

47006



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERAMİK DÖKÜM FİLTRELERİ VE ALUMİNA BAZLI KÖPÜK FİLTRE ÜRETİMİ

Metalurji Müh. Remzi GÖREN

F.B.E. Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Müzeyyen MARŞOĞLU

İSTANBUL, 1995

İÇİNDEKİLER :

Teşekkür	i
Önsöz	ii
Özetler	iv
I.BÖLÜM	
Giriş	1
2.BÖLÜM	
2.SERAMİK FİLTRELER	6
2.1.TANIMLAR	6
2.2.FİLTRE MALZEME ÖZELLİKLERİ	7
2.3.FİLTRELERİN SINIFLANDIRILMASI	9
2.3.1.Çekirdek Filtreler	10
2.3.2.Refrakter Örgü Filtreler	11
2.3.3.Hücrel Filtreler	13
2.4.Seramik Köpük Filtreler	16
2.4.1.Yapısal Karakteristikler	16
2.4.1.1.Gözeneklilik	17
2.4.1.2.Birim Yığın Yoğunluğu	17
2.4.1.3.Toplam Gözenek Hacmi	18
2.4.2.Uygulama Alanları	18
2.4.3.İşlevsel Etkinlikleri ve Filtrasyon	20
2.4.3.1.İnklüzyon Eleme	21
2.4.3.2.Curuf Eleme	22
2.4.3.3.Akış Homojenleştirme	22
2.4.3.4.Akış Yumuşatma	22
2.4.3.5.Gaz Giderim Etkinliği	22
3.BÖLÜM	
3.FİLTRASYON TEORİ VE MEKANİZMASI	23
3.1.FİLTRASYON TANIM VE AMACI	23
3.2.FİLTRASYON TEORİSİ	25
3.2.1.Sedimentasyon ve Flotasyon	26
3.2.2.Filtrasyon	27
3.3.FİLTRASYON SÜRECİ	29
3.3.1.FİLTRASYON GEREKSİNİMLERİ	29
3.3.1.1.Filtre Seçimi	29
3.3.1.2.Filtre Boyutu	30
3.3.1.3.Gözenek Boyutu yada Gözeneklilik	32

3.3.1.4.Yolluk Dizaynı ve Filtre Yerleştirimleri	33
3.3.2.SIVI AKIş GEREKSİNİMLERİ	36
3.3.2.1.Başlangıç Sıvı Akışı	36
3.3.2.2.Akışta Süreklilik	40
3.3.3. FİLTRASYON MEKANİZMASI	42
3.3.3.1.İnklüzyon Taşınımı ve Eleme Mekanizmaları	42
3.3.3.2.Katı ve Sıvı İnküzyon Eleme	45
3.3.3.2.1.Katı İnküzyon Eleme	45
3.3.3.2.2.Sıvı İnküzyon Eleme	46
3.4.FİLTRASYONUN YARARLARI	48
3.5.FİLTRELERİN UYGULAMA ALANLARI VE EKONOMİSİ	49
3.6.FİLTRASYON VERİMİ	50
4.BÖLÜM	
4.SERAMİK KÖPÜK FİLTRE ÜRETİM SÜRECİ	53
4.1.TARİHÇE	53
4.2.KÖPÜK FİLTRE ÜRETİM TEORİSİ	54
4.2.1.Homojen Katı ve Sıvı Hazırlama	56
4.2.2.Seramik Çamur Hazırlama	57
4.2.3.Çamurlu Sünger Hazırlama	58
4.2.4.Isıl İşlem	58
4.3.ALUMİNA BAZLI SKF ÜRETİM ÇALIşMASI	59
4.3.1.Katı Toz Harman Hazırlama	59
4.3.2.Çamur Hazırlama	59
4.3.3.Çamurlu Sünger Hazırlama	60
4.3.4.Kurutma ve Pişirme	60
5.BÖLÜM	
5.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	63
5.1.SONUÇ	63
5.1.1.Gözeneklilik	64
5.1.2.Mukavemet Testi	64
5.1.3.Filtrasyon Akış Gereksinimi	64
5.2.DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	65
EKLER	70
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİş	76

TEŞEKKÜR

Gerek Yüksek Lisans ders aşamasında, gerekse tez danışmanlığımı yaptığı sırada göstermiş olduğu; ilgi, teşvik ve yol göstericiliğinin yanında, bilgi ve tecrübelerinden faydalandıran değerli insan, kıymetli Hocam Sayın Prof. Dr. Müzeyyen MARŞOĞLU'na öncelikle ve özellikle teşekkürler ederim. Geçmişindeki bilimsel hizmetlerini bu ana taşıyan ve aynı arzu ve istekle geleceğe taşıyacağına, daha nice yeni bilim adamlarının yetişmesine öncülük edeceğine gönülden inanarak başarılarının sürmesini dilerim.

Yine aynı dilek ve temennilerimi, TÜBİTAK'ın olanaklarından yararlandırıp, böyle bir fırsatı bulan sayılı kişiler arasında olmamı sağlayan, MAM (Gebze) Malzeme Bölümü Başkanı Sayın Doç. Dr. Tarık BAYKARA Bey'e de minnettarlığımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım için sıcak bir ortam sağlayan ve hemen hemen her adımında değerli bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan Sayın Dr. A. Aydın Göktaş Bey'e,

Filtrasyon sırasında gerek döküm yolluğunun hazırlanması ve gerekse dökümün yapılmasındaki yardımlarından dolayı Metalurji Yük. Müh. Sayın Batu BÜTÜN Bey'e,

Ayrıca; Seramik laboratuvarında kendileri ile beraber olmaktan memnun olduğum yardımsever teknisyen arkadaşlarım; Sayın Remzi ERSOY, Yılmaz EMRE, Hidayet BODUR, Ergin KAYMAK, Fesih BALLI, Erbay KELEŞ ve Ömer GÜNEŞ Beyler'e de teşekkürler ederim.

ÖNSÖZ

Döküm parçalarının yada daha özele indirgeyerek yüksek teknoloji malzemelerinde, oldukça küçük mikronaltı safsızlıkların , bir çok hassas uygulamalar için hayati önem taşıdıkları bilinmektedir. İstenmeyen safsızlıkların, malzeme yapısından olabildiğince uzaklaştırılmasına yoğun çalışmaların harcandığı bir çağda yaşıyoruz. Bu konuda yeni bir araştırma ve uygulamalardan bahsedilmeyen hemen hemen hiçbir gün yok gibidir.

Seramik filtrelerde bu amaca yönelik olarak düşünülmüş ve bir çok yararlarından sözedilmiştir. Hatta dahada ileri olarak, kaynak yapımı zor, olanaksız yada izin verilmeyen pek çok uygulamalar için zorunlu hale gelmiş durumdadır. Özellikle, uçak ve otomotiv sanayinde bazı hassas bileşenlerin dökümünde filtrelerin (köpük) kullanımı vazgeçilmez olarak uygulanmaktadır. Ülkemizde de bazı büyük döküm sanayilerinde seramik filtrelerin kullanıldığını görmek bu açıdan sevindirici olmaktadır.

Seramik filtrelerin, özelliklede köpük filtrelerin döküm sanayine yönelik olduğu kadar döküm parçaları kullanıcı ve işleyicilerine pekçok yararlar sağlamaktadır. Stok miktarlarının azalması, normal dökümlerle karşılaştırıldığında filtreli dökümlerde mekanik özelliklerdeki artım sağlaması, Alüminyum gibi dekoratif amaçlı dökülen kütüklerin ekstrüzyonunda mükemmel yüzey kalitesi sağlaması filtre kullanımını çekici hale getireceğini ve önümüzdeki yıllarda daha da artan ilgiye sahne olacağını söylemek tahminin ötesinde bir durumdur.

Uluslar arası kalite sistemleri ile endüstriyel modernizasyon ve Avrupa Birliğine entegrasyonda, döküm sanayileri için önemli bir gereksinim olacaktır. 2000 yılına kadar özel döküm filtre pazarının 2-3 milyon dolarlar seviyesinde olabileceği kestirimleri yapılmaktadır.

Bu çalışma, ülke sanayisi için öneminden hareketle yapılması gereken ön hazırlık düşüncesinden kaynaklanmıştır. Çalışmada amaç, filtrasyona yönelik arzulanan kalitede bir filtre (köpük) üretimini gerçekleştirmekten belkide daha çok üretilmesinin gerekliliğine ve üretilebilirliğinin etüdüne yöneliktir.

Bilime ve sanayiye çok ufakta olsa bir katkı yapabilmiş olduğumu bilmek bile benim için ölçülemeyecek derecede büyük mutluluk kaynağı olacaktır.

ÖZET

Bu tez çalışması genelde dört özelda ise iki ana bölümden; filtre ve filtrasyonun tanım, özellik ve mekanizmaları hakkındaki teknik bilgiler ile köpük filtre üretim sürecinden oluşmaktadır. Birinci bölüm; filtrelerin gereksinim ve tarihsel gelişim evrelerini konu alan *Giriş*'i oluşturmaktadır. İkinci bölüm; filtrelerin tanım ve özellikleri hakkında bilgilerin yer aldığı *Filtreler* ve Üçüncü bölüm ise; filtrasyon ve filtrasyon mekanizmaları hakkında bilgilerin yer aldığı *Filtrasyon* bölümünü kapsamaktadır. Dördüncü ve son bölümde de; tezin asıl konusu olan köpük filtreler hakkında üretim teori ve süreci ile değerlendirilmesi yer almaktadır.

SUMMARY

This Master Thesis entitled “ Ceramic Foundry Filters and Alumina Based Foam Filter Production”, is arranged in five chapters. The thesis consists of mainly two studies; 1) the explanation of Ceramic Foundry Filters and the process of Filtration, 2) the Production of Ceramic Foam Filter.

The first chapter covers the introduction of historical background and requirements of those filters. In the second chapter, the technical features of the filters are given. In the third chapter, the theory and mechanisms of filtration is explained. The fourth chapter consists of two important sections, the theory of Ceramic Foam Filter Production and experimental studies dealing with this process. In the last chapter, the fifth chapter, the results from experimental studies are discussed.

1.BÖLÜM

GİRİŞ

Döküm sırasında engellenemeyen inklüzyonlar, kalıpta katılan döküm parçasının bünyesinde kalırlar. Döküm parçasında bulunacak irili ufaklı kompozisyon dışı istenmeyen bu inklüzyonlar, bilinen bir çok dezavantajlara; kusur ve olumsuzluklara neden olurlar. Döküm kusurlarının yolaçacağı sorunlar; döküm türüne ve kalıntı oranına göre daha da sorun olacağı gibi, döküm parçasının uygulama alanı da bu kalıntıların önemini artıracaklardır.

Gerek döküm ve gerekse malzeme bilimcileri, dökümlerdeki bu inklüzyonların giderilme yada olabildiğince en az içerik sınırlara çekebilme uğraşlarını yıllardır sürdürmüşlerdir. Inklüzyonların giderilmesi amacıyla yapılan çalışmalar, geçmişte daha çok; ergitme ortam ve şartlarına, döküm türüne, kullanılan refrakter malzemeleri ve yolluk sistemlerine yönelik olmuştur. Bütün bu uğraşlar, dökümden döküme önemli derecede başarılar sağlamışlardır.

Döküm ürünlerinde istenmeyen inklüzyonların, yapıdan uzaklaştırma çalışmalarının birçok nedenleri vardır. Bunların en önemlileri; gelişen teknolojiye paralel daha kaliteli malzemelerin istenmesi, eldeki materyallerin en iyi şekilde değerlendirilip hurda miktarlarının azaltılması ve gerek ISO 9000, BS 5750 ve Q1 gibi kalite sistemi programları ve gerekse yoğun rekabet gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır.

Döküm parçasına bulaşmadan önce sıvı yapısındaki inklüzyonları gidermede bilinen ve uygulanagelen flotasyon ve sedimentasyon süreçlerinde başarı sıvı ve

katı parçacıklar için önemli kabulleri yada sınırlamaları gerektirmektedir. Yüksek viskoziteli sıvılardan çok küçük boyutlu parçacıkları bir ara yüzeye alabilmek hem çok zor hemde uzun zamanlar alabilmektedir. Oysa; akış halindeki sıvıdan oldukça küçük boyutlu parçacıkları, özellikle seramik köpük filtreleri kullanılarak, her hangi ek bir süreç gerekmeksizin döküm süreci içinde ‘filtrasyon’ la başarılı şekilde gidermek yada olabildiğince azaltmak mümkün olmaktadır.

Döküm uygulamalarına yönelik filtre kullanımı düşünceleri, akmakta olan sıvıdan metalik veya metalik olmayan safsızlıkları ‘süzme’ ilkesine dayanmaktadır. Bu amaçla kullanılan ilk filtreler; bir yandan basit ve iri parçacıkları elemeye yönelikken, diğer yandan sınırlı sıvılar için uygulanabilmişlerdir.

Metalik filtrelerin çok sınırlı filtrasyona uygunluğu ve sıvıyı kirletme gibi potansiyellerinden dolayı, çok kısa sürede seramik filtrelere ani geçişler oldu. Filterler konusundaki çalışmalar bu geçişten sonra, seramik teknolojisi ve filtrasyon pratiklerindeki gelişmelere uygun bir hız kazandı. Filtrasyon amaçlı ilk seramik filtreler kaba yüzey eleyici özellikte olup, ‘Çekirdek’ ve ‘Örgü’ tipteydiler. Çekirdek filterler, belli boyutlarda presle hazırlanmış yaşı tabakalara delikler ve/veya ızgara tip gözeneklerin açılmasını izleyen uygun bir mukavemet sağlayacak sıcaklıklarda pişirilmesi süreciyle üretilmişlerdir. Bu filtrelerin ilk ve hala en yaygın uygulamaları küresel ve lamel grafitli dökme demirlerdir.

Bu filtrelerin göreceli olarak düşük filtrasyon verimlerini artırmak için çeşitli yolluk tasarım ve yerleştirme çalışmaları olmuştur. İlk etapta daha yoğun/çok gözenekli yani küçük boyutlu delikleri olan çekirdek filtre ve döküm

pratiklerinde çeşitli alternatifler oluşturulmaya çalışıldı. Düşey yolluk tepesinde, döküm havuzunun hemen altındaki uygulamalarında, filterin delikleri çıkışında girdaplı sıvı akışına ve düşey yolluk boyunca türbülansa yolaçtığı görüldü. Bu durum, özellikle dros ve curuf oluşumuna eğilimi yüksek küresel grafitli dökme demirlerin filtrasyonunda çok önemli bir sorun oluşturmaktaydı. Filtre gözenekleri çıkışında oluşan girdap, filtre ön yüzeyinde süzülen safsızlıkları akış yönünde emerek sıvının tekrar kirlenmesine neden oluyordu.

Çekirdek filtreler, sonraları ya düşey yolluk tabanlarında yada yatay yolluk kesitlerinde kullanılmaya başlandı. Bu sayede, sıvının filtreden akabilmesi için gerekli sıvı (yükü) basıncı sağlanmış, türbülans ve girdap oluşumunun önüne geçilebilmişti.

Zamanla seramik filtrelerin diğer bir çok döküm sıvılarına uygulanması istemi ve safsızlıkları giderme gibi asıl etkinliklerinin yanında çeşitli avantajlarından yararlanma eğilimlerine çalışıldı. Düzgün, homojen, türbülanssız ve sakin sıvı akış karakteristikleri gibi avantajları bu isteklerden en önemlileridir. Bu sayede, kalıp erozyonu ve kalıp içerisinde yerel ısı kütlelerin oluşumu da engellenmiş olacaktır.

Çekirdek filtrelerin ardından Rus dökümcüleri, bir çok Avrupa ve Batı ülkelerinde FIRAM Süreci lisansı altında pazarladıkları, 'Refrakter Örgü' filtreleri ürettiler. Bu filtrelerin iki önemli versiyonu vardır; rijit ve yarı-rijit. Üretim amacı küresel ve lamel grafitli dökme demirlere yönelik olmasına ramen, geliştirilen bu iki versiyonları sayesinde alüminyum gibi düşük ergime sıcaklıklı metalikler içinde kullanılmaktadır. Refrakter Örgü arasında Cam elyaf dokumalı

filtreler bulunmakta olup Alüminyum metalik sıvılar için bugün bir hayli kullanım alanına sahiptir.

Refrakter Örgü Filtreler, yine Çekirdek Filtreler gibi basit yüzey eleyicili filtrelerdendir. Filtrasyon sırasında distorsiyona uğramak gibi dezavantajlarına ramen, bu filtreler döküm uygulamalarına bazı avantajlar kazandırmışlardır. İstenen boyutlarda kesilip kullanılması, yatay yolluk olmaksızın bile başarılı (göreceli) filtrasyon sağlaması, filtrasyon sırasında filtre yüzeylerinde aşıl原因ıcıların kullanılabilmesi ve yüzey eleyiciliğinin yanında dros gibi safsızlıkların filtre yüzey enerjiler sayesinde ince örgülerine dolanıp yapışımını sağlaması bu filtrelerin önemli avantajlarındanıdır.

Filtrelerin, filtrasyon amaçlı kullanımı yaygınlaştıkça, çok daha geniş sıvı uygulamaları için düşünceler ön plana çıkmaya başladı. Bu amaca uygun olarak peş peşe ‘Hücresele’ ve ‘Köpük’ filtreler üretildi. Hücresele filtreler, alışıl原因ealmış alüminyum ve düşük ergime sıcaklıklı metaliklerden süper alaşımlara kadar varabilen birçok sıvılar için uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Günümüzde bu filtreler dökümlerde filtrasyon amaçlı kullanımlarının yanı sıra, kesit boyunca uzanan düzgün hücreli stünsal yapılarıyla; odun sobalarında, ozon azaltımında, otomotiv ve endüstriyel kirlilik kontrollerde, kimyasal süreçlerde ve katalitik yanma ürünlerinde katalitik taşıyıcılar olarak çeşitli kimyasal yapı ve şekilleriyle kullanılmaktadır.

Günümüz dökümhanelerinde, kaynaklı tamirlerine izin verilmeyen yada bir hayli zor olan, uçak ve otomotiv sanayilerine yönelik birçok hassas bileşenlerin üretilmesinde en çok kullanılan filtreler ‘köpük’lerdir. Köpük filtreler, alüminyum gibi hafif metaliklerden 1800°C’lara varan yüksek ergime sıcaklıklı

metaliklere kadar yaygın uygulanmaktadır. Köpük filtreleri diğerlerinde üstün kılan en önemli avantajları arasında ; yüksek gözenekliliği, sakin ve türbülanssız sıvı akış karakteristikleri, yüksek geometrik alanı ve zik-zaksı (tortuz) akış sağlaması sayılabilir. Bu filtreler, SiC kompozisyonlu üretilenlerinin yanında daha çok alümina ve zirkonya gibi oksit karakterli üretilmektedir. Bunlar birer avantaj olarak, sıvı kompozisyonuna kimyasal uygunluk gösterirler.

Diğer bütün filtreler, yüzey eleyicili yani delik boyutlarından daha iri parçacıkları süzerek elerken, köpükler aynı zamanda metalik ve/veya metalik olmayan çok daha ince parçacıkları iç ortamlarında eleyebilen mekanizmalara sahiptir.

Seramik filtreler geliştikçe, artan filtrasyon verimlerinin yanında, dikkatli ve titiz; profesyonelce çalışma avantajları da sağlamışlardır. Her ne kadar, filtre kullanımı zor ve zahmetli olsa da; gerekli döküm pratikleri, tecrübe ve uygun yolluk tasarımlarıyla bu sorunlar da kolaylıkla aşılmaktadır.

2. BÖLÜM

2.SERAMİK FİLTRELER

2.1.TANIMLAR

Kelime olarak filtre, metalik sıvı veya herhangi bir hareketli ortamda asıltı halinde bulunan, değişik şekil, yoğunluk ve kompozisyonlarda olabilen, döküm dilinde safsızlıklar olarak tanımlanan parçacıkların, belirli bir süreç içerisinde tamamen veya olabildiğince en az sınırlara kadar elenerek sistemden uzaklaştırılmasına yarayan araçlardır.

