

**VİTRİFİYE ÜRETİMİNDE
PIŞMIŞ ÜRÜNLERİN TAMİR SÜRECİNDE
KULLANILAN SIR
KOMPOZİSYONLARININ GELİŞTİRİLMESİ**

Yasemin KISACIK
Yüksek Lisans Tezi

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı
Ağustos - 2007

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Yasemin KISACIK'ın "Vitrifiye Üretiminde Pişmiş Ürünlerin Tamir Sürecinde Kullanılan Sır Kompozisyonlarının Geliştirilmesi" başlıklı **Seramik Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi 24/07/2007 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Prof. Dr. BEKİR KARASU
Üye :	Prof. Dr. NURAN AY
Üye :	Yard. Doç. Dr. MÜNEVVER ÇAKI

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun
.....tarih vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VİTRİFİYE ÜRETİMİNDE PİŞMİŞ ÜRÜNLERİN TAMİR SÜRECİNDE KULLANILAN SIR KOMPOZİSYONLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Yasemin KISACIK

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Seramik Mühendisliği AnaBilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bekir KARASU

2007, 30 sayfa

Seramik sağlık gereçleri üretiminde pişirim sonrası görülen bazı hatalar, uygun onarım macunu ve sırası ile yapılan tamir ve sonrasında uygulanan pişirim sayesinde düzeltilebilmektedir. Bu amaçla kullanılan sıranın, bünye ve macun ile uyumu oldukça önemlidir. Bu süreçte onarım sıranın bileşimi, pişmiş ürün yüzeyiyle olan uyumu, sıranın kapaticılığı ve fırın içerisinde sıranın akış karakteristiği önemli etkenlerdir. Bu çalışmada onarım kalitesi ve başarı seviyesinin artırılması amacıyla farklı bileşimlere sahip sırlar geliştirilip hazırlanmış, çeşitli özellikleri belirlenmiş, karakterizasyon çalışmaları [X-ışınları kırınım (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji saçılımlı X-ışınları (EDX) analizleriyle] gerçekleştirilmiş ve üretimde uygulanabilirlikleri kontrol edilmiştir. Yapılan bu çalışmaların sonucunda denenen sır bileşimlerinden iki tanesinin üretimde de başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık gereci, Onarım, Sır, İkincil pişirim, Uygulanabilirlik.

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DEVELOPMENT OF REPAIRING GLAZE COMPOSITIONS SUITABLE FOR CERAMIC SANITARY WARES RE-FIRING PROCESS

Yasemin KISACIK

Anadolu University

Graduate School of Sciences

Ceramic Engineering Program

Supervisor: Prof. Dr.Bekir KARASU

2007, 30 pages

During ceramic sanitary ware production, some faults sighted on products after kiln process can be fixed by applying a re-fire mass and repairing glaze to the faulty sides. In this point, the compatibility of glaze with re-fire mass and body has great importance. In this process composition of glaze, compability with fired product surface, transparency of glaze and flow characteristic of glaze in kiln are effective factors. In the present study repairing glazes with differing compositions were developed and prepared, their properties were determined, characterisation studies were conducted and finally, their applicability was checked out to increase the repairing quality and performance. According to the results achived two compositions amongst the others were found to be succesful.

Keywords: Sanitary ware, Repairing, Glaze, Re-firing, Applicability.

TEŞEKKÜR

Öncelikle hayatımın ilk saniyesinden itibaren yanımda olan ve desteklerini her zaman hissettiğim aileme çok teşekkür ederim. Ayrıca, bana güvenen, çalışma hayatımla birlikte yürüttüğüm tez aşamasında büyük desteğini, yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Bekir KARASU'ya, bana kazandırdığı mühendislik yetileri nedeniyle teşekkürlerimi borçluyum. Bu tez çalışmasının tamamlanması esnasında bana fabrikada çalışma olanağı sağlayan, DURAVİT Yapı Ürünleri A.Ő. Genel Müdürü Sn. Müfit ÜLKE'ye, Fabrika Müdürü Sn.Kerim KARA'ya teşekkür ederim. Son olarak bu çalışma esnasında emeği geçen fabrikadaki çalışma arkadaşlarım ile okulda yaptığım çalışmalarda yardımcı olan tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler.

Yasemin KISACIK

Ağustos 2007

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
1. GİRİŞ.....	1
2. SAĞLIK GERECİ ÜRÜNLERİNİN ŞEKİLLENDİRİLMESİ.....	2
3. PIŞME SONRASI SAĞLIK GERECİ ÜRÜNLERİNDE GÖRÜLEN HATALAR.....	6
3.1. Döküm Kaynaklı Hatalar	6
3.1.1. Döküm Noktaları	6
3.1.2. Çizgiler	7
3.1.3. Hava Kabarcıkları.....	7
3.1.4. Çelenk Çizgileri.....	7
3.2. Sır Hazırlama Kaynaklı Hatalar	8
3.3. Sır Uygulaması Kaynaklı Hatalar	8
3.4. Pişirim Sırasında Oluşan Hatalar	9
3.4.1. Toplanma	9
3.4.2. Deliklenme.....	10
3.4.3. Kabarma.....	11
3.4.4. Sır Çatlakları.....	11
3.4.5. Kavlama.....	12

4. SAĞLIK GEREÇLERİ ÜRETİMİNDE TAMİR SÜRECİ.....	14
5. SAĞLIK GEREÇİ SIR BİLEŞİMLERİ.....	17
6. DENEYSEL ÇALIŞMA	19
6.1. Sır Reçetelerinin Hazırlanması.....	18
6.2. XRD Sonucunda Bulunan Kristal Fazlar	19
7. SONUÇLAR	22
8. TARTIŞMALAR.....	28
KAYNAKLAR	29

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

2.1. Zamandan bağımsız altı değişik reolojik model.....	3
3.1. Sır çatlama oluşumu	12
3.2. Kavrama hatasının oluşumu	13
4.1. Hatanın üründen uzaklaştırılması.....	14
4.2. Hatanın uygun malzemeler kullanılarak onarılması	14
7.1. 8, referans ve 11 sırna (sırasıyla aşağıdan yukarıya) ait XRD desenleri	22
7.2. Referans sıranın SEM görüntüsü	23
7.3. Şekil 7.2’de beyaz halka ile çevrili taneden alınan ve zirkon varlığını onayan EDX grafiği	23
7.4. 8 nolu sıra ait SEM görüntüsü.....	24
7.5. Şekil 7.4’deki beyaz işaretli bölgeden alınan ve zirkon kristalini tanımlayan EDX grafiği	24
7.6. 11 nolu sıranın SEM görüntüsü	25
7.7. Şekil 7.6’daki beyaz halka ile işaretli kısımdan çekilen ve zirkon oluşumunu gösteren EDX grafiği	25

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

6.1. Sır reçetelerinde kullanılan hammaddeler.....	19
6.2. XRD sonucunda bulunan kristal fazlar	20
6.3. Çalışılan sırların özellikleri	21
7.1. Sırların pişirim fırınındaki akma boyları	26

1. GİRİŞ

Sağlık gereçleri üretimi, uygun olarak belirlenen alçı ile kalıbın ve seçilen çamur reçetesine göre çamurun hazırlanması süreçleriyle başlar. Çamur hammaddelerinden sert olanlar değirmende öğütülür, ardından karıştırıcılarda kil, kaolen ve çeşitli kimyasal katkılarıyla çamur haline getirilir. Hazırlanan çamur dinlendirildikten sonra dökümhaneye verilir. Şekillendirme sürecinin ardından kurutularak, sır uygulama bölümüne gönderilir. Burada da uygun sır reçetesine göre seçilen hammaddelerin öğütülmesi, sonrasında elenmesi ve mıknatıstan geçirilmesi ile hazırlanan sır ürün yüzeyine uygulanıp sırlı bünyeler fırına yüklenir. Fırın sonrası ürünler kalite ayırımına tabii tutulurlar. Bu süreç içerisinde yaşanacak aksaklıklar sonucunda oluşan hataların bir kısmı onarılarak ürün kurtarılabilir. Kurtarılabilir.

Bu çalışmada, birinci pişirim sonrasında oluşan, onarılabılır nitelikli hataların onarım işleminde kullanılan sırn bileşimi mevcut bünye, 1. pişirim sırnın özelliği, fırın rejimi göz önünde bulundurularak 11 farklı bileşim halinde denenmiştir. Ayrıca, onarım süreci esnasında kullanılan diğer malzemeler; çamur ve macun ile uyumu da dikkate alınmıştır.

