

Bazı Bor Bileşiklerinin Sırda Ham Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Cenk YAMANER, Süleyman AKPINAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

e-posta: akpinar@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:22.10.2012; Kabul Tarihi: 11.11.2013

Özet

Bu çalışmada, bazı bor bileşiklerinin firitleştirilmeden ham olarak sırda kullanılabilme imkânları araştırılmıştır. Bu kapsamda, firit miktarının yüksek oranlarda kullanıldığı düşük sıcaklık sırlarından (~1000 °C) tespit edilen bir Seger formülü esas alınarak bileşimdeki B₂O₃'ün firit yerine boraks ve borik asitle sır bileşimine girmesini sağlayacak şekilde farklı reçeteler oluşturulmuştur. Bu reçetelerden ham (su ve kuru bazlı) ve kalsine olmak üzere 2 farklı şekilde hazırlanan sır karışımları yer karosu bisküvileri üzerine püskürtme ve presleme yöntemleri ile uygulanarak laboratuvar ve endüstriyel ölçekli olarak pişirime tabi tutulmuş ve karakterizasyon işlemleri yapılmıştır. Karakterizasyon sonuçları incelendiğinde bor bileşiklerinin ham olarak sırda kullanılması durumunda sır bünyesinde az da olsa gözeneklilik yarattığı fakat sırnın sahip olması gereken diğer temel özelliklere karşı olumsuzluk oluşturmadığı anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler

Bor bileşikleri;
Ham sır;
Firit

The Investigation of Using Some Boron Compounds in the Raw Glaze

Abstract

In this study, we investigated use of boron compounds in the raw glaze without fritted. For this aim, After determining a suitable Seger formula from low temperature glazes that high content frit used in it, borax and boric acid were added into the glaze recipes substituted for frit and different compositions were prepared. Prepared glazes from these compositions as raw (aqueous and dry) and calcined were applied to floor tiles by spraying and dry pressing routes. The samples prepared using various glazing techniques subjected to heat in order to firing at laboratory and industrial scales and characterized by standard tests. Characterization results are analyzed, the use of boron compounds in the raw glaze a little porosity occurred on the section of the glaze but don't contribute any negative effects on the technical properties of glaze.

Key words

Boron compounds;
Raw glaze;
Frit

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Sırlar; yer ve duvar karoları, sofa ve süs eşyaları, sıhhi tesisat mamulleri, elektro porselenler, refrakter mamuller ve mühendislik seramikleri gibi çeşitli seramik altlıklar üzerine uygulanan 0,5–1 mm kalınlıktaki camsı kaplamalardır (Fröberg 2007).

Sırlar; üretiminde kullanılan hammaddelere, oksit kompozisyonuna, pişirim rejimine, yüzey özelliklerine, uygulandıkları seramik altlığa ve uygulamalarına göre farklı gruplarda sınıflandırılır (Fröberg 2007). Bileşimindeki hammaddelerin kullanım şekline göre sırlar ham, firitli ve firit sırları şeklinde sınıflandırılmaktadır (Kartal 1998).

Ham sırlar bünyelerinde firit ihtiva etmezler ve sadece doğal veya sentetik hammaddelerden

oluşurlar. Bu nedenle ham sırların pişirim sıcaklığı genellikle 1150 °C'nin üzerinde olduğu için endüstriyel olarak uygulamaları kısıtlıdır. Pürüzsüz ve nispeten gözeneksiz sır bünyesi elde etmek için sır bileşimindeki kuvars ve alümina gibi sert hammaddelerin erimesi ve çözünmesi oldukça önemlidir. Sert hammaddelerin eriyik içinde çözünmesi için yüksek pişirim sıcaklıklarına ihtiyaç vardır. Bundan dolayı ham sırların pişirim rejimleri daha yavaş ve uzun sürelidir (Fröberg 2007). Firitli sırlar genellikle bünyelerinde belirli oranlarda firit ihtiva eden sırlardır. Firit, hammadde karışımlarının 1400–1600 °C sıcaklık aralıklarında eritilmesi ve sonrasında ani soğutma ile elde edilen bir camsı bileşiktir. 1200 °C gibi düşük sıcaklıkların altında pişirilen mamullerin sırlarında önemli oranda firit bulunur. Sıcaklık düştükçe bileşimdeki firit oranı

yükselir. Fayans sırlarında % 90'ın üzerinde firit kullanılır. Porselen gibi yüksek sıcaklıklarda pişirilen mamullerin sır bileşiminde firitin yer almasına gerek yoktur. Kaolen, kuvars, feldspat, kalsit, magnezit ve dolomit gibi hammaddelerin uygun oranlarda karıştırılması ile bu sıcaklıklarda aranan özelliklere sahip olan sır tabakalarının elde edilmesi hiçbir sorun oluşturmamaktadır (Kartal 2002).