Döküm çalışmalarında kullanılan filtreler, sıvı banyosudaki sonuç döküm ürüne bilinen birçok zararlı etkilerinden dolayı safsızlıkların fiziksel, mekanik ve/veya kimyasal olarak uzaklaştırılması amacıyla kullanılır. Filtrasyon amaçlı kullanılan ilk seramik filtreler, belli bir kesit ve bu kesit alan içinde genellikle yuvarlak şekilli deliklere sahip basit süzekler halinde geliştirilmişlerdir.

Fonksiyonları göz önüne alınarak yapılacak genel bir tanımlama şu şekilde yapılabilir: Filtreler, yapısında belirli boyut ve yoğunlukta gözenekleri bulunan, yine standart veya isteğe uygun boyutlarda hazırlanabilen, filtrelenecek sıvının kimyasal içeriğiyle büyük çapta uyumlu yapısal özelliklere sahip eleyici malzemelerdir.

2.2.FİLTRE MALZEME ÖZELLİKLERİ

Sıvı eriyik içindeki safsızlıkların filtrasyonu için kullanılacak filtreler, ya sıvı havuzu içerisinde, yada; düşey, yatay ve iç/giriş yolluklar gibi sıvının akış halinde olduğu kesitlerde kullanılırlar. Filtreler bu nedenle, yüksek sıvı sıcaklığı karşısında kararlı yapısını koruyabilmeli, yüzeylerine ani olarak veya yığılabilir sıvı ağırlığı/kütlesi ile, potansiyel ve kinetik oluşacak sıvı kuvvetine dayanabilmeli, sıvının korozyif etkileriyle aşınmamalı ve yine sıvının kimyasal etkileri karşısında hassas yapısını koruyabilmeli, ısıl şoklara direngen olmalıdır.

Bütün bunlar göz önüne alınarak, seramik döküm filtreleri için şu özellikler aranmalıdır:

- Sıcaklık duyarlılığı
- Kimyasal kararlılığı
- Fiziksel özellikler
- Mekanik özellikler
- Isıl özellikler (Morris, J., 1990)

Bu özelliklerin önem derecesi döküm sıvısının sıcaklığına, kimyasal içeriğine, akıcılığına, dökme hızı ve filtrelenecek miktarına göre değişir ve öncelik kazanır. Filtreler; Alüminyum gibi göreceli olarak daha düşük ergime sıcaklıklı metaliklerden, 1800⁰C'lara kadar ulaşan karbonlu çelikler ve süper alaşımlar gibi yüksek ergime sıcaklıklı sıvılar için kullanılacağından, bu sıcaklıklara ramen hassas yapısını koruyabilmelidirler.

Filtreler, sıvı alaşıma karşı kimyasal olarak kararlı malzemeler içermelidirler. Genelde bu özellik açısından bakıldığından en önemli malzemeler oksitlerdir. Örnek olarak, PSZ (Mg) yani stabilize ajan olarak Mg'un kullanıldığı kısmen kararlı Zirkonya köpük filtre, düşük ve yüksek karbonlu çeliklerin filtrasyonuna hem kimyasal hem de mekanik açıdan uygundur. Filtrelenecek sıvı ile kimyasal uyumu, sıvıyı kirletmemesi açısından da oldukça önemli bir özelliktir.

Filtrelerin önemli özelliklerinden biri karakteristik yapılarına aittir. Gözenek boyutu ve yoğunluğu (% gözeneklilik) ile filtre boyutu; sıvının filtreden akış karakterini, hızını ve miktarını etkilerler. Filtre ve filtre boyutu arttıkça filtreden geçen sıvı miktarı artar, buna karşın filtrasyon verimi (safsızlık giderimi) düşer. Düşük akıcılık özelliğinde sıvılar için daha kaba gözenekli filtreler kullanılırken, sıvı akıcılığının artması ile kullanılacak filtre boyutu küçülecektir.

Seramik filtreler, gerek taşıma ve gerekse servis sırasında kırılmamalı, ufalanmamalıdır. Bu oda sıcaklığı özelliklerini filtrasyon sırasında da sürdürmeli; oluşacak ısı ve mekanik gerilmeler altında sıvıyı kirletebilecek yerel ufalanmalar görülmemeli, deforme olmamalı, kırılma ve/veya sürünmeye karşı dayanıklı olmalıdır.

Isıl özellikler, seramik döküm filtreleri için en önemli özelliklerinden başlıcasıdır. Seramik malzemenin kompozisyonu ve iç yüzey yapısı, başlangıçta filtre malzeme sıcaklığının yüzlerce üzerindeki sıcak sıvının ani temasından dolayı oluşacak ısı şok dayançları yüksek olmalıdır. **Tablo 2.1**'de bazı seramik köpük filtrelerle ilişkin çeşitli özellikler görülmektedir.

Tablo 2.1: Seramik Köpük Filtre karakteristik özellikler

Filtre Köpük malzeme	Sıcaklık hassasiyeti, ° C	Yüksek sıcaklık mukavemeti	Kimyasal kararlılık	Isıl şok dayanımı
NCL Mullit	1650	iyi	iyi	iyi
98 Alümina	1750	çok iyi	çok iyi	zayıf
ZTA Alümina	1750	çok iyi	çok iyi	çok iyi
PSZ Zirkonya	1800	çok iyi	çok iyi	çok iyi

2.3. FİLTRELERİN SINIFLANDIRILMASI

Filtrelerin belirli başlıklar altında toplanması zor ve bir okadar da yetersiz kalabilir. Filtreler, gerek üretim süreçleri yönünden ve gerekse filtrasyon mekanizmaları ve döküm sıvılarına uygunlukları bakımından farklılık gösterirler. Yapılan basit bir sınıflama ile filtreler iki bölümde ele alınmışlardır; konvansiyonel ve ileri tip filtreler. Konvansiyonel tip olarak: cam elyaf veya metalik süzücüler, seramik çekirdekler, yine cam elyaf veya yüksek silika fiber dokumalı Refrakter Örgüler, serbest seramik toprak ve ekstrüzyon ürünü stüsal (hücrel) filtreler; ileri tip olarak ta: seramik köpük filtrelerdir.

Böyle bir sınıflandırma her ne kadar yeterli görülsede, konvansiyonel tip filtrelerin genel özellikleri basit yüzey eleyici yani fiziksel karakterli oluşları nedeniyle, ekstrüzyon ürünü hücrel filtreleri bu başlıktan ayırabiliriz. Son zamanlarda ki uygulamalarıyla, hücrel filtrelerin daha çok yüzey eleyicili filtreler olmasının yanında, başarılı şekilde yumuşak demir sıvılarda dros ve curuf gibi safsızlıkları kimyasal olarak eledikleri görülmüştür. Bu nedenle, bu filtreleri tıpkı köpükler gibi, hem filtrasyon mekanizması ve verimi açısından, hem de

çok sayıda sıvılar için uygunluğu ve sıvı akışlarında sağladıkları homojenlik açısından ileri sınıf filtreler olarak kabul edebiliriz.

Üretim yöntemleri,ekonomikliği,filtrasyon verimi ve akış karakteristikleri gibi gerek filtrelere ait kendi özellikleri ve gerekse döküm kalitesi açısından avantaj ve dezavantajları göz önüne alınmaksızın en iyi sınıflandırma şu şekilde yapılabilir:Basit yüzey eleme mekanizmalı filtreler ve derin yatak eleme mekanizmalı filtreler.

1- **Basit yüzey eleyici filtreler:** Bu filtreler, yapılarında bulunan gözenekleri boyutlarından daha iri parçacıkların, filtre gözeneklerinden geçemeyerek süzülmesini sağlarlar. Bu fiziksel elemelere, filtre yüzeyinde elenerek ‘kek’ tabakası oluşturmuş safsızlıkların sağlayacağı mekaniksel eleme de ilave edilebilir. Bölümün en önemli filtreleri; ‘Çekirdek’ ve ‘Örgü’ lerdir.

2- **Derin yatak eleyici filtreler:** Bu filtreler, safsızlık filtre ön yüzeyinde elemelerinin yanında, gözeneklerden geçenleri iç ortamlarında eleyebilme özelliklerine sahiptirler. Köpük filtreler bu bölümün tek yada en önemli olanıdır.

2.3.1.Çekirdek Filtreler

Seramik Çekirdek Filtreler, döküm sıvılarının filtrasyonlarında ilk olmalarına ramen bugün hala en yaygın kullanımlı filtrelerden biridir. Daha çok yuvarlak şekilli olmalarının yanında kare kesitli olanları da vardır. Uygulama alanı dökme demirlere yönelik olan bu filtrelerle, curuf oluşum eğiliminden dolayı lamel grafitli dökme demirlerde, küresel grafitlere göre daha başarılı filtrasyon sağlarlar.

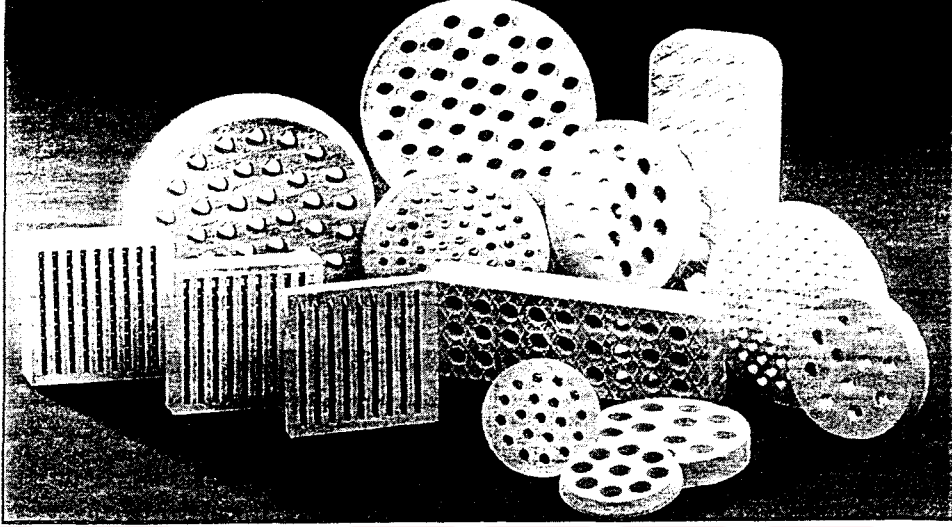
Seramik Çekirdeklerin üretim süreci, uygun bir seramik toz karışımından, arzulanan kare veya yuvarlak kesitte tabakaların preslenmesi ile başlar. Bu yaşı tabakaların yüzeyinde bir otomatik delme aparatı ile uygun boyut ve sıklıkta delikler açılır. Hazırlanan bu çekirdek seramik elemanlar, daha sonra, gerekli mukavemet ve sertlik değeri kazanacakları yüksek sıcaklıklarda pişirilirlir. Şekil 2.1’de Çekirdek Filtre örnekleri görülmektedir (Castledine, T.J.,1985).

Çekirdek Filtrelerin üretim kolaylığı ve maliyet avantajlarına ramen, bazı uygulama zorlukları vardır. Bu zorlukların başında ; düşey yolluk tepesinde kullanıldığında yol açtığı girdaplı sıvı akış ve türbülans oluşturmaktadır.Bu dezavantajlarının önüne, filtreleri düşey yolluk tabanında ve yatay yolluk içinde kullanılarak geçilmiştir. Hem girdap şiddetini azaltmak hemde filtrasyon verimini artırmak için 3 mm’ye varan boyutlu delikleri olan filtreler üretilmişlerdir.Gözeneklilik yüzdesi düşük olduğundan, yüzeyde sıvı kütlesinin aşırı birikmesini engellemek için, daha çok sıvının filtreye teğet gelmesini sağlayacak yolluk yerleştirimleri yapılmaktadır.Bu, hem sıvının dönerek filtreden akmasını sağlar hemde delik çaplarının küçüklüğü nedeniyle oluşacak sürtünme dirençlerinin aşılmasını sağlar.Ayrıca bu uygulama şekliyle, sıvı ile hava girişi engelleneceğinden, yumuşak demirlerde dros ve curuf oluşum eğilimi azalacaktır.

2.3.2.Refrakter Örgü Filtreler

Demirli sıvı metaliklere dayanımlı yüksek silika örgü filtreler ilk kez Rus Dökümcüleri tarafından gerçekleştirildi. Bu örgü Filtreler, Rusların kendi FIRAM süreçlerinin bir parçasıydı. Rusyadan başka bir çok Avrupa ülkelerinde ve ABD’de lamel ve küresel grafitli yönelik denendiler. ABD’de yapılan

denemelerinde, bu filtrelerin sıvı demirlerden çok Alüminyum gibi daha düşük ergime sıcaklıklı metaliklere uygunluğu vurgulanmıştı

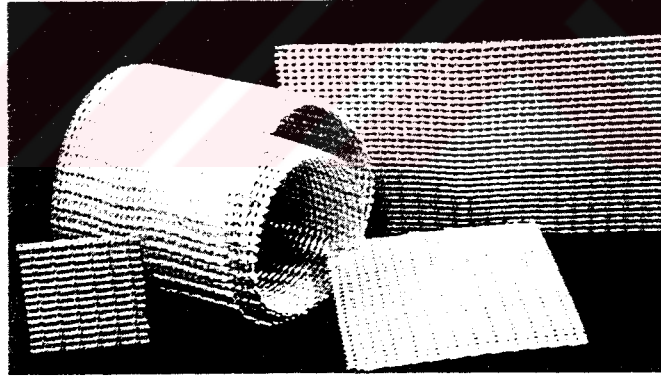


Şekil 2.1 : Çekirdek Filtreler:
elek ve ızgaralar

Örgü Filtreler, diğer sert-pişirilmiş seramik filtre türlerine göre bazı kullanım avantajlarına sahiptirler. Bu filtreler standart olarak (100 x 100-cm) boyutlarda üretilmesine rağmen bir avantaj olarak kullanıcılar istedikleri boyutlarda kesip kullanabilmektedirler. Temel olarak, kalıp montaj hatlarında (alt ve üst derece montaj bölgesi gibi) kullanılırlar. Yine, düşey yolluk tepesi veya taban kesiti boyunca sıvı akışına dik kullanılabileceği gibi, kalıba sıvıyı besleyecek havuz yüzeyi boyunca sıvı akışına dik ve teğet olarak kullanılırlar. Bir avantajı olarak bu filtreler, yatay yolluklardan döküme sıvıyı taşıyan giriş yolluk kesiti boyunca kullanılarak, sıvı akışının belli bir anda kesilmesinin gerekli olduğu uygulamalar için, bir 'çit' görevi görür. Bu çeşitli alternatifli uygulamalarının yanında, sülfatları ve metalik olmayan safsızlıkları yüzeyde süzerken, dross ve curuf gibi inklüzyonların ince örgülerine dolanarak elenmesini sağlar (Castedline, T.J.,1985).

Örgü Filtrelerden daha başka sıvı filtrasyonlarda yararlanmak için, bugün geliştirilen iki önemli versiyonu vardır. Bu sayede, dökme demirlerin tümünün inmold filtrasyonuna uygunluğu, en az bakır bazlı metalikler ve alüminyum gibi demir dışı alaşım sıvıları kadardır. Alüminyum metaliklerin sıvılarının filtrasyonunda yaygın olarak kullanılan cam elyaf örülü filtrelerle beraber, geliştirilen iki versiyon ; rijit ve yarı-rijit örgülerdir. Bunlar yüksek silika fiberlerle örülmüşlerdir.

Şekil 2.2’de görülen rijit ve yarı-rijit örgü filtreler, yaklaşık (1,5 x 1,5 -mm) örgü/delik boyutlu olup, bu değer Çekirdek Filtrelerden daha küçüktür. Reçine emdirilen/kaplanan yarı-rijit örgüler uygulama öncesi, ilave bir rijitlik kazansın diye 250-300⁰C’larda örneğin bir muffle fırında, 3 dak. kadar ısıtılırlar.



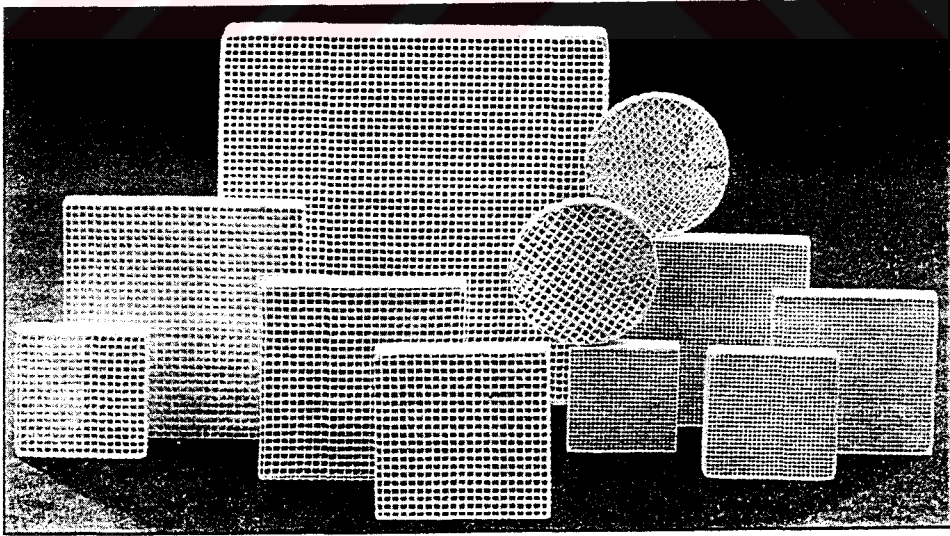
Şekil 2.2 :Rijit ve yarı rijit örgü filtreler.

2.3.3. Hücresel Filtreler

Ekstrüzyon ürünü Hücresel Filtreler, Şekil 2.3’de görüldüğü gibi, birbirine bağlı ince ağların oluşturduğu bal peteğine benzer matriks yapıdadır. Filtre parçalar

içinde ağırlar arasında kalan çeşitli boyutlardaki delikler, bir kesitten diğer kesite boylamasına uzanırlar. Bir Hücresel Filtrenin açık (ön) yüzey alanını ; hücre (delik/boşluk) şekli, boyutu ve duvar kalınlıkları saptar. Bu geometrik parametreler değiştirilerek, verilen bir uygulama için uygun gözeneklilikte filtre hazırlanabilir/seçilebilir. Hücresel Filtreler, açık alanları cinsinden tanınırlar. 50 csi'den 400 csi'lere varan (csi ; inç alandaki hücre sayısı) hücre yoğunluklu filtreler için ortalama gözeneklilik %70 civarındadır.

Hücresel Filtreler, tipik yüzey eleyici filtreler olarak tanınmasına ramen, boşluklarını çevreleyen duvarlarında yüzey enerjiler sayesinde curuf ve dros gibi safsızlıklarda giderilmektedir. Bu giderimin, gri ve yumuşak demirlerin Kordierit-Mullit Hücresel Filtrelerle başarılı şekilde gerçekleştiği yapılan çalışmalarla görülmüştür. Kordierit-Mullit filrelerin yanında; Zirkonya Spinel, Alümina, Kordierit, Mullit ve Mullit-Al Titanat esaslı altı hücresel Filtre alternatifleri vardır (Simmons, W.,1983).



Şekil 2.3 : Hücresel Seramik Filtreler

Bu filtrelerin yolluk sistemlerine yerleştirimleri kalıp ve alaşım pratiklerine bağlıdır. Filtreler; yatay yolluk bölgesinde ve dűşey yolluk tabanlarında kullanılırlar. Filtrelerin boyutu, filtreli ve filtresiz yolluk dizaynlarında birbirine yakın kalıp dolum hızı sağlayacak büyüklükte olmalıdır. Hücre yoğunluğu arttıkça filtrede akabilir sıvı miktarı azalacak, buna karşılık safsızlık giderim başarısı artacaktır. Bu filtrelerden sıvı akışını sağlamak bir hayli zordur. Bunun için filtreler ön ısıtılır ve filtreye sürekli akıcı sıvı sağlayacak şekilde bir ön sıvı havuzuna gereksinim olabilir. **Tablo 2.2'**de ücresele Filtrelere ait karakteristike tanımlar yer almaktadır (Stone, T.,1985).

Hücresele Filtreler ekstrűzyon yöntemiyle üretilirler. Önce, belirli kesit ve boyda kütükler halinde çekilirler. Bu kütükler, daha sonra, uygun bir tutma mukavemeti saėlayacak řekilde (dielektrik fırın) kurutulurlar. Kurutulan bu kütüklerden kesilen uygun boyutlu dilimler yüksek sıcaklıklarda piřirilirler (Huskonen,W.D.,1987).

