



BORİK ASİT KATKISI VE SİNERLEME SICAKLIĞININ ALÜMİNA VE SEPIYOLİTİN ISIL İLETKENLİĞE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yüksel PALACI^{1,*} 

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnş. ve Gemi Mak. Mühendisliği, Besiktas, Istanbul, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, ısı izolasyonu amaçlı seramik köpük üretimi için borik asit katkısının farklı sinterleme sıcaklıklarında alümina ve sepiyolit'in ısı iletkenliklerine ve yoğunluklarına etkileri incelenmiştir. Sinterleme sıcaklıkları 700°C ile 1200°C arasında değişirken, borik asit katkısı oranları ağırlıkça %0-%50 arasında değiştirilmiştir. Kompozisyonların ağırlıkça oranları, saf alümina, %85 alümina+%15 borik asit, %50 alümina+%50 borik asit, %85 sepiyolit+%15 borik asit, %70 sepiyolit+%30 borik asit, %42,5 alümina+%42,5 sepiyolit+%15 borik asit karışımlarıdır. Alümina kompozisyonları incelendiğinde, borik asit oranı ve sıcaklık artışının ısı iletkenliğini ve yoğunluğu azalttığı görülmüştür. Sepiyolit kompozisyonlarında ise artan borik asit katkısı artışı, ısı iletkenliği ve yoğunluğu düşürürken, artan sıcaklık, ısı iletkenliği ve yoğunluğu arttırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, saf alüminanın 1200°C'de sinterlenmesi sonucu ölçülen 2,36 W/mK ısı iletkenlik değeri, tüm kompozisyonlar içindeki en yüksek ölçülen değerdir. En düşük ısı iletkenliği ise 0,249 W/mK olarak, %30 borik asit+%70 Sepiyolit içeren malzemenin 700°C'de sinterlenmesi ile elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Cam köpük, Alümina, Sepiyolit, Borik asit, Isı iletim

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF BORIC ACID ADDITION AND SINTERING TEMPERATURE ON THE THERMAL CONDUCTIVITY OF ALUMINA AND SEPIOLITE

ABSTRACT

In this study, the effects of boric acid additive on thermal conductivity and density of alumina and sepiolite at different sintering temperatures were investigated. The sintering temperatures were changed from 700°C to 1200°C, while the mass ratio of the boric acid addition was changed from 0% to 50%. The mass ratios of the compositions were selected as follows, pure alumina, % 85 alumina + 15% boric acid, 50% alumina + 50% boric acid, 85% sepiolite + 15% boric acid, 70% sepiolite + 30% boric acid, 42.5% alumina + 42.5% sepiolite + 15% boric acid. When the alumina compositions were examined, it was observed that thermal conductivity and density decreased with increasing temperature and boric acid addition ratio. In the sepiolite compositions, the thermal conductivity and density decreased with increase of the boric acid addition ratio, however, the density increased with temperature. According to the results, 2,36 W/mK of the thermal conductivity value of the pure alumina sintered at 1200°C is the highest measured value in all compositions. The material containing 30% boric acid + 70% Sepiolite sintered at 700°C gave the lowest thermal conductivity by 0,249 W/mK value.

Keywords: Foam glass, Alumina, Sepiolite, Boric acid, Thermal conductivity

1. GİRİŞ

Anand ve ark. [1] bina mantolaması için dört farklı koşulda detaylı bir analiz gerçekleştirmiştir. Bu koşullar; izolasyonsuz duvar ve çatı, kurutulmuş odun ile izolasyon, poliüretan köpük ve cam lifi ile izolasyon koşullarıdır. Yazarlar yaptıkları çalışmada, poliüretan köpüğün diğer malzemelere göre, en iyi ısı yalıtım özelliklerine sahip olduklarını öne sürmüşlerdir. Bilgil ve Özdel [2] Nevşehir bölgesi pomzası ile ignimbiritini birlikte kullanarak hafif yapı malzemesi geliştirme çalışması yürütmüştür. İgnimbiritin eklenme oranına bağlı olarak pomza malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin değiştiği gözlenmiştir. İgnimbirit katkılı numuneler, %100 pomzalı numunelere göre %26 daha ağır olmakla birlikte tek eksenli basma dayanımının ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kuru [3] farklı yoğunluğa sahip köpük betonlarının -10°C ile +50°C

