

## Pomzalı Betonların Refrakter Amaçlı Kullanımı

İ. İnel, C. Aslan & G. Ulusoy

MTA Genel Müdürlüğü, Ankara

**ÖZET:** Bu bildiri pomza ve Portland çimentosu içeren monolitik refrakterlerin geliştirilmesine ilişkin deney sonuçları verilmiştir. Andreasen eşitliği doğrultusunda üç farklı agrega iriliği kullanılarak ASTM standartlarına uygun N sınıfı izole monolitik refrakter bileşimlerin eldesi denenmiştir. Nevşehir yöresinden temin edilen pomza örneğinin kimyasal ve mineralojik analizleri yapılmış; ASTM standartlarına uygun olarak hazırlanmış deney numunelerinin kuruma ve 925°C pişme sonrası hacim ağırlıkları, küçülme değerleri ve pişmiş dayanımları belirlenmiştir. ASTM sınıflandırma standardı ile kıyaslamak üzere yapılan değerlendirmede en iyi değerler olarak kuruma sonrası hacim ağırlığı 0,94 gr/cm<sup>3</sup>, 925°C sonrası pişme küçülmesi -%1.7 ve soğukta basınç dayanımı ise 19 kgf/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

**ABSTRACT:** In this paper the experimental results of developing refractory monolithics containing pumice and Portland cement are presented. Using Andreasen Equation, 3 different aggregate gradings have been tried to obtain N class insulating monolithic refractory composition to comply with ASTM standards. The results of chemical and mineralogical analysis of pumice sample from Nevşehir district are given. Bulk densities, linear changes after drying and firing (925°C) and cold crushing strengths have also been determined on the samples prepared according to ASTM standards. As the best values, the bulk density after drying was 0,94 g/cm<sup>3</sup> and the linear change after 925°C was calculated as -1.7%, which are given "as 0.88 g/cm<sup>3</sup> and -1.5% in related ASTM standard respectively.

### 1. GİRİŞ

Refrakter dökme monolitikler genellikle geleneksel dökme yöntemiyle uygulaması yapılan ısıya dayanıklı betonlardır. Bu tip refrakterlerin üretimi ilk önce 1928 yılında ABD'de başlamıştır (Laukard, 1984). Esas itibarıyla metalürji sanayinde tüketilirler. Son yıllarda refrakter dökme monolitiklerin kullanımında artış görülmüş ve özellikle son otuz yılda bu tip ürün teknolojisinde araştırmalar ve gelişmelerde bir artış gözlenmiştir (Kriertz ve ark., 1990; Routschka, 1992; Kendall, 1995; Stewart, 1992; Li ve ark., 1999).

Isıya dayanıklı betonlar esas itibarıyla normal betonlar gibi agrega ve çimentodan oluşurlar. Gerek agrega, gerekse çimentonun ateşe dayanıklı özellik göstermesi istenir; harmana, değişik nitelikler veren katkı maddeleri eklenebilir (İnel, 1992-a,b; İnel, jrkeç. 1995; Yıldırım ve İnel, 1997). Kullanım amacına göre refrakter betonlar hem yoğun, hem de izolasyon tipinde üretilebilir (İnel, 1992-b; İnel ve

İrkeç, 1994). İzolasyon amaçlı üretilen refrakter betonlarda agrega olarak gözenekli grog (şamot) ve köpük alümina türü ara mamuller kullanılır. Düşük sıcaklıklarda kullanılacak refrakter izole betonların yüksek refrakterlik gösteren grog ve refrakter çimento içermesi gerekmediği gibi yerinde pişme özelliği özelliği göstermesinden dolayı tuğla pişiriminde olduğu gibi ilave bir pişme enerjisine ihtiyaç duyulmaz. Doğal olarak bulunan gözenekli agregaların kullanılması ise grog hazırlama enerjisinden tasarrufu da beraberinde getirir. ASTM C 401'e göre izole dökme monolitik sınıflaması, dökülüp kurutulmuş test numunesinin hacim ağırlığına ve yine bu numunenin belirli sıcaklıklardaki küçülmesine göre yapılmıştır. Numunenin kullanım sıcaklığında en çok %1.5 oranında küçülme gerekliliği, çatlamanın engellenmesine yöneliktir.