Tablo 2.2 : Hücresele Filtrelere ait karakteristike özellikler

Hücre yoğunluğu, csi	Ortalama gözeneklilik, %	Hücre boyutu, inç	Hücre şekli
50	67	0.115	kare
100	69	0.083	kare
200	69	0.058	kare
300	63	0.044	kare
400	75	0.043	kare
50	35	0.094	yuvarlak
242	62	0.077	üçgen

Bu filtreleri uygulama alanları yüksek sıcaklık filtrasyonları olup, 1983'ten beri dökme demirlere yönelik kullanılan bu filtreler son zamanlarda ; Alüminyum ve hafif alaşımlardan, demir dışı diğer birçok alaşımlara, düşük ve yüksek karbonlu çeliklerle süper alaşımlara varan bir kullanım yelpazesine sahiptir. Bu Filtreler: yüksek açık (ön yüzey) sıvı akış alanları , yani gözeneklilikleri ile yüksek filtrasyon hızları; düzenli hücre geometrisi sayesinde düzenli döküm zamanı, filtrasyon ve sıvı kapasitesi; mukavemetli yapısı ile filtrasyon sırası distorsiyonun olmaması ve yine kalıba homojen/kararlı akış sağlaması gibi, diğer bir çok filtrelere üstünlükleri vardır (Sugdan, H.,1992).

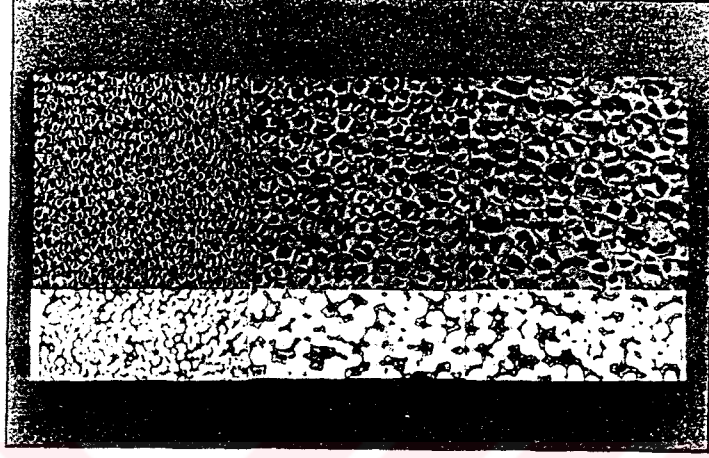
2.4. Seramik Köpük Filtreler

Köpük Filtreler, oldukça geniş sıvı uygulamalarında kullanılan, yüksek inklüzyon giderici, ağsı yapıda ileri seramik filtrelerdir. Belirli sayıda gözenekleri olan, ısıtılma ile kolaylıkla uçabilecek organik süngerlerin üç boyutlu replikası şeklinde üretilir. Uygun kompozisyonlu çamur, bu organik süngere iyice kaplanır. Organik ağları seramik çamurla kaplı sünger, belirli bir ısıtılma sürecine alınır. Organikler uçarken seramik çamur sinterlenir ve uygun mukavemet kazanır. Üretim süreci kısaca bu adımlardan oluşan seramik köpük filtrelerin yapı, uygulama ve işlevsel özellikler açısından diğer filtrelerden belirgin farklara ve avantajlara sahiptir. Şekil 2.4'de iki boyutlu bir Köpük Filtre örneği görülmektedir.

2.4.1.Yapısal Karakteristikleri

Seramik Köpük Filtreler, ağsı bir poliüretan (organik) süngerin taslağından üretilir. Seramik Köpükler, tıpkı organik sünger gibi küçük gözenekleri

çevreleyen çok kompleks seramik ağırlara sahiptir. **Şekil 2.4**'te iki boyutlu örneği görülen köpük filtre yapılarının karakteristik tanımlaması şu başlıklar altında yapılabilir (Sutton, W.H.,).



Şekil 2.4 : Seramik Köpük Filtre
soldan sağa ; 25,15 ve 10 ppi

2.4.1.1.Gözeneklilik

Filtrelerin gözenekleri, filtre ortamı tamamında üç boyutlu ve çeşitli yönelimlerle birbirlerine bağlı şekilde sürekli bir dizin oluştururlar. Gözenekler, yuvarlaksı polihedral hücreler halindedir. Filtredeki gözeneklilik inç yada cm. uzaklıktaki gözenek sayısı ile tanımlanır. İnç uzaklıkta 3 adet gözenegin varlığını gösteren 3 ppi kaba filtrelerden 50 ppi' lere kadar ince (gözenekli) köpük filtreler vardır. (ppi ; pore per inch)

2.4.1.2.Birim Yığın Yoğunluğu

Birim yığın yoğunluğu köpüklerin ağırlık ve hacminden saptanır. Boşluk hacmi arttıkça birim yığın yoğunluğu azalır. **Tablo 3**'te görüldüğü gibi, 1800 °C'leri

aşan demir çelik ve süperalaşım sıvılarında kullanılan PSZ ve ZrO_2 köpükler, iki farklı yoğunlukta üretilmişlerdir. Mukavemetin optimize edilmesi istenen durumlarda daha kalın ağ yapılı ve göreceli olarak da kısmen küçük boyutlu gözeneklere sahip yüksek yoğun (HD) köpükler, sıvı akışın yüksek olmasının ön planda olduğu uygulamalar içinse daha ince ağ yapılı ve kaba gözenekli düşük yoğun (LD) köpükler üretilmişlerdir. Bu tür uygulama, belirli bir sıvı için başka alternatifleri bulunmayan köpük filtreler açısından önemlidir.

2.4.1.3. Toplam Gözenek Hacmi

Köpük hacimdeki toplam poroziteyi tanımlar. **Tablo 2.3'**ten de görülebileceği gibi birim porozite değeri %80 civarında değişmektedir. Gözenek boyutu küçüldükçe % porozite (gözeneklilik %'si) düşmektedir.

2.4.2.Uygulama Alanları

Seramik Köpük Filtreler, kompozisyonlarına bağlı olarak, tanımlanan özelliklere yeterince sahiptirler. Bu avantajlarına, yüksek filtrasyon verimleri de eklenince; Ek-1'de görüldüğü gibi çok düşük ergime sıcaklıklı metaliklerden, ergime sıcaklıkları 1800^0 C'lara varan metaliklere kadar uygulama alanı bulurlar. Yine Ek-2'de, bu filtrele ait genel uygulama ve bu uygulamalara önerilen gözenek sayıları verilmektedir.

Seramik Köpüklerin demir dışı uygulamaları için Foseco tarafından üretilip tanımlanan tescilli (F) filtreleri şu isimlerle;

SIVEX : Alüminyum ve alaşımları için

SEDEX : Bakır-bazlı alaşımlar için

STELEX: Magnezyum alaşımları için

kullanılmaktadır. Köpük Filtrelerin demir-çelik ve süperalaşımlar gibi 1800 ° C'ı aşan sıcaklık filtrasyonları için PSZ (Mg) ve ZTA Stelex filtre malzemeler kullanılmaktadır. PSZ (Mg) yüksek performanslı, stabilize ajan olarak Mg'un kullanıldığı kısmen kararlı Zirkonya'yı, ZTA ise; bir Mullit bağlayıcı sistem ile Zirkonya toklaştıırılı Alumina köpükleri tanımlar (Hack, J.A.,1990).

Tablo 2.3 : Bazı Oksit Köpük Filtre Malzemelerin Fiziksel Özellikleri
(LD :Low Density, HD :High Density)

Köpük malzeme	Gözenek sayısı, ppi	Ağ kalınlığı, µm	Birim yığın yoğunluğu, g/cc	Birim gözeneklilik, %	
NCL Mullit	10	686	0.44	78	
	20	508	0.47	77	
	30	279	0.45	81	
98 Alumina	10	508	0.51	82	
	20	356	0.61	80	
	30	254	0.66	77	
ZTA Alumina	10	432	0.57	85	
	20	330	0.61	83	
	30	229	0.69	80	
Zirkonya (PSZ)	10	508	0.72	85	
	LD	20	356	0.74	84
		30	254	0.84	82
		10	457	0.93	81
	HD	20	356	1.18	77
		30	254	1.12	76

2.4.3.İşlevsel Etkinlikleri ve Filtrasyon

Seramik Köpük Filtreler tamamen, Hücresel Filtreler ise kısmen ‘derin yatak filtrasyon’ karakterlidirler. Çekirdek ve Refrakter örgüler gibi basit yüzey eleyicili Filtreler, filtre delik (gözenek) boyutlarından daha büyük inklüzyon parçacıklarını elerler. Her ne kadar, bu fiziksel olarak elenen safsızlıklar yüzeyde bir ‘kek tabaka’sı oluşturarak daha küçük parçacıkların mekanik elenmesini sağlarlar da, çok küçük boyutlu parçacıkların elenmesinde en uygun ve ideal olan filtrasyon ‘derin yatak’ karakterindedir. Oluşan kek tabakalar, filtrenin zamanından önce tıkanmasına yada akışın olumsuz etkilenmesine yol açar.

Hücresel Filtreler, dros ve curuf gibi safsızlıkların iç yüzeylerine, tıpkı Köpük Filtrelerdeki gibi yüzey enerjileri aracılığıyla yapıştırıp eleseler de, köpük filtreler hem daha küçük ve çeşitli inklüzyonların elenmesi açısından, hem de değişik eleme mekanizmaları açısından bu filtrelerden çok daha başarılı filtrasyon verimi sağlarlar. Köpük Filtreler; iç bölgelerindeki daha dar gözenek aralıkları (efektif gözenek aralığı) ve gözenek çukurcukları gibi eleyici ortamları ile **Tablo 2.3**’te görülen fiziksel özellikleri de göz önüne alındığında;

- Inklüzyonların efektif olarak giderilmesi için yüksek iç yüzey alanı
- Inklüzyonların efektif olarak giderilmesi için tortuz akış (yolu)
- Yüksek ısıl sok direnci
- Düşük ısıl kütle
- Yüksek iç makroporozite

avantajlarına sahiptir (Shaw, A.D.,1993).

Döküm uygulamalarında inklüzyonları gidermek gibi amaçlarla kullanılmaya başlanan filtrelerden, sonraları bu amaçların yanında başka işlevleri de yerine getirmesi avantajları aranmaya başlanmıştır. Örgü filtrelerle Çekirdek filtreler inklüzyonları giderirken, Hücresel ve Köpük filtreler bunlara ilaveten sıvılara düzgün ve homojen akış karakteri de sağlamışlardır. Hücresel filtreler, bir kesitten diğerine düzgün hücre açıklığına sahip olduklarından, düzgün ve belirli akış hızları gösterirler. Seramik Köpük Filtreler, düzensiz hücre geometrilerinden dolayı değişik döküm zamanları gösterebilirler. Bu da, özellikle otomatik üretim hatlarında kritik bir durumdur. Ayrıca, ince keskin filtre ağlarının, ufalanması ve/veya pul pul dökülmesi sıvının tekrar kirlenmesine neden olabilir.

Seramik Köpükler, genelde tüm filtrelere, özelde de hücresel filtrelere göre, hem inklüzyon giderim verimi açısından hem de sıvı akışını homojenleştirme, akış şiddetini sakinleştirme ve gaz giderimine olanak sağlama açısından avantajları şu şekilde bölümlendirilebilir (Morris, J.,1990).

2.4.3.1.İnklüzyon Eleme

Seramik Köpük Filtreler (SKF), derin yatak filtrasyon karakteristiklerinden dolayı inklüzyon eleme verimi yüksektir. Bu eleme olayına, çeliklerde en yaygın ve giderimi zor inklüzyonlar olan oksitler de dahildir. Çünkü; bu oksitler, uygun kompozisyonlu ağısı yapıda tortuz akış sırasında filtrelerin yüksek yüzey alanları ile temas ederler. Sıvılar tipik olarak belirgin özellikleriyle oksitleri ıslatmadıklarından, örneğin Zirkonya filtre ile temaslarında oksitlerin serbest enerjileri azalır. Temastan kısa süre sonra, sıvı ısı enerjileri bu oksit inklüzyonları filtre iç yüzeyine yapıştırırlar.

2.4.3.2.Curuf Eleme

Uygun bir filtre kullanıldığında ve filtre ön bölgesinde bir sıvı yüke olanak tanındığında, ikinci flotasyona şans doğar. Filtre üst/ön bölgesindeki sıvı havuz yüzeyinde sıvı metalikten daha hafif camsı curuflar yüzerler. Sıvı ile aynı veya daha ağır camsı veya snotty curuflar, sıvının filtre ortamından tortuz geçişi sırasında, ağırlara dolanma eğilimi gösterirler.

2.4.3.3.Akış Homojenleştirme

Filtreler, gözenekleri aracılığıyla daha küçük yüzey alanlı sıvı akışı sağlarlar. Kontrollü sıvı akışı, kalıbın bir köşesinde olabilir aşırı ısıyı engelleyeceği gibi seramik göbeğin aşırı ısınmasını da minimize eder.

2.4.3.4.Akışı Yumuşatma

Filtre, öncesinde bir (sıvı) yükün gelişmesine olanak sağlar. Bu bir avantaj olarak daha büyük miktarlarda bulaşıkların girişini engellediği gibi, sıvı metalığın filtre ön yüzeyinden girip diğer yüzeyinden çıktığında akışı laminar ve türbülanssız kılar. Bu durum, kalıba sıvı akışının yol açacağı kinetik darbeyi engelleyip, potansiyel erozyonu ve döküm yolluk içinden gaz dalımını da azaltır.

2.4.3.5.Gaz Giderim Etkinliği

Köpük filtre ortamında sıvı akışın yoğunlaşması ters basınç oluşturur. Bu da, gazların kaçışına olanak tanır.

3.BÖLÜM

3. FİLTRASYON TEORİ VE MEKANİZMALARI

3.1.Filtrasyon Tanım ve Amacı

Döküm sıvısının bünyesinde çeşitli kaynaklardan katışan inklüzyonlar, son döküm ürüne bilinen birçok zararlı etkileri vardır. Kaliteli döküm uğraşları, yıllardır hep bu inklüzyonların sistem uzaklaştırılmasına ya da en aza indirecek sınırlara çekilmesine yönelik olmuştur. Filtrasyon süreci de bu çalışmaların bir parçası olup, gün geçtikçe daha da önemlisi olmuştur.

Inklüzyon yada diğer bir tanımla safsızlıklar, sıvıdan sıvıya çeşitlilik gösterirler. Örneğin, yumuşak demirler için başlı başına bir safsızlık tanımı olan curuflar, genel olarak çeliklerde giderilmesi en zor ve varlığı büyük sorunlar doğuran oksit inklüzyonlarla bir çok sıvı için metalik yada metalik olmayan inklüzyonlar üzerinde duyarlı çalışmaları gerektirmişlerdir.

Bir Aluminyum sıvısında karşılaşılabacak yabancı nesne safsızlıkları, kabaca ergitme ve döküm sırası işlemlerden kaynaklanır. Ergitme süreci; sıvı yüzeyinde kolaylıkla Al_2O_3 oluşumuna yol açabilirken, yine aynı süreç kapsamında zayıf kalitede mastır alaşımları da önemli derecede oksit, borür, titanyum alüminat gibi inklüzyonlara kaynaklık edebilir. Döküm Süreçleri ise; sıvıya hava girişine ve bir miktar türbülansa neden olan döküm tekniği ve yolluk dizaynlarına bağlı olarak, temel oksit inklüzyon kaynaklarını oluştururlar. Yine döküm süreçlerinin kalıp

malzemenin bir parça aşımına neden olabileceği riski de, diğer bir safsızlık kaynağıdır.

İnklüzyonların iki ana kategorisi vardır. Bunlar: Yolluk sistemi içinde (kalıp dışında) oluşup sıvı akışıyla taşınan dış kaynaklarla, kalıp içinde üretilen doğal/yerli kaynaklardır. Dış kaynaklı inklüzyonlar tipik; kum parçacıkları, kalıp(lama) malzemeleri, ergitme ve döküm kepçesi curufları ile bunların aglomerasyonudur. Doğal/yerli inklüzyonlar ise; silikatlar, oksitler, nitrürler ve sülfatlar gibi kompleks şekillenen ergitme - ve/veya reoksidasyon - sırası kimyasal etkileşim ürünleridirler (Sugdan, H.,1992).

İnklüzyonlar için dış kaynaklar

- Ergitme fırın curufları
- Döküm kepçesi curufları
- Aşılama, nodülleme ve/veya alaşımlama reaksiyonları
- Sülfür giderme curufları
- Katılaştırıcılar
- Oksidasyon ürünleri
- Bulaşıklar ve yabancı nesneler

İnklüzyonlar için yerli kaynaklar

- Serbest/gevşek kumlar
- Kalıp erozyonu
- Döküm sırası yabancı nesneler
- Döküm sırası oksidasyon ürünleri
- Yatay yolluk bölgesinde oluşan oksidasyon ürünleri
- Çözünmemiş aşılama, v.b.

Doğal inklüzyonlar birbirinden farklı nitelikli olup genellikle alümina, silikat ve sülfatlar şeklinde görülürler. Silikat tip inklüzyonlar yorulma ve darbe özelliklerini olumsuz etkilerken, işlenebilirliği de bir hayli zorlaştırırlar. Alümina'ya, özellikle çelik sıvılarında deoksidasyon olarak kullanılan Aluminyum kaynaklık eder. Dentritik şekilde alümina kristaller halinde görülürler; tokluk ve sünekliğe etki ederler. Ayrıca yorulma dayancını da azaltırlar. Sülfatlar, yaygın olarak Mangan sülfat şeklindedir.

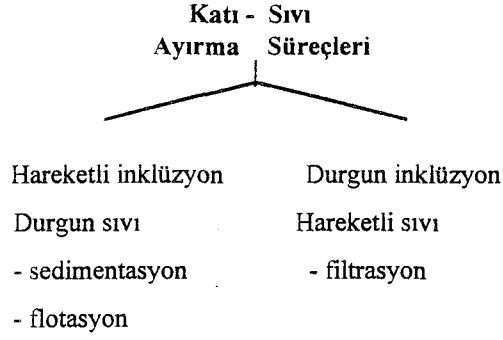
Dış kaynaklı inklüzyonlar, genellikle hızlı katılaşma alanlarında bulunurlar. Yüzey ve yüzey altı inklüzyonları olarak düşünüldüğünde, döküm parçasının işlenebilirliğini ve yüzey kalitesini olumsuz etkilerler. İlave olarak, gazsı boşluklarında oluştururlar.

Çelik döküm yapılarında, oksit makro inklüzyonlar, 'seroksit: seramik oksit', bugün görülen metalik olmayan tip en sorunlu kalıntılardır. Makroinklüzyon oksitlerin temel kaynağı reoksidasyon olmasına ramen deoksidasyon sırasında da oluşmaktadır. Her bir inklüzyon; yerel gerilme alanlarına yol açarlar, böylelikle; yorulma çatlakları için başlangıca, dolayısıyla kırılma dayanımına, tokluğa ve sünekliğe istenmeyen türde ters etki ederler.

Filtrasyonda amaç; tanımındanda anlaşılacağı gibi, yukarıda genel olarak bütün sıvılar için özelde de çelikler için değinilen inklüzyonların, sıvı yapısından uzaklaştırılması yada en azından olabildiğince düşük sınırlara çekilmesidir.

3.2.FİLTRASYON TEORİSİ

Inklüzyonları sıvıdan ayırabilmenin süreci iki aşamalı gerçekleşir. Bunlar; önce inklüzyonları bir arayüzeye taşımak ve sonrasında da bu arayüzeyden inklüzyonların uzaklaştırılmasını içerir. Katı-sıvı ayırma süreçleri olarak tanımlayabileceğimiz bu işlemlerin şematik gelişimi aşağıdaki gibi bölümlendirilebilir.



