

EK B

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YER KAROSU SERAMİK SIRLARININ SEGER
FORMÜLASYONUNDA SiO_2 İLE Al_2O_3 ARASINDAKİ
ORANIN SIR PARLAKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ser. Müh. Timur DOĞRUÖZ

Anabilim Dalı: Metalurji ve Malzeme Mühendisliği

Programı: Seramik

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Niyazi ERUSLU

HAZİRAN 2002

**YER KAROSU SERAMİK SIRLARININ SEGER
FORMÜLASYONUNDA SiO_2 İLE Al_2O_3 ARASINDAKİ
ORANIN SIR PARLAKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ser.Müh Timur DOĞRUÖZ
506991138**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Mayıs 2002**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Niyazi ERUSLU
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Erman TULGAR
Prof.Dr. Mehmet KOZ
Arş.gör : K.Vefa EZİRMİK**

Haziran 2002

ÖNSÖZ

Başta bana bu bitirme çalışmasını vererek her zaman desteğini hissettiğim değerli hocam sayın Prof. Dr. Niyazi ERUSLU' ya, aynı zamanda bana değerli zamanlarını ayıran ve bu tez çalışması sırasında yaşamış olduğum sorunlara çözüm yolları bulmamda çok önemli yardımlarını aldığım değerli hocam sayın Prof. Dr. Serdar ÖZGEN' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Seramik Mühendisliği öğrenimim süresince yardımlarını esirgemeyen ECZACIBAŞI KARO SERAMİK SANAYİ ve TİCARET A.Ş. Genel Müdürü Sayın Ahmet YAMANER' e en içten şükranlarımı sunarım.

Bu bitirme çalışması sırasında, çok önemli desteğini hissettiğim, konum hakkında ve daha önemlisi mühendislik hakkında değerli bilgilerini bana sunan değerli büyüğüm ECZACIBAŞI KARO SERAMİK SANAYİ ve TİCARET A.Ş. Teknik Müdürü sayın Hidayet ÖZDEMİR' e, her ne zaman kapısını çalıp yardım istesem kapısını sonuna kadar açan ve sorunlarımı çözmemde yardımcı olan ECZACIBAŞI KARO SERAMİK SANAYİ ve TİCARET A.Ş. Tuzla Fabrikası İşletme Müdürü sayın Esat ÇETİN' e ve başta ECZACIBAŞI KARO SERAMİK SANAYİ ve TİCARET A.Ş. Tuzla Fabrikası AR-GE şefi sayın Mehmet KAPLAN olmak üzere tüm fabrika çalışanlarına yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Bitirme çalışmam sırasında her türlü yardımdan kaçınmayan, her zaman yanımda olduğunu hissettiren ve değerli fikirlerini benimle paylaşan sevgili dostum Seramik Mühendisi Uğur GÜNBEY' e içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak tüm öğrenim hayatım boyunca beni desteklemiş olan ve hiçbir fedakarlıktan kaçınmayarak bugünlere gelmemi sağlayan Aileme ve her zaman desteğini hissettiğim sevgili arkadaşım ve manevi kardeşim Berk CELASUN' a sonsuz teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Amaç.....	1
2. SERAMİĞE GİRİŞ.....	3
2.1.Seramiğin Tanımı	3
2.2. Seramiğin Kısa Tarihçesi	3
2.3. Seramik Ürünlerin Sınıflandırılması	4
3. YER KAROSU SERAMİK ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİ	8
3.1 Yer Karosu Seramik Üretimi.....	8
3.1.1. Harman Hazırlama	8
3.1.1.1. Öğütme	8
3.1.1.2. Püskürtme ile Kurutma (Spray-Drying).....	9
3.1.2. Şekillendirme	9
3.1.2.1. Kuru Pres Yoluyla Şekillendirme	9
3.1.3. Kurutma.....	11
3.1.3.1. Tünel Kurutucular	11
3.1.4. Sırlama	12
3.1.5. Pişirme.....	14
3.1.5.1. Tek pişirim	15
4. SERAMİK SIRLARI	17
4.1. Sırın Tanımı.....	17
5. SIR YAPIMINDA KULLANILAN TEMEL HAMMADDELER VE YARDIMCI HAMMADDELER	18
5.1. Sır Yapımında Kullanılan Temel Hammaddeler.....	19
5.1.1. Bazik Oksitler	19
5.1.1.1. Sodyum Oksit- Na_2O	19
5.1.1.2. Potasyum Oksit- K_2O	19
5.1.1.3. Lityum Oksit- Li_2O	19
5.1.1.4. Kurşun Oksit- PbO	20
5.1.1.5. Kalsiyum Oksit- CaO	20
5.1.1.6. Magnezyum Oksit- MgO	21
5.1.1.7. Baryum Oksit- BaO	21
5.1.1.8. Stronsiyum Oksit- SrO	21

5.1.1.9. Çinko Oksit	22
5.1.2. Amfoter Oksitler	22
5.1.2.1. Alümina-Al ₂ O ₃	22
5.1.3. Asidik Oksitler	23
5.1.3.1. Silisyumdioksit-SiO ₂	23
5.1.3.2. Borik oksit-B ₂ O ₃	24
5.2. Sır Katkı Maddeleri – Yardımcı Malzemeler	25
5.2.1. Opaklaştırıcılar	25
5.2.1.1. Kalay Oksit-SnO	25
5.2.1.2. Zirkonyum Oksit-ZrO ₂	25
5.2.1.3. Zirkonyum Silikat-ZrSiO ₄	25
5.2.1.4. Antimon Oksit-Sb ₂ O ₃ ve Sb ₂ O ₅	25
5.2.1.5. Titanyum Oksit-TiO ₂	25
5.2.1.6. Kalsiyum Florit-CaF ₂	26
5.2.1.7. Sodyum Pirofosfat-Na ₄ P ₂ O ₇	26
5.2.1.8. Kalsiyum Fosfat-3CaO.P ₂ O ₅	26
5.2.2. Bağlayıcılar, Yapıştırıcı Maddeler	26
5.2.2.1. Carboxymethyl selülözler	27
5.2.2.2. Dextrine	27
5.2.2.3. Polysakkaritler	27
5.2.2.4. Polyakraletler	27
5.2.2.5. Bentonit	27
5.2.3. Temel Maddeler, Stabilize Ediciler	27
5.2.4. Tikotropik Katkı Malzemeleri	28
5.2.5. Deflokulanlar ve İnceltici Maddeler	28
6. FRİT	29
7. SİRLARIN HAZIRLANMASI	31
8. SİRLARIN UYGULANMASI VE SİRLAMA ÇEŞİTLERİ	33
8.1. Püskürtme yöntemi	33
8.2. Daldırma yöntemi	34
8.3. Akıtma yöntemi	34
8.4. Tozlama yöntemi	35
8.5. Tuzlama yöntemi	35
8.6. Elektrostatik Sırlama	36
9. SİRDA ARANAN ÖZELLİKLER	38
9.1. Sırın erime özelliği	38

9.1.1. Kuvars ile bazik oksit arasındaki oran	38
9.1.2. Bazik oksit' in cinsi.....	38
9.1.3. Bazik oksit, Al_2O_3 ve SiO_2 arasındaki oran	39
9.1.4. Kuvars ile bor oksit arasındaki oran.....	39
9.2. Genleşme Katsayısı	39
9.3. Sır ile bisküvi arasındaki reaksiyon.....	41
9.4. Sırın elastikliği	42
9.5. Sırın viskozitesi	42
9.6. Sırın yüzey gerilimi	43
9.7. Kimyasal tesirlere dayanım	43
9.8. Elektrik iletkenliği.....	44
9.9. Sertlik	44
9.10. Parlaklık.....	46
10. SIRIN PİŞİRİM SIRASINDAKİ REAKSİYONLARI.....	47
10.1. Bünyeden Fiziksel suyun ve Kristal suyun uçurulması.....	47
10.2. Bünyeden gazların çıkarılması	47
10.3. Sırın yumuşaması ve gelişmesi	47
10.4. Soğuma ve Sırın dondurulması	49
11. SEGER FORMÜLÜ.....	52
11.1. Kimyasal analizden Seger formülünün hesabı	54
11.2. Seger formülünden reçetenin bulunması	55
11.3. Reçeteden Seger formülünün hazırlanması	56
12. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	58
12.1. Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar	58
12.1.1. Hassas Terazî.....	58
12.1.2. Bilyeli Değirmen	58
12.1.3. Pistole	58
12.1.4. Etüv	59
12.1.5. Fırın	59
12.1.6. Glossmetre.....	60
12.1.7. Tane Boyu Dağılımı Ölçüm Aleti	60
12.1.8. Atomik Absorbsiyon Spektrometresi	60
12.2. Deneyler	61
12.2.1. Hammaddelerin Kimyasal Analizleri	62
12.2.2. SiO_2 ve Al_2O_3 ' nın Tane Boyu Dağılımı	63

12.2.3. Kullanılan Hammaddelerin Elek Analizi	66
12.2.4. Seger Formülasyonu ve Kimyasal analizden Reçetelerin oluşturulması	67
12.2.4.1. Seger’de SiO ₂ miktarını 0,2 mol arttırarak yapılan reçeteler ..	73
12.2.4.2. Seger’de Al ₂ O ₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçeteler .	82
12.2.4.3. Seger’de SiO ₂ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçeteler ...	86
12.2.4.4. Seger’de SiO ₂ ve Al ₂ O ₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçeteler	88
12.2.4.5. Seger’de SiO ₂ ve Al ₂ O ₃ arasındaki oran sabit, fakat değerleri değiştirilince oluşan reçeteler.....	91
12.2.5. Glossmetre ile yapılan parlaklık deneyi sonuçları	92
12.2.5.1. Birinci deneme sonuçları.....	92
12.2.5.2. İkinci deneme sonuçları	93
12.2.5.3. Üçüncü deneme sonuçları	95
12.2.5.4. Dördüncü deneme sonuçları	96
12.2.5.5. Beşinci deneme sonuçları	98
13. SONUÇLAR	99
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ.....	101