Onarım esnasında kullanılacak malzemenin, bünye, sır ve diğer ilgili maddelerle uygunluğunun yanı sıra, işçiliğin onarım kalitesinde önemli bir etken olarak karşımıza çıktığı görülmektedir.

İşletme koşullarında onarım için kullanılan sır bileşimi referans olarak alınmış ve diğer 11 denemenin sonuçları bu referansla karşılaştırılmıştır.

2. SAĞLIK GEREÇİ ÜRÜNLERİNİN ŞEKİLLENDİRİLMESİ

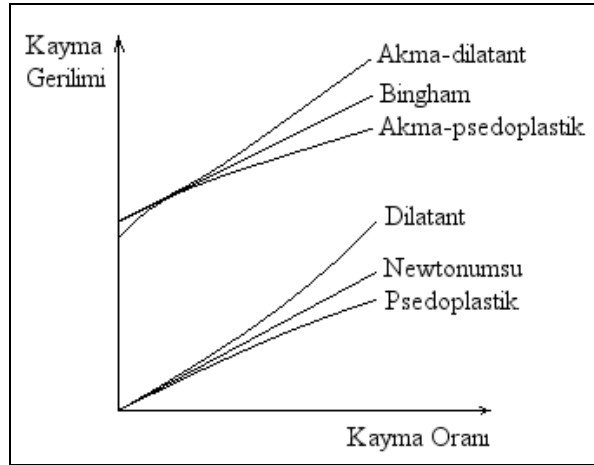
Sağlık gereçleri üretiminde çamur döküm yöntemiyle ürünler şekillendirilmektedir. Döküm yöntemi diğer yöntemlerle şekillendirilemeyen, daha karmaşık şekilli seramik malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Döküm kalıpları gözenekli yapıda ve su emme yeteneğine sahip alçı veya polimerik kalıplardır. Alçı kalıbın içine dökülen sulu çamurun suyu, oluşan kapiler kuvvetle kalıp tarafından emilir. Emilen su ile birlikte hammadde tanecikleri, kalıbın yüzeyine doğru hareket eder. Suyun çekilmesi sonucu toz partiküller, yüzey gerilim kuvvetlerinin etkisiyle sınıksız şekilde birbirleri ile kenetlenir. Ürünün içinin boşluklu olup olmasına göre çamur döküm dolu [katı] ve boş [drenaj] olmak üzere ikiye ayrılabilir. Boş dökümde kalıba doldurulan çamur belirli bir süre sonunda yeterli kalınlığı aldıktan sonra geriye kalan fazla çamur boşaltılır. Dolu dökümde ise kalıba doldurulan çamurun tamamen kalıbın şeklini alması sağlanır. Kalıp içindeki çamur miktarı veya seviyesi azaldıkça ilave yapılır. Çamurun döküm yöntemiyle şekillendirilmesi sürecinde kontrol edilen parametreler kalıp doldurma, kalınlık alma, döküm yoğunluğu ve akma dayanımı, boşaltım sırasındaki akış, kalıptan alma ve küçülme, parçanın kalıp fazlalıklarının kesilmesi ve yüzey rötuşlama işlemleri boyunca oluşan çamur reolojisidir [1, 2].

Döküm süresi, ince dökümde birkaç dakika iken kalın porselen dökümde birkaç saate kadar uzayabilmektedir. Bilindiği üzere son yıllarda döküm hızını artırmak için basınçlı döküm, kapiler döküm, vakum destekli döküm gibi değişik döküm teknikleri üzerinde yoğun bir çalışma sürdürülmektedir. Bunlardan en yenisi yüksek basınçlı döküm tekniğidir.

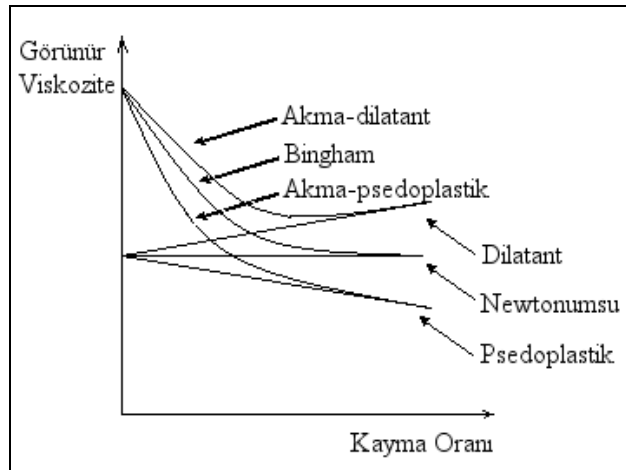
Döküm çamurları, tipik olarak, düşük bir akma noktasına sahip psedoplastik süspansiyonlar şeklinde hazırlanırlar. Çünkü, çamurun ticari olarak pompalanmasında, kalıba doldurulmasında, ve çamur içindeki hava kabarcıklarının atılmasında düşük viskoziteye sahip olması gerekmektedir. Ticari döküm çamurlarında $1-10 \text{ s}^{-1}$ kayma oranı aralığında 2000 mPa'dan küçük viskozite değerleri söz konusudur. Çamurun akma noktası ve yoğunluğu partikül

çökmesini önleyecek kadar yüksek olmalıdır. Yüksek katı oranı aynı zamanda sıvı konsantrasyondaki çamur ve döküm arasındaki farklılıklarda azaltır [2].

Şekil 2.1 (a)'da zamandan bağımsız altı değişik reolojik model, kayma gerilimi karşısında kayma oranı ile ifade edilirken Şekil 2.1 (b)'de görünür viskozite karşısında kayma oranı ifade edilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2.1. Zamandan bağımsız altı değişik reolojik model [3].

Psedoplastisite veya kayma incelmesi davranışı, artan kayma oranı karşısında görünür viskozite değerinin azalmasıdır.

$$\tau = K (\dot{\gamma})^{n<1} \quad (1)$$

(1) nolu denklem, psedoplastik bir malzeme için güç kanunu denklemidir. Denkleme göre büyük kayma oranı değeri karşısında düşük süspansiyon viskozitesi elde edilir. Bu değer log-log grafik kağıdında gösterildiğinde Şekil 2.1 (b)'deki gibi negatif bir eğim doğrusu elde edilir.

Döküm yöntemiyle şekillendirme sürecinde dökümün yapıldığı alçı kalıp özellikleri ve çamurun reolojisi büyük önem taşımaktadır.

- Disperse ortamın viskozitesine,
- Partikül konsantrasyonuna,
- Partikül boyutu ve şekline,
- Partikül-partikül ve partikül-disperse ortam etkileşimine bağlı olan koloidal dispersiyonların reolojik davranışları fırın sonrası ürünlerde görülen hatalar üzerinde yüksek oranda etkilidir [4].

Bu oranların eş zamanlı olarak optimum seviyelerde bulunmaları üretim süreci esnasında oluşabilecek hata paylarını azaltmaktadır.

Döküm kalıpları genelde % 40-50 poroziteye sahip alçı kalıplardır. Döküm süresi, ince döküm kalınlığına sahip iyi defloküle edilmiş ince toz partikül içeren porselen ürünler için birkaç dakikadan nispeten düşük yoğunluğa sahip, daha poroz ve kalın döküm duvarlı ürünler için farklı sürelerde değişmektedir.

Boş dökümde, fazla çamur döküm yüzeyinden hemen alınabilmeli, ancak döküm nispeten katı olmalıdır. Buradaki akış davranışı, çamur ve döküm duvarı yani alçı yüzeyi arasındaki sıvı içeriği ile belirlenmektedir. Ancak, kil ürünleri gibi ürünlerde dökümün jelleşme yeteneği daha önemlidir.

Özellikle boş döküm yöntemiyle şekillendirilen ürünlerde rotuş sırasında ya da çamurun kalıptan boşalırken süzülme kabiliyeti ile ilgili olarak fırın sonrasında ürün yüzeyinde sırn altında görülen dalgalanmalar tamir edilememektedir. Bu hata, dolu döküme kıyasla boş dökümde yüksek oranda görülebilen hata türüdür.

