



## Fosforesans Pigmentli Vitrifiye Sırları ile Enerji Tasarruflu Yüzeyler

### The Energy Saving Surfaces for the Sanitary-ware Glaze by Means of the Phosphorescent Pigment

Nazım Kunduracı <sup>1</sup>, Zahide Bayer Öztürk <sup>2</sup>, Gülfem Binal <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bülent Ecevit Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 50300, Nevşehir, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Bartın Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 74110, Bartın, TÜRKİYE

**Başvuru / Received:** 31/07/2019

**Kabul / Accepted:** 23/09/2019

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 04/11/2019

**Son Versiyon/Final Version:** 31/01/2020

#### Öz

Malzemeler için enerji tasarrufu sağlayan yüzey uygulanması çok önemlidir ve son yıllarda kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Bu çalışmada, fosforesans pigment uygulaması vitrifiye sırlarında kullanılmıştır. Fosforesans pigmentlerin ve sırların kullanımı yüksek kalite sağlamak ve aynı zamanda müşterinin dikkatini çekmektedir. Bu çalışmada, üretilen fosforesans pigment, belirli oranlarda vitrifiye sır firatine eklenmiştir. Vitrifiye bünyeler sırlandıktan sonra bileşimler endüstriyel fırınlarda pişirilmiştir. Standart vitrifiye sıra kıyasla homojen ve uzun ömürlü yüzeyler elde edilmiştir. Pigment kristalitesi ve mikroyapısı sırasıyla X-ışını difraksiyonu (XRD) ve taramalı elektron mikroskopu (SEM-EDS) ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar %10 pigment ilavesi ile yeni fosforesans sır numunelerinin tatmin edici bir ışımaya gücü sergilediğini göstermektedir. İlk kez vitrifiye bir ürün fotoluminesans sır ile dekorlanmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

“Vitrifiye, Sır, Fosforesans”

#### Abstract

Application of the energy saving surfaces for materials is very important and researched extensively in recent years. In this study, application of phosphorescent pigment is used in sanitary-ware. The usage of phosphorescent pigments and glazes supplies high quality and also attracts customer's attention. In this study, produced phosphorescent pigment added into sanitary-ware glaze frit at certain ratios. After applying glazes on sanitary bodies, the compositions were fired in industrial kiln. In comparison with the standard sanitary-ware glaze, the homogenous and long lasting ability surface performed. The crystallinity of pigment and microstructure were evaluated by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope (SEM-EDS), respectively. The results highlighted the new sanitary-ware glaze samples with phosphorescent showed satisfactory phosphorescence ability can be achieved with 10 wt. % pigment addition. It is important to note that it is the first time sanitaryware was decorated with photoluminescent glaze.

#### Key Words

“Sanitary-ware, Glaze, Phosphorescence”

