı bant



Şekil 5.7 Reçine kaplanmış kumun silodan alınarak kum sepetlerine doldurulması

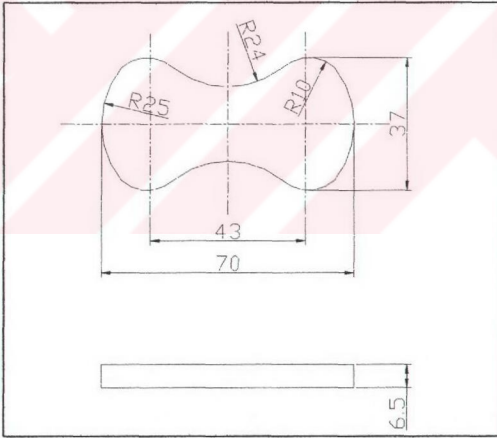
5.3.2 Numunelerin hazırlanması ve mukavemet değerlerinin bulunması

Reçineli kum hazırlama tesisinde elde edilen %3 - %3,5 - %4 - %4,5 - %5'lik reçineli kaplanmış kumlardan numuneler alınarak laboratuarda mukavemet değerlerinin bulunması için deneyler yapıldı.

Reçine artışının mukavemete etkisinin bulunması için %3 - %3,5 - %4 - %4,5 - %5'lik reçineli kaplanmış kumlardan 3 dakika pişirme süresi ve 240 °C çalışma sıcaklığında numuneler elde edildi. Bu numunelere sıcak çekme ve soğuk çekme uygulanarak mukavemet değerleri bulunmuştur.

Süre değişiminin mukavemete etkisinin bulunması için de %4 reçine ile kaplanan kum kullanılarak 240 °C çalışma sıcaklığında pişirme süresi değiştirilerek numuneler elde edildi. Bu numunelere sıcak çekme ve soğuk çekme uygulanarak mukavemet değerleri bulunmuştur.

Sıcaklık değişiminin mukavemete etkisinin bulunması için de yine %4'lük reçine kaplı kum kullanılarak 3 dakika pişirme süresinde çalışma sıcaklığı değiştirilerek numuneler elde edildi. Bu numunelere sıcak çekme ve soğuk çekme uygulanarak mukavemet değerleri bulunmuştur.



Şekil 5.8 Çekme numunesi



Şekil 5.9 Sıcak çekme test cihazı

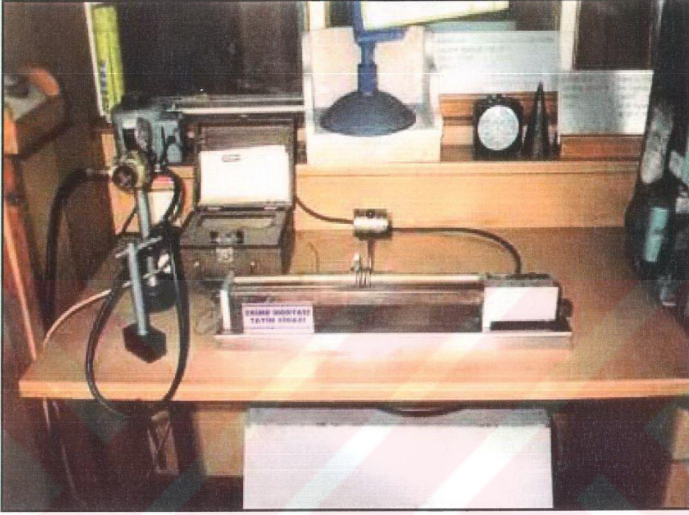
5.3.3 Kaplanmış kumun yapışma noktasının bulunması

Çeşitli reçine oranlarında kaplanan kumun yapışma noktasını bulabilmek için yapışma noktası tayin cihazı kullanılmıştır. Cihaz belli bir sıcaklığa (93-101 °C) kadar ısıtıldıktan sonra bir huninin içine kaplanmış kum doldurularak ısıtma çubuğunun üzerine döküldü ve 1 dakika süre ile beklenildi. Isıtma çubuğunun üstündeki kuma 60 mm yüksekten ve yatayla 60 ° açı yapacak şekilde 3 mm çapında bir açıklıktan 2 bar kontrollü bir basınçla üç defa soğuk uçtan sıcak uca doğru hava üflenerek cihazın ucu en son kaplanmış kum kalıntısına yerleştirilmesiyle kumun yapışma noktası ölçüldü.

Reçine miktarının değişiminin kaplanmış kumun yapışma noktasına etkisini bulabilmek için farklı reçine oranlarındaki kaplanmış kumları sırasıyla 95°C sıcaklığa ısıtılan çubuğun üzerine dökerek 1 dakika süre ile bekledik. Süre bitiminde 2 bar basınçla hava üflenerek çubuğa yapışmayan reaksiyona girmemiş kum çubuk üzerinden alındı ve kumun yapışmaya ilk başladığı yerin sıcaklığı ölçülerek kumun yapışma noktası tespit edildi.

Temas süresinin değişiminin kaplanmış kumun yapışma noktasına etkisini bulabilmek için %4'lük reçineyle kaplanan kumu 95°C sıcaklığa ısıttığımız çubuğun üzerine dökerek farklı sürelerde bekledik. Bu sürelerin sonunda 2 bar basınçla hava üfleyerek kumun yapışma noktası tespit edildi.

Sıcaklık değişiminin kaplanmış kumun yapışma noktasına etkisini bulabilmek için yine %4'lük reçineli kumu farklı sıcaklıklara ısıtılan çubuğun üzerine dökerek 1 dakika süre ile bekledik. Süre bitiminde 2 bar basınçla hava üflenmesiyle kumun yapışmaya ilk başladığı yerin sıcaklığı ölçülerek kumun yapışma noktası bulunmuştur.



Şekil 5.10 Kaplanmış kumun yapışma noktasını tayin cihazı

5.3.4 Kabukların oluşturulması ve kabuk kalınlıklarının ölçülmesi

Kabukların oluşturulması için 1. Ana Bakım Merkezi Komutanlığında T-417 A numaralı tank paleti yapımında kullanılan küresel grafitli dökme demirden yapılmış model plakası kullanılmıştır.

Kabuklar oluşturulmadan önce yolluk ve besleyicilerin bulunduğu üst kalıp ile alt kalıp yarıları çift istasyonlu kabuk kalıplama makinasına ayrı ayrı yerleştirilerek model sıcaklığı olan 300 °C 'ye kadar ısıtılmıştır. Daha sonra boşaltma kutusuna yerleştirilen kaplanmış kum boşaltma kutusunun dönmesiyle model plakası üzerine düşer. Deney süresi kadar bu konumda bekletilir. Reçine kaplanmış kum modelden aldığı ısı ile birlikte model plakası üzerinde kabuk oluşturur. Boşaltma kutusu model plakasıyla beraber ters dönerek reaksiyona girmemiş kaplanmış kum boşaltılır ve model plakası ve boşaltma kutusu ilk konumlarına geri dönerler. Oluşturulan kabuk, model plakasını içine alan bir ısıtma kafası yardımıyla 320° C'de pişirilir. Homojen bir şekilde sertleşen kabuk model üzerindeki itici pimlerin itmesiyle modelden

ayrılır. Özel bir yapıştırıcıyla iki parça halindeki kabuk yapıştırılarak döküme hazır hale getirilir.

I. Ana Bakım Merkezi Komutanlığı Kabuk Kalıplama Bölümünde yapılan deneylerde reçine miktarının kabuk kalınlığına etkisini bulabilmek için model sıcaklığı 300°C ve kumun modelle temasta bulunduğu süre olan 60 saniye değerini sabit tutarak kum hazırlama ünitesinde %3 - %3,5 - %4 - %4,5 - %5'lik reçine oranlarıyla kaplanan kumları ayrı ayrı kullanarak çeşitli kalınlıklarda kabuklar elde edildi.

Temas süresinin kabuk kalınlığına etkisini bulabilmek için ise %4'lük reçine ile kaplanmış kum ve model sıcaklığı 300°C değerini sabit tutarak modelin reçine kaplanmış kum ile temasta bulunduğu süreyi değiştirerek çeşitli kalınlıklarda kabuklar elde edildi.

Model sıcaklığının kabuk kalınlığına etkisini bulabilmek içinde yine %4'lük reçine ile kaplanmış kumu kullanarak, modelin kum ile temasta bulunduğu süreyi (60 sn.) sabit tutarak model sıcaklığının değiştirilmesiyle çeşitli kalınlıklarda kabuklar elde edildi.

Oluşturulan kabuk kalıpları tam ortalarından bölündükten sonra, dijital bindebirlik kumpasla çeşitli yerlerinden ölçülerek ortalama milimetre cinsinden kabuk kalınlıkları bulunmuştur.