Parçanın kalıptan alınması için ürün, çamur boşaltıldıktan sonra kalıp içerisinde bekletilir ve bazı pinomatik sistemlerle kalıba hava verilmesi bu işlemi kolaylaştırır. Porselen ürünler için boş dökümde fazla çamurun boşaltılmasından sonra 20-60 dakika beklenir. Kısmen kuruyan parçalar taşıma esnasında çatlamaya ve plastik deformasyona karşı yeterince dayanım sergilemelidir. Plastik bünyeler henüz yaş iken rötuşlanır ve yüzey işlemlerine tabi tutulduktan sonra son kurutma için raflara ve konveyörlere yerleştirilip, kurumayı etkin biçimde sağlamak amacıyla oluşturulan kurutma fırınlarına yüklenirler.

İstenilen düzeye kadar nemini atan ürünler buradan son yüzey kontrolleri yapılarak sırlama işlemine tabii tutulurlar.

Bünye üzerine sır uygulanmadan önce yüzeyde toz, yüzey düzgünlüğünü negatif etkileyecek parça ya da herhangi bir yabancı malzeme bulunmamalıdır. Sır, bünye yüzeyine orjinal rengi örtecek kalınlıkta uygulanmalıdır. İnce uygulanması durumunda bünye rengi beyazlığı olumsuz yönde etkiler ve yüzeyde dalgalanma görülebilir. Kalın sır uygulanması durumunda ise, sır fırın rejimi etkisiyle akarak ürünün tabanında birikmelere neden olur. Hatta fırındaki refrakter plakalara yapışma riski ortaya çıkar.

Sırın hem uygulama anındaki viskozitesi, hem de fırın içerisindeki ısı etkisiyle oluşan viskozitesinin kontrolü çok önemlidir. Bu iki parametre sırın kimyasal bileşimi, tane boyutu ve kullanılan yardımcı kimyasallar ile kontrol edilebilmektedir.

3. PİŞME SONRASI SAĞLIK GEREĞİ ÜRÜNLERİNDE GÖRÜLEN HATALAR

Fırın sonrasında görülebilen hatalardan bazıları uygun malzemeler kullanılıp yeniden pişirilebilirken, bazı hatalar hiçbir şekilde tamir edilememektedir.

Tamir edilebilen hatalar, leke, deliklenme, iğne deliği, bazı blister hataları ve küçük boyutta olan ilerlememiş çatlaklardır.

Hatalar, üretim sürecinin herhangi bir adımında oluşan aksama ya da yanlış uygulama nedeniyle ortaya çıkabilmektedir.

3.1. Döküm Kaynaklı Hatalar

Döküm sonrası ürünlerde hatalar, çizgiler, çatlaklar ve hava kabarcıkları şeklinde oluşmaktadır. Bunların nedenleri çamurun yanlış hazırlanması, uygun olmayan deflokülantlar, yanlış viskozite, kalıp doldurmadaki yanlış yöntemler ve kötü yapılmış veya kurutulmuş alçı kalıpları olmaktadır.

3.1.1. Döküm Noktaları

Bunlar açılmalı halkalar şeklinde oluşmaktadır. Böylesi bir durumda yüzey sırtı kabul etmemekte sırt noktanın etrafında toplanarak o bölge sırsız kalmaktadır. Hata döküm yapıldığında çamurun beslendiği nokta çevresinde ve çamur sıçrama yatağında görülmektedir. Alçının emme gücü büyüdükçe hata da büyümektedir. Bu hata çamur besleme noktasını ve çıkışını mümkün olduğu kadar kalıbın altına getirerek ve alçının ilk dokunduğu nokta çevresini çamurla nemlendirerek önlenir. Döküm yaparken kalıbın dönmesi yardımcı husustur. Döküm noktalarının nedeni bünyeye kadar uzanmakta olup başlangıçta giderilmektedir. Bu hata, çamur mika içerdiğinde ortaya çıkmakta ve diğer maddeler ayrışırken mika yerleşerek iz bırakmaktadır. Söz konusu durumda kil kolloid miktarının azaltılması ve kuvars miktarının artırılması soruna yardımcı olmaktadır [5].

3.1.2. Çizgiler

Özellikle boş dökümde ürünün iç kısmında oluşmaktadır. Defloküle kil kolloidlerinin elektrokimyasal özellikleri yüzünden ortaya çıkar. Dolayısıyla hata, kullanılan deflokülant tipine ve miktarına bağlıdır. Çamurun taşınmasında kullanılan basma basıncı ve kalıp doldurmadaki basınç bu hataya da neden olabilir. Bu hata kalıpları doldurma süresince döndürerek ve çamuru karıştırarak azaltılabilir [5].

3.1.3.Hava Kabarcıkları

Ürünün üzerinde küçük çukurlar oluşur. Bunun nedenleri; döküm çamuru içinde kalan hava kabarcıkları, su içinde çözünmüş hava veya kil üzerinde absorbe olmuş havadır. Döküm çamurunun tamamen havasının giderilmesi mümkün değildir. Ancak, bazı yararlı tedbirler alınabilir; örneğin, çamurun taşınma sürecinde pompa sistemi yerine yüksek gravite ile taşıma gibi önlemler. Çamurun, pompalanma ve kalıba doldurulma sırasında içerisindeki hava kabarcıklarının azaltılmasına imkan sağlayacak kadar düşük viskozite ile hazırlanması gerekir. Dolayısıyla, çamurun hazırlandıktan sonra döküme verilmeden önce 2-4 gün süreyle dinlendirilmelidir [5].

3.1.4. Çelenk izgileri

Alçı kalıbındaki çamur seviyesinin düzensiz yükselişinden ileri gelmektedir. Hızlı döküm ve titreşim verilmesi bu hatayı giderebilir. Birkaç kalıptan oluşmuş kalıplarda döküm yapıldığında açılan parçada ürünün birleşme noktalarında eklenti çizgileri meydana gelir. Seramik üretiminde bu çizgiler döküm sonrası süngerle rötuşlanarak giderilir. Ancak, sağlık gerecinde tamamen rötuşlansa bile pişme sonrası tekrar ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni; çamur içindeki kil minerallerinin birbirlerine paralel bulunmaları ve alçı kalıbında dökümde eklenti oluşturmasıdır. Hata porselen bünyelerde çizgiyi rötuşlayarak ve döküm çamuruna % 1 suda çözünür yağ ilavesi ile giderilmektedir [4].

3.2. Sır Hazırlama Kaynaklı Hatalar

Sırın kimyasal bileşimi, tane boyutu sırn bünyeye uyumlu olması açısından çok önemlidir. Çok kaba tanelere sahip sırlarda katmanlaşma, fırında akma problemleri söz konusudur. Buna karşın çok ince öğütülmüş sırlarda da fırın içerisinde fazla akmadan dolayı yapışma ve sırlama sonrası sırn fazla küçülmesine bağlı ince çatlaklar görülebilmektedir.

İlave olarak, sır hazırlama süresince ortam temizliğine çok dikkat edilmelidir. Sır hazırlanırken ortamdaki gelebilecek toz ya da hammadde kaynaklı kirlenme fırın sonrasında ürün üzerinde lekeye yol açar. Bu nedenle sır hammaddelerinin demir içeriği titizlikle kontrol edilmelidir. Sır hazırlama sürecinin ardından miktatlardan geçirilir, ilave olarak elenerek uygulama yapılacak bölüme verilir.

3.3. Sır Uygulaması Kaynaklı Hatalar

Sırın uygun şekilde hazırlanmasına karşılık uygulamanın iyi yapılmaması durumunda da sır yüzeyinde fırın sonrası hatalar görülebilmektedir.

Sırın uygulanacağı yüzeyin temizliği önemlidir, yüzeyde bulunabilecek toz, yağ gibi istenmeyen partiküller sırn toplanmasına, sırsız bölgelerin oluşumuna ve kabarmaya yol açar. Kalın sır uygulanması fırında sır akmalarına ürünün refraktöre yapışmasına, ince sırlama ise ürün yüzeyinde dalgalı görünüme neden olmaktadır. Sırın tabancadan aşırı basınçlı akması da yüzeyde bozulmalara sebebiyet vermektedir [6, 7].

3.4. Pişirim Sırasında Oluşan Hatalar

Yüksek kaliteli bir sır yüzeyi için fırın rejiminin önemi büyüktür. Ön ısıtma, ısıtma ve soğutma aşamalarındaki sıcaklık geçiş hızları ve bekleme süreleri dikkatle takip edilmelidir.