## 1. Giriş

Fosforlar ve uygulamaları üzerine yapılan araştırmalar, bilim ve teknolojiye çok çeşitli alanlarda bu malzemelerin kullanımına yöneliktir. Başlıca uygulamalarına örnekler; ışık kaynakları, görüntü aygıtları ve dedektör sistemleridir (Kaya ve ark. 2009). Fosforlar, güneş ışığından hem ultraviyole (UV) hem de görünür ışıkları emebilen ve karanlıkta enerjiyi belli bir dalga boyunda kademeli olarak yayabilen bir tür enerji depolama malzemesidir (Kaya ve Karasu 2012). Sonradan ışık yayma olarak adlandırılan fosforesans, malzemenin içsel veya dış kaynaklı kusur alanlarında foto-üretilmiş elektronların ve/veya deliklerin yakalanmasının neden olduğu gecikmeli radyoaktif geri dönüş ile bir lüminesans anlamına gelir (Clabau ve ark. 2007). Uzun zamandır ZnS matrisi: Cu malzeme uygulamalarında sınırlı parlaklık ve sürelerde yeşil ışık yayımı olduğu bilinmektedir. Bu tür bir dezavantajı ortadan kaldırmak için mavi, yeşil, mavimsi-yeşil, sarımsı-yeşil renk yayımı gösteren SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Eu<sup>+2</sup>, Dy<sup>+3</sup> sistemi yapılan çalışmalarla geliştirilmiştir (Kaya ve ark. 2009). Geleneksel sülfid fosforlara göre yüksek parlaklık, iyi kimyasal dayanım, yavaş solma ve radyoaktif maddelerin olmaması gibi önemli avantajlara sahip olan Eu<sup>+2</sup>, Dy<sup>+3</sup> fosforları özellikle bazı uzun süreli fosforesans ender toprak elementi katkılı toprak alkali alüminat esaslı malzemeler olarak artan bir ilgi alanına sahiptir (Xiao ve ark. 2010). Bu tür pigmentlerin seramiklerde kullanımı ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır, ancak görünür ışıkları emdikten sonra karanlıkta parlayabilme özelliği, seramik ve cam ürünlerde kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Sarımsı-yeşil ve mavimsi yeşil pigmentler, Kaya ve Karasu tarafından laboratuvar çalışma koşullarında sentezlenmiş ve üretilmiştir (Kaya ve ark. 2009, Kaya ve Karasu 2012). Ayrıca, sırlı duvar karoları dekorasyonu için yeni bir saydam firit reçetesi geliştirmişler, duvar karosu dekorasyonlarında ve sanatsal cam uygulamalarında fosforesans pigmentleri kullanarak dekoratif ve fonksiyonel ürünler üretmişlerdir. Kaya ve ark. (2010) çalışmalarında dekoratif etkiler elde etmek için fosforesans etkili sarımsı-yeşil ve mavimsi-yeşil pigmentleri, ısı ile sertleşen polimerler grubundaki epoksi reçine ile karıştırarak sanatsal cam objeler ve düz camlar üzerine uygulamışlardır. Xiao ve ark. (2010) katı hal sinterleme yöntemini kullanarak yüksek parlaklıktaki saydam yüzey kristalli Eu<sup>+2</sup> ve Dy<sup>+3</sup> katkılı stronsiyum alüminat borat cam-seramik üzerinde çalışmışlardır. Sırlar, nihai seramik ürününün estetik kalitesi, dayanıklılığı (kimyasal direnç, kir iticilik) ve fonksiyonel uygulamalar (fotokatalitik, antibakteriyel) açısından çok önemli bir rol oynamaktadır (Staneva ve Kasabov 1996, Reed 1993, Hupa ve ark. 2005, Ruiz ve ark. 2008, Qing ve ark. 2002). Sır özellikleri, hammadde ve oksit bileşimlerinin etkileri ve pişirim koşulları gibi çeşitli etkenlere bağlıdır (Eppler ve Eppler 2000). Bir sırın kalitesinin değerlendirilmesi, esas olarak, eriyebilirlik davranışına, reolojik özelliklerine, rengine, opaklığına ve ısıl genleşmesine dayanır (Bernaconi ve ark. 2014). Ticari sırlar arasında, fosfor içeren pigmentler oldukça ilgi çekicidir, ancak bu pigmentlerin seramik sırlarda kullanımına yönelik çalışmalar az sayıdadır. Sınırlı sayıda olan bu çalışmalardan birinde Katı hal reaksiyonu ile Eu<sup>+2</sup> ve Dy<sup>+3</sup> katkılı stronsiyum alüminat sisteminde farklı pişirim sıcaklıkları ve sürelerinin etkisi değerlendirilmiştir (Yesilay Kaya ve ark. 2010). Sarımsı-yeşil fosforesans pigment ilaveli çini bünyelere uygulanan sırlara yine farklı sıcaklıkların uygulandığı bir diğer çalışmada 870-880°C'de pişirilen sır sistemlerinde ışıldamanın daha iyi olduğu, 900-910°C sıcaklık aralığında ise pigmentin bozunuma uğraması nedeniyle ışıldama özelliğinin düştüğü tespit edilmiştir (Gün ve ark. 2017). Farklı alanda yapılan bir diğer çalışmada, dış mekân cam çeşmelerde uzun ışıldama etkisini verebilmesi amacıyla katı hal reaksiyonu ile üretilen CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sisteminde uygun Nd ve Dy katkı oranları belirlenerek mor-mavi fosfor pigmentlerinin etkileri değerlendirilmiştir (El Kazazz ve ark. 2011). Bu çalışmanın amacı fosforesans pigmenti içeren vitrifiye sırlarının ısıl davranışları ile dekorasyon ve ışıldama özelliklerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla, vitrifiye sır firitine belirli oranlarda fosforlu pigment eklenmiştir. Sıvılar vitrifiye bünyelere uygulandıktan sonra, bileşimler endüstriyel fırında pişirilmiştir. Bu çalışmada standart vitrifiye sırına kıyasla, homojen ve uzun süreli ışıldama gösteren yüzeyler elde edilmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

Şeffaf firit, Kale Seramik Fabrikası (Çanakkale/Türkiye) tarafından sağlanmış, fosfor pigmenti ise Fosfortek San. Tic. Ltd. Şti.'den (Eskişehir/Türkiye) alınmıştır. Şeffaf firitin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Şeffaf firitin kimyasal bileşimi.

Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	BaO	ZnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	PbO
1,34	1,90	14,84	1,25	0,88	3,46	8,94	0,09	3,39	63,86	0,03	0,01

Firit ve pigmentin tane boyutu dağılımı, lazer tane boyutu analiz cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Malvern, Hidro 2000G). Firitin parçacık boyutu 1 mm, pigmentin ise 250 µm'dir. Firit bir bilyalı değirmende alümina bilyalar kullanılarak 45 dakika boyunca öğütüldükten sonra, eşzamanlı olarak, pigment aynı ortamda 2 saat süreyle öğütülmüştür. Firitin nihai boyutu 18 µm, pigmentin ise 50 µm'dir. Firit, çözelti hazırlamak için su ile karıştırılmıştır. Firit çözeltisinin viskozitesi, piknometre kullanılarak ölçülmüş ve 1650 g/l'de tutulmuştur. Fosfor pigmenti ağırlıkça %5, %10 ve %20 oranlarında şeffaf firit çözeltilerine eklenmiştir. Bu şekilde dört reçete hazırlanmıştır (Tablo 2). Ağırlıkça %0,1 oranında sodyum tripolifosfat (STPP) çözeltilere ilave edilmiştir. Pigment içeren firit çözeltileri püskürtme yöntemi kullanılarak vitrifiye ürünler üzerine uygulanmıştır. Örnekler 750°C/10sa., 20 dk. süre ile endüstriyel koşullar altında bir kamara fırınında pişirilmiştir. Pişirilen numunelerin kromatik koordinatları, Minolta CR-300 serisi kromometre ile ölçülmüştür. Isıl işlem altında firit davranışını ısı mikroskobu (Misura 332 ODHT-HSM 1600/80) ile incelenerek, sinterleme, yumuşama, küre, yarı küre ve erime sıcaklıkları belirlenmiştir. Toz haldeki numuneye, uygulanan ısı mikroskobu rejimi: 400 °C'ye 50 °C/dk. ısıtma hızı ile çıkılmış daha sonra 400 °C ila 1400 °C arasında 10 °C/dk.'lık bir ısıtma hızı kullanılmıştır. Sinterlemeden sonra referans sır ve pigment katkılı sır uygulanmış vitrifiye örneklerinin faz geçişlerini saptamak

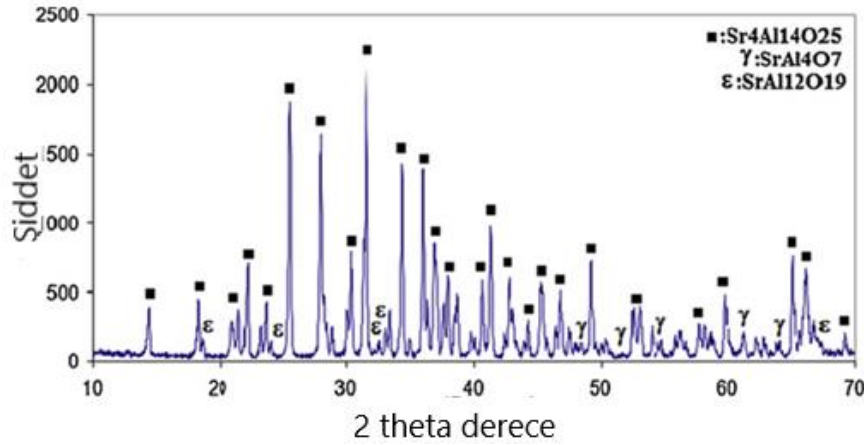
için, sırlı yüzeylere XRD analizi uygulanmıştır. Analizler Rigaku Rint 2000 serisi difraktometre ile  $\text{CuK}\alpha$  ışınması kullanılarak 40 kV ve 30 mA'da gerçekleştirilmiştir, tarama hızı 2 °/dk'dır. 1 saat boyunca gün ışığında bekletilen sırlı vitrifiye ürünleri, ışık kaynağı kesildikten sonra hızlı bir zayıflama ile fosforesans etkisi göstermiştir. Sırlı numunelerin mikroyapı incelemeleri ve EDS analizi, taramalı elektron mikroskopunda (SEM) (Tescan, MAIA3 XMU) ikincil elektron (SE) görüntüleme modu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SEM örneklerinin yüzeyleri, %5 hidroflorik asit (HF) çözeltisi ile 10 saniye süreyle dağlanmış ve ince bir altın-paladyum alaşımı tabakası ile kaplanmıştır.

**Tablo 2.** Sırların bileşimleri (birim ağırlığa göre).

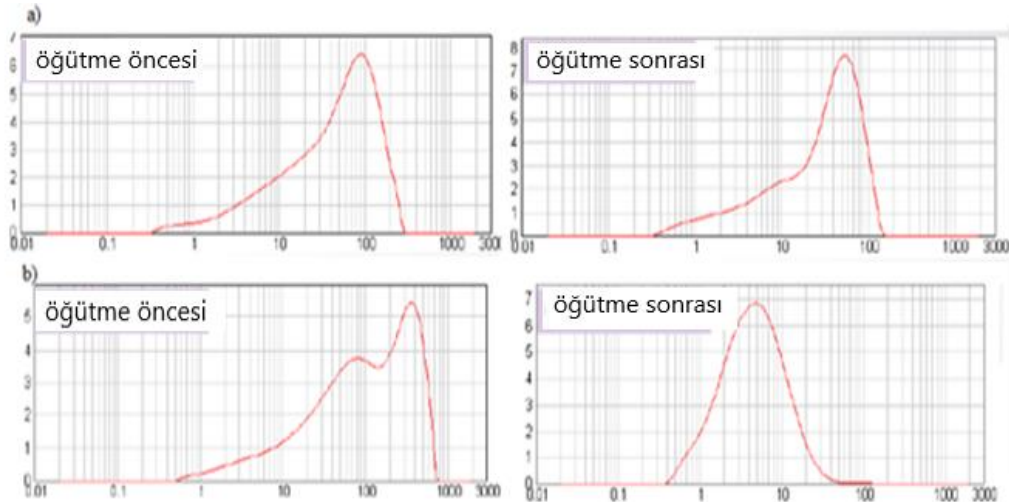
Sırlar	Std	P1	P2	P3
Firit	25	25	25	25
Su	75	75	75	75
Fosfor Pigmenti	-	5	10	20