KISALTMALAR

CMC	: Karboksil metil selülöz
MMS	: Macchine Macina Smalto
Frit P	: Transparant Frit
Zirkon Mo	: Zirkon Silikat
Na Feld.	: Sodyum Feldspat

TABLO LİSTESİ

Tablo-12.1. Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal Analizleri	62
Tablo-12.2. Nazilli Kuvarısı için toplamsal ve ayrımsal tane boyu analizi sonuçları	64
Tablo-12.3. Alüminyum Oksit için toplamsal ve ayrımsal tane boyu analizi sonuçları	65
Tablo-12.4. Hammaddelerin elek analizi sonuçları	66
Tablo 12.5. Kullanılan Hammaddelerden sağlanan oksitlerin mol sayıları sonuçları	72

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil-3.1. Bilyeli Değirmen	8
Şekil-3.2. Püskürtmeli Kurutucu.....	9
Şekil-3.3. Pres	10
Şekil-3.4. Kurutucu	11
Şekil-3.5. Sırlama Bantı	14
Şekil-3.6. Tünel Fırın	16
Şekil-8.1. Pistole	33
Şekil-9.1. Sır çekme veya basınç gerilimi altında iken çıkabilecek hatalar	41
Şekil-10.1. Kristal yapı ve amorf yapı	48
Şekil-10.2. Sırın ısınması sırasında geçirdiği tüm evreler	50
Şekil-12.1. Hassas Terazî.....	58
Şekil-12.2. Etüv.....	59
Şekil-12.3. Glossmetre	60
Şekil 12.4. Nazilli Kuvarı İçin Toplamsal Tane Boyu Dağılımı Grafiği	64
Şekil 12.5 Alüminyum Oksit İçin Toplamsal Tane Boyu Dağılımı Grafiği	65
Şekil 12.6. Seger Formülünde SiO ₂ miktarını 0,2 mol arttırarak yapılan deneme sonuçları (1200°C)	92
Şekil 12.7. Seger Formülünde SiO ₂ miktarını 0,2 mol arttırarak yapılan deneme sonuçlarının grafikte Al ₂ O ₃ /SiO ₂ oranına göre gösterilmesi	93
Şekil 12.8. Seger Formülünde Al ₂ O ₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçları (1200°C)	94
Şekil 12.9. Seger Formülünde Al ₂ O ₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçlarının grafikte Al ₂ O ₃ /SiO ₂ oranına göre gösterilmesi	94
Şekil 12.10. Seger Formülünde SiO ₂ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçları (1225°C)	95
Şekil 12.11. Seger Formülünde SiO ₂ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçlarının grafikte Al ₂ O ₃ /SiO ₂ oranına göre gösterilmesi	96

Şekil 12.12. Seger Formülünde SiO_2 ve Al_2O_3 miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçları (1225°C).....	97
Şekil 12.13. Seger Formülünde SiO_2 ve Al_2O_3 miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçlarının grafikte $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ oranına göre gösterilmesi.....	97
Şekil 12.14. Seger Formülünde SiO_2 ve Al_2O_3 arasındaki oranı değiştirmeyip, sıra katılım paylarını değiştirerek yapılan deneme sonuçları	98

YER KAROSU SERAMİK SIRLARININ SEGER FORMÜLASYONUNDA SiO_2 ile Al_2O_3 ARASINDAKİ ORANIN SIR PARLAKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

ÖZET

Seramik ürünlerin dış yüzeylerini dış etkenlere dayanıklı hale getirmek, seramik yüzeye renk ve estetik kazandırmak amacıyla kaplanan camsı yapıya sır denir. Sırları oluşturan oksitlerin her biri yapıları ve miktarlarıyla sıra farklı özellikler kazandırır. İstenilen amaca uygun özelliklere sahip bir sır hazırlamak için belirli oksitler belirli miktarlarda kullanılmalıdır. Sırlarda aranan en önemli özelliklerden biri yüzey özellikleridir. Sırlar yüzey özelliklerine göre parlak ve mat olmak üzere iki sınıfta incelenebilir.

Bu tez çalışmasında sır parlaklığına en kolay etki etme şekli olan seger formülasyonunda $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ arasındaki oranla oynayarak yer karosu seramik bünye üzerindeki parlaklık ve matlık özellikleri araştırılmıştır. Aynı zamanda literatürde genel olarak düzgün bir parlaklığa ulaşabilmek için seger formülasyonunda $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ arasındaki oranın 1/10 olması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu çalışmada böyle bir saptamanın ne kadar doğru olup olmadığı araştırılmıştır.

Bu amaçlardan dolayı, bu çalışmada sır hammaddelerinin ve sırların tüm özellikleri belirtildikten sonra yer karosu beyaz ve parlak bir sırnın seger formülasyonunda ilk olarak diğer oksitler sabit kalmak şartıyla SiO_2 miktarını belli derecelerde arttırıp, bunun dışında aynı şekilde Al_2O_3 miktarını arttırıp, bunun yanında ikisini aynı anda aynı derecelerde arttırıp ve son olarak aralarındaki oranı sabit tutup seger formülündeki miktarlarını değiştirerek 1200 ve 1225°C' lik fırınlarda denemeler yapılmıştır.

Denemeler sonucunda yüzey özellikleri incelenmiş ve yüzey özelliklerindeki değişikliklerin nedenleri araştırılmıştır. Tezin bu aşamasına kadar kesin sonuçlar tespit edilememekle birlikte ilerki zamanlarda yapılacak olan XRD ve SEM deneyleri ile aranılan sonuçlara ulaşılabileceği tahmin edilmektedir. Şu ana kadar yapılmış olan deneyler sonucunda çıkan değerlerin nedenleri hakkında tahmin belirtilecek olunursa şunlar söylenebilir:

- Yapılan deneylerde Al_2O_3 miktarı arttırıldığında yüzeyde yüksek oranda matlaşma gözlenmiştir, bu sonuç Al_2O_3 ' nın yüksek ergime derecesi sebebiyle sırnın ergime sıcaklığında erimemesi ve bünye üzerinde donuk, pürüzlü bir yüzey oluşturma eğilimi sebebiyle olabilir.

- Yüksek SiO_2 miktarlarında sır yüzeyinde matlaşma eğilimi gözlenmiştir. Bunun nedeni literatürde bahsedilen sırlarda yüksek SiO_2 kullanımının tridimit fazı oluşturmamasından kaynaklanabilir

THE EFFECTING OF THE RATIO BETWEEN SiO_2 AND Al_2O_3 IN SEGER FORMULATION TO THE GLOSSY OF THE FLOOR TILE CERAMIC GLAZE SURFACE

SUMMARY

While Glaze is giving esthetic and colour, it makes the surface resistant from the outside effects too. Each oxide which forms glazes gives various properties to the glaze with their structures and quantities. One of the most important characteristic of glazes is the surface properties. They're classified into two groups named by glossy and matt.

Gloss and matt properties on the floor tile ceramic structure had been investigated by changing the ratio between $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ in seger formulation which is the easier method of effecting the gloss of the glaze surface. At the same time generally in literature, it has been emphasized that for achieving a correct gloss the ratio must be 1/10 between $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ in the seger formulation. In this study, it had been searched that is the determination right or wrong.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Amaç

Sır, seramik bünyelerinin üzerlerini kaplayan ince, sert, camsı bir tabakadır. Çizilmeye, kırılmaya, kimyasal etkilere karşı bünyenin direncini arttırır. Gözenekli bünyelerin su emmelerini engeller. Parlak veya mat düz bir yüzey oluşturarak çeşitli renklerle mamullerin estetiğini arttırır. Ayrıca kolay temizlenir yüzeyler yaratıp, çekici ve dekoratif malzemelerin yapılmasında kullanılır.

Sırların uygulandığı mamuller ve bu mamullerin pişirim sıcaklıkları farklılıklar arz etmektedir. Gerek bu nedenler gerekse kullanım koşullarında aranan özellikler ve aynı oksit için değişik hammaddelerin kullanılabilmesi gibi nedenler çok değişik sır reçetelerinin ortaya çıkmasını zorunlu kılmıştır. Bu durumda sır reçetelerini hem bileşimleri bakımından birbirleriyle kolaylıkla karşılaştırmak hem de erime davranışları ve kullanım özellikleri açısından rahatlıkla yorumlayabilmek için Alman Seramikçi Seger kendi adıyla anılan sır formülünü geliştirmiştir.

Bir sır kimyasal bileşimi açısından pişirme koşullarına ve seramik bünyenin ısıya bağlı davranışlarına uyum sağlamak ve kullanım esnasındaki koşullara karşı dayanıklı olmak durumundadır. Değişik koşullara ve ihtiyaçlara cevap verebilmek için duruma göre uygun oksitlerden oluşan bileşimlerde sır yapılır. Her oksit' in farklı erime davranışları ve sır tabakasına kazandırdığı özellikleri vardır. Sır yapımında oksit seçimi yapılırken çok yönlü düşünülmesi gerekmektedir. Bazı özellikleri iyileştirmek açısından olumlu etki yapan bir oksit diğer bazı özellikleri negatif yönde etkileyebilir. Onun için herhangi bir oksit' in sırn içinde bulunması gereken miktarı bazı özellikleri mümkün olduğu kadar iyileştirebilen diğer özellikleri de sadece kabul edilebilir derecede olumsuz etkileyen miktardır. Bu özellikler erime, viskozite, yüzey gerilimi, ısısal genleşme

davranışları, mekanik ve kimyasal gibi dış etkenlere dayanıklılığı ve yüzey özellikleridir.