Düşük sıcaklık donuk görünüşe, dalgalı yüzeye, blister ve kratere yüksek sıcaklık ise düzensiz sır kalınlıklarına, yüzeyde deliklenmelere ve renk sapmalarına yol açmaktadır. Ön ısıtmanın aşırı hızlı gerçekleşmesi durumunda, reaksiyon sıcaklıklarının hızlı geçilmesi yüzünden gazların atılması zorlaşmakta sonuçta da hatalar ortaya çıkmaktadır. Fırındaki kükürt gazları su ile reaksiyona girerek sülfirik asit oluşturabilir ve sırla reaksiyon sonucu süngerleşmeye neden olabilir. Fırının aşırı yüklenmesi de sır yüzeyinde bozulmalara neden olabilir [9].

3.4.1. Toplanma

Bünye yüzeyinde kısmi olarak sırsız bölgelerin oluşmasıdır. Yüksek yüzey gerilimi, viskozite ve sırlama öncesi bünye yüzeyinde kalan kirlilik bu hatanın sebebi olabilir. Sır içerisinde plastik malzemelerin fazlalığı ve sırnın aşırı öğütülmesi, kuruma küçülmesini arttırarak yüzeyde sırnın toplanmasına neden olur. Ayrıca, sırnın içerisinde yardımcı malzeme olarak kullanılan bazı kimyasallarda bu hatanın sebebidir. Bazı çalışmalarda ise fırın atmosferindeki kükürtün kalsiyum bileşikleriyle reaksiyonu sonucu CO₂ gazı ortaya çıkarması, pişirim sıcaklığından önce sırnın küçülmesine yol açtığından yüzeyde toplanma hatası oluşabilmektedir [6, 7].

Ayrıca, sır bileşiminde bulunan çinko oksit (ZnO) su ile tepkimeye girerek jel halinde Zn(OH)₂ oluşturur. Zn(OH)₂ sır içindeki suyun dışarı atılmasını yavaşlatır. Bu etkiyle sır çatlakları ve toplanma hatası oluşabilir. Küçük boyutlu olmayan toplanmalar ikinci pişirim sürecinde onarılabilmektedir.

3.4.2. Deliklenme

Seramikçilerin en sık karşılaştıkları, seramik yüzey kalitesini en fazla etkileyen hatadır.

Pişirim sırasında ortaya çıkan gazlar sır içine girip, sır yüzeyine kadar yükselerek patlar ve yüzeyde bir daha kapanmayan ince delikler oluşur. Çeşitli teknik etkenler buna yol açabilir. Maksimum fırın sıcaklığı ve bu sıcaklıkta bekleme süresi, sır bileşimi, sır uygulama yöntemi, ürünün fırında pişme pozisyonu ve hatta döküm esnasında kalıp dolmuş şekli ile dolmuş yapıldığı yer iğne deliği oluşumunda etkin olabilmektedir. Bu hatanın ana nedeni sır ve bünye arasındaki reaksiyonlar, sırda veya bünyede bulunan karbonun yanması, kimyasal suyun atılması, sır içerisinde bulunan bazı bileşiklerin bozulması, uygun olmayan fırın rejimi ve kirliliklerdir. Deneysel olarak $CO_{[g]}$, $CO_{2[g]}$, $CH_{4[g]}$ ve $SO_{3[g]}$ gazları iğne deliklerinin çıkmasında etkin rol oynar [6].

Ayrıca, zaman zaman siyah renkte görülen bu hatanın renkli görünümü ışık yansımaları sonucu ortaya çıkan optik etki yüzündendir [8].

Hatasız sır yüzeyi, belirlenen fırın rejimine uygun bileşimde ve viskozitede sır hazırlanması ile mümkün olabilmektedir. Sırın erken erimesi ve bünye yüzeyinde geçirimsiz tabaka oluşturması sır ve bünyede meydana gelen reaksiyonlarda oluşan gazların atılmasını engeller. Bu hatanın önlenmesi için sır mümkün olduğunca yüksek sıcaklıkta erimeye başlamalı ve pişme sıcaklığında erimesini tamamlanmalıdır [5, 8-9].

Kalın sırlama durumunda, gazlar uzaklaşmak için daha uzun bir mesafeyi katetmek zorunda olduğundan, sırlı kısmı aşabilmek için daha yüksek basınç gereksinim duyarlar. Bu da daha yüksek sıcaklığa ulaşılması gerekliliğini ortaya çıkarır [6].

Çok az (% 0,1) SiC kirlenmesi aşırı miktarda deliklenme hatasının görülmesine neden olur. Alçı çok geç bozduğu için bozunma gazları şişme deliklenmelere yol açar [10]. Bu hata da onarım sürecinde düzeltilmektedir.

3.4.3. Kabarma

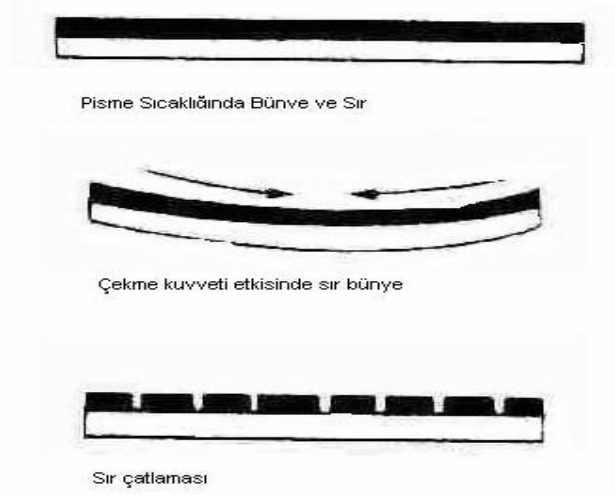
Sır-bünye ara yüzeyinde oluşan ve yüzey düzgünlüğünü bozan büyük hava kabarcıklarıdır. Eğer gaz çıkışı çok yüksek değerlere ulaşırsa, sır yüzeyinde patlar ve büyük delikler, kraterler oluşur. Gözenekli yapı sırda hava kabarcıklarına yol açar. Bünye içindeki karbon ön ısıtma koşullarında geç yanar ve gaz çıkışları gecikir. Yüksek porozite, dıştan içe sıcaklık farkları bölgesel indirgen atmosfer kabarma nedeni olabilir. Bu hata oluşumunda; yüksek sıcaklıkta pişirim, sır kalınlığı, sırnın pişme sıcaklığındaki viskozitesi ve yüzey gerilimi etkili olmaktadır [7, 10, 12, 13].

Küçük hatalar düzeltilebilse de, büyük boyutlu ve iç kısımlara doğru büyüyen hataların tamiri oldukça zordur.

Bu hatanın üretim aşamasında çözümü, gaz çıkışına neden olan hammaddelerin incelenmesi, gerekirse miktarlarının azaltılması, ön ısıtma eğrisinin 650 °C seviyelerine kadar daha da yavaşlatılması, sır kalınlıklarının azaltılması, çözünen tuzların dengelenmesi için çamura baryum karbonat ilavesi ve fırın atmosferi ile fırın sıcaklık eğrilerinin optimizasyonu ile sağlanabilmektedir.

3.4.4. Sır Çatlakları

Sır-bünye ara yüzeyinden başlayarak sır yüzeyine kadar ulaşan ağ şeklindeki çatlaklardır. Bu tür hatalar, ısıl şok kaynaklı olabilir. Eğer ısıl şok söz konusu değilse bünye ve sır arasındaki genleşme farklılıkları bu hatanın sebebidir. Sırnın ısıl genleşme katsayısı bünyeninkinden büyükse sır çekme gerilmesi altında kalır ve çatlaklar (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Sır çatlama oluşumu [6].

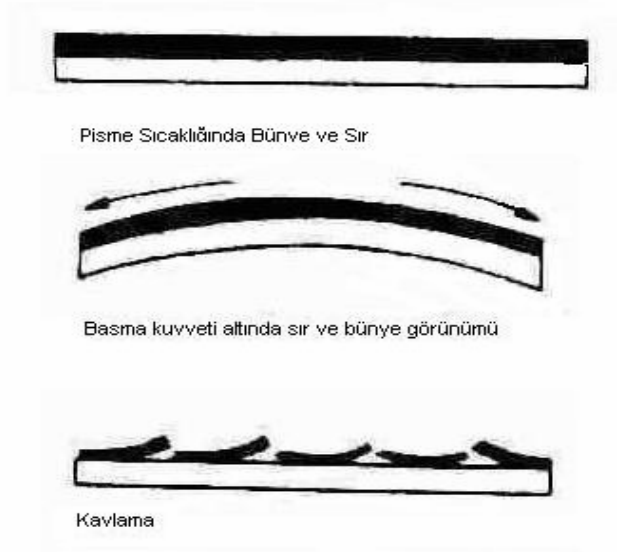
3.4.5. Kavlama

Sır-bünve sistemi sırnın orta derecede basma gerilmesi altında bulunduğu durumlarda kararlıdır. Soğuma sırasında bünvenin küçülmesi sıra göre daha fazla olursa bünve gerilmeye karşı koyamaz ve kavlar (Şekil 3.2.).