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

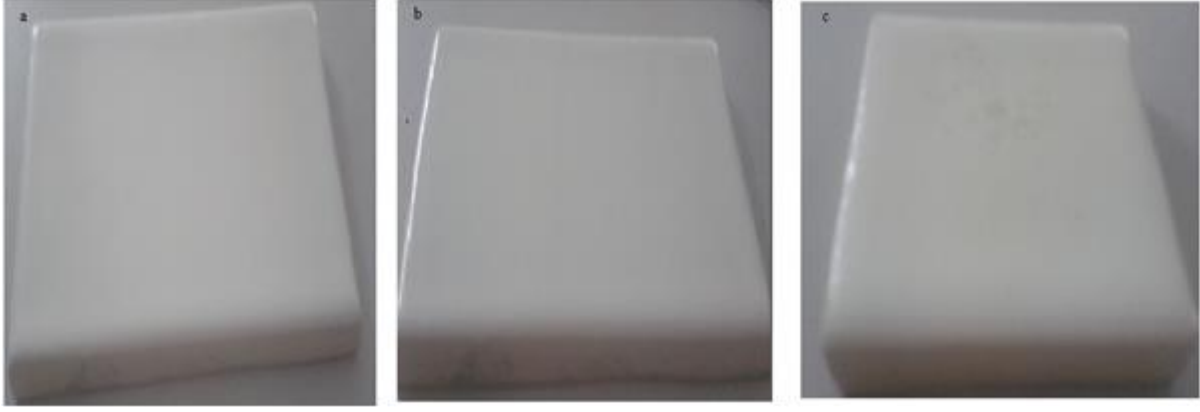
Mavimsi-yeşil fosfor örneğinin XRD paterni, Şekil 1'de gösterilmiştir. XRD sonuçlarına göre, başlıca kristal faz  $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$  fazıdır. Kaya ve Karasu (2012), yaptıkları çalışmada üretilen mavimsi-yeşil fosfor örneğinin morfolojisi ve uyarma-yayma spektrumlarını göstermişlerdir. Firit ve mavimsi-yeşil fosforun tane boyut dağılımı grafikleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'den görüldüğü gibi, firit ve mavimsi-yeşil fosforun tane boyutu dağılımı, öğütme sonrası istenen değerlere ulaşmıştır. Gün ışığında sırlı vitrifiye plakaların yüzey görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir. Ağırlıkça %5 ve %10 pigment içeren sır uygulanmış plakalar daha pürüzsüz bir yüzey sergilemiştir. Fakat %20 pigment içeren sır uygulanmış numunede istenen pürüzsüz yüzey elde edilememiştir. Yüksek oranda pigment ilavesinin bağlı viskozite ve firitin olgunlaşma sıcaklığını etkileyerek böyle bir duruma neden olduğu tespit edilmiştir (Kaya ve Karasu 2012).



**Şekil 1.** Mavimsi-yeşil fosfor örneğinin X-ışını toz kırınım paterni (Kaya ve Karasu 2012).



**Şekil 2.** a) Firit ve b) mavimsi-yeşil fosforun tane boyut dağılımı grafikleri.



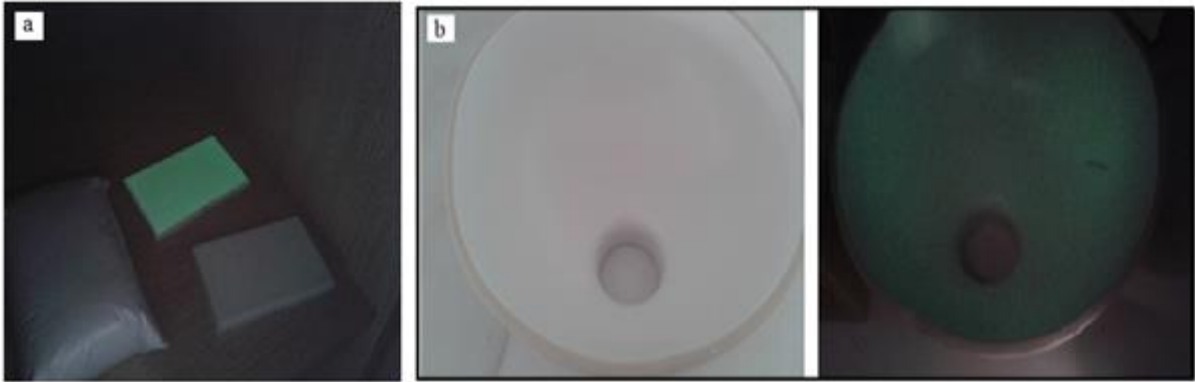
**Şekil 3.** Gün ışığında a) P1, b) P2, c) P3 fosfor pigmenti içeren sırlı vitrifiye plakalar.