Sırlar, yüzey özellikleri açısından mat veya parlak olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bir sırnın yüzey özelliklerini değiştirmenin çok çeşitli yolları vardır. Bunlardan bazıları şunlardır; Fırın atmosferini istenilen özelliğe göre değiştirmek, fırında soğutma hızını ayarlayarak istenilen özelliğe ulaşmak ve son olarak sırı oluşturan oksitlerin miktarlarında değişiklikler yaparak istenen yüzey özelliklerine sahip sır elde edilebilir.

Bu tez çalışmasında sır parlaklığını etkileme yolu olan seger formülasyonunda Al_2O_3/SiO_2 arasındaki oranla oynayarak yer karosu seramik bünye üzerindeki parlaklık ve matlık özellikleri araştırılmıştır.

2-SERAMİĞE GİRİŞ

2.1. Seramiğin Tanımı:

Seramiğin geleneksel tanımı şu şekildedir: Anorganik maddelerin dikkatlice hazırlanıp harmanlanması, biçimlendirilmesi ve kurutularak pişirilmesi yoluyla elde edilen ürünlerdir.

2.2. Seramiğin Kısa Tarihçesi:

Killerin plastiklik özellikleri nedeniyle şekillendirilme imkanlarına sahip bulunmaları ve şekillerini pişirilme suretiyle koruyabilme esasına dayanan seramik endüstrisi dünyanın en eski endüstrilerinden sayılmaktadır.

Seramiğin tarihçesi insanların ateşi bulmaları ile başlar. Suyu taşımak ve muhafaza edebilmek için kaplar yapma zorunluluğundan seramik doğmuştur. Ortası bitkilerle örtülmüş toprağı pişirerek seramik malzemeyi insanoğlu oluşturmuştur.

En eski seramik buluntuları M.Ö. 8000-6000 yıllarında üretildiği saptanmış ve Türkistan , Filistin, Anadolu ve Mezopotamya’da rastlanmıştır.

Seramiğin ilk hammaddesi, balçık adı ile tanınan, çok ince taneli, koyuca kıvamlı çamur birikintileridir.

Seramik eşyalarının sıra kavuşması, odun ve benzeri organik maddelerin küllerinin seramik çamurunun üzerindeki etkilerinin gözlenmesi sonucu keşfedildi. Bu devir M.Ö. 5000-6000 yıllarına rastlamaktadır.

İlk çamur hazırlama teknikleri yoğurma, çiğneme ve dövmeydi. Kurutma açık havada doğal olarak yapılmaktaydı.

Piştirme başlangıçta açık ateşte, açıkta yapılmaktaydı. Açık ateşin fırınlara aktarılması ile büyük aşama yapıldı. İlk fırınlar odunla ısınmaktaydılar.

Tarihin erken dönemlerinde seramik yapımında kullanılan bu ilkel yöntemler doğallıkları nedeniyle günümüzde de halen kullanılmaktadır.

2.3. Seramik Ürünlerin Sınıflandırılması:

Seramik ürünler, yapılarında olabilecek küçük farklardan dolayı, çok değişken karakterlerde üretilebileceklerinden standart bir yöntemle sınıflandırılmaları mümkün değildir. Bu bakımdan, literatürlerde değişik yazarların çeşitli sınıflandırmalarına rastlanabilir. En yaygın sınıflandırma aşağıdaki gibidir.

- (a) Pişmiş kil ürünleri,
- (b) Isıya dayanıklı (refrakter) ürünler,
- (c) İnce ve beyaz pişen ürünler,
- (d) Teknik seramikler. [1]

a. Pişmiş kil ürünleri:

Doğada bulunduğu şekli ile işlenip, genelde kırmızı ve tonlarında pişen ürünlerdir. Demir oksitçe zengin kil yataklarından elde edilip, inşaat sektöründe çokça kullanılır. Hiçbir değişiklik gerektirmeden tornada şekillendirilebilmesi de ayrıca kullanım sahası yaratmıştır. Yüke dayanımları az ve su emmeleri yüksek olup bazen sırlanarak dekoratif separasyon malzemesi olarak kullanılırlar. Bu şekline terra cotta ismi verilir. Harman tuğlaları, delikli-deliksiz inşaat tuğlaları, çeşitli künkler, baca ve başlık tuğlaları, saksı, bahçe seramiği ve kiremitler bu sınıfın önemli ürünleridir.

b. Isıya dayanıklı (refrakter) ürünler:

Isıya dayanımı yüksek olan ürünlerin genel tanımıdır. Asidik, nötr ve bazik refrakterler olarak üç grupta incelenebilir.

Asidik refrakterlerNötr refrakterlerBazik refrakterler

Zirkon

Alümina

Manyezit

Ateş kili

Karbon

Periklas

Silika

Krom

Dolomit

Mullit

Boksit

Forsterit

Silimanit

c. İnce ve beyaz pişen ürünler:

Bu grubun ürünleri saf hammaddelerden üretilir. Sofra takımları, banyo malzemeleri, yer ve duvar döşemeleri, süs eşyaları, elektrik izolasyon malzemeleri ve laboratuvar gereçleri bu grubun kapsamındadır. Bileşimleri genel olarak,

% 50	Kil Kaolin
% 25-45	Kuvars
% 0-15	Kalker
% 0-25	Feldspat' tır.

Kaolin' in plastikliği az olduğundan beyaz pişen ince seramik kili ile desteklenir. Kabaca porselen, gre ve fayans olarak çeşitlendirilebilir.

Porselen :

Sert porselen, yoğun ve beyaz pişen ürünlerdir. Kaolin, potasyum feldspat ve kuvars içerir. Pişirme sırasında feldspat önce erir, kaolinle tepkimeye girer. Oluşan eriyik kuvarsı eritir. Ayrıca kaolin bozularak kristobalitle beraber mulliti oluşturur.

Kristobalitte daha sonra camsı fazda çözünür. Şeffaf porselenler serbest kuvars içermezler. Serbest kuvars bünyede şeffaflığı azaltır ve kristobalit oluşumu ile ısı şoklarına dayanımı düşer. Sert porselenler için pişme sıcaklığı 1280-1460°C arasında değişir. Yumuşak porseleni sert porselene oranla daha düşük sıcaklıkta pişen, beyaz ve şeffaf görünümlü bir çok ürünü kapsar. Her iki türün de gözeneklilikleri ve su emmeleri çok düşük olup %0-1 dolayındadır. Feldspatın etkisiyle tamamen camsı bir yapı oluşmaktadır.

Gre:

Bunlara sert çini de denir. Su emmesi %5 civarındadır. Yer karoları, süs eşyaları, sofrta malzemeleri, düşük gerilim elektrik izolatörler ve kimyasal endüstrisinde kullanılan reaktiflere dayanıklı kaplar gibi ince seramik ürünler üretilir. Greler bazen 1250°C’ de vitrifiye olan killerden de üretilir. Bu türüne doğal gre denir. Kil, kaolin, feldspat ve kalkerden oluşan karışımlardan yapılan yüksek kaliteli izolatörler ve sıhhi tesisat gereçleri de bu gruba girer.

Fayans:

Bu tür ince seramiklere akçini’ de denir. Su emmeleri %15 civarındadır. 1040-1150°C civarında üretilir. Poroziteleri fazla olduğundan üretimleri kolay, fakat saydam değildirler. Bu grupta duvar fayansları, bazı sofrta malzemeleri, süs eşyaları gibi üretilir. Çamur bileşimlerine göre kalkerli, feldspatik ve talklı olarak ayrılırlar.

d. Teknik seramikler:

Son yılların ürünleri olup sertlik, elektrik iletim ve yalıtım özellikleri, ısı iletim ve yalıtım özellikleri, manyetik özellikleri, yarı iletkenlik özellikleri ve piezoelektrik özellikleri vardır. Bu nedenlerle elektronik alanda, bilgisayarlarda, makine parçalarının üretiminde, uzay çalışmalarında, nükleer enerji alanında geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Bu gruptaki malzemelerin başlıca türleri ise,

(a) Saf oksitler,

(b) Seramik-metal karışımı ürünler,

- (c) Seramik-manyetik ürünler,
- (d) Piezo-elektrik seramik ürünler,
- (e) Metaller ve metaller arası bileşikler.

