

# TERMİK SANTRAL ATIKLARININ YER KAROSU İMALATINDA KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Serkan ABALI\*<sup>1</sup>, Bülent ŞAHİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Endüstriyel Seramik Bölümü

<sup>2</sup>KALESERAMİK, Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş.

## Özet

Bu çalışmada, Kütahya yöresinde bulunan Tunçbilek termik santrali uçucu kül atıklarının karakterizasyonu belirlenmiş, bu küllere ağırlıkça % 30 oranında Söğüt kili katılarak yer karosu masseleri hazırlanmış ve bu karo masselerin fizikomekaniksel analizleri yapılarak, uçucu külün seramik endüstrisinde yer karosu olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla öncelikle uçucu külün kimyasal analizi ve X-ışını kırınımı (XRD) ile mineralojik analizleri tespit edilmiştir. Uçucu kül öğütülerek ayrı ayrı ve Söğüt kili katılarak presleme yöntemi ile şekillendirilmiş ve elde edilen karo örnekleri farklı sıcaklıklarda sinterlenmiştir. Bu seramik malzemelere kuru mukavemet, kuru küçülme, pişme mukavemeti, pişme küçülmesi ve su emme gibi fiziksel ve mekaniksel testler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Uçucu kül, yer karosu, Tunçbilek

## AN INVESTIGATION OF THERMAL POWER PLANT WASTES FOR POSSIBLE USE IN FLOOR TILE PRODUCTION

### Abstract

In this study, the characterization of Tuncbilek thermal power plant fly ash wastes in the region of Kutahya were determined. The floor body materials were prepared from fly ash by grinding grading and by adding Sogut clay (% 30 clay, by weight). The use of these fly ash in ceramic industry was investigated through physical and mechanical analysis. For this purpose, firstly, fly ash characterized by atomic absorption spectroscopy chemically, by X-ray diffraction technique (XRD) mineralogically. Then materials (fly ash and fly ash-clay), shaped with uniaxial pressing and sintered at different temperature. The product was investigated with respect to physical properties such as dried strength, dried shrinkage, bend strength, fired shrinkage and water absorption.

**Key Words:** Fly ash, floor tile, Tuncbilek

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: e-mail: sabali@comu.edu.tr Tel: (0286) 416 77 05

## 1. GİRİŞ

Günümüzde seramik sanayinde kullanılan hammaddelerin tüketimi seramik malzemelerin satışında ve maliyetinde önemli yer tutmaktadır. Kullanılan hammaddeler ürün kalitesini ve ekonomisini doğrudan etkilerler. Hammadde özelliklerindeki olumsuz bir değişim nihai ürün özelliklerini de olumsuz yönde değiştirir. Daha önceki yapılan çalışmalarda uçucu kül ve diğer atık uygulamalarında bu atıkların yer karosunda feldspatın ergime sıcaklığını düşürdüğü ve bünyede camsı faz oluşumunu hızlandırdığı rapor edilmiştir. Ayrıca poroziteleri azalttığı ve camsılaşmanın 1000°C civarında olması nedeni ile black core oluşturmadığı saptanmıştır [1,2,3]. Demir çürüf ve benzeri atıklar kullanılarak yapılan masselerde çok iyi netice alınmış, ürün porozitesinin düştüğü ve eğilme mukavemetinin arttığı gözlenmiştir [4]. Özellikle feldspat hammaddesinin ve tane boyutunun geleneksel seramik malzemelerin mukavemetleri üzerinde önemli etkileri söz konusudur [5].

Bu çalışmada kullanılan Tunçbilek termik santrali uçucu külünün Tablo 1.'de görülen kimyasal analiz sonuçları, karo masse bünyelerinin sahip olması gereken rasyonel kimyasal bileşimleri ile benzerlik göstermektedir. Bu da uçucu külün karo üretiminde masse olarak kullanılabilmesinin mümkün olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca bu külün nispeten kolay öğütülebilirliği ve düşük sıcaklıkta sinterlenmesi gibi fiziksel özellikleri, bu amaçla kullanılmasında olumlu etkileri olacağını göstermektedir [6]. Bugüne kadar Tunçbilek termik santrali uçucu küllerinin karo masse yapımında kullanılması ile ilgili bir çalışma ayrıntılı olarak yapılmamıştır. Yer ve duvar karosu üreten fabrikaların ülkemizde her geçen gün artması, hammadde ihtiyacını da beraberinde artırmaktadır. Seramik sektörünün hızla geliştiği Kütahya yöresinde, Tunçbilek termik santrali uçucu külünün yöre seramik sektörünün artan hammadde ihtiyacını karşılamada bir potansiyel oluşturacağı düşünülmüştür. Araştırmanın amacı bu uçucu külün karakterizasyonunu yapmak ve yer karosu üretiminde kullanılabilirliğini incelemektir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Uçucu külden karo bünye üretim çalışmaları iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Tunçbilek termik santralinin uçucu külü öğütülüp granül hale getirilmiştir. Buradan hazırlanan bünye, uçucu külün 90µm ve 125µm'lik eleklerden elenmesi ve preslenmesi ile elde edilmiştir. İkinci aşamada öğütülmüş kül %30 Söğüt kili (Söğüt-Bilecik) ilave edilerek preslenmiştir.