Pomza düşük refrakterlik özelliğine rağmen doğal gözenekliliği olan ve bu özelliği nedeniyle yalıtım amaçlı kullanılabilen ülkemizde de bol miktarda

bulunan bir hammaddedir. Pomzanın abrasif, emici, dolgu maddesi, filtrasyon hammaddesi olarak kullanımının paralelinde hafif yapı elemanı imalinde kullanımını hep normal inşaat amaçlı olmuştur (Şentürk,1995; Köse ve ark.,1997; Gündüz,1997; İsker, 1999; Tozaçan ve Yiğit,1999). 900-1000°C'ye kadar varan sıcaklıklarda, alüminyum sanayii gibi yüksek sıcaklık gerektirmeyen metalurjik işlemlerde çalışma astarına komşu izolasyon malzemesi olarak pomzalı dökme monolitik malzemeler geliştirilmeli ve denenmelidir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1 Örnek

Pomzanın 900°C'nin üzerinde izole beton agregası olarak denenmesine yönelik model çalışmada Nevşehir yöresinden temin edilen pomza örneği kullanılmıştır. Pomzanın elektrikli fırında yapılan denemelerde 1250°C'de eridiği belirlenmiştir.

3 ayrı fraksiyonda (tane boyutunda) gerçekleştirilmiş olan kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 : Deneysel çalışmada kullanılan pomza fraksiyonlarının kimyasal analiz sonuçları

Tane Fraksiyonu	% SiO <sub>2</sub>	% TiO <sub>2</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% MnO	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% Kızdırma Kaybı
0-2 mm	66.6	0.4	4.9	2.4	2.2	13.0	0.1	3.1	3.4	3.9
2-4 mm	71.5	0.1	1.8	0.9	0.2	12.9	0.1	4.3	3.4	4.3
4-8 mm	72.0	0.1	1.8	0.9	0.1	12.9	0.1	4.3	3.6	4.0

Pomza numunesinin mikroskopla yapılan mineralojik analizinde ise 2-4 mm ve 4-8 mm fraksiyonları pomza karakterli vitrik tuf %100 olarak belirlenmiş; 0-2 mm Fraksiyonu ise %54.85'i pomza karakterli vitri tuf, %29.04 yüzey kayaç parçaları, %8.06 altere kayaç parçaları, %1.61 derinlik kayaç parçaları, %3.22 cam parçaları, %1.61 litik tuf parçaları, %1.61 plajioloklas parçalarıdır.

Fraksiyonların gevşek birim hacim ağırlıkları TS 3529'e göre tespit edilmiş ve 0-2-mm: 0.76 g/cm<sup>3</sup>; 2-4 mm: 0.49 g/cm<sup>3</sup>; 4-8 mm: 0.44g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Harmanlarda KPÇ 35 tipi Portland çimentosu kullanılmıştır.

### 2.2. Yöntem

Harmanların hazırlanmasında ağırlıkça %20 Portland çimentosu+%80 pomza formülasyonu uygulanmıştır. Pomza granülasyonunda optimum paketleme için

$$y=100(d/D)^n \quad (1)$$

Andreasen eşitliğinden yararlanılmıştır. Eşitlikte; y:Boyutu d' den küçük malzemenin ağırlık yüzdesi, (%)

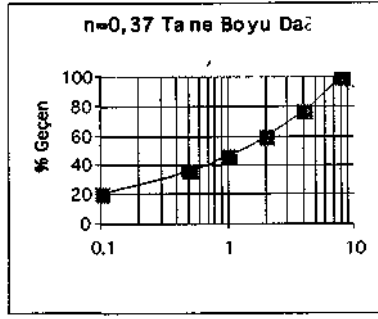
D: Karışımındaki maksimum tane boyutu, (mm)

n: Ampirik bir parametredir.