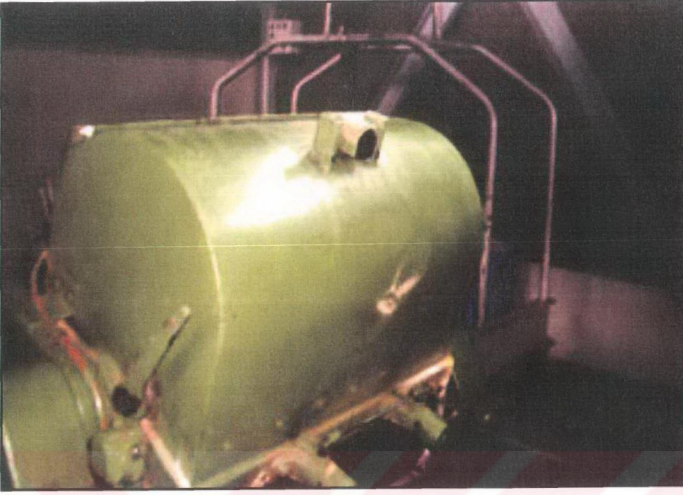
Şekil 5.11 Çift istasyonlu kabuk kalıplama makinası



Şekil 5.12 Yolluk ve besleyicilerin bulunduğu üst model plakası



Şekil 5.13 Alt model plakası



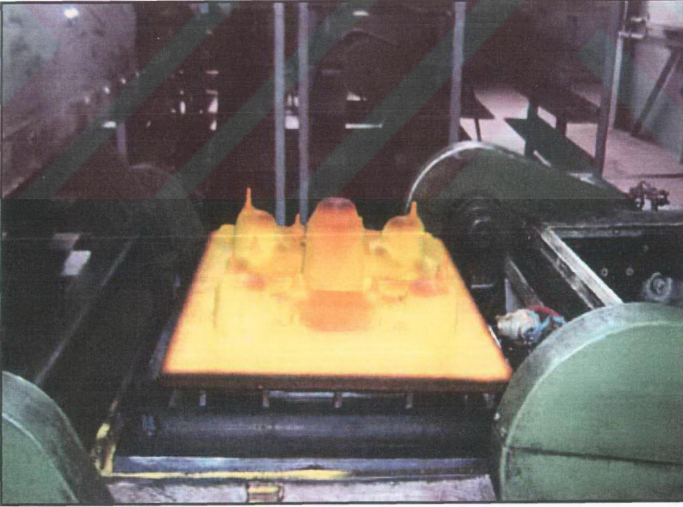
Şekil 5.14 Boşaltma kutusundaki kaplanmış kumun model plakası üzerine düşürülerek kabuk oluşturulması



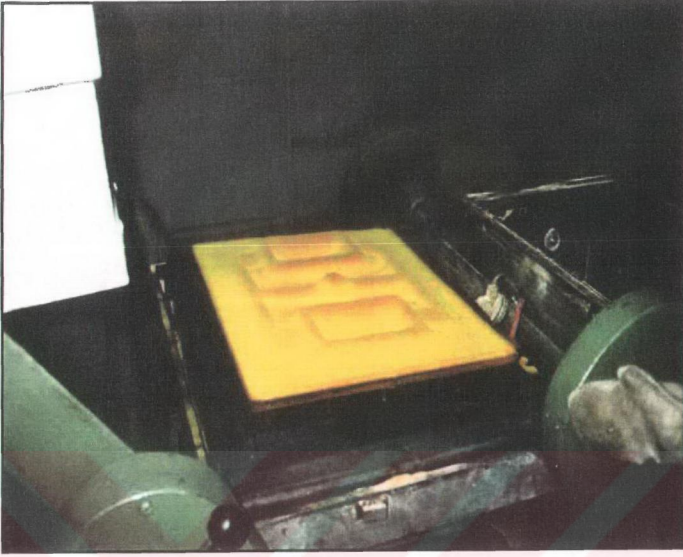
Şekil 5.15 Kabuk oluşturulduktan sonra boşaltma kutusunun ve model plakasının başlangıç konumuna geri dönmesi



Şekil 5.16 Kabuğun modeli içine alan ısıtma kafası ile pişirilmesi



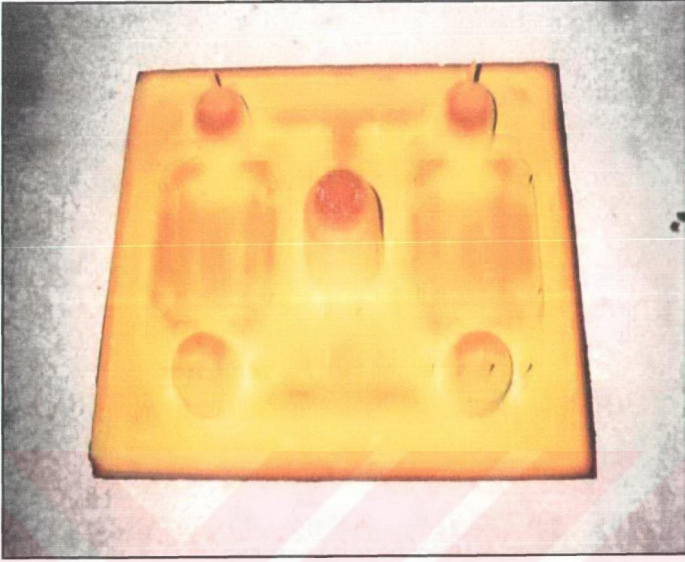
Şekil 5.17 Homojen bir şekilde sertleşen üst kabuk kalıbın, model üzerindeki itici pimler vasıtasıyla modelden ayrılması



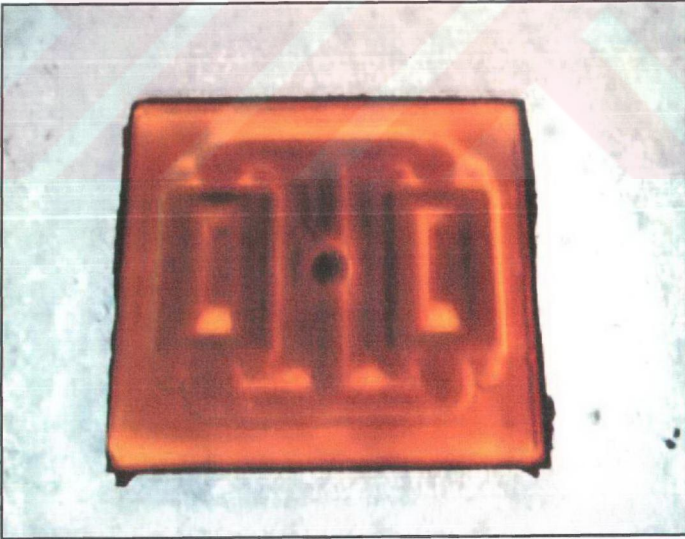
Şekil 5.18 Homojen bir şekilde sertleşen alt kabuk kalıbın, model üzerindeki itici pimler vasıtasıyla modelden ayrılması



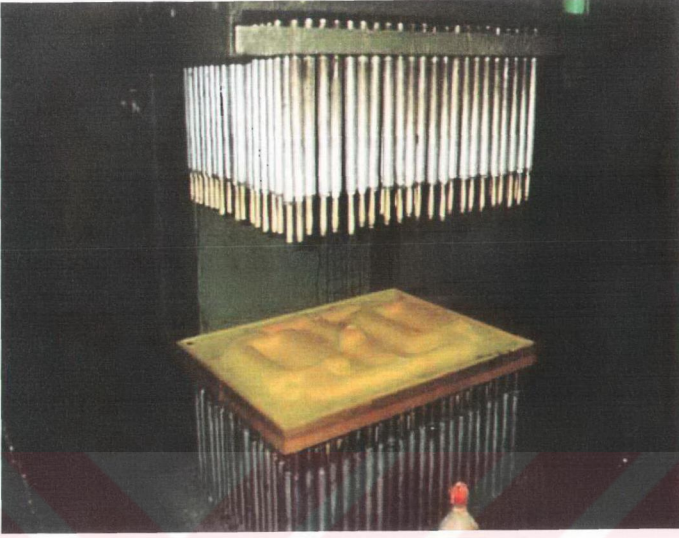
Şekil 5.19 Model plakası üzerinde oluşturulan kabuğun modelden ayrılmasını sağlayan itici pimler