Kavlama hatası genellikle köşelerde, kenarlarda ve kıvrımlarda ortaya çıkar. Sırnın çok kalın olması durumunda ise bünve sır ile birlikte çatlayabilir.

Kavlama, genişleme farkı olmaksızın da ortaya çıkabilir. Çözünen tuzların ara yüzeylerde birikmesi de buna yol açabilir.

Sırlama öncesi yüzeyde temizlenmemiş tozların varlığı da kavlamaya zemin hazırlar [6, 13-15].



Şekil 3.2. Kavlama hatasının oluşumu [6].

Öncelikle bu hatanın giderilmesi için, sırlama öncesi yüzey temizliklerinin doğru yapıldığından emin olunmalıdır. Hata hala devam ediyorsa, sırnın genişleme katsayısı artırılarak bünyeninkine yaklaştırılabilir ya da bünyenin genişleme katsayısı azaltılabilir. Bunun için hammadde bileşimi incelenmelidir [6, 13-15].

4. SAĞLIK GEREÇLERİ ÜRETİMİNDE ONARIM SÜRECİ

Üretimden gelen ürünlerin kalite standartları çerçevesinde incelenmesinin ardından, ürünlerde görülen hataların tamir edilerek tekrar kazanabileceğine karar verilirse tamir süreci başlamış olur.

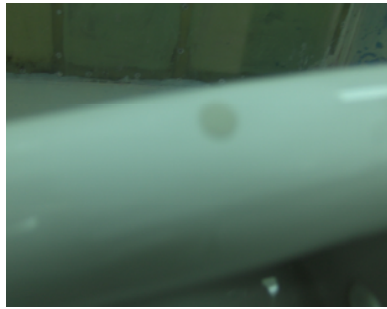
Ayrılan ürünler hatalarının çeşidine ve büyüklüğüne göre farklı malzeme ve uygulamalarla tamir edilerek, onarım için hazırlanan farklı ısıl rejimde yeniden pişirilirler.

Onarım sürecinde öncelikle tamir edilecek ürünün yüzeyi tozdan temizlenir. Bu bölgedeki hata özel aşındırıcı malzemeler kullanılarak yüzeyden uzaklaştırılır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Hatanın üründen uzaklaştırılması.

Hatanın boyutuna göre çamur, macun ya da sadece onarım sırası kullanılarak tamir yapılır (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Hatanın uygun malzemeler kullanılarak onarılması.

Tamiri yapılan ürün uygun fırın rejiminde tekrar pişirilir.

Küçük boyutlu lekelerde; hata, üründen çeşitli cihazlarla uzaklaştırıldıktan sonra bu bölgeye tamir sırası uygulaması yapılarak onarım tamamlanır. Daha büyük

boyutlu (hava gibi) hataların ürünün sır katmanının içine doğru ilerlemesi durumunda, bu bölge yine delici cihazlarla temizlendikten sonra macun üzerine tamir sıırı uygulamasıyla onarılmaktadır. Ancak, küçük çatlaklar ve büyük boyutlu hava hataları ile bünyeden gelen leke tamirlerinde önce özel olarak hazırlanan tamir çamuru, ardından macun ve tamir sıırı uygulaması yapılarak süreç sonlandırılır.

Bu aşamada kullanılan tamir sıırının kapaticılığı ve ısıı işlem sıırındaki viskozitesi oldukça önemlidir. Ayrıca, tamir sıırı öncesinde kullanılan malzemeler ile olan uyumu tamir kalitesinin artırılması açısından dikkat edilmesi gereken bir etkidir.

Kapaticılık ve erime viskozitesi sıırın kimyasal bileşimi ile ilgili özelliklerdir. Bileşimde bulunan sodyum ve potasyum feldispat, kuvars, alüminyum oksit ve zirkon oranları sıırın pişme esnasındaki akışını belirleyici parametrelerdir. Aynı zamanda yüzey özellikleri ve sıırın örtücülük özellikleri üzerinde büyük etkileri vardır.

Sıırın örtücülüğü genellikle zirkon ve çinko oksit ile sağlanmaktadır. Fakat fazla miktarda zirkonun kimyasal bileşimde yer alması zirkonun refrakter özelliği açısından pişirim sonrası yüzeyde toplanma ya da ayrışma gibi hatalara yol açabilmektedir. Bu nedenle oranlar optimum düzeyde tutulmalıdır. Kapaticılık özelliğinin iyileştirilmesi belli miktarda çinko oksit katkısıyla ile sağlanabilir [9].

Sıırın erime viskozitesinin ayarlanmasında ise kuvars ile kullanılan ergiticilerin yani Na-feldispat, K-feldispat ile Li bileşiklerinin oranları önem kazanmaktadır. Bu ergiticilerin erime sıcaklıkları iyon çapları ile orantılıdır. İyon çapı büyük olan potasyumun erime viskozitesi daha yüksekken, en küçük çaplı Li'un erime viskozitesi daha düşüktür [10].

Tamir sıırı için de kimyasal ve aşınma dayanımı oldukça önemlidir. Özellikle sıırı aşındırıcı kimyasallara karşı dayanım istenir. Sır, hem camsı hem de kristal fazları birlikte içerir ki bu arzulanan özelliklerin elde edilmesi için gereklidir. Kristal faz oranı mat sıırlarda % 20'lere kadar ulaşmaktadır. Cam faz ile kristal fazın korozyona dayanımı yüzeyin etkileşimde olduğu ortamlara bağlı olarak değişmektedir. Sıırlar için kimyasal dayanım genellikle camsı fazın kimyasal dayanımı olarak düşünülebilir. Cam asidik ortamla etkileştiğinde hidrojen iyonları

ile alkali iyon değişimleri düşünölmelidir. Bu durumda cam aę yapısı hidroksil etkisiyle zarar görür [11-12].

Ham sırlar yani suda çözünmeyen hammaddelerden üretilen sırlar hem üretim kolaylığı hem de maliyet açısından tercih edilirler. Suda çözünen hammaddeler ise genellikle frit formölasyonları şeklinde sır bileşimlerine ilave edilirler [10].

Özellikle sağlık gereci üretiminde uzun süreli ve yüksek sıcaklıklara (1200 - 1250 °C) ulaşan fırın eğrileri sonucunda kuvars dönüşümlerini tamamlanır. Tamir sürecinde sıcaklıklar biraz daha düşük olmasına rağmen süreler ilk ürün pişirime kıyasla çok daha uzundur.

5. SAĞLIK GEREĞİ SIR BİLEŞİMLERİ

Genellikle ham sırların kullanıldığı sektörde, parlaklığı artırma açısından düşük miktarda firit ilavesi ile hazırlanan sırlarda mevcuttur [6].

Asıl pişirimi tamamlanan ürünlerden istenilen görünüm ve kalite sağlanamayanlar tekrar sırlanarak iyileştirilebilmektedir. İkinci pişirimde kullanılan sırlar genellikle zirkon ile opaklaştırılmış firtsiz sırlardır. Birinci pişirime oranla daha düşük sıcaklıkta pişirilebilirler [6, 10].

Ürünlerin boyutlarının büyüklüğü nedeniyle $\alpha \rightarrow \beta$ dönüşüm sıcaklıklarında hacimsel değişim gösteren bünyedeki silika pişirim çevrimlerinin çeşitli sınırlar içerisinde yapılmasını zorunlu kılmaktadır. İkinci pişirimde hem ısıtma hem soğutma esnasında yavaş olunmalıdır. Bunun sonucunda pişirim çevrimi 20-24 saatlere ulaşmaktadır [6, 10].

Sırın ana yapısı büyük oranda kuvarstan karşılanan silika tarafından oluşturulmaktadır. SiO_2 'in güçlü bağ yapısı sırın kimyasal ve mekanik dayanımını arttırmaktadır [6, 10].

