

The Effects of Fly Ash in the Stoneware Glazes

Ensar TAÇYILDIZ^{1*}

¹: Anadolu University, Vocational School of Porsuk, Eskişehir.
*: Corresponding Author, etacyild@anadolu.edu.tr.
DOI: 10.16950/iujad.292563

Abstract

Fly ashes are waste products of coal combustion in thermal power plants. Fly ash contains silica, aluminum and iron. In the case of direct usage in the suitable ratio, it will enhance and improve many characteristics of ceramic bodies, at the same time it is particularly preferred ceramic industry, because it has been reducing the cost of ceramic production. Fly ash which is used in most of the ceramic industry in developed countries, in recent years it has started to be used as a raw material in the ceramic body and glazes in our country.

Owing to its physical characteristics, chemical composition, colouring capability and high rate of glass content, it was considered that fly ash can be used as a alternative raw material in the stoneware glazes.

In this study, Seyitömer thermal power plant fly ash were incorporated into stonewarer glaze recipes and the effects of fly ash in the glaze properties were investigated. The results obtained in the research are presented in visual datas and tables, including the receipts.

Keywords: Fly ash, waste material, stoneware, glaze, colourant.

Suggested Citation

Taçyıldız, E. (2017). The Effects of Fly Ash in the Stoneware Glazes. *Inonu University Journal of Arts and Design*, 7(16), 176-186. DOI: 10.16950/iujad.292563

Extended Abstract**Introduction**

Waste materials causes environmental problems in addition to extra cost owing to their high cost of safe keeping. Therefore, most of the wastes materials are used to get rid of them without considering their content. However, some of the wastes materials are valuable and they can be used in the production of value-added products. Fly ashes are waste materials that emerge due to combustion of the pulverized coal in the thermal power plants. The fly ashes that rise during combustion of the low calorie coals generally not used in the industry after being grained very finely in the thermal power plant furnaces are the materials that are kept at the electrofilters or dust collectors named as cyclone at the upper part of the chimney through electrostatic or mechanic methods.

Even if color of the fly ashes varies according to the carbon ratio available in its content, its color is generally gray. Annual fly ash production amount in the world is approximately 450 million tones and approximately 15 million tone of this amount is produced in Turkey. A very few part of world production is used at concrete and cement production. Besides that, fly ashes are used as main raw material at brick and tile production in the ceramic industry with the aim of reducing the cost.

The fly ashes involve glassy component at the ratio of 60-90% and comprise from very fine grains. Grain shape of the fly ashes is round and their dimensions vary between 1 and 200 μm . Diameter of approximately 75% of these grains is bigger than 45 μm and dimension of more than 50% of them is bigger than μm . Also fly ash chemically includes ferrous oxide at substantial amount. This situation increase the possibility of that fly ash may be an alternative raw material and coloring agent at iron containing stoneware glazes.

In this study, Seyitömer thermal power plant fly ash fly ash can be used as a

alternative raw material in stoneware glazes. It was incorporated into stonewarer glaze recipes and the effects of fly ash in the glaze properties were investigated.

Material and Methods

In this study at which usability of the fly ash at stoneware glazes was researched, at the first stage chemical content of the fly ash and its behaviors against the heat were determined. At the second stage of this study, different groups glaze prescription were formed with the aim of forming stoneware glaze and trials were maintained within this context. Each of prepared glaze prescriptions was grained at the jet grain mill with porcelain chamber that had 100 grams dry substance capacity for 15 minutes. At the graining procedure, the water ratio was selected as 70 % of the raw material content. The glazes that were subjected to 100 mesh sieve after the graining procedure were applied on test plate prepared from stoneware body at 60 mm diameter and 7 mm thickness at which biscuit firing was done through dipping method. The glazes were fired in the electrical camera kiln at 1200 $^{\circ}\text{C}$. After the firing, stoneware glaze forming and surface characteristics were assessed according to the prescription components.

Results

In general, glazes that varied from light brown color to dark brown at oxidation environment depending on the fly ash content and showed stoneware characteristics glazes were obtained. As a conclusion, it has been determined that this waste material which also causes environmental pollution, can be used in 32% of brown-black and stained stoneware glazes.

Uçucu Külün Stoneware Sırların Özelliklerine Etkileri

Ensar TAÇYILDIZ^{1*}

¹: Anadolu Üniversitesi, Porsuk Meslek Yüksekokulu, Eskişehir.