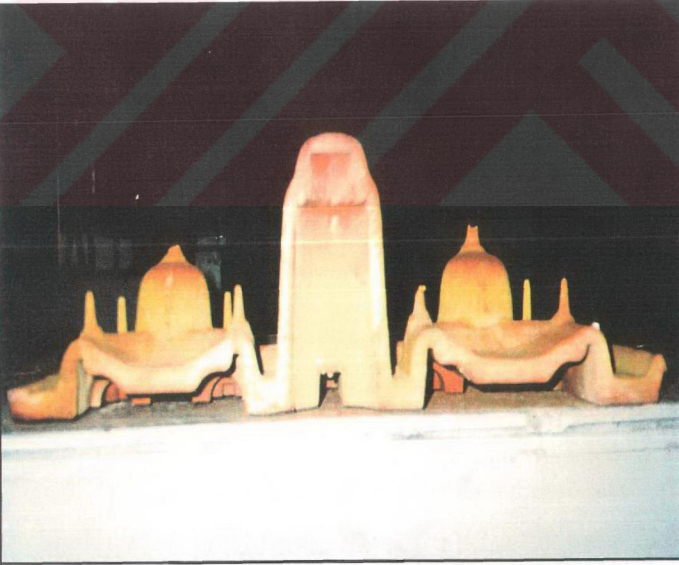
Şekil 5.20 Üst kabuk kalıp



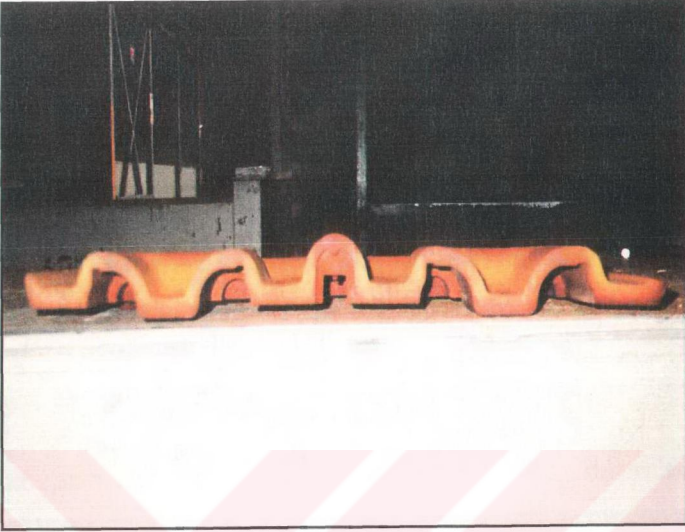
Şekil 5.21 Alt kabuk kalıp



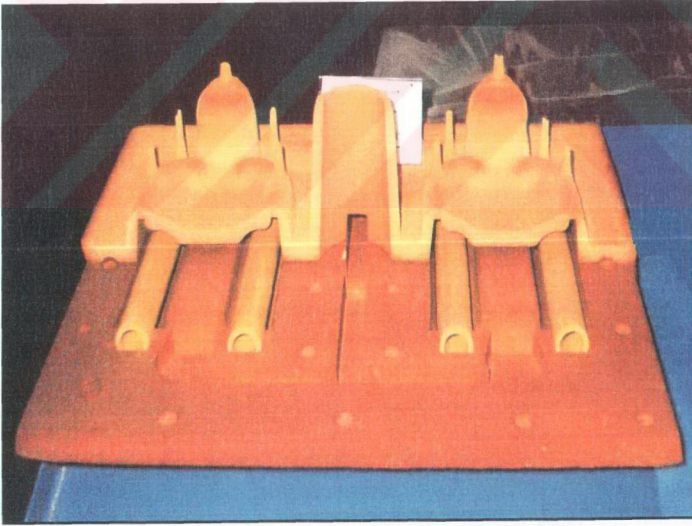
Şekil 5.22 Kabuk kalıp yarılarının özel bir yapıştırıcıyla yapıştırılması ve preslenmesi



Şekil 5.23 Üst kabuk kalıp kesiti



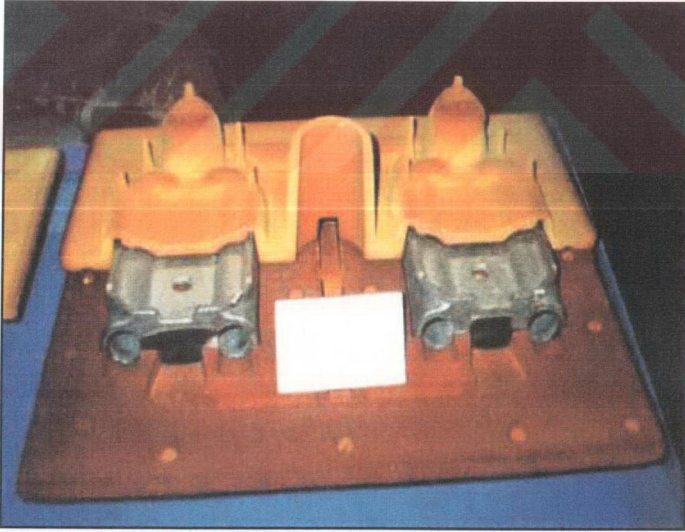
Şekil 5.24 Alt kabuk kalıp kesiti



Şekil 5.25 Palet maske kesiti



Şekil 5.26 Dökümden sonra oluşan çelik palet gövdesi



Şekil 5.27 Palet döküm kesiti

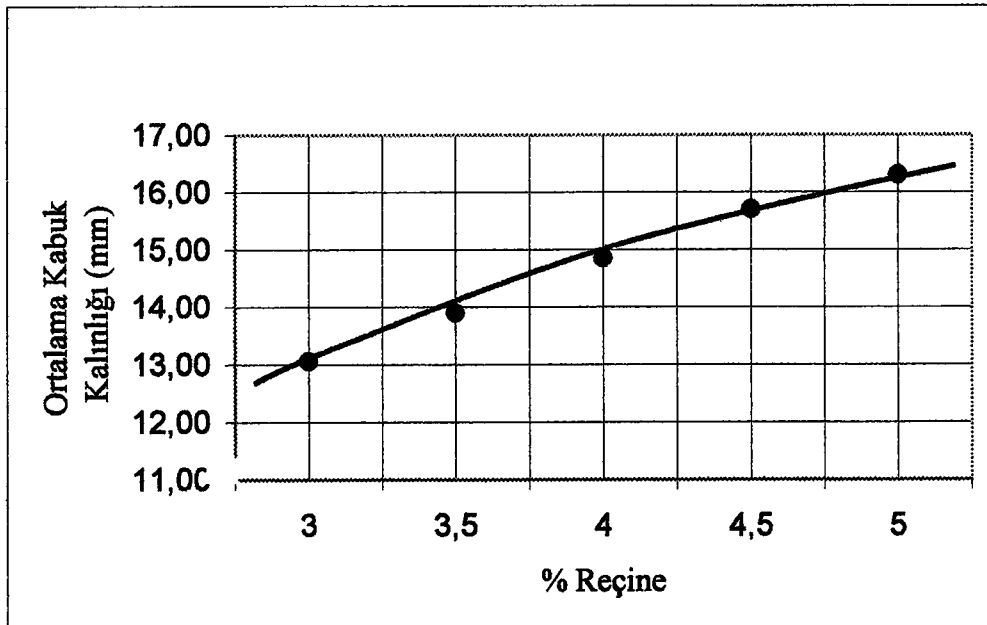
5.4 Deney Sonuçları

Reçine miktarının kabuk kalınlığına etkisi:

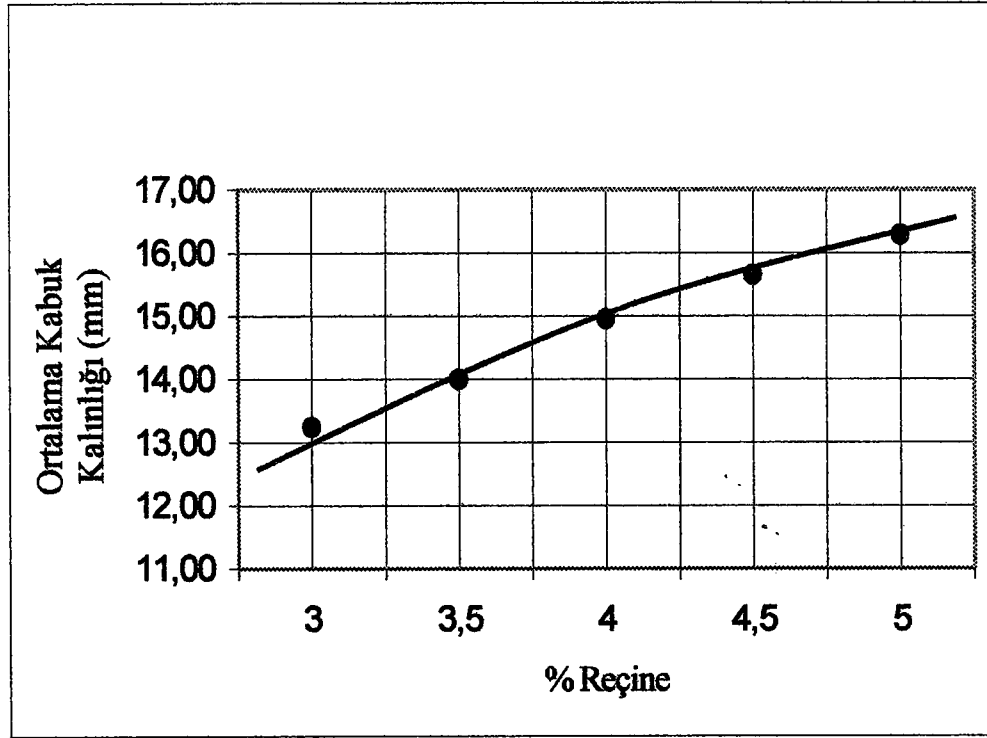
Model sıcaklığı 300°C ve kaplanmış kumun modelle temasta bulunduğu süre 60 sn. sabit tutularak reçine miktarını %3'ten %5'e arttırdıkça üst kalıbın kabuk kalınlığının 13,06 mm' den 16,30 mm' ye, alt kalıbın kabuk kalınlığının da 13,25 mm' den 16,28 mm' ye arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.2 Reçine miktarının kabuk kalınlığına etkisi

% Reçine	3	3,5	4	4,5	5
Üst kalıp kabuk kalınlığı (mm)	13,05	13,92	14,80	15,65	16,25
	13,00	13,93	14,90	15,70	16,45
	13,15	13,85	14,85	15,75	16,20
Ortalama kabuk kalınlığı (mm)	13,06	13,90	14,85	15,70	16,30
Alt kalıp kabuk kalınlığı (mm)	13,33	14,04	14,85	15,71	16,41
	13,28	14,02	14,99	15,39	16,05
	13,10	13,94	15,03	15,85	16,38
Ortalama kabuk kalınlığı (mm)	13,25	14,00	14,95	15,65	16,28