3.2.1.Sedimentasyon ve Flotasyon

Gerek flotasyon ve gerekse sedimentasyon işlemleri, yüzdürme ve çöktürme, sıvı ile inklüzyon parçacık arasındaki; inklüzyon boyutu, yoğunluk ve sıvı viskozitesinde değişkenleri temel alır. Bir eriyikte, katı parçacıkların arayüzeye taşınması Stoke kanunu ile açıklanır (Brockmeyer, J.W.,1987).

$$v = \frac{2gr(d_s - d_k)}{9\eta} \quad (3.1)$$

Burada;

- v =Kararlı hal Stoke hızı
- g =Newton sabiti
- r =Parçacık/inklüzyon çapı
- $d_{s,k}$ =Sıvı,katı inklüzyon yoğunluğu
- η =Sıvı viskozitesi

Eşitliktende rahatlıkla görüleceği gibi; bir katı inklüzyon parçacığı arayüzeye alma hızı; düşük sıvı viskozitesi, daha iri parçacık boyutu ve yüksek sıvı-katı yoğunluk farkı durumunda artar. Bu durumun yüksek viskozite şartlarında, çok küçük parçacık boyutlarında ve katı parçacıkla sıvı yoğunluklarının birbirine yakın olduğu durumlarda bir hayli zor, zaman alıcı ve hatta olanaksız olacağı ortadadır.

3.2.2.Filtrasyon

Eriyiğin durgun bir halde beklediği sırada inklüzyonların taşınımı ile gerçekleşen flotasyon ve sedimentasyonun tersine, filtrasyonda ; hareketli eriyik şartlarında inklüzyonların durdurulması ile katı-sıvı ayrımı sağlanır.

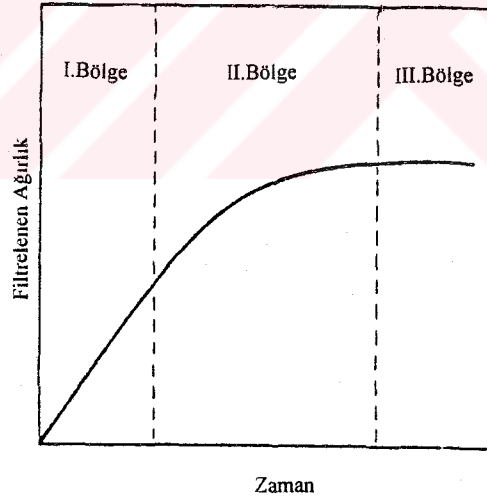
Uygun bir filtre ortamından sıvı, filtre gözenekleri sayesinde daha küçük yüzey alanlı şekilde akarlar. Akış sırasında, filtre gözeneklerinden daha iri parçacıklar, filtre giriş /ön yüzey bölgesinde süzülüp tutulurken, gözeneklerden daha küçük boyutlu parçacıklar filtre iç bölgelerindeki eleme ortamlarında elenirler.

Akış halindeki sıvıda bulunan inklüzyonlar; fiziksel, mekanik ve kimyasal eleme sistemlerinden her hangi biri(leri) yada tümü ile elenirler. *Fiziksel eleme*, basit yüzey elemesi olarak gerçekleşir; filtrelerin gözeneklerinden daha büyük boyutlu parçacıklar filtreden akış sırasında süzülürler. *Mekaniksel eleme*, filtre yüzeyinde süzülen parçacıkların zamanla yığılması sonucu oluşan kek tabakası ile sağlanır. Kek tabakası her nekadarda daha küçük aralıklı gözeneklilik sağlayıp filtrasyon verimini artırsa da, akışın daha kısa zamanda durmasına yol açacağından, filtre akış ömrünü azaltıcı etkiye neden olur.

Her iki eleme sistemide göreceli olarak verimsiz bir filtrasyon sağlarlar. Başarılı bir filtrasyon için olabildiğince küçük boyutlu ve yüksek oranlarda inklüzyonun elenmesi gerekir. Bu tür eleme verimi '*kimyasal eleme*' olarak adlandırılan 'derin yatak Filtrasyonu' yla gerçekleşir. Derin yatak filtrasyonunda inklüzyonlar, filtre derinlik (iç) bölgelerindeki elenme bölgelerine taşınır. Bunlar, inklüzyon ile kimyasal uyumlu filtre iç duvarları (örneğin seramik köpük ağları) ile çukur, yarık ve efektif gözenek aralıkları gibi bölgelerdir. Filtrasyon süreçleri bölümünde

anlatılacak olan altı taşınım mekanizması ile elenme bölgelerine taşınan inklüzyonlar yüzey enerjiler aracılığıyla bu bölgelerde yapışıp elenirler (Shaw, A.D.,1993).

İnklüzyonların filtre yüzey ve iç bölgelerde elenmelerinden kaynaklanan zamana bağlı sıvı akış hız değişimleri Şekil 3.1’de görüldüğü gibi üç bölge kapsamında değerlendirilir. Sıvının filtreden akışının gerçekleştiği ve sabit bir hızla süreklilik kazandığı bölge, birinci bölge olarak adlandırılır. Sıvı, ikinci bölgede, bu sabit akışını kaybeder ve bir müddet sonrada akış son bulur. Akışın durduğu bu üçüncü bölgede filtre tamamen tıkanmıştır. Akış hızı test sonuçları, birinci bölge değerlerinden alınıp, filtre ömrü olarak tanımlanır. **Filtre ömrü**; belirli boyut ve gözeneklilikte bir filtrenin, belirli bir sıvıyı yine belirli bir zamanda ancak sınırlı miktarlarda filtre edilebileceği tanımlar (Khan, P.R.,1988).



Şekil 3.1 : Zaman bağlı akış değişimleri

3.3.FİLTASYON SÜRECİ

Filtrasyon süreci, filtrelenecek sıvı için uygun bir filtre seçiminden yolluk dizaynına, filtrelerin bu yolluklara yerleştirilmesinden sıvının yüklenmesine, akışın başlatılmasından sürekliliğinin sağlanmasına kadar geçen tüm evreleri kapsar. Bütün bu evreleri; filtrasyon ve sıvı akış gereksinimleri ile mekanizmaları olarak üç bölümde toplamak olanaklıdır.

3.3.1.FİLTASYON GEREKSİNİMLERİ

3.3.1.1.Filtre Seçim

Sıvıların filtrasyonunda kullanılacak çeşitli alternatifte filtreler vardır. Bu filtrelerin seçiminde en önemli faktör filtrasyon kalitesidir. Seçilecek filtreler, filtre malzemeleri bölümünde tanımlanan özelliklere sahip olmalıdır. Filtreler, kimyasal yapıları itibarıyla sıvıyla uyumlu olmalı, ne sıvıyı kirletmeli nede sıvı yapısından etkilenip hasara uğramalıdır.

Genel olarak belirli bir sıvı için tercih edilecek filtreleri şu özellikler belirler:

- Filtre, olabildiğince çok curuf, metalik ve metalik olmayan inklüzyonları eleyebilmelidir.
- Sıvı ve döküm şekline uygun olmalıdır.
- İstenen kalitede ve ağırlıkta parça dökümüne uygun olmalıdır.
- Döküm kalitesine uygun ekonomiklikte olmalıdır.
- Kolay kullanımlı olmalıdır.

- Sıvı viskozitesine uygun istenen kalıp dolumu sağlamalıdır.

Filtrelenecek sıvı, filtre ortamına ne kadar temiz gelirse okadar verimli filtrelendir. Gerek Ek-1 ve gerekse Ek-2 ve Ek-3, çeşitli sıvılar için uygun filtreleri listelemektedir. Her ne kadar bir çok filtre alternatifi varsa da, filtrasyon verimi açısından en uygun filtre Köpük'lerdir.

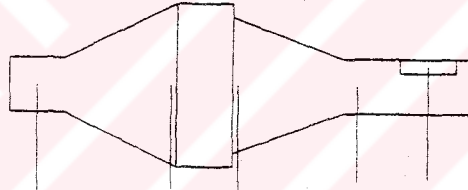
3.3.1.2.Filtre Boyutu

Filtre boyutunu etkileyen faktörler; filtrelenecek sıvı miktarı, sıvı temizliği ve akış hızlarıdır. Dökülecek parça boyutu büyüdükçe filtre boyutu da büyür. Genel olarak daha kirli bir sıvı için, filtre daha kısa zamanda tıkanacağından, yine daha büyük boyutlu filtre kullanılır. Eğer spesifik akış hızları yüksek olsun istenirse, filtre kesiti mevcut metalostatik (sıvı) yükü altında bu akışa olanak tanıyacak yeterlikte büyük seçilir. Yine, filtrasyon kalitesi açısından belirli gözeneklilikte çalışılma isteği/zorunluluğu varsa, filtrenin henüz kalıp dolmadan tıkanmasını önleyecek derecede büyük kesitli (ve/veya kalınlıklı) olması gerekir (Brockmeyer, J.W.,1987).

Filtreler, yatay yolluk kesitinde sıvı akışına bir boğaz görevi görmemesi gereklidir. Filtre kullanımı, filtresiz yolluk tasarımındaki uygun filtre alanı/yolluk kesit alanı oranı şeklinde yolluk dizaynları gerektirir. Bu oran; dökme demirleri için 4/1; yumuşak demirler, düşük ve yüksek alaşımlı çelikler için 6/1 olacak şekilde önerilmiştir. Yine bu oran; bakır bazlı alaşımlar ile alüminyum ve alaşımları için 3/1 ile 6/1'e değişim gösterir. Bu oranlar minimum olarak belirlenmiş olup, uygulamalarda bu değerler çoğu kez aşılmaktadır.

Filtreler, inklüzyonlar nedeniyle tıkanacaklarından bir '*tıkanma faktörü*'ne gerek duyulur. Köpük Filtreler için empirik olarak saptanan tıkanma faktörleri yaklaşık olarak; orta karbonlu çelikler için $0.43 \text{ cm}^2/\text{kg}$, paslanmaz çelikler için 0.344, yumuşak demirler için 0.29 olarak verilmiştir. Bu veriler; döküme, sıvının temizliğine ve filtre gözenekliliğine bağlı olarak değişir (Huskonen, W.D.,1987).

Bu değerlendirmeler çelikler için yapılmış önemli kriterlerdir. Şekil 3.2'de Foseco tarafından ürettikleri kendi köpük filtrelerini kullanacaklara önerdikleri yatay yolluk/filtre alanı oranları görülmektedir. Buradaki Sivex; alüminyum ve demir dışı, Sedex; demir ve demir dışı, Stelex ise; çelikler ve yüksek ergime noktalı alaşımların sıvıları için önerilen filtreleri göstermektedir (Clark, H.,1991).



	Yatay Yolluk (Giriş)	Filtre Giriş	Filtre Çıkış	Yatay Yolluk (Çıkış)	Giriş Yollukları	
SIVEX	1.0	2.0	1.75	1.0	2.0	Boğaz (0.5)
SEDEX	1.0	3.0	1.75	1.1	1.2	
STELEX	1.0	4.5	2.6	1.15	1.3	

Şekil 3.2 : Yatay yolluk / Filtre kesit alan önerileri

3.3.1.3.Gözenek Boyutu yada Gözeneklilik

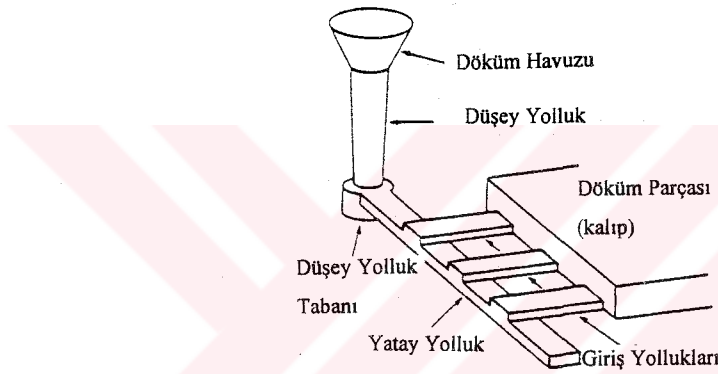
Filtrasyon amaçlı kullanılacak filtrelerde, filtrasyon verimi açısından en önemli karakteristik özelliği kuşkusuz gözenekliliğidir. Filtre gözenekliliğini (% gözeneklilik) belirleyen temel faktörler; sıvının akıcılığı, filtrelenecek sıvı miktarı, temizliği ve akış hızı verileridir.

Aluminyum sıvı metaliklere yönelik uygulamalarda nominal köpük filtreler 20 ve 30 ppi iken, ince filtrasyon için bu değer 40 ve 50, daha kaba filtrasyon içinse 10 ppi'lere değişir. Filtreden akışın genel olarak kolay olduğu bakır ve alaşımları için, makro nesnelerinde az olması nedeniyle 40 ppi , hatta daha yoğun gözeneklilikte köpükler kullanılır. Bunun yanında, filtre tıkanmasını geciktirmek ve dolayısıyla filtre ömrünü uzun tutmak için, göreceli olarak 30 ppi gibi daha kaba gözenek boyutlu filtreler de kullanılır.

Demirli sıvıların filtrasyonuna uygun köpüklerin gözeneklilik miktarı geniş bir aralıkta değişir. Özellikle, başlangıç sıvı akışı sağlayabilmenin zor olduğu, iyi akıcılıkta olmalarına ramen çok miktarlarda safsızlıklar içeren yumuşak demirler için uygun filtre gözenekliliği 3 ppi gibi kabadır. Bunun yanında, bir çok gri dökme demirlerde bu değer bir hayli büyük (küçük gözenek boyutlu) olabilmektedir. Gri dökme demirler için 30 ppi, yine karbon çelikleri için sıvı akıcılığının düşük olması nedeniyle 10 ppi yada daha kaba, paslanmaz çelikler içinse göreceli olarak bu değerlerden daha küçük gözenek boyutlu filtreler kullanılır. Çeşitli sıvılar için önerilen gözenek sayıları Ek-2'deki tabloda verilmiştir (Brockmeyer, J.W.,1987).

3.3.1.4. Yolluk Dizaynı ve Filtre Yerleştirimleri

Metalik sıvılar, dökülecek parçanın kalıbı içine doldurulur ve burada katılaşması sağlanarak şekillendirilir. Sıvıların, kalıba akması basınçlı veya basınçsız yolluk sistemleri aracılığıyla gerçekteşir. Yolluk sisteminde sıvının döküldüğü bir döküm havuzu, havuzdan yatay yolluğa bu sıvıyı taşıyacak bir düşey yolluk ve yatay yolluklardan da kalıba sıvıyı aktaracak bir iç (giriş) yolluk elemanlarının tümü, genel anlamda, bulunur. şekil 3.3’de basit bir yolluk sisteminin tüm elemanları görölmektedir.



şekil 3.3 : Döküm yolluk sistemi

Yolluk sistemlerinin dizaynında bir çok faktör göz önünde bulundurulur. Yolluklar, sıvı akışında türbölansa ve hava girmine olabildiğince izin vermeyecek şekilde dizayn edilirken, yatay yolluk içeren sistemlerde, çoklu giriş yolluklarına eşit basınçta sıvının ulaşmasını sağlayacak kesit düzenlemeleri yapılır. Yolluk dizaynlarında göz önüne alınan diğer kriterler arasında; hızlı sıvı akışının neden olacağı erozyondan kaynaklanacak sıvı kirleticiliği potansiyeli ile kalıp hasarlarının önüne geçilmesi, ve yine basınçlı bir sistem tasarımı ile gerek ergitme ve gerekse döküm sırası sıvıda oluşan curuf, dros gibi inklüzyonların flotasyonunu sağlayacak düzenlemeler vardır.

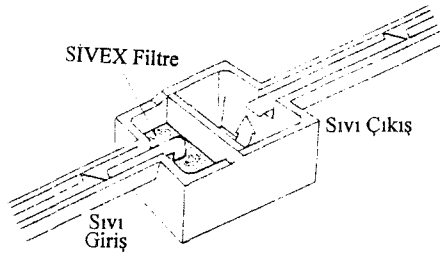
Filtrelerin kullanılması, yolluk sistemlerinde bazı kesit değişimlerinin yanında ilave bazı gereksinimleri gerekli kılmışsa da; basınçsız yolluk tasarımları, türbülanssız sıvı akışı ve yüksek döküm kalitesi gibi oldukça yararlı sonuçlar sağlamaktadır. Ayrıca filtre kullanımı daha titiz bir döküm çalışması ile bir çok ekonomik avantajlarda sağlar.

Seramik filtrelerin kullanıldığı optimum yolluk sistemlerin dizaynı şu prensipler göz önüne alınarak gerçekleştirilmelidir:

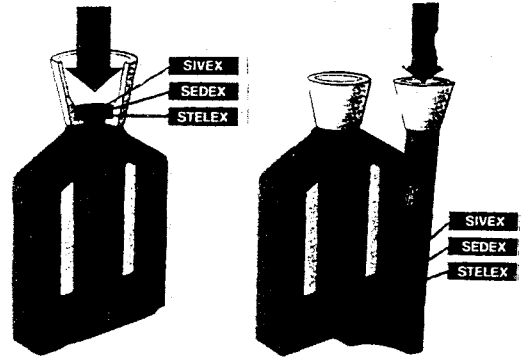
- Filtreler en kolay biçimde yerleştirilebilmeli
- Kalıp dolma zamanı sabit olmalı ve filtreler bunu olumsuz olarak etkilememelidir
- Filtre, uygulanacak sıvı için uygun olmalı
- Yolluk sistemi dizaynı türbülansa olanak tanımamalıdır
- Yolluk sistemi boyutu minimum bir değerde olmalıdır

Seramik filtreler, en son oluşabilir safsızlıkların önüne geçebilmek ve filtrasyon sıvısının en az yön değişimi ile kalıba akmasını sağlayabilmek için, kalıp boşluğun olabildiğince yakın yerleştirilir. Filtreler, özellikle köpük filtreler, bir hayli döküm süreçlerinde kullanılmaktadırlar. Bunlar arasında en yaygınları; kum kalıp dökümleri, kokil dökümleri, düşük ve yüksek basınçlı dökümler'le kabuk ve alçı/seramik hassas dökümleridir. Şekil 3.4' de filtrelerin sıvı yığını/havuzu içinde, Şekil 3.5'te düşey yolluklu döküm uygulamaları için döküm havuzu tabanındaki örnek yerleştirimleri görülmektedir. Bu döküm ve isteğe göre özel kullanımlarının aksine, filtreler en iyi verimi yatay yolluk kesitlerindeki

uygulamalarında sağlarlar. Şekil 3.6'da ise, bu tür kullanımlara ait örnek yerleştirimler görülmektedir.