Buna karşın düşük sıcaklıklarda aranan özelliklerde sır tabakası elde edebilmek için hem erime sıcaklıkları hem de eriticilik özellikleri yüksek bor ve/veya kurşun bileşiklerinin kullanılması kaçınılmazdır. Bu hammaddeler ham olarak kullanılmaları halinde bir takım sorunlar oluşturdukları için ancak firitleştirilerek kullanılabilirler. Kurşun bileşikleri oldukça toksin özellik gösterirler. Silikatlarla eritilerek bağlanmaları durumunda çözünmez hale geldikleri için bu sorun ortadan kalkar. Bor oksit tek başına eritildiğinde cam oluşturma özelliğine sahip oksitlerden bir tanesidir. Düşük sıcaklıklarda eriyebilmekte, diğer bileşenleri de etkili bir şekilde eritebilmekte, sırn viskozitesini düşürerek iyi bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Sır yüzeyine parlak bir görüntü kazandırmakta, ısıl genleşme katsayısını düşürmekte ve bilhassa asidik karakterdeki kimyasallara karşı dayanımı artırmaktadır. Ancak bor oksit ihtiva eden bor bileşiklerinin hepsi yüksek oranda kristal suyu ihtiva ederler ve pişirim esnasında kristal suyun ani atılması tabakada bozulmalara ve çatlamalara neden olmaktadır. Ayrıca borik asit ve boraks suda çözünme özelliği de göstermesi nedeniyle ham olarak kullanılmaları durumunda akışkanlığı kötüleştirir. Dolayısıyla bu hammaddelerle de düzgün bir sır tabakası elde etmek ancak firitleştirilerek kullanmak suretiyle mümkündür (Kartal 2002).

Ülkemiz dünya bor rezervlerinin ~ % 72' sine sahip olması dolayısıyla seramikte bor bileşiklerinin kullanımı sektörel bakımdan büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ancak bor bileşiklerinin sırda firitleştirilerek kullanılması üretim maliyetini arttırması açısından dezavantajdır. Ülkemiz ekonomisi için bor kaynaklarının üretimde daha düşük maliyette ve daha verimli kullanılabilmesi

için firitleştirilmeden sırda kullanılabilme imkânlarının araştırılması amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Sır bileşimlerine temel teşkil eden Seger formülü yaklaşık olarak 1000 °C' de erimeye müsait olacak şekilde çeşitli kaynaklardan fikir edinilerek belirlenmiş olup bu Seger formülü baz alınarak bileşimindeki B₂O₃'ün firitleştirilmemiş borax ve borik asit bileşiklerinden sağlanması amacıyla tasarlanan değişik reçeteler Tablo 1 ' de verilmiştir.

Tablo 1. Hazırlanan sır reçeteleri

Hammadde (%)	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8
Albit	10	10	10	10	15	20	25	20
Kaolen	20	20	20	30	25	25	20	20
Kuvars	30	30	30	20	25	25	20	20
Wollastonit	-	-	-	-	-	-	15	18
Kalsit	11	20	20	20	15	10	-	-
Dolomit	9	-	-	-	-	-	-	-
Çinko oksit	-	-	-	-	-	-	-	2
Boraks	12	20	10	10	8	8	12	12
Borik asit	8	-	10	10	12	12	8	8

Borik asit Kırka Bor İşletmesinden, boraks Eti Bank Bandırma Bor tesislerinden ve diğer hammaddeler de Uşak Seramik Fabrikasından temin edilmiştir. Hammaddelerin kimyasal analizleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Hammaddelerin kimyasal analizi

Oksit (%)	Albit	Kaolen	Kuvars	Wollastonit	Çinko Oksit
SiO ₂	70,6	47,4	99,1	53,4	0,20
Al ₂ O ₃	17,8	36,6	0,24	0,67	0,04
Na ₂ O	9,60	0,10	0,14	0,01	3,05
Fe ₂ O ₃	0,05	0,80	0,04	0,15	0,02
TiO ₂	0,20	0,10	0,01	0,03	0,01
CaO	0,74	0,02	0,08	43,6	0,08
MgO	0,03	0,20	0,01	0,30	-
K ₂ O	0,19	1,20	0,01	0,10	-
ZnO	-	-	-	-	95,8
A.Z	0,35	13,0	0,15	1,76	0,34

