

**KRİSTAL SIRLARIN ARAŞTIRILMASI
VE SIR İÇİNDE KRİSTAL NÜVELERİN
GELİŞTİRİLMESİ (1200 °C)**

Sanatta Yeterlik Tezi

**Soner GENÇ
Eskişehir, 1993**

T.C. ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

KRİSTAL SİRLARIN ARAŞTIRILMASI VE SIR İÇİNDE KRİSTAL
NÜVELERİN GELİŞTİRİLMESİ (1200 °C)

Sanatta Yeterlik Tezi /

Soner GENÇ

Eskişehir, 1993

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

ÖZET

Kristal sırlar yaygın olarak sanatsal seramiklerde kullanılır. Elde edilmesi son derece güçtür. Soğuk havalarda pencere camlarında donan su buharının oluşturduğu buz kristallerine benzemesi yüzünden 'kristal sır' adıyla anılırlar. Mükemmel görünüşlerinden dolayı günümüzde de seramikçilerin ilgisini çekmektedir.

Seramik sırları hakkında geniş bir literatür vardır. Fakat bu literatürde kristal sırlar hakkında fazla detaylara inilmemiştir. Bu yüzden kristal sırların araştırılmasına gerek duyulmuştur. Araştırmada çok sayıda sır denemesi özel pişirim programı ile birlikte uygulanmıştır. Ayrıca sır içinde kristal nüvelerin oluşturulması ve geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Kristal sırların artistik sırlar içindeki yeri belirlendikten sonra, kristal yapıyı oluşturan ve renklendirmede kullanılan oksitlerin etkileri araştırılmıştır. Fritle hazırlanan sırlar, ham hazırlanan sırlara göre daha başarılı olmuştur.

ABSTRACT

Crystal glazes are widely in ceramic arts. It is very difficult to obtain them. They are called 'crystal glaze', because they look like the frost on a window produced by vapor. Because of their perfect shapes, they take the attention of ceramist today.

There is a large literature on ceramic glazes. However, crystal glazes are not examined in detail. Therefore, we decide to examine these glazes in detail. In this research, we conducted different experiments using a number of glazes with special firing program. Moreover, we intend to develop crystal elements in crystal glaze.

After determining the place of crystal glazes in artistic glazes we examine the oxides that create crystal objects and used to color. Results of all experiments show that fritted glazes yield more successful outcomes than raw glazes.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vi
RESİMLER LİSTESİ	vii
GİRİŞ	1

Birinci Bölüm

SERAMİK SIRLARININ TANIMI, TARİHSEL GELİŞİMİ VE SINFILANDIRILMASI

Birinci Kısım

SERAMİK SIRLARININ TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

A- Seramik Sırlarının Tanımı	2
B- Seramik Sırlarının Tarihsel Gelişimi	3

İkinci Kısım

SERAMİK SIRLARININ SINFILANDIRILMASI

A- Bileşimlerine Göre Seramik Sırlarının Sınıflandırılması	6
B- Üretim Türlerine Göre Seramik Sırlarının Sınıflandırılması ..	7
1- Fritli Sırlar	7
2- Ham Sırlar	8
3- Tuz Sırları	8

C- Görünüş Özelliklerine Göre Seramik Sırlarının Sınıflandırılması	8
1- Aventurin Sırlar	8
2- Çin Kırmızısı Sırlar	9
3- Krakle Sırlar	10
4- Kristal Sırlar	10
5- Kül Sırları	11
6- Lüsterli Sırlar	11
7- Mat Sırlar	12
8- Raku Sırları	12
9- Seladon Sırları	12
10- Toplanmalı Sırlar	13

İkinci Bölüm

KRİSTAL SIRLARIN TANIMI, TARİHSEL GELİŞİMİ, ÖZELLİKLERİ VE PIŞİRİLMESİ

Birinci Kısım

KRİSTAL SIRLARIN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

A- Kristal Sırların Tanımı	14
B- Kristal Sırların Tarihsel Gelişimi	14

İkinci Kısım

KRİSTAL SIRLARIN BÜNYESİNDE VE RENKLENDİRİLMELERİNDE KULLANILAN OKSİTLERİN ÖZELLİKLERİ

A- Kristal Sırların Bünyesinde Kullanılan Oksitlerin Özellikleri	16
1- Alüminyum Oksit	16
2- Baryum Oksit	16

3- Bor Oksit	17
4- Çinko Oksit	17
5- Kalay-Dioksit	17
6- Kalsiyum Oksit	17
7- Kurşun Oksit	18
8- Lityum Oksit	18
9- Mağnezyum Oksit	18
10- Potasyum ve Sodyum Oksit	18
11- Silisyum Dioksit	19
12- Stronsyum Oksit	19
13- Titan Oksit	19
14- Zirkon Dioksit	19
B- Kristal Sırların Renklendirilmelerinde Kullanılan Oksitlerin	
Özellikleri	20
1- Antimon Oksit	20
2- Arsenik Oksit	20
3- Bakır Oksit	20
4- Berilyum Oksit	20
5- Bizmut Oksit	21
6- Demir Oksit	21
7- Erbiyum Oksit	21
8- Fosfatlar	21
9- Kadmiyum Oksit	21
10- Kobalt Oksit	21
11- Krom Oksit	22
12- Mangan Dioksit	22
13- Molibden Oksit	22
14- Neodyum ve Praseodyum Oksit	22
15- Nikel Oksit	22
16- Selen Bileşikleri	23

17- Ser Dioksit	23
18- Uran Oksit	23
19- Vanadin Oksit	23
20- Volfram Oksit	23

Üçüncü Kısım

KRİSTAL SIRLARIN ÖZELLİKLERİ

A- Üretim Türlerine Göre Kristal Sırların Özellikleri	24
1- Ham Kristal Sırların Özellikleri	24
2- Fritli Kristal Sırların Özellikleri	27
B- Görünüşlerine Göre Kristal Sırların Özellikleri	30
1- Makro Kristal Sırların Özellikleri	30
2- Mikro Kristal Sırların Özellikleri	32

Dördüncü Kısım

KRİSTAL SIRLARIN PIŞİRİLMESİ VE SIR İÇİNDE KRİSTAL NÜVELERİN GELİŞTİRİLMESİ

A- Kristal Sırların Pişirilmesi	33
B- Sır İçinde Kristal Nüvelerin Geliştirilmesi	35

Üçüncü Bölüm

KRİSTAL SIR ARAŞTIRMALARI

Birinci Kısım

HAM KRİSTAL SIR ARAŞTIRMALARI

A- Ham Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması	40
--	----

B- Ham Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Dikey Konumda Araştırılması	70
C- Ham Kristal Sırların, Renkli Astarlar Üzerinde Araştırılması	71

İkinci Kısım

FRİTLİ KRİSTAL SIR ARAŞTIRMALARI

A- Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması	73
B- Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Dikey Konumda Araştırılması	82
C- Fritli Kristal Sırların, Renkli Astarlar Üzerinde Araştırılması	82

Üçüncü Kısım

KRİSTAL SIRLARLA YAPILAN UYGULAMALAR

A- Püskürtme Yöntemiyle Ham ve Fritli Kristal Sır Uygulamaları	83
B- Aşılama Yöntemiyle Ham ve Fritli Kristal Sır Uygulamaları ..	83
SONUÇ	84
KAYNAKÇA	85

ÖNSÖZ

Kristal sırlar hakkında yeterli kaynak elde etmek son derece güçtür. Mevcut kaynaklarda ise, bu konu hakkında kısaca söz edilmiş, detaylarına inilmemiştir.

Araştırmada sır denemeleri 1200°C esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Temiz kaliteli hammadde ve oksitler ile çalışılmıştır.

Öncelikle bugüne kadar bu konuda araştırma yapmış seramikçilerin çalışmaları incelenip konunun temeline inilmiştir. Daha sonra mevcut imkanları zorlayarak yüzlerce sır denemesi gerçekleştirilmiştir.

Konunun araştırılmasında ve incelenmesinde Fakültemizin olanaklarından yararlanılmasını sağlayan Dekan Prof.Dr. Engin Ataç'a, önemli katkıları ve eleştirilerinden dolayı Sayın Yrd.Doç. Saadettin Aygün'e, Toprak Seramik San. A.Ş. Müdürü Nazmiye Vural'a ve araştırma süresince her türlü desteğini gördüğüm eşim Pınar Genç'e teşekkürü bir borç bilirim.

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: Ham Kristal Sır Detayı	25
Resim 2: Ham Kristal Sır Detayı	25
Resim 3: Ham Kristal Sır Detayı	26
Resim 4: Ham Kristal Sır Detayı	26
Resim 5: Fritli Kristal Sırlı Vazo	27
Resim 6: Fritli Kristal Sırlı Vazolar	28
Resim 7: Fritli Kristal Sırlı Kapaklı Form	28
Resim 8: Fritli Kristal Sır Detayı	29
Resim 9: Fritli Kristal Sırlı Vazolar	29
Resim 10: Makro Yapıya Sahip Kristal Sır Detayı	31
Resim 11: Makro Kristal Sırlı Kapaklı Form	31
Resim 12: Makro Kristal Sırlı Vazo ve Çanak	32
Resim 13: Kristal Sır Pişirim Eğrisi	34
Resim 14: Kristal Nüvelerin Oluşum Grafiği	37
Resim 15: Değişik Sıcaklıklarda Kristal Nüvelerin Gelişimi	37
Resim 16: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Yatay Konumda Uygulanması	41
Resim 17: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Yatay Konumda Uygulanması	41
Resim 18: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Yatay Konumda Uygulanması	42
Resim 19: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Yatay Konumda Uygulanması	42

Resim 20: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Dikey Konumda Uygulanması	71
Resim 21: Ham Kristal Sırların Renkli Astarlar Üzerinde Uygulanması	72
Resim 22: Fritlemenin Yapıldığı Döner Frit Fırını	74
Resim 23: Frit Fırının Doldurulması	74
Resim 24: Eriyen Fritin Fırından Boşaltılması	75
Resim 25: Eriyen Fritin Su İle Şoklanması	76
Resim 26: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması	79
Resim 27: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması	79
Resim 28: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması	80
Resim 29: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması	80
Resim 30: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması	81
Resim 31: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması	81

GİRİŞ

Kristal sırların elde edilmesi güç olduğundan son derece titiz bir çalışmayı gerektirir. Artistik sırlar içinde en çok ilgiyi çeker. Bu ilgi doğrultusunda günümüzde bu sırların bünyeleri ve formülleri olabildiğince gizli tutulmuştur. Yanlış olan bu tutumu biraz hafifletmek için denemesi yapılan tüm formüller araştırmada yazılı olarak sunulmuştur.

Araştırmanın birinci bölümünde sırların tanımı, tarihsel gelişimi ve sınıflandırılması yapılmıştır. Böylelikle kristal sırların yeri ve önemi belirlenmiştir.

İkinci bölümde kristal sırlar tanımlanarak tarihsel gelişim süreci irdelenmiştir. Ayrıca, bünyesinde ve renklendirilmelerinde kullanılan oksitlerin kristal bünyelerde yaptığı etkiler anlatılmıştır. Kristal sırların özellikleri, pişirilmeleri ve kristal nüvelerin geliştirilmesinde izlenilecek yöntemler detaylarıyla sunulmuştur.

Son bölümde ise, denemesi yapılan ham ve fritli kristal sırların formülleri verilerek uygulamadaki değişik yöntemler anlatılmıştır.

Birinci Bölüm

SERAMİK SIRLARININ TANIMI, TARİHSEL GELİŞİMİ VE SINIFLANDIRILMASI

Birinci Kısım

SERAMİK SIRLARININ TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

A- Seramik Sırlarının Tanımı

Sır, Seramik çamurlarının üzerinde, artistik ve endüstriyel amaçla kullanılan, pişirim sonucunda elde edilen, kullanma yüzeylerini dış etkenlere daha dayanıklı hale getiren ince bir cam tabakasıdır.

“Seramikte ‘sır’ olarak adlandırılan madde, seramik çamurunu ince bir tabaka şeklinde kaplayarak onun üzerinde eriyen cam veya camsı bir oluşumdur. Seramik sırları olarak adlandırdığımız bu camların erime noktaları daima üzerine çekildiği çamurdan daha düşüktür” (Arcasoy, 1988, s. 162).

Seramik sırları endüstriyel anlamda kullanıldığında hatasız olmaları gerekir. Kullanım yerine göre sırların uzun yıllar özelliklerini yitirmemeleri istenir. Artistik amaçlarla kullanılan sırlarda bu gibi zorunluluklar yoktur. Yerine göre toplanmış, çatlamış, kavlanmış sırlar formla ve verilmek istenen mesajla bir bütün oluşturur.

Artistik amaçla kullanılan çok sayıda sır çeşidi vardır. Bu sırlar derecelerine ve hazırlanmış şekillerine göre birbirinden ayrılırlar. Seramik sanatında genellikle bu tür artistik sırlar tek tek ya da birkaçı bir araya getirilip, gruplar halinde yan yana yada üst üste kullanılırlar.

B- Seramik Sırlarının Tarihsel Gelişimi

İnsanlık tarihinde seramik kap-kacak çok önemli bir yer tutmuştur. Bilinen en eski çömlekler M.Ö. 6000 yıllarında Anadolu'da Çatalhöyük'te bulunmuştur. Seramik Sırlarının bulunmasıyla ve geliştirilmesiyle seramiğin kullanım alanı giderek genişlemiştir. Bilinen ilk sırlı seramikler Mısır'lılar tarafından yapılmıştır. Nil nehrinin yataklarından elde edilen ince kumun içine soda ve renklendirici ilave edilerek yüzeyi parlak seramikler yapılmıştır. Tesadüfen yapıldığı sanılan bu sırlar Mısır'da günümüzden 5000 yıl öncesine kadar kullanılmıştır.

Mısır'da bolca bulunan malzemelerin başında malahit gelmektedir. Malahit, mavi-gri renkte bakır içeren bir mineraldir. Eski Mısır'da malahit öğütülerek toz haline getirilir ve kadınlar tarafından göz farı, soda ise temizlik malzemesi olarak kullanılırdı. Mısır'lılar malahit, soda ve ince kumu su ile karıştırarak boncuk ve muska gibi eşyaları kalıpta basarak biçimlendirmişlerdir. Yapılan bu eşyalar kuruyunca bileşimlerindeki eriyebilen tuzlar yüzeyde toplanır ve fırınlamada da

açık maviden turkuaz rengine doğru bir çeşitlilik gösteren yarı mat bir sır elde edilirdi. Daha sonra da renk paleti geliştirilerek zarif küçük şişeler ve ecza kapları yapılmıştır.

“Alkali oranı çok yüksek olan bu sırların sakıncaları vardı. Çatlama ve piştikten sonra bünyeden ayrılma gibi. Bu sakıncalar, Asur ve Babil'liler tarafından sırda kurşun oksit kullanılana kadar devam etmiştir” (M.Ö. 1600-1500) (Tanışan-Mete, 1988, s. 153).

“Asur ve Babil'liler fırınlanmış çamur yüzeyinde sırn nasıl uygulanacağını ilk bulanlardı. Önce saray duvarlarını süslemede kullanılan tuğlaların yüzeylerinde, sonra da çömleklerde sır kullandılar. Sır genellikle parlak bir firuze mavisi rengindeydi. Ancak dayanıklı bir sır elde edebilmekte karşılaşılan teknik güçlükler yıllar sonra göğüslenebildi” (Cooper, 1978, s. 16).

Orta Doğu'da ve Mısır seramiklerinde kullanıldığı halde Yunan ve Roma seramiklerinde halen sır kullanılmıyordu. Yapılan çömleklerde defalarca süzölmüş ince kilden renklendirilmiş zinter astar kullanılıyordu (M.Ö. 1000).

Ülkeler arasında ticaretin gelişimiyle Roma'lı çömlekçiler, Mısır'lılardan sırlama tekniğini öğrenmişlerdir. Sodalı ve potashlı sırlar yerine kurşunlu sırları kullanarak seramiklerini dekorlamışlardır.

“Sır tekniği Orta Doğu'dan Çin'e M.Ö.300-250 yılları arasında geçmiştir. Çin'de de önce alkalili, daha sonra kurşun ergiticili sırlar kullanılmış, renkli sırlar, demir ve bakır bileşikleri ilavesiyle yapılmıştır. Porselen ve yüksek ısıda pişen ilk sırlar Çin'de bulunmuştur” (Tanışan-Mete, 1988, s. 153).

Orta Doğu'da, Çin'de üretilen seramikler ve porselenler uzun yıllar aranan ürünler olmuştur. Avrupa'da da seramik ve porselen tekniğinde ilk gelişmeler ancak 15. yy. da başlamıştır. Çin'den getirilen beyaz renkte üretilen sırlı seramikler "çini" ismiyle anılmıştır. Avrupa'da kaliteli beyaz çamurlu seramiklerin üretimleri ancak 15. yy. da gerçekleşmiştir.

"1709 yılında Avrupa'da Johann Friedrich Böttger tarafından ilk sert porselen ve sırlı bulunmuş olup, 1710 yılında Avrupa'da Meissen'de ilk porselen fabrikası kurulmuştur. Porselen sırları üzerinde 1870'lerde Herman Seger araştırmalar yapmıştır" (Tanışan-Mete, 1988, s. 153).

Seger, seramik sırlarını molekül olarak ifade edip, bu moleküllerin oranlarını, birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koyarak seger formülünü bulmuştur. Günümüzde halen bu oranlar kullanılarak seramik sırları hazırlanmaktadır.

İkinci Kısım

SERAMİK SIRLARININ SINIFLANDIRILMASI

A- Bileşimlerine Göre Seramik Sırlarının Sınıflandırılması

Seramik sırlarının bünyesini oluşturan malzemeler sırtı oluştururken aynı zamanda da görünüşlerine etkide bulunur. Artan oranlarına göre sırtın akışkanlığı hızlanır yada yavaşlar. Kurşunlu sırlar, bünyesinde PbO ihtiva eden sırlardır. PbO sırlara sırtçalaştırılarak alınırsa sağlık açısından zararları ortadan olabildiğince kaldırılmış olur. Kurşunlu sırlara bor oksit (B_2O_3) ilavesiyle kurşunlu borlu sırlar elde edilir. Oranlarının artmasıyla da akışkanlık artar. Borlu sırlar sırtçalaştırılmalıdır. Kurşun oksitin azaltılması yada tamamen ortadan kaldırılıp bor oksitin kullanılmasıyla oluşturulan sırlara renklendirici ilave edildiğinde çok güzel sonuçlar elde edilir. Alkalilerin (Na_2O K_2O) sırda yer almasıyla sırtın erime noktası yükselir ve çatlamlar gözlenir. Bunun yanında kurşun oksidin sarı renge boyadığı sır, renksiz-saydam hale dönüşür. Böylece alkalili sırlar elde edilir. Zehirsiz olduklarından sırtçalaştırmaya gerek yoktur. Bu doğrultuda seramik sırları bileşimlerine göre şu şekilde sınıflandırılır.

“1- Kurşunlu Sırlar

- a. Borlu Sırlar
- b. Borsuz Sırlar
- c. Basit Kurşunlu Sırlar
- d. Karışık Kurşunlu Sırlar

2- Kurşunsuz Sırlar

- a. Borlu Sırlar
- b. Borsuz Sırlar
- c. Bol Alkalili Sırlar
- d. Düşük Alkalili Sırlar

3- Çok Akışkan Sırlar

4- Az Akışkan Sırlar” (Arcasoy, 1988, s. 176).

B- Üretim Türlerine Göre Seramik Sırlarının Sınıflandırılması

Seramik sırları kullanıldıkları alana ve içerdikleri malzemelerin özelliklerine göre üretimlerinde farklılıklar gösterirler. Bu farklılıklar göz önüne alınarak üretim türlerine göre sırlar şöyle sınıflandırılır.

1- Fritli Sırlar

Sırları oluşturulan malzemelerin tamamı yada bir kısmı önceden eritilip cama dönüştürülür. Bu işleme fritleme yada sırçalaştırma denilir. Fritleme işleminden geçmiş sırlar ‘fritli sırlar’ olarak adlandırılırlar. Fritlemenin nedenleri:

- “- Suda çözünen maddeleri suda çözünmez silikatlara dönüştürmek.
- Zehirli maddeleri diğer maddelere bağlayarak zehirsiz hale getirmek.

- Sırlara daha düşük pişme sıcaklığı sağlamak.
- Renk veren oksitlerin sır içinde daha iyi dağılmasını sağlamak ve boyama gücünü arttırmak". (Arcasoy, 1988, s. 182).

2- Ham Sırlar

Fritleme işlemine gerek duyulmaksızın hazırlanan ve direkt olarak kullanılan sırlara 'ham sırlar' denir. Genelde 1200 °C ve üstünde çalışılan sırlar (örneğin porselen sırları) fritsiz hazırlanır ve bu tür sırlarda fritlemeye gerek duyulmaz.