$L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametreleri sırasıyla beyazlık, kırmızı veya yeşil ve sarı veya mavi renk eğilimlerini gösterir. Sırlı plakaların renk parametreleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri) karanlıkta ölçülmüş ve elde edilen değerler Tablo 3'te verilmiştir. Sırlı plakaların,  $L^*$  değerleri sır bileşimindeki mavimsi-yeşil fosfor pigment miktarının artmasıyla azalmıştır.  $L^*$  değerlerindeki azalmanın nedeni, pigmentin  $Sr_4Al_{14}O_{25}$ ,  $SrAl_4O_7$  ve  $SrAl_{12}O_{19}$  içeriğidir. Tablo 3'ten görüldüğü gibi,  $a^*$  değerleri sır içinde artan pigment miktarına karşı hassastır. Standart sırlı plakanın -0,44; ağırlıkça %20 pigment içeren sırlı plakanın  $b^*$  değeri 4,73'dir. Sıra ağırlıkça% 5 pigment ilavesi ile tatminkâr bir fosforesans gücüne ulaşamamış, ağırlıkça %20 pigment ilaveli sırlı plakada ise pürüzlü yüzey problemi gözlenmiştir. Bu nedenle, ilerleyen sırlama çalışmalarının ağırlıkça %10 pigment ilavesi ile gerçekleştirilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

**Tablo 3.** Fosfor pigmenti içeren vitrifiye plakaların karanlıktaki renk parametreleri.

Reçete Kodu	Renk Değerleri		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Std	90,02	-0,64	-0,44
P1	90,10	-0,85	1,18
P2	88,51	-1,33	2,26
P3	88,33	-3,28	4,73

Sırlı plakalar ile standart ve ağırlıkça %10 pigment içeren sırlı vitrifiyelerin karanlıktaki görüntüsü Şekil 4'te verilmiştir. Sırlı ürünün fosforesans süresi, muamele edilen gün ışığı süresinin yarısı kadardır, yani 30 dakika süreyle gün ışığına maruz bırakılan nihai sırlı ürün karanlıkta 15 dakika boyunca fosforesans kabiliyetini korumuştur.



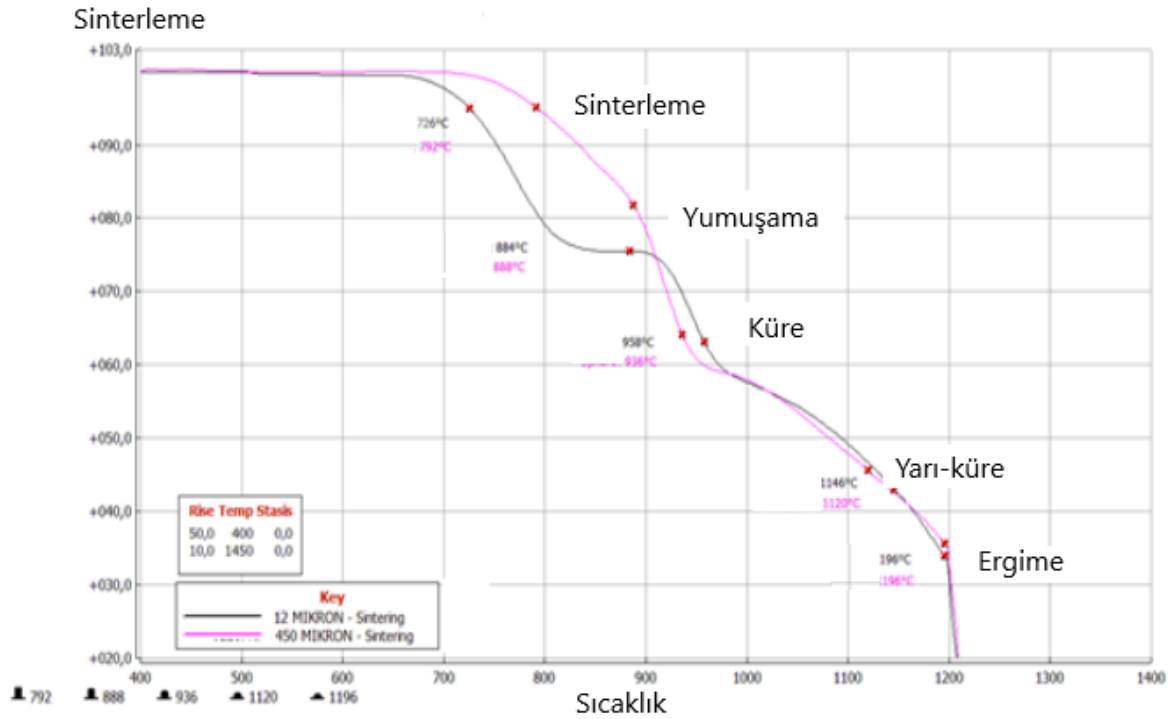
**Şekil 4.** Sırlı plakaların görünüşü a) Std ve sırlı b) std ve P2 karanlıkta.