Feldispatlar ergitici olarak sır bileşiminde bulunmaktadır. Yaygın olarak albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) kullanılmakla beraber ortoklas (KAlSi_3O_8) 'ın reçetede yer alması sır viskozitesini ve fırın içindeki akış özelliklerini iyi yönde etkilemektedir. İki tür feldispatın bir arada kullanılması ile karışık alkali etkisi sayesinde bir oksitin negatif etkisi diğer oksitin pozitif etkisi ile dengelenmektedir [6, 10].

Lityum, lityum karbonat ya da lityum alüminyum silikat olarak reçetede % 2'yi geçmeyecek oranlarda bulunabilir. Isıl genleşme katsayısının ve viskozitenin ayarlanmasında etkin bir oksittir [6, 10].

Dolomit hem CaO hem MgO kaynağı olarak kullanılmaktadır. CaO mekanik dayanım kazandırılması açısından önemlidir.

Sır bileşimlerinde opaklaştırıcı olarak zirkon kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ZnO, CaO, Al_2O_3 , talk ve dolomit hammaddeleri sağlık gereği sır bileşimlerinde bulunmaktadır.

Çinko, yardımcı akışkanlaştırıcı olarak bilinir ve yüksek sıcaklıklarda (1000 °C) üzerinde viskoziteyi düşürme açısından çok aktiftir. Opaklaştırıcı sınıfına girmese de zirkona yardımcı olarak opaklığı ve beyazlığı iyileştirme özelliğine

sahiptir. Cr ve Fe gibi renk verici elementlerle reaksiyona girmesi sonucu oluşan renk değişikliği çinkonun kullanımını sınırlandırmaktadır. Çinko sadece çinko oksitten % 99 oranında saf olarak sağlanır [6, 10].

CaO kaynağı olarak kalsit ve vollastonit tercih edilir. Burada, yayınan gaz miktarı dikkatle kontrol edilmelidir. İğne deliği ve yumurta kabuğu hataları gaz oluşumunun azaltılması ile önlenmektedir [6, 10].

Çok yaygın olmamakla birlikte Ca içermeyen talk minerali Mg ve silisyum kaynağı olarak kullanılabilir. Yüzey özelliklerinin iyileştirilmesinde etkilidir [6, 10].

Sağlık gereci onarım sırtı reçetelerine girilen az miktarda Al_2O_3 ve lityum oksit sırtın yüksek sıcaklıklarda akış özelliklerini iyileştirme ve refrakterik özelliklerini ayarlama amacıyla kullanılmaktadır [6,10].

Sırtların ergime özelliklerinin düzenlenmesinde kuvars ve bazik oksitlerin tümü ve bazik oksit, Al_2O_3 ile kuvars arasındaki oran önemlidir. Sorunsuz bir sırt bileşiminde kuvarsın bazik oksitlere oranı 2 ya da 3 kat olmalıdır [6, 10].

Bazik oksitlerin ergime sıcaklığının düşürülmesi üzerine etkileri de birbirinden farklıdır. Molekül ağırlıkları arttıkça ergime sıcaklığını düşürme yönündeki etkileri artmaktadır. Alkali oksitler toprak alkali oksitlerle birlikte kullanıldıklarında en iyi sonuç elde edebilir. Metal oksitlerin ergimeye olan etkisi $PbO-Na_2O-K_2O-ZnO-CaO-MgO-BaO$ sıralamasıyla azalmaktadır [6, 10].

Yüksek sıcaklıkta eriyen porselen sırtlarda Al_2O_3 miktarı etkindir. Sırtın parlaklığını artırır. Al_2O_3 miktarı SiO_2 ile orantılı olarak yükseltilir, aralarındaki oran genellikle 1'e 10-13 arasında değişir [6, 10].

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1. Sır Reçetelerinin Hazırlanması

Hammaddeler reçetelerdeki oranlarına göre tartılıp jet kavanoz değirmene konularak 1 saat süreyle yaş öğütülmüştür. 32 mikron üzeri elek bakiye değeri % 1,5-2 seviyesine getirilmiştir. Çamurlar daha sonra 90 mikronluk elekten ve miktatıstan geçirilmişlerdir. Birinci pişirimi tamamlanmış seramik plaka üzerinde onarım uygulaması için aşındırıcı cihazla hata oluşturularak, bu bölgeye standart macun uygulanmış 12 adet plakada sırlar denenmiştir. Onarılan plakalar 20-24 saatlik bir fırın rejimiyle ikincil pişirime tabi tutulmuşlardır.

Çizelge 6.1. Sır reçetelerinde kullanılan hammaddeler

Hammaddeler	1.Piştirim Sırası												Ref.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Na-Feldispat	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
K-Feldispat	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kalsit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dolomit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	--	✓
Kuvars	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vollastonit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ZnO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zr ₂ SiO ₄	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Talk	✓	✓	✓	✓	✓	✓	--	--	--	--	--	--	--
Kaolen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Firit	✓	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Al ₂ O ₃	--	--	--	--	--	✓	--	--	--	✓	✓	✓	✓
Li ₂ CO ₃	--	--	--	--	--	--	--	✓	--	✓	✓	✓	✓

6.2. XRD Sonucunda Bulunan Kristal Fazlar

Çizelge 6.2 XRD sonucunda bulunan kristal fazlar

	Tamir sırası+Sıra	Tamir sırası
1	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars
2	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars
3	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars
4	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars, $MgAl_{26}O_{40}$
5	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars,
6	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, CaO
7	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars
8	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Kuvars, CaO
9	Zirkon	Zirkon, Kuvars
10	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars
11	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars
12	Zirkon, $K_2MgSi_5O_{12}$	Zirkon, Kuvars

11 onarım sıra reçetesi, bu amaçla kullanılmakta olan bir endüstriyel reçetenin Seger formülü ve ısıl genleşme katsayısı göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. 1 ve 2 nolu reçetelerde albit oranı arttırılırken diğer hammadde miktarları sabit tutulmuştur. 3 ve 4 nolu reçeteler de ise albit miktarı değiştirilmezken potasyum feldispat oranı yükseltilmiştir. 5 ve 6 nolu reçetelerde hem sodyum hem de potasyum feldispat arttırılmış, 7 nolu reçetede talk uzaklaştırılıp $LiCO_3$ ilavesi yapılmıştır. 8 nolu reçetede ise talk uzaklaştırılmıştır. 9, 10 ve 11 nolu reçetelere ise alüminyum oksit ve lityum karbonat katkısı yapıp, sırasıyla bileşimdeki oranları arttırılmıştır (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.3. Çalışılan sırların özellikleri

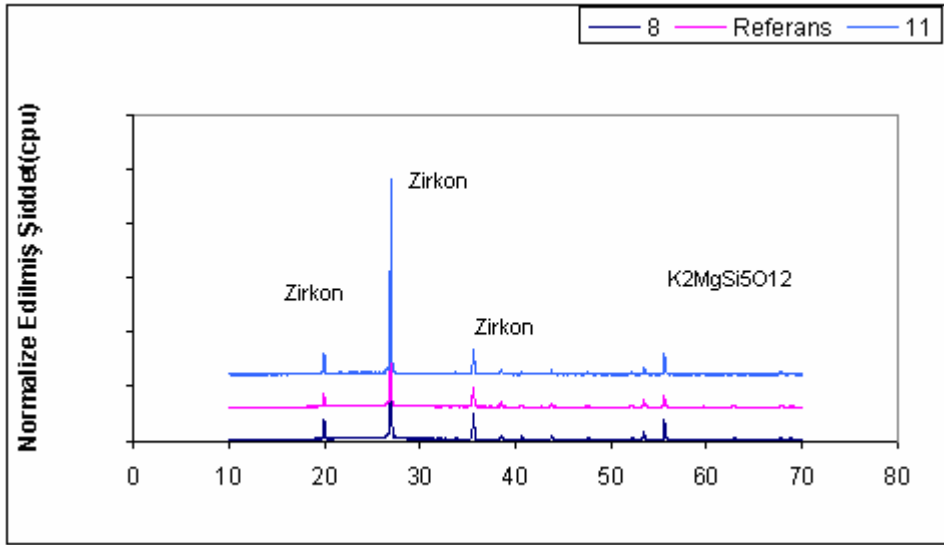
Özellikler	1. Pişirim Sırası	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ref.
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	11,4	10,7	10,2	10,5	9,9	9,3	9,5	9,5	9,1	8,7	9,7	9,4	9,5
α [$\times 10^{-7}$]	210,6	215,1	218,9	216,8	222,2	224,4	226,3	226	229,2	230,6	228,1	230,8	228
γ [din/cm]	370,7	372	372,6	371,5	371,7	373,2	369,9	370,2	370,6	371,9	368,7	367,9	367,2
Opaklık	0,45	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,49
SiO ₂ /Alkali	18,5	17,2	16,1	16,9	15,5	15,4	14,6	14,7	13,9	13,9	13,7	12,7	13,2

Onarım yapılan bölgelerden alınan örnekler önce X-ışını kırınım analiziyle (XRD), ardından enerji saçınımlı X-ışınları (EDX) bağlantılı taramalı elektron mikroskopuyla (SEM) incelenmiştir.