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: : ypalaci@yildiz.edu.tr
Geliş / Received: 19.03.2019 Kabul / Accepted: 19.04.2019 doi: 10.28948/ngumuh.542033

arasındaki sıcaklıklarda ısı iletkenlik katsayılarını belirlemiştir. Isıl iletkenlik katsayısının sıcaklık ve yoğunluğa göre ne olacağını tahmin eden bir denklem geliştirmiştir. Köpük beton ısı iletkenliğinin sıcaklık ve yoğunluk ile arttığı, izolasyon amaçlı en düşük ısı iletkenliğe sahip olan betonun 309 kg/m³ yoğunluktaki köpük beton olduğu tespit edilmiştir. Kılınçarslan ve ark. [4] Karaman, Nevşehir, Kayseri ve Isparta yörelerinden pomza örnekleri toplayarak ürettikleri köpük betonların ısı ve ses yalıtım özelliklerini araştırmışlardır. Farklı yörelere ait pomzaların kullanılmasıyla elde edilen köpük betonların özelliklerinin de farklılaştığı çalışma sonucunda belirlenmiştir. Karaman pomzası ile üretilen köpük betonun en iyi ısı izolasyon özelliklerine sahip olduğu gözlenmiştir. Ören ve Gençel [5] köpük beton hakkında genel bilgiler vermiştir. Köpük betonun bileşenleri, üretim yöntemleri ve köpük betonun özellikleri gibi konulara değinmiştir. Köpük betonun yeni kullanım alanlarını incelemiştir. Bektaş ve ark. [6] cam yünü, taş yünü, ekstrude polistren köpük, ekspande polistren köpük, poliüretan, odun talaşı levhası, cam köpüğü, fenol köpüğü, mantar levha gibi malzemelerin kalınlıklarının ısı yalıtımı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Tekin [7] amonyum hepta-molibdat kullanarak sepiyolit ve perlitin yüzey modifikasyonunu gerçekleştirmiş ve elektrokinetik özelliklerini değiştirmiştir. Uluer ve ark. [8] perlitin yapı sektöründe izolasyon malzemesi olarak doğrudan veya diğer yapı elemanlarına takviye olarak kullanım imkanlarını araştırmıştır. Çalışmada, perlitin ısı iletim katsayısının 0,040-0,065 W/m.K arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda, ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğinin, TS 825'in bildirmiş olduğu 0.065 W/m.K değerinden düşük olmasıyla sağlandığı gözlenmiştir. Ma vd. [9] baca külünden cam seramik köpük geliştirilmesi çalışmalarında bulunmuşlardır. 1150 °C' de yapılan sinterleme çalışmalarından %6 CaCO₃ içeren baca külü, 80,3 MPa eğilme dayanımında optimum bileşimi vermiştir. Yüksek ve Sıvacılar [10] Türkiye'nin bölgesel özelliklerine ve TS 825'e uygun ısı yalıtım kalınlıklarının ne olması gerektiği ile ilgili çalışma yapmışlardır. Yoğuşma tahkikleri yapılarak, istenmeyen yoğuşmadan kaçınılmasını sağlayan ve gerekli ısı yalıtımını sağlayan kesitler belirlenmiştir. Günay [11] ağırlıkça %3'e kadar boron oksit eklenmesinin, sepiyolit bazı kordierit seramiklerin sinterlenme davranışına etkisini incelemiştir. Boron oksit eklenmesi kordierit oluşma sıcaklığını 100°C düşürmüştür. 1100 °C'ye kadar kordieritin yoğunluğu artmış, daha yüksek sıcaklıklarda ergime meydana gelmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmanın materyalini borik asit (H₃BO₃), Alcoa firmasından temin edilen A-16 alümina (Al₂O₃) ve Eskişehir den temin edilen yerli sepiyolit (MgSiO₃) oluşturmaktadır. Sepiyolit in iğnemsiz yapıda olması ve yüzey alanının geniş olmasından dolayı homojen cam köpük oluşturulmasında katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Alüminanın yüksek ergime sıcaklığı ile cam köpük malzemede mukavemet sağlayacağı düşünülmüştür. Alüminanın içerisine boron oksit katkısı olarak borik asit eklenmesi 1000°C'de yapılan sinterlemede alüminanın lifli bir yapıya tamamen dönüşmesine sebep olmaktadır [15]. Bu nedenlerle bu malzemelerin farklı oranlarda karışımının ısı iletkenliğe etkileri incelenmiştir. Tablo 1 ve 2'de, çalışmada kullanılan malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri

Malzeme	Ergime Sıcaklığı (°C)	Yoğunluk (g/cm ³)	Toz Boyutu (µm)
Alümina [12]	2050	3,96	0,5
Sepiyolit [13]	1400-1450°C	2-2,5	5-10

Tablo 2. Kullanılan malzemelerin kimyasal özellikleri [11]





	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	B ₂ O ₃	LOI
Sepiyolit	19,45	1,38	44,86	6,20	0,65	0,07	0,10	0,29	-	27,00
Borik Asit									56,25	43,75
Alümina		100								

Kurutulmuş ham maddelerin 3 saat süreyle porselen kavanozlarda öğütülmesiyle kompozisyon hazırlığı gerçekleştirilmiştir. Tüm numunelerin kuru preslenmesi, çelik kalıplarda 1000 kg/cm² basınçla tek eksenli presleme kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Isıl iletkenliğin ölçülebilmesi için 58 mm çapında ve 24 mm kalınlığında dairesel kalıp şekli kullanılarak basılmıştır. Sinterleme deneyleri 5 saat statik sıcaklıkta 5°C/dakika ısıtma hızıyla 700°C ile 1100°C arasında ısıtılmıştır. Belirlenen sıcaklıklara ulaşıldığında ise 24 saat bekletilmiştir. Arşimet prensibi uygulanarak sinterlenmiş yoğunluklar ölçülmüştür. Isı iletkenliğini ölçmek için TA instruments şirketinin Laser Comp Fox 50 marka cihazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm belirsizliği %0.5 olarak cihaz üreticisi tarafından verilmiştir [14]. Yoğunluk ölçümleri ise 0,1 gr hassasiyetli terazi ile gerçekleştirilmiştir. Yoğunluğa yansıyan hata oranı ise 0,1 g/cm³ tür.

BORİK ASİT KATKISI VE SİNERLEME SICAKLIĞININ ALÜMİNA VE SEPIYOLİTİN ISIL İLETKENLİĞE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**3. BULGULAR VE TARTIŞMA**






Farklı oranlarda borik asit katkısı ve farklı sinterleme sıcaklıklarının alümina, sepiyolit ve alümina-sepiyolit karışımlarının sinterleme yoğunluğuna ve ısı izolasyonu amaçlı seramik köpük oluşumuna etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular tablolarda sunulmuş ve tartışılmıştır. Tablo 3, incelendiğinde artan borik asit katkısı ile alüminanın 1200°C’de sinterlendiğinde ısı iletkenliğinin ve yoğunluğunun düştüğü gözlemlenmiştir. Ancak, 900°C’den 1200°C’ye, artan sıcaklıkla birlikte ağırlıkça %50-%50 oranlarında borik asit alüminaya katıldığında ısı iletkenliğinin 0,338 W/mK’ye düştüğü, yoğunluğunun ise 0,90 g/cm³e kadar azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, ağırlıkça %50-%50 oranlarında karışım sabit tutularak, sinterleme sıcaklığı 900°C’den 1200°C’ye çıkarıldığında borik asit katkısı ile paralel bir şekilde davranmıştır. Sıvı faz sinterlemesinin doğası gereği aşırı sıcaklık yapıyı yumuşattığı için boşluklardaki gazlar yapıyı şişirmektedir. Ayrıca alümina ile borik asit 1000°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda sinterlendiğinde lifli bir yapıya dönüşmektedir. Bu iki sebepten dolayı, sıcaklık artışı ile yoğunluk düşmüş ve ısı iletkenlik te artan gözenekli yapı ile birlikte düştüğü düşünülmektedir.

