



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**REPLİKASYON YÖNTEMİ İLE SiC-BENTONİT ESASLI SERAMİK
KÖPÜK FİLTRE ÜRETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gizem BARAN
185107012**

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Adı

Kimya ve Süreç Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BUĞDAYCI

OCAK 2021



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**REPLİKASYON YÖNTEMİ İLE SiC-BENTONİT ESASLI SERAMİK
KÖPÜK FİLTRE ÜRETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gizem BARAN
185107012**

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Adı

Kimya ve Süreç Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BUĞDAYCI

OCAK 2021

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 182107012 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Gizem BARAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**REPLİKASYON YÖNTEMİ İLE SiC-BENTONİT ESASLI SERAMİK KÖPÜK FİLTRE ÜRETİMİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde sunmuş ve oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

İmza / Kanaati
(Kabul/Red)

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BUĞDAYCI** /.....
Yalova Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TURAN** /.....
Yalova Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Levent ÖNCEL /.....
Sinop Üniversitesi

Teslim Tarihi : **07 Ocak 2020**
Savunma Tarihi : **19 Ocak 2020**



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenin fazlasını sunan, güler yüzünü ve desteğini esirgemeyen, gerek bilgileriyle gerekse tecrübeleriyle beni gelecekteki mesleki hayatıma da hazırlayan çok değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BUĞDAYCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım boyunca kıymetli bilgileriyle ve desteğiyle yanımda olan sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TURAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda gerekli hammaddenin tedarikinde destek olan Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

EMR Laboratuvarı'nda, birlikte çalıştığım ve hiçbir zaman yardımlarını eksik etmeyen her zaman yanımda olan değerli arkadaşlarım Umay ÇINARLI'ya, Tuğçe ERGÜL'e ve bana yol gösteren kıymetli arkadaşım Araş. Gör. Nergiz KANMAZ'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni her daim destekleyen, tecrübeleriyle yön veren ve sevgisini her zaman hissettiren canım annem Reyhan BARAN'a, yoluma ışık tutan, işimi sevgiyle ve disiplinle yapmayı öğreten, her zaman arkamda durarak sevgisini gösteren canım babam Kadir BARAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Ocak 2021

Gizem BARAN
(Kimya ve Süreç Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
	No
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	Xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
1. GİRİŞ	1
2. GÖZENEKLİ SERAMİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	3
2.1 Replika Yöntemi	3
2.2 Kısmi Sinterleme Yöntemi	4
2.3 Direkt Köpükleştirme Yöntemi	5
2.4 Kurban Şablon Yöntemi	7
2.5 Bonding Yöntemi.....	8
3. FİLTRE MALZEMELERİ VE ÖZELLİKLERİ	11
3.1 Silisyum Karbür	11
3.1.1 Silisyum Karbür Özellikleri.....	11
3.1.2 Silisyum Karbür Yapısı	12
3.2 Arap Zamkı.....	14
3.2.1 Arap Zamkı Özellikleri	14
3.2.2 Arap Zamkı Yapısı.....	14
3.3 Bentonit Özellikleri.....	15
3.3.1 Bentonit Kristal Yapısı.....	16
4. ERGİMİŞ METAL FİLTASYONU.....	18



4.1 Seramik Köpük Filtre.....	20
4.2 Filtre Gözenek Boyutu Seçimi	23
4.3 Filtre Boyutu Seçimi	23
4.4 Filtre Yerleştirme	24
5. MATERYAL VE METOD	27
5.1 Materyal.....	27
5.2 Metod	28
5.3 Karakterizasyon Teknikleri	29
6. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	31
7. GENEL SONUÇLAR	39
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	45



KISALTMALAR

SiC	: Silisyum Karbür
SEM	: Scanning Electron Microscope
XRD	: X-ray Diffraction
EDS	: Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy
TGA	: Thermogravimetric Analysis
ASTM	: American Society for Testing and Materials
PPI	: Per Pour Inch





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1 Gözenek oluşturuıcı olarak kullanılan malzemeler	8
Çizelge 3.1 Silisyum karbür genel özellikleri.....	12
Çizelge 4.1 Filtrasyon kapasite faktörleri	24
Çizelge 5.1 Arap zambının karakteristik özellikleri	27
Çizelge 6.1 Poliüretan süngerin EDS sonuçları.....	34
Çizelge 6.2 Piroliz numunesinin EDS sonuçları.....	35
Çizelge 6.3 1050°C'de sinterlenmiş numunenin EDS sonuçları.....	35
Çizelge 6.4 SiC filtresinin CuSn ₁₂ alaşım dökümüne etkisi	37



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 Replika yöntemi proses şeması.....	4
Şekil 2.2 Kısmi sinterleme yöntemi proses şeması.....	5
Şekil 2.3 Direkt köpükleştirme yöntemi proses şeması.....	6
Şekil 2.4 Gaz kabarcıklarının çekirdeklenmesi.....	6
Şekil 2.5 Kurban şablon yöntemi proses şeması.....	7
Şekil 2.6 Bonding yöntemi proses şeması.....	9
Şekil 3.1 Silisyum karbürün kübik ve hekzagonal yapısı.....	13
Şekil 3.2 Silisyum karbür bileşiğinin farklı modellerdeki atom düzenleri	13
Şekil 3.3 Arap zımkı	14
Şekil 3.4 Arap zımkı kimyasal yapısı.....	15
Şekil 3.5 Montmorillonit tabaka yapısı	17
Şekil 4.1 Derin yatak filtrasyonda üç filtre mekanizması.....	18
Şekil 4.2 Filtre ile ergimiş metal arasındaki arayüzde katı kalıntı partikülünün şeması.....	20
Şekil 4.3 Seramik köpük filtre ve döküm kabı	21
Şekil 4.4 a) 30, b) 40, c) 50, d)80 ppi gözenek boyutlarında seramik köpük filtreler	22
Şekil 4.5 a) 10 ppi b) 20 ppi c) 30 ppi boyutlarındaki seramik köpük filtreler	23
Şekil 4.6 Doğrudan döküm tekniği	24
Şekil 4.7 Dolaylı döküm tekniği.....	25
Şekil 5.1 SiC numunesinin XRD sonuçları.....	28
Şekil 5.2 SiC numunesinin hazırlanması.....	28
Şekil 6.1 Silisyum karbür, arap zımkı, poliüretan sünger ve bentonit için TGA sonuçları.....	31
Şekil 6.2 Farklı miktarlarda kullanılan su için ağırlık kayıpları.....	32



Şekil 6.3 Farklı miktarlarda bentonit ve arap zambkı için ağırlık kayıpları	32
Şekil 6.4 Seramik çamurun poliüretan sünger üzerine kaplanması üzerine arap zambkının etkisi.....	33
Şekil 6.5 Sıcaklığın, numunelerin basma mukavemetine etkisi	34
Şekil 6.6 Poliüretan süngerin SEM görüntüsü	34
Şekil 6.7 Piroliz numunesinin SEM görüntüsü.....	35
Şekil 6.8 1050°C'de sinterlenmiş numunenin SEM görüntüsü.....	36
Şekil 6.9 1350 °C’de sinterlenmiş numunenin SEM görüntüsü	36
Şekil 6.10 Numunelerin yoğunluk ve gözeneklilik değerleri	37



REPLİKASYON YÖNTEMİ İLE SiC-BENTONİT ESASLI SERAMİK KÖPÜK FİLTRE ÜRETİMİ

ÖZET

Bu çalışmada, döküm işleminde kullanılmak üzere silisyum karbür filtrelerin replikasyon yöntemi ile üretim parametreleri incelenmiştir. Farklı gözenekliliklere sahip poliüretan süngerler değişik oranlarda su, bentonit, arap zambkı ve silisyum karbür ile kaplanmış ve ardından piroliz ve sinterlemeye tabi tutulmuştur. Numunelerin karakterizasyonu ağırlık kaybı, sıkıştırma testi, Arşimet ölçeğı ve SEM yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre en yüksek ağırlık kaybı 30 ppi poliüretan sünger içersine 30 mL su ilave edilerek %46 ile elde edilmiştir. Sinterleme deneylerine göre en yüksek dayanım 1450 °C’de yapılan deneyde 472 KPa değeri ile elde edilmiştir. Aynı numunede, 3.101 g / cm³ yoğunluk ve %1.24 gözeneklilik değeri ile optimum sonuç gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Döküm Filtresi, Silisyum Karbür, Replikasyon Yöntemi, Arap Zambkı, Bentonit



PRODUCTION OF SiC FILTERS FOR METAL CASTING VIA REPLICATION METHOD

ABSTRACT

In this study, production parameters of SiC filters with the replication method were investigated for use in the casting process. Polyurethane sponges with different porosities were covered with varying proportions of water, bentonite, gum arabic and SiC, and then subjected to pyrolysis and sintering. Characterization of the samples was carried out by weight loss, compression test, Archimedes scale and SEM methods. According to the results of the experiment, the highest weight loss was achieved as 46% by adding 30mL of water in a 30 ppi polyurethane sponge. The highest strength in sintering experiments was obtained with the value of 472 KPa in the experiment carried out at 1450°C. The same sample gave the optimum result with a density of 3.101g/cm³ and a porosity value of % 1.24.

Keywords: Casting Filter, Silicon Carbide, Replication Method, Arabic Gum, Bentonite



1. GİRİŞ

Döküm endüstrisinde safsızlıkların varlığı metal özellikleri üzerinde hem estetik hem de fonksiyonel problemlere neden olmakta ve bu problemler üretimde ek işlemlere sebebiyet vererek üretim maliyetinin yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Metal döküm endüstrisinde ürünlerdeki hidrojen, oksijen, borür, karbür, tuzlar ve bunların yanı sıra alkali, toprak alkali metaller gibi safsızlıkların azaltılması büyük önem taşımaktadır. Safsızlıkların giderilmesi için cam elyafı, metal elekler, ekstrüde monolitler, bağlanmamış bilya veya agrega yatakları veya bağlı agregalar gibi birçok yöntem denense de istenilen sonuç elde edilememiş ve seramik köpük filtreler kullanıma sunulmuştur. Seramik köpük filtreler ilk olarak alüminyum birincil döküm uygulamaları için daha sonra diğer alaşım malzemelerinin dökümünde kullanılmaya başlanmıştır [1,2].

Gözenekli seramikler %20 ile %95 arasında yüksek gözenekliliğe sahip malzemelerdir. Gözenekli seramikler açık gözenekli ve kapalı gözenekli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu malzemelerin gözenek boyutu, gözenek çapına bağlıdır ve makro gözenek boyutu(2 µm'den küçük), mezo gözenek boyutu (2-5 µm arası) ve makro gözenek boyutu (50 µm'den büyük) olarak üç sınıfa ayrılmaktadır [3,4].

Gözenekli seramik filtre malzemeleri, kalıplama işlemlerinde, motor parçaları üretiminde, kablo üretimi gibi uygulama alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Safsızlıkları filtrelemek için kullanılan malzemelerin yüksek filtrasyon verimi, yüksek korozyon ortamlarda yüksek korozyon direnci, yüksek termal şok direnci özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Bu teknolojiye silisyum karbür, alüminosilikat, mulit, zirkonya, kordiyerit gibi birçok seramik malzeme kullanılmaktadır [5-7].

Endüstride gözenekli seramiklerin üretilmesinde genellikle hammadde olarak silisyum karbür tercih edilmektedir. Bunun nedeni silisyum karbürün sahip olduğu mükemmel mekanik mukavemet, yüksek kimyasal direnç, yüksek termal iletkenlik, kontrol edilebilir geçirgenlik, düşük genleşme katsayısı, yüksek termal şok direnci gibi özelliklerdir. Bu özellikler alternatif malzemeler ile kıyaslandığında silisyum karbürü öne çıkarmaktadır. Gözenekli silisyum karbür yapıları, taşlama malzemelerinde, ayırma uygulamalarında, katalizör katkılarında, ses yalıtımlarında, yüksek sıcaklık yapı malzemelerinde, ısı yalıtımında, kompozit malzemelerin

güçlendirilmesinde, fırın refrakterlerinde ve döküm filtrelerinde olmak üzere geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmaktadır. Bu kullanım alanlarının yanı sıra filtre malzemesi olarak gözenekli silisyum karbür, su filtrasyonunda, gözenekli brülörlerde, petek yapılı dizel partikül filtrelerinde, metal matriks kompozitlerde, polimer matriks kompozitlerde, membranlarda, sıcak gaz filtrelerinde ve erimiş metal filtrelerinde olmak üzere birçok endüstride kullanılmaktadır [8–17].

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde replika yöntemi ile silisyum karbür esaslı filtre üretiminde bağlayıcı olarak silika sol, bentonit, polimetil metakrilat (PMMA) ve FDL-L5, polivinil asetat (PVA) tutkalı, polipeptik jelatin ve silika fume kullanılmıştır [7,18–26]. Bu tezin deneysel kapsamı, replikasyon yöntemi ile gözenekli silisyum karbür üretiminde bağlayıcı olarak sadece arap zıncı kullanılıp, parametreler(İlave malzemelerin miktarı, çamur emdirme sayısı, sinterleme sıcaklığı) değiştirilerek farklı çamur kompozisyonları hazırlanarak değişimin filtre üzerine etkilerinin incelenmesi ve gerçek döküm uygulamalarında kullanımının değerlendirilmesidir.