Oluşturulan bu reçetelere göre hazırlanan sır süspansiyonları ile sırlanan karoların laboratuvar koşullarında 1000 °C' de pişirimi sonrası sırn yüzey

özellikleri, erime davranışı ve bünyesindeki gözeneklilik durumu gibi özelliklerine bakılarak çalışmaların bundan sonraki aşamasında kullanılacak baz reçete belirlenmiştir.

Baz reçetenin belirlenmesi sonrasında sır hazırlama aşamasında ham ve kalsine sır olmak üzere iki çeşit sır hazırlanmıştır. Bor bileşiklerinin suda çözünme eğiliminin sır süspansiyonlarının reolojik özelliklerine etkisi ve sırlamada sır süspansiyonundan bünye tarafına emilen çözülmüş tuzların sır tabakasındaki etkilerini gözlemlemek ve karşılaştırma yapabilmek amacıyla su ve kuru bazlı ham sırlar hazırlanmıştır.

Bor bileşiklerinin ham sır bileşiminde kullanımı ile bünyelerinde ihtiva ettiği yüksek orandaki kristal suyun pişirim esnasında ani atılması dolayısıyla sır tabakasında meydana gelebilecek bozulmaları önlemek amacıyla kalsinasyon işlemi yapılarak kalsine sır elde edilmiştir. Ham sırların ısı mikroskopu analizi ile belirlenen sinterleme sıcaklığının altındaki 750, 850 ve 875 °C'de sıcaklıklarda yapılan kalsinasyon işlemi ile ham sırda karşılaşılabilecek sorunlar kalsine sır karşılaştırma yapmak suretiyle belirlenmeye çalışılmıştır.

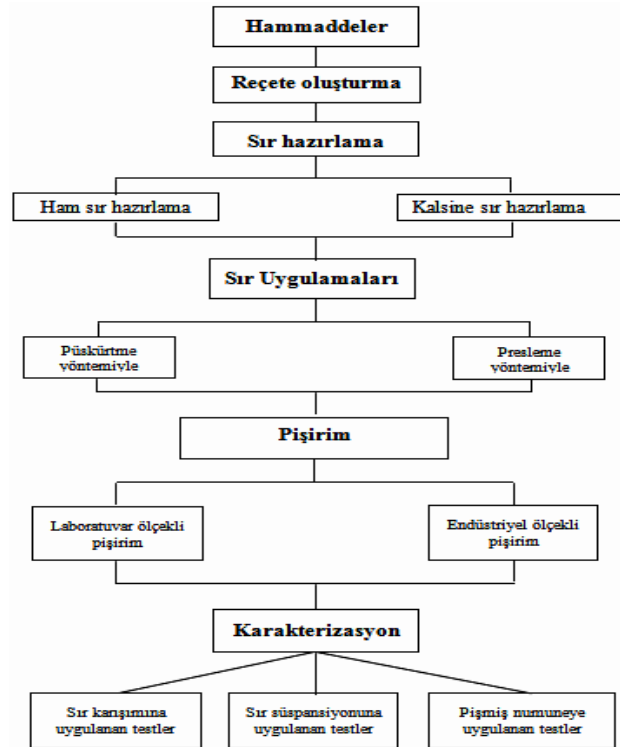
Ham ve kalsine olarak hazırlanan sırlar su ve kuru bazlı olarak iki farklı şekilde bünye üzerine sırlama ile uygulanmıştır. Su bazlı sır uygulaması süspansiyonların reolojik özelliklerinin değişik dispersant katkıları ile optimize edilmesi sonrasında püskürtme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Kuru bazlı sır uygulaması sır harmanı (% 40) ile yer karosu massesinin (% 60) birlikte tek eksenli preste 300 bar basınç altında kuru presleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Farklı sır hazırlama ve sırlama teknikleri kullanılarak hazırlanan numunelerin pişirme işlemi laboratuvar ölçekli ve endüstriyel ölçekli fırınlarda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ölçekli pişirimler Afyon Kocatepe Üniversitesi Seramik laboratuvarında bulunan Nabertherm marka fırında 1050 °C'de yavaş pişirim ve yavaş soğutma koşullarında gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel ölçekli pişirimler, Ege Seramik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de bulunan Sacmi marka roller fırın da 1060 °C'de hızlı

pişirim ve hızlı soğutma koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Karakterizasyon işlemleri sır karışımına, sır süspansiyonuna ve pişmiş sırlı numunelere uygulanmıştır. Sır karışımına ısı mikroskop analizi, sır süspansiyonuna, viskozite, pişmiş numuneye harkort, aşınma dayanımı, lekelenme, kimyasallara dayanım ve optik mikroskop testleri yapılmıştır.