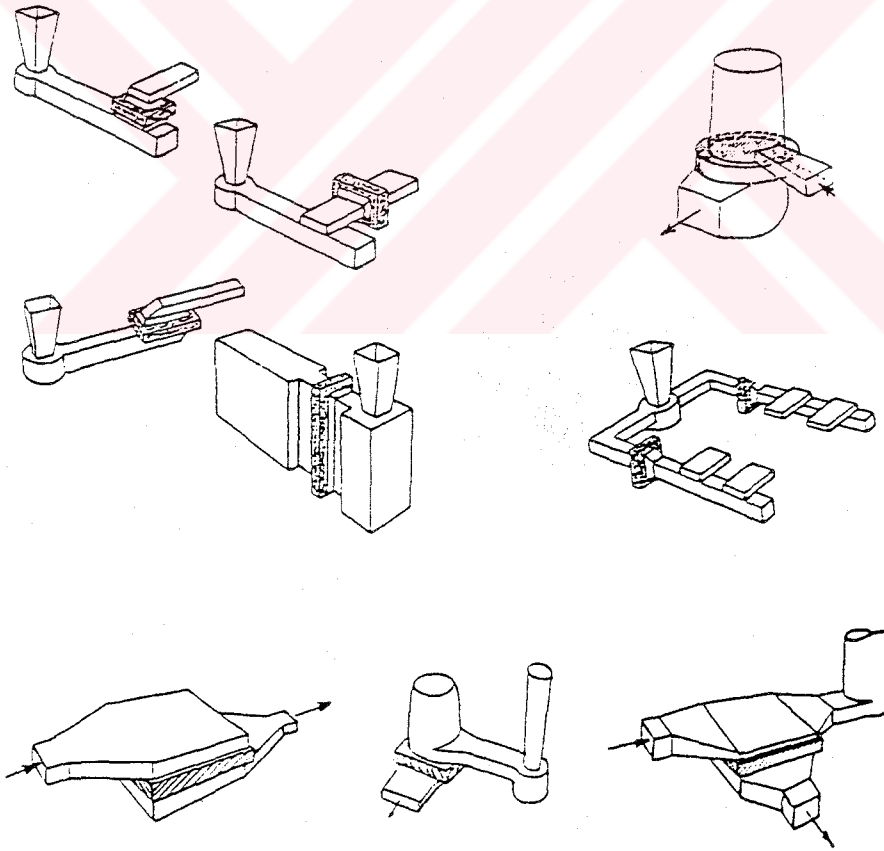
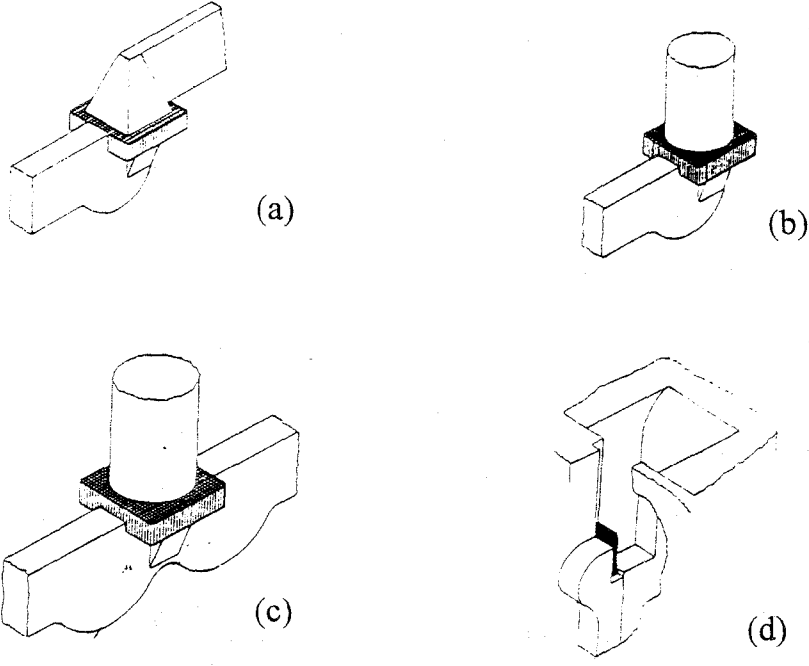
Şekil 3.4: Yığın Filtrasyonu
(Al için)



Şekil 3.5: Döküm havuzu
Filtrasyonu

Hassas ve seramik kalıplı parçalar gibi sıvının önceden ısıtılmış kalıplara dökümün yapılacağı uygulamalarda, filtre yerleştirme işlemlerinin çok kolaylıkla yapılması gerekir. Bu uygulama örneklerinde filtreler normal olarak döküm havuzuna yerleştirilir.

Aluminyum ve dökme demirler için filtreler genellikle, sıvının filtreye ya normal (dik) ya da teğet gelmesini sağlayacak şekilde yerleştirilir. Bu uygulamalarda sıvının başlangıç akışını sağlayacak her hangi bir rezervuara/havuza gerek yoktur. Bu alaşımlar (sıvılar) karbon ve düşük alaşımlı çeliklere göre daha düşük bir viskoziteye sahiptirler. Karbon ve düşük alaşımlı çeliklerin filtreden başlangıç akışını gerçekleştirmek yüksek viskozite ve yüzey gerilimlerinden dolayı zor olduğundan, filtreye teğet sıvı akışı sağlayacak bir rezervuara gereksinim duyulur. 19 Cr-9Ni paslanmaz çeliği gibi normal döküm sıcaklığının üzerinde dökülecek sıvılar için böyle bir rezervuar gerekmez. Bu sıvılar için, sıvı akışını normal olarak karşılayacak filtre yerleştirimi yapılır (Weiser, P.F.,1986).



Şekil 3.6: Köpük Filtrelerin çeşitli yatay yolluk uygulamaları

(a, b, c ve d; Hücresel ve Köpük filtre uygulamaları için uygun)

3.3.2.SIVI AKIŞ GEREKSİNİMLERİ

Sıvıların filtre gözeneklerinden geçerek kalıp boşluğuna akmasını sağlamak için bazı gereksinimler sağlanmalıdır. Öncelikle sıvı filtre gözeneklerine girmeli, doğrusal veya zikzaksı (tortuz) gözeneklerden geçmeli ve filtrenin diğer kesitinden belli bir süreklilikte / hızda kalıp boşluğuna akmalıdır. Bu akış süreçlerini, sıvı akışının başlatılması gereksinimleri olarak ‘başlangıç sıvı akışı’ ve bu akışın tıkanana kadarki gereksinimleri de ‘akışta süreklilik’ başlığında inceleyebiliriz.

3.3.2.1.Başlangıç Sıvı Akışı

Filtreye yüklenen sıvının filtre gözeneklerine girip süreklilik kazanması iki adımlı bir süreci izler. Birinci adımda, sıvı filtre gözeneklerine girer. Eğer sıvı filtre malzemeyi ıslat(a)mıyorsa bir enerji gereksinimi doğar. İkinci adımda, sıvı filtre gözenekleri boyunca akar ve diğer uçtan çıkar. Bu aşamada da, filtrenin akışa karşı direncini yenmek için ilave bir enerji gerekebilir (Weiser, P.F.,1986).

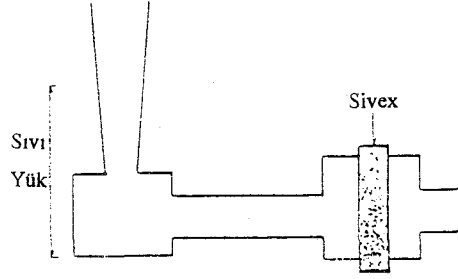
Sıvı metaliğin filtreden akışına; alaşımın/sıvının donma derecesi, yüzey enerjileri ve filtre refrakter malzemeyi ısıtma açısı ile sıvı bünyesindeki inklüzyon miktarı, oksit oluşma eğilimi ve çözünen gazlar gibi faktörler etki eder.

Sıvının filtreden ilk akışında en önemli parametreler sıvının karakteristik özellikleri ile yüklenen miktarlarıdır. Yüksek sıcaklık özellikli bir sıvının filtreden akışı, daha düşük bir sıvı yük miktarı (basıncı) ile gerçekleşebilirken, yüksek viskoz ve yüzey gerilimine sahip sıvıların filtreden ilk akışını sağlamak bir hayli

zordur. Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler yüksek viskoz ve yüzey gerilim özellikli sıvılar olduğundan filtreden ilk akışın sağlanması için bazı ekstra gereksinimlerin karşılanmasını gerekir. Yüksek sıcaklıkta bu sıvılar oda sıcaklığındaki bir filtreye boşaltıldığında, filtre yüzeyi çil etkisi yaparak ince kabuksu katı tabakaların oluşmasına neden olur. Bu şartlar altında sıvının filtreden sızmasını sağlamak için; sıvının viskozitesini ve yüzey gerilimini düşürmek, sıvı sıcaklığı ile filtre sıcaklığı arasındaki ısı farkı ortadan kaldırmak ve oluşacak katı kabuksu parçaları tekrar ergitebilecek sürekli sıcak sıvı akışı sağlayacak yolluk dizaynı alternatifleri göz önüne alınır.

Sıvı viskozitesinin ve yüzey geriliminin azaltılması sıcaklığın yükseltilmesi ile, sıvı ile filtre arası ısı farkının azaltılması filtrelerin ön ısıtılması ile ve filtreye sürekli sıcak sıvı sağlayacak yolluk dizaynı ise filtre öncesi yapılacak bir rezervuar ile gerçekleştirilebilir. Bir çok uygulamada normal döküm sıcaklığının yaklaşık 50°C üzerinde bir sıvı ile çalışılır. Filtreler ön ısıtılır, kesitleri büyütülüp kalınlık azaltımına gidilir. Seramik köpük filtreler göreceli olarak küçük temas açılı olduklarından filtre yüzeyinde oluşacak sıvı hacmi azdır. Bu durumda sıvıdan filtreye verimli bir ısı transferi olamayacağından rezervuar uygulamalarına pek sık gidilmez (Shaw, A.D.,1993).

Karbonlu ve düşük alaşımlı bu çeliklerin tersine, düşük viskoziteli alüminyum ve dökme demir gibi sıvıların filtrasyonu daha kolaydır. Filtre başlangıcında sıvı ile aynı sıcaklıkta ve sıvının filtreye geliş hızı ihmal edildiğinde, sıvının filtre gözeneklerine girişini sağlayacak sıvı yükü miktarı (basıncı); ısılatma açısı, sıvının yüzey gerilimi ve gözenek çapı gibi faktörlerle kontrol edilir. Şekil 3.7’de, yatay yolluk içerisinde yerleştirilmiş filtre ile yük arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 3.7 : Sıvı yük miktarı yatay yolluk filtre ilişkisi

Sıvı akışını başlatacak yük miktarı aşağıdaki gibi bir bağıntı ile verilmiştir (Gauckler, L. J.,1985).

$$P = -\rho g h_p = \frac{4\phi l_s}{\Phi} \cos\theta \quad (3.2)$$

Burada ;

p = Basınç

ρ = Sıvı yoğunluğu

ϕl_s = Sıvı/katı yüzey enerjisi

h_p = Sıvı yük miktarı (yüksekliği)

θ = İslatma açısı

ϕ = Efektif gözenek aralığı (açıklığı)

Bu bağıntı; alüminyum eriyiğinin alümina köpük filtre ile filtrasyonu için:

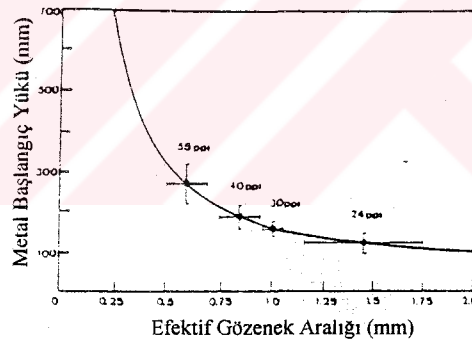
$$h_p(\text{mm}) = \frac{146(\text{mm}^2)}{\Phi(\text{mm})} \quad (3.3)$$

şeklinde basitleşir.

Burada alınan değerler; Aluminyum sıvı yoğunluğu (ρ) =2.4 g/cm³, Alümina/ Aluminyum sıvı yüzey enerjisi (ϕ_{ls}) =860 dyn/cm, sıvı aluminyumun alümina malzemeyi ıslatma açısı (θ) $\cong 176^\circ$ şeklindedir.

Bağıntıdan da anlaşılacağı gibi kaba gözenekli bir filtre kullanıldığında, sıvının filtreden akmasını sağlayacak yük(leme) miktarı düşecektir. Şekil 3.8’de, sıvı yük yüksekliğinin farklı filtreler için, efektif gözenek açıklığı ile değişimi görülmektedir.

Sıvıların filtrasyonunda kullanılacak bir filtre, sıvıların yüklenmesi sırasında oluşacak ısı ve mekanik gerilmelere dayanmalı, döküm sırasında filtre iç ortamında veya yüzeyinde donmaya neden olacak aşırı ısı kütleye izin



Şekil 3.8 :Efektif gözenek aralığına karşı farklı filtrelerde sıvı yük miktarı değişimi

verilmemelidir. Filtre gözenek boyutu başlangıç sıvı akışı için uygun büyüklükte olmalıdır. Likidüs sıcaklığının üstündeki sıcaklıktaki alaşımların, yani akışkan sıvıların filtreden (ilk) akışları filtre gözenek boyutu ve yüzey geriliminin bir fonksiyonu iken; akıcılığı düşük, sıcaklıkları likidüse yakın alaşımlarda ise ; filtre yüzeyinde ‘katılaşıp tabakalar’ olacağından sürekli sıcak metal akışına

gereksinim duyulur. Sürekli (aşırı) sıcak metal akışı, oluşan katı tabakacıkları yeniden ergiterek akışa süreklilik sağlar (Brockmeyer, J.W.,1987).

Bütün bu bilgiler ışığında, filtreden sıvı akışını başlatmak (ve süreklilik sağlamak) için şu gereksinimler düşünülmelidir:

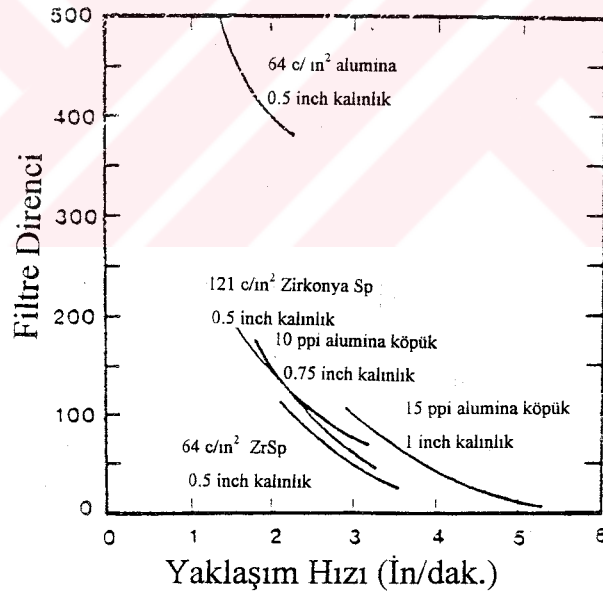
- Yüksek viskoz sıvılar, normal döküm sıcaklıklarının üzeri bir sıcaklıkta dökülürler. Aşırı ısı, sıvı yüzey gerilimini azaltıp akıcılık kazandırır
- Yüksek akıcı sıvılar kolaylıkla akarlar. Bu tür sıvılar için filtre gözenek sayısı önemlidir.
- Sıvı ile filtre sıcaklık farkından doğacak katımsı tabakalar, ilave sıcak sıvı ile tekrar ergitilir. Bunu sağlayacak yolluk dizaynı düşünülür.
- Bir by-pass sistemi ile filtre ön ısıtılır.
- Filtre boyutu ve/veya gözenek sayısı artırılabilir.
- Filtre yüzeyinde ani bir sıvı metal kütesine neden olacak ve ters basınçtan dolayı akışı engelleyecek yolluk dizaynı yerine, belli bir açıda sıvıyı karşılayacak filtre yerleşimi yapılır.

3.3.2.2.Akışta Süreklilik

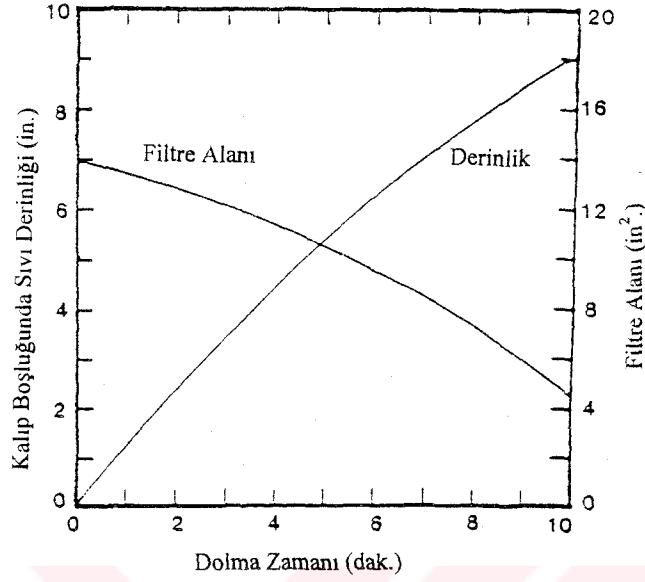
Filtrelerden akış halinde olan ‘filtrelenmiş sıvı’ da en önemli sorun, filtrelerin tıkanmadan yada sabit akış hızını kaybetmeden, kalıbın tam dolumunun zamanında yapılabilmesidir. Yolluk sistemlerinde filtreler için gerekli boyut düzenlemeleri ve filtrenin akışa karşı göstereceği dirence uygun filtre kullanılmazsa, yolluk sistemlerine yerleştirilen bir filtre sıvı akışını azaltır. Bu durum, filtrede süzülen inklüzyon miktarının artması ile daha da artar.

Bu nedenle, kalıpta istenen doluluk sağlanabilmesi için; filtre 'tıkanma faktörü' ve sıvıya karşı gösterdiği direnç faktörleri göz önüne alınarak gereken filtre gözenek ve yolluk boyutlandırılması yapılmalıdır.

Filtrasyon akış hızlarını etkileyen faktörlerden biri de, sıvı yük boşaltım hızıdır. Sıvının filtreye ulaşma hızı arttıkça filtre direnci azalır. Sıvının filtreye ulaşma hızı; sıvı yükün potansiyel enerjisi ve sürtünme değişkenlerinden etkilenir. Şekil 3.9'de, yaklaşım hızının bir fonksiyonu olarak köpük filtrelerin akışa dirençleri görülmektedir. Şekil 3.10'da ise, belirli gözenek sayıda ve kalınlıktaki bir köpükten akan filtrelenmiş sıvının, zamanla filtre alanı ve kalıp boşluğu dolumunun nasıl değiştiğini göstermektedir (Weiser, P.F.,1986).



Şekil 3.9 :Yaklaşım hızı ile köpük
filtre akış direnç değişimi



Şekil 3.10 : Filtreden geçen sıvının filtre alanı ve zaman ile değişimi

3.3.3.FİLTRASYON MEKANİZMASI

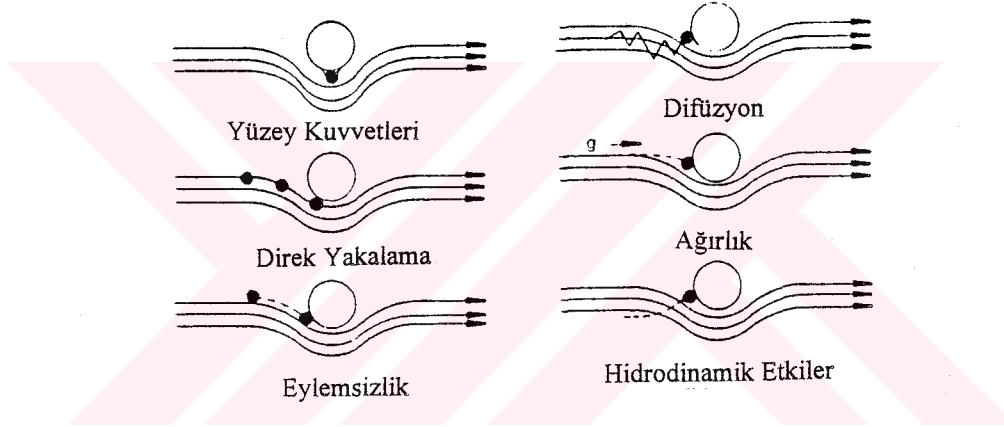
İdeal olarak, önce belirli bir döküm için doğru bir filtre seçimi, olabildiğince kalıp boşluğuna yakın, filtrelenen sıvının en az yön değişimi ile kalıp boşluğuna akacağı şekilde filtre dizaynı ve yine olabildiğince temiz bir sıvı yük uygulaması ile başarılı bir filtrasyon sağlanır.

3.3.3.1.İnklüzyonların Taşınımı ve Eleme Mekanizmaları

Filtreden akmakta olan sıvı bünyesindeki safsızlıkların elenmesi için, filtrasyon teorisi başlığında daha önce tanımlandığı gibi, safsızlıkların öncelikle sıvı-filtre

arayüzeye öncelikle taşınması gerekmektedir. Filtre gözenek açıklığından daha iri parçacıklar filtre ön yüzeyinde süzülüp elenirler. Daha küçük parçacıklarsa filtre iç bölgelerinde çeşitli mekanizmalarla sıvıdan elenirler.