3- Tuz Sırları

Açık alevli fırınlarda (odunlu, kömürlü ve akaryakıtlı 1200-1300 °C arasında fırın içine tuz serpilerek 'tuz sırları' elde edilir. Pişirimin sürdüğü sırada atılan tuz buharlaşır ve çamurdaki silis ve alüminyum oksit ile birleşerek, sodyum-alüminyum-silikatı (camı) oluşturur. Çamurun içinde bulunan kilin rengine göre, sır renk alır.

C- Görünüş Özelliklerine Göre Seramik Sırlarının Sınıflandırılması

Pişirimden çıkan sırlar görünüş özelliklerine göre farklılık gösterirler. Bu farklılıklar sırn bünyesini oluşturan malzemelerin ve pişirim tekniklerinin çeşitliğinden kaynaklanır.

1- Aventurin Sırlar

Sodyum ve bor oksit içeren bir sırn demir ve krom oksit ile doyurulması sonucu elde edilir. Demir oksit ile doyurulan sıra demir

aventurini sır, krom oksit ile doyurulan sıra ise krom aventurini sır denir. Parlıtlı kristaller sırn içine gömülü halde bulunur.

“Bir aventurin sırnın bileşimine genellikle %10-15 oranı arasında demir oksit girer. Ergime derecesinde çok yüksek bir akışkanlığı olan aventurin sırları ile sırlanmış parçaların, dip kısımlarının fırın plakalarına yapışmamalarını sağlamak için, bu parçalar önce ince bir tabaka mat sırla örtülür” (Ayta, 1976, s. 80).

“Soğumanın çok çok yavaş yapılması sonucunda güzel efektler elde edilir. En iyi sonuçları ise, terra-cotta (pişmiş kırmızı çamur) üzerinde gerçekleşir” (Eley, 1978, s. 83).

Buna rağmen seri üretim gerektiren formlar üzerinde kullanılması, akıcılığın fazla olmasından dolayı güçtür. Özgün formlarda, sürprizlere açık olarak kullanılabilen bir sırdır.

2- Çin Kırmızısı Sırlar

“Redüksiyon sırları arasında en çok bilinen ve uygulanan Çin Kırmızısı adıyla tanınmış Öküz Kanı Kırmızısı'dır. Elde edilmesi son derece güç olan bu sır, Uzak Doğu çömlekçilerinin çağlar boyunca merak ve ilgisini çekmiştir” (Ayta, 1976, s. 86).

Ming döneminden kaldığı sanılan tek renkte (pembe ve kırmızı) üretilen gülabdanlıklara günümüzde rağbet çoktur.

Çin Kırmızısı sırlar redüksiyonlu pişirim sonucunda elde edilir. Bakır oksidin (CuO), bakır oksidul (Cu₂O) şekline dönüşmesi

sonucunda kırmızı renk elde edilir. Pişirimde kullanılacak fırın odunlu, kömürlü yada gazlı olmalıdır. Redüksiyon yapmanın güçlüğü ve fırın tellerine verilecek zarardan dolayı, Çin kırmızısı rengin elde edilmesinde elektrikli fırın tercih edilmez.

3- Krakle Sırlar

“Kraikle sırlar uzun yıllar seramiklerin üzerinde kullanılmıştır. Çatlamış (Feldspatlı) sırlar, Çin’li çömlekçiler tarafından sıkça tercih edilmiştir” (Behrens, 1972, s. 21).

Kraikle sırların elde edilmesinde izlenen yöntemler şunlardır:

Sırın içindeki Na_2O , K_2O ve Li_2O arttırılır, bunun yanında çamurdaki SiO_2 ve CaO azaltılır. Böylece genleşmeler artar ve çatlamlar ortaya çıkar. Çatlaksız bir sırı çatlatmak için ise sır sıcak iken suyun altına tutulur. Böylece yapay çatlaklar oluşturulur. Bu çatlakların içine mürekkep tampon edilirse çatlaklar belirginleşir ve kraikle sırlı ürün ortaya çıkar.

Sadece yatay yüzeylerde elde edilen bir diğer kraikle sır ise, cam ve fritlerin pişirilmesiyle elde edilir. Çatlamayı arttırmak için fırın ısısı biraz fazla tutulur ve soğuma sırasında çatlaklar ortaya çıkar.

4- Kristal Sırlar

Genelde yüksek pişirim sonucunda elde edilen ve dekoratif amaçla kullanılan bir sır türüdür. Kristal nüveler sırın yüzeyinde oluşur. Elde

edilmesi son derece güçtür. İçeriğindeki maddelerin yanı sıra pişirim derecesi ve soğutma gibi faktörler kristal oluşumunu büyük ölçüde etkiler.

5- Kül Sırları

Kül sırları ilk kez Çin'de yapılmıştır. Yüksek sıcaklığa (1200 °C) çıkılmaya başlandığı yıllarda, açık alevli (odunlu) fırınlarda çıkan küllerin, seramiklerin üzerine çökmesi ve çamurun üzerinde erimesiyle ince bir camsı tabaka oluştuğu gözlenmiştir. Daha sonra bu olay geliştirilerek odun külü, kil ve feldspatla hazırlanan kül sırları elde edilmiştir.

6- Lüsterli Sırlar

“Yüzeylerinde indirgeme ile elde edilen sedefli, metalik ve dalgalı renkli görünümler oluşan sırlardır. Saydam veya renkli bir sır alınarak %10-20 oranında gümüş klorid veya gümüş nitrat katılarak çok iyi karıştırılır. Bu karışım ile sırlanan parça normal olarak pişirilir ve soğuma sırasında, yaklaşık 900-600 °C sıcaklıklar arasında, çok fazla duman çıkarabilen maddeler ile, örneğin katran, yağ, naftalin ile gümüşün indirgenmesi yapılır. Daha iyi lüsterler elde etmek için, bizmut katkısından yararlanılır” (Arcasoy, 1988, s. 236).

Seramik sırlarına %1-5 oranları arasında metalik tuzlar yada karbonatlar konulup pişirildikten ve soğuma sırasında indirgeme yapıldıktan sonra lüsterli sırlar elde etmek mümkündür.

7- Mat Sırlar

Genelde örtücü özelliğe sahip olan bu sırlar ışığı olabildiğince az yansıtan sırlardır. Altındaki çamurun istenmeyen özelliklerini gizlediğinden avantajları vardır. Fakat sırlama sırasında hataları olduğu gibi gösterdiği için uygulamaların çok iyi yapılması gerekir.

Normal parlak bir sırnın içine mermer, kaolin, kuvarz, titan, kalay, çinko ve zirkon oksit katkısıyla mat sır elde etmek mümkündür.

8- Raku Sırları

Diğer seramik sırlarından farklıdır. Sır pişirimi ani olarak kızgın fırında yapılır. Raku sırlarının uygulandığı çamurlar ani sıcaklık şoklarına dayanıklılık göstermelidir. O yüzden çamurun içindeki şamot oranı ve refrakter kil oranı yüksek tutulmalıdır. Ön pişirimi yapılmış rakular sırlanır ve sıcak fırının içine konur. Sırın eridiği gözlendikten sonra ürün dışarıya bir maşa yardımıyla alınır ve soğumaya bırakılır. Raku sırlarının avantajı, çok kısa sürede pişirimin gerçekleşmesidir. Fakat maşa izlerinin ürünler üzerinde yer almaları da, istenmeyen özelliklerdir.

9- Seladon Sırları

Ülkemizde Mertebani ismiyle anılan seladon sırlı porselenlerin en eskileri Sung devrine aittir. Mertebani tabakların şekilleri toprak çömleklere benzer, kenarları ve ortaları oldukça derindir. Zeminde seladona özgü yeşil renkte, kabartma lotüs çiçekleri ve ejderha figürleri bulunur. Seladon sırları, Çin kırmızısı ve lüsterli sırlar gibi redüksiyon pişirimi ile elde edilir.

10- Toplanmalı Sırlar

Kullanıldığı çamurun üzerinde adacıklar şeklinde toplanarak, artistik ve endüstriyel amaçlarla kullanılan bir sır çeşididir. Toplanmalı sırlar, endüstriyel anlamda yer ve duvar karolarında kullanılır. Sırın toplanmasının nedeni, sırın içinde yüzey gerilimi arttırıcı oksitlerin (CaO, MgO, ZnO, NiO, Cr₂O₃, V₂O₅, Al₂O₃, SnO₂) yüksek oranlarda kullanılmasıdır. Renkli çamurlar üzerinde kullanıldığında artistik etkisi daha fazla olmaktadır.

İkinci Bölüm

KRİSTAL SIRLARIN TANIMI, TARİHSEL GELİŞİMİ, ÖZELLİKLERİ VE PİŞİRİLMESİ

Birinci Kısım

KRİSTAL SIRLARIN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

A- Kristal Sırların Tanımı

Soğuk havalarda, pencere camlarında donan su buharının kristallerine benzeyen görüntüler veren sır yüzeyinde oluşan kristal nüvelerdir. Kristal görüntüleri veren en küçük oluşum birimlerine kristal nüve adı verilir.

Kristal sırları elde etmek son derece güç bir uğraş gerektirir. Elde edilen kristal sırlar renklendirici oksit ve boyalarla birlikte çok güzel görüntüler verirler.

B- Kristal Sırların Tarihsel Gelişimi

"Zamanımızdan çok evvel XII. asırda Japonya'da iğne şeklinde kristalleri bulunan sırlara rastlanmaktadır. Avrupa'da bu sahada ilk

araştırmalara 1847-1852 yıllarında Sevres'de Ebelman tarafından başlanmış ve daha sonraları Lauth ve Datailly tarafından yürütülmüştür. Fakat ilk defa seri halde imali Kopenhag Kraliyet Porselen Manifaktür tarafından yapılmış ancak daha sonra Sevres Porselen Manifaktürü tarafından imalata alınmıştır" (İşman, 1969, s. 58).

1893 yılında Avrupa'lı seramikçilerden sağlanan kristal sırlı dekorlu seçkin vazolar, Amerika Birleşik Devletleri'nde Rookwood Fabrikasında sergilenmiştir.

Royal Porselen Fabrikasında 1880 yılında ilk kez yapılan kristal sırlar, 1900 ve daha sonra ki yıllarda çeşitli renklerde üretilmiştir.

Kristal Sırların çekiciliği karşısında birçok seramikçi bu sırlarla ilgilenmiştir. Fakat, yetersiz yazılı kaynak ve malzemeler ile yapılmalarında ki güçlükler nedeniyle bu konu seramikçileri bir hayli zorlamıştır.

Kristal sırlar üzerine araştırma yapan seramikçilerden bazıları şunlardır: A.M. Blakely, Ralph L. Cook, Jak Feltman, H.B. Fox, W.L. German, V.K. Haldeman, W. Horak, F.A. Koerner, J. Koerner, S. Kondo, Junius F. Krehbiel, J.S. Lathrop, Sigrid May, Tony Menzer, L.H. Minton, F.H. Norton, C.W. Parmelee, Wilhelm Pukall, Ross. C. Purdy, B.S. Radcliffe, C.C. Rand, F.H. Riddle, Ayca Riedinger, H.G. Schurecht, Felix Singer, R.T. Stull, H. Thiemecke, Milton A. Tuttle, Wolsey G. Worcester, W.H. Zimmer.

İkinci Kısım

KRİSTAL SIRLARIN BÜNYESİNDE VE RENKLENDİRİLMELERİNDE KULLANILAN OKSİTLERİN ÖZELLİKLERİ

A- Kristal Sırların Bünyesinde Kullanılan Oksitlerin Özellikleri

Kristal ve diğer sırların bünyelerinde kullanılan oksitler, kristal oluşumuna yaptıkları etkiler yönünden incelenmiştir.

1- Alüminyum Oksit (Al_2O_3)

Kristal sırlarda kullanılması olumsuz sonuçlar doğurur. Sırın viskozitesini yükselterek kristal oluşumunu engeller. Bu yüzden kristal sırlarda alüminyum oksit minimum ölçüde kullanılmalıdır. Alüminyum oksit, sırlara direkt alüminyum oksitten yada kil, kaolen ve feldspatlardan alınır.

2- Baryum Oksit (BaO)

Kristal sırlarda kullanılan bir oksittir. Yüksek oranlarda kullanıldığında sırın viskozitesini yükseltir ve kristal oluşumunu engeller. Baryum oksit sırlara baryum karbonat ve baryum silikattan alınır.

3- Bor Oksit (B_2O_3)

Kristal sırlarda sıkça kullanılan bir oksittir. Sırın viskozitesini düşürür ve kristal oluşumunu arttırır. Bor oksit sırlara, kalsiyum borat, çinko borat, asitborik, boraks, üleksit, kolemanit ve pandemit gibi hammaddelerden alınır.

4- Çinko Oksit (ZnO)

Kristal sırlar da sıkça kullanılan bir oksittir. Seger formülünde 0,3 molün üzerinde kullanıldığında sırın viskozitesini yükseltir ve sıramatlık verir. Düşük genleşme katsayısı nedeniyle sırlardaki kılcal çatlakları önler. Sırda kristal nüvelerin oluşması için, çinko oksit oranı seger formülünde 0,6 mol civarında kullanılır ve alüminyum oksit azaltılır. Çinko oksit sırlara, çinko oksit, çinko karbonat ve çinko borattan alınır.

5- Kalay Dioksit (SnO_2)

Kristal sırlarda tercih edilmeyen bir oksittir. Kristal oluşumunu engeller. Diğer sırlarda örtücülük ve opaklık elde etmek için kullanılır. Kalay dioksit sırlara kalay dioksitten alınır.

6- Kalsiyum Oksit (CaO)

Kristal sırlarda pek tercih edilmez. Sırın viskozitesini yükselterek matlık kazandırır ve kristal oluşumunu engeller. Kalsiyum oksit sırlara, mermer, dolomit, volastonit, üleksit ve kalktan alınır.

7- Kurşun Oksit (PbO)

Kristal sırlarda kullanılır fakat fazla oranlarda kullanıldığında kristal oluşumunu azaltır. Sırın viskozitesini düşürür ve renk veren oksitlerin sırın içinde daha iyi dağılmasını sağlar. Kurşun oksit sırlara, sükyen, mürdesenk, kurşun karbonat ve üstübeçten alınır.

8- Lityum Oksit (Li₂O)

Kristal sırlarda, kristal oluşumunu hızlandırır. Artan oranlarında kristal nüvelerinin boyutları da büyür. Sırlarda ergitici görev de yaparak sırın viskozitesini düşürür ve sıra parlaklık kazandırır. Lityum oksit sırlara, lepidolit, petalit, spodumen, lityum alüminat, lityum karbonat, lityum silikat, lityum titanat ve lityum-zirkon silikattan alınır.

9- Mağnezyum Oksit (MgO)

Kristal oluşumunu engeller. Sırın viskozitesini yükselterek mat bir görünüş kazandırır. Artan oranlarda kullanıldığında toplanmalı sırlar elde edilir. Sırlara, mağnezit, dolomit ve talktan alınır.

10- Potasyum ve Sodyum Oksit (K₂O, Na₂O)

Kristal sırlarda sıkça kullanılırlar. Sırın viskozitesini düşürürler ve kristal oluşumunu arttırırlar. Bazik oksitler grubunda 1 mol oldukları zaman en iyi sonuçları verirler. Potasyum oksit sırlara, potas, potasyum nitrat ve potasyum feldapattan, sodyum oksit ise, soda, boraks, Şili küherçilesi ve sodyum feldspattan alınır.

11- Silisyum Dioksit (SiO₂)

Genelde tüm sırlarda kullanılan silisyum dioksit, kristal sırlarda da sıkça kullanılır ve cam oluşumunu sağlar. Sodyum, çinko ve titan oksit ile birlikte en güzel kristallerin oluşmasını sağlar. Sırlara, kuvarz, kil, kaolen, feldspat, baryum silikat, volastonit, lityum silikat, spodumen, petalit, talk ve zirkon silikattan alınır.

12- Stronsyum Oksit (SrO)

Kristal oluşumunu engeller. Sırın viskozitesini yükselterek matlık kazandırır. Parlak sırların mat sırlara dönüştürülmesinde kullanılır. Sırlara, stronsyum karbonattan, alınır.

13- Titan Dioksit (TiO₂)

Kristal sırlarda sıkça kullanılır. Sırları matlaştırmasına rağmen sodyum ile birlikte kristal oluşum hızını artırır. Sırlara, titan oksitten alınır.

14- Zirkon Dioksit (ZrO₂)

Kristal sırlarda, zaman zaman kullanılmasına karşın artan oranları kristal oluşumuna ters etkide bulunur. Sırların viskozitelerini yükselterek matlık kazanmalarına yol açar. Sırlara zirkon oksit ve zirkon silikattan alınır.

B- Kristal Sırların Renklendirilmelerinde Kullanılan Oksitlerin Özellikleri

Kristal ve diğer sırların renklendirilmelerinde kullanılan oksitler, kristal oluşumuna yaptıkları etkiler yönünden incelenmiştir.

1- Antimon Oksit (Sb_2O_3 , Sb_2O_5)

Sırdaki kurşun oksit ve titan oksit ile birleşerek kristal oluşturma hızını arttırır. Ayrıca sırnı rengini sarıya boyayarak daha güzel görülmesini sağlar.

2- Arsenik Oksit (As_2O_3 , As_2O_5)

Kristal sırlarda, örtücü-beyaz renk verme özelliğine sahip olmasından dolayı pek kullanılmaz.

3- Bakır Oksit (CuO , Cu_2O)

Kristal sırları renklendirmede sıkça kullanılır. Yeşilin değişik renklerini veren bakır oksit, kristal oluşumuna olumlu yönde katkılarda bulunur. Artan oranlarda kullanıldığında sırnın içinde yer yer metalik kristaller oluşur.

4- Berilyum Oksit (BeO)

Genelde matlaştırıcı özelliği olup renk verici özelliğe sahip değildir. Ancak indirgen atmosferde renk verir. Kristal oluşumu hızlandırır ve diğer renk veren oksitlerin, sırnın içinde daha homojen dağılmasını sağlar.

5- Bizmut Oksit (Bi_2O_3)

Sırların içinde eritici özelliğe sahiptir ve altın sarısı kristallerin elde edilmesini sağlar.

6- Demir Oksit (Fe_2O_3 , FeO , Fe_3O_4)

Kristal oluşturmaya yatkındır ve sırn rengini kırmızı kahveden, koyu kahverengiye kadar değişik tonlarda boyar. Artan oranlarında sırn yapısını da etkiler ve kristalleri sırn içinde gömülü olan, aventurin sırn oluşturur.

7- Erbiyum Oksit (Er_2O_3)

Kristal sırların renklendirilmelerinde seyrek olarak kullanılır. Katıldığı sırn rengini pembeye boyar.

8- Fosfatlar ($\text{CaO}_3(\text{PO}_4)_2$, BPO_4)

Kristal sırların renklendirilmelerinde pek kullanılmaz. Çünkü artan oranları sırn matlaşmasına yol açar.

9- Kadmiyum Oksit (CdO)

Kristal sırlarda sıkça kullanılır. Katıldığı sırn sarı ve kahverengi tonlarında boyar. Kristal oluşumunu hızlandırır.

10- Kobalt Oksit (CoO , Co_2O_3 , Co_3O_4)

Kristal sırlarda sıkça kullanılır. Kuvvetli bir boyama gücüne sahip olmasının yanında iyi bir kristal yapıcı oksittir. Katıldığı sırları maviden, koyu laciverte kadar değişen renklerde boyar.

11- Krom Oksit (Cr_2O_3)

Yüksek oranda kurşun oksit içeren sırlara katıldığında düşük derecede krom kırmızısı kristaller elde edilir. Yüksek dereceli kristal sırları ise yeşile boyar.

12- Mangan Oksit (MnO_2 , MnO)

Kristal yapıcı ve renklendirici özelliğinden dolayı sırlarda sıkça kullanılır. Kahverenginin tüm tonlarını elde etmek mümkündür. Yüksek oranlarda kullanıldığında sırı matlaştırırken kendine özgü mangan kristallerini oluşturur.

13- Molibden Oksit (MoO_2 , MoO_3)

Katıldığı sırnın viskozitesini düşürür ve kristal oluşumunu hızlandırır. Genelde sarı tonlarını verirken, bol çinkolu, silisli sırlarda yıldız ve çiçek şeklinde kristaller oluşturur.

14- Neodyum ve Praseodyum Oksit (Nd_2O_3 , Pr_2O_3)

Genelde seramik boyalarının hazırlanmalarında kullanılırlar. Katıldığı sırları mor ve tonlarında boyar.

15- Nikel Oksit (NiO , NiO_2O_3)

Diğer sırlarda olduğu gibi, kristal sırlarda da nikel oksit toplamalara neden olur. Sıra katıldığı orana göre mavinin tonlarını verir.

