

29727

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇÖMLEKÇİ ÇAMURUNA UYGUN
KURŞUNSUZ HAM SIR ARAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYAGER DUYGU ÇAKAR

FEN YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL-1993

Çalışmalarında gerekli yardım ve önerileri ile bana yol gösteren
Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr.Göksel AKÇIN'a,

Araştırmalarımı yapmak üzere gerekli ortam ve olanaklarından yarar-
lanmamı sağlayan HASAN USTA ÇÖMLEK ATELYESİ (İstanbul)'ne,

Çanakkale Seramik'ten 4.Fayans Fab.Md .Erol SAZCI'ya, Söğüt Seramik'
ten Üretim Grup Md.Kimyager H.Nuri BANK'a,

Candeğer FURTUN'a, Doç.Ateş ARCASOY'a, Prof.Jale YILMABAŞAR'a

TEŞEKKÜR ederim.

Duygu ÇAKAR, 1993

II
İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>	
1.	GİRİŞ	1
2.	GENEL KISIM	3
2.1.	SERAMİĞİN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ	3
2.2.	SERAMİK ÜRÜNLERİN SINIFLANDIRILMASI	5
2.2.1.	Gözenekli Ürünler	5
2.2.1.1.	Kırığı Renkli Olanlar	5
2.2.1.2.	Kırığı Beyaz Olanlar	5
2.2.2.	Gözeneksiz Ürünler	6
2.2.2.1.	Kırığı Renkli Olanlar	6
2.2.2.2.	Kırığı Beyaz Olanlar	6
2.3.	SERAMİK HAMMADDELERİ	6
2.3.1.	Öztlü Seramik Hammaddelerinin Oluşumu	6
2.3.1.1.	Kaolinin Mineralojik Oluşumu	7
2.3.2.	Özsüz Seramik Hammaddeleri	8
2.3.2.1.	Anorganik Özsüz Hammaddeler	8
2.3.2.1.1.	Kuvars	9
2.3.2.1.2.	Feldspat	9
2.3.2.1.3.	Pegmatit ve Feldspatlı Kum	11
2.3.2.1.4.	Kalk	11
2.3.2.1.5.	Magnezit	11
2.3.2.1.6.	Dolomit	11
2.3.2.1.7.	Wollastonit	12
2.3.2.1.8.	Boksit	12
2.3.2.1.9.	Korund	12
2.3.2.1.10.	Talk, Sabuntaşı	12
2.3.2.2.	Yapay Olan Özsüz Seramik Hammaddeler	12
2.3.2.2.1.	Şamot	12
2.3.2.2.2.	Silisyum Karbür	12
2.3.2.2.3.	Zirkon Oksit	13
2.3.2.2.4.	Kalsiyum Fosfat	13
2.3.2.3.	Organik Katkı Maddeleri	13
2.3.2.3.1.	Kömür, Odun Kömürü, Torf, Talaş	13
2.3.2.3.2.	Grafit	13
2.4.	KİL OCAKLARI VE İŞLETMELERİ	14
2.5.	SERAMİK ÇAMUR VE SIRLARINI HAZIRLAMADA KULLANILAN UFALAMA VE ÖĞÜTME MAKİNALARI	14
2.5.1.	Kil Ufalayıcı	14
2.5.2.	Kil Yongalayıcısı	15

	<u>Sayfa No</u>	
2.5.3.	Kollergang	15
2.5.4.	Çeneli Kırıcı-Konkasör	15
2.5.5.	Konik Kırıcı	15
2.5.6.	Kırıcı ve inceltici Valsler	15
2.5.7.	Bilyalı Değirmenler	17
2.5.8.	Titreşimli Değirmen	20
2.5.9.	Çekişli Kırıcı	20
2.5.10.	Çarpmalı Kırıcı	20
2.6.	SERAMİK ÇAMURUNUN ŞEKİLLENDİRİLMESİ	21
2.7.	SERAMİĞİN KÜRÜTÜLMESİ	22
2.8.	SERAMİĞİN PİŞİRİLMESİ	26
2.8.1.	Seramik Fırınları	31
2.8.1.1.	Periyodik Çalışan Fırınlar	32
2.8.1.1.1.	Sahra Fırını	32
2.8.1.1.2.	Kubbeli Yuvarlak Fırın	32
2.8.1.1.3.	Kassel Fırını	32
2.8.1.1.4.	Kamara Fırın	32
2.8.1.1.5.	Çan Fırın	34
2.8.1.1.6.	Elektrikli Kamara Fırınlar	34
2.8.1.2.	Kontinü Çalışan Fırınlar	35
2.8.1.2.1.	Ring Fırın	35
2.8.1.2.2.	Zikzak Fırın	35
2.8.1.2.3.	Tünel Fırın	35
2.8.2.	Fırın Atmosferine Göre Pişirme Yöntemleri	35
2.8.2.1.	Redüksiyonlu Pişirme	35
2.8.2.2.	Oksidasyonlu Pişirme	36
2.8.3.	Seramik Pişiriminde Kullanılan Yakıtlar	37
2.8.4.	Seramik Fırınlarında Kullanılan Yardımcı Malzemeler	37
2.8.5.	Seramik Fırınlarında Sıcaklığın Kontrolü ve Ölçülmesi	38
2.8.5.1.	Termo Elektrik Pirometre	39
2.8.5.2.	Optik Pirometre	39
2.8.5.3.	Seramik Kökenli Sıcaklık Ölçme Araçları	39
2.8.6.	Pişirmede Meydana Gelen Hatalar.	39
2.9.	SIRIN TARİHSEL GELİŞİMİ	41
2.9.1.	Sırlarda Aranılan Temel Özellikler	43
2.9.2.	Sırların Kullanıldıkları Yerler	44
2.9.3.	Seramik Sırlarının Formül Anlatımı	45
2.9.4.	Seğer Formülüne Giren Oksitlerin Özellikleri	47
2.9.4.1.	Kurşun Oksit	47

	<u>Sayfa No</u>	
2.9.4.2.	Alkali Oksitler	47
2.9.4.3.	Kalsiyum Oksit	49
2.9.4.4.	Çinko Oksit	51
2.9.4.5.	Magnezyum Oksit	52
2.9.4.6.	Alüminyum Oksit	53
2.9.4.7.	Silisyum dioksit	54
2.9.4.8.	Bor trioksit	56
2.9.4.9.	Stronsyum Oksit	57
2.9.4.10.	Lityum Oksit	58
2.9.4.11.	Baryum Oksit	58
2.9.5.	Seğer Formülü Hesaplamaları	59
2.9.5.1.	Seğer Formülü Bilinen Bir Sırın Reçetesinin Hesaplanması.	59
2.9.5.2.	Reçetesi Bilinen Bir Sırın Seğer Formülünün Hesaplanması	60
2.9.5.3.	Kimyasal Analizi Bilinen Bir Sırın Seğer Formülünün Hesaplanması	62
2.10.	SERAMİK SIRLARININ SINIFLANDIRILMASI	64
2.10.1.	Çok Akışkan sırlar	65
2.10.2.	Az Akışkan Sırlar	65
2.11.	ARTİSTİK VE DEKORATİF GÖRÜNÜMLÜ SIRLAR	66
2.11.1.	Akıcı sırlar	66
2.11.2.	Ayrışma sırları	67
2.11.3.	Bindirme sırları	68
2.11.4.	Kaynama sırları	68
2.11.5.	Krakle sırlar	69
2.11.6.	Opak sırlar	71
2.11.7.	Mat sırlar	71
2.11.8.	Toplanmalı sırlar	73
2.11.9.	Kristal sırlar	74
2.11.10.	Avanturin sırlar	75
2.11.11.	Krom Kırmızısı sırlar	76
2.11.12.	Titanlı (rutilli) sırlar	76
2.11.13.	Redüksiyon sırları	76
2.11.13.1.	Lüsterli Sırlar	77
2.11.13.2.	Çin kırmızısı	78
2.11.13.3.	Seladon sırları	79

2.12.	SIRLARIN HAZIRLANMASI VE KULLANILMASI	79
2.12.1.	Sırlama yöntemleri	80
2.12.1.1.	Püskürtme yöntemi	80
2.12.1.2.	Daldırma yöntemi	80
2.12.1.3.	Akıtma yöntemi	80
2.12.1.4.	Tozlama yöntemi	81
2.12.1.5.	Fırça ile Sırlama yöntemi	81
2.12.1.6.	Tuzlama yöntemi	81
2.13.	SIRLARIN RENKLENDİRİLMELERİ	82
2.13.1.	Sırların renklendirilmesinde kullanılan oksitler	83
2.13.1.1.	Bakır oksit	83
2.13.1.2.	Krom oksit	84
2.13.1.3.	Nikel oksit	84
2.13.1.4.	Demir oksit	85
2.13.1.5.	Mangan dioksit	87
2.13.1.6.	Kobalt oksit	87
2.13.1.7.	Kalay dioksit	89
2.13.1.8.	Zirkon dioksit	90
2.13.1.9.	Antimon oksit	90
2.13.1.10.	Titan dioksit	91
2.13.1.11.	Molibden oksit	91
2.13.1.12.	Uran oksit	92
2.13.1.13.	Arsenik oksit	92
2.13.1.14.	Berilyum oksit	93
2.13.1.15.	Vanadin oksit	93
2.13.1.16.	Ser dioksit	93
2.13.1.17.	Wolfram trioksit	94
2.13.1.18.	Bizmut oksit	94
2.13.1.19.	Fosfatlar	94
2.13.1.20.	Selen bileşikleri	95
2.13.1.21.	Neodyum ve praseodyum oksit	95
2.13.1.22.	Erbiyum oksit	95
2.14.	SERAMİK SİRLARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	96
2.14.1.	Viskozite	96
2.14.2.	Yüzey gerilimi	97
2.14.3.	Genleşme	99
2.14.4.	Sırın sertliği	103
2.14.5.	Sırın elektrik özellikleri	105

	<u>Sayfa No</u>
2.14.6.	Kimyasal direnç 106
2.14.7.	Sırlarda kullanılan oksitlerin eriticilik katsayıları 108
2.15.	SERAMİK SIRLARINDA ORTAYA ÇIKAN ÇEŞİTLİ HATALAR VE GİDERİLMELERİ 109
2.15.1.	Kılcal çatlamlar 110
2.15.2.	Dairesel çatlamlar 111
2.15.3.	Sırın çok akışkan olması 112
2.15.4.	Sır içinde hava kabarcıklarının bulunması 112
2.15.5.	Yumurta kabuğu görünümündeki matlıklar olması 113
2.15.6.	İğne delikli sır yüzeyinin olması 113
2.15.7.	Sır toplanması 113
2.15.8.	Pullanma 113
2.15.9.	Silikat kristallerinin oluşumu 114
2.15.10.	Camsızlaşma 114
2.15.11.	Sırın donuklaşması ve parlama yetersizliği 114
2.15.12.	Mat lekeler 115
2.15.13.	Parçaların yapışması 115
2.15.14.	Sırsız bölgeler 115
2.15.15.	Kabuklanma 116
3.	DENEL KISIM 117
3.1.	KULLANILAN MADDE VE ALETLER 117
3.1.1.	Maddeler 117
3.1.2.	Aletler 117
3.2.	DENEYİN YAPILIŞI 117
3.2.1.	Deney materyallerinin sağlanması ve ön kontrolü 117
3.2.2.	Deney materyallerinin hazırlanması ve çamur haline getirilmesi 119
3.3.	KİLLERİN KİMYASAL ANALİZLERİ 120
3.4.	ÇÖMLEKÇİ ÇAMURUNUN BAZI ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI 123
3.4.1.	Yoğrulma suyu deneyi 123
3.4.2.	Kuru, pişme ve toplu küçülme deneyleri 123
3.4.3.	Su emme deneyi 125
3.5.	ÇÖMLEKÇİ ÇAMURUNUN ŞEKİLLENDİRİLMESİ 125
3.6.	ÇÖMLEKÇİ ÇAMURUNUN KURUTULMASI 125
3.7.	ÇÖMLEKÇİ ÇAMURUNUN PİŞİRİLMESİ 126
3.8.	SIR YAPIMINDA KULLANILAN HAMMADDELER VE TEMİNİ 127
3.9.	SIRIN HAZIRLANMASI 128

VII

		<u>Sayfa No</u>
3.9.1.	Hazırlanan sırların kullanılması	130
3.10.	SIRLAMA YÖNTEMLERİ	130
3.11.	SIR PIŞİRİMİ	131
4.	SONUÇ VE TARTIŞMA	132
4.1.	HESAPLAMALAR	132
4.1.1.	Killerin kimyasal bileşiminden mineralojik (rasyonel) bileşimin hesaplanması	132
4.1.2.	Yoğrulma suyu hesabı	135
4.1.3.	Kuru, pişme, toplu küçülme hesapları	136
4.1.4.	Su emme deneyi hesapları	136
4.1.5.	Kullanılan kırmızı çamurun bigot eğrisi	137
4.1.6.	Birinci pişirim için uygulanan sıcaklık dağılımı ve pişme süresinin kullanımı	138
4.1.7.	Sırlara ait hesaplamalar	138
4.1.7.1	Sır reçetesinden seger formülünün çıkarılması	138
4.1.7.2.	Yüzey gerilim hesabı	140
4.1.7.3.	Genleşme katsayısının hesabı	140
4.1.7.4.	Eriticilik katsayısının hesabı	141
4.1.8.	Yapılan Sır Hesapları	142
4.2.	TARTIŞMA	156
	KAYNAKLAR	181

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil.1-	Kırıcı ve inceltici vals. 16
Şekil.2-	Kullanılan kırıcı ve inceltici vals. 17
Şekil.3-	Bilyalı değirmenler. 17
Şekil.4-	Kullanılan bilyalı değirmen. 18
Şekil.5-	Öğütme şekilleri. 19
Şekil.6-	Tornada el ile şekillendirme. 22
Şekil.7-	Kullanılan gazlı kamara fırın 33
Şekil.8-	Kullanılan elektrikli kamara fırın 35
Şekil.9a-	Kullanılan vakum pres (Önden görünüşü). 121
Şekil.9b-	Kullanılan vakum pres (Yandan görünüşü.) 121
Şekil.10-	Bigot eğrisi. 137
Şekil.11-	I. pişirim için uygulanan sıcaklık dağılımı ve pişme süresinin kullanımı. 138
Şekil.12-	(1-6) arası borakslı sır numuneleri. 172
Şekil.13-	(7-12) arası borakslı sır numuneleri. 172
Şekil.14-	MnO ₂ ve Fe ₂ O ₃ ile renklendirilmiş borakslı numuneler 173
Şekil.15-	(27-35) arası üleksitli sır numuneleri. 174
Şekil.16-	(36-45) arası üleksitli sır numuneleri. 174
Şekil.17-	(1-9) arası renklendirilmiş üleksitli numuneler 175
Şekil.18-	(10-17) arası renklendirilmiş üleksitli numuneler. 175
Şekil.19-	(1-9) arası renklendirilmiş üleksitli numuneler. 176
Şekil.20-	39 no'lu sıra uygulanan MnO ₂ 'li renklendirme (soldaki, 1, sağdaki 2 no'lu deneme) 177
Şekil.21-	39 no'lu sıra uygulanan MnO ₂ 'li renklendirme (ortadaki 3, sağdaki 4, soldaki 5 no'lu deneme) ve (açık renkli kısımlar) 12 no'lu borakslı sır. 177
Şekil.22-	43 no'lu sır (soldaki) ve 44 no'lu sıranın (sağdaki), 29 no'lu sır ile birlikte kullanımı.(iki kez sırlı pişirim.) 178
Şekil.23-	43 no'lu sır (sağdaki kalın sırlanmış, ortadaki ince sırlanmış) ve 44 no'lu sıranın (soldaki), 29 no'lu sır ile birlikte kullanımı.(Bir kere sırlı pişirim.) 178
Şekil.24-	(Sağdaki) 45 no'lu sıranın MnO ₂ ile renklendirilmesi, (soldaki) 29 no'lu CuO'lu sır ile 45 no'lu MnO ₂ 'li sıranın birlikte kullanımı. 179
Şekil.25-	2 no'lu borakslı sıranın uygulaması. 180
Şekil.26-	28 no'lu üleksitli sıranın Cr ₂ O ₃ 'li uygulaması. 180

TABLOLAR LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo.1-	Feldspat minerallerinin çeşitli özellikleri.	10
Tablo.2-	Silisyum dioksitin değişimleri.	28
Tablo.3-	Killerin kimyasal analiz sonuçları.	135
Tablo.4-	Killerin mineralojik bileşimleri.	135
Tablo.5-	Killerin % yoğrulma suyu sonuçları.	135
Tablo.6-	Killerin kuru, pişme ve toplu küçülme hesabı için gerekli deney sonuçları değerleri.	136
Tablo.7-	Killerin kuru, pişme ve toplu küçülme hesabı sonuçları.	136
Tablo.8-	Killerin su emme deneyi hesabı için gerekli deney sonuçları değerleri.	136
Tablo.9-	Killerin su emme deneyi hesabı sonuçları.	137
Tablo.10-	Boraks ile yapılmış olan sır denemelerinin sonuçları.	143
Tablo.11-	Üleksit ile yapılmış olan sır denemelerinin sonuçları.	146

Ö Z E T

Bu çalışmanın birinci aşamasında, saf hammaddelerin belli oranlarda karışımı ile elde edilen seramik çamuru yerine, doğadan alındığı şekilde dahi kullanılabilen bir hammadde olan çömlekçi çamuru kullanıldı.

Bu çömlekçi çamurunun temini, hazırlanması, şekillendirilmesi, kurutulması, pişirilmesi ve bir takım özelliklerin incelenmesi işlemleri yapıldı.

Bu killerin bir takım özelliklerinin saptanması için gerekli olan, killerin kimyasal analizleri yaptırıldı, yoğrulma suyu, kuru, pişme ve toplu küçülme su emme deneyleri yapıldı ve sonuçlar hesaplanarak kullanılan killerin özellikleri belirlendi.

İkinci aşamada ise, seramik çamurunu ince bir tabaka halinde kaplayarak, onun üzerinde eriyen cam veya camsı bir oluşum olan sır ile ilgili çalışmalar yapıldı.

Bu çalışmada yurdumuzda Bigadiç'te 126.000 ton/yıl üretilen ve bolca bulunan bor minerallerinden olan üleksit'i kullanarak, çömlekçi çamurundan yapılan eşyalar üzerine uygulanabilen, düşük sıcaklıkta eriyen, fiziksel ve kimyasal özellikleri Pb'lu sırlara denk veya daha iyi ham sır elde etmeye çalışıldı.

Bu konuda çalışmaya rastlanmamış olan Türkiye'de üretimi bol ve ucuz olan üleksit ile çalışmalar yapılarak en uygun sır reçeteleri bulunmaya çalışıldı. Daha sonra da bunların renklendirilmesi yapıldı.

Hazırlanan sırların reçetelerinden seger formülleri çıkartılarak, seger formüllerinden de yüzey gerilim, genleşme katsayısı ve eriticilik katsayısı hesapları yapıldı. Denemeler sonucu çamurlarımıza en uygun olan sırların hesaplanmış değerleri ile, bu çamurlarla ilgili yapılabilecek sır denemeleri için gerekli (yüzey gerilim, genleşme katsayısı ve eriticilik katsayısı) değerleri saptanarak, bundan sonraki

çalışmalarda bu bölgenin, killerini kullanacak olanlara bu veriler hazırlanmış oldu.

Normal şartlarda hatalı olarak değerlendirilen sır çalışmaları, özel parcaların sırlanmasında kullanılan artistik sırlar olarak kullanılarak değerlendirildi.

Zusammenfassung:

Im ersten Stadium dieser Arbeit wurde Töpferton als Rohstoff angewendet, der auch in der Naturform verwendet werden kann.

Die Beschaffung, Vorberitung, Verformung Trocknung, und das Backen, Sowie die Untersuchung einiger Merkmalen bilden die ersten Arbeiten.

Die chemischen Analysen betreffend die Merkmalen dieses Stoffes, wie Knetflüssigkeits-, Trocknungs-, Back-, Gesamtschrumpfungs und Wasser Saugfähigversuche wurden durchgeführt. Die Ergebnisse wurden kalkuliert und die Merkmalen festgestellt.

Im zweiten Stadium wurde der Keramikton mit einer dünnen Schicht überzogen. Die Versuche wurden mit einer glasernen Bildung bzw. Glasur, die darauf beschichtet ist, fortgesetzt. Es wurde versucht, mit einer Verwendung von (Sileksit) die ein Mineral ist, der in Bigadiç mit einer Kapazität von 126.000 t/jahr hergestellt wird, eine bessere Glasur zu erhalten. Diese kann wegen ihrer Merkmalen wie niedrige Schmelztemperatur und physikalische sowie chemische Eigenschaften an den Oberflächen vieler Gegenstände aus Töpferton angewendet werden. Somit entspricht sie den Pb-haltigen Glasuren.

Im diesem Gebiet wurden in der Türkei keine wesentlichen Arbeiten durchgeführt, sei es denn mit der viel vorkommenden und billigen (Üleksit) Dann wurde eine Verfärbung durchgeführt.

Aus den Rezepten der Glasuren wurden die Seger Formeln hergeleitet, woraus Oberflächen spannung, Ausdehnungs und Auflösungs koeffiziente berechnet wurden. Gemäss den, Versuchen wurden die optimalsten Glasuren festgestellt, die unseren Tonerden entsprechen, nachdem die o.e. Werte kalkuliert wurden. Somit wird diese Arbeit den zukünftigen Arbeiten auf diesem Gebiet vieles beitragen können.

Somit wurden die Glasurarbeiten, die unter normalen Voraussetzungen fehlerhaft beurteilt werden, bei den Glasurarbeiten spezieller Stücke künstlerische Glasuren angewendet.



1. GİRİŞ

İnsanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak üzere kullanıma girmiş olan çömlekçi ürünlerinin en ekonomik en uygun şekilde yapımı ve sağlıklı kullanımı çok önemlidir.

Bu çalışmanın birinci aşaması, çömlekçi ürünlerinin sırlanmasına zemin oluşturan çamurun temini, hazırlanması, şekillendirilmesi, kurutulması, pişirilmesi ve birtakım özelliklerinin incelenmesidir.

Bu çalışmada saf hammaddelerin belli oranlarda karışımı ile elde edilen seramik çamuru yerine, doğadan alındığı şekilde dahi kullanılabilen bir hammadde olan çömlekçi çamuru kullanıldı. Çömlekçi mamullerinden (ve tuğla-kiremit) başka bütün seramik çamurları kil cevheri, kaolin, kuvars, feldspat, kalk karışımından meydana gelir. Çömlekçilikte kullanılan killerin karışımında doğal olarak kil cevheri, kuvars ve feldspat ya da feldspat benzeri kaya kalıntısı bulunduğu için, bu rastgele maddelerin miktar orantısı ancak minerolojik analizi ile belli olduğundan bu çalışmada kullanılan killerin kimyasal analizinden minerolojik analizi hesaplanarak, killere katkı yapılmadan kullanılmıştır. Fakat bu analiz sonucu kil bünyesine istenen özellikleri verebilen maddeler eklenebilir (1-5).

Tuğla-kiremit, çömlekçi mamulleri, hatta duvar kaplamasında kullanılan çinilerin sırlanmasında daima ucuz, sırçalaştırılmamış ham kurşunlu sırlar kullanılmaktadır. Genel olarak bunlara çömlekçi sırları denir. Çoğunlukla bu sırlar 920-1040°C arasında pişirilir. Bu çamurlar yüksek sıcaklığa dayanamazlar. Bu çömlekçi sırları çalışmanın ikinci aşamasını oluşturmaktadır.

Düşük sıcaklıkta eriyen en basit sır teorik olarak PbO ve SiO₂'den oluşmuştur. Fakat kurşun silikatlı sırların sakıncası, mekanik dayanıklılığının azlığı ve zehirli oluşudur. PbO.SiO₂ pratik olarak suda çözülmediği halde, asitler tarafından kolaylıkla çözülür. Bundan dolayı yiyecek-içecek konan

kaplarda kurşun zehirlenmesini meydana getirebilirler. Bu gibi sırlar ancak asitsiz malzemenin konmasına yarayan kaplarda veya süs eşyası, yapı malzemesinde kullanılabilirler. Bugün Almanya'da yürürlükte olan ve 1888 yılında konmuş olan kanuna göre kap-kacak % 4'lük Asetik asit ile yarım saat kaynatıldıktan sonra sırda hiçbir şekilde kurşun çözünmemelidir. Basit kurşunlu sırlarda ise buna imkân yoktur (6).

Kurşunun çözünmesi belli bir kaideye bağlı değildir ve SiO_2 'nin artmasıyla çözünmenin azalacağı beklenilmemelidir. En az çözünen 2.5 mol silis ihtiva eden kurşun silikat $-E.N.1150^\circ\text{C}$ - çömlükçi sırası olarak kullanılırsa çömlükçi çamurundan yapılan eşya bu sıcaklığa dayanamayıp deforme olur.

Kurşunun ortaya çıkardığı hastalıkları bertaraf etmek için, kurşunlu ham sırdaki kurşunun mide asitinde çözünmeyecek bir şekle sokmak içinde sırçalaştırmak gerekir. Küçük atölyelerde sırçalaştırma oldukça pahallıya mal olacağından böyle hallerde bu işi gören müesseselere yaptırmak ya da hazır sırça almak daha uygun olur. Fakat koyu olan sırçalardan özellikle kurşun silikatlar PbO.2SiO_2 bileşimine kadar solunum yolu ile alınır- sa tükürük ve mide suyunda çözülürler (7-9).

Amaç :

Bu çalışmada ki amaç, yurdumuzda Bigadiç'te 126.000 ton/yıl üretilen ve bolca bulunan mineraller arasında yer alan, suda çözünmeyen bor minerallerinden olan üleksit'i kullanarak, çömlükçi çamurundan yapılan eşyalar üzerine uygulanabilen, düşük sıcaklıkta eriyen, fiziksel ve kimyasal özellikleri Pb'lu sırlara denk veya daha iyi ham sır elde etmektir.

Bu sebepten, Türkiye'de bu konuda çalışmaya rastlanmamış olan üretimi bol ve ucuz üleksit ile çalışmalar yapılarak en uygun sır reçeteleri bulunmaya çalışıldı. Daha sonra da bunların renklendirilmesi yapıldı.

2- GENEL KISIM

2.1- SERAMİĞİN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ :

Seramik, geleneksel bir anlatım dili ile, organik olmayan malzemelerin oluşturduğu bileşimlerin, çeşitli yöntemler ile şekil verildikten sonra, sırlanarak veya sırlanmayarak sertleşip dayanıklılık kazanmasına varacak kadar pişirilmesi bilim ve teknolojisi olarak tanımlanır.

Bu tür tanımlamanın yanısıra seramik, aynı zamanda bir sanat dalıdır.

Günümüzde ayrıca, metal ve alaşımları dışında kalan, inorganik sayılan tüm mühendislik malzemeleri ve bunların ürünlerinden olan herşey seramiktir denir.

Seramiğin tarihi en eski çağlara kadar uzanır. Taş devri insanları birbirinden habersiz olarak dünyanın çeşitli yerlerinde;ısıtılan kilin sertleştiğini ve suda dağılma özelliğini kaybettiğini keşfederek kilden çeşitli kaplar, tuğlalar ve tapanmak üzere putlar yapmışlardır.

En eski seramik sanatını gösteren eserler Anadolu'da "hacılar" arkeolojik kazılarda bulunan seramik kaplardır. Bu çanaklar M.Ö.6000 yıllarında yapılmış olup üzeri demir oksitli boyalarla süslenmiştir.

İran, Mezopotamya ve Mısır'da yapılan kazılarda M.Ö.4500-3000 yıllarında çeşitli seramikler görülmüştür.

Seramik sanatı Anadolu ve Mısır'dan Girit Adasına geçmiş, orada M.Ö.2000 yıllarında büyük bir gelişme göstermiştir. Aynı dönemlerde Çin'de ve Orta Avrupa'da desenli seramik, kaplar yapılmaktaydı. Siyah ve kiremit renginde, motifli Yunan vazoları M.Ö. 600-500 yıllarında yapılmaya başlanmış fakat sanat değeri çok yüksek olan bu vazo süsleme sanatı kısa sürede unutulmuştur.

M.Ö. 4500 yıllarında Mezopotamyada Sümerler tarafından pişmiş tuğladan saraylar ve yollar inşa edildiği görülmektedir. M.Ö. 1200 yıllarında inşa edilen Babil kulesinde, Babil saraylarında bu tuğla kullanılmıştır.

Bazı Mısır piramitlerinin iç kısımları tuğladan örülmüştür. Tuğlacılık Romalılar döneminde çok gelişmiştir. Kiremiti ilk defa Romalılar kullanmıştır.

İlk yapılan seramikler elle şekillendiriliyordu. Çömlekçi tornası M.Ö. 4000 yıllarında Mısır'da bulunmuştur. Bu şekillendirme usulü ancak M.Ö. 500 yıllarında Avrupa'da uygulanmaya başlamıştır. İlk defa sır kullananlar da yine Mısırlılar olmuştur. Çok silisli veya magnezyumlu bir kütle üzerine alkallili bir sır sürmekteydiler.

M.Ö. 3000 yıllarında Hindistanda ve Mezopotamya'da sırlı seramikler imal edilmekteydi.

Eski Yunanlılardan seramik sanatını öğrenen Romalılar kırmızı kilden yaptıkları seramikleri kabartı halinde amblemlerle süslemişlerdir. "Terra Sigilata" diye bilinen bir süsleme sonra Sisam adasında yapılmaya başlanmış, daha sonra Etrüksler vasıtasıyla tüm Roma İmparatorluğuna yayılmıştır.

Mamulün üzerine ince bir kil süspansiyonu astar olarak kaplanıyordu, bu da pişince yarı mat bir sır teşkil ediyordu. Peru ve Meksika'da yaşayan kabileler ve Kuzey Amerika kızıl derilileri muhtelif renkteki killerle sırsız çanak çömlek yapmışlardır.

M.S.11-12.yüzyıllarda Akdenizde Majorka adasında ve İtalya'da Faenza şehrinde yeni seramik imal usulleri hızla bulunarak gelişmiştir. İsmi Majorka'dan alan majolika tipi seramikler renkli pişmiş kil üzerine, kalay oksitli opak sır sürülmüş mamullerdi. Fayans kelimesinde "Faenza"dan geldiği bir gerçektir. Her iki mamulde çok renkli boylarla süslenmekteydi. Aynı devirlerde Fransa'da kurşunlu sırlar geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır.

17.Yüzyılın ortalarında çini imalinde büyük bir gelişme görülmektedir. Fransa'da Sevr'de ve Roven'de, Hollanda'da Deir'de büyük seramik fabrikaları faaliyet başlamıştır. Aynı devirde bazı fabrikalarda sert çini de imal ediliyordu.

Porselen eşya ilk defa Çin'de M.Ö.185 yıllarında bulunmuştur. M.S. 13.yüzyılda Marko Polo Çin'den İtalya'ya porselen eşya getirmiş daha sonra Portekizli tüccarlar tarafından da getirilen porselenler Avrupa'da büyük ilgi uyandırmıştır.

Tuğla, kiremit imalinde modern metodların ve makinaların kullanılması çok yeni olup 19.yüzyıl ortalarına rastlar. Aynı devirde metalurji teknolojisinin gelişmesine paralel olarak ateş tuğlası da imal edilmiştir (10).

2.2- SERAMİK ÜRÜNLERİN SINIFLANDIRILMASI :

Endüstriyel ayırım için seramik ürünler ikiye ayrılır : Kaba ve ince seramik ürünler. Bunlar da aralarında gözenekli ve gözeneksiz olarak ayrılırlar ve kırığı renkli ve beyaz olarak sınıflandırılırlar.

2.2.1- Gözenekli Ürünler

2.2.1.1- Kırığı renkli olanlar

- 1- Tuğla-kiremit ürünler,
- 2- Çömlekçi ürünler.

Bu çalışmada da bu tür ürünler kullanılmıştır.

- 3- Refrakter (ateşe dayanıklı) ürünler.

2.2.1.2- Kırığı beyaz olanlar

- 1- Akçini

Türleri :

- I- Kalklı akçini.
- II- Karışık akçini.
- III- Feldspatlı (sert) akçini.
- IV- Şamotlu çini.

Bu çalışmada akçini ürünleri de kullanılmıştır.

- 2- Refrakter ürünler.

2.2.2- Gözeneksiz ürünler

2.2.2.1- Kırığı renkli olanlar

1- Sertçini

2.2.2.2. Kırığı beyaz olanlar

1- İnce sertçini.

2- Porselen

3- Elektroteknik ve yüksek refrakter özel seramik ürünler (11).

2.3. SERAMİK HAMMADELERİ

Seramik hammaddeleri özlü ve özsüz hammaddeler olmak üzere iki gruba ayrılır.

1- **Özlü seramik hammaddeleri** : Su ile yoğurulabilen, dağılmadan kolaylıkla şekillendirilebilen, kurdukları zaman verilen şekli muhafaza eden hammaddeleri, özlü seramik hammaddeleri olarak adlandırabiliriz.

2- **Özsüz seramik hammaddeleri** : Çok ince öğütölseler bile, su ile kolayca şekil verilemeyen, şekil verilebilse bile bir dış etken ile şeklini kaybedip dağılan maddeleri özsüz seramik hammaddeleri olarak tanımlayabiliriz.

Özlü seramik hammaddeleri de, kendi aralarında özlülük derecelerine göre sıralanırlar. Bu sıralamaya etken olarak, oluşum koşullarına göre içerdikleri tane iriliklerini ve yoğurulmaları için alabildikleri su miktarını gösterebiliriz.

2.3.1- Özlü seramik hammaddelerin oluşumu :

Granit, gnays, feldspat, posfir, syenit ve pegmatit gibi primer(=birincil) eruptif (=magmadan çıkıp donan) kayaçların, doğasal ve buna yardımcı fiziksel-kimyasal etkenler ile aşınıp, bozunup, dağılıp, ufalanıp, sürüklenmeleri sonucu kaolin ve killer oluşmuştur. Kayaçların değişikliğe uğramalarında şu etkenler rol oynamıştır: Rüzgar, su, buz, sıcaklık-soğukluk

değişimleri, yer kabuğu hareketleri, karbondioksit, humus asiti, kükürt asitleri, flor ve hidrojen asitli gazlar.

Bozunan kayalar oldukları yerde kaldıkları gibi, su ve rüzgar gibi doğa etkenleri ile çok uzaklara da taşınmışlardır. (Primer ve sekonder killeri). Bu taşınma sırasında az veya çok öğütülme, organik ve inorganik diğer maddelerle karışmalar olmuştur.

Buna göre yakın yere taşınabilen veya tane irilikleri nedeni ile yakında çöken oluşumlar (primer oluşum) temiz olarak kalabilmişlerdir. Örneğin, kaolin olarak adlandırılan hammadde türü, bu türden fazla uzaklara taşınmadan erken çöken maddelerdir.

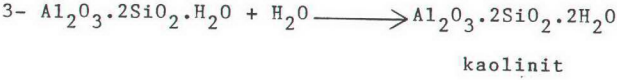
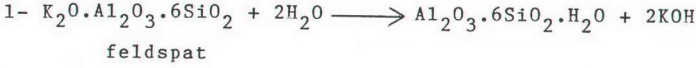
Daha uzaklara, gene su ile taşınabilen maddeler (sekonder oluşum), yol boyunca sürtünme ile kendi kendilerini daha fazla öğütmüşler, çeşitli organik maddeler ve renk veren oksitler ile karışmışlardır. Çukur veya düz arazilerde taşınma sona erdiğinden, tabakalar şeklinde çökelmeler olmuş ve kil adını verdiğimiz, kaolinlere oranla daha özlü ve ince taneli maddeler oluşmuştur.

Bozunan ana kayaların su yerine rüzgar aracıyla sürüklenmesi sonucu, lös adı verilen tabakalaşması olmayan kof ve hafif maddeler oluşmuştur.

2.3.1.1- Kaolinin mineralojik oluşumu :

Kaolinin oluştuğu ana kayaç, kompleks alumina silikatlardan oluşmaktadır. Bu alumina silikatlar ise aşınma sırasında hidrolize olmaktadır. Hidroliz olayı şöyle gelişmektedir: Alkali ve toprak alkali iyonlar çözünür tuzları oluşturarak çözünüp uzaklaşırlar. Geri kalan madde, alüminyum silikat ve değişken bileşik ve yapısal silisyum dioksittir. Bu kalan artık madde, eruptif ana kayadan daha refrakterdir. Feldspat, glimmer, kuvars gibi henüz ayrışmamış olan kayaç artıklarında kaolinin bünyesinde kalırlar.

Kaolinit (=kil cevheri) oluşum aşamaları :



Mineraloji bilimi özlü seramik hammaddelerini üç büyük grup altında inceler :

- 1- Kaolin grubu,
- 2- Montmorillonit grubu,
- 3- İllit veya glimmer grubu (alkali içeren grup).

2.3.2- Özsüz Seramik Hammaddeleri :

Seramik çamurlarında özsüzleştirici olarak kullanılan maddeler, anorganik özsüz hammaddeler ve organik katkı maddeleri olarak iki grup altında incelenebilir :

2.3.2.1- Anorganik özsüz hammaddeler :

Katıldıkları seramik çamurunu özsüzleştirerek plastikliğini azaltırlar. Genelde çamurun kuru direnç, kuru küçülme ve pişme küçülmesini azaltırlar, su emmeyi arttıırırlar. Bu gruba giren özsüz seramik hammaddelerinin diğer özelliklerinin arasında, çamurun kuruma süresini önemli ölçüde kısaltmaları da sayılabilir. Özsüzleştirilmiş bir çamur, özlü bir çamura oranla daha kısa sürede ve daha az kurutma hatası göstererek kurur.

Pişmekte olan üründe de önemli roller oynayan özsüz seramik hammaddeleri, çamurun pişme özelliklerini ve pişme sıcaklığı aralığını da etkiler. Çamura katılan özsüz maddenin türüne ve oranına da bağlı olarak, çamurun pekişme sıcaklığı genelde yükselirse de, ortaya çıkan daha geniş bir zinterleşme intervali (=pekişme aralığı), çoğu seramik ürünler için bir avantaj olarak kabul edilir.

Bazı öz­süz hammaddeler ise, örneğin feldspat, pegmatit, kalsiyum karbonat, kemik külü gibi maddeler, büyük ölçüde pişme sıcaklığının ve katkı oranlarının da etkisi ile, çamurun içinde eritici özellik göstererek, onun erken zinterleşmesini sağlarlar.

Doğal öz­süz seramik hammaddeleri şu maddelerden oluşur:

2.3.2.1.1- Kuvars

Yeryüzünün bilinebilen kısmının % 25'ini oluşturur. Oksijenden sonra dünyada en çok rastlanan silisyumun bir bileşimidir. Kimyasal formülü SiO_2 olup, mol ağırlığı 60'dır. Sertlik derecesi Mohs'a göre 7'dir.

Doğada kristal olarak dağ kristali, amethüst, kuarsit, kuvars ve kristal kuvars kumu olarak, amorf olarak ise flint ve sileks taşları, kizelgur şekillerinde bulunur.

Silisyum dioksit seramik çamur ve sırlarında önemli görevler yüklenerek geniş kullanma alanı bulur. Seramik endüstrisinde SiO_2 'in en çok kuvars kumu ve kaya kuvars şeklinde olan türleri kullanılır.

Kuvars katkısı çamurlarda şu etkileri gösterir :

- a) Çamurun bağlayıcı özelliği ve kuru direnci katkı oranı arttıkça azalır.
- b) Pişmiş çamurda gözeneklilik ve su emme artar.
- c) Kuru ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma ortaya çıkar. Katkı oranının çok artması ile birlikte küçülme yerine büyüme görülür.

2.3.2.1.2- Feldspat :

Öz­süz bir hammadde olmasına karşın, çamurlarda belli bir pişme sıcaklığına kadar çıkıldığı zaman, çamurları pekiştirerek, eriticilik özelliğini gösterir. Aynı şekilde sırlarda da kullanılan çok önemli bir eritici­dir.

Genel tanımlaması, içinde belli sayıda alkali bulunduran alümina silikat olarak yapılabilir. Doğal feldspatlarda Na, K, Ca, Si, Ba, Cs, gibi oksitler farklı oranlarda yer alırlar.

Feldspatlarda yer alan Bazik oksit : $Al_2O_3:SiO_2$ oranı, bazik oksit alkali ise 1:1:6 oranındadır. Toprakalkalili feldspatlarda ise bu oran 1:1:2 şeklindedir. Bunların çeşitli özellikleri Tablo.1.'de verilmiştir.

Tablo 1 : FELDSPAT MİNERALLERİNİN ÇEŞİTLİ ÖZELLİKLERİ

<u>Kimyasal ve Mineralojik Adı</u>	<u>Kimyasal Formülü ve bileşimi (%)</u>	<u>Özgül ağı.</u>	<u>Sertliği (Mohs)</u>	<u>Erime noktası</u>
K-Feldspat/orthoklas	$K_2O.Al_2O_3.6 SiO_2$ 16,9 18,3 64,8	2,56	6	1200°C
Na-Feldspat/albit	$Na_2O.Al_2O_3.6 SiO_2$ 11,8 19,4 68,8	2,61	6,0-6,5	1180°C
Ca-Feldspat/anorthit	$CaO.Al_2O_3.2 SiO_2$ 20,1 36,6 43,3	2,70	6,0-6,5	1370°C
K,Na-Feldspat/plagioklas	$(Na,K)_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ değişken $Na_2O.Al_2O_3.6 SiO_2$			
Ca,Na-Feldspat/oligoklas	+ $CaO.Al_2O_3.2 SiO_2$ değişken	2,62	6-7	
Ba-Feldspat/celsian	$BaO.Al_2O_3.2 SiO_2$ 40,9 27,1 32,0 $K_2O.Al_2O_3.6 SiO_2$	3,37	6	
K,Ba-Feldspat/hyalofan	+ $BaO.Al_2O_3.2 SiO_2$ değişken	2,84	6,0-6,5	
Cs-Feldspat/pollucit	$Cs_2O.2 Al_2O_3.4 SiO_2$ değişken	2,90	6,5	
Li-Feldspat/spodumen	$Li_2O.Al_2O_3.4 SiO_2$ 8,0 27,4 64,6	2,64	5,0-6,0	

Saf potasyum feldspatın (ortoklas) erime sıcaklığı 1170°C, sodyum feldspatın (albit) ise 1120°C dir. Ancak ortoklasın tam erime sıcaklığı yaklaşık 1280°C dolayına ulaşmaktadır. Bu da ortoklasın geniş bir erime aralığına sahip olduğunu gösterir. Bu nedenle, özellikle porselen çamurlarında ortoklas daha fazla kullanma alanı bulur. Albit ve lityum feldspat (spodumen) daha fazla eriticilik özellikleri nedeni ile öncelikle sırların yapısında önemli rol oynarlar.

2.3.2.1.3- Pegmatit ve feldspatlı kum :

Pegmatitler büyük ölçüde potasyum feldspatı ve kuvars içerirler. İnce taneli pegmatit olan feldspat kumu, klinker, yer karosu gibi ürünlerin üretildiği sertçini çamurlarının bileşimine büyük ölçüde girer.

2.3.2.1.4. Kalk :

Kimyasal bileşimleri CaCO_3 ve ortalama sertlikleri 3 olan kalk türleri doğada kalsit (kalktaşı), tebeşir ve mermer şeklinde bulunur.

2.3.2.1.5- Magnezit :

MgCO_3 bileşiminde olan magnezit, doğada sert parçacıklar şeklinde, kristal ve amorf olarak bulunur.

2.3.2.1.6- Dolomit :

Kalsiyum karbonat ile magnezyum karbonatın doğadaki yaklaşık aynı molekül oranlarındaki şekli dolomit adını alır. CaCO_3 . MgCO_3 bileşimindeki dolomitte CaCO_3 % 56. MgCO_3 'da % 44 oranında yer alır.

2.3.2.1.7- Wollastonit :

Lifli bir kalsiyum silikattır. Seramik çamur ve sırlarında kullanılabilen wollastonit, çamurda eritici özellik göstererek, onun pişme sıcaklığını düşürür.

2.3.2.1.8- Boksit :

Boksit, su içeren bir alüminyum oksittir. ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) Esas yapısının Al_2O_3 olmasından yararlanılarak, boksitten ateşe dayanıklı tuğlaların yapımı için yararlanır.

2.3.2.1.9- Korund :

Doğal ve yapay olarak ikiye ayrılırlar. Saf şekli kristalize Al_2O_3 'tir. Demir ile karışmış ince taneli korunda doğada damarlar şeklinde rastlanır. Yapay korund, boksitin çok aşamalı bir işlemle geçirilmesinden elde edilir.

2.3.2.1.10- Talk, sabuntaşı :

$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ kimyasal bileşiminde olan bu maddeler, kristal yapıları farklı minerallerdir. Talk yaprakçıklar, sabuntaşı ise hacımsal tanecik dokularından oluşur. Sertlik dereceleri çok düşüktür.

2.3.2.2- Yapay olan özsüz seramik hammaddeler :

2.3.2.2.1- Şamot :

Bir kilin şamot olarak adlandırılabilmesi için, bağlayıcı özelliğini kaybedinceye kadar pişmiş olması gerekir. Bu şamot, kırma ve öğütme makinalarında istenilen tane büyüklüğünde öğütülür.