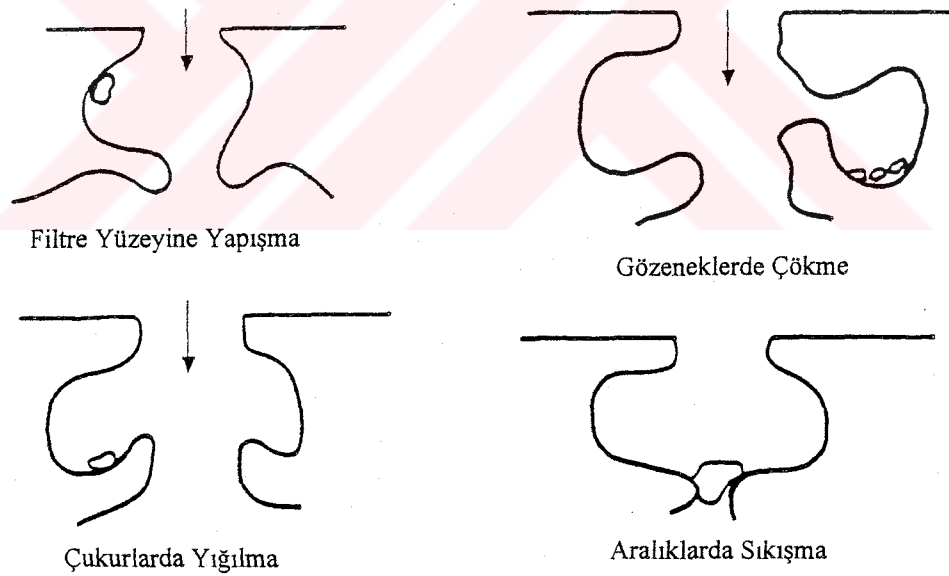
Akış halindeki sıvıdan inklüzyonlar, Şekil 3.11’de görülen altı değişik mekanizma ile filtre iç bölgelerine / arayüzey duvarlarına taşınırlar. Taşınan bu inklüzyonların çeşitli eleme mekanizmaları ise Şekil 3.12’de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.11 : Taşınım Mekanizmaları

Direk yakalama; inklüzyon parçacıkları sıvı akış yönünde karşılaştığı seramik duvarlara çarpıp kalırlar. Filtre gözenek boyutundan daha iri parçacıklar, filtre ön yüzeyinde süzüleceği gibi filtre iç ortamında efektif gözenek aralıklarında tıkanıp durdurulurlar. **Çekim kuvvetleri;** Bu olayın sadece mikron altı parçacıklar için önemli olduğu ve parçacıklarda moleküler bombardımanın neden olacağı bir

taşıyım olarak tanımlanır. Parçacığın görünen ağırlığının neden olduğu *eylemsizlik kuvvetleri*, inklüzyonların taşıyımını için diğeri bir mekanizmadır. Bu taşıyımında parçacık, sıvı akış yönünde tortuz akışın neden olacağı ani yön değışimlerine uyum sağlayamaz ve filtre iç duvar yüzeylerine yapışıp kalırlar. Yine, filtre hücrelerinde sıvı hızı farklılığının yol açacağı *hidrodinamik etkiler* /kuvvetler de bir hayli önemli taşıyım mekanizmasıdır. Parçacığın şekline bağlı olarak, hidrodinamik etkiler, bu parçacıkları döndürür ve yönlerini değıştirir. Ayrıca bunlara ilave olarak, difüzyon ve arayüzeylerinin etkisiyle taşıyan inklüzyonlar, filtre önyüzey gözeneklerde elenmelerinin yanında, taşındıkları filtre iç bölgelerinde sırasıyla Şekil 3.12 a,b,c ve d'de görüldükleri gibi; filtre iç duvarlarına yüzey enerjilerin neden olacağı yapışma, gözenek oluklarında çökme, çukur bölgelerde yığılma ve efektif gözenek aralıklarında sıkışma şeklinde sıvıdan elenirler.



Şekil 3.12 : Eleme Mekanizmaları

3.3.3.2.Katı ve sıvı İnküzyon Eleme

3.3.3.2.1.Katı İnküzyon Eleme

Bir katı inküzyon filtre iç duvarlarla temas ettiğinde, yüzeyde bunların yapışıp kalmasını sağlayacak bir kuvvet olmalıdır, aksi takdirde tekrar serbest kalıp akış halindeki sıvı ile sürüklenirler. Bir katı inküzyonun filtre duvarına yapışıp yapışmaması sıvı metalik (M), inküzyon (I) ve filtre (F) arasındaki arayüzey enerjilerine bağlıdır (Aubrey, L.S.,1993).

$$\Delta G = \phi_{if} - \phi_{mf} - \phi_{mi} \quad (3.4)$$

Burada;

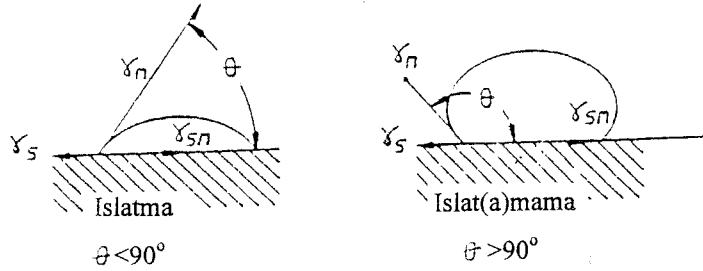
ΔG =Gibbs serbest enerjisi,

ϕ =Sıvı, inküzyon ve filtre arasındaki arayüzey enerjileri belirtir.

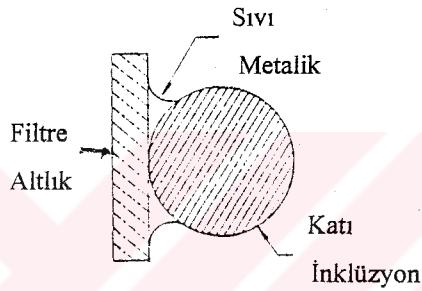
Gibbs Serbest enerji değeri sıfırdan küçük olduğunda, inküzyon yüzeye yapışıp kalır. Şekil 3.13'te, inküzyonun filtre ile temas açısında (θ), sıvı metalik ile ıslatılıp ıslatılamama durumları görülmektedir. Sıvı metalik tarafından hem katı inküzyonun hemde filtre (altlık) malzemenin ıslatılamaması durumunda, inküzyon sıvıdan ayrılır. Bu durum Şekil 3.14'de görülmektedir.

Aşağıdaki listede, çeşitli katı refrakter oksit (filtre) malzemeler üzerinde sıvı çelik için temas açıları verilmiştir. Bu malzemenin tümünde temas açıları 90° 'den büyük olduğundan, bu oksitlere ait filtre malzemeler, benzer ıslatılamayan oksit katı inküzyonlar için efektif eleyicidirler. Örneğin ; aşınıp sıvı bünyesine karışan

bir silika kum tanesi, PSZ (kısmen stabilize Zirkonya) filtre yüzeyine yapışıp elenir.



Şekil 3.13 : Sıvı damlacığının oksit filtre altlığı ıslatma/ıslat(a)mama durumu



Şekil 3.14 : Oksit Filtre altlığın ve inklüzyonun sıvı ile ıslatılamaması

Refrakter oksit (filtre) malzeme	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Temas açısı (θ)
Alümina	1600	135
Silika	1600	115
CaO	1600	132
Zirkonya	1550	122
MgO	1600	125

3.3.3.2.2.Sıvı Inklüzyon Eleme

Apelian ve arkadaşları tarafından yapılan gözlemlere göre, sıvı inklüzyonların giderilmesi sıvı hızı ile filtre altlığı sıvı inklüzyonun ıslatabilirliğine bağlıdır. Bir

sıvı inklüzyonun filtre yüzeyine yapışması için, yüksek bir 'yapışma işi' gerekmektedir. Yapışma işi ;

$$(WA)_{if} = \varphi_{mi} - \varphi_{mf} - \varphi_{fi} \quad (3.5)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

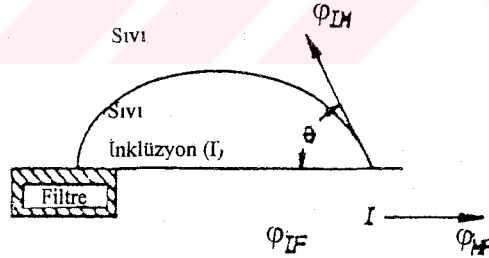
Burada;

$(WA)_{if}$ = Sıvı inklüzyonun filtreye yapışma işi

φ = Sıvı inklüzyon, sıvı ve filtre arası arayüzey enerjileri

Eşitliğe göre, iyi bir yapışma işi, φ_{fi} ya göre yüksek φ_{mi} ve φ_{mf} değerlerinde elde edilir. Bu bağıntı ve Şekil 3.15'den hareketle aşağıdaki bağıntı geliştirilir.

$$(WA)_{if} = \varphi_{mi}(1 + \cos\theta_{fi-mi}) \quad (3.6)$$



Şekil 3.15 : Filtre altlık üzerinde filtre ile sıvı inklüzyon arası temas açısı durumu

Son eşitlik göstermektedir ki; en yüksek değerlerde sıvı inklüzyonun filtreye yapışımı düşük temas açısı değerlerinde görülür. Diğer bir tanımla; en yüksek (sıvı) inklüzyon yapışımı, sıvı inklüzyonun filtreyi en yüksek değerlerde ıslattığında elde edilir. Genelde, sıvı oksit inklüzyonlar filtrasyon ile giderilebilecek düşük temas açılarına sahiptirler. Aşağıdaki listede, sıvı inklüzyonların filtre altlıklara göre ıslatma açıları verilmiştir.

Sıvı oksit malzeme	Refrakter altlık	sıcaklık (° C)	Temas açıları
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

3.4.FİLTRASYONUN YARARLARI

İster alüminyum ve pirinç gibi isterse demir gibi döküm ürünlerinde olsun masraflı ve tahmin edilemez sorunlardan biri inklüzyonlara bağlı kusurlardır. Filtreler, özellikle köpük filtreler döküm parçalarındaki inklüzyonları önemli bir şekilde elediklerinden hem dökümcülere / dökümhanelere, hem ikinci el işleyicilere hem de uç kullanıcılara bir çok yarar sağlamaktadır. Bu yararları şu başlıklarda sıralayabiliriz (Shaw, A.D.,1993).

i) Dökümcü ve Dökümhanelere Yararları

1-Süreç maliyetlerinde azalım

2-Ürün kalitesinde artım

-Büyük çapta yüzey ve yüzey altı inklüzyon eleme

-Makro inklüzyon içeriği azalımı

-İç hurda azalımı

-İşleme problemlerinden dolayı kullanıcıdan dönen

döküm parçası azalımı

ii) İşleyicilere yönelik yararlar:

-Kesici alet ömür artımı

-Kesici alet hasarlarından kaynaklanan işleme zaman

ve malzeme azalımı

-Yüzey kalitesi

-İşleme stoklarında azalım

iii)Son döküm ürüne yönelik yararlar:

-Çekme ve süneklik gibi mekanik özelliklerde artım

-Kozmetik yüzey görünüm güzelliği

-Basınç sızdırmaları için iyileşim

-Yorulma ömründe artım

3.5.FİLTRELERİN UYGULAMA ALANLARI VE EKONOMİSİ

Seramik filtrelerin, özellikle de köpük filtrelerin yukarıda sayılan birçok yararlarının yanında bazı dezavantajları düşünülebilir. Köpük filtreler; bir döküm için sadece bir kez uygulanır ve atılır. Bu ekstra bir maliyet getirir. Her ne kadar filtre belirgin bir sıvı için istenmeyen inklüzyonları tutuyorsa da, filtreyle beraber aslında metalik kayıp söz konusudur. Örneğin %80 porozite içeren 10x10x2.5 cm bir köpük filtre ile yapılacak filtrasyonda, gözeneklerin tamamının 2.5 gr/cm³ 'lük bir inklüzyon ile tıkandığını kabul edersek, bu yaklaşık yarım kg'lık bir toplam inklüzyon demektir. Bu inklüzyonların içinde değerli metalikler bulunur.

Filtrelerin uygulama alanları ve filtrasyon yararları göz önüne alındığında bu dezavantajları aslında pek düşünülmez yada önemsenmeyecek kadardır. Özellikle Satellite 6 gibi kaynağı zor alaşımlar ile kaynağa izin verilmeyen düşük karbonlu bir WCB iş çeliği ve HK-30 paslanmaz çelik gibi kaynak için ulaşılması zor noktalarda uygulamalar için, filtre kullanımının zorunlu olduğu gerçeği de göz

önüne alındığında avantajlar ekonomik değer ifade ederler (Morris, J.,1990). Ek-3'de seramik köpük filtrelelere ait uygulama örnekleri verilmiştir.

3.6.FİLTRASYON VERİMİ

Bir malzemenin performansı için milyonda bir empürite seviyelerin bile önemli olduğu bir çağda yaşıyoruz. Örneğin, dökümden ve ingotların haddesinden önce sıvılardan eğer oksit ve diğer safsızlıkların giderilmemesi durumunda alüminyum yaprakları için büyük sorunlar oluşturacağı artık bilinen bir gerçektir. Çeliklerin çok zor uygulamalarından biri olan meşrubat kutularının işlenmesi için de safsızlıklar büyük engeller oluştururlar. Yine aynı bakış açısı ile, uçak jet motor bileşenleri için kullanılan süperalaşımlar çok düşük seviyede safsızlığa izin verebilirlerdiklerinden, dökümden önce sıvıların rafinasyonu için yoğun süreçler gerektirir.

Gerek labratuar ve gerekse endüstriyel uygulamalarda, inklüzyonların ve diğer istenmeyen fazların sıvı bünyesinden uzaklaştırılması için yoğun çalışmalar sürüp gelmektedir. Bu açıdan filtre kullanılarak, sıvı bünyesindeki safsızlıkların ne denli uzaklaştırıldığına yönelik çalışmalar da bir hayli önem kazanmıştır. Filtrelerin gözeneklilik, filtre ortamı derinliği ve alanı ile sıvı yaklaşım hızı gibi değişkenlerin fonksiyonu olarak inklüzyon giderim hızı miktarlarını saptamada D.Apelian ve R.Mutharasan tarafından yapılan çalışma bunlardan biridir (Apelian, D.,1980).

Derin yatak filtrasyonunda verim, sıvının filtreye akış hızının kuvvetli bir fonksiyonudur. Sıvının filtreye yaklaşım hızının artması ile filtrasyon verimi düşer.

Filtrasyon verimi ;

$$\eta = 1 - e^{-\frac{K_0 L}{U_m}} \quad (3.7)$$

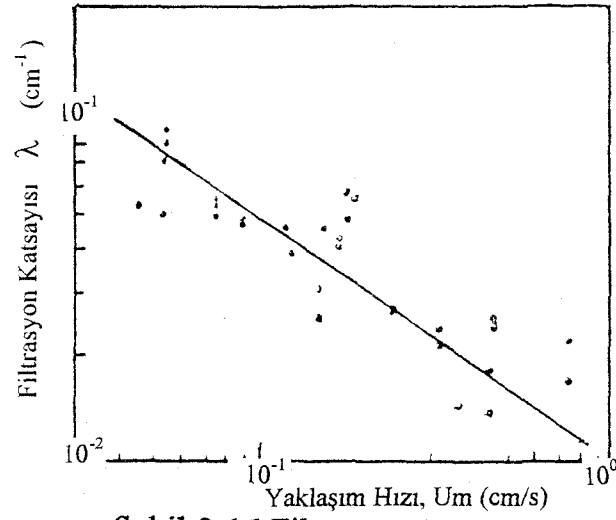
Bu bağıntıdan görüldüğü gibi kinetik parametrenin yani parçacığın tutulma kinetiğini tanımlayan (K_0)'ın sıvı akış hızına (U_m) oranı filtrasyon verimini saptar. K_0 / U_m oranı, filtrasyon katsayısı (λ) olarak tanımlanır. Bu durumda eşitlik;

$$\eta = 1 - e^{-\lambda L} \quad (3.8)$$

şeklini alır.

Verilen bir filtre uzunluğu (derinliği) için, filtrasyon katsayısı arttıkça filtrasyon verimi artar. Filtrasyon katsayısının (λ), sıvı yaklaşım hızının artışıyla azaldığını gösteren Şekil 3.16 aşağıdadır. Buna göre yüksek filtrasyon verimi için düşük sıvı akışı gereklidir. Bununla beraber, yüksek sıvı akış uygulamalarında verimi artırmak için filtre derinliği (L) artırılmalıdır.

Yukarıdaki yaklaşımlar, filtrasyon verimine etki eden parametrelere yöneliktir. Filtrasyon uygulamaları ile ulaşılacak inklüzyon giderim başarısı, filtrasyon öncesi ve sonrası sıvıdaki parçacık yığınların analizi ile saptanır. Parçacık şekli, boyut ve boyut dağılımları bir resim analizörü (image analyzer); parçacık konsantrasyonları da ekstraksiyon ve gravimetrik tetkiklerle saptanabilir (Sutton, W.H., 1985).



**Şekil 3.16: Filtrasyon katsayısına
sıvı hızının etkisi**

Klasik anlamda inklüzyon giderim verimi;

$$E = \frac{A_u - A_f}{A_u} \times 100 \quad (3.9)$$

şeklinde bir eşitlikle saptanabilir.

Bu bağıntı, çelik filtrasyonunda oksitlerin giderim verimi için yapıldığında şu şekilde tanımlanabilirler:

E = Filtre verimi (%)

A_u = Filtrasyon öncesi sıvıdaki spesifik oksit alanı (cm^2 / kg)

A_f = Filtrasyon sonrası sıvıdaki spesifik oksit alanı (cm^2 / kg)

4.BÖLÜM

4.SERAMİK KÖPÜK FİLTRE ÜRETİM SÜRECİ

4.1.TARİHÇE

Konvansiyonel filtrasyon medya; fiberglas veya metalik elekler, seramik çekirdek elekler, serbest refrakter topraklar veya agrega yatakları, ekstrüzyon stunsal hücresel filtreler olarak sayılabilir. Son zamanlarda, başlarda alüminyum ve bakır gibi düşük sıcaklık ve yüksek akıcılıklı sıvılara yönelik kullanılan seramik köpük filtreler, şimdilerde çok daha geniş sıvı uygulamalarında başarılı şekilde kullanılmaktadır.

Demirlerde filtre kullanımı ilk kez Voros ve Györök , çeliklerde ise Happ ve Froberg tarafından uygulanmıştır. Sonraları demirli filtrasyon için yararları Wieser, Apelian ve Aubrey tarafından tartışılmış ve bazı sonuçlar elde edilmiştir. Alüminyum dökümlerin filtrasyonu için köpük filtre uygunlukları Mollard ve Davidson tarafından rapor edilmiştir. 80'li yılların başında, bu ikilinin Alüminyuma yönelik başarılı çalışmalarının ardından çok kısa bir zaman sonra Sahoo ve arkadaşları bu filtreleri Alüminyum bronzlarında kullandılar.