Şekil 5.28 Reçine miktarının üst kalıbın kabuk kalınlığına etkisi



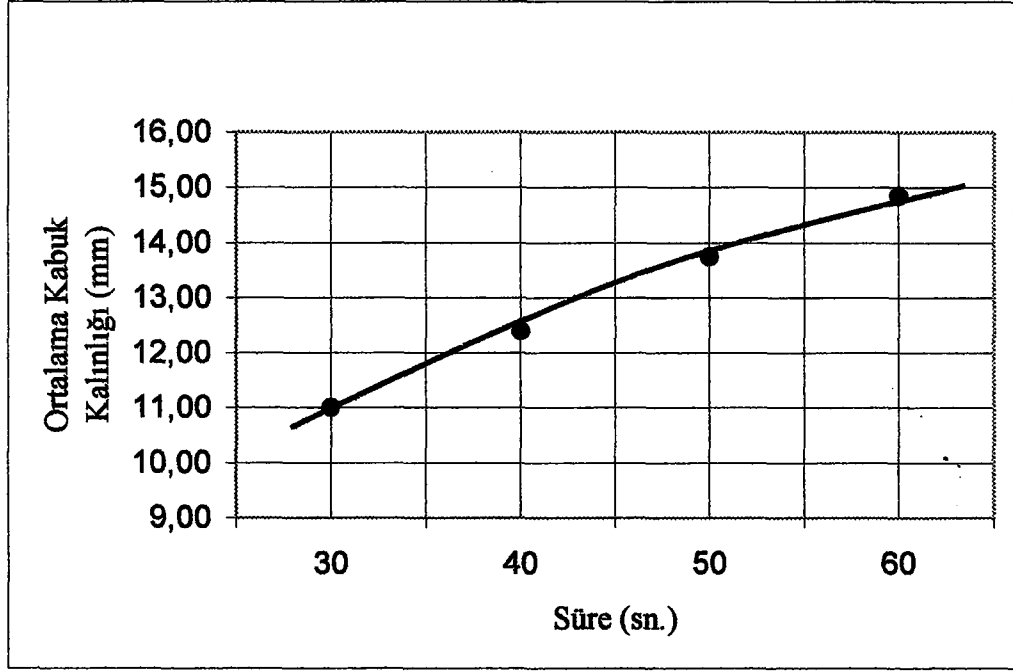
Şekil 5.29 Reçine miktarının alt kalıbın kabuk kalınlığına etkisi

Temas süresinin kabuk kalınlığına etkisi:

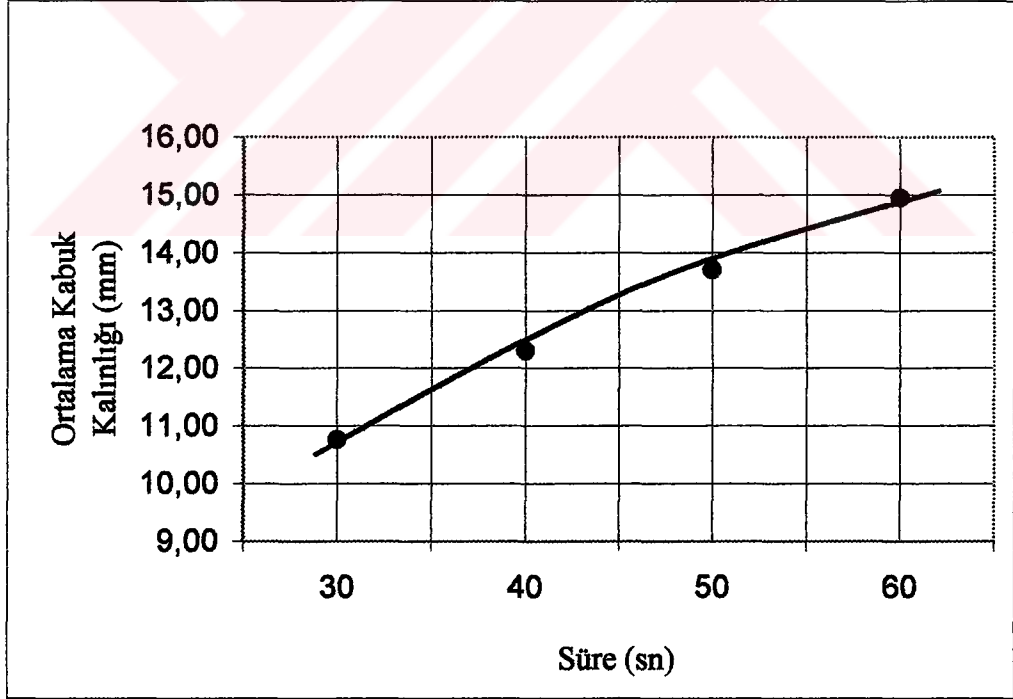
%4'lük reçine ile kaplanmış kum ve model sıcaklığı 300°C değerini sabit tutarak modelin reçine kaplanmış kum ile temasta bulunduğu süreyi 30 saniyeden 60 saniyeye yükselttiğimizde üst kalıp kabuk kalınlığının 11,00 mm' den 14,85 mm' ye, alt kalıp kabuk kalınlığının da 10,76 mm' den 14,95 mm' ye arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.3 Temas süresinin kabuk kalınlığına etkisi

Süre (sn)	30	40	50	60
Üst kalıp kabuk kalınlığı (mm)	11,20	12,44	13,92	14,80
	10,80	12,54	13,61	14,90
	11,00	12,24	13,70	14,85
Ortalama kabuk kalınlığı (mm)	11,00	12,40	13,74	14,85
Alt kalıp kabuk kalınlığı (mm)	10,85	12,40	13,78	14,85
	10,71	12,20	13,83	14,99
	10,73	12,30	13,50	15,03
Ortalama kabuk kalınlığı (mm)	10,76	12,30	13,70	14,95



Şekil 5.30 Temas süresinin üst kalıbın kabuk kalınlığına etkisi



Şekil 5.31 Temas süresinin alt kalıbın kabuk kalınlığına etkisi

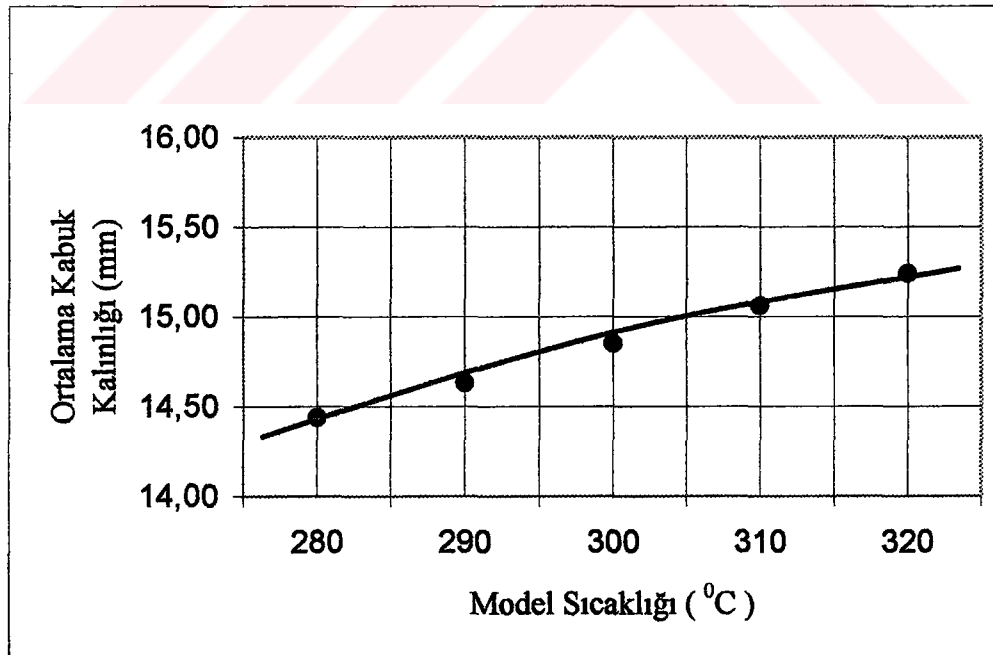
Model sıcaklığının kabuk kalınlığına etkisi:

%4'lük reçine ile kaplanmış olduğumuz kumu kullanarak modelin kaplanmış kum ile temasta bulunduğu süreyi (60 sn.) sabit tutarak model sıcaklığını 280 °C' den 320 °C' ye

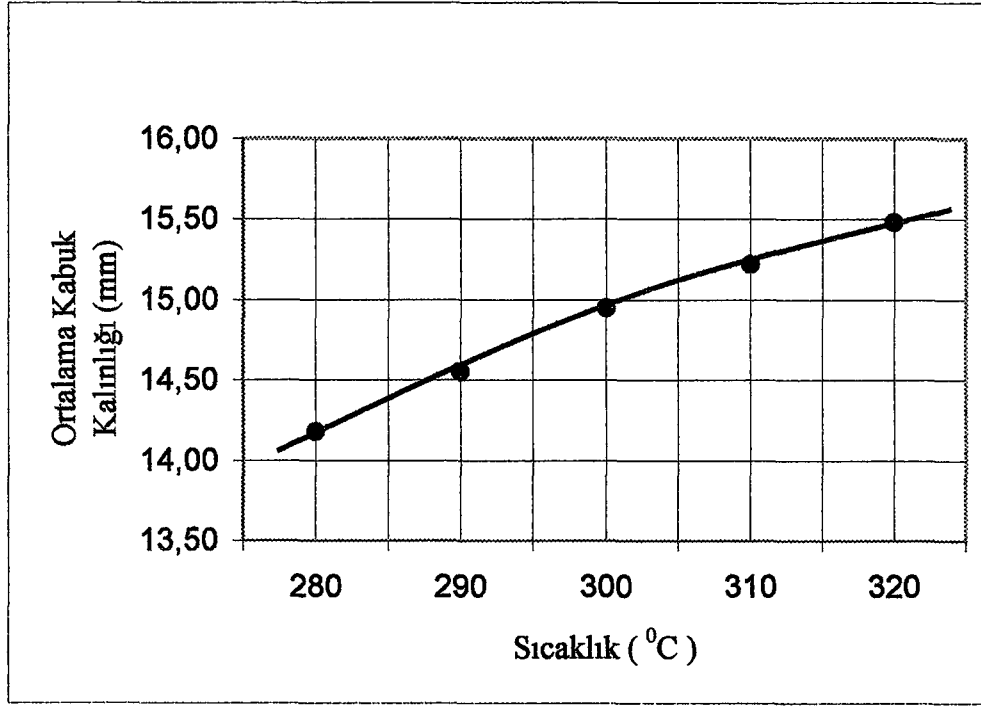
arttırdığımızda üst kalıp kabuk kalınlığı 14,44 mm' den 15,24 mm' ye, alt kabuk kalınlığı da 14,18 mm' den 15,48 mm' ye artmıştır.