2.3.2.2.2- Silisyum Karbür :

Karborondum olarak da adlandırılan SiC, en çok fırın plâka ve diğer malzemelerin yapımında kullanılır.

2.3.2.2.3- Zirkon Oksid :

Doğada zirkon silikat şeklinde bulunur. Doğadan çıkan zirkon kumu, flotasyon (=yüzdürme) yöntemi ile demir, titan gibi diğer maddelerden ayrılır.

2.3.2.2.4- Kalsiyum Fosfat :

Aşırı ısınmış su buharı aracılığı ile yağlarından uzaklaştırılan sığır kemikleri 800-900°C de kalsine edilip, bileşimi kalsiyum fosfat $Ca_3(PO_4)_2$ olan kemik külü elde edilir.

Kaolin katkısı ile kemik porseleni yapımında kemik külünden yararlanılır.

2.3.2.3- Organik katkı maddeleri :

Bu maddeler, çamur pişerken yandıklarından, katıldıkları madenin gözenekliliğini arttırır, ağırlığını azaltırlar.

2.3.2.3.1- Kömür, odun kömürü, torf, talaş :

Bu tür katkılar, üzerine ağırlık binmeyen duvar tuğlalarının, hafif tuğlaların ve yalıtım tuğlalarının yapımında kullanılır.

2.3.2.3.2- Grafit :

Kristalize karbon şeklinde, gnays, glimmer, kalktaşı ve granitin içinde bulunur. Rengi koyu griden siyaha dek değişir ve yumuşaktır. Diğer organik maddelerin tersine, yanarak çamurdan uzaklaşmaz ve ürünü ateşe dayanıklı duruma getirir, ani sıcaklık değişikliklerine direnç ve yüksek sıcaklık iletme yeteneği gösterir.

Metalurjide kullanılan eritme potaları grafitten imal edilir (9,12).

2.4- KİL OCAKLARI ve İŞLETMELERİ

Seramik hammaddeleri olan killeri, oluşum şekillerinin ve oluşuktan sonraki doğal jeolojik olayların sonucu olarak, yeryüzüne yakın veya uzak katmanlar şeklinde oluşurlar. Bunun sonucu olarak, kil ocaklarından işe yarar kilin çıkarılması da farklı şekillerde yapılır :

- a) Açık işletme,
- b) Kuyu işletme,
- c) Galeri işletmesi.

Çömlekçi killeri, yeryüzüne yakın tabakalarda bulunduğu için açık işletme ile çıkarılır.

Açık işletme, kil tabakası yeryüzüne yakın ise denenen bir işletme türüdür. Kil tabakasının üzerindeki toprak tabakası çeşitli araçlarla kazınır. Bundan sonra ya ekskavatör denen birleşik kepçeli veya basit kepçeli kazıyıcılarla, ya da insan gücüyle kil çıkarılır (13).

Ocaktaki kil farklı yapı gösterdiğinde, bu farklı kısımlar ayrı ayrı alınarak çıkarılır. Killerin içinde bulunabilecek taşlı, kirli ve renkli parçaların daha ocaklarda iken ayrılması gerekir. Bu ayırma işlemine triyaj denir.

2.5. SERAMİK ÇAMUR ve SIRLARINI HAZIRLAMADA KULLANILAN UFALAMA ve ÖĞÜTME MAKİNALARI :

Sert veya yumuşak, tüm hammaddelerin belli bir tane büyüklüğüne gelmesi için kullanma ve çamur hazırlamadaki sırasına göre ufalanmaları veya öğütülmeleri gerekmektedir.

2.5.1- Kil Ufalayıcı

Çok özlü olmayan taşsız ve rutubetli killeri belli irilikte ufalayan bir makinedir. Altta dönen bir tablanın üzerinde, sabit fakat delikli bir silindir bulunur. Silindirin içinde, alt tablanın ters yönünde, silindir deliklerine sürterek dönen kol vardır. Yukarıdan doldurulan silindirik haznedeki kil, alt

tablanın ve kolların dönmesi sonucu deliklerden çıkmaya zorlanır. Delik büyüklükleri istenilen çapta seçilerek ufalanan kilin belli parça iriliğine sahip olması sağlanır.

2.5.2- Kil Yongalayıcısı

Kil ufalayıcısına çok benzeyen bir yapı ve çalışma prensibine sahiptir. Bu makinada silindirdeki delik yerine, tablada rendede olduğu gibi bıçaklı yarıklar vardır. Rutubetli ve büyük parçalar şeklindeki kil yukardan dönen tabla üzerine atılır. Silindirin içindeki sabit kollara çarpan parçalar kendi ağırlıkları ile alttaki ayarlanabilir rende aralıklarından yongalanarak çıkarlar.

2.5.3- Kollergang

Her türlü kilin öğütülmesi, doğal ve yapay sert maddelerin parçalanarak belli bir tane büyüklüğüne getirilmesi işleminde kullanılan bir makinedir. Bu makinalarda iki önemli kısım vardır: Delikli ızgaralardan oluşan alt tabla ve bu tablanın üzerindeki ağır silindirik tekerlekler.

2.5.4- Çeneli Kırıcı-Konkasör

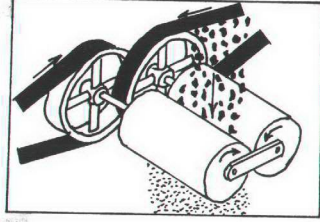
Kaba seramik hazırlama makinasıdır. İnce seramik çamurları için gerekli sert maddelerin ön kırma işlemi için kullanılır. İri ve orta büyüklükte taneler oluşturur.

2.5.5- Konik Kırıcı

Dışta sabit bir kesik koni bulunur. Bunun içinde dönen içi dolu koni, kendisini çevreleyen çepere her noktasında yaklaşarak, yukardan verilen kaba maddeleri incelterek öğütülür.

2.5.6- Kırıcı ve İnceltici Valsler

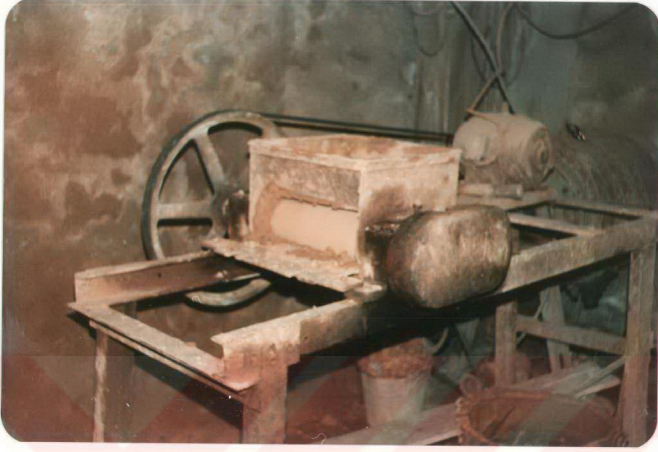
Prensipite birbirine göre karşıt yönlerde dönen iki silindirin oluşturduğu yüksek verimli bir makinedir (Şekil 1).



Şekil 1: Kırıcı ve İnceltici Vals.

Silindirlerin çapları büyüdükçe öğütülecek maddenin silindirlere giriş açısı küçülür. Bu ise verimi arttırıcı olarak etki eder. Karışıklı dönen valsler, paralellikleri bozulmayacak şekilde istenen öğütme inceliğine göre aralanabilirler.

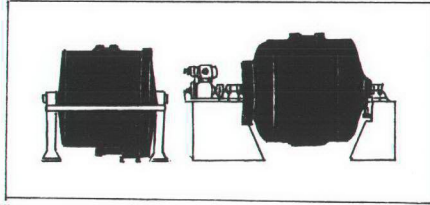
Aynı hızda dönen valslerden başka, "diferensiyal vals" adı verilen bir diğer vals türü daha vardır. Bu sistemde valslerin biri diğerine oranla biraz daha farklı devirde döner. Örneğin 100/120, 120/160 devir/dakika gibi. Böylelikle arttırılan sürtünme gücü, öğütmeye etkili olarak katkı yapar. Bu çalışmada, ufalama işleminde bu makina kullanıldı.



Şekil 2: Kullanılan Kırıcı ve İnceltici Vals.

2.5.7- Bilyalı Değirmenler

Silindirik bir yapıya sahip olan bu değirmenlerin içinde öğütülecek olan madde ile öğütmeyi sağlayan bilyalar bulunur. Eğer öğütme sulu öğütme şeklinde ise ayrıca su ilâve edilir.



Şekil 3: Bilyalı değirmenler (Dorst-Kochel).

Değirmenin dönmesi sonucu oluşan hareket, içindeki örneklerle birlikte bilyaları da harekete geçirir. Böylece birbirine sürtünme yolu ile bir öğütme başlar.

Öğütmenin başarısını birçok faktör etkiler: Mal değirmene belirli ağırlıkta yüklenmeli, su oranı iyi hesaplanmalıdır. Sulu öğütmede değirmenin içinde, iç hacinin yaklaşık 1/3'ü kadar boşluk bırakılmalıdır. Değirmene yaklaşık öğütülecek kuru maddede ağırlığı kadar bilya koymak gerekir. Bilya büyüklüğü seçimi çok önemlidir. Büyük-orta-küçük boy bilyaları yaklaşık 1/3 oranlarında alarak tamamlamalıdır. Değirmenlerin büyüklüğüne göre bilyaların çapları yaklaşık 7-5-3 cm olabilir.



Şekil 4: Kullanılan bilyalı değirmenin porselen kabı.

Değirmenlerin dönme hızlarınının saptanması iyi öğütmenin en önemli noktasıdır. Eğer değirmen yavaş dönerse, mal ve bilyalar iç çeper boyunca bir süre yol alırlar. Ve sonra geri kayarlar. Bu sırada daha çok yuvarlak tanecikler oluşur. Bu öğütme "kaskad etkili öğütme" denir ve değirmenin devir sayısı

$n = 230/\sqrt{D}$ olduğu zaman ortaya çıkar.

Değirmenin dönme sayısı sınırları $230/\sqrt{D}$ ile $260/\sqrt{D}$ arasında tutulmakla elde edilebilen kaskad etkili öğütme, en uygun ve ekonomik olan öğütmedir.

Daha hızlı bir dönmeye, bilyalar merkezkaç kuvveti nedeniyle çeper boyunca bir süre yükselirler. Ağırlıkları nedeniyle tekrar aşağıya düşerek çarparlar. Bu sırada daha çok köşeli tanecekler oluşur. Bu öğütme "katarakt etkili öğütme" olarak adlandırılır ve $n = 300/\sqrt{D}$ olduğu zaman ortaya çıkar (14).



Şekil 5: Öğütme şekilleri.

- a) Kaskad, b) Katarakt etkili öğütme,
c) KRİTİK dönme sayısı.

Bu öğütmede sakıncalı olan yön, değirmen çeperinin ve bilyalarının çabuk aşınmasıdır.

Değirmen "kritik dönme sayısı"na ulaştığı zaman merkezkaç kuvvet nedeni ile, değirmen bilyaları ve öğütülecek maddeler, öğütme olmaksızın değirmen çeperine yapışırlar ve değirmen ile birlikte dönerler. Bu olay da $n = 423/\sqrt{D}$ olduğu zaman ortaya çıkar.

Normal yaş öğütmede n, $250/\sqrt{D}$ ile $280/\sqrt{D}$ değerleri arasında hesaplanır.

n= Değirmenin dönüşü (devir/dk)

250= Sabit değer

D= Değirmen iç çapı (cm)

Yaş öğütmede 50 mikron ve daha küçük tanecikli çamur elde edilebilir.

Kuru öğütmede elekli değirmenler kullanılır. Dışta ince elek, içte kaba elekten oluşan içiçe iki çeper vardır. En içte ise çelik bilyaların bulunduğu öğütme bölgesi vardır. Yaş değirmenlerin aksine sürekli (=sürekli) olarak çalışırlar. Yandan beslenen değirmen döndükçe öğütülen parçalar öğütme duvarlarının arasından eleklerle geçerler. İncelenler dışarı çıkar, kaba parçalar ise tekrar geri dönerler.

Öğütmede kullanılan çelik bilgiyelerin çapları aynı boylarda yaklaşık 15 cm olarak seçilir ve öğütme bölgesi hacminin % 30-40'ını oluşturacak kadar doldurulurlar.

Bu çalışmada hammaddelerin öğütülmesinde (açıklaması denel kısımda yapılan) bilyalı değirmen kullanıldı ve sulu öğütme yapıldı.

2.5.8- Titreşimli Değirmen

2.5.9- Çekişli Kırıcı

2.5.10- Çarpmalı Kırıcı

2.6. SERAMİK ÇAMURUNUN ŞEKİLLENDİRİLMESİ

Şekillendirmede çeşitli yöntemler uygulanır. Şekillendirme yönteminin seçiminde rol oynayan önemli faktörler vardır. Örneğin, çamurun bileşimi, kullanma alanı ve amacı, üretimin sayısal verimliliği, ürünün biçimsel yapısı.

Şekillendirme yöntemleri başlıca 4 grup altında toplanır :

- 1) Kuru,
- 2) Yarı yaş,
- 3) Deri sertliği,
- 4) Yaş şekillendirme yöntemleri.

Bu çalışmada kullanılan çömlekçi çamurunun şekillendirilmesinde "yarı yaş" yöntem kullanılmış olup, bir diğer adı da plastik şekillendirmedir.

Plastik şekillendirmenin çeşitli türleri mevcut olup, bu türlerin birbirinden farklı olması, şekillendirilecek parçaların sayısına, boyutlarına, kullanma alanlarına bağlıdır.

Yarı yaş yöntem ile şekillendirme,

- a) Serbest el ile şekillendirme,
- b) Tornada el ile şekillendirme,
- c) Tornada alçı üzerine veya içine sıvayarak şekillendirme,
- d) Kalıplar arasında basarak şekillendirme,
- e) Ağırlıklı presler şekillendirme'den oluşur.



Şekil 6: Tornada el ile şekillendirme.

2.7- SERAMİĞİN KURUTULMASI

Piştirme işleminden önce yapılacak en önemli işlem kurutma olup, kurutma işleminde, sorun çıkmasına olanak vermeyecek şekilde, suyun çabuk, ucuza mal edilerek, en iyi şekilde maldan uzaklaşması sağlanmalıdır (Şekillendirme yöntemine göre, bir parçada şekillendirme sonunda % 5-35 su vardır).

Kurutma fiziksel bir süreçtir ve rutubetli bir malzemeden şekillendirme suyunun uzaklaştırılıp kurutulması işlemidir.

Kurutmanın yapılabilmesi için, malın içindeki suyun buhar şeklinde uzaklaştırılması gerekir. Bu buharlaşmanın miktarı şunlara bağlıdır : Kurutma havasının sıcaklığı, kurutma havasının hızı, kurutma süresi, malın kuruma yüzeyinin büyüklüğü.

Kuruyan bir malda buharlaşma yüzeyde olur. Bu şekilde bir kuruma, konveksiyon (=geçişme) kuruma olarak tanımlanır. Burada hava, kurutma için gerekli sıcaklığı ve kurutmadan oluşan su buharını taşıyıcı görev alır. Kurutma havasının, kuruma sırasında oluşan su buharını kabul edebilmesi için sıcak olması

gerekir. Eğer böyle olmazsa, oluşan su buharı hemen kondanse (=yoğunlaşma) olarak suya dönüşür. Aynı zamanda kurutma havasının sıcak olmaması sonucu, kurumayı gerçekleştirecek şekilde, malın içinden yüzeyine doğru bir su hareketi de olmaz.

Çamurun içindeki porlar (=gozenekler) aracılığı ile, su yüzeye ulaşır. Burada porlar kapılar (=kılcal yol) görevi yaparlar.

Bir seramik (veya omleki) amurunun içinde yoğurulma suyu üç durumda bulunur:

1. Yüzey suyu : Kil taneciklerinin yüzeylerini film şeklinde saran sudur.
2. Por suyu : Taneciklerin arasında bulunan sudur ve çamurdaki suyun büyük bir kısmını oluşturur.
3. Emme suyu : Kil taneciklerinin yüzeyinden içine emilme yolu ile giren sudur. Bu su, seramik çamurunun plastikliğinde söz sahibi olur. Kurutma sırasında çamurdan en güç ayrılan sudur.

Kurutma işlemi, bütün bu sayılan suların çamurdan uzaklaştırılması için yapılır.

şekillendirme sırasında çamura verilen su, kuruma sırasında tersine bir yol izleyerek çamurdan uzaklaşır. İlk kuruma yüzeyde başlar, porlardan gelen su, yüzeyden buharlaşarak uzaklaşır. Bu sırada kurutma sıcaklığının artması sakıncalı olabilir. Bu sakınca da yüzeyin çok önce kuruyup, içerden gelen suyun geçmesine engel olacak kadar küçülmesidir. Bu durumda oluşan gerilimler, kuruma atlaklıklarına ve deformasyonlarına yol açar.

Çamurdaki gözeneklerden su uzaklařtıķa küçülme sürer. Küülmenin nedeni, kil taneciklerinin birbirine yaklaşmalarındandır.

Gozeneklerden suyun uzaklaşmasını, tanecik yüzey ve emme suyunun uzaklaşması izler (15).

Kurumaya etki eden faktörler şu şekilde özetlenebilir :

- 1- Çamurun tane büyüklüğü ve bunun dağılımı,
- 2- Çamurun bünyesindeki hammaddelerin mineral türleri,
- 3- Bünyede eriyen tuzların olup olmadığı,
- 4- Moleküllerin yapısal düzeni,
- 5- Çevrenin rutubet koşulları,
- 6- Ortamdaki hava sıcaklığı,
- 7- Kurutmaya giren malların boyut, şekil, su oranlarında beraberlik.

Seramik çamurlarının kuruyunca dirençleri artar fakat esneklikleri azalır. Tamamen kurumuş bir bünyede, bağlayıcı kuvvetler katıdır ve kırılma olmadan hiçbir deformasyon olmaz (Bu nedenle mamuller üzerine işleme yapılacaksa yaş iken yapılması gerekir).

Kurutma yöntemleri,

- 1- Açık havada kurutma, 2- Odalı kurutucular, 3- Kanal veya tünel kurutucular, 4- Işımalı kurutucular, 5- Band kurutucular, 6- Salıncaklı kurutucular, 7- Döner masalı kurutucular, 8- Döner silindirik kurutucular, 9- Püskürtmeli kurutucular, 10- Valsli kurutucular, 11- Kanatlı kurutucular, 12- Jefremow yöntemi kurutucular.

Bu çalışmada, "Açık havada kurutma" yöntemi kullanıldı ve şekillendirilmiş örnekler açık havada doğal şartlarda kurutuldu. Bu yöntem daha çok tuğla, kiremit ve çömlekçi ürünlerinin kurutulmasında kullanılır olup, malın kuruması tamamen hava koşullarına bağlı olduğundan, "doğal kurutma" olarak da tanımlanabilir.

Doğal kurutmanın avantajları,

- a) Herhangi bir kurutma ısısına gerek göstermemesi,
- b) Parçalar çok yavaş kurutulduğunda hemen hiç kuruma hatası göstermemesidir.

Dezavantajları ise,

- a) Ortalama 14-20 gün süren kurutma süresine bağlı olarak, büyük kurutma alanları ve yollarına gerek duyulması,
- b) Açık hava kurutmaları sadece sezon kurutucuları olup, ilkbahar ve sonbaharda ortaya çıkan sürekli yağışlar, don olaylarının mallara zarar vermesi,
- c) Rüzgar ve güneşin malların hemen bozulmasına yol açması,
- d) İşletmenin veriminin sınırlı olması,
- e) Mallardaki artık rutubet oranının yüksek oluşu, (% 4-6) fırında ön kurutmanın yapılmasını gerektirmesidir.

Kurutmada ortaya çıkan hatalar ve giderilmesi :

Çamur hazırlamadan başlayarak, şekillendirmede de yapılan hatalara, yanlış kurutma teknikleri de eklenince, kurutma hataları ortaya çıkar.

Şekillendirilen bir parçada eğer farklı et kalınlıkları varsa, kuruma sırasında, ince kısımlar daha çabuk kuruyacaklarından, geç kuruyan kısımlarla arasında bazı gerilimler ortaya çıkar. Bunun sonucu, ince ve kalın kısımların bileştikleri yerlerde "kuruma çatlağı" denen çatlak türü oluşur.

Hareketsiz zemin ve raflarda kurutulan parçalarda (özellikle büyüklerde) görülen bir diğer kurutma hatası da "deformasyon ve eğilmedir". Nedeni de, parçanın yetersiz kuruması (her bölgenin eşit kurumaması) ve yalnızca yüzeyinin kurumasıdır. Bu hata, dikkatsiz kurutma düzenlerinde ortaya çıkar.

Hareketsiz kurutmalarda, hep bir taraftan kurutulan parçalar, deformasyonun yanısıra çokça kurutma çatlakları da gösterir.

Kurutma sırasında yüzeye doğru hareket eden su, beraberinde ince tanecikleri de taşıyabilir. Bu durumda yüzeyde ince tanelerden oluşan bir tabakalaşma hatası ortaya çıkar. Bunun ortadan kaldırılması için deri sertliğine gelmiş parçaların yüzeylerinin zımparalamak usulü ile temizlenmesi gerekir.

Çamurun yapısında çözünebilir tuzlar varsa, kuruma sırasında bunlar kolayca yüzeye taşınabilir ve yüzeyde "renk lekeleri" oluşturur. Bu lekelerle karşılaşıldığında ilk yapılacak iş, hamurun daha iyi karıştırılması ve yoğurulmasıdır. İyi yoğurulmaya rağmen beyaz lekeler meydana gelirse aksaklığı kullanılan suda aramak gerekir. İkinci bir işlem damıtık su veya yağmur suyu ile yapılır (16).

2.8- SERAMİĞİN PİŞİRİLMESİ

Seramikte pişirme, şekillendirilmiş ve kurutulmuş mamulün, bir program içinde ısıtılması ve oluşan seramiğin gene bir program içinde soğutulması işlemi olup, şekillendirilmiş seramik çamurları suya ve kimyasal maddelere dayanıklı, kararlı bünyelere dönüştürülebilmeleri için bileşimine ve niteliklerine göre 600-2000°C arasında en az bir kere pişirilirler. Çömlekçi mamlulleri ise 900-1180°C arasında pişirilirler.

Pişme sırasında seramik, bazı geçici ve kalıcı değişiklikler gösterir. Geçici değişikliklerin başında hacımsal büyüme gelir. Kalıcı değişiklikleri, dolayısıyla esas pişmiş seramik çamurunu oluşturan nedenler çoktur. Bunların en önemlileri, kristal değişikliği, cam fazın oluşumu, yer değiştirme reaksiyonlarıdır. Bu olayların sonucu çamurun pekişmesi gerçekleşir.

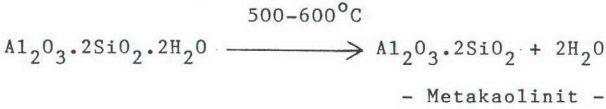
Hammaddenin düzgün bir şekilde ısıtılması sırasında, maddeyi oluşturan fiziksel ve kimyasal bileşimleri değişikliklere uğrarken, oluşturdıkları sıcaklık farklılaşmaları, ekzotermik ve endotermik olarak açığa çıkar (Ekzoterm= sıcaklık veren, endoterm= sıcaklık alan).

Kil minerallerinde görülen ekzotermik reaksiyonlar, organik maddelerin yanması, yüksek sıcaklıklarda yeni fazların oluşumu, amorf maddelerin kristalleşmesi nedeniyledir. Bu reaksiyonlar sonucu, sıcaklık açığa çıkar.

Endotermik reaksiyonlar, su kayıpları (absorbe edilmiş suyun ve kil mineral iskeletindeki suların kayıpları), kristal yapının bozulması, karbon dioksit veya sülfür trioksit kayıpları sonucu oluşurlar .

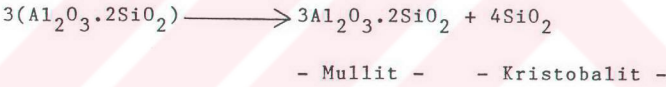
1- Kristal Değişikliği :

Seramik çamurunu oluşturan çıkış mineralinin türüne, mineralin konsantrasyonuna ve bunlara etki eden sıcaklığa göre, farklı kristal değişimleri ortaya çıkar. Kaolinit denen kil cevheri 500-600°C de metakaolinite dönüşür. Bu sırada kaolinitin iki molden oluşan kristal suyu uçar ve % 13.95 lik bir kızdırma kaybı (=ateş zayıyatı) ortaya çıkar :

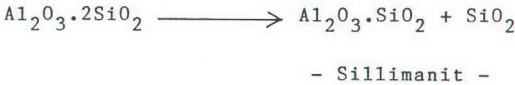


Plastikliğin kaybolması ile ilgili olarak, bu reaksiyon endoterm (=sıcaklık alıcı) bir reaksiyondur.

Oluşan metakaolinit, reaksiyonlara karşı ilgili bir bileşik olduğundan 830°C nin üzerinde kuvvetli bir ekzoterm (=sıcaklık açığa çıkarıcı) reaksiyon sonucu mullit ve kristobalite dönüşür :



Metakaolinit ile mullit arasında geçişi oluşturan bir reaksiyon daha vardır ve bu geçişte sillimanit oluşur :



Reaksiyonlar sonucu oluşan serbest SiO₂, diğer reaksiyonlarda rol oynar. Sillimanit ve özellikle mullitin aracılığı ile, seramik çamurunda pekişme ortaya çıkar. Mullit kristalleri sert olup, iğne şeklindedirler.

Mullit oluşumunun istendiği yerlerden biri de, seramik çamuru ile üzerindeki sırn arasındaki "ara tabaka"dır. Ara tabakada oluşan mullit nedeni ile, sırn çamur üzerine iyice tutunması sağlanmış olur.

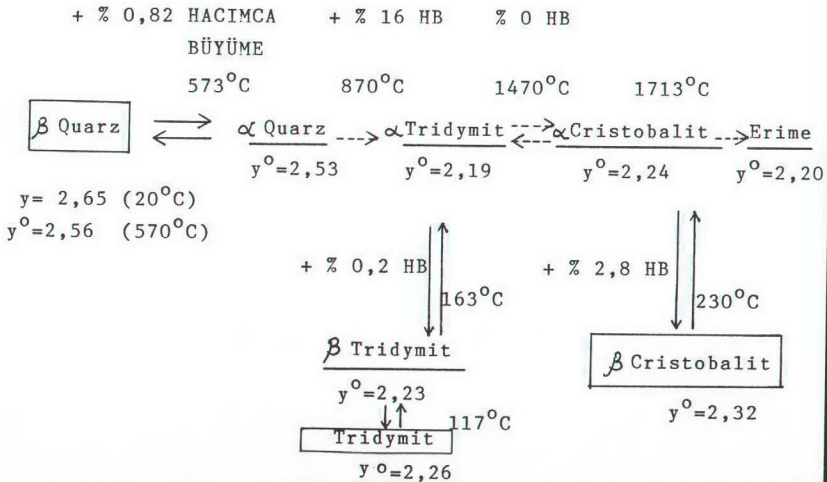
Silisyum dioksitin oda sıcaklığında değişmez formu beta kuvarsdır. Beta kuvarsın 573°C ye kadar ısıtılması ile, bu sıcaklıkta alfa kuvars oluşur. Bu reaksiyon geriye dönüşlü olup, bu sırada kuvars hacimca büyüme de gösterir. Isıtmanın yavaş sürdürülmesi ile alfa kuvars bu kez 870°C de alfa tridimite ve 1470°C de de alfa kristobalite dönüşür. Bu dönüşümler dizisi, 1713°C de erime ile son bulur.

Silisyum dioksidin yüksek sıcaklıktaki formlarında olan tridimit ve kristobalit, soğuma sırasında birden düşük sıcaklık formlarına dönüşürler. Bu formlardan olan beta tridimit 163°C de, gama tridimit 117°C de ve beta kristobalit de 230°C de oluşur. Silisyum dioksitin dönüşümleri sonucu ortaya çıkan formlarının hepsi farklı özgül ağırlıklara sahiptirler.

Dönüşümler dizisindeki reaksiyonların belirtilen özellikleri göstermesi ve herbirinin geri dönüşlü olması çeşitli faktörlerden etkilenir. Örneğin, yavaş ısıtma ve soğutma, silisyum dioksitin içinde doğadan gelen yabancı maddelerin bulunup bulunmaması ve silisyum dioksitin doğal türü gibi.

Tablo 2'de silisyum dioksitin değişimleri ayrıntılı olarak görülmektedir (17).

Tablo 2: Silisyum dioksitin değişimleri.



2- Cam fazın oluşumu :

Silikattan oluşan erimelerin soğumaları sırasında viskozite (=akışkanlık) o kadar çabuk azalırki, iskelet oluşumunu sağlayan tanecik hareketleri gerçekleşemez. İskelet oluşturma düzenine girmişken aniden donan tanecikler, camsı oluşumlara dönüşürler. "cam fazı" adı verilen bu oluşumlar, seramik çamurunun içindeki erimemiş mineralleri birbirine bağlayarak pekişmeyi sağlarlar. Cam fazı oluşumunun artması ile orantılı olarak, porların azalması ve pekişme hızlanır.

3- Yer değiştirme reaksiyonu :

Minerallerin bir kısmı doğada veya hazırlamada parçalanma gösterirler. Böylelikle, doğal olarak düzenlenmiş kristal yapı bozulmuş, bazı değerler doymamış olarak kalırlar.

Pişme sırasında bozulan bu yapılar tekrar oluşurlar ve tek parçada birleşirler, değerler de doyarlar.

Kaba seramikte de yani çömlekçi çamurlarında da, parçanın ancak kısmen zinterleşmesini (=pişme sırasında oluşan sertlik) sağlayan bir yer değiştirme reaksiyonu etkili olur.

Pişme süresini belirleyen etkenler :

- a- Bünye cinsi,
- b- Fırınları doldurma sıklığı,
- c- Malzemenin kalınlığı,
- d- Sıcaklığın fırının ortasını etkileme süresi (ısı homojenliği),
- e- Fırının hacmi olup,

Bileşime bağlı etkenler ise,

- a- Serbest ve kimyasal suyun uzaklaştırılması,
- b- Organik safsızlıkların yanması,
- c- Kükürt bileşiklerinin yanması,
- d- Pişirme ve soğutma süreçlerinde dönüşmelere bağlı ani hacim değişiklikleridir.

Pişme süresince oluşan,

Su uzaklaştırma-yanma ve bozunma tepkimeleri ise,

Serbest su: Pişirme öncesi kurutarak bir kısmı uzaklaştırılır.

Higroskopik su: Kurutma esnasında uzaklaştırılamayan higroskopik su bünyesinin mineral ve fiziksel yapısına bağlı olarak farklı ısıtma hızı ve sıcaklıkta uzaklaştırılır. Bu işlem genellikle 200°C ta olur.

Kimyasal bağlı su : Yaklaşık 450-550°C ta kil mineralleri kimyasal bağlı sularını kaybetmek üzere bozunmaya başlarlar ve higroskopik suyun uzaklaşması sırasında bünyede oluşan gözlemlerden kolaylıkla çıkar.

Karbonatlar: 400-1000°C arasında bozunarak CO₂ gazını çıkararak oksitlere dönüşürler. MgCO₃ 400°C dan sonra gaz çıkarmaya başladığı halde, CaCO₃ 900°Cden itibaren gaz çıkarmaya başlar.

(600-800°C)

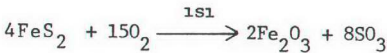
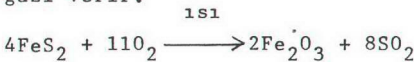


(900-1000°C)



Sülfatlar : Bozunma sonucu SO₂ gazı çıkararak metal oksitlere dönüşürler. Pişirme hızının yüksek olduğu 500-550°C ta bozunma başlar. (Sırlarda camlaşma başladıktan sonra bozunma devam ederse kabarma ve kraterler oluşur). Diğer sülfatlara oranla bozunma süresi daha uzun olan CaSO₄, daha uzun süre SO₂ gazı çıkarır.

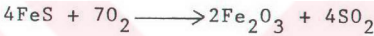
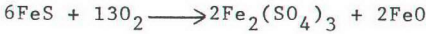
Pirit : Isı etkisi ve yeterli O₂ ile bozunarak Fe₂O₃ ve SO₂ gazı verir.



Bozunma 425°C ta başlar. 510°C ta büyük bir kısmı uzaklaşır. Ortamda oksijen olmasa bile pirit bozunur



Kükürt buharı çıkar, demir sülfid kalır. Oksijenle tepkimeye devam ederek,



2.8.1- Seramik Fırınları

Seramik oluşumunda en önemli aşama olan pişirilmenin içinde gerçekleştirildiği fırınlar, çeşitli sınıflara ayrılırlar. Bu ayırimda şu özellikler gözönünde tutulur: Fırının çalışma prensibi, fırın şekli, pişmeyi sağlayan ateşin durumu ve yakıtın türü.

Seramik fırınlarını sınıflandırırken, onların çalışma prensiplerinden yola çıkılır ve iki büyük grup altında toplanır: Periyodik (=aralıklı) çalışanlar ve kontinü(=sürekli) çalışanlar.

Periyodik çalışan fırınlara pişecek malzeme doldurulur, pişirilir, soğutulur ve boşaltılır. Bu işlemler bittikten sonra fırın ancak ikinci bir pişirime hazırdır.

Kontinü çalışan fırınlarda, pişme sıcaklığı sürekli sağlandığından, fırının belli bir bölgesi sürekli sıcaktır. Pişecek olan mallar, bu sıcaklıkla karşılaştıkça pişerler. Bu durumda fırını söndürmeye gerek olmadan doldurma, pişirme ve boşaltma işlemleri sürer.

Ayrıca fırınlarda, malı pişirecek olan ateşin malla direkt veya endirekt teması ve ateşin hareketli veya sabit oluşuna göre de ayırım yapılmaktadır.

2.8.1.1- Periyodik Çalışan Fırınlar

2.8.1.1.1- Sahra fırını

Seramik endüstrisinde ilerlemiş ülkelerde görülmeyen ilkel bir fırın türüdür. Açık havada çalıştıklarından, ancak uygun iklim koşullarında yanabilirler. Genellikle uygun kil yataklarının bulunduğu yerlerde kurulan tuğla harmanlarında şekillendirilen tuğlaların pişiriminde kullanılırlar.

2.8.1.1.2- Kubbeli yuvarlak fırın

Kamara fırınların fonksiyonunu göstermekle birlikte, ısı tekniği bakımından daha verimlidir.

Altta sır pişirimi ile, üstte bisküvi pişirimi aynı anda yapılabilir.

2.8.1.1.3- Kassel fırını

Eski tip uzun fırın türlerinin gelişmiş bir şekli olan Kassel fırınlarda ateşleme alından yapılır. Ayrıca tavanda da ateşleme delikleri bulunabilir. Bacanın çekişi nedeni ile ateş, malların arasından geçerek bacaya ulaşınca dek içerde kalır.

2.8.1.1.4- Kamara fırın

Başlangıçta ilkel kamara fırınlarda ateş tabanda yanar, malın arasından geçerek üstten bacaya ulaşırdı. Tavanları ya düz ya da çatı şeklindedir. Sonradan ateşlemenin yanlarda, baca çekişlerinin tabanda olduğu, dikdörtgen biçimli, tavanları kemer şeklinde olan fırınlar yapılmıştır. Kemerin yükünü oldukça kalın örülmüş yan duvarlar taşır. Dış duvarlar, demir konstrüksiyonlar ile deforme olmamaları için iyice sıkılır.

Yakıt olarak, kömür, gaz ve petrol kullanılır. Yanma gazları bacaya tabandan geçerek ulaştıklarından, ateş malların arasında dolaşır.

Refrakter (=ateşe dayanıklı) malzemelerin pişirildiği kamara fırınlar 40-80 m³, sertçini için ise 80-150 m³ hacmine kadar çıkabilirler.

Bu çalışmada 2 ayrı fırın kullanılmıştır. Bir tanesi normal üretim için kullanılan kamara fırın olup, yakıt olarak (propan) LPG gazı kullanılmaktadır. Dış gövde çelik yapıda olup, izolasyon maddesi olarak çelik yapının içi 5 cm. kalınlığında (Rockwool) kaya yünü, ve iç yüzeyde 15 cm. kalınlığında (fiberfrax) seramik elyaf ile kaplanmıştır. Bu iki malzeme içinde dayanıklılık sıcaklığı 1260°C'dir. Fırının kullanım hacmi 1,35 m³ olup, 9 saatte sıcaklık 980°C'ye çıkmakta ve 7 saatte soğutulmaktadır. Fırın içindeki ısı kontrolü termoelektrik pirometre ile sağlanmakta olup, fırın içindeki ısı termocupl vasıtası ile pirometreye aktarılır ve buradan ısı takip edilerek, fırın istenilen sıcaklığa ulaştığında gaz musluğu kapatılarak pişirme işlemi bitirilir (Sırlı pişirim, ilk pişirimden daha yüksek sıcaklıkta "1000°C da" yapılmaktadır).



Şekil 7: Kullanılan gazlı kamara fırın.

2.8.1.1.5- Çan fırın

Fırın iki kısımdan oluşur. Birincisi, pişecek malların üstüne istif edildiği sabit platform, ikincisi ise malların üzerine kapanan çan şeklindeki esas fırındır.

2.8.1.1.6- Elektrikli kamara fırınlar

Günümüzde hemen her türlü işletmelerde atelyelerde, okullarda, laboratuvarlarda kullanılan bir fırın türüdür.

Fırındaki pişirme sıcaklığını üzerlerinden elektrik akımı geçiren özel rezistans telleri sağlar. Atmosfer olarak temiz bir yanma atmosferi vardır. Yakıtın çıkardığı herhangi bir duman söz konusu olmadığından, baca yerine yalnızca havalandırma delikleri vardır. Pişecek olan mallar elektrikli kamara fırınların içine direkt olarak yerleştirilebildiği gibi, dışarda doldurulan arabalar aracılığı ile de sokulabilirler.

Tüm periyodik çalışan fırınlarda, yanma sürekliliğinin zaman zaman zorunlu olarak kesilmesi sonucu bazı kayıplar ortaya çıkar. Bu kayıplar, insan gücü, enerji, zaman kayıplarıdır.

Bu çalışmada kullanılan ikinci fırın, deneme fırını olarak kullanılan (27x28x30)cm. iç ebatlarında elektrikli kamara fırındır. Dış gövde çelik yapıda olup izolasyon maddesi olarak seramik elyaf kullanılmıştır. Fırında ısı kontrolü için dijital piro-metre kullanılmış olup, istenilen dereceye ayar yapılabilir ve bu derecede fırın otomatik olarak durur. Fırın içindeki ısı termocupl vasıtası ile pirometreye iletilir, fırın derecesine gelince kontaköre kumanda ederek devreyi keser, böylece fırın stop eder.



Şekil 8: Kullanılan elektrikli kamara (deneme) fırın.

2.8.1.2- Kontinü çalışan fırınlar

Fırınların sürekli çalışmalarının yakıttan tasarruf, doldurma ve boşaltmanın pişmeye engel olmamasından dolayı yüksek verim gibi avantajları vardır. Bunlar başlıca;

2.8.1.2.1- Ring fırın

2.8.1.2.2- Zikzak fırın

2.8.1.2.3- Tünel fırın

2.8.2- Fırın Atmosferine Göre Pişirme Yöntemleri

2.8.2.1- Redüksiyonlu pişirme

Seramikte çok kullanılan bir yöntem olup, sırda ve çamurda renk değişikliği ve alkalilerin çamur içindeki etkilerini oluşturur. Redüksiyonun kimyasal anlatımı oksijen iyonlarının azalması veya genel olarak kısaca değer azalmasıdır. Bu nedenle "indirgenme" olarak adlandırılır. Redüksiyon sırasında bir redükleyici (=indirgeyici) maddenin varlığı gereklidir. Bu madde reaksiyon sırasında oksijenle birleşir ve okside olur.

Seramikte redüksiyon, yanma havasının az olduğu ortamda pişirmenin yapılması ve yüksek değerli oksitlerin düşük değere indirgenmesidir. Bunun için çeşitli değerlik basamaklarına sahip oksitlerin bulunması gereklidir. Bu oksitler Fe_2O_3 ve Mn_2O_3 tir. FeO ve MnO şekline indirgenirler. Redüksiyonlu pişirmede, demir ve manganın üç değerli oksitlerinin yeter de-recede zengin olması aranır. Bu oksitlerden Fe_2O_3 , doğada ham-maddelerin içinde en fazla bulunan oksittir ve çok belirgin renk değişikliklerine yol açar.

Fe_2O_3 , özellikle kamara fırınlarda, yakıtın az hava ile yakılması sonucu, oluşan redüksiyon aracı CO ile indirgenir.



Fe_2O_3 in kırmızı oluşuna karşın, FeO siyah-gri renkte olup, demir oranının az veya çok oluşuna göre, redüksiyonla oluşan renk de değişir.

İçinde $CaCO_3$ içermeyen hammaddelerde, % 2 Fe_2O_3 bulunduğu zaman, oksidasyonlu pişirmede açık sarı-pembe arası, redüksiyonlu pişirmede ise koyu sarı renk oluşur. % 6-8 oranında demirde ise, oksitleyici pişirmede kırmızı-koyu kırmızı, redükleyici pişirmede ise kahverengiden siyaha kadar renkler elde edilir.

Mangan bileşimleri, oksitleyici pişirmede kahverengi, redükleyici pişirmede çok koyu kahverengi renkler oluşturur.

2.8.2.2- Oksidasyonlu pişirme

Pişirme tekniğinin redüksiyonu gerektirmediği fırınlarda, pişirim oksitleyici bir atmosferde gerçekleşir. Pişirme sonrası fırında yanabilir yakıt artığı gazların bulunmadığı pişirimler oksitleyici pişirim adını alırlar. Yanma havası olarak çevreden emilen ve içinde oksijen bulunan hava, seramik çamuru ve sıranın içindeki çeşitli renk veren oksitleri oksitleyerek, onların renk değişikliklerine uğramalarını sağlarlar. Gerek redüksiyonlu, gerekse oksidasyonlu pişirimlerden, artistik seramik sırlarının yapımında çok yararlanılır. Bazı lüsterli ve kristal sırlar redüksiyonlu pişirimle elde edilirken, Cr_2O_3 ile kırmızı renk yalnızca oksitleyici veya nötr atmosferli fırınlarda elde edilebilir.

2.8.3- Seramik Pişiriminde Kullanılan Yakıtlar

Yakıtların durumlarına göre, üç tür yakıt grubu vardır: Katı, sıvı ve gaz yakıtlar. Doğal katı yakıtlar odun, torf, linyit ve taş kömürü olarak artan karbon oranına göre sıralanırlar.

Sıvı yakıtlardan petrol tek doğal sıvı yakıttır. Seramik fırınlarının ısıtılmasında kullanılan fuel-oil ve mazot petrolün yapay ürünleridir.

Seramikte az kullanılan sıvıgaz yakıtlar da vardır. Bu yakıtlar petrolün işlenmesi sırasında gaz olarak kazanılır ve 20 atmosfer basınç altında, normal sıcaklıkta sıvılaştırılırlar.

Seramik endüstrisinde kullanılabilen gaz şeklindeki yakıtlar iki grupta incelenebilirler: Birinci grupta doğal gazlar vardır. Yer gazı olarak adlandırılan doğal gaz türü, bu gazın zengin olarak bulunduğu ülkelerde seramik fırınlarında oldukça yaygın olarak kullanılır.

İkinci grupta, katı yakıtlardan kazanılan gazlar vardır. Örneğin, kızgın kok veya linyit üzerinden su buharı geçirerek elde edilen jeneratör gazı, bu gazlardan biridir. Jeneratör gazının kalitesi, büyük ölçüde gaz elde ederken kullanılan kömürünün kalitesine bağlıdır.

Seramik fırınlarında yaygın olarak kullanılan en çok bilinen bir yakıt da elektriktir. Küçük kamara fırınlarda, çan fırınlarda, tünel fırınlarda kullanılan elektrik, fırınlarda en temiz atmosferi sağlayan bir yakıt türüdür.

Sıvı ve gaz yakıtlar ile fırınlarda 1500-1600°C kadar sıcaklığa kolaylıkla erişilebilir. Günümüzde güneş enerjisi ile ısıtılabilen küçük fırınlarda vardır.

2.8.4- Seramik Fırınlarında Kullanılan Yardımcı Malzemeler

Fırınlarda kullanılan en önemli yardımcı malzeme olarak fırın plakaları ve kasetler alınabilir. Sırlı malları fırına yerleştirmek ancak bu yardımcı fırın malzemeleri sayesinde olur.

Böylelikle fırın plakaları ve kasetleri, malların birbirlerine değmesini önlediği gibi, aynı zamanda onlara taşıyıcılık görevi de yaparlar.

Taşıyıcı eleman yapımında, taşıyıcının görevi, çalışma sıcaklığı ve taşıyacağı yük düşünülerek, çeşitli malzemeler kullanılır.

Silisyum karbür, 1000°C civarında kullanır, fakat direnci ve dayanıklılığı azdır. Diğer bir malzeme de kordierit çamuru olup, talk, kil ve Al_2O_3 ten oluşur. Yüksek sıcaklığa ve ani sıcaklık değişikliklerine çok iyi direnç gösterir.