7. SONUÇLAR

Hazırlanan sırlarla onarılan plakalardan kesilen numunelerin XRD incelemesi sonucunda bulunan fazlar Çizelge 6.2 'de sunulmuştur. Onarım sırası birincil pişirim sırası üzerine uygulandığı için XRD analizleri hem ikisinin üst üste geldiği bölgeye hem de sadece pişmiş plaka üzerindeki tamir sırası bölgesinden alınan örneklerle uygulanmıştır.

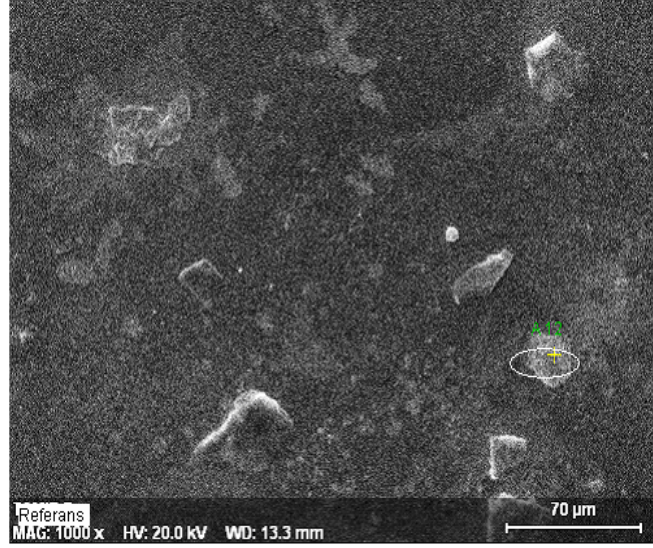
Geliştirilen sırların işletme koşullarında denemeleri de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda 8 ve 11 nolu reçetelerin referansa göre daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Uygulaması yapılan örneklerin içinde onarım kalitesi istenilen düzeyde olanlara ait XRD desenleri Şekil 7.1'de verilmiştir.



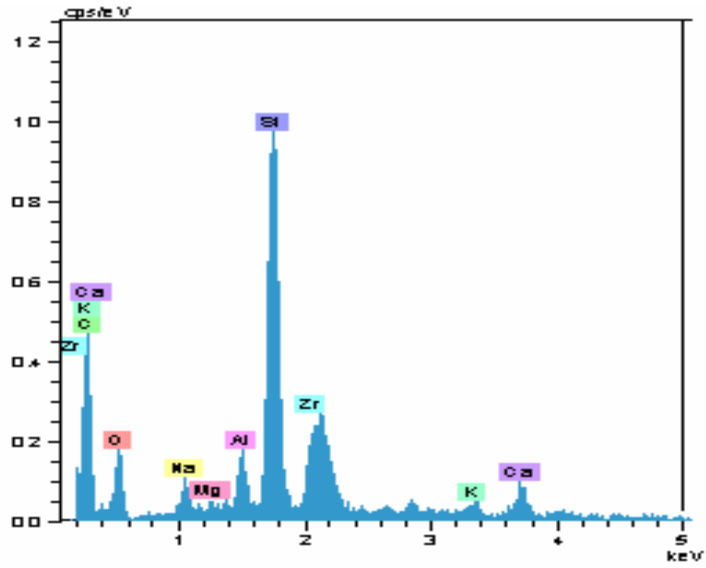
Şekil 7.1. 8, referans ve 11 sırasına (sırasıyla aşağıdan yukarıya) ait XRD desenleri.

Tamir sırası uygulanmış bölgelerin XRD incelemelerinin ardından aynı örnekler SEM ve EDX analizlerine tabi tutulmuş ve zirkon oluşumu teyit

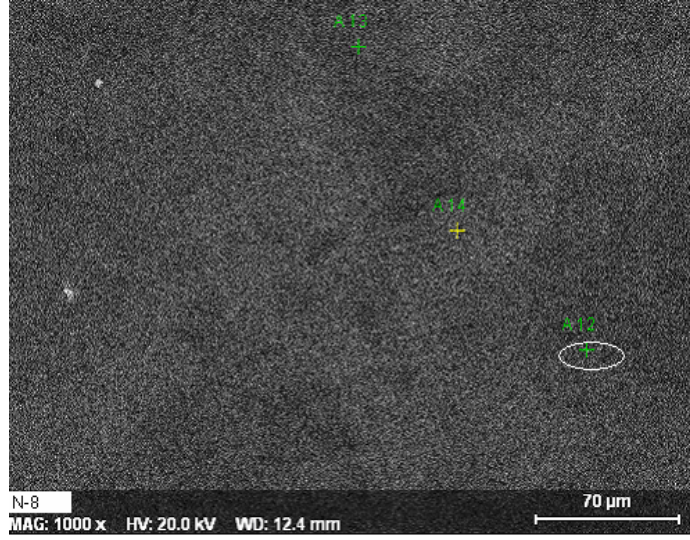
edilmiştir (Şekil 7.2-7.7). Şekil 7.2’de referans sırnın SEM fotoğrafı ve Şekil 7.3’te zirkona ait EDX grafiği verilmektedir.



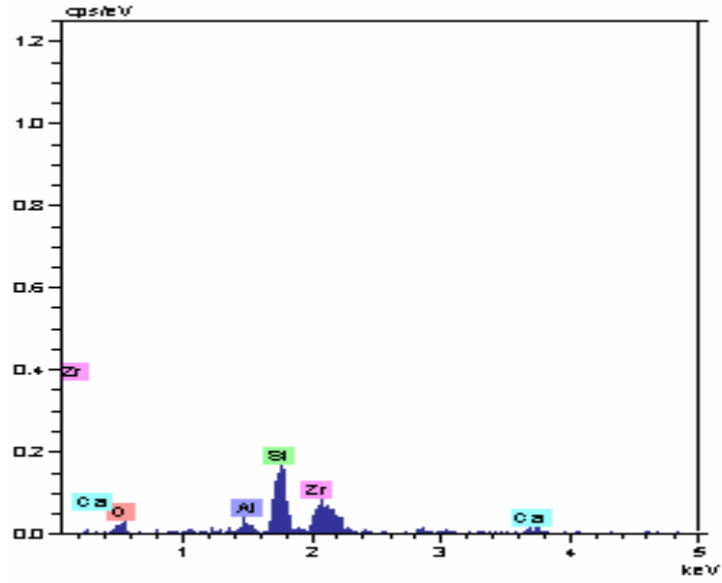
Şekil 7.2. Referans sırnın SEM görüntüsü.



Şekil 7.3. Şekil 7.2’de beyaz ile çevrili taneden alınan ve zirkon varlığını onayan EDX grafiği.



Şekil 7. 4. 8 nolu sıra ait SEM görüntüsü.



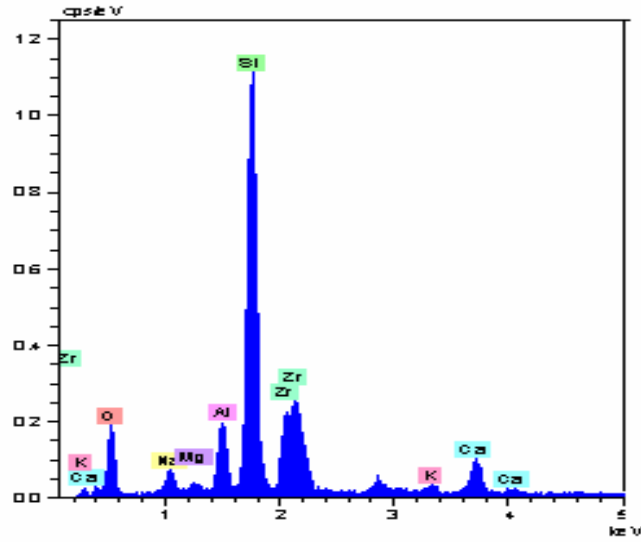
Şekil 7.5. Şekil 7.4'deki beyaz işaretli bölgeden alınan ve zirkon kristalini tanımlayan EDX grafiği.