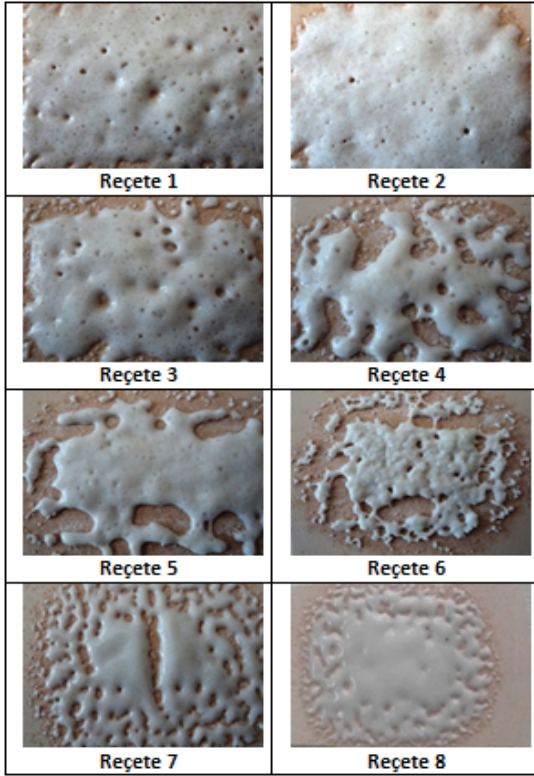
Şekil 1'de deneysel çalışmaların akım şeması verilmiştir.



Şekil 1. Deneysel çalışmaların akım şeması

3. Bulgular

Baz sır reçetesinin belirlenmesi amacıyla oluşturulan 8 farklı reçeteden hazırlanan sırlı numunelerin laboratuvar koşullarında 1000 °C'de pişirimleri sonrası yüzey görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir.

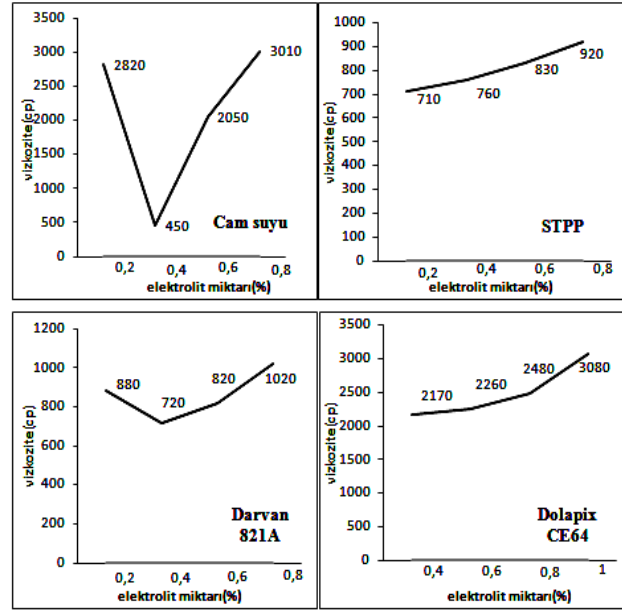


Şekil 2. Sır reçetesi belirleme sonuçları

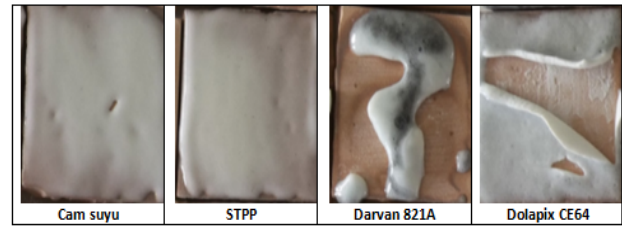
Bu görüntülerden sırların erime ve seramik bünye üzerinde yayılma davranışları ile yüzey pürüzlülüğü ve gözeneklilik durumları gözle muayene sonrası değerlendirildiğinde 8 nolu reçetenin diğerlerine nazaran daha olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiş ve çalışmaların bundan sonraki aşamasında baz reçete olarak kullanımına karar verilmiştir.