2.8.5- Seramik Fırınlarında Sıcaklığın Kontrolü ve Ölçülmesi

En ilkelinden en gelişmişine kadar, seramik fırınlarında sıcaklık kontrol ve ölçme işlemi, fırının ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Fırın türü ne kadar ilkel, pişirme ne kadar basit olursa olsun, gene fırının yanmasını kontrol eden ve sıcaklığı ölçen sistemler kullanılır. Örneğin, yakmanın bilinen bir sürede tutulması, yakma için kullanılan yakıtın ölçüsü, fırın sıcaklığının yanma rengine göz ile bakılarak saptanması gibi.

Günümüz modern fırınlarında sıcaklığın kontrolü, ölçülmesi ve kaydedilmesi, geliştirilmiş araçlarla yapılmaktadır. Bu araçlar fırınlarda tek tek kullanılabildikleri gibi, aynı ölçme aracından bir kaç tane, aynı fırının çeşitli yerlerine de yerleştirilebilir. Çoğu zaman, iyi bir sıcaklık kontrolü için, çeşitli türdeki araçlar aynı fırında bir arada kullanılır.

Seramik fırınlarında sıcaklığı ölçen belli başlı üç sistem geliştirilmiştir. Bu sistemler şunlardır.

2.8.5.1- Termoelektrik pirometre

Bu sıcaklık ölçme aracının esasını, uçlarından birbirine lehimli iki farklı metal tel (termo eleman) oluşturur.

Fırın içindeki ısı (termocupl vasıtası ile) pirometreye aktarılır ve ısı pirometreden takip edilir.

2.8.5.2- Optik pirometre

Termo elektrik pirometreden farklı olarak, fırın dışından ölçüm yapar. Esasını, fırın sıcaklığının artması ile ortaya çıkan artan ışımanın saptanması olayı oluşturur.

2.8.5.3- Seramik kökenli sıcaklık ölçme araçları

Bu yöntemle sıcaklık ölçme işleminde, başlıca iki türde şekillendirilmiş araçlardan yararlanılır. Bunlar piramit ve halkalardır. Ençok tanınanları ise Seger, Orton, Al ticari adları ile pazarlanan piramitler ile Bullers özel adı ile pazarlanan halkalardır.

Bu yöntemle sıcaklık ölçme, seramik çamurunun sıcaklık karşısında gösterdiği erime ve küçülme esasına dayanır ve bu reaksiyonlar gözönüne alınarak geliştirilmiştir.

Bu çalışmada termo elektrik pirometre ve seger piramitleri kullanılmıştır.

2.8.6. Pişirmede Meydana gelen Hatalar

Pişirme sırasında ortaya çıkan hataların bir kısmını üretimin diğer basamaklarında aramak yerinde olur. Örneğin çamur hazırlama, şekillendirme ve kurutmada yapılan ve henüz ortaya çıkmayan hatalar, pişirme sırasında ortaya çıkarlar. Bunun dışında, büyük ölçüde hatalı pişirme nedeni ile de çeşitli pişirme hataları oluşur.

Malların istendiğinden daha fazla pişmesi ve erimesi, fırın sıcaklığının gerekenden yüksek olması sonucunda ortaya çıkar. Yakıtın verdiği sıcaklığın, fırın içinde iyi bir dağılım göstermeyerek, bazı yerlerde fazla yakıtın kullanılması, o bölgedeki malların erimesine neden olur.

Fırında bazı malların az pişmesi, fırının az ısıtılmış bölgelerinde görülür. Bu mallar sağlamlık ve dirençten yoksun olup, vurulduğu zaman çınılama yerine, kof bir ses verirler. Malların fırın içinde yerleştirme şekilleri de pişmenin az veya çok olmasına etkili olur. Genellikle ısı kayıplarının fazla olduğu, kapı ve duvar yakınları ile sıcaklığın erişemediği fırının alt, üst ve iç bölgelerinde, sıcaklık kayıpları büyük olduğundan, buralarda pişmesi gereken mallar da az pişer.

Diğer bir pişirme hatası da, fırın sıcaklığının çok çabuk yükselmesi sonucu ortaya çıkan pişme çatlaklarıdır. Bu olay daha çok, kimyasal suyun uçtuğu 400-600°C arasında olur.

Pişen malların çok çabuk soğuması da çatlaklara yol açar. Bunlara soğuma çatlağı adı verilir. Özellikle bol kuvarslı çamurlarda 870 ve 575°C lerde ve özellikle 230°C de çabuk soğutma sonucu, soğuma çatlakları oluşur. Soğuma çatlağı diğer çatlaklardan, sert ve keskin kenarlı oluşu ile ayrılır.

Diğer bir pişirme hatası da, mallarda pişme sonucu görülen şişmelerdir. Bunun nedeni, sıcaklığın ani yükselmesi sonucu malın yüzeyinin zinterleşmesi ve arada kalan gaz tabakasının genişleyerek, şişip dışarı baskı yapmasıdır. Gazın oluşumunun nedenleri çeşitlidir. Killerin içindeki, doğadan gelen maddelerin yanması sonucu oluşan gaz basıncı, su buharının da yardımcı aracılığı ile, zinterleşen mallarda şişmeye neden olur.

Şişmenin kaynaklandığı diğer bir neden ise, demir bileşikli (Fe_2O_3 , FeS_2) hammaddelerin CO li yanma gazlarının etkisi ile reaksiyon göstermesidir.

$2CO \xrightarrow{400^\circ C \text{ Fe bileşikleri}} CO_2 + C$. CO, 400°C de demir bileşiklerinin katalizatörlüğü altında, CO_2 ve C a ayrışır. Başka bir anlatımla, demirli malzeme yaklaşık 400°C de CO ile birleşirse, bünyesinde C hapseder. Yüksek sıcaklıklarda, oksijen oranına göre, bu C yine CO ve CO_2 olarak yanar, Oluşan bu gaz ise şişme nedenidir.

Bu hatayı önlemek için, demirli maddeleri bol hava ile yakmak gereklidir.

Sır hatası olarak görülen kabarcıklar veya iğne delikleri de çoğu zaman pişirme hatası olarak çamurdan gelebilir. Örneğin, demirli çamurlarda silisle oluşan "fayalit" bileşiminde, demir silikatın yanısıra ortaya çıkan oksijen, bir gaz çıkışı yaratır. Bu gaz ise çamurun üzerindeki sır tabakasını delerek çıkar.



2.9- SIR'IN TARİHSEL GELİŞİMİ

Seramik en eski sanat kollarından biri olup, özellikle sırlama tekniği tam manası ile geliştikten sonra çok çeşitli yerlerde kullanılmaya başlanmıştır.

M.Ö.7 yüzyıllarda Mezopotamya ve Çin'de sırçanın ilk olarak görülmesinden çok önceleri Mısır'da cilalı toprak vazolar yapılmaktaydı. Perdahlı seramik eşyasınında diğer ülkelerden çok önceleri Mısır'da görüldüğü bilinmekteydi. Bu olgu 3. - 4. -6. yüzyıllara ait perdah dekorlu Mısır seramik vazoların bulunması ile saptanmıştır.

Bu çağlarda Mısır'da testiler ve tabaklardan tüm kap çeşitleri de yapılıyor ve bunların renklendirilmesinde bugulimun denilen kumaş türünü boyamada kullanılan renkler gibi, çeşitli renklerde boyalı sırlar kullanılıyordu. Bu sırlar, vazunun tutuluş şekline göre, ışık yansımalarında değişen görünümler veriyordu.

Mısır seramiklerindeki sır, büyük ihtimalle soda ile kum karışımıdır. Çölde bu iki maddenin tozları bol miktardadır. Alkali oranı çok yüksek olan bu sırların çatlama ve piştikten sonra bünyeden ayrılma gibi mahsurları vardı. Bu mahsurlar Asur ve Babilliler tarafından sırda kurşun oksit kullanana kadar devam etmiştir. M.Ö. 1600-1700 yıllarında Ortadoğulular sırlama ve pişirme sanatını geliştirirken M.Ö. 1000 yıllarında Yunanlılar özel olarak seçilmiş kil kullanarak en güzel eserleri olan boyalı vazoları meydana getirdiler.

M.Ö. 100 yılında Romalılar seramik mamullerine "Manufakture" adı verilen ilk seramik fabrikasında imal etmişler ve mamullerinde amblem kullandıklarından bunlar "Terra Sigilata" adı ile anılırlar.

Yunan ve Roma çömlekçiliğinde seramik bünyenin üzeri, zinterleşmiş bir tabaka ile örtülmüştür. Bu tabaka iyi seçilmiş ufak taneli killerden meydana gelir. Roma ve Yunan sırası bir anlamda zinterleşmiş seramiktir.

Tahminlere göre sır tekniği Orta Doğudan Çin'e M.Ö. 3000-2500 arasında tanıtılmıştır. Çinde önce alkali sonra kurşun sırlar kullanılmıştır.

Renkli sırlar demir ve bakır bileşiklerinin ilavesi ile yapılmıştır. Şüphesiz porselen ve yüksek ısıda pişen sırlar ilk defa Çinde bulunmuştur.

Avrupa seramik tekniğinde 15.yüzyıla kadar pek ilerleme kaydedilememiştir. Parlak, düzgün ve sağlam sırlarla kaplı seramikler Marco Polo'nun Çin'e yaptığı seyahatten sonra Avrupaya gelmiştir.

"Çini" ismi verilen beyaz seramik mamuller 18.yüzyılda Avrupa'nın birçok yerlerinde imal edilmeye başlanmıştır.

M.S. 7.yüzyılda Horasan yöresinde Alkalili sırlı çiniler görülmektedir.

Uygur'larda ise 7-8.yüzyıllarda sırlama görülmektedir. Ve buradanda Çinlilere geçtiğini görmekteyiz. 1301 yılında Çin'de yazılan bir kitapta sırcadan, çatlama yönteminde öğütme ve eleme unsurlarından bahsediliyor ve renklerin tümüde biliniyordu.

Porselen sır üzerinde sır araştırmaları ilk defa 1870'lerde başlamış ve Nerman Seger tarafından sırda kullanılan hammadde-lerin molekül ekivalentlerinin limitleri tesbit edilmiştir. Memlûklüler, aynı dönemde İtalyada yapılan sırcalı porselenlerden daha mükemmelini yaptılar.

Topraktan imal edilen seramik eşya yapımında sırçanın kullanılmaya başlanması ile, bu konudaki biçim, renk ve dekor anlayışı ilk çağların yapıtlarını büyük ölçüde etkilemiş ve topraktan, mamul eşyaya hakim olacak süsleme yöntemleri, uygulama teknikleri gelişimine paralel olarak, sürekli bir değişim, çeşitlilik gelişim göstermiştir (18).

2.9.1- Sırlarda Aranılan Temel Özellikler :

Seramikte "sır" olarak adlandırılan madde, seramik çamurunu ince bir tabaka şeklinde kaplayarak onun üzerinde eriyen cam veya camsı bir oluşumdur. Seramik sırası olarak adlandırdığımız bu camların erime noktaları daima üzerine çekildiği çamurdan daha düşüktür.

Seramik sırlarında aranan en büyük özellik, üzerine çekildiği çamur ile, normal koşullarda fiziksel ve kimyasal bağlar kurmasıdır. Bu bağların çeşitli nedenler ile iyi veya zayıf olmaları sonucu, sıranın başarısı da belirlenmiş olur. Hatasız bir sır tabakası seramik çamurunun üzerinde genelde çatlamadan ve kavlamadan kalmalıdır. Ancak artistik amaçlarla bu tür veya daha değişik sır hataları, istenerek oluşturulur.

Sırlanarak kullanılan seramik ürünlerde sıranın çeşitli görevlerinden en önemlileri şunlardır : a) Üzerine çekildiği çamuru sıvılardan ve gazlardan koruyup yalıtım, b) Çamura etki eden çeşitli mekanik güçlere çamurun karşı koyma gücünü arttırmak, c) Çamur üzerinde parlak ve kaygan bir yüzey oluşturmak, d) Renkli pişme gösteren çamurların üzerinde örtücü bir tabaka oluşturmak, e) Seramik yüzeyine renk ve doku özellikleri getirerek estetik değerini arttırmak, f) Sır altına uygulanan dekorasyonu koruyup, dış etkilerden yalıtım.

Sır, belirli bir silikat karışımının, bu karışımın gerektirdiği sıcaklıkta eritilmesi sonucu elde edilir. Pişme sırasında sıranın erimesi tek bir noktada olmayıp, sırası oluşturan silikat karışımının zinterleşmesine bağlı olarak, kimyasal bir reaksiyon boyunca yavaş yavaş olur. Artan sıcaklık ile birlikte zinterleşme giderek cama dönüşür ve bunun sonucunda sır artık akışkan olur.

Uygun silikat karışımının katı durumundan akışkan duruma gelmesi, nasıl pişme sıcaklığının arttırılması ile elde edilebiliyorsa, bu oluşumun tersine olması, yani sıranın akışkan durumundan donmuş ve katı duruma gelebilmesi için de soğutma işlemi gereklidir.

Bu reaksiyonlar sırasında, sıranın katı durumdan artan sıcaklığın etkisi ile yumuşamaya başlaması, seramik dilinde "sıranın transformasyon noktası" veya "transformasyon sıcaklığı" olarak adlandırılır. Sıra etki eden sıcaklık arttıkça, sonucu belirleyen bir nokta daha ortaya çıkar ki, bu nokta da erimeyi belirleyen anlamda olmak üzere "deformasyon noktası" adını alır.

2.9.2- Sırların Kullanıldıkları Yerler:

Seramik sırları : a) Çiğ hamurlar ile,
b) Pişmiş, gözenekli ve camsı (vitrifié) üzerinde kullanılırlar.

a- Çiğ Hamurlardan;

Bahçe seramikleri,

Fantezi süs eşyası,

Çömlekçi hamurlarından yapılan mutfak eşyası,

Kaba seramikçilikte imal edilen bazı tuğla ve kiremit çeşitleri,

Pekişmiş çini (Gre) hamurlarından yapılan kap, kakak ile yer ve duvar karoları,

Elektro-porselen mamülleri,

Vitroeous China hamurlarından yapılan mutfak eşyaları ile sağlık gereçleri çiğ olarak sırlanır.

b- Pişmiş gözenekli hamurlardan;

Çömlekçi mamülleri,

İnce fayans (feldispatik)

-Pişmiş camsı (vitrifié) hamurlardan,

Gre (pekişmiş çini),

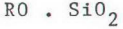
Vitroeous China,

Porselen

mamülleri gerekli derecelerde hamur pişirimleri yapıldıktan sonra sırlanırlar.

2.9.3- Seramik Sırlarının Formülisel Anlatımı :

En basit anlatımı ile sır formülü, sır eğer yalnızca bir metal oksit ve silisyum dioksitten oluşuyorsa, şu şekilde belirlenebilir:

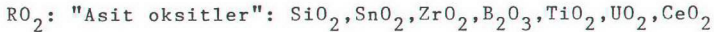
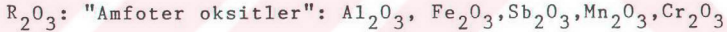


RO olarak adlandırdığımız oksitlerin tümü "bazik oksitler" adını alır ve şu oksitlerden oluşurlar: PbO, K₂O, Na₂O, CaO, ZnO, BaO, MgO, SrO, Li₂O. Renkli sırlarda ise bu oksitlere CoO, CuO, FeO, NiO, MnO, CdO gibi oksitler de katılır.

Ancak RO adı altında topladığımız bazik oksitleri, kendi aralarında mol sayılarının toplamı 1,0 olacak şekilde bir araya getirebiliriz.

Seramik sırlarını bu şekilde bir moleküler formülde, aynı zamanda bu formülde sıralanan oksitlerin birbirlerine olan oranlarını da ortaya koyacak şekilde belirlemekle SEGER kendi adı ile anılan "Sege formülü"nü ortaya koymuştur.

Sege aynı zamanda bazik oksitlerde olduğu gibi amfoter ve asit oksitleri de şu şekilde gruplar altında topladı:



a- Bazik Oksitler : 1 ve 2 değerlikli bazik metal oksitler (R₂O-RO) Her molekülünde tek atom bulunan oksit ya da monoksitler olup, sırlarda borat ve silikat bileşimlerini meydana getirmek için asit ve amfoter oksitlerle birleşip alçak ısı derecelerinden başlayarak eritici rol oynayan camlaştırıcı bileşiklerdir. Önemli bir nokta da bazik oksitlerin mol sayıları toplamı 1 olmalıdır.

b- Amfoter Oksitler : 3 değerlikli amfoter (aside karşı baz, baza karşı asit gibi davranan) metal oksitler (R₂O₃) Sırların içinde birleştikleri öbür maddelerin kimyasal özelliklerine bağlı olarak bazen asit bazen de baz özellikleri göstererek eriticiyle cam yapıcı maddeler arasında bağlayıcı denge elemanı rolünü oynarlar. Amfoter oksit özelliği gösterdiğinden

dolayı sırlarda en çok Al_2O_3 kullanılır.

c- Asit Oksitler : 4 değerlikli ve asit karakterli metal oksitleri (RO_2). Bu bölümün genellikle değişmez elemanları silisyum ile anhidrit borik'tir. Çünkü, sırlar pişirildiklerinde silikat ve borat bileşikleri meydana gelerek camlaşma olur. Bu amaçla yüksek ısılar için yalnızca SiO_2 ; daha alçak ısılar içinse B_2O_3 kullanılır.

ERİTİCİ KISIM	NÖTR KISIM	ERİYEN KISIM
Bazık oksit- R_2O, RO	Amfoter oksit- R_2O_3	Asidik oksit- RO_2
Na_2O	Al_2O_3	SiO_2
K_2O	Cr_2O_3	B_2O_3
CaO	Fe_2O_3	ZrO_2
MgO	Co_2O_3	SnO_2
BaO		As_2O_3
PbO		Sb_2O_5
NiO		
CuO		

Toplam : 1

Tüm bu oksit gruplarını içeren bir Seger formülü yazmak gerektiğinde şu bağıntıyı sağlayan bir formül ortaya çıkmalıdır:

$$1,0 RO \cdot xR_2O_3 \cdot yRO_2$$

Bir sırnın verilen bir sıcaklıkta erimesine çok sayıda faktör olumlu veya olumsuz olarak etki eder. Bu faktörlerin başında, sırnın belirlenen sıcaklığa erişmesi için geçen süre gelir. Normal koşullarda sekiz saatte istenilen sıcaklıkta gelişebilen bir sır, istenilen bu sıcaklığa dört saatte erişen bir fırın içinde aynı şekilde gelişemez. Buna kısaca, pişirme hızının sırnın gelişmesine olan etkisi adı verilebilir.

Sırı oluşturan hammaddelerin tane büyüklükleri de sırnın erimesine etki eden önemli faktörlerdendir. İnce tane yapısına sahip sırlar, iri taneli sırlara oranla daha erken erirler.

Sırın kimyasal yapısı da başarılı bir erimede etkin rol oynar. Bünyesinde alkaliler, lityum ve kurşun ile silikat oluşturan sırlar, alüminyumca zengin sırlara oranla daha çabuk erirler ve vizkoziteleri daha düşüktür.

Sırın üzerine sürüldüğü çamurun bileşimi ve aynı zamanda sır tabakasının kalın veya ince olması da sırnın erimesini görünüm ve süre açısından etkiler (19).

2.9.4- Seger Formülüne Giren Oksitlerin Özellikleri (20;21)

2.9.4.1- Kurşun oksit (PbO)

Sırlarda çok kullanılan oksitlerden biri olan PbO in erime noktası 880°C dir. Silikat karışımlarının içinde çok iyi bir "eriticilik" görevi yapan PbO, renk veren oksitler için iyi bir çözücüdür.

Kurşun bileşiklerinin çoğunluğu zehirlidir. Gıda maddeleri için üretilen seramik kapların sırlarının içinde PbO kullanılacaksa, gerekli olan PbO hiçbir zaman sülyen (Pb_3O_4), mürdesenk (PbO) veya kurşun karbonattan ($PbCO_3$) alınmamalıdır. Bunların yerine, kurşun oksitin genellikle silisyum dioksitle bağlı olarak sırfalaştırıldığı ve zehirsiz olan kurşunlu sırfalar kullanılmalıdır.

2.9.4.2- Alkali oksitler

Sodyum Oksit (Na_2O)

Potasyum Oksit (K_2O)

Doğada bulunan ve suda çözünmeyen alkali tuzu olarak feldspatlar kullanılır. Feldspatlar alkali alüminyum silikatıdır. Seramikte kullanılan üç temel feldspat önem sırasına göre şöyledir:

K-feldspatı (ortoklas), Na-Feldspatı (Albit), Ca-feldspatı (Anortit) özellikleri Tablo 1'de verildi.

Feldspat ucuz, kolay elde edilir bir maddedir ve erime intervali geniş olduğu için porselen sırlarında temel madde olarak kullanılır. Az miktar mermer eklenmesiyle 1200°C akıcı, erimiş

bir sır elde edilir. Bu normal sır karışımının % 70'ini oluşturur.

K_2O ve Na_2O bazik oksitlerdendir. Sırlarda PbO gibi (eritici olarak büyük) rol oynarlar. PbO 'e karşı bazı avantajları vardır. Örneğin zehirsiz, renksiz ve ucuz oluşları gibi.

Genellikle bileşiklerinin suda çözülmeleri, çok yüksek genleşme katsayısına sahip olmaları nedeniyle kılcal çatlamalara neden olurlar. Bu durumda Na_2O , K_2O 'e göre daha az kullanışlıdır.

Sırları PbO 'in aksine net ve renksiz yaparlar. Renk veren oksitleri ve diğer oksitleri bileşik vermeye yatkındırlar. Pb sırlarının verdiği renklerden farklıdır.

Alkali sırların viskozitesi genellikle düşüktür. Düşük viskoziteye sahip sırlar kolay eridiğinden dik yüzeylerden kolayca akarak tabana yapışır. Alkali sırlarından başka sırların çoğaltılmasıyla viskoziteleri yükseltilebilir. Örneğin Al_2O_3 , ZnO , CaO ; renk veren oksitlerden ise Cr_2O_3 ve SnO_2 viskoziteyi yükseltirler.

$1050-1000^{\circ}C$ 'nin üstünde feldspat, kristalin durumundan yavaşça cam haline geçmeye başlar. Sıcaklığın yükselmesiyle erimeye dönüşür. $Na-F$, $K-F$ 'na göre daha önce pekişir ve erir. Daha çok çatlamaya meyil gösterir. Feldspatların kötü yanları ise sırlarda kabarcıklar oluşturur.

$Na-F$, daha yumuşak bir sır oluşturur.

$K-F$, sıra sertlik, dayanıklılık ve geniş erime intervali verir. Bakır bileşikleri Alkali sırlarda mavi renk verir. Mısır mavisi saf alkali sırlarda Cu -bileşiklerinin verdiği renktir.

$Na-F$, Mn bileşikleri ile kırmızı-mor; $K-F$ 'nda ise Mn bileşikleri mavi renk verir.

Cr_2O_3 alkali sırlarda sarı-yeşil renk verir.

CoO -bileşikleri parlak mavi renk verir.

FeO -bileşikleri B_2O_3 ile alkalilerde bordo renk verir.

Avantürin sırlarda alkali oranının yüksekliği ile kristaller büyür.

Ni-bileşikleri K-Feldspatı'nda mavi renk

Na-Feldspatı'nda kahveringi-menekşe renk verir.

Renk oksitlerinin çok ince öğütülmesine gerek yoktur. Renkli benekler oluşmaz. Alkali sırlar form üzerindeki renkleri çözdüğü için renkveren oksitleri SiO_2 veya talk ile karıştırarak dayanıklı hale getirilebilir (Bu çalışmada alkali oksitlerden K_2O (K-feldspat) kullanılmıştır).

2.9.4.3- Kalsiyum oksit (CaO)

Erime Noktası : 2572°C

Formül Ağırlığı : 56.080

CaO sırlara çoğunlukla kalsit ($CaCO_3$) şeklinde konur. Doğada $CaCO_3$ formülü olarak tebeşir, mermer, kalker ve aragonit bulunur. 900°C'de CaO ve CO_2 ayrışır.

Seramik sırlarında ucuz ve kullanışlıdır. Hazırlanan miktarlara bağlı olarak sırası akıcı ve transparant, ipeğimsi mat veya opak hale getirebilir. Az miktarda kullanıldığında sıra sertlik ve dayanıklılık verir. Fazla miktarda kullanıldığında ise örtücülük verir. Yüksek miktarda alüminyum ve silis ile birleşirse mat görünüş elde edilecektir.

1040°C sırlarda CaO miktarı 0.25-0.28'i geçmemelidir. Böylelikle camlaşmış bir sır elde edilir.

Düşük dereceli sırlarda mermerden karbondioksit çıkması hava kabarcıklarının oluşmasına sebep olabileceğinden, mermer yerine Fluospar (CaF_2) tercih edilebilir.

Sırlarda kireç kaynağı olarak kullanılan tebeşir ise toprak alkalilerden olup, redüksiyon pişirimlerinde "Seladon" yeşillerinin gelişmesine yardım eder. Alçak dereceli sırlarda çok miktarda kullanıldığında mat, ölgün, pürüzlü yüzeyler oluşmasına yol açar.

CaO hamurlarda eritici etki gösterir. Nispeten düşük sıcaklıklarda meydana getirdiği pekişmenin yanında hamura açık bir pişme rengi verir. Önemli olan hamurda bulunan CaO'tin erimiş sır ile reaksiyona girmesidir. Sır erime durumunda hamurun yüzeyinde bulunan CaO'i çözer. Bu reaksiyon hamur ve sır arasında bir ara tabaka oluşmasını sağlar.

Sırdaki SiO₂ ile hamurdaki CaO oluşturduğu ara tabaka, hamur ve sır arasındaki gerilim farklarını frenleyip eşitler. Gerilim farkları çoğu zaman hamur ve sırnın değişik genleşme katsayılarından meydana gelir, çatlaklar oluşturur.

CaO, diğer bazlar gibi sırnın içindeki diğer maddelerle camlar meydana getirir. B₂O₃ ile çok sert sırlar oluşturur. Böyle sırlar çizilmelere dayanıklı ve kılcal çatlamalara az meyillidir. Ancak hamurun az kuvars ve CaO kapsamı gerekir. Yüksek oranda B₂O₃ içerirse sırda beyaz ayrışmalar görülür.

CaO bileşikleri renk vermezler fakat boyaları etkilerler. CaO renkleri canlı kılar.

Hamurda CaO'tin bulunması zemin için güzel bir kırmızı renk verir. Fakat % 10 gibi küçük miktarlar Avantürin sırlarda kristal parçacıkların ufalanmasına yol açar. Bütün kristal sırlar için bu durum geçerlidir.

CaO- krom yeşilini sarı yapar.

krom kırmızısı sırlarda rengi olumsuz etkiler.

CaCO₃- Cu bileşikleri mavi renk verir.

antimon sarısını kahverengiye çevirir.

Napoli sarısı üzerinde olumlu etkileri vardır.

Genellikle mat sırların yapımında sıra gerekli olan CaO dolomitten de (CaCO₃.MgCO₃= 184) alınabilir. Bu durumda aynı mol oranında MgO de sıra girmiş olur.

Diğer bir CaO içeren hammadde de wollastonitdir. (CaO.SiO₂=116) Doğal bir kalsiyum silikat olan bu hammadde ile birlikte sıra aynı mol oranında SiO₂ girer. Wollastonit günümüzde bazı ülkelerde sentetik olarak da üretilmektedir. (Bu çalışmada kullanılan CaO,Mermer tozu=CaCO₃ şeklinde kullanılmıştır).

2.9.4.4- Çinko oksit (ZnO)

Erime Noktası	: 1260°C
Formül Ağırlığı	: 81,38
Rengi	: Beyaz

ZnO'in, 1100°C'ye kadar olan 0,05-0,20 mol arasındaki katkı- lar da parlaklık arttırıcı etkisi vardır. 0,30 mol den itibaren büyük katkılarda matlaştırıcı olarak etki yapar ve erime sıcak- lığını yükseltir.

ZnO'in sıranın erimesi üzerindeki etkisi CaO'te benzemekle bir- likte daha fazladır, daha güçlüdür.

ZnO sıranın elastikiyetini arttırır; düşük genleşme katsayısı nedeniyle kılcal çatlamaı engeller.

ZnO çoğu kere matlaştırıcı madde olarak kullanılır. Şeffaf sır- lara % 10'dan fazla katılırsa kolay çizilen, buzlu görünümlü mat bir yüzey oluşur. % 25 ZnO katkısında ise tam olarak mat bir yüzey oluşur. Ancak bunların yanında fazla miktarda ZnO kapsayan bir sır, PbO ve Na₂O vb. eriticilerde içeriyor ise saydam hale dönüşür. % 35'in üzerinde ise büzülme yapar.

ZnO ile doymuş hale getirilen sır, kristal oluşumunu hızlan- dırır. Sır ne kadar homojen şekilde çinko ile kristalize edil- miş ise kristaller o kadar mükemmel dağılır. Unutmamak gere- kir ki matlaşma (Kristallenme) soğuma sırasında olduğu için soğuma hızı çok önemlidir.

Kullanılan Zn bileşikleri: Çinko oksit ZnO, Çinko karbonat ZnCO₃, Çinko sülfat ZnSO₄.7H₂O'dur.

Akıcılık üzerine iyi tesir etmesine rağmen fazla ZnO sıraltı renklerine mani olur. Borlu sırlarda ZnO, bor perdesini teş- vik eder. ZnO her tip opaklaşmaya olumlu etki gösterir. ZnO ile beraber Al₂O₃ ve az miktarda kireç kullanılırsa beyaz opaklaşmış sonuçlar oluşur.

Çinko matı sırlarda ZnO oranının daha fazla arttırılması sonucu, çok bilinen ZnO, tek başına renk vermez. Fakat çeşitli oksitlerin renk tonlarına etki eder. Bor perdeli sırlar oksitlerle enteresan yüzeyler oluşturur. Krom yeşili sır parlaklığını kaybedip rengi griye gider. Kobalt mavisi sırlarına çinko ilavesi ile kahve kızıl renk alır. (Bu çalışmada ZnO kullanılmıştır).

2.9.4.5- Magnezyum oksit (MgO)

Formül Ağırlığı : 40

MgO, genellikle magnezit minerali olan $MgCO_3$ 'den alınır. Gerktiğinde dolomit ($CaCO_3.MgCO_3$) ya da talk ($3MgO.4SiO_2.H_2O$) den alınabilir.

Alçak dereceli sırlarda magnezyum karbonat sertleştirici madde olarak etki eder. Yüksek derecede ise kuvvetli bir akıcılık sağlar. Talk ve dolomit şeffaf sırlara % 8-20 arasında ilave edildiğinde mat sırlar elde edilir. % 20 oranı çok sert bir sır verir. Katkı oranı arttırıldığında sırda toplanmalar ve iğne delikleri oluşur. Sır bileşiminde kireç bulunursa magnezit yerine dolomit kullanılmalıdır. Magnezyum oksit sırda magnezyum silikat haline dönüşür. Magnezyum silikat mükemmel elastiklik özelliğine sahiptir. Düşük genleşmeye sahip sırlar oluşturur ve sır çatlaklığını önlemede yararlı olur.

- Kuru direnci arttırır.
- Yüksek ısılara dayanıklılık sağlar,
- İkinci dereceden ergitici rolü oynar.
- Sır ile ürün arasındaki yapışmayı düzenler.
- Kristal sırlarda akıcılığın kontrolü için kullanılır.
- $BaCO_3$ 'lü karışımlarla matlaştırıcı etki yapar.

Magnezyum sırları, artistik sırlar için değişik şekillerde kullanılır. (MgO'in büyük bir yüzey gerilime sahip olması ile artistik sırlardan olan toplanma sırları elde edilir). Renkli bir sır ile formu örttükten sonra MgO'li sır püskürtülür. Üsttekisırın çekilmesine, büzülmesine ve değişik yerlerden alt

tabakadaki sırnın ortaya çıkmasına neden olur.

Fe_2O_3 içeren hamurlarda MgO 'li sırlar kullanmamak gerekir.

Sır kirli bir renk alır.

Cr_2O_3 ile yeşil renk istendiğinde MgO 'ı az kullanmak gerekir.

Alkali mat sırlarda mısır mavisine olumsuz etkisi vardır.

(Bu çalışmada talk kullanılmıştır).

2.9.4.6- Alüminyum oksit (Al_2O_3)

Erime Noktası	:	2050°C
Formül Ağırlığı	:	101,96
Rengi	:	Beyaz
Sertliği	:	1
Özgül Ağırlığı	:	2,1

Alüminyum oksit kristalleri doğada korondum, safir ve yakut olarak bulunur. Sırlara serbest olarak katılmadığından Kaolin, Feldspat ve plastik killerden sağlanır.

Doğada alüminyum oksit tek başına ender bulunur. Saf ve hidrate Al_2O_3 kaynağı boksittir. Saf Al_2O_3 , sırlamada ender kullanılır. Hidrate Al_2O_3 seramik yapımında faydalı beyaz bir tozdur. Kilin dayanıklılık kuvvetini arttırmak için kullanılır. Çekmeyi önler. Çalışma kalitesini arttırır.

Al_2O_3 , sırnın erime noktasını yükseltir.

Al_2O_3 , SiO_2 ile doğru orantılı kullanılırsa camsızlaşmayı

B_2O_3 ile doğru orantılı kullanılırsa bor opaklaşmasını ve kristalin ayrışmasını önler.

Al_2O_3/SiO_2 oranı, 1/10 olursa saydam

Al_2O_3/SiO_2 oranı, 1/2 olursa bazik, mat sır elde edilir.

Al_2O_3 , hem asidik hem de bazik özellikleri nedeni ile silika veya bazik oksitlerle tepkime oluşturabilir.

- Al_2O_3 , seger formülünde ne kadar az olursa sır o kadar kristal sır olmaya meyleder.
- Al_2O_3 , sıra geniş erime intervali verir (erime intervali= Sırlarda yumuşamanın başladığı nokta ile, tam erimenin oluştuğu noktalar sırasında kalan sıcaklık).
- Al_2O_3 , viskoziteyi arttırır.
- Al_2O_3 , sırın kimyasal dayanımını arttırır. Sıra sertlik verir.
- Al_2O_3 , pişme sırasında meydana gelen sır akmalarına karşı sulandırılarak fırın plakalarına sürülür.
- Al_2O_3 , sırın kuru direncini arttırır.

Renkli eşya sırlanmasında Al_2O_3 büyük önemi vardır. Boyayı ateşe dayanıklı kılmak için boyayıcı oksit, Al_2O_3 'e bağlanır. Kullanılan miktar sırrın renk paleti için çok önemlidir.

Mısır mavisi Al_2O_3 'ün yükseltilmesi ile koyu yeşilden siyaha kadar renk verir.

Al_2O_3 'ün arttırılması ile Fe_2O_3 'ün verdiği renkler kırmızı-kahveden sarımsı kahveye kadar değişir. (Bu çalışmada Al_2O_3 , daha çok kaolinden alınarak kullanılmıştır.)

2.9.4.7- Silisyum dioksit (SiO_2)

Erime Noktası	: 1710°C
Formül Ağırlığı	: 60,090
Özgül Ağırlığı	: 2,65
Sertliği	: 7

Yeryüzünde oksijenden (% 60) sonra silis (% 25) tabiatta en çok bulunan elementlerdendir. Tabiatta amorf ve çeşitli kristal yapı ve renklerde bulunur. Kristalize şekline kuvars, amorf şekline ise sileks denir. Seramikte silis kumu, flint ve kuvars halinde kullanılır.

SiO_2 , kil-kaolin ve feldspatlarla yeteri oranda sıra giremezse kuvarstan alınır.

- SiO_2 , artması erime noktasını yükseltir. Erime intervalini genişletir.
- SiO_2 , ile aside dayanıklılık artar.
- SiO_2 , ısı genleşmesini düşürür. Bu nedenle SiO_2 , kılcal çatlama-
lamayı önler.
- SiO_2 , basınca dayanımı arttırır.
- SiO_2 , sıra fazla konulduğu takdirde Tridimit kristali ayrış-
masına yol açacağı için matlaştırıcı etki gösterir.
- SiO_2 , sıran sertliğini arttırır.
- SiO_2 , ile suda eriyebilen hammaddeler suda erimeyen silikatla-
ra dönüşür. Bu nedenle fritlerin önemli bir parçasıdır.
- SiO_2 , sıran çamur ile uyuşmasını sağlar (genleşme katsayısını
düşürdüğü için).
- SiO_2 , kimyasal etkilere dayanımı arttırır.
- SiO_2 , bazik oksitlerle uygun oranlarda birleşirse cam meydana
getirici rol oynar.
- SiO_2 , oranı dış hava şartlarına dayanımı etkiler. Normal hava
şartlarına dayanım SiO_2 oranının 1,5-1,6'nın üstünde
olmalıdır.

Kuvarsınham rengi önemli değildir. Çünkü renk organik madde-
lerden gelebilir. Bunun için pişirim deneyi yapılmalıdır.

SiO_2 , sıra ve hamura birinde kuvars kumu birinde ise kizelgur
katılarak deneyler yapıldığında kizelgurlu hamurlar,
kuvars kumlu hamurlara oranla daha sağlam; sırları ise
daha az aşınmaya dayanımlı olmuştur.

Silisyum Karbür (SiC) ise sırlarda genel indirgeme oluşturmak
amacıyla kullanılır. Bakırlı sırlara % 2-3 oranında SiC kat-
kısıyla kırmızı noktacıklar elde edilir. (Bu çalışmada SiO_2 ,
kuvars olarak kullanılmıştır).

2.9.4.8- Bor trioksit (B_2O_3)

Erime Noktası	: 577°C
Formül Ağırlığı	: 69,640
Rengi	: Renksiz veya beyaz

B_2O_3 sırlar için çok önemli bir oksittir. Doğadaki en önemli bileşikleri olan ve sır yapımında kullanılan mineralleri;

Borokalsit	($CaB_3O_7 \cdot 4H_2O$)
Pandermit	($2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 3H_2O$)
Kolemanit	($2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$)
Üleksit	($Na_2O \cdot 2CaO \cdot 5B_2O_3 \cdot 16H_2O$), ($12H_2O$ da olabilir)
Boraks	($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), ($12H_2O$ da olabilir)
Borikasit	(H_2BO_3)

Yalnız suda çözünen bileşikleri genelde fritleri şeklinde ya da diğer bileşikleri alınarak kullanılır.

B_2O_3 bir camsızlaşma tehlikesi olmadan erime noktasını düşürmek için kullanılan mükemmel bir maddedir. B_2O_3 büyük miktarlarda kullanılmazlar. Sırlar beyaz opak hale gelebilirler. Bu olay sırnın içinde CaO veya ZnO bulunursa çok daha kolay oluşur. Bu tip hafif bor perdesi olan sırlar az miktarda SnO_2 katkısıyla mavimsi, beyazımsı sırlar haline dönüşür. Bu durum anti-mon bileşikleri katkısıyla daha da güçlenir.

- Opaklaşmaya engel olmak istenirse Al_2O_3 miktarı yükseltilir. sır tümüyle şeffaflaşır. Baz tarafında CaO olsa bile elde edilir.

- CaO yerine BaO konursa bor perdesi azalır.

- $SrCO_3$ katkısıyla bor perdesi tümüyle kalkar.

- B_2O_3 katkısı genleşme katsayısını düşürür. Böylece kılcal çatlamalar önlenir. Ancak % 12 gibi oranda B_2O_3 katkısıyla yeniden çatlamalar oluşur.

- B_2O_3 hamuru güçlü şekilde çözer. Böylelikle hamurun üst yüzeyi ile sır arasında iyi bir bağlantı meydana gelir.

- CaO ve B_2O_3 kapsayan sırlar çizilmelere karşı dayanıklıdır. İpeksi görünümleri vardır. Yaklaşık $100^{\circ}C$ lik sıcaklık oynamalarından etkilenmezler. Çünkü bor sırlarının erime aralığı çok geniştir.
- B_2O_3 katkısı yüzey gerilimini azaltır.
- Boratlar sırnın çökmesini önler.
- Avanturin sırlarda kristal yapıcıdır.
- Renklendirici maddelerle reaksiyona girdiklerinde sırnın rengini etkiler.

CuO katkısıyla yeşili mavimsi yeşile çevirir.

CuO-SnO₂ ile birlikte B_2O_3 'in içinde eritilirse gök mavisi elde edilir.

CoO katkısıyla mavi rengi parlaklaştırır ve canlandırır.

Mn katkısıyla menekşenin tonları elde edilir.

Fe₂O₃ katkısıyla sarımsı-kırmızımsı kahverengi verir.

TiO₂ katkısıyla demirsiz-kurşunsuz sırlarda beyaz renk elde edilir (Bu çalışmada kullanılan B_2O_3 Üleksit'ten alınmıştır).

2.9.4.9- Stronsyum oksit (SrO)

Sırlarda genellikle SrCO₃ tan alınarak kullanılır. Çok az katkı oranlarında bile sırda iyi bir erime sağlar. Sırlarda CaO e benzer özellikler gösterir. Kap-kacak ve sağlık gereçleri sırlarında kullanıldığında çizilmeye karşı dayanıklı olmasından ve asitlere dirençliliğinden yararlanır.

Sırlarda sık görülen iğne deliği hatalarını gidermek için 0,1 mol SrO katkısı bile yeterli olabilir.

Bor tülünün giderilmesi istenirse sıra % 5-20 arasında SrCO₃ katmakla sonuca ulaşılabilir ve saydam bir sır elde edilir.

SrCO₃ katkısı ile doyurulan parlak sırların her tipi matlık kazanır.

2.9.4.10- Lityum oksit (Li_2O)

Li_2O in erime noktası 1700°C nin üzerinde olmasına karşın, sırlarda çok kuvvetli bir eritici olarak etkisini gösterir.

Na_2O ve K_2O içeren alkalili sırlara oranla, Li_2O li sırlarda genleşme katsayısı daha düşüktür. Gene aynı alkalilere oranla lityumlu sırlarda, parlaklık, daha fazla olup, hava koşullarına ve asitlerde direnç de daha yüksektir.

Alkalili artistik sırlarda Li_2O oranının çok yükselmesi sonucu büyük kristaller elde edilebilir.

Lityum bileşiklerinin en büyük dezavantajı, fiyatlarının oldukça yüksek olmasıdır.

2.9.4.11- Baryum oksit (BaO)

BaO çoğunlukla BaCO_3 olarak kullanılır. BaCO_3 suda erir. 1360 derecede kaynar. Ham olarak zehirlidir.

BaO bulunan sırlarda camlaşmayı sağlamak için alkaliler kullanılır. Fakat alkaliler çatlamaya sebep olduğundan bir miktar CaO ilavesi yapılmalıdır.

BaO parlaklığı arttırır. Fazla kullanılırsa mat sırlar elde edilir. Mat görünüm için % 15-20 oranında olmalıdır. Bu oranı geçerse pürüzlü yüzeyler elde edilir. BaO , sırları çok sertleştirir.

Genel olarak 1100 derece altında BaO , 0.1 molü geçmemelidir. PbO ve B_2O_3 katmadan 900 derece altında akıcı bir sır, BaO ve TiO_2 'nin kullanılmasıyla yapılabilir.

BaO 'in yüksek olduğu ortamlarda Cr_2O_3 daima sarı renk verir. Bu sırlara % 5-10 SrCO_3 ilave edildiğinde ateşe dayanıklı sarı tonlar meydana gelir.

- Mn bileşikleri ile menekşe
- Ni bileşikleri ile kahverengi (BaO yüksek olursa)

- Ni bileşikleri ile Yeşil renk (BaO düşük olursa)
- CuO bileşikleri ile mavi-yeşil (BaO yüksek olursa) renk oluşur.

2.9.5- Seger Formülü Hesaplamaları (22)

2.9.5.1- Seger formülü bilinen bir sırn reçetesinin hesaplanması :

Seger formülünde yer alan tüm oksitler, kendilerine ait mol oranları ile birlikte verilmektedir. Örneğin, Seger formülünde yer alan SiO_2 in mol oranı 0,5 olarak verilmişse, buna göre molekül ağırlığı 60 gr olan SiO_2 ten $0,5 \times 60 \text{ gr} = 30 \text{ gr}$ alınması gerekecektir. O halde bu işlemi bir kural şeklinde şöyle belirleyebiliriz : Seger formülü bilinen bir sırn reçetesini hesaplamak için, Seger formülünde bulunan oksitlerin mol oranları, reçetede yer alması istenen hammaddelerin mol ağırlıkları ile çarpılmalıdır.

Örnek : Seger formülü.

