

154341

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

POLİSTİREN KULLANILARAK ÜRETİLEN SERAMİK
KÖPÜK SÜZGEÇ ÜRETİM YÖNTEMİNİN
İNCELENMESİ

Metalurji Müh. Zeynep TAŞLIÇUKUR

F.B.E. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı Üretim Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Nilgün KUŞKONMAZ

Yrd. Doç. Dr. Nilgün KUŞKONMAZ

Prof. Dr. Ercan Acma

Prof. Dr. Nihat KINIKOĞLU

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. SÜZME İŞLEMİ İLE KALINTI AYIRMA	3
2.1 Kalıntı Ayırma İşlemleri	3
2.1.1 Flotasyon	3
2.1.2 Süzme.....	4
2.1.2.1 Katı Kalıntı Uzaklaştırma	4
2.1.2.2 Sıvı Kalıntı Uzaklaştırma.....	6
3. METAL DÖKÜMÜNDE OLUŞABİLECEK KALINTILAR.....	8
3.1 Bazı Metallerde Görülen Kalıntı Tipleri.....	9
3.1.1 Gri Dökme Demir	9
3.1.2 Dövülebilir Demir	10
3.1.3 Sünnek Demir	10
3.1.4 Alüminyum Alaşımları	10
4. SÜZME MEKANİZMALARI.....	12
4.1 Fiziksel Eleme.....	12
4.2 Kek Süzmesi	13
4.3 Derin Yatak Süzmesi	14
5. SÜZGEÇ ÇEŞİTLERİ.....	17
5.1 Hücresel Seramik Süzgeçler	18
5.2 Seramik Köpük Süzgeçler.....	21
5.2.1 Köpük Süzgeç Karakteristiği	21
5.2.2 Seramik Köpük Süzgeç Üretimi	23
5.3 Süzgeçlerde Bulunması Gerekli Özellikler.....	27
5.3.1 Soğuk Mukavemet	27
5.3.2 Sıcak Mukavemet	28

5.3.3	Maliyet	29
5.3.4	Akış Hızı	29
5.3.5	Kapasite	29
5.3.6	Boyutsal Hassasiyet	29
6.	SÜZGEÇ SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	30
6.1	Gözenek Boyutu.....	30
6.2	Süzgeç Boyutlandırılması	32
6.3	Seramik Süzgeç Malzemesinin Özellikleri.....	32
7.	SÜZGEÇİN YERLEŞTİRİLMESİ.....	35
7.1	Kalıp Tasarımı	35
7.2	Süzgeç Yerleştirimi.....	35
7.3	Süzgeç Kutusu	37
8.	SÜZME İŞLEMİNİN YARARLARI	39
9.	GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN KÖPÜK	41
9.1	Genleştirilmiş Polistiren Köpüğün Başlıca Tercih Sebepleri	43
9.1.1	EPS ile İlgili Standartlar	44
9.1.2	EPS'nin Teknik Özellikleri	44
9.1.2.1	Isı İletkenliği	44
9.1.2.2	Mekanik Özellikler	45
9.1.2.3	Su Emme Oranı.....	46
9.1.2.4	Boyut Stabilesi.....	47
9.1.2.5	Sıcaklığa Göre Dayanım	47
9.1.2.6	Diğer Özellikler	47
9.2	EPS Tanelerin Ön Şişirilmesi	47
9.2.1	Ön Şişirme Donanımları	48
10.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	50
10.1	Kullanılan Malzemeler.....	50
10.1.1	Polistiren	50
10.1.2	Süzgeç Üretiminde Kullanılan Keramik Hammaddeleri.....	50
10.1.2.1	Seramik Döküm Çamuru	50
10.1.2.2	Etıl Silikat Bağlayıcı Keramik Bulamaç	51
10.1.2.3	Dökme Refrakter Malzemeler.....	51
10.2	Kullanılan Alet ve Cihazlar.....	53
10.3	Deneylerin Yapılışı	57
10.3.1	Polistiren Model ve Polistiren Hücre Üretimi	57
10.3.1.1	Paslanmaz Çelik Kalıptan Polistiren Tanelerin Genleştirilmesi	57
10.3.1.2	Alüminyum Kalıpta Ön Genleştirilmiş Polistiren Şekillendirilmesi	57
10.3.2	Polistiren Hücrenin Keramik Süzgeç Üretiminde Kullanılması.....	58

10.3.2.1	Alçı Kalıpta Slip Döküm Yöntemi	58
10.3.2.2	Etil Silikat Bağlı Seramik Süzgeç Yapımı.....	59
10.3.2.3	Dökme Malzeme Kullanılarak Polistiren Hücre Eldesi	59
10.3.3	Seramik Hammaddelerin Eğme Dayanımlarının Belirlenmesi.....	60
10.3.4	Üretilen Seramik Süzgecin Alüminyum Dökümünde Kullanımı	60
11.	DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ	62
11.1	Polistiren Model ve Hücre Yapımı	62
11.2	Polistiren Hücre Kullanılarak Seramik Süzgeç Üretimi	64
11.3	Üretilen Seramik Köpük Süzgeçlerin Alüminyum Dökümünde Denenmesi	67
12.	GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR		71
ÖZGEÇMİŞ		73



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Eriyiğin süzgeci ıslatma durumu.....	5
Şekil 2.2	Eriyiğin süzgeci ıslatmama durumu	5
Şekil 2.3	Süzgeç duvarında yakalanan katı kalıntı.....	6
Şekil 3.1	Sıvı çelikteki kalıntı	9
Şekil 4.1	Fiziksel eleme mekanizmasının şematik çizimi	13
Şekil 4.2	Kek süzmesi mekanizmasının şematik çizimi.....	13
Şekil 4.3	Kek oluşumu sonucu süzgecin tıkanması.....	14
Şekil 4.4	Derin yatak süzmesi mekanizmasının şematik çizimi	15
Şekil 4.5	Derin yatak süzmesinde kalıntı taşınımı	16
Şekil 5.1	Preslenmiş süzgeçler	20
Şekil 5.2	Ekstrüze edilmiş süzgeçler	20
Şekil 5.3	Seramik köpük süzgeçler	21
Şekil 5.4	Seramik köpük süzgeçteki metal akış modeli	21
Şekil 5.5	Seramik köpük süzgeç yapısı	22
Şekil 5.6	Farklı gözenek boyutundaki seramik köpük süzgeçler	22
Şekil 5.7	Süzgecin gözenek boyutu ile kalıntı boyutlarının şematik karşılaştırılması	23
Şekil 5.8	Seramik köpük süzgeç üretiminin şematik gösterilişi.....	24
Şekil 5.9	Süzgeç boyutlarının şematik gösterilişi.....	25
Şekil 5.10	Süzgeçlerin soğuk mukavemetinin karşılaştırılması	28
Şekil 5.11	Süzgeçlerin sıcak mukavemetinin karşılaştırılması	28
Şekil 6.1	Süzgecin doldurulması sırasında gözenek boyutuna bağlı olarak metal doldurma yüksekliği.....	30
Şekil 7.1	Süzgecin yolluk sistemindeki şematik çizimi	36
Şekil 7.2	Çeşitli süzgeç yerleştirme yöntemlerinin şematik gösterimi.....	36
Şekil 7.3	Süzgeç kutusu.....	37
Şekil 7.4	Yatay süzgeç yerleştirimi.....	38
Şekil 7.5	Dikey süzgeç yerleştirimi.....	38
Şekil 9.1	Köpük polistiren üretim şeması.....	41
Şekil 9.2	Polistiren tanesinin kesiti	42
Şekil 9.3	Polistiren tanelerinin birbiriyle kaynaşması	42
Şekil 9.4	EPS ürünlerde ısı iletkenliğinin yoğunlukla değişimi.....	45
Şekil 9.5	EPS levhaların <%2 ve %10 deformasyondaki basınç gerilmelerinin yoğunlukla değişimi	46
Şekil 9.6	Polistiren tanelerde pentan kaybı	48
Şekil 10.1	Polistiren ön genleştirme reaktörü.....	53
Şekil 10.2	Buhar üretim makinesi	54
Şekil 10.3	Paslanmaz çelik kalıp	54
Şekil 10.4	Alüminyum kalıp.....	55
Şekil 10.5	Titreşim makinesi	55
Şekil 10.6	Seramik süzgeçlerin kurutulması ve polistiren hücrenin yapıdan kısmen uzaklaştırılmasında kullanılan etüv	56
Şekil 10.7	Kurutulmuş ve kısmen polistireni giderilmiş süzgeçlerin sinterlenmesinde kullanılan fırın	56
Şekil 10.8	İndüksiyon güç ünitesi	57
Şekil 10.9	Polistiren tanelerin alçı kalıp içindeki görünümü	58
Şekil 10.10	Köpük süzgeç ve polistiren kullanılarak üretilen süzgecin kullanıldığı kum kalıbın görüntüsü ve döküm işlemi	61
Şekil 11.1	Paslanmaz çelik kalıp kullanılarak elde edilen polistiren model	62

Şekil 11.2	Sert polistiren hücre kullanılarak elde edilen seramik süzgeç	63
Şekil 11.3	Alüminyum kalıp kullanılarak üretilen polistiren model	64
Şekil 11.4	Polistiren modellerden elde edilen polistiren hücre	64
Şekil 11.5	Boksit bazlı seramik süzgeç	66
Şekil 11.6	SiC bazlı seramik süzgeç.....	67
Şekil 11.7	Spinel bazlı seramik süzgeç	67
Şekil 11.8	Korund bazlı seramik süzgeç	67
Şekil 11.9	Seramik süzgeç konumları	68
Şekil 11.10	Kum kalıba dökülmüş numuneler	68
Şekil 11.11	Alüminyum numunelerin mikroyapı görünümleri	69



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Çeliğin refrakter oksit malzemeler üzerindeki temas açıları.....	6
Çizelge 2.2	Sıvı oksit kalıntılarının oksit refrakter yüzeyindeki ıslatma açıları	7
Çizelge 3.1	Alüminyumdaki kalıntılar	11
Çizelge 5.1	Hücre karakteristiği	17
Çizelge 5.2	Hücre sel seramik süzgeçlerin çeşitli boyutları.....	19
Çizelge 5.3	Çelik ve demirde kullanılabilecek süzgeç özellikleri	25
Çizelge 5.4	Çelik için süzgeç boyutları.....	26
Çizelge 5.5	Çelik için yuvarlak süzgeç boyutları	26
Çizelge 5.6	Demir dökümü için süzgeç boyutları	26
Çizelge 6.1	Çeşitli alaşımlar için seramik süzgeç malzemeleri	34
Çizelge 7.1	Kesit alanlarının oranları	36
Çizelge 8.1	Süzgeçli ve süzgeçsiz dökümde hurda miktarlarının karşılaştırılması.....	40
Çizelge 10.1	Polistirenin fiziksel ve kimyasal özellikleri	50
Çizelge 10.2	Seramik döküm çamuru bileşimi.....	50
Çizelge 10.3	Korund bazlı seramik hammaddenin kimyasal analizi	51
Çizelge 10.4	Boksit bazlı seramik hammaddenin kimyasal analizi	52
Çizelge 10.5	Spinel bazlı seramik hammaddenin kimyasal analizi	52
Çizelge 10.6	SiC bazlı seramik hammaddenin kimyasal analizi.....	53
Çizelge 10.7	Farklı su oranlarındaki dökme refrakter malzemeleri	60
Çizelge 10.8	Deney sel çalışmada kullanılan Al-Si(ETIAL-160) alaşımının kimyasal bileşimi	61
Çizelge 11.1	Seramik süzgeç üretiminde kullanılan seramik karışımların mukavemetleri ...	66
Çizelge 11.2	Piyasadan sağlanan seramik köpük süzgeç ve polistirenden üretilen süzgeç kullanılarak elde edilen alüminyum döküm numunelerinin çekme dayanımı...	69

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Nihat Kınıkoğlu ve tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Nilgün Kuşkonmaz'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen ve değerli zamanlarını harcayan Sayın Mehmet S. Taşar'a, Rafet Yenihayat'a ve Fikret Erçetin'e teşekkürü bir borç bilirim.

Deneyler aşamasında bana yardımları ile destek olan çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Benim bugünlere gelmemde en büyük emeği olan ve hep yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

Döküm sırasında metallerde zararlı etkilere neden olan kalıntıları gidermek amacıyla çeşitli süzme yöntemleri kullanılmaktadır. Süzme işlemi sonucu hurda miktarı azalır, dökümün mekanik özellikleri iyileşir. Seramik köpük süzgeç kullanılarak yapılan süzme işlemi, süzme yöntemlerinden bir tanesidir. Seramik köpük süzgeçler metal akışını yumuşatarak yolluk içindeki türbülansı azaltırlar. Bu çalışmada geleneksel seramik süzgeçler ile seramik köpük süzgeçlerin üretim yöntemleri, süzme mekanizmaları ve süzme verimleri karşılaştırılmış, yeni bir yöntemle seramik köpük süzgeç üretimi amaçlanmıştır. Poliüretan yerine polistiren kullanılarak üretilen süzgeçlerin gözenek boyutları, miktarı kontrol altına alınarak daha kaliteli ve daha ucuz seramik köpük süzgeç üretimi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Seramik köpük süzgeçler, süzme, polistiren.



ABSTRACT

The inclusions present in the metals cause serious problems. There are various filtration methods to remove these inclusions. After filtration scrap rates decrease and the mechanic properties of the castings increase. The filtration of metals using ceramic foam filter is one of the methods of filtration. Ceramic foam filters can reduce turbulence in the gating system by smoothing the flow. In this study, the production methods, mechanism of filtration and filtration effectiveness of ceramic foam filters and conventional ceramic filters are compared. New method of production of ceramic foam filter is studied. Instead of polyurethane, polystyrene is used in the production of ceramic foam filter. By this method, the size and the rates of porosity are controlled. It also enables the production of qualified and cheaper ceramic foam filters.

Keywords: Ceramic foam filters, filtration, polystyrene.



1. GİRİŞ

Parça ve ürün geliştirme çabaları, yüksek kalitede döküm parçaya olan gereksinimi arttırmaktadır. Kalite standartlarının artması için daha iyi mekanik özellikler, daha verimli üretim yöntemleri ve düşük maliyetler elde etmede araştırmacılar uzun yıllardır çalışmaktadırlar. Dökümcülerin yararlandığı yöntemlerden biri metallerin süzülmesi işlemidir. Metalin süzülmesi, dökümhanelerin daha kontrollü döküm yapmasına ve böylece üretilen yüksek kalitede parçaların diğer yöntem ve malzemelerle rekabet etme şansının artmasına olanak sağlar.

Metallerin süzülerek temizlenmesi; metalin yolluk sistemi içerisinde, daha kalıp boşluğuna ulaşmadan süzülerek temizlenmesi prensibine dayanır. Bu yöntem ilk olarak Moskova'da "Vniitlmash" Döküm Enstitüsünde geliştirilmiştir. Metallerin süzülmesi; curuf ve metal dışı kalıntılara bağlı döküm hatalarını önlemek amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Ancak, bu yöntem üzerinde yapılan bazı teknik iyileştirmeler, bu yöntemi aynı zamanda, gaz hatalarını azaltmakta, metal akışkanlığını ve metalin mekanik özelliklerini arttırmada etkin hale de getirmiştir.

Yapılan çalışmalar, süzgeç kullanılmayan yolluk sistemlerinde, hatasız olarak dizayn edilmiş olsalar dahi, curuf tutma kabiliyetinin oldukça sınırlı olduğunu göstermiştir. Bunun sebebi, yolluk sisteminde, dökümün ilk saniyelerinde kalıbın içersine giren metalin içindeki curufu tutmak için hiç bir önlem alınmasının mümkün olmaması ve ayrıca yolluk sistemi içindeki metal akışının hep türbülanslı olmasıdır.

Metal temizliği iyileştirilebilir, döküm kalıntıları ortadan kaldırılabilirse, döküm tesisleri maliyetlerini düşürebilir, ürünlerinin değerini arttırabilir. Bunun yanı sıra, döküm tesislerinde karmaşık yolluk sistemleri kullanılmadığından verim de artacaktır. Metal temizliğinin denetlenemediği durumlarda döküm ve işleme atölyesi kaynaklı hurda oluşumu, işlenebilirliğin azalması, takımların aşınması, mekanik özelliklerin bozulması ve bunun gibi başka gereksiz, maliyet arttırıcı durumlarla karşılaşılacaktır.

Metalleri süzmek için çok çeşitli süzgeçler vardır. Farklı metaller farklı döküm sıcaklıklarına sahiptir ve dolayısıyla süzgeçlere farklı miktarda ısı şok uygulanır. Bazı süzgeçler bu şoka dayanamaz ve kırılır. Kırılan süzgeç kalıntıları süzemez.

Kumaş süzgeç, çelik tül elekler, tel yünü, seramik köpük süzgeçler ve hücreli süzgeçler gibi çok çeşitli süzgeç çeşidi vardır. Seramik köpük süzgeçler; kalıntıları yakalamada en verimli ve en ekonomik olanıdır. Seramik köpük süzgeçler döküm sanayiinde 1977 yılından beri kullanılmaktadır. İlk uygulama havacılık alanında alüminyum dökümünde gerçekleştirilmiştir. Yüksek sıcaklık uygulamaları için süzgeç malzemeleri geliştirilmiştir.

Döküm endüstrisi süzgecin önemli bir amaç sunduğunun farkına varmıştır. Süzgeç verimli bir şekilde kullanıldığında müşterinin istediği kaliteye ulaşmak mümkündür. Burada önemli olan doğru boyutta süzgeç seçmek ve süzgeci doğru kullanmaktır.

Ülkemizde seramik köpük süzgeç üretimi ile ilgili çalışmalar TÜBİTAK destekli yapılmıştır. Fakat dökümhanelerin gereksinimini karşılayacak köpük süzgeç üretimi yoktur. Genellikle Almanya'dan ithal edilen süzgeçler kullanılmaktadır. Ülkemizde en büyük köpük süzgeç kullanıcısı DÖKTAŞ Dökümcülük Ticaret ve Sanayi A.Ş. dir. Türkiye'de yıllık köpük süzgeç maliyetinin 3,500,000 \$ olduğu göz önüne alındığında seramik köpük süzgeç üretimiyle ilgili çalışmaların yapılmasının gerekli olduğu görülmektedir.

2. SÜZME İŞLEMİ İLE KALINTI AYIRMA

2.1 Kalıntı Ayırma İşlemleri

Metalden kalıntı ayırma iki aşamalı bir işlemdir:

1. Oksit kalıntılarının pota duvarları, pota curufu veya yolluk sistemindeki herhangi bir yüzeye (döküm deliği, yolluk, süzgeç, döküm kapağı) taşınımı
2. Kalıntıların arayüzeyde ayırımı

Katı sıvı ayırma işlemi, ayırma işlemiyle hangi fazın tutulacağına göre sınıflandırılır. Flotasyon işleminde, sıvı faz tutulur ve kalıntı parçası serbest hareket eder. Süzme tam tersidir, sıvı faz hareketli iken kalıntı parçası tutulur. (Aubrey vd., 1993)

2.1.1 Flotasyon

Kalıntı parçalarının yükselme oranı Stoke's kanunu ile açıklanır. Kalıntı parçacığı çelikten düşük yoğunluğa sahip olmalıdır. Bununla birlikte aşağıdaki açıklamalar kalıntı parçacığı taşıma için geçerli Stoke's kanununun doğruluğunu azaltmaktadır:

1. Kalıntı parçacığı üzerinde viskoz sürüklenme kuvvetleri olduğunda düşük ayırma hızları olur.
2. Çelikte doğal bir devirdaim akımı veya türbülans yoktur.
3. Parçacıklar toplanmayacak ve büyüyecektir. (Aubrey vd., 1993)

Yolluk sistemi, flotasyonla kalıntı uzaklaştırmak için tasarlanmıştır. Kalıp boyutu, döküm deliği ve döküm kapağının yeri kısıtlamalarından dolayı yolluk sistemleri çok kısadır. Kısa yolluk çubukları ve yüksek türbülanslı akış durumları flotasyon ile kalıntı ayırımını zorlaştırır. (Aubrey vd., 1993)

2.1.2 Süzme

Süzmenin temel teorisi; metal süzgeçte ne kadar uzun kalırsa, kalıntıları yakalama olasılığının o kadar artmasıdır. Bu aşağıdaki eşitlikle açıklanabilir:

$$Verim = 1 - e^{-\frac{K_o \cdot L}{V_m}} \quad (2.1)$$

V_m : Metalin süzgeçteki hızı

K_o : Süzgeç hücre boyutu ile ilgili sabit

L : Süzgeç kalınlığı (mm)

Küçük hücre boyutlu süzgeçler; ince kalıntıları daha büyük olasılıkla uzaklaştırırlar ve daha istikrarlı bir süzme verimi sağlarlar. Metalin süzgeçteki hızı; metalin akış hızına, süzgeç yüzey alanına ve süzme için uygun gözenekliliğe bağlıdır. [1]

Süzme ile katı ve sıvı kalıntılar uzaklaştırılabilir. Her iki işlem kalıntı parçacıklarının taşınımını gerektirir. (Aubrey vd., 1993)

2.1.2.1 Katı Kalıntı Uzaklaştırma

Katı kalıntı süzgecin iç duvarıyla temas ettiğinde, kalıntının bağlanacağı bir mekanizma olmalıdır. Aksi takdirde sonrasında salıverme ve gevşeme olabilir. Kalıntının bağlanması metal, kalıntı ve süzgeç arasındaki sınırlama tabaka enerjisine bağlıdır.

$$\Delta G = \sigma_{KS} - \sigma_{MS} - \sigma_{MK} \quad (2.2)$$

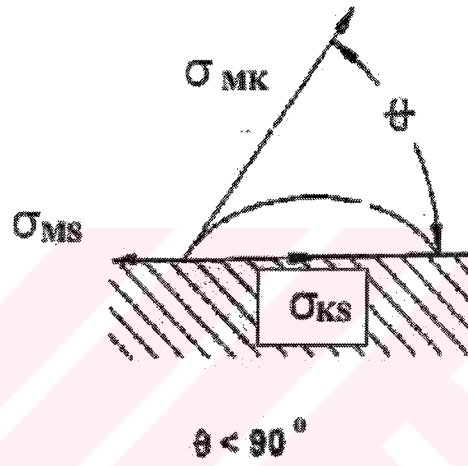
ΔG = Gibbs serbest enerjisi

σ_{KS} = Kalıntı ve süzgeç arasındaki sınırlama tabaka enerjisi

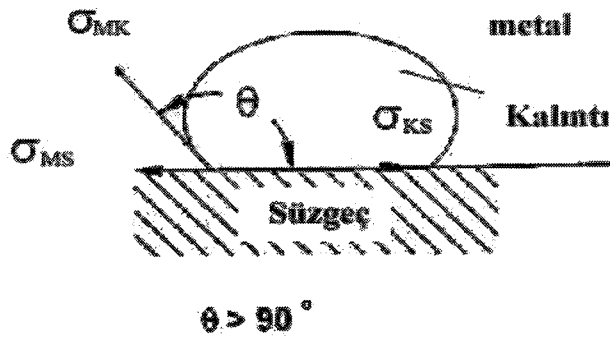
σ_{MS} = Metal ve süzgeç arasındaki sınırlama tabaka enerjisi