Yaygın vitrifiye ürünlerle karşılaştırıldığında, bu ürün görünür ışıkları emdikten sonra karanlıkta parlayabilir, bu özelliği ile vitrifiye ürünlerin daha geniş ölçüde kullanılmasını sağlamaktadır. Fotoluminesans seramik ve cam malzeme doygunluğa ulaşana kadar çeşitli görünür ışıkları emebildiğinden, karanlıkta sürekli ışıdayabilir, ışığı geleneksel ışıldayan malzemenin (sülfat) ışığından on defa daha parlaktır. Malzeme radyoaktivite içermez, toksik değildir ve zararsızdır. Belirli seviyedeki parlak acil durum aydınlatması, enerji tasarrufu haricinde insanların acil durumlarda düzenli olarak tahliye edilmesine ve kargaşanın azaltılmasına yardımcı olabilir (Kaya ve ark. 2009). Şekil 6'da, 450  $\mu\text{m}$  ve 12  $\mu\text{m}$  tane büyüklüğüne sahip firitlerin karakteristik nokta ölçüm sonuçları görülmektedir. Şekil 5 yardımıyla belirlenen bu noktalar: sinterlemenin başlangıcı (numunenin başlangıç yüksekliğinin

% 1 azalması), sinterlemenin sonu (başlangıç yüksekliğinin %4-6 azalması), erime başlangıcı (başlangıç yüksekliğinin %12-12,5 azalması) ve altlık ile minimum taban temas alanına karşılık gelen erime noktası, başlangıç erime aşamasının sonu (başlangıç yüksekliğinin %16-23 azalması), yarı küre noktası (başlangıç yüksekliğinin %50 azalması) erime sonu noktası (numunenin başlangıç yüksekliğinin %54-56 azalması)'dır (Dumitrache ve Teoreanu 2006). Öğütülmüş firitin tüm kritik sıcaklıklarının standart firite göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum küçük tane boyutu artışının yoğunlaşma oranını arttırmasıyla açıklanabilir. Dar tane boyutu dağılımı yoğunlaşmayı arttırmaktadır (German 1985).