Çizelge 5.4 Model sıcaklığının kabuk kalınlığına etkisi

Sıcaklık(°C)	280	290	300	310	320
Üst kalıp kabuk kalınlığı (mm)	14,35	14,64	14,80	15,00	15,31
	14,42	14,56	14,90	15,03	15,18
	14,55	14,60	14,85	15,15	15,25
Ortalama kabuk kalınlığı (mm)	14,44	14,60	14,85	15,06	15,24
Alt kalıp kabuk kalınlığı (mm)	14,00	14,67	14,85	14,95	15,60
	14,15	14,46	14,99	15,27	15,33
	14,38	14,62	15,03	15,44	15,50
Ortalama kabuk kalınlığı (mm)	14,18	14,55	14,95	15,22	15,48



Şekil 5.32 Model sıcaklığının üst kalıbın kabuk kalınlığına etkisi



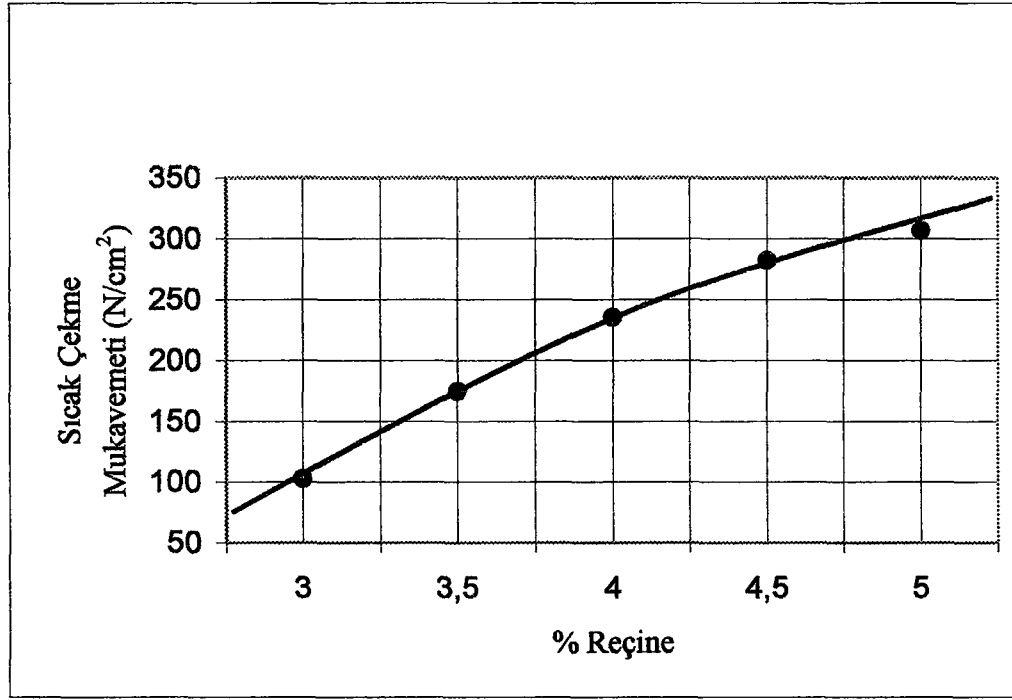
Şekil 5.33 Model sıcaklığının alt kalıbın kabuk kalınlığına etkisi

Reçine miktarının mukavemete etkisi :

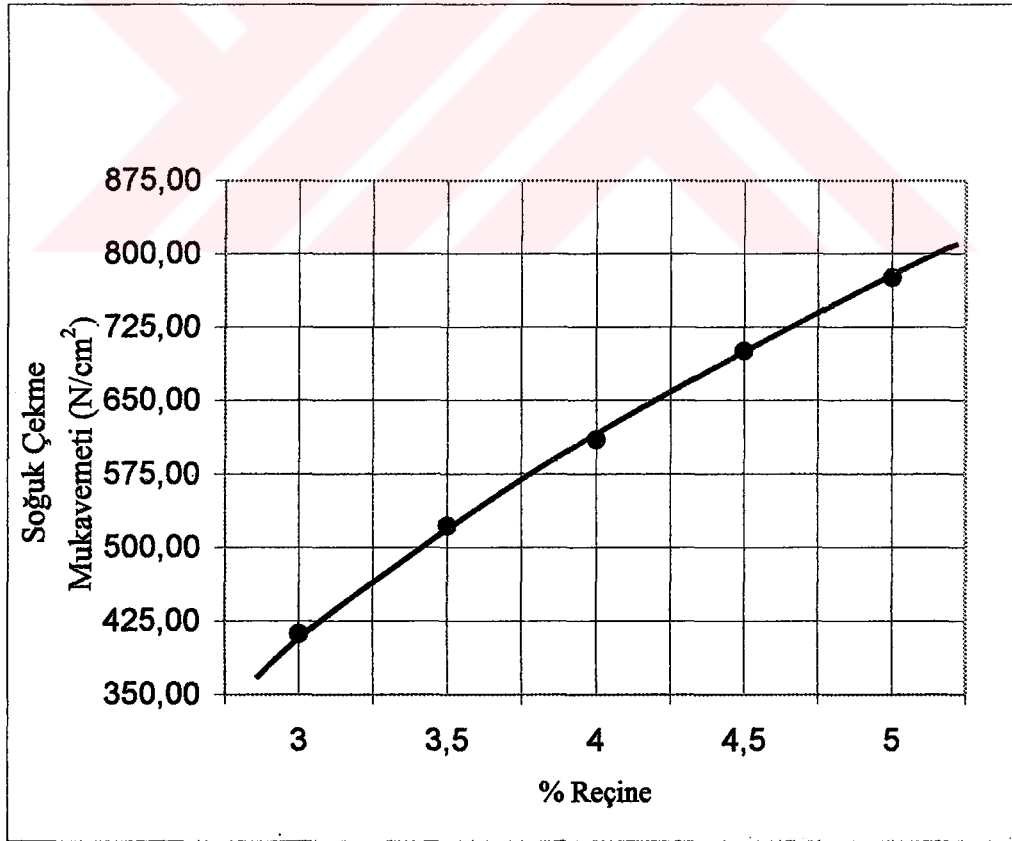
%3 - %3,5 - %4 - %4,5 - %5 'lik reçine ile kapladığımız kumlardan 3 dakika pişirme süresi ve 240 °C çalışma sıcaklığında elde edilen numunelere sıcak çekme ve soğuk çekme uygulandığında sıcak çekme mukavemetinin reçine miktarı arttıkça 102,52 N/cm²'den 306,77 N/cm²'ye, soğuk çekme mukavemetinin de 411,64 N/cm²'den 775,25 N/cm²'ye arttığı bulunmuştur.

Çizelge 5.5 Reçine miktarının mukavemete etkisi

% Reçine	3	3,5	4	4,5	5
Sıcak çekme Mukavemeti (N/cm ²)	102,52	174,94	235,22	282,27	306,77
Soğuk çekme mukavemeti (N/cm ²)	411,64	521,90	609,62	700,77	775,25