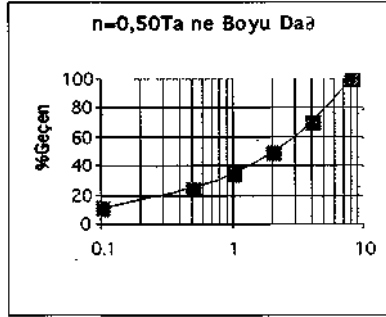
Seramik malzemeler için genel kabul gören n<sub>1</sub>=0.33, n<sub>2</sub>=0.37, n<sub>3</sub>=0.50 değerlerin göre 3 farklı tane dağılımı incelenmiştir.Bu tane dağılımları Şekil 1-3'te verilmiştir.

	n=0.33	Tane Boyu Dağılımı	
c	80		1
e	60		1
(9			;
*	40		;
	20		]
	0.1	1	10

Şekil 1. n =0.33 için agrega tane iriliği dağılımı



Şekil 2. n=0,37 için agrega tane iriliği dağılımı



Şekil 3. n=0,50 için agrega tane iriliği dağılımı

Harmanlar ASTM C 860-91 'e göre hazırlanmış; öngörüldüğü şekilde su eklenmesi gerçekleştirilmiş ve "ball-in-hand" testiyle kıvamlilik suyu belirlenmiştir. Su miktarları ağırlıkça kuru bünyeye katılması gereken miktar olup  $n_1=0.33$  değeri için %31;  $n_2=0.37$  değeri için %30;  $n_3=0.50$  değeri için %30 olarak saptanmıştır.

Kalıplama işlemi için ise minimum 3 numune elde edilecek şekilde 4 cm x 4 cm x 16 cm lik çelik kalıplarda ASTM C 862-91 yöntemine göre yapılarak, üstü kapak şekilde 24 saat süreyle prizlenmeye bırakılmıştır. Çıkarılan numuneler 105° C de minimum 15 saat süreyle kurutularak ASTM C 865-91'e göre 925° C'de pişirilmiştir. Pişirme öncesi ve sonrası boyutsal değişimler TS 4853'e göre, hacim ağırlıkları ise ölçme - tartma yöntemiyle hesaplanmış, pişirme sonrası baskı dayanımları TS 4486'e ve pişirme sonrası porozite değerleri hacim ağırlığı ile yoğunluk farkından hesapla belirlenmiştir. Ortalama sonuçlar Çizelge2'de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 2. Denev sonuçları

ÖZELLİKLER	n=0,33	n=0,37	n=0,50
KURUMADAN ÖNCESİ HACİM AĞIRLIĞI (gr/cm <sup>3</sup> )	1.12	1.05	0.94
PIŞİRDİKTEN SONRA HACİM AĞIRLIĞI (gr/cm <sup>3</sup> )	1.13	1.10	0.93
KURUMADAN ÖNCESİ BOYUTSAL DEĞİŞİM (%)	-0.18	-0.06	-0.06
PIŞİRDİKTEN SONRA BOYUTSAL DEĞİŞİM (%)	-2.13	-2.06	-1.7
SUDA ÇÖZÜNÜRÜLÜK (%)	31	30	30
BASKI DAYANIMI (MPa)	49	38	19
POROZİTE (%)	53.8	55.3	61.9

### 3.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

ASTM- C401-91 sınıflandırılmasına göre, pomza ile hazırlanan izole monolitik refrakter malzemelerin sınıflandırmadaki yerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan değerlendirmede  $n_3=0.50$  tane dağılımına göre N sınıfına en yakın değerler elde edilmiştir. N sınıfı ürün için maksimum %1.5 küçülme verecek sıcaklık 925 °C olup, kurutma sonrası maksimum hacim ağırlığı ise, 0.88 g/ cm<sup>3</sup> olarak verilmiştir.  $n_3=0.50$  ile 925°C de elde edilen boyutsal değişim - % 1.7, kuruma sonrası hacim ağırlığı ise 0,94 olmuştur. Pişme sıcaklığının düşürülmesi sinterlenen harmanda küçülme değerim azaltacak, ancak bu durumda sınıflama dışı bir kullanım sıcaklığı değeri elde edilecektir. Optimum paketleme dışında denenecek tane iriliği dağılımları ise kuruma »sonras» .hacim ağırlığı değerlerinde sınıflama değerine yaklaşımı sağlayabilir. Bu halde de gözeneklilik eliminasyonuna neden olan pişirme işlemi sonunda jirleşme küçülmesi değerleri yükselebilecektir. Bu nedenle denemelere su emme ve küçülmelere dikkat edilerek daha gözenekli goglarla devam edilmesinde yarar görülmektedir.