Baz reçeteden su bazlı ham sır oluşturulmasında çeşitli dispersant katkıları ile sır süspansiyonunun reolojik özelliklerinin optimizasyonu sağlanmış ve laboratuvar koşullarında pişirim işlemi neticesinde bu dispersantların sır yüzey özelliklerine etkileri incelenmiştir. % 70 katı-% 30 su ile hazırlanan süspansiyonun viskozite değerinin yüksek olmasından dolayı cihaz tarafından belirlenememiştir. Bu nedenle süspansiyonlara katı madde miktarının % 0,2' si kadar dispersant eklenerek viskozite değerleri ölçülmeye başlanmıştır. Artan dispersant miktarına bağlı olarak elde edilen viskozite değişimleri Şekil 3'de verilmiştir. Dolapix CE-64 dispersant katkısı ile süspansiyon viskozitesinin diğer dispersant katkılarında elde edilen viskozite değerlerine göre oldukça yüksek değerlere ulaşması nedeniyle reolojik özelliğın olumsuz etkilendiği görülmüştür.

Diğer dispersantların viskoziteye etkileri incelendiğinde en iyi sonucun STPP ve cam suyu katkısında sağlandığı anlaşılmıştır. Şekil 4'de verilen dispersant katkılı süspansiyonların seramik altlık üzerine uygulandıktan sonra yapılan pişirme işlemi sonrası sır yüzey özellikleri incelendiğinde Darvan 821A, Dolapix CE 64 ve nispeten cam suyu dispersantlarının sırın yüzey özelliklerini olumsuz etkilediği fakat STPP dispersantının sırın yüzey özelliklerine olumsuz bir etkisinin olmadığı anlaşılmış ve su bazlı tüm ham sır çalışmalarında STPP dispersantı (% 0,2 oranında) kullanılmıştır.

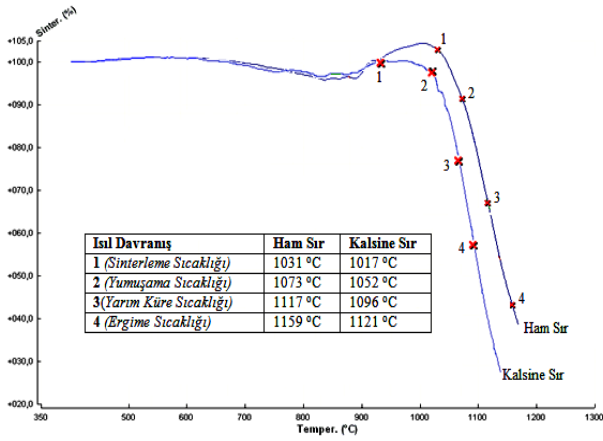


Şekil 3. Ham sır süspansiyonlarının farklı dispersant miktarlarına bağlı viskozite değerlerinin değişimi.



Şekil 4. Farklı dispersantlarla hazırlanan sırlı numunelerin pişirim sonrası görüntüleri.

Kalsine sır hazırlama aşamasında kalsinasyon sıcaklığının belirlenebilmesi amacıyla yapılan ısı mikroskobu analizinde ham sırların sinterleme sıcaklığı belirlenmiş ve bu sıcaklığın altındaki 750, 850 ve 875 °C'de sıcaklıklarda kalsinasyon işlemleri ile kalsine sırlar elde edilmiştir. Ham sır ile 875 °C'de kalsine sır ısı analiz mikroskobu sonuçları Şekil 5'de verilmiştir.

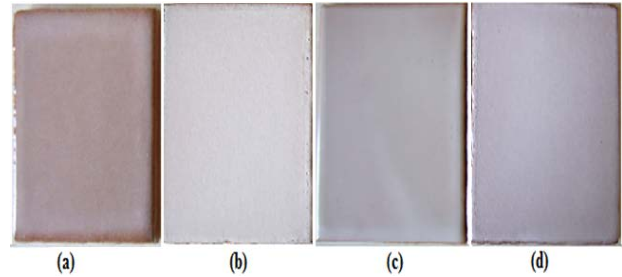


Şekil 5. Ham ve 875 °C de kalsine edilmiş sırrın ısı mikroskobu analiz sonuçları.

