

Endüstriyel Cam Atıklarının Porselen Karo Bünyelerin Mekanik ve Mikroyapı Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Tuna AYDIN^{1*}, Ebru AKÇA²

¹ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

² Metalurji ve Malzeme Mühendisliği A.B.D. Fen bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

*(tunaaydin@kku.edu.tr) Başlıca yazarın mail adresi

Özet – Bu çalışmada, Ankara Gürsan Cam Sanayi Ticaret A.Ş tesislerinden temin edilen toz haline getirilmiş endüstriyel atık camlar alternatif bir hammadde kaynağı olarak kullanılmıştır. Hem insan hem de çevre sağlığı ve yönetimi açısından bakıldığında atık malzemelerin geri dönüşümü son yıllarda en önemli konuların başında yer almaktadır. Yürütülen bu araştırma projesinde porselen karo reçetelerinde belirli oranlarda (maksimum % 4) mevcut standart bir porselen karoda ergitici olarak kullanılan sodyum feldspat yerine endüstriyel cam atığı kullanılmıştır. Numuneler 1210 ° C de laboratuvar koşullarında pişirilmiştir. Numunelerin pişme küçülmesi, su emme ve eğme dayanımları gibi teknolojik özelliklerinin yansira sinterleme ve mikroyapı özellikleri de bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda artan oranda atık cam ilavesi ile numunelerin su emme değerlerinde artış ve eğme dayanımı azalma tespit edilmiş olsa da atık ilaveli numunelerin sinterleme hızları standart numuneye göre artmıştır. Bu durum ortaya koymuştur ki atık cam ilavesi ile numuneler çok daha düşük sıcaklıklarda pişirilebilecektir. Bu sonuçta günümüzde özellikle artan enerji maliyetlerinin üstesinden gelmek açısından da önemlidir.

Anahtar Kelimeler – Porselen Karo, Sinterleme, Geri Dönüşüm, Çevre Yönetimi, Atık

I. GİRİŞ

Porselen karolar, kil, kaolen, kuvars ve Sodyum feldspat gibi doğal hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılıp bir seramik üretim sürecinden geçirilmesi ile elde edilen ürünlerdir. Pişmiş nihai ürün kuvars, feldspat ve müllit gibi kristal fazlar içerir. Porselen karolar ayrıca camsı fazda içerir. Camsı fazın miktarı ağırlıkça %40-80 arasında olmak ile beraber müllit kristalleri de sinterleme sürecine bağlı olarak ağırlıkça %8-10 arasındadır. Kuvars ana iskelet yapıyı oluştururken, müllit kristalleri ise mukavemetten sorumludur [1-4]. Porselen karolar binalarda zeminde, iç duvarlarda ve dış duvarlarda kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar için de mekanik özellikler önem arz etmektedir. Porselen karoların mekanik özellikleri mikro yapılarıyla ilgilidir. Tüm bunların yanında günümüzde seramik sektöründe en önemli sorunların başında da hammadde ve enerji maliyetleri gelmektedir. Yapılan bu çalışma kapasımda geliştirilen ürünlerin teknik

özelliklerinin iyileştirilmesi yanından sektörün bu sorununun üstesinden gelinebilmesi için endüstriyel bir atık olan cam atıklarının porselen karo bünyelerde etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Referans (R) bir porselen karo reçetesi kil, kaolen, sodyum feldspat ve kuvars hammaddeleri kullanılarak oluşturulmuştur. Bu referans porselen karo reçetesinde (ağırlıkça maksimum % 4) cam atığı, Na-feldspat yerine kullanılmıştır. Reçetelere bağlı olarak karıştırılan hammaddeler öğütme işleminden geçirildikten sonra elde edilen sıvı çamur kurutulmuştur. Belli bir tane boyut dağılımında elde edilen granüller, kontrollü bir şekilde % 5-6 oranında nemlendirilerek preslemeye hazır “masse” haline getirilmiştir. Elde edilen masse tek eksenli kuru pres ile 450 kg/cm² basınçla 55 mm x 110 mm boyutunda şekillendirilmiştir. Hazırlanan numuneler laboratuvar koşullarında 1210 °C de pişirilmiştir. Numunelerin mekanik, termal ve

fiziksel test ve analizleri laboratuvar koşullarında Eskişehir Seramik Araştırma Merkezi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

III. BULGULAR

A. Kimyasal Analiz

Kullanılan hammaddelere ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 1 ve 2 de sunulmuştur. Reçetelerde Na-Feldispat yerine kullanılan Cam atığı yüksek oranda CaO ve Na₂O içermektedir. Referans reçeteye göre Ateş zayıtı (A.Z.) da ağırlıkça % 4.79 dur