σ_{MK} = Metal ve kalıntı arasındaki sınırlama tabaka enerjisi (Aubrey vd., 1993)

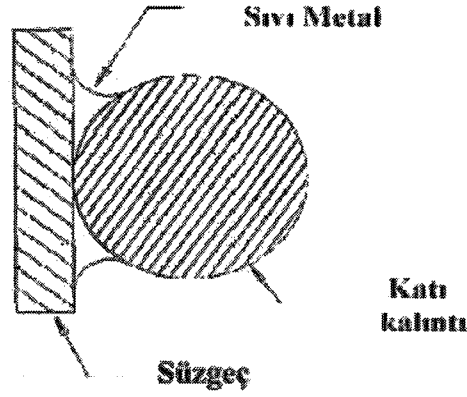
ΔG sıfırdan küçük olduğunda, yüzey kuvvetleri kalıntıyı süzgeç yüzeyine taşır. Şekil 2.1 ve 2.2 değişik yüzey bileşenleri ve $\theta < 90^\circ$ ıslatma ve $\theta > 90^\circ$ ıslatmama koşulları için temas ıslatma açısı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Süzgeç malzemesi ve katı kalıntı parçacığı eriyik tarafından ıslatılmadığı koşullarda, kalıntı ve süzgeç duvarı arasındaki ara bölgede erimiş metalin çok ince bir geri çekilmesi olur. Bu olay Şekil 2.3' de gösterilmektedir. Çizelge 2.1'de çeliğin çeşitli katı refrakter oksit malzemeler üzerindeki temas ıslatma açıları verilmiştir. (Aubrey vd., 1993)



Şekil 2.1 Eriyiğin süzgeci ıslatma durumu (Roucka, 2000)



Şekil 2.2 Eriyiğin süzgeci ıslatmama durumu (Roucka, 2000)



Şekil 2.3 Süzgeç duvarında yakalanan katı kalıntı (Roucka, 2000)

Çizelge 2.1 Çeliğin refrakter oksit malzemeler üzerindeki temas açıları (Aubrey vd., 1993)

Refrakter oksit malzemesi	Sıcaklık (°C)	Temas Açısı (θ°)
Al ₂ O ₃	1600	135
SiO ₂	1600	115
CaO	1600	132
ZrO ₂	1550	122
MgO	1600	125

Çizelge 2.1’de verilen malzemelerin temas açıları 90 °’den büyük olduğu için bu oksitlerin süzgeç malzemeleri; ıslanmayan oksit kalıntıları uzaklaştırmada etkilidir. (Aubrey vd., 1993)

2.1.2.2 Sıvı Kalıntı Uzaklaştırma

Apelian ve arkadaşları, su modelleme deneyleriyle ve laboratuvar koşulları altındaki erimiş çelik testleri ile sıvı kalıntıları süzme ile uzaklaştırmaya çalışmıştır. Sıvı kalıntıları uzaklaştırmanın eriyik hızına ve sıvı kalıntıların süzgeç alt tabakasını ıslatabilmesine bağlı olduğu bulunmuştur. Sıvı kalıntının süzgeç yüzeyine yapışması için yüksek “yapışma işi (WA)” gereklidir. Yapışma işi sıvı kalıntıyı süzgeç yüzeyinden fiziksel olarak ayırmak için gerekli iş miktarı ve yeni metal/süzgeç ve metal/kalıntı arayüzeyi oluşturmak olarak tanımlanmıştır. (Aubrey vd., 1993)

Yapışma işi şu şekilde tanımlanır:

$$(WA)_{SK} = \sigma_{MK} - \sigma_{MS} - \sigma_{SK} \quad (2.3)$$

$(WA)_{SK}$: Yapışma işi

σ_{MK} : Metal ve sıvı kalıntı arasındaki sınırlama tabaka enerjisi

σ_{MS} : Metal ve süzgeç arasındaki sınırlama tabaka enerjisi

σ_{SK} : Süzgeç ve sıvı kalıntı arasındaki sınırlama tabaka enerjisi (Aubrey vd., 1993)

(2.3)'e göre; iyi bir yapışma σ_{SK} 'ye bağlı olarak σ_{MK} ve σ_{MS} 'nin yüksek değerlerinde elde edilir.

$$(WA)_{SK} = \sigma_{MK} (1 + \cos \theta_{SK - MK}) \quad (2.4)$$

(2.4) 'de süzgece en fazla kalıntı yapışmasının düşük temas ıslatma açısında (θ) olacağı gösterilmiştir. Bir başka ifadeyle, en fazla kalıntı yapışması, sıvı kalıntı süzgeçi ıslattığında elde edilir. Genellikle, sıvı oksit kalıntıları oksit refrakter yüzeylerinde düşük ıslatma açısına sahiptir.

Çizelge 2.2 Sıvı Oksit kalıntılarının oksit refrakter yüzeyindeki ıslatma açıları (Aubrey vd., 1993)

Sıvı oksit malzemesi	Refrakter altlık	Sıcaklık (°C)	Temas Islatma açıları (θ°)
FeO – SiO ₂ 70/30	Alümina	1250	< 10
FeO – MnO- CaO- SiO ₂ – Al ₂ O ₃	Zirkonya	1500	5-20
FeO – MnO- CaO- SiO ₂ – Al ₂ O ₃	Alümina	1500	<10

3. METAL DÖKÜMÜNDE OLUŞABİLECEK KALINTILAR

Dökümdeki kalıntılar; dökümcüye, müşterisine, makine atölyesine ve son kullanıcıya hep bir problem olmuştur. (Sudgen ve Brooks, 1992)

Dökümde dökümcüler tarafından karşılaşılan en yaygın kusur metalik olmayan kalıntıların oluşumudur. Kalıntıların varlığı; döküm yüzeyinde, mekanik özelliklerde, işleme karakteristiğinde zararlı etkilere neden olur ve dökümün ıskartaya çıkmasına yol açar. Kalıntıların zarar derecesi; kalıntının çeşidine, miktarına, ölçüsüne ve şekline bağlı olarak değişir. (Hack vd., 1990)

Kalıntılar iki ana sınıfa ayrılır:

1. Dış kaynaklı kalıntılar: Kalıp dışında meydana gelen ve içeriye metal akışıyla taşınan kalıntılardır. Bu sınıfın en önemlileri:

- a) Erimiş fırın curufları
- b) Kepçe refrakterleri
- c) Kepçe curufları
- d) Eritken artıkları
- e) Kükürt giderme curufları
- f) Alaşımlama, nodülleme ve aşılama reaksiyonları artıkları
- g) Oksidasyon ürünleri
- h) Bulaşıklar ve yabancı maddelerdir.

Dış kaynaklı kalıntılar; kum parçacıkları, refrakter malzemesi, kalıp malzemesi, ergime, curuf ve birkaçının topaklaşmasıyla oluşur. Dış kaynaklı kalıntılar hızlı katılaşan yerlerde bulunur. Döküm parçasının üst yüzeylerinde veya dikey duvarlara bitişik olabilir. Bunlar işlendiğinde yüzey kalıntıları şeklinde açığa çıkarlar. (Hack vd., 1990)

2. İç kaynaklı kalıntılar: Kalıp içinde oluşan kalıntılardır. Bunlar:

- a) Serbest kum
- b) Kalıp ve maça erozyon ürünleri
- c) Serbest kalıp ve maça kaplama ürünleri
- d) Yolluk sisteminde oluşan oksidasyon ürünleri

- a) Kum erozyonundan ve serbest kalıp kumundan kaynaklanan kum kalıntıları
- b) Kupol veya fırından kaynaklanan curuf, refrakter veya metal oksidasyonundan kaynaklanan kepçe yüzey artığı
- c) Aşılama tanecikleri

- d) Metal soğurken ve katılaşıırken yüksek sülfürlü demirde oluşan mangan sülfür kalıntıları oluşur.

Disk fren rotoru ve silindir bloğu gibi yüksek işlenebilirlik gerektiren gri dökme demirden yapılmış ürünlerde kalıntı bulunması büyük risk taşır. (Brown, 1994)

3.1.2 Dövülebilir Demir (Temper Dökme Demir)

Dövülebilir demir dökümünde iki tip kalıntı vardır:

- Gri dökme demirdeki gibi oluşan kumkalıntıları
- Curuf, genellikle kireç- silika curuf ve oksitler. Fırın ve döküm sıcaklıklarının yüksek olması, curuf tanelerinin sıvı kalmasını sağlar ve süzülmesini zorlaştırır. (Brown, 1994)

3.1.3 Sünek Demir (Küresel Grafitli Dökme Demir)

Gri dökme demirde bulunan kum ve curuf kalıntılarına ek olarak, sünek demirde magnezyum işleminden ortaya çıkan maden curufu mevcuttur. Curuf magnezyum silikat filminden ve magnezyum sülfat taneciklerinden oluşur. Magnezyum silikat, magnezyum işlemi sırasında MgO ve SiO_2 arasındaki reaksiyon sonucu oluşur. (Brown, 1994)

3.1.4 Alüminyum Alaşımları

Alüminyum alaşımlarında çok çeşitli tipte kalıntılar bulunur. Bu kalıntılar boyutlarına ve kimyasal içeriklerine göre sınıflandırılır. Oksit filmler, ergime ve alaşımlama sırasında oluşur. Al_2O_3 filmler ergiyik yüzeyinde asılı halde dururlar. Oksit kalıntılar topaklanmaya eğilimlidirler çünkü alüminyum tarafından ısıtılmaları zordur. $MgAl_2O_4$ eriyik hurdalarından veya fırına ilave edilen magnezyum katkılarından kaynaklanır. Silika makroparçacıkları, seramik malzemelerin erozyonundan kaynaklanır. Klor ve tuzları gibi sıvı fazlı kalıntılar ergime ve klorun gaz alma işlemi sonucu oluşur. (Makarov vd., 1999)

Çizelge 3.1'de alüminyumdaki kalıntılar gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Alüminyumdaki kalıntılar (Gauckler vd., 1985)

Kalıntı Çeşitleri		Yoğunluk(g/cm ³)	Boyut (µm)
Oksitler	Al ₂ O ₃	3,97	0,2-30 10-5000
	MgO	3,58	0,1-5 10-5000
	MgAl ₂ O ₄	3,6	0,1-5 10-5000
	SiO ₂	2,66	0,5-5
Oksit Olmayanlar	Tuzlar Klorürler Florürler	1,98-2,16	0,1-5
	Karbürler Al ₄ C ₃ SiC	2,36 3,22	0,5-25
	Nitrürler AlN	3,26	10-50
	Borürler TiB ₂ AlB ₂	1,5 3,19	1-30 0,1-3

4. SÜZME MEKANİZMASI

Süzmede amaç döküm sıvısının bünyesine çeşitli kaynaklardan katılan kalıntıların, sıvı yapısından uzaklaştırılması ya da en azından düşük sınırlara çekilmesidir.

Süzmede; hareketli eriyik şartlarında kalıntılar durdurularak katı-sıvı ayrımı yapılmış olur. Kalıntıların tutulmasında, kalıntıların süzgeçlerdeki yakalama bölümüne taşınması ve daha sonra bu kalıntıların bu bölümlere bağlanması olayları göz önüne alınır. (Gören, 1995)

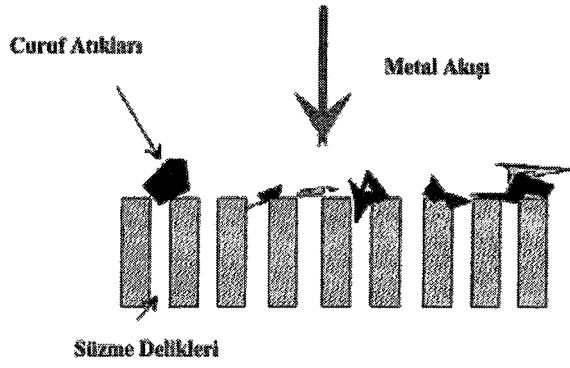
Bazı süzgeç yapılarıyla, özellikle seramik köpüklerde, ince kalıntılar seramik yapısının kendisiyle tutulurlar. Bu süzgecin genel yoğunluğuna bağlıdır. Ağsı yapısı ne kadar yoğunsa, örneğin seramik köpüklerde olduğu gibi, doğrusal akış yolu izler. Yoğun seramik köpükler, ince hücreli yapılarından daha etkindir. (Clark, 1991)

Süzgeçler üç farklı mekanizma ile kalıntıları uzaklaştırır:

4.1 Fiziksel Eleme

Süzgeçler; süzgeç delikleri veya gözenek boyutlarından büyük curuf taneciklerini ve kalıntıları toplarlar. Bu tanecikler, fiziksel boyutlarından dolayı döküm deliğinden geçemezler. Şekil 4.1 fiziksel eleme mekanizmasını göstermektedir. (Andrews ve Matthews, 1996)

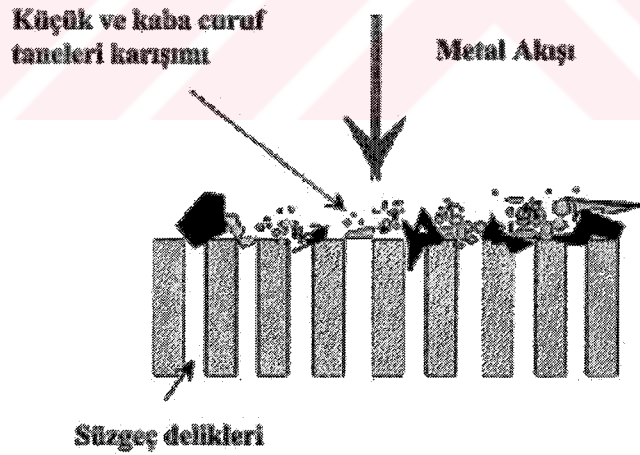
Süzgeç gözeneklerinin boyutundan daha büyük boyutta olan curuf atıkları, kum taneleri, refrakter atıkları gibi kaba kalıntıların süzgeçten aşağı geçemeyip, süzgecin giriş yüzeyinde yakalanması olayıdır. Kalıntılar süzgecin üst yüzeyinde toplanırlar ve süzgecin gözenek büyüklüğü, sıvıdan ayrılacak kalıntı büyüklüğünü belirler. (Shaw, 1993)



Şekil 4.1 Fiziksel eleme mekanizmasının şematik çizimi (Andrews ve Matthews, 1996)

4.2 Kek Süzmesi

Fiziksel eleme fazı sırasında üst kısımda toplanan büyük curuf tanecikleri süzgeç kekini oluşturur. Kek verimli süzme ortamı gibi davranır. Bu faz süzgeç hücrelerinden küçük tanecikleri toplayabilir. Şekil 4.2 kek süzme mekanizmasını göstermektedir. (Andrews ve Matthews, 1996)

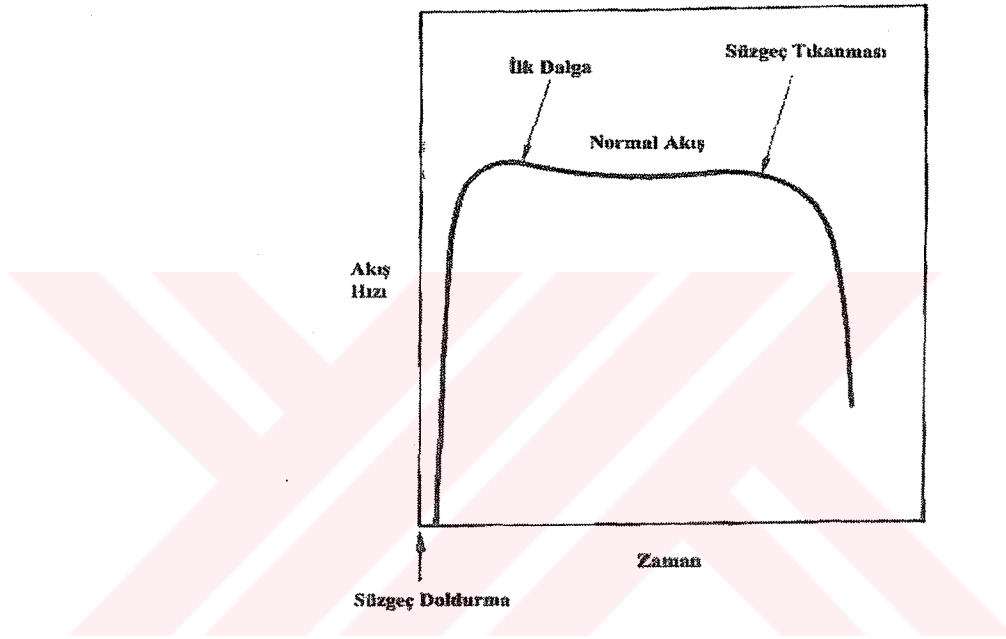


Şekil 4.2 Kek süzmesi mekanizmasının şematik çizimi (Andrews ve Matthews, 1996)

Süzgeç yüzeyinde toplanan büyük boyutlu kalıntının zamanla süzgeç yüzeyine yığılması sonucu süzgecin yüzeyinde kek adı verilen yapı oluşur. Kek tabakası oluşuktan sonra fiziksel elemde elenen parçalardan daha küçük boyutlu parçalar kek tabakasına çarparak bu tabakaya yapışır. Böylelikle kullanılan süzgecin gözeneklerinin boyutundan daha küçük boyutlu

kalıntılar elenmiş olur. Kek tabakası süzmesi genellikle çok sayıda kalıntı içeren ergiyiklerdeki büyük kalıntı parçalarını süzgeç yüzeyinde temizler.

Kum taneleri, büyük curuf topakları, refrakter ve oksit filmleri gibi büyük kalıntılar süzgecin giriş yüzünde fiziksel olarak tutulur. Metal geçtikçe, bu kalıntılar süzgeç yatağı gibi davranan süzgeç keki oluştururlar. Süzgeç keki sonunda yoğunlaşır ve sıvı metalin geçtiği yollar tıkanmış olur. Böylece akış hızı azalır ve en sonunda durur. Şekil 4.3' de kek oluşumu sonucu oluşan tıkanma olayı görülmektedir.

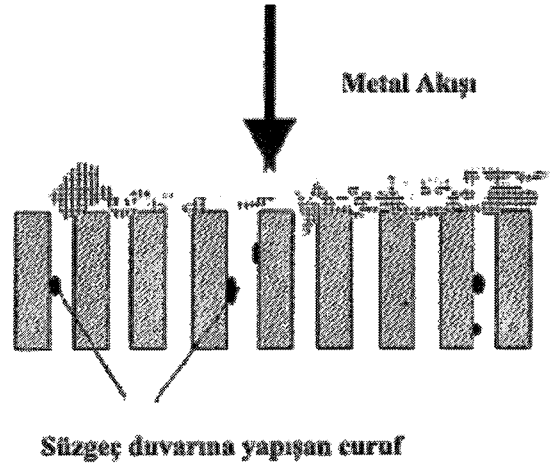


Şekil 4.3 Kek oluşumu sonucu süzgecin tıkanması (Brown, 1994)

Kalıntı morfolojisi ve tipine göre bazı metallerde bu olay daha geç olur. Örneğin; alüminyum, bakır ile birleşmiş ağır curufsu tipteki kalıntılar süzgeci gri ve dövülebilir demir gibi sıvı kalıntılardan daha geç tıkar. Metal cinsine ve döküm tecrübesine bağlı olarak; süzgeç boyutu ve tipinin seçilmesinde dikkat edilmesi gerekir. (Clark, 1991)

4.3 Derin Yatak Süzmesi

Süzgecin iç yapısı küçük curuf taneciklerini yakalayabilecek durumdadır. Metal akışındaki küçük değişiklikler, taneciklerin süzgecin seramik duvarlarına değmesine neden olur. Bir kere temas olduğunda, kalıntılar seramik malzemesine yapışma eğiliminde olacaktır. Şekil 4.4 preslenmiş hücresel süzgeçte derin yatak süzmesi ile kalan kum tanesini göstermektedir. (Andrews ve Matthews, 1996)



Şekil 4.4 Derin yatak süzmesi mekanizmasının şematik çizimi (Andrews ve Matthews, 1996)

Derin yatak süzmesi verimi süzgeç malzemesinin toplam yüzey alanından etkilenir. Kalıntının alıkoyulması tüm süzgecin kalınlığı boyunca mümkündür. Seramik köpük süzgecin ağısı yapısı yüksek iç yüzey alanı yaratır ve derin yatak süzmesini artırır. Süzgecin iç yüzey alanını arttırarak süzme verimi arttırılır. (Schmahl ve Davidson, 1993)

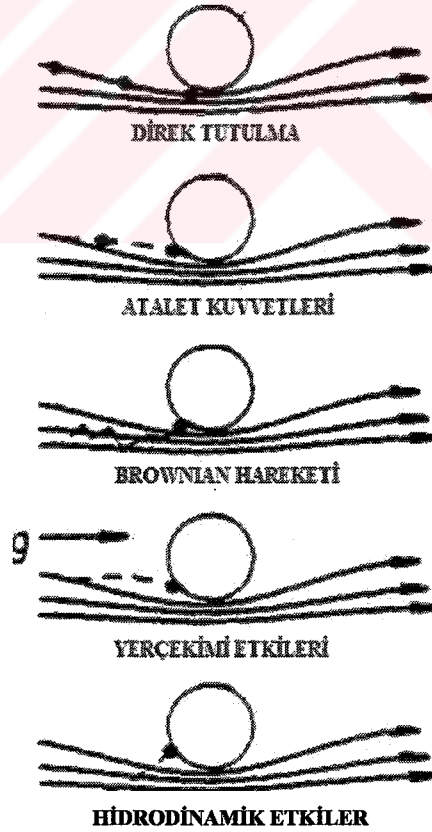
Derin yatak süzmesinin gerçekleşebilmesi için iki prosesin meydana gelmesi gereklidir. Bunlar:

1. Kalıntı süzgeç duvarına yapışmalı.
2. Kalıntı ile süzgeç duvarı arasındaki bağlantı metalin akış kuvvetine dayanacak güçte olmalıdır. (Shaw, 1993)

Derin yatak süzmesi ile kalıntı tutulması; süzgecin ve kalıntının kimyasal kompozisyonuna, süzgecin mikro gözenekliliği, topografisi ve ıslatılabilirliğine, metalin süzgeçten akış hızına, kalıntı boyutu ve morfolojisine bağlıdır. (Hübschen vd., 1995)

Derin yatak süzmesi seramik köpük süzgeçlerde ana mekanizmadır. Kalıntıların süzgeç yapısındaki derin yataklarda uygun olan yerlere yapışması, metal akışının yörünge çizgisi üzerinde ve bir çok değişik yol ile meydana gelir. Şekil 4.5' de derin yatak süzmesinde kalıntı taşınım mekanizmaları gösterilmiştir.