Şekil 5.34 Reçine miktarının sıcak çekme mukavemetine etkisi



Şekil 5.35 Reçine miktarının soğuk çekme mukavemetine etkisi

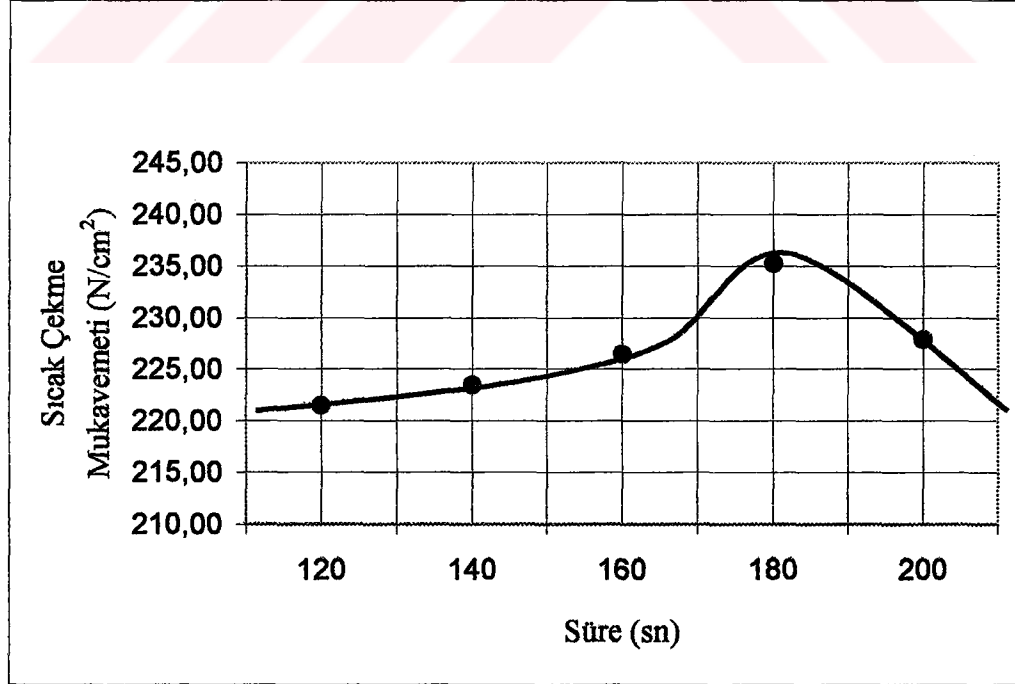
Piştirme süresinin mukavemete etkisi:

%4 reçine ile kaplanmış olduğumuz kum kullanılarak 240 °C çalışma sıcaklığında piştirme süresi değiştirilerek elde edilen numunelere sıcak çekme ve soğuk çekme uygulanmıştır. Sıcak çekme mukavemeti 120 sn. piştirme süresinde 221,50 N/cm² iken 180 sn piştirme süresinde 235,22 N/cm²'ye artmış, fakat piştirme süresi 200 saniyeye çıkarıldığında 227,87 N/cm²'ye düşmüştür.

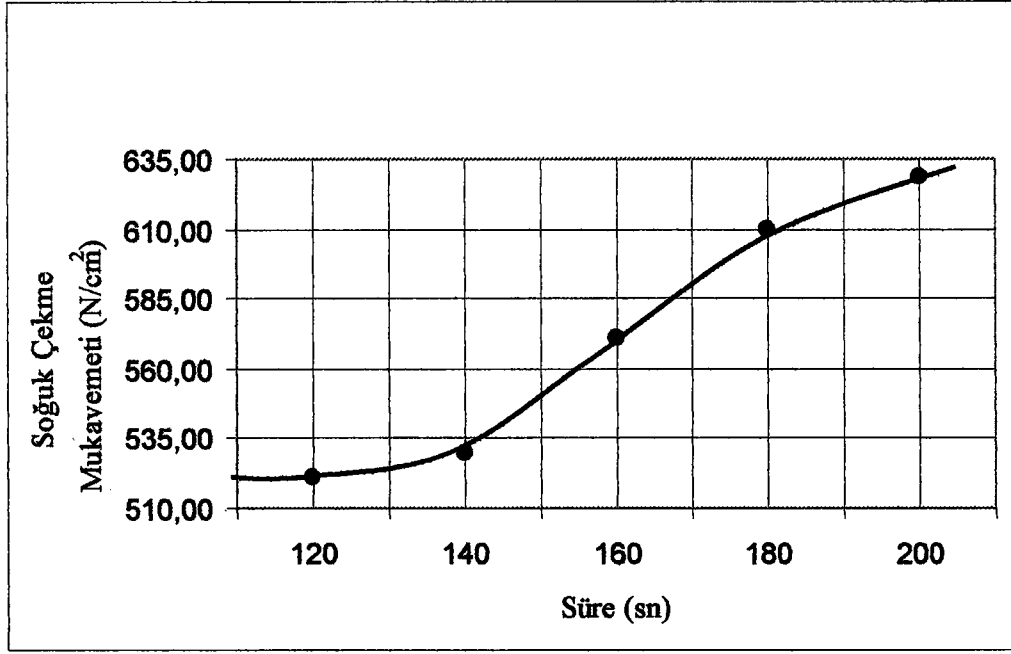
Piştirme süresinin 120 saniyeden 200 saniyeye çıkarılmasıyla soğuk çekme mukavemetinin 520,92 N/cm²'den 628,14 N/cm²'ye arttığı bulunmuştur.

Çizelge 5.6 Piştirme süresinin mukavemete etkisi

Süre	120 sn.	140 sn.	160 sn.	180 sn.	200 sn.
Sıcak çekme Mukavemeti (N/cm ²)	221,50	223,46	226,40	235,22	227,87
Soğuk çekme mukavemeti (N/cm ²)	520,92	529,25	570,41	609,62	628,14



Şekil 5.36 Piştirme süresinin sıcak çekme mukavemetine etkisi



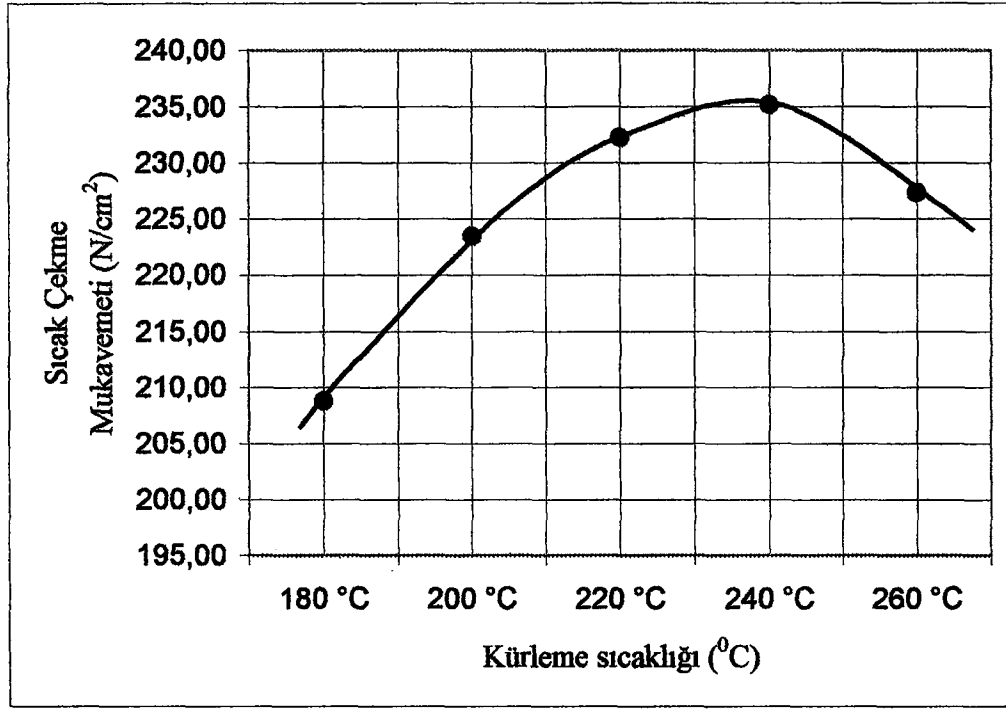
Şekil 5.37 Pişirme süresinin soğuk çekme mukavemetine etkisi

Sıcaklık değişiminin mukavemete etkisi:

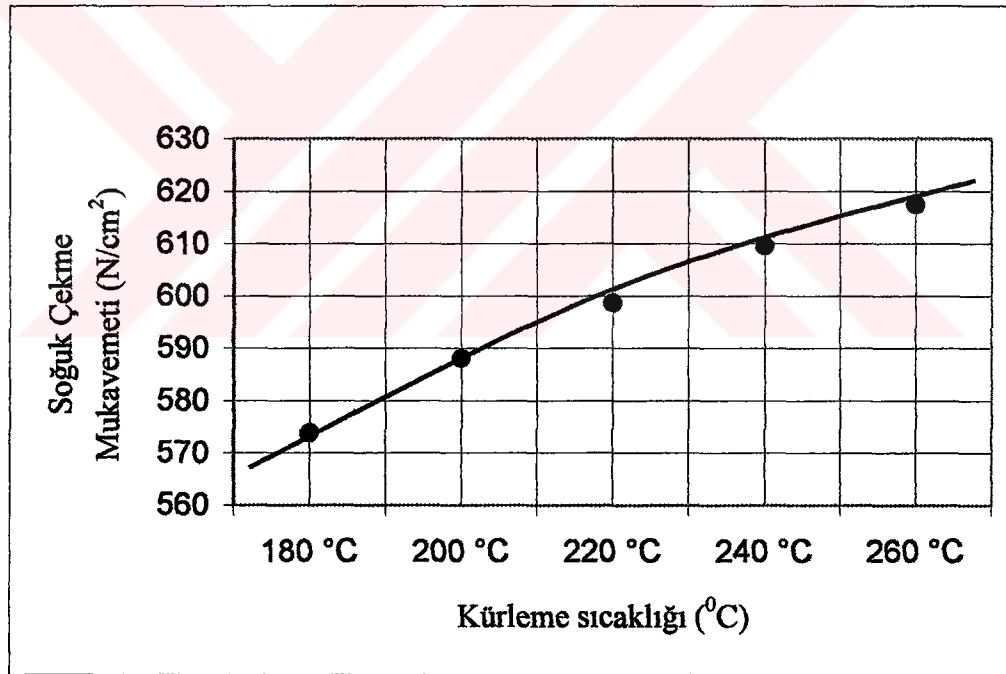
Sıcaklık değişiminin mukavemete etkisinin bulunması için %4'lük reçine kaplı kum kullanılarak 3 dakika pişirme süresinde kürlleme sıcaklığı değiştirilerek elde edilen numunelere sıcak çekme ve soğuk çekme uyguladığında sıcak çekme mukavemetinin, kürlleme sıcaklığı 180 °C' den 240 °C' ye çıktığında 208,76 N/cm²'den 235,22 N/cm²'ye arttığını, fakat sıcaklığın 260 °C' ye çıkmasıyla 227,38 N/cm²'ye düştüğünü tespit ettik. Soğuk çekme mukavemet değeri 180°C kürlleme sıcaklığında 573,84 N/cm² iken, 260°C kürlleme sıcaklığında 617,46 N/cm²'ye arttığı bulunmuştur.