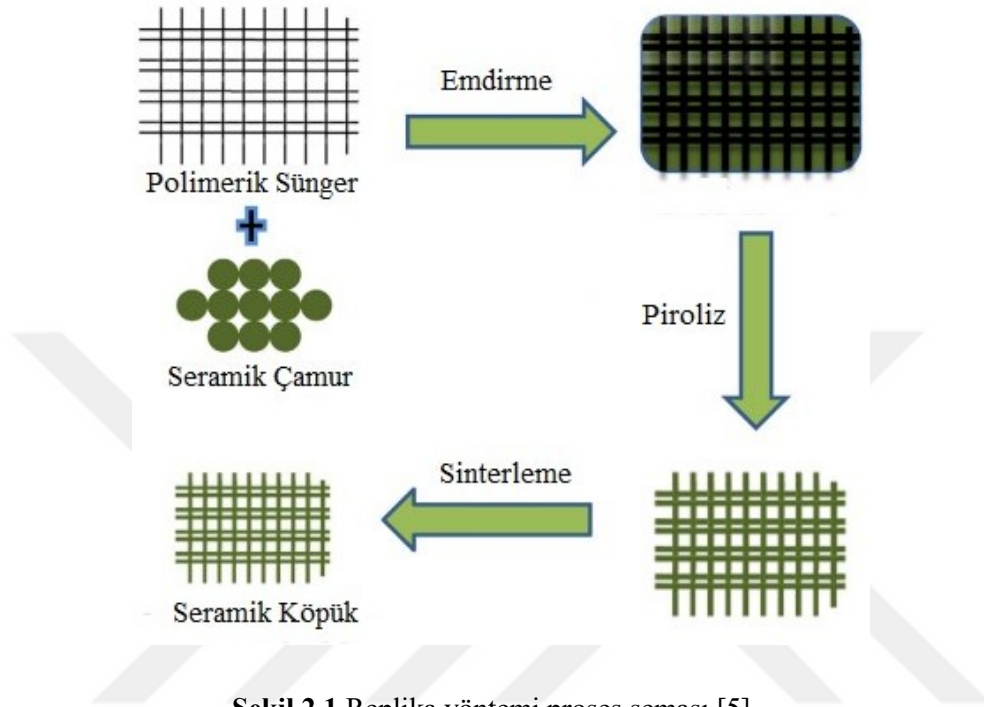
2. GÖZENEKLİ SERAMİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

2.1 Replika Yöntemi

Replika yöntemi kontrollü makro gözenekli seramiklerin üretiminde kullanılan ilk yöntem olarak kabul edilmektedir. Yöntem 1960'ların başlarında Schwartzwalder ve Somers tarafından bulunmuş ve patenti 1963 yılında alınmıştır [5]. 1960'lı yıllardan günümüze kadar makro gözenekli seramikleri üretmek için endüstride ergimiş metal filtrasyonu ve diğer uygulamalar için bu yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır. Schwartzwalder ve Somers seramik gözenekli yapıları hazırlamak için şablon olarak polimerik süngerler kullanmışlardır. Şablon sünger olarak birçok farklı yapay ve doğal içerikli gözenekli malzemeler kullanılabilmektedir. Bunlardan en yaygın kullanılanları; poliüretan, polivinil klorür, polistiren ve selüloz'dur.

Replika yöntemi, kullanılan gözenekli malzeme ile aynı yapıyı sergileyen makro gözenekli seramik üretmek için gözenekli malzemenin bir seramik çamur içerisine emdirilmesine dayanan bir yöntemdir. İlk olarak seramik çamur filtrenin kullanım amacına uygun olan içerikte seramik tozu, bağlayıcılar ve yapıyı destekleyici ilave maddelerle hazırlanmaktadır. Çamur hazırlandıktan sonra polimerik sünger seramik çamura gözenekleri seramik çamur ile dolana kadar batırılmaktadır. Daha sonra emdirilmiş sünger fazla çamuru uzaklaştırmak ve süngerin gözenek yapılarının üzerindeki ağsı kısımların üzerinin kaplanması için silindirlerden geçirilmekte, sıkılmakta ya da santrifüjlenmektedir. Bu aşamada çamur kısmen uzaklaştırılacak kadar akışkan, sünger üzerinden damlama yapmayacak kadar viskoz olmalıdır. Uzaklaştırma işlemi gerçekleştikten sonra çamur, sünger üzerine iyice tutunmasını sağlamak, seramik yapıyı katılaştırmak için kurutulmakta, ardından polimerik yapının ve ilave maddelerin uzaklaştırılması için yakma(piroliz) işlemi uygulanmaktadır. Piroliz sıcaklığı genel olarak 350-800 °C arası değişmekle beraber polimerik süngerin ve çamur içerisindeki ilave maddelerin bozunma sıcaklığına göre belirlenmektedir. İşlem uygun olan şekilde havada ya da başka herhangi bir atmosferde gerçekleştirilebilmekte, ayrıca polimer ve ilave maddelerin uçucu hale gelmesinden dolayı seramik yapının çatlamasını önlemek için ısıtma hızının dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Son aşama olan sinterleme işlemi ile piroliz işleminden sonra polimerik süngerin ve ilave maddelerin yanmasıyla yapıda oluşan bozunmalar giderilmektedir. Sinterleme sıcaklığı, süresi ve ortam atmosferi

seramik malzemenin özelliklerine ve elde edilmek istenen filtrenin özelliklerine göre değişmektedir. Replika yöntemi proses akım şeması Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



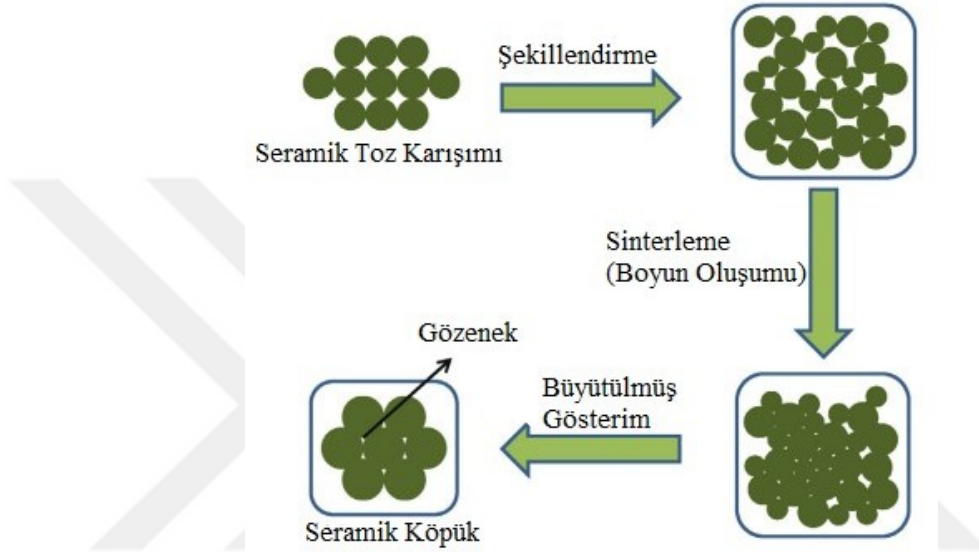
Şekil 2.1 Replika yöntemi proses şeması [5].

Üretilen seramik köpük filtre, şablon olarak kullanılan süngerin doğrudan bir kopyası olduğundan, polimer sünger yapısı ve gözenek boyutu, filtrenin yoğunluğunun ve geçirgenliğinin özelliklerinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. Replikasyon yöntemi, gözenekli, %60 ila %95 arasında gözeneklilik seviyelerinde 10 µm’den 5 mm’ye kadar değişen gözenekli açık hücreli SiC seramiklerinin üretilmesi için uygun tekniktir [5,27–29].

2.2 Kısmi Sinterleme

Kısmi sinterleme yöntemi, gözenekli seramiklerin üretimi için sık kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Şekil 2.2’de yöntemin proses diyagramı gösterilmektedir. Yöntemde toz seramik partikülleri tamamen yoğunlaştırılmadan önce sinterleme işlemi sonlandırılmakta ve bu sayede gözenekli bir yapı elde edilmektedir. Tam yoğunlaştırma genellikle geciktirilir ve bu geciktirme işlemi sinterleme potansiyeli düşürülerek yapılmaktadır. Düşük sinterleme potansiyeli, düşük sinterleme sıcaklığı, kaba tozların eklenmesi, katkı maddesi olmadan sinterleme ve rekristalizasyon

işlemleriyle elde edilmektedir. Kısmi sinterleme yönteminde gözenekli seramik maddenin gözenek boyutu ve gözenekliliği, toz partiküllerin boyutu ve kısmi sinterleme sıcaklığı ile kontrol edilmektedir. İstenilen gözenek boyutunun elde edilmesi için toz partiküllerin istenen gözenek boyutundan 2-5 kat fazla olması gerekmektedir [27].

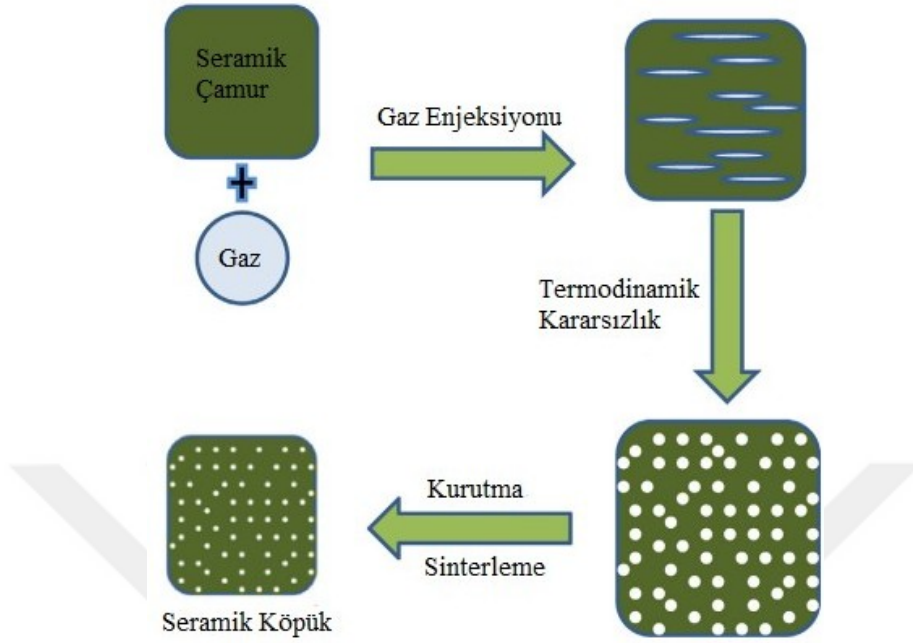


Şekil 2.2 Kısmi sinterleme yöntemi proses şeması [5].

2.3 Direkt Köpikleştirme

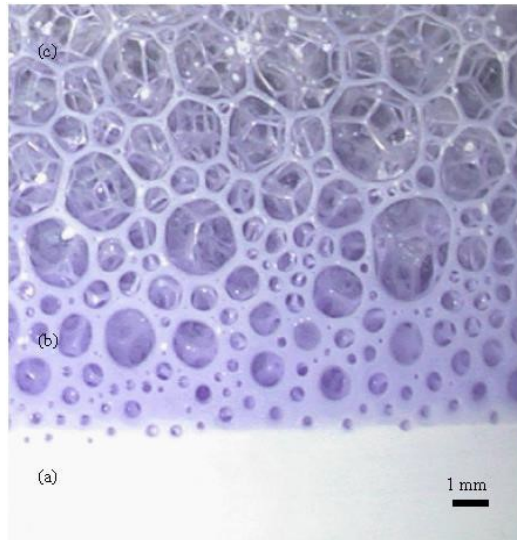
Doğrudan köpikleştirme yönteminde, gözenekli seramik oluşturmak için seramik çamur içinde kabarcıklar oluşturulmaktadır. Bu kabarcıklar mekanik olarak karıştırma, çalkalama ve çamura gaz enjeksiyonu ile ya da köpük oluşumunu destekleyen uçucu sıvılar, kimyasal reaksiyon sonucunda meydana gelen gazlar ile oluşturulmaktadır. Kimyasal reaksiyon yoluyla köpikleştirme tekniğinde kimyasal köpikleştirme ajanı olarak literatürde, Mouazer ve arkadaşları Triton X-114, Fukushima ve arkadaşları azodicarbonamide, Bao ve arkadaşları H_2 ve CH_4 , Qiu ve arkadaşları n-Octylamine kullanmışlardır. Fiziksel ajan olarak Kim ve arkadaşları CO_2 ve H_2O kullanmışlardır [23,27].

Yöntemde toplam gözeneklilik, köpikleştirme işlemi sırasında çamura eklenen ya da çamur içerisinde oluşturulan gaz miktarı ile orantılır, gözenek boyutu ise sertleşme gerçekleşmeden önce köpüğün stabilitesi ile belirlenmektedir. Şekil 2.3’de Direkt köpikleştirme yönteminin proses diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Direkt köpükleştirme proses şeması [5].

Gaz kabarcıkları ilk olarak küre şeklinde çekirdeklenmekte daha sonra çok yüzlü hücreler olarak büyümektedir. Şekil 2.4’de gaz kabarcıklarının başlangıçta küre şeklinde çekirdeklenmesinin ardından çok yüzlü hücreler olarak büyümesi gösterilmektedir.



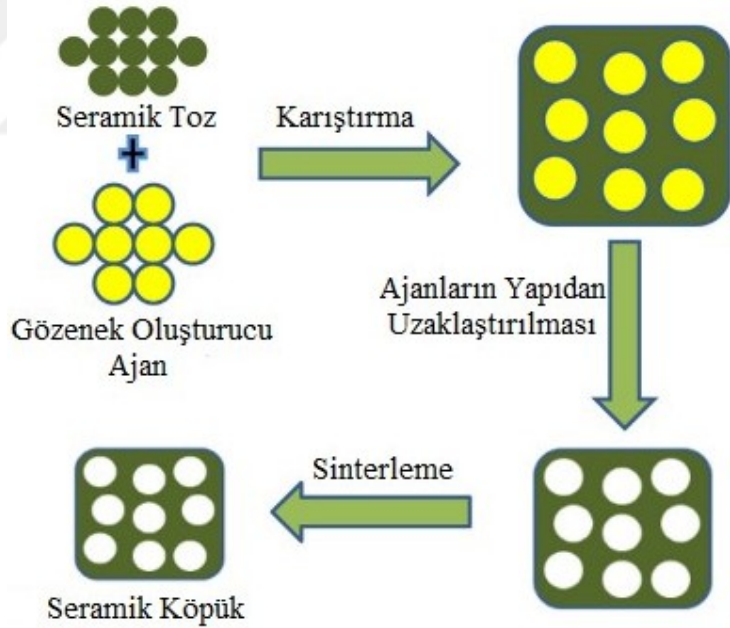
Şekil 2.4 Gaz kabarcıklarının çekirdeklenmesi [30].