1. **Direk tutulma** : Kalıntı yörünge çizgisini izleyerek süzgeç seramiğe çarpar ve süzgeç gözenğine yapışır.
 2. **Atalet kuvvetleri** : Kalıntının sıvı akış yönünde dolambaçlı akışın neden olacağı ani yön değişimlerine uyum sağlayamaz ve süzgeç iç duvar yüzeylerine çarparak yakalanır.
 3. **Brownian hareketi** : Kalıntılar başka bir kalıntıya çarparak yörünge çizgisinden sapar ve süzgeç gövdesine yapışır.
 4. **Yerçekimi kuvvetleri** : Kalıntıların kendi normal rotalarından sapması yerçekimi kuvvetlerinin kalıntıları etkilemesinden kaynaklanır ve kalıntının süzgeç tarafından tutulmasını sağlar.
 5. **Hidrodinamik etkiler** : Süzgeç gözeneklerinde sıvı akış hızının farklılığının yol açtığı etkilerdir. Süzgeçlerde ölü nokta olarak bilinen kısımlar cep gibi davranıp kalıntıları yakalar.
- [3]



Şekil 4.5 Derin yatak süzmesinde kalıntı taşınımı (Aubrey vd., 1993)

5. SÜZGEÇ ÇEŞİTLERİ

Metalik olmayan kalıntıları uzaklaştıracak birçok süzgeç çeşidi vardır. Süzgeç çeşitleri :

1. Kumaş süzgeç
2. Çelik tül elekler
3. Tel yünü
4. Seramik köpük süzgeçler
5. Hücresel süzgeçler

Kumaş süzgeçler; alüminyum, dökme demirler ve yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılmak üzere dokuma cam yününden yapılır. Türbülansı azaltırlar, düşük süzme verimleri vardır. (Brown, 1994)

Çelik tül elekler ve kumaş süzgeçler, senelerdir birincil ve ikincil alüminyum endüstrisinde kullanılmaktadır. Tüller ve çelik yünler demir dışı metal dökümünde özellikle basınçlı dökümde kullanılmaktadır. (Brown, 1994)

Seramik metal süzgeçleri iki ana gruba ayrılır: köpük süzgeçler ve hücresel süzgeçler. Hücresel süzgeçler üretim metodlarına göre ikiye ayrılır: preslenmiş hücresel süzgeçler ve ekstrüze edilmiş hücresel süzgeçler. Bu üç tip süzgecin kendine ait özellikleri vardır. Bu bir çeşit süzgecin diğer bir tip yerine kullanımını sağlar.

Eş değer ikame seçmek için en önemli faktör süzgeç ürünlerinde hücreleri birbirine uydurmaktır. Çizelge 5.1 her bir süzgecin hücre tipini, hücre karakteristiğini tanımlamada kullanılan metodu verir. (Hamilton Porcelains Limited, 1994)

Çizelge 5.1 Hücre Karakteristiği (Hamilton Porcelains Limited, 1994)

Süzgeç tipi	Hücre tipi	Süzgeç hücre karakteristiğini tanımlama metodu
Hücresel : Preslenmiş	Yuvarlak	Hücre Çapı
Hücresel :Ekstrüze	Kare	Hücre yoğunluğu (inç başına hücreler)
Köpük	Küresel(yumurta şeklinde)	Gözenek yoğunluğu (inç başına gözenek)

5.1 Hücresel Seramik Süzgeçler

Hücresel seramik süzgeçler kare kısımlı yollarıyla bal peteği yapısına sahiptir. Seramik duvarları incedir ve %75 kadar açık alana sahiptir. (Brown, 1994)

Hücresel seramik süzgeçler üretim şekillerine göre ikiye ayrılır:

- a) Preslenmiş süzgeç
- b) Ekstrüze edilmiş süzgeç (Hamilton Porcelains Limited, 1994)

Hücresel seramik; hücre denen tek tek kanallara bölünmüş refrakter kütledir. Üretim metodu; süzgecin dış geometrisinin, iç geometrisinin ve hücre yoğunluklarının değiştirilmesine izin vermektedir. (Brown, 1994)

Hücresel süzgeçler, metal akışını çok küçük kanallara bölmektedir. Curuf ve kum kalıntıları süzgecin ön yüzünde ve süzgecin iç hücre duvarlarında toplanır. Kalıntı analizi dövülebilir demir uygulamalarında Mg, Al, Si ve S konsantrasyonlarının ve gri demir uygulamalarında Al ve Si konsantrasyonlarının yüksek olduğunu gösterir. (Brown, 1994)

Hücresel süzgeç, SEDEX süzgeçten daha az etkilidir. Süzgeçler yolluk sistemine yerleştirilir böylece metal süzgeç boyunca akar. Süzgeç kutusu; süzgeç için boşluk oluşturmak amacıyla yolluk sistemi modeline birleştirilir. Hücresel süzgeçler, kontrollü dış boyutlara sahiptir yani süzgeçler kalıba tam olarak uyar. (Brown, 1994)

Hücresel seramik süzgeçlerin çalışma prensibi; ilk önce büyük kalıntıların süzgeç yüzeyinin üstünde yakalanması sonra diğer kalıntıların bu büyük kalıntılara yapışması ve hücre deliğinden daha küçük boyutta parçaların süzgeç duvarlarına yapışması şeklindedir. Süzgeç duvarına yapışması süzgecin kalıntılar ile aynı tür malzeme olmasıyla ilgilidir. Hücresel seramik süzgeçler oksit seramikten yapılmaktadır. Döküm sırasında meydana gelen kalıntıların % 80'i oksit esastır.

Hücresel seramik süzgeçlerde bal peteği şeklindeki matriks yapılar curufu, artıkları ve metal dışı kalıntıları metal akışına fazla etkilemeden sıvı metalden temizler. Süzgeçten kalıba düzgün metal akışı sağlanmasıyla oluşabilecek türbülanslar azalır ve süzme sonrası reoksidasyon veya döküm sistemi aşınmasından oluşabilecek kalıntıların oluşma riski azalır. (Brown, 1994)

Hücresel süzgeçler; gri demir, yumuşak demir ve dövülebilir demir dökümünde çokça kullanılır. Son yıllarda bu süzgeçler Al alaşımlarında ve diğer demir dışı alaşımların dökümünde kullanılmaktadır. (Wang vd., 1996)

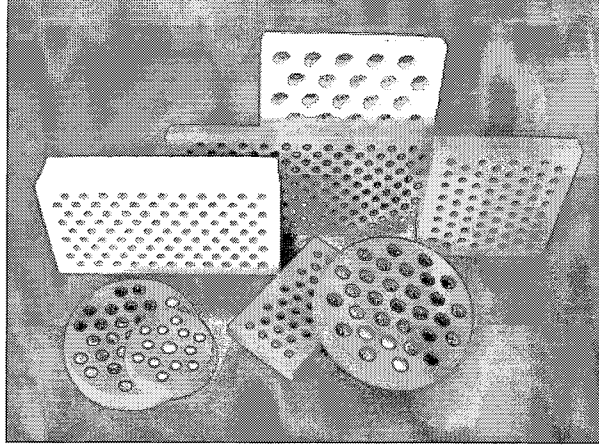
Hücresel süzgeç kullanılması sebebi; süzgecin düşük maliyeti, süzme üzerindeki yüksek performansı (kalıntıları uzaklaştırması ve akış türbülansını düşürmesi), yüksek emniyeti, oda sıcaklığında ve çalışma sıcaklığındaki süzgecin yüksek mukavemetidir. Hücresel süzgeçte fiziksel eleme ve kek süzmesi etkindir. Fiziksel elemelerde büyük boyuttaki kalıntılar süzgecin girişinde tutulur. Ne kadar çok kalıntı yakalanırsa, o kadar fazla süzgeç keki oluşur. Çizelge 5.2' de hücresel seramik süzgeçlerin çeşitli boyutları verilmiştir (Wang vd., 1996)

Çizelge 5.2 Hücresel seramik süzgeçlerin çeşitli boyutları (Stone ve Day, 1985)

Hücre yoğunluğu(hücre/in ²)	Açık Ön yüzey alanı (%)	Hücre boyutu (inç)	Duvar kalınlığı (inç)	Hücre şekli
50	67	0,115	0,025	Kare
100	69	0,083	0,017	Kare
200	69	0,058	0,012	Kare
300	63	0,044	0,012	Kare
400	75	0,043	0,007	Kare
50	35	0,094		Yuvarlak
242	62	0,077 (bir yüzü)	0,012	Üçgen

Preslenmiş süzgeçlerin üretim süreci, uygun bir seramik toz karışımından, istenen kare veya yuvarlak kesitte tabakaların yüzeyinde delme aparatı ile istenilen boyut ve sıklıkta delikler açılır. Hazırlanan bu seramik elemanlar, daha sonra gerekli mukavemet ve sertlik değeri kazanmaları için sinterlenir. (Gören, 1995)

Preslenmiş seramik süzgeçler orta düzeyde süzme verimiyle çalışırlar. Her deliğin veya hücrenin etrafındaki kalın duvarlara rağmen bu tip süzgeçler düşük açık cephe alanına sahiptirler. Sıvı metalin akış hızı, süzgecin açık cephe alanı ile orantılıdır. Döküm sırasında istenen akış hızını elde etmek için süzgeç delik boyutu büyük olan süzgeçler kullanılması gereklidir. (Sudgens ve Brooks, 1992)

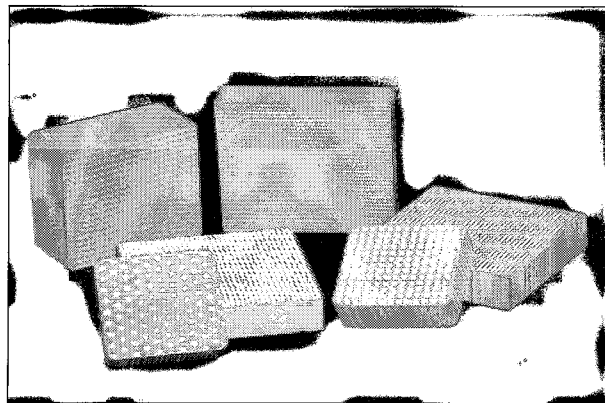


Şekil 5.1 Preslenmiş süzgeçler [4]

Ekstrüzyon ürünü süzgeçler, seramik malzemenin kalıbın karşı matriksi boyunca sürekli preslenmesi ile üretilirler. Önce belirli kesit ve boyda kütükler halinde çekilirler. Bu kütükler daha sonra uygun mukavemeti sağlayacak şekilde kurutulurlar. Kurutulan bu kütüklerden kesilen uygun boyutlu dilimler yüksek sıcaklıklarda sinterlenir. (Hofmann Ceramic OHG)

Ekstrüze süzgeçler çeşitli avantajlar sunar:

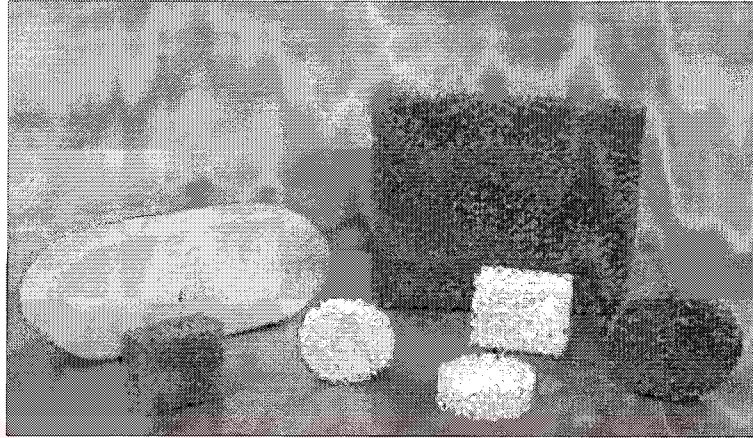
- a) Yüksek açık ön yüzey alanı : Yüksek akış hızı
 - b) Düzenli hücre geometrisi : Düzenli döküm süresi, düzenli süzme, düzenli metal kapasitesi
 - c) Mukavim yapı : Döküm sırasında çarpılma olmaz.
 - d) İyi boyutsal kontrol : Kalıba iyi yerleşir.
 - e) Oksit seramik : Oksit kalıntılarını kolay tutar, eritme sırasında kirlenme olmaz.
- (Sudgens ve Brooks, 1992)



Şekil 5.2 Ekstrüze edilmiş süzgeçler [4]

5.2 Seramik Köpük Süzgeçler

Seramik köpük süzgeçler; en verimli metal süzgeçlerdir. Açık gözenekliliğe, yüksek gözenek hacmiyle (%90) ağısı yapıya ve kalıntıları tutmak için çok yüksek yüzey alanına sahiptir. Metal süzgeç boyunca dolambaçlı bir yol izler. Çok küçük kalıntıların uzaklaştırılması seramik gözenek yüzeylerinin içine çekimi sonucu gerçekleşir. (Brown, 1994)

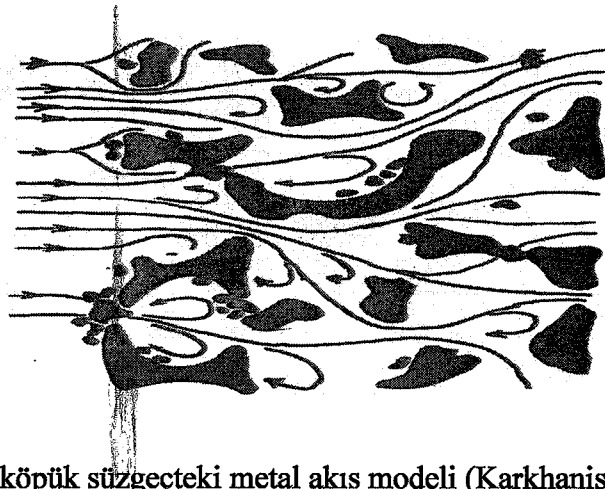


Şekil 5.3 Seramik köpük süzgeçler [1]

5.2.1 Köpük Süzgeç Karakteristiği

Süzgecin hücre boyutu azaldıkça (gözenek boyutu sayısı artar), köpük yapısının iç yüzeyi artar. Hücre yapısı dolambaçlı bir yörünge yaratır. Bu da kalıntının süzgeç ile temas halinde olma ve süzgeç yapısına yapışma olasılığını artırır. (Shaw, 1993)

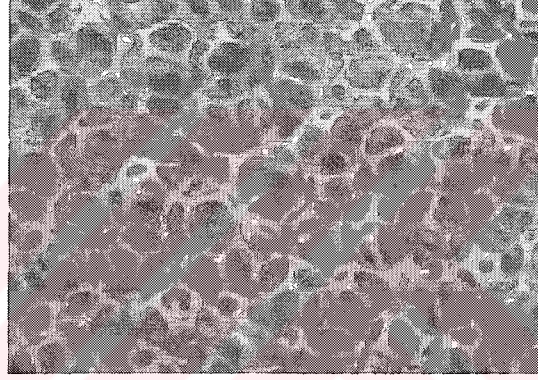
Şekil 5.4'de seramik köpük süzgeç içindeki metal akış modeli gösterilmektedir. (Karkhanis ve Gadagkar, 1993)



Şekil 5.4 Seramik köpük süzgeçteki metal akış modeli (Karkhanis ve Gadagkar, 1993)

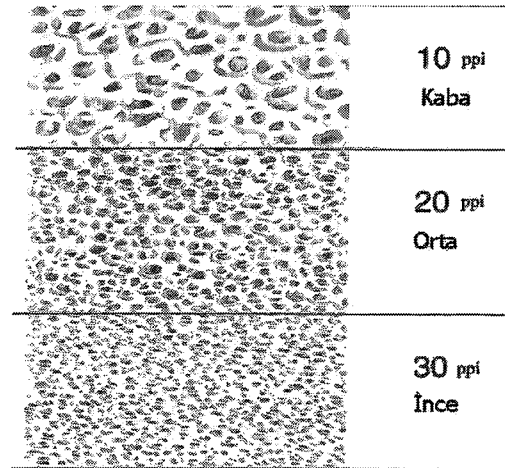
Ekstrüze edilmiş ve preslenmiş süzgeçler fiziksel eleme yaparken seramik köpük süzgeçler derin yatak süzmesi yapar. Sonuç olarak seramik köpük süzgeçler, süzgeç hücresi veya gözenek açıklığı büyüklüğünden daha küçük kalıntıları uzaklaştırabilmektedir. Seramik köpük süzgeçlerin metal süzmesinde ideal olmasındaki yapısal özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

1. Etkili kalıntı uzaklaştırılması için iç yüzey alanı
2. Etkili kalıntı uzaklaştırılması için dolambaçlı yörünge
3. Yüksek ısıl şok dayanımı
4. Düşük sıvı akış dayanımı
5. Düşük ısıl kütle
6. Yüksek iç makro gözeneklilik (Shaw, 1993)



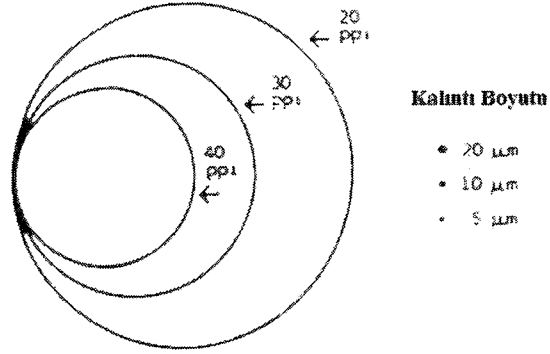
Şekil 5.5 Seramik köpük süzgeç yapısı (Ray, 2001)

Şekil 5.6' da No.10 ppi (por per inch) (kaba), No. 20 ppi (orta), No. 30 ppi (ince) gözenek boyutlu süzgeçler arasındaki farkları göstermektedir.



Şekil 5.6 Farklı gözenek boyutundaki seramik köpük süzgeçler [5]

Şekil 5.7' de değişik gözenek boyutlarıyla metalden uzaklaştırılan kalıntılar arasındaki fiziksel ilişki gösterilmiştir. Şekil 5.7'ye göre; gözeneklilik ve kalıntı boyutu arasında çok büyük farklar vardır. (Shaw, 1993)

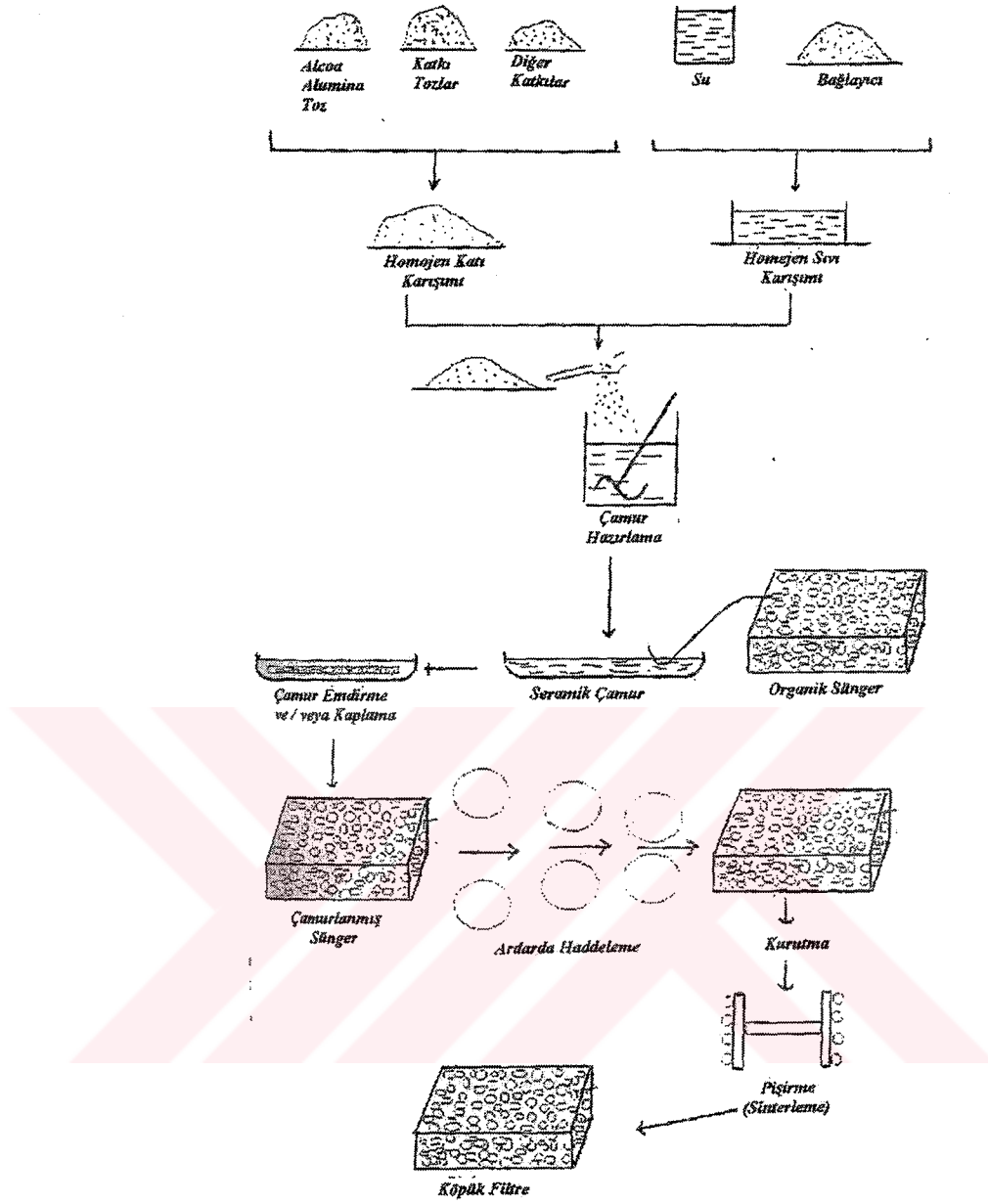


Şekil 5.7 Süzgecin gözenek boyutu ile kalıntı boyutlarının şematik karşılaştırılması (Shaw, 1993)

5.2.2 Seramik Köpük Süzgeç Üretimi

Gözenekli seramik üretimi seramik çamurun hazırlanması ve elastik açık hücreli polimerik köpüğe emdirilmesiyle başlar. Daha sonra polimerik sünger gözenekli seramiği terketmesi için yakılır. Bunu yüksek sıcaklıklarda sinterleme işlemi takip eder.