3. YER KAROSU SERAMİK ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİ

3.1 Yer Karosu Seramik Üretimi:

3.1.1. Harman Hazırlama:

3.1.1.1. Öğütme :

Öğütme işlemi, yapılacak mamule göre ayarlanır. Mamul kaba ise öğütme, valslerle veya kollerganglarla, mamul ince ise değirmenlerle yapılır. Yer karosu seramik üretiminde öğütme işlemi Bilyeli değirmenler vasıtasıyla uygulanır. [2]

Öğütme işlemi için bilyeli değirmenlerde kromlu, manganlı veya flint taşından yapılmış kürelerin düşerken veya dönerken yaptıkları dövme ve sürtünme kuvvetlerinden faydalanılır. Cihaz genellikle bu küreleri ihtiva eden bir silindirden ibarettir. (şekil-3.1.) [3]

Yer karosu seramik üretimindeki değirmenlerde sulu öğütme yapılmaktadır. Bilyeli değirmenlerde taş, su ve öğütülecek madde miktarları hacmen 1/1/1 oranındadır. Yani değirmenin $\frac{1}{4}$ ' ü taş, $\frac{1}{4}$ ' ü su, $\frac{1}{4}$ ' ü öğütülecek madde ve $\frac{1}{4}$ ' ü de boşluktur. Boşluk öğütme sırasında taşların sıvı içerisinde yüzmeden düşmelerini sağlamak ve sürtünme sırasında meydana gelen ısı ile değirmen çatlamasını önlemektedir. [5]



Şekil-3.1. Bilyeli Değirmen [8]

3.1.1.2. Püskürtme ile Kurutma (Spray-Drying) :

Değirmende öğütülen çamur, membranlı pompalarla basınç altında püskürtme memeleri vasıtasıyla kurutucuya püskürtülerek verilir. Aynı yönde veya ters yönde gönderilen 250-300°C civarındaki sıcak hava ile temas eden zerrecikler püskürtücünün içerisinde tabana düşerken kururlar. En büyüğü 1-2 mm çapında olan küre şeklindeki taneler gelen çamur ile hava sıcaklığı ayarlanarak tam kurutulmayıp, %5-8 arasında su ihtiva edecek şekilde kurutulur ve elevatörlerle pres silolarına alınarak rutubetin homojen olması için 5-10 gün bekletilir. [9]

Püskürtmeli kurutucuda kurutulacak çamuru öğütme sırasında değirmene elektrolit ilave edilerek su miktarının minimuma indirilmesi gerekir. (şekil-3.2.)



Şekil-3.2. Püskürtmeli Kurutucu [8]

3.1.2. Şekillendirme

3.1.2.1. Kuru Pres Yoluyla Şekillendirme

Yer karosu seramik üretiminin şekillendirme safhasında kuru pres yoluyla şekillendirme yönteminden yararlanılmaktadır. Bu yöntem genelde büyük imalat

kapasitesi olan, ince detaylı kaliteli küçük mamullerin üretiminde kullanılır. Hammadde normal metal kalıplarda veya izostatik pres kalıplarında basılır.

Bu metotta çamur tamamen toz haline getirilmiştir. Genellikle %5-8 nem içerir. Plastiklik, organik maddelerle ve kil kullanılarak sağlanır.

Kuruma küçülmesinin yok denecek kadar az olması, rahatlıkla ele alınabilmesi, rötuş kolaylığı, imalat hızı, yoğunluğunun fazlalığı gibi büyük avantajları vardır. [5]

Yer karosu seramik üretiminin şekillendirme safhasında preslerin kullanıldığından bahsedildi. Preslerin çalışma prensiplerinden bahsedilecek olursa;

Presler karoyu basarken iki basış yapıyor. Silodan gelen masse hortumla presin arkasındaki kanala boşaltılıyor. Masse bir sürgü vasıtasıyla kalıplara itiliyor ve üst kalıp alt kalıbın içindeki masseyi sıkıştırıyor. Üst kalıp bu işi iki kademeli yapıyor. İlk basışta massenin içindeki havayı alıyor. Hemen ardından basışa devam edip masseyi bisküvi haline getiriyor. Daha sonra sürgü karoyu itiyor ve hareketli rulolara aktarıyor. Rulolardan kurutmaya taşınma sırasında ruloların üzerinde yer alan bir çubuğa takılmış zımparalar karoların kenarlarındaki çapakları alıyor. Kalıpların sıcak olması şekillendirmede kolaylık sağlıyor.

Karonun büyüklüğüne, kalınlığına göre uygulanacak basınç değişiyor. Presin otomatik kontrol panelinden ayar yapılabiliyor. Dakika' da vuruş sayısı' da yine karonun boyutlarına bağlıdır. [9] (şekil-3.3.)



Şekil-3.3. Pres [8]

3.1.3. Kurutma :

Kuruma olayı seramik teknolojisinde çok önemlidir. Seramik ürünler pişirilmeden önce kurutulurlar. Aksi halde pişme sırasında bünyede bulunan nem ürünün çatlamasına neden olur.

3.1.3.1. Tünel Kurutucular:

Adından da anlaşılacağı gibi uzun bir tünel şeklinde olan bu cihaza şekillendirilmiş seramik mamulleri vagonlara yüklenmiş olarak gönderilir.(şekil-3.4.) Bu tür kurutucular, bir vagonun tünele girerken diğerinin çıkışı sağlanarak sürekli çalışırlar. Vagonların hızı saniyede 3cm/dak olup bunlar ters yönden yaklaşık 1m/sn' lik bir hızla gelen hava ile temas eder. Tünelin tavanı hava girdapları meydana getirebilmesi için pürüzlü yapılmıştır. 1,8-2 m' lik bir yüksekliği vardır. Uzunluğu ise 40-90 m' dir. Genişliği kurutma vagonlarının %50' si kadar fazla genişliktedir.

Tünel kurutucunun en sıcak ve hava neminin en az olduğu yeri çıkış noktasıdır. En soğuk ve hava neminin en fazla olduğu yer ise giriş noktasıdır. Eğer bu şartlar yerine getirilmezse kurutma sırasında çatlamalar meydana gelir. Vagon ilerledikçe havanın sıcaklığı artar ve nem azalarak kurutma hızlanır. En sonunda %0.0-0.1 arasında bir rutubetle çıkar. [5]



Şekil-3.4. Kurutucu [8]

Eczacıbaşı Karo Seramik Bozüyük Fabrikasında Preslerden çıkan bisküviler hareketli rulolarla kurutmaya alınıyor. Kurutma dönme dolap şeklinde çalışıyor. Bisküvilerin kurutmaya girişi ve çıkışı arasındaki zaman 81 dakikadır. Kurutma kabininin üst kısmına fan vasıtasıyla sıcak hava veriliyor. Alt kısmına ise soğuk hava üfleniyor. Kurutma sıcaklığı, massenin özelliği, karonun boyutları ve sırlama şartlarına göre değişiyor. Maksimum sıcaklık 300°C sıcaklığa ulaşabilen kurutmadan, çıkan karolar 90°C' ye varan sıcaklıkta kurutmadan çıkmaktadır. [9]

3.1.4. Sırlama

Eczacıbaşı Karo Seramik Bozüyük fabrikasında yer karosu için sırlama bantının akışı şu şekildedir.(şekil-3.5.) Kurutmadan çıkan bisküviler hareketli bantlara aktarılır. Hareketli bantların en başında bir switch vardır. Bu switch bir telle bantların alt tarafındaki ayaklara bağlanmıştır. Kurutmadan çıkan bisküviler normal şekilde ilerlemeyip birbirinin üzerine çıkıp yığılma yaptıklarında bu switch' e temas ederler. Switch hareketli bantı durdurur. Switch' den sonra bantın üzerinde bir sünger vardır. Bantın üzerinde hareket eden bisküviler bu süngere temas ederler ve sünger bisküvilerin üzerindeki tozu almış olur. Buradan sonra kabin içine giren bisküviler bir fırça yardımıyla temizlenir. Kabinin üzerinde toz emici bir hortum vardır. Bu hortum fırçanın kaldırdığı tozları ve pislikleri içine çekerek uzaklaştırır. Daha sonra ise bantın üzerinde bulunan son tozlarda üflenerek uzaklaştırılır. Bundan sonra bisküviler bir kabin içine girerler. Kabin içinde bulunan döner diskler, kabinin üzerine bağlı hortumun karıştırıcıdan çektiği angop' u bisküvilerin üzerine dağıtır. Sır hazırlamadan servis tanklarıyla gelen angop servis tankının ağzından eleğe akar. Elek, 100µm elek açıklığında titreşimli elektir. Angop burada elendikten sonra hortumla karıştırıcıya aktarılır. Karıştırıcıda karışan elenmiş angop hortumla bantın üzerinde bulunan ve döner diskle bisküvilere angop atan kabinin üstünden içeri girer.

Bundan sonra kampana yardımıyla angoplanmış bisküvilere sır atılır. Karıştırıcıda bulunan sır hortumla kampananın üzerine aktarılır. Buradan kampananın üzerine akan sır kampananın önünde ve arkasında bir perde oluşturur. Bunların altından geçen bisküviler sırlanmış olur. Sır, sır hazırlamadan servis tanklarıyla getirilir. Forklift ile getirilen, servis tankının ağzından akan sır elekten geçirilir. Elek, 100µm elek açıklıklı

ve titreşimlidir. Elekten geçen sır eleğin ağzından karıştırıcıya dökülür. Burada karıştırılıp hortumla kampananın üzerine aktarılır. Kampananın ve bantın altında bulunan tepsiye akan sır hortumla tekrar karıştırıcıya alınır. Bu şekilde devir daim oluşur. Bisküviler sırlandıktan sonra kurutma kabinlerine girerler. Kurutma işlemi ısıtıcı lambalı bir sistemle yapılır. Lambaların verdiği ısı bisküvilerin üzerindeki sır ve angopu kurutur. Kurutmadan sonra bantta kompensör yer alır. Bant durduğu zaman arkada mal kalmaması için kompensör devreye girer ve bisküvileri toplar. Kompensörden sonra bantın sağ ve solunda bulunan döner fırçalar yardımıyla bisküvilerin yan çapaklarını ve akmiş olan sırı temizler. Daha sonra bisküviler 90° çevrilir. Bu işlem, bir ara bant sayesinde olur. Ara bantın sağ ve sol kayışları farklı hızlarla dönmektedir. Bu şekilde bisküviler 90° döndürülür. Döndürmenin amacı bisküvinin her tarafına aynı temizlemeyi yapmaktır. Ara banttaki sonraki fırça bisküvinin üzerini temizler. Bundan sonra toz üfleme kabini vardır. Toz üfleme kabininin açık olan ön tarafında bulunan fan içeri hava üfler ve bisküvinin üzerinde bulunan tozları çeker. Daha sonra bisküvilerin üzerine fiksatif püskürtülür. Bu madde baskı sırasında pastanın bisküvi üzerinde dağılmasını önler, pastanın bisküvi üzerine kolay yapışmasını sağlar. Bundan sonra bantta kompensör vardır. Baskı makinesi çalışmadığında devreye girer ve bisküvileri toplar. Kompensörden sonra bantta elek baskı veya rotocolor baskı makinesi yer alır. Bisküviye baskı yapılıp yapılmamamsı verilen siparişe göre değişir. Eleğin farklı bölümlerinde, farklı elek açıklıkları olmasından pasta bisküviye farklı miktarlarda basılır. Böylece desen oluşur. Pasta hazırlamadan gelen pasta eleğin üzerine dökülür. Hareketli sürgü yardımıyla pasta eleğin üzerinde gezdirilir. Eleğin deliklerinden geçen pasta bisküviye yapışarak desen oluşturur.