Şekil 7.4'e göre 8 nolu sır referansa göre camsı faz içerisinde daha homojen şekilde dağılmış kristaller içermektedir. Onarımdaki kalite iyileşmesi camsı faz içerisindeki bu eşit kristal dağılımına bağlı olabilir.

Şekil 7.6, 11 nolu sırn mikro yapısını vermektedir. 11 nolu sırda da referansa kıyasla zirkon kristalleri camsı faz içerisinde iyi bir biçimde dağılmıştır. Ancak, bu açıdan en iyi görünüm 8 nolu sıra aittir [Şekil 7.4, 7.6 ve 7.7].



Şekil 7.6. 11 nolu sırn SEM görüntüsü.



Şekil 7.7. Şekil 7.6'daki beyaz halka ile işaretli kısımdan çekilen ve zirkon oluşumunu gösteren EDX grafiği.

İşletme koşullarında 8 ve 11 nolu sırlar referans sırina göre daha iyi bir onarım kalitesine sahiptir. Onarımı çok zor olan çatlak bile 8 nolu sır ile giderilmiş, herhangi bir iz bile kalmamıştır.

Sırlar alçı üzerinde kurutulmuş ve eşit ağırlıklı sır topları haline getirilmiştir. Özel hazırlanmış sır akma plakalarına yerleştirilip fırında pişirilmiştir. Sonrasında sırların başlangıç noktasından ne kadarlık bir mesafede akma sergilediği ölçülmüştür (Çizelge 7.1). 8 nolu sır birincil pişirim sırandan ve referans sırandan daha kısa akma boyuna sahiptir. Bu da yeniden pişirim sonrası ürünlerde görülen tabakadaki sır birikmelerinin önlenmesi açısından önemlidir.

Çizelge 7.1. Sırların pişirim fırınındaki akma boyları

	1.Pişirim Sırı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ref.
Fırında Akma Boyu (mm) 1240 °C	62,3	51,2	54,5	50,5	52,6	58,8	53,3	59,7	54,3	62,5	62,6	60,9	58,2

8 ve 11 nolu reçetelerin işletmede uygulanabilir oldukları işletme denemeleri sonucunda görülmüştür. Fırın içerisindeki akma boylarının yüksek olmayışı hatalı bölge üzerindeki kapaticılıklarını arttırmaktadır.

Bu sırların uygulandığı deneme plakaları, mekanik ve kimyasal dayanım testlerine maruz bırakılarak kontrol edilmişlerdir.

Seyreltik asite dayanım testi için % 3 HCl çözeltisi yüzeye dökülmüş ve 20 dk sonra yüzey su ile durulanmıştır. Deney yapılan yüzey yeterli ve düzgün yayılmış ışık altında incelenmiştir. Bu işlemin sonucunda farklı açılardan 250 mm uzaklıktan bakıldığında parlaklık ve renk farkı görülmemiştir. TSE TS 605 standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir.

Seyreltik alkaliye dayanıklılık testi için % 10'luk susuz sodyum çözeltisi yüzeye damlatılıp, 20 dakika beklendikten sonra yüzey bez ile kurulanmıştır. Yeterli ve düzgün yayılmış ışık altında yüzey özellikleri incelenmiş, renk ve parlaklık özellikleri açısından fark gözlemlenmemiştir. Bu özelliğiyle TSE TS 605 standartındaki tanımlara uygundur.

Deterjan ile kimyasal dayanımı test edilmek üzere florit minerali hafif nemli bezle yüzeye 20 defa sürtülerek yüzey temizlenmiştir. Bu işlem 5 kez tekrarlanmış ve yüzey görünümünde bir bozulma belirlenmemiştir. Bu sonuçlar ışığında TSE TS 605 standartlarının kabul sınırları içerisinde olduğu gözlenmiştir.

Son olarak sırn çatlamaya olan dayanımını belirlemek üzere otoklav testi yapılmıştır. Örneklerin $5,4 \text{ kgf/cm}^2$ basınçlı buhar içerisinde 1 saat süreyle çatlamadan dayandıkları gözlemlenmiştir.

8. TARTIŞMALAR

Değerlendirmeler, deneme plakalarında hata tamirinin yapıldığı bölgedeki hatanın kapatılma oranı, tamir bölgesinin yüzeyle uyumu, yani bütüne bakıldığında o bölümün gözle ayırt edilip edilememesi ve kullanılan macun ile uyum göz önüne alınarak yapılmıştır.

Feldispatın arttırıldığı bileşimlerde giderek daha iyi sonuçlar alınmıştır. 2 nolu reçete 1'e, 4. reçete ise 1, 2, 3 nolu deneme reçetelerine göre daha başarılıdır. Onarımın yapıldığı bölgenin daha az fark edilir durumda olduğu gözlemlenmiştir. Fakat, 5 ve 6. reçetelerde sodyum feldispat ve potasyum feldispat birlikte arttırılmış olmasına rağmen tamirin yapıldığı kısım kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Ancak, 1, 2, 3 ve 4. denemelere kıyasla daha başarılıdır.

Plaka üzerinde yapılan denemelerde en iyi kapaticılık 8 ve 11 nolu sır bileşimleriyle sağlanmıştır. Bu sırların kullanıldığı bölgedeki tamiri ayırt etmek oldukça zordur. Dolayısıyla, her iki bileşim işletme içerisinde ürün tamirinde kullanılmış ve referans ile karşılaştırılmalı olarak ürün tamiri yapılmıştır.

İşletme koşullarında 8 ve 11 nolu sırlar, referans sırina göre daha iyi onarım kalitesine sahiptir. Onarımı çok zor olan çatlak 8 nolu sır ile giderilmiş, herhangi bir iz bile kalmamıştır.

8 nolu sır birincil pişirim sırandan ve referans sırandan daha kısa akma boyuna sahiptir. Bu da yeniden pişirim sonrası ürünlerde görülen tabakadaki sır birikmelerinin önlenmesi açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Phelps G.W., Slip Casting, Ceramic Monographs-Handbook of Ceramics, Verlag Schmid GmbH, Freiburg, p1,1982.
- [2] Reed J., Introduction to the Principles of Ceramic Processing, Wiley-Interscience Publications, New York, 134-144, 230-231, p 380-386, 1988.
- [3] Funk J. E., Dinger D. R., Predictive Process Control of Crowded Particulate Suspensions, Massachusetts, p 238-248, 1997.
- [4] Shaw D. J., , Introduction to Colloid and Surface Chemistry, Third Edition, Butterworths Publications, London, p 213, 1989.
- [5] Arcasoy A., Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları, No:2, İstanbul, s 13-17, 1983.
- [6] Domenico, F., Defect in the Glazes of Ceramic Sanitaryware., Faenza Editrice, 2006.
- [7] Sümer, G., Seramik Sanayi El Kitabı, Teknik Bilimler, Ankara, 1977.
- [8] Francescon A, Pagani R, Milone R, Campolo, Dal Maschio C. La spillatura: fenomeno superficiale nei sanitari, CERAMURGIA 1998.
- [9] Fortuna D, Sanitaryware, Faenza Editrice 2000.
- [10] Taylor Bull, Ceramic Glaze Technology Pergamon Pres, Oxford England 1986.
- [11] Eppler E., Eppler D., Glazes And Glass Coatings American Ceramic Society, Ohio, 2000.
- [12] Hupa L., Bergman R., Fröberg L., Tempest S.,Hupa M., Kronberg T., Leinonen E., Sjöberg A., Chemical Resistance and Cleanability of Glazed Surfaces , Surface Science, 584 [2005]113-118.
- [13] Barson Todd, CeramicMaterials.info, Dealing with Glaze Blisters 2007 <http://www.ceramic-materials.com/education/112.html>
- [14] Barson Todd, CeramicMaterials.info, Troubleshooting Glaze Pinholing 2007 <http://www.ceramic-materials.com/education/112.html>

- [15] Ceramic Firing Faults 2007
<http://www.evenheatkiln.com/technical/cerfaults.htm>