*: Sorumlu yazar, etacyild@anadolu.edu.tr.

DOI: 10.16950/iujad.292563

Özet

Uçucu küller termik enerji santralleri içinde, öğütülmüş kömürün yanmasıyla ortaya çıkan atık bir malzemedir. Uçucu Külün içeriğinde silika, alüminyum ve demir bulunmaktadır. Uygun oranlarda kullanıldığında, seramik bünyelerin birçok özelliğini olumlu yönde etkileyen bu malzeme, aynı zamanda seramik endüstrisinde üretim maliyetini düşürdüğü için tercih edilmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerdeki seramik sanayinin çoğunda kullanılan uçucu kül, ülkemizde son yıllarda seramik bünye ve sırlarda bir hammadde olarak kullanılmaya başlamıştır. Uçucu kül fiziksel özellikleri, kimyasal içeriği, renklendirici kapasitesi ve yüksek oranda camsı faz içermesi nedeniyle, stoneware sırlarda alternatif bir hammadde olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Bu çalışmada, Seyitömer termik santral uçucu külü, stoneware sır reçetelerine ilave edilmiş ve sır özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar, görsel veriler ve tablo şeklinde reçetelerle sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Uçucu kül, atık malzeme, stoneware, sır, renklendirici.

Önerilen Atıf

Taçyıldız, E. (2017). Uçucu Külün Stoneware Sırların Özelliklerine Etkileri. *Inonu University Journal of Arts and Design*, 7(16), 176-186. DOI: 10.16950/iujad.292563.

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe azalan rezervler nedeniyle seramik endüstrisinde yüksek kaliteli hammaddelerin temini ve dolayısıyla kullanımı giderek zorlaşmaktadır veya kalitesiz malzemeler kullanılmaktadır. Kalitesiz hammadde kullanımı yerine, üretim sonucunda elde edilen atık malzemeleri ya da diğer endüstri kollarından gelen ikincil olarak adlandırılan hammaddelerin yeniden kullanılabilmesine yönelik çalışmalar durmadan artmaktadır (Kaya ve Turan, 2004).

Uçucu küller termik enerji santrallerinde, öğütülmüş kömürün yanmasıyla ortaya çıkan atık bir malzemedir. Genellikle endüstride kullanılmayan düşük kalorili kömürlerin çok ince öğütülerek termik santral fırınında yakılması sırasında yukarıya yükselen uçucu küller, bacanın üst kısmında elektrofiltreler veya siklon adı verilen toz tutucularda, elektrostatik veya mekanik yöntemlerle tutulan malzemelerdir (Topçu ve Canbaz, 2001).

Uçucu küllerin rengi, içeriğinde yer alan karbon oranına bağlı olarak değişse de genellikle gridir (Maitra, 1999). Dünyadaki yıllık uçucu kül üretim miktarı yaklaşık 450 milyon ton civarında olup, bunun yaklaşık 15 milyon tonu Türkiye’de üretilmektedir. Dünya üretiminin çok az bir kısmı beton ve çimento üretiminde kullanılmaktadır (Karasu vd, 2004). Bunun yanı sıra, uçucu küller seramik endüstrisinde, tuğla, karo üretiminde maliyeti düşürmek için ana hammadde olarak da değerlendirilmektedir (Mishulovich ve Evanko, 2002; Ilic vd, 2003). Yapılan çalışmalara göre, uçucu külün karo üretiminde % 30-40 oranında ana hammadde olarak kullanılabilmesi belirtilmektedir (Shah ve Maiti, 2001; Mishulovich ve Evanko, 2002). Ancak yapılan bir başka çalışmada, karo üretiminde reçetede kullanılan uçucu kül miktarı arttıkça, ürünün yaş mukavemetinin azaldığı belirlenmiştir (Zimmer ve Bergaman, 2006).

Uçucu kül, % 60-90 camsı bileşen ihtiva etmekte olup, çok ince taneciklerden meydana gelmektedir. Uçucu küllerin tane şekli yuvarlaktır ve çapları, 1-200 µm arasında değişmektedir. Taneciklerin yaklaşık % 75’inin çapı 45 µm’den, % 50’den çoğu µm’den büyüktür. (<http://www.kutahyaci-mento.com/tr>).