Çizelge 5.7 Kürlleme sıcaklığının değişiminin mukavemete etkisi

Kürlleme Sıcaklığı (°C)	180	200	220	240	260
Sıcak çekme mukavemeti (N/cm ²)	208,76	223,46	232,28	235,22	227,38
Soğuk çekme mukavemeti (N/cm ²)	573,84	588,06	598,64	609,62	617,46



Şekil 5.38 Kürleme sıcaklığının değişiminin sıcak çekme mukavemetine etkisi



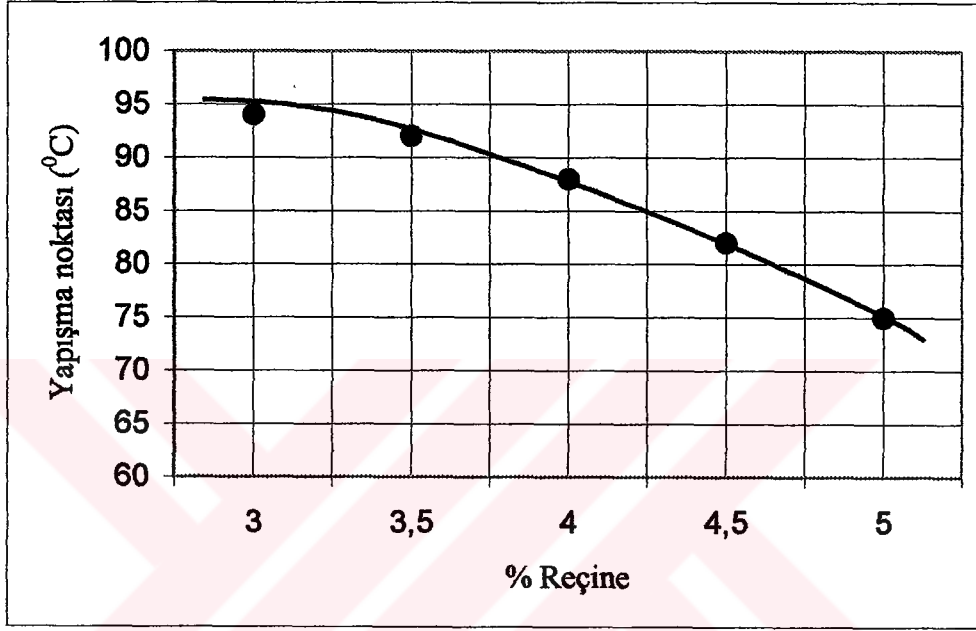
Şekil 5.39 Kürleme sıcaklığının değişiminin soğuk çekme mukavemetine etkisi

Reçine miktarının kumun yapışma noktasına etkisi:

Farklı reçine oranlarındaki kaplanmış kumlar ile yapılan deneyde 95°C sıcaklığa ısıtılan çubuğun üzerine dökülen kumları 1 dakika süre bekledikten sonra 2 bar basınçla hava üfleyerek kumun yapışmaya ilk başladığı yerin sıcaklığı ölçüldüğünde reçine miktarının %3'ten %5'e çıkmasıyla kumun yapışma noktasının 94°C' den 75°C' ye düştüğü bulunmuştur.

Çizelge 5.8 Reçine miktarının kumun yapışma noktasına etkisi

% Reçine	3	3,5	4	4,5	5
Yapışma noktası (°C)	94	92	88	82	75



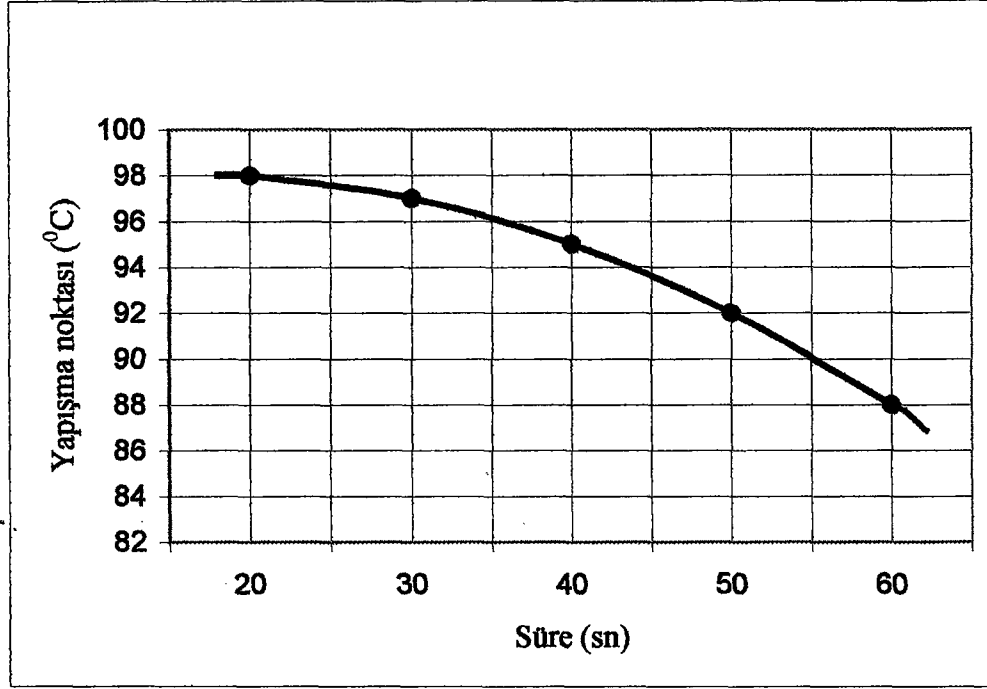
Şekil 5.40 Reçine miktarının kumun yapışma noktasına etkisi

Temas süresinin kumun yapışma noktasına etkisi

Farklı temas sürelerinde yapılan deneyde 95°C sıcaklığa ısıtılan çubuğun üzerine %4'lük reçineyle kaplanan kumları dökerek farklı sürelerde bekledikten sonra 2 bar basınçla hava üfleyerek kumun yapışmaya ilk başladığı yerin sıcaklığı ölçüldüğünde temas süresinin 20 saniyeden 60 saniyeye çıkmasıyla kumun yapışma noktasının 98°C' den 88°C' ye düştüğü bulunmuştur.

Çizelge 5.9 Temas süresinin kumun yapışma noktasına etkisi

Süre(sn)	20	30	40	50	60
Yapışma noktası (°C)	98	97	95	92	88



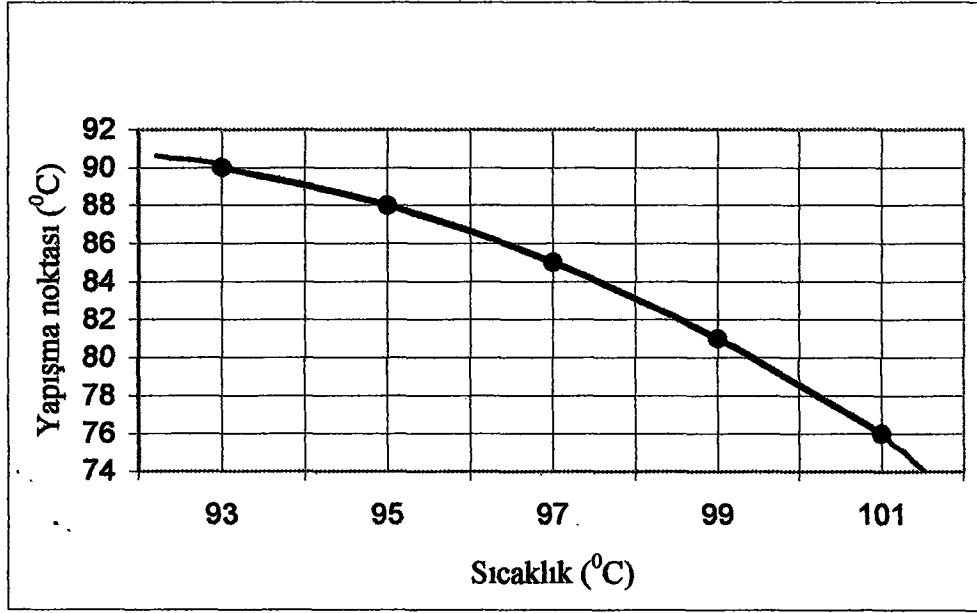
Şekil 5.41 Temas süresinin kumun yapışma noktasına etkisi

Sıcaklık değişiminin kumun yapışma noktasına etkisi:

Farklı sıcaklıklarda ısıtılan çubuğun üzerine %4'lük reçineyle kaplanan kumları dökerek 1 dakika bekledikten sonra 2 bar basınçla hava üfleyerek kumun yapışmaya ilk başladığı yerin sıcaklığı ölçüldüğünde yapışma noktasının 90°C' den 76°C' ye düştüğü bulunmuştur.