Rotocolor baskı makinesi, daha değişik bir çalışma prensibine sahiptir. Döner disk şeklinde olup, dönme eksenini bantlara paralel ve dönme yönü bantlara terstir. Bu disk silikondan oluşmuştur ve desen üzerine lazer ile işlenmektedir. Diskin üzerindeki küçük musluktan pasta akar. Diskten aşağı fazla pasta gitmemesi için üst tarafına bir bıçak yerleştirilmiştir. Silikon diskle, bıçak arasındaki çok küçük aralıktan pasta geçer, bu pasta silikon disk üzerine işlenmiş desen olarak bisküviye disk tarafından basılır.



Şekil-3.5. Sırlama Bantı [8]

Banttın sonra bisküvinin fırındaki döner rulolara yapışmaması için altına angop sürülür. Bu döner rulolarla yapılır. İçinde angop bulunan karıştırıcıdan hortumla bantın altındaki küçük kaplara angop gider. Rulolar dönme hareketleri sırasında kaptaki angopa girer ve bu angopu bantta giden bisküvilere sürerler.

Alt angop ile üst angop farklı özelliktedir. Alt angop yapışmayı önlerken, üst angop örtücü özelliktedir.

Yer karosu ile duvar karosu sırlaması arasındaki ufak farklılıklarından bahsedecek olursak; Duvar karosuna önce pistoleden su püskürtülür. Duvar karosu poroziteli bir yapıda olduğu için direkt angop atıldığında porlar angopla dolar, bunun sonunda delikler meydana gelebilir. Su bu delikleri kapatarak angop girişini engeller. Daha sonra angop atılır. Burada angop diskle değil kampanayla atılıp, bisküviler direkt ısıtma kabinine gider. Bir diğer fark ise; Duvar karosuna alt angop sürülmez. Çünkü duvar karosunun fırındaki pişme sıcaklığı yer karosuna göre düşük olduğundan bisküvilerin fırının rulolarına yapışma sorunu yoktur. [9]

3.1.5. Pişirme:

Seramik ürünleri, seramik yapan en önemli özellik pişirilmeleridir. Hammaddesi ne olursa olsun pişme işleminden geçmemiş bir ürün için seramik adını kullanmak kesinlikle yanlıştır. Seramiğin doğa şartlarına ve kimyasal maddelere dayanıklılık

kazanması çeşitli seramik ürün cinslerine göre tespit edilmiş 700-2000°C arasında pişme sonucu ile mümkün kılmaktadır. [5]

3.5.1.1. Tek pişirim:

Seramik endüstrisinde 1980' li yıllardan itibaren tek pişirim yöntemi uygulanmaya başlamıştır. Tek pişirim yönteminde önce mal sırlanır, daha sonra pişirilir. Bu yöntemde daha fazla hata oluşması doğaldır. Çünkü yaş mala sır atmak daha çok hata oluşturabilir. Fakat maliyet yönünden avantajlıdır.

Bu pişirme yönteminde “roller fırın” denilen seramik silindirik çubuklar üzerinde pişirilerek malzemenin hareket etmesi suretiyle pişirimin yapıldığı fırınlar kullanılır. Tek pişirim roller fırınlar bilhassa yer karosu ve fayans üretiminde uygulanmaktadır. [5] (şekil-3.6.)

Eczacıbaşı Karo Seramik Bozüyük fabrikasında yer karosu üretimi için kullanılan roller fırınlarda pişirim sırasında yaşanan olaylar şu şekildedir; Sırlama bantlarından rollermatiklerle gelen bisküviler fırına girerler. Fırının girişinde kurutma bölgesi vardır. Burada bisküvinin yüksek rutubetinin atılması amaçlanır. Rutubetin atılması için 300-350°C civarında bir sıcaklık gereklidir. Daha yüksek sıcaklık verilirse bisküvi patlar. Bu bölümde brülör yoktur. Baca tarafından fırının iç bölgelerinden çekilen sıcak havayla kurutma işlemi sağlanır. Fırının iki yerinde klape vardır. Klape açılarak bölgeler arasında sıcaklık alışverişi olur. Örneğin kurutma bölgesinde yüksek sıcaklık varsa fırın içindeki klape kapatılarak sıcaklık düşürülebilir. Daha sonra fırının alt kısmındaki brülörler yardımıyla bisküvinin sırsız kısmı ısıtılarak içindeki gaz atılır. Bu gaz atılmaz ise ileri ki bölümde sır ısıtıldığında bu gaz yüzeyden dışarı çıkamayıp delik yapabilir. Bu olaya blackcore denir. Bu bölümde sırn erimesini önlemek için yukarıdan soğuk hava üflenir. Bu bölümden sonra bisküvi cehennem bölgesine girer. Burada hem üstte hem altta brülörler vardır. Bisküvi yüksek sıcaklığa maruz kalıp şekillendirilir. Bisküvinin deformasyonu ayarlanır. Cehennem bölgesinden sonra bisküvi ani soğutma bölgesine girer. Burada sıcaklık 1100°C' den 500-600°C arasında bir sıcaklığa düşer. Bu soğutma bir fan tarafından yapılmaktadır. Daha sonraki bölümde mamuller normal koşullarda soğumaya bırakılır. Burada mamule soğuk hava üflenir ve

ortamdaki sıcak hava bir fan tarafından çekilir ve ardından bu hava fabrika dışına atılır. Mamuller elle tutulacak sıcaklığa gelir. [9]



Şekil-3.6. Tünel Fırın [8]

4. SERAMİK SIRLARI

4.1. Sırın Tanımı:

Öğütölmüş uygun bileşimli seramik hammaddelerden elde edilen ve seramik bünye üzerinde pişirme neticesinde cam yapıya benzer bir yapı oluşturabilen karışımlara ve söz konusu tabakaya sır denir. Diğer bir deyişle malzemenin yüzeyini örten mat veya parlak camsı bir tabakadır.

Seramik mamulleri sırlamanın iki ana gayesi vardır. Bunlardan birincisi genelde gözenekli ve mikro seviyede pürüzlü bir yüzeye sahip olan seramik bünyeyi dışta gözeneksiz ve düz bir yüzeye sahip olan cam tabakasıyla kaplayarak daha hijyenik, daha rahat temizlenebilir bir duruma getirmektir. Buna örnek olarak içinde gıda maddelerinin bulundurulduğu sofr seramikleri, vücut temizliğinde kullanılan sıhhi tesisat mamulleri ve yüzey kaplamasında kullanılan yapı malzemeleri verilebilir. Sırlamanın ikinci nedeni ise estetik açıdan güzel bir görünüm oluşturmak ve yüzeyin dekorlanma olanaklarını arttırmaktır. Sır aynı zamanda mamulün mukavemetini ve çoğu zaman yüzey sertliğini arttırıcı bir rolde oynar. Kimyasal dış etkilere karşı dayanımı arttırır. Yüzeyin kullanım koşullarına dayanıklılığı uygun bileşimde sır reçetesi yapılarak ayarlanabilir. [11]

5. SIR YAPIMINDA KULLANILAN TEMEL HAMMADDELER VE YARDIMCI HAMMADDELER

Düşük ergime formuna sahip seramik sırları çok farklı kompozisyonlara sahiptir. Sır hazırlanmasında kullanılan hammaddeler iki temel gruba ayrılır. Bunlar:

1. Seramik sırnı oluşturan temel hammaddeler
2. Yardımcı hammaddeler (opaklaştırıcılar, seramik boyaları ve matlaştırıcı malzemeler)

Yukarıdaki sınıflandırma hammaddenin sır içindeki fonksiyonuna bağlı olarak yapılmıştır. Hatta yardımcı hammaddeler bile sırda çok az kullanılmalarına rağmen, sır özelliklerinde kayda değer etkiler yapmışlardır.

Diğer taraftan sır yapımında kullanılan hammaddeler asit-baz kuramına göre' de üç gruba ayrılırlar. [5]

1. Bazik oksitler: Eritici olarak kullanılırlar. RO ve R_2O kimyasal formüllerini içerirler. (Na_2O , CaO gibi).
2. Amfoter oksitler: Hem asidik, hem bazik özellik gösterirler. R_2O_3 bileşiminde olup, Al_2O_3 genel temsilcisidir.
3. Asidik oksitler: RO_2 kimyasal formülünü içerirler. SiO_2 genel temsilcisidir.