Tablo 3. Borik asit katkısı ve sinterleme sıcaklığının Alüminanın ısı iletkenliğine etkisi

Kod	Numune Fotoğrafi	%Reçete Oranı	Sinter Sıcaklığı (°C)	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Numune yoğunluğu (g/cm ³)
A1		Saf alümina (Al ₂ O ₃)	1200	2,36	2,40
A2		%85 Al ₂ O ₃ %15 H ₃ BO ₃	1200	1,24	-
A3		%50 Al ₂ O ₃ %50 H ₃ BO ₃	1200	0,338	0,90
A4		%50 Al ₂ O ₃ %50 H ₃ BO ₃	900	0,574	1,33



Tablo 4, incelendiğinde 700 °C’de sinterlenen ürünlerde, artan borik asit katkısı ile sepiyolit karışımının ısı iletkenliği ve yoğunluğu düşmektedir. Bununla birlikte, aynı karışım özelliklerinde sinterleme sıcaklığının artışı ısı iletkenliğini ve yoğunluğu arttırmaktadır. Tablo 1 ile karşılaştırıldığında, sıcaklığın etkisinin ters yönde olduğu görülmektedir. Bu durum, başlangıç malzemesinin şekili, boyutu ve kimyasal içeriğinden meydana gelmiş olabilir. İleride yapılacak detaylı araştırmalarla bu parametreler tek tek ele alınarak çalışılmalıdır.

Tablo 4. Borik asit katkısı ve sinterleme sıcaklığının Sepiyolitın ısı iletkenliğine etkisi

Kod	Numune Fotoğrafı	%Reçete Oranı	Sinter Sıcaklığı (°C)	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Numune yoğunluğu (g/cm ³)
S1		% 15 H ₃ BO ₃ %85 Sepiyolit	700	0,358	1,26
S2		% 15 H ₃ BO ₃ %85 Sepiyolit	1100	0,431	1,65
S3		% 30 H ₃ BO ₃ %70 Sepiyolit	700	0,249	0,90
S4		% 30 H ₃ BO ₃ %70 Sepiyolit	850	0,425	1,34
S5		% 30 H ₃ BO ₃ %70 Sepiyolit	900	0,455	1,56

Tablo 5'te borikasit-alümina-sepiyolit karışımlarının, sinterleme sıcaklığının 700 °C'den 1100 °C'ye çıktığı durumdaki, ısı iletkenlik değerleri ve yoğunlukları verilmiştir. Tablo incelendiğinde sinterleme sıcaklığının ısı iletkenliğine etkisinin ihmal edilebilecek kadar az olduğu, fakat sıcaklık artışının yoğunluğu kayda değer biçimde arttırdığı gözlemlenmiştir.

BORİK ASİT KATKISI VE SİNERLEME SICAKLIĞININ ALÜMİNA VE SEPIYOLİTİN ISIL İLETKENLİĞE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**Tablo 5.** Borik asit katkısı ve sinterleme sıcaklığının Alümina-Sepiyolit karışımının ısı iletkenliğine etkisi

Kod	Numune Fotoğrafi	%Reçete Oranı	Sinter Sıcaklığı (°C)	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Numune yoğunluğu (g/cm ³)
AS1		%15 H ₃ BO ₃ %42,5 Al ₂ O ₃ %42,5 Sepiyolit	700	0,389	1,43
AS2		%15 H ₃ BO ₃ %42,5 Al ₂ O ₃ %42,5 Sepiyolit	1100	0,387	1,80