Tablo1. Hammadde Kimyasal Analizleri

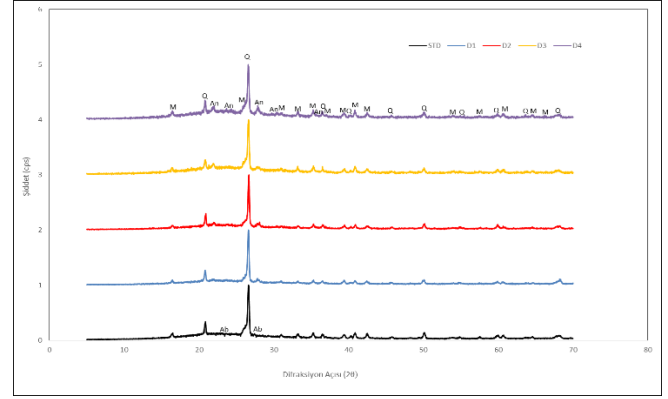
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO
Kaolen 1	65.00	23.00	0.500	0.500	0.200
Sodyum feldispat	71.100	17.400	0.050	0.240	0.600
Kuvars	97.64	0.720	0.18	0.030	0.100
Kaolen 2	78.78	13.34	0.02	0.16	4.78
Kil	59.00	25.00	1.00	1.50	0.600
Kırık Cam	73.9	1.69	0.98	-	0.98

Tablo 2. Hammadde Kimyasal Analizleri

	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	A.Z. (%)
Kaolen 1	0.150	0.200	0.300	10.00
Sodyum feldispat	0.100	9.360	0.340	0.500
Kuvars	0.010	0.010	0.470	0.430
Kaolen 2	0.01	2.1	0.04	0.51
Kil	0.700	0.600	2.70	8.5
Kırık Cam	2.69	7.86	0.2	-

B. Faz analizleri

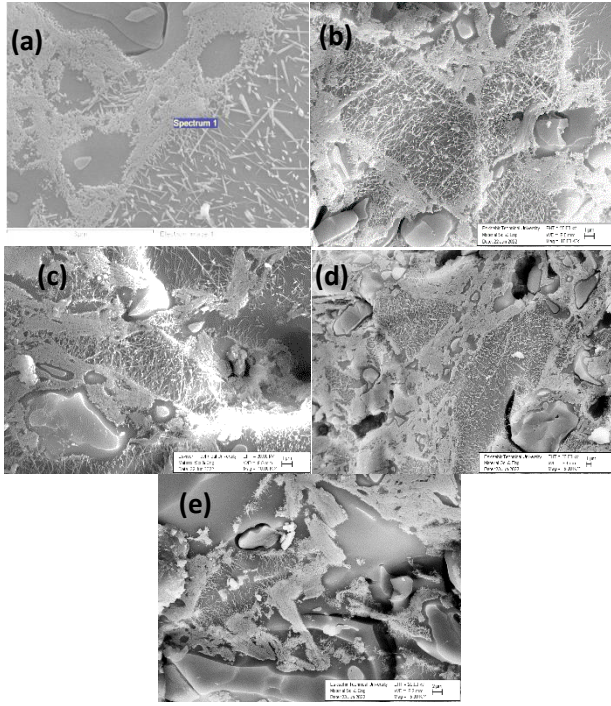
Numunelere ait XRD analizleri sonuçları Şekil 1 de verilmiştir. Numunelere yapılan faz analizi sonuçlarına göre referans bünyede Kuvars, müllit, eser miktarda albit ve camsı faz tespit edilmiştir. Geliştirilen bünyelerde ise Na-feldispat yerine atık cam miktarı artıka Camsı faz ve anortit fazının arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 1. Pişmiş numunelere ait XRD analizleri Q: Kuvars, M:Müllit, An: Anortit, Ab: Albit

C. Mikroyapı analizleri (SEM-edx)

Şekil 2a, 2b, 2c, 2d ve 2e'de referans ve geliştirilen bünyelere ait SEM mikroyapı görüntüleri sunulmuştur. Numunelerin kırık yüzeyleri %5 HF asit çözeltisinde yaklaşık 40-45 saniye süre ile dağlanmıştır. Dağlama işlemini takiben bütün numunelerin yüzeyleri iletkenlik sağlamak için Au-Pd ile kaplanmıştır. Şekil 2(a) da referans bünyeye ait mikro yapı görüntüsünde camsı faza gömülü kuvars, albit ve mullit kristalleri görülmektedir. Şekil 2(b) D1 bünyesine ait mikroyapı görüntüsünde kuvars, anortit ve müllit kristallerinin yansıra XRD analizinden de tespit edildiği gibi anortit kristalleri de görülebilmektedir. Şekil 2(c,d,e) de D2, D3 ve D4 bünyelerine ait mikro yapı görüntülerinde de artan oranlarda atık cam kullanılması ile beraber anortit kristallerinde ve camsı fazda artış olduğu görülebilmektedir.