0,050	Na_2O		
0,125	K_2O		2,555 SiO_2
0,245	CaO	0,215 Al_2O_3	
0,145	MgO		0,250 B_2O_3
0,250	ZnO		
0,185	PbO		

olan sırn reçetesini verilen şu hammaddelerden yararlanarak hesaplanması :

ÜLEKSİT	: $\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,2\text{CaO} \cdot 0,5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 1,2\text{H}_2\text{O}$	= 739
POTASYUM FELDSPAT	: $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	= 556
DOLOMİT	: $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	= 184
ÇİNKO OKSİT	: ZnO	= 81
SÜLYEN	: Pb_3O_4	= 229
KAOLİN	: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	= 258
KUVARS	: SiO_2	= 60

	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	ZnO	PbO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	B ₂ O ₃	
Üleksit : 0,050 x 739 = 36,95	0,050	-	0,100	-	-	-	-	-	0,250	
Pot Feld : 0,125 x 556 = 69,50	-	0,125	-	-	-	-	0,125	0,750	-	
Dolomit : 0,145 x 184 = 26,68	-	-	0,145	0,145	-	-	-	-	-	
Çinko O : 0,250 x 81 = 20,25	-	-	-	-	0,250	-	-	-	-	
Sülyen : 0,185 x 229 = 42,37	-	-	-	-	-	0,185	-	-	-	
Kaolin : 0,090 x 258 = 23,22	-	-	-	-	-	-	0,090	0,180	-	
Kuvars : 1,625 x 60 = 97,50	-	-	-	-	-	-	-	1,625	-	
	316,47	0,050	0,125	0,245	0,145	0,250	0,185	0,215	2,555	0,250

REÇETE :

Üleksit	: %	11,68
Potasyum Feldspat:	%	21,96
Dolomit	: %	8,43
Çinko Oksit	: %	6,40
Sülyen	: %	13,39
Kaolin	: %	7,34
Kuvars	: %	30,80
		<hr/>
		% 100,00

2.9.5.2- Reçetesi bilinen bir sıran seger formülünün hesaplanması :

Seramik sırlarının Seger formülleri her zaman bilinmeyebilir. Deneyimler sonucu, hiç bir hesap yapmadan, doğrudan hammadde-leri belirli oranlarda karıştırarak yapılan sırların Seger formülleri, elde bulunan reçeteden yararlanılarak hesaplanabilir.

Örnek : Reçetesi,

%	71,5	Na Feldspat
%	10,5	Dolomit
%	6,0	Çinko oksit
%	5,0	Kaolin
%	7,0	Kuvars
		<hr/>
%	100,0	

olan sıırın Seger formülünün hesaplanması için, reçetede yer alan tüm maddelerin herbirini kendi mol ağırlığına bölmek gerekir.

	Na ₂ O	CaO	MgO	ZnO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Na-Feldspat : 71,5:524 = 0,136	0,136	-	-	-	0,136	0,816
Dolomit : 10,5:184 = 0,057	-	0,057	0,057	-	-	-
Çinko Oksit : 6,0: 81 = 0,074	-	-	-	0,074	-	-
Kaolin : 5,0:258 = 0,019	-	-	-	-	0,019	0,038
Kuvars : 7,0:60 = 0,116	-	-	-	-	-	0,116
	0,136	0,057	0,057	0,074	0,155	0,970
	0,324					

Çizelgede belirtildiği gibi, bu bölme sonucu elde edilen değerler, hammaddelerin içindeki oksitlerin birbirlerine olan oranlarına göre çizelgede yer alırlar. Örneğin formülü Na₂O.Al₂O₃.6SiO₂ olan sodyum feldspatın içinde 1 mol Na₂O in yanısıra, kendisi ile aynı oranda Al₂O₃ ve kendisinin altı katı oranında SiO₂ vardır. Buna göre Na-Feldspat için bulunan 0,136 değeri çizelgede Na₂O için 1x0,136 = 0,136, Al₂O₃ için 1x0,136=0,136 ve SiO₂ için 6x0,136 = 0,816 olarak yer almaktadır.

Tüm işlemler yapıldıktan sonra, çizelgedeki her sütun ayrı ayrı toplanır ve şu değerler elde edilir.

$$0,136 \text{ Na}_2\text{O} . 0,057 \text{ CaO} . 0,057 \text{ MgO} . 0,074 \text{ ZnO} . 0,155 \text{ Al}_2\text{O}_3 . 0,970 \text{ SiO}_2$$

Bu ortaya çıkan formülü Seger formülüne dönüştürmek için, bazik oksitlerin mol oranlarının toplamının 1,0 olması gerekir. Bunun için yukardaki formülde bulunan bazik oksitlerin mol oranları toplanır:

$$0,136 + 0,057 + 0,057 + 0,074 = 0,324$$

Formülde yer alan tüm oksitlerin mol oranlarını bazik oksitlerin bu toplam değerine bölersek, Seger formülü ortaya çıkar:

0,136	:	0,324	=	0,420	Na ₂ O
0,057	:	0,324	=	0,176	CaO
0,057	:	0,324	=	0,176	MgO
<u>0,074</u>	:	<u>0,324</u>	=	0,228	ZnO
0,155	:	0,324	=	0,478	Al ₂ O ₃
<u>0,970</u>	:	<u>0,324</u>	=	2,993	SiO ₂

Bu değerler düzenlendiğinde, reçetelerden hesaplanan Seger formülü şu son şeklini alır.

0,420	Na ₂ O				
0,176	CaO	0,478	Al ₂ O ₃	2,993	SiO ₂
0,176	MgO				
0,228	ZnO				

2.9.5.3- Kimyasal analizi bilinen bir sıranın seger formülünün hesaplanması :

Elde bulunan ve içeriği bilinmeyen sırların kimyasal analizi biliniyorsa, Seger formülleri de kolaylıkla hesaplanabilir. İşletme ve laboratuvar araştırmalarında, bu hesaplama işleminin yararlanılarak, bilinen bir Seger formülü ile üretilen sıranın, tüm üretim aşamalarından geçtikten sonra yapılan kimyasal analizden elde edilen değerler, yeniden Seger formülüne dönüştürülür. Böylelikle bu formülün ilk çıkış formülünden yapmış olabileceği sapmalar saptanabilir.

Kimyasal analizden Seger formülünün hesaplanması için birinci aşamada şu yöntem uygulanır :

Kimyasal analizde yer alan herbir oksidin % olarak verilen değerleri, bu oksitlerin kendi mol ağırlıklarına bölünür.

KİMYASAL ANALİZ

MOL AĞIRLIKLARI

PbO	%	8,84	:	223 = 0,039
ZnO	%	8,00	:	81 = 0,098
BaO	%	8,55	:	153 = 0,055
CaO	%	6,27	:	56 = 0,112
Na ₂ O	%	9,68	:	62 = 0,156
MgO	%	7,67	:	40 = 0,191
Al ₂ O ₃	%	6,91	:	102 = 0,067
SiO ₂	%	44,11	:	60 = 0,735

Bu elde edilen değerlerden, yalnızca bazik oksitlere ait olan değerler toplanır.

PbO	0,039
ZnO	0,098
BaO	0,055
CaO	0,112
Na ₂ O	0,156
MgO	0,191
	<hr/>
	0,651

Birinci aşamada elde edilen değerler teker teker, bazik oksitlerin toplam mol değerlerine bölünür. Bu işlem bazik oksitlerin mol oranlarının toplamının 1,0 olmasını sağlar.

0,039	:	0,651	=	0,060	PbO
0,098	:	0,651	=	0,151	ZnO
0,055	:	0,651	=	0,084	BaO
0,112	:	0,651	=	0,172	CaO
0,156	:	0,651	=	0,239	Na ₂ O
0,191	:	0,651	=	0,294	MgO
0,067	:	0,651	=	0,103	Al ₂ O ₃
0,735	:	0,651	=	1,129	SiO ₂

Bu değerlerin dzenlenmesi sonucu Seger formülü oluşur:

0,060 PbO
0,151 ZnO
0,084 BaO 0,103 Al₂O 1,129 SiO₂
0,172 CaO
0,239 Na₂O
0,294 MgO

2.10- SERAMİK SIRLARININ SINIFLANDIRILMASI :

Seramik teknolojisinde önceleri sırların, üzerine sürüldüğü ürünün adı ile anılması geleneği (örneğin porşelen sırları, akçini sırları..gibi) günümüzde yerini sırların bileşimine veya üretim türüne göre adlandırılmasına bırakmıştır.

Bileşimlerine göre sırların sınıflandırılması :

A- Kurşunlu sırlar :

1. Borsuz sırlar
2. Basit kurşunlu sırlar
3. Karışık kurşunlu sırlar
4. Borlu sırlar.

B - Kurşunsuz sırlar :

1. Borlu sırlar
2. Borsuz sırlar
3. Bol alkalili sırlar
4. Düşük alkalili sırlar.

Üretim türüne göre sırların sınıflandırılması :

1. Ham sırlar
2. Sırçalı sırlar
3. Tuz sırları.

Sırlar daha genel bir ayırıma göre, çok veya az akışkan olarak iki büyük grup altında toplanabilirler.

2.10.1- Çok Akışkan Sırlar

Viskozitesi az olan ve düşük erime noktasına sahip olan sırlardır. Bileşimlerinde SiO_2 oranı düşük, buna karşın alkali ve diğer metal oksitlerin oranı yüksektir. Kullanma alanları akçini ve çömlekçi ürünleridir. Çok akışkan sırlar kurşunlu ve kurşunsuz olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Bir sırn sırcalaştırılması sonucu, onun daha düşük bir sıcaklıkta erimesi sağlanabilir. Aynı bileşimde iki sırdan, sırcalaştırılmış olanı ham sıra oranla 3-4 Seger piramidi daha erken erir.

Bu sırların pişme sıcaklıkları ($900-1100^{\circ}C$) aralığında bulunur.

Akışkan sırlar, pişme sırasında buharlaşma yolu ile bazı maddelerini kaybetmeye daha yatkın sırlardır. Sırda SiO_2 oranı yükseldikçe, sırdaki eriticilerin buharlaşması tehlikesi de azalır. B_2O_3 ancak CaO in bir bileşiği olarak sırda bulunursa, buharlaşması önlenir. Alkaliler, CaO in daha aktif davranarak SiO_2 ile birleşmesi sonucu, SiO_2 ile bağlanamazsa buharlaşmalarını arttırlar.

2.10.2. Az Akışkan Sırlar

Viskozitesi ve erime noktası yüksek olan sırlardır. Genellikle feldspatlı veya kalklı sırlar olarak da adlandırılırlar. Yüksek oranda SiO_2 ve düşük denecek kadar oranda alkali içerirler.

Bu grupta incelenen sırların üretiminde, suda çözünmeyen kuvars, feldspat, mermer, kaolin... gibi hammadde kullanılır. Bu nedenle bu sırlar "ham sır" olarak üretilirler. Kullanılma alanları ise porselen, pekişmiş çini, sertakçini ürünleridir.

Bu çalışmada ham sır denemeleri yapıldığından, suda çözünen ve zehirli hammaddeler (sırçalaştırma gerektirdiğinden) kullanılmamıştır. Anlatılacak olan sırların içine, sırçalaştırılması halinde dahi çözünürlük gösterebilen kurşunlu sırların özellikleri bu nedenle alınmamıştır.

2.11- ARTİSTİK ve DEKORATİF GÖRÜNÜMLÜ SIRLAR (23,24)

Seğer formülleriyle belirlenen klasik orantıların bozulması sonucu elde edilen özel görünümlü sırlar artistik sırlar olarak nitelenir.

Bunun doğal sonucu olarak, normal sırlarda belki de önemli bir sır hatası olarak değerlendirilen nitelikler, sanat sırlarının birbirinden değişik özelliklerini meydana getirirler.

Sınıflama yapmadan genel bir sıralama yapılırsa şu sırları görebiliriz.

- 1- Akıcı Sırlar
- 2- Ayrışma Sırları
- 3- Bindirme Sırları
- 4- Kaynama (Köpürme) Sırları
- 5- Krakle Sırlar
- 6- Opak Sırlar
- 7- Mat Sırlar
- 8- Toplanmalı Sırlar
- 9- Kristal Sırlar
- 10- Avanturin Sırlar
- 11- Krom Kırmızısı Sırları
- 12- Titanlı (Rutilli) Sırlar
- 13- Redüksiyon (indirgeme) Sırları

2.11.1- Akıcı Sırlar

Akıcı sırlar, erime derecelerinde, erirgenliklerinin yüksek oluşu nedeniyle, dikey parçalar üstünde dibe doğru yatay parçalar üstünde de genişlemesine yayılarak akıcılık gösteren sırlardır. Her derecede pişirilen seramik eşya üstünde

uygulanabilirler. Bileşimlerinde alümin ve silis miktarı az olan sırlarla kullanılır. Ayrıca alkali sırları da yüksek derecede erirgen olduklarından, artistik amaçlarla yapılan sırlamalarda başarıyla kullanılırlar. Ancak akıcı sırların hazırlanmasında erirgenliği azaltan CaO ve özellikle TiO₂ miktarının dikkatle belirlenmeleri gerekir. Bunlar parlak/mat, saydam/örtücü olanlar arasından seçilebilir ve normal sırlar gibi renklendirilebilir.

Bu sırlar, akıcı olma özelliklerinin yanında, parçaların fırın katlarına ve birbirlerine yapışmasına da yol açarlar. Çünkü, erime derecesinde alt kesimlere doğru hızla süzülen sır tabakası giderek fırın raflarına yayılır. Bundan sonra soğuma sırasında da sertleşerek, parçaların yapışmasına yol açar. Bu nedenle akıcı sırların özel olarak kullanıldığı durumlarda bu noktaya dikkat edilir ve parçaların alt kesimlerinde sırlama yapılmaz ya da bu kesimlerdeki sır tabakası normalden daha ince uygulanır. Sırın istenilen akıcılıktan daha az olması halinde akıcılık sağlayan maddenin oranı arttırılır.

Akıcı sırlar tek başlarına kullanıldıkları gibi, yine aynı niteliklere sahip ya da ayrı cinsten bir sırla da yan yana ve üst üste uygulanarak gayet güzel sonuçlar alınabilir.

2.11.2- Ayrışma Sırları

Elde edilmeleri pek güç olmayan ayrışma sırları, birlikte kullanıldıkları parçaların biçimi ve bunların pişirim sırasındaki yatay ve dikey doğrultuda bulunmalarına göre değişen yüzey görünümüleriyle oldukça ilginç bir sanat sırası niteliği taşırlar.

Yapılışlarında, bileşime giren katkılar nedeniyle boyalı sırnın asıl rengi değişikliğe uğrar. Ama, çinko, titan, kalay gibi katkıların, soğuma sırasında ayrışarak, sır yüzeyinde yüzer kümeler oluşturmasıyla yer yer altındaki tabakalarda sır rengi açıkça seçilebilir. Ayrışma sırlarına özgü görünümler kristal sırlarda olduğu gibi soğuma sırasında oluştuğundan bu gibi sırlarda soğuma süresinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Buna

göre, soğumanın başlangıçtan 650°C-600°C derecelerine kadar çok yavaş yürütülmesi gerekir. Ayrışma sırları, renksiz parlak bir sır içine % 30 oranına kadar ZnO ya da % 8-10 TiO₂ katılmasıyla elde edilebildiği gibi aynı sırlara % 5-10 oranında SnO₂ katkısıyla da yapılabilir. Ayrıca kalaylı renkli sırlara % 1-4 TiO₂ ya da 1040 derece de pişen borlu sırlara CuO eklenmesiyle elde edilir. Renklendirici oksitlere % 5-6 oranında SnO₂ katılarak, istenilen tonlarda, kümelenmiş kar taneceklerini anımsatan görünümüleriyle bir Flocken (yüzücü) sırası hazırlanabilir.

2.11.3- Bindirme Sırları

Bindirme sırlar görünüşlerine göre, Parlak saydam ile örtücü, Mat saydam ile örtücü, Mat saydam ile ipek matı örtücü, karşıtlığındaki sırların birlikte üst üste kullanılmalarıyla elde edilen artistik görünümlü sırlardır. Bu sırlarda alttaki sır ile üstte kullanılan öteki sıranın birbirine göre değişen kalınlık farklılıkları, pişirim koşulları ve uygulandıkları parçaların yatay dikey konumda bulunmaları, pişme sonrasında verdikleri görünümü etkileyen önemli birer öğedir.

Sırlama, ergime dereceleri aynı ya da pişirim intervalleri (aralıkları) birbirine yakın olanlar arasından seçilen iki sıranın parça üstüne birbiri arkasından uygulanmasıyla yapılır. Pişme ısısında her iki sır bir arada ergiyerek birbirine kaynaşır. Bileşimleri ayrı, renk ve görünümleri değişik olan bu iki sıranın birlikte erimesinden, daha değişik bir renk tonunda ama, uygulamadaki sır kalınlıklarına bağlı olarak yine değişik irilikte çilli ya da benekli olarak tanımlayabileceğimiz doku da bir görünüm oluşur.

2.11.4- Kaynama Sırları

Sırların, kendi normal pişirimlerinin altındaki derecelerde bazen de daha yüksek derecelerde pişirilmesiyle elde edilir. Kaynama sırlarının hazırlanmasında sır yapıcı hammaddeler ile boyalar ve oksitlerin eritici özellikleri gözönünde tutulur. Bunlar arasından, sıranın pişme ısısının üstündeki derecelerde

erime özelliği gösterenler seçilir. Çünkü bilindiği gibi sırlar erimeden önce kaynama halindedir. Pişirim, bu kaynama sırasında kesilirse, sır normal olarak yayılmasını tamamlayamaz. Soğurken dalgalı yüzey görünümü ile sertleşen sır yüzeyi kaynama halindeki dokuyu korur. Ancak normal halde eriyerek yayılan bir sırnın pişme ısısı yükseltilmeye devam edilirse sırda yeniden bir kaynama görülür. Ham sırlarda boraks bileşiklerinin katkı oranı yükseltildiğinde de sırda kaynama hali ortaya çıkar. Yine de kaynama sırlarının yapımında, sır bileşiminin olduğu kadar, pişme ısısının da deneylerle saptanması zorunludur.

2.11.5- Krakle Sırlar

Seramik hamurları ile bunları örten sırlar arasındaki genleşme farklılıklarında doğarak, dekoratif amaçlarla geliştirilen kılcal sır çatlakları "Krakele sırlar" adı altında "sanat sırları" grubuna girerler.

Genellikle artistik amaçlarla kullanılmak istenilen normal sırlara yüksek miktarda alkali ve genleşmeyi arttıracak oksitler katkısı yapıldığında kılcal çatlaklı krakle sırlar elde edilir.

İki çeşit krakle sır vardır.

- 1- Sır çatlaklı krakle sırlar,
- 2- Naturel krakle sırlar.

1- Sır Çatlaklı Krakle Sırlar;

Çamurun genleşmesinden daha büyük genleşmeye sahip sırlar genleşme katsayıları arasındaki farkın büyüklüğü, sırnın elastikiyeti ve parça üzerine çekilen sırnın kalınlığına göre fırından çıkar çıkmaz veya çıktıktan bir müddet sonra çok ince veya kaba ağıl çatlaklar meydana getirirler. Bunu bilhassa meydana getirmek için sırnın genleşmesi, fazla sodyum oksit veya potasyum oksit ilavesi ve silisyum di oksitin azaltılmasıyla büyütülür.

Çatlağın fazlalaştırılması için takriben 150-200 derecede ısıtılmış olan parça soğuk suya da daldırılabilir. Sırı çatlayan parça ince öğütülmüş kuru veya yaş renkli bir sırla oğulur. Çatlaklara girenlerin dışındakiler silinip temizlendikten sonra tekrar pişirilirse çatlayan yerlerin ince, renkli çizgiler şeklinde görülmesiyle mamulün güzelliği arttırılabilir.

2- Naturel Krakle Sırlar;

Naturel krakle sırlar, genellikle iki sırdan oluşur. Üst sır fırınlama sırasında veya fırınlamadan önce çatlar. Böylece alttaki sır gözükür ve bir ağ hissi verir. Sırlardan birisi renklendirilmiş ise o zaman renkli krakle elde edilmiş olur. Sır erimeden evvel çatlarsa o zaman sıra bol kaolin, dekstrin, tylose jelatin katılır. Bu şekilde önemli ölçüde küçülme elde edilir. Bu sırlar erime işlemi sırasında büyük ölçüde toplanan sırlar olup toplanmalar sırasında damar görünümleri ve sırsız kısımlar ortaya çıkıp, büsküvi gözükür. Böylelikle dekoratif bir görünüm ortaya çıkar.

Aynı zamanda SiO_2 miktarını da azaltmalıyız. Sır ne kadar kalın sürülürse çatlama da o kadar fazla olur. Na_2O ve K_2O içeren sırlara Li_2O ilavesi ile çatlaklı çok güzel sırlar elde edilir. İğne gibi uçların çıkması söz konusu değildir.

Hamur ve sır arasındaki genleşme katsayısının büyüdüğü oranda çatlak doku sıklaşır.

Naturel krakle görünümündeki sırları elde etmek kolaydır. Şayet iki sırla çalışılacaksa birinci astar sır renkli veya renksiz, ikinci sır ise toplanmaya uygun şekilde hazırlanmış olmalıdır. Altteki sır ise toplanmaya uygun şekilde hazırlanmış olmalıdır. Altteki sır eridiği zaman iki sır arasında kaygan bir tabaka meydana gelerek toplanmalar başlar. Bu arada önemli olan altta sürülen astar sırn oldukça düşük yüzey gerilimine sahip olması gerekir. Aksi taktirde sadece bulut kümesi toplanmalar elde edilir. Bu arada çatlamalarda meydana gelebilir.

Sır ne kadar ince olursa çatlaklar o kadar yumuşak olur. Üstte ki sır ne kadar kalın sürülürse bu çatlamlar o kadar kaba ve geniş bir alana yayılırlar.

2.11.6- Opak Sırlar

Sırda opaklık, cam fazında erimeyen ve değişik kırılma indisinde ki maddelerin varlığından ileri gelir. Aksi halde sır şeffaf olur. Sırda opaklaşmanın başlıca nedenleri :

- 1- Sır komponentlerinin ışığı absorbe etmesi
- 2- Sırın yüzeyinde veya içinde dağılmış bulunan parçaların ışık huzmesini dağıtması.

Üç yolla sırı opaklaştırma imkanı vardır.

- 1- Erimiş sır içinde, sırda erimeyen kristal teşekkül ettirmek.
- 2- Sırda erimeyen çok küçük kristalleri sırla karıştırmak.
- 3- Kırılma indisleri farklı olan 2 sıvı fazı kullanmak.

Opaklaştırıcı olarak kullanılan SnO_2 sırlarda çok az miktarda çözünür. % 4-5 oranında SnO_2 opaklaşmayı sağlarsa da sırnin terkiğine göre pratikte % 2-10 arasında kullanılır.

SnO_2 'nin maliyeti dolayısıyla bugün artık yerine Zirkon bileşikleri kullanılmaktadır.

Sb_2O_3 ve As_2O_3 'de opaklaştırıcı olarak kullanılabilirse de zehirli oluşları nedeniyle kullanılamamaktadır.

TiO_2 , ZnO opaklık verici olsa da sırda çözünürlüğü fazla olduğu için yalnız olarak kullanılmayıp Zirkon Silikat ile beraber kullanılır.

2.11.7- Mat Sırlar

Sırlardaki matlaşmanın nedeni, kristallerin üstüste birikmeleri ve bunların camsı sır birikimlerinin arasında kaynaşmasıdır. Bu kristaller o kadar küçük ve düzenli dağılmışlardır ki göze mat gözükürler. Bu kristallerin cinsi, sayısı ve büyüklüğü ile bağıntılı olarak çeşitli mat gruplarını meydana getirir. Mat sır elde etmenin bir yolu da sırların erime derecesini yükseltmekle

olur. Bunun için erime derecesi yüksek hammaddeler kullanılır. Bu yöntem pratikte çok nadir uygulanır.

Mat sırlar yetersiz pişirim nedeniyle sırn donuklaşmasından ötürü de oluşabilir.

Mat sırlar, sırn soğuma sırasında kristalleşmesinden meydana geldiği için fırının çok yavaş soğutulması gerekir. Kristalleşme hızı bu sırlarda az olduğu için küçük kristaller meydana gelir. Bir sırn matlaştırıcı maddeler vardır. Bunlar "seger" formülünde ki yerlerine göre asidik ve bazik olmak üzere iki gruba ayrılırlar;

Asidik maddeler	$TiO_2-SnO_2-ZrO_2-SiO_2$
Bazik Maddeler	$ZnO-CaO-BaO-MgO-LiO_2$
Talk	- $4MgO.3SiO_2$
Dolomit	- $MgCO_3.CaCO_3$
Mermer	- $CaCO_3$
Baryum Karbonat-	$BaCO_3$

Genelde parlak bir sıra (cinsine göre) % 5-30 arasında ZnO veya % 13'e kadar TiO_2
% 40'a kadar $CaCO_3$
% 20-40 kadar talk katkısıyla mat sır elde edilir. Alkali sırlarda bu oran % 60'a kadar çıkar.

% 20-40 kadar stronsiyum karbonat katkısıyla mat sır elde edilebilir.

Al_2O_3 'ü devamlı yükseltmekle matlaşma elde edilir. Kireç matı sırları, TiO_2 mat sırlarına veya ZnO matı sırlarına göre çok daha farklı bir yüzey gösterir.

SiO_2 , 1.6 molden daha fazla arttırılırsa, sırn daha fazla asitli yapacağı için meydana gelen tridimit kristali mat bir görünüm verir.

Mat sır üretiminde en çok kullanılan yöntem, renksiz saydam bir sırn çeşitli katkıları ile matlaştırılmasıdır. Her katkı maddesi de sıra farklı bir yüzey dokusu ve renklendirmede de farklı renk özellikleri kazandırır. Matlaştırmadaki fark, sırn

türüne de büyük ölçüde bağlıdır. Örneğin matlaştırılacak olan sıranın kurşunlu, alkalili, borlu oluşu gibi.

Genel olarak en basit yöntem ile mat sır elde etmek için, Seger formülünde bir bazik silikat oluşacak şekilde Al_2O_3 azaltılıp SiO_2 yükseltilir. $Al_2O_3 : SiO_3 = 1:2$ olduğu zaman matlık ortaya çıkar.

Hemen hemen her seger formülünde, ZnO 'in 0.55 molün üzerinde olması veya aynı oranda CaO 'in bulunması veya her ikisinin de toplamının 0,55 molün üzerinde olması ile mat sırlar elde edilebilir.

Borlu sırların artan oranlarda ZnO ve CaO ile matlaştırılmasında, her seferinde yüzeyde giderek artan, pullu görünümde dokular oluşur. Bu sırların renklendirilmelerinden ilginç sonuçlar elde edilir.

2.11.8- Toplanmalı Sırlar

Pişme sırasında damarlar veya adacıklar şeklinde çekilerek, yüzeyde alttaki sır veya çamur görülecek şekilde toplanan sırlardır.

Bu oluşumun sıranın yüzey gerilimi ile büyük ilgisi vardır. Toplanmalı artistik sırlar elde etmek için, sıranın yapısında büyük yüzey gerilimine sahip olan oksitlerin yer alması gerekir. Büyük yüzey gerilimi gösteren oksitler şunlardır: $CaO, Al_2O_3, MgO, ZnO, NiO, SnO_2, Cr_2O_3, V_2O_5$.

Yüzey gerilimi 300 dyn/cm olan sırlarda genellikle 1000-1060°C sıcaklıkları arasında toplanmalı sırlar elde edilebilir.

Artistik amaçlı toplanmalı sırların oluşmasında tek koşul, sıranın yüksek yüzey gerilim özelliği değildir. Diğer koşullar şöyle sıralanabilirler: Altındaki çamurun gözenekliliği, ara tabaka oluşum yeteneği, fırın atmosferi, sırlama yöntemi, sır pişirimi fırınında uygulanan sıcaklık artış hızı.

Toplanmalı sırlarda da iki sır ile çalışılmasında yarar vardır. Alttaki sır renkli, parlak veya en azından örtücü olup, üzerine çekilen esas toplanmalı sıra, erimeye başlaması ile birlikte, kaygan bir zemin oluşturur.

2.11.9- Kristal Sırlar

Kristal sırlar, genellikle erime evresindeki kimyasal tepkime tarafından oluşan, kristallenme ile elde edilen sırlara denir. Kristallerin büyüklüğü iğne veya plaka şeklinde olmalarıyla artmaktadır.

Kristal sırnın bileşiminde çinko oksit'in bulunması sırdaki kristal oluşumunu kolaylaştırır. 0,30 mol. civarındaki ZnO ilavesi yeterlidir. Ayrıca rutil (TiO_2) katkısı yapılırsa kristalleşme daha da artar.

Kristal sırlarının hazırlanmasında genellikle alkali sırlar tercih edilir.

Kristallenme için viskozitenin mümkün olduğu kadar düşük tutulması gerekir. Alümin miktarı, ergime derecesini yükseltip sırnın akışkanlığını azalttığı için kristal sırlarda kullanılabilir. Ancak alümin katkısı sırda kristallenmeyi engeller. Bu açıdan kullanımı sakıncalıdır. Viskozite ne kadar düşük olursa kristaller o derece rahat büyürler. Buna karşılık sır eriyiği kristallerin büyümesine karşı direnç gösterirler. Böylece kristallenme zorlaşır.

Kristalizasyona uygun olan birçok oksitler vardır. Bunlar ZnO, TiO_2 , FeO, Cr_2O_3 , CuO, CoO, MnO, Uran oksit, wolfram oksit, molibden oksit ve lityum vb. bileşiklerdir.

Demir oksit ile avanturin sırları,
Çinko oksit ile çubuk şeklinde görünüm veren üstüste çapraz gelen kristaller,

Titan oksit ile demet demet yan yana duran kristaller,
Molibden oksit ile buz çiçeği görünümündeki kristaller oluşur. Viskoziteyi yükselten oksitlerden kaçınmak gerekir. Bunlar

Al_2O_3 , ZrO_2 , SnO_2 , CaO , MgO dir.

Bu sırların elde edilmesinde etkin olan koşulların yanı sıra en önemlisi pişirim etkenleridir. Bu amaçla, sır pişirimi normal düzeyinde yürütülür. Kristal oluşumuna uygun bileşimindeki bir sırda ancak soğutmanın çok yavaşlatılmasıyla büyük boyda kristallerden oluşan bir görünüm elde edilmesi mümkündür. Kristallenme noktasının başlangıcı ise, sırnın erime derecesinin biraz altında sertleşme derecesinde biraz üstündedir. Kesin bir sonuç için deneyler yapılmalıdır.

2.11.10- Avanturin Sırlar

Son derece güzel görünümlü avanturin sırları bileşimlerinde önemli miktarda demir oksit bulunan sırlardır. Demir oksitle doyurulmuş kristal sırlar olmalarına rağmen diğerlerinden farklı kristallerin satıhta olmayıp sırnın içinde gömülü olmalarıdır. Kristaller, sırnın içinde pırıl pırıl metal tanecikleri gibi parıldayan Fe_2O_3 kristalleridir. Güneş ışıkları altında altın kepekleri gibi parlarlar. Avanturin sırnın bileşimine genellikle % 10-15 oranında Fe_2O_3 girişi vardır.

Erime noktasında çözülen demir oksit, sırnın soğutulması sırasında yeniden ayrışarak kristalleştiğinden parça yüzeyinde parlak kırmızı ya da yaldızlı zerrecikler görünümünde ışıldayan kristaller belirgin olarak seçilir.

Kırmızı kristaller meydana gelmesi için çok miktarda kuvars, az miktarda kil, Al_2O_3 kullanılmalıdır. Alkali oranı ise yüksek olmalıdır.

B_2O_3 katkısı, kristal oluşumunu arttırır ve güzel renk tonu verir.

Al_2O_3 katkısı, kristal oluşumunu bozar.

CaO katkısı, kristal oluşumunu engeller. CaO arttıkça kristaller azalır ve kahverengine çalar.

Na_2O katkısı, kristalizasyonu kolaylaştırır. Na_2O oranı arttıkça kristaller daha artar. Engüzel avantürin sırnın baz tarafı 1,00 Na_2O olursa oluşur.

Bu tip sırlarda demiroksit miktarı gereğinden fazla yükseltirse pütürlü kristalin yüzeyler oluşur. Demiroksit oranı çok düşük olursa sır sarı renk olur ve demiroksit oranına bağlı olarak çok az oluşurlar. Veya hiç kristal parçacıkları meydana gelmezler. Çok fazla demir kapsayan hamurlar (kırmızı pişen) üzerinde ise, sır daha % 15 demiroksitle Avantürin oluşumu için doyar. Çünkü alkali sır hamurdan demirin büyük bir kısmını emer. CaO'li hamurlar üzerinde ise, küçük kristallerin meydana geldiği açık kahverengi bir ton elde edilir.

2.11.11- Krom Kırmızısı Sırlar

Burada PbO ile çalışmak gerekir. SiO₂ bakımından zayıf bir sıra 1,0 PbO.0,17 Al₂O₃.0,6 SiO₂ yaklaşık % 5 Cr₂O₃ ilave edildiğinde kristallenmiş kırmızı bir sır meydana gelir. SiO₂ miktarı arttırılıp sırası daha da asitleştirirsek aynı ısıda renk yeşile kayar.

2.11.12- Titanlı (Rutilli) Sırlar

Bileşiminde yüksek miktarda titan bulunan sırlar, soğuma sırasında kristalleşirken, sır yüzeyinde titan kristalleri, çevresinde de renkli titanat dalgalarının oluşumu görülür.

Titanlı sırlara özgül kristallerin oluşumunda kristal boyutları ile kristal dokusu, titanın öğütmedeki tane iriliğine göre değişir. Buna göre çok ince öğütülmüş titan katkısıyla hazırlanan sırlarda ki kristal boyutları çok küçüktür. Öğütmedeki tane iriliği arttıkça kristal boyutları daha büyük olur.

Bu tip sırlara yapılan titan katkısı genellikle % 8-10 oranları civarındadır. % 12 oranında yapılan katkılarda ise, koyu kahverengi titan sırları elde edilir. Daha düşük miktarlarda ise, açık tonlarda fildişi, bej gibi renkler oluşur. Rutilli sırları oluşturan titan oksitinin renklendirici oksitler üzerinde çok değişik etkileri vardır.

2.11.13- Redüksiyon Sırları

Bu artistik sır grubuna giren sırlar çoğunlukla renkli sırlar olup, indirgen pişirim sırasında sırdaki renk veren oksitlerin

değer değiştirmesi ve bu neden ile de renk tonları oluşturması esasına dayanırlar.

Redüksiyon ile elde edilebilen sırlar renk, görünüm ve elde ediliş yöntemlerine göre, kendi aralarında da gruplara ayrılabilirler.

2.11.13.1- Lüsterli sırlar :

Yüzeylerinde indirgeme ile elde edilen sedefli, metalik ve dalgalı renkli görünümler oluşan sırlardır. Elde edilmelerinde çeşitli madde ve yöntemlerden yararlanılır.

Saydam veya renkli bir sır alınarak bu sıra % 10-20 oranında gümüş klorid veya gümüş nitrat katılarak çok iyi karıştırılır. Bu karışım ile sırlanan parça normal olarak pişirilir ve soğuma sırasında 900-600°C sıcaklıklar arasında, çok fazla duman çıkarabilen maddeler ile, örneğin katran, yağ, naftalin ile gümüşün indirgemesi yapılır.

Bileşimlerinde gümüşü tek başına içeren sırlardan daha iyi lüsterler elde etmek için, bizmut katkısından yararlanılır. Bizmutlu lüsterli aynı zamanda yüksek ateşe dayanıklılık da gösterir .

Bileşimlerinde şu maddelerin tuzları bulunan sırlar ile de lüster elde etmek olanağı vardır: Kobalt, mangan, bakır, demir, vanadin ve volfram. Başarılı lüsterlerin elde edilmesinde ZnO'in varlığı her zaman için yararlıdır. Aynı şekilde titan matı sırlardan da olumlu lüster sonuçları alınabilir.

Lüster dokusu, esas sırdan doğrudan indirgen pişirim ile elde edilebildiği gibi, hazır pişmiş bir sıran üzerine boya gibi sürülerek veya püskürtülerek uygulanan lüsterler ile de elde edilebilir. Bu sır üstü lüster boyalar düşük sıcaklıkta (650-950°C) oksitleyici atmosferde pişirilirler.

Fırındaki indirgen atmosfer, kömürlü, mazotlu, ya da gazlı fırınlarda yanma gazlarının tam yakılmayıp, baca sürgüsü kısılarak ya da kapatılarak belirli bir basınç altında tutulmasıyla

sağlanır. Elektrikli fırınlarda bu atmosfer fırına tahta parçaları, yağlı üstübu atmakla sağlanır.

2.11.13.2- Çin kırmızısı :

İlk kez Çin'liler tarafından porselene uygulanan bu sırn ilginç yönü, indirgen atmosferde bakır oksit ile kırmızı rengin elde edilmesidir. Kırmızı rengin oluşmasında, normal koşullarda sırn yeşile bile boyayamayacak kadar az bakır oksit kullanılır. Kullanılan CuO oranı genel olarak % 0,3-1,0 arasındadır. Ortaya çıkan kırmızı rengin esasını, redüksiyon sırasında bakır oksidin (CuO) bakır oksidul (Cu_2O) şekline dönüşmesi ve bir kısım bakırında kolloidal şekilde dağılması oluşturur.

Çin kırmızısı sırlarda kullanılan bakır oksidin katkı oranı arttıkça kırmızı renk açılır ve giderek yeşile dönüşür. Kullanılan sırn akıcı bir sırn olmasının da kırmızı renk üzerinde olumlu etkisi vardır. Bir başka olumlu etkiyi de, sırn katılan % 1-2 oranında ki SnO_2 yapar. Çok az olmak koşulu ile Li_2O katkısının parlak kırmızı renk oluşumunda etkisi vardır.

Bakır oksit ile kırmızı rengin elde edilmesinde uygulanacak pişirme tekniğinin seçimi önemlidir. En çok uygulanan pişirme tekniği şudur : Sırn nötr veya oksitleyici atmosferde normal pişme sıcaklığında pişirilir Soğuma sırasında yaklaşık $850^{\circ}C$ sıcaklığında redüksiyona başlanır. Redüksiyonun etkili olabilmesi için, fırın bu sıcaklıkta en az 30 dakika bekletilir. Fırında redüksiyonu sağlamak amacı ile katran, naftalin, ağır yağ, odun gibi maddeler kullanılabilir.

Çin kırmızısı sırlar çok geniş bir sıcaklık aralığında $1080-1300^{\circ}C$ gelişebilen sırlardır. Ancak kırmızı renk $800-1250^{\circ}C$ arasında oluşur. Bu sıcaklıkta küçük bakır kristalleri kolloidal büyüklüğe kadar ulaşırlar. Bu büyüme $800^{\circ}C$ 'nin altında da sürebildiğinden, sırnın $300^{\circ}C$ 'ye kadar yavaş soğutulması yararlıdır.

2.11.13.3- Seladon sırları :

Seladon sırlarının renkleri gri-yeşilden sarı-yeşile kadar değişir. Renk üzerinde rol oynayan etkenler, başta redüksiyon olmak üzere, sırn bileşiminde yer alan demir, krom, kalay, titan ve nikel bileşikleridir.

Eski Çin'de sırn içine sedir ağacı, kiraz ağacı, eğrelti otu gibi bitkilerin külleri de katılmaktaydı.

2.12- SIRLARIN HAZIRLANMASI ve KULLANILMASI

Hazırlanacak sırların özelliklerinin kalıcı olmaları aşağıdaki şartlara bağlıdır:

- a- Reçetenin doğru ve hassas tartımı,
- b- Kullanılan malzemelerin saflığının değişmemesi için kaynakların değiştirilmemesi,
- c- Her keresinde aynı tane iriliğinin seçimi,
- d- Kullanılan değirmenin değiştirilmemesi,
- e- Değirmendeki bilyaların miktarı ve boy oranının değişmemesi,
- f- Su oranının değiştirilmemesi,
- g- Öğütme süresinin her defasında aynı olması gerekir.

Bu sayılan koşullardan herhangi birinin değişmesi, akla gelmeyecek sürprizlerle karşılaşılmasına neden olabilir. Koşullardan birinin değişmesi halinde, yeni deneylerle, yeni koşullara uygun değerlerin belirlenmesi gerekir. Bu koşulların değişmesine sırlar, yapılarına göre değişken duyarlılık gösterirler.

Hazırlanan sırlar ile sırlama işlemine geçmeden önce dikkati gerektiren bir takım noktalar vardır. Yukardaki koşullar yerine getirilerek, istenen özellikler sağlansa da ham sırların (özellikle bu çalışmada kullanılan sırlama yöntemi olan daldırma yöntemi ile) sırlamada kullanılabilmeleri için bazı fiziksel özellikleri de taşımaları gerekir.

- a- Çökme hızı düşük, süspansiyonda kalma süresi uzun olmalıdır.
- b- Kuruma küçülmesi düşük, olmalıdır. (Sır kururken mamulün üzerinde tutunamayıp pişmeden önce düşer).
- c- Plastikliği çok az ya da çok fazla olmayıp optimum noktada tutulabilmelidir (Biküviye suyunu bırakmaz).
- d- Uzun süre beklemede fiziksel özellikleri az değişmelidir. (Hiç değişmemesi mümkün değildir)(25).

2.12.1- Sırlama Yöntemleri

2.12.1.1- Püskürtme yöntemi

Daldırma ile sırlamanın olanaksız olduğu durumlarda, örneğin çok büyük parçaların, et kalınlığı ince olan veya ilk pişirimi yapılmamış parçaların sırlanmasında, püskürtme ile sırlama yöntemi uygulanır.

Sır, sırlanacak parça üzerine, pistole adı da verilebilen özel püskürtme tabancaları ile atılır.

2.12.1.2- Daldırma yöntemi :

Bisküi pişirimi yapılmış ince parçalar ile, kalın olması koşulu ile ham parçalar da daldırma yöntemi ile sırlanabilir.

Parçanın daldırıldığı sır içinde tutulma süresinin, parçanın ince veya kalın sırlanmasında büyük rolü vardır. Daldırma sırasında parçanın elle veya herhangi bir yardımcı malzeme ile tutulması sonucu, sır almayan yerlerin, bir rötüş fırçası yardımı ile sırlarının tamamlanması gerekir.

Ülkemizde üretilmeyen büyük kesit ve boyutlarda olan pekişmiş çiniden yapılan kanalizasyon boruları ve buna benzeyen ürünler büyük sır havuzlarında özel sistemler ile ham olarak daldırma yöntemi ile sırlanırlar. Bu çalışmada bu yöntem ile sırlama işlemi yapıldı.

2.12.1.3-Akıtma yöntemi :

Bu yöntemde, sırnın sürekli olarak beslenen bir haznenin alt kesit açıklığından, sürekli bir film oluşturacak şekilde akması sağlanır. Yürüyen bir bant üzerine yerleştirilmiş olan ve

bu sır perdesinin altından geçen parçaların sürekli olarak sırlanması sağlanır.

Bu yöntem seramik endüstrisinde en çok yer ve duvar kaplama plâkalarının sırlanmasında kullanılır. Yüksek verimli bir sırlama yöntemidir.

2.12.1.4- Tozlama yöntemi :

Daha çok emaye endüstrisinde uygulanan bu yöntem, bazı zorunlu durumlarda seramik parçaların sırlanmasında da uygulanır.

Reçetesinde suda çözünen maddeler bulunan bir sır, sırcalaştırma işlemine başvurulmaksızın, kuru olarak hazırlanır ve sırlanacak olan parçanın üzerine, her tarafta eşit bir kalınlık oluşturacak şekilde serpilir. Sırlanacak parçaların eğimli yüzeylerinde de başarılı bir sonuç almak için, parçanın üzeri ince bir tabaka şeklinde organik bir yapıştırıcı ile kaplanır ve tozlanarak sırlama ondan sonra yapılır.

2.12.1.5- Fırça ile sırlama yöntemi :

Çoğunlukla artistik amaçlarla büyük veya küçük her türlü parça fırça ile sırlanabilir.

2.12.1.6- Tuzlama yöntemi :

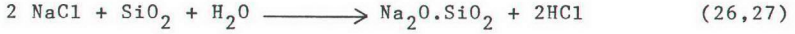
Ancak pekmiş çini ürünlerine uygulanan bu tür sırlama, uygulamadaki özgünlüğün nedeni ile, diğer sırlama yöntemlerinden her yönü ile ayırılır.

Sırlamanın esasını, fırın içinde oluşan tuz buharı oluşturur.

NaCl kimyasal adı ile bilinen tuz, fırın içine malların zinterleşme sıcaklığına ulaşmaya başlaması sırasında atılır. Fırın sıcaklığı ile buharlaşan tuz, fırının baca sürgüsünün kapatılması sonucu, fırın atmosferinde bulunan yanma gazları ile birleşir ve ince bir tabaka şeklinde fırındaki tüm malların yüzeyini kaplar.

Fırına atılan tuz, ilk önce fırın atmosferindeki su buharı ile birleşerek NaOH ve HCl e dönüşür. Bu oluşan NaOH de çamurda

SiO₂ ve Al₂O₃ ile birleşerek, çok ince bir cam olan "tuz sırası"nı oluşturur. Bu reaksiyonun şu şekilde geliştiği varsayılabilir:



2.13- SIRLARIN RENKLENDİRİLMELERİ (28,29)

Sırların renklendirilmelerinde genellikle renk veren oksitler veya onların özel şekilde hazırlanmış boyalarından yararlanılır. Bir sıranın renklendirilmesinde etkili olan çeşitli faktörler vardır, bunların en önemlileri şunlardır:

- 1- Renklendirici maddenin türü ve kullanma oranı,
- 2- Renklendirilecek olan sıranın bileşimi,
- 3- Renklendirilmiş olan sıranın piştiği fırının atmosferi,
- 4- Renklendirilmiş olan sıranın pişme sıcaklığı,

Bu faktörlerden biri bile değişmezliğini yitirirse sıranın renklendirilmesinde öngörülen renk etkisi elde edilemez.