16- Selen Bileşikleri (Se-)

Kristal sırların renklendirilmelerinde pek kullanılmaz. Düşük derecelerde kırmızı rengin oluşmasını sağlarken sıcaklığın yükselmesiyle kırmızı renk bozulur ve gri-kahveye dönüşür.

17- Ser Dioksit (CeO₂)

Kristal sırların renklendirilmelerinde pek kullanılmaz. Daha çok emaye sırlarında örtücü beyazın elde edilmesini sağlar. Kristal sırlarda çok kullanılan çinko oksit ile birlikte kullanıldığında kristal oluşum bozulur.

18- Uran Oksit (UO₂, UO₃)

Bol çinkolu ve borlu bir sırn içine katıldığında zeytin yeşili renk verirken, çinko oksitin sırdan çekilmesi sonunda kırmızı ve sarı tonlarında renkler elde edilir. Pahalı olmasına rağmen kristal sırlarda tercih edilen bir oksittir.

19- Vanadin Oksit (V₂O₃, V₂O₅)

Kristal sırların renklendirilmelerinde sıkça kullanılan bir oksittir. Katıldığı oranlara göre açık sarı-koyu sarı arasında renk tonları verir ve kristalleşmeyi artırır.

20- Volfram Oksit (WO₃)

Kristal oluşumunu artırırken, bir yandan da sırn rengini, katılan diğer renk verici oksitlere göre boyar. Çiçek şeklinde kristaller elde edilir.

Üçüncü Kısım

KRİSTAL SIRLARIN ÖZELLİKLERİ

A- Üretim Türlerine Göre Kristal Sırların Özellikleri

Kristal sırlar üretim türlerine göre ham ve fritli olmak üzere ikiye ayrılır. Bünyelerinde kullanılan hammeddelere göre kristal sırlar ham yada fritlenerek hazırlanır.

1- Ham Kristal Sırların Özellikleri

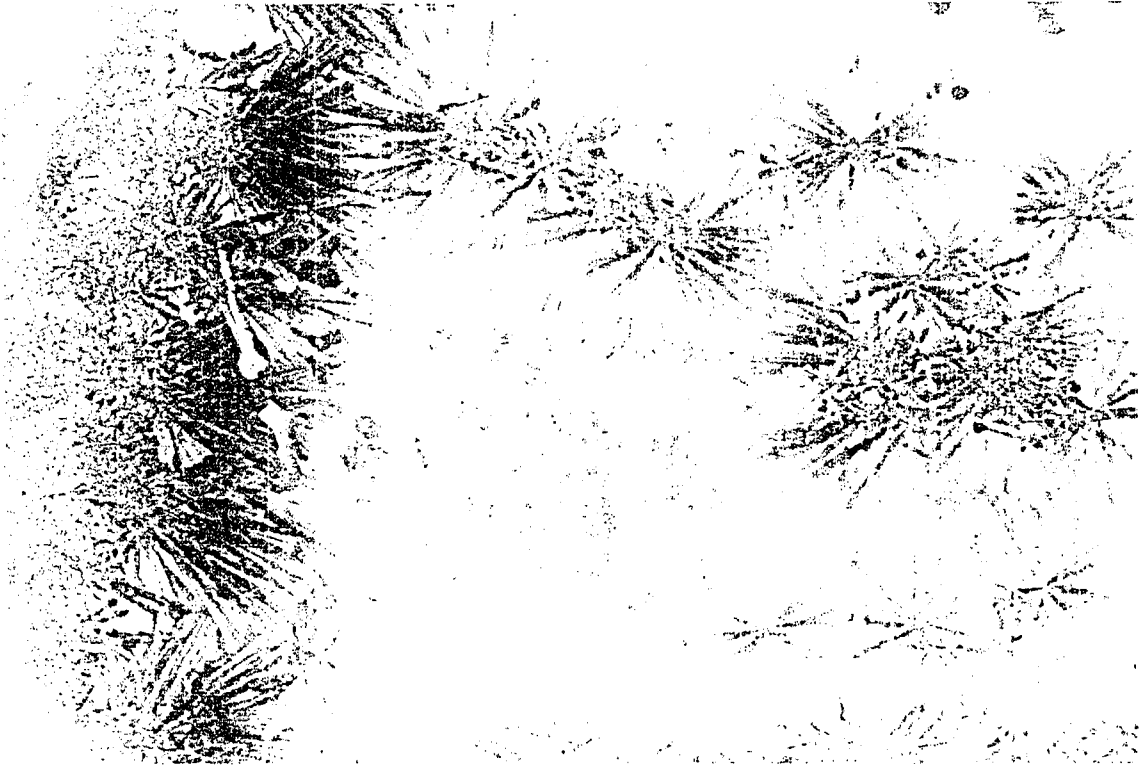
Sırın bünyesinde suda çözünmeyen malzemeler yer alıyorsa, sır fritlenmeden doğrudan öğütülür ve kullanılır. Bu tür sırların pişirimleri daha dikkatli yapılmalıdır. Ayrıca fritli sırlara göre daha uzun bir öğütme gerektirir. Çünkü her maddenin kristal oluşturma eğilimi birbirinden farklıdır.

Ayrıca aşılama yöntemiyle kristal sır uygulaması yapmak, ham kristal sırlar ile zordur. Bunun yanında fritlemedeki maliyetin yüksek olması, ham kristal sırların daha kısa sürede ve düşük maliyet ile yapılmasıyla tercih edilir.

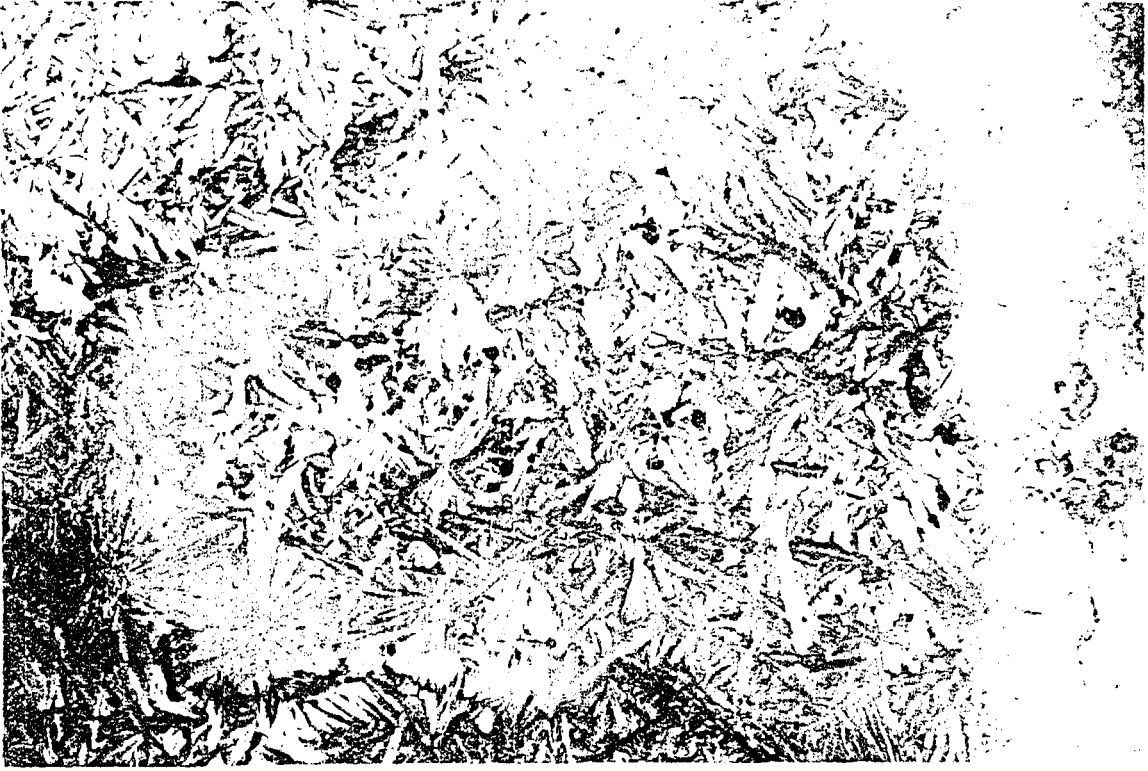
Aşağıdaki resimlerde ham kristal sırlı örnekler yer almaktadır.



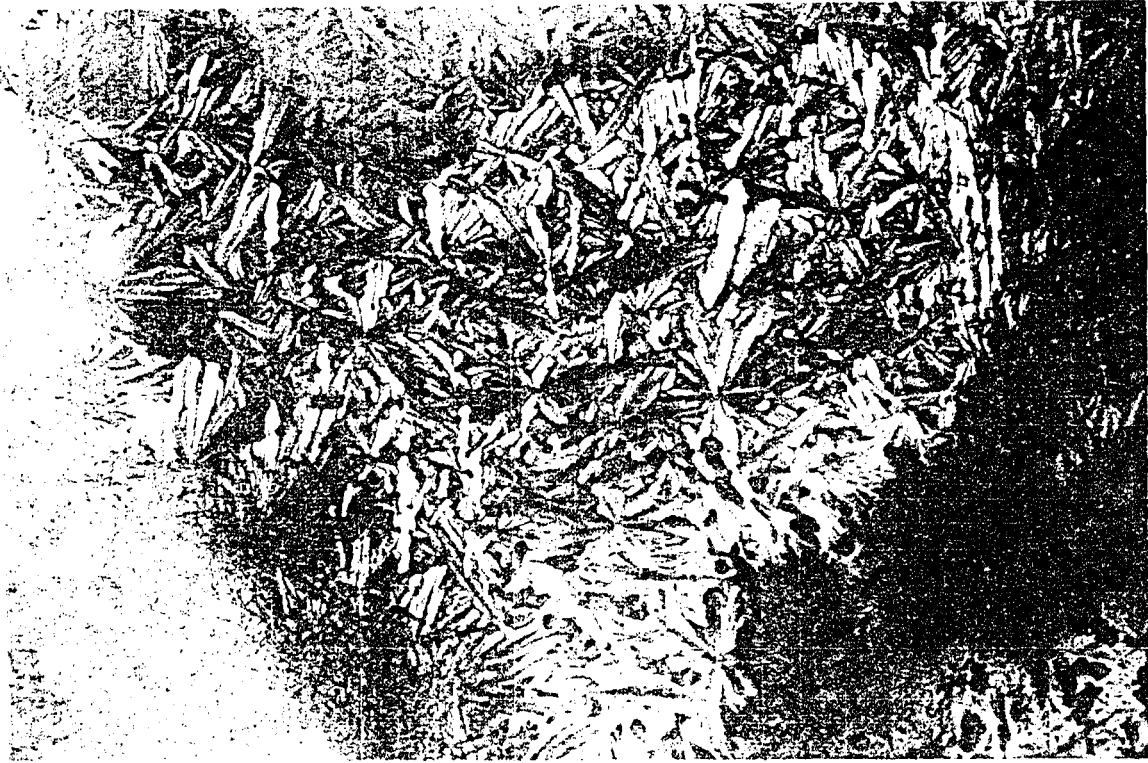
Resim 1: Ham Kristal Sır Detayı



Resim 2: Ham Kristal Sır Detayı



Resim 3: Ham Kristal Sır Detayı



Resim 4: Ham Kristal Sır Detayı

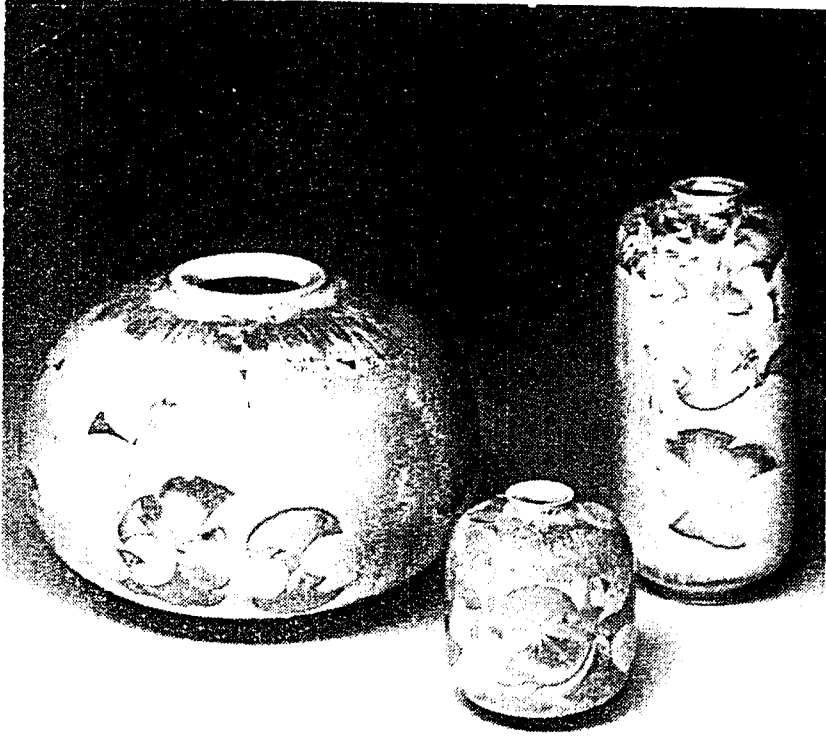
2- Fritli Kristal Sırların Özellikleri

Kristal sırların bünyesinde suda çözünen malzemeler yer alıyorsa, fritleme işleminin uygulanması gerekir. Fritleme imkanı yoksa öğütülen sır bekletilmeden hemen kullanılmalıdır. Fritli kristal sırlar, ham kristal sırlara göre daha garantili sonuçlar verirler. Dikey ve yatay yüzeylerde aşılama yöntemiyle de uygulanabilirler. Bünyede ki malzemeler ön eritme işleminden geçtiği için, ham kristal sırlara göre daha az defolu görünürler. Bunun yanında ham kristal sırlara göre, sulu karışımda daha çabuk çökme gösterirler. Çökmeye engel olmak için sır sık sık karıştırılmalı yada %1-3 arasında bentonit veya plastik bir kil kullanılmalıdır.

Aşağıdaki resimlerde fritli kristal sırlardan örnekler yer almaktadır.



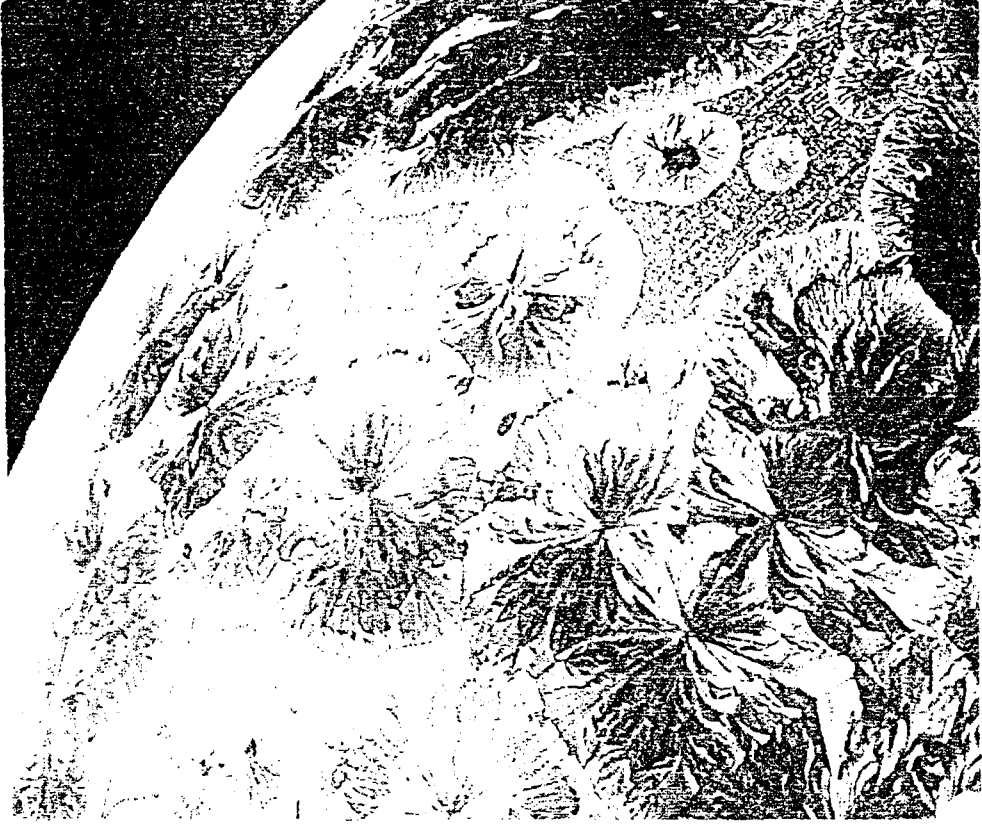
Resim 5: Fritli Kristal Sırlı Vazo



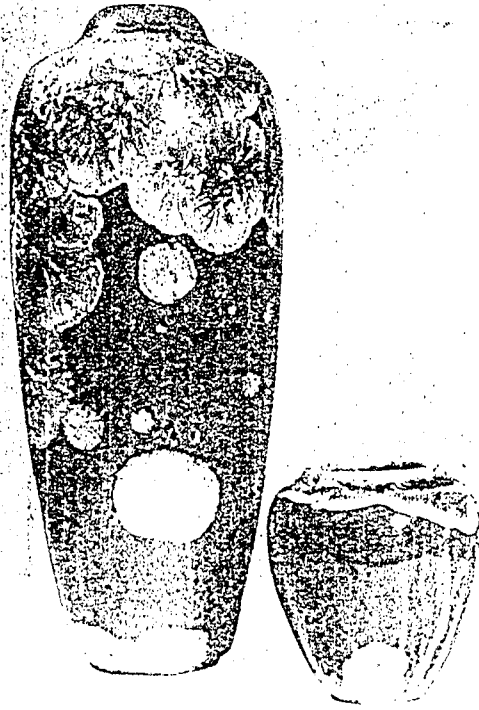
Resim 6: Fritli Kristal Sırlı Vazolar



Resim 7: Fritli Kristal Sırlı Kapaklı Form



Resim 8: Fritli Kristal Sır Detayı



Resim 9: Fritli Kristal Sırh Vazolar

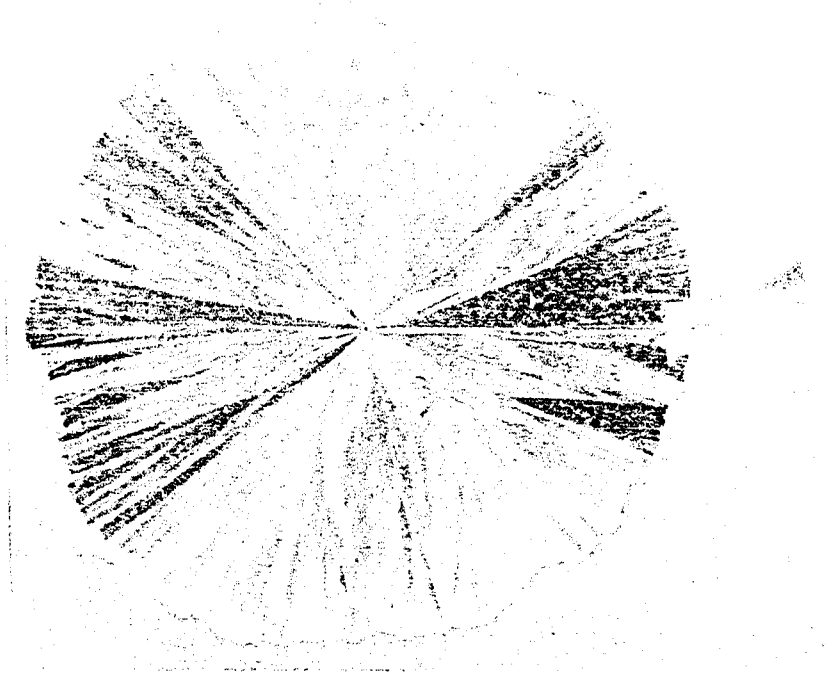
B- Görünüşlerine Göre Kristal Sırların Özellikleri

Kristal sırlar görünüş özelliklerine göre makro ve mikro kristal sırlar olmak üzere ikiye ayrılır. Kristaller sırnın yüzeyinde veya sırnın içine gömülü olarak, eriyik sır ile aynı yada farklı renklerde olurlar.

1- Makro Kristal Sırların Özellikleri

Makro kristal sırlar, eriyen sırnın yüzeyinde toplanarak değişik şekillerde oluşurlar. Direkt olarak gözle görülebilirler. Bu tür sırların soğuma süresi daha uzundur. Çünkü soğutmanın uzamasıyla kristal nüveler eriyen sırnın yüzeyinde birikirler ve demetler şeklinde kristal görüntüyü verirler. Kristal oluşturan malzemeler, sıcaklık arttıkça sırnın içinde çözünürler ve büyük boyutlu kristalleri oluştururlar Makro kristal sırlar iki çeşittir. Birincisi aventurin tip makro kristal sırdır. Sırnın yüzeyinde süspansiyonda asılı durumda geniş ve bölünmüş kristaller şeklinde bulunurlar. İkinci tip ise tipik kristal sırlardır. Yüzeyin tamamını kaplayan geniş çiçek görünümlü demet şeklinde kristallere sahiptir.