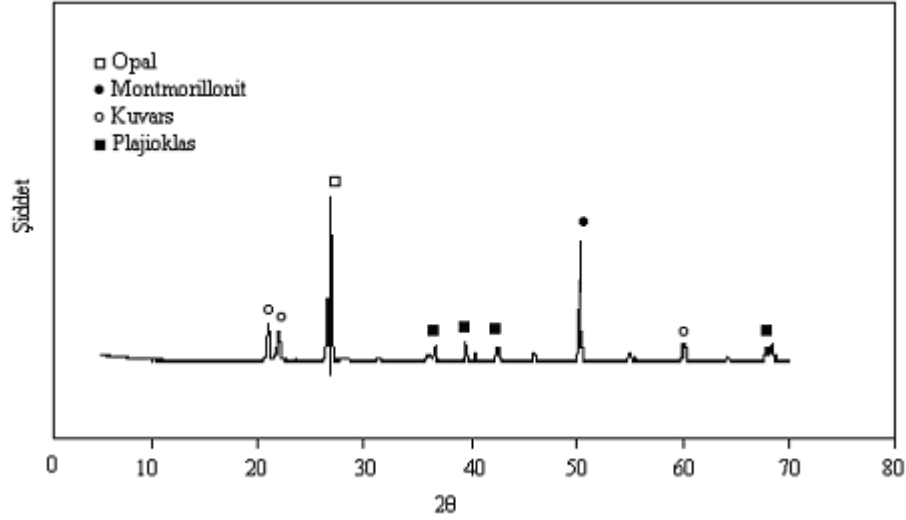
Öğütülen uçucu kül elendikten sonra masseye %5 CMC (Carboksy Metyl Cellulose) katılmış ve %3 su oranı ile hazırlanmıştır. Hazırlanan masse 390 bar basınç altında preslenmiştir. Preslenen numunelerin kuru çekme ve kuru mukavemet deney sonuçları Tablo 2.'de verilmiştir. Genleşme katsayısı  $162.478 \times 10^{-7}$  olan masseler, genleşme

katsayısı  $191.274 \times 10^{-7}$  olan beyaz parlak sır ile sırlanmıştır. Masse ve sır arasında hazırlanan  $118.265 \times 10^{-7}$  genişleme katsayılı engop, massenin renginden gelen olumsuzlukları kapatmak, düşük genişleme katsayısı ile (engop) yüksek genişleme katsayılı bünyenin olumsuzluklarını örtterek, sır ve masse uyumunu sağlayıp, çatlamayı önlemek amacı ile kullanılmıştır. Bu şekilde hazırlanan numuneler  $1100^{\circ}\text{C}$  ve  $1200^{\circ}\text{C}$ 'de sinterlenerek pişme çekmesi, su emme ve eğilme dayanımı testlerine tabi tutulmuşlardır.

İkinci aşamada, ilk yöntemde elde edilen sonuçlara göre malzemenin kuru mukavemetini ve plastikliğini artırmak, pişme küçülmesini düşürmek, sırnın kavlanması (sırnın yüzeyden ayrılması) önlemek amacıyla bünyeye %30 Söğüt kili ilavesi yapılmıştır. Birinci yöntemdeki gibi hazırlanıp sinterlenen örnekler aynı fiziko-mekaniksel testler uygulanmıştır (Tablo 2).

### 3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Şekil 1.'de fiziksel testlerde ve kimyasal analizde kullanılan uçucu kül örneklerinin X-ışınları difraktometre analizi görülmektedir. Buna göre örnekler opal, montmorillonit (bentonit), kuvars ve plajyoklas minerallerini içermektedir.