İlk olarak, seramik çamur uygun tane boyutu ve homojen karışmış katkı maddeleriyle hazırlanmalıdır. Genellikle, seramik çamur ince taneli seramik parçalarından, su, bağlayıcı, plastik yapıcı katkı maddelerinden yapılır. Çamurun akışkanlığı sünger içindeki gözenek boyutuna bağlı olarak kontrol edilir. Çamurdan uçabilecek katkı maddelerinin uzaklaştırılması ve sünger seramik parçaları ile kaplamak için kurutma adımı gereklidir. Kurutulmuş seramik yapı, polimerik bileşeni yakmak için 350-750 ° C sıcaklıkları arasına ısıtılır. Son adım gözenekli seramiği sinterlemektir. (Baykara vd., 1997)



Şekil 5.8 Seramik köpük süzgeç üretiminin şematik gösterilişi (Gören, 1995)

Dünyanın en büyük seramik köpük süzgeç üreticisi olan Foseco firması birçok süzgeç çeşidi geliştirmiştir. Çizelge 5.3'de çelik ve demirde kullanılabilecek süzgeç özellikleri verilmiştir.

Çizelge 5.3 Çelik ve demirde kullanılabilecek süzgeç özellikleri (Foseco Foundry International)

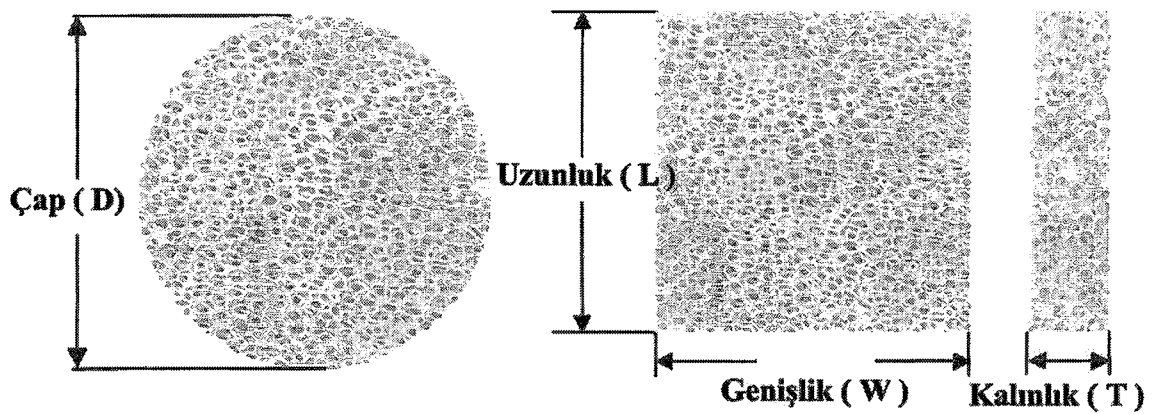
Süzgeç	Malzeme	Gözenek tipi	Süzgeç kapasitesi
SEDEX	Gri demir	20 ppi	3-5 kg/cm ²
SEDEX	Yumuşak demir	10 ppi	1,5-2,5 kg/cm ²
STELEX	Çelik (alaşımsız)	10 ppi	Max 1,5 kg/cm ²
STELEX	Çelik (alaşımlı)	10 ppi	Max 2,2 kg/cm ²

STELEX süzgeç zirkonyum oksitten üretilir. Çelik döküldüğünde süzgeç şiddetli bir ısıl şoka maruz kalır. STELEX süzgeçler özellikle çelik ve süper alaşımların kullanımı için geliştirilmiştir. Yüksek ısıl şok dayanımına sahiptir ve 1700 ° C lik döküm sıcaklıklarına kadar kullanım için uygundur. (Brown, 1994)

SEDEX süzgeç silisyum karbürden üretilir, mükemmel bir ısıl şok dayanımı sağlar. Süzgecin gözenekliliği ve süzme kapasitesi süzülecek malzemeye bağlıdır. (Foseco Foundry International)

SIVEX süzgeç fosfat bağlı, yüksek saflıktaki alüminadan üretilir. Seramik yapısı yüksek mukavemete ve yüksek ısıl dayanıma sahiptir. [1]

Şekil 5.9' da süzgeç boyutlarının şematik gösterilişi verilmiştir. (Selee Corporation)



Şekil 5.9 Süzgeç boyutlarının şematik gösterilişi (Selee Corporation)

Çizelge 5.4 Çelik için süzgeç boyutları (Selee Corporation)

Süzgeç Boyutu	L (inç) ± 0.060	W (inç) ± 0.060	T (inç) ± 0.060	Etkin süzgeç alanı,in ²
2x2x3/4''	1.95	1.95	0.75	3.2
3x3x1''	2.93	2.93	1.0	6.8
3x4x1''	3.94	2.94	1.0	9.4
4x4x1''	3.94	3.94	1.0	13.1

Çizelge 5.5 Çelik için yuvarlak süzgeç boyutları (Selee Corporation)

Süzgeç Boyutu	D (inç) ± 0.060	T (inç) ± 0.060	Etkin Süzgeç Alanı,in ²
2'' Yuvarlak	1.95	0.75	2.4
3'' Yuvarlak	2.94	1.0	5.9
4'' Yuvarlak	3.94	1.0	11.0

Çizelge 5.6 Demir için süzgeç boyutları (Selee Corporation)

Süzgeç Boyutu	Genişlik(W) ± 0.050	Uzunluk(L) ± 0.050	Kalınlık(T) ± 0.040
1.5x1.5	1.50	1.50	0.49/0.83
1.7x1.7	1.73	1.73	0.49/0.83
2.0x2.0	1.96	1.96	0.49/0.83
2.2x2.2	2.17	2.17	0.49/0.83
2.6x2.6	2.60	2.60	0.49/0.83
3.0x3.0	2.94	2.94	0.49/0.83
3.2x3.2	3.20	3.20	0.49/0.83
2.0x3.0	1.96	2.94	0.49/0.83
2.0x4.0	1.96	3.93	0.49/0.83
3.0x4.0	2.94	3.93	0.49/0.83

5.3 Süzgeçlerde Bulunması Gerekli Özellikler

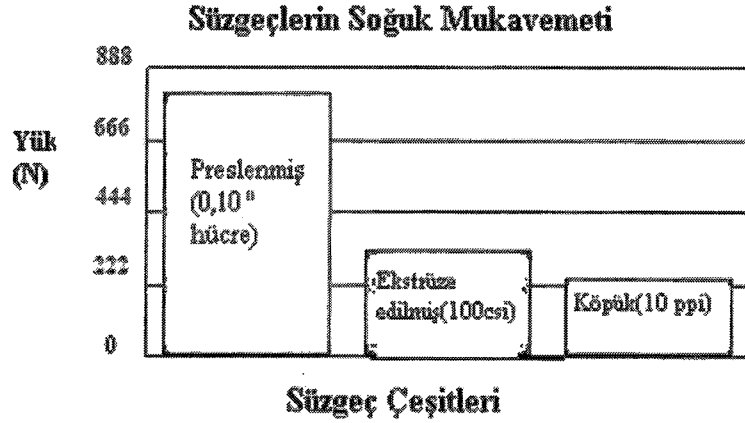
Piyasada çok çeşitli süzgeç teknolojisi vardır. Seramik süzgeçler en etkili süzgeçler olarak kabul edilmektedir. En bilinen seramik süzgeçler preslenmiş, ekstrüze edilmiş süzgeçler ve seramik köpük süzgeçlerdir. Her üç tip süzgecin sahip olması gerekli olan özellikler:

1. **Süzme Verimi:** Verim süzgeçlerin önemli özelliklerinden biridir. Etkili bir süzgeç curuf artıklarını metalik olmayan kalıntılar kalıp boşluğuna girmeden uzaklaştırabilmelidir. Bunu ne kadar etkili bir şekilde yapacağı birçok faktöre bağlıdır.
2. **Metal Kapasitesi:** Süzgecin kapasitesi döküm için uygun olmalıdır. Aynı zamanda devamlı olmalıdır. Kapasite bir süzgeçten diğerine değişmemelidir. Bu olay bazı durumlarda erken tıkanmaya yol açabilir.
3. **Akış Hızı:** Akış hızı yüksek ve devamlı olmalıdır. Akış hızındaki büyük değişimler kalıbın dolumunda soruna neden olur veya daha büyük süzgeçler kullanmak gerekir. Bu da maliyetin artmasına ve verimin düşmesine neden olur.
4. **Boyutsal Doğruluk:** Süzgeçler kalıp boşluğuna ilk seferinde ve her seferinde uygun olmalıdır. Bu performans kriteri imalatçıdan çok teknolojiyle ilişkilidir.
5. **Mukavemet (sıcak ve soğuk):** Süzgecin mukavemeti iki türlü sınıflandırılır, sıcak mukavemet ve soğuk mukavemet. Soğuk mukavemet nakliye ve taşıma amacı için önemlidir. Önemli olan parçaların kırılmamasıdır. Sıcak mukavemet metal döküldüğü zaman süzgeç sağlam kaldığı durumlarda önemlidir.
6. **Maliyet:** Süzgeç maliyeti önemli bir etmendir. Günümüz dökümhaneleri maliyeti düşürme konusunda araştırmalar yapmaktadır. (Andrews ve Matthews, 1996)

5.3.1 Soğuk Mukavemet

Soğuk mukavemet elle taşıma ve nakliye sırasında önemlidir. Süzgeç parçaları kırılmamalıdır. Süzgeçlerin soğuk mukavemeti üç nokta yükleme testiyle ölçülür. Bu testte süzgeçler iki yatay mandal üzerine dayandırılır. Yük yukarıdan üçüncü mandal tarafından uygulanır. Süzgeç kırılana kadar yük uygulanır. Şekil 5.10' da çeşitli tipteki süzgeçlerin soğuk mukavemetleri gösterilir. Buradan preslenmiş hücreli süzgecin en yüksek soğuk mukavemete sahip olduğu görülür. Ekstrüze süzgecin mukavemeti preslenmişin yarısı kadardır. Köpük süzgeçlerin mukavemeti ekstrüze süzgecin üçte biri kadardır. Köpük

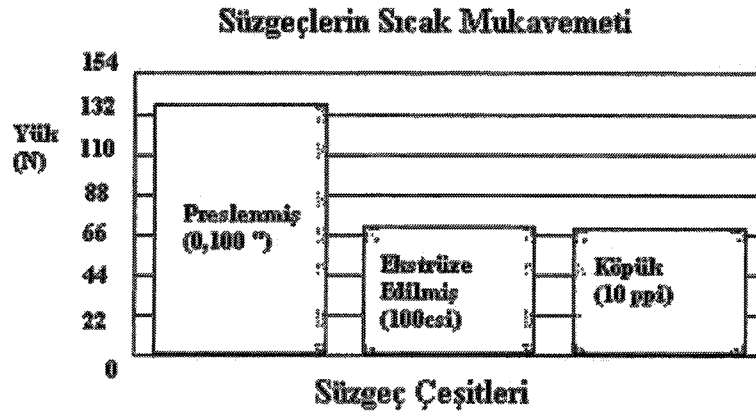
süzgeçler kırılındır. Küçük parçaların döküm boşluğuna kaçma tehlikesi vardır. (Andrews ve Matthews, 1996)



Şekil 5.10 Süzgeçlerin soğuk mukavemetinin karşılaştırılması (Andrews ve Matthews, 1996)

5.3.2 Sıcak Mukavemet

Metal sıcaklıklarına karşısında süzgeç yeterli mukavemete sahip olmalıdır. Sıcak mukavemet için küçük bir fırın 1500 °C' ye kadar ısıtılır. Fırın içinde refrakter tüpü vardır. Süzgeçler tüpün en üstüne yerleştirilir, kalıptaki termal şoku simule eder. Yük (çapta 0.705 inç) refrakter çubuğuyla süzgecin merkezine uygulanır. Süzgeç kırılana kadar yük uygulanır. Şekil 5.11' de çeşitli süzgeç tiplerinin sıcak mukavemetleri gösterilmektedir. Şekil 5.11' de görüldüğü gibi preslenmiş hücresel süzgeçler; ekstrüze edilmiş ve köpük süzgeçten daha kuvvetlidir.



Şekil 5.11 Süzgeçlerin sıcak mukavemetinin karşılaştırılması (Andrews ve Matthews, 1996)

5.3.3 Maliyet

Her bir süzgeç için doğru maliyet vermek olanaksızdır. Her imalatçı değişik maliyetlere sahiptir. Genelde köpük süzgeçlerin en pahalı olduğu kabul edilir. Onu ekstrüzyon ürünü süzgeçler takip eder. Süzgeçler içinde en ucuz olan preslenmiş hücresel süzgeçlerdir.

Fiyat farkları üretim maliyetinden kaynaklanır. Köpük süzgeçler karışık bir üretim döngüsünden geçer. Poliüretan köpük seramik çamurla kaplanır, kurutulur ve sinterlenir. Ektrüze süzgeçler devamlı kütük olarak üretilir ve her bir süzgeç kütükten dilimlenir. Preslenmiş süzgeç en az komplike imalat ile üretilir. Süzgeç bir pres işlemi ile üretilir, kurutulur ve sinterlenir. (Andrews ve Matthews, 1996)

5.3.4 Akış Hızı

Akış hızındaki tutarlılık önemli özelliktir. Süzgeçler yüksek ve tutarlı akış hızlarına sahip olmalıdır. Döküm süresi üzerinde süzgecin çok az etkisi olmalıdır. Seramik süzgeç üreticileri süzgecin aktif yüzeyinin yüzey alanının tıkalı alanın 3 ve 5 katı kadar olmalıdır. Bu tavsiyelere uyulsa bile değişiklikler bazen probleme neden olur.

5.3.5 Kapasite

Süzgeç kapasitesi akış hızı ve süzme verimi ile ilgilidir. Süzgecin yüksek süzme verimine sahip olması akış hızında ve kapasiteden kaynaklanır. Dökümcüler bu özelliklerin yüksek olmasını isterler.

1350 °C döküm sıcaklığında yumuşak demirde, ekstrüze süzgeçler preslenmiş süzgeçlerden daha yüksek kapasiteye sahiptir. Seramik köpük süzgeçler bu koşullarda en düşük kapasiteye sahiptir. Döküm sıcaklığı 1450 °C' ye çıkarıldığında süzgeç çeşitleri arasındaki farklılıklar azalmıştır. (Andrews ve Matthews, 1996)

5.3.6 Boyutsal Hassasiyet

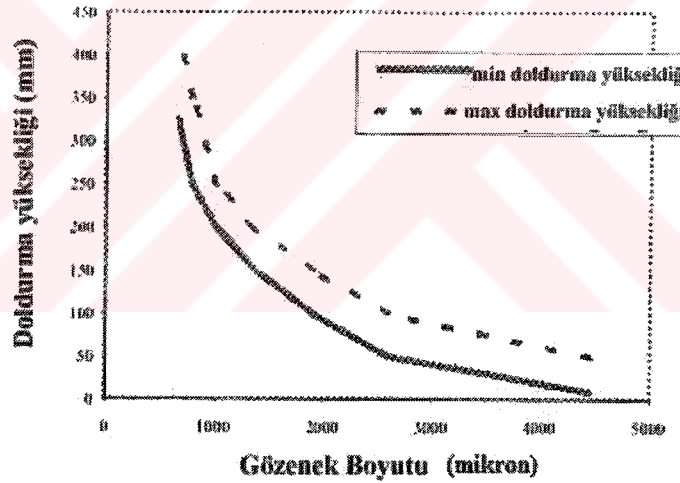
Süzgeçlerin boyutsal toleransı önemlidir. İlk olarak süzgeçler kalıplarına yerleştirilmelidir. Her seferinde köşelerde bir sızıntı olma tehlikesi vardır. Bu sorunla otomatik yerleştirme sırasında karşılaşılır. Yapılan deneyler sonucu boyutsal olarak kararlı olan süzgeç çeşitleri preslenmiş ve ekstrüze süzgeçlerdir. Bunun nedeni bu süzgeçlerin üretim işlemleridir. (Andrews ve Matthews, 1996)

6. SÜZGEÇ SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

6.1 Gözenek Boyutu

Süzgecin gözenek büyüklüğü, seramik köpük süzgecin doldurulmasında ve verimli çalışmasında en kritik faktör olduğundan önemlidir.

Bir süzgeç için önemli olan; sıvı metalin süzgeç yüzeyindeki gözeneklerde bulunan havanın yerini almasıdır. Bunu gerçekleştirmek için gereken basınç gözenek büyüklüğü ile ters orantılıdır. Şekil 6.1’ de gözenek büyüklüğünün süzgecin doldurulması sırasında gerekli yüksekliğe etkisini göstermektedir. Metal akışının başlaması için en küçük gözenek büyüklüğünde en yüksek metalostatik basıncın gerekli olduğu açıkça görülmektedir. Şekil farklı üretim şartları ve alaşım çeşitlerini karşılamak için gerekli minimum ve maksimum doldurma yüksekliklerini göstermektedir. (Ray, 2001)



Şekil 6.1 Süzgecin doldurulması sırasında gözenek boyutuna bağlı olarak metal doldurma yüksekliği (Ray, 2001)

Metal gözeneklerden çıkarken, kalıntıların miktarı ve büyüklüğü giderilir, bu nedenle süzgecin verimi gözeneklerin büyüklüğü ile ilgilidir. Küçük gözenekler küçük kalıntıları giderir. (Ray, 2001)

Seramik köpük süzgeçler organik köpüklerin replikasyonu ile üretilirler. Nominal gözenek boyutları 3 ppi – 100 ppi arasındadır. Uygun gözenek boyutunun seçimi doldurma kabiliyeti, süzgeç ömrü, süzgeç etkisi ve ekonomisi arasında bir denge kurularak belirlenir. (Brockmeyer ve Aubrey, 1987)

Gözenek boyutunu seçmede göz önünde bulundurulması gereken faktörler şunlardır:

1. Süzmeden önceki eriyik temizliği
2. Gerekli döküm temizliğinin derecesi
3. Model malzemesi üzerindeki uygun alan
4. Gerekli metal akış hızı (Adams vd., 2002)

İnce gözenek boyutlu süzgeçler yüksek süzme verimi ve gelişmiş döküm temizliği sunar. (Aubrey vd., 1993)

Alüminyum süzülmesinde 20 ppi ve 30 ppi en çok kullanılan gözenek boyutlarıdır. İnce süzmede 40 ppi ve 50 ppi, kaba süzme uygulamalarında 10 ppi süzgeçler kullanılmaktadır.

Bakır ve bakır alaşımları genellikle akışkandır, düşük miktarda kalıntı içerirler. Bu nedenle ince süzgeçler, 40 ppi ve daha ince süzgeçler kullanılır. Uzun süzgeç ömrü gerektiğinden, bakırın sürekli dökümünde 30 ppi süzgeçler kullanılır. Böylece süzgecin zamanından önce tıkanması önlenmiş olur.

Demirin süzülmesi gözenek boyut aralığı gerektirir. Akışkanlık yüksek olduğunda, ince süzgeçler kullanılır. Kalıntı seviyesi yüksek olduğunda, özellikle yumuşak demirde, kaba süzgeçler gerekli olmaktadır. Yumuşak demir alaşımları için 3 ppi gibi kaba süzgeçler, gri demirler için 30 ppi gibi ince süzgeçler kullanılmaktadır.

Karbon çelikleri düşük akışkanlığa sahiptir. Bu da doldurmayı zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak 10 ppi ve daha büyük gözenek boyutlu kaba süzgeçlere ihtiyaç duyulmaktadır. Paslanmaz çeliklerde daha ince süzgeçler kullanılmaktadır. (Brockmeyer ve Aubrey, 1987)

Küçük gözeneklere sahip süzgeçlerin, gözenek büyüklüklerindeki değişimlerin daha az olduğu ve süzme performanslarının daha güvenilir olduğu açıktır. (Ray, 2001)

6.2 Süzgeç Boyutlandırılması

Süzgeç boyutlandırılması birçok parametrelerden oluşan bir dengedir. Akış hızlarının yüksek olması gerekiyorsa, süzgeç kesiti yeterli genişlikte olmalıdır. Süzülecek metal miktarı çok fazlaysa ve süzgeçler değiştirilemiyorsa tıkanmayı önlemek için geniş kesitli süzgeç gerekir. (Brockmeyer ve Aubrey, 1987)

Uygun süzgeç boyutu için iki önemli etken vardır. İlk etken metal akış hızıdır. Birçok dökümün kritik döküm süresi ve optimum döküm hızı vardır. Optimum döküm hızı her bir döküm ve uygulama için farklıdır. (Adams vd., 2002)

Süzgeç boyutu seçilmeden önce dökümhaneler istenilen döküm hızına karar vermelidir. Süzgeç boyutu kalıbın yolluklama oranına bağlıdır. Yolluklama oranı; toplam yolluk alanı ve döküm kapağı alanının birleşimidir. (Adams vd., 2002)

Uygun süzgeç boyutu seçmede ikinci faktör tıkanmadan önce süzgeçten geçen metal miktarıdır. Süzgeç tıkanıldığında metal akışı düşecek ve sonunda tamamen duracaktır. Süzgecin gözenekleri kalıntılarla dolduğunda tıkanır. Süzgeçten geçen metal miktarı; metal ve alaşıma, metalin temizliğine, döküm sıcaklığına, süzgeç gözenek boyutuna ve yolluk sistemine bağlı olarak değişir. (Adams vd., 2002)

6.3 Seramik Süzgeç Malzemesinin Özellikleri

Refrakter süzgeç malzemesi ilk yükleme basıncına ve ısı şoka dayanıklı olmalıdır. Süzgeç parçaları dökülüp kırılmamalıdır. Süzgeç malzemesi 1538-1700⁰ C gibi ısı geçişlerle başa çıkabilecek ısı şok dayanımına sahip olmalıdır. Süzgeç yeterli yüksek sıcaklık mukavemetine, sürtünme dayanımına, metal ve curufun korozif ataklarına karşı dayanıma sahip olmalıdır. (Aubrey vd., 1993)

Döküm işleminde kullanılacak süzgecin sahip olması gereken özellikler :

1. Süzgeç metalik olmayan kalıntıları etkili biçimde uzaklaştırmalıdır.
2. Metal kalıbı tamamen doldurmadan süzgeç döküm hızını azaltmamalıdır.
3. Süzgeç; döküm kalitesini ve verimini arttırmalıdır. (Sutton vd., 1985)
4. Döküm işlemi boyunca şeklini ve gözenekliliğini korumalıdır.