5.1. Sır Yapımında Kullanılan Temel Hammaddeler:

5.1.1. Bazik Oksitler:

5.1.1.1. Sodyum Oksit- Na_2O :

Na_2O , seramik sırlarının temel içeriğidir. Sodyum oksit yüksek seviyede kimyasal aktiviteye sahiptir ve güçlü bir ergitici madde görevi görür. Bu oksit sırn yumuşama ve erime sıcaklıklarını düşürür ve sırn parlaklığını düzeltir. Fakat elastiklik üzerinde negatif bir etkisi vardır. Dolayısıyla termal genleşme katsayısını arttırmaktadır. Normal şartlar altında, serbest halde oluşmaz ve direkt olarak kullanılmaz. Çünkü stabil değildir. Na_2O içeren sırlar şu şekilde karakterize edilebilirler: dar bir erime aralığı, yüksek termal genleşme katsayısı, asitler içinde yüksek çözünbilme, yetersiz sertlik ve aşınmaya karşı zayıf bir dayanımdır. Sodyum oksit yüksek sıcaklıkta buharlaşır. Sır bileşimine aşağıdaki bileşiklerden katılarak girmektedir:

Sodyum Karbonat (Na_2CO_3), Sodyum Nitrat (NaNO_3), Sodyum Klorür (NaCl), Albit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$).

5.1.1.2. Potasyum Oksit- K_2O :

Sırdaki özelliği sodyum okside benzerdir. Fakat daha efektiftir. Potasyum oksit her çeşit sırda aktif ergitme maddesi olarak görev görür. Sırn viskozitesini ve termal genleşme katsayısını arttırmaktadır. Yüksek fiyatından dolayı sınırlı amaçlar için kullanılmaktadır. Sır bileşimine aşağıdaki bileşiklerden katılarak girmektedir:

Potasyum Karbonat (K_2CO_3), Potasyum Nitrat (KNO_3), Ortoklaz ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$).

5.1.1.3. Lityum Oksit- Li_2O :

Lityum oksit güçlü fakat çok pahalı, alkali oksitlere göre daha iyi ergitici özelliğe sahip bir bileşiktir. Sırn ergime sıcaklığını, viskozitesini ve termal genleşme katsayısını düşürmektedir. Alkali oksitlerin yerine lityum oksit kullanıldığı zaman sırn kimyasal ve termal stabilitesini daha iyileştirir. Tercih edilen az miktarda lityum oksit

ilavesidir. Ayrıca sırn di elektrik özelliklerini iyileştirir, kimyasallara dayanımını artırır ve di elektrik kayıplarını azaltır. Alkali oksitletin yerine lityum oksit kullanımı asit etkisine, aşınmaya dayanım konusuna daha iyi sonuçlar verir ve bitmiş sırn parlaklığını iyileştirir.

Lityum karbonat (Li_2CO_3), doğal lityum mineralleri ve mesela silikatlar, zirkonlar, titanatlar vb. gibi sentetik lityum bileşikleri vasıtasıyla sıra verilmektedir.

5.1.1.4. Kurşun Oksit-PbO:

PbO, düşük ergimeye sahip sırlarda geleneksel olarak kullanılan bir içeriktir ve sırn viskozitesini düşürür, ayrıca devitrifikasyona karşı eğilimini azaltır. PbO içeren sırlar düşük erime sıcaklığına ve yüksek parlaklığa sahiptirler. Kurşun bileşikleri zehirlidir ve bu özelliğinden dolayı fritleştirilmelidirler. Kurşun oksit sırn renklendirilmesine yardım eder ve düşük termal genleşme katsayısı eldesine yardım eder ve böylece farklı bünyelere yapışarak uyumunu sağlar. Aşağıda adı geçen kurşun bileşiklerinden sıra katılarak, kurşun oksit sır içine sokulabilir.

Kurşun oksit (PbO), Minium (Pb_3O_4), Temel kurşun karbonat [$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$], Kurşun sülfid (PbS).

5.1.1.5. Kalsiyum Oksit-CaO:

Kalsiyum oksit seramik sırlarının temel komponentlerinden birdir ve sırların sertliğini, kimyasal dayanımını artırırken, termal genleşme katsayısını düşürmektedir. Yüksek sıcaklıklarda, kalsiyum oksit kurşun oksit' in vekili gibi yer alır. Düşük sıcaklıklarda ise sadece küçük miktardaki aktif olarak kalır ve fazla miktarı ise sırn erime sıcaklığını artırır. Silikatlarla beraber kalsiyum oksit düşük dereceli sıcaklıklarda ötektik karışımları oluşturur ve ergitici madde gibi davranmaya başlar. 1100°C ' yi geçen sıcaklıklarda, gene ergitici madde gibi rol oynar ve pişirim esnasında çok stabil yapı gösterir. Fazla miktardaki kalsiyum oksit ilavesi sırn matlaşmasına ve kristalizasyona neden olmaktadır. Doğal hammaddeler çoğu sıra kalsiyum karbonat sağlamaktadır. Kimyasal olarak elde edile kalsiyum karbonat sırda çok seyrek kullanılmaktadır.

Sır bileşimine aşağıdaki bileşiklerden katılarak girmektedir:

Kalsiyum karbonat (CaCO_3), Kalsiyum Klorit (CaCl_2), Kalsiyum Florit (CaF_2), Kalsiyum Fosfat [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$].

5.1.1.6. Magnezyum Oksit-MgO:

Ötektik karışım oluşturma özelliğinden dolayı, Magnezyum oksit sırlara ergitme maddesi olarak verilir. MgO sırn sertliğini, kimyasal dayanımını, mekanik kuvvetini ve elastikliğini iyileştirir. MgO 1170°C ' ye doğru opaklaştırıcı etkiye sahiptir ve bu noktada ergitici madde görevi görmeye başlar.

Sır bileşimine aşağıdaki bileşiklerden katılarak girmektedir:

Magnezyum Karbonat (MgCO_3), Magnezyum Oksit (MgO), Dolomit ($\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$), Talk ($3\text{MgO}.4\text{SiO}_2.\text{H}_2\text{O}$).

5.1.1.7. Baryum Oksit-BaO:

Baryum oksit sıra bir sürü avantaj nitelikte özellik kazandırır. BaO güçlü bir ergitici maddedir. Elastikliği, mekanik kuvvetini iyileştirir ve erime noktası ile termal genişleme katsayısını düşürür. Baryum oksit stabil değildir ve sır ile reaksiyona girer. Sıra BaO veren bazı bileşikler zehirli olduğundan dolayı kullanım alanı sınırlıdır. BaO oksit mat sırlar için istenen bir maddedir.

Sır bileşimine aşağıdaki bileşiklerden katılarak girmektedir:

Baryum Karbonat (BaCO_3), Baryum Sülfat (BaSO_4), Baryum Klorür ($\text{BaCl}_2.2\text{H}_2\text{O}$), Baryum Nitrat [$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$].

5.1.1.8. Stronsiyum Oksit-SrO:

SrO ergitici element olarak görev görür. Düşük ergimeli sırlarda temel komponent olarak yer alır. Sır özelliklerinde önemli bir etkisi vardır. Kalsiyum oksit, baryum oksit arasında orta bir pozisyonda oluşur. SrO' in az olması baryum oksit' in üzerinde bir avantaj sağlar. SrO sırn parlaklığını, aside dayanımını ve sertliğini

iyileştirir. Stronsiyum karbonat ilave edilerek sıra stronsiyum oksit verilmesi en sık yapılan işlemdir.

5.1.1.9. Çinko Oksit:

ZnO yüksek ergime sıcaklıklarında sır için etkili bir ergitici maddedir. Küçük miktarlardaki ilavesi parlaklığı düzeltir. Buna rağmen yüksek miktarlardaki ilave opaklığa ve sırların matlaşmasına neden olmaktadır. ZnO parlaklığı, kimyasal direnci, kuvveti ve sırnın termal genleşmesini düşürürken elastikliğini de arttırmaktadır. Geleneksel çinko oksit, beyaz, suda çözünmez ton haldedir. Pazarda çeşitli ZnO çeşitleri bulmak mümkündür. Bir kural olarak ZnO küçük miktarda çinko sülfat, çinko karbonat, kurşun oksit ve demir oksit içermektedir. Çinko oksit zayıf bir higroskopik özelliğe sahip, %0.5 arasında nem absorbe eden bir bileşiktir. 250°C' ye kadar ısıtıldığında sarı renge dönüşür fakat soğutma ile birlikte orijinal beyaz rengini tekrar alır. 1000°C' yi geçen sıcaklıklarda uzun bir müddet bekletilirse çinko oksit büyük parçalar halinde sinterleşir. ZnO sır eriyiğinde tamamen çözünür. Yüksek ZnO konsantrasyonu kristalizasyon ve çinko silikatın çökmesine neden olmaktadır. Çinko ortosilikat $2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$ kristal ve mat sırların tasarlanmasında büyük rol oynar. ZnO küçülmeyi arttırır ve bazı zamanlar tek pişirim sırları için değirmen katkı malzemesi olarak kullanılır. Çok ince çinko oksit kullanımı sırlarda “crawling” denen hataya neden olmaktadır. Sonuç olarak ilave edilmeden önce 900-950°C' de kalsine edilir.