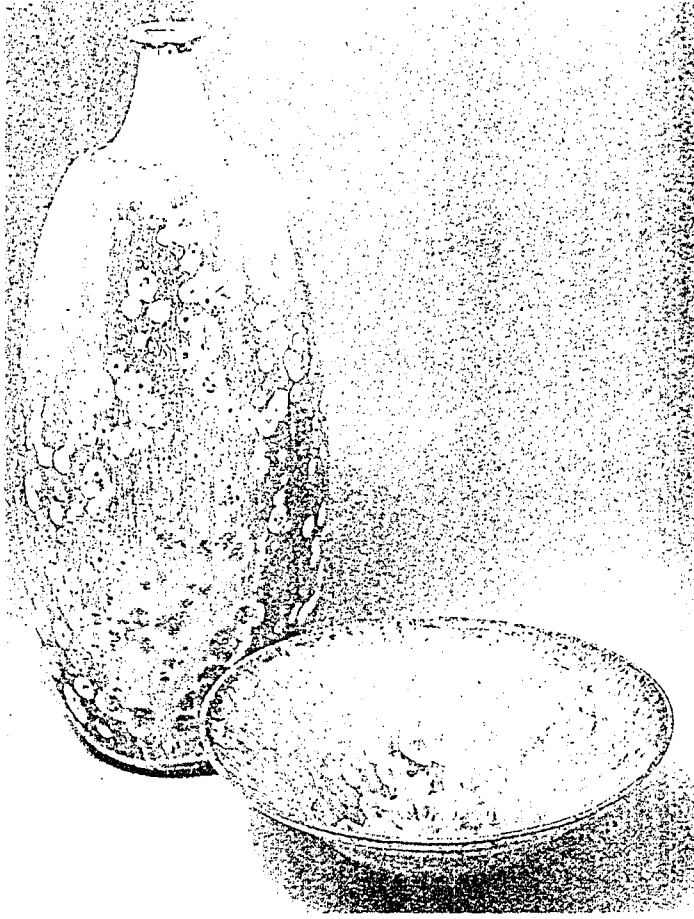
Aşağıdaki resimlerde makro kristal sırlara örnekler görülmektedir.



Resim 10: Makro Yapıya Sahip Kristal Sır Detayı



Resim 11: Makro Kristal Sırh Kapaklı Form



Resim 12: Makro Kristal Sırlı Vazo ve Çanak

2- Mikro Kristal Sırların Özellikleri

Mikro kristaller cam fazının içinde ancak büyüteçle görülebilirler. Kristaller iğne gibi yada yuvarlak taneli olup, mat tipli sırlarda bulunurlar. Kristaller ışığı değişik yönlerde kıldıklarından sırların yer yer opak görünümlü olmasına yol açarlar. Yavaş soğutulmuş bir mat sırdaki mikro kristaller sırların içinde homojen dağılmıştır. Aynı sır hızlı soğutulursa sırlar parlar ve mikro kristaller oluşmaz.

Dördüncü Kısım

KRİSTAL SIRLARIN PİŞİRİLMESİ VE SIR İÇİNDE KRİSTAL NÜVELERİN GELİŞTİRİLMESİ

A- Kristal Sırların Pişirilmesi

Kristal sırlar çok hassas bir pişirim programı sonucunda elde edilir. Özellikle sır eridiği noktadan, fırından çıkıncaya dek çok çok yavaş soğutulmalıdır. Sigrid May isimli seramik sanatçısı sırlarını elektrikli fırında 48 saatlik bir soğutma ile sonuçlandığını belirtmektedir.

Kristal sırlar oksidif yada nötr atmosferde ve elektrikli fırınlarda pişirildiğinde daha olumlu sonuçlar vermektedirler. Pişirme olayında kristaller oluşurken aynı zamanda da sırnın formun üzerinde akmadan kalması sağlanmalıdır.

Kristal sırlar çok akışkan oldukları için bu noktayı saptamak her zaman zordur. Zaman zaman sırlar fırın plakalarına akmaktadır. Önlem olarak pişirilen formların altına kuvarz serpilmeli yada formlar birer altlık ile pişirilmelidir.

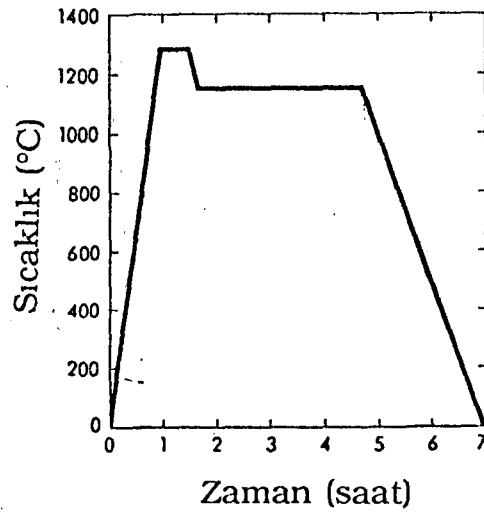
Ayrıca denemeler sonucunda belirlenen bir sır kristalleşmeye doğru güçlü bir eğilime sahipse, soğutma süresinin çok uzun olmasına ihtiyaç

yoktur. Kristalleşmeye doğru zayıf yada yavaş eğilimli sırlara uzun süreli soğutma programı uygulanmalıdır.

Sır olgunlaştıktan sonra gereğinden fazla bir bekleme yapılırsa, dik yüzeylerden aşağıya akıp gideceğinden kristal yapıyı oluşturması için gerekli kalınlığı bulamayacağından başarısız görüntüler oluşturur.

Kristal sırlarla deney yapılırken sonuca ulaşmak için tek deneme yapılarak sınırlı kalınmamalıdır. Aynı sırdan değişik kalınlıklarda sürülmüş deneme numuneleri fırının değişik yerlerinde pişirilmelidir. Bazen başarılı bir sır, defalarca aynı fırında aynı sıcaklıkta dahi pişirilse farklı sonuçlar verebilir.

Yavaş soğutulmayan kristal sırlarda çatlama görülür. Bunun önüne geçmek için fırın soğuma sırasında, erime derecesinin altına yükseltip soğutulursa hem çatlaklar ortadan kalkar hem de iyi bir soğuma elde edilir. Aşağıda iyi bir kristal sır elde etmek için kullanılan fırın pişirim programını gösteren sır pişirim eğrisi yer almaktadır.



Resim 13: Kristal Sır Pişirim Eğrisi

Kristal sırlar pişirilirken mümkün olduğu kadar fırına değişik sırlardan ürünler konulmamalıdır. Çünkü uzun süren soğutma programında diğer sırlar özelliklerini değiştirirler.

Bugüne değin yayınlanmış eserlerde kristal sırlardan söz edilmektedir. Fakat, bu sırların nasıl geliştirileceği, pişirim ve soğuma programlarının nasıl olacağı hakkında çok az açıklık ve kesinlik gösterilmiş. yeniden elde edilmeleri için yapılan çalışmalar çoğu kez başarısız kalmıştır. Seramik endüstrisinde kullanılan seramik fırınlarıyla yavaş bir soğutma yapmak her zaman kolay değildir. Bunun için uzun süren çalışmalar sonucunda kristal sır pişirim bilgisi elde edilir.

B- Sır İçinde Kristal Nüvelerin Geliştirilmesi

Kristal sırların içinde, kristal nüvelerin oluşturulması ve geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda olumlu örnekleri elde etmek için aynı koşulları yerine getirmek gerekir. Kristalleşmenin temel gerçekleri ile ilgili bir çok bilgiye sahip olunmakla birlikte, doğal olarak ortaya çıkan kristalleşme ile ilgili olayları her zaman açıklamak zordur. Kristal nüvelerin oluşturulmasında karşılaşılan güçlükler, seramikçiler için daima sorunlar yaratmıştır.

Seramik sırlarında kullanılan her oksit ve elementin bir kristalleşme biçimi vardır. Değişik silikatların büyük bir kısmı kristaller olarak bulunmuştur. Seramik sanatında elde edilen değişik sırlarda, demir oksit, krom oksit gibi malzemeler kristalleşme eğilimi gösterirler. Buna karşın, değişik malzemelerin kristalleşme eğilimleri seramikçiler tarafından henüz bilinmemekte, sadece çinko ve titan oksitin kristalleşme eğilimi bilinmektedir. Silis ve kalsiyum oksitin de

kristalleştirici olarak kullanıldığı durumlar vardır. Fakat kristalleşme eğilimleri hakkında fazla bilgi elde edilememiştir.

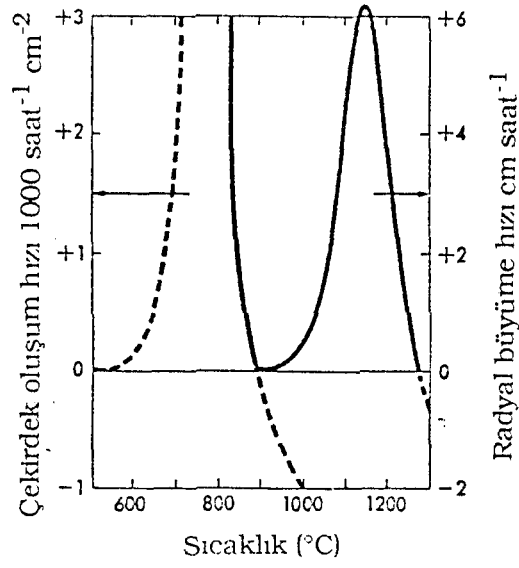
“Sırların içine katılan kristalleşmeye müsait oksitlerin, aşırı çözünmüş, sır içinde doymuş miktarda bulunması ve soğuma sırasında aşırı doymuşluğun ortadan kalkmasıyla, oksitlerin soğuma hızına ve rengine bağlı olarak ufak veya iri kristaller halinde ayrışır” (Güner, 1987, s. 76).

Kristal nüveler geniş bir kompozisyona sahiptirler ve yaklaşık her sıcaklıkta elde edilebilirler. Sırda oluşan kristaller eriyik ile aynı renkte olabildiği gibi, başka renklerde de olabilir. Bu renk farklılığı da sıra ayrı bir güzellik katar.

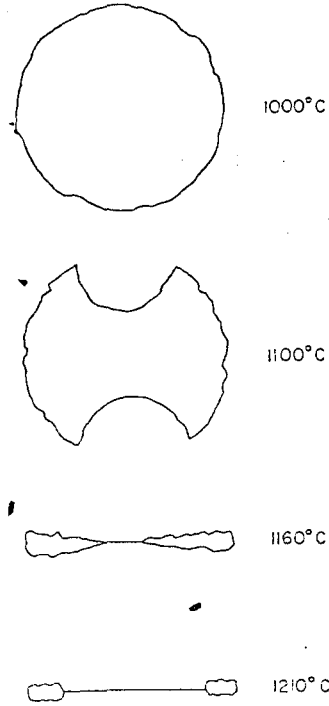
Kristal nüvelerin dolayısıyla kristal sırların elde edilmeleri son derece güç bir iş olduğundan endüstriyel anlamda kesinlikle kullanılamazlar. Sadece artistik sır olarak, özgün çalışmalarda kullanılabilirler.

Kristal nüvelerin oluşması için sırnın viskozitesinin düşük olması gerekir. Oluşan kristal nüvelerin yoğunluğu, içinde buldukları sırnın yoğunluğundan daha fazladır. [Nüvelerin rahatça gelişmesi için, sır kalınlığının yaklaşık 2 mm. olması gerekir. Pişirim sırasında, sırnın akarak rafa yapışmaması için ürünün alt kısmı daha ince sırlanmalıdır.

Sır içinde kristalizasyon iki aşamada oluşmaktadır. Birinci aşamada, bir çekirdek oluşur, yani düzenli bir şekilde yerleşmiş atomlar en az bir birim (kristal nüve) oluşturur. İkinci aşamada ise, bu kristal nüveler ilave atomlar veya atom gruplarıyla sistematik bir şekilde büyür. Fırında 600-900 °C arasında kristal nüveler oluşur. 850 °C'de istenen sayıda nüve oluşması için bekleme yapmak gerekir. Oluşan nüveler 900-1250 °C arasında büyüme gösterirler.



Resim 14: Kristal Nüvelerin Oluşum Grafiği



Resim 15: Değişik Sıcaklıklarda Kristal Nüvelerin Gelişimi

Sırın kompozisyonunu oluşturan hammadde ve oksitleri doğru seçmek gerekir. Seçilen malzemelerin oranları da kristal nüvelerin oluşması üzerinde önemli rol oynar. Bu yüzden sır bünyesinde mümkün olduğunca Al_2O_3 kullanmamak gerekir. Al_2O_3 kullanılmadığı zaman ise, sırnın erime derecesi düşeceğinden sır formların üzerinden akar. Önlem olarak Al_2O_3 minimum ölçülerde kullanılmalıdır. Sırı oluşturan hammadde ve renklendiricilerin tane iriliği en az 100 mesh elekten geçecek boyutta öğütülmelidir.

Sırlara en güçlü kristalleşme eğilimleri, sodyum, potasyum, kalsiyum, mangan, demir, çinko vb. oksitleri (RO) oluşturan düşük atom ağırlıklı kimyasal elementler tarafından verilir. Bu malzemelerin sıcaklık arttıkça çözünürlükleri artarak soğuma sırasında değişik boyutlarda kristallerin oluşmasını sağlarlar.

Bazik oksitler grubunda yer alan oksitlerin sayısı ne kadar az olursa kristal oluşturma eğilimleri de o kadar fazla olur. Sayılarının artması karşısında erime ve saydamlık ile karşılaşılır.

Kristal nüvelerin en iyi geliştiği sırlar alkalili sırlardır. Seger formülünde 0,4-0,7 mol Na_2O yada K_2O içeren sırlarda demet şeklinde kristaller oluşur. Alkalilerin yerine PbO ve B_2O_3 kullanılması da olumlu sonuçlar vermektedir. Fakat alkali oranlarının yüksek olduğu durumlarda sırların fritlenmesi gerekir. Çünkü bu durumda alkalilerin bir kısmı suda çözünebilir.

Kristal sırların nüveleri oluşturmaları için Seger formülünde 0,3-0,6 mol ZnO kullanılmalıdır. Çinko oksitin, titan oksit ile birleşmesi sonucu kristal nüvelerin gelişimi hızlanır.

Titan oksiti bol bir kristal sır da kristal nüveleri oluşurken, aynı zamanda da titan oksite özgü renkli titanat dalgaları görülür. Ayrıca titan oksit çok ince öğütülürse oluşan kristallerin boyutları da küçük olur. Seger formülünde titan oksit 0,3 mol civarında kullanılmadır. Sırın asit kısmını oluşturan titan oksit, silisyum dioksit en iyi kristalleşen nüveleri oluştururken, daha düşük atom ağırlığına sahip, bor oksit kristallemeye zararlı olur ve sıra parlaklık verir.

Baryum oksit, kurşun oksit gibi yüksek atom ağırlığına sahip oksitler kristallemeye zararlı olmakla birlikte, yeterli miktarlarda kullanıldığında silisle birlikte camsı yapıyı oluştururlar.

Mangan oksit ile geniş kristal parçalar üretilirken, sürpriz değişik gelişme yapıları gösteren nüveler de elde edilir. Fakat bu nüvelerin şekilleri düzgün olmamaktadır.

Kristal sırlar aşılama yöntemiyle uygulandıklarında fritleme işleminden geçirilmeleri gerekir. Fritleme işleminden sonra kristal nüvelerin sır içinde çok daha büyük ve kontrollü olduğu gözlenir. Çinko oksit, kuvarz ve bir ergitici madde olan sodyum oksit birlikte fritlenirse, kristal sırların aşılmasında kullanılan çinko filizi elde edilir. Silisyum dioksitin oranı seger formülünde 1-2 mol arasında tutulmalıdır.

Kristal sırlarda oluşan nüvelerin soğuma sırasında kristal büyüme hızı yok denecek kadar az ise sır saydam ve parlak olur. Bunun önüne geçmek için, seçilen sırn nüvelerinin olduğu sıcaklıkta kristallerin büyüme hızları da en üst düzeyde olmalıdır.

Üçüncü Bölüm

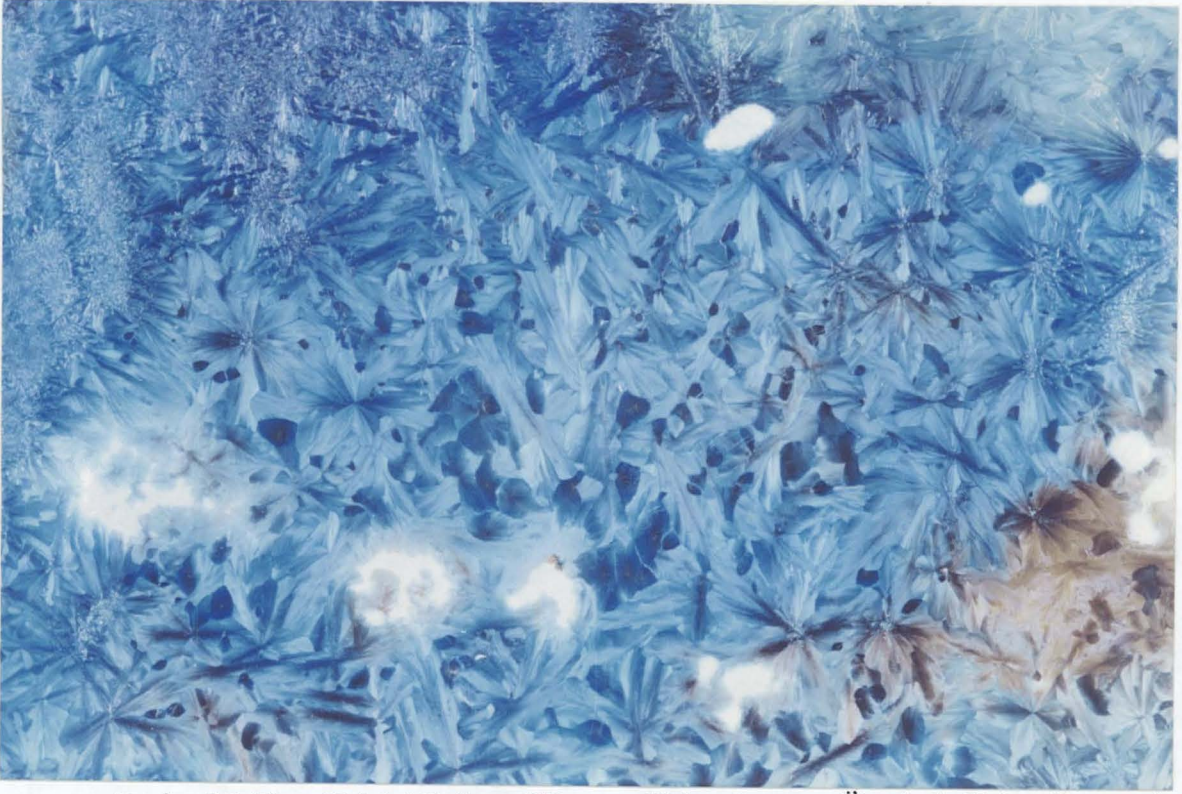
KRİSTAL SIR ARAŞTIRMALARI

Birinci Kısım

HAM KRİSTAL SIR ARAŞTIRMALARI

A- Ham Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması

Araştırması yapılan ham kristal sırlar vitreous-china çamurları üzerinde yatay konumda uygulanmıştır. Deneme plakalarının şekli kristal sırların elde edilmesini kolaylaştıracak şekilde ortası ve kenarları yüksek biçimde dizayn edilmiştir. Böylelikle eriyen ve akan sırn, fırın plakalarına yapışması engellenmiştir. Denemesi yapılan sırlar seger formülü olarak, bazik oksitleri az olandan çok olana doğru sıralanmıştır.