5. Döküm işlemini başında ani sıcaklık değişimleriyle başa çıkabilmelidir. (Hofmann Ceramic OHG)

Süzgeç malzemesi için gerekli özellikler :

1. Sıcaklık Duyarlılığı : Malzeme 1500 ° C üzerindeki sıcaklıklarda oluşan gerilmelere dayanabilmelidir.
2. Kimyasal Kararlılığı : Süzgeç malzemesi; sıvı metalle kimyasal reaksiyona girmemelidir.
3. Mekanik dayanım ve sertlik : Malzeme akış sırasındaki parçalanma ve kırılmaya karşı koyabilecek dayanıklılık ve sertlikte olmalıdır.
4. Yüksek sıcaklıkta mekanik özellikler : Süzgeç malzemesi deformasyona, kırılmaya ısı ve mekanik gerilmelerin oluşturduğu bölgesel parçalanmalara karşı dayanabilmelidir.
5. Isıl şok dayanımı : Seramik köpüklerin bileşimi ve iç yapısı; seramik malzemesi sıcaklığının birkaç yüz ° C fazla sıcaklıktaki metalle karşılaştığında parçalanmamalı ve çatlamamalıdır. (Sutton vd., 1985)

Süzgeçler ayrıca curufu, oksit kalıntılarını ve diğer pislikleri uzaklaştırmak için yüksek süzme verimine sahip olmalıdır. Daha önemlisi maliyet açısından uygun olmalıdırlar. (Aubrey vd., 1993)

Çok çeşitli seramik süzgeç malzemesi çoğu alaşım sistemine uygun düşmektedir. Çizelge 6.1' de bazı olasılıklar gösterilmiştir. Alüminyumun süzülmesinde, fosfat bağlı alümina kullanılmıştır. Fosfat bağlı malzemeler, düşük ergime sıcaklığına sahip alaşımlarda, pirinçlerde, bronzlarda, çinkoda, kalay ve bakırda kullanılır. Yüksek ergime sıcaklığına sahip alaşımlarda ve daha reaktif alaşımlarda diğer malzemelere ihtiyaç vardır. Sinterlenmiş alüminalar; yüksek ergimeli bronzlarda, gri ve yumuşak demirde, bazı paslanmaz çeliklerde kullanılmaktadır. (Brockmeyer ve Aubrey, 1987)

Çizelge 6.1 Çeşitli alaşımlar için seramik süzgeç malzemeleri (Brockmeyer ve Aubrey, 1987)

	Fosfat Bağlı Alümina	Mullit	Alümina	Kısmen Kararlı Zirkonya	Zirkonya-Alümina
Kimyasal Bileşim	Al_2O_3 + alüminyum fosfat	$3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ SiO}_2$	$99+\% \text{ Al}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2 + \text{CaO}$ (MgO veya Y_2O_3)	%65 kısmen kararlı ZrO_2 + %35 Al_2O_3
Maksimum Kullanım Sıcaklığı (°C)	1427	1538	>1649	1760	1704
Isıl Şok Dayanımı	Vasat	Çok İyi	Orta	İyi	Çok İyi
Kullanım Alanları	Alüminyumun ve demirdışı alaşımların süzülmesi	Demirin ve reaktif olmayan nikel alaşımların süzülmesi	Ferro manyetik alaşımlar ve reaktif metal içeren yüksek ergime sıcaklıklı alaşımlar	Süper alaşımlar ve ferro manyetik alaşımların süzülmesi	Ferro manyetik alaşımların süzülmesi

Alümina esaslı süzgeçler düşük hammadde maliyeti ve kimyasal saldırılara dayanıklılık özellikleri nedeniyle tercih edilebilir ancak ani sıcaklık değişimlerine dayanıklı değildir. Mullit de düşük maliyeti ve alüminaya göre yüksek ısıl şok dayanımı nedeniyle tercih edilebilir ancak kimyasal saldırılara karşı dayanıklı değildir. (Aubrey vd., 1993)

Zirkonya - alümina kompozit esaslı ısıl şok dayanımı ve kimyasal reaksiyonlara karşı dayanımı iyidir fakat düşük sıcak mukavemete sahiptir. Dengeleyici olarak MgO kullanılarak oluşturulan kısmen kararlı zirkonyanın sıcak mukavemeti, sürtünme dayanımı, ısıl şok dayanımı, kimyasal reaksiyonlara karşı mukavemeti çok iyidir. (Aubrey vd., 1993)

7. SÜZGEÇİN YERLEŞTİRİLMESİ

7.1 Kalıp Tasarımı

Süzmenin başarısı sadece doğru süzgeç seçimine bağlı değildir. Süzgeci uygun bir kalıba yerleştirmek gerekir. İyi tasarlanmış kalıp süzgecin en iyi verimle çalışmasını sağlayacaktır. (Karkhanis ve Gadagkar, 1993)

Süzgeç kalıbında bulunması gereken özellikler:

1. Süzgecin erken tıkanmasını önlemeli.
2. Uygun metal akış hızlarını ayarlamalı.
3. Süzgeçten süzülmemiş metalin geçmesini engellemeli.
4. Kum taneciklerinin yerinden çıkmasını ve döküm boşluğuna girmesini engellemeli.

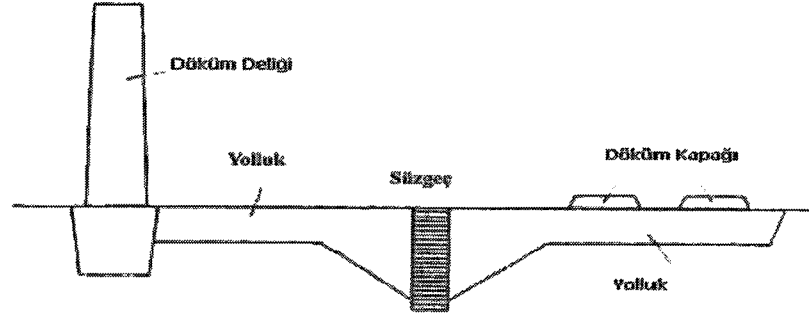
Kalıp tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gerekli konular:

1. Giriş yüzündeki geniş aktif süzgeç alanı tıkalı alanın 3,5 katı olmalıdır.
2. Kaba kalıntıları tutmak için aktif süzgeç alanının önünde büyük hacim olması gerekir.
3. Süzgecin temiz kısmındaki yollukların keskin köşeleri yoktur, düzgündür.
4. Doğru boyut toleransları verilmelidir.
5. Süzgecin çıkış yüzündeki alan, tıkalı alanın 1,75 katı olmalıdır.(Brown, 1994)

7.2 Süzgeç Yerleştirimi

Etkili süzme işleminde süzgeç yolluk sisteminde metal akışını kısıtlamamalıdır ve tıkalı alan gibi davranmamalıdır. Bunun için etkin süzgeç alanı; tıkalı alanın 4 – 6 katı arasında olmalıdır. [5]

Süzgeç kalıp boşluğuna en yakın yere yerleştirilmelidir. Şekil 7.1' de süzgeç yerleştirme metodu gösterilmiştir. Çizelge 7.1' de gri demir ve küresel grafitli dökme demir (SG) için önerilen kesit alanları oranı verilmiştir. (Celcor metal filters : filter guide lines)

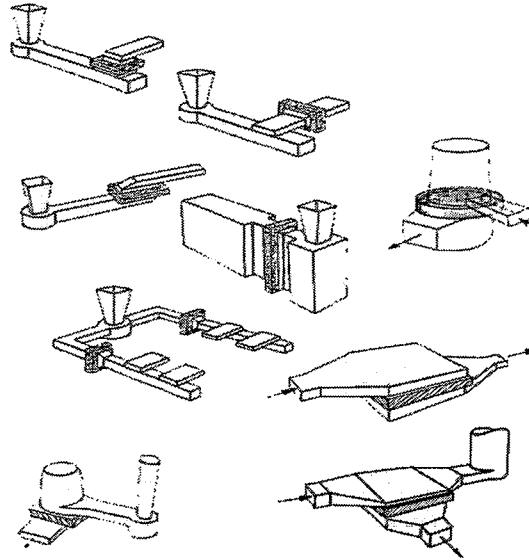


Şekil 7.1 Süzgecin yolluk sistemindeki şematik çizimi (Celcor metal filters : filter guide lines)

Çizelge 7.1 Kesit alanlarının oranları (Celcor metal filters : filter guide lines)

	Döküm deliği	Yolluk	Süzgeç	Yolluk	Döküm Kapağı
Gri demir	+1	1	4	1.1	1.2
SG demir	+1	1	6	1.1	1.2

Alaşımlar, döküm metodları ve süzgeçler için birçok süzgeç yerleştirme metodları geliştirilmiştir. Süzgeç alanı; döküm deliği ve döküm kapağına göre daha geniş olmalıdır. Şekil 7.2' de çeşitli süzgeç yerleştirme metodları gösterilmiştir. (Wieser ve Dutta, 1986)



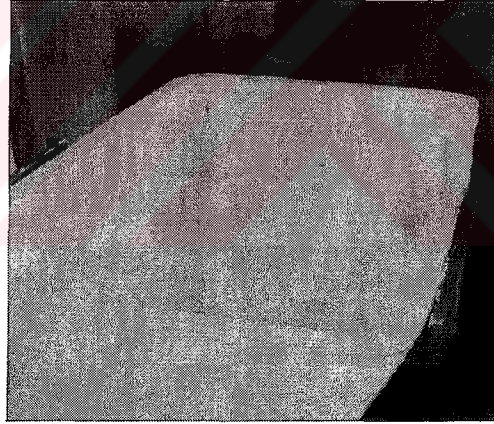
Şekil 7.2 Çeşitli süzgeç yerleştirme yöntemlerinin şematik gösterimi (Wieser ve Dutta, 1986)

Optimum döküm sonuçları için süzgecin doğru yerleştirilmesi önemlidir. Süzgecin geniş yüzeyine yer sağlamak ve yolluk sisteminde süzgeci mekanik olarak koruyacak bir yerleştirme yüzeyi sağlamalıdır. (Schmahl ve Davidson, 1993)

7.2.1 Süzgeç Kutusu

Süzgeç kutuları, vakumlanmış alümina fiberlerden üretilir. Süzgeç kutuları döküm havuzu gibi davranırlar. Kalıbın en üstüne metal bir çerçevede kolaylıkla yerleştirilebilirler ve süzgecin pahalı malzeme teçhizatları olmadan yerleştirilmelerine olanak sağlarlar.

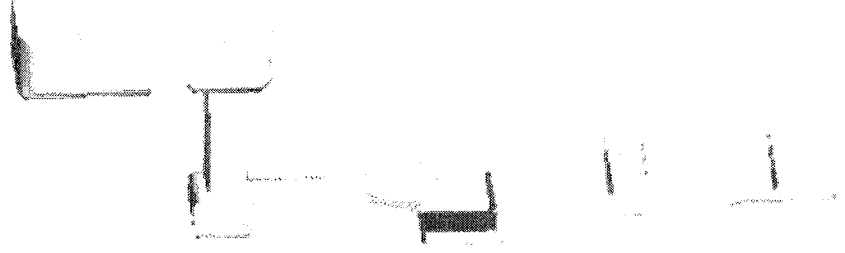
Süzgeç kutusu, metal çerçeve ve süzgeç tertibatı çok kullanışlı aletlerdir. Süzgeç kutuları üretimin başladığı ilk altı ile oniki ay arasında değişik metal türleri ile farklı deneme dökümleri yapmamıza olanak sağlar. Bu dökümcüye süzgeç performansı, süzgeç çalışırken metal akış oranını görsel olarak inceleme olanağını verir. Bu yolla süzgeçten geçen metal oranı ve geçme zamanı hesaplanarak, döküm türü için uygun süzgeç boyutu ve gözenek büyüklüğü hızlı ve doğru olarak bulunur. (Morris vd., 1990)



Şekil 7.3 Süzgeç kutusu [4]

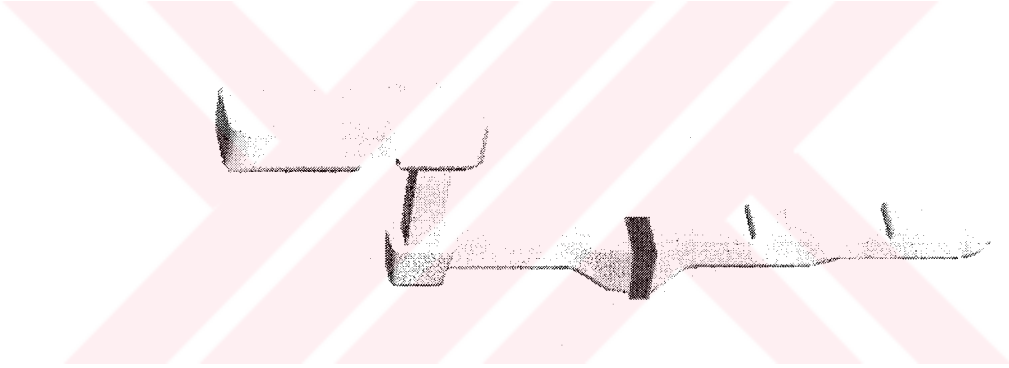
Şekil 7.4 ve Şekil 7.5' de yatay ve dikey yerleştirme şekilleri gösterilmiştir. Her iki şekilde de yolluğun süzgece yakın yerde genişlediği, süzgeçten sonra daraldığı gösterilmektedir. Döküm sırasında girdap oluşumunu önlemek için dikdörtgen döküm deliği önerilmektedir. (Schmahl ve Davidson, 1993)

Yatay süzgeç yerleştirimi büyük boyuttaki (75x100x22 mm, 100x100x22 mm) süzgeçler için tercih edilir. (Ceric filter specification) Düşük viskoziteye sahip alaşımların iyi bir sıvı ömrü olması için en uygun yerleştirme metodudur. (Morris vd., 1990)



Şekil 7.4 Yatay süzgeç yerleştirimi [5]

Dikey süzgeç yerleştirimi küçük boyuttaki (50x50x22 mm, 50x75x22 mm, 75x75x22 mm) süzgeçler için tercih edilir. (Cerasic filter specification) Bu metod süzgecin yolluk sistemine kolay yerleştirimine izin verir. (Morris vd., 1990)



Şekil 7.5 Dikey süzgeç yerleştirimi [5]

8. SÜZME İŞLEMİNİN YARARLARI

Yapılan çalışmalar, süzgeç kullanılmayan yolluk sistemlerinde, hatasız olarak tasarlanmış olsalar dahi curuf tutma kabiliyetinin oldukça sınırlı olduğunu göstermiştir. Metal süzgeçten geçerken, yolluk sistemi tarafından içeri emilmiş hava ve metalin içindeki gazlar azalmaktadır. Süzme işlemi metalin içindeki yabancı maddelerin azalmasını sağladığından metalin akışkanlığını arttırmaktadır. (Sillen, Novacast AB)

Seramik süzgeç kullanımı sonucu elde edilebilecek bir çok ekonomik yararlar vardır.

1. Hurda miktarında azalma: Süzgeç sıvı metalden metalik olmayan kalıntıları uzaklaştırmak için tasarlanır.
2. Gelişmiş özellikler elde edilir: Özellikle demir dışı alaşımlarda mekanik özelliklerde iyileşmeler görülür.
3. Daha iyi işlenebilme: Döküm yüzeyinden kalıntıların uzaklaştırılması ile takım aşınması ve kırılması azalır ve daha iyi yüzey bitimi sağlanır. Bazı örneklerde işlenebilme toleransları azalır.
4. Basitleştirilmiş yolluk sistemleri: Temizliği sağlamak için kullanılan süzgeçlerin kullanımı, yolluk sisteminin sadece birinci fonksiyonu için dizayn edildiği anlamına gelir.
5. Verim artışı: Süzgeç kullanımı geleneksel curuf uzaklaştırma sistemlerinden daha fazla verim artışı sağlar. (Clark, 1991)

Süzmenin üretim maliyetlerini azaltıcı ve ürün kalitesini geliştirici yararları vardır.

Ürün kalitesini geliştirmesini aşağıdaki şekilde gruplandırabiliriz :

- a) Yüzey ve yüzey altı kalıntı eleme
- b) İç hurda miktarının azalması
- c) Karbon/curuf reaksiyonları ve curuf kalıntılarında çekirdeklenen gaz kusurlarının azalması
- d) Daha kısa yolluk sistemlerinin kullanılmasıyla döküm verimi artar.
- e) Mikro kalıntı içeriğinin azalması
- f) İşleme problemlerinden kaynaklanan hatalar nedeniyle müşteriden geri dönen dökümlerin azalması (Shaw, 1993)

Döküm müşterisine maliyetleri azaltıcı yöndeki yararları ise:

- a) Kesici takım ömrünün artması
- b) İşleme yüzeyi kalitesinin artması
- c) Kesme takımı kırılmasından kaynaklanan işleme zamanının azalması
- d) İşleme stoklarının azalması
- e) Gerilme ve süneklik gibi mekanik özelliklerin iyileşmesi
- f) Basınç sızdırmazlığının iyileşmesi
- g) Yorulma özelliklerinin iyileşmesi şeklindedir.(Shaw, 1993)

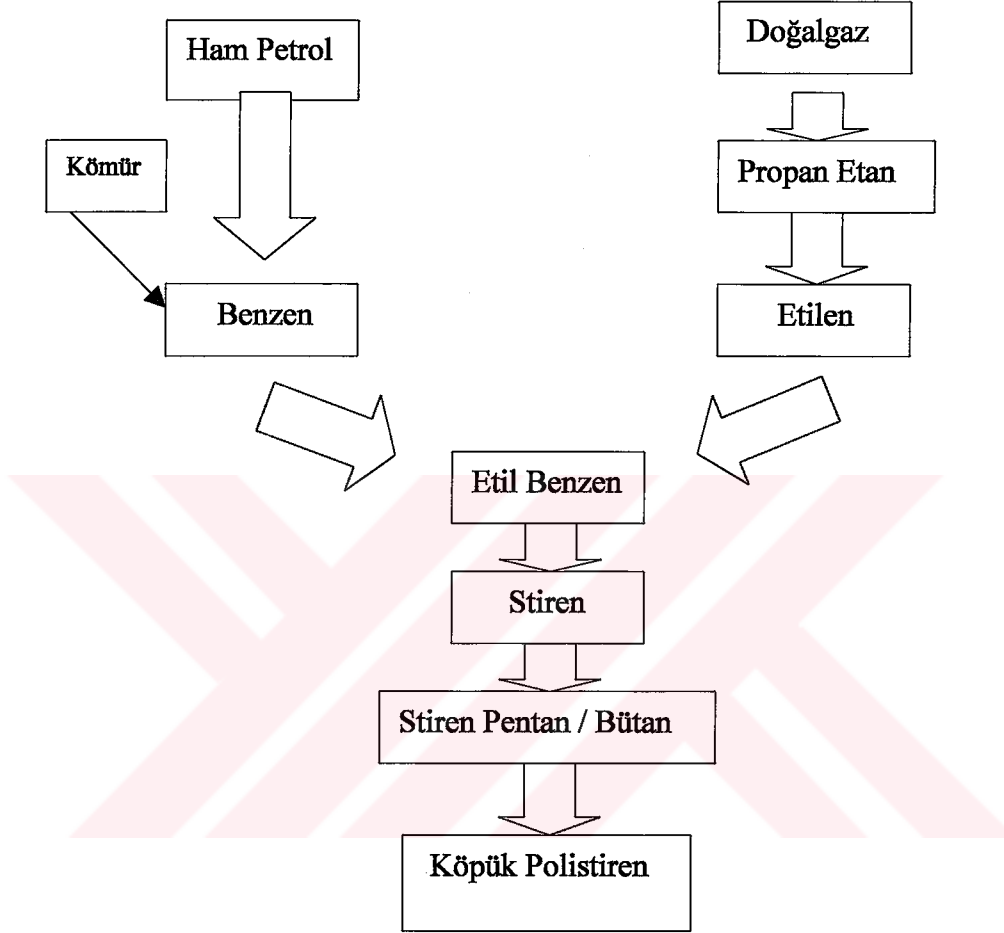
Çizelge 8.1' de çeşitli dökümhanelerdeki süzgeçli ve süzgeçsiz dökümlerde % hurda oranları verilmiştir.

Çizelge 8.1 Süzgeçli ve süzgeçsiz dökümde hurda miktarlarının karşılaştırılması(Sugden ve Brooks, 1992)

DÖKÜMHANE	HURDA YÜZDESİ	
	SÜZGEÇSİZ	SÜZGEÇLİ
CITROEN	9%	3%
VOLVO	7%	%3 (DÖKÜMHANE HURDASI)
VOLVO	0,7%	%0,1 (MAKİNE ATÖLYESİ HURDASI)
JOHN WILLIAMS	10%	3%
POWELL DUFFRYN	2%	0
FRANCAISE DE MECHANIQUE	12%	5%

9. GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN KÖPÜK (EPS)

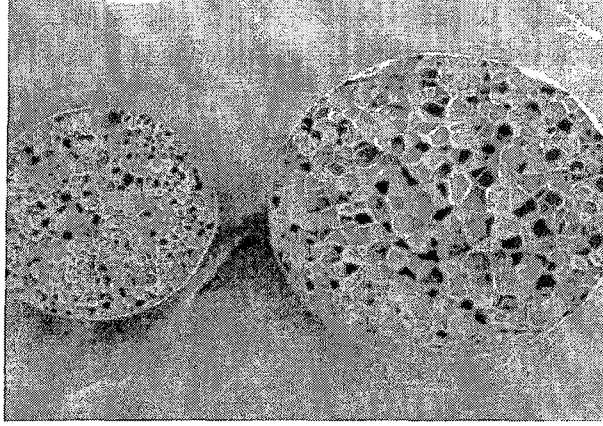
Polistiren, ham petrol ve doğalgazdan yapılan %92 karbon ve % 8 hidrojenden oluşmuş uzun zincirli bir hidrokarbon polimeridir. (Monroe, 1992)



Şekil 9.1 Köpük polistiren üretim şeması (Monroe, 1992)

Polistiren taneciklerinin genleştirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen genleştirilmiş Polistiren ürünlerde, taneciklerin genleştirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan genleştirici gaz 'Pentan'dır. Pentan, tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağladıktan sonra, üretim sırasında ve üretimi takiben çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Böylece EPS levhaların bünyesinde bulunan çok sayıdaki (1 m³ EPS' de 3-6 milyar) küçücük kapalı gözenekli hücreler içinde durgun hava hapsolür. Malzemenin % 98'i hareketsiz ve kuru havadır. [6]

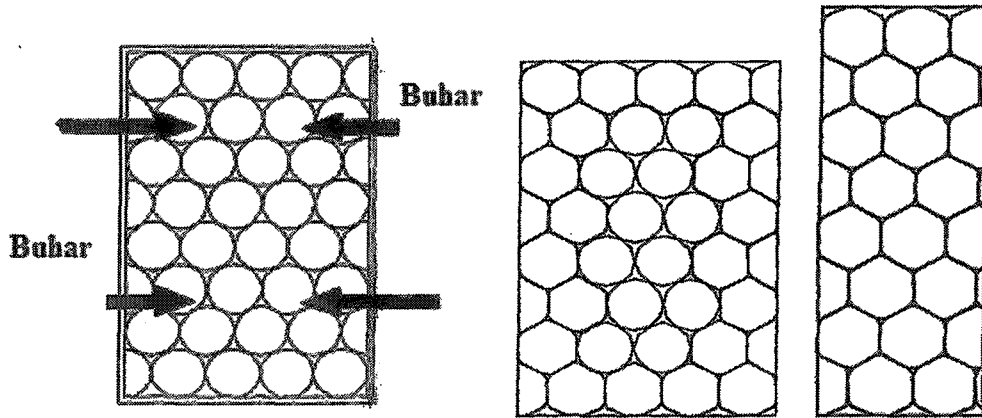
Polistiren tanesinin kesiti Şekil 9.2’de gösterilmiştir.