Ayrıca uçucu kül kimyasal olarak önemli miktarda demir oksit içermektedir. Bu durum, uçucu külün demir içerikli stoneware sırlarda alternatif bir hammadde ve renklendirici olarak kullanılabilmesi olasılığını artırmaktadır. Stoneware sırlar, kuvars, feldspat, kaolin, dolomit ve mermer gibi temel hammaddelerin bileşiminden oluşan, 1200 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda pişirilerek elde edilen sırlardır (Chappell, (1991).

Bu çalışmada, yüksek derecede pişirilen stoneware bünyeler üzerine uygulanan opak, şeffaf ve benekli sırların reçetelerinde kullanılan hammadde ve renklendiricilerin yerini alacak şekilde, belli oranlarda uçucu kül ilavesiyle stoneware sır üretimi yapılarak, sır üretim maliyetinin düşürülmesi ve atık malzemenin ekonomiye kazandırılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

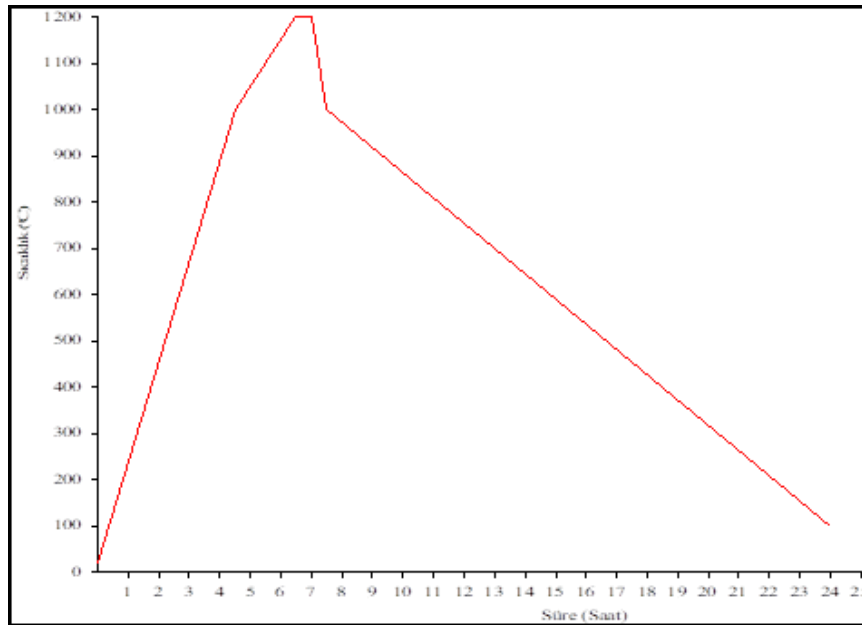
Uçucu külün, stoneware sır özelliklerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmanın ilk aşamasında, işletme tarafından homojen hale getirilmiş 50 kg uçucu kül alınmıştır. 50 kg’lık uçucu kül yığından konileme dörtlüleme yöntemiyle numune hazırlanmıştır (Wills, 1981), uçucu külün ve reçetede kullanılacak diğer hammaddelerin kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu hammaddelerin kimyasal analizi tablo 1’de verilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, üç farklı grup stoneware sır reçetesi hazırlanmış ve denemeler bunlar üzerinden yapılmıştır. Birinci grup sır reçetelerinde, dolomit miktarı azaltılarak uçucu kül miktarı artırılmıştır. Ayrıca bu gruptaki reçetelere artan oranlarda kırmızı demir oksit ilave edilmiştir. Bu sırlar “uçucu kül-demir oksitli” stoneware sırlar olarak adlandırılmıştır. İkinci grup sır reçetelerinde demir oksit miktarı sabit tutulmuş, uçucu kül artan oranlarda sır reçetelerine ilave edilmiştir. Bu sırlar “uçucu kül ilaveli” stoneware sırlar olarak adlandırılmıştır. Üçüncü grup sır reçetelerinde ise feldspat miktarı azaltılarak uçucu kül miktarı artırılmıştır. Bu sırlar “Uçucu kül-feldspatlı” stoneware sırlar olarak adlandırılmıştır.