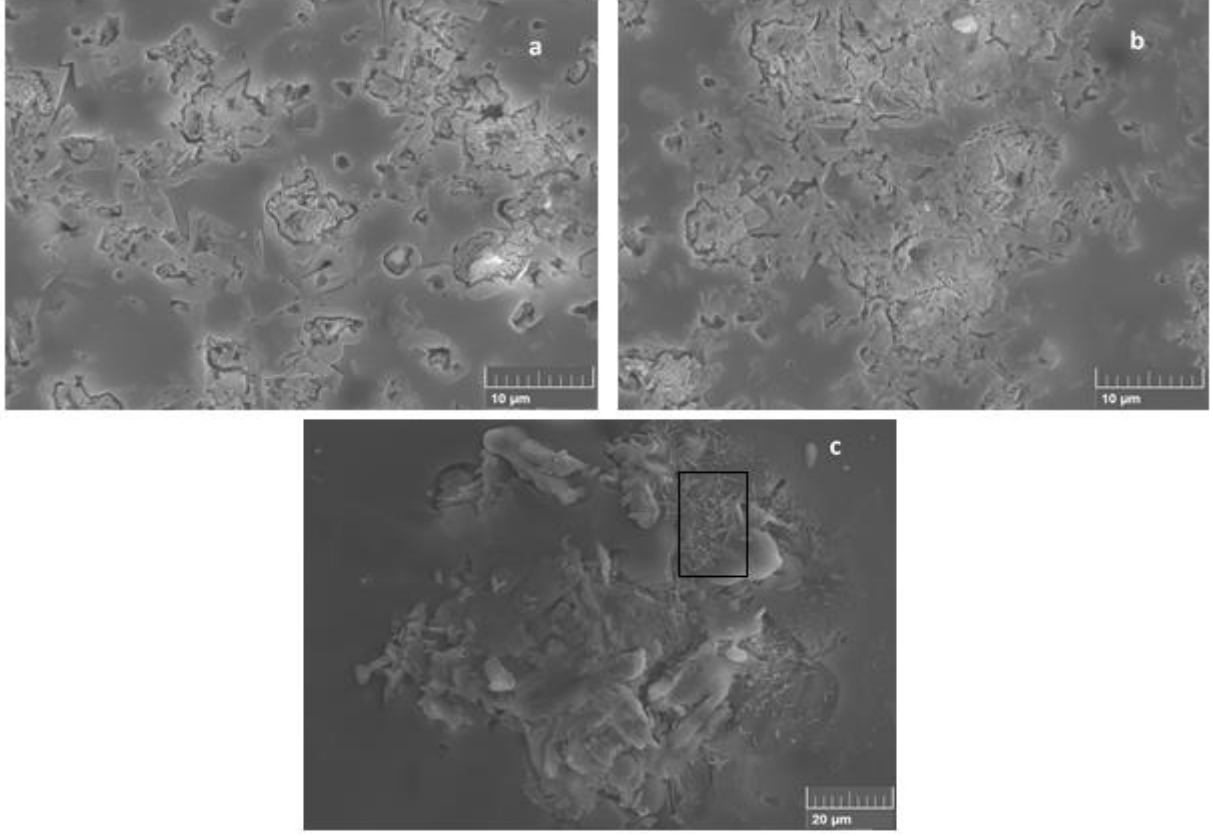


Şekil 5. Firitin ısı mikroskobu ile gözlemlenen karakteristik noktaları.

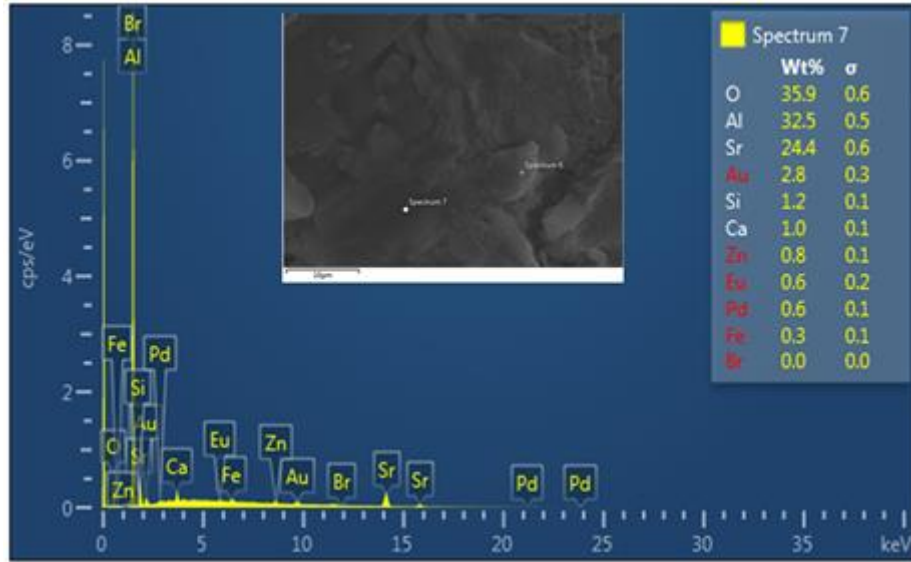


Şekil 6. Ön öğütme ve öğütme sonrası firitlerin ısı mikroskobu analizleri.

Ağırlıkça %5, %10 ve %20 fosfor pigmenti içeren sırlı yüzeyler taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir (Şekil 7). Ağırlıkça %20 oranında fosfor pigmenti içeren sırlı yüzeye sahip vitrifiye plaka üzerinde EDX analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Şekil 7 ve 8'de  $Sr_4Al_{14}O_{25}$  ve  $SrAl_2O_4$  kristalleri ile camsı fazı gözlemlenmiştir.  $Sr_4Al_{14}O_{25}$  ve  $SrAl_2O_4$  kristalleri düzensiz şekillere sahiptir ve bazıları camsı faza gömülmüştür. Şekil 7 (c) 'de müllitin iğne benzeri kristalleri de görülebilir.



Şekil 7. Ağırlıkça a) %5, b) %10, c) %20 fosfor pigmenti içeren vitrifiye ürünlerin sırlı yüzeylerinin temsili SEM görüntüleri (ikincil elektronlar).



Şekil 8. Ağırlıkça %20 oranında fosfor pigmenti içeren vitrifiye plaka sırlı yüzeyinin EDX analizi.

#### 4. Genel Sonuçlar

Bu çalışmada, fosforesans pigmenti içeren vitrifiye sırlarının ısıl davranışı ve ışıltama kabiliyeti araştırılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Ağırlıkça %10 pigment ilavesi ile pürüzsüz sırlı yüzeyi ve tatmin edici fosforesans kabiliyetine ulaşılmıştır.
- Fosforesans kabiliyeti esas olarak sırlı yüzeyindeki/üzerindeki stronsiyum alüminat kristallerinden ( $Sr_4Al_4O_{25}$  ve  $SrAl_2O_4$ ) kaynaklanmaktadır.
- İlk kez vitrifiye bir ürünün fotoluminesans sırlı dekore edildiğini söylemek mümkündür. Fosforesans pigmentler kullanılarak daha fonksiyonel ve çekici vitrifiye ürünler elde edilebilir.