Şekil 9.2 Polistiren tanesinin kesiti (Monroe, 1992)

Üretiminin enerji yoğun olmaması, üstün teknik özelliklerine rağmen ekonomik olmasının diğer önemli sebebidir. Etkin mekanik dayanımının yanında genleştirici gazın çok kısa sürede hava ile yer değiştirmesi, ürünün performansının kullanım ömrü boyunca sabit kalmasını sağlar. [6]

Genleştirilmiş Polistiren (EPS) üretiminde son aşama olan şekil verme (kalıplama) aşamasında, taneciklerin birbirleri ile sıkıca kaynaşması sağlanır. Şekil 9.3’ de tanelerin birbirine kaynaşması gösterilmiştir. Bu uygulamanın başarısı, ürünün yüzeyindeki taneciklerin bal peteği şeklindeki görüntüsünden anlaşılır. Genleştirilmiş Polistiren istenilen yoğunluklarda üretilir. Özellikleri yoğunlukla istenilen yönde değiştirilebildiğinden malzeme israfına ve gereksiz maliyet artışlarına sebep olmaz. [6]



Şekil 9.3 Polistiren tanelerin birbirleriyle kaynaşması

Genleştirilmiş Polistiren, her aşamada çevre dostu bir üründür; ozon tabakasına zarar vermez, iklim değışikliklerine sebep olmaz, enerji yoğun üretim gerektirmez, büyük oranda geri dönüşümü olan bir malzemedir.

Genleştirilmiş Polistiren ürünler, levha, boru veya önceden şekil verilmiş elemanlar halinde, yapıların ısı ve ses yalıtımında ve ambalaj sanayinde yoğun bir şekilde kullanılırlar. Genleştirilmiş Polistiren ürünlerin ayrıca, binalarda duvar malzemesi olarak kullanımından, soğuk hava depolarının yalıtımına, soğuk bölgelerdeki karayolu yapımına, zeminlerin takviyesine, gemiler için can simidi ve can yeleği yapımına kadar sayılması mümkün olmayan; hafifliğin, dayanımın, kolay şekil verebilmenin, kolay uygulayabilmenin ve düşük ısı iletkenliğinin önemli olduğu bütün uygulamalarda sınırsız kullanım alanı vardır. 1950’li yıllarda Almanya’da Styropor ismi ile Alman BASF firması tarafından geliştirilen Genleştirilmiş Polistiren, kısa sürede tüm dünyada kullanılmaya başlanmıştır. 1960’ların başından itibaren ülkemizde de üretilmektedir. [6]

Sahip olduğu üstün yalıtım özelliği ve ekonomikliği, hızla yayılmasının en önemli nedenleridir. 1960–1986 yılları arasında ülkemizdeki tüketim yıllık bin ton civarında iken 1986’da aniden 5 bin ton/yıl olmuş, 1995’te 8–10 bin ton/yıl’a yükselmiş, 2000 yılında ise 30 bin ton tüketim gerçekleşmiştir. Bugün bütün dünyada 2.2 milyon ton Genleştirilmiş Polistiren kullanılmaktadır. Fransa ve Almanya gibi ülkelerde yıllık tüketiminin 100-150 bin ton olduğu düşünülürse, iklim bölgemiz ve nüfusumuz dikkate alındığında, ülkemizdeki tüketimin oldukça düşük kaldığı görülmektedir. [6]

9.1 Genleştirilmiş Polistiren Köpüğün Başlıca Tercih Sebepleri

Genleştirilmiş Polistirenin başlıca tercih sebepleri; üstün teknik özelliklere sahip olmasının yanında, özelliklerinin yoğunluğa bağlı olarak istenilen yönde değıştirilebilmesi, ideal üretim teknolojisinin sayesinde maliyetinin düşük olması, performansını kullanım ömrü boyunca bozulmadan sürdürebilmesi ve çevre dostu bir malzeme olmasıdır. Genleştirilmiş polistiren ürünler, istenen performansı, malzeme israfına sebep olmadan ve dolayısı ile en ekonomik çözüm ile sağlarlar. [6]

EPS ürünlerin özellikleri:

1. Yüksek ısı yalıtımı sağlar. ($\lambda_{\text{hesap}} = 0,033-0,040 \text{ W/mK}$). Yoğunluğu arttıkça ısı iletkenliği azalır.

2. Isı iletkenliği düşük olduğu gibi, sabittir; genleştirici gaza ve zamana bağlı olarak değişmez.
3. Basınca dayanıklıdır. Yoğunluk arttıka basınç dayanımı artar. Kırılgan değildir.
4. Kapalı gözenekli olduğu için pratik olarak ıslanmaz, yalıtımı sürekli yapar.
5. Buhar geçirimsizliği istenilen değerlerde ayarlanabilir. Yoğunluk arttıka buhar geçirimsizliği artar.
6. Kalınlığı zamanla incelmez, sabit kalır.
7. Çok hafiftir, kolay taşınır, kolay uygulanır.
8. Çevre dostu bir malzemedir. Geri dönüşümlü bir malzeme olup, üretim sonrası çevreyi kirletecek atık oluşturmaz.
9. EPS, geniř bir yođunluk aralıđında üretilebilir, uygulama sečenekleri sunar.[6]

9.1.1 EPS ile İlgili Standartlar

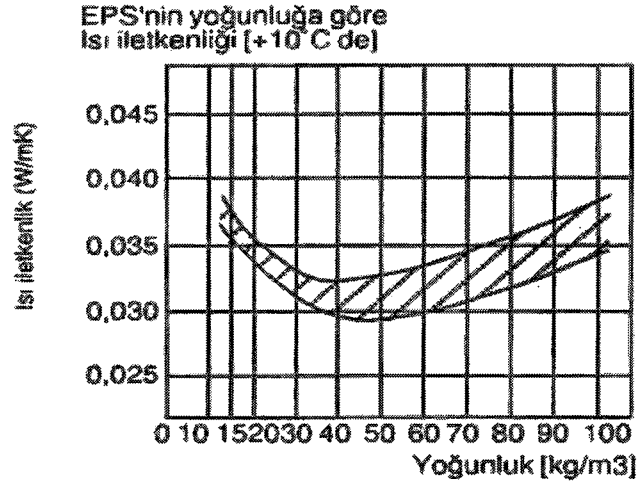
Genleştirilmiş Polistiren üretimi ile ilgili ilk Türk Standardı TS 2193'tür.Bu standartda, Genleştirilmiş Polistiren'den başka poliüretan, fenol köpüğu gibi malzemeler de dahildir.Daha sonra sadece Genleştirilmiş POLİSTREN için "TS 7316 Isı Malzemeleri-Polistiren Köpükten Yapılmış" standartı hazırlanmıştır. Mayıs 1989 tarihinden itibaren yürürlükte olan bu standard, yakın zamanda EN 13163'ün Türkçe tercümesi olan TS EN 13163 ile değiştirilecektir. [6]

Isı yalıtım malzemeleri ile ilgili diğer önemli standart, "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" dır. Bu standart, bir binanın toplam yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının nasıl hesaplanacağını belirlemekte ve bu ihtiyacın izin verilen en büyük değerini sınırlamaktadır. [6]

9.1.2 EPS'nin Teknik Özellikleri

9.1.2.1 Isı İletkenliği

Genleştirilmiş Polistiren levhaların ısı iletkenliği hesap değerı 0.033 W/mK ile 0.040 W/mK arasında değişir. Yoğunluk arttıka ısı iletkenliği azalır. şekil 9.4' de EPS ürünlerin λ değerlerinin yoğunlukla değişimi görölmektedir.



Şekil 9.4 EPS ürünlerde ısı iletkenliğinin yoğunlukla değişimi [6]

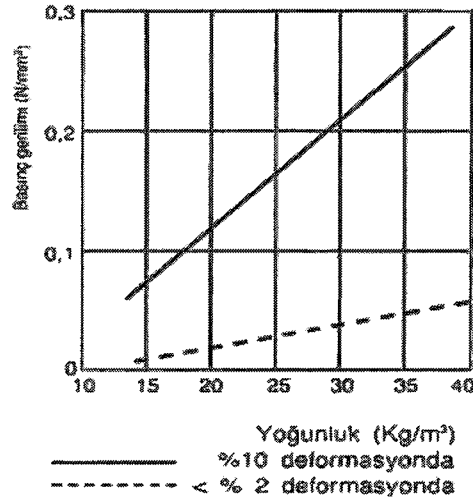
Bazı ısı yalıtım malzemeleri, uzun süreli yük altında kalınlıklarında azalma gösterirler ve bu sebeple zamanla ısı dirençleri azalır. Bazı ısı yalıtım malzemelerinde ise köpük oluşturmamak için kullanılan ve ısı iletkenliği düşük olan genleştirici gazın malzemeden yavaş bir şekilde uzaklaşması sonucu, başlangıçta düşük olan ısı iletkenliği zamanla artar ve dolayısı ile bu malzemelerin ısı dirençleri kullanım sırasında zamanla azalır. [6]

Genleştirilmiş Polistiren üretiminde kullanılan genleştirici gaz, hava ile çok hızlı bir şekilde yer değiştirdiği için, Genleştirilmiş Polistiren malzemelerin ısı iletkenlikleri, üretimi takiben son değerine ulaşır ve zamanla kötüleşmez; uygulamanın gerektirdiği yoğunluklarda kullanıldıkları zaman kalınlıklarında da ısı direncini etkileyecek bir değişim görülmez. [6]

9.1.2.2 Mekanik Özellikler

EPS'nin önemli özelliklerinden biri de kısa ve uzun süreli yüklemelere karşı gösterdiği mekanik dayanıklılıktır. EPS'nin mekanik özellikleri, bir binada normal şartlarda karşılaşılabilecek mekanik etkilere başarı ile dayanabilecek yeterliliktedir. Isı yalıtım malzemelerinde, kalınlığın belli bir değerden fazla azalması, malzemenin ısı performansının kabul edilemez düzeyde bozulmasına sebep olur. Bu sırada malzeme yük taşıya bile, ana görevini yerine getiremez. Bu sebeple ısı yalıtım malzemelerinde, basınç dayanımı değil, % 10 deformasyondaki basınç gerilmesi esas alınır. EPS levhaların özellikleri yoğunluğa göre değişir. [6]

EPS'nin yoğunluğa ve % 2 - % 10 deformasyona göre basınç dayanımı



Şekil 9.5 EPS levhaların < % 2 ve %10 deformasyondaki basınç gerilmelerinin yoğunlukla değişimi [6]

Yoğunluk arttıkça EPS levhalarının kayma, eğilme ve çekme dayanımları da artar. EPS'nin elastisite modülü (E) 0,6-3,1 Mpa arasında değerler alabilir. EPS ısı yalıtım ürünlerinin yüzeye dik çekme mukavemeti ise, 20 kPa ile 400 kPa arasında değişir. İstenirse, daha büyük değerlere sahip ürünler de üretilebilir. [6]

9.1.2.3 Su Emme Oranı

Malzemelerin su emme oranı üzerinde etkili büyüklük, gözeneklerin açık veya kapalı oluşudur. Direk su ile temas halinde kapalı gözenekli malzemelerin su emme oranları çok düşüktür ve EPS kapalı gözenekli bir malzemedir. Su emme oranı çok küçük olduğu için direkt su ile temas etse bile, özellikleri değişmez. EPS'yi meydana getiren Styrene, suda çözülmeyen ve erimeyen bir yapıda olduğundan kapalı gözeneklerinin duvarları suyu geçirmez. Fakat kapalı gözenekleri içeren taneler birbirine iyi kaynayıp yapışmamışsa, arada kalan boşluklardan bir miktar su sızabilir. Taneler birbirine gereği şekilde kaydığında zaman, yüzeyde balpeteği yapı sürekli bir şekilde görülür ve malzemenin hacimce su emme oranı % 1'in altına düşer. [6]

9.1.2.4 Boyut Stabilitesi

Boyutların kararlılığı sıcaklığa ve zamana göre ayrı ayrı düşünülmelidir. EPS'nin sıcaklık karşısında boyut değişim faktörü (lineer ısı genleşme katsayısı) 5×10^{-5} ile $7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ dir. Yani 17°C 'lik sıcaklık farkında yaklaşık 1mm/m bir değişim olur. Bu da, % 0,1 demektir. [6]

9.1.2.5 Sıcaklığa Göre Dayanım

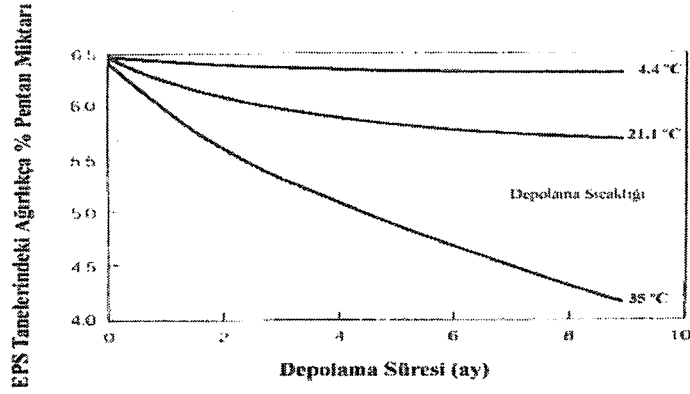
Diğer bütün plastikler gibi EPS' nin sıcağa karşı maksimum dayanımı sıcağın süresine ve derecesine bağlıdır. Kısa süreli olarak 100°C ' ye kadar dayanıklı olmasına karşılık uzun sürede yoğunluğa ve çevre şartlarına bağlı olarak maksimum $75-85^\circ\text{C}$ ' ye, minimum olarak -180°C 'ye kadar kullanılır. Bu nedenle çok soğuk tesisler için de ideal bir malzemedir. [6]

9.1.2.6 Diğer Özellikler

Köpük polistiren tüm sıvılara direnç göstermez ama su ve suda çözünen maddelere dirençlidir. Ayrıca sulu asit ve alkalınler, metil alkol, propil alkol, çimento, kireç ve silisyum yağlarına da dayanıklıdır. Parafin yağı, bitkisel ve hayvansal yağlara , dizel yakıtı ve vazeline ise az miktarda tahrip olur. EPS organik çözücülere, aseton, gaz-yağı, ester veya benzer hidrokarbonlara karşı direnç göstermez. Susuz asitler örneğin asetik, nitrik veya sülfürik asit, EPS'yi tahrip eder. (Monroe, 1992)

9.2 EPS Tanelerin Ön Genleştirilmesi

EPS' de plastik polistiren ve genleştirici madde ise pentan'dır. Ham taneler $0,6-0,7 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluğundadır. Ön genleştirme başlangıcı için taneler yumuşayacakları sıcaklığa ısıtılır ve aynı zamanda ısı , genleştirme maddesinin yumuşak plastik tanesi içinde genişlemesine sebep olur. Bu genişleyen gaz yumuşak plastik içinde baloncuklar oluşturur ve bu da tanelerin genişlemesine neden olur. Tanenin ısıtılması ve soğutulmasının kontrolü; doğru tane yoğunluğu elde etmek için gereklidir. Ham tane % 4 – 8 pentan içerir. Düşük yoğunluklu köpükler yüksek pentan miktarına ihtiyaç duyar. (Monroe, 1992)



Şekil 9.6 Polistiren tanelerde pentan kaybı (Monroe, 1992)

Pentan kaybı açık depolamada daha da fazlalaşmaktadır. Bunun çözümü, taneciklerin daha ufak ve ağız sıkıca kapalı kaplarda depolanmasıdır. 15 °C altında pentan kaybı ihmal edilebilir düzeye iner. 15 °C – 30 °C arasında bu hammadde 3 ile 5 ay arasında kapalı kaplarda depolanmalıdır. (Monroe, 1992)

Ön genleştirmede pentanın % 1'i kaybolmaktadır böylece bu işlem sonunda pentanın % 3'ü kalmaktadır. Kalıplanmış köpük parçaları % 1,5 pentan ihtiva eder ve bu işlemten 30 gün sonra depolamada penta miktarı % 0,5' e iner.

Ham maddenin depolandığı alan günde 8 – 10 defa havalandırılmalıdır ve havadaki pentan miktarı saat başı ölçülmelidir. Pentan patlamaya ve yangına neden olabilir.

Ham veya ön genleştirilmiş EPS taneleri çeşitli boyutlardadır. Büyük tanecikler daha yavaş pentan kaybeder, ön genleştirilmesi ve kalıplanması daha basittir. Köpük modellerde daha küçük taneler kullanılır. Küçük taneler ince kesitlerin doldurulmasını sağlar.

Polistiren buhar ile ısıtıldığında, 80 °C' de pentan baloncukları çekirdeklenir ve 100 °C' de genleşir. Bu sıcaklıkta plastik yumuşamaya başlar. Yumuşama sıcaklığında pentan tane hücre duvarlarından hızlı bir şekilde kaçmaktadır. Ön genleştirmeden sonra, taneler model yapımı için yeterli pentan tutmalıdır. Düşük yoğunluğu elde etmek için, taneler uygun sıcaklığa hemen ısıtılmalı ve ön genleştirmede en kısa sürede tamamlanmalıdır. Ön genleştirmenin gereğinden fazla olması durumunda pentan miktarı düşer ve modelde yüksek yoğunluklar elde edilir. Ön genleştirmede elde edilmek istenen düşük köpük yoğunluğu, sıkı tane boyutu dağılımıdır. (Monroe, 1992)

9.2.1 Ön Genleştirme Donanımları

Taneleri ön genleştirmede iki tip donanım kullanılır:

- Vakum-kuru ön genleştirici
- Direkt-buhar ön genleştirici

Vakum-kuru ön genleştirici en çok kullanılan ön genleştiricidir. Genişleme odası yatay merkez çizgisine sahip silindirdir. Odanın duvarlarını ısıtmak için buhar ceketleri vardır. İç kısımda duvarları ön genleştirme sırasında devamlı kazımak için bir seri çark bulunur. Çark şişmiş tanelerin yapışmasını ve topaklar oluşturmalarını engeller. Odanın diğer bir kısmı besleme sandığıdır. Besleme sandığı, ham taneciklerin hacimsel şarjını hazırlar. Odanın ayrıca su şarjı yapan ve ön genleştirme sonunda taneleri soğutup kararlı hale getiren vakumu çeken bir sistemi vardır. Son olarak odanın yeni ön genleştirilmiş taneleri boşaltma sandığına yollayan boşaltıcısı vardır. (Monroe, 1992)

Direkt-buhar ön genleştirmede ön genleştirmenin olması için taneler direkt buhara maruz bırakılır. Direkt-buhar ön genleştiricide dikey bir oda ve silindirin altında bulunan karıştırıcı vardır. Alt kısım elekten yapılmıştır, buhar buradan geçerek odanın içindeki taneler geçer. Ön genleştirme bitince, taneler odanın alt tarafından düşer ve kararlı hale gelmesine olanak verilir ve çevrimli hava yatağında kurutulmaya bırakılır. Daha sonra taneler elekler tarafından sınıflandırılır. Böylece topaklanmalar önlenir ve taneler depolanma çantasına üflenir. (Monroe, 1992)

Taneler ön genleştirmeden hemen sonra kalıplanmaz çünkü taneler soğumalı, pentan yoğunlaşmalı, kurutulmalı ve kararlı hale getirilmelidir. Kararlı hale gelme sırasında, taneler hava absorbe eder. Ön genleştirmeden sonraki süre çok kısa olursa, kalıplama sırasında taneler genişlemez, zayıf bir yüzey kalitesi elde edilir. Gerekli minimum süre; ön genleştirme koşullarına, rutubete, sıcaklığa ve yoğunluğa bağlıdır. En iyi sonuç için 2 saat beklemek uygundur.

Kararlı hale getirme süresi uzun olursa, genleştirme ajanı (pentan) tanecikten kaçır. Bunun sonucunda kalıplama sırasında taneler genişlemez ve iyi model kesitleri elde etmeyi engeller. Genleştirme ajanının optimum düzeyde kalması; kalıplama koşullarına, tane yoğunluğuna ve model kesitin boyutlarına bağlıdır. Genleştirme ajanının fazla kaybını engellemek için taneler ön genleştirmeden 12 saatten az zamanda kullanılmalıdır. (Monroe, 1992)

10. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

10.1 Kullanılan Malzemeler

10.1.1 Polistiren

Polistiren hücre yapımında kullanılan polistiren hammaddesi, PETKİM PetroKimya Endüstrisi'nden temin edilmiştir. Deneylerde kullanılan polistirenin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 10.1' de verilmiştir.

Çizelge 10.1 Polistirenin fiziksel ve kimyasal özellikleri [7]

Fiziksel Özellikler		Mekanik Özellikler	
Yumuşama Noktası	90 ° C	Akmada Gerilme Direnci	190 kg / cm ²
Isı ile Bükülme Sıcaklığı	80 ° C	Kopmada Gerilme Direnci	220 kg / cm ²
Erime Akış İndisi (200 °C,5kg)	2-5 g/10 dak	Kopmada Uzama	% 40-70

10.1.2 Süzgeç Üretiminde Kullanılan Seramik Hammaddeleri

10.1.2.1 Seramik Döküm Çamuru

Laboratuvar koşullarında hazırlanan %10' luk Sodyum Silikattan 60 ml/1 kg çamur ve 800 ml su / 1 kg toz içeren seramik döküm çamurunun bileşimi Çizelge 10.2' de verilmiştir.

Çizelge 10.2 Seramik Döküm Çamuru Bileşimi

Seramik Döküm Çamuru Bileşimi	% Miktarı
Kaolen I	40
Kaolen II	10
Kil	25
Feldspat	25

10.1.2.2 Etil Silikat Bağlayıcılı Seramik Bulamaç

% 40 ' lık etil silikat kullanılarak hazırlanan bağlayıcının bileşimi aşağıda verilmiştir:

100 ml bağlayıcı için:

49 ml etil alkol

35,7 ml etil silikat

15,3 ml HCl (1 N)

Seramik toz karışımı (% 60 zirkon ($ZrO_2 \cdot SiO_2$), % 40 Silimanit ($3Al_2O_3 \cdot SiO_2$))

10.1.2.3 Dökme Refrakter Malzemeler

Seramik süzgeç üretiminde kullanılan çimento bağlayıcılı; korund bazlı, spinel bazlı, boksit bazlı, SiC bazlı dökme refrakter malzemelerin kimyasal analizleri Çizelge 10.3, 10.4, 10.5, 10.6 'da verilmiştir.