Seramik köpükler 1980'den sonraki Alüminyum ve Alüminyum bronzlarına yönelik uygulamalarından sonra, Aubrey ve arkadaşları tarafından yumuşak demirlerin filtrasyonunu gerçekleştirdiler. F.R.Mollard ve N.Davidson Köpük filtreleri 'Jet Motoru Ön Çerçevesi', 'Helicopter Dişli Kutusu Muhafazası',

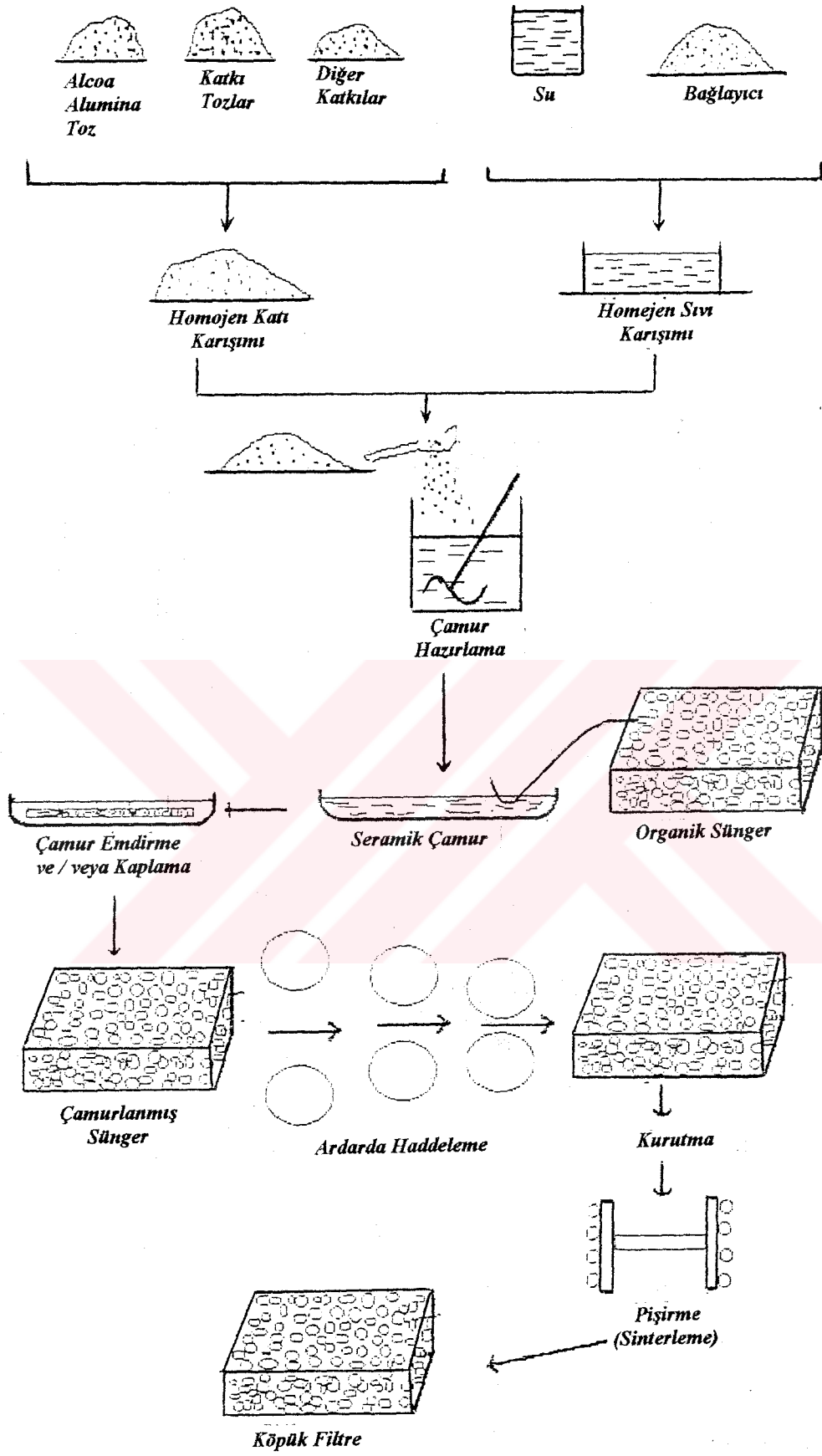
‘Roket Motor Bileşeni’, ‘Kompresör İmpeller’, ‘Radar Bileşeni’, ‘Uçak Bileşeni’ gibi çok hassas mekanik ve iç yapı özellikleri taşıyan döküm ürünlerini kum kalıp, alçı ve seramik hassas dökümlerde dökmüşlerdir. Bu havacılık yada uçak malzemelerine yönelik uygulamalarından sonra, yine aynı hassaslıklta döküm ürünleri Jet motor teknolojileri için süperalaşımlara ve otomotiv bileşenleri için dökme demirlere gelişim göstermiştir.

4.2.KÖPÜK FİLTRE ÜRETİM TEORİSİ

Seramik köpüklerin üretim mantığı, tamamen seramik teknolojilerini kapsamaktadır. Uygun bir kompozisyonda seramik karışım içeren toz harmanının, sıvı içerisinde hazırlanan ve organik gözenekli süngerin ağlarına emdirilen /kaplanan seramik sulu çamurun, belli bir ısı işlem sürecinde organığı uçurup çamuru sinterlenme başarısına dayanır.

Bu temel mantıktan hareketle üretilecek köpük filtre için, öncelikle seramik toz kompozisyonu ve kullanılacak bağlayıcı tercihi yapılması gerekmektedir. İlgili US patentlerine bakıldığında, köpük filtrelerin üretiminde bir ana seramik toz ve buna çeşitli amaçlarda ilave edilen diğer seramik tozlar görülür. Yapılan ilk çalışmalar, Alumina tozlarına, kromya tozlarının ilaveleri ile gelişim göstermiştir. Bu kompozisyondan önce veya başka çeşitli çamur çalışmaları’da göze çarpmaktadır. Zirkon ve alümina tozlarına ilave kalsiyum aluminatlarla sulu fosforik asitte hazırlanan çamurlarının yanında, Berilya’nın Hidroklorik asitte hazırlananı da bu çalışmalardan bazılarıdır.

Köpük Filtrelerin üretim süreçlerini , **Şekil 4.1**’de görüldüğü gibi dört bölümde özetleyebiliriz. Bunlar; Homojen katı seramik toz ve bağlayıcı ile suyun



Şekil 4.1: Seramik Köpük Filtre Üretim Süreci

oluşturacağı homojen sıvı karışımı, Seramik çamur hazırlama, süngerlere çamur emdirme /kaplama ve ısıtma işlemi'dir.

4.2.1.Homojen katı ve sıvı hazırlama

Seramik Köpük filtrelerin; Alumina, Zirkonya ve Silika bazlı seramik tozlarından üretilen örnekleri bulunmaktadır. Bu seramik tozlar, oldukça yüksek sıcaklıklarda sinterlenirler. Alumina köpük filtreler, diğerlerine göre daha düşük ergime sıcaklıklı metaliklerde kullanılırlar. Bu nedenle, sinter sıcaklığını düşürücü, fakat buna ramen mukavemeti artırıcı ilave seramik tozlar kullanılır. En yaygın ve ilk katkı toz Kromya'dır.

Katkı seramik tozlar, filtrelenecek sıvı kimyasına uygun olmalı, filtrenin sıvı akışına karşı direncini artırıcı olmamalıdır. Alumina bazlı köpük filtre üretiminde kullanılacak katkı tozlar; Silika, Mullit, Kordierit, Titanya, Magnezya, Alumina fiberler vb gibi katkılardan, ekonomiklikleri de göz önüne alınarak tercih edilir.

Yüksek teknoloji seramik toz harmanına katılacak diğer katkılar; Bentonit, montmorillonit ve kaolen gibi reolojik ve bağlayıcılık özellikler sağlayan tozlardan seçilir. Bentonit ; %0.1 - 12 (tercihen %1-2) aralığında değişen şekilde katılır. Ana fonksiyonu reolojik etkidir. Çamurun uniformluğunu sağlar, yüksek tiksotropi kazandırır. Ayrıca; kısmen bağlayıcıdır ve son sinter ürüne ilave mukavemet kazandırır. Bentonitin bu özelliklerini çok daha az miktarlarıyla sağlayacak ve yüksek plastik malzeme olan Montmorillonit'in kullanımı daha avantajlıdır. Kaolenin de ilave bağlayıcılık ve reolojik ajanlığı açısından bentonite benzer etkisi vardır fakat tiksotropik özellikleri bentonit kadar etkili değildir. Genelde bentonit ve kaolen beraber kullanılır ve bu şekilde daha ekonomiktir.

Fosfat gibi inorganik bağlayıcı ile yapılacak bir sıvı karışımının homojenliği önemlidir. Fosfat su içinde tamamen erir. Organiklerin uçurulma işlemleri çok uzun süreli ısı peryodu kapsadığından, süngerlerle beraber uçabilecek organik bağlayıcılar kullanılmaz. Çamuru, sinter için gerekli yüksek sıcaklıklara kadar, organiklerden uçurulduktan sonra tutabilecek bağlayıcılar ancak inorganiklerdir. Bağlayıcılarda aranan bağlayıcılık gibi ana fonksiyonelliğinin yanında, sıvı için reaktif olmaması gereklidir. Örneğin, Alümina köpük filtre üretiminde kullanılan fosfat bağlayıcılar, SiC'den üretilen köpüklerde kullanılamaz. Çok iyi bir bağlayıcı olmalarına rağmen, Aluminyum ortofosfatlar demir ve demirli sıvılar için reaktifler (SiC köpüklerde bağlayıcı olarak, koloidal Silika kullanılır).

Aluminyum ortofosfat'tan başka Çamur hazırlamada kullanılacak inorganik diğer bağlayıcılar; magnezyum ortoborat, aluminyum hidroksiklorit, fosfatlar, sodyum ve etil silikat'lardan seçilir. Genelde fosfat, özelde de aluminyum fosfatlar diğerlerine tercih edilir. Aluminyum (orto)fosfat, havada sertleştirici bir ajandır, sıvı için reaktif olmayışının yanında; geniş bir sıcaklık aralığında kararlılık ve iyi bir sertlik sağlama üstünlüğü vardır.

4.2.2.Seramik Çamur Hazırlama

Hazırlanan homojen karışım katı toz harman, içinde bağlayıcı (fosfat) eritilmiş homojen sıvıya (suya) yavaş yavaş dökülerek çamur yapılır. Bu işlemde, homojen bir çamur elde etmek için, tozun katma hızı ve karıştırma hızı önemlidir. Aşırı yüksek hızda karıştırma çamuru kenarlara yayarken yavaş karıştırma topaklanmalara neden olabilir. Çamurun viskozitesi su ile kontrol edilir ve karıştırma hızı toz miktarı arttıkça artırılır.

4.2.3.Çamurlu Sünger Hazırlama

Üç boyutlu birbirine çeşitli yönlendirmelerle sürekli dizin halinde açık gözenekleri olan poliüretan, selülozik veya herhangi ısıtıldığında uçabilecek organik sünger, tercihli olarak poliüretan sünger, hazırlanan seramik sulu çamura daldırılır. Daldırma işlemi çamurun sünger ağlara iyice emdirilmesi ve/veya kaplanması için, ard arda birkaç kez tekrarlanır. İyice çamurlanan süngerdeki çamurun %60-80 kadarlık kısmı bir ters işlem olarak sıkılıp uzaklaştırılır. Sünger, bundan dolayı eski şeklini alacak özellikte fleksibıl (esnek) olmalıdır. Çamurun sünger bünyesinden bu uzaklaştırılması işlemi, birkaç aşamalı haddelerle yapılabilir. Amaç, sadece süngerin ağlarında çamurun kalmasını sağlayıp boşlukların çamurdan arındırılmasıdır.

4.2.4.Isıl İşlem

Isıl işlem, iki aşamalı süreci kapsar. Çamur kaplı sünger önce kurutulur ve kurutma işleminin ardından yüksek sıcaklık ısıtılma tabi tutulur. Normal hava şartlarında 8-24 saat arası sürebilen yavaş kurutma ile kısmen yüksek sıcaklıklarda bekletmek şeklinde orta ve mikro dalga fırınlarda yüksek hızda kurutma işlemlerinden biri tercih edilerek, çamurlu sünger ısıtılma hazırlanır.

Organiklerin uçurulmasını ve uygun mukaveti sağlayacak sinteri çok hassas uygulamak gereklidir. Çamurla giydirilmiş ağlardan organikler çok yavaş bir ısıtma ile uçurulur. 125⁰ C'lerde bu sünger malzeme kısa süreli ısıtıldıktan (tam kurutma) sonra, dakikada 1⁰ C'ın bir hayli altında bir ısıtmaya tabi tutulur. Bu ısıtma periyodu 350⁰ -500⁰ C arasında gerçekleştirilir. Organiklerin uçurulduğu bu periyottan sonra sinter aşamasına geçilir. Sinter sıcaklıklarının yüksekliği

çamurun kompozisyonuna bağlıdır. Alumina Kromya kompozisyonlu çamurlar için bu sıcaklıklar 1400°C 'lar civarındadır. Organiklerin uçurulmasının gerçekleştiği birinci peryot sıcaklığından sinter sıcaklıklarına, dakikada 1.5°C 'ın altında bir ısıtma hızı ile çıkılır ve sinter sıcaklığında bir müddet bekletilir.

4.3. ALÜMİNA BAZLI SKF ÜRETİM ÇALIŞMASI

4.3.1. Katı Toz Harman Hazırlama

Alumina bazlı seramik köpük filtre üretimi için gerekli seramik katkı toz Kromya (Cr_2O_3) olarak tercih edilmiştir. Seramik mikron altı ince tozlar cinsinden % 90'ın üzerinde Alcoa Alümina toza % 2-10 aralığında değişen Cr_2O_3 toz ilave edilmiştir. % Ağırlık cinsinden Alümina ve Kromya'dan hazırlanan 100 gr'lık harmana, 2 gr Bentonit ve 3 gr Kaolen ilave edilip, bilyalı değirmende yaş olarak yaklaşık dört saat öğütme ve sonrası yapılan etüvde su uçurum işlemi ile katı toz homojenliği sağlanmıştır.

4.3.2.Çamur Hazırlama

Yine, % Ağırlık cinsinden 100 gr'lık bir katı harman için, çamur hazırlamada 30-40 gr kadar suya gereksinim duyulur. Genelde, % 6-25 arası değişebilir kullanımda Alüminyum (hidrojen) fosfat miktarı, tercihli olarak % 8-15 arasında seçilmiştir. Fosfat bağlayıcı ile su eşit oranlarda seçilip iyice karıştırıldıktan sonra, geriye kalan su çamur viskozitesini kontrol edecek şekilde ilave edilmiştir.

Fosfat - su karışımı (eşit veya fazla su miktarlarında) homojenlik kazansın, fosfat iyice erisin diye 10-20 dakika kadar yaklaşık 200 dev/dak. ile karıştırılır. Katının sıvıya döküm hızı ve çamurun karıştırılma hızı, sırasıyla zamanla azaltılıp artırılır. Yaklaşık 100 gram cinsinden katı toplam 30 dakikada; 3-3,5 gr/dak ile sıvıya dökülmüş ve 220 dev/dak ile 20 dakikaya yakın karıştırılır. Çamurun akıcılığı su ile kontrol edilir ve bir hayli düşük tutulup '*sulu çamur*' hazırlanmış olur.

4.3.3.Çamurlu Sünger Hazırlama

Hazırlanan seramik çamurun içerisine, organik sünger birkaç kez daldırılıp çıkartılarak; tamamının çamurla kaplanması, gözenek boşluklarının ve gözenekleri çevreleyen organik ağların yoğun şekilde çamurlanması sağlanır. Seramik çamur, organik ağlar tarafından hem emilmekte hem de kaplanmaktadır.

Organik süngerin çamurla iyice giydirilmesinden sonra, bir ters işlem olarak, bu çamurun % 80'e ulaşan geri atılması işlemi izler. Amaç; gözenekleri çevreleyen organik ağlarda çamurun kalıp, boşlukların tekrar ortaya çıkmasını sağlamaktır. Bu işlem köpük filtre üretiminde çok önemli bir yer tutar. Ağlardaki çamurun hassas bir şekilde bütün yapı boyunca homojen dağılımı için, ard arda bir haddeleme işlemi önerilmektedir.

4.3.4.Kurutma ve Pişirme

Kurutma işlemi bağlayıcı cinsine göre değişmektedir. Çalışmamızda olduğu gibi fosfat bir bağlayıcı kullanılan çamurun kuruması, havada 8-24 saat bekleme ile

mümkündür. Fosfatlar havada sertleştirici bir ajandır. Ayrıca, bağlayıcı türüne bağlı olarak kurutma işlemleri, 15 dak'dan 6 saate kadar sürebilecek kısmen yüksek sıcaklık kurutma işlemi ile, veya mikro dalga hızlı kurutma işlemi ile yapılabilir.

Havada kurutulan çamurlu organik sünger, sıcaklığın zamanla kontrol edilebildiği fırınlarda ısıtılabilir. Bu fırınlarda; 125°C'ye kadar su, 500°C'a kadarda organikler iyice sistemden atılmış olur. Oda sıcaklığından 125°C'a çıkışı ve burada tam kurumanın sağlanması için geçen zaman yaklaşık bir saati aşkın olarak ayarlanır.

Organiklerin sistemden uçurulmasını sağlayacak birinci periyot ısıtma ile yüksek mukavemet sağlayacak ikinci periyot sinterleme ısıtımını çok yavaş bir hızda gerçekleştirilir. Birinci periyotta; organikleri uçururken çamurun toz halinde göçmesinin önüne geçilmesi amaçlanır. Hızlı ısıtma, organiklerin uçuşu sırasında çamurun çökmesine neden olur. Organikler uça bile, inorganik fosfat bağlayıcı sayesinde sünger yapı (köpük iskelet) şeklini ısıtılma sonuna kadar koruyabilmelidir. Bu nedenle; 125°C'daki tam kurutmadan, organiklerin uçabildiği 250 -300°C'ın üzerindeki sıcaklıklara, dakikada 1°C'ın bir hızla altında bir ısıtma hızı uygulanır. Bu hız; çalışmamızda alumina-kromya, alumina-titanya gibi değişik karışımlarla hazırlanan tozlar için 0,7-0,9°C/dak. şeklinde denenmiştir.

İkinci periyot ısıtmada, ısıtma hızı yine yavaş tutulur. Bunda amaç; sinter olayını ısıtma sırasında gerçekleştirmek, ani ve yüksek ısıtma hızı ile meydana gelebilecek yıkılmaların önüne geçebilmek, sinter sıcaklığındaki bekleme zamanını kısa tutabilmektir. Saf alumina için sinter sıcaklığı 1700°C'larda iken,

kromya gibi katkılarla Alümina'nın sinter sıcaklığı düşürülmektedir. Bu düşüş, ilave toz cinsine ve miktarına bağlı olarak değişmekte olup, 1350-1500°C'lara kadar olabilmektedir. %95'in üzerindeki alumina'ya %5 civarında kromya katılarak yaptığımız çalışmalarda, 1.5°C/dak.'ın altında ısıtma hızları ile , 1400-1500°C'a çıktık ve burada 1/2-3 saat arası sinter beklemesi yaptık. Sinter sıcaklığından oda sıcaklığına, fırın şartlarında soğumaya bıraktık.



5.BÖLÜM

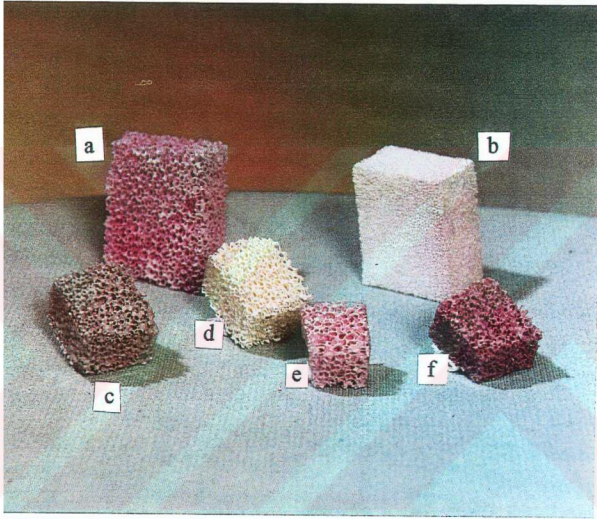
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

5.1.SONUÇ

% gram cinsinden ağırlık baz alınarak, yaklaşık 95 gram alumina ve 5 gram civarında kromya seramik tozlar, 2 gr Bentonit ve 3 gr kadar kaolenle beraber, yaş olarak bilyalı değirmende 4 saat kadar karıştırılarak, homojen bir katı sağlandı. 30-35 gr kadar toplam su ve içinde 10 gr Aluminyum (hidrojen) fosfatın bağlayıcı olarak tam eritildiği sıvıya, bu katı harman döküldü ve çamur hazırlandı. Katının dökülmesi ve karıştırılması işlemleri dördüncü bölümde açıklanan bilgilere uygun yapılmıştır.

(2.5 x 5 x 5-cm) boyutunda ve 10 ppi Organik Sünger, hazırlanan bu çamura ard arda birkaç kez daldırılıp çıkartıldı. Gözeneklerin tekrar ortaya çıkarılıp sadece ağlarda çamurun kalmasını sağlayacak fazla çamurun giderilmesi işlemi elle sıkma şeklinde yapıldı.

Havada 24 saat bekletildikten sonra, bu köpük çamur iskelet sünger ısıtma işlemine alındı. Sırasıyla; 125°C'da yarım saat tam kurutma, 500°C'ya yakın sıcaklıklara 0.7-0.9°C/dak. ısıtma ile çıkıp kısa süre tutma (organikleri uçurma) ve ardından 1-1.5°C/dak. ısıtma hızı ile 1400°C civarına çıkılıp 2 saat bekleme (sinter) yapıldı. Üretilen Alumina bazlı Seramik Köpük Filtre örneği Şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1: Alumina bazlı çeşitli katkılarla
üretileen köptük filtre örnekleri

- (a) Cr_2O_3 katkılı
- (b) Saf Alumina
- (c) Cr_2O_3 katkılı
((a)'ya göre daha çok katkılı)
- (d) TiO_2 katkılı
- (e) Cr_2O_3 ve MgO katkılı
- (f) Cr_2O_3 , TiO_2 ve MgO katkılı

5.1.1. % Gözeneklilik

Sinter sıcaklığından oda sıcaklığına fırın şartlarında soğutularak üretimi tamamlanan filtrede %85 civarında gözeneklilik saptandı. % Gözenekliliğin saptanmasında; filtre için hazırlanan homojen katı harmandan hazırlanan belli boyuttaki preslenmiş dikdörtgen numunenin, yine aynı şartlarda yapılan ısıtma işlem sonucundaki ağırlığı ve hacminden hareketle elde edilen yoğunluğundan yararlanıldı. Elde edilen köpük filtre ağırlığının, saptanan bu teorik yoğunluk ile filtrenin (gözenekleri dolu halde) hacminin çarpımından elde edilmesi gereken ağırlıkla oranlanarak, kayıp yüzdesi saptandı. Bu kayıp, filtrenin boşluk ağırlığını, yani dolayısıyla % boşluğu/ gözenekliliği cinsinden değerlendirilmiştir.