Hazırlanan sır reçetelerinin her biri 100 gr kuru hammadde kapasiteli porselen hazneli jet değirmende 15 dakika süreyle öğütülmüştür. Öğütme işleminde, su oranı hammadde miktarının % 70'i olarak seçilmiştir. Hazırlanan sırlar 100 mesh'lik elekten geçirildikten sonra, stonewaer bünye-

den oluşan 60 mm çapında ve 7 mm kalınlığında ilk pişirimi yapılmış deney plakası üzerine akıtma yöntemiyle uygulanmıştır. Sırlar elektrikli kamara tipi fırında oksidasyonlu ortamda 1200 °C'ta, Şekil 1'de verilen pişirme eğrisi uygulanarak pişirilmiştir. Pişirme işlemi sonrası, sırların yüzey özellikleri değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Hammaddelerin Kimyasal Analiz Sonuçları

%	Sodyum Feldspat	Potasyum Feldspat	Üleksit	Dolomit	Uçucu Kül	Kuvars
SiO ₂	67.37	64.95	---	0.10	53.69	98.30
Al ₂ O ₃	19.48	18.42	0.84	1.26	20.79	0.36
Na ₂ O	11.10	4.13	8.40	---	0.53	0.69
K ₂ O	0.79	10.32	0.26	---	2.70	---
CaO	0.52	0.83	16.23	31.20	3.40	0.05
MgO	0.10	0.71	---	21.80	4.09	0.28
B ₂ O ₃	---	---	45.58	---	---	---
TiO ₂	0.21	---	---	---	---	---
Fe ₂ O ₃	0.11	0.20	---	---	11.80	0.02
SO ₃	---	---	---	---	0.99	
A.Z	0.32	0.44	28.87	45.64	2.01	0.30



Şekil 1. Pişirme Eğrisi

3. BULGULAR

3.1. Uçucu Kül - Demir Oksitli Stoneware Sırlar

Uçucu külün stoneware sır özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla hazırlanan

“Uçucu Kül- Demir Oksitli” stoneware sırların reçete bileşimi ve yüzey özellikleri Tablo 2’de, 1200 °C’ta pişirme sonrası görsel sonuçları Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Uçucu Kül-Demir Oksitli Stoneware Sırların Reçete ve Yüzey Özellikleri

Sıra No	Sır Reçetesi		Parlak	Mat	Saydam	Opak	Çatlama
	Hammadde	%					
1	Na. Feldspat	25	*				*
	K. Feldspat	25					
	Üleksit	20					
	Dolomit	30					
	Uçucu Kül	-					
	Demir Oksit	-					
2	Na. Feldspat	25	*				*
	K. Feldspat	25					
	Üleksit	20					
	Dolomit	26					
	Uçucu Kül	4					
	Demir Oksit	1					
3	Na. Feldspat	25	*				*
	K. Feldspat	25					
	Üleksit	20					
	Dolomit	22					
	Uçucu Kül	8					
	Demir Oksit	2					
4	Na. Feldspat	25	*				*
	K. Feldspat	25					
	Üleksit	20					
	Dolomit	18					
	Uçucu Kül	12					
	Demir Oksit	3					
5	Na. Feldspat	25	*				*
	K. Feldspat	25					
	Üleksit	20					
	Dolomit	14					
	Uçucu Kül	16					
	Demir Oksit	4					
6	Na. Feldspat	25	*				*
	K. Feldspat	25					
	Üleksit	20					
	Dolomit	10					
	Uçucu Kül	20					
	Demir Oksit	5					
7	Na. Feldspat	25	*				*
	K. Feldspat	25					
	Üleksit	20					
	Dolomit	6					
	Uçucu Kül	24					
	Demir Oksit	6					
8	Na. Feldspat	25	*				*
	K. Feldspat	25					
	Üleksit	20					
	Dolomit	2					
	Uçucu Kül	28					
	Demir Oksit	7					



Şekil 2. Uçucu Kül- Demir Oksitli Stoneware Sırların Pişirme Sonrası Görsel Sonuçları

Tablo 2’de yüzey özellikleri, Resim 1’de oksidasyonlu pişirim ortamında görsel sonuçları verilen uçucu kül- demir oksitli stoneware sırlar incelendiğinde, pişirime sonrası uçucu kül miktarının %12’nin altında olduğu sırlarda önemli miktarda çatlama gözlenmiştir. Uçucu kül miktarının %12’nin üzerinde yer aldığı sırlarda ise çatlama ve diğer sır hataları görülmemiştir. Sırların

rengi, uçucu kül oranına bağlı olarak kahverengi ve tonları şeklinde değişmektedir.