Ham sırrın ısı analiz sonuçları incelendiğinde sinterleme sıcaklığının 1031 °C, yumuşama sıcaklığının 1073 °C, yarım küre oluşturma sıcaklığının 1117 °C ve erime sıcaklığının 1159 °C, olduğu saptanmıştır. Ham sırda yaklaşık 850 °C de başlayıp 1100 °C de son bulan pikin sır bünyesindeki hacim artışından kaynaklandığı ve bu hacim artışının da bor bileşiklerinin bu sıcaklıklar arasında kaynama yapmasından dolayı meydana geldiği düşünülmüştür.

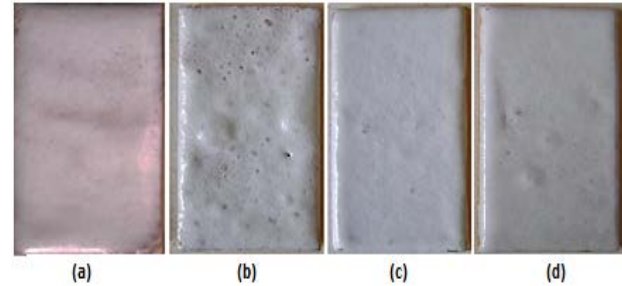
Kalsine sırrın ısı analiz sonuçları incelendiğinde sinterleme sıcaklığının 1017 °C, yumuşama sıcaklığının 1052 °C, yarım küre oluşturma sıcaklığının 1096 °C ve erime sıcaklığının 1121 °C olduğu saptanmıştır. Ayrıca kalsinasyon sırasında sır karışımında bulunan bor bileşiklerinin içerdikleri kristal sularını bünyesinden atmasıyla ve pişirim sırasında bu kristal suların neden olabileceği gözeneklerin azalmasından dolayı hacim artışına sebep olan pikin küçüldüğü görülmüştür.

Ham ve kalsine sırların hazırlanması ile püskürtme (su bazlı) ve presleme (kuru bazlı) teknikleriyle şekillendirilen numuneler laboratuvar ve endüstriyel ölçekli pişirim işlemlerine tabi tutulmuş ve bu işlemler sonrasında elde edilen numuneler standartlar dahilinde testler ile karakterize edilmiştir. Karakterizasyon aşamasında kullanılan deney numunelerinin yüzey görüntüleri Şekil 6 ve 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Su bazlı hazırlanan sırların pişirim sonrası görüntüleri. (a) Ham sır-laboratuvar ölçekli pişirim, (b) Ham sır-endüstriyel ölçekli pişirim (c) Kalsine sır-laboratuvar ölçekli pişirim, (d) Kalsine sır-endüstriyel ölçekli pişirim

Su bazlı hazırlanan ham ve kalsine sırların farklı pişirim koşullarında pişirilmesi sonrası yapılan değerlendirmede genel olarak sırların seramik karoya bağlanma, ısıl genleşme, yayılma gibi teknik özelliklerinin iyi olduğu fakat laboratuvar koşullarında pişirilen ham sırların kalsine sırlara göre bünyelerinde nispeten daha fazla sayıda küçük gözenekler ihtiva ettiği ve daha transparan bir sır yüzey görüntüsüne sahip oldukları gözlemlenmiştir. Endüstriyel koşullarda da ham sırların kalsine sırlara göre bünyelerinde nispeten daha fazla gözenekler ihtiva ettiği belirlenmiştir.



Şekil 7. Kuru bazlı hazırlanan sırların pişirim sonrası görüntüleri. (a) Ham sır-laboratuvar ölçekli pişirim, (b) Ham sır-endüstriyel ölçekli pişirim, (c) Kalsine sır-laboratuvar ölçekli pişirim, (d) Kalsine sır-endüstriyel ölçekli pişirim

Kuru bazlı hazırlanan ham ve kalsine sırların farklı pişirim koşullarında pişirilmesi sonrası yapılan değerlendirmede genel olarak sırların su bazlı hazırlanan sırlara göre daha opak bir yüzey görüntülerine sahip olduğu ancak ve özellikle hızlı pişirim koşullarında (endüstriyel pişirim) yüzey özelliklerinin sır bünyesinde oluşan büyük gözenekler nedeniyle bozulduğu gözlemlenmiştir. Kalsine sırların ham sırlara nazaran yüzey özelliklerinin daha az sayıda ve küçük

gözeneklerden dolayı daha iyi olduğu belirlenmiştir. Pişmiş sırlı numunelerin karakterizasyon bulgularında; harkort testlerinde ham sır kullanılarak elde edilen numunelerde 225 °C'de çatlakların oluştuğu, kalsine sır kullanılarak elde edilen numunelerde ise 300 °C'de bile çatlak oluşmadığı görülmüştür.