Çizelge 10.3 Korund bazlı seramik hammaddenin kimyasal analizi

Korund Bazlı	% Miktarı
Al_2O_3	92,52
SiO_2	3,69
TiO_2	1,64
Fe_2O_3	0,44
CaO	1,40
MgO	0,04
Alkali	0,24
C	0,02
P_2O_5	0,01

Çizelge 10.4 Boksit bazlı seramik hammaddenin kimyasal analizi

Boksit Bazlı	% Miktarı
Al_2O_3	84,08
SiO_2	8,29
TiO_2	3,29
Fe_2O_3	1,67
Alkali	0,74
CaO	1,64
MgO	0,27
C	0,02
P_2O_5	0,01

Çizelge 10.5 Spinel bazlı seramik hammaddenin kimyasal analizi

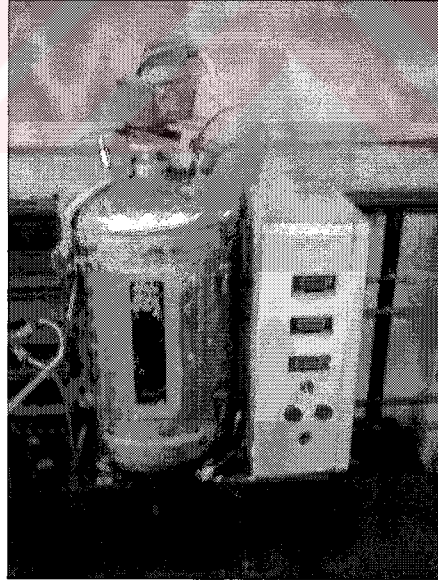
Spinel Bazlı	% Miktarı
Al_2O_3	91,28
SiO_2	2,04
TiO_2	0,01
Fe_2O_3	0,03
CaO	1,58
Alkali	0,46
MgO	4,57
C	0,02
P_2O_5	0,01

Çizelge 10.6 SiC bazlı seramik hammaddenin kimyasal analizi

SiC Bazlı	% Miktarı
Al ₂ O ₃	2,04
SiO ₂	81,15
TiO ₂	0,01
Fe ₂ O ₃	0,02
CaO	0,02
Alkali	0,03
MgO	0,82
C	15,90
P ₂ O ₅	0,01

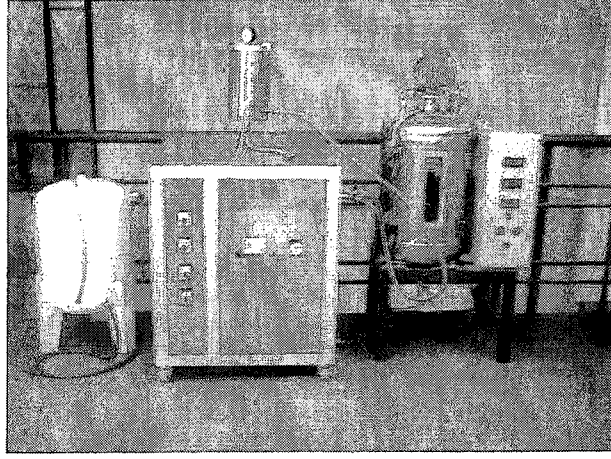
10.2 Kullanılan Alet ve Cihazlar

Polistirenin ön genişletilmesi amacıyla PAYSAŞ Gıda ve Ambalaj San. Tic. A.Ş. tarafından tasarlanan ve üretimi yapılan polistiren ön genişletirme reaktörü kullanılmıştır. (Şekil 10.1)



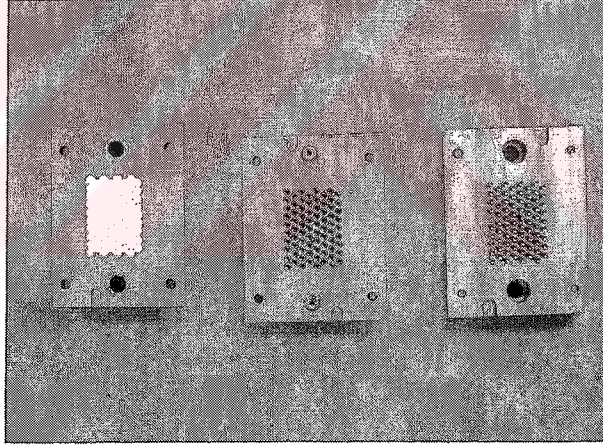
Şekil 10.1 Polistiren ön genişletirme reaktörü

Ön genişletirme işlemi ve kalıp içinde polistirenin son geniştirilmesi işlemlerinde de yine aynı firmadan temin edilen maksimum 6 bar basınçta buhar üretebilen buhar üretim makinesi kullanılmıştır. (Şekil 10.2)



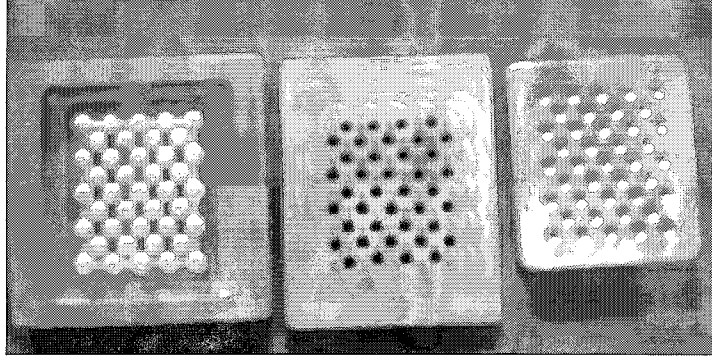
Şekil 10.2 Buhar üretim makinesi

Polistiren model elde edilmesinde boyut ve malzemesi farklı iki metal kalıp kullanılmıştır. Paslanmaz çelikten yapılmış kalıp 3 parçadan oluşmaktadır. Çelik kalıp 5 mm çapında küresel boşluklar ve bu boşlukları birbirine bağlayan 0,1 mm çapında bağlantı geçişlerine sahiptir. (Şekil 10.3)



Şekil10.3 Paslanmaz çelik kalıp

Alüminyumdan yapılmış kalıp 4 parçalı olup 8 mm çapında küresel boşluk formuna ve 2,5 mm çapında küreler arası bağlantı geçişlerine sahiptir. Alüminyum kalıbın fotoğrafı Şekil 10.4'de verilmiştir.



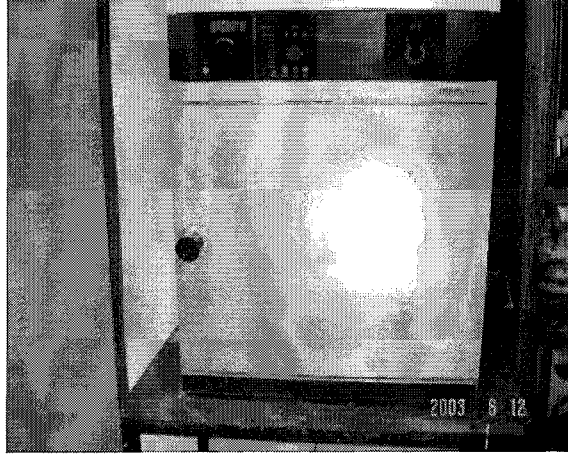
Şekil 10.4 Alüminyum kalıp

Seramik karışımların hazırlanması aşamasında mekanik karıştırıcı ve bilyalı değirmen kullanılmıştır. Polistiren model üzerine hazırlanan seramik karışımın dökümü sırasında Octagon 200 marka titreşim makinesi (Şekil 10.5) kullanılmıştır.

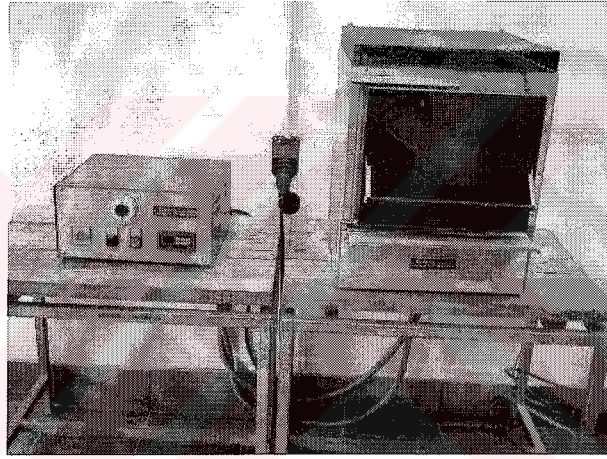


Şekil 10.5 Titreşim makinesi

Seramik süzgeç numunelerinin kurutulması işleminde Memmert marka maksimum 300°C sıcaklığa çıkabilen etüv kullanılmıştır. (Şekil 10.6) Kurutma işlemi yapılmış süzgeç numunelerin sinterlenmesi, maksimum 1500°C sıcaklığa çıkabilen Linn marka fırında yapılmıştır. (Şekil 10.7)

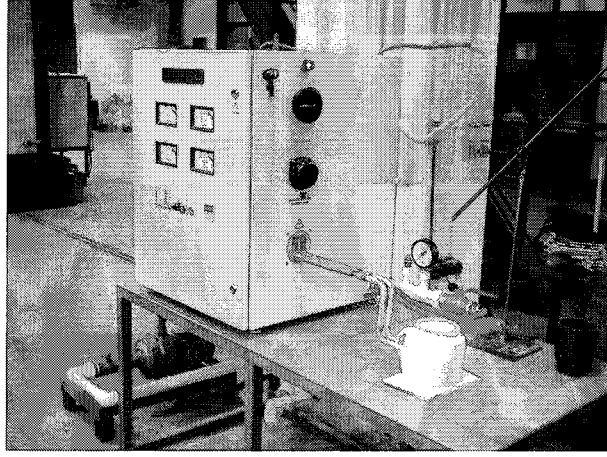


Şekil 10.6 Seramik süzgeçlerin kurutulması ve polistiren hücrenin yapıdan kısmen uzaklaştırılmasında kullanılan etüv



Şekil 10.7 Kurutulmuş ve kısmen polistireni giderilmiş süzgeçlerin sinterlenmesinde kullanılan fırın

Üretilen seramik süzgeçlerin süzme özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan alüminyum döküm deneylerinde metal ergitme için Lepel marka LSS 15 kW 200 kHz ile çalışan indüksiyon güç ünitesi kullanılmıştır. (Şekil 10.8)



Şekil 10.8 İndüksiyon güç ünitesi

Alüminyum dökümünde elde edilen numunelerin mekanik özellikleri maksimum 10 ton çekme kapasitesine sahip Mohr-Federhaff marka çekme cihazında yapılmıştır. Alüminyum numunelerin metalografik incelemesinde Leica DMRX marka ışık metal mikroskobu kullanılmıştır.

10.3 Deneylerin Yapılışı

10.3.1 Polistiren Model ve Polistiren Hücre Üretimi

10.3.1.1 Paslanmaz Çelik Kalıpta Polistiren Tanelerin Genleştirilmesi

Toz halindeki genleştirilmemiş polistirenden 0,80 gr tartılarak paslanmaz çelik kalıp içine homojen şekilde dağıtılmıştır. Kalıp 180 ° C' de 30 dakika süre ile etüvde bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan kalıp su altında soğutulmuş ve elde edilen şekillendirilmiş polistiren model kalıptan çıkarılmıştır.

10.3.1.2 Alüminyum Kalıpta Ön Genleştirilmiş Polistirenin Şekillendirilmesi

Polistiren taneleri Şekil 10.1'de gösterilen ön genleştirme cihazında 100 ° C'de 40 saniye süreyle ön genleştirme işlemine tabi tutulmaktadır. Ön genleştirilen polistirenler yüzeylerinde bulunan aşırı nemin kısmen giderilmesi amacıyla 50 °C sıcaklığındaki etüvde 2 saat süre ile bekletilmiştir.

Nemi giderilmiş ve ön genleştirilmiş polistiren taneleri Şekil 10.4'de verilen alüminyum kalıp içine 0,25 gr tartılarak homojen bir şekilde dağıtılmıştır. Kalıp 1 bar buhar basıncında

farklı sürelerde bekletilmiştir. Birçok denemeler sonunda 75 saniye bekleme süresinde optimum sonuç alınmıştır.

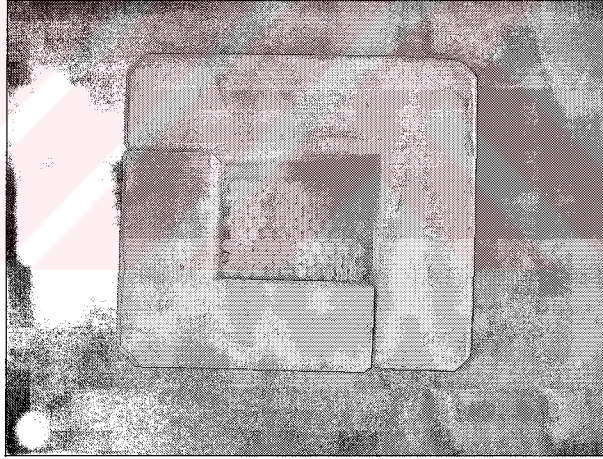
Alüminyum kalıptan çıkarılan polistiren modeller termoplastik esaslı yapıştırıcı ile üstüste yapıştırılarak polistiren hücre elde edilmiştir.

10.3.2 Polistiren Hücresinin Seramik Süzgeç Üretiminde Kullanılması

Polistiren hücre kullanılarak seramik süzgeç üretmek amacıyla farklı bağlayıcı ve seramik toz bileşimleri farklı şekillendirme yöntemleriyle kullanılmıştır.

10.3.2.1 Alçı Kalıpta Slip Döküm Yöntemi

Polistiren hücre, alçı kalıp içine yerleştirilmiş ve Çizelge 10.2’ de verilen seramik döküm çamuru, alçı kalıp içine dökülmüştür. Şekil 10.9’ da alçı kalıp içindeki polistiren hücre gösterilmiştir.



Şekil 10.9 Polistiren tanelerin alçı kalıp içindeki görünümü

Polistiren ve seramik çamur alçı kalıptan çıkarıldıktan sonra 50 ° C’de 3 saat, 100° C’de 3 saat, 300 ° C’de 6 saat olacak şekilde kurutulmuştur. Sinterleme işlemi 1000° C sıcaklıkta ve 1250 ° C’de 6 saat süre ile yapılmıştır.

10.3.2.2 Etil Silikat Bağlı Seramik Süzgeç Yapımı

% 49 etil alkol, % 35,7 etil silikat, % 15,3 HCl manyetik karıştırıcıda 10 dakika süre ile karıştırılarak bağlayıcı hazırlanmıştır. Zirkon (% 75) ve silimanitten (%25) oluşan seramik toz malzemeden 250 gr tartılmış ve bilyalı değirmende 5 saat süreyle karıştırılmıştır. Toz miktarının % 28' i oranında bağlayıcı ve % 5' i oranında doymuş amonyum asetat katılarak bağlayıcının pelteleştirilmesi sağlanmıştır. Bağlayıcı karışımı ile seramik toz mekanik karıştırıcıda 2 dak süre ile karıştırılmış ve hazırlanan seramik çamur, silikon kalıp içindeki polistiren hücre üzerine dökülmüştür. Bu işlem titreşim altında yapılmıştır. Böylece seramik çamur, kalıbı homojen şekilde doldurmuş ve çamur içindeki hava kabarcıkları giderilmiştir. Seramik çamur döküldükten sonra etil alkolün uçmasını önlemek amacıyla silikon kalıbın üst kısmı kapatılarak bir gün süreyle oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra etüvde kontrollü olarak kurutulmuştur. Organik malzemelerin uçması için 600 ° C sıcaklıkta 3 saat ön pişirme işlemi sonunda yeterli mukavemetin sağlanabilmesi amacıyla 1250 ° C'de 3 saat sinterleme işlemi yapılmıştır.

10.3.2.3 Dökme Malzeme Kullanılarak Polistiren Hücre Eldesi

SÜPERATEŞ Ateşe Mukavim Malzeme Ticaretten sağlanan ve kimyasal bileşimi Çizelge 10.3, 10.4, 10.5, 10.6'da verilen korund bazlı, boksit bazlı, SiC bazlı, spinel bazlı malzemeler Çizelge 10.7' de verilen oranlarda su ile karıştırılarak silikon kalıp içindeki polistiren hücre üzerine titreşim altında dökülmüştür. Elde edilen seramik süzgecin kurutma işlemi 110° C'de 24 saat etüvde ve sinterleme işlemi SÜPERATEŞ Ateşe Mukavim Malzeme Ticaret firmasında maksimum 1300° C'lik tünel fırında 168 saat süre ile yapılmıştır.

Çizelge 10.7 Farklı su oranlarındaki dökme refrakter malzemeleri

Karışım	% Su Miktarı	% Su Miktarı	% Su Miktarı
Korund	5,7	4,75	5,25
Bazlı(K)	(K1)	(K2)	(K3)
Spinel	12,25	10,25	8,75
Bazlı(SP)	(SP1)	(SP2)	(SP3)
Boksit	10,75	17,5	11,5
Bazlı(B)	(B1)	(B2)	(B3)
SiC	10,5	9,5	10,25
Bazlı(SC)	(SC1)	(SC2)	(SC3)

10.3.3 Seramik Hammaddelerin Eğme Dayanımlarının Belirlenmesi

Seramik süzgecin üretimi koşullarında hazırlanan seramik hammaddeler 80mmx20mmx10mm boyutlarındaki silikon kalıplara dökülmüştür. Elde edilen numuneler üretilen süzgeçlerin sinterlendiği koşullarda sinterlenmiş ve TS 3451 standardına göre eğme dayanımı testine tabi tutulmuşlardır.

Eğme dayanımı (10.1) formülüne göre hesaplanmıştır.

$$F = \frac{3.P.L}{2.b.d^2} \quad (\text{kg/mm}^2) \quad (10.1)$$

F : Eğilme Dayanımı (kg/mm²)

P : Kırılma anındaki kuvvet (N)

L : Mesnet açıklığı (mm)

b : Numunenin yüklemeden önce ölçülen mesnetlerin arasında kalan kısmın genişliği (mm)

d : Kırılmış numunede kırılma kesitinde 0,1 mm duyarlılıkla dört yerde ölçülen kalınlıkların ortalaması (mm)

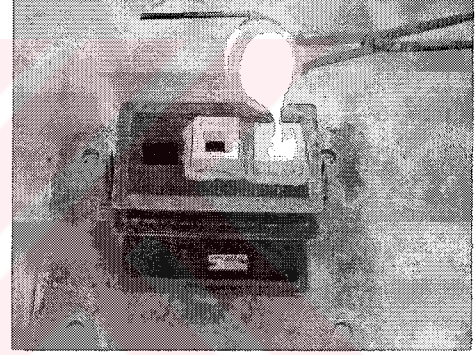
10.3.4 Üretilen Seramik Süzgecin Alüminyum Dökümünde Kullanımı

Külçe halinde alınan ve kimyasal bileşimi Çizelge 10.8' de verilen (ETİAL -160) alüminyum malzemeden 1000 gr tartılarak LSS 15 kW 200 kHz ile çalışan Lepel marka

indüksiyon güç ünitesinde % 50 güçle silisyum karbür pota kullanılarak ergitilmiştir. Üretilen süzgeç ve piyasadan alınan seramik köpük süzgecin yerleştirildiği kum kalıplara (Şekil 10.10) 800° C sıcaklıkta alüminyum dökülmüştür. Döküm sonucu elde edilen alüminyum modelden çekme numuneleri hazırlanarak TS 138 standartına göre çekme deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 10.8 Deneysel çalışmada kullanılan Al-Si (ETIAL-160) alaşımının kimyasal bileşimi

Si (%ağ)	Fe(%ağ)	Cu (%ağ)	Mn (%ağ)	Mg(%ağ)	Zn (%ağ)	Ti (%ağ)
7,53	0,68	3,01	0,18	0,3	0,65	0,015

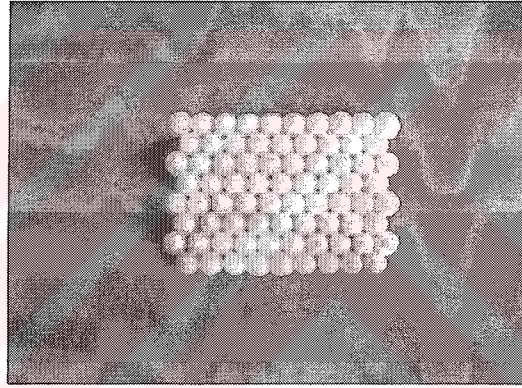


Şekil 10.10 Köpük süzgeç ve polistiren kullanılarak üretilen süzgecin kullanıldığı kum kalıbın görüntüsü ve döküm işlemi

11. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

11.1 Polistiren Model ve Hücre Yapımı

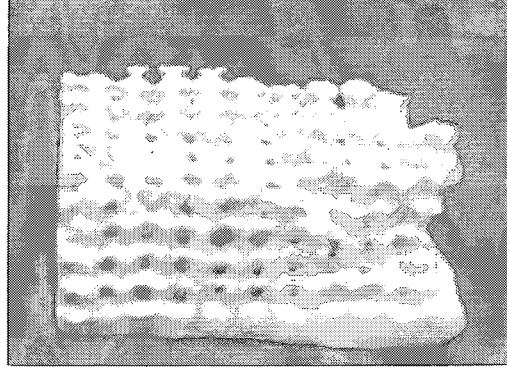
PETKİM Petrokimya endüstrisinden sağlanan genleştirilmemiş polistirenler öncelikle Şekil 10.3' de gösterilen paslanmaz çelik kalıplarda polistiren model yapımı için kullanılmıştır. Polistiren içindeki pentan gazının genleşmesi ve böylelikle polistirenin genleştirilmesi için gerekli olan sıcaklık, kalıbın etüv içine konulmasıyla elde edilmeye çalışılmıştır. Etüv 130 ° C sıcaklığa getirilmiştir ve 30 dakika süre ile kalıp bu sıcaklıkta bekletildikten sonra açıldığında polistiren modelin tam olarak oluşmadığı gözlenmiştir. Etüv sıcaklığı 180 ° C'ye çıkartılarak genleştirme işleminin tamamlanması amaçlanmıştır. İşlem sonucunda elde edilen polistiren modellerin (Şekil 11.1) yoğunluklarının 0,57 gr/cm³ gibi yüksek bir değer olduğu gözlenmiştir.



Şekil 11.1 Paslanmaz çelik kalıp kullanılarak elde edilen polistiren model (50mmx40mm)

Paslanmaz çelik kalıp kullanılması ile başarılı sonuçların elde edilememesi, kalıp malzemesinin ısı iletiminin düşük olması ve etüvde polistirenin genleştirilmesi işleminin tam kontrol edilememesidir. Kalıp içinde polistirenin genleştirilmesi işlemi tamamlanmış olmasına rağmen paslanmaz çelik kalıbın ısı kollektörü gibi davranıp genleştirilmiş polistirenlere daha fazla sıcaklık vererek polistirenin kristalize olmasına sebep olduğu ve sonuçta sert ve yoğun polistiren model elde edildiği gözlenmiştir.