3.2. Uçucu Kül İlaveli Stoneware Sırlar

Uçucu külün stoneware sır özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla hazırlanan “Uçucu Kül İlaveli” stoneware sırların reçete bileşimi ve yüzey özellikleri Tablo 3’te ve 1200 oC’ta görsel sonuçları ise Şekil 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Uçucu Kül İlaveli Stoneware Sırların Reçete ve Yüzey Özellikleri

Sıra No	Sır Reçetesi		Parlak	Mat	Saydam	Opak	Çatlama
	Hammadde	%					
1	Na. Feldspat	20	*				*
	Üleksit	30					
	Dolomit	30					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	3					
2	Na. Feldspat	20	*				*
	Üleksit	30					
	Dolomit	30					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	6					
3	Na. Feldspat	20	*				
	Üleksit	30					
	Dolomit	30					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	9					

Tablo 3. Devam

4	Na. Feldspat	20	*		*		
	Üleksit	30					
	Dolomit	30					
	Kuars	20					
	Uçucu Kül	12					
5	Na. Feldspat	20	*		*		
	Üleksit	30					
	Dolomit	30					
	Kuars	20					
	Uçucu Kül	15					
6	Na. Feldspat	20	*		*		
	Üleksit	30					
	Dolomit	30					
	Kuars	20					
	Uçucu Kül	18					
7	Na. Feldspat	20	*		*		
	Üleksit	30					
	Dolomit	30					
	Kuars	20					
	Uçucu Kül	21					
8	Na. Feldspat	20	*		*		
	Üleksit	30					
	Dolomit	30					
	Kuars	20					
	Uçucu Kül	24					



Şekil 3. Uçucu Kül İlaveli Stoneware Sırların Pişirme Sonrası Görsel Sonuçları

Tablo 3'te yüzey özellikleri, Resim 2'de oksidasyonlu pişirim ortamında görsel sonuçları verilen uçucu kül ilaveli stoneware sırlar incelendiğinde, pişirime sonrası uçucu kül miktarının % 6'nın altında olduğu sırlarda çok az miktarda çatlama olduğu gözlenmiştir. Uçucu kül miktarının % 6'nın üzerinde yer aldığı sırlarda ise çatlama ve diğer sırlar hataları görülmemiştir. Sır bileşiminde uçucu kül miktarı arttıkça, sırların

rengi, uçucu kül miktarına bağlı olarak kahverengi ve tonlarına dönüşmüştür. Ayrıca hemen hemen sırların tümünün yüzeyinde kahve-siyah beneklenmeler olduğu görülmüştür.

3.3. Uçucu Kül- Feldspatlı stoneware Sırlar

Uçucu külün stoneware sır özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla hazırlanan

“Uçucu Kül-Feldspatlı” stoneware sırların reçete bileşimi ve yüzey özellikleri Tablo

4’te, 1200 oC’ta pişirme sonrası görsel sonuçları Şekil 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Uçucu Kül- Feldspatlı Stoneware Sırların Reçete ve Yüzey Özellikleri

Sıra No	Sır Reçetesi		Parlak	Mat	Saydam	Opak	Çatlama
	Hammadde	%					
1	K. Feldspat	50	*	*		*	
	Dolomit	16					
	Mermer	10					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	4					
2	K. Feldspat	46	*	*		*	
	Dolomit	16					
	Mermer	10					
	Kuvars	20					
	Uçucu kül	8					
3	K. Feldspat	42	*	*		*	
	Dolomit	16					
	Mermer	10					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	12					
4	K. Feldspat	38	*	*		*	
	Dolomit	16					
	Mermer	10					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	16					
5	K. Feldspat	34	*	*		*	
	Dolomit	16					
	Mermer	10					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	20					
6	K. Feldspat	30	*	*		*	
	Dolomit	16					
	Mermer	10					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	24					
7	K. Feldspat	26	*	*		*	
	Dolomit	16					
	Mermer	10					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	28					
8	K. Feldspat	22	*	*		*	
	Dolomit	16					
	Mermer	10					
	Kuvars	20					
	Uçucu Kül	32					



Şekil 4. Uçucu Kül- Feldspatlı Stoneware Sırların Pişirme Sonrası Görsel Sonuçları

Tablo 4'te yüzey özellikleri, Resim 3'te oksidasyonlu pişirim ortamında görsel sonuçları verilen uçucu kül-feldspatlı stoneware sırlar incelendiğinde, pişirime sonrası sır bileşiminde uçucu kül miktarı arttıkça, sırların rengi kahverenginin tonları şeklinde değişmiş ve sırlar mat bir yüzey özelliği göstermiştir. Ayrıca hemen hemen sırların

tümünün yüzeyinde kahve-siyah renkli beneklenmeler olduğu görülmüştür. Sırlarda görülen beneklenme "yüksek sıcaklıklarda erimiş sır içerisinde demir oksitinin çözünmesi sonucunda, oksijen kabarcıklarının oluşması ve bu kabarcıkların demir kristallerini sır yüzeyine taşıyarak çökmesinden kaynaklanmaktadır" (Naoyuki1982; Li, Luo vd, 2008).