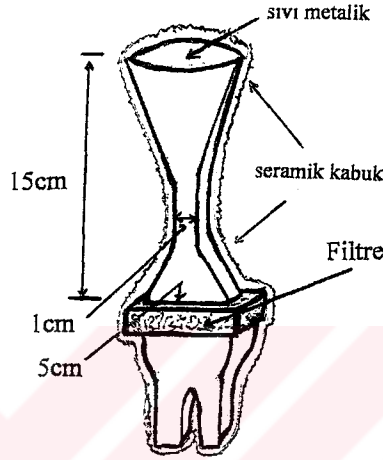
5.1.2. Mukavemet Testi

2 cm kalınlıkta ve 3 cm çapında hazırlanan basma numunesinden elde edilen değer; Mukavemet değeri 1.0 MPa kadardır. Basma Deneyinde Elde edilen bu mukavemet değeri, beklenenin altında göreceli olarak düşüktür. Bunun nedeni; 10 ppi köpük filtreler için elde edilebilir normal gözenekliliğin %80 veya yakın değerde olması tasarlanırken, ürettiğimiz köpük filtrede bu %'nin 85'i aşmış olmasıdır. Bu da, üretilen filtrenin LD tip oluşu ile açıklanır.

5.1.3. Filtrasyon Akış Gereksinimi

Filtrasyon Akış Gereksinimi; Sıvının verilen filtreden akabilmesi için gerekli sıvı yükü basıncı/yükseklidir. **Şekil 5.2'**de görüldüğü gibi hazırlanan ve 600°C ön

ısıtılan bir yolluk ile 790°C'taki Aluminyum metalği eriyiğinin rahatlıkla 10 ppi filtreden aktığı görüldü. Bu yollukta, sıvının filtreye ani/hızlı darbesini ve ısıl yoğun bir kütlenin filtre yüzeyinde ani birikimini engellemek için, yaklaşık 1/4 yolluk kesit düzenlemesi yapılmıştır. Yollukta oluşturulan akışı başlatabilir sıvı yükü yüksekliği 15 cm'dir. Filtre edilmiş bölgeden alınan numunede yapılan metalografik işlemlerle, döküm yapısını bozan filtre kirleticiliğine rastlanmamıştır.



Şekil 5.2 : Filtrasyon Test Düzenegi

5.2.DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Köpük filtre üretimi için Alumina bazlı çeşitli seramik toz ilaveli katı harman ile camsuyu ve fosfat bağlayıcı kullanılarak pek çok deneyler yapılmıştır. Cam suyu bağlayıcı ile yapılan deneysel çalışmalarda, cam suyunun çok düşük miktarları için (% 1'den 3'e kadar dahil) çamurun ısıtılma sırasında toz halinde çöktükleri görülmüştür. Buna, her ne kadar kısmen, fosfat çalışmalarına göre birinci periyot ısıtılma sırasında daha yüksek ısıtılma hızı uygulaması neden olmuşsa da, cam suyu çamuru sünger yapıda tutmada etkili bir bağlayıcılık göstermemiştir. %4'ün üzerinde cam suyu ile yıkılmanın önüne geçilebilmişse de, yüksek sinter sıcaklığı altında oluşturdukları camsı faz nedeniyle, ince seramik ağların kırılma olduğu gözlenmiştir.

Aluminyum (hidrojen) fosfat bağlayıcılı çamur hazırlamada, % 90- 98'e varan saf Alcoa Alumina tozuna çeşitli oranlarda; TiO_2 , MgO , Cr_2O_3 , $TiO_2+Cr_2O_3$, $TiO_2+MgO+Cr_2O_3$ gibi katkıları ilave edilmiştir. %100 Saf Alumina ile'de çalışılmış, fakat çıkılan sinter sıcaklığı yeterli olmamıştır.

Fosfat miktarının %6'dan aşağı olduğu durumlarda ($1200^{\circ}C$, $1350^{\circ}C$ ve $1400^{\circ}C$ sinter sıcaklıkları için) istenen mukavemet elde edilememiştir. Hissedilir mukavemet artışları fosfat oranı ve sinter sıcaklığındaki artışlarda gözlenmiştir. Fosfat miktarının, 100 gr katı harmana karşın 6 ve 8 gr'larda katılan deneysel çalışmalarda yapılan gözlemlere göre; fosfat miktarı yüksek köpük filtrelerde mukavemet (basma mukavemeti) daha yüksek ölçülmüştür. Bu deneysel çalışmalarda ısıtma işlemi periyodu sabit tutulup, dört ayrı çamur kompozisyonu denenmiştir.

100 gr seramik toz başına (1 gr Bentonit ve 1.5 gr Kaolen katkılı olarak) tamamı Alcoa Alümina, Alümina ve az miktarda Cr_2O_3 , Alümina ve yine az miktarda TiO_2 ile Alümina, kromya ve titanya üçlü seramik toz karışımından çamurlar hazırlanmıştır.

Basma deneyi için hazırlanan 1 in^3 'lük ($2.5 \times 2.5 \times 2.5\text{-cm}$) köpük numunelere, 2mm/dak. ile 100, 200 ve 300 kg yükler uygulanmıştır. En düşük basma mukavemet değeri %100 Alumina köpükte, en yükseği ise Alumina, kromya ve titanya üçlü toz karışımından hazırlanan köpükte görülmüştür. Alumina - kromya ile Alumina - titanya köpüklerin mukavemetleri birbirine yakın olsa da, ikincisi daha yüksek değerdedir.

Çıkkılan sinter sıcaklığı 1400°C'dir. Bu sıcaklık saf alümina için yeterli olmamıştır. Alumina'ya ilave katkıları arttıkça köpük için yeterli sinter sıcaklığına yaklaşılmıştır. Deneysel çalışma için hazırlanan çamur ve basma deneyi sonuçları aşağıdadır.

Al ₂ O ₃ (gr)	Cr ₂ O ₃ (gr)	TiO ₂ (gr)	Fosfat (gr)	Basma Muk. (kg/cm ²)
100	-	-		9.76
98	2	-		10.24
98	-	2	6	15.20
98	1	1		12.80
100	-	-		13.92
98	2	-		15.68
98	-	2	8	20.16
98	1	1		39.20

Bu deneyler, **sadece** fosfat miktarının ve kompozisyon değişiminin köpük filtre dayanımına ne yönde etkilediklerini tesbit etmek için yapılmıştır. Ulaşılan sonuca göre; fosfat miktarı ve ilave tozlar arttıkça dayanım artmışsa da tüm kompozisyonlarda arzulanan mukavemet değerlerine tam ulaşamamıştır.

Gerek yukarıda görülen 4 ayrı kompozisyona, gerekse fosfat miktarının %6'dan-14'lere varan değişik katkılarından elde edilen sonuçlara göre, filtre dayanımını etkileyen bazı önemli parametreler vardır. Bunlar;

- Çok küçük boyutlu seramik tozların kullanımı ve katı harmanın homojenliği,

- Hazırlanan seramik çamurun homojenliği,
- Çamurun organik ağlara iyice emdirilmesi ve /veya kaplanması,
- Isıl işlem sırasında birinci ve ikinci peryot ısıtma hızlarının oldukça yavaş olması,
- Doğru bir sinter sıcaklığı ve sinterleme zamanı seçimi olarak sayılabilir.

Sabit toz boyutlarında ve homojen çamur şartlarında çalışıldığı göz önüne alındığında istenen kalitede bir köpük filtre için organik ağlara çamur iyice yedirilmeli ve mükemmel bir ısıl işlem sağlanmalıdır. Çamurun organik ağlara tam olarak yedirilmesi için (emdirme ve kaplama) hazırlanan çamurun “sulu çamur” niteliğinde olması önemlidir. Aşırı çamur yani çok yüksek viskoz çamur, organiklere hem iyi emdirilemiyor hemde bütün ağlara iyi kaplanamıyor.

Çamurla kaplı organik süngerlerden, boşluklardaki çamurların uzaklaştırılması için elle presleme işlemi uygulanmıştır. Elle yapılan çalışmalarda, açık yüzeylerdeki ağlarda yeterli çamur kalmıyor, çizilmeler ve yerel olarak organiklerin ortaya çıkması, dolayısı ile sinter sonrası düşük ve kırılır mukavemete neden olmaktadır. Daha önce değinildiği gibi bu sıhhatli bir yöntem değildir. Fakat çok küçük boyutlarda (2.5x5x5-cm çalışmamız gibi) yapılan bu deneysel çalışmalarda, gerek basma mukavemeti ve gerekse elle yapılan dayanım teslerine göre, köpük filtre için uygun kompozisyon ve ısıl işlem rejimi yakalanmıştır.

Önemli bir sonuçta ısıl işleme ait olanıdır. Organiklerin uçurulduğu, 125 - 500°C arası sıcaklığın 0.5°C/dak. - 1°C/dak. arası bir ısıtma hızı ile geçilmesidir. Yine, organiklerin uçurulduğu birinci peryot uç sıcaklığından sinter sıcaklığına (ikinci peryot) 1.5°C/dak.’ın altında bir ısıtma hızı ile çıkılmasıdır. Isıtma hızları

düştükçe ve pişirme sıcaklığında bekleme arttıkça köpük filtre dayanımı da artış göstermiştir.

Bu verilere göre, arzulanan kalitede Alumina bazlı bir sinter köpük filtre üretimi için; ya ilave katkılarla sinter sıcaklığı düşürölüp düşük sıcaklıkta sinterleme, ve/veya azalan katkı ve bunun bir doğal sonucu olarak daha yüksek sıcaklık sinterleme yapılmalıdır. Gözenekleri çevreleyen organik sünger ağlarında iyi bir çamur dağılımı sağlayabilmek için; çamura iyice bulaştırılmış organik süngerden ard arda bir kaç haddeden geçirilmek suretiyle homojen bir çamur uzaklaştırımı sağlanmalıdır.



E-1 : Köpük Filtre Özellik ve Uygulamaları

Filtre kompozisyonu	Maximum kul. sıcaklığı, ° C	Isıl şok dayanımı	Mekanik Dayanım	Döküm Uygulamaları
Alumina (Kimyasal bağlı)	1425	İyi (< 815° C) Zayıf (>815° C)	Zayıf	Al alaşımları, Cu bazlı alaşımlar, Çinko, Düşük Ergime sıcaklıklı Prinç ve Bronz, Kalay
Alumina (Sinter)	1090 ^x 1650 ^{xx}	iyi (<1090° C) Zayıf(>1090° C)	Mükemmel	Al alaşımları, Ni bazlı alaşımlar, Al-Li alaşımları, Kurşun ve Mg bazlı alaşımları
Zirkonya Alumina PSZ (Sinter)	1700	Mükemmel	Mükemmel	Paslanmaz çelikler, Ni bazlı alaşımlar, Co- bazlı alaşımlar, Süperalaşımlar ve Mg alaşımları
SiC (Kimyasal bağlı)	1590	Mükemmel	İyi	Gri demir, Yumuşak demir, Dövülebilir demir, Beyaz demir ve Cu-bazlı alaşımlar

x : Ön ısıtılmamış xx : Ön ısıtılmış

E-2 : Köpük Filtre İçin Uygulama Rehberi

Alaşım/Tip Döküm Uygulama	Filtre Seçimi	Önerilen Gözenek Sayısı, ppi		
		No.10	No.15	No.25
Aluminyum (Kum kalıp döküm)	Al-B Al-S	x	x	x
Aluminyum (Hassas döküm)	Al-S		x	x
Yumuşak demir	SC	x	x	
Gri demir	SC		x	x
Dövülebilir demir	SC		x	x
Ni - bazlı alaşımlar	ZA	x	x	
C ve alaşımlı çelik: Düşük C'lu	ZA	x	x	
Orta C'lu	ZA	x	x	
Yüksek C'lu	ZA		x	x
Paslanmaz çelik: CF- Tip (300 serisi)	ZA		x	x
CA- Tip (400 serisi)	ZA	x	x	
Mağnezium	Al-S ZA	x	x	x
Lityum- Mağnezium	ZA		x	x
Bakır bazlı alaşımlar	SC Al-B	x	x	
Al- Bronz	Al-B		x	x
Ni- Al Bronz	Al-B		x	x

Al-B : Alumina, kimyasal bağlı

Al-S : Alumina, Sinter

ZA : Zirkonya Alumina, PSZ sinter

SC : SiC, kimyasal bağlı

X : Filtre için uygulama numaralarını
belirtmektedir.

E- 3 : Döküm Amaçlı Kullanılan Seramik Filtreler

Filtre Malzeme	Kimyasal Yapı	Fiziksel Tanım	Uygulama Alanları	Filtrasyon Şekli
Çekirdek Filtreler	%62 SiO ₂ %35 Al ₂ O ₃	Delik sayı ve Boyutları; % Gözeneklilik	Küresel ve Lamel Grafitli Dökme Demirler	Fiziksel Eleme
Refrakter Toplar	Alumina	Top sayıları ve çapları	Aluminyum Dökümler	Fiziksel Eleme
Refrakter Örgü Filtreler	SiO ₂ Fiber ve Cam elyaf Dokuma	Birim Alandaki Delik Sayısı (Kare delikler)	Genelde Demirdışı, Özelde de Aluminyum Döküm Sanayi ve Dökme Demirler	Fiziksel Eleme
Hücreli Filtreler (x)	Mullit I Mullit II ZrO ₂ Spinel Alumina	Birim Alandaki Hücre Sayısı (csi) Kare, Yuvarlak ve Üçgen Hücreler	Aluminyum ve Hafif Alaşımlar, Demirdışı Alaşımlar, Dökme Demir ve Demir Alaşımlar; Gri ve Yumuşak demirler, Yüksek ve Düşük Alaşımlı Çelikler	Fiziksel, Kısmen Kimyasal (Derin Yatak) Eleme
Köpük Filtreler (xx)	-Alumina -Alumina bazlı -PSZ -ZTA -SiC	Birim Uzaklıktaki Gözenek Sayısı (ppi veya ppc), % Gözeneklilik	Aluminyum Gibi Düşük Ergime Sıcaklıklı Metaliklerden Süper Alaşımlara kadar, Geniş Bir Aralık	Derin Yatak (Kimyasal) Eleme

- (x) Mullit I : %69 Al₂O₃ %29 SiO₂
Mullit II : %72 Al₂O₃ %28 SiO₂
ZrO₂ Sp : %29 Al₂O₃ %60 ZrO₂ %11 MgO
Alumin : %100 Al₂O₃

- (xx) Seramik Köpük Filtrelerin Kullanımı ile ilgili
Geniş Bilgiler Tablo 2' de Verilmiştir.

E-4 : Köpük Filtrelerin Uygulam Örnekleri

- Jet Motoru Çerçevesi
- Helikopter Dişli Kutusu Muhafazası
- Roket Motor Bileşenleri
- Kompresör İmpeller
- Radar Bileşenleri
- Uçak Bileşenleri
- Krank Mili
- Arka Aks Konumlayıcısı (yuvası)
- Volan/Çark (flywheel)
- Kam Milleri
- Süspansiyon Kolları
- Otomotiv Roker (rocker) Muhafazası
- Hava Soğutmalı Silindir Bloğu
- Debriyaj Yuvası
- Silindir Başlıkları
- Sübap/Valf Gövdesi
- Pompa Gövdesi
- Radyatör Manifoldu
- Alüminyum Yük Tekerlekleri

KAYNAKLAR :

- 1- **Apelian, D., Mutharsan, R., 1980.** "FILTRATION:A Melt Refining Method", Journal of Metals, Sept.:14-18
- 2- **Aubrey, L.S., Schmahl, J.R. ve Cummings, M.A.,1993.** "Application Of Advanced Reticulated Ceramic Foam Filter Technology To Produce Clean Steel Casting", AFS Transaction, 59-69
- 3- **Brockmeyer, J.W. ve Aubrey, L.S.,1987.** "Application Of Ceramic Foam Filters Molten Metal Filtration", Ceramic Engineering and Science Proceeding, V8 n1-2, Jan-Feb.:63-74
- 4- **Castedline, T.J.,1985.** "Use of Filter Materials in Gating Systems", Foundry Trade Journal", January/7:15-17
- 5- **Clarck, H., 1991.** "Filtration of Liquid Metals", The Foundrymen, Oct.:366-368
- 6- **Gauckler, L.J.,Waeber, M.M., Conti, C. ve Jacob-Duliere, M.,1985.** "Ceramic Foam for Molten Metal Filtration", Journal of Metals, Sept.:47-50
- 7- **Hack, J.A.,Clarck, H. ve Child, N.,1990.** "The Filtration of Steel Castings", The Foundrymen, April:183-188
- 8- **Huskonen, W.D., 1987.** "Filtering Molten Metal Reaches Maturity", Foundry, 40-46
- 9- **Khan, P.R., Su, W.M., Kim, H.S., 1987.** "The Effect of Various Ceramic Filters on The Flow Behaviour, Dross Levels, and Fatigue Properties of Ductile Iron", The British Foundrymen, June:237-244
- 10- **Mollard, F.R.ve Davidson, N., 1980.** "Experience With Ceramic Foam Filtration of Aluminium Castings", AFS Transactions, 595-600

- 11- **Morris, J., Sahu, S. ve Sievers, U.S., 1990.** "Advanced Reticulated Ceramic Metal Filters and Performance Results from Select Steel Foundries", AFS Transaction, 671-675
- 12- **Shaw, A.D., 1993.** "The Benefits and Advantages of Filtration", The Foundrymen, March:50-52
- 13- **Simmons, W. ve Hack, J., 1993.** "Filtration of Non-Ferrous Casting in the Mould", The British Foundrymen, May:x-xi
- 14- **Stone, T. ve Day, P., 1985.** "Cellular Ceramic Steel Foundry Filter Development", AFS Transaction, 87-90
- 15- **Sugdan, H. ve Brooks, C., 1992.** "Inclusions and The Rationale for The Use of Celcor^R Extruded Ceramic Filters", The Foundrymen, October:299-301
- 16- **Sutton, W.H., Palmer, J.C. ve Morris, J.R.,1985.** "Development of Ceramic Foam Materials for Filtering High Temperature Alloys", AFS Transactions, 339-346
- 17- **Wieser, P.F. ve Dutta, I., 1986.** "Priming and Flow Through Filters", AFS Transactions, 85-91

ÖZGEÇMİŞ

- 1968 1968 yılında ÜNYE' de (Ordu) doğdu.
- 1980 1975'te başladığı ilk öğrenimini bitirdi.
- 1983 Orta Öğrenimini tamamladı ve aynı yıl Liseye devam etti.
- 1986 Liseyi bitirerek Ortaöğrenimini tamamladı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümünü kazandı.
- 1988 Bu Bölümde iki yıl aralıksız devam ettikten sonra, 1988'de yine aynı üniversitenin Kimya-Metalurji Fakültesi Metalurji Mühendisliği Bölümüne geçti.
- 1992 1992 haziranında bu bölümden hazırlamış olduğu“İleri Toz Metalurjisi Teknikleri ile Hafif MetalikTozların Üretilmesi Süreçleri ve Al,Ti,V ve Be gibiHafif Metalik/Alaşımların Havacılık (uçak) Sanayine yönelik uygulamaları” ile mezun olup, Metalurji Mühendisi ünvanı aldı.
- 1993 1993 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji Anabilim Dalı Malzeme Programında Yüksek Lisansa başladı.
- 1994 Yüksek Lisans ders döneminin ardından “Seramik Döküm Filtreleri ve Alumina Bazlı Seramik Köpük Filtre Üretimi” konusunda Master Tezi hazırladı.