Şekil 1. Uçucu kül örneklerinin mineralojik analiz değerleri

Tablo 1.'de görülen kimyasal analiz sonuçları da bunu doğrulamaktadır. Uçucu külün kimyasal analizinde görüldüğü gibi bileşiminde %74.42  $\text{SiO}_2$ , %1.18  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bulunmaktadır (K-feldspata yakın). Ayrıca bileşiminde  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ 'nun toplamı %6 oranındadır.

Tablo 1. Yer karosunun üretiminde kullanılan hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları

Hammadde	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	A.Z
Uçucu kül	74.42	15.37	1.18	1.44	2.09	1.38	2.47	6.97
Söğüt kili	56.74	24.02	2.63	0.62	0.30	0.66	2.22	12.81
Albit	68.24	9.87	0.06	2.40	0.09	5.54	1.15	15.58
Ortoklas	77.48	14.30	0.31	0.89	3.43	0.14	5.56	0.82
Kalsit	0.15	-	0.02	55.70	0.15	0.45	0.06	43.47
Dolomit	2.56	-	0.05	29.12	0.05	22.20	0.04	45.98
Kuvars	93.25	4.40	0.21	0.14	0.05	0.06	0.19	1.70
Alümina	-	98.84	0.02	-	0.35	-	0.62	-

Bunun uçucu külün ergitici özelliğini olumlu etkilemesi beklenmektedir. Bu özelliklerden yola çıkarak uçucu külün tek başına bünye oluşturabileceği ve ortoklasın yerine kullanılabileceği düşünülmüştür. Uçucu kül kimyasal bileşim olarak Söğüt kilinden daha yüksek  $\text{SiO}_2$  ve alkali, buna karşılık daha düşük  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içermektedir.

Tablo 2.'de de görüldüğü gibi  $90\mu\text{m}$  ve  $125\mu\text{m}$ 'lik eleklerden elenerek öğütülen ve kuru presleme yöntemi ile şekillendirilen malzemede kuru mukavemet  $35.50 \text{ kg/cm}^2$  den  $42.38 \text{ kg/cm}^2$ 'ye yükselmiştir. Kuru mukavemet değerlerinde gözlenen değişimin, tane boyutundaki küçülmeden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.  $125\mu\text{m}$ 'lik elekten elenen numunede %0.18 kuru küçülme gözlenirken  $90\mu\text{m}$ 'lik elekten elenen numunede %0.08 kuru küçülme gözlenmiştir. Kil katkılı uçucu kül bünyede kuru küçülme %0.04, kuru mukavemet  $56.74 \text{ kg/cm}^2$  olarak ölçülmüştür. Uçucu kül içeren malzemelerin  $1100^{\circ}\text{C}$  ve  $1200^{\circ}\text{C}$ 'de sinterlenmesi sonucu, tane numunelerde artan sıcaklıkla beraber pişme küçülmelerinde artış olduğu gözlenmiştir.  $90\mu\text{m}$ 'lik elekten elenen malzemelerin  $1100^{\circ}\text{C}$  ve  $1200^{\circ}\text{C}$ 'de sırlı olarak sinterlenmesinde eğilme dayanımları  $170.56 \text{ kg/cm}^2$  ve  $212.74 \text{ kg/cm}^2$  olarak ölçülmüştür. Kil katkılı numunede ise  $1100^{\circ}\text{C}$ 'de  $256.25 \text{ kg/cm}^2$  mukavemet ölçülürken,  $1200^{\circ}\text{C}$ 'de bu değer  $271.67 \text{ kg/cm}^2$ 'ye yükselmiştir.

Mamulün %30 killi şartlarda sırlanıp sinterlenmesi sonucu mukavemeti artmasına rağmen, 1200°C'de %100 uçucu kül içeren bünyelerde sırlı mukavemet düşüklüğü, bünyedeki kılcal çatlaklardan ve yüzeye uygulanan sırlın bünyeyi çatlatmasından kaynaklanmaktadır. %100 uçucu kül içeren bünyelerde 90µm'lik elekten elenen massenin yüzeydeki sırlı uyumu, 125µm'lik elekten elenen masseye göre daha olumludur. Fakat üretim şartları göz önünde tutulduğunda seramik masse olarak, kullanıma uygun değildir.