Pişme sonrası birim hacim ağırlığı, boyutsal değişim, soğukta basınç dayanımı ve porozite değişimleri sinterleme teorisine uygun olarak değişmektedir. İnce tane dağılımına sahip harmanın sinterlenmesi daha kolay olmuştur.

Model çalışmada katkılı çimentonun ince pomzayla reolojik açıdan getireceği değişikliklerden daha çok iri fraksiyondaki pomzanın üst sıcaklıklarda refrakter monolitik agrega'olarak değerlendirilmesi üzerinde durulmuş olup, ayrı bir çalışma ile mevcut harmanların reolojisi üzerine yoğunlaşmanın çok yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

### TEŞEKKÜR

Yazarlar numune temininde yardımcı olan Soylu Madencilik ile kimyasal analizlerin gerçekleştirilmesinde emeklerini esirgemeyen sayın İhsan - Yavuz ve minerolojik analizlerin yapılmasında büyük katkı ve yorumlarıyla destek sağlayan sayın inciser Girgin'e teşekkürü bir borç bilirler.

### KAYNAKLAR

ASTMC 865-91 (1995), Practice for Firing Refractory Concrete Specimens.

Gündüz, L. (ed),1997, *I.Sparta Pomza Sempozyumu*.

Inel, I., 1992-a. *Monolitik Refrakterler*, Seramik Derneği Refrakterler Semineri.

Inel, I., 1992-b. *Düşük Çimentolu Dökme Monolitik Refrakterler*. Seramik Derneği Uluslar arası Seramik Kongresi.

Inel, L, İrkeç G.,1994, *İzole Refrakterlerde Köpük Uygulanması*. Seramik Derneği Uluslararası Seramik Kongresi.

Inel, I., 1995. *Vibrasyonel Refrakter Malzemelerde Yerleştirmede Akma ve Termal Şok Direnci Optimizasyonu*.Uhisl&Tzt&ısı Metalürji ve Malzeme Kongresi.

İsker,M.,1999, *Yapı Sektöründe Pomza Taşının Yeri ve Önemi*. Enerji Tasarrufunda Jeotermal Enerjinin ve Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemelerinin Önemi Sempozyumu,MTA Genel Müdürlüğü,126-130.

Kendall, T., 1995. *Steel Industry Monolithics*, Industrial Minerals, Nov., 33-44

Köse, M. Ve ark. , 1997, *Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları*, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu.

Krietz, L.P. ve ark., 1990. *Evolution and Status of Refractory Castable Technology Entering the 1990S*. Ceramic Bulletin V.69,10,169-1693.

Laukord, D.R., 1984. *Evolution of Monohtic Refractory Technology in the United States*. The American Ceramic Society Inc., Fischer R.E. (ed.),1984 Columbus,Ohio, 46-49

Li, N. Ve ark., 1999. *Properties ofMgO Castables and Effect of Reaction in Microsilica-MgO bond System*. UNITECR '99,Berlin,97-102

~Routschka,G., 1992.*Refractories History, 1950-1990*. Intercceram V.41,4.239-243

Stewart, W.,1992. *Trends in Monolithics, World Ceramics and Refractories* ,Nov- Dec, 12-15

Şentürk, A., 1995, *Hafif İnşaat ve İzolasyon Hammaddesi Olarak Pomza Taşının Değerlendirilmesi* , Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu '95.

- Tozaçan.B., Yiğit Y., 1999, *Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemesi Pomza*. Enerji Tasarrufunda Jeotermal Enerjinin ve Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemelerinin Önemi Sempozyumu, MTA Genel Müdürlüğü, 131-134
- TS 3529/Aralık 1980, *Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini*
- TS 4486/Nisan1985, *İzole Refrakter Tuğlalarının Soğukta Basınç Dayanımlarının Tayini*
- TS 4853/Mayıs 1986, *Şekilsiz Refrakter Malzemeler Kısım-1 (Dökme Refrakter Malzemeleri hazırlanma ve Pişirilme Metodu)*
- Yıldırım.T. ve İnel İ. , 1997, *Refractory Capables Containing High Alumina Cement and Microsilika.*, .International Symposium on Mineral Admixtures in Cement.