**Referanslar**

- Bernaconi, A., Marinoni, N., Pavese, A., Francescon, F., & Young, K. (2014). Feldspar and firing cycle effects on the evolution of sanitary-ware vitreous body. *Ceram. Int.*, 40, 6389-6398. doi: 10.1016/j.ceramint.2013.11.139
- Clabau, F., Rocquefelte, X., Jobic, S., Deniard, P., Whangbo, M.H., Garcia, A., & Mercier, T.L. (2007). On the phosphorescence mechanism in  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$  and its codoped derivatives. *Solid State Sci.*, 9, 608-612. doi: 10.1016/j.solidstatesciences.2007.03.020
- Dumitrache, R.L., & Teoreanu, I. (2006). Melting behaviour of feldspar porcelain glazes. *U.P.B. Sci. Bull.*, 68(3), 16.
- El Kazazz, H., Karacaoğlu, E., Karasu, B., ağatekin M. (2010). Production of violet-blue emitting phosphors via solid state reaction and their uses in outdoor glass fountain. *J. Am.Sci.* 7, 998-1004.
- Eppler, R.A., & Eppler, D.R. (2000). *Glazes and glass coatings*. Westerville, Ohio: Am. Cer. Soc.
- German, R.M. (1985). *Liquid Phase Sintering*. New York: Plenum Press.
- Gün, Y., Tasci, E., Pekkan K., Karasu, B. (2017). Farklı ticari firtilerin değişen sıcaklık aralıklarında fosforesans ışımaya etkisi. *Uluslararası hakemli mühendislik ve fen bilimleri dergisi*, 42-58.
- Hupa, L., Bergman, R., Fröberg, L., Vane-Tempest, S., Hupa, M., Kronberg, T., Pesonen-Leinonen, E., & Sjöberg, A.M. (2005). Chemical resistance and cleanability of glazed surfaces. *Surf. Sci.*, 584, 113-118. doi: 10.1016/j.susc.2004.11.048
- Kaya, S.Y., & Karasu, B. (2012). Process parameters determination of phosphorescent pigment added, frit-based wall tiles vitreous decorations. *Ceram. Int.*, 38, 2757-2766. doi: 10.1016/j.ceramint.2011.11.045
- Kaya, S.Y., & Karasu, B. (2012). Ceramics and glass with phosphorescent ability. *Ceram. Tech.*, 34, 94-99.
- Kaya, S.Y., Karasu, B., & Karacaoğlu, E. (2009). General review of application of phosphorescence pigments in ceramic industry. In: *Proceedings of SERES'09 I. International, Ceramic, Glass, Porcelain Enamel, Glaze and Pigment Congress, Eskisehir, Turkey*, p. 608-616.
- Kaya, S.Y., Karasu, B., & Karacaoğlu, E. (2010). Phosphorescence pigment applications in glasses. In: *Proceedings of the Camgeran Glass Symposium, Eskisehir, Turkey*, p. 41-44.
- Pekkan K., Gün, Y., Kamak K., TAşçı, E., Karasu B., (2017). Farklı renk veren fosfor ışıl pigmentler açısından düşük sıcaklık sıvı bileşimlerinin belirlenip çini bünyelerde uygulanması. *Teknik Bülten*, 46, 20-27.
- Qing, X., Wen, C., Feng, Z., & Run-Zhang, Y. (2002). A novel infrared radiant glaze exhibiting antibacterial and antifungal functions. *J. Wuhan Univ. Technol.*, 17, 11-12. doi: 10.1007/BF02852624
- Reed, J.S. (1993). *Introduction to principles of ceramic processing (second ed.)*. New York: Wiley, p. 395-474.
- Ruiz, O., Sanmiguel, F., Gargori, C., Galindo, F., & Monrós, G. (2008). Study of the photocatalytic degradability of ceramic glazes. In: *Proceedings of Qualicer, Castellon, Spain*. p. 15-31. Arkadaşım, konferans yazım şekillerini bulamadım:(
- Staneva, N., & Kasabov, I. (1996). The influence of electrolytes on the casting properties of porcelain slips. *Interceram.*, 45, 12-14.
- Xiao, L., Xiao, Q., Liu, Y., Ai, P., Li, Y., & Wang, H. (2010). A transparent surface-crystallized  $\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{Dy}^{3+}$  co-doped strontium aluminate long-lasting phosphorescent glass-ceramic. *J. Alloy. Compd.*, 495, 72-75. doi: 10.1016/j.jallcom.2009.12.118
- Yeşilay Kaya, S., Karasu B., Kaya, G., Karacaoğlu, E.(2010). Effects of firing temperature and time on the luminescence of phosphors in strontium aluminate system Co-doped by  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  and  $\text{Dy}_2\text{O}_3$  and Prepared by Solid State Reaction Processing. *Adv.in Sci. and Tech.*, 62, 82-87.