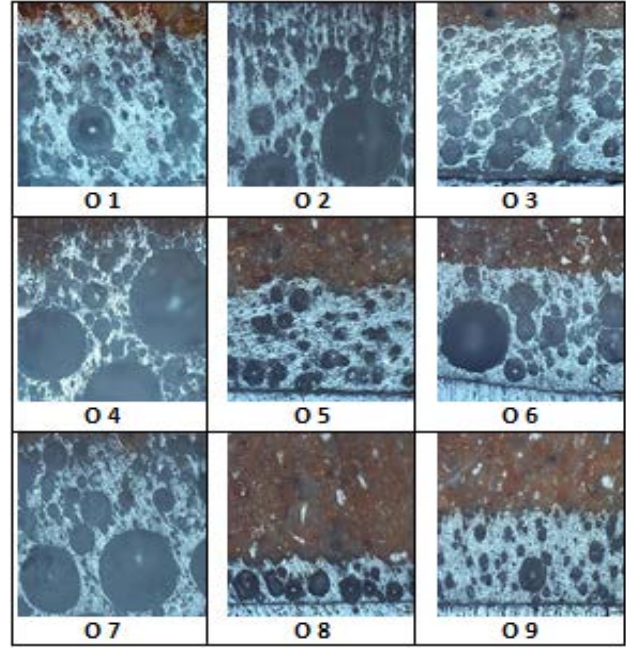
TS EN 154 nolu standarda göre PEI yöntemiyle yapılan aşınma testleri sonucunda ham ve kalsine sırlarla hazırlanan pişmiş sırlı numune yüzeylerinin 900 devirde aşındığı ve standarda göre 3. aşınma sınıfına (normal ayakkabı ile dolaşılabilir, üzerinde bir miktar trafik ve çizici kirler bulunabilen zeminlerde kullanılabilir seramik karolar) ait olduğu anlaşılmıştır.

Sır yüzey dokusunu daha iyi değerlendirebilmesi amacıyla numune yüzeyleri lekelenme testine TS EN 122 nolu standartta belirtildiği gibi tabii tutulmuştur. Metilen mavisi ve potasyum permanganat kullanılarak lekelenme testine tabii tutulmuş numuneler su ile temizlenmiş ve yüzeylerde lekelerin kaldığı tespit edilmiştir. Sonrasında HCl çözeltisi kullanılarak yapılan temizleme işlemi ile lekelerin temizlendiği görülmüştür. Bu sonuçlardan ham ve kalsine sır karışımlarının standarda göre 2. kalite sınıfına (lekelerin sadece temizleme çözeltisiyle çıkması durumu) ait olduğu anlaşılmıştır.

Kimyasallara dayanım testi TS EN 122 nolu standartta belirtildiği gibi numune sırlı yüzeylerinin HCl ve KOH çözeltileri ile etkileşimi neticesinde asit ve bazlara dayanımı tayin edilmiştir. Deney sonucunda numunelerin standarda göre AA dayanıklılık sınıfına ait (asit ve bazlara karşı dayanıklı ve sır yüzeyi görüntüsünde hiçbir değişikliğin olmaması) olduğu anlaşılmıştır.

Laboratuvar ve endüstriyel koşullarda pişirimi yapılan numunelerin sır tabakası içerisindeki gözenek dağılımı ve büyüklüğünü görebilmek amacıyla numunelerden alınan kesitlere 100 X büyütmede optik mikroskop analizi yapılmıştır. Optik mikroskop analiz görüntüleri Şekil 8'da ve bu

görüntülerden elde edilen bulgular da Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 8. Optik mikroskop analiz görüntüleri

Tablo 3. Optik mikroskop analiz bulguları

Resim No	Kalsinasyon Sıcaklığı (°C)	Sırlama Yöntemi	Pişirim Koşulu	Maksimum Gözenek Boyutu (µm)	Ortalama Gözenek Boyutu (µm)
O1	-	Püskürtme	L	190	80
O2	-	Presleme	L	640	140
O3	-	Püskürtme	E	120	90
O4	-	Presleme	E	720	200
O5	750	Püskürtme	L	100	60
O6	750	Püskürtme	E	270	70
O7	750	Presleme	E	640	160
O8	850	Püskürtme	L	100	30
O9	875	Püskürtme	L	100	20