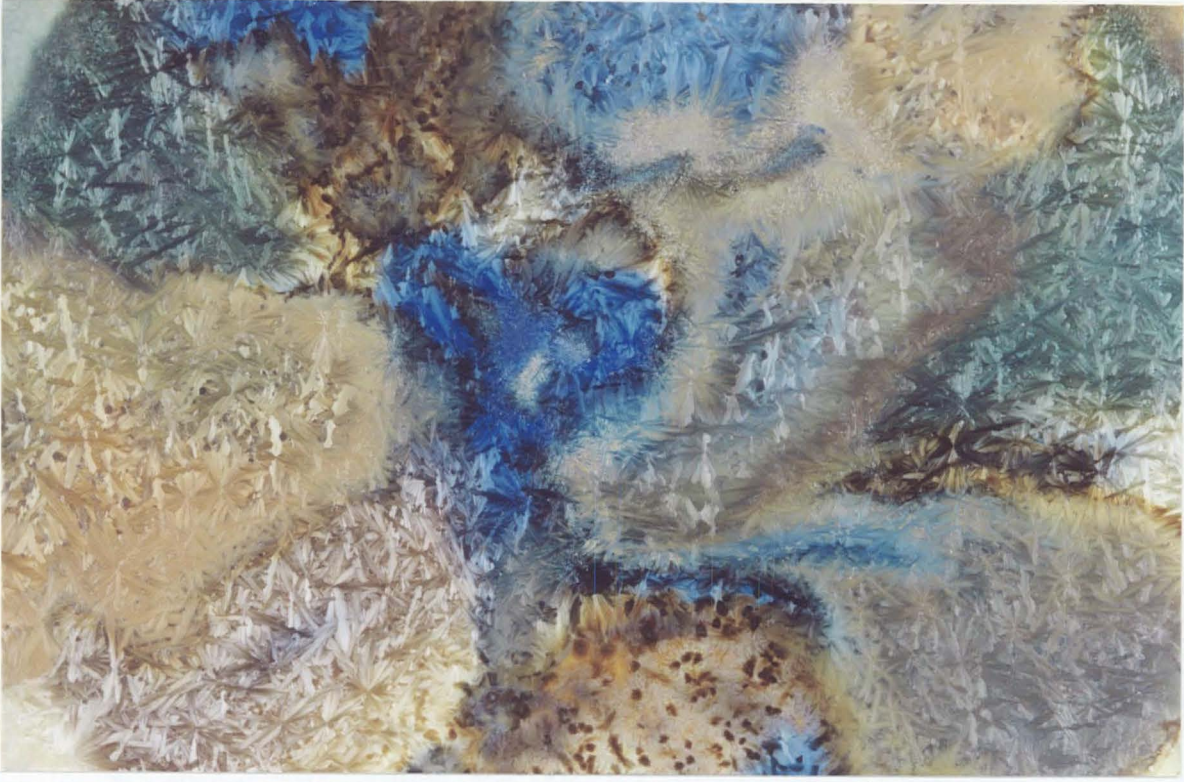


Resim 16: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Yatay Konumda Uygulanması

Resim 17: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Yatay Konumda Uygulanması

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane



Resim 18: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Yatay Konumda Uygulanması



Resim 19: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Yatay Konumda Uygulanması

1-	1.000 Na ₂ O	0.100 Al ₂ O ₃ 0.850 Fe ₂ O ₃	6.000 SiO ₂ 1.500 B ₂ O ₃
2-	1.000 Na ₂ O	0.100 Al ₂ O ₃ 0.800 Fe ₂ O ₃	7.000 SiO ₂ 2.000 B ₂ O ₃
3-	1.000 PbO	0.027 Al ₂ O ₃ 0.061 Fe ₂ O ₃	1.183 SiO ₂ 0.423 TiO ₂
4-	1.000 PbO	0.078 Al ₂ O ₃ 0.183 Fe ₂ O ₃	2.148 SiO ₂ 0.458 TiO ₂
5-	1.000 PbO	0.031 Al ₂ O ₃ 0.101 Fe ₂ O ₃	1.311 SiO ₂ 0.304 TiO ₂
6-	1.000 Na ₂ O	0.222 Al ₂ O ₃ 0.162 Fe ₂ O ₃	2.666 SiO ₂ 0.415 TiO ₂ 0.909 ZrO ₂
7-	0.961 ZnO 0.039 PbO	0.016 Fe ₂ O ₃	
8-	0.400 Na ₂ O 0.600 MnO		0.750 SiO ₂
9-	0.300 Na ₂ O 0.700 ZnO		1.500 SiO ₂
10-	0.038 Na ₂ O 0.962 MnO		1.070 SiO ₂
11-	0.200 Na ₂ O 0.800 CaO		1.000 SiO ₂
12-	0.250 Na ₂ O 0.750 CaO		1.000 SiO ₂
13-	0.340 Na ₂ O 0.660 CaO		1.000 SiO ₂
14-	0.500 Na ₂ O 0.500 CaO		1.000 SiO ₂

15-	0.300 Na ₂ O 0.700 MnO	1.700 SiO ₂
16-	0.400 K ₂ O 0.600 MnO	1.700 SiO ₂
17-	0.100 Na ₂ O 0.900 MnO	1.100 SiO ₂
18-	0.400 Na ₂ O 0.600 MnO	0.950 SiO ₂
19-	0.400 K ₂ O 0.600 MnO	1.200 SiO ₂
20-	0.100 Na ₂ O 0.900 MnO	0.950 SiO ₂
21-	0.300 Na ₂ O 0.700 MnO	0.950 SiO ₂
22-	0.100 Na ₂ O 0.900 MnO	1.000 SiO ₂
23-	0.200 Na ₂ O 0.800 MnO	1.000 SiO ₂
24-	0.500 Na ₂ O 0.500 ZnO	1.100 SiO ₂
25-	0.700 ZnO 0.300 Na ₂ O	6.000 SiO ₂
26-	0.700 ZnO 0.300 Na ₂ O	1.600 SiO ₂
27-	0.400 K ₂ O 0.800 MnO	0.750 SiO ₂
28-	0.200 K ₂ O 0.800 MnO	0.850 SiO ₂

29-	0.340 Na ₂ O 0.660 ZnO	1.240 SiO ₂ 0.290 TiO ₂
30-	0.679 PbO 0.321 Na ₂ O	2.440 SiO ₂ 0.642 B ₂ O ₃
31-	0.340 K ₂ O 0.660 ZnO	1.240 SiO ₂ 0.290 TiO ₂
32-	0.300 K ₂ O 0.700 ZnO	1.700 SiO ₂ 0.290 TiO ₂
33-	0.300 Na ₂ O 0.700 ZnO	1.900 SiO ₂ 0.100 TiO ₂
34-	0.500 Na ₂ O 0.500 CaO	2.250 SiO ₂ 0.750 B ₂ O ₃
35-	0.300 Na ₂ O 0.700 ZnO	1.800 SiO ₂ 0.200 TiO ₂
36-	0.445 Na ₂ O 0.555 ZnO	0.597 SiO ₂ 0.890 B ₂ O ₃
37-	0.500 CaO 0.500 Na ₂ O	2.500 SiO ₂ 0.500 B ₂ O ₃
38-	0.500 Na ₂ O 0.500 ZnO	1.100 SiO ₂ 0.100 TiO ₂
39-	0.500 Na ₂ O 0.500 ZnO	0.900 SiO ₂ 0.100 TiO ₂
40-	0.500 Na ₂ O 0.500 ZnO	0.810 SiO ₂ 0.090 TiO ₂
41-	0.300 Na ₂ O 0.700 ZnO	0.810 SiO ₂ 0.090 TiO ₂
42-	0.300 Na ₂ O 0.700 ZnO	0.900 SiO ₂ 0.500 TiO ₂

43-	0.200 Na ₂ O 0.800 ZnO		1.200 SiO ₂ 0.200 TiO ₂
44-	0.400 Na ₂ O 0.600 ZnO		1.000 SiO ₂ 0.200 TiO ₂
45-	0.500 Na ₂ O 0.500 ZnO		1.000 SiO ₂ 0.200 TiO ₂
46-	0.400 Na ₂ O 0.600 ZnO		1.100 SiO ₂ 0.100 TiO ₂
47-	0.900 PbO 0.100 K ₂ O	0.100 Al ₂ O ₃	2.000 SiO ₂
48-	0.300 K ₂ O 0.100 CaO	0.100 Al ₂ O ₃	4.000 SiO ₂
49-	0.082 Na ₂ O 0.918 ZnO	0.028 Fe ₂ O ₃	2.589 SiO ₂
50-	0.445 Na ₂ O 0.555 ZnO	0.031 Fe ₂ O ₃	0.598 SiO ₂ 0.890 B ₂ O ₃
51-	0.330 Na ₂ O 0.770 ZnO	0.100 Al ₂ O ₃	1.600 SiO ₂ 0.200 B ₂ O ₃
52-	0.370 Na ₂ O 0.630 ZnO	0.026 Fe ₂ O ₃	0.637 SiO ₂ 0.212 TiO ₂
53-	0.400 Na ₂ O 0.600 PbO	0.050 Al ₂ O ₃	2.400 SiO ₂ 0.250 B ₂ O ₃
54-	0.340 Na ₂ O 0.660 ZnO	0.030 Al ₂ O ₃	1.600 SiO ₂ 0.200 B ₂ O ₃
55-	0.880 PbO 0.120 CoO	0.023 Al ₂ O ₃	1.041 SiO ₂ 0.373 TiO ₂
56-	0.913 PbO 0.087 MnO	0.024 Al ₂ O ₃	1.080 SiO ₂ 0.386 TiO ₂

57-	0.921 PbO 0.079 CoO	0.025 Al ₂ O ₃	1.090 SiO ₂ 0.390 TiO ₂
58-	0.445 Na ₂ O 0.555 ZnO	0.030 Fe ₂ O ₃	0.599 SiO ₂ 0.156 TiO ₂ 0.890 B ₂ O ₃
59-	0.319 ZnO 0.681 PbO	0.018 Al ₂ O ₃ 0.161 Fe ₂ O ₃	0.802 SiO ₂
60-	0.348 PbO 0.652 ZnO	0.008 Al ₂ O ₃ 0.114 Cr ₂ O ₃	0.405 SiO ₂
61-	0.555 ZnO 0.445 PbO	0.011 Al ₂ O ₃ 0.282 Fe ₂ O ₃	0.519 SiO ₂
62-	0.698 Na ₂ O 0.302 CaO	0.029 Al ₂ O ₃ 0.289 Fe ₂ O ₃	2.994 SiO ₂
63-	0.915 ZnO 0.085 Na ₂ O	0.160 Cr ₂ O ₃	1.237 SiO ₂
64-	0.259 Na ₂ O 0.741 CaO	0.650 Al ₂ O ₃ 0.056 Fe ₂ O ₃	4.882 SiO ₂
65-	0.219 Na ₂ O 0.781 ZnO	0.315 Al ₂ O ₃ 0.060 Fe ₂ O ₃	2.109 SiO ₂
66-	0.400 Na ₂ O 0.600 PbO	0.050 Al ₂ O ₃ 0.330 Fe ₂ O ₃	4.000 SiO ₂
67-	0.400 Na ₂ O 0.600 PbO	0.050 Al ₂ O ₃ 0.800 Fe ₂ O ₃	4.000 SiO ₂ 0.250 B ₂ O ₃
68-	0.300 Na ₂ O 0.700 ZnO	0.700 Al ₂ O ₃ 0.053 Fe ₂ O ₃	1.600 SiO ₂ 2.000 B ₂ O ₃
69-	0.973 Na ₂ O 0.027 BaO	0.005 Al ₂ O ₃ 0.235 Fe ₂ O ₃	1.703 SiO ₂ 0.421 B ₂ O ₃

70-	0.400 Na ₂ O 0.600 PbO	0.050 Al ₂ O ₃ 0.810 Fe ₂ O ₃	4.200 SiO ₂ 0.250 B ₂ O ₃
71-	0.400 Na ₂ O 0.600 PbO	0.050 Al ₂ O ₃ 0.810 Fe ₂ O ₃	2.400 SiO ₂ 0.250 B ₂ O ₃
72-	0.400 Na ₂ O 0.600 PbO	0.050 Al ₂ O ₃ 0.120 Fe ₂ O ₃	4.200 SiO ₂ 0.250 B ₂ O ₃
73-	0.400 Na ₂ O 0.600 PbO	0.050 Al ₂ O ₃ 0.120 Fe ₂ O ₃	2.400 SiO ₂ 0.250 B ₂ O ₃
74-	0.680 PbO 0.320 ZnO	0.018 Al ₂ O ₃ 0.064 Fe ₂ O ₃	0.802 SiO ₂ 0.324 TiO ₂
75-	0.688 PbO 0.312 ZnO	0.053 Al ₂ O ₃ 0.063 Fe ₂ O ₃	1.470 SiO ₂ 0.315 TiO ₂
76-	0.096 K ₂ O 0.904 ZnO	0.326 Al ₂ O ₃ 0.004 Fe ₂ O ₃	2.666 SiO ₂ 0.320 B ₂ O ₃
77-	0.146 CaO 0.855 Na ₂ O	0.003 Al ₂ O ₃ 0.211 Fe ₂ O ₃	0.768 SiO ₂ 1.888 B ₂ O ₃
78-	0.500 PbO 0.400 Na ₂ O 0.100 CaO		2.500 SiO ₂
79-	0.500 Na ₂ O 0.450 ZnO 0.050 CoO		1.400 SiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃
80-	0.250 Na ₂ O 0.635 ZnO 0.115 MnO		1.027 SiO ₂ 0.256 TiO ₂
81-	0.250 Na ₂ O 0.700 ZnO 0.050 CoO		1.400 SiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃

82-	0.315 Na ₂ O 0.560 ZnO 0.125 MnO		0.755 SiO ₂ 0.225 TiO ₂
83-	0.250 Na ₂ O 0.250 K ₂ O 0.500 CaO		2.250 SiO ₂ 0.750 B ₂ O ₃
84-	0.200 Na ₂ O 0.600 ZnO 0.200 CaO		1.000 SiO ₂ 0.183 TiO ₂
85-	0.710 ZnO 0.200 K ₂ O 0.090 MnO		1.493 SiO ₂ 0.246 TiO ₂
86-	0.341 ZnO 0.077 MnO 0.582 PbO		1.388 SiO ₂ 0.347 TiO ₂
87-	0.417 ZnO 0.195 MnO 0.388 PbO	0.010 Al ₂ O ₃	0.458 SiO ₂
88-	0.750 ZnO 0.175 CaO 0.075 K ₂ O	0.125 Al ₂ O ₃	1.000 SiO ₂
89-	0.600 ZnO 0.280 CaO 0.120 K ₂ O	0.160 Al ₂ O ₃	1.040 SiO ₂
90-	0.200 MgO 0.300 CaO 0.500 K ₂ O	0.100 Al ₂ O ₃	5.000 SiO ₂
91-	0.700 CaO 0.200 K ₂ O 0.100 MgO	0.400 Al ₂ O ₃	3.500 SiO ₂

92-	0.500 CaO 0.400 MgO 0.100 K ₂ O	0.400 Al ₂ O ₃	1.600 SiO ₂
93-	0.136 CaO 0.508 Na ₂ O 0.356 PbO	0.160 Fe ₂ O ₃	2.540 SiO ₂ 1.016 B ₂ O ₃
94-	0.075 Na ₂ O 0.795 PbO 0.130 CuO	0.154 Al ₂ O ₃	1.799 SiO ₂ 0.412 TiO ₂
95-	0.500 Na ₂ O 0.450 ZnO 0.050 CaO	0.500 Al ₂ O ₃	2.000 SiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃
96-	0.250 Na ₂ O 0.700 ZnO 0.050 CaO	0.500 Al ₂ O ₃	2.000 SiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃
97-	0.089 Na ₂ O 0.844 ZnO 0.067 MnO	0.062 Al ₂ O ₃	1.966 SiO ₂ 0.142 B ₂ O ₃
98-	0.299 ZnO 0.299 CaO 0.402 PbO	0.148 Al ₂ O ₃	1.507 SiO ₂ 0.501 B ₂ O ₃
99-	0.300 ZnO 0.400 CaO 0.300 PbO	0.126 Al ₂ O ₃	1.202 SiO ₂ 0.605 B ₂ O ₃
100-	0.100 ZnO 0.200 CaO 0.700 PbO	0.200 Al ₂ O ₃	1.800 SiO ₂ 0.400 TiO ₂
101-	0.830 PbO 0.045 K ₂ O 0.125 MnO	0.065 Al ₂ O ₃	1.089 SiO ₂ 0.241 TiO ₂

102-	0.760 PbO 0.129 MnO 0.111 Na ₂ O	0.142 Al ₂ O ₃	2.880 SiO ₂ 0.456 B ₂ O ₃
103-	0.903 PbO 0.053 K ₂ O 0.044 CoO	0.076 Al ₂ O ₃	1.348 SiO ₂ 0.295 TiO ₂
104-	0.250 K ₂ O 0.250 Na ₂ O 0.500 CaO	0.800 Fe ₂ O ₃	2.250 SiO ₂ 0.750 B ₂ O ₃
105-	0.109 K ₂ O 0.692 ZnO 0.197 MnO	0.276 Al ₂ O ₃	2.112 SiO ₂ 0.270 B ₂ O ₃
106-	0.709 ZnO 0.115 CaO 0.176 BaO	0.142 Fe ₂ O ₃	1.534 SiO ₂ 0.142 TiO ₂
107-	0.650 ZnO 0.300 Na ₂ O 0.050 CoO	0.050 Al ₂ O ₃	1.800 SiO ₂ 0.200 TiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃
108-	0.250 Na ₂ O 0.700 ZnO 0.050 CaO	0.500 Al ₂ O ₃	1.500 SiO ₂ 0.500 TiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃
109-	0.500 Na ₂ O 0.450 ZnO 0.050 CaO	0.500 Al ₂ O ₃	1.500 SiO ₂ 0.500 TiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃
110-	0.135 Na ₂ O 0.789 ZnO 0.076 CoO	0.035 Al ₂ O ₃	2.376 SiO ₂ 0.239 TiO ₂ 0.357 B ₂ O ₃
111-	0.104 Na ₂ O 0.745 PbO 0.151 MnO	0.129 Al ₂ O ₃	3.259 SiO ₂ 0.810 TiO ₂ 0.389 B ₂ O ₃

112-	0,240 Na ₂ O 0,656 ZnO 0,104 CaO	0,026 Al ₂ O ₃	2,688 SiO ₂ 0,165 TiO ₂ 0,090 MoO ₃
113-	0,364 Na ₂ O 0,508 ZnO 0,128 CaO	0,006 Al ₂ O ₃	1,325 SiO ₂ 0,128 B ₂ O ₃ 0,067 MoO ₃
114-	0,394 Na ₂ O 0,479 ZnO 0,127 CaO	0,023 Al ₂ O ₃	1,483 SiO ₂ 0,173 B ₂ O ₃ 0,056 V ₂ O ₅
115-	0,438 ZnO 0,408 PbO 0,154 CaO	0,010 Al ₂ O ₃ 0,032 Fe ₂ O ₃	0,634 SiO ₂
116-	0,556 PbO 0,261 ZnO 0,183 CaO	0,014 Al ₂ O ₃ 0,038 Fe ₂ O ₃	0,838 SiO ₂
117-	0,320 PbO 0,400 ZnO 0,280 CaO	0,008 Al ₂ O ₃ 0,029 Fe ₂ O ₃	0,653 SiO ₂
118-	0,146 Na ₂ O 0,328 CaO 0,526 ZnO	0,175 Al ₂ O ₃ 0,024 Fe ₂ O ₃	1,648 SiO ₂
119-	0,077 Na ₂ O 0,466 CaO 0,457 MgO	0,759 Al ₂ O ₃ 0,387 Fe ₂ O ₃	8,627 SiO ₂
120-	0,507 CaO 0,348 MgO 0,145 K ₂ O	0,522 Al ₂ O ₃ 0,225 Fe ₂ O ₃	2,019 SiO ₂
121-	0,236 Na ₂ O 0,160 K ₂ O 0,604 CaO	0,506 Al ₂ O ₃ 0,072 Fe ₂ O ₃	4,076 SiO ₂

122-	0.176 Na ₂ O 0.468 CaO 0.356 ZnO	0.020 Al ₂ O ₃ 0.179 Fe ₂ O ₃	1.115 SiO ₂ 0.927 B ₂ O ₃
123-	0.074 Na ₂ O 0.198 CaO 0.728 ZnO	0.007 Al ₂ O ₃ 0.246 Fe ₂ O ₃	0.468 SiO ₂ 0.391 B ₂ O ₃
124-	0.473 Na ₂ O 0.321 ZnO 0.206 CaO	0.031 Al ₂ O ₃ 0.089 Fe ₂ O ₃	2.458 SiO ₂ 0.327 TiO ₂
125-	0.209 Na ₂ O 0.353 CaO 0.438 ZnO	0.358 Al ₂ O ₃ 0.042 Fe ₂ O ₃	3.429 SiO ₂ 0.219 TiO ₂
126-	0.708 Na ₂ O 0.187 K ₂ O 0.105 BaO	0.395 Al ₂ O ₃ 1.562 Fe ₂ O ₃	17.350 SiO ₂ 3.854 B ₂ O ₃
127-	0.142 Na ₂ O 0.243 ZnO 0.615 CaO	0.011 Al ₂ O ₃ 0.035 Fe ₂ O ₃	1.005 SiO ₂ 0.550 B ₂ O ₃
128-	0.126 Na ₂ O 0.306 CaO 0.568 ZnO	0.013 Al ₂ O ₃ 0.039 Fe ₂ O ₃	0.729 SiO ₂ 0.612 B ₂ O ₃ 0.275 TiO ₂
129-	0.814 PbO 0.057 K ₂ O 0.129 Na ₂ O	0.379 Al ₂ O ₃ 0.166 Fe ₂ O ₃	7.925 SiO ₂ 0.583 TiO ₂ 0.462 B ₂ O ₃ 0.324 ZrO ₂
130-	0.104 Na ₂ O 0.273 CaO 0.604 ZnO 0.019 CuO		0.547 B ₂ O ₃ 0.203 TiO ₂
131-	0.146 CaO 0.344 Na ₂ O 0.496 ZnO 0.014 CuO		1.370 SiO ₂ 0.059 TiO ₂

132-	0.058 Na ₂ O 0.058 K ₂ O 0.767 ZnO 0.117 CaO		0.464 SiO ₂ 0.153 TiO ₂ 0.116 B ₂ O ₃
133-	0.229 ZnO 0.540 PbO 0.179 CaO 0.052 CuO	0.014 Al ₂ O ₃	0.826 SiO ₂
134-	0.385 ZnO 0.307 PbO 0.268 CaO 0.040 CoO	0.007 Al ₂ O ₃	0.627 SiO ₂
135-	0.384 ZnO 0.309 PbO 0.268 CaO 0.039 CuO	0.007 Al ₂ O ₃	0.628 SiO ₂
136-	0.369 ZnO 0.288 PbO 0.262 CaO 0.081 MnO	0.007 Al ₂ O ₃	0.589 SiO ₂
137-	0.407 ZnO 0.379 PbO 0.145 CaO 0.069 MnO	0.009 Al ₂ O ₃	0.590 SiO ₂
138-	0.419 ZnO 0.390 PbO 0.146 CaO 0.045 CuO	0.010 Al ₂ O ₃	0.607 SiO ₂
139-	0.419 ZnO 0.390 PbO 0.146 CaO 0.045 CoO	0.010 Al ₂ O ₃	0.606 SiO ₂

140-	0.239 ZnO 0.510 PbO 0.167 CaO 0.084 MnO	0.013 Al ₂ O ₃	0.769 SiO ₂
141-	0.247 ZnO 0.527 PbO 0.173 CaO 0.053 CoO	0.014 Al ₂ O ₃	0.794 SiO ₂
142-	0.432 ZnO 0.366 Na ₂ O 0.157 CaO 0.045 MnO	0.004 Al ₂ O ₃	1.601 SiO ₂
143-	0.040 Na ₂ O 0.320 FeO 0.320 MgO 0.320 CaO	0.320 Al ₂ O ₃	3.397 SiO ₂
144-	0.304 Na ₂ O 0.549 ZnO 0.130 CaO 0.017 CuO	0.006 Al ₂ O ₃	1.604 SiO ₂
145-	0.500 PbO 0.200 Na ₂ O 0.200 CaO 0.100 K ₂ O	0.100 Al ₂ O ₃	2.500 SiO ₂ 0.200 B ₂ O ₃
146-	0.500 PbO 0.200 CaO 0.100 K ₂ O 0.200 ZnO	0.100 Al ₂ O ₃	2.000 SiO ₂ 0.500 TiO ₂
147-	0.074 K ₂ O 0.224 CaO 0.075 MgO 0.627 CuO	0.149 Al ₂ O ₃	1.306 SiO ₂ 0.124 TiO ₂

148-	0.206 K ₂ O 0.478 ZnO 0.279 Na ₂ O 0.037 CoO	0.248 Al ₂ O ₃	2.207 SiO ₂ 0.968 B ₂ O ₃
149-	0.260 Na ₂ O 0.126 K ₂ O 0.508 ZnO 0.108 MnO	0.232 Al ₂ O ₃	2.061 SiO ₂ 0.894 B ₂ O ₃
150-	0.053 Na ₂ O 0.634 PbO 0.030 CoO 0.283 MgO	0.109 Al ₂ O ₃	1.473 SiO ₂ 0.148 TiO ₂
151-	0.155 Na ₂ O 0.631 CaO 0.007 MgO 0.207 MnO	0.258 Al ₂ O ₃	1.604 SiO ₂ 0.436 TiO ₂
152-	0.098 Na ₂ O 0.160 CaO 0.649 ZnO 0.093 CuO	0.088 Al ₂ O ₃	2.280 SiO ₂ 0.163 TiO ₂
153-	0.323 Na ₂ O 0.083 CaO 0.372 ZnO 0.222 MnO	0.030 Al ₂ O ₃	1.037 SiO ₂ 0.255 B ₂ O ₃
154-	0.100 Na ₂ O 0.147 CaO 0.665 ZnO 0.088 CuO	0.086 Al ₂ O ₃	1.862 SiO ₂ 0.158 TiO ₂
155-	0.399 Na ₂ O 0.114 CaO 0.470 ZnO 0.017 CoO	0.013 Al ₂ O ₃	1.137 SiO ₂ 0.275 B ₂ O ₃

156-	0.105 Na ₂ O 0.239 ZnO 0.606 CaO 0.050 CoO	0.011 Al ₂ O ₃	0.990 SiO ₂ 0.541 B ₂ O ₃
157-	0.103 Na ₂ O 0.242 ZnO 0.607 CaO 0.048 CuO	0.011 Al ₂ O ₃	0.992 SiO ₂ 0.542 B ₂ O ₃
158-	0.104 Na ₂ O 0.241 ZnO 0.611 CaO 0.044 MnO	0.011 Al ₂ O ₃	0.998 SiO ₂ 0.546 B ₂ O ₃
159-	0.257 Na ₂ O 0.544 ZnO 0.181 CaO 0.018 CuO	0.003 Al ₂ O ₃	1.355 SiO ₂ 0.220 TiO ₂
160-	0.075 Na ₂ O 0.700 ZnO 0.075 K ₂ O 0.150 CaO	0.010 Al ₂ O ₃	1.375 SiO ₂ 0.225 B ₂ O ₃
161-	0.050 Na ₂ O 0.374 CaO 0.556 ZnO 0.020 CuO	0.013 Al ₂ O ₃	0.760 SiO ₂ 0.282 TiO ₂ 0.628 B ₂ O ₃
162-	0.114 Na ₂ O 0.300 CaO 0.531 ZnO 0.055 MnO	0.012 Al ₂ O ₃	0.714 SiO ₂ 0.269 TiO ₂ 0.600 B ₂ O ₃
163-	0.111 Na ₂ O 0.292 CaO 0.513 ZnO 0.084 CoO	0.012 Al ₂ O ₃	0.695 SiO ₂ 0.262 TiO ₂ 0.584 B ₂ O ₃

164-	0.605 Na ₂ O 0.180 CaO 0.166 ZnO 0.049 CoO	0.010 Al ₂ O ₃	1.748 SiO ₂ 0.336 TiO ₂ 0.373 B ₂ O ₃
165-	0.409 ZnO 0.218 PbO 0.316 CaO 0.057 CoO	0.017 Al ₂ O ₃	1.161 SiO ₂ 0.276 TiO ₂ 0.076 MoO ₃
166-	0.049 Na ₂ O 0.608 ZnO 0.128 CaO 0.215 PbO	0.039 Al ₂ O ₃	1.832 SiO ₂ 0.411 TiO ₂ 0.256 B ₂ O ₃ 0.226 MoO ₃
167-	0.047 Na ₂ O 0.115 CaO 0.548 ZnO 0.290 PbO	0.008 Al ₂ O ₃	0.602 SiO ₂ 0.370 TiO ₂ 0.231 B ₂ O ₃ 0.100 MoO ₃
168-	0.240 ZnO 0.054 K ₂ O 0.137 CaO 0.569 PbO	0.120 Al ₂ O ₃ 0.046 Fe ₂ O ₃	2.375 SiO ₂ 0.604 TiO ₂
169-	0.067 CaO 0.106 ZnO 0.815 PbO 0.012 MnO	0.038 Al ₂ O ₃ 0.106 Fe ₂ O ₃	1.106 SiO ₂ 0.346 TiO ₂
170-	0.009 Na ₂ O 0.057 CaO 0.899 PbO 0.035 BaO	0.009 Al ₂ O ₃ 0.059 Cr ₂ O ₃	0.125 SiO ₂ 0.027 TiO ₂
171-	0.152 Na ₂ O 0.214 CaO 0.284 PbO 0.350 BaO	0.284 Al ₂ O ₃ 0.688 Fe ₂ O ₃	3.562 SiO ₂ 0.854 B ₂ O ₃

172-	0.031 Na ₂ O 0.078 CaO 0.786 ZnO 0.105 PbO	0.070 Al ₂ O ₃ 0.097 Fe ₂ O ₃	1.134 SiO ₂ 0.128 B ₂ O ₃
173-	0.535 Na ₂ O 0.304 CaO 0.073 BaO 0.088 ZnO	0.194 Al ₂ O ₃ 0.052 Fe ₂ O ₃	2.685 SiO ₂ 0.811 B ₂ O ₃
174-	0.186 Na ₂ O 0.177 K ₂ O 0.247 PbO 0.390 MnO	0.271 Al ₂ O ₃ 0.813 Fe ₂ O ₃	7.317 SiO ₂ 1.504 B ₂ O ₃
175-	0.180 Na ₂ O 0.228 K ₂ O 0.594 CaO 0.058 MnO	0.116 Al ₂ O ₃ 0.031 Fe ₂ O ₃	4.680 SiO ₂ 0.462 TiO ₂ 0.297 B ₂ O ₃
176-	0.197 Na ₂ O 0.122 K ₂ O 0.406 CaO 0.275 MgO	0.662 Al ₂ O ₃ 0.075 Cr ₂ O ₃	5.380 SiO ₂ 0.436 TiO ₂ 0.418 B ₂ O ₃
177-	0.276 Na ₂ O 0.236 CaO 0.188 ZnO 0.300 PbO	0.429 Al ₂ O ₃ 0.100 Fe ₂ O ₃ 0.070 Cr ₂ O ₃	5.858 SiO ₂ 0.382 TiO ₂
178-	0.508 Na ₂ O 0.322 CaO 0.095 ZnO 0.075 BaO	0.218 Al ₂ O ₃ 0.112 Fe ₂ O ₃ 0.040 Sb ₂ O ₃	1.631 SiO ₂ 0.771 B ₂ O ₃
179-	0.098 Li ₂ O 0.121 PbO 0.108 BaO 0.560 ZnO 0.112 CoO		1.176 SiO ₂

180-	0.685 ZnO 0.137 K ₂ O 0.064 Na ₂ O 0.046 BaO 0.068 CuO		1.140 SiO ₂
181-	0.299 Na ₂ O 0.007 CuO 0.062 K ₂ O 0.011 CaO 0.611 ZnO		1.317 SiO ₂ 0.546 B ₂ O ₃
182-	0.057 Na ₂ O 0.248 CaO 0.250 MgO 0.238 ZnO 0.207 MnO	0.217 Al ₂ O ₃	1.429 SiO ₂
183-	0.139 Na ₂ O 0.322 CaO 0.077 ZnO 0.018 BaO 0.444 MgO	0.211 Al ₂ O ₃	2.425 SiO ₂
184-	0.106 K ₂ O 0.388 CaO 0.082 BaO 0.182 ZnO 0.242 MgO	0.164 Al ₂ O ₃	1.003 SiO ₂
185-	0.095 PbO 0.058 CoO 0.444 ZnO 0.076 Li ₂ O 0.327 BaO	0.095 Al ₂ O ₃	1.163 SiO ₂
186-	0.169 Na ₂ O 0.206 K ₂ O 0.077 CaO 0.505 ZnO 0.043 BaO	0.086 Al ₂ O ₃	1.379 SiO ₂ 0.537 TiO ₂

187-	0,125 Na ₂ O 0,209 CaO 0,568 ZnO 0,054 CuO 0,044 PbO	0,153 Al ₂ O ₃	1,446 SiO ₂ 0,209 TiO ₂
188-	0,105 K ₂ O 0,189 Na ₂ O 0,052 BaO 0,029 CaO 0,625 ZnO	0,045 Al ₂ O ₃	1,805 SiO ₂ 0,378 B ₂ O ₃
189-	0,084 K ₂ O 0,168 CaO 0,420 PbO 0,168 ZnO 0,160 MnO	0,025 Al ₂ O ₃	1,611 SiO ₂ 0,420 TiO ₂
190-	0,170 Na ₂ O 0,120 K ₂ O 0,100 MgO 0,250 CaO 0,360 PbO	0,280 Al ₂ O ₃	3,500 SiO ₂ 0,340 B ₂ O ₃
191-	0,163 Na ₂ O 0,179 K ₂ O 0,043 MgO 0,257 CaO 0,368 PbO	0,300 Al ₂ O ₃	3,570 SiO ₂ 0,325 B ₂ O ₃
192-	0,150 Na ₂ O 0,150 K ₂ O 0,100 CaO 0,100 BaO 0,500 PbO	0,100 Al ₂ O ₃	2,700 SiO ₂ 0,300 B ₂ O ₃
193-	0,053 BaO 0,647 ZnO 0,118 Li ₂ O 0,138 PbO 0,044 CoO	0,008 Al ₂ O ₃	1,346 SiO ₂ 0,150 TiO ₂

194-	0.330 Na ₂ O 0.138 K ₂ O 0.203 CaO 0.149 ZnO 0.080 BaO	0.021 Al ₂ O ₃	0.955 SiO ₂ 0.518 B ₂ O ₃ 0.239 TiO ₂
195-	0.043 Na ₂ O 0.039 K ₂ O 0.130 CaO 0.219 CuO 0.569 PbO	0.026 Al ₂ O ₃	2.913 SiO ₂ 0.760 TiO ₂ 0.104 B ₂ O ₃
196-	0.085 K ₂ O 0.175 ZnO 0.531 PbO 0.124 CoO 0.085 CaO	0.130 Al ₂ O ₃	1.777 SiO ₂ 0.175 TiO ₂ 0.085 B ₂ O ₃
197-	0.127 Na ₂ O 0.135 CoO 0.192 ZnO 0.416 CaO 0.130 BaO	0.354 Al ₂ O ₃	4.078 SiO ₂ 0.911 TiO ₂ 0.291 B ₂ O ₃
198-	0.288 ZnO 0.407 PbO 0.157 K ₂ O 0.064 CaO 0.084 CoO	0.064 Al ₂ O ₃	1.740 SiO ₂ 0.291 TiO ₂ 0.195 B ₂ O ₃
199-	0.489 PbO 0.084 K ₂ O 0.174 ZnO 0.084 CaO 0.169 MnO	0.078 Al ₂ O ₃	1.996 SiO ₂ 0.172 TiO ₂ 0.084 B ₂ O ₃
200-	0.400 PbO 0.200 CaO 0.200 Na ₂ O 0.100 K ₂ O 0.100 MnO	0.100 Al ₂ O ₃	2.500 SiO ₂ 0.598 TiO ₂ 0.200 B ₂ O ₃ 0.068 V ₂ O ₅

201-	0.142 PbO 0.176 CuO 0.165 CaO 0.082 K ₂ O 0.165 Na ₂ O	0.082 Al ₂ O ₃	2.059 SiO ₂ 0.491 TiO ₂ 0.165 B ₂ O ₃ 0.060 V ₂ O ₅
202-	0.447 PbO 0.167 CuO 0.167 CaO 0.166 Na ₂ O 0.083 K ₂ O	0.082 Al ₂ O ₃	2.083 SiO ₂ 0.498 TiO ₂ 0.167 B ₂ O ₃ 0.057 V ₂ O ₅
203-	0.190 CaO 0.063 Na ₂ O 0.194 CuO 0.088 K ₂ O 0.465 PbO	0.110 Al ₂ O ₃	2.580 SiO ₂ 0.555 TiO ₂ 0.190 B ₂ O ₃ 0.067 V ₂ O ₅
204-	0.270 Li ₂ O 0.250 PbO 0.088 BaO 0.356 ZnO 0.036 K ₂ O	0.229 Al ₂ O ₃ 0.036 Cr ₂ O ₃	1.328 SiO ₂ 0.156 TiO ₂ 0.062 V ₂ O ₅
205-	0.147 Na ₂ O 0.503 CaO 0.094 ZnO 0.086 BaO 0.170 CuO	0.209 Al ₂ O ₃ 0.030 Cr ₂ O ₃	2.137 SiO ₂
206-	0.504 CaO 0.151 Na ₂ O 0.089 MgO 0.191 K ₂ O 0.065 Li ₂ O	0.540 Al ₂ O ₃ 0.313 Fe ₂ O ₃	4.207 SiO ₂
207-	0.019 Na ₂ O 0.059 K ₂ O 0.059 CaO 0.039 BaO 0.824 ZnO	0.133 Al ₂ O ₃ 0.023 Fe ₂ O ₃	1.311 SiO ₂ 0.072 TiO ₂

208-	0.056 Na ₂ O 0.085 K ₂ O 0.084 CaO 0.113 BaO 0.662 ZnO	0.220 Al ₂ O ₃ 0.070 Fe ₂ O ₃	1.699 SiO ₂ 0.354 TiO ₂
209-	0.011 Na ₂ O 0.755 ZnO 0.115 K ₂ O 0.068 CaO 0.051 BaO	0.221 Al ₂ O ₃ 0.034 Fe ₂ O ₃	2.233 SiO ₂ 0.262 TiO ₂
210-	0.202 K ₂ O 0.628 ZnO 0.096 CaO 0.055 BaO 0.019 Na ₂ O	0.177 Al ₂ O ₃ 0.069 Fe ₂ O ₃	1.861 SiO ₂ 0.218 TiO ₂
211-	0.650 ZnO 0.050 K ₂ O 0.071 Na ₂ O 0.026 CaO 0.020 BaO	0.206 Al ₂ O ₃ 0.047 Fe ₂ O ₃	1.629 SiO ₂ 0.066 TiO ₂
212-	0.702 ZnO 0.068 K ₂ O 0.028 Na ₂ O 0.088 CaO 0.114 BaO	0.251 Al ₂ O ₃ 0.034 Fe ₂ O ₃	1.808 SiO ₂ 0.428 TiO ₂
213-	0.441 PbO 0.131 K ₂ O 0.206 ZnO 0.175 CaO 0.047 Na ₂ O	0.131 Al ₂ O ₃ 0.080 Fe ₂ O ₃	1.948 SiO ₂ 0.354 B ₂ O ₃
214-	0.084 Na ₂ O 0.325 K ₂ O 0.222 CaO 0.316 ZnO 0.053 BaO	0.152 Al ₂ O ₃ 0.051 Fe ₂ O ₃	1.127 SiO ₂ 0.181 TiO ₂ 0.668 B ₂ O ₃

215-	0.017 Na ₂ O 0.061 K ₂ O 0.058 CaO 0.058 BaO 0.729 ZnO 0.077 CoO	0.277 Al ₂ O ₃	2.442 SiO ₂ 0.294 TiO ₂
216-	0.046 K ₂ O 0.032 Na ₂ O 0.057 CaO 0.136 MnO 0.019 BaO 0.710 ZnO	0.094 Al ₂ O ₃	1.278 SiO ₂ 0.119 TiO ₂
217-	0.225 K ₂ O 0.087 CaO 0.052 Na ₂ O 0.051 BaO 0.575 ZnO 0.010 CoO	0.162 Al ₂ O ₃	1.700 SiO ₂ 0.202 TiO ₂
218-	0.233 K ₂ O 0.086 CaO 0.050 BaO 0.016 Na ₂ O 0.576 ZnO 0.039 CoO	0.197 Al ₂ O ₃	2.161 SiO ₂ 0.200 TiO ₂
219-	0.565 ZnO 0.018 CuO 0.230 CaO 0.089 Na ₂ O 0.035 BaO 0.063 MnO	0.119 Al ₂ O ₃	1.706 SiO ₂ 0.002 TiO ₂
220-	0.079 BaO 0.079 CaO 0.118 K ₂ O 0.119 Na ₂ O 0.209 CuO 0.396 PbO	0.079 Al ₂ O ₃	2.137 SiO ₂ 0.578 TiO ₂

221-	0.015 Na ₂ O 0.101 K ₂ O 0.051 CaO 0.090 BaO 0.676 ZnO 0.067 CoO	0.127 Al ₂ O ₃	1.514 SiO ₂ 0.527 TiO ₂ 0.041 ZrO ₂
222-	0.038 Na ₂ O 0.046 K ₂ O 0.038 CaO 0.077 BaO 0.753 ZnO 0.048 CuO	0.170 Al ₂ O ₃	0.968 SiO ₂ 0.120 TiO ₂ 0.031 B ₂ O ₃
223-	0.209 Na ₂ O 0.063 K ₂ O 0.101 CaO 0.045 BaO 0.554 ZnO 0.028 CoO	0.033 Al ₂ O ₃	0.779 SiO ₂ 0.035 TiO ₂ 0.227 B ₂ O ₃
224-	0.023 Na ₂ O 0.073 K ₂ O 0.077 CaO 0.077 BaO 0.243 CuO 0.507 PbO	0.023 Al ₂ O ₃	2.081 SiO ₂ 0.724 TiO ₂ 0.155 B ₂ O ₃
225-	0.439 PbO 0.132 Na ₂ O 0.132 K ₂ O 0.123 CoO 0.088 CaO 0.088 BaO	0.088 Al ₂ O ₃	2.369 SiO ₂ 0.383 TiO ₂ 0.263 B ₂ O ₃
226-	0.444 PbO 0.150 Na ₂ O 0.150 K ₂ O 0.100 CaO 0.100 BaO 0.066 MnO	0.100 Al ₂ O ₃	2.700 SiO ₂ 0.437 TiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃

227-	0.396 PbO 0.209 CuO 0.119 Na ₂ O 0.118 K ₂ O 0.079 BaO 0.079 CaO	0.079 Al ₂ O ₃	2.137 SiO ₂ 0.518 TiO ₂ 0.237 B ₂ O ₃
228-	0.077 CaO 0.124 Na ₂ O 0.210 CuO 0.120 K ₂ O 0.077 BaO 0.392 PbO	0.097 Al ₂ O ₃	2.381 SiO ₂ 0.482 B ₂ O ₃ 0.525 TiO ₂
229-	0.068 BaO 0.107 CaO 0.068 Na ₂ O 0.087 K ₂ O 0.650 ZnO 0.020 CuO	0.030 Al ₂ O ₃	0.902 SiO ₂ 0.050 TiO ₂ 0.161 B ₂ O ₃
230-	0.695 ZnO 0.087 K ₂ O 0.037 Na ₂ O 0.137 CaO 0.037 BaO 0.007 MnO	0.080 Al ₂ O ₃	1.272 SiO ₂ 0.262 TiO ₂ 0.090 B ₂ O ₃
231-	0.444 PbO 0.150 K ₂ O 0.150 Na ₂ O 0.100 CaO 0.100 BaO 0.066 MnO	0.087 Al ₂ O ₃	2.700 SiO ₂ 0.654 TiO ₂ 0.300 B ₂ O ₃ 0.030 V ₂ O ₅
232-	0.437 PbO 0.131 Na ₂ O 0.131 K ₂ O 0.127 CoO 0.087 CaO 0.087 BaO	0.087 Al ₂ O ₃	2.357 SiO ₂ 0.571 TiO ₂ 0.262 B ₂ O ₃ 0.026 V ₂ O ₅

233-	0.330 CuO 0.246 PbO 0.172 CaO 0.120 K ₂ O 0.109 Na ₂ O 0.023 MgO	0.201 Al ₂ O ₃	2.392 SiO ₂ 0.427 TiO ₂ 0.218 B ₂ O ₃ 0.036 MoO ₃
234-	0.307 CaO 0.245 PbO 0.177 MgO 0.148 K ₂ O 0.074 Na ₂ O 0.049 BnO	0.310 Al ₂ O ₃ 0.115 Fe ₂ O ₃	2.501 SiO ₂ 0.257 TiO ₂ 0.147 B ₂ O ₃
235-	0.330 CuO 0.246 PbO 0.172 CaO 0.120 K ₂ O 0.109 Na ₂ O 0.023 MgO	0.201 Al ₂ O ₃ 0.057 Fe ₂ O ₃	2.392 SiO ₂ 0.427 TiO ₂ 0.218 B ₂ O ₃ 0.036 MoO ₃
236-	0.211 PbO 0.107 K ₂ O 0.232 ZnO 0.178 CaO 0.038 Na ₂ O 0.104 MgO 0.130 MnO	0.211 Al ₂ O ₃	1.770 SiO ₂ 0.410 TiO ₂
237-	0.396 PbO 0.209 CuO 0.119 Na ₂ O 0.079 BaO 0.040 CaO 0.118 K ₂ O 0.039 MnO	0.079 Al ₂ O ₃	2.137 SiO ₂ 0.518 TiO ₂ 0.237 B ₂ O ₃
238-	0.282 CaO 0.200 MgO 0.173 CuO 0.164 PbO 0.099 K ₂ O 0.049 Na ₂ O 0.033 BaO	0.232 Al ₂ O ₃	1.687 SiO ₂ 0.430 TiO ₂ 0.097 B ₂ O ₃

239-	0.273 CuO 0.246 PbO 0.172 CaO 0.120 K ₂ O 0.109 Na ₂ O 0.023 MgO 0.067 MnO	0.201 Al ₂ O ₃	2.392 SiO ₂ 0.427 TiO ₂ 0.218 B ₂ O ₃ 0.036 MoO ₃
240-	0.330 CuO 0.200 PbO 0.164 CaO 0.113 Na ₂ O 0.080 K ₂ O 0.065 MgO 0.048 MnO	0.187 Al ₂ O ₃	2.332 SiO ₂ 0.363 TiO ₂ 0.227 B ₂ O ₃ 0.037 MoO ₃
241-	0.316 CuO 0.240 PbO 0.167 CaO 0.113 Na ₂ O 0.080 K ₂ O 0.067 MgO 0.017 MnO	0.187 Al ₂ O ₃ 0.047 Fe ₂ O ₃	2.332 SiO ₂ 0.403 TiO ₂ 0.227 B ₂ O ₃
242-	0.041 Na ₂ O 0.037 K ₂ O 0.123 CaO 0.057 MnO 0.045 MgO 0.414 CuO 0.283 PbO	0.238 Al ₂ O ₃ 0.049 Fe ₂ O ₃	2.946 SiO ₂ 0.514 TiO ₂ 0.164 B ₂ O ₃
243-	0.316 CuO 0.240 PbO 0.167 CaO 0.113 Na ₂ O 0.080 K ₂ O 0.067 MgO 0.017 MnO	0.187 Al ₂ O ₃ 0.047 Fe ₂ O ₃	2.332 SiO ₂ 0.403 TiO ₂ 0.227 B ₂ O ₃

244-	0.330 CuO	0,201 Al ₂ O ₃	2,392 SiO ₂
	0.221 PbO	0,025 Fe ₂ O ₃	0,427 TiO ₂
	0.172 CaO		0,218 B ₂ O ₃
	0.120 K ₂ O		0,027 MoO ₃
	0.109 Na ₂ O		
	0.023 MgO		
	0.025 MnO		
245-	0.130 CaO	0,190 Al ₂ O ₃	2,393 SiO ₂
	0.047 MgO		0,339 TiO ₂
	0.082 Na ₂ O		0,273 B ₂ O ₃
	0.177 MnO		
	0.041 FeO		
	0.260 CuO		
	0.066 K ₂ O		
	0.193 PbO		

B- Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamurları Üzerinde Dikey Konumda Araştırılması

Fritleme işlemi yapılmadan ham olarak hazırlanan kristal sırlardan yatay yüzeylerde olumlu sonuçlar verenlerden bazıları, dikey yüzeylerde uygulanmıştır. Sırların uygulandığı formlar küre vazo şeklinde seçilmiştir. Pişirim sonucunda yatay yüzeylerde ki kadar güzel olmasa da başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Vazolarda görünen ortak özellik, sırn çok hızlı aktığı ve kristallerin oluşması için yeterli süreyi ve sır kalınlığını bulamamalarıdır.



Resim 20: Ham Kristal Sırların Vitreous-China Çamuru Üzerinde Dikey Konumda Uygulanması

C- Ham Kristal Sırların, Renkli Astarlar Üzeride Araştırılması

Ham olarak hazırlanan kristal sırlar, renklendirilmiş astarlar üzerine uygulanıp, üzerlerine saydam bir sır atılmıştır. Çok değişik ve efektli görüntüler vermelerine karşın kristaller yeterli miktarda ve büyüklükte oluşmamıştır. Bunun nedeni ise alttaki renkli astar ve üzerine atılan saydam sır ile uyum gösterememiş olmalarıdır.



Resim 21: Ham Kristal Sırların Renkli Astarlar Üzerinde Uygulanması

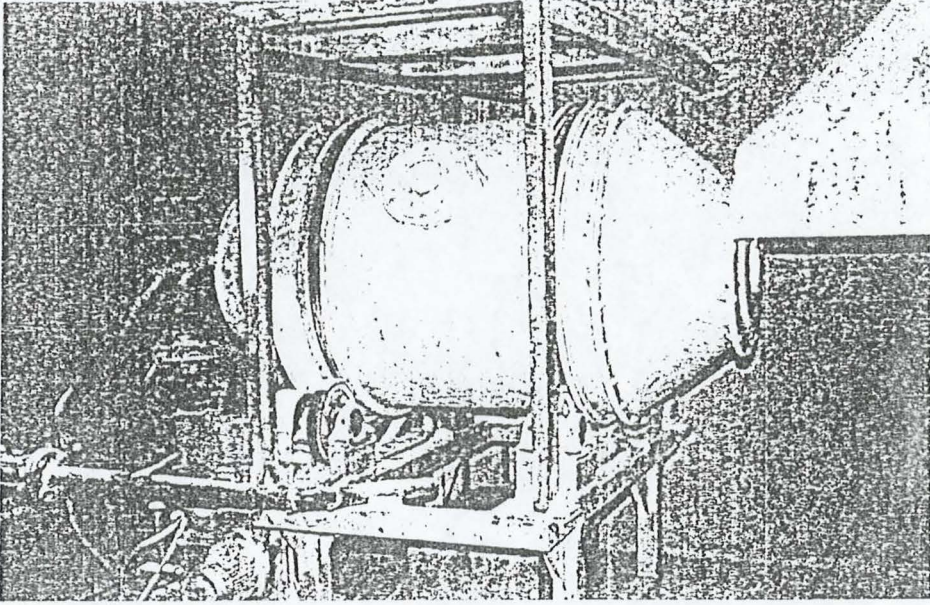
İkinci Kısım

FRİTLİ KRİSTAL SIR ARAŞTIRMALARI

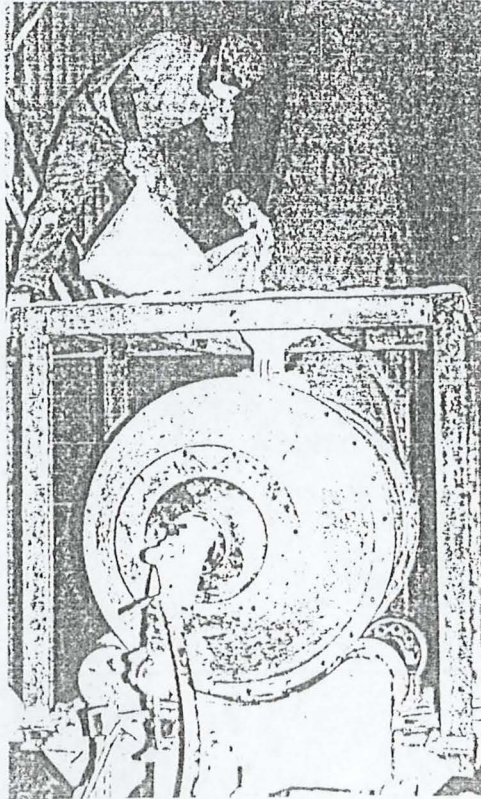
A- Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması

İçerisinde suda çözünen malzemeler bulunan sırların kullanılmadan önce fritlenmesi gerekir. Bu doğrultuda Toprak Seramik Sanayii ve Anonim Şirketi'nde deneme frit fırınında 100'er kg.'lık iki adet sır fritlenmiştir. Fritlenen bu sırlar 100 mesh'lik elekten geçecek şekilde öğütüldükten sonra, içerlerine çinko oksit, titan oksit ve renklendirici malzemeler ilave edilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda çok güzel kristaller elde edilmiştir.

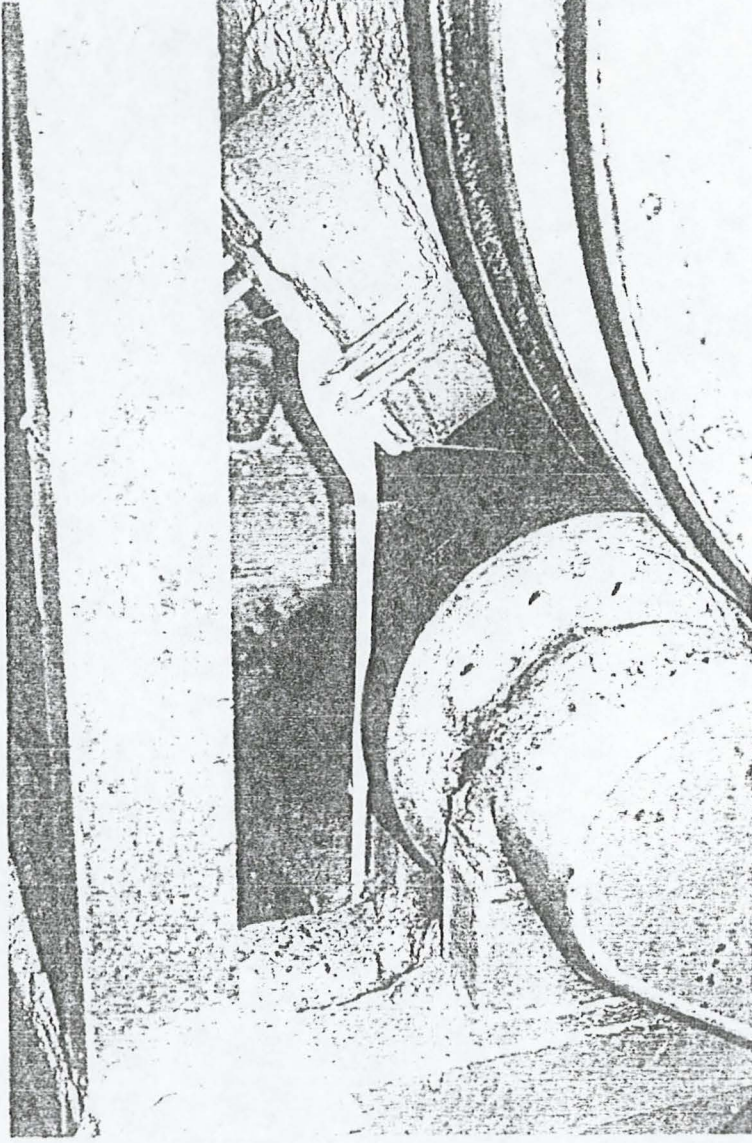
Aşağıdaki resimlerde fritli kristal sırların fritleme işlemi görülmektedir.



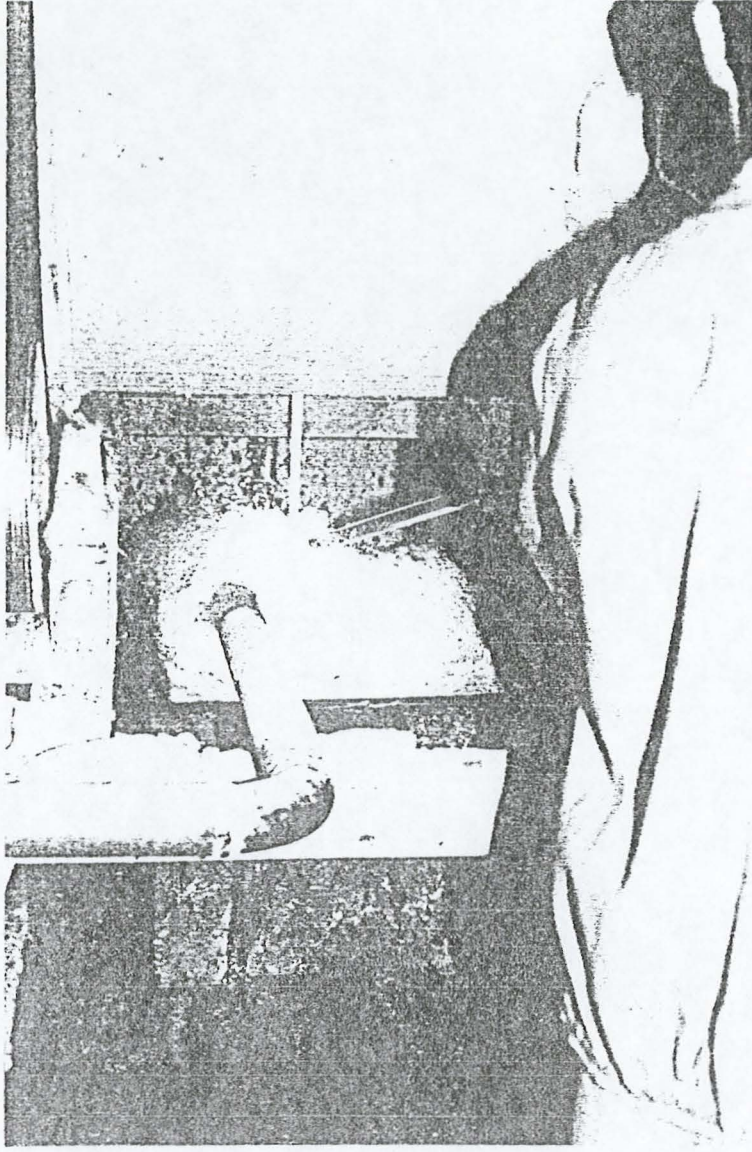
Resim 22: Fritlemenin Yapıldığı Döner Frit Fırını



Resim 23: Frit Fırının Doldurulması



Resim 24: Eriyen Fritin Fırından Boşaltılması

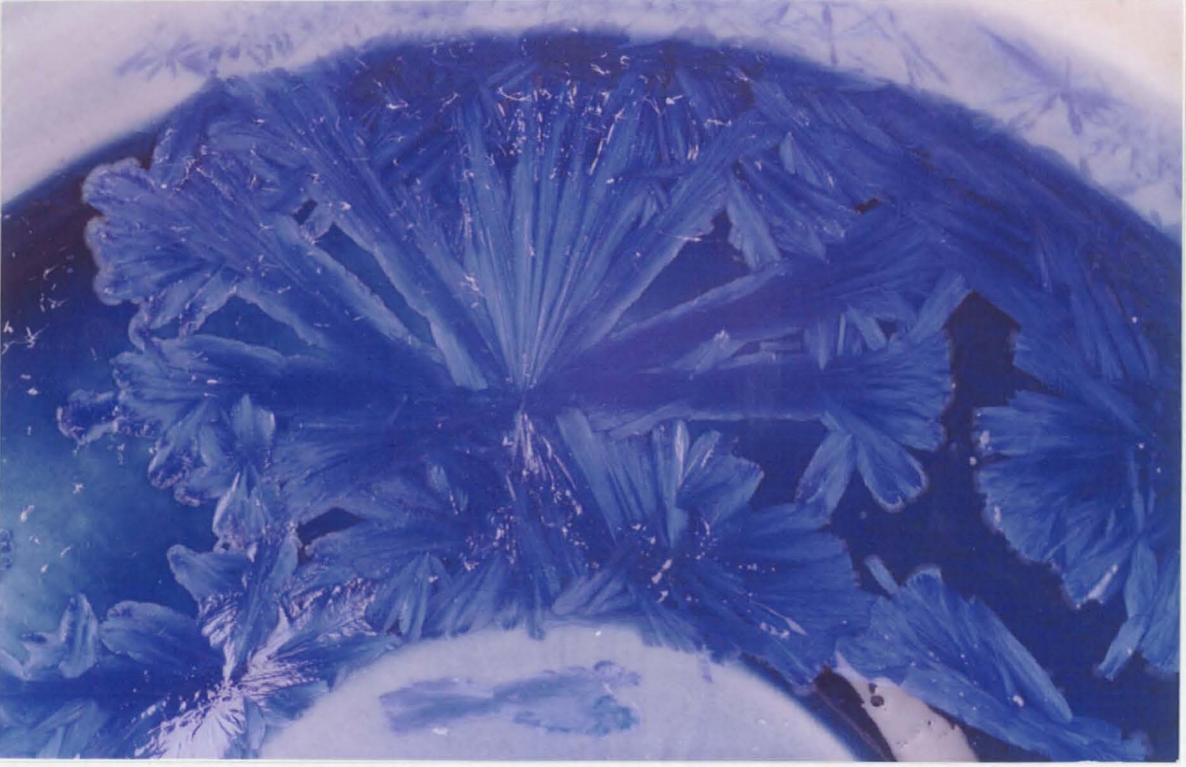


Resim 25: Eriyen Fritin Su İle Şoklanması

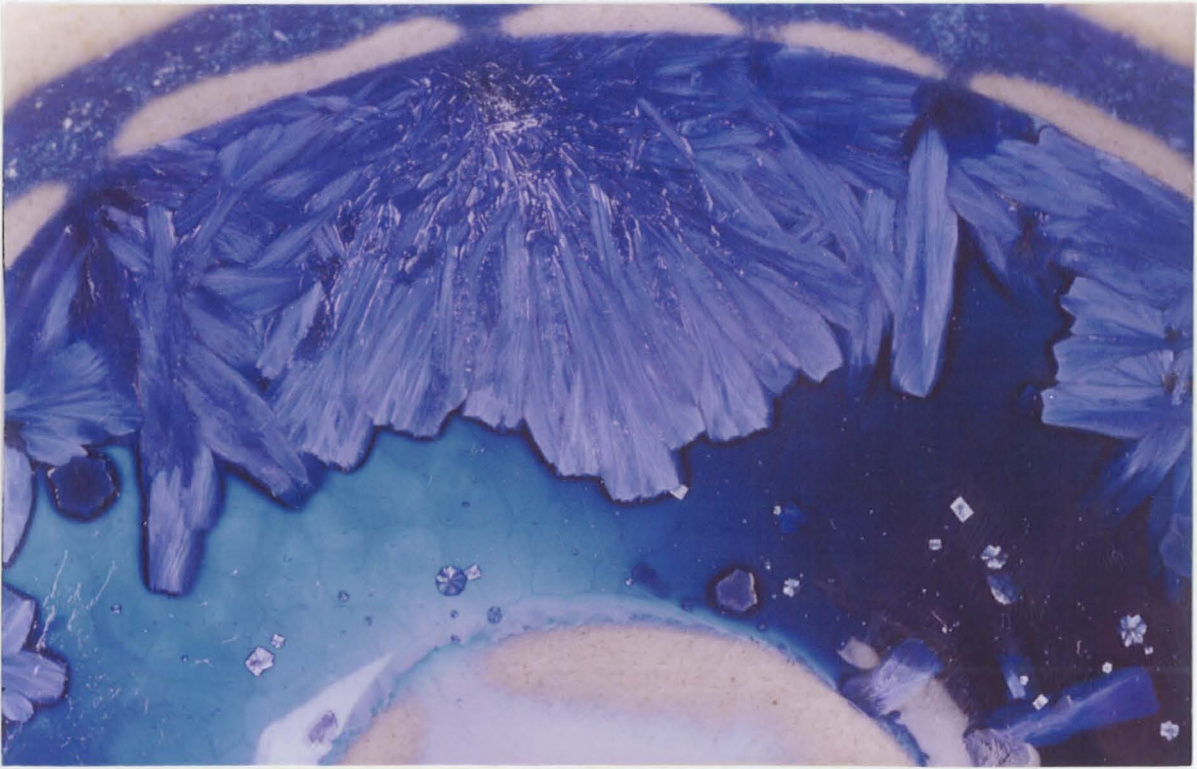
Denemeleri yapılan fritli kristal sırların seger formülleri aşağıda verilmiştir. Sıralama bazik oksitlerde ki artan oranlara göre yazılmıştır.

1-	0.094 Na ₂ O 0.906 ZnO	1,290 SiO ₂ 0,120 TiO ₂ 0,031 V ₂ O ₅
2-	0.299 Na ₂ O 0.701 ZnO	0,401 SiO ₂ 0,075 TiO ₂ 0,598 B ₂ O ₃ 0,019 V ₂ O ₅
3-	0.141 Na ₂ O 0.829 ZnO 0.030 CoO	1,952 SiO ₂
4-	0.055 Na ₂ O 0.564 ZnO 0.381 MnO	0,779 SiO ₂
5-	0.079 Na ₂ O 0.815 ZnO 0.106 NiO	1,075 SiO ₂
6-	0.211 Na ₂ O 0.509 ZnO 0.280 MnO	0,282 SiO ₂ 0,422 B ₂ O ₃
7-	0.070 Na ₂ O 0.898 ZnO 0.032 CdO	0,981 SiO ₂ 0,613 TiO ₂
8-	0.266 Na ₂ O 0.663 ZnO 0.071 NiO	0,357 SiO ₂ 0,531 B ₂ O ₃
9-	0.379 Na ₂ O 0.608 ZnO 0.013 CoO	0,509 SiO ₂ 0,758 B ₂ O ₃

10-	0.248 Na ₂ O 0.729 ZnO 0.023 CdO		0.336 SiO ₂ 0.497 B ₂ O ₃ 0.424 TiO ₂
11-	0.068 Na ₂ O 0.876 ZnO 0.039 CaO 0.017 CuO	0.003 Al ₂ O ₃	1.277 SiO ₂ 0.244 TiO ₂
12-	0.240 Na ₂ O 0.720 ZnO 0.028 CaO 0.012 CuO	0.002 Al ₂ O ₃	0.567 SiO ₂ 0.170 TiO ₂
13-	0.076 Na ₂ O 0.843 ZnO 0.044 K ₂ O 0.037 CaO	0.007 Al ₂ O ₃ 0.042 Cr ₂ O ₃	1.110 SiO ₂ 0.139 TiO ₂
14-	0.264 Na ₂ O 0.684 ZnO 0.028 K ₂ O 0.024 CaO	0.004 Al ₂ O ₃ 0.028 Cr ₂ O ₃	0.382 SiO ₂ 0.093 TiO ₂ 0.528 B ₂ O ₃
15-	0.071 Na ₂ O 0.015 CuO 0.776 ZnO 0.010 K ₂ O 0.014 CdO 0.045 NiO 0.069 Li ₂ O	0.017 Al ₂ O ₃ 0.010 Cr ₂ O ₃	0.937 SiO ₂ 0.107 TiO ₂ 0.017 V ₂ O ₅ 0.022 MoO ₃
16-	0.229 Na ₂ O 0.011 CuO 0.660 ZnO 0.007 K ₂ O 0.008 CdO 0.032 NiO 0.054 Li ₂ O	0.012 Al ₂ O ₃ 0.07 Cr ₂ O ₃	0.379 SiO ₂ 0.077 TiO ₂ 0.440 B ₂ O ₃ 0.012 V ₂ O ₅ 0.016 MoO ₃
K-	0.401 PbO 0.299 CaO 0.300 ZnO	0.146 Al ₂ O ₃	1.515 SiO ₂ 0.503 B ₂ O ₃



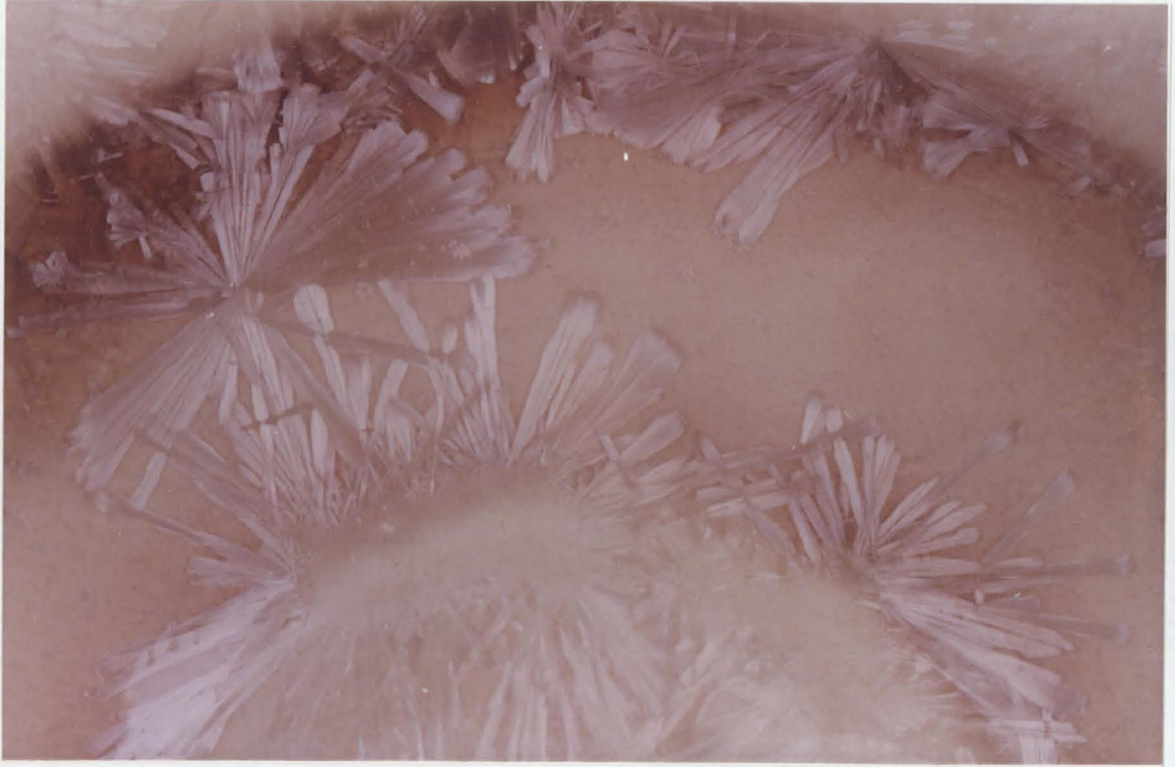
Resim 26: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması



Resim 27: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması



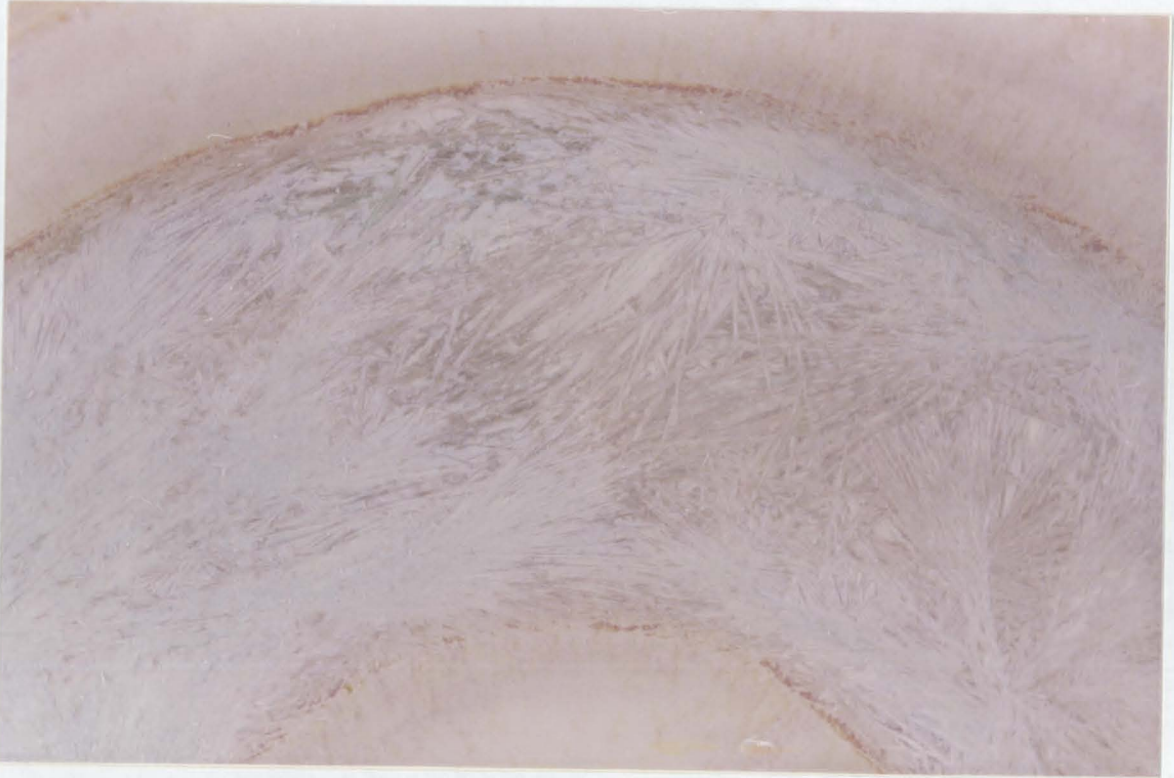
Resim 28: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması



Resim 29: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması



Resim 30: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması



Resim 31: Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Yatay Konumda Araştırılması

B- Fritli Kristal Sırların, Vitreous-China Çamurları Üzerinde Dikey Konumda Araştırılması

Yatay yüzeylerde önceden denenen ve başarılı olan fritli kristal sırlar dik yüzeylerde (vazolar ve çanaklar) uygulanmıştır. Sonuç olarak dik yüzeylerde bir miktar akma görülse de başarılı kristaller elde edilmiştir. Aynı sırlar değişik oksitler ile renklendirilerek kristallerin görsel etkileri arttırılmıştır.

C- Fritli Kristal Sırların, Renkli Astarlar Üzerinde Araştırılması

Fritlenerek hazırlanan ve önceden yatay yüzeylerde denenerek başarılı sonuçlar alınan sırlar renkli astarlar üzerinde uygulanmıştır. Sonuçta yine başarılı kristaller oluşturulmuştur. Farklı olarak renklendirilen astar ile sürülen sırn oluşturduğu renk etkisi daha etkileyici olmuştur.

Üçüncü Kısım

KRİSTAL SIRLARLA YAPILAN UYGULAMALAR

A- Püskürtme Yöntemiyle Ham ve Fritli Kristal Sır Uygulamaları

Yatay ve dikey yüzeylerde olumlu sonuçlar veren ham ve fritli kristal sırlar, basınçlı hava tabancısı ile püskürtülerek formların üzerine uygulanmıştır. Değişik eğimlerdeki tabaklar, çanaklar ve küre vazolar üzerine yapılan sır uygulamalarında başarılı kristal nüveleri oluşmuştur. Bazı sır uygulamalarında ise fırça kullanılarak sırlama yapılmıştır. Fırça kullanıldığında sırn kalınlığı her tarafta eşit olmadığından düğ yüzeylerde yer yer akmalar görülmüştür.

B- Aşılama Yöntemiyle Ham ve Fritli Kristal Sır

Aşılama yöntemiyle yapılan fritli kristal sır uygulamaları, ham kristal sırlara göre daha başarılı olmuştur. Bu yüzden aşı yöntemiyle kullanılacak sır fritlenmiştir. Renklendiricilerin ilavesiyle değişik etkiler veren fritli sırlar aşı yöntemiyle istenen bölgelere fırça ile sürülerek uygulanmıştır.

SONUÇ

Ham ve fritli kristal sır denemeleri sonucunda tam bir başarı sağlanmıştır. Denemelerin bir kısmı 1200 °C'de gelişmemiştir. Bu denemelerin yaklaşık 1400 °C'de pişirilmesi gerekir.

Ham kristal sırlar yatay yüzeylerde daha başarılı sonuçlar vermiştir. Dik yüzeyler ve astarlar üzerinde kristal nüveler daha az gelişmiştir.

Fritle yapılan kristal sırlar tümünde çok iyi sonuçlar alınmıştır. Astar üzerinde ve dik yüzeylerde demetler şeklinde kristal nüveler oluşmuştur. Sodyum oksitin 0,3 mol, çinko oksitin 0,6 mol ve silisyum dioksinin 0,5-1 mol arasında olduğu seger formülünde en büyük kristaller elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

- ARCASOY, Ateş : **Seramik Teknolojisi**, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, No: 2, Meteksan Limited Şirketi, Ankara, 1988.
- AYTA (CILIZOĞLU) Tülin : **Dekoratif Uygulama**, Sanatta Yeterlik Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, 1976.
- BEHRENS Richard : **Glaze Projects**, Professional Publications, Inc., Northwest Boulevard, Columbus, Ohio, 1972.
- BIRKS Tony : **Pottery**, Fakenham Press Limited, Great Britain, 1979.
- BLAKELY A.M. : "Life History of a Glaze", **Journal American Ceramic Society**, Sayı 21, 1938.
- BLAU H.H. : "Crystallization In Glass", **Glass Ind.**, Sayı 12, 1931.

- CHARLESTON Robert J : **World Ceramics**, The Hamlyn Publishing Group Limited, London, 1981.
- CLARK Kenneth : **The Potter's Manual**, Macdonald Co. Limited Maxwell House, London, 1983.
- COOPER Emanuel : **A History of Pottery**, Longman Group Limited, London, 1972.
- COOPER Emanuel
(Çev. Dr. Ömür Bakırer) : **Seramik ve Çömlekçilik**, Remzi Kitabevi Yayınları, İstanbul, 1978.
- DOĞAN Şaduman : **Seramik Teknolojisi**, 1.B. İstanbul, 1985.
- ELEY Stan : **Australian Fritted Glazes**, Walker Ceramics, Australia, 1978.
- FRIELD Hans
(Çev. Çiğdem Öztekin) : **Seramik**, Paşabahçe Ticaret Limited Şirketi, 6.B., 1980.
- GENÇ Soner : "Eski Mısır Seramiklerinin Araştırılması (M.Ö. 5000- M.S. 395)", **Sanatta Yeterlik Semineri I**, Eskişehir, 1991.
- GENÇ Soner : "Kristal Sır Araştırması 1200 °C", **Sanatta Yeterlik Semineri II**, Eskişehir, 1991.

- GÜNER Yüksel : **Seramik**, Gençlik Kitabevi A.Ş., İstanbul, 1987.
- HALDEMAN V.K. : "Aventurine Glazes", **Jour. Am. Cer. Soc.**, Sayı 7, 1924.
- İŞMAN Faruk : **Seramik Teknolojisi, Sır, Seramik Boyaları ve Dekorasyon Teknikleri**, İstanbul Devlet Tatbiki Güzel Sanatlar Yüksek Okulu, Teknik Yayınlar Serisi 1, İstanbul, 1969.
- İŞMAN Faruk : "Sır Hesapları", **Genel Seramik Teknolojisi**, İstanbul Porselen Sanayii A.Ş., Seminer Notları, C.2., İstanbul, 1980.
- KENNY John B. : **The Complete Book of Pottery Making**, Chilton Book Company, Pennsylvania, 1976.
- KOCABAŞ Hüseyin : **Porselencilik Tarihi**, Bursa Yeni Basımevi, Bursa, 1941.
- KOERNER J. : "New Crystalline Glazes", **Transaction American Ceramic Society**, Sayı 10, 1908.
- NELSON Glenn C. : **Ceramics a Pottr's Handbook**, CBS College Publishing, U.S.A., 1984.
- NORTON F.H. : "The Control of Crystalline Glazen", **Jour. Am. Cer. Soc.**, Sayı 20, 1937.

- NORTON F.H. : **Fine Ceramics**, Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1978.
- PARMELEE C.W.,
LATHROP J.S. : "Aventurine Glazes", **Jour. Am. Cer. Soc.**, Sayı 7, 1924.
- PARMELEE C.W. : **Ceramic Glazes**, Cahners Publishing Company, Inc., Chicago, 1951.
- PARMELLE C.W. : **Ceramic Glazes**, The Maple Press Company, York Pennsylvania, U.S.A., 1973.
- PUKALL Wilhelm : "My Experience With Crystal Glazes", **Trans. Am. Cer. Soc.**, Sayı 10, 1908.
- PUKALL Wilhelm : "Kristall Glasuren", **Neuw Keramik**, December, 1992.
- PURDY R.C.,
KREHBIEL J.F. : "Crystalline Glazes", **Trans. Am. Cer. Soc.**, Sayı 9, 1907.
- RAND C.C.,
SCHURECHT H.G. : "A Type of Crystalline Glaze at Cone 3", **Trans. Am. Cer. Soc.**, Sayı 16, 1914.
- SCHURECHT H.G. : "Experiments In Aventurine Glazes", **Jour. Am. Cer. Soc.**, Sayı 3, 1920.

- SINGER Felix,
SINGER Sonja S. : **Industrial Ceramics**, Chapman and Hall,
London, 1979.
- STULL R.T. : "Notes on the Production of Crystalline
Glazes", **Trans. Am. Cer. Soc.**, Sayı 6, 1904.
- TANIŞAN, H. Hüseyin,
METE Zeliha : **Seramik Teknolojisi ve Uygulaması**, Birlik
Matbaası, Söğüt, 1988.
- THIEMECKE H. : "Notes on Cone 10 Raw Crystalline Glazes",
Trans. Am. Cer. Soc., Sayı 16, 1914.
- TUTTLE Milton A.,
COOK Ralph L. : "Fundamental Study of Crystalline and
Glassy Phases in Whiteware Bodies", **Jour.
Am. Cer. Soc.**, Sayı 32, 1949.
- WINTER Thelma F. : **The Art and Craft of Ceramic Sculpture**,
Applied Science Publishers Limited, London,
1973.
- WOLF J. : "Crystalline Glazes", **Sprechsaal**, Sayı 64,
1931.
- WORCESTER W.G. : "The Fonction of Alumina in a Crystalline
Glaze", **Trans. Am. Cer. Soc.**, Sayı 10, 1908.
- _____ : **Seramik**, T.M.M.O.B. Kimya Mühendisleri
Odası, Ankara. 1980.