5.1.2. Amfoter Oksitler:

5.1.2.1. Alümina- Al_2O_3 :

Alümina bazik ve asidik oksitleri stabil cam içinde bağlar ve böylece sır %5 ile %15 arasında Al_2O_3 içerir ve bu sır eriyiği içinde kolayca çözünebilir. %25' i geçen miktarlarda, Alümina çöker ve kristal opaklığı verir veya mat yüzeyin oluşmasını sağlar. Al_2O_3 ile transparant sırlara mat görünüm verilebilir. Doğal ürünler sır kompozisyonuna Al_2O_3 verebilmek için kullanılırlar. Bunlar: Feldspat, Kaolin, beyaz pişen killeri vb. çok seyrek olarak teknik Al_2O_3 .

Alüminyum oksit' in erime derecesi 2050°C' dir. Her sırda yer alan temel bir hammadde olup sıranın erime noktasını yükseltir.

Hem asidik hem de bazik özellikleri nedeniyle SiO₂ veya bazik oksitlerle reaksiyona girebilir. Bor ile birlikte opaklaşmayı engeller. Kaolin veya kil şeklinde kullanılırsa sır ve bünyede bağlantıyı sağlar.

Viskozite ve kristalleşmeye karşı dayanıklılığı artırır. Pişirme intervalini artırır. Yapısında yüksek miktarda kil bulunduğu sırda büzülmeyi önler. Mekanik direnci artırırken ısı genleşmeyi azaltır ve sertlik verir.

5.1.3. Asidik Oksitler:

5.1.3.1. Silisyumdioksit-SiO₂:

Silisyumdioksit (SiO₂)' in ergime sıcaklığı 1710°C, yoğunluğu 2.65gr/cc, mol ağırlığı 60, sertliği ise 7' dir.

Bütün sırlarda ortak olarak kullanılan oksittir. Renksiz ve çeşitli renklerde doğada en çok bulunan mineraldir. Kuvars yapının kuruma küçülmesini azaltır, plastikliği düzenlemeye yardımcı olur. Pişirme sırasında deformasyon olmadan gaz çıkışını sağlar. Sır içerisine girdiği zaman bazik oksitlerle birleşerek camsı bir yapı oluşturur. Kolay kolay suda çözünmediği için, suda çözünen başka maddeler SiO₂ ile birleşerek çözünmeyen silikatları oluştururlar. Yüksek oranlarda katıldığında çamurun bağlayıcı ve kuru direncini azaltır. Oranın yükselmesiyle erime sıcaklığı da yükselirken kuru ve pişme küçülmesi de düşer. Katkı oranı çok fazla olursa büyüme bile görülebilir.

Silika her çeşit sır için temel hammaddedir. Silika çeşitli polimorf şekillerde görülmektedir. Bunlar: kuvars, tridimit ve kristobalit. Kristal tipi olan tridimit ve kristobalit' in sır için hammadde olarak kullanışlı bir yardımı yoktur. Fakat bunlar SiO₂' nin yüksek sıcaklık değişim ürünü olmasında büyük önem taşımaktadır. Normal sıcaklıklarda SiO₂' nin stabil formu β-kuvars' dır ve bu düşük kimyasal aktiviteye sahiptir. Kuvarsın kimyasal aktivitesi sıcaklık ile yükselir. Çeşitli kuvars kumu ve kristal kuvars çok sık olarak sırda SiO₂ sağlamak için kullanılır. Kum, manyezit, hematit, garnet,

limonit gibi çeşitli safsızlıklar içermekte ve bu da sırda istenmeyen renk değişimine neden olmaktadır. Sonuç olarak kuvarsın yüksek kalitede beyaz sır üretiminde kullanılması öngörülmektedir. Kumun rengi kendi başına safsızlık kriteri olarak alınmamalıdır. Bazı zamanlar saf kum kalsinasyon sonucu rengini değiştirir. Demir ve titan oksit içeren kumlar pek stabil değildir. Çünkü sırda koyu renklerin oluşumuna sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra kumun kimyasal kompozisyonu ile tane boyutu dağılımı da çok önemlidir. İri taneli kuvars kumu örneğin bir frit eriyiği içinde erime prosesini yavaşlatır. Erime işleminin hızı tanenin çok küçük olmasına ve sıcaklığa bağlıdır. Kuvars kumunun rutubet miktarı %2 ile %10 arasında değişmektedir. Bütün kuvars kumları Na_2O , Al_2O_3 , K_2O , CaO , MgO ’ in karışımını ihtiva etmektedir. Bundan dolayıdır ki yeni kum kaynaklarının kompozisyonu kontrol edilmelidir. Kumun içine Alümina;Mika, feldspat ve kil karışımlarından gelmektedir.

5.1.3.2. Borik oksit- B_2O_3 :

B_2O_3 yüksek derecede higroskopiktir ve doğada var olmaz . 300°C ’ nin üstüne kadar ısıtıldığı zaman borik oksit akışkan bir eriyik oluşturur. Borik oksit metal oksitleri çözme ve düşük ergime sıcaklığında ötektik eriyiklerin oluşturulması yeteneklerine sahiptir. Ayrıca sırların viskozitelerini düşürerek daha parlak bir görünüm sağlar. B_2O_3 silika camlarının yumuşama noktalarını düşürme ve yüzey gerilimlerini azaltma kabiliyetine sahiptir. Sır kompozisyonuna %12-%16 B_2O_3 ilavesi sırların genleşme katsayısını düşürmektedir.

Küçük miktarlarda borik oksit ilavesi sırların parlaklığını ve transparanlığını düzeltecek, iyileştirecektir. Bunun yanı sıra büyük miktarlardaki katkı sırların opaklaştıracaktır. B_2O_3 sırların kimyasallara karşı direncini ve sertliğini arttıracaktır, termal genleşmesini düşürecek ve mekaniksel özelliklerini de düzeltecektir. Borik oksit sıra borik asit koyularak verilir veya fritten sıra kazandırılır.

5.2. Sır Katkı Maddeleri-Yardımcı Malzemeler:

5.2.1.Opaklaştırıcılar:

5.2.1.1. Kalay Oksit-SnO:

Beyaz, suda çözünmez bir tozudur. Kalay oksit bütün sıcaklık sınırları için özellikle iyi opaklaştırıcıdır. Doğal mineral kalay oksit opaklaştırıcı olarak stabil değildir. Çünkü empürite içerir. Kalay oksit kimyasal üretim işlemleri ile sentetik olarak da elde edilir.

5.2.1.2. Zirkonyum Oksit-ZrO₂:

Zirkonyum oksit ağır, beyazdan sarıya doğru, suda çözünmez bir tozudur ve doğada badelit minerali olarak oluşur. Düşük termal genleşme katsayısı ile tanımlanır ve bu özelliği de sıran termal dayanımını iyileştirir. Zirkonyum oksit sıran erime sıcaklığını yükseltir ve viskozitesinin de azalmasına neden olur. Zirkonyum oksit geniş bir sıcaklık aralığında özellikle düşük silika ihtiva eden sırlarda etkili bir opaklaştırıcıdır.

5.2.1.3. Zirkonyum Silikat-ZrSiO₄:

ZrSiO₄ doğada ZrO₂.SiO₂ minerali olarak oluşur. Suda çözünmez bir tozudur. Çoğunlukla etkili ve pahalı bir opaklaştırıcı olarak çeşitli sıralarda yer alabilir. Çok ince öğütülmüş zirkon silikat(1-5 mikron) opaklaştırıcı olarak popülerdir.

5.2.1.4. Antimon Oksit-Sb₂O₃ ve Sb₂O₅:

Sb₂O₃ suda çözünmez bir bileşiktir. Isıtıldığı zaman sarıya döner. Zehirlidir ve sırlar için hammadde olarak sınırlı uygulama imkanı bulunur. Sb₂O₅ suda az çözünebilir, zehirli değildir ve seramik banyolarda kullanılır.

5.2.1.5. Titanyum Oksit-TiO₂:

TiO₂ beyaz, suda çözünemeyen tozudur ve 3 doğal forma sahiptir. Rutil, anatase, brokit ve hiç biri yeterli saflık göstermez. TiO₂' in çeşitli formları aynı kimyasal formülü gösterir. Fakat önemli kristal yapıları farklılıklar gösterir. %1' den az miktardaki TiO₂ sır eriyiği içinde tamamen çözünür. Fakat %1' den daha fazla ilave

miktarları ise tekrar kristalizasyona, %5' den fazlası ise opaklığa sebep olur. %5' i geçen miktarlardaki kullanım sıra mat görünüm verir. Titan içeren sırlar ışığa ve sıcaklığa bağlı olarak renk değiştirirler. Oda sıcaklığında beyaz görünen titanyum sırlar 150°C yüksek sıcaklıklarda sarı renk alırlar.

5.2.1.6. Kalsiyum Florit-CaF₂:

CaF₂ sırda çok sık kullanılan bir hammaddedir. Çünkü ergitici maddedir ve opaklaştırıcı etkiye sahiptir. Doğal Fluospar minerali şeklinde oluşur. Sık sık bu mineral demir bileşikler ve kalsiyum sülfat gibi karışımlar içerir.

5.2.1.7. Sodyum Pirofosfat-Na₄P₂O:

Na₄P₂O suda çözünür ve fosfat sırları eldesin de kullanılan bir bileşiktir. Sırın kimyasal etkilere karşı direncini artırır.

5.2.1.8. Kalsiyum Fosfat-3CaO.P₂O₅:

Kalsiyum fosfat soğuk suda çözünmez fakat ılık suda bozunur. Kurşun serbest olduğu kalay oksitli sırlara bir sır komponenti olarak katılır.