Köpük çökmesinin engellenmesi için, uzun zincirli amfifilik moleküller gibi özel katkı maddeleri, lipid ve proteinler gibi biyomoleküller yüzey aktif maddeler olarak hava kabarcığı yüzeyinde adsorbe edilerek gaz ve sıvının ara yüzey enerjisini azaltmak için kullanılmaktadır.

Doğrudan köpükleştirme yöntemi ile üretimde %70-90 aralığında yüksek gözenekliliğe ve geniş hücre boyutlarında açık ve kapalı hücrelere sahip gözenekli seramikler üretilmektedir[5,27,30].

2.4 Kurban Şablon

Kurban şablon yönteminde, uygun miktarda gözenek oluşturucu ajanın seramik toz karışımına ilave edilmesi ve sinterleme öncesinde veya gözeneklerin oluşturulması için sinterleme sırasında buharlaştırması veya yakılması ile seramik filtre üretilmektedir. Şekil 2.5’ te üretim şeması gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Kurban şablon yöntemi proses şeması [5].

Üretilen gözenekli seramikteki gözeneklilik, kullanılan ajanların miktarına, şekil ve boyutuna bağlıdır. Bunula birlikte ajanların düzenli gözenek dağılımını sağlamak için homojen olarak karıştırılması gerekmektedir. Gözenek oluşturucu ajan olarak doğal ve sentetik malzemeler kullanılmaktadır. Çizelge 2.1’de gözenek oluşturucu ajan olarak kullanılan malzemeler belirtilmiştir.

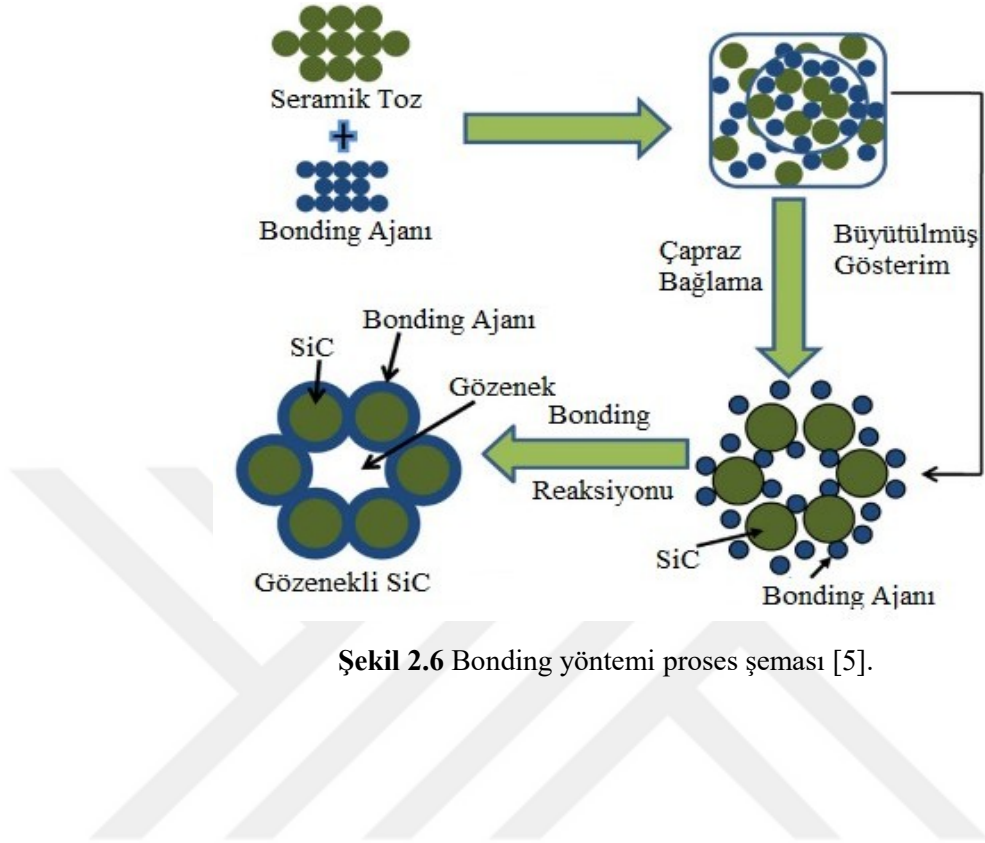
Çizelge 2.1 Gözenek oluşturuıcı olarak kullanılan malzemeler [27].

Gözenek Oluşturucu Malzemeler	
Sentetik maddeler	Polimer tanecikleri
Doğal maddeler	Nişasta, selüloz, pamuk
Metalik ve inorganik maddeler	Nikel, karbon, uçucu kül, cam parçaları
Sıvı maddeler	Su, jel, emülsiyonlar

Sentetik ve doğal organik maddeler genellikle 200 °C ile 1000 °C arasındaki sıcaklıklarda termal işlem uygulanarak yapıdan uzaklaştırılmaktadır. Sıvı maddeler dondurularak kurutma ya da dondurma işleminden sonra süblimasyon yoluyla yapıdan uzaklaştırılmaktadır. Karbon ve cam maddeler sırasıyla oksidasyon ve kimyasal süzdürme ile tuzlar da genellikle su kullanılarak yapıdan uzaklaştırılmaktadır. Bu yöntemde elde edilen gözenek boyutu, şablon içeriğine ve işleme koşullarına bağlı olarak sırasıyla 1 ila 700 µm ve gözenekliliği ise %15 ile % 95 arasında değişkenlik göstermektedir [5,27].

2.5 Bonding Yöntemi

Silisyum karbür yapısındaki güçlü kovalent bağ nedeniyle replika, kurban şablon, direkt köpükleştirme ve kısmi sinterleme yöntemlerinin hepsinde 1500 °C ve üzeri sıcaklıkları kullanılmaktadır. SiC seramiklerinin nispeten düşük sıcaklıklarda üretilmesini sağlamak için bonding yöntemi geliştirilmiştir. Yöntemde preseramik polimerleri silisyum karbür için öncü olarak kullanılmaktadır. Gözenekli silisyum karbür seramiklerinin işleme sıcaklığının düşürülmesi ve aynı zamanda oksidasyon direncinin iyileştirilmesi için kullanılan bu yöntemde silisyum karbürün üzeri bağlayıcı ajanlarla kaplanmakta ve işlem kısmi sinterleme işkeme benzer olarak gerçekleştirilmektedir. Gözenekli SiC üretimi için bonding ajanları olarak kordiyerit ($2\text{Mg} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$), mulit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), silika (SiO_2), silisyum oksikarbür (SiOC) ve frit fazları kullanılmaktadır. Şekil 2.6'da bonding tekniği ile gözenekli SiC seramiklerinin üretim şeması gösterilmektedir [27].



Şekil 2.6 Bonding yöntemi proses şeması [5].



3. FİLTRE MALZEMELERİ VE ÖZELLİKLERİ

3.1 Silisyum Karbür

3.1.1 Silisyum Karbür Özellikleri

Silisyum karbür oluşumu ilk olarak 1810-1824 yıllarında Berzelius, 1849 yılında Despretz, 1884 yılında Cowles tarafından gözlenmiştir. Endüstriyel ölçekte üretimi ise 1891 yılında Despretz ve Acheson tarafından elmas üretimi için gerçekleştirdikleri deneyler esnasında tesadüfen silisyum karbür elde edilmesiyle başlamıştır. Despretz ve Acheson, karbonu bir kil eriyiği içerisinde yeniden kristalleştirmeye çalışmışlar ve kimyasal bileşimi pek bilinmeyen son derece sert bir kristal madde oluşturmuşlardır. Acheson, silisyum karbürü karbon içeren bir korindon(elmasta sonra bilinen en sert doğal madde olan alüminyum oksit minerali) olarak kabul etmiş ve bu nedenle ilk olarak carborundum adını vermiş, daha sonra sadece carborundum adını vermiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda SiC genel formülüne karşılık gelen yeni bir bileşiğin keşfedildiği gözlemlenmiştir. Acheson, bu yeni maddenin öğütme tanecığı olarak kullanılabileceğini fark ederek prosesin patentini almış ve Niagara’da ilk silisyum karbür fabrikasını (Carbotundum Co., 1891) kurmuştur [31].

Doğada, silisyum ve karbon elementlerine oldukça sık rastlansa da silisyum karbür bileşik olarak bulunmamaktadır. Silisyum ve karbon elementlerinin valans seviyeleri yarı doludur bu yüzden güçlü kovalent bağ yaparak silisyum karbür bileşiğini oluştururlar. Silisyum karbürün sahip olduğu yüksek sertlik ve mukavemet, kimyasal ve termal stabilite, yüksek erime noktası, yüksek oksidasyon direnci, düşük yoğunluk, düşük termal genleşme, yüksek erozyon direnci gibi benzersiz özellikleri nedeniyle oldukça önemli bir oksit olmayan seramik malzeme olarak kabul edilmektedir. Çizelge 3.1’de silisyum karbürün genel özellikleri belirtilmiştir [32,33].

Çizelge 3.1 Silisyum karbür genel özellikleri [32,33].

Özellikler	Değerler
Yoğunluk, g/cm ³	3,1
Bükülme Mukavemeti, MPa	550
Elastik Modülü, GPa	410
Poission Oranı	0,14
Basınç Dayanımı, MPa	3900
Sertlik, Kg/mm ²	2800
Kırılma Tokluğu, MPa m ^{1/2}	4,6
Maksimum Kullanım Sıcaklığı, °C	1650
Termal İletkenlik, W/mK	120
Termal Genleşme Katsayısı, 10 ⁻⁶ / °C	4
Spesifik Isı, J/kgK	750

3.1.2 Silisyum Karbür Kristal Yapısı

Silisyum karbür birkaç kristal yapıya sahiptir fakat kristal yapısı kübik(β) ve hekzagonal(α) olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Kübik yapı 1400 ve 1800 °C sıcaklıklar arasında oluşmakta, Hekzagonal yapı ise 2000 °C’de oluşmaktadır. Sinterleme işlemi sırasında sıcaklık 2000 °C’ye yaklaştığında, yapı kübikten hekzagonal forma dönüşmektedir. Silisyum karbürün kübik ve hekzagonal kristal yapısı Şekil 3.1’de gösterilmektedir.

3.2 Arap Zamkı

3.2.1 Arap Zamkı(Gum Arabic) Özellikleri

Arap zamkı veya akasya zamkı, bir ağaç sakızı sızıntısıdır ve eski zamanlardan beri ticaretin önemli bir parçası olmuştur. Geleneksel olarak sakız *Acacia senegal* ve *Acacia seyal* türlerinden elde edilmektedir. Arap zamkı, ağırlıklı olarak D-galaktoz ve L-arabinoz birimlerine ve az miktarda proteine (<% 3) sahip yüksek oranda karbonhidrat (% 97) ile kategorize edilen makro molekül grubundan oluşan karmaşık bir kimyasal yapıya sahiptir. Arap zamkının kimyasal bileşimi, kaynağı, iklimi, hasat mevsimi, ağaç yaşı ve püskürtmeli kurutma gibi işleme koşullarına göre değişiklik göstermektedir.

Arap zamkı, beyaz küresel nodüller ve değişen boyutlarda gözyaşları ile beyaz ya da sarımsı olarak ortaya çıkar. Tatsız ve kokusuzdur, sıcak ve soğuk suda kolaylıkla çözünür. Toksik değildir, kalorisizdir ve kirletici değildir. Eklendiği ürünlerin tadı, kokusu veya renginde değişiklik yaratmaz. Şekil 3.3’de arap zamkı gösterilmektedir.[36,37]

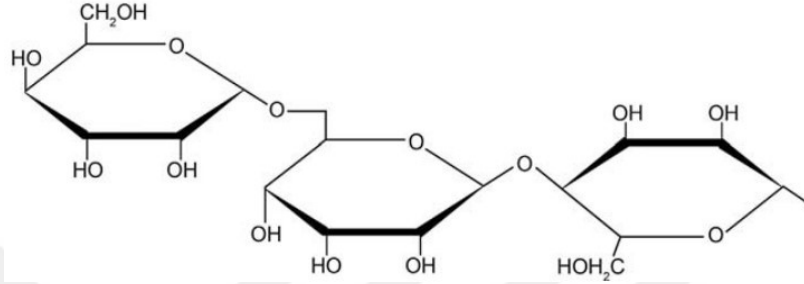


Şekil 3.3 Arap zamkı [36].

3.2.2 Arap Zamkı Yapısı

Arap zamkı hidrokarbon olan izopren bir polimerdir. Zincirdeki izopren birimlerinin birbirini takip etmesi, zincirdeki her dördüncü karbon atomunun metil (CH_3) yan grubunu taşıması ile mükemmel bir şekilde düzenlenmiştir. Yapıdaki çift bağın

varlığı kimyasal molekül reaktivitesini ve reaksiyona sokma kabiliyetini belirlemektedir. Çift bağ ayrıca arap zamkı molekülünün oksidasyona duyarlılığından veya fiziksel özelliklerde bir düşüğe neden olan diğer reaksiyonundan sorumludur. Şekil 3.4’de arap zamkının kimyasal yapısı gösterilmektedir.[36,37]



Şekil 3.4 Arap zamkı kimyasal yapısı [36].