4. SONUÇ

Genel olarak, Seyitömer termik santral uçucu külü stoneware sırlarda artan oranlarda kullanıldığında, oksidasyonlu pişirim atmosferinde, kahverengi ve tonlarında sırlar elde edilmiştir. Bunların yanı sıra "uçucu kül ilaveli ve uçucu kül- feldspatlı" stoneware sırlarda, reçete bileşiminde uçucu kül miktarı arttıkça, demir oksit kristallerinin sır yüzeyine taşınarak çökmesi nedeniyle, zemin üzerinde çok yoğun kahverengi- siyah benekler olduğu görülmüştür.

Ayrıca feldspat miktarının azaltılarak uçucu kül miktarının artması sonucunda, sırların mat bir yüzey özelliği gösterdiği ve dolomit miktarının azaltılarak uçucu kül miktarının artırılmaması sonucunda ise sırlarda sır çatlaklarının giderildiği belirlenmiştir. Sırda

çatlakların giderilmesinin nedeni, sırda uçucu kül miktarının artmasına bağlı olarak sır giren kuvars miktarının artmasıyla sır ile bünye arasındaki gerilimin azaltılmış olmasıdır. Çünkü yüksek sıcaklıklarda eriyen "cam haldeki kuvarsın genleşme katsayısı düşüktür (Tanışan ve Mete 1986). Bu nedenle sırda uçucu miktarının artırılması ile çatlaklar giderilmiştir.

Bu çalışmada, uçucu külün kahverengi-siyah-benekli stoneware sırlarda % 32 oranında kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, alternatif bir hammadde olarak kullanılan uçucu külün tane boyutu 200 µm altında olması, kullanım öncesi öğütülme işlemi gerektirmemesi sır üretim maliyeti açısından bir avantaj sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Chappell, J. (1991). *The Potter's Complete book of Clay and Glazes*. New York, 276
- Ilic M., Cheeseman, C., Sollars, & C., Knight. (2002). *Minerology and Microstructure of Sintered Lignite Coal Fly Ash*, Elsevier, s:331.
- Karasu, B., Kaya, G. Aydasgil, A., & Kurama, H. (2004). Use of Tuncbilek Thermal Plant's Fly Ash in Stoneware Glazes as Coloring Agent. *Key Engineering Materials*, Vols. 264-268, 2501.
- Kaya, G. & Turan, S. (2004). Yüksek Fırın Cürufunun Seramik Sektöründe Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Eldesinde Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine*, 45(536), 48.
- Li, W., Luo, H., Li, J., Li, J., & Guo, J. (2008). Studies on the microstructure of the black-glazed bowl sherds excavated from the Jian kiln site of ancient China. *Ceramics International*, 34(6), 1473-1480.
- Maitra, S. (1999). *Ceramic Products from Fly Ash: Global Perspectives, Fly Ash Utilization for Value Added Products*, Eds. B. Chatterje, K.K. Singh & N. G. Goswami, NML, Jamshedpur, 32.
- Mishulovich, A., & Evanko, J. L. (2002). *Ceramic Tiles from High-Carbon Fly Ash*. International Ash Utilization Symposium, University of Kentucky, 1.
- Naoyuki, F. (1982). Magnetite in Yuteki-Temmoku (oil-spot) Glaze". *Bulletion of Kanazawa College of Art*, 26, 65.
- Shah, H. M., & Maiti, K. N. (2001). Development of glazed wall tiles through optimal utilization of fly ash. *Transactions of the Indian Ceramic Society*, 60(3), 145-149.
- Topçu. İ.B., & Canbaz, M. (2001). Uçucu kül kullanımının Betondaki Etkileri. *Eng. Arch. Osmangazi University*, 14(2), 2.
- Wills, B.A. (1981). *Mineral Processing Technology*. U.K, 51.
- Zimmer, A., & Bergmann, C. P. (2007). Fly ash of mineral coal as ceramic tiles raw material. *Waste Management*, 27(1), 59-68.
- <http://www.kutahyacimento.com/>(11.08. 2016).