Çizelge 5.10 Sıcaklık değişiminin kumun yapışma noktasına etkisi

Sıcaklık (°C)	93	95	97	99	101
Yapışma noktası (°C)	90	88	85	81	76



Şekil 5.42 Sıcaklık değişiminin kumun yapışma noktasına etkisi

6. SONUÇ

Farklı reçine oranlarında sıcak kaplama yoluyla hazırlanan reçine kaplı kumlarla yapılan deneylerle reçine miktarının, model sıcaklığının ve temas süresinin kabuk kalıp özelliklerine etkisinin incelendiği bu çalışmada elde edilen genel sonuçlar şunlardır.

1- Reçine miktarının kabuk kalınlığına etkisi: Yapılan deneylerde reçine oranı arttırıldığında kabuk kalınlığının arttığı bulunmuştur. Çünkü reçine oranı arttıkça kaplanmış kumun yapışma noktası hızla azaldığından kabuk kalınlığı artan bir hızla artmıştır.

Reçine miktarının sıcak ve soğuk çekme mukavemetine etkisi: Çeşitli reçine oranlarında hazırlanmış kumlardan elde edilen numunelerin sıcak çekme mukavemet ve soğuk çekme mukavemet değerlerinin reçine oranı arttıkça arttığı bulunmuştur. Çünkü reçine miktarı arttıkça reçinenin bağlayıcılık özelliğinden dolayı kum taneleri birbirine daha sıkı bağlanır ve bu da mukavemetin artmasını sağlar.

Reçine miktarının kumun yapışma noktasına etkisi: Yapılan deneylerde reçine oranı arttırıldığında kaplanmış kumun yapışma noktasının hızla azaldığı görülmüştür. Bunun nedeni, reçine miktarının artmasıyla kum taneleri etrafında daha kalın bir reçine filmiyle sarıldığı ve bu film daha düşük sıcaklıklarda kolayca yumuşayabildiği için karışımdaki reçine miktarının artması ile reçine kaplanmış kumun yapışma noktası azalmıştır.

2- Temas süresinin artışının kabuk kalınlığına etkisi: Yapılan deneylerde reçine miktarı ve model sıcaklığını sabit tutup modelin kum ile temasta bulunduğu süre arttırıldığında kabuk kalınlığının arttığı bulunmuştur. Çünkü kaplanan kumun modelle temasta bulunduğu sürenin artmasıyla, ısının karışım içerisindeki ilerleme mesafesi daha uzun olacağından kabuk kalınlığı artar.

Pişirme süresinin artışının sıcak çekme mukavemetine etkisi: Reçine oranı ve çalışma sıcaklığını sabit tutarak farklı pişirme sürelerinde hazırlanan numunelere sıcak çekme cihazında mukavemet testi uygulandığında mukavemet değerlerinin belli bir süreye kadar arttıktan sonra azalmaya başladığı görülmüştür. Çünkü, sabit reçine oranında ve çalışma sıcaklığında belli bir süreye kadar reçine bağlayıcılık özelliğini yerine getirerek kum tanelerini birbirine sıkı bir şekilde bağlamış olduğundan mukavemet değeri artmıştır. Fakat belli bir süre sonra reçine yanmaya başladığından mukavemet değeri düşmeye başlamıştır.

Pişirme süresinin artışının soğuk çekme mukavemetine etkisi: Reçine oranı ve çalışma sıcaklığını sabit tutarak farklı sürelerde hazırlanan numuneler oda sıcaklığına soğutulduktan sonra mukavemet değerleri ölçüldüğünde soğuk çekme mukavemetinin arttığı görülmüştür.

Çünkü, pişirme süresi arttıkça, modelden alınan ısı ile birlikte reçine filminin kalınlığı arttığından kabuğun soğuk çekme mukavemeti artmıştır.

Temas süresi artışının kumun yapışma noktasına etkisi: Reçine oranı ve çalışma sıcaklığı sabit tutularak farklı sürelerde yapılan deneylerde kaplanmış kumun yapışma noktasının süre artışı ile düştüğü görülmüştür. Çünkü, süre arttıkça kum taneler arasına daha hızlı yayılacak ve kaplanmış kumun yapışma noktası düşecektir.

3- Model sıcaklığının artışının kabuk kalınlığına etkisi: Yapılan deneylerde reçine oranı ve temas süresini sabit tutup, model sıcaklığı artırıldığında kabuk kalınlığının arttığı bulunmuştur. Çünkü, model sıcaklığı ne kadar fazla olursa yüklü olduğu ısı da o kadar çok olmaktadır ve ısı kapasitesi yüksek olduğunda ısının karışım içerisinde ilerleme mesafesi de uzun olacak ve dolayısıyla kalınlık artacaktır.

Kürleme sıcaklığının artışının sıcak çekme mukavemetine etkisi: Reçine oranı ve temas süresi sabit tutulup farklı kürleme sıcaklıklarında elde edilen numunelerin sıcak çekme cihazında mukavemetleri ölçüldüğünde, mukavemet değerlerinin belli bir sıcaklık değerine kadar artıktan sonra, düşüşe geçtiği bulunmuştur. Çünkü, ısının etkisiyle reçine filminin kalınlığının artmasıyla daha kalın ve mukavim numuneler elde edilmiş, fakat sıcaklığın belli bir değerinden sonra reçine yanarak bağlayıcılık özelliğini kaybetmiştir ve mukavemet düşmüştür.

Kürleme sıcaklığının artışının soğuk çekme mukavemetine etkisi: Reçine oranı ve temas süresi sabit tutulup farklı kürleme sıcaklıklarında elde edilen numuneler oda sıcaklığına soğutulduktan sonra mukavemetleri ölçüldüğünde sıcaklık artışının soğuk mukavemeti arttırdığı bulunmuştur.. Çünkü ısı miktarının yüksek oluşundan dolayı kalınlık artmakta ve böylece mukavemette artmaktadır.

Model sıcaklığının kumun yapışma noktasına etkisi: Reçine oranı ve temas süresi sabit tutulup farklı sıcaklıklarda yapılan deneylerde kaplanmış kumun yapışma noktasının sıcaklık artışı ile düştüğü bulunmuştur. Çünkü sıcaklık arttıkça kabuk kalınlığı artmakta ve kaplanmış kumun yapışma noktası düşmektedir.

KAYNAKLAR

- Avcı, A.U., (1992), Dökümde Kum Kalıp Malzemeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi yayınları, İstanbul
- Barutçu, V., (2003), Kabuk Kalıp Kalınlığına ve Mukavemetine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, Bitirme Tezi, YTÜ Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
- Başgut, R., (1989), Reçine Oranı, Reçine Özellikleri ve Kabuk Kalınlığının Kabuk Kalıp Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Bunting, C.R., Carr, J.C., (1973), “ Using Calcium Stearate in Shell Process Sands, Foundry, 101(12):46-49
- Çavuşoğlu, E.N., (1981), Döküm Teknolojisi 1, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Çiğdem, M., (1996), İmal Usulleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Çukurova Kimya Endüstrisi A.Ş., (1998), “Kabuk Kalıp ve Maça Yapımında Kaplanmış Kum”, Teknik Haberler, 1-10
- Ergin.S., (1981), “Kabuk Kalıplama Yöntemi”, I.Ulusal Döküm Sempozyumu, 1981, İstanbul.
- Ergin, S., Eruslu, N. Çavuşoğlu, E., (1981) “Kabuk Kalıp Yöntemine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi ve Kabuk Özelliklerinin Kontrolü”, I.Ulusal Döküm Sempozyumu, 1981, İstanbul.
- Ergin, S., (1986), Kabuk Kalıbın Mekanik Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Kontrolü ve Kabuk Özelliklerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Karamış, M. B., (1999), İmalat Yöntemleri, Erciyes Üniversitesi Matbaası, Kayseri
- Kefeli, F. Ö., (1989) Kabuk Kalıp Yönteminde Kabuk Kalınlığını Etkileyen Faktörlerin ve Kabuk Mukavemetinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- May, P., Smith, W., (1999), “ An İntegrated Approach to Materials and Equipment”, Foundry Trade Journal, 25-28.
- Metals Handbook., (1970) “Forging and Casting”, Eight edition, ASM, 181-202
- McIntyre, S., (1999) “Shell Casting Near Net Shapes”, Advanced Materials & Process, 43-45.
- Niebel, W., Draper, B. A. ve Wysh, A. R., (1989), Modern Manufacturing Process Engineering, McGraw-Hill Book Company, U.S.A..
- Türk Standartları Enstitüsü., (1988), “Reçine Kaplı Kabuk Döküm Kumu”, 1:1-13
- Özilmən, C., (2002), Kabuk Kalıplamada Kaliteyi Etkileyen Faktörler, Yüksek Lisan Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Yıldırım, İ., (1998), “ Reçineli Döküm Kum Hazırlama Tekniği”, I. Ana Bakım Merkezi Komutanlığı Eğitim Notları, (yayınlanmamış)
- Weissavach, W., (1996), Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Birsən Yayınevi, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 12.08.1978

Doğum yeri Tekirdağ / Çorlu

Lise 1989-1995 Çorlu Lisesi

Lisans 1996-2000 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2001-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı İmal Usulleri Programı

Çalıştığı kurumlar

2002-2003

Ay-Mod Ayakkabı Taban Model-Kalıp San. ve Dış Tic. Ltd. Şti.