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmanın sonuçları, borik asit katkısı ve sinterleme sıcaklıklarının alümina, sepiyolit ve alümina-sepiyolit karışımlarının yoğunluğuna ve ısı iletkenliği özelliklerine etkilerini ortaya koymuştur. Sonuçlar incelendiğinde, artan borik asit katkısı ve artan sıcaklığın etkisi ile alüminanın ısı iletkenliği ve yoğunluğu azalmıştır. Sepiyolitte ise borik asit katkısının artışı ısı iletkenliği ve yoğunluğu düşürürken, sıcaklığın artışı, ısı iletkenliği ve yoğunluğu arttırmıştır. Alümina-sepiyolit karışımları incelendiğinde, borik asit-sepiyolit karışımlarına alümina katkısı ısı iletkenlik ve yoğunluğu arttırmıştır. Borik asit-alümina-sepiyolit karışımları incelendiğinde sıcaklığın artışı ısı iletkenliği önemli ölçüde etkilemezken, yoğunluk, sıcaklık artışı ile önemli ölçüde artmıştır. S3 kodlu %30 H₃BO₃+%70 Sepiyolit içeren malzemenin 700 °C’de sinterlenmesi 0,249 W/mK olarak, en düşük ısı iletim katsayısını sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya katkılarından dolayı Bayise KAVAKLI VATANSEVER ve ERBAY KELEŞ’e çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] Y. Anand, A. Gupta, S. Anand, ve S. K. Tyagi “Building Envelope Performance with Different Insulating Materials – An Exergy Approach,” Journal of Thermal Engineering, vol. 1, no. 4, Ekim, pp. 433-439, 2015.
- [2] A. Bilgil, ve H. Özdel, “Pomza Esaslı ve İgnimbirit Katkılı Hafif Yapı Malzemesinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi,” Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol. 6, no. 2, Ekim, pp. 475-482, 2017.
- [3] M. Kuru, “Köpük Betonun Yoğunluk ve Sıcaklığa Bağlı Isıl İletkenlik Katsayısının Isı Akış Ölçer Yöntemiyle Belirlenmesi,” Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 21, no. 2, Şubat, pp. 614-622, 2017.
- [4] Ş. Kılınçarslan, M. Davraz, ve M. Akça, “Pomza Agregalı Köpük Betonların Özelliklerinin Araştırılması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,” vol. 6, no. 1, Mart, pp. 148-153, 2018.
- [5] O. H. Ören, ve O. Gençel, “Köpük Beton,” Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi, vol. 5, no. 2, Haziran, pp. 129-136, 2017.
- [6] V. Bektaş, A. E. Çerçevik, ve S. Y. Kandemir, “Binalarda Isı Yalıtımının Önemi ve Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Yalıtıma Etkisi,” Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, vol. 4, no. 1, pp. 36-42, 2017.
- [7] G. Tekin, “Perlit ve Sepiyolit’in Amonyumheptamolibdat ile Modifikasyonu ve Elektrokinetik Özellikleri,” Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 6, no. 2, pp. 35-49, 2004.

- [8] O. Uluer, İ. Karaağaç, M. Aktaş, G. Durmuş, Ü. Ağbulut, A. Khanları, ve D. N. Çelik, “Genleştirilmiş Perlitin Isı Yalıtım Teknolojilerinde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi,” Pamukkale Univ Müh Bilim Derg., vol. 24, no. 1, pp. 36-42, 2018.
- [9] O. Ma, Q. Wang, L. Luo, C. Fan, “Preparation of High Strength and Low-Cost Glass Ceramic Foams With Extremely High Coal Fly Ash Content,” IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, no. 397, pp. 1-6, 2018.
- [10] İ. Yüksek ve S. Sıvacılar, “Türkiye Şartlarında TS 825 Kapsamında Farklı Duvar Tiplerinin Isıl Etkinlikleri Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma,” Politeknik Dergisi, vol. 20, no. 2, pp. 291-302, 2017.
- [11] E. Günay, “Sintering Behavior and Properties of Sepiolite-Based Cordierite Compositions with Added Boron Oxide,” Turkish J. Eng. Env. Sci, no. 35, pp. 83–92, 2011.
- [12] http://www.almatis.com/media/67506/rp-am_rcp_001_reactives_for_ceramics_0617.pdf (erişim tarihi 19.03.2019)
- [13] M. F. Can, “Sepiyolit/Epoksi Nanokompozit Üretimi ve Karakterizasyonu,” Doktora Tezi, 2008.
- [14] <http://www.tainstruments.com/wp-content/uploads/BROCH-LC-2015-EN.pdf> (erişim tarihi 09.04.2019)
- [15] Z. Misirli, H. Erkalfa, O. T. Özkan, “Effect of B₂O₃ Addition on the Sintering of α-Al₂O₃,” Ceramics International, pp. 33-37, 1996.