125µm'lik elekten elenen uçucu kül içeren bünyede 1100°C ve 1200°C'de %17.44 ve %22.69 pişme küçülmesi gözlenirken, 90µm'lik elekten elenen uçucu kül içeren bünyede 1100°C'deki pişme küçülmesi %17.76, 1200°C'deki pişme küçülmesi ise %21.48'e ulaşmıştır. %30 killi bünyede ise pişme küçülmeleri daha düşüktür. Bu durum, %100 uçucu kül içeren bünyelerde alkali oksitlerin oranının %30 killi bünyeye göre yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

**Tablo 2.** %100 ve %70 uçucu kül içeren bünyelerin fiziksel özellikleri

Elek açıklığı (µm)	125	90	90 (%30 killi)
Kuru küçülme (%)	0.18	0.08	0.04
Kuru mukavemet (kg/cm <sup>2</sup> )	35.50	42.38	56.74
*Su emmeler (%)	5.90-2.57	3.45-2.29	3.22-1.78
*Pişme küçülmeleri (%)	17.44-22.69	17.76-21.48	7.34-8.71
*Sırlı eğilme dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	165.78-130.77	170.56-212.74	256.25-271.67

\*1100°C ve 1200°C'de

125µm'lik elekten elenen uçucu kül bünye 1100°C'de %5.90, 90µm'lik elekten elenen uçucu kül bünye %3.45 ve %30 söğüt kili katkılı uçucu kül içeren bünye %3.22 su emme gösterirken 1200°C'de ise su emme değerleri 125µm'lik elekten elenen uçucu kül bünyede %2.57'ye, 90µm'lik elekten elenen uçucu kül bünyede %2.29'a %30 kil katkılı uçucu kil bünyede ise 1.78'e düşmüştür. %30 Söğüt kili katkılı numuneler, %100 uçucu kül içeren numunelere göre daha az pişme küçülmesi göstermektedirler. Özellikle %100 uçucu kül içeren ve tane boyutu küçük olan sırlı numunelerde 1100°C ve 1200°C sıcaklıklarda yüzeyde çatlaklar meydana gelmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Düşük tane boyutuna sahip 1200°C'de sinterlenen %30 söğüt kili katkılı malzeme %0.04 kuru küçülme, 56.74 kg/cm<sup>2</sup> kuru mukavemet, %1.78 su emme, %8.71 pişme küçülmesi ve 271.67 kg/cm<sup>2</sup>'lik eğilme mukavemeti ile TS/EN-100 standartlarına göre yer karosu kullanımına uygundur. Bu malzemenin özellikle 1100°C sıcaklıktaki su emme değerinin yüksek çıkması 1200°C sıcaklıkta çalışılma zorunluluğunu getirmiştir. Uçucu kül tek başına kullanıldığında yeterli ergitici faz oluşmamakta ve mukavemet değerleri düşük kalmaktadır. Ayrıca kil ilavesi uçucu külün genleşme katsayısını, sırlı genleşme katsayısına yaklaştırarak kılcal çatlakların oluşumunu engellemiştir.

Kimyasal ve mineralojik analiz sonuçları ile su emme, mukavemet ve pişme küçülmesi değerleri göz önüne alındığında, özellikle seramik fabrikalarının her geçen gün artması ve ülkemizde sınırlı olan K-feldspat (ortoklas) rezervinin de ihtiyacı karşılayamaz duruma gelmesi ile uçucu kül ortoklas alternatif bir hammadde olarak kullanılabilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] S. Kumar, K. Singh and P. Rao, Effect of fly ash additions on the mechanical and other properties of porcelainised stoneware tiles, J. Mater. Sci. 36 (2001), pp. 5917-5922.
- [2] S. Basin, S. Amritphale and N. Chandra, Effect of pyrophyllite addition on sintering characteristics of fly ash based ceramic wall tiles, Br. Ceram. Trans. 102 (2003), pp. 83-86.
- [3] H.M. Shah and K.N. Maiti, Development of glazed wall tile through optimal utilization of fly ash, Trans. Ind. Ceram. Soc. 60 (2001), pp. 145-149.
- [4] V.K. Marghussian B.E. Yekta, Single fast fired wall tiles containing Iranian iron slags, Br. Ceram. Trans. 93 (1994), pp. 141-145.
- [5] R. Haroda, N. Sugiyama and H. Ishida, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-strengthened feldspathic porcelain bodies-effects of the amount and particle size of alumina, Ceram. Eng. Sci. Proc. 17 (1996), pp. 88-98.
- [6] K. Dana, S. Das and S. K. Das, Effect of substitution of fly ash for quartz in triaxial kaolin-quartz-feldspar system, J. Eurr. Ceram. Soc. 24 (2004), pp. 3169-3175.