Şekil 2. Bünyelere ait mikroyapı görüntüleri, (a): Referans (R), (b): D1, (c): D2, (d): D3, (e): D4

D. Teknolojik özellikler

Numunelere ait teknolojik özellikler Tablo 3 de verilmiştir. Artan oranda cam kırığı ilavesi ile beraber referans bünyeye kıyasla numunelerin yoğunluklarında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Yoğunluklardaki azalmaya paralel olarak su emme değerlerinde artış ve mukavemet değerlerinde de düşüş tespit edilmiştir. Yoğunluklardaki azalma ve buna bağlı olarak su emme değerlerindeki artış aslında cam atığının geliştirilen bünyelerde sinterleme esnasında sıvı fazın viskozitesini çok fazla düşürdüğünün bir göstergesidir. Yani cam atığı içeren bünyeler sıcaklığa ve süreye bağlı olarak sinterleme esnasında şişme davranışı (bloating) göstermişlerdir. Bu durum olumsuz bir sonuç gibi görünse de aslında bu bünyelerin çok daha düşük sıcaklıklarda pişirilebileceğini gösterdiğinden çalışmanın en önemli sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3. Teknolojik özellikler

	Bulk Yoğunluk g/cm ³	Pişme Küçülmesi (%)	Su emme (%)	Mukavemet Kg/cm ²
R	2.35	7.38	0.01	510
D1	2.34	10	0.009	505,6
D2	2.32	9.7	0.07	432
D3	2.32	9	0.13	419.3
D4	2.10	11.5	0.16	232

IV. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında cam atıklarının porselen karo üretiminde alternatif bir hammadde olarak kullanımı ile hem hammadde maliyetlerini azaltılabileceği hem de daha düşük pişirim sıcaklığı sağlanarak enerji maliyetlerinin de düşürülebileceği gösterilmiştir. Çalışmada standart bir porselen karo reçetesinde kullanılan sodyum feldspat yerine ağırlıkça % 1, % 2, % 3 ve % 4 oranlarında cam atığı kullanılmıştır. Belirli oranlarda bu atık malzemenin kullanımı ile referans (R) bünyesine kıyasla bulk yoğunluklarda düşüş tespit edilmiştir. Yoğunluklardaki bu azalmaya paralel olarak su emme değerlerinde artış, pişme küçülme değerlerinde ise artış olmuştur. Mekanik özelliklerden mukavemetlerde ise yoğunluklardaki azalmaya bağlı olarak bir miktar azalma tespit edilmiştir. D1, D2 ve D3 bünyeleri için bu azalma standartlar (TSE) dâhilinde olmuştur. Ancak D4 numunesindeki azalma TSE'nin belirttiği standartların dışında yer almaktadır. Ancak bu durum cam atığının alternatif bir hammadde olarak kullanılması ile bünyelerin pişirim sıcaklığında yaklaşık olarak 100-150°C'lik bir düşüş sağlanarak da üstesinden gelinebilecek bir durumdur. Sonuç olarak bu çalışmada cam atığının alternatif bir hammadde kaynağı olarak porselen karo üretiminde kullanılabileceği gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma "Alternatif hammaddeler kullanarak düşük maliyetli ve daha beyaz porselen karo bünyelerinin geliştirilmesi" başlıklı 2020/023 numaralı BAP projesi olarak Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] A. J. Sousa, B. C. A. Pinheiro and J. N. F. Holanda, *Sintering Behavior of Vitriified Ceramic Tiles Incorporated with Petroleum Waste*, Sintering Applications, InTech, <http://dx.doi.org/10.5772/53256>, 2013.
- [2] C. Zanelli, M. Raimondo, M. Dondi, G. Guarini, *Sintering Mechanism of Porcelain Stoneware Tiles*, Qualicer 2004, I, 247-250, Castellon, Spain, 2004.
- [3] M. Tarhan, B. Tarhan, T. Aydın, *The effects of fine fire clay sanitary ware wastes on ceramic wall tiles*, Ceramics International 42, 17110–17115, 2016.
- [4] B. Tarhan, M. Tarhan ve T. Aydın, *Reusing sanitaryware waste products in glazed porcelain tile*

- production*, Ceramics International, 43, 3107-31112, 2017.
- [5] T. Aydin, M. Tarhan ve B. Tarhan, *Addition of cement kiln dust in ceramic wall tile bodies*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 136:527–533, 2019.
- [6] T. Aydin, *The effects of cement raw mix waste dust on thermal properties of ceramic wall tile bodies*, Journal of Material Cycles and Waste Management, 23:1189–1200, 2021
- [7] T. Aydin, C. Paksoy, *The effect of cement raw mix waste dust on porcelain tile properties*, Journal of the Australian Ceramic Society (2019) 55:37–45, 2019.
- [8] T. Aydin, E. Casin, *Mixed Alkali and Mixed Alkaline-Earth Effect in Ceramic Sanitaryware Bodies Incorporated with Blast Furnace Slag*, Waste and Biomass Valorization, 12:2685–2702, 2021.