3.3 Bentonit Özellikleri

Bentonit adı ilk olarak 1898 yılında Knight tarafından kullanılmış, Wyoming’deki Fort Benton biriminde ortaya çıkmış ve sabunsu özelliklere sahip bir kil olduğu gözlemlenmiştir. Bentonit smektit grubunun bir minerali olan montmorillonitten, yüksek oranda koloidal ve plastik killerden oluşan bir kayadır ve volkanik külün yerinde devitrifikasyonu sonucu üretilmektedir. Külün bentonite dönüşümü, çökeltme sırasında veya sonrasında sadece suda (deniz suyu, alkali göllerde ve diğer tatlı sularda) gerçekleşmektedir. Bentonit, bir kaya veya kil bazlı endüstriyel bir malzemedir. Montmorillonite ek olarak, feldspat, biyotit, kaolinit, illit, kristobalit, piroksen, zirkon ve kristalin kuvars da içerebilmektedir bu nedene moleküler formülü yoktur. Bentonit için Chemical Abstracts Servise (CAS) kayıt numarası 1302-78-9’dur.

Bentonit için kullanılan eşanlamlılar ve ticari isimler arasında Albagel Premiun USP 4444, Bentonite magma, Bentonite 2073, Bentopharm, CI 77004, E558, HI-Gel, HI-Jel, Invite IGBA, Magbond, minerl sopa, Montmorillonite, Panther creek bentonite, sabun bulunan kil, Güney bentonit, taylorit, Tixoton, Veegum HS, Volclay, Volclay Bentonite BC ve Wilkinite bulunmaktadır.

Bentonit dokunulduğunda yağlı ve sabun gibi hissedilmektedir. Yeni açığa çıkmış taze bentonit beyaz ile soluk yeşil veya mavidir. Rengi oksijenle temas ettiğinde zamanla koyulaşır ve sarı, kırmızı veya kahverengiye döner. Suyula tiksotropik jeller

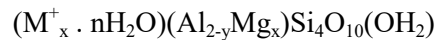
oluşturma yeteneği bulunmaktadır. Kuru kütlelerinin 12-15 katı kadar hacim artışı ile birlikte büyük miktarlarda suyu emme yeteneği ve yüksek katyon değişimi özelliklerine sahiptir. Değiştirilebilir katyonlardaki değişim, maksimum su alım miktarını ve şişmeyi etkilemektedir.

Kil mineral kafesinde tutulan ara su, montmorillonit grubu kil minerallerinin plastik, bağlanma, sıkıştırma, süspansiyon ve diğer özelliklerini kontrol eden ek bir ana faktördür. Bentonitin fiziksel özellikleri, kendisini oluşturan montmorillonitin muntazam kalınlıkta su katmanlarına sahip olup olmamasından veya birden fazla kalınlıktaki su katmanları ile hidratların karışımı olup olmamasından etkilenir. Silikat tabakaları arasından emilen su kaybı nispeten 100-200 °C gibi düşük sıcaklıklarda gerçekleşir. Yapısal su kaybı 450-500 °C’de başlar ve 600-700 °C’de tamamlanır. 800-900 °C’ye ısıtma kristal kafesi parçalayarak başlangıç bileşimi ve yapıya bağlı olarak mullit, kristobalit ve kordiyerit gibi çeşitli fazlar üretir. Montmorillonitin suyu hızlıca alma ve genleşme yeteneği, değiştirilebilir katyonların bileşimine bağlı olarak 105 ile 390 °C arasında değişen kritik bir sıcaklığa ısıtıldıktan sonra kaybolur. Suyu alma yeteneği, bentonitin kullanımını ve ticari değerini etkilemektedir [38].

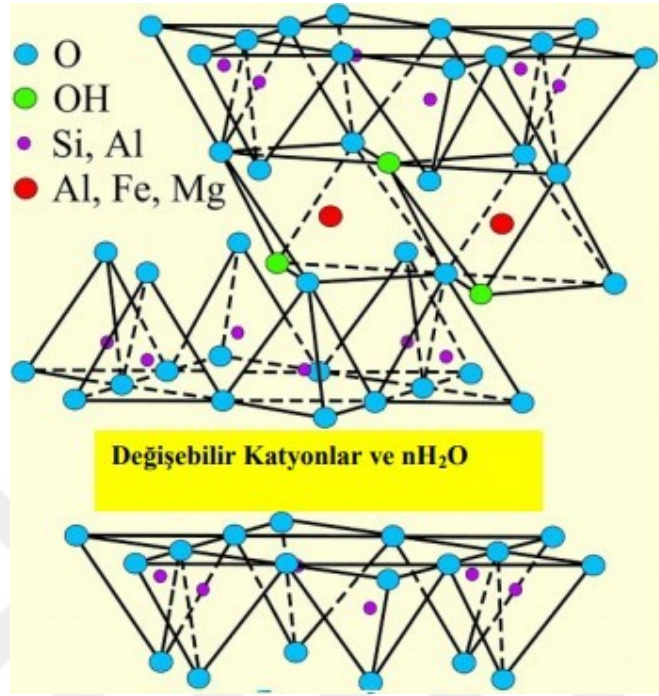
3.3.1 Bentonit Kristal Yapısı

Montmorillonit terimi hem ilgili bir grup kil minerali hem de bu grubun belirli bir üyesi için kullanılmaktadır. İlk kullanım için smektit daha uygundur. Smektitlerin temel kristal yapısı, iki tetrahedral silika levha arasında oktahedral bir alümina tabakasıdır. Tabakalardaki her iki tabaka için ortak olan atomlar oksijen atomlarıdır. Bu üç katmanlı birimler, birbirine bitişik komşu katmanlardaki oksijen atomları ile üst üste istiflenir ve zayıf bir bağ oluşturarak su ve diğer polar moleküllerin katmanlar arasına girmesine ve mineral yapının genişlemesine neden olur. Dört yüzlü koordinasyonda silikon, alüminyum ve fosfor ile ikame edilebilir. Oktahedral koordinasyonda alüminyum, magnezyum, demir, ikamelerindeki konum ve element bileşimi açısından farklılıklar, çeşitli montmorillonitkil minerallerine yol açar. Şekil A.B’de montmorillonitin tabaka yapısı gösterilmektedir[38].

Montmorillonit için moleküler formül genellikle;



olarak verilmektedir. Burada $M^+ = Na^+, K^+, Mg^{2+}$ veya Ca^{2+} ’dır ve $x = 0,33$ ’tür[38].

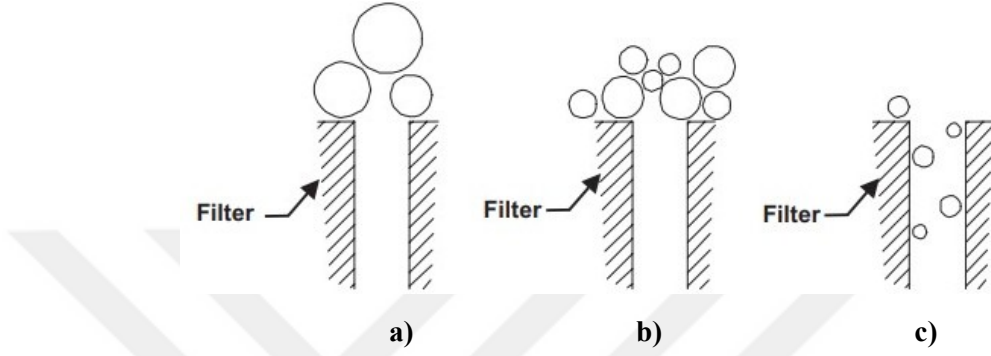


Şekil 3.5 Montmorillonit tabaka yapısı [39].



4. ERGİMİŞ METAL FİLTRASYONU

Filtrelemenin üç mekanizması olan eleme, kek oluşumu ve derin yatak filtrasyonu filtreleme mekanizmasında tek başına veya birlikte çalışmaktadır. Şekil 4.3'te bu üç filtreleme adımları gösterilmektedir.

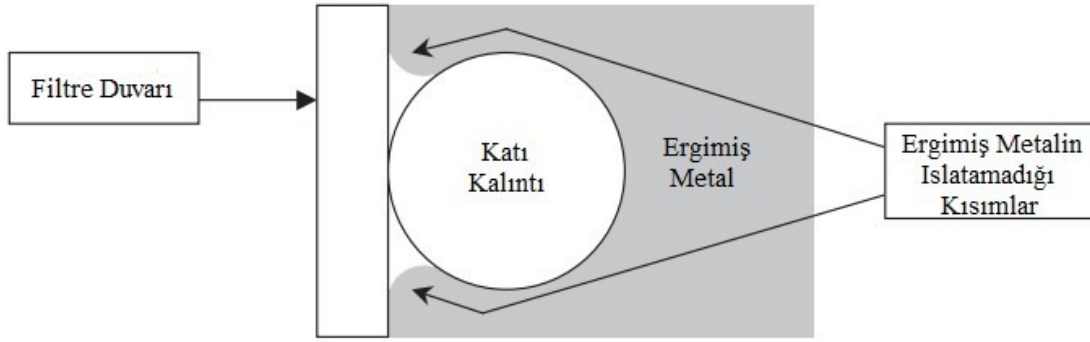


Şekil 4.1 a) Eleme b) Kek oluşturma c) Derin yatak Filtrasyonda üç filtre mekanizması [40].

Çoğu uygulamada derin yatak filtrasyonu, filtreleme sistemlerinde bulunan büyük yüzey enerjileri ve çıkarılan safsızlıkların küçük boyutu nedeniyle baskın mekanizma olarak kullanılmaktadır. Bir inklüzyon filtre duvarı ile etkileşime girdiğinde, yapışma gücü, sürekli akan metalin kuvvetine direnecek ve süpürülüp metal akışına yeniden verilmesini önleyecek kadar büyük olmalıdır. Yapışma mukavemeti, inklüzyon/filtre, metal/filtre ve metal/inklüzyon arasındaki arayüz enerjilerinin toplamı ile ilişkilidir. Eriyikten filtre çeperine bir inklüzyonun tutunması için serbest enerjideki değişim aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiştir:

$$\Delta G = \gamma_{if} - \gamma_{mf} - \gamma_{mi}$$

ΔG , Gibbs serbest enerjisi ve γ , arayüz enerjisidir. Inklüzyonların filtre çeperlerine tutunması için serbest enerjinin sıfırdan küçük olması gerekmektedir. Gibbs serbest enerjisi inklüzyonlar ve filtre materyeli arasındaki reaksiyon ile ya da inklüzyonların sebebiyet verdiği filtrenin metal ile ıslanmaması nedeniyle artmaktadır. Şekil 4.2'de metalin kalıntı nedeniyle ıslatamadığı yerler gösterilmektedir.



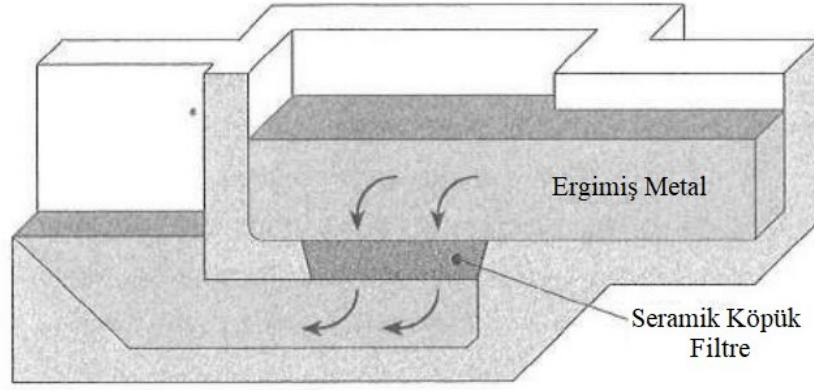
Şekil 4.2 Filtre ile ergimiş metal arasındaki arayüzde katı kalıntı partikülünün şeması [40].

Smith, Aubrey ve Miller yaptıkları çalışmada alüminyum alaşımını seramik köpük filtreler tarafından filtreleyerek bir model sunmuşlardır. Bu modelde seramik köpük filtrelerin, tutulan katı partiküllerin hacminin filtre gözenek boyutundan küçük olduğunu ve bu nedenle filtrenin derinliği boyunca partiküllerin yüksek yüzey alanı ve dolambaçlı gözenekler sayesinde çeperlere tutunarak filtrasyon işleminin sağlandığını gözlemlemişlerdir. Şekil 4.2’de bu filtreleme işlemi gösterilmektedir. Filtrasyon sırasında giriş yüzeyinde yüksek konsantrasyonda kalıntı partikül sayısının çıkış yüzeyine doğru azaldığı gözlemlenmektedir [40].

4.1 Seramik Köpük Filtre

Hücreli yapılar, ahşap, kemik, mercan gibi doğal malzemelerde bulunmaktadır. Doğa sertlik, mukavemet ve kütle gibi mekanik özellikleri önemli ölçüde optimize etmiştir. Yaklaşık 50 yıl önce sentetik malzeme üretim yöntemlerinin geliştirilmesi, hücreli malzemelerin yapısının ve özelliklerinin araştırılmasına ilham vermiştir. Seramik köpük için iyi termal dirençleri ve yüksek gözeneklilik özellikleri günümüzde hala en büyük uygulama olan sıvı metallerin saflaştırılmasında filtre olarak kullanılmasına yol açmıştır. Seramik köpük ayrıca katalitik yanma, brülör artırıcılar, dizel motor egzozları için kurum filtreleri, katalizör destekleri ve biyomedikal cihazlar için kullanılmaktadır.

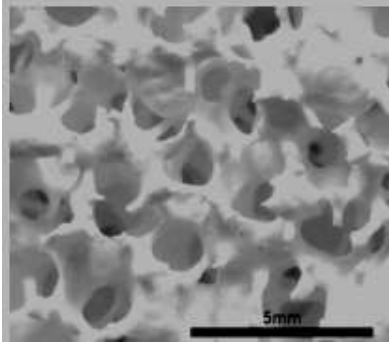
Yapısal özelliklere bağlı olarak seramik köpük filtrelerin eriyiklerde eksojen ve inklüzyonları giderebilmekte, düşük akış direncine ve yüksek filtrasyon verimine sahip olduğu bilinmektedir. Şekil 4.3’de sıvı metalden inklüzyonların filtrasyonunda kullanılan seramik köpük filtre gösterilmektedir. Filtreler, döküm işleminde doğrudan döküm ünitesinin önüne yerleştirilmektedir.