Örtücülük veren oksitlerde dahil olmak üzere, tüm renk veren oksit ve boyaların katkı oranlarına göre sırların bazı özelliklerini değiştirdiklerini de bilmek gerekir. Örneğin, sıranın erime sıcaklığının düşmesi veya sıranın genleşme katsayısının büyüyecek sır çatlağının ortaya çıkması gibi.

Renklendirilecek normal saydam bir sıranın yumuşak bir sır olması, renklendirme de büyük avantaj sağlar. Bunun nedeni, renk veren oksitlerin yumuşak sır ortamlarında daha iyi çözünüp dağılmalarıdır.

Daha az akışkan sırlar, renk veren oksitler için iyi bir çözücü ortama sahip değildirler. Bu tür sırlarda iyi bir renklendirmeyi sağlamak amacı ile, renk veren maddelerin oksitleri yerine diğer bazı bileşiklerinin kullanılması yararlıdır. Örneğin, MnO₂ yerine mangan karbonat veya manganlı bir sırçanın kullanılması gibi.

Renk verici maddenin sır içinde iyi bir dağılım göstermesi gerekir. Bunu sağlamak amacı ile, sır ile renk veren maddelerin iyi bir şekilde öğütülmesi sağlanmalıdır. Genellikle seramik boyaları sırlarda dağılarak, renk veren oksitler ise çözünerek renk verirler. (Krom oksit ve kalay oksit sırda dağılarak renk verirler.)

2.13.1- Sırların Renklendirilmesinde Kullanılan Oksitler

2.13.1.1- Bakır oksit (CuO , Cu_2O)

Erime noktası : 1148°C (CuO), 1230°C (Cu_2O)

Formül ağırlığı : (CuO) 80, (Cu_2O) 144

Renk : Siyah (CuO), Kırmızı (Cu_2O)

Zengin bir renk paletine sahip olan bakır oksit, borlu ve alkali sırlarda gittikçe maviye kayan bir renk verir. Saf alkali silikatların bakır oksit ile verdiği koyu mavi renk kaolin ilavesiyle yeşile kayan bir renk alar. B_2O_3 veya ZnO ilavesiyle de aynı sonuç alınır.

Turkuaz renk, bakır oksit yardımıyla, borlu kalaylı sırlarda da elde edilebilir.

Redüksiyonlu atmosferde geniş bir sıcaklık intervalinde çok az bakır oksitle renk ve görünüşü pişirme sonucu değişen kırmızı bir renk verir. Çin kırmızısı denilen bu sırlar çok zor üretilir. Bu rengin oluşumunda çok az çinko oksit ve demir oksit kullanılması faydalıdır.

Bakır oksit, titan oksitle kullanıldığında mavi, mavi-yeşil mavi-gri renkler verir. Sırın içinde diğer bazik maddeler bilhassa alkaliler kullanılırsa renk mavimsi yeşile doğru kayar. Saf alkali sırlarda ise renk mavi olur.

Lityum bulunan sırlarda Cu-bileşikleri mavinin tonlarını verir.

Bakır bileşikleri, sırın akıcılığına göre % 10-30 arası ilave edildiğinde siyah, madeni sırlar elde edilir. Bu tip sırlar fırınlamadan sonra çok hassas olurlar. Sıcak veya nemli parmakla dokunulduğunda lekeler kalır. (Denemelerde CuO kullanıldı.)

2.13.1.2- Krom oksit (Cr_2O_3)

Erime Noktası	: 2140°C
Formül Ağırlığı	: 152
Renk	: Yeşil

Normal koşullarda, sırları yüksek sıcaklıklarda bile yeşile boyar. Çinko bileşiklerinin kromlu sırlarda artan oranlarda yer almaları ile birlikte, yeşil renk giderek bozulur ve kirli gri-kahverengiye dönüşür.

Alkalili sırlarda da krom ile yeşil renk elde edilir. Borlu-alkalili sırlarda ise, krom oksit ile benekli yeşil renkler oluşturulabilir.

Krom bileşikleri ile renklendirilmiş sırların fırın içinde buharlaşması sonucu, diğer sırlar bundan etkilenirler. Kirli yeşil lekeler sık sık görülmekle birlikte, bu buharlaşmadan en belirgin şekilde etkilenen, kalay ve titan içeren sırlar olur ve bu sırlar yer yer pembe lekeler gösterirler. Bu olay çok bilinen adı ile "pink oluşumu" dur.

Cr_2O_3 diğer amfoter oksitlerden olan Al_2O_3 gibi, sırların erime sıcaklıklarını yükseltir. Bu nedenle sırlarda Cr_2O_3 ile renklendirilme yapıldığında, Al_2O_3 oranını da düşürmek yararlıdır.

Doğal bir bileşik olan kromit ($Cr_2O_3.FeO$) seramik endüstrisinde en çok astar ve çamurların boyanmasında kullanılır. Gri-siyah renk tonlarının elde edildiği kromit ile sırların boyanması sonucu kirli gri-yeşil renkler elde edilir (Denemelerde kullanıldı.)

2.13.1.3- Nikel oksit (NiO, Ni_2O_3)

Sırlara nikel oksit veya nikel karbonat şekillerinde katılır. Mat sırlara $NiCO_3$ katkısı, kolay çözünübilirliği açısından

daha avantajlıdır. NiO gri-yeşil, Ni₂O₃ siyah, NiCO₃ açık yeşil renklidir.

Nikel bileşikleri ile renklendirilmiş olan sırlarda diğer renk veren oksitlerin katkısı ile değişik renk paletlerine erişilir.

Ni bileşikleri ile renklendirilmiş bir sırda, Bakır bileşikleri katkısı ile alacalı mavi-yeşil Krom bileşikleri katkısı ile sarı-yeşil, sarı Mangan bileşikleri katkısı ile kahverengi-mor SnO₂ ve bakır bileşikleri katkısı ile turkuaz renkleri elde edilir.

Ni bileşikleri ile renklendirilmiş ve BaO içeren bir sırda BaO yerini SrO ile değiştirirse, renk maviden kahverengi-mora kadar gider ve kristal görünümler ortaya çıkar.

Tüm bu renk tonlarına 1040°C altında erişmek için, güç eriyen bu sırlara artan oranlarda sırçalı eriticilerin katkıları yapılır. Örneğin, % 10-15-20 kurşun-alkali-bor, alkali-bor... sırçalar katılabilir.

Büyük bir yüzey gerilimine sahip olan nikel, fazla katkılarındada sırda da aynı olaya neden olur ve sır toplanma gösterir. Özellikle sırda bulunan ZnO in varlığı da bu olayı hızlandırır.

Çinkoca zengin nikelli sırlar çok düşük genleşme katsayıları nedeni ile alttaki çamur ile bağdaşmayabilir. (Kavlama olayı) Bu durumda da alınacak önlemlerin başında, sıra belli oranlarda (% 10-20) feldspat katkısı gelebilir.

2.13.1.4- Demir oksit (FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄)

Erime noktası	: 1377°C (FeO), 1565°C(Fe ₂ O ₃),1527°C(Fe ₃ O ₄)
Formül ağırlığı	: (FeO):72,(Fe ₂ O ₃):160,(Fe ₃ O ₄):232
Renk	: (FeO)siyah, (Fe ₂ O ₃)Kırmızı,(Fe ₃ O ₄)siyah.

Genel olarak sırlarda oksitleyici pişirimlerde, demir oksit ile, katkı oranlarına göre, (% 2-4) sarı, kahverengi, kızıl kahverengi, şarap kırmızısı(çok düşük sıcaklık) renkler elde edilir. İndirgeyici atmosferde ise, gri-mavi ve koyu gri renk tonları elde edilir.

Demir oksit ile doyurulan bir sırda, bakır ve mangan oksitler ile doyurulan sırlarda ortaya çıkan metalik görünümün yerini, pürüzlü mat bir yüzey görünümü alır.

Sırdaki Al_2O_3 in artması ile orantılı olarak, demirin verdiği sarı tonlar kahverengiye, SrO , CaO ve BaO katkıları ile de sarımsı kahverengiye dönüşür.

Beyaz örtücü, yarı mat ve mat sırlarda demir oksit katkıları açık kahverengi, bej, deve tüyü rengi ve kahverengiye oluşturur.

Titan oksitli sarı mat sırlar elde etmek için sarı rengin meydana gelmesini kolaylaştıran demir oksitten az bir miktar koymak yeterlidir. Antimon sarısı sırlarda demir oksit katkısı rengi kırmızıya çevirir.

Demir bileşikleri ile renklendirilmiş sırlarda TiO_2 katkısı ile koyu kahverengi, SnO_2 katkısı ile de kızıl kahverengi tonlar elde edilir.

Çinko-baryum matı sırlarda, özellikle redüksiyonlu pişirimlerde, yaklaşık % 0,5-1,0 Fe_2O_3 katkısı ve sırda eser denecek kadar az NiO bulunması ile, seladon yeşili adı ile tanınan renk elde edilir.

Aventurin türü kristal sırlar, demir ile elde edilebilen ve en çok tanınan bir artistik sır türüdür. Aventurin sırlar elde edebilmek için, bol alkalili ve kvartzlı sırların demir oksit ile doyurulması ve bu arada sırdan Al_2O_3 in büyük ölçüde uzaklaştırılması gerekir.

Aşırı Fe_2O_3 ilavesi yapılan uygun sır bileşimlerinde ki avantürin sırlar, koyu kırmızı renkte olup bu sırlarda Fe_2O_3 oranı azaltılırsa sır sarı renk olur.

Aventurin sırlarda oluşan kırmızı-bakır rengi kristaller, diğer artistik sırlarda oluşan kristallerin aksine, sır yüzeyinde değil, sırnın içine gömülmüş bir görünümde dirler. (Denemelerde Fe_2O_3 kullanıldı).

2.13.1.5- Mangan dioksit (MnO_2)

Erime noktası : $530^{\circ}C$
Formül ağırlığı : 87
Renk : Gri-siyah

MnO_2 , $MnCO_3$, $Mn_2O_3 \cdot H_2O$, Mn_3O_4 olarak bulunur.

Seramik sırlarında ve boya larının yapımında, kahverengi, mor ve siyah renklerin elde edilmesinde en çok mangan bileşik leri kullanılır.

Sırnın bileşimine göre, mangan bileşik leri ile şu renk ler elde edilebilir:

Borlu sırlarda % 2-5 katkı ile kahverengi-mor, alkali sırlarda ise saf mor renklerinin tonları elde edilir. Sırd a alkali oranın artması ile elde edilen mor renk, giderek daha kuvvetli ve belirgin bir görünüm alır.

Kalaylı örtücü sırlarda çok az Mn bileşik leri katkısı ile, mora dönüşen renk ler elde edilir.

Tüm örtücü ve mat sırlarda, katkı oranlarına göre mangan ile açık bejden kahverengiye kadar renk ler oluşur. Sırların mangan ile doyurulması sonucunda ise, metalik parlak yüzey oluşur.

Mangan bileşik leri ile renklendirilmiş sırlara yapılan TiO_2 katkısı ile renk griye, BPO_4 katkısı ile de renk mora dönüşür. Sırd a Al_2O_3 arttıkça, renk giderek kahverenginin tonlarını gösterir. (Denemelerde kullanıldı.)

2.13.1.6- Kobalt oksit (CoO , Co_2O_3 , Co_3O_4)

Erime noktası : $(CoO) 1935^{\circ}C; (Co_2O_3) bozun. ısı.; (Co_3O_4)$

Formül ağırlığı : (CoO):75,(Co₂O₃):166,(Co₃O₄):241
Renk : (CoO,Co₂O₃,Co₃O₄)siyah,(CoCO₃)
kahverengi,(Co₃(PO₄)₂)açık mor.

Seramik sırlarında normal koşullarda açık maviden laciverte kadar tüm renk tonlarını oluşturur. Ancak CoO diğer renk veren oksitlerin hepsinden daha sert olduğundan, çok iyi öğütülmezse sırda çözünmesi güçleşir. CoO yerine CoCO₃ kullanılması ile sırda çözünme daha kolay olur.

Kobaltın arsenat ve fosfat bileşikleri ile sırlarda MgO in de varlığı ile, mavi-mordan koyu mora dek değişebilen renk tonları elde edilir.

Titan ile belli ölçülerde matlaştırılmış sırlar, kobalt ile renklendirildiklerinde, gri-maviden yeşile kadar değişik renkler ortaya çıkar.

Kobalt oksit oranı % 3'e kadar olduğunda TiO₂ içeren sırlarda renk gri mavi olur.

Co₃(PO₄)₂ kullanıldığında mora kaçan renkler ortaya çıkar.

Kobalt oksit sır çatlamasını engeller veya azaltır. Parlaklık vererek sırların güzelliğini artırır.

Hamurlar ve angoplar genellikle kobalt bileşikleri ile açıktan koyu maviye kadar renklendirilirler.

Kobalt boyları genelde kobalt bileşikleri, kil ve çinko oksit ile karıştırılıp kızdırılmasıyla elde edilir.

Sır cinsi farketmeksizin açıktan koyu maviye kadar renk tonları görülebilir. Parlak ve güzel mavi renk, fazla ZnO içeren sırlarda elde edilir.

Kadmiyum sarısı sırlara % 0,5 kadar CoO katkısı, rengin sarıdan parlak yeşile dönüşmesini sağlar.

Normal saydam bir sırn siyaha boyanmasında, başta kobalt oksit olmak üzere demir, krom ve mangan oksitlerin belirli oranlarda birlikte kullanılmalarından yararlanır.

CoO kristal sırlarda iyi bir kristal oluşturucu olarak da kullanılır.

Kobaltın oksitlerinin çeşitli değerliliklerinin sır içinde uğradığı değer değişikliklerinin neden olduğu oksijen çıkışı, sır yüzeyinde öğne deliklerine yol açabilir (Denemelerde Co_2O_3 kullanıldı).

2.13.1.7- Kalay dioksit (SnO_2)

Erime Noktası	: 1127°C
Formül Ağırlığı	: 151
Renk	: Beyaz

Doğada bulunanı kassiterit olarak adlandırılır. Örtücü sırların hazırlanmasında en çok kullanılan saydamsızlaştırıcı madde SnO_2 olup, sırlara yumuşak, beyaz bir renk verir.

Bütün pişirim sıcaklıklarında beyaz sırlar elde edilir. Pahalı oluşu nedeniyle yerini $ZrSiO_4$ 'e bırakmaktadır. Cr-Ni tellerle ısıtılan fırınlarda kırmızı lekeler oluşturabilir. Zehirlilik yönünden zararsızdır.

SnO_2 'nin opaklaştırıcı etkisi, titan oksitteki kristalizasyonun tersine, SnO_2 parçacıklarının sır erimesinde çözünmeden kalmasındandır. Çoğu sırların SnO_2 'yi çözme yeteneği az olup, yaklaşık % 1 civarındadır. Opaklaştırma gücü sır bileşimi kadar tane iriliğine de bağlıdır.

- SnO_2 sırların elastikiyetini arttırır.
- Kılcal çatlamayı engeller.
- Saydam bir sıra % 9-12 SnO_2 ilavesiyle beyaz sırlar elde edilir.
- Saydam bir sıra % 5 TiO_2 katkısıyla mat bir sır elde edilir.
- Sırların darbeye ve kimyasal olaylara dayanımını arttırır.
- SnO_2 , renk taşıyıcı olarak örtücü fayans sırlarında, mat sırlarda ve boyayıcı maddeler üzerinde önemli rol oynar.
- SiC fırın plakaları kullanılırsa ve çok sık yerleştirilirse SnO_2 saf beyaz renk yerine, gri-mavi bir ton verir. Bu olay hamurda az miktar demir olursa daha da güçlenir.(Bu çalışma-

2.13.1.8- Zirkon dioksit (ZrO_2)

Erime Noktası	: 2680°C
Formül Ağırlığı	: 123.22

Fiyatının düşük olması nedeniyle SnO_2 'nin yerini almıştır. Fakat SnO_2 'den daha yüksek oranlarda kullanılır. Örtücü tesirini arttırmak için 5 mikronun altında öğütmek gerekir.

Olumsuz yanları ise zor erime yeteneği, yumurta kabuğu görünümü oluşturmalarıdır. ZrO_2 , fritlenirse bu durum kaldırılabilir.

Beyaz ZrO_2 'li sırlarda Al_2O_3 'in arttırılmasıyla iğne başlarına engel olunabilir.

ZrO_2 'in çözünmesinde SiO_2 oranının arttırılmasıyla engel olunabilir. CaO ve ZnO 'de aynı yönde etki eder.

ZrO_2 camlarda kolayca silikatlar ve alkali zirkon silikatları oluşturmaktadır.

- CuO , zirkonlu sırlarda mavimsi renk verir.
- ZrO_2 , % 4-5 kullanıldığında opaklaşma başlar.
- ZrO_2 % 10-15 kullanıldığında fazla opaklaşma olur.

2.13.1.9- Antimon oksit (Sb_2O_3 , Sb_2O_5)

Erime noktası	: (Sb_2O_3):656°C, (Sb_2O_5):Bozun.300.
Formül ağırlığı	: (Sb_2O_3):292, (Sb_2O_5):324
Renk	: (Sb_2O_3) beyaz; (Sb_2O_5) beyaz-sarı.

Antimon oksit, kurşunsuz sırlarda beyaz örtücülük yapar.

Antimonlu sırlar Li_2O ile limon sarısı, CaO ile kahverengi, SrO in % 5-10 katkıları ile de yeşil benekli renklere dönüşürler.

SiO_2 ve Al_2O_3 oranlarının artması, sarı rengin sıcaklık karşısındaki dayanıklılığını arttırır.

Beş değerli antimon oksit zehirli olup, buna karşın üç değerli olanı tamamen zehirsizdir.

Bol alkalili ve bünyesinde hiç kurşun bulunmayan sırlarda Sb_2O_3 ile beyaz örtücülük sağlanabilir. (Denemelerde Sb_2O_3 kullanıldı).

2.13.1.10- Titan dioksit (TiO_2)

Demir içermeyen saf titan oksit ile kurşunsuz sırlarda beyaz renk elde edilir.

Seramik sırlarında, titanın en belirgin özelliği olan matlaştırıcı ve kristal oluşturuvcu özelliklerinden yararlanılarak artistik sırlar elde edilir.

Çeşitli oksitler ile renklendirilmiş sırlara TiO_2 katkısı ile farklı renk değişiklikleri ortaya çıkar.

Kobaltlı sırlarda, gri-maviden yeşile kadar değişen renkler, bakırlı sırlarda sarıdan maviye kadar değişen renkler, kromlu sırlarda kirli gri renkler oluşur.

Titan katkısı ile matlaştırılmış sırlar, demir içeren kırmızı renkli çamur üzerine sürüldüklerinde, sır daha çok kenarlarda ve ince bölgelerde olmak üzere, kahverengi tonlarına dönüşür.

Saydam bir sırnın titan ile matlaştırılması istenirse TiO_2 katkısının % 6-15 arasında bulunması gerekir.

2.13.1.11 - Molibden oksit (MoO_2 , MoO_3)

Çok az katkıları ile sırda erime noktasını düşürücü özellik gösteren molibden bileşikleri, tek başlarına oksitleyici pişirilerde sırlara renk vermezler.

Kurşunsuz sırlarda molibden ile çok az örtücülük ve kristal oluşumunu sağlar.

Molibden bileşikleri bakır yeşilini ve kobalt mavisini açık tonlara dönüştürür, buna karşın demirin sırda verdiği rengi daha da koyulaştırır.

Mangan ve kromun verdiği renkler de molibden tarafından açılır.

Molibden ile yıldız şeklinde ve renk veren oksidin rengini alan kristallere sahip artistik sırlar elde edilebilir. Kristal oluşumunun hızlanması için, bol çinkolu ve SiO_2 li, düşük Al_2O_3 li sırlar kullanılmalıdır.

2.13.1.12- Uran oksit (UO_2 , UO_3)

Son derece pahalı olmasına karşın, verdiği renk özellikleri nedeni ile sık kullanılan bir oksittir.

Borlu sırlara yapılan uran bileşikleri katkıları ile sarı renk elde edilebilir. Sırdaki bor oranı sarı rengin tonlarını etkiler. Oluşan sarı rengin zeytin yeşili renge dönüşmesini sağlamak için, sıra ZnO katkısı gerekir.

Tüm bu renkler oksitleyici ve nötr atmosferlerde başarılı sonuçlar verir. Redükleyici pişirimlerde, uran bileşikleri ile genellikle siyah renk elde edilir.

Uran bileşiklerinin tümü zehirlidir, kullanmada bu özellik göz önüne alınmalıdır. Aynı zamanda uranın yaydığı radyasyon da belli ölçülerin üzerine çıktığı zaman, sağlığa zararlı duruma gelir.

2.13.1.13- Arsenik oksit (As_2O_3 , As_2O_5)

Seramik ve emaye sırlarında, örtücülük özelliği nedeni ile az da olsa kullanma alanı bulur. Normal bir örtücülük sağlamak için yaklaşık % 10-12 arsenik oksit katkısına gerektirir.

Kobalt ile oluşturulan silikatlarda arsenatların katkısı ile mor renk elde edilir.

Kuarsca zengin, alkalili ve borlu sırlarda, arsenik ile ipek matı görünümünde beyaz sırlar elde etmek olanağı vardır. Kalın sırlanmasına karşın, akma ve sır çatlaklığı göstermeyen arsenikli sırlar, özellikle İtalya'da duvar plakalarının üretiminde kullanılır.

Zehirli oluşu nedeni ile, çoğu ülkede arsenik bileşikli sırlar ile çalışmak yasaktır.

2.13.1.14- Berilyum oksit (BeO)

Genel olarak matlaştırıcı etkiye sahip olan berilyum, sırlarda normal koşullarda renk verici özelliğe sahip değildir. Ancak berilyum katkılı sırlar redüksiyonlu pişirimlerde koyu maviden açık mora kadar değişen renkler verirler.

Berilyumun kristal sırlara katkısından kristal oluşumunu hızlandırması açısından yararlı sonuçlar alınır.

2.13.1.15- Vanadin oksit (V_2O_3 , V_2O_5)

Kurşunsuz sırlara az oranlarda (yaklaşık % 5) yapılan V_2O_5 katkısı, sırda yeşil-beyaz örtücülük yapar. Katkı oranı arttıkça renk gri-yeşilden kahverengiye kadar değişen tonlar gösterir ve sır yüzeyinde kristaller oluşur.

Vanadin çoğu zaman sırda, aynı borda olduğu gibi bir tül oluşturur. Katkı oranı çok arttığı zamanlar, sır toplanmaları ortaya çıkar.

Kobaltın verdiği mavi renk vanadin ile yeşile, demir kahverengisi ve nikel yeşili de kıvıll kahverengiye dönüştürülebilir.

2.13.1.16- Ser dioksit (CeO_2)

Döküm demirine uygulanan emaye sırlarının örtücü yapılmasında kullanılan ser oksit, seramikte yaygın bir kullanma alanına sahip değildir.

En çok 1000°C ye kadar CeO_2 ile seramik sırlarında örtücülük sağlanabilir. Örtücülüğün artmasında sırda yüksek oranda bulunması gereken ZnO ve CaO ile SiO_2 , Al_2O_3 in de rolü büyüktür.

Diğer bir örtücü oksit olan ZrO_2 ile CeO_2 in birlikte kullanılması, örtücülük oranını arttırdığı gibi, aynı zamanda sır çatlaklılığını da giderici etki yapar.

2.13.1.17- Wolfram trioksit (WO_3)

Alkalice zengin borlu sırlarda yüksek oranda (% 15-20) WO_3 katkısı ile beyaz örtücülük elde edilir, ancak sır giderek parlaklığını da kaybeder.

Bakır yeşili sırlar WO_3 katkısı ile gri-yeşile, kobalt mavimsi mora, mangan kahverengisi daha koyuya, krom yeşili ise pastel yeşile dönüşür.

2.13.1.18- Bizmut oksit (Bi_2O_3)

Kurşun gibi, sırda eritici özelliğe sahip olan bizmut oksit, sırları oksitleyici atmosferde altın sarısı, redükleyici atmosferde ise koyu kahverengi ve mavi-siyah renklere boyar. Kalay ile örtücü yapılan sırlara, bizmut oksidin de katkısı ile fildişi tonunda renkler oluşur.

Genellikle tüm tanınan renk veren oksitlerin renkleri, bizmut katkısı ile pek değişikliğe uğramazlar.

Bizmut, bizmut nitrat formu ile çoğu lüster sırnın ana yapısını oluşturur. Diğer bir çok dekor boyası ve altın yıldız bileşiklerinde de eritici olarak yer alır.

2.13.1.19- Fosfatlar

Seramik sırları alanında yalnızca iki fosfat bileşiği kullanılır. Bunlar kalsiyum fosfat ($CaO_3(PO_4)_2$) ve bor fosfattır (BPO_4).

Düşük oranlarda sırlara katılan fosfat bileşiklerinin eritici özellik göstermelerine karşın, katkı oranı % 5'i aştıktan sonra giderek sırda matlık oluştururlar.

Bakır yeşili sırlar özellikle BPO_4 katkısı ile renklerini maviye dönüştürürler. Kurşunsuz bir sırda artan BPO_4 oranları ile nikel oksidin gri-yeşil, sarı-kahverengi ve açık sarı tonları elde edilir. Bu sırda borun da yeralması ile birlikte, oldukça büyük oranlarda BPO_4 (% 10-20) ile gene kahverengi ve kahverengi-sarı tonları elde edilir. Manganlı sırlarda BPO_4 katkısı arttıkça mor rengin de arttığı görülür. Kromlu sırlarda ise büyük renk değişikliklerine rastlanmaz, ancak renk daha parlak olur.

2.13.2.20- Selen bileşikleri (Se)

Seramik sırlarında kullanılması, selen kırmızısı sırların bulunması ile başlamıştır. Element şeklindeki selenden başka, selenin şu bileşikleri sırlarda kullanılır: Sodyum selenit (Na_2SeO_3), baryum selenit ($BaSeO_3$), çinko selenit ($ZnSeO_3$), kadmiyum selenit ve selen sülfid.

Normal saydam bir sıra selen bileşikleri katıldığı zaman, sırnın ve selen bileşiğinin türüne göre, örtücü gri beyaz renk oluşur. Aynı zamanda, diğer renk verici oksitler ile renklendirilmiş olan sırlar da renklerini değiştirirler. Örneğin, bakır yeşili ve mavisi ile demir kahverengisi siyaha dönüşür. Aynı şekilde kobalt ve kromun verdiği renkler de siyaha dönüşürler.

Selen kırmızısı sırlara yapılan çeşitli oksit katkılarının çoğu, rengin değişmesine neden olur. Örneğin çinko, titan, kurşun bileşikleri kırmızı rengi bozar. Ancak kaolin katkısı, yalnızca sır yüzüyenı matlaştırır, Kırmızı rengi bozmaz. Feldspat katkıları da, özellikle ortoklas katkısı da rengi bozmaz, fakat matlık oluşturur.

2.13.2.21- Neodyum ve Praseodyum oksit (Nd_2O_3 ve P_2O_3)

Bu iki oksit de direkt olarak seramik sırlarının renklendirilmesinde hemen hemen hiç kullanılamazlar. Ancak yüksek sıcaklığa dayanıklı, özellikle sarı seramik boyalarının yapımında çokca kullanılırlar.

Neodyum sırlarda tek başına mor-gri renkleri oluşturur. Özellikle neodyum fosfat katkısı ile, sırlarda sıcaklık koşullarına dayanıklı, açık mor renkler elde edilir. Praseodyum, özellikle zirkonlu sırlarda yeşil tonları oluşturur. Selen kırmızısı sırlara yapılan katkıları ile pemmeden şarap kırmızısına kadar değişen renkler elde edilir.

2.13.2.22- Erbiyum Oksit (Er_2O_3)

Çok kullanılmayan bir oksittir. Saydam sırlara katkısı ile pembenin tonları elde edilir.

2.14- SERAMİK SIRLARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ:

Sırlı seramik ürünlerin oluşum aşamasındaki son sözü söyleyen sır, çeşitli yetenekleri ile ürünün başarısını ve çeşitli özelliklerini etkiler. Bu özellikler başlangıçta genel olarak üç grup altında toplanırlar.

a) Sırın ham özellikleri: Bu özelliklerden daha çok, sırın kullanılmaya hazır sıvı durumunda iken gösterebileceği özellikler anlaşılır. Örneğin sırın ince veya kalın atılması, sırlama yöntemi, sırın çökmesi, özgül ağırlığı, tane iriliği gibi.

b) Erimе Özellikleri: Sırın pişme sırasında termokimyasal reaksiyonlar ile ortaya çıkan özellikleridir. Örneğin, kabarcık oluşumu, toplanma, gaz çıkışı, akma vb. gibi.

c) Pişmiş sır özellikleri: Sırın uygulama alanına uygunluğu için gerekli özellikler. Örneğin sertlik, kimyasal etkilere direnç, yoğunluk gibi.

Sırların bu genel özelliklerinin birinin, birkaçının veya tamamen başka etkenlerin etkisi ile gösterdiği önemli çeşitli özellikleri vardır. Bunların başında sırın viskozitesi gelir. Sonra sırası ile yüzey gerilim, genleşme, sertlik, elektrik özellikler, kimyasal direnç ve sırın renk özellikleri aranabilir.

2.14.1- Viskozite

Seramik sırlarında kesin bir erime noktası tanımlamak ve saptamak güçtür. Bunun nedeni sırın eriyip tam akışkan duruma gelinceye dek uzun süren bir " az akışkan " veya " katı akışkan " aşaması içinde uzun süre oyalanmasıdır. Bu katı akışkanlık, sırı oluşturan maddelerin iç sürtünme güçleri ile açıklanmakta olup, sırın eriyebilirliğini direkt olarak etkiler.

Bir seramik parça kalın olarak sırlanır ve dik olarak pişirilirse sırın katı akışkanlık aşamasını etkileyen güçlerin bü-

yüklüğü ve küçüklüğü ile orantılı olarak sır az veya çok akar.

İç sürtünme güçlerinin büyük olması, iç hareketliliği etkiler ve onun azalmasına neden olur. Bu durum sıran alışkanlığının az, viskozitesinin yüksek oluşu ile tanımlanır.

Sırın kimyasal yapısı hiç değiştirilmeksizin pişme sıcaklığı arttırılırsa, iç sürtünme güçleri küçülür. Bu da iç hareketliliğin artması demektir. Bu durum da sıran alışkanlığının çok, viskozitesinin düşük oluşu ile tanımlanır.

Sırların viskozitelerini etkileyen diğer önemli bir etken de sıran kimyasal bileşimi ve bu bileşimde yer alan bazı oksitlerdir.

Buna göre bazı viskozite örnekleri :

Su 0°C'de	: 0.018	Poise
Su 20°C'de	: 0.01	Poise
Gliserin 20°C'de	: 200	Poise
Erimiş cam	: 1000-5000	Poise
Akma noktasındaki sır	: 500-5000	Poise
Transformasyon noktasındaki sır	: 10^{13}	Poise

(30)

2.14.2- Yüzey Gerilimi:

Sırların pişme sırasında akışkanlığa ulaşmasında viskozitele-
rinin yanı sıra yüzey gerilimlerinin de büyük rolü vardır. Bir
sıvı veya eriyik ne kadar büyük bir yüzey gerilimine sahip ise,
o kadar çok da kendisini toplamaya, diğer bir anlatım ile, kü-
re şekline getirmeye gayret gösterir.

Seramik sırlarında yüzey geriliminin çok yönlü bir önemi vardır.
Özellikle iki sıran yanyana veya üstüste kullanılmalarında fark-
lı veya eşit yüzey gerilimi özelliklerinden artistik amaçlar

ile yararlanılır.

Yanyana sürülmüş iki sır eridikleri zaman, aralarında oluşan kesin bir çizgi şeklindeki bir sınır ile birbirlerinden ayrılırlarsa, bu iki sınırın eşit yüzey gerilimine sahip olduklarını gösterir.

Yüzey gerilimi büyük bir sır, daha küçük yüzey gerilimli bir sınırın üzerine çekildiğinde, artistik bir görünümde toplanma sır elde edilir. Bu sırların farklı olarak renklendirilmeleriyle daha belirgin ve güzel görünümler ortaya çıkar.

320 - 380 dyn/cm'lik bir yüzey gerilimine sahip bir sır ile, çamur üzerinde adacıklar şeklinde toplanan bir toplanma sır elde edilir. (30)

Büyük yüzey gerilimli sırlar olumlu artistik amaçlarının dışında, çoğu sır hatalarının da kaynağını oluşturur. Örneğin iğne deliği, krater, toplanma gibi.

Redüksiyonlu pişirimler sırların yüzey gerilimlerini arttırıcı rol oynarlar.

Sırların yüzey gerilimlerini hem gözlem ile saptamak, hem de hesaplamak olanakları vardır.

Yüzey gerilimini arttıran oksitler, artan etkilerine göre şöyle sıralanabilirler:

B_2O_3 , ZnO , NiO , V_2O_5 , Al_2O_3 , MgO , SnO_2 , Cr_2O_3

Yüzey gerilimini azaltan oksitler:

CaO , SrO , BaO , SiO_2 , TiO_2 , Na_2O , PbO , K_2O , Li_2O

Dietzel tarafından hazırlanan ve oksitlerin 900°C'deki dyn/cm

olarak yüzey gerilim faktörlerini gösteren şu değerlerden yararlanılarak, sırların yüzey gerilimleri hesaplama yolu ile bulunabilir.

Yüzey gerilim faktörleri (Dyn/cm): (31)

Al ₂ O ₃	: 6,2	MgO	: 6,6
B ₂ O ₃	: 0,8	Na ₂ O	: 1,5
BaO	: 3,7	NiO	: 4,5
CaF ₂	: 3,7	PbO	: 1,2
CoO	: 4,5	SiO ₂	: 3,4
CaO	: 4,8	TiO ₂	: 3,0
Fe ₂ O ₃	: 4,5	V ₂ O ₅	: -6,1
K ₂ O	: 0,1	ZnO	: 4,7
Li ₂ O	: 4,6	ZrO ₂	: 4,1
MnO	: 4,5		

Vanadyum penta oksit eksi değerli yüzey gerilim faktörüne sahip olduğundan, yüzey gerilimini yok edip sırları yayan bir oksittir.

Yüzey geriliminin artan sıcaklık ile azaldığı kabul edildiğine göre, 900°C için geçerli olan bu değerler ile yapılan hesaplamalarda elde edilen değerlerden, her 100°C sıcaklık artışı için 4 birim çıkarılır.

2.14.3- Genleşme

Bir sırnın (veya çamurun) 1°C sıcaklık arttırımı ile gösterdiği genleşme veya küçülme ölçüsü, genleşme katsayısı olarak belirlenir. Bu değer o kadar küçüktür ki, sırlarda sayılar $\times 10^{-7}$ (faktörlerde $\times 10^{-5}$) olarak verilir.

Genel olarak sırlarda ortalama çizgisel sıcaklık genleşme katsayısı hesaplanır ve

$$GK = \frac{\Delta L}{L \cdot t} \left(\frac{\frac{m}{mm} \frac{m}{C}}{mm \cdot C} \right) \text{olarak tanımlanır.}$$

L= Başlangıç uzunluğu (mm)

ΔL = Başlangıç ve son uzunluk arasındaki fark (mm)

t = Son sıcaklık ($^{\circ}C$)

Bir sıranın çatlamaya veya kavlamaya neden olmayacak bir gerilim ile üzerine sürüldüğü çamurda durması, çamur ile sıranın genleşme katsayılarının birbirleri ile uyuşması sonucu mümkündür.

Çamur ve sıranın genleşme katsayılarının az olmak koşulu ile birbirleriyle uyuşmamaları sonucu, her zaman sır hatası ortaya çıkmaz. Bunun nedeni, sıranın belli bir esneklikte olmasıdır ve az da olsa belli bir gergi kuvvetine karşı koyabilme gücüdür.

Fırında pişmekte olan bir sır, az veya çok akışkan durumlarında üzerinde pişmekte olduğu çamurdan gelebilecek her türlü genleşme ve küçülme gerilimlerini karşılayacak durumdadır.

Sır soğumaya başlayıp, transformasyon noktasının altına geldiğinde, en son noktaya kadar soğuyan çamurun genleşme katsayısına da uyum göstermesi gerekir.

Sır soğuma sırasında alttaki çamurdan daha fazla küçülürse, sır çekme gerilimi altında demektir. Sıranın genleşme katsayısının çok büyük olduğu bu durumda sırda sır çatlağı hatası ortaya çıkar.

Sır çekme veya basınç gerilimi altında iken şu hatalar ortaya çıkabilir:

I. Çekme Gerilimi

- Sır çatlaklığı
- Çamurun dışbükey dönmesi

II. Basınç gerilimi

- Sır kavlanması
- Çamurun içbükey dönmesi

Burada bu sır büyük GK'na sahiptir. Bu da, sırn ısınma sırasında büyük bir genişmeye, soğuma sırasında da büyük bir küçülmeye sahip olduğunu gösterir.

Burada sır küçük GK'na sahiptir. Bu da, sırn ısınma sırasında küçük bir genişmeye, soğuma sırasında da gene küçük bir küçülmeye sahip olduğunu gösterir. (30)

Soğuma sırasında genişmenin tersine ebatlar küçülmeye başlar. Bu esnada 3 durum meydana gelir.

1- Sırla büsküvinin genişleme kat sayıları aynıdır. Veya pekaz farklıdır. Bu durumda büsküvi ile sır aynı miktarda küçüleceğinden çatlama ve ayrılma olmaz.

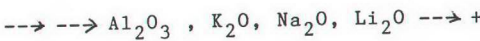
2- Sırn genişleme katsayısı büsküviden farklıdır. Bu durumda sır büsküviyi içbükey olarak bükmeye çalışır. Büsküvi de sırn koparmaya çalışır. Kılcal çatlamlar genellikle bu sebepten olur.

3- Sırn genişleme katsayısı büsküviden küçüktür. Bu durumda sır büsküviyi dışbükey olarak bükerek ve bu büsküviyi koparmaya neden olur. Az sayıda dairesel çatlamlar bu nedenle olur.

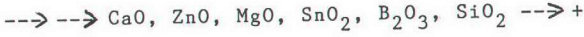
Genellikle sırn kalınlığı büsküviye nazaran çok ince olduğu için sır büsküviyi etkileyemez. Daha ziyade büsküvi sırn etkiler. Sırn kopma mukavemeti (gerilme dayanıklılığı) 300 - 350 kg/cm² olmasına karşın basınca mukavemeti 1000 kg/cm² dir.

Seramik sırlarında kullanılan oksitlerin sırn genişleme katsayısını etkileyici özellikleri vardır.

GK'nı arttıran (sır çatlaklığını arttıran - kavlamayı azaltan) oksitler:



GK'nı düşüren (sır kavlamasını arttıran - çatlağı önleyen) oksitler:



Bir sırın genleşme katsayısının saptanması için iki yoldan yararlanılır:

- GK'nın dilatometre ile ölçülmesi
- GK'nın sırın bileşiminden hesaplanması

Seramik çamurlarında GK ölçümü yalnızca dilatometre aracılığı ile yapılabilir. Çamura sır kadar çok homojen bir bileşim olarak bakamayacağımızdan, çamurun GK'nın bileşiminden hesaplanması olanaksızdır.

Bununla birlikte, sırların GK'larının hesaplama yolu ile saptanması için, sırın saydam bir sır olması gerekir. Sırın içinde erimeyen veya kristalleşen oksitlerin bulunması ile, her bir oksit için bulunmuş olan GK faktörleri de geçerliklerini yitirirler.

Genleşme katsayısının hesaplama yolu ile saptanmasında, her bir oksit için ayrı ayrı bulunmuş olan GK değerlerinden yararlanılır. (31)

Oksitlerin genleşme katsayıları: (x 10⁻⁵)

As ₂ O ₅ : 2,0	CuO : 2,2	NiO : 4.0
Al ₂ O ₃ : 5,0	Fe ₂ O ₃ : 4.0	PbO : 3.0
Al ₂ F ₃ : 4,4	K ₂ O : 8,5	SiO ₂ : 0.8
B ₂ O ₃ : 0,1	Li ₂ O : 16,5	P ₂ O ₅ : 2.0
BaO : 3.0	MgO : 1.0	SnO ₂ : 2.0
CaO : 5.0	Sb ₂ O ₃ : 3.6	

CaF ₂ :	2,5	MnO :	2,2	SrO :	6,2
CoO :	4,4	Na ₂ O :	10,0	TiO ₂ :	4,1
Cr ₂ O ₂ :	5,1	NaF :	7,4	ZnO :	1,8
				ZrO ₂ :	2,1

Bu sırnın Seger formülünden GK'nın hesaplanması için, formülde yer alan oksitlerin mol oranları kendi mol ağırlıkları ile çarpılırlar. Çıkan sonucun % 100 olarak hesaplanmasından sonra, oksitler kendilerine ait GK değerleri ile teker teker çarpılırlar.

2.14.4 Sırın Sertliği

Sırlarda tek bir sertlik kavramından söz etmek güçtür. Sırların çok çeşitli olan sertlikleri, gene çeşitli yöntemler ile kontrol edilebilir.

a) Çizilmeye karşı sertlik : Mohs'un sertlik sınıflamasında yer alan maddeler veya elmas ile araştırılır. Belli bir ağırlık ile çizilen sırlı yüzeyde elmas ucun oluşturduğu izin genişliği ve derinliği, sırnın çizilmeye karşı direnci hakkında bilgi verir.

b) Aşınmaya karşı sertlik : Çeşitli yöntemlerde yer alan maddeler ile, örneğin kum, SiC, korund gibi maddeler ile yapılan aşındırmada, sır yüzeyinde ortaya çıkan madde eksilmesi (ağırlık kaybı) ile araştırılabilen sertliktir.

Sırın aşınmasında sırnın esnekliğinin büyük rolü vardır.

c) Darbeye karşı sertlik : Sırın darbe etkisi ile zedelenmesi veya atması için gerekli olan darbe kuvvetinin kp cinsinden ölçmesi ile bulunur.

Çizilmeye karşı sertliğin en çok gerektiği seramik ürünler şunlar olabilir: Kap-kaçak seramiği, Duvar karoları, teknik seramik vb.

Aşınmaya karşı sertliğin gerektiği ürünlerin arasında ise şunlar yer alabilir. Yer karoları, drenaj boruları, mekanik temizleme maddeleri ile temizlenen gereçler (örneğin sağlık gereçleri) vb.

Sırın çizilmeye karşı gösterdiği direnç, şu oksitler ile sıralarına göre, giderek arttırılabilir:

MgO, CaO, SnO₂, ZnO, Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, B₂O₃

% 12'ye varan B₂O₃ oranına kadar sırın çizilme sertliği arttırılır. Ancak bu oranın aşılması ile sırın çizilmeye karşı gösterdiği sertlik yeniden azalır.

Sırların aşınmaya karşı dirençlerinin saptanması çeşitli yöntemler ile yapılır. Bu yöntemlerin hepsinin amacı sırın yüzeyinin uğradığı kaybın ağırlık olarak saptanmasıdır.

Aşınmaya karşı direncin arttırılmasında rol oynayan oksitler, artan etkilerine göre şöyle sıralanabilirler:

PbO, Al₂O₃, SnO₂, SrO, MgO, CaO, B₂O₃, SiO₂.

Sırlarda aranan sertliklerden darbe sertliği, yalnızca sırın türü, inceliği ve kalınlığı ile bağlantılı olmayıp, alttaki çamurdan da etkilenir. Bu sertliğin gelişmesinde pişme koşulları da büyük rol oynar. Bu özellikler toplu olarak incelendiğinde, sırın darbelere karşı gösterdiği sertliği etkileyen faktörler şöyle sıralanabilirler:

- a) Sırın sertliği
- b) Çamur ile sır arasındaki gerilim
- c) Çamur ile sır arasındaki ara tabaka
- d) Çamurun pekişmişliği ve yoğunluğu
- e) Sırın esnekliği
- f) Sırın kalınlığı
- g) Sırlamanın yöntemi (daldırma, püskürtme...)

Darbe sertliğini arttırıcı oksitlerin tamamı henüz bilinmemekte ise de, ZrO_2 , SnO_2 , PbO , ZnO , B_2O_3 , MnO sıralarına göre sertliği arttırıcı rol oynarlar.

2.14.5 Sırın Elektrik Özellikleri:

Sırlar elektrik akımı ile sık sık bir araya gelirler. Örneğin izolatörler, şalter parçaları, elektrik dirençleri gibi.

Elektrik dirençlerinde uygulanan yöntemde elektrik akımını geçiren direnç teli ile sır arasında yakın ilişki vardır. Metal direnç, porselen, steatit vb. gibi seramik bir malzeme üzerine sarılır. Bunların üzerine de sır çekilerek, düşük sıcaklıkta (yaklaşık $800^{\circ}C$ 'de) pişirilir. Sırın görevi, elektrik direnci olarak kullanılan metali yalıtım ve onu dış etkilere korumaktır.

Bu malzemelerin sırlanmasında genellikle püskürtme yöntemi kullanılır ve dirençler dik olarak pişirilirler. Direncin üzerine çekilen sırın pişerken belli bir viskoziteye sahip olması ve akması gerekir. Sırın aynı zamanda dirence de, onun elektrik-i değerlerini değiştirecek şekilde etki yapmaması da istenir.