Sert polistiren modellerden oluşturulan polistiren hücre kullanılarak yapılan seramik dökümde, kurutma sırasında seramiğin küçülmesi işlemine esnek olmayan polistirenler izin vermediğinden, elde edilen seramik süzgeçlerde çatlakların olması engellenememiş ve sağlam seramik süzgeç üretimi yapılamamıştır.(Şekil 11.2)



Şekil 11.2 Sert polistiren hücre kullanılarak elde edilen seramik süzgeç

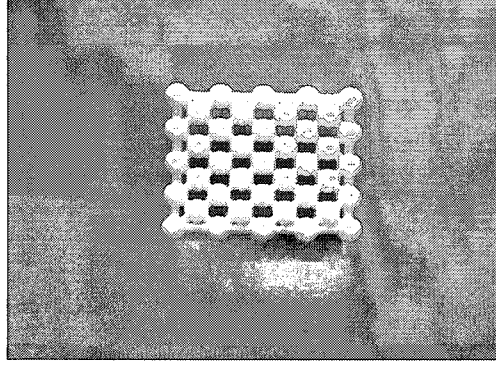
Mekanik mukavemeti yüksek olan sağlam seramik süzgeç yapımı için polistirenin ön genişletilmesi ve elde edilen ön genişletilmiş polistirenin kullanılabileceği farklı bir kalıp tasarımı yapılmıştır.

Paslanmaz çelik kalıp yerine 4 parçalı alüminyum kalıp (Şekil 10.4) kullanılmış ve kalıp içerisine buhar gönderilerek polistiren genişletilmesi işlemi denenmiştir. Bu amaçla öncelikle PETKİM Petrokimya endüstrisinden alınan polistirenler Şekil 10.1’ de verilen ön şişirme reaktöründe 3 bar buhar basıncında 40 saniye süreyle ön genişletme işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen ön genişletilmiş polistirenler, yüzeyindeki nemin giderilmesi amacıyla 50 ° C’de 2 saat etüvde kurutulmuştur.

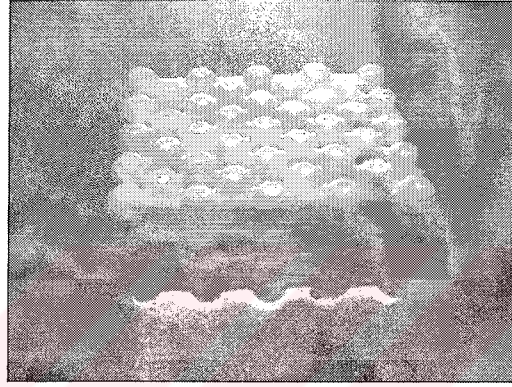
Ön genişletilmiş polistirenden 0,25 gr alınarak Al kalıba homojen şekilde yerleştirilmiş ve kalıp kapatıldıktan sonra 1 bar buhar basıncında 75 saniye süreyle bekletilmiştir. Al kalıp üzerinde bulunan çapı yaklaşık 1 mm olan deliklerden geçerek içeriye giren buhar, polistirene sıcaklık transferini sağlamakta ve kalıp içindeki polistiren modelin oluşumu gerçekleşmektedir.

Elde edilen polistiren modellerin yoğunluğunun 0,0215 gr/ cm³ olduğu ve üzerine dökülen seramik karışımın kurutulması sırasında seramiğin küçülmesine olanak verecek ölçüde esnek oldukları gözlenmiştir.

Üretilen polistiren model ve bu modeller kullanılarak elde edilen hücre görüntüleri sırasıyla Şekil 11.3 ve Şekil 11.4’ te verilmiştir.



Şekil 11.3 Alüminyum kalıp kullanılarak üretilen polistiren model (60mmx50mm)



Şekil 11.4 Polistiren modellerden elde edilen polistiren hücre

11.2 Polistiren Hücre Kullanılarak Seramik Süzgeç Üretimi

Polistiren hücre kullanılarak seramik süzgeç üretimi aşamasında 3 farklı seramik karışım kullanılmıştır.

İlk olarak Şekil 10.9' da görüntüsü verilen alçı kalıp içine seramik çamur dökümü yapılmıştır. Döküm işleminden 12 saat sonra seramik ve polistiren hücre kalıptan çıkartılarak kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

Slip dökümün özelliği olan %20' lere varan şişme küçülmesi ve alçı kalıpta şekillendirme işleminin uzun zaman alması nedeniyle bu döküm yöntemi seramik süzgecin seri üretiminde kullanılmasının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekillendirme süresini kısaltmak amacıyla bünyesinde bağlayıcı içeren ve kısa sürede yaş mukavemet kazanabilen seramik karışımlar kullanılmıştır. Bu amaçla ilk olarak etil silikat bağlayıcılı zirkon / silimanit toz karışımı kullanılmıştır.

Etil silikatın hidrolizi ile silisik asit ve etil alkol elde edilmektedir. (Reaksiyon 11.1)
Sürecin devamında silisik asit suyunu yitirmekte ve silikanın amorf şeklini almaktadır.
(Reaksiyon 11. 2)



Reaksiyon (11.1) ve (11.2)' den de görüldüğü gibi reaksiyonlar sonucu açığa çıkan etil alkol ve su buharı eğer kontrollü bir atmosferde uzun süreli kurutma işlemi yapılamazsa seramik bünyeden çıkarken makro çatlaklar oluşturmakta, bu da seramik yapının mekanik özelliklerinin düşmesine neden olmaktadır. (Çizelge 11.1)

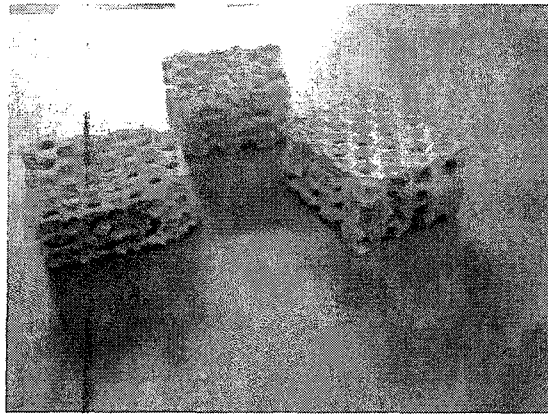
Çimento bağlayıcılı seramik karışımların (K, SP, SC, B) kullanılması ile kısa sürede kalıptan çıkarılabilecek yaş mukavemete sahip olan, kurutma ve sinterleme aşamalarında çatlama göstermeyen seramik süzgeçler elde edilmiştir.

Süzgeç malzemesi olarak kullanılan seramik karışımlarının sinterlenmiş numunelerinde yapılan üç nokta eğme mukavemeti sonuçları (Çizelge 11.1) incelendiğinde de görülmektedir ki en yüksek mukavemet değeri %5,25 su içeriğine sahip çimento bağlayıcılı korund bazlı malzemeye aittir.

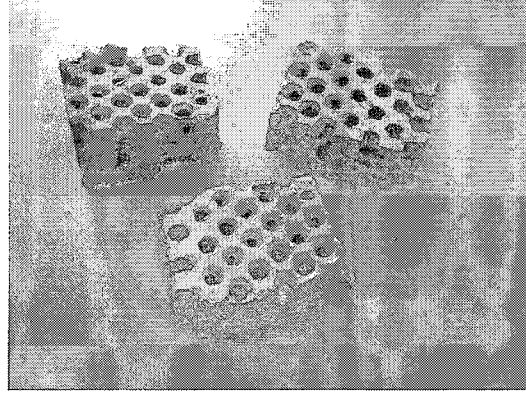
Çizelge 11.1 Seramik süzgeç üretiminde kullanılan seramik karışımların eğme mukavemetleri

Süzgeç Malzemesi	Eğme Mukavemeti (kg/mm ²)
K1	5,6
K2	5
K3	6,4
B1	1,3
B2	1,5
B3	1,5
SP1	1
SP2	1,6
SP3	1,5
SC1	4,4
SC2	4
SC3	4,5
Döküm Çamuru	4
Etil Silikat Bağlayıcılı Karışım	0,1

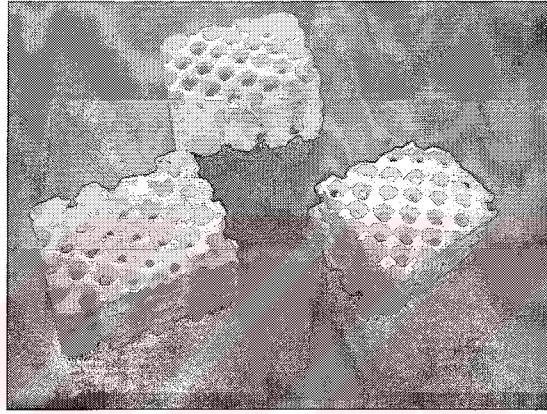
Çimento bağlayıcılı seramik karışımlar kullanılarak üretilen seramik süzgeçlerin görüntüleri Şekil 11.5, 11.6, 11.7, 11.8' de verilmiştir.



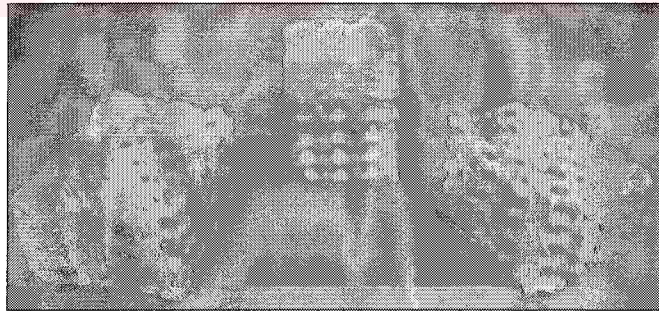
Şekil 11.5 Boksit (B) bazlı seramik süzgeç



Şekil 11.6 Silisyum karbür bazlı (SC) seramik süzgeç



Şekil 11.7 Spinel bazlı (SP) seramik süzgeç



Şekil 11.8 Korund bazlı (K) seramik süzgeç

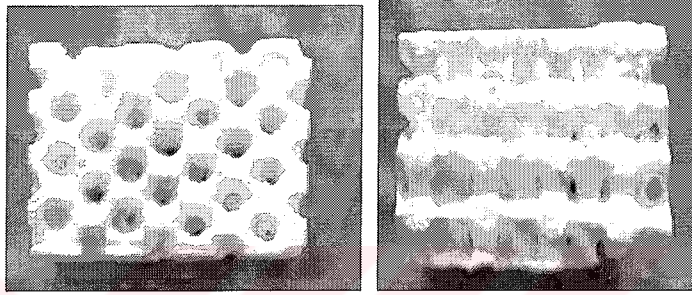
11.3 Üretilen Seramik Köpük Süzgeçlerin Alüminyum Dökümünde Denenmesi

Üretilen seramik süzgeçte metal akış özelliklerini belirleyebilmek amacıyla alüminyum döküm deneyleri yapılmıştır. Deneylerde piyasadan sağlanan 20 ppi poroziteye sahip SiC seramik köpük süzgeç ve polistiren hücre kullanılarak elde edilen seramik süzgeç

kullanılmıştır. 15 mm çapında 150 mm yüksekliğinde silindirik numune dökümü için hazırlanan kum kalıbın metal giriş yoluna seramik süzgeçler yerleştirilmiştir.

Bu çalışmada üretilen seramik süzgeçler, iki konumda kullanılabilme özelliğine sahiptirler. Geniş yüzey alanının kullanıldığı durumda (Şekil 11.9 (a)) preslenmiş süzgeçlere benzer düz geçişler vardır.

Seramik süzgeci 1. konumundan 90° döndürdüğümüzde çapraz geçişlerin bulunduğu 2. konum oluşmaktadır. (Şekil 11.9 (b))

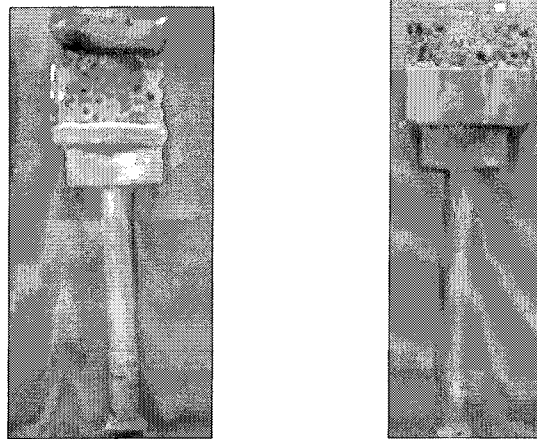


(a) dik geçişlerin bulunduğu konum (b) çapraz geçişlerin bulunduğu konum

Şekil 11.9 Seramik süzgeç konumları

Kum kalıba yerleştirilen seramik süzgeçlerin üzerine 50mmx50mm30mm boyutlarında döküm havuzu konularak metalin döküm hızı kontrol edilmeye çalışılmıştır. Her iki süzgeçten metal süzölmeye başladıktan 5 sn sonra kalıp dolmuştur.

Kum kalıp açıldıktan sonra elde edilen döküm numuneleri Şekil 11.10' da gösterilmiştir.



(a)

(b)

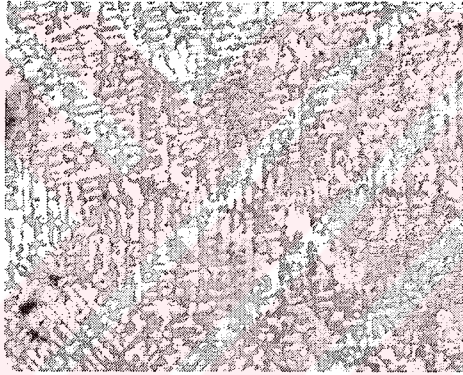
Şekil 11.10 Kum kalıba dökülmüş numuneler

- (a) Polistiren kullanılarak üretilen seramik süzgeç kullanılarak yapılan döküm .
 (b) Piyasadan alınan SiC esaslı seramik köpük süzgeç kullanılarak yapılan döküm

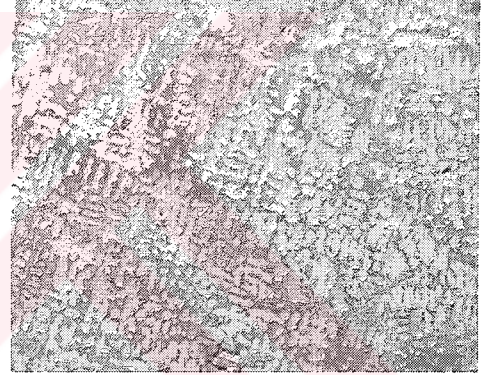
Her iki süzgeç kullanılarak elde edilen numunelerin mekanik özellikleri (Çizelge 11.2) ve mikroyapıları (Şekil 11.11) incelenmiştir.

Çizelge 11.2 Piyasadan sağlanan seramik köpük süzgeç ve polistirenden üretilen süzgeç kullanılarak elde edilen Al döküm numunelerin çekme dayanımı

Alüminyum Döküm	Çekme Dayanımı kg/mm ²		
	1.Döküm	2.Döküm	3.Döküm
Seramik Köpük Süzgeç Kullanımı	16,4	16,8	17,5
Polistiren Kullanılarak Üretilen Süzgeç	17,2	17,9	17,2



(a)



(b)

Şekil 11.11 Alüminyum numunelerin mikroyapı görüntüleri (50x)

- (a) Polistiren kullanılarak yapılan seramik süzgeçten süzülen Al numunesi
 (b) Piyasadan sağlanan seramik köpük süzgeçten süzülen Al numunesi

Her iki süzgecin kullanımıyla elde edilen Al numunelerin mikroyapı ve mekanik özelliklerinde bir farklılık olmadığı gözlenmiştir.

12. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kaliteli döküm ürünlerinin elde edilmesi için dökümhanede süzgeç kullanımı gereklidir.

Ülkemizde köpük süzgeç üretiminin olmaması nedeniyle süzgeç alımı için her yıl yüklü miktarda döviz harcanmaktadır.

Derin yatak süzmesinin oluşabilmesi için gerekli olan süzgeç duvarı yüzey alanının, polistiren kullanılarak elde edilen süzgeçte, poliüretan kullanılarak elde edilenden daha fazla olduğu ve bunun da süzme kapasitesini arttıracığı beklenmektedir.

Polistiren model üretiminde kullanılan kalıp boyutlarının değiştirilmesiyle, üretilecek süzgeçlerin gözenek boyutları ve gözenek miktarları tam kontrol altına alınarak daha kaliteli ve daha ucuz seramik süzgeç üretilir.

Polistiren kullanılarak üretilen süzgecin kurutulması ve polistirenin uzaklaştırılması sırasında seramik bünyede makro çatlak oluşmadığı ve polistirenden atık malzeme kalmadığı gözlenmiştir.

Süzgeç üretiminde kullanılan seramik karışımlardan en iyi mekanik özellikleri veren malzemenin çimento bağlayıcılı korund bazlı seramik karışım olduğu belirlenmiştir.

Yapılan süzme deneyleri sonucunda piyasada kullanılan süzgeç ile bu çalışmada üretilen süzgeçler arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak bu sonuç temiz külçe alüminyum kullanmış olmasının bir sonucu olabilir.

Bu çalışmanın sonucunda şekillendirme koşulları belirlenen seramik süzgeçlerin süzme özelliklerinin daha detaylı olarak incelenmesi, süzebileceği metal miktarı ve metal akış hızının (kg/sn) belirlenmesi amacıyla çalışmaların devam etmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- Adams, K., Williams, E.J., Kannah, S., (2002), " Filtering Basics: Who, What, Where, Why & How ", Modern Casting, Mar 2002, Des Plaines, 1-6.
- Andrews, I.A., Matthews, A.L., (1996), " Molten Metal Filtration ", Ductile Iron News, Hamilton Porcelains Limited, Canada, 1-10.
- Aubrey, L.S., Schmahl, J.R., Cummings M.A., (1993), " Application of Advanced Reticulated Ceramic Foam Filter Technology to Produce Clean Steel Castings" , AFS Transactions, 58- 66.
- Baykara, T., Marşoğlu, M., Gören, R., (1997), " Developmant of Foam Ceramics as Filters for Molten Aluminium Metals and Alloys ", Practical Metallography, 93-98.
- Brockmeyer, J.W. ve Aubrey, L.S., (1987), " Application of Ceramic Foam Filters in Molten Metal Filtration ", 63-74.
- Brown, J. R., (1994), " Filtration of Castings ", The Foseco Foundryman's Handbook, 10 th Edition, Nechells, Birmingham, 339-363.
- Celcor Metal Filters, Grey Irons: Filter Guidelines, SG Irons: Filter Guidelines, Corning Limited, England.
- CERASIC-Filter-Specification, Filter Sizing 3 from 4.
- Clark, H., (1991), " Filtration Of Liquid Metals", The Foundryman, October 1991, 366-368.
- Gauckler, L.J., Waeber, M.M., Conti, C., Jacob-Duliere, M., (1985), " Ceramic Foam For Molten Metal Filtration", Journal Of Metals, September 1985, 47-50.
- Gören, R. , " Seramik Döktüm Filtreleri ve Alümina Bazlı Köpük Filtre Üretimi ", Yüksek Lisans Tezi, Kimya- Metalurji, Y.T.Ü., 1995.
- Hack, J.A., Clark, H., Child, C., (1990), " The Filtration Of Steel Castings ", The Foundryman, April 1990, 183-188.
- Hamilton Porcelains Limited, (1994), " Molten Metal Filters" Technical Data Sheets, May 1994.
- Hofmann Ceramic Ohg, " Comparison and Research of Various Ceramic Filters Manufactured By Hofmann Ceramic Ohg " 1-16.
- Hübschen, B., Krüger, J.G., Keegan,J.N., Schneider, W., " A New Approach For The Investigation Of The Fluid Flow In Ceramic Foam Filters ", Germany.
- Karkhanis, S.R. ve Gadagkar, V. H., (1993), " Metal Filtration: An Easy Way To Produce Quality Castings Economically ", 41 st Indian Foundry Congress, New Delhi, Feb. 1993, 535-546.
- Makarov, S., Apelian, D., Ludwig, R.,(1999), " Inclusion Removal And Detection in Molten Aluminium: Mechanical, Electromagnetic and Acoustic Techniques ", Metal Processin Institute, AFS Transactions, 2-3.
- Monroe, R.W., (1992), " Expendable Pattern Casting ", American Foundrymen's Society, Georgia, 21-37.

Morris, J., Sahu, S., Sievers, U.S., (1990), " Advanced Reticulated Ceramic Metal Filters and Performance Results From Select Steel Foundries ", AFS Transactions, 671-675.

Ray, S.F., " Recent Improvements In The Measurement and Control of Ceramic Foam Filter Quality ", International Melt Quality Workshop, 25-26 October 2001, Madrid, Spain.

Roucka Jaromir, (2000), " Casting Alloy Filtration ", Czech Foundry Society Technological Commission, Brno, 15-16.

Schmal, J.R. ve Davidson, J. N., (1993), " Ceramic Foam Filter Technology For Aluminium Foundries ", Modern Casting, July 1993, 31-33.

Selee Corporation, World Leader in Metal Filtration Technology, Steel Foundry, Iron Foundry, Aluminium Foundry Filters.

Shaw, A.D., (1993), " The Benefits and Advantages of Filtration ", The Foundryman, March, 1993, 50-52.

Stone, T. ve Day, P., (1985), " Cellular Ceramic Steel Foundry Filter Development ", AFS Transactions, 87-97.

Sugden, H. ve Brooks, C., (1992), " Inclusions and The Rationale For The Use Of Celcor Extruded Ceramic Filters ", The Foundry October, 299-301.

Sutton, W.H., Palmer, J.C., Morris, J.R., (1985), " Development of Ceramic Foam Materials for Filtering High Temperature Alloys ", AFS Transactions, 339-346.

Wang, V.W., Mako, G.J., Matthews, A.L., (1996), " Pressed Cellular Filter Application in an Aluminum Foundry ", AFS Transactions, 1045-1052.

Wieser, P.F. ve Dutta, I., (1986), " Priming and Flow Through Filters ", AFS Transactions, Cleveland, 85-91.

İnternet Kaynakları

[1] www.pyrotek.info

[2] www.mtm.kuleuven.ac.be/Research/Thermo/Non-metallic.html

[3] www.refsan.org

[4] www.lanik.cz

[5] www.selee.com

[6] www.pud.org.tr

[7] www.petkim.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 10.10.1981

Doğum yeri İstanbul

Lise 1994-1997 Özel Eyüboğlu Fen Lisesi

Lisans 1997-2001 Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak.
Metalurji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2001-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalurji ve Malzeme Müh. Anabilim Dalı, Üretim
Programı

Çalıştığı Kurumlar

2002- Devam ediyor YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi