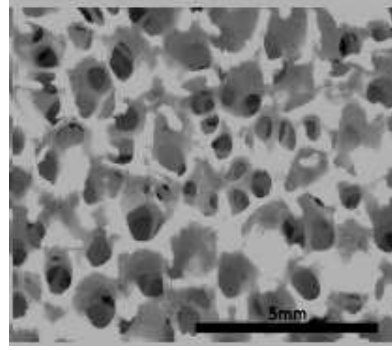
Şekil 4.3 Seramik köpük filtre ve döküm kabı [40].

Bir seramik köpük filtrede meydana gelen filtrasyon tipi, derin yatak, kek veya karışık filtreleme olarak bölünebilmektedir. Fistrasyondaki verimlilik Şekil 4.3’de gösterildiği gibi filtre malzemesinin ppi’sine (inç başına düşen gözenek) ve ayrıca çıkarılacak parçacıkların boyut dağılımına bağlıdır. Ppi, seramik köpüğü üretmek için kullanılan plastik malzemenin inç başına düşen ortalama gözenek sayısından bulunmaktadır. Son zamanlarda seramik köpük filtreler hava geçirgenliğine göre farklı ppi kategorilerine ayrılmaktadır.

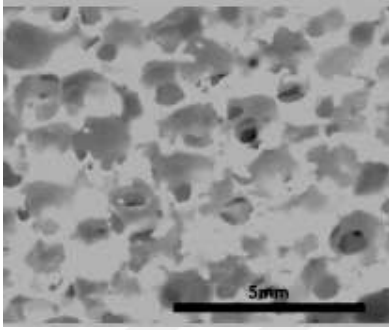
Tipik ticari seramik köpük filtrelerin boyut aralıkları 10 ile 80 ppi arasındadır. 20-40 ppi seramik köpük endüstriyel dökümhanelerde hem istenen döküm hızına ulaşmak hem de minimum düzeyde kabuledilebilir filtrasyon verimliliği elde etmek için en yaygın olarak kullanılan filtrelerdir. 10 ile 20 ppi gözenek boyutlu filtreler zayıf partikül tutma özelliğine sahiptir ve genellikle hapsedilmiş yığınların, yüzey kaynaklı oksitlerin ve eritme, tutma, taşıma sırasında oluşan diğer büyük partiküllerin filtrasyonu için kullanılmaktadır. 60-80 ppi gözenek boyutunda yüksek gözenek yoğunluğuna sahip filtreler ise yalnızca yüzey açısından kritik ekstrüzyon ve tabaka ürünleri gibi yüksek kalitede ürün elde etmek için kullanılmaktadırlar. Şekil 4.2’de 30, 40, 50 ve 80 ppi gözenek boyutlarına sahip seramik köpük filtreler gösterilmektedir.



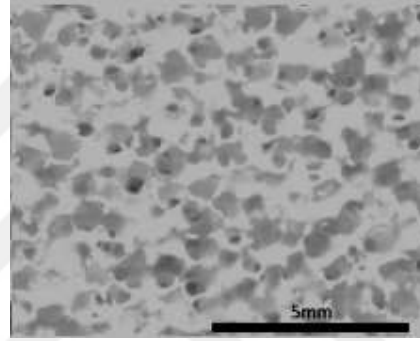
a)



b)



c)



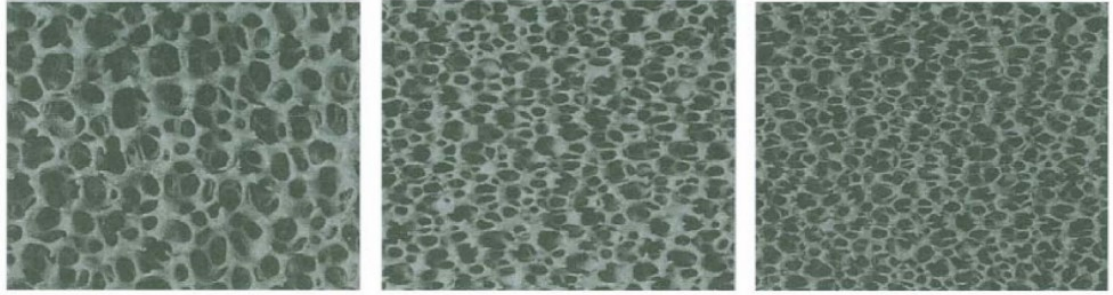
d)

Şekil 4.4 a) 30, b) 40, c) 50, d)80 ppi gözenek boyutlarında seramik köpük filtreler [40].

Seramik köpük filtrelerin yapısı sıvının akması için benzersiz, dolambaçlı bir yol yaratmakta, bu da inklüzyonları yakalamakta ve ergimiş metalin kalıp boşluğuna temiz ve laminar olarak girmesine izin vermektedir. Gözeneklilik, kıvrımlı yapı, özgül yüzey alanı ve gözenek çapı önemli filtre parametrelerindendir. Filtreleme işlemi ayrıca alaşımın tipi, tane inceltici, dökümün hızı ve metal sıcaklığı gibi parametrelere bağlıdır. Filtrelerden önce eklenen tane inceltici, filtrasyon verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Seramik köpük filtreler genellikle maliyet, kullanım kolaylığı ve kabul edilebilir performans özelliklerine göre döküm için en iyi filtreler olarak kabul edilmektedir. Başlıca avantajları; en zorlu döküm uygulamaları için yüksek filtrasyon verimliliği, türbülans azaltma, refrakterlik ve erozyona karşı gösterdiği dirençtir. Derin yataklı partikül filtreleri genellikle daha iyi filtreleme performansına sahiptir, ancak kullanımı zor ve maliyetleri yüksektir [40].

4.2 Filtre Gözenek Boyutu Seçimi

Genellikle seramik köpük filtrenin standart delik boyutu, döküm malzemeleri, ağırlığı ve kalitesi ile ilgilidir. Şekil 4.5'te üç gözenek boyutu aralığı ile dökümde ticari olarak kullanılan seramik köpük filtreler gösterilmektedir.



a)

10 ppi b) 20 ppi

c) 30 ppi

Şekil 4.5 a) 10 ppi b) 20 ppi c) 30 ppi boyutlarındaki seramik köpük filtreler [41].

Yaklaşık gözenek boyutu 3,5-5 mm arası olan filtreler kaba, 2-3 mm arası olan filtreler orta, 1-1,4 mm arası olan filtreler ise ince boyut olarak adlandırılmaktadır. Gözenek boyutu azaldıkça gözenek boyutu sayısı ve filtre iç yüzey alanı artmakta ve bu durum sıvı metalin hızını azaltmaktadır. Sfero döküm, Ni dirençli demir, SiMo sfero döküm, bakır alaşımı, çelik ve alüminyum için 10 ppi boyutunda kaba seramik köpük filtrelerin, gri dökme demir ve alüminyum için 20 ppi orta boy seramik köpük filtrelerin, dövülebilir dökme demire göre ise 30 ppi gözenek boyutuna sahip seramik köpük filtrelerin kullanılması önerilmektedir[41-44].

4.3 Filtre Boyutu Seçimi

Dökümde aktif filtre alanı artırılarak veya azaltılarak sıvı metalin akış hızı ayarlanabilmektedir. Aşağıda gerekli toplam filtre alanı eşitliği verilmiştir:

$$\text{Gerekli toplam filtre alanı (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Filtrelenecek toplam ağırlık (kg)}}{\text{Seçilen filtrasyon kapasite faktörü } \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)}$$

Filtrasyon kapasite faktörleri Çizelge 4.1'de listelenmiştir. Gerekli toplam filtre alanının hesaplanması ile yolluk sistemine uygulanabilecek filtre sayısını şekli belirlemek mümkündür. Örnek olarak 300 kg filtrelenecek gri demir ile tablodan seçilen filtreleme kapasite faktörü seçilerek aşağıdaki denklemde hesaplama yapılmıştır.

$$\text{Yaklaşık filtre alanı} = \frac{300 \text{ kg}}{4 \text{ kg/cm}^2} = 75 \text{ cm}^2$$

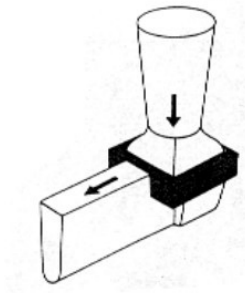
Hesaplanan filtre alanına göre boyutlandırma 1mm x 75mm x 100mm, 2 mm x 50 mm x 75 mm ya da 3 mm x 50 mm x 50 mm olarak yapılabilinmektedir [45].

Çizelge 4.1 Filtrasyon kapasite faktörleri [45].

Alaşımlar	Değerler
Eğilebilir Demir	1,4-2
Gri Dökme Demir	4
Dövülebilir Demir	4
Nikel Katkılı Demir	0,8-1
Karbon Çelik	1-1,2
Çelik Alaşım	1,5
Alüminyum Alaşım	1-2

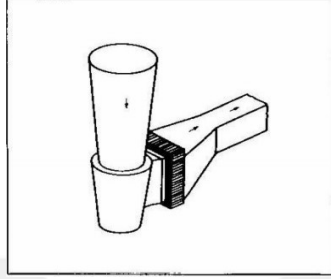
4.4 Filtrenin Yerleştirilmesi

Döküm tekniği içeren yolluk sistemindeki filtreleri konumlandırmak için doğrudan dökme ve dolaylı dökme olarak iki kategori bulunmaktadır. Doğrudan dökme tekniğinde ergimiş metal doğrudan filtreden geçirilmekte ve filtrenin konumu Şekil 4.6'da gösterildiği gibi kanalın altında bulunmaktadır. Bu teknik yolluk için özel bir tasarım gerektirmemektedir, ancak yolluğun yüksekte olması dökümde problem yaratmakta ve bu teknik kullanıldığında sadece bir filtre kullanılabilir. [45].

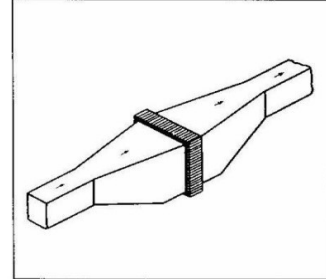


Şekil 4.6 Doğrudan döküm tekniği [45].

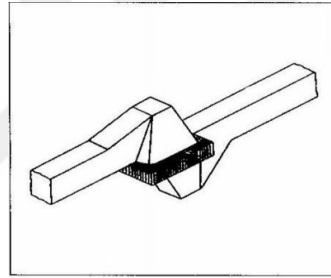
Dolaylı döküm birden fazla filtre kullanımına uygun bir döküm tekniğidir. Filtre akış yönüne dik, içeri akan metale paralel ve eğimli olan kapılı sistemde Şekil 4.7'deki gibi özel hazneye yerleştirilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı ise birden fazla filtre kullanmadan kaynaklanan tıkanma tehlikesidir [45].



a) Kanalin yakınındaki dikey filtre konumu

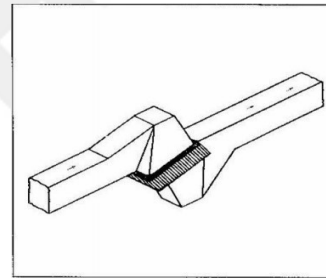


b) Dağıtım kanalında dikey filtre konumu



c)

Yatay filtre konumu



d) Eğik filtre konumu

Şekil 4.7 Dolaylı döküm tekniği [45].

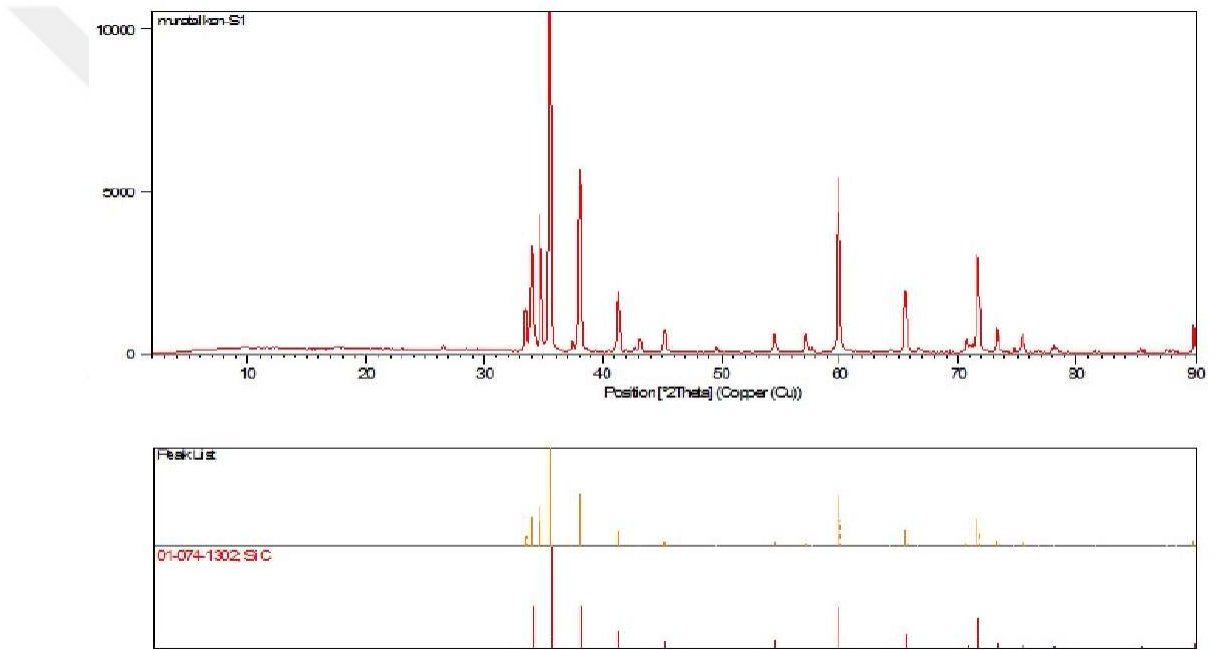


5. MATERYAL VE METOD

5.1 Materyal

Silisyum karbür esaslı seramik köpük filtrelerin replika yöntemi ile üretimi için yapılan çalışmalarda silisyum karbür, bentonit, arap zankı ve gözenekli poliüretan sünger malzemeleri kullanılmıştır.

Numunenin XRD sonucu Şekil 5.1’de sunulmuştur. Şekil 5.1’e göre numunenin herhangi bir safsızlık içermediği açıkça görülmektedir.



Şekil 5.1 Silisyum karbür numunesinin XRD sonuçları.

Arap zankı karakteristik özellikleri Çizelge 5.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 Arap zankının karakteristik özellikleri.

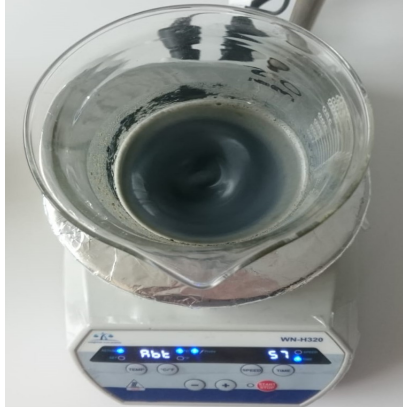
Galaktoz,%	Arabinoz,%	Ramnoz,%	Glukronik Asit,%	4-O- Metil G. Asit,%	Azot,%
44	27	13	14.5	1.5	0.36

Bentonite bağlayıcı olarak arap zankı ilave edilmiş ve Shaanxi Undersun Biomedtech'ten tedarik edilmiştir. Süngere bağlayıcılar ilave edildikten sonra sünger üzerinde oluşturulacak malzeme olarak silisyum karbür ilave edilmiş, bu malzeme Nanokar Kimyasal Malzemeler İmalat ve Ticaret Limited Şirketi'nden temin

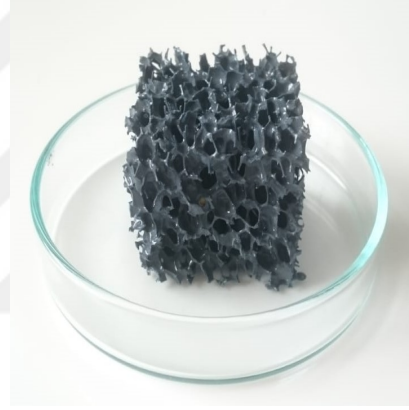
edilmiştir. 100 ve 32 μm 'lik iki farklı tane boyutunda silisyum karbürler ile deneyler yapılmıştır. Sunger Döküm'dan temin edilen poliüretan sünger iskelet malzemesi olarak 5, 10, 30 gözenek / inç boyutlarında kullanılmıştır.

5.2 Metod

Deneysel çalışmaların ilk aşaması çamurun hazırlanmasıdır. Bu aşamada arap zıncı ve bentonit, Thermomac manyetik karıştırma cihazı ile 350 rpm'de 30 dakika karıştırılıp çözündürülerek, çözeltiye 30 dakika süreyle silisyum karbür tozu ilave edildikten sonra homojen bir çamur elde edilmiştir.



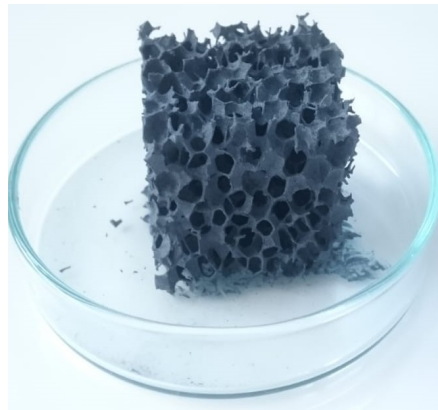
a) Seramik çamurun hazırlanması.



b) Poliüretan süngerin çamur ile doyurulması
ve fazla çamurun uzaklaştırılması



c) Kurutma sonrası numune.



c) Piroliz ve sinterleme sonrası numune.

Şekil 5.2 10 ppi poliüretan sünger ile hazırlanan silisyum karbür köpük filtre.

Deneyisel çalışmaların ikinci aşamasında çamurun sünger içerisine emilmesi ve fazla çamurun süngerden uzaklaştırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Poliüretan sünger 10 ve 30 ppi gözenek boyutu için 3x3 cm, 5 ppi gözenek boyutu için 3x5 cm olarak kesilmiştir. Hazırlanan seramik çamuru poliüretan süngerin içine emdirilmiş ve fazla çamur süngerden sıkılarak uzaklaştırılmıştır.

Üçüncü aşama kurutma işlemidir. Kurutma işlemi Protherm ETUV'de 105 °C'de 1 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi sonucunda sünger üzerinde seramik partiküller birikmiştir.

Deneyisel çalışmaların dördüncü aşaması pirolizdi. Bu işlem için Nevo QTZ kül fırını kullanılmıştır. Piroliz, 600°C'de 10°C / dk ısıtma hızında 30 dakika süreyle uygulanmıştır. Poliüretan sünger ve arap zıncı piroliz işlemi ile yapıdan uzaklaştırılmıştır.

Deneyisel çalışmaların son aşaması sinterleme süreciydi. Önce 1050°C'de ön sinterlemeye tabi tutulan karışım daha sonra çeşitli sıcaklıklarda son sinterlemeye tabi tutulmuştur. Sinterleme işlemi ile yapının konsantre olması sağlanmıştır. İşlem MSE VF_1700 fırınında gerçekleştirilmiştir.

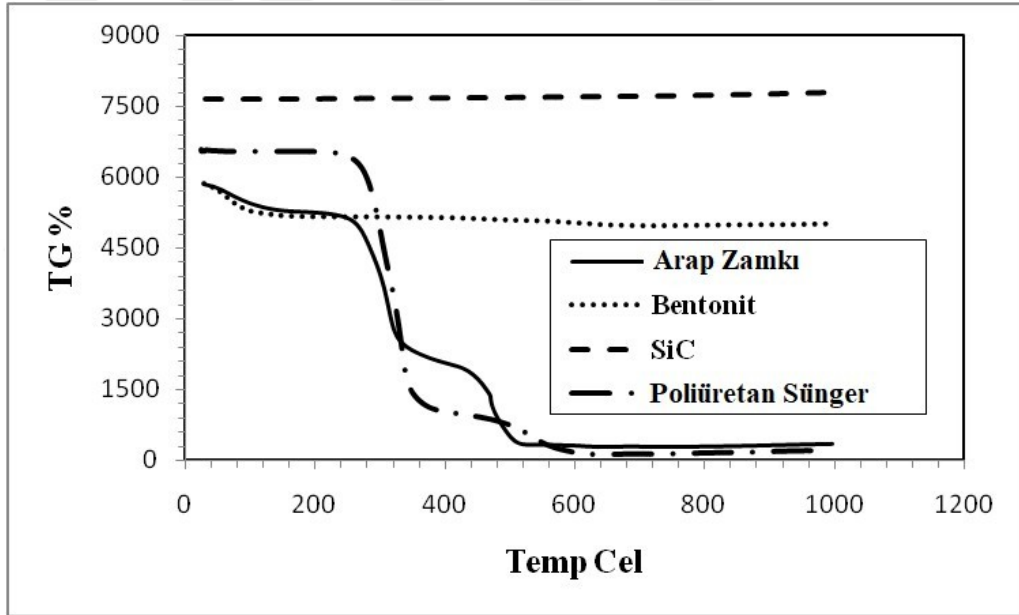
5.3 Karakterizasyon Teknikleri

Karakterizasyon çalışmalarının ilk aşamasında SHIMADZU TX-423L ölçekleri ile ağırlık kaybı miktarları belirlenmiştir. Ürünlerin mikroyapı görüntüleri Carl Zeiss / Gemini 300 marka model SEM-EDS cihazı ile çekilmiştir. SiC filtrelerinin mukavemetini ölçmek için bir sıkıştırma testi yapılmıştır. Sıkıştırma deneyleri, bir Zwick / Roell cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SiC filtrelerinin dayanımını ölçmek için basma testi yapılmıştır. Basma deneyleri Zwick / Roell cihazı kullanılarak ASTM D695 standardına göre yapılmıştır. TGA analizi (Seiko, TG / DTA 6300) marka cihazda gerçekleştirilmiştir. Döküm numunelerinin kimyasal analizi, Hitachi High-Tech Analytical Science Foundry Master serisi optik emisyon spektrometresiyle gerçekleştirilmiştir. Son olarak, yoğunluk ölçümleri ASTM C 373 standardı kullanılarak Arşimet yöntemi ile yapılmıştır.



6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Silisyum karbür filtre üretimi için yapılan çalışmalarda, arap zımkı ve bentonitten oluşan karışım poliüretan sünger içersine absorbe edilerek istenilen yapı elde edilmiştir. Nihai ürün yalnızca silisyum karbür seramik yapısından oluşmalıdır. Poliüretan sünger ve arap zımkını seramik yapıyı bozmadan yapıdan uzaklaştırmak için kullanılacak ısıtma rejimini belirlemek için TGA analizi kullanılmıştır. Şekil 6.1’de sunulan bulgulara göre arap zımkı 500 °C’de yapıdan uzaklaştırılırken, poliüretan sünger 600 °C’de uzaklaştırılır. Şekil 6.1, piroliz ve sinterlemenin gerçekleştiği bu sıcaklıklarda SiC yapısında hiçbir değişiklik olmadığını göstermektedir. Piroliz ve sinterleme deneylerinde elde edilen veriler de TGA analizinin sonuçlarını desteklemektedir.

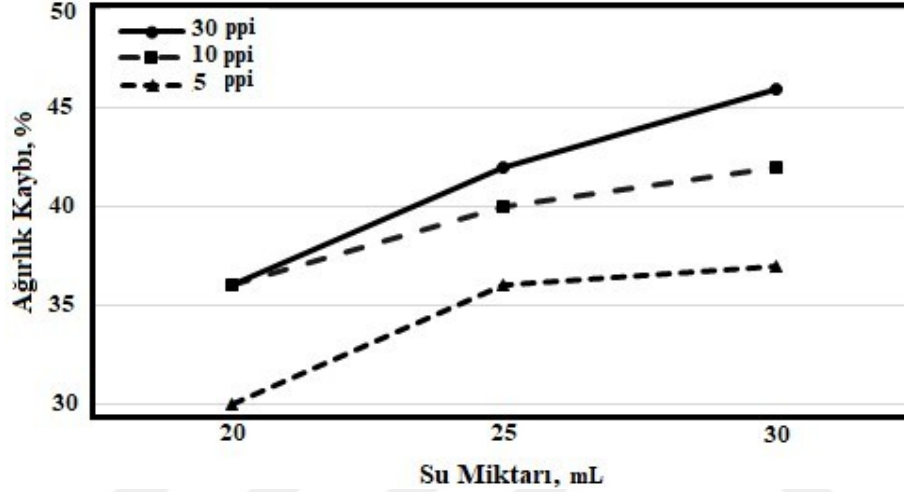


Şekil 6.1 SiC, arap zımkı, poliüretan sünger ve bentonit için TGA sonuçları.

Deneylerin ilk aşamasında farklı miktarlarda su (20 mL, 25 mL, 30 mL) içeren çamurlar hazırlanmıştır. Hazırlanan çamurlar farklı gözenekli (5 ppi, 10 ppi, 30 ppi) poliüretan süngerlere emdirilmiştir. Daha sonra numuneler 1 saat 600 °C’de kurutulmuş ve pirolize tabi tutulmuştur. Fırın oda sıcaklığına soğutulduktan sonra numuneler çıkarılıp, ağırlık kayıpları hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 6.2’de verilmiştir.

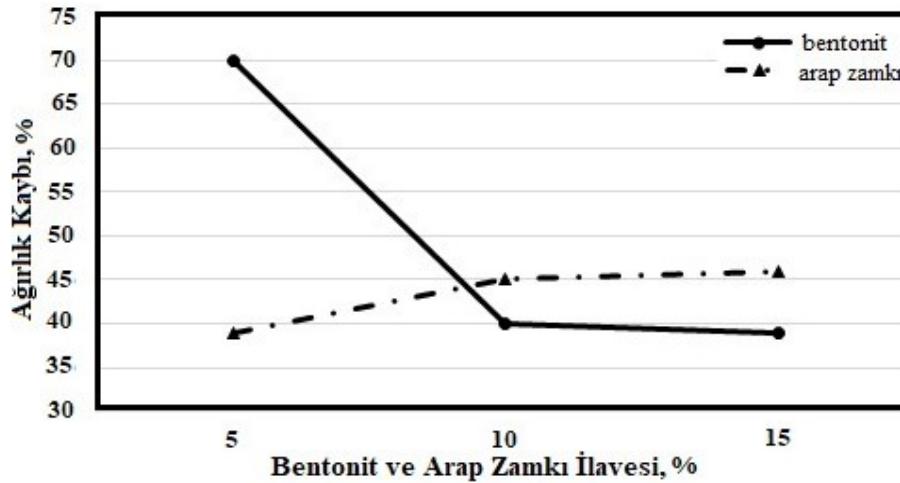
Ağırlık kayıpları incelendiğinde en yüksek kayıp oranının 30 ppi sünger ve 30 mL su içeriği ile % 46 olarak elde edildiği görülmüştür. Her bir gözenek boyutu için,

ağırlık kaybı oranı artan su miktarı ile artmıştır. 20 mL su içeren karışımlar incelendiğinde 30 ppi ve 10 ppi karışımlarda ağırlık kaybının %36, 5 ppi karışımında ağırlık kaybının %30 olduğu görülmüştür. Su miktarı arttıkça 30 ppi ve 10 ppi gözenek büyüklüğüne sahip numuneler arasındaki fark % 4 artmıştır. 5 ppi gözenek boyutlu numunede maksimum ağırlık kaybı %37 olarak hesaplanmış ve diğer numune iki numunenin çok gerisinde olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6.2 Farklı miktarlarda kullanılan su için ağırlık kayıpları.

Deneysel çalışmaların ilk aşamasında artan su miktarının etkisi incelendikten sonra ikinci aşamada bentonit ve arap zıncı ilavelerinin etkileri araştırılmıştır. Karışıma 10 ppi sünger kullanılarak % 5, % 10 ve % 15 bentonit ve arap zıncı ilave edilmiş ve sonuçlar Şekil 6.3'te verilmiştir.



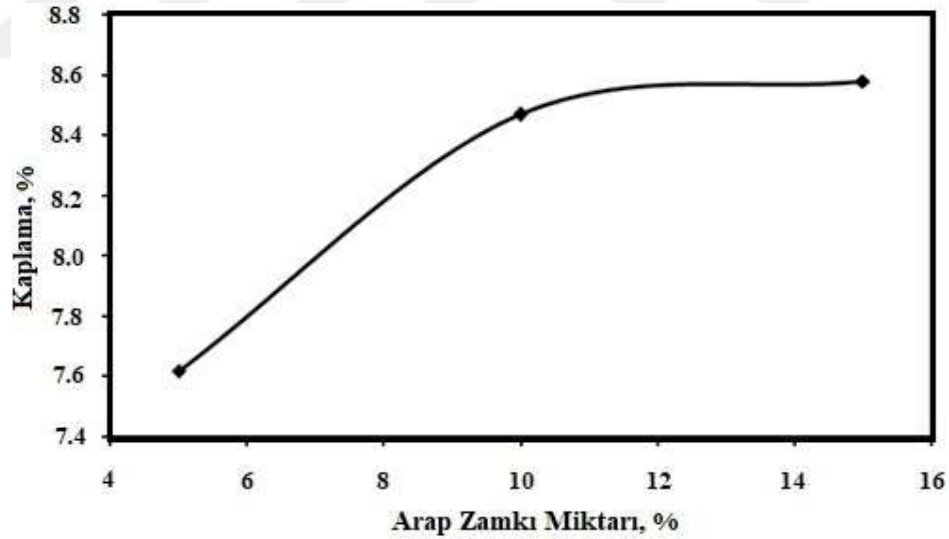
Şekil 6.3 Farklı miktarlarda bentonit ve arap zıncı için ağırlık kayıpları.

Şekil 6.3’de bentonit miktarı arttıkça ağırlık kaybı miktarının azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni bentonitin yüksek su tutma kapasitesine sahip olması ve 600°C’de yapıdan uzaklaşmamasıdır. TGA sonuçlarına göre arap zamkının yapıdan uzaklaşma sıcaklığı 500°C’dir. Şekil 6.3’te artan arap zankı miktarı ile kayıp yüzdesindeki artışın nedeni budur.

Polimerik süngerlerin çamur kaplama öncesi ve sonrası ağırlıkları belirlenmiştir. Poliüretan süngerde biriken çamur miktarı Eşitlik 1’e göre belirlenmiştir.

$$\%Kaplama = \frac{(Son\ ağırlık - İlk\ ağırlık)}{İlk\ ağırlık} \quad (1)$$

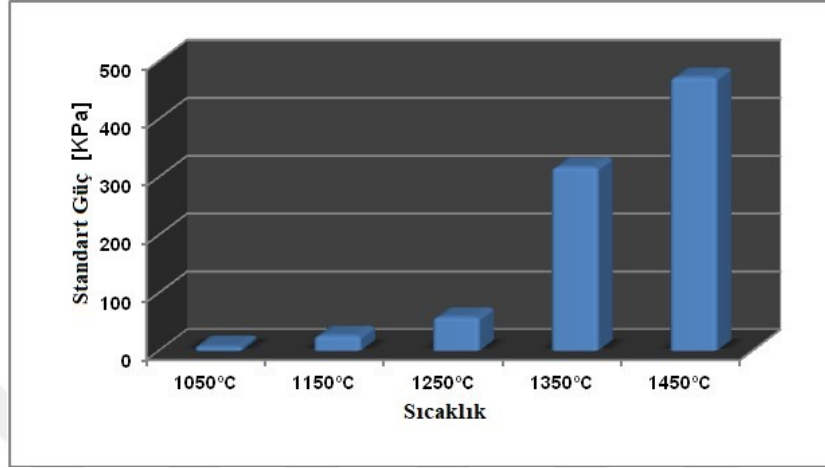
Şekil 6.4, seramik çamurunun poliüretan sünger (10 ppi) üzerine kaplanması üzerindeki arap zamkının etkisini göstermektedir. Arap zankı miktarı arttıkça kaplama miktarı da artmaktadır. Ancak arap zankı miktarı çamurun viskozitesi ile doğru orantılı olduğundan viskozite artar ve arap zankı miktarındaki artış yapıdaki gözeneklilik miktarında azalmaya neden olmaktadır.



Şekil 6.4 Seramik çamurun poliüretan sünger üzerine kaplanması üzerine arap zamkının etkisi.

Sonraki aşamada numuneler ASTM C1424 standardına göre basma testine tabi tutulmuş ve taşıyabilecekleri maksimum yük Şekil 6.5’te verilmiştir. Şekil 6.5’e göre 1050 °C ve 1150 °C.’de sinterlenen numunelerde yeterli basma mukavemeti elde edilememiştir. Ancak 1350 °C ve 1450 °C’de sinterlenen numunelerde basma mukavemeti sırasıyla 317 kPa ve 472 kPa’ya çıkmıştır. Bu nedenle en yüksek

mukavemetin elde edildiği 1450 °C sinterleme sıcaklığı optimum parametre olarak belirlenmiştir.

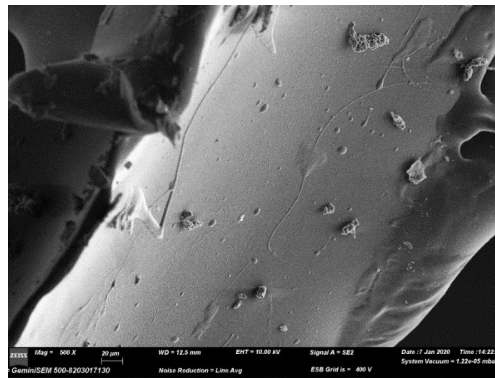


Şekil 6.5 Sıcaklığın, numunelerin basma mukavemetine etkisi.

Bağlayıcı malzemelerin yapıdan uzaklaştırılması incelendikten sonra örneklerin mikroyapı çalışmaları yapılmıştır. Mikroyapı çalışmalarında öncelikle poliüretan sünger incelenmiş ve sonuçlar Şekil 6.6'da verilmiştir. Poliüretan süngerin SEM görüntüsü incelendiğinde çamuru tutacak kadar pürüzlülük olduğu görülmektedir. Poliüretan süngerin EDS sonuçları Çizelge 6.1'de verilmiş olup yapıda herhangi bir kirlilik bulunmamıştır.

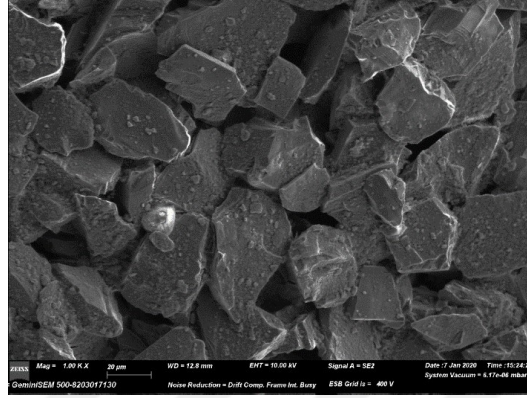
Çizelge 6.1 Poliüretan süngerin EDS sonuçları.

Element	Seri	Ağırlıkça, %
Karbon	<i>K-Serisi</i>	26.09
Oksijen		14.84
Azot		3.06
Hidrojen		56.02



Şekil 6.6 Poliüretan süngerin SEM görüntüsü.

Poliüretan sünger, silisyum karbür, bentonit ve arap zıncı ile emprenye edilmiş ve 600 °C’de 1 saat piroliz uygulanmıştır. Piroliz numunesinin SEM görüntüsü Şekil 6.7’de verilmiştir ve EDS sonuçları Çizelge 6.2’de sunulmuştur.



Şekil 6.7 Piroliz numunesinin SEM görüntüsü.

Çizelge 6.2 Piroliz numunesinin EDS sonuçları.

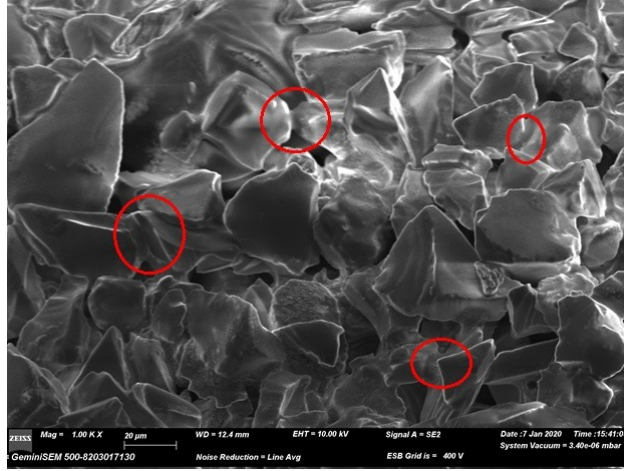
Element	Seri	Ağırlıkça, %
Karbon	<i>K-Serisi</i>	18.50
Oksijen		25.05
Silisyum		56.45

Şekil 6.7’de SiC partiküllerinin süngere başarıyla tutturulduğu görülmektedir. Çizelge 6.2’de verilen EDS sonuçları incelendiğinde bentonit ve arap zıncı bileşenlerinin yapıdan tamamen uzaklaştırıldığı görülmektedir.

Deneyisel çalışmalara sinterleme işlemi ile devam edilmiştir. Örnekler 1050 °C, 1150 °C, 1250 °C, 1350 °C ve 1450 °C’de 1 saat sinterlenmiştir. Şekil 6.8, 1050 °C’de sinterlenen numunenin SEM görüntüsünü gösterir ve Çizelge 6.3, aynı numunenin EDS sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.3 1050°C’de sinterlenmiş numunenin EDS sonuçları.

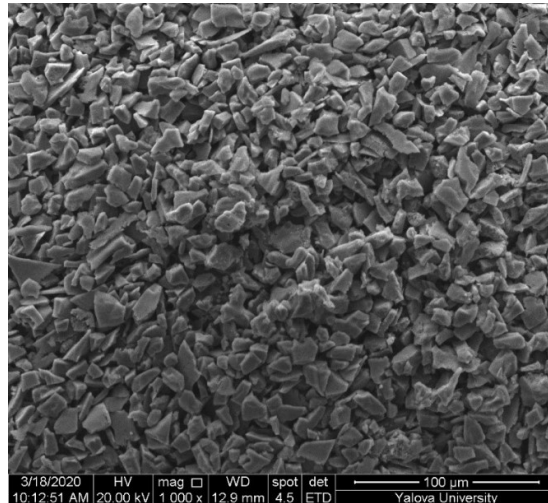
Element	Seri	Ağırlıkça, %
Karbon	<i>K-Serisi</i>	3.40
Oksijen		49.65
Silisyum		46.95



Şekil 6.8 1050°C'de sinterlenmiş numunenin SEM görüntüsü.

SEM görüntüsüne göre SiC tozları arasında boyun oluşumu 1050 °C'de başlamaktadır. Bu nedenle daha yüksek yoğunluk değerlerine ulaşmak için daha yüksek sıcaklıklarda sinterleme işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. EDS verilerine göre piroliz işleminde elde edilen sonuçlar, oksijen miktarı artmış olduğunu göstermekte ve daha yoğun bir yapının elde edildiğini belirtmektedir.

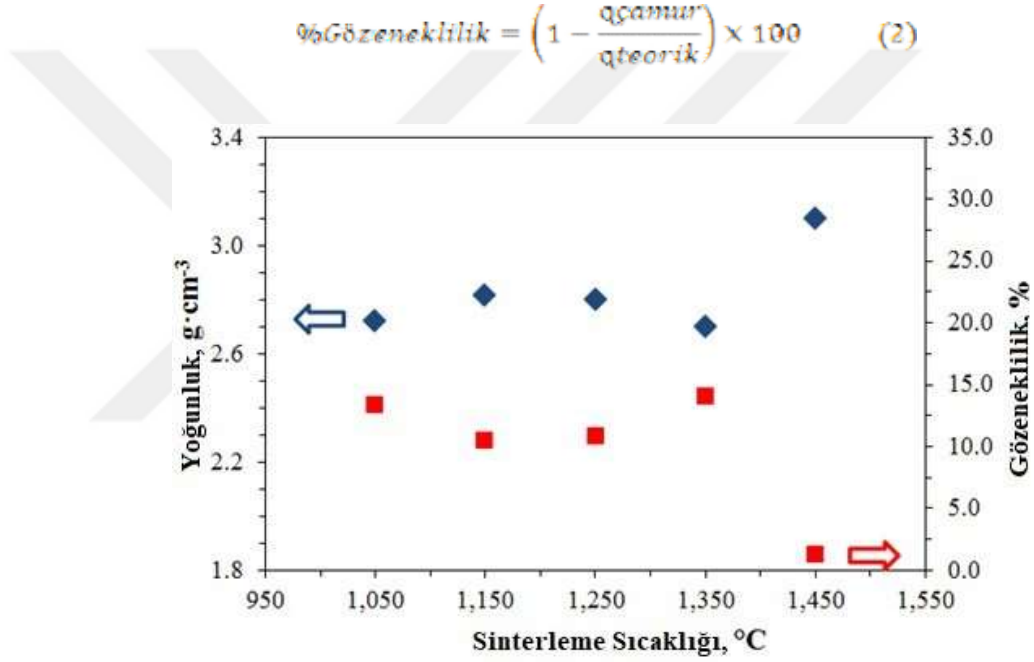
Daha sonra numuneler daha yüksek sıcaklıklarda sinterlenerek yüksek sıcaklığın yapıya etkileri incelenmiştir. 1350 °C'de sinterlenen numunenin SEM görüntüsü Şekil 6.9'da verilmiştir. Şekil 6.9'a göre yoğunlaşma tamamen gerçekleşmiş ve taneler tam olarak birbirine bağlanmıştır.



Şekil 6.9 1350 °C'de sinterlenmiş numunenin SEM görüntüsü.

Numunelerin mikroyapı analizi yapıldıktan sonra yoğunlukları ölçülerek gözeneklilik miktarları buna göre hesaplanmıştır. Numunelerin değişen sıcaklıklardaki yoğunluk

değerleri Şekil 6.10'da verilmiştir. Şekil 6.10'a göre bentonit veya SiO₂ kaynaklı sıvı faz sinterlemesi 1350 °C'ye kadar gerçekleşmiş, SiC ise 1350°C'den sonra tam olarak sinterlenmiştir. Yoğunluk numunesine göre gözeneklilik değerleri Eşitlik 2'den belirlenmektedir. Şekil 6.10'da numunelerin gözeneklilik değerlerini göstermektedir. Buna göre porozite değeri 1350 °C'den sonra %14.08'den %1.24'e düşmektedir ve bu durum sinterleme işleminin 1450 °C'de tamamlandığını kanıtlamaktadır.



Şekil 6.10 Numunelerin yoğunluk ve gözeneklilik değerleri.

SiC filtrelerin üretimi replikasyon yöntemi ile yapıldıktan sonra döküm uygulamalarına etkileri araştırılmıştır. Benzesik dökümde gerçekleştirilen CuSn₁₂ alaşımının üretiminde SiC filtreli ve filtresiz dökümler gerçekleştirilmiş olup bulgular Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4 SiC filtresinin CuSn₁₂ alaşım dökümüne etkisi.

(%)→	Zn	P	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Sb	C	Cu
Filtresiz	0.19	0.91	12.89	0.005	0.0011	0.157	1.07	0.085	0.11	84.58
Filtreli	0.14	0.86	12.52	0.003	0.0005	0.07	1.02	0.075	0.10	85.21

Tablo 6.4 incelendiğinde filtre etkisi ile bakır dışındaki tüm malzemelerin miktarında azalma olduğu açıkça gör÷lmektedir. Buna göre alaşım elementleri arasında en yüksek yüzdeye sahip olan bakır miktarı filtreleme işlemi ile artmıştır. Analiz sonuçları, filtrenin alaşımdaki safsızlık miktarını başarılı bir şekilde azalttığını göstermektedir.



7. GENEL SONUÇLAR

Sonuç olarak, döküm sürecinde kullanılmak üzere geliştirilen SiC filtreleri replika yöntemiyle başarıyla üretilmiştir. Deneysel çalışmalarda sünger gözenekliliği, değişen su ve bağlayıcı miktarlarının üretim parametrelerine etkileri belirlenmiştir. Buna göre deneylerde en yüksek ağırlık kaybı 30 ppi süngere 30 mL su ilave edilerek % 46 olarak belirlenmiştir. Daha sonra numunelerin mukavemet değerleri incelenmiş ve 1450°C’de sinterlenen numunede 472 KPa mukavemet elde edilmiştir. Örneklerin SEM görüntüleri incelendiğinde boyun oluşumunun 1050 °C’de başladığı ve yoğunlaştırmanın 1450 °C’de tamamlandığı görülmüştür. Daha sonra gözeneklilik ve yoğunlaşma oranları hesaplanmış ve 1450 °C sinterlenmiş numune 3.101 g / cm³ yoğunlaştırma ve % 1.24 gözeneklilik değerleri ile en iyi sonuçları vermiştir. Son olarak 1450 °C’de sinterlenen numunenin filtreleme etkisi gerçek döküm sürecinde gözlemlenmiştir. Filtrenin hem döküm sıcaklığında yapısını koruyabildiği hem de filtrasyon işlemini başarıyla gerçekleştirebildiği görülmüştür.

Destekleyen Kişi ve Kurum Bilgisi.

Bu tez çalışması, Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından, 2020/YL/0004 numaralı proje ile desteklenmiştir.



KAYNAKLAR

- [1] W.P. Holbrook, Application of Refractories, (1987).
- [2] S. Ertan, Z.B. Kavaklıoğlu, F. Büyükakkaş, Alüminyum Sıvı Metal Temizliğinde Kullanılan Flakslar, (Mayıs 2003).
- [3] Y. Sakka, F. Tang, H. Fudouzi, T. Uchikoshi, Fabrication of porous ceramics with controlled pore size by colloidal processing, Sci. Technol. Adv. Mater. 6 (2005) 915–920.
- [4] J.R. Nimmo, Porosity and Pore-Size Distribution, Encyclopedia of Soils in the Environment: London, Elsevier, v. 3, (2004) 295-303.
- [5] A.R. Studart, U.T. Gonzenbach, E. Tervoort, L.J. Gauckler, Processing routes to macroporous ceramics: A review, J. Am. Ceram. Soc. 89 (2006) 1771–1789.
- [6] K. Schwartzwalder, A.V. Somers, Method of Making Porous Ceramic Articles, United States Patent Office (1963).
- [7] V. Cuong, P.T. Xuân, V. Chinh, Nghiên cứu chế tạo gốm sứ hệ silic cacbua sử dụng làm phin lọc xỉ cho kim loại nóng chảy, Tạp chí Hóa học, 55 (2017) 286–289.
- [8] P. Krawiec, S. Kaskel, Thermal stability of high surface area silicon carbide materials, J. Solid State Chem. 179 (2006) 2281–2289.
- [9] K.Y. Lim, Y.W. Kim, I.H. Song, Porous sodium borate-bonded SiC ceramics, Ceram. Int. 39 (2013) 6827–6834.
- [10] J.S. Lee, S.H. Lee, S.C. Choi, Improvement of porous silicon carbide filters by growth of silicon carbide nanowires using a modified carbothermal reduction process, J. Alloys Compd. 467 (2009) 543–549.
- [11] A.H. Lu, W. Schmidt, W. Kiefer, F. Schüth, High surface area mesoporous SiC synthesized via nanocasting and carbothermal reduction process, J. Mater. Sci. 40 (2005) 5091–5093.
- [12] K. Koumoto, M. Shimohigoshi, S. Takeda, H. Yanagida, Thermoelectric energy conversion by porous SiC ceramics, J. Mater. Sci. Lett. 6 (1987) 1453–

1455.

- [13] H. Suda, H. Yamauchi, Y. Uchimar, I. Fujiwara, K. Haraya, Preparation and gas permeation properties of silicon carbide-based inorganic membranes for hydrogen separation, *Desalination*. 193 (2006) 252–255.
- [14] A. Zampieri, H. Sieber, T. Selvam, G.T.P. Mabande, W. Schwieger, F. Scheffler, M. Scheffler, P. Greil, Biomorphic cellular SiSiC/zeolite ceramic composites: From rattan palm to bioinspired structured monoliths for catalysis and sorption, *Adv. Mater.* 17 (2005) 344–349.
- [15] G.Q. Jin, X.Y. Guo, Synthesis and characterization of mesoporous silicon carbide, *Microporous Mesoporous Mater.* 60 (2003) 207–212.
- [16] H.P. Martin, G. Standke, J. Adler, A new oxidation protection strategy for silicon carbide foams, *Adv. Eng. Mater.* 10 (2008) 227–234.
- [17] M. Fukushima, Y. Zhou, H. Miyazaki, Y.I. Yoshizawa, K. Hirao, Y. Iwamoto, S. Yamazaki, T. Nagano, Microstructural characterization of porous silicon carbide membrane support with and without alumina additive, *J. Am. Ceram. Soc.* 89 (2006) 1523–1529.
- [18] F. Ren, G. Zhai, A.A. Volinsky, B. Tian, Processing Research Recoating slurry process effects on the SiC-based casting foam filter properties, 15 (2014) 71–75.
- [19] U. Soy, A. Demir, F. Caliskan, Effect of bentonite addition on fabrication of reticulated porous SiC ceramics for liquid metal infiltration, *Ceram. Int.* 37 (2011) 15–19.
- [20] X. Yao, S. Tan, Z. Huang, D. Jiang, Effect of recoating slurry viscosity on the properties of reticulated porous silicon carbide ceramics, 32 (2006) 137–142.
- [21] X. Zhu, D. Jiang, S. Tan, Preparation of silicon carbide reticulated porous ceramics, *Material Science & Engineering* 323 (2002) 232–238.
- [22] F. Çalışkan, F. Yılmaz, Z. Tatli, Silisyum Karbür Esaslı Seramik Köpük Filtre Üretimi, *Academic Platform-Journal of Engineering and Science* (2015) 2620-2626.

- [23] X. Bao, M.R. Nangrejo, M.J. Edirisinghe, Synthesis of silicon carbide foams from polymeric, *Journal of Material Science* 4 (1999) 2495–2505.
- [24] R. Mouazer, S. Mullens, I. Thijs, J. Luvten, A. Buekenhoudt, Silicon carbide foams by polyurethane replica technique, *Adv. Eng. Mater.* 7 (2005) 1124–
- [25] P.C. Rojas, G.J. Piderit, P. Toro, Development of open-pore silicon carbide foams, *Key Eng. Mater.* 132–136 (1997) 1731–1734.
- [26] L. Yan, Y. Xiumin, H. Zhengren, D. Shaoming, J. Dongliang, Preparation of High Performance Silicon Carbide Foam Ceramics for Filter of Molten Metal, *Journal of The Chinese Ceramic Society.* (2004) 107-112.
- [27] Y. Kim, J. Eom, Y. Kim, S. Raju, Processing and Properties of Macroporous Silicon Carbide Ceramics: A Review *Journal of Asian Ceramic Societies* Processing and properties of macroporous silicon carbide ceramics : A review, *Integr. Med. Res.* 1 (2013) 220–242.
- [28] M. Scheffler, P. Colombo, *Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications, Part 2 Manufacturing.* (2005) 31–56.
- [29] S. Akpınar, *Kordiyerit Mullit Esaslı Karbür Katkılı Sıvı Metal Filtreleri, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2009.*
- [30] E.G. De Moraes, *Advanced Cellular Ceramics Processed Using Direct Foaming, Doctorate Thesis, University of Padova (2015).*
- [31] M. Moser, *Microstructure of Silicon Carbide Grinding Tools., Period. Polytech. Chem. Eng.* 21 (1977) 27–49.
- [32] H. Abderrazak, E. S. B. H. Hmida, *Properties and Applications of Silicon Carbide, Silicon Carbide : Synthesis and Properties,* (2010).
- [33] M. Mitomo, Y.W. Kim, H. Hirotsuru, *Fabrication of silicon carbide nanoceramics, J. Mater. Res.* 11 (1996) 1601–1604.
- [34] V.A. Izhevskiy, L.A. Genova, J.C. Bressiani, A.H.A. Bressiani, *Review article: silicon carbide. Structure, properties and processing, Cerâmica.* 46 (2000) 4–13.

- [35] K. Raju, D.H. Yoon, Sintering additives for SiC based on the reactivity: A review, *Ceram. Int.* 42 (2016) 17947–17962.
- [36] A. A. Mariod, Gum Arabic Structure, Properties, Application and Economics (2018).
- [37] E.M.I. Elzain, A.A. Mariod, 8 - Analytical Techniques for New Trends in Gum Arabic (GA) Research, Elsevier Inc., 2018.
- [38] E. Programme, Environmental health criteria 231: Bentonite, kaolin, and selected clay minerals, *Environ. Heal. Criteria.* (2005).
- [39] M. Chimeddorj, Farkli Bentoni tlerin Nem Alıcı (Desikant) Özelli kleri nin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Tek. üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. (2007).
- [40] R.A. Olson, L.C.B. Martins, Cellular ceramics in metal filtration, *Adv. Eng. Mater.* 7 (2005) 187–192.
- [41] L.S. Aubrey, J.R. Schmahl and M.A. Cummings, Application of advanced reticulated ceramic foam filter technology to produce clean steel castings, *AFS Transactions.* Vol 101, 1993, pp. 60 – 66.
- [42] J Bäckman, IL Svensson, Y Maeda, Influence of filter on the mould filling of aluminium melts in vacuum-sealed moulds, *ISSN*, 1999.
- [43] John R. Brown, Foseco Ferrous Foundry man's Handbook, chapter 17, Filtration and the running and gating of iron casting. Eleven editions 1999. PP.245 - 215.
- [44] John R. Brown, Foseco Ferrous Foundry man's Handbook, chapter 18, Filtration and the running and gating of steel casting. Eleven editions 1999. PP.271 - 295.
- [45] R. Jaromir, Casting alloy filtration. Czech foundry society technological commission, Brno, (2000) 28 – 41.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gizem BARAN

Lisans: Kimya ve Süreç Mühendisliği

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Chemiola Kimya San. Tic Ltd. Şti. – Kimya Mühendisi (Ekim 2020)

Yayın Listesi:

[1] G. Baran, M. Buğdaycı, Production of SiC Filters for Metal Casting via Replica Method, International Materials Technologies and Metallurgy Conference, 31 Ekim - 01 Kasım 2019, İstanbul, Türkiye.

[2] G. Baran, M. Buğdaycı, Production of SiC Bentonite Filters for Al Casting Processes, 9th International Aluminium Symposium, 10 -11 Ekim 2019, İstanbul, Türkiye.