Sırlarda izolasyon özelliklerini arttırıcı rol oynayan oksitler şu sıraya göre dizilebilirler:

CaO , BaO , B_2O_3 , PbO , Fe_2O_3 , MgO , ZnO , SiO_2 .

Bu özelliği azaltıcı etkide bulunan oksitler:

Al_2O_3 , K_2O , Na_2O .

Sırların iletkenliği alkalilerin varlığından büyük ölçüde etkilenir. Alkaliler arttıkça sırın da iletkenliği artar. Kurşun oksidin varlığı alkalilerin olumsuz etkisini belirgin olarak azaltır.

Elektrik dirençlerinde kullanılan sırların bileşimlerinde al-kalilerin ya hiç yer almamaları, ya da çok az bulunmaları istenir.

Yarı iletken sırlar: Elektrik iletkenlik yetenekleri, izolatör ile metal arasında yer alır. Örneğin bir yüksek gerilim izolatörünün sıranın yarı iletken olması istenir. Böylelikle izolatör üzerinde gerilimin eşit şekilde dağılması ve atmosfer kirliliğinin de yol açtığı tehlikeli atlamaların önlenmesi sağlanır.

Günümüzde yarı iletken sırlar ile sırlanmış yer karolarının da büyük bir kullanma alanı vardır. Örneğin kimyevi madde üreten fabrikalar, benzin istasyonları, tekstil fabrikaları gibi, elektrostatik yüklerin kaçınılmaz olduğu yerlerde elektriklemleri hatta bazı durumlarda patlamaları önlemek amacı ile, yarı iletken duvar ve yer karoları güvenli bir şekilde kullanılır.

Yarı iletken bir sıranın elde edilmesinde uygulanabilecek en belirgin yöntem, saydam bir sıra % 20 - 40 oranlarında yarı iletken bir oksidin katılması olabilir. Bu oksit sır içinde çözünmeyip, yarı iletkenlik yeteneğinde kristal bir ağ oluşturur.

Sıranın içinde farklı değerli iyonların varlığı ile (örneğin Fe^{3+} ve Fe^{2+} , Ni^{3+} ve Li^{+}) veya sırda sağlanan $BaTiO_3$ kristallerinin demir ile birleşmesi ile yarı iletken özellikler artırılabilir.

2.14.6- Kimyasal Direnç

Sırlar için geniş kapsamlı bir direnç özelliği olan kimyasal direnç, sırların atmosfer etkilerine (rutubet + CO_2) zayıf asit ve bazlara karşı direncini belirler.

Belirli bir bileşimdeki sır, çeşitli etkenlere karşı farklı sonuçlarla karşı koyar, örneğin suyun, gazların, asitlerin ve bazların sır üzerindeki etkileri farklıdır. Sırın yapısının kurşunlu, borlu veya alkalili oluşu her seferinde değişen kimyasal direnç özellikleri gösterir.

Saf alkalili sırların az da olsa bazı kimyasal dirençlerinden söz edilebilir. Fakat rutubete ve hava koşullarına dirençleri azdır.

Genelde Na_2O kimyasal direnci zayıflatıcı rol oynar, bu nedenle Na_2O sırda K_2O ve Li_2O ile yer değiştirebilir. Alkalilerin tümünün sırdan uzaklaştırılması istenirse, ya sırdaki B_2O_3 oranı yükseltilir veya sıra baştan B_2O_3 katkısı yapılır. Bundan amaç sırın erime noktasını değiştirmeksizin kimyasal direncinin arttırılmasıdır.

Kurşunlu ve baryumlu sırlardan da büyük bir kimyasal direnç beklenemez. Kimyasal direncin çok önemli olduğu sırlarda bu oksitlerin oranlarını düşük tutmak yararlıdır. Kurşun oksidin SrO ile yer değiştirmesi sonucu, sırın asitlere karşı direnci az da olsa yükseltilebilir.

Sırın içinde SiO_2 oranının artması ile doğru orantılı olarak, kimyasal direncin de arttığı söylenebilir.

Al_2O_3 'ün sırın içinde belirli bir oranda arttırılması ile de kimyasal direnç artar. Al_2O_3 oranı % 18'i aştığı zaman kimyasal dirençte geriye gidüş başlar.

Titan, ser, kalay ve zirkon oksitler sıralarına göre, sırlarda kimyasal direnci arttırıcı rol oynarlar.

Az oranlarda olmak koşulu ile, CaO ve MgO katkıları sırda asit direncini arttırabilir. Bu oksitler az da olsa sır içinde kristalize olurlarsa, bu kez de sırın asit direnci geriye gider.

Genel olarak da, bir değerli oksitlerin, iki, üç veya dört de-

gerli oksitlerin yerini almaları ile, kimyasal direncin arttığı söylenebilir.

2.14.7 Sırlarda Kullanılan Oksitlerin Eriticilik Katsayıları:

Hazırlanan sırların gelişme dereceleri, Seger formüllerinde ki oksitlerin farklı erime noktalarına ve birbirlerine oranına bağlı olarak değişir. Bu oksitlerin erime noktaları ayrı ayrı belirlenmiş olup her birinin eriticilik etkisi kat sayıları olarak verilmiştir. Bu kat sayılar erime noktasını düşüren oksitlerde büyük, yükseltenlerde ise küçüktür. Aşağıda ki değerler sır bileşimlerinin gelişme derecelerini etkileyebilecek oksitlerin eriticilik sıralarının belirlenmesi açısından önemlidir.

Oksitlerin Eriticilik Katsayıları (31)

B ₂ O ₃	1.00	CaO	0,58
Sb ₂ O ₃	1.00	MgO	0,54
K ₂ O	0.88	SiO ₂	0,38
Na ₂ O	0.88	TiO ₂	0,38
ZnO	0.60	Al ₂ O ₃	0,32
BaO	0.60	ZrO ₂	0,32

Sırların eriticilik kat sayılarının hesabı:

$$\text{Eriticilik kat sayısı} = \frac{100 \cdot y}{x + y} \text{ dir.}$$

Bu bağlantıda y Seger formülünde bulunan bazik oksitlerin ve varsa Sb₂O₃ ve B₂O₃'ün mol sayılarının eriticilik kat sayıları ile çarpımlarının toplamıdır. x ise Al₂O₃ ile varsa ZrO₂'ün 0,32 olan eriticilik kat sayısının SiO₂'e eşdeğer hale getirmek için 19/16 ile çarpımı ve SiO₂'ün mol sayısının toplamının bu gruptaki oksitlerin genel eriticilik kat sayısı olan 0.38 ile çarpımından bulunan sayıdır. Formülle ifade etmek gerekirse,

$$y = RO + (B_2O_3 + Sb_2O_3)$$

Bunların mol sayıları eriticilik sayıları ile çarpılarak formüldeki yerlerine konur.

$$x = \left[19/16.(Al_2O_3 + ZrO_2) + SiO_2 \right] \times 0.38 \text{ olur.}$$

2.15 SERAMİK SIRLARINDA ORTAYA ÇIKAN ÇEŞİTLİ HATALAR VE GİDERİLMELERİ. (32,33)

Sırlı ürünlerde ortaya çıkabilecek sır hatalarını araştırmak ve gereken önlemleri almak için, başlangıçta hata kaynaklarının araştırılması gerekir.

Sır hatalarının ortaya çıkmaması için veya hata ortaya çıkmışsa nedenini bulmak için, öncelikle hammadde kontrolüne önem vermek gerekir. Özellikle yeni gelen hammaddelerin, eski hammadde ile olan farklılıkları bilinmelidir.. Sır hatalarında büyük söz sahibi olan çinko oksit, kuvars, feldspat, kaolin vb. gibi hammaddeler, kaynakları değişsin veya değişmesin sık sık kontrol edilmelidir.

Reçetenin her zaman aynı koşullarda, eksiksiz ve doğru tartılmasına özen gösterilmelidir.

Sırın öğütülme koşulları da önemlidir. Sırın inceliğini öğütme süresi ile değıl, elek kalıntısı ile kontrol altında tutmalıdır.

Sırın işletmede kullanılmadan önce, bir önceki sır ile aynı koşullarda pişirilmesi ve sonucun gözlenmesi ile sonradan ortaya çıkması olası hatalar önceden görülebilir.

Bu önlemlere karşın sırlarda hatalar ortaya çıktığında, hatanın türüne göre, belli bir yöntem ile geliştirilen sistemlere bağılı kalmak koşulu ile çeşitli önlemler alınabilir.

Sık rastlanan sır hatalarının en önemlileri ve bu hataların giderilmesi aşağıda belirtilmiştir.

2.15.1- Kılcal Çatlamalar:

En eski bir yöntem olan bu yöntem ile sır ile çamur arasındaki gerilim, sırda oluşan çatlakların türüne, sayısına ve büyüklüğüne göre yorumlanabilir.

Çok ince bir çatlak ağı sır ile çamur arasındaki önemli olabilecek büyüklükte bir gerilimin olduğunu belirler. Gerilimin oluşmasının nedeni olarak sırn fazlaca büzüşmesi gösterilebilir. Bu durumda sırn GK'sı çamurdan daha büyüktür.

Sırn GK'nın küçük olduğu durumda gözlenen çatlaklar ise daha geniş ve uzun bir görünümde dir. Bu çatlakların giderilmesinde, sır bileşimine % 5-12 oranında kuvars katkısından yararlanılabilir.

Çok ince ve sık sır çatlağı ağı olarak ortaya çıkan hatanın giderilmesinde, yalnızca kuvars katkısından yararlanarak sırn genleşme katsayısı düşürülemez. Çok küçük GK'na sahip bir sır elde etmek için, sır bileşiminin büyük ölçüde değiştirilmesi gerekir.

Belirli ısılarda genleşmeye başlayan sırlar ve hamurlar, tıpkı metallerde olduğu gibi soğuma sırasında yavaş yavaş kasılırlar. Eğer hamurlar ile bunların üstlerini örten sırların genleşmeleri her zaman aynı yada birbirine çok yakın olsaydı aralarındaki fiziksel uyuşma kusursuz olurdu. Ama genleşme oranları uygulama da her zaman farklılık gösterdiğinden, bu fark büyüdükçe, giderek yüzeysel sır çatlama ları, hatta pullanma gibi durumlar ortaya çıkar.

Genel olarak sırların genleşme katsayılarının, birlikte kullanıldıkları hamurların genleşme katsayılarından küçük olmasına

çalışılır. Bu amaçla, sır yapımında elverdiği oranda genişleme-
si küçük olan hammaddelerin seçilmesine dikkat edilir. Zorunlu
hallerde ise, hazırlama sırasında gerekli önlemler alınır.

Yüzeysel çatlamların giderilmesinde çamur bileşimlerinin deği-
tirilmesi daha güç bir iş olduğundan, sırların değiştirilmesi
tercih edilir. Bu kılcal yüzey çatlmalı sırların düzeltilmesi
için alınacak tedbirler şunlardır:

- a- Daha yüksek derecelerde, daha uzun süreli bir pişirim yapıl-
ması,
- b- Sırın bileşiminde alkali miktarının azaltılıp, silis oranı-
nın yükseltilmesi, eğer SiO_2 'in yükseltilmesi sonucu sır
camlaşma yeteneğini yitirirse, SiO_2 'nin arttırılması Al_2O_3 ile
birlikte düşünülmelidir. (sırın e.n.'sı yükselir.)
- c- Firitli sırlardaki kireç miktarının arttırılması
- d- Moleküler formülün baz kısmında kullanılan yüksek genişleme-
ye sahip hammaddeler yerine, ısı genişlemesi düşük olan hammad-
delerin kullanılması,
- e- Kurşunlu sırlardaki kurşun miktarının arttırılması,
- f- Bileşime asitborik katılması, eğer B_2O_3 varsa miktarının art-
tırılması ve aynı oranda SiO_2 azaltılması. (sırın en'sı düşer.)
- g- Daha yüksek derecede hamur pişiriminin yapılması,
- h- Sırın daha ince olarak öğütülmesi,

Kılcal çatlamların bir nedeni ise, soğutma sırasında ani sıcak-
lık düşüşleridir.

2.15.2- Dairesel Çatlaklar:

Sırın genişleme katsayısı büsküviden daha küçük olduğu zaman sır
büsküviyi dışbükey olarak büker. Bisküvide sırı sıkılaşmaya ve ez-
meye uğraşır. Bu kuvvet sırın basınca mukavemetini aştığı zaman
sırda bir takım kopmalar olur. Bunun sonucunda daireysel çatlak-
lar oluşur.

Dairesel çatlakların düzeltilebilmesi için şu tedbirler alınır:

Sırı değiştirmeyip çamur bileşiminde değişiklik yapmak.

- a- Kuvars miktarı azaltılır,
- b- Kil ve kaolen miktarı çoğaltılır,
- c- Feldspat miktarı arttırılır,
- d- Kuvars daha kalın öğütülür,
- e- Bisküvi pişirim derecesi düşürülür.

Büsküvide değil sırda değişiklik yapmak,

- a- Sırın kuvars miktarı azaltılır,
- b- B_2O_3 miktarı azaltılır,
- c- Küçük mol ağırlıklı bazik oksitler yerine büyük mol ağırlıklı bazik oksitler kullanılır.

Dairesel çatlakların diğer bir nedeni ise, ısıtma sırasında ani sıcaklık yükselmeleridir.

2.15.3- Sırın Çok Akışkan Olması:

Bu hata sır pişiriminin çok yüksek derecede yapılmasından veya sırın erimesinin bu derece için çok düşük olmasından ileri gelir. Bunun için ya sır pişirme derecesini yükseltmek yada sı-
rın erimesini zorlaştırmak gerekir. Bunun için de:

- a- Kuvars miktarı çoğaltılır, bazik oksit miktarı azaltılır.
- b- Büyük mol ağırlıklı bazik oksitlerin yerine, küçük mol ağırlıklı oksitler kullanılır.
- c- B_2O_3 miktarı azaltılır.

2.15.4-Sır İçinde Hava Kabarcıklarının Bulunması:

- a- Sır pişirimi aşırı yüksek derecede yapılırsa, sır büsküviye etki ederek gaz çıkışına sebep olur.
- b- Büsküvi üzerinde tam yanmamış ve kömürleşmiş organik maddelerle sülfatlar varsa sır bunlara etki ederek gaz çıkışına neden olur.

c- Fırında ani ısı yükselmesi olursa, pişmekte olan sırdan gaz çıkışı bitmeden sır erir. erimiş sır içinden gazın çıkması zorlanacağından gaz habbeleri sır içinde kalabilir.

2.15.5- Yumurta Kabuğu Görünümündeki Matlıklar Olması

Sır pişirme derecesi çok düşük olursa veya sırda bazik oksit miktarı çok az olursa meydana gelir.

2.15.6- İğne Delikli Bir Yüzeyinin Olması

Erimiş sırda gaz habbeleri çıktıktan sonra, krater ağzına benzer bir kabartı oluşur. Sır viskozitesi fazla ise bu kabartı düzelmeyip olduğu gibi kalır. Nedeni ve çareleri de:

- a- Fırın atmosferi tozlu veya kirlidir.
- b- Sır çok viskozdur. Bu nedenle fırının ısıyı yükseltilmelidir.
- c- Fırında yavaş ve düzenli ısı yükselmesi olmalıdır.

2.15.7- Sır Toplanması

Sır fırınında çıkan mamülde sıran büsküviyi tam örtmediği ve boncuk boncuk taneler halinde eridiği görülür. Bu sırlanmış büsküvinin fırın içerisinde veya dışarsında kururken çatlamasından meydana gelir. Isı yükselttilip erime başlayınca çatlak yerler iyice ayrılarak yüzey gerilimi etkisi ile sır boncuk boncuk toplanır. Bunu düzeltmek için, sır kıvamının plastikliği azaltılır ve sır biraz daha iri öğütülür.

2.15.8-Pullanma

Yüzeysel sır çatlamlarında olduğu gibi çamurlar ile sırlar arasındaki büyük gerilim farklılıklarından ötürü ortaya çıkar. Ender rastlanan bir durum olup yüzeydeki sır tabakasının parçacıklar halinde kabarak, pul pul dökülmesi şeklinde tanımlanabilir.

Hatanın giderilmesinde yüzeysel sır çatlama larında alınan önlemlerin tersine çamurun ısı gerilimini azaltıp buna karşılık sı rın ısı gerilimini artırma yoluna gidilir. Bu amaçla, çamurlara katılan özsüzleştirici maddeler daha az öğütülür. Veya silis miktarı azaltılır. Eğer pullanma mamülün biçimine bağlı olarak ortaya çıkıyorsa sert köşeli ve keskin kenarlı kesimler, giderilmek üzere modelde gerekli düzeltmeler yapılır.

2.15.9- Silikat Kristallerinin Oluşumu:

Sır yüzeyinde kükürtleşme türünden bir görünüm oluşmakla birlikte oluşum nedenleri farklıdır. Bazı koşullar altında bileşimde kalsiyum ve çinko silikat kristalleri oluşurken, sı rın kendisi de kristalleşir. Bu tehlike 700 - 850°C arasında çok yüksektir. Tünel fırınlarla yapılan pişirimlerde silikat kristalleri oluşumuna ender rastlanmakla beraber aynı sır hatası kamara tipi fırınlarda daha sık görülür.

2.15.10- Camsızlaşma:

Sır bileşiminde silis, tebeşir, magnezit ve çinko asit gibi hammaddelerin çok yüksek oranlarda bulunmasından ötürü ortaya çıkar. Camsızlaşmada sır yüzeyi pürüzlü, sert ve donuktur. Bazen, yüksek alkalili sırlarda da görülen bu hatanın giderilmesi için sı rın içine bir miktar tebeşir ya da daha iyisi asit borik katılmalıdır.

2.15.11- Sırın Donuklaşması ve Parlama Yetersizliği:

Pişirimden sonra normal parlaklığını kazanmayan mamüllerde görülen bir sır hatası olup sır tabakasının çok ince oluşu yada daha çok pişirimin yetersizliği nedeniyle görülür. Gerektiğinden çok yüksek derecede yapılan pişirimlerde de buna benzer bir görünüm ortaya çıkabilir. Çünkü bu durumda sı rı oluşturan hammaddelerin bir bölümü yüksek ısı nedeniyle buharlaşarak uçar ve sır normal parlaklığını kazanamaz.

2.15.12-Mat Lekeler:

Yeni yada gözenekli çamurlardan yapılmış kasetleriçinde pişirilen mamüllerde görülen tipik bir sır hatasıdır. Bu gibi kasetler, su geçirmez hale getirilmek için özel bir sıva ile sıvanır. Ya da kasetler ile öteki fırın aksesuarlarının camsı hamurlardan yapılmış olanları seçilir.

2.15.13- Parçaların Yapışması:

Fırın plakaları ve aksesuarlarının kırılması ya da erimesi, çok akıcı sırlarda çok kalın sır kullanılması halinde parçalar fırın plakalarına ya da birbirlerine yapışır.

Hatanın giderilmesi amacıyla fırın aksesuarları yüksek ısılara dayanıklı refrakter hamurlardan yapılmış olanlar arasından seçilmeli; fırınlama, raf kırılmaları, ayak kaymaları ve kopmalara yol açılmayacak şekilde dikkatle yapılmalıdır.

Aynı zamanda yüksek alışkanlığı sahip sırlar kullanılmamalı ve sırlama gereğinden çok kalın bir tabaka oluşturacak şekilde yapılmamalıdır.

2.15.14- Sırsız Bölgeler:

Bazı seramik mamüllerin tozlu olması, kirli ve yağlı ellerle tutulması yada bunlara herhangi bir şekilde su ve yağ sıçramış olması nedeniyle sırlanıp pişirildiklerinde üstlerinde bir takım bölgeler görülür. Kirlilik durumu fayans mamüllerinde yer yer gözenekliliği azaltarak bu gibi sırsız bölgelerin oluşumuna yolaçar. Ayrıca fayans çamurlarının bileşiminde bulunan bazı eriğici tuzlar parçanın kurumması ile birlikte yüzeye çıkar. Parçaların çamur pişirimi yapıldığında, bu kesimler camsı bir nitelik kazanır. Sonuçta sırlamada gözenekli olan kesimlerle aynı kalınlıkta bir sır tabakası emilmediğinden yer yer sırsız bölgeler meydana getirir.

Sırlar gereğinden çok öğütüldüğünde de aynı hata görülebilir. Bu durumdan başka sırlama ve sırlı parçaların taşınması sırasında elle tutmak, çarpma ve darbeler nedeniyle sır tabakası parçalar halinde yüzeyden dökülür.

2.15.15- Kabuklanma:

Sırların çok uzun süreli olarak öğütülmesi ve erimiş sırlın yüksek viskoziteye sahip olmasından dolayı görülebilir. Bu durumda yüzey basıncı yapışma geriliminden büyük olur. Ve sır küçük yığınlar halinde toplanır. Ancak uygulamada da başka etkenlerde kabuklanmaya yolaçabilir.

- a- Pişirimden önce kuruma sırasında beliren sır çatlakları
- b- Sırlamanın çok kalın bir tabaka halinde yapılması
- c- Sır bileşiminin pişirim koşullarına uymaması,
- d- Yayılma ısısında sırlın gerektiği kadar akıcı olmaması
- e- ZrO , SnO_2 , vb. örtücü maddelerin yayılma ısısında gereği kadar akıcı olmamaları
- f- Yapısında yüksek oranda plastik kil bulunan sırların daha kolaylıkla kabuklanmaları.

Bu çalışmanın genel kısmı bundan sonraki araştırmacılara yardımcı olması amacıyla geniş olarak verilmiştir.

3. DENEL KISIM

3.1. Kullanılan Madde ve Aletler:

3.1.1. Maddeler

Kil A: Beyaz Kil (% 2.47 Fe_2O_3)

Kit B: Pembe Kil (% 6,35 Fe_2O_3)

Kil C: Kırmızı Kil (% 8,26 Fe_2O_3)

Kaolin: Al_2O_3 , $2SiO_2$, $2H_2O$

Potasyum Feldspat (Ortoklas): K_2O , Al_2O_3 , $6SiO_2$

Üleksit: Na_2O , $2CaO$, $5B_2O_3$, $12H_2O$

Kristal Boraks: Na_2O , $2B_2O_3$, $10H_2O$

Kuvars: SiO_2

Mermer Tozu: $CaCO_3$

Kalsine soda: Na_2CO_3

Çinko oksit: ZnO

Talk: $3MgO$, $4SiO_2$, H_2O

Kolaydioksit: SnO_2

Bakır oksit: CuO

Demir(III) oksit: Fe_2O_3

Kobalt (III) oksit: Co_2O_3

Krom(III) oksit: Cr_2O_3

Mangan dioksit: MnO_2

Antimon (III) oksit: Sb_2O_3

3.1.2. Aletler

AAS- Perkin-Elmer Model 403

Bilyalı Değirmen- MAK-EL-SAN-özel yapım

Gazlı kamara fırın- MAK-EL-SAN özel yapım

Elektrikli Kamara(deney)fırın- MAK-EL-SAN özel yapım

Taş ayıklama valsi- MAK-EL-SAN özel yapım

Kırıcı ve inceltici vals- MAK-EL-SAN özel yapım

Vakum Pres - MAK-EL-SAN özel yapım

Elek

3.2. DENEYİN YAPILIŞI

3.2.1. Deney Materyallerinin Sağlanması ve Ön Kontrolü:

Bu çalışmada kullanılan çömlekçi kili, üç ayrı kilin belli oranlarda %21 A kili, %47 B kili, %32 C kili (=4 A kili: 9 B kili: 6 C kili) karıştırılması ile elde edildi. Bu üç

kilden, pişme rengi beyaz olan A kili, Şile'ye bağlı Karakiraz yöresinden, pişme rengi sarımsı-pembe olan B kili ve pişme rengi kırmızı olan C kili Beykoz yöresinden temin edildi.

Bu hammaddelerin yaklaşık olarak verilebilen rasyonel analizleri; (34)

	<u>% Kaolin</u>	<u>% Potasyum feldspat</u>	<u>% Sodyum feldspat</u>	<u>% Kuvars</u>
Karakiraz Kili:	68	--	--	32
Beykoz Kili:	60,5	--	--	39,5'dir.

Karbonat Kontrolü:

Şile ve Beykoz yöresinden temin edilen bu killere, ocaktan çıkarıldığı an uygulanması gereken bir ön deneyler vardır. Bu ön deneylere göre doğadan tam olarak çıkartılan kilin üzerine birkaç damla HCl damlatılır, köpürme şeklinde gaz çıkışı olup olmadığına bakılır. Kilin HCl ile reaksiyon vermemesi yani (CO₃) karbonat olmaması gerekir.

Bu çalışmada kullanılan üç kilde de HCl ile reaksiyon görülmemiştir.

Killerin Suda Açılma Kontrolü:

HCl ile reaksiyon vermeyen killerin suda açılması da kontrol edilmelidir. Killer çoğunlukla öğütülmeden kullanıldıkları için bu özelliğin varlığı çok önemlidir.

Kükürt Kontrolü:

Ayrıca kullanılan killerin içinde kükürt olup olmadığının anlaşılması için ayrı ayrı üç kilden alınan kuru numuneler büyüteç ile incelenerek, sarımsı sünger gibi bir tabakanın olup olmadığı kontrol edildi, ikinci bir kükürt kontrolü ise, sarımsı süngerimsi maddelerin fırında normal pişirme sıcaklığında (980°C) pişirilmesi ile 700°C den sonra fırının kapağı açılmadan kontrol deliğinden çıkan koku ile bünyede kükürt olup olmadığı saptandı. Bu çalışmada kullanılan killere içinde kükürt'e rastlanmadı.

Ön denemelerden olumlu sonuç alındığı taktirde killere çamurun hazırlanacağı yerde depolandı.

3.2.2. DeneY Materyallerinin Hazırlanması Ve Çamur Haline Getirilmesi:

Killer, doğada ocaklarında, hiç bir zaman doğrudan doğruya çamur yapımında kullanılacak şekilde bulunmadıklarından, ocaktan çıkan hammaddenin içindeki zararlı maddelerin ayıklanması, belli bir tane büyüklüğüne gelinceye kadar kırılıp ufalanması ve ayrıca hammedde içinde plastikliğı bozabilecek taş, tahta parçası gibi maddelerin ayrılması sağlandı.

Bu çalışma da kullanılan çamurun hazırlanmasında kullanılan killere uygulanan ayıklama işlemi, killer içinde bulunabilecek kaba ve zararlı maddelerin ayrılması için yapıldı ve taş ayıklama vals'i denen makinalar kullanıldı.

Taş ayıklama vals'ine konan örnekler, biri spiralli, biri düz olan iki silindirin, birbirine karşıt yönde dönmesi ile, araya giren çamurun incelen kısımları aşağıya döküldü, taş gibi iri ve sert parçalar ise spiralin üzerinde kalarak aralarından bir tarafa doğru itildi.

Üç ayrı kil ayıklama valsinden geçirildikten sonra, sıra ufalama aşamasına gelir.Sert veya yumuşak, tüm hammaddelerin belli bir tane büyüklüğüne gelmesi için sadece ufalanmaları çömlekçi killeri için yeterli olduğundan (öğütmeye gerek olmadığından) bu işlem için kırıcı ve inceltici vals adı verilen makina kullanıldı.

İlk denemelerinde olumlu sonuç alınıp, depolanmış killer ile çalışma sonunda daha verimli sonuçlar alınması bakımından, üretimin yapıldığı fırında, aynı fırın atmosferinde ve sıcaklığında pişirilerek pişme renklerinin sağlanması gerekir.

Depolanmış killerden pişme rengi kontrolü için örnek alma işlemi şu metoda göre yapıldı:

Numune alınacak killerin tane büyüklükleri eşit olmadığından ve yığın halinde bulunduğundan, kil yığınının yüzeyi üzerinde, birbirinden eşit uzaklıkta on bölge seçilerek , on bölgenin herbirinden dipten üste doğru on eşit aralıktan 1 kg. kil alınarak birleştirildi.

Bu şekilde alınan örnek killer, kendi ağırlığına yakın su

içinde yumuşatıldıktan sonra, bir alçı plakaya dökülerek suyu uzaklaştırılıp, şekillendirme kıvamına gelen killer toplanarak yoğuruldu ve şekil verilip, fırına sürüldü.

Bu çalışmada kullanılan killerin verdiği renkler,

	<u>ham rengi</u>	<u>pişme rengi</u> (980°C'de)
A kili:	gri	beyaz
B kili:	pembe	sarımsı-pembe
C kili:	kırmızı	açık kahve rengi- kızıl olarak saptandı.

Karıştırma, çamur hazırlamanın son bölümünü oluşturur. Karıştırma aşamasında elde edilmek istenen çamurun her kısmında aynı fiziksel ve kimyasal özelliklere varılmak istendiğinden, şekillendirmede kullanılacak olan çamurun homojenliği üretilen malların kuruma ve pişme sonrası problemleri belli koşullarda büyük ölçüde önlenmesi için karıştırmanın başarılı olması gerektiğinden bu çalışmada karıştırma işlemi şu şekilde yapıldı:

Ayıklama ve ufalama işlemlerinden geçmiş A, B ve C killerinin %21 A: %47 B: %32 C oranına göre bir karışımı hazırlanarak, karışım ağırlığına yakın su ile yumuşamaya bırakıldı. Koyu bulamaç haline gelen kil karışımı, şekillendirme de kullanılacak olan yarı yaş metoduna uygun çamur elde edilene kadar, üç kere vals'den geçirildi.

Bu işlemlerden sonra alınan çamur vakum pres'ten geçirilerek fazla suyu uzaklaştırıldı ve plastik çamur kullanıma hazır hale getirildi. Fakat vakum presden alınan plastik çamur, karanlık, sıcak ve rutubetli bir ortamda belli bir süre dinlendirildi. Bu ortam çamurun naylon torbalar içinde, hava almayacak şekilde, karanlık bir odada bekletilmesi ile sağlandı. Bu bekletme sırasında çamurun içinde bulunan bakteri ve mantarlar, ortamın etkisi ile, çamurun içinde faaliyete geçip, bir taraftan üreyip, diğer taraftan çamuru çürütürerek bağlayıcılık ve plastiklik özelliği kazandırıldı.



Şekil 9a; Kullanılan vakum pres (Önden görünüşü)



Şekil 9b; Kullanılan vakum pres (Yandan görünüşü)

Bu şekilde hazırlanan plastik çamurun pişme rengi kahve-kızıl olup kullanılmadan önce bekletilmeden ötürü oluşan özelliklerin yayılması açısından iyice yoğurularak kullanıldı.

Pişme rengi beyaz olan çamuru hazırlamak için sadece A kili alınarak yukardaki tüm işlemler aynı şekilde uygulandı. Çömlükçi killeri ile yani saf olmayan killerle yapılan bu aşamalarda fabrikasyon şekillendirmedeki çalışmalara uygunluğu sağlayabilmek için karışımda bulunan kaba kumların ayrılmaması gerektiğinden bu çeşit killer elekten geçirilmeden hazırlandı.

Ön deneme için, bu çalışmada çamur hazırlama yöntemi ise; ocaktan getirilip depolanmış A, B ve C killерlerinden pişme rengi kontrolü kısmında anlattığı şekilde örnekler alınıp, içlerinde bulunan plastikliği bozabilecek parçalar uzaklaştırılıp, iri parçalar havan içinde ufalandı. %21 A: %47 B: %32 C oranına göre karıştırılıp, bir kabin içinde ağırlığına yakın miktarda su ile yumuşamaya bırakıldı (Eklenen su miktarı teorik olup, eklenmesi gereken su miktarının hesabı aşağıda A formülünde verilmiştir.) Koyu bulamaç haline gelen kil karışımı elekten geçirilmeden elle yoğuruldu, içinde yumuşamamış parçalar bulunduğundan, daha iyi bir sonuç alabilmek için bilyalı değirmende çevrilerek killerin açılması ve daha iyi karışması sağlandı. Değirmenden alınan kil bulamacı bir alçı plakaya dökülerek suyu çektilirdi. Şekillendirme kıvamına gelen killер kavlamaya başladığında, bunlar toplanarak yoğurulup, şekillendirmeye hazır hale getirildi.

Bu şekilde hazırlanmış olan deneme çamuru kırmızı plastik çamur olup, beyaz pişme renkli çamuru hazırlamak içinse sadece A kili kullanılarak aynı işlemler yapıldı.

3.3. Killерin Kimyasal Analizleri:

Bu çalışmada kullanılan üç kilin kimyasal analizleri Söğüt Seramik (Bilecik-Söğüt) ve Çanakkale Seramik (Çanakkale-Çan) fabrikalarında yaptırıldı.

Bu kimyasal analiz sonuçları birbirine çok yakın olduğundan Çanakkale Seramik Fabrikalarında yaptırılan analiz sonuçları alındı ve Tablo 3'de verildi.

Ağır metallerin analizleri Perkin-Elmer Model 403 Atomik

Absorbsiyon Spektrometresinde, diğ er elementlerin ise yaş me-
todla yapıldı.

3.4. Çömlekçi Çamurunun Özelliklerinin Saptanması (9,11)

3.4.1. Yoğrulma suyu deneyi:

Ön kırılma ve ufalanma işlemleri yapılmış, karıştırılmış kuru
kilden bir miktar alınarak su ile değirmende açılması sağla-
nıp, bir alçı plakanın üzerine dökülerek, bekletilip plastik
bir çamur hazırlandı.(Çamurun yoğrulma kıvamında olduğu,
alçı üzerinden kolaylıkla kaldırılabilmesinden ve ele yapışmama-
sından anlaşıldı.)

Bu plastik çamurdan mercimek formuna benzer iri bir parça şekil-
lendirilip, tartıldı ve değışmez ağırlığa gelinceye kadar
kurutuldu.Değışmez ağırlığı da saptanan kilin yoğrulma suyu
şu formül kullanılarak hesaplandı:

$$\% \text{ Yoğrulma Suyu} = \frac{(\text{Plastik ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}) \times 100}{\text{Kuru ağırlık}} \quad (\text{A})$$

Hesaplanan sonuçlar Tablo-5'de verildi.

3.4.2. Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyleri:

Plastik şekillendirme kıvamına getirilen çamurdan, alçı kalıp
içine, 10x50x100 mm. boyutlarında plakalar basıldı ve bu kalıp
içinden çamurun kolayca çıkması için her kullanılışında tabana
kağıt konuldu.Bu plakalar üzerinde, henüz yaşken, köşegenlenme-
sine çizgi çekilerek, 100 mm'lik uzunluklar işaretlendi.

Deney plakalarının çok yavaş kurutulması gerektiğinden bunu
sağlamak ve deformasyonu önlemek için alçı palaka üzerine yer-
leştirilen deney plakalarının üzerleri alçıdan hafif bir plaka
ile örtüldü.Kurutma işi, değışmez uzunluğa kadar iki alçı ara-
sında açık havada, sonra da 105°C'de fırında yapıldı.Tamamen
kuruyan deney plakalarının üzerindeki küçülme çizgileri ölçüle-
rek not edildi.Birden fazla plaka ile bu işlem sürdürüldüğünden,
elde edilen kuru uzunlukların ortalamaları alındı.Sonuçlar
Tablo.6'da verildi.Diğ er hesaplama sonuçları da Tablo.7'de veril-
di.

Anlatıldığı şekilde yapılan ve kuru küçülme olarak adlandırılan, şekillendirme kıvamında olan kilin tam kuru hale gelene kadar ki küçülmesi şu formül ile hesaplandı:

$$\% \text{ Kuru Küçülme} = \frac{(\text{Plastik Uzunluk} - \text{Kuru Uzunluk}) \times 100}{\text{Plastik Uzunluk}} \quad (\text{B})$$

Araştırması yapılan kilin, çalışmalarda kullanılan pişirim sıcaklığındaki küçülmesini saptamak için, kuru küçülmeleri ölçülen plakalar, bu kez 980°C'de pişirildi.

Kurutulan kil, şekillendirme suyunu tamamen verinceye kadar küçüldü ve bu kuru küçülmeyi izleyen aşamada, kil pişirildiğinde küçülme sürdü. Bu kez küçülme, kilin şekillendirme suyundan olmayıp yapısındaki organik maddelerin yanması, gazların uzaklaşması, kristal suyunun ayrılması olaylarından dolayı meydana gelmiş olup, bu pişme küçülmesi de şu formülle hesaplandı:

$$\% \text{ Pişme küçülmesi} = \frac{(\text{Kuru Uzunluk} - \text{Pişmiş uzunluk}) \times 100}{\text{Kuru uzunluk}} \quad (\text{C})$$

Killerde, kuru ve pişme küçülmelerinin toplamı şeklinde toplu küçülme saptandığında, kuru küçülme için plastik uzunluktan, pişme küçülmesi için kuru uzunluktan yola çıkıldığından bu değerlerin toplanması sonucu yüzde toplu küçülme hesaplandığında gerçek toplu küçülme değerinden daha büyük bir değer ortaya çıktığından, bu sakıncayı ortadan kaldırmak için,

$$\% \text{ Toplu küçülme} = \frac{(\text{Plastik uzunluk} - \text{Pişmiş uzunluk}) \times 100}{\text{Plastik Uzunluk}} \quad (\text{D})$$

formülü yerine,

$$\% \text{ Toplu küçülme} = \% \text{ Kuru Küçülme} + \frac{\% \text{ Pişme Küçülme}(100 - \% \text{ Kuru Küçülme})}{100} \quad (\text{E})$$

formülü kullanıldı.

Aynı şekilde, pişme küçülmesi yüzdesi, toplu ve kuru küçülme değerleri kullanılarak, toplu küçülmeden kuru küçülmenin çıkarılması ile hesaplandığında yanlış değer verdiğinden, toplu ve kuru küçülme yüzdeleri bilinen bir çamurun pişme küçülmesi de şu formül ile hesaplanır:

$$\% \text{ Toplu küçülmesi} = \frac{(\% \text{ Toplu küçülme} - \% \text{ Kuru Küçülme}) \times 100}{100 - \% \text{ Kuru Küçülme}} \quad (\text{F})$$

3.4.3. Su Emme Deneyi:

Su emme değerinin yani pişen kilin açık porlasına(gözeneklerine) alabildiği su miktarı saptanması istenen kilden şekillendirilen parçalar parçalar normal pişme koşullarında, 980°C'de pişirilerek, fırın içinde soğuması tamamlandıktan sonra tartımı yapıldı ve bu parçalar 12 saat su içinde bekletildikten sonra suyun içinden çıkartılan parçalar, üzerlerindeki parlaklık tam olarak giderilmeden kurularıp hemen yaş tartımları yapıldı.Bu tartımlarda birden fazla parça (6 adet) ile çalışıldığından, elde edilen değerlerin ortalamaları alındı.Yaş tartım ile kuru tartım arasındaki fark, parçanın emdiği su miktarını verdiğiinden su emmeyi yüzde olarak belirlemek için şu bağıntı kullanıldı:

$$\% \text{ Su Emme} = \frac{(\text{Yaş Pişmiş ağırlık} - \text{Kuru pişmiş ağırlık}) \times 100}{\text{Kuru Pişmiş ağırlık}} \quad (\text{G})$$

Hesaplanan sonuçlar Tablo-8 ve Tablo-9'da verildi.

3.5. ÇÖMLEKÇİ ÇAMURUNUN ŞEKİLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada kullanılan çöMLEKÇİ çamurunun şekillendirilmesinde daha çok kaba seramik endüstrisinde kullanılan bir yöntem olan "yarı yaş" yöntem kullanılmış olup, diğer bir adı da plastik şekillendirme olan bu yöntem için gerekli olan plastik çamurun homojenize edilmesi ve havasının alınması gerektiğinden bu işlem için vakum pres'denilen makine kullanıldı.

Vakum presden alınıp, torbalanan çamurlar, bir süre dinlendirildikten sonra(bir ay kadar), iyice yoğurularak şekillendirilmeye hazır hale getirildi.Şekil-6'da, tornada şekillendirilme verildi.

Platik şekillendirme, serbest el ile kalıplar arasında basarak ve tornada el ile yapıldı.

3.6. ÇÖMLEKÇİ ÇAMURUNUN KURUTULMASI

Pişirme işleminden önce yapılacak en önemli işlem olan kurutma işleminde, sorun çıkmasına olanak vermeyecek şekilde, suyun olabildiğince çabuk, ucuza ve iyi bir şekilde üründen uzaklaşması önemli olduğundan, bu çalışmada, "Açık havada kurutma" yöntemi kullanıldı.Fakat şekillendirilmiş örnekler açık bir ortamda değil kapalı bir mekanda, doğal şartlarda kurutuldu.

Bu yöntem daha çok tuğla, kiremit ve çömlekçi ürünlerinin kurutulmasında kullanılır olup, ürünün kuruması tamamen hava koşullarına bağlı olduğundan bu nedenle doğal kurutma olarak da tanımlanabilir.

Killerin kururken gösterdikleri küçülme ve ağırlık kayıpları ilişkilerini Bigot eğrileri ile belirtebilmek için, (15,7,1) cm ebatlarında bir plaka hazırlandı ve üzerinde köşegenlemesine 10 cm işaretlenerek tartımı alındı ve her 24 saatte bir ağırlık ve uzunluk ölçümü tekrarlandı.

Elde edilen bilgilerin yani kaybedilen suyun ağırlığı, ordinat olarak ve kilin küçülmesi de apsis olarak bir grafikte belirttilerek bigot eğrisinin koordinatlar ile yaptığı açıdan yararlanarak, o kilin kurumaya karşı hassas olup olmadığı saptandı.(35).

Bigot eğrisi, Şekil-10'da verildi.

3.7. ÇÖMLEKÇİ ÇAMURUNUN PİŞİRİLMESİ

Bu çalışmada kullanılan çömlekçi çamurunun pişirimi 980°C'de, (sır pişirimi 1000°C'de) yapıldı ve çamurun deformasyon sıcaklığı 1050°C olarak saptandı.

Pişirme işlemi şu sıraya göre yapılmıştır:

- a) Fırının doldurulması, b) Ön ısıtma, c) Sürekli ısıtma,
- d) Pişme ısınması, e) Soğutma, f) Boşaltma.

Seramik üretiminde pişirme en önemli adım olduğundan, iyi ürün elde edebilmek için pişme hızı denetlenmeli, fırında uygun bir sıcaklık dağılımı olmalı, pişme süresi iyi seçilmeli ve soğutma denetim altında tutulmalıdır. Bunlara dikkat edilerek bu çalışmada birinci pişirim için uygulanan 980°C'lik sıcaklığın dağılımı ve pişme süresinin kullanımı bir grafikte açıklandı.

Pişme süresince sıcaklık-zaman grafiği Şekil-11'de verildi.

3.8. SIR YAPIMINDA KULLANILAN HAMMADELER ve TEMİNİ

Hammadde Adı	Formülü	Formülün mol Ağırlığı	Nereden Temin edildiği
Kaolin (saf)	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	258	ESAN:Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Tic.A.Ş'den
Potasyum Feldspat (Ortoklas)	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	556	Matel: Hammadde San. ve Tic.A.Ş'den
Üleksit	$Na_2O \cdot 2CaO \cdot 5B_2O_3 \cdot 12H_2O$	739	Etibank Asit borik ve Boraks iletmeleri A.Ş Bandırma
Kristal Boraks	$Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$	382	
Kuvars	SiO_2	60	ESAN
Mermer Tozu	$CaCO_3$	100	Kale madencilik:Endüstriyel Hammaddeler San.veTic.A.Ş'den
Talk	$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$	378	Senko: Mümessillik San.ve Tic.Limited Şirketi'nden
Kalsine Soda	Na_2CO_3	106	Eczacıbaşı Boğa Madencilik San. ve Tic.A.Ş.
	ZnO	81	Çeşitli Firmalardan temin edildi.
	SnO ₂	151	
	CuO	80	
	Fe ₂ O ₃	160	
	Co ₂ O ₃	166	
	Cr ₂ O ₃	152	
	MnO ₂	87	
	Sb ₂ O ₃	292	

3.9. SIRIN HAZIRLANMASI

İlk denemelerde, hesap yapmadan, hammaddeleri belirli oranlarda karıştırarak yapılan sırların ilk önce reçeteleri çıkartıldı ve buradan da Seger formüllerinin hesaplanması yapıldı. Bu ilk denemelerden sonra seger formülünde düzeltmeler yapılarak denemelere devam edildi ve seger formülünden reçete hesabı yapıldı.

Sırların reçeteleri, yapılarını oluşturacak hammaddelerin yüzde hesabı ile birbirlerine oranını gösterir. Seger formülü, sırları oluşturan oksitlerin mol sayılarının birbirlerine oranını gösterir ki burada temel nokta, seger formülünde görülen mol sayıları belli, çeşitli oksitleri, hangi hammaddelerden elde edebileceğimizin belirlenmesidir. (Aradığımız oksitleri bünyelerinde tek başına veya bir çoğunu bir arada bulundurabilen hammaddeler vardır.) Ayrıca seger formülündeki oksitlerin mol sayıları sırım gelişimi hakkında da genel bir bilgi verir.

Bu çalışmada hazırlanan ham sırlar reçetelerindeki 1 kg. kuru ham madde oranı esas alınıp tartılarak hazırlandı.

Ham sırlar, porselen bilyeli, porselen değirmenlerde, değirmenin büyüklüğüne göre, boşluğu, bilye ağırlığı ve doldurulacak ham madde miktarları hesap edilip, uygun bir süre, su ile öğütülerek hazırlandı. Kullanılan kuru malzemelerin sulu öğütülmesi yapıldığı için su oranı çok önemli olup, her defasında aynı ve kuru malzeme ile 1/1 oranında kullanıldı. Sulu öğütme, değirmenin iç hacminin yaklaşık 1/3'ü kadar bir boşluk bırakılıp, değirmene yaklaşık öğütülecek kuru madde ağırlığı kadar bilye koyularak yapıldı. Bilyalar da büyük-orta-küçük boy olarak yaklaşık 1/3 oranlarında alındı.

Bu çalışmada kullanılan değirmenin iç hacmi 4 lt. olup, iç hacminin 1/3'ü boş bırakılarak, 1 kg. kuru ham madde, 1 lt. su ve 1 kg. ağırlığında 3 ayrı boyda ($R_1=2$ cm, $R_2=3$ cm, $R_3=4$ cm) ve 1/3 oranlarında porselen bilyalar kullanılarak öğütme işlemi yapıldı. (Şekil-4.)

Burada normal yaş öğütme yapılmış olup, normal yaş öğütmede n, $250\sqrt{D}$ ile $280\sqrt{D}$ değerleri arasında hesaplanır.

n=Değirmenin dönüşü (devir/dk)

D=Değirmenin iç çapı (cm)

250, 280= Değirmene ait sabit değerler olup, kullandığımız değirmenin sabit değeri 260, D=16 cm. olduğundan dönme sayısı,
 $n = 260\sqrt{D}$ 'den
 $n = 260\sqrt{16} = 65$ (devir/dk) olarak bulundu.

Öğütme süresi, reçetenin hazırlanması kadar önemlidir ve kullanılan hammaddelerin tane büyüklüğüne göre değiştiğinden, hazırlanan sırların kullanım türlerine göre de farklı öğütme süreleri ile sırlara farklı fiziksel özellikler kazandırılabilir. Bu süre ve istenen tane inceliğinin belirlenmesi tamamen deneyime bağlı olduğundan bir genelleme yapılamaz. (Ham sırları değirmende hazırlamak için hammaddeleri özellikle suda çözünmeyenlerden seçmek gerekir.)

Bu çalışmada, cm^2 'sinde 600 delik bulunan elekte belli bir kalınlı bırakmamak şartı ile 3,5-4 saat arasında öğütme yapıldı.

Sırın gereğinden fazla çok ince öğütülmesi, bazı önemli sır ve sırlama hatalarına yol açmış olup, bu hatalar, sırnın parça üzerinden yaprakçıklar şeklinde kalkması, sıra öğütme süresinin uzunluğu ile orantılı olarak değirmenin aşınan malzemelerinden (bilyalardan) diğer maddelerin karışması olarak saptandı. Hem bu nedenle, hem de öğütmenin tam yapılabilmesi için, değirmen bilyalarının büyük:orta:küçük oranı (1/3) belli aralıklarla kontrol edilerek, aşınma ile eksilen bilya ağırlığı belirlenip, bunun tamamlanması sağlandı. Her 5 kullanımda bir, değirmen bilyalarından küçülmüş, yassılaştırmış, delinmiş olanları ayrılarak, yenileri ile değiştirildi.

Çalışmanın başında üleksitli çalışmalara hazırlık olması açısından, boraksı ön denemeler yapıldı. Boraks suda çözünen bir madde olduğundan, suda çözünmenin az olması ve pişmiş çamurun sırnın az çekmesi açısından öğütme işleminde 1 kg. kuru malzemeye 1/2 lt. etil alkol kullanıldı ve aynı sonuç alındı. Fakat hazırlamada su yerine alkol kullanımı maddi açıdan, 1/2 su kullanımında kalın sırlama hatalarına yol açtığından tercih konusu olmamakla birlikte, boraksında bir bor minerali olması nedeniyle üleksitli çalışmalarda kullanılması gereken miktarın yaklaşık olarak belirlenmesine yardımcı olmuştur.

3.9.1. Hazırlanan Sırların Kullanılması :

Sırları kullanma işlemine yani sırlama işlemine başlamadan önce, sırlama sonunda ortaya çıkabilecek hatalar ve bunların olmaması için bu çalışmada dikkat edilen hususlar şunlardır:

Fazla sulu bir sır ile sırlanan parçalar ince, koyu bir sır ile sırlanan parçalar ise kalın sırlandı. İnce sırlanmış parçalarda sırlın mat çıkması, tam gelişmemesi gibi durumlar, kalın sırlanmış parçalarda ise sırlın çatlaması, yaprakcıklar şeklinde dökülmesi gibi durumlar görüldü.

Sırlanacak parçalardan dolayı, sırlama sonucu bir hata çıkmaması için bu parçalarında işleme hatasız şekilde hazırlanmasına dikkat edildi. Bu çalışmada bisküi pişirimi (ilk pişirim) yapılmadan kullanılmamış olmasına rağmen belirtmek gerekir ki bu şekilde kullanılacak parçaların belli bir et kalınlığına sahip olmaları gerekir. İnce ve kalın parçalar sırlama öncesi direnç kazanmaları amacı ile bisküi pişirimi yapıldıktan sonra kullanıldı.

Sırlanacak parçaların bisküi pişirim sıcaklığında her zaman aynı olmasına dikkat edildi. Az pişmiş parçalar da daha çok sır emerek sırlın gelişmesinin engellenmesi, çok pişmiş parçalarda ise sırlın emilmemesi ve parçanın uzun süre ıslak kalması sonucu sır tutmama hataları görüldü.

Sırlanacak parçaların yüzeylerinin tozsuz, yağsız ve kuru olmasına özen gösterildi, aksi taktirde toplanma, sır almama gibi sırlama hataları ortaya çıktı.

İnce et kalınlığına sahip parçalar sırlanırken, önce bir yüzünün sırlanması yapıp, çektiği sudan dolayı diğer yüzüde ıslanan parçanın kurumması beklenip, diğer yüzünün sırlanması yapıldı.

Sırlama işlemi yapılırken, özellikle daldırma yönteminde kullanılan kapların içindeki sır sürekli çöktüğünden çökme sonucu sırlın bileşimide değişeceğinden, elle yapılan küçük çaplı sırlamalarda sık sık basit bir karıştırma işlemi uygulandı.

3.10. SIRLAMA YÖNTEMLERİ

Bu çalışmada, sırlama işleminde, istenen sır kalınlığının elde edilebileceği kadar yoğunluğu ayarlanmış sır suspansiyonu içine, ilk pişirimi yapılmış parçaların daldırma usulü ile sırlandığı "Daldırma Yöntemi" kullanıldı.

Bu yöntem ile parçanın her tarafında eşit bir sır tabakası oluşturulduğundan, parçanın daldırıldığı sır içinde tutulma süresi, parçanın ince veya kalın sırlanmasına etki ettiğinden daldırma süresine dikkat edildi. Daldırma sırasında parçanın elle veya yardımcı bir malzeme ile tutulması sonucu sır almayan yerler bir fırça ile aynı kalınlıkta sırlandı.

3.11. SIR PIŞİRİMİ

Bu çalışmada bisküvi (=ilk pişirim) 980°C'de, sırlı parça 1000°C'de pişirildiğinden, sırlı pişirimin ilk pişirmeye göre yüksek sıcaklıklarda yapıldığı pişirme şekli kullanıldı.

Fırın içi sıcaklığının, gelişme sıcaklıklarının belirlenmesi ve ifadesi için pirometre ve seğir piramitleri kullanıldı.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. HESAPLAMALAR

4.1.1. Killerin Kimyasal Bileşiminden Mineralojik (=rasyonel) Bileşimin Hesaplanması :

Aşağıda örneği görülen rasyonel analiz hesabı, kimyasal analizleri bilinen hammaddelerin her biri için ayrı ayrı ve istenen sıcaklık derecesine uygun(980°C-1040°C) hazırlanan çamur için hesaplanan sonuçlar tablo-4'de verildi.

A kilinin (Beyaz kil) kimyasal analiz değerleri(% olarak):

(K.K=)	A.Z	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
	9,69	56.21	27.82	0.70	2,47	0,36	0,43	0,13	2.19

Mineralojik bileşiminin hesaplanmasında, mineralojik bileşimde yer alacak bileşiklerin moleküler ağırlıkları gereklidir:

Na-Feldspat: Na ₂ O.Al ₂ O ₃ .6SiO ₂ =	524	A.Z.= Ateş ziyatı.
K-Feldspat:K ₂ O.Al ₂ O ₃ .6SiO ₂ =	556	K.K.= Kızdırma kaybı.
Kil Cevheri: Al ₂ O ₃ .2SiO ₂ .2H ₂ O=	258	
	Al ₂ O ₃ =	102
	SiO ₂ =	60
	Na ₂ O=	62
	K ₂ O=	94

Hesaplamaya alkalilerden başlanıp, mineralojik bileşimde yer alacak olan Feldspat değerleri saptanır.

1- Na-Feldspat:

62 Na ₂ O	524 Na-Feldspat
0.13 Na ₂ O	X

$$x = \frac{0,13 \times 524}{62} = \%1.1 \text{ Na-Feldspat}$$

Bulunan Na-Feldspat kendi bünyesindeki Al₂O₃ ve SiO₂'i de birliğe getirir:

b) 524 Na-Feldspat	102 Al ₂ O ₃
1.1 Na-Feldspat	X

$$x = \frac{1.1 \times 102}{524} = \%0.21 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

b) 524 Na-Feldspat	360 (=6x60) SiO ₂
1.1 Na-Feldspat	X

$$x = \frac{1.1 \times 360}{524} = \%0.76 \text{ SiO}_2$$

524

2- K.Feldspat.

94 K ₂ O	556 K.Feldspat
2.19 K ₂ O	X

$$x = \frac{2.19 \times 556}{94} = \% 12.95 \text{ K.Feldspat}$$

a) 556 K.Feldspat	102 Al ₂ O ₃
12.95 K.Feldspat	X

$$\hat{x} = \frac{12.95 \times 102}{556} = \% 2,38 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

b) 556 K.Feldspat	360 SiO ₂
12,95 K.Feldspat	X

$$x = \frac{12,95 \times 360}{556} = \%8,39 \text{ SiO}_2$$

Feldspatlara bağlı olarak gelen Al₂O₃ ve SiO₂ değerleri toplanır:

	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{SiO}_2}$
Na-Feldspattan	0,21	0,76
K-Feldspattan:	2.38	8,39

Toplam %: 2,59 9.15

3- Kil Cevheri:

Kil cevherinin hesaplanmasında Al₂O₃'den yararlanılır. Bu nedenle kimyasal analizdeki Al₂O₃ değerinden, feldspatlara bağlı olarak gelen Al₂O₃ değerini çıkarmak gerekir.

Kimyasal analizdeki Al₂O₃: % 27.82

Feldspatlara bağlı Al₂O₃: % 2,59

Aşağıdaki fark olan % 25,23 Al₂O₃ ile kil cevheri hesaplanır.

102 Al ₂ O ₃	258 Kil cevheri
25,23 Al ₂ O ₃	X

$$x = \frac{25,23 \times 258}{102} = \% 63,82 \text{ kil cevheri}$$

Bulunan bu kil cevheri kendi bünyesine bağlı SiO₂'i de birlikte getirir:

258 Kil cevheri	120 (2x60) SiO ₂
63,82 Kil cevheri	X

$$x = \frac{63,82 \times 120}{258} = \% 29,68 \text{ SiO}_2$$

4- Serbest Silis:

Feldspatlara bağlı SiO ₂	: % 9,15
Kil cevherine bağlı SiO ₂	: % 29,68

Toplam bağlı SiO ₂	: % 38,83
-------------------------------	-----------

Mİneralojik bileşimde yer alacak olan serbest silis değerini bulmak için, kimyasal analizdeki SiO₂ değerinden, son bulunan toplam bağlı silis değerleri çıkarılır:

Kimyasal analizdeki SiO ₂	: % 56,21
Toplam bağlı SiO ₂	: % 38,83

Serbest silis: % 17,38

A kilinin mineralojik bileşimi:

% 63,82 Kil cevheri (KC)
% 17,38 Serbest Silis(SS)
% 14,05 Feldspat-toplam(F)

% 95,25

(Doğal Hammadde, bu hesaplanan değerler tablo-4'de toplanarak verildi.)

Tablo.3:Killerin kimyasal analiz değerleri (% olarak)

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	A.Z. (%)
A Kili (Beyaz Kili)	57,21	27,82	0,70	2,47	0,36	0,43	0,13	2,19	9,69
B Kili (Pembe Kili)	64,53	19,43	0,65	6,35	0,20	0,40	0,13	0,96	7,35
C Kili (Kırmızı Kili)	64,10	18,13	0,88	8,26	0,22	0,61	0,18	1,02	6,60

Tablo.4: Killerin mineralojik bileşimi. (% olarak)

	Kil Cevheri (KC) (%)	Serbest Silis (SS) (%)	Feldspat (F) (%)
A Kili (Beyaz Kili)	63,82	17,38	14,05
B Kili (Pembe Kili)	46	38,69	6,78
C Kili (Kırmızı Kili)	42,29	39,49	7,55
(%21A:%47B:%32C) 4A:9B:6C Çamuru	53,06	37,60	9,34

4.1.2.Yoğrulma Suyu Hesabı:

Tablo.5: Killerin % yoğrulma suyu.

	Plastik Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	% Yoğrulma Suyu
Kırmızı Çamur	40	35	14,3
Beyaz Çamur	40	34	17,7

4.1.3d Kuru, Pişme, Toplu Küçülme Hesapları.

Tablo.6: Killerin kuru, pişme, toplu küçülme hesabı için gerekli deney sonuçları değerleri.

		1	2	3	4	5	6	Ortalama
Kırmızı Çamur	Plastik	10	10	10	10	10	10	10
	Uzunluk(cm)	10	10	10	10	10	10	10
Kırmızı Çamur	Kuru Uzun-	9.1	9	8.9	9	9.1	8.9	9
		8.9	8.8	8.8	8.8	8.7	8.8	8.8
Beyaz Çamur	Pişmiş	9	8.9	8.8	8.9	9	8.8	8.9
		8.8	8.7	8.7	8.7	8.6	8.7	8.7
		Uzunluk(cm)						

Tablo.7: Killerin kuru, pişme, toplu küçülme sonuçları.

	Plastik Uzunluk(cm)	Kuru Uzunluk(cm)	Pişmiş Uzunluk(cm)	%Kuru Küçülme	(980°C'deki) %Pişme Küçülmesi	%Toplu Küçülme
Kırmızı Çamur	10	9	8.9	10	1.11	11
Beyaz Çamur	10	8.8	8.7	12	1.14	13

4.1.4. Su Emme Deneyi Hesapları.

Tablo.8: Su emme deneyi hesapları için gerekli deney sonuçları değerleri.

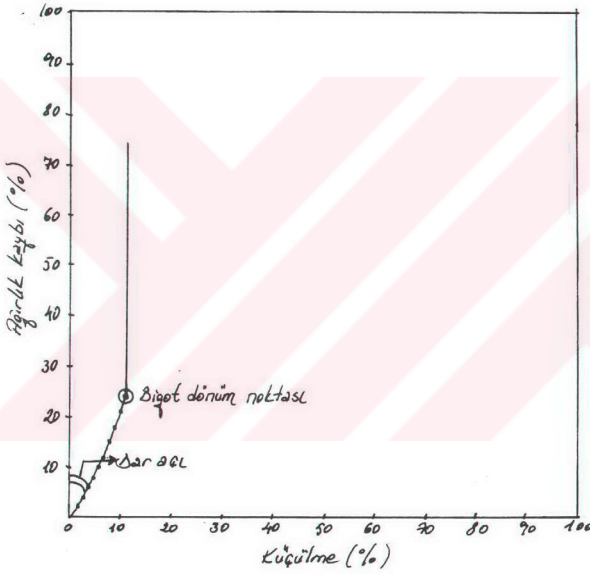
		1	2	3	4	5	6	Ortalama
Şekillendirme- meden önce alınan çamur (gr).	Kırmızı Çamur	500	500	500	500	500	500	500
	Beyaz Çamur	500	500	500	500	500	500	500
Şekillendir- meden sonra- ki ağırlık (gr.)	Kırmızı Çamur	475	475	445	460	435	480	462
	Beyaz Çamur	480	485	455	475	485	470	475
Pişmiş Kuru ağırlık(gr.)	Kırmızı Çamur	320	320	300	315	290	325	312
	Beyaz Çamur	320	329	298	317	329	310	317
Pişmiş yaş ağırlık(gr.)	Kırmızı Çamur	365	364	345	337	335	370	356
	Beyaz Çamur	360	370	338	356	367	350	357

Tablo.9 Su emme deneyi sonuçları.

(980^o C'de pişmiş çamurların % su emme değerleri)
Pişmiş Kuru Pişmiş Yaş %Su Emme
Ağırlık(gr.) Ağırlık(gr.)

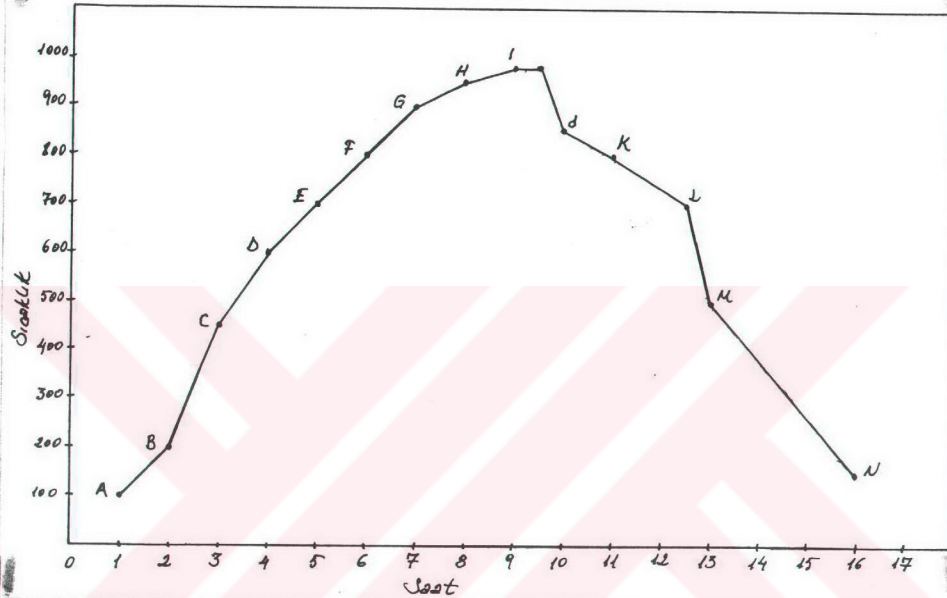
Kırmızı Çamur	312	356	14,1
Beyaz Çamur	317	357	12,6

4.1.5. Kullanılan Kırmızı Çamurun Bigot Eğrisi:



Şekil.10: Bigot eğrisi (Kırmızı Çamur)

4.1.6. Birinci Pişirim İçin Uygulanan Sıcaklık Dağılımı ve Pişme Süresinin Kullanımı:



Şekil-11: I. Pişirim için uygulanan sıcaklık dağılımı ve pişme süresinin kullanım grafiği.

4.1.7. Sırlara Ait Hesaplamalar:

Bu çalışmada hazırlanan sırların belli özelliklerinin incelendiği hesaplamalar arasından (üleksitli olan) birinin örneği (13 no'lu sır) aşağıda verildi.

4.1.7.1. Sır Reçetesinden Seger Formülünün Çıkarılması.

Üleksit = 550 gr.

K-Feldspat = 100 gr.

Kaolin = 140 gr.

Kuvars = 210 gr.

Toplam = 1000 gr.

<u>Reçetesi</u> :	<u>Formül</u> :	<u>Formülün</u> <u>Mol Ağırlığı</u>
Üleksit = %55	: $\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	= 739
K-Feldspat = %10	: $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	= 556
Kaolin = %14	: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	= 258
Kuvars = %21	: SiO_2	= 60
%100		

	Na_2O	K_2O	CaO	B_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
Üleksit = 55:739=0,074	0,074	--	0,148	0,37	--	--
K.Feldspat = 10:556=0,018	--	0,018	--	--	0,018	0,108
Kaolin = 14:258 =0,054	--	--	--	--	0,054	0,108
Kuvars = 21:60 =0,35	--	--	--	--	--	0,35
	0,074	0,018	0,148	0,37	0,072	0,566
	0,24					

Na_2O	= 0,074:0,24 = 0,308
K_2O	= 0,018:0,24 = 0,075
CaO	= 0,148:0,24 = 0,617
B_2O_3	= 0,37 :0,24 = 1,54
Al_2O_3	= 0,072:0,24 = 0,3
SiO_2	= 0,566:0,24 = 2,358

Seğer Formülü :

0,308 Na_2O		2,358 SiO_2
0,075 K_2O	0,3 Al_2O_3	1,54 B_2O_3
0,617 CaO		

Seğer Formülünden Yapılan Hesaplamalar :**4.1.7.2.Yüzeý Gerilim Hesabı:**

	Mol Oranı	Mol Ağırlığı	% olarak Kimyasal Bileşim	Yüzeý Gerilim Faktörü
Na ₂ O	0,308 x 62	= 19,1	: 3,407 = %5,61	x 1,5 = 8,42 dyn/cm.
K ₂ O	0,075 x 94	= 7,1	: 3,407 = %2,08	x 0,1 = 0,21 dyn/cm.
CaO	0,617 x 56	= 34,6	: 3,407 = %10,16	x 4,8 = 48,77 dyn/cm.
Al ₂ O ₃	0,3 x 102	= 30,6	: 3,407 = % 8,98	x 6,2 = 55,68 dyn/cm.
SiO ₂	2,358 x 60	= 141,5	: 3,407 = % 41,53	x 3,4 = 141,20 dyn/cm.
B ₂ O ₃	1,54 x 70	= 107,8	: 3,407 = %31,64	x 0,8 = 25,31 dyn/cm.
		340,7	%100.00	279,59 dyn/cm.

Bulunan 279,59 dyn/cm.'lik yüzeý gerilim değeri 900°C için olup, her 100°C'lik artış için bulunan değerden 4 çıkartılır.

1000°C'deki yüzeý gerilim değeri: 279,59-4= 275,59 dyn/cm.

4.1.7.3.Genleşme Katsayısının Hesabı:

	Mol Oranı	Mol Ağırlığı	% olarak Kimyasal Bileşim	Genleşme Katsayıları(x10 ⁻⁷)
Na ₂ O	0,308 x 62	= 19,1	: 3,407 = % 5,61	x 10 = 56,1
K ₂ O	0,075 x 94	= 7,1	: 3,407 = % 2,08	x 8,5 = 17,68
CaO	0,617 x 56	= 34,6	: 3,407 = %10,16	x 5,0 = 50,8
Al ₂ O ₃	0,3 x 102	= 30,6	: 3,407 = % 8,98	x 5,0 = 44,9
SiO ₂	2,358 x 60	= 141,5	: 3,407 = %41,53	x 0,8 = 33,22
B ₂ O ₃	1,54 x 70	= 107,8	: 3,407 = %31,64	x 0,1 = 3,16
		340,7	% 100.00	205,86x10 ⁻⁷

Sırın kübik genleşme katsayısı= 205,86x10⁻⁷

Sırın çizgisel genleşme katsayısı= $\frac{\text{Küçük G.K}}{3} = \frac{205,86 \times 10^{-7}}{3} = 68,62 \times 10^{-7}$

Genleşme yüzdesi= Çizgisel genleşme x Sıcaklık x 100 ise sırın genleşme sıcaklığı da 400°C olduğundan ,

$$\begin{aligned} \text{Genleşme yüzdesi} &= 68,62 \times 10^{-7} \times 400 \times 100 \\ &= \% 0,28 \end{aligned}$$

4.1.7.4.Eriticilik Katsayısı Hesabı:

Hazırlanan sırların gelişme dereceleri, seger formüllerinde ki oksitlerin farklı erime noktalarına ve birbirlerine oranlarına bağlı olarak değişir. Bu oksitlerin erime noktaları ayrı ayrı belirlenmiş olup her birinin eriticilik etkisi katsayıları olarak verilmiştir. Bu katsayılar erime noktasını düşüren oksitlerde büyük, yükseltenlerde ise küçüktür.

B_2O_3	1,00	CaO	0,58
Sb_2O_3	1,00	MgO	0,54
K_2O	0,88	SiO_2	0,38
Na_2O	0,88	TiO_2	0,38
ZnO	0,60	Al_2O_3	0,32
BaO	0,60	ZrO_2	0,32

$$\text{Eriticilik Katsayısı} = \frac{100 \cdot y}{x+y}$$

y: Seger formülünde bulunan bazik oksitlerin ve varsa Sb_2O_3 ve B_2O_3 'ün mol sayılarının eriticilik katsayıları ile çarpımlarının toplamıdır.

x: Al_2O_3 ile ZrO_2 'in 0,32 olan eriticilik katsayısının SiO_2 'e eşdeğer hale getirmek için 19/16 ile çarpımı ve SiO_2 'in mol sayısının toplamının bu gruptaki oksitlerin genel eriticilik katsayısı olan 0,38 ile çarpımından bulunan sayıdır.

y = RO + (B_2O_3 + Sb_2O_3) Bunların mol sayıları eriticilik katsayıları ile çarpılarak formüldeki yerlerine konulur.

$$x = (19/16x(Al_2O_3 + ZrO_2) + SiO_2) \times 0,38$$

$$\begin{aligned} (0,308 Na_2O) & & & 2,358 SiO_2 \\ (0,075 K_2O) & 0,3 Al_2O_3 & & (1,54 B_2O_3) \\ (0,617 CaO) & & & \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclcl} \text{B}_2\text{O}_3 & : & 1,54 & \times 1,00 & = 1,54 \\ \text{Na}_2\text{O} & : & 0,308 & \times 0,88 & = 0,27 \\ \text{K}_2\text{O} & : & 0,075 & \times 0,88 & = 0,07 \\ \text{CaO} & : & 0,617 & \times 0,58 & = 0,36 \\ & & & & \hline & & & & y = 2,24 \end{array}$$

$$x = (19/16 \cdot (0,3) + 2,358) \cdot 0,38$$

$$x = (0,356 + 2,358) \cdot 0,38$$

$$x = 1,03$$

$$\text{Eriticilik Katsayısı} = \frac{100 \cdot 2,24}{1,03 + 2,24} = 68,50$$

4.1.8. Yapılan Sır Hesapları:

Tablo.10- Boraks ile Yapılmış Olan Sır Denemeleri

No	REÇETESİ	SEĞER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM (dyn/cm)		GENLEŞME KATSAYIŞI				ERİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000°C	Küçük G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Fuzdesi		
1	Boraks=%57,45	1 Na ₂ O 7,37 SiO ₂ 3,55 Al ₂ O ₃ 2 B ₂ O ₃	392,9	388,9	278,1x10 ⁻⁷	92,7x10 ⁻⁷	% 0,37	39,6	
	Kaoli n=%10,64								
	Kuvars=%31,91								
2	Boraks=%57,29	0,892 Na ₂ O 3,191 SiO ₂ 0,395 Al ₂ O ₃ 1,784 B ₂ O ₃ 0,108 K ₂ O	257,3	253,3	237,7x10 ⁻⁷	79,2x10 ⁻⁷	% 0,32	71,7	
	K.Felds=%10,42								
	Kaoli n=%12,15								
	Kuvars=%19,79								
3	Boraks=% 65	0,9 Na ₂ O 2,2 SiO ₂ 0,4 Al ₂ O ₃ 1,8 B ₂ O ₃ 0,1 K ₂ O	244	240	264x10 ⁻⁷	88x10 ⁻⁷	% 0,35	55,8	
	K.Felds=% 10,4								
	Kaoli n=% 12,5								
	Kuvars= % 12,1								
4	Boraks= %51,4	0,982 Na ₂ O 3,011 SiO ₂ 0,395 Al ₂ O ₃ 1,964 B ₂ O ₃ 0,018 K ₂ O	253,3	249,3	234x10 ⁻⁷	78x10 ⁻⁷	% 0,31	68,3	
	K.Felds= %1,6								
	Kaoli n= % 16								
	Kuvars= % 21								

No	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM (dyn/cm.)		GENLEŞME KATSAYISI				ERİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000°C	Kibrik G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi		
5	Boraks= % 51,6	0,9 Na ₂ O	273	269	222,8x10 ⁻⁷	74,3x10 ⁻⁷	% 0,3	60	
	K.Felds= % 8,3	0,47 Al ₂ O ₃							
	Kaolin= % 14,3	0,1 K ₂ O							
	Kuvars= % 25,8	1,8 B ₂ O ₃							
6	Boraks= % 54,6	0,9 Na ₂ O	262,8	258,8	226,8x10 ⁻⁷	75,6x10 ⁻⁷	% 0,30	62,9	
	K.Felds= % 9,9	0,4 Al ₂ O ₃							
	Kaolin= % 11,9	0,1 K ₂ O							
	Kuvars= % 23,6	1,8 B ₂ O ₃							
7	Boraks= % 53,4	0,87 Na ₂ O	269,3	265,3	227x10 ⁻⁷	75,7x10 ⁻⁷	% 0,30	60,5	
	K.Felds= % 9,7	0,44 Al ₂ O ₃							
	Kaolin= % 11,7	0,13 K ₂ O							
	Kuvars= % 25,2	1,75 B ₂ O ₃							
8	Boraks= % 54,1	0,89 Na ₂ O	266,9	262,9	235x10 ⁻⁷	78,3x10 ⁻⁷	% 0,31	46,1	
	K.Felds= % 10,2	0,46 Al ₂ O ₃							
	Kaolin= % 14,3	0,11 K ₂ O							
	Kuvars= % 21,4	1,78 B ₂ O ₃							
9	Boraks= % 53	0,79 Na ₂ O	270,3	266,3	238,5x10 ⁻⁷	79,5x10 ⁻⁷	% 0,32	63,4	
	K.Felds= % 10	0,1 K ₂ O							
	Mermer= % 2	0,41 Al ₂ O ₃							
	Kaolin= % 14	0,11 CaO							
	Kuvars= % 21	1,57 B ₂ O ₃							

NO	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM (dyn/cm.)		GENLEŞME KATSAYISI				ERİTİCİLİK KATSAYISI
			9000°C	10000°C	Küçük G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi		
10	Boraks= % 53 K.Felds= % 10 Tağk = % 2 Kaolin= % 14 Kuvars= % 21	0,86 Na ₂ O 0,11 K ₂ O 0,44 Al ₂ O ₃ 0,03 MgO 1,72 B ₂ O ₃	268	264	228,3x10 ⁻⁷	76,1x10 ⁻⁷	% 0,30	63,4	
11	Boraks= % 53 K.Felds= % 10 Soda = % 2 Kaolin= % 14 Kuvars= % 21	0,9 Na ₂ O 0,41 Al ₂ O ₃ 0,1 K ₂ O 1,58 B ₂ O ₃	265,2	261,2	246,9x10 ⁻⁷	82,3x10 ⁻⁷	% 0,33	63,7	
12	Boraks= % 27 K.Felds= % 6 Mermer= % 8 Kaolin= % 16 Kuvars= % 31 SnO ₂ = % 10 ZnO = % 20	0,174 Na ₂ O 0,027 K ₂ O 0,179 Al ₂ O ₃ 0,349B ₂ O ₃ 0,197 CaO 0,602 ZnO 0,162 SnO ₂	323	319	203,9x10 ⁻⁷	68x10 ⁻⁷	% 0,27	57,2	

Tablo.11- Üleksit İle Yapılmış Olan Sır Denemeleri.

NO	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM		GENLEŞME KATSAYISI			ERİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000°C	Küçük G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi	
13	Üleksit= % 55	0,308 Na ₂ O	279,6	275,6	205,9x10 ⁻⁷	68,6x10 ⁻⁷	% 0,28	68,5
	K.Felds= % 10							
	Kaolin= % 14	0,075 K ₂ O						
	Kuvars= % 21	0,617 CaO						
14	Üleksit= % 50	0,21 Na ₂ O	291,4	287,4	224,4x10 ⁻⁷	74,8x10 ⁻⁷	% 0,30	71,3
	K.Felds= % 9							
	Mermer= % 10	0,19 Al ₂ O ₃						
	Kaolin= % 12	0,05 K ₂ O						
	Kuvars= % 19	0,74 CaO						
15	Üleksit= % 47,5	0,18 Na ₂ O	299,1	295,1	236,7x10 ⁻⁷	78,9x10 ⁻⁷	% 0,32	72,6
	K.Felds= % 8							
	Mermer= % 15	0,16 Al ₂ O ₃						
	Kaolin= % 11,5	0,04 K ₂ O						
	Kuvars= % 18	0,78 CaO						
16	Üleksit= % 25	0,22 Na ₂ O	328,3	324,3	207,1x10 ⁻⁷	69,03x10 ⁻⁷	% 0,28	41,15
	K.Felds= % 28							
	Kaolin= % 18	0,79 Al ₂ O ₃						
	Kuvars= % 29	0,33 K ₂ O						

NO	REÇETESİ	SEĞER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM		GENLEŞME KATSAYISI			ERİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000°C	Küçük G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi	
17	Üleksit=%22,73	0,135 Na ₂ O	3,661 SiO ₂	336,6	332,6	224,5x10 ⁻⁷	74,8x10 ⁻⁷	45,8
	K.Felds=%25,46	0,2 K ₂ O						
	Mermer=% 9,09	0,477 Al ₂ O ₃						
	Kaolin=% 16,36	0,665 CaO						
	Kuvars=% 26,36							
18	Üleksit=%21,74	0,12 Na ₂ O	3 SiO ₂	340,5	336,5	230,8x10 ⁻⁷	76,9x10 ⁻⁷	48,4
	K.Felds=%24,35	0,15 K ₂ O						
	Mermer=% 13,04	0,39 Al ₂ O ₃						
	Kaolin=% 15,65	0,73 CaO						
	Kuvars=% 25,22							
19	Üleksit=% 52	0,3 Na ₂ O	2,5 SiO ₂	290,2	286,4	214,6x10 ⁻⁷	71,5x10 ⁻⁷	66,1
	K.Felds=% 13	0,1 K ₂ O						
	Kaolin= % 15	0,35 Al ₂ O ₃						
	Kuvars= % 20	0,6 CaO						
20	Üleksit=% 47,3	0,21 Na ₂ O	1,76 SiO ₂	297,3	293,3	228,5x10 ⁻⁷	76,2x10 ⁻⁷	68,8
	K.Felds=% 11,8	0,07 K ₂ O						
	Mermer= % 9,1	0,24 Al ₂ O ₃						
	Kaolin= % 13,6	0,72 CaO						
	Kuvars= % 18,2							

NO	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	MÜZEY GERİLİM		GENLEŞME KATSAYISI			FRİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000°C	Kübik G. K.	%izgisel G. K.	Genleşme Yüzdesi	
21	Üleksit=%45,22	0,18 Na ₂ O	303,7	299,7	235,9x10 ⁻⁷	78,6x10 ⁻⁷	69,64	
	K. Felds=%11,30	1,55 SiO ₂						
	Mermer=%13,04	0,06 K ₂ O 0,21 Al ₂ O ₃ 0,91 B ₂ O ₃						
	Kaolin=% 13,04	0,76 CaO						
	Kuvars=% 17,4							
22	Üleksit=%43,33	0,162 Na ₂ O	308,7	304,7	245,1x10 ⁻⁷	81,7x10 ⁻⁷	70,7	
	K. Felds=%10,83	1,363 SiO ₂						
	Mermer=%16,67	0,055 K ₂ O 0,19 Al ₂ O ₃ 0,81 B ₂ O ₃						
	Kaolin=% 12,5	0,783 CaO						
	Kuvars=%16,67							
23	Üleksit=% 51	0,3 Na ₂ O	290,2	286,2	215x10 ⁻⁷	71,7x10 ⁻⁷	66,1	
	K. Felds=% 13	2,5 SiO ₂						
	Kaolin=% 18	0,1 K ₂ O 0,4 Al ₂ O ₃ 1,5 B ₂ O ₃						
	Kuvars=% 18	0,6 CaO						
24	Üleksit=%46,36	0,21 Na ₂ O	302,1	298,1	233x10 ⁻⁷	77,7x10 ⁻⁷	74,3	
	K. Felds=%11,83	1,75 SiO ₂						
	Mermer=% 9,09	0,07 K ₂ O 0,28 Al ₂ O ₃ 1,05 B ₂ O ₃						
	Kaolin=% 16,36	0,72 CaO						
	Kuvars=% 16,36							

NO	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM		GENLEŞME KATSAYISI			ERİTİCİLİK KATSAYISI
			°C	1000°C	Küçük G.K	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi	
25	Üleksit=%44,35 K.Felds=% 11,3 Mermer= % 13,04 Kaolin= % 15,65 Kuvars= % 15,65	0,18 Na ₂ O 0,06 K ₂ O 0,24 Al ₂ O ₃ 0,76 CaO 0,9 B ₂ O ₃	307,6	303,6	240,5x10 ⁻⁷	80,2x10 ⁻⁷	% 0,32	69
			312,8	308,8	249,8x10 ⁻⁷	83,3x10 ⁻⁷	% 0,03	
26	Üleksit= % 42,5 K.Felds= % 10,83 Mermer= % 16,67 Kaolin= % 15 Kuvars= % 15	0,161 Na ₂ O 0,055 K ₂ O 0,216 Al ₂ O ₃ 0,784 CaO 0,805 B ₂ O ₃	269,8	265,8	206,3x10 ⁻⁷	68,8x10 ⁻⁷	% 0,28	72,5
			263,1	259,1	210,2x10 ⁻⁷	70,1x10 ⁻⁷	% 0,28	
27	Üleksit= % 60 K.Felds= % 8 Kaolin= % 13 Kuvars= % 19	0,32 Na ₂ O 0,05 K ₂ O 0,25 Al ₂ O ₃ 0,63 CaO	263,1	259,1	210,2x10 ⁻⁷	70,1x10 ⁻⁷	% 0,28	76,7
			263,1	259,1	210,2x10 ⁻⁷	70,1x10 ⁻⁷	% 0,28	
28	Üleksit= % 65 K.Felds= % 5 Kaolin= % 14 Kuvars= % 16	0,03 K ₂ O 0,25 Al ₂ O ₃ 1,6 B ₂ O ₃ 0,64 CaO	263,1	259,1	210,2x10 ⁻⁷	70,1x10 ⁻⁷	% 0,28	76,7
			263,1	259,1	210,2x10 ⁻⁷	70,1x10 ⁻⁷	% 0,28	

NO	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM		GENLEŞME KATSAYISI			ERİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000°C	Küçük G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi	
33	Üleksit= % 63	0,24 Na ₂ O 0,14 Al ₂ O ₃ 1,2 B ₂ O ₃ 0,76 CaO	271,5	267,5	229,7x10 ⁻⁷	76,6x10 ⁻⁷	% 0,31	81,4
	Mermer= % 10							
	Kaolin= % 13							
	Kuvars= % 14							
34	Üleksit= %64	0,242 Na ₂ O 0,025 K ₂ O 0,133 Al ₂ O ₃ 0,733 CaO	264,1	260,1	234x10 ⁻⁷	78x10 ⁻⁷	% 0,31	82
	K.Felds.= % 5							
	Mermer= % 9							
	Kaolin= % 10							
Kuvars= % 12								
35	Üleksit= % 50	0,33 Na ₂ O 0,38 Al ₂ O ₃ 0,67 CaO	295,3	291,3	185,1x10 ⁻⁷	61,7x10 ⁻⁷	% 0,25	62,7
	Kaolin= % 20							
	Kuvars= % 30							
	Üleksit= % 60							
36	Üleksit= % 60	0,3 Na ₂ O 0,1 MgO 0,2 Al ₂ O ₃ 0,6 CaO	270	266	198x10 ⁻⁷	66x10 ⁻⁷	% 0,26	76,3
	Talk= % 10							
	Kaolin= % 14							
	Kuvars= % 16							

NO	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM		GENLEŞME KATSAYISI			ERİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000°C	Küçük G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi	
37	Üleksit=% 59 Mermer= % 74 ZnO = % 2,5 Kaolin= %14,5 Kuvars= % 20	0,26 Na ₂ O 0,64 CaO 0,18 Al ₂ O ₃ 1,3 B ₂ O ₃	279,8	275,8	205,8x10 ⁻⁷	68,6x10 ⁻⁷	% 0,27	75,6
			264	260	199,7x10 ⁻⁷	66,6x10 ⁻⁷	% 0,27	
38	Üleksit=% 65 Kaolin=% 15 Kuvars=% 20	0,33 Na ₂ O 0,22 Al ₂ O ₃ 0,67 CaO 1,67 B ₂ O ₃	274,8	270,8	220,1x10 ⁻⁷	73,4x10 ⁻⁷	% 0,29	78,2
			292,9	288,9	230,3x10 ⁻⁷	76,8x10 ⁻⁷	% 0,31	
39	Üleksit=% 60 Mermer= % 10 Kaolin =% 11 Kuvars= % 19	0,24 Na ₂ O 0,13 Al ₂ O ₃ 0,76 CaO 1,2 B ₂ O ₃	274,8	270,8	220,1x10 ⁻⁷	73,4x10 ⁻⁷	% 0,29	78,2
			292,9	288,9	230,3x10 ⁻⁷	76,8x10 ⁻⁷	% 0,31	
40	Üleksit= % 60 K.Felds=% 4 Kaolin= % 16 Kuvars= % 20	2,82 SiO ₂ 0,23 K ₂ O 0,43 Al ₂ O ₃ 0,51 CaO 1,3 B ₂ O ₃	292,9	288,9	230,3x10 ⁻⁷	76,8x10 ⁻⁷	% 0,31	61,4
			292,9	288,9	230,3x10 ⁻⁷	76,8x10 ⁻⁷	% 0,31	

NO	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM		GENLEŞME KATSAYISI			ERİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000 °C	Küçük G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi	
41	Üleksit=% 58,18 K.Felds=% 4,55 Mermer= % 8,18 Kaolin= % 9,09 Kuvars= % 20	0,24 Na ₂ O 0,03 K ₂ O 0,13 Al ₂ O ₃ 0,73 CaO 1,38 SiO ₂ 0,13 Al ₂ O ₃ 1,2 B ₂ O ₃	271,7	267,7	216,5x10 ⁻⁷	72,2x10 ⁻⁷	% 0,29	76,3
42	32 no'lu sır- la reçete ay- nı, fakat de- girmende kalış süresi farklı.							
43	Üleksit=% 63 K.Felds=% 3 Kaolin= % 12 Kuvars= % 14 SnO ₂ = % 8	0,33 Na ₂ O 0,02 K ₂ O 0,2 Al ₂ O ₃ 0,65 CaO 2,41 SiO ₂ 1,64 B ₂ O ₃ 0,20 SnO ₂	248,3	244,3	187,7x10 ⁻⁷	62,6x10 ⁻⁷	% 0,25	99
44	Üleksit=% 58 Kaolin=% 11 Mermer= % 6 Kuvars=% 17 SnO ₂ = % 8	0,266 Na ₂ O 0,145 Al ₂ O ₃ 0,734 CaO 1,33 B ₂ O ₃ 0,179 SnO ₂	240,3	236,3	212,5x10 ⁻⁷	70,8x10 ⁻⁷	% 0,28	78,7

(9)

NO	REÇETESİ	SEGER FORMÜLÜ	YÜZEY GERİLİM		GENLEŞME KATSAYISI			ERİTİCİLİK KATSAYISI
			900°C	1000°C	Küçük G.K.	Çizgisel G.K.	Genleşme Yüzdesi	
45	Üleksit=% 64	0,325 Na ₂ O	245,2	241,2	210,1x10 ⁻⁷	70x10 ⁻⁷	% 0,28	78
	Kaolin= % 13	1,463 SiO ₂						
	K.Feİds=% 4	0,026 K ₂ O						
	Kuvars= % 15	0,213 Al ₂ O ₃						
SnO ₂ = % 4		0,649 CaO						

4.2. TARTIŞMA.

4.1.1 bölümünde tablo.3 olarak verilen, killerin kimyasal analiz değerlerinden yararlanılarak, tablo.4'de verilen killerin mineralojik bileşimleri hesaplandı. Bulunan değerler, bu tip killer ile ilgili rasyonel analizlerle karşılaştırılarak, killerin bileşimlerine uygun çamur hesabı yapıldı ve hesaplanmasına geçildi.

4.1.2 bölümünde Tablo.5 olarak verilen, killerin % yoğrulma suyu değerlerine bakılarak, yoğrulma suyu değeri büyük olan killer, yoğrulma suyu değeri küçük olan killere oranla daha özlü olduklarından, bu çalışmada kullanılan beyaz çamurun kırmızı çamurdan daha özlü olduğu saptandı.

4.1.3 bölümünde killerin kuru, pişme, toplu küçülme deney sonuçlarının verildiği Tablo.6'dan yararlanılarak Tablo.7'de sonuçları verilen killerin kuru, pişme ve toplu küçülme hesapları yapıldı. Killer ne kadar çok su ile şekillendirilirse kuru küçülmesi de o kadar fazla olmaktadır. Killerin küçülmelerini etkileyen bir diğer özellikte kilin özlülük derecesi olup, özlü killer özsüzlere oranla daha çok küçüldüklerinden beyaz çamurumuz kırmızı çamurdan daha çok küçülme gösterdi, ayrıca çok özlü killerin özsüzlere oranla daha büyük pişme ve toplu küçülme değerleri gösterdiği bulundu.

4.1.4 bölümünde su emme deneyi sonuçlarının verildiği Tablo.8'den yararlanılarak hesaplanan killerin % su emme değeri Tablo.9'da verildi. Su emmeyi etkileyen faktörler, kilin özlülüğü ve pişme sıcaklığı olup, özlülük ve pişme sıcaklığı arttıkça kilin su emme yeteneği azalacağından Tablo.9'daki değerlerden beyaz çamurumuzun (980 °C'de) daha özlü olduğu ve bundan dolayı su emme değerinin daha düşük olduğu görüldü.

4.1.5 bölümünde Şekil.10'da verilen Bigot eğrisinin koordinatları ile yaptığı açıdan faydalanarak, kilin kurumaya karşı hassas

olup olmadığı saptanır. Geç gelen "Bigot dönüm noktası" ve küçülme-ağırlık kaybı eğrisinin düşey ile yaptığı açının geniş olması, kilin kurumaya karşı hassas olduğunu gösterir. Kullandığımız kırmızı çamurun, küçülme-ağırlık kaybı eğrisinin düşey ile yaptığı açının dar olması ve erken gelen "Bigot dönüm noktası" görülmesi, çamurumsuzun kurumaya karşı hassas olmadığını gösterdi.

4.1.6 bölümünde verilen Şekil.11'de I. pişirim için uygulanan sıcaklık dağılımı ve pişme süresinin kullanımı grafik üzerinde açıldı. Bu grafikteki aşamalar:

Pişirme:

OAB: Ürünün kuruması

BC: Kimyasal suyun uzaklaşmaya başlaması

CDE: Kuvarsın alfa-beta değişimi ve kimyasal suyun tamamen uzaklaşması için yavaş pişirim yapıldı.

EGF: Bileşimin minerallerinin öz yapılarını değiştirmesi,

GHI: İskeleti oluşturan kristal yapı oluşması,

I: Homojen ısı dağılımı için bir süre tutuldu.

Soğutma:

IJ: Hızlı soğutma,

JKL: Kuvars dönüşümünden dolayı çok yavaş yapıldı.

LM: Hızlı soğutma,

MN: Kuvass dönüşümünden dolayı yavaş soğutma yapıldı.

4.1.7 bölümünde bu çalışmada hazırlanan sırların belli özelliklerinin belirlenmesi için gerekli hesaplamalara geçildi.

4.1.8 bölümünde, boraks ve üleksit kullanarak yapılan sır denemelerinin, 4.1.7 bölümünde anlatıldığı gibi reçetelerinden seger formülleri, seger formüllerinden de yüzey gerilimleri, genişleme katsayıları ve eriticilik katsayıları hesaplanarak bulunan

değerler, bu sırların hazırlanma sıralarına göre Tablo.10'da ve Tablo.11'de verildi.

Tablo.10'da verilen Boraks ile yapılmış olan sır denemelerinin yorumları:

1 nolu sır: % 45'den az boraks kullanılan sırlarda camlaşma görülmediği için sonuçlar bu denemeden itibaren verildi.

Çok ince ve sık çatlak ağı oluştu, sırn erimesinin tam gerçekleşmemiş olmasından beyaz mat renkli az camlaşan kısımlar görüldü.

2 nolu sır: 1 nolu sırda erimeyi kolaylaştırmak amacıyla kuvars miktarı azaltılarak, K.feldspat eklendi. Sırda tam bir erime sağlandı fakat seyrekte olsa ince çatlaklar görüldü.Kuvarsın azaltılması yüzey gerilimi ve genişleme katsayısını düşürdü, eriticilik katsayısını arttırdı.

3 nolu sır: 1 ve 2 nolu denemelerden 2 nolu sırn özellikleri daha iyi olduğundan 2 nolu sırn geliştirilmesi ve erime noktasının düşürülmesi düşünülerek boraks miktarı arttırıp, kuvars miktarı azaltıldı. 2 nolu sıra göre yüzey gerilim ve eriticilik katsayısı azaldı, genişleme katsayısı arttı. Sırda, tam olarak oluşan camlaşma reaksiyonuna rağmen çok sık ve ince çatlaklar ve toplanmalar görüldü.

4 nolu sır: 2 nolu sırda K.feldspat miktarı azaltılıp, diğer maddeler arttırıldı. Sırda camlaşma reaksiyonu gerçekleşti fakat 3 nolu sırdan daha az olmasına rağmen çatlaklı ve toplanmalı bir sır elde edildi. Hesaplanan tüm değerler, K.feldspat'ın azaltılmasına rağmen 2 nolu sırda aynı değerler elde edildi.

- 5 nolu sır:** 2 nolu sırda kaolin ve kuvars miktarı arttırıldı. Elde edilen sırda toplanmalar ve çatlaklar görüldü. Yüzey gerilim, değeri arttı, genleşme katsayısı, eriticilik katsayısı azaldı.
- 6 nolu sır:** 2 nolu sır bileşimine % 5=48 gr SiO₂ eklendi, çatlaklarda gözle görülür bir azalma olmasına rağmen, toplanmanın önüne geçilemedi. SiO₂ eklenmesi ile yüzey gerilim değeri arttı, genleşme katsayısını ve eriticilik katsayısı değeri azaldı. (2 nolu sırdan sonra en iyi sonuç veren bileşim.) Şekil.12'de 1-6 arası sır numunesi verildi.
- 7 nolu sır:** 6 nolu sıra % 2 (2 nolu sıra toplam % 7 oluyor) SiO₂ katıldı, çatlağın iyice azalmasına rağmen 3 ve 4 nolu sırda olduğu gibi lekeler oluştu.
- 8 nolu sır:** 5 nolu sıragöre boraks ve K.feldspat arttırılıp, Kuvars azaltılarak erime noktası düşürülüp çatlak önlenmeye çalışıldı fakat toplanmanın ortadan kalkmasına rağmen sır çatlağı giderilemedi. Yüzey gerilim ve eriticilik katsayısı azaldı, genleşme katsayısı arttı.
- 9 nolu sır:** 8 nolu sıra, sır çatlağını gidermesi amacı ile 20 gr. mermer (tozu) eklendi, çatlağın yoğunluğunu azalttığı görüldü. Sırda hafif bir örtücülük gözleendi. Sır bileşimine eklenen mermer , sırnın yüzey gerilim, genleşme katsayısı ve eriticilik katsayısını arttırdı. (2 ve 6 nolu sırdan sonra iyi sonuç veren bileşim.)
- 10 nolu sır:** 8 nolu sıra 20 gr. talk eklendi, sır çatlağının azalması sağlandı ve sırda hafif bir matlaşma ve örtücülük görüldü. Eklenen talk ile sırnın yüzey gerilimi ve eriticilik katsayısı arttı, genleşme katsayısı azaldı.

11 nolu sır: 8 nolu sıra 20 gr. soda eklendi, çatlaklarda azalma görüldü. 10 nolu sırda (çok benzer) aynı bir sır elde edildi. Yüzey gerilim azaldı, genleşme ve eriticilik katsayısı arttı.

12 nolu sır: Buraya kadar yapılan denemelerden alınan sonuçlara bakılarak, beyaz, mat ve örtücü (opak) bir sır hazırlamak için, boraks miktarı düşük, kuvars miktarı yüksek tutulup sırun erime noktası yükseltti. Erime sıcaklığından önce (1000°C'de) sırun pişirilmesine son verildiğinden oluşacak matlığı daha iyi hale getirmek için sır bileşimine beyazlık ve örtücülük sağlaması için SnO₂ ve ZnO eklendi. Aynı zamanda SnO₂ ve ZnO düşük genleşme katsayıları ile sırun elastikliğini arttırıp, çatlamayı önledi. (Bu çalışmada diğerinden farklı olarak boraks ve kuvars, diğer maddeler öğütüldükten sonra değirmene katılarak (10 dk.) değirmende homojen hale getirildi.)
Şekil 13'te 7 - 12 arası sır numuneleri verildi.

Boraks ile yapılan,

1 ve 12 nolu sırlar içinde 3,5 ve 6 nolu sırlarda görülen toplanmalar ile artistik sırlardan toplanmalı sır olarak, 1,10 ve 11 nolu sırlar krakle sırlardan ince krakle sır olarak kullanılabilir. 12 nolu sır da mat ve örtücü özellik gösteren bu çalışmada bulunmuş olan özel bir artistik sır olarak kullanılabilir.

Renklendirilmiş sırlar:

- 1) **8 nolu sır:** a- 20 mlt. sır + % 5 MnO₂
ince sırlanan bölgelerde renk biraz daha açık olarak, parlak kahve renkli bir sır elde edildi.

b- 20 mlt. sır + % 5 Fe_2O_3
Çok açık kahve renk elde edildi.

2) 9 nolu sır: a- 20 mlt. sır + % 5 MnO_2
 $CaCO_3$ 'ün etkisi ile 8 nolu sırdan biraz daha
örtücü ve parlaklığı az ve daha açık tonda
kahve rengi elde edildi.

b- 20 mlt. sır + % 5 Fe_2O_3
Kızıl-kahve renk oluştu.

3) 10 nolu sır: a- 20 mlt. sır + % 5 MnO_2
Talk etkisi ile 8 nolu sırdan daha az parlak
ve örtücü, 9 nolu sırdan parlak kahve rengi
bir sır elde edildi. İnce sırlanan bölgelerde
renk daha açık çıktı.

b- 20 mlt. sır + % 5 Fe_2O_3
Çok açık kahve rengi oluştu.

4) 11 nolu sır: a- 20 mlt. sır + % 5 MnO_2
8 nolu sır ile aynı özellikte kahverengi bir
sır elde edildi.

b- 20 mlt sır + % 5 Fe_2O_3
Kızıl-kahve tonunda bir sır elde edildi.

Şekil.14'te MnO_2 ve Fe_2O_3 ile renklendirilmiş borakslı numunele-
ri verildi. MnO_2 kullanarak yapılan renkli sırlarda, ham halde
görülen çatlaklar, MnO_2 'ün düşük g.k ile sırnın elastikliğini art-
tırdığından dolayı kayboldu. Fe_2O_3 kullanarak yapılan sırlarda
ise (MnO_2 'den yüksek g.k nedeni ile) çatlaklarda bir değişik-
lik görülmedi.

Tablo.11'de verilen Üleksit ile yapılmış olan sır denemelerinin
yorumları:

13 nolu sır: (2 nolu) Borakslı çalışmalardan örnek alınarak
% 55 Üleksit ve % 10 K.feldspat alınarak denemelere
başlandı. Bu denemede camlaşma görülmedi.

14 ve 15 nolu sırlarda 100 ve 150 gr $CaCO_3$ eklendi

ve aynı sonuç alındı.

16 nolu sır: Üleksik % 30 civarı ve kuvars ile yakın miktarlarda alındı. 17 ve 18 nolu sırlarda 100 ve 150 gr. CaCO_3 eklendi. Üç denemede de camlaşma görülmedi.

19 nolu sır: 13 nolu sırinseger formülünde K_2O miktarı arttırılıp, Na_2O ve CaO miktarı azaltılarak seger formülü düzenlenip reçeteye geçildi. 20, 21 ve 22 nolu sırlarda 100, 150 ve 200 gr CaCO_3 eklendi. Bu dört denemede de camlaşma görülmedi.

23 nolu sır: 19 nolu sırin segerinde Al_2O_3 miktarı arttırılarak reçetesi çıkartıldı. 24, 25 ve 26 nolu sırlarda 100, 150 ve 200 gr. CaCO_3 eklendi. Camlaşma görülmedi.

13 - 26 nolu denemelerde olumlu sonuç alınamadı. Sırlarda erime gerçekleşmediği için (camlaşma reaksiyonu olamadığından) 1000°C ' de piştikten sonra bile toz halde dökülmeler görüldü.

Ayrıca 13 - 26 nolu denemelerin hesaplarından, görüldü ki eklenen CaCO_3 miktarı ile orantılı olarak sırin yüzey gerilimi, genleşme katsayısı ve erime katsayısı arttı.

13 - 26 nolu çalışmalarında sonuç alınamadığından önemli bir eritici olan Üleksit miktarı arttırılarak denemelere devam edildi.

27 nolu sır: % 60 Üleksit alınarak çok az çatlaklı, parlak ve seffaf bir sır elde edildi.

28 nolu sır: 27 nolu sırdaki çatlağı gidermek amacıyla sır bileşiminde kuvars ve K.feldspat miktarı azaltılıp, üleksit arttırıldı. Çatlaksız, parlak ve şeffaf bir sır elde edildi. Yüzey gerilim, eriticilik katsayısı düştü, genleşme katsayısı arttı.

29 nolu sır: 27 nolu sır bileşiminden K.feldspat alınıp, aynı miktarda CaCO_3 eklendi. Yüzey gerilim ve genleşme katsayısı değerinin artmış olmasına rağmen çatlaksız, şeffaf fakat 28 nolu sıra göre biraz daha az parlaklıkta bir sır elde edildi.

30 nolu sır: 28 ve 29 nolu sır denemelerinden gayet iyi sonuç alındığından, mermer ve feldspat birlikte kullanılarak, çatlaksız, şeffaf ve parlak bir sır elde edildi.

31 nolu sır: 29 nolu sır bileşiminde üleksit ve mermer arttırılıp kaolin ve kuvars miktarı azaltılarak, sırn erime noktası düşürüldü. 1000°C bu bileşime yüksek geldiği için matlaşma, hafif köpürme ve iğne delikleri gibi oluşumlar görüldü. Yüzey gerilim değeri düştü, genleşme katsayısı ve eriticilik katsayısı değerleri arttı.

32 nolu sır: 27 nolu sır bileşiminde kaolin miktarı azaltılıp, kuvars miktarı arttırıldı, sadece eriticilik katsayısında artış görüldü ve 27 nolu sıra göre çatlağı son derece azalmış, şeffaf ve parlak bir sır elde edildi.

33 nolu sır: 31 nolu sırn 1000°C 'de erimesini sağlamak amacıyla üleksit, kaolin miktarları arttırılıp mermer ve kuvars miktarları azaltıldı. 31 nolu sırdan daha parlak, tüm değerleri hemen hemen aynı olan bir sır elde edildi.

- 34 nolu sır:** 30 nolu sır bileşiminde kaolin ve kuvars miktarları azaltılarak şeffaf, parlak ve iri çatlaklı bir sır elde edildi.
- 35 nolu sır:** % 50 oranında üleksit içeren sır karışımlarında K.Feldspat ve mermerle sonuç alınamadığından, (16-30 arası) K.feldspat ve mermer kullanılmadan bu deneme yapıldı. Çok az çatlaklı, parlak ve şeffaf bir sır elde edildi. Şekil.15'te 27 - 35 arası sır numuneleri verildi.
- 36 nolu sır:** 29 nolu sır bileşimine talk eklenip, kuvars miktarı azaltıldı. Çatlağı olan, iğne delikleri şeklindeki kabartılı ve köpürmeli bir sır oluştu. Tüm değerler azaldı.
- 37 nolu sır:** 29 nolu sır bileşiminde daha fazla parlaklık için mermer azaltılıp, ZnO katıldı ve daha parlak fakat hafif örtücülük özelliği gösteren bir sır elde edildi. Yüzey gerilim arttı,genleşme katsayısı ve eriticilik katsayısı azaldı.
- 38 nolu sır:** 28 nolu sır bileşiminde K.feldspat çıkartılarak hafif sedef parlaklığında bir sır elde edildi. Yüzey gerilimde artış, genleşme katsayısı ve eriticilik katsayısında azalma görüldü.Fakat değerler çok az değişti.
- 39 nolu sır:** 29 nolu sır bileşiminde mermer miktarı arttırılıp, kaolen azaltılarak kısmen opaklaşmış (örtücü) bir sır elde edildi. Yüzey gerilim değeri azaldı, genleşme katsayısı ve eriticilik katsayısı arttı.
- 40 nolu sır:** 32 nolu sırdaki çatlakları tamamen gidermek için K.feldspat azaltılıp, kaolin arttırıldı. Tekrar hafif çatlaklı bir sır elde edildi. Yüzey gerilim ve genleşme katsayısı arttı eriticilik katsayısı

azaldı.

41 nolu sır: 34 nolu sırda geniş bir çatlak ağı oluştuğundan (% 5 - 12 SiO₂ katkısı yapılır) % 10 kuvars eklendi. Tamamen mat bir sır elde edildi. (Fakat renklendirildiği zaman matlık kaybolduğu için, matlığın kalıcılığını sağlamak istediğimizde kuvars katkısını arttırmamız gerekir.) Tüm değerlerde artış oldu.

42 nolu sır: 32 nolu sır bileşimi ile aynı fakat değirmende kalma süresi 2,5 ve 4,5 saat olarak alındı. Sonuçta çatlaklarda artış görüldü.

43 nolu sır: 28 nolu sır bileşimine % 8 SnO₂ eklendi. (SnO₂ düşük genleşme katsayısı ile sıran elastikliğini arttırır, sıırı örücü ve miktara bağlı olarak beyaz yapar.) Örtücü, mat ve beyaz, iri çatlaklı toplanmalı bir sır elde edildi. Yüzey gerilim ve genleşme katsayısında azalma, eriticilik katsayında artış görüldü.

44 nolu sır: 29 nolu sır bileşimine % 8 SnO₂ eklendi. Çatlaksız örtücü ve yarı-mat, toplanmalı bir sır elde edildi. Yüzey gerilim ve genleşme katsayısı azaldı, eriticilik katsayısını arttı.

45 nolu sır: 28 nolu sır, 43 nolu sır ve 40 gr. SnO₂ toplanıp ortalaması alınarak, reçete bulundu, Sedef görünümü lü bir sır elde edildi. Şekil.16'da 36 - 45 arası sır numuneleri verildi.

Üleksit ile yapılan 13-45 nolu sır denemeleri içinde 13-26 nolu denemelerde 1000°C'de yüzey gerilim: 275,6-336,5 dyn/cm, genleşme yüzdesi: % 0,28-0,33, eriticilik katsayısı: 41,2-80,1 değerleri arasında bulunmuş olup 1000°C'de erime gerçekleşmediğinden

den camlaşma görülmedi. 26 - 45 nolu sır denemeleri içinde yüzey gerilim: 259,1-275,8 dyn/cm, genleşme yüzdesi: % 0,27-0,31 eriticilik katsayısı: 75,6-81,4 değerleri arasında olan 28,29,30,32 ,33,37 nolu denemelerde kırmızı ve beyaz çamurumuza tüm özellikleri ile uyum sağlamış çatlaksız, parlak ve şeffaf sırlar, 37 nolu denemede de çok hafif örtücülük gösteren çatlaksız ve parlak bir sır elde edildi.

Bu şekilde üleksit kullanılarak, PbO'in olumsuz etkileri yerine, en uygun sır reçeteleri elde edilerek amaca ulaşıldı. 28,29,30,32,33 ve 37 nolu sır denemeleri dışında kalan sırların değerlendirilmesi:

27 nolu sır ince ve sık çatlaklarıyla, 34 nolu sır kalın ve geniş çatlaklarıyla ve parlak görüntüsüyle, 43 nolu sır kalın ve geniş çatlakları ve mat görüntüsüyle krakle sır olarak kullanılabilir.

44 nolu sır toplanmalı sır olarak, 45 nolu sır hafif köpürmüş ve sedefli gibi yarı mat görüntüsüyle özel bir artistik sır elde edildi.

Bu sırlardaki çatlaklar, sırların hamurunkinden daha büyük bir genleşme katsayısına sahip olmalarından ve sırnın esnekliğine, kalınlığına bağlı olarak oluşmuştur. Bu çatlaklar daha da arttırılmak istenirse sır bileşiminde Na₂O ve SiO₂ arttırılabilir veya sırlı parça 150 - 200°C'de iken soğuk suya daldırılır.

43,44 ve 45 nolu sırlar akıcı sırlar grubuna da girer, bu şekilde artistik sır olarak kullanılabilirler fakat akıcılık azaltılmak istenirse eriticiler (üleksit, ZnO, SnO₂) ve renk veren oksit miktarları azaltılır veya SiO₂ ve Al₂O₃ (feldspat ve kaolin) arttırılır.

38 nolu sır yarı mat, 41 nolu sır mat ve 39 nolu sır yarı opak (örtücü) sır olarak kullanılabilir. Bu sırlar da, fazla miktarda kaolin, talk, SnO_2 , ZnO eklenmesi ile oluşmakta olup, ilave edilen maddenin tam veya hiç erimemesinden veya kristalize olmasındandır.

Renklendirilmiş sırlar:

26 - 45 nolu sır denemeleri içinde çatlaksız, şeffaf ve parlak olan 28 ve 29 nolu sırlarla, renk veren metal oksitler kullanılarak renklendirme çalışmaları yapıldı.

28 nolu sır ile renklendirme çalışmaları:

Her renk denemesinde 28 nolu sırdan 20 mlt. alınarak renk verecek metal oksitler aşağıda belirtilen yüzdelerde eklendi.

- 1°) % 1,5 Co_2O_3 eklenmesi ile parlak, koyu mavi bir renk oluştu. İnce sıralanan yerlerde daha açık mavi renk görüldü.
- 2°) % 1,5 Co_2O_3 + % 8 SnO_2 katkısı ile 1 no'dan daha açık tonda örtücü bir sır oluştu. SnO_2 'in fazla gelmesinden yer yer iğne delikléri şeklinde kabarmalar görüldü.
- 3°) % 1,5 Co_2O_3 + % 20 ZnO katkısı ile 1 nolu sırdan daha parlak bir sır elde edildi. İnce sıralanan bölgelerde matlık görüldü.
- 4°) % 3 MnO_2 eklenmesi ile homojenliği sağlayacak kadar iyi bir karıştırma yapılamadığından kahverengi noktalı bir sır, iyi bir karıştırma sonucu ise çok açık kahverengi bir sır elde edildi.
- 5°) % 3 MnO_2 + % 10 SnO_2 katkısı ile 4 nolu sırdan biraz daha açık tonda ve örtücü bir sır oluştu.
- 6°) % 1,5 Co_2O_3 + % 3 MnO_2 katılması ile koyu mavi üzerinde si-

yah noktalı bir sır elde edildi. İnce sırlanan kısımlardan dolayı lekeler görüldü.

- 7°) % 3 oranında Fe_2O_3 eklenerek kirli sarı tonunda bir renk elde edildi. Fe_2O_3 zor renk veren bir oksit olduğundan miktarı arttırılarak sarı renge ulaşılabilir.
- 8°) % 3 Fe_2O_3 + % 10 SnO_2 eklendiğinde sırda (kabarma) köpürme şeklinde bozulma görüldü.
- 9°) % 2 Cr_2O_3 eklenmesi ile yeşil bir sır elde edildi. Şekil.17'de 1 - 9 arası renklendirilmiş üleksitli numuneler verildi.
- 10°) % 3 Fe_2O_3 + % 2 Cr_2O_3 + % 10 ZnO eklenmesi ile açıksütlü kahve tonunda bir sır elde edildi.
- 11°) % 5 CuO katkısı ile turkuaz renginde bir sır elde edildi.
- 12°) % 3 MnO_2 + % 1,5 Co_2O_3 + % 5 CuO karışımı eklenerek köpürmeli bozuk bir yüzey görüldü.
- 13°) % 5 Sb_2O_3 katkısı ile beyaz çamurda örtücü beyaz sır elde edilmesine rağmen, kırmızı çamur üzerinde bozuk yüzeyli beyaz bir sır elde edildi. (Sb_2O_5 zehirli olup, Sb_2O_3 zehirli değildir.) Bu bozukluk daha dikkatli sırlama ile veya Sb_2O_3 miktarı azaltılarak giderilebilir.
- 14°) % 2,5 Sb_2O_3 + % 1,5 Cr_2O_3 katıldığında örtücü ve çok açık yeşil bir sır elde edildi. Sırlama hatalarından dolayı yüzeyde lekeler görüldü.
- 15°) % 2 Cr_2O_3 + % 10 SnO_2 + % 5 CaO eklenerek, (Cr yeşilinden farklı) bir yeşil tonu elde edildi.

- 16°) % 3 Fe_2O_3 + % 2 Cr_2O_3 + % 1,5 Co_2O_3 + % 3 MnO_2 + % 10 ZnO eklendiğinde siyah bir sır elde edildi.
- 17°) % 1,5 Co_2O_3 + % 3 MnO_2 + % 3 Fe_2O_3 + % 10 SnO_2 eklendiğinde ise gri-mavi tonunda bir sır elde edildi. Fakat beyaz çamur üzerinde çok azda olsa (SnO_2 fazlalığından) iğne delikleri şeklinde kraterler görüldü. Şekil.18'de 10 - 17 arası şekillendirilmiş Üleksitli numuneler verildi.

29 nolu sır ile renklendirme çalışmaları:

Her denemede 29 nolu sırdan alınan 20 mlt.'ye aşağıdaki oranlarda renk veren oksitler eklendi.

- 1°) % 5 CuO katılması ile parlak, yeşil-mavi arası bir renk elde edildi.
- 2°) % 1 Cr_2O_3 katılması ile parlaklığı az, Cr yeşili elde edildi.
- 3°) % 1 Cr_2O_3 + % 2 Fe_2O_3 eklenerek Cr yeşilinden farklı parlak bir yeşil tonu elde edildi.
- 4°) % 1 Co_2O_3 + % 2 MnO_2 + % 5 CuO ile Co tonundan farklı bir lacivert elde edildi. Fakat hatalı sırlamadan dolayı karolarda iyi sonuç alınamadı.
- 5°) % 1 Co_2O_3 katkısı ile gri-mavi bir renk elde edildi fakat sırlama hatalı olduğundan karolardan iyi sonuç alınamadı.
- 6°) % 1 Co_2O_3 + % 1 Cr_2O_3 katılması ile farklı bir mavi tonu elde edildi.

- 7°) % 1 MnO_2 katkısı ile beyaz çamurda krem rengi üzerinde siyah noktalı, kırmızı çamurda ise pembe üzerinde siyah noktalı bir sır elde edildi. (Burada görülen noktalar MnO_2 'in tam olarak çözünmemesinden oluşmuştur.)
- 8°) % 3 Fe_2O_3 katılması ile beyaz çamurda açık sarı, kırmızı çamurda ise krem rengi bir sır elde edildi.
- 9°) % 3 Fe_2O_3 + % 2 CuO katılması ile yeşil tonu elde edildi. Şekil.19'da 1 - 9 arası renklendirilmiş Üleksitli numuneler verildi.

Yarı örtücü özellik gösteren 39 nolu sır ile renklendirilme çalışmaları.

Sırdan 20 mlt. alınarak aşağıdaki denemeler yapıldı.

- 1°) % 1 MnO_2 katkısı ile çok açık pembeye yakın, yarı-opak bir sır, (Şekil.20,Soldaki)
- 2°) % 2 MnO_2 katkısı ile pembe renkte, yarı-opak bir sır, (Şekil.20, Sağdaki)
- 3°) % 3 MnO_2 katkısı ile pembe ile çok açık mor arasında, yarı opak bir sır, (Şekil.21, Ortasındaki)
- 4°) % 4 MnO_2 katkısı ile açık kahverenkli, yarı-opak bir sır, (Şekil.21, Sağdaki)
- 5°) % 5 MnO_2 katkısı ile kahverenkli, hafif bozuk yüzeyli (iğne delikleri şeklinde) bir sır, (Şekil.21, Soldaki)
- 6°) % 7 MnO_2 katkısı ile köpürmelerle birlikte koyu kahverenkli bir sır elde edildi.

5 ve 6 nolu denemelerde MnO_2 miktarı fazla geldiğinden (sırrın erime noktasını düşürdüğünden) bu hatalar görüldü.

Mat Özellik gösteren 41 no'lu sır ile renklendirme çalışmaları.

Sırdan 20 mlt. alınarak,

1^o) % 2 CuO eklendi ve açık turkuaz rengi,

2^o) % 4 CuO eklendi ve turkuaz rengi elde edildi.

Uygulama şartlarına göre farklı artistik sır özelliği gösteren 43, 44 ve 45 no'lu sırlarla yapılan renklendirme çalışmaları:

43 no'lu sır:

Sırdan alınan 20 mlt'ye, %1 MnO₂ katkısı ile mat ve örtücü, krem renkli, iri çatlaklı bir sır elde edildi.

Birinci pişirim sonucu elde edilen çatlaklara 29 no'lu sırnın 4 no'lu rengi sürülerek, ikinci kez pişirildi.(Şekil.22, soldaki)

44 no'lu sır:

20 mlt sır + % 4 CuO katkısı ile mat ve örtücü, turkuaz renkli, iri çatlaklı ve toplanmalı bir sır elde edildi. Birinci pişirim sonucu elde edilen çatlaklara 29 no'lu sırnın 4 no'lu rengi sürülerek, ikinci kez pişirildi.(Şekil.22, sağdaki)

Ayrıca, 29 no'lu sırnın 4 no'lu rengi ile sırlanan parçalar, birinci pişirimleri yapılmadan, 43 ve 44 no'lu sırlarla sırlanıp pişirildi ve ilk sürülen sırnın üzerinde çok düzgün toplanmalı bir sır elde edildi. Alttaki sır erime sırasında (parlak ve) kaygan bir zemin oluşturduğundan ve yüzey gerilimlerinin de farklı olduğundan toplamaya iyi bir zemin hazırlanmış oldu.(Şekil.23)

45 no'lu sır:

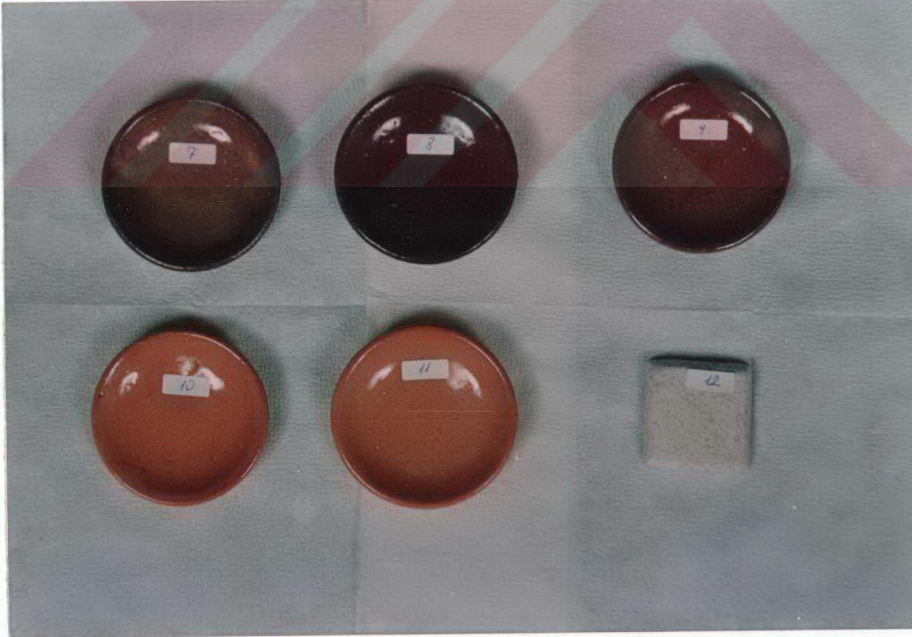
20 mlt. sır + % 1 MnO₂ eklenmesi ile sedef görünümlü, yarı-mat ve örtücü, (Şekil.24, sağdaki.)

20 mlt. sır + % 4 MnO₂ eklenmesi ile yarı-mat ve örtücü açık kahve bir renk elde edildi.

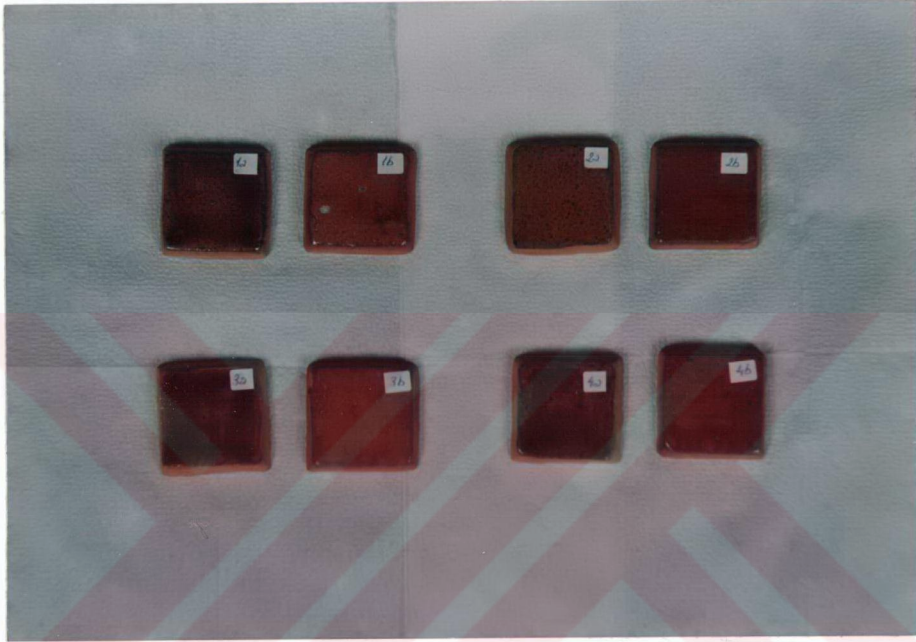
CuO katkılı 29 no'lu sır ile kaplanan parça, yarım olarak % 1 MnO₂'li 45 no'lu sır ile sırlandı ve toplanmalı bir sır elde edildi.(Şekil.24, soldaki)



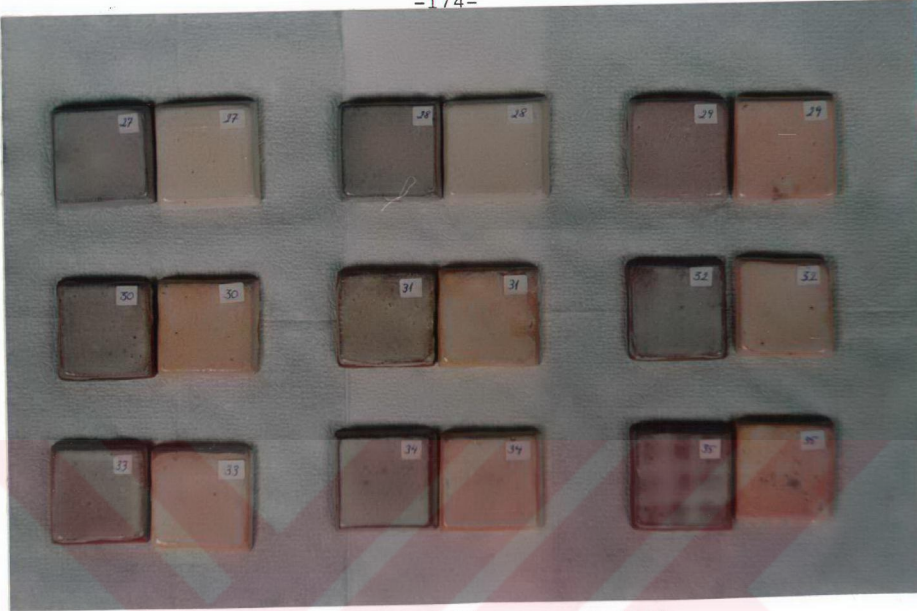
Şekil.12: (1-6) arası boraksli sir numuneleri.



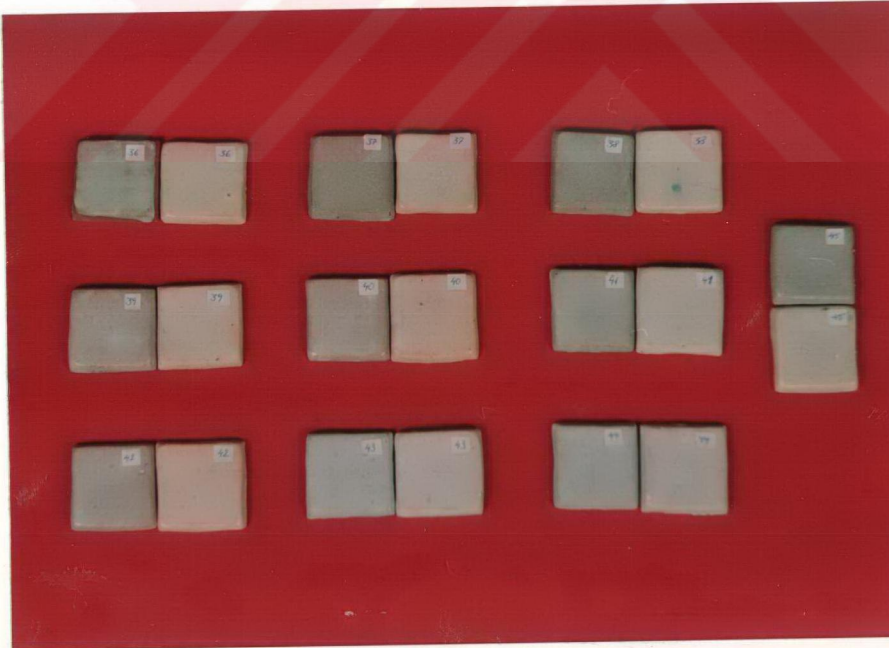
Şekil.13: (7-12) arası boraksli sir numuneleri.



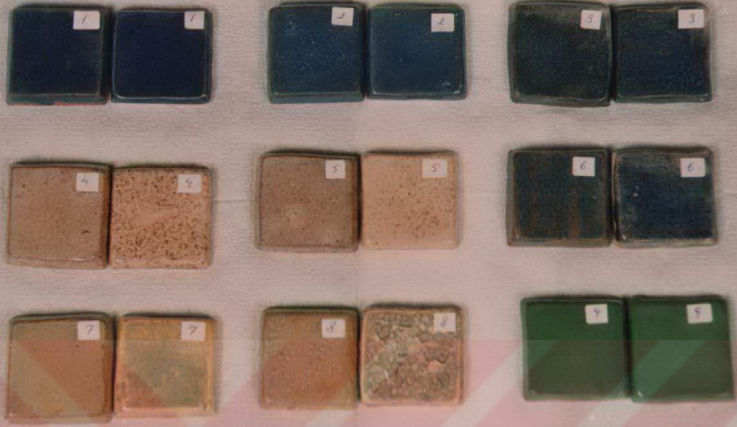
Şekil.14: MnO_2 ve Fe_2O_3 ile renklendirilmiş borakslı numuneler.



Şekil.15: (27-35) arası üleksitli sır numuneleri.



Şekil.16: (36-45) arası üleksitli sır numuneleri.



Şekil.17: (1-9) arası renklendirilmiş üleksitli numuneler.



Şekil.18: (10-17) arası renklendirilmiş üleksitli numuneler.



Sekil.19: (1-9) arası renklendirilmiş üleksitli numuneler.



Şekil.20: 39 no'lu sıra uygulanan MnO_2 'li renklendirme.(soldaki 1, sağdaki 2 no'lu deneme.)



Şekil.21: 39 no'lu sıra uygulanan MnO_2 'li renklendirme.(ortadaki 3, sağdaki 4, soldaki 5 no'lu deneme.) ve(açık renkteki kısımlar) 12 no'lu borakslı sır.



Şekil.22: 43 no'lu sır (soldaki) ve 44 no'lu sıranın (sağdaki), 29 no'lu sır ile birlikte kullanımı.(iki kez sırlı pişirim.)



Şekil.23: 43 no'lu sır (sağdaki kalın sırlanmış, ortadaki ince sırlanmış) ve 44 no'lu sıranın (soldaki), 29 no'lu sır ile birlikte kullanımı.(bir kere sırlı pişirim.)



Şekil.24: (sağdaki) 45 no'lu sırın MnO_2 ile renklendirilmesi,
(soldaki) 29 no'lu CuO 'li sır ile 45 no'lu MnO_2 'li sırı
birlikte kullanımı.



Şekil.25: 2 no'lu borakslı sırın uygulaması.



Şekil.26: 28 no'lu üleksitli sırın Cr_2O_3 'li uygulaması.

KAYNAKLAR

- 1- AKKURT, İ, Seramik karo üretiminde kaliteyi etkileyen faktörler, Uluslararası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Türk Seramik Derneği Yayınları, 5,192, (1992).
- 2- BANK, N,H, Seramik karo üretimindeki hataların irdelenmesi, Uluslararası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Türk Seramik Derneği Yayınları, 5, 205, (1992).
- 3- AYTA, T, Ürün ve dekor tasarımında insan faktörü, Uluslararası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Türk Seramik Derneği Yayınları, 5, 213,(1992).
- 4- KURA, H, Endüstriyel Seramik Tasarımında biçim, malzeme ve üretim yöntemleri ilişkisi, Uluslararası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Türk Seramik Derneği yayınları, 5,218,(1992).
- 5- TULUN, T,L, SEZER, A, GÜLEÇ, Çini malzemeler üzerine çalışmalar, Uluslararası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı,Türk Seramik Derneği Yayınları, 5,228, (1992).
- 6- HAEFFNER/PAWLETTA, Bleilaessigkeit von Aufglasurdekoren, Bericht der DKG, 30,8,(1953).
- 7- BERDEL,E, Veröffentlichungen über glasuren.Keramische Rundschau 40,465,(1932).
- 8- GÜNER, G, Anadolu'da yaşamakta olan ilkel çömlekçilik, Devlet Tatbiki Güzel Sanatlar Yüksek Okulu, Akbank Yayınları, 7, (1982).
- 9- DOĞAN, S, Açıklamalı Seramik Teknolojisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 104,(1985).
- 10-MICHEL/SCHERİNG, Façhkunde für Keramiker, 2, VEB Berlin,(1956).
- 11-ARCASOY, A,Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı Yayınları, İstanbul,1,4,(1983).
- 12-SİNGER, F, S, SİNGER, Industrielle Keramik, Springer Berlin, Heidelberg, Newyork, 1,93,98,116,(1969).
- 13-SÜMER, G, Seramik Sanayii El Kitabı, Ankara, (1977).
- 14-PALATZKY, A, Technische Keramik VEB, Berlin, (1954).
- 15-AUTORENKOLLEKTİV, Technologie der Feinkeramik, 106,155,VEB, Leipzig, (1968).
- 16-ARCASOY, A,Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Güzel

- Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı yayınları, İstanbul,1, 88,(1983).
- 17- FOERST, W, Ullmans Encyclopaedie der technischen chemie, Münih, Urban,Berlin, Viyana, 3, 17, 504,534,540, 567, 572,(1966).
- 18- ÇEVİKOĞLU,G, 1100°C Altındaki Artistik Sırlar, Mimar Sinan Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı, Tez çalışması, 3,(1988).
- 19- İŞMAN,F, Seramik Teknolojisi, (1972).
- 20- ÖZKAN M, Teknolojik Uygulama Ders notları, Mimar Sinan Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı, (1991).
- 21- ÇOKAY, K, Genel Seramik Teknolojisi, Seminer notları, İstanbul Porselen San.A.Ş., 1,2,(1980).
- 22- OKUYAN,K, Şamotlu ve Porselen Çamurlar için Artistik Sır Araştırmaları, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı, Tez çalışması,(1989).
- 23- YILMABAŞAR, J, Seramikleri, Yöntemleri, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara, 102, (1980).
- 24- ÇEVİKOĞLU, G, 1100°C Altındaki Artistik Sırlar, Mimar Sinan Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı, Tez Çalışması, 57,(1988).
- 25- ARCASOY, A, Üretim ve İşletme Hesapları, Basılmamış ders notları, DTGSYO, İstanbul, (1982).
- 26- STARKEY, P, Saltglaze, Pitman Publishing Londra,16, (1977).
- 27- VOGEL,H, Euro-Ceramic, 4, 102, (1954).
- 28- AYTA, T, Toprak Sanatlarında Dekoratif Uygulama Yöntemleri, (1976).
- 29- İŞMAN,F, Seramik Teknolojisi, Seminer notları, İstanbul Porselen San.A.Ş.
- 30- LEHNHÄUSER, W, Glasuren und ihre Farben, W, Knapp, Düsseldorf, (1973).
- 31- LEHNHÄUSER, W, Das keramische Rechnen, W, Knapp, Düsseldorf, (1964).
- 32- MIOLLANY, Studie über Spannungen zwischen Scherben und Glasur mittels Ringtest, Bulletin de la Francaise de Céramique 17,(1952).
- 33- LEHNHÄUSER, W, Dilatometer-Prüfungen im keramischen Bereich, Sprechsaal Coburg, (1966).

- 34- DOĞAN, Ő, Açıklamalı Seramik Teknolojisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 60, (1985).
- 35- ARCASOY, A, Hydrozykloneinsatz bei verunreinigten keramischen Tonen, Diploma Tezi, 4, 15,16, Seramik Mühendisliği Okulu Höhr-Grenzhausen, (1970)

ÖZGEÇMİŞ

1966 yılında İstanbul'da doğdum.1983 yılında İstanbul Nişantaşı Kız Lisesini bitirdim.1989'da Yıldız Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesinin Kimyagerlik bölümünden mezun oldum ve Hasan Usta Çömlek Atölyesi'nde çalışmaya başladım.1990'da Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans'a başladım.Halen aynı yerde çalışmaktayım.

DUYGU ÇAKAR

BOBUMANTASYON MERKEZİ

BOBUMANTASYON MERKEZİ