L: Laboratuvar ölçekli E: Endüstriyel ölçekli

O1-O3 ve O2-O4 nolu numunelerin optik mikroskop sonuçları incelendiğinde püskürtme yöntemi (su bazlı) kullanılarak yapılan sırlama işlemi sonucunda oluşan gözenek miktar ve boyutunun presleme yöntemi (kuru bazlı) kullanılarak yapılan sırlama işleminde oluşan gözenek miktar ve boyutuna göre daha az olduğu, laboratuvar koşullarında yapılan yavaş pişirim ve yavaş soğutma işleminde oluşan gözenek boyutlarının, endüstriyel koşullarda yapılan hızlı pişirim ve hızlı soğutma işleminde oluşan gözenek boyutlarından daha küçük olduğu, O5-O8-O9 nolu numunelerin optik sonuçları incelendiğinde kalsinasyon sıcaklığının artması ile numune boyut ve miktarının azaldığı görülmüştür.

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan çalışmalar sonucunda bor bileşiklerinin firitleştirilmeden sırda kullanılabileceğine dair bulgular elde edilmiştir.

Bor bileşiklerin suda farklı çözünmelerinden kaynaklanan reolojiye olan olumsuz etkilerinin farklı türde ve miktarda dispersantlar kullanılarak ortadan kaldırılabileceği görülmüştür.

Kuru bazlı karışımların sırlanmasında kullanılan presleme yöntemi sonucu elde edilen numunelerin gerek masse ile bağlanma gerekse yüzey düzgünlüğü bakımından istenilen koşulları nispeten sağladığı ve toz haldeki karışımların sırlanmasında alternatif bir yol olabileceği anlaşılmıştır.

Püskürtme yöntemi ile yapılan sırlama sonrasında elde edilen ve yaklaşık 1000 °C' de pişirilen numunelerin yüzeylerinin nispeten transparan olduğu fakat presleme yöntemi ile yapılan sırlama ve aynı sıcaklıklardaki pişirim sonrası numune yüzeylerinin opak bir görüntüye sahip olduğu görülmüştür. Bu durumun presleme ile sır karışımında bulunan tanelerin daha sık yapıda sır bünyesinde yer almasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Laboratuvar ve endüstriyel pişirim sonuçları karşılaştırıldığında yavaş pişirim ve yavaş soğutma koşullarında yapılan laboratuvar ölçekli pişirimin hızlı pişirim ve hızlı soğutma koşullarında yapılan endüstriyel ölçekli pişirime göre sır bünyesindeki gözenek boyut ve miktarının daha az olması dolayısıyla yüzey özellikleri bakımından daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

Ham sır sinterleme sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda yapılan kalsinasyon ile elde edilen kalsine sırların ham sıra göre daha az gözenek içerdiği ve kalsinasyon sıcaklığının artması ile gözenek boyut ve miktarının azaldığı ve bu suretle sırların yüzey özelliklerinin iyileştiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuçtan kalsinasyon işleminin firitleştirmeye alternatif olarak düşünülmesi gerektiği fikri oluşmuştur.

Kaynaklar

- Fröberg, L. ,2007. Factors Affecting Raw Glaze Properties, Abo Akademi University, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Abo, Finland.
- Gomez, M., Bou E., Moreno A., S Cook. and M, Galindo., 2009. Fritless Glaze Composition for single Fast Fire Tiles. *InterCeram*, **58**.
- Kartal, A., 1998. Sır ve Sırlama Tekniği, Çizgi Matbaacılık Ltd. Şti.
- Kartal, A. ve Gürtekin, H., 2002. Çeşitli Bor Hammaddelerinin Sırın Erime Davranışlarına Etkileri. *1. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Kütahya.
- Ketboonruang, C. P., Jinawat, S., Kashima, D.P., Wasanapiarnpong, T. P., Buggakuptav S.W., Traipol N. and Jiemsirilars, S., 2011. Characterization of Low Firing Temperature Ceramic Glaze Using Phuket MSW and Soda Lime. *Innovation in Refractories and Traditional Ceramics*.
- Tkachev, A. G.,Tkacheva O. N. and I. S. Solov'eva1., 2002. Production Of Low-Melting Glazes Without Frit Melting Keramika.
- Türk Standartları, TS – EN 122, TS – EN 154.