5.2.2. Bağlayıcılar,Yapıştırıcı Maddeler:

Sır süspansiyonları optimal bir yoğunluğa ve kıvama sahiptir. Çökmeye, çabuk kurumaya direnç göstermelidirler. Çeşitli sırlar bu ihtiyaçları farklı derecelerde sağlar. Sonuç olarak çeşitli katkı malzemeleri bir veya daha fazla özelliği iyileştirmek için kullanılırlar. Çeşitli katkı malzemeleri sırn çalışma özelliklerine pozitif katkı yapar. Örneğin bağlayıcılar, düzenli aplikasyon şartları yaratmak, sır ve bünyenin daha iyi bağlanmasını sağlamak için kullanılır. Geçmişte killi ve kaolinler bağlayıcı olarak kullanılırken, çeşitli doğal ve sentetik ürünler şu anda kullanılmaktadır. Aşağıda adı geçen bağlayıcılar seramik sektöründe kullanılmaktadır.

5.2.2.1. Carboxymethyl selülözler:

Karboksil metil selülözler (CMC) sırn plastikliğini iyileştirir. Ayrıca deflökulant görevi görür. CMC genellikle tek pişirim sırlarında kullanılır. Sölüsyonun viskozitesini arttırır.

5.2.2.2. Dextrine:

Küçük miktarda dextrine ilavesi sır bağını iyileştirir. Daha büyük ilaveler dekoratif amaçla kullanılabilir.

5.2.2.3. Polysakkaritler:

Polysakkaritler çok önemli bağlayıcılardır. Çünkü sır viskozitesini etkilemeksizin sır bağını iyileştirir. Polysakkaritler kuru preslenmiş sırlarda da bağlayıcı olarak kullanılırlar. Polysakkaritler dışında glukoz, pentoz, lignin de bağlayıcı olarak kullanılır.

5.2.2.4. Polyakraletler:

Pişmemiş sırn aşınma dayanımını iyileştirir ve bağlayıcı olarak görev görür. Bakteriyal etkilere dayanıklıdır. Yüksek molekül ağırlıklı polymerler deflokulant olarak rol oynar ve daha düşük molekül ağırlıklı olanlar bağlayıcı olarak daha uygundur. %0.5 ve %1 arasındaki ilave, sırn sertliğini iyileştirir.

5.2.2.5. Bentonit:

Bentonit montmorillonit esaslı bir kildir. Bağlayıcı madde olarak çok sık kullanılır. Aktif bentonitler daha etkilidir.

5.2.3. Temel Maddeler, Stabilize Ediciler:

Sırlar özellikle fritteleştirilmiş olanlar çökmeye karşı eğilim gösterirler. sırlardaki alkali hidrate olur. Viskozite azalır ve böylece çökelti hareketlenmeye başlar. Sırn kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak çökelti değişir ve pişirim hatalarına sebep olur. Asidik tuzlar ve alüminyum ayrıca temel hammaddesi olarak yer alır. Temel

6. FRİT

Öğütölüp toz haline getirilmiş seramik hammaddelerin bir reğeteye göre tartılıp karıştırıldıktan sonra eritilmesi ve eriyiğın hızlı bir şekilde soğutulması neticesinde ortaya çıkan cam yapılı ara mamule Frit denir. 1200°C gibi düşük sıcaklıkların altında pişirilen mamullerin sırlarında önemli oranlarda Frit bulunur. Sıcaklık düştükçe bileşimdeki Frit oranı yükselir. Fayans sırlarında %90'nın üzerinde frit kullanılır. Porselen gibi yüksek sıcaklıklarda pişirilen mamullerin sır bileşimlerinde Frit'in yer almasına gerek yoktur. Kaolin, Kuvars, Feldspat, Kalsit, Manyezit ve Dolomit gibi hammaddelerin uygun oranlarda karıştırılmasıyla bu sıcaklıklarda aranan özelliklere sahip olan sır tabakalarının elde edilmesi hiçbir sorun oluşturmamaktadır. Buna karşın düşük sıcaklıklarda aranan özelliklerde sır tabakası elde edebilmek için hem erime sıcaklıkları düşük hem de eriticilik özellikleri yüksek Bor ve/veya Kurşun bileşiklerinin kullanılması kaçınılmazdır. Bu hammaddeler ham olarak kullanılmaları halinde bir takım sorunlar oluşturdıkları için ancak fritleştirilerek kullanılabilirler. Kurşun bileşikleri oldukça toksik özellik gösterirler. Silikatlarla eritilerek bağlanmaları durumunda çözünmez hale geldikleri için bu sorun ortadan kalkar. Sırda kullanılmaları kurşunlu, kurşunlu borlu, kurşunlu alkali ve borlu fritler şeklindedir.

Bor bileşiklerinin hepsi yüksek oranda kristal suyu ihtiva eder. Sır yapımında temizlik bakımından en uygun olan Borik asit ve Boraks ayrıca suda çözünme özelliği de gösterirler. Yurdumuzda da cevher olarak üretilen Kolemanit ve Üleksit sırda ham olarak kullanılmaları durumunda akışkanlığı kötüleştirir ve ihtiva ettikleri kristal suyunun pişirme esnasında ani atılması tabaka da bozulmalara ve çatlamalara neden olmaktadır. Dolayısıyla bu hammaddelerle de düzgün bir sır tabakası elde etmek ancak fritleştirilerek kullanmak suretiyle mümkündür.

Aynı bileşimdeki ham bir sıra göre frit daha çabuk ve biraz daha düşük sıcaklıklarda erir. Çünkü gerek gaz çıkışı yapan reaksiyonlar gerekse komponentlerin kendi aralarındaki reaksiyonları fritleştirme prosesi esnasında gerçekleşir. Bilhassa hızlı pişirim açısından frit kullanımı kısa sürelerde düzgün yüzey oluşumu bakımından avantaj sağlamaktadır.

Frit eldesinde eritme işlemi genelde 1400°C 'nin üzerinde gerçekleştirilir. Bileşim tabi ki belirleyici bir rol oynar. Önemli oranlarda Zirkon, Kuvars ve Feldspat ihtiva eden bileşimler ancak yüksek sıcaklıklarda tamamen erir, homojen bir yapı oluşturur ve akma kabiliyeti gösterir.

Kısaca Fritleştirme'nin amacını şu şekilde sıralayabiliriz:

- (a) Zehirli hammaddeleri, diğer hammaddelere bağliyerek zehirsiz hale getirmek, gazları ise uçurarak yok etmek.
- (b) Sırlara daha düşük pişme sıcaklığı sağlamak
- (c) Suda çözünen maddelerin çözünmez hale gelmesini sağlamak
- (d) Renk veren oksitlerin sır içerisinde daha iyi dağılmasını sağlamak ve boyama gücünü arttırmak. [10]

7. SIRLARIN HAZIRLANMASI

Sır hammaddeleri gerek tabii gerekse sentetik olarak elde edilirler. Bu maddeler sırn kullanım amacına göre ham olarak veya fritleştirilmiş olarak tartılarak sır reçetesi hazırlanır. Tartımı yapılmış sır reçetesi, için seramik kaplı silindirik , bilyeli değirmenlere konur ve kuru veya yaş şekilde öğütülür. Öğütülen sırn tane iriliği kullanım amacına göre ve sırn çeşidine göre çok önemlidir. Fakat hangi çeşit sır olursa olsun 100µm altına kadar öğütülmelidir. Az öğütülmüş sırlar sıcaklığı yükseltir ve mat görünümündedirler. Fazla öğütülmüş sırlar ise sıcaklığı düşürürler, ancak yüzey alanı artacağından , yüzey gerilimi artar ve sır toplanmalarına neden olabilir.

Sulu olarak hazırlanmış sırda elek bakiyesi, litre ağırlığı, viskozitesi, Ph değeri çok önemlidir.

Normalde beyaz sırn litre ağırlığı 1750 g/l, renkli sırn litre ağırlığı 1740 g/l olmalıdır. Sır bu hale geldikten sonra, birkaç numune plakası üzerine sürülür veya pistole ile sırlanır. Daha sonra bu numuneler sır pişirimine verilir. Fırından çıktıklarında üzeri kontrol edilir. Eğer sır uygunsa açıcılara boşaltılıp, orda karıştırılarak homojen hale gelmesi sağlanır. Daha sonra bu açıcılardan havalı pompalarla sır eleme ve manyetik ayırım işlemlerine tabii tutulur. Eleme için, sır titreşimli birkaç elekten geçirilir ve içindeki iri tanelerden temizlenmiş olur. Yine manyetik ayırıcıdan geçirilerek içindeki demir gibi manyetik safsızlıklardan arındırılmış olur. Ayrıca hazırlanan sırn içerisine bağlayıcı görevi gören Tilöz, CMC, Reotan gibi maddeler ilave edilir. Bu maddeleri katmaktaki amaç, sırn çökmesini önlemek ve sırlama esnasında sırn yarı mamule daha iyi yapışmasını sağlamak içindir.

Sırlamaya hazır hale gelmiş sır, ayrı depolara alınarak orada stok edilir. Gerektiğinde ise depoların içindeki karıştırıcı pervane çalıştırılarak sır homojenleştirilir ve altında bulunan vana yardımıyla da sır arabalarla istenilen yerlere gönderilir. [5]

8. SIRLARIN UYGULANMASI VE SIRLAMA ÇEŞİTLERİ:

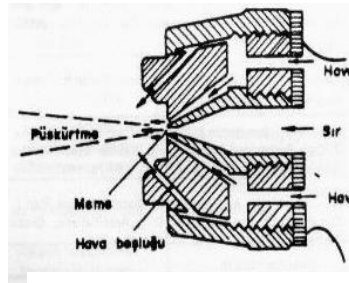
Sırın uygulanacağı alt bünyenin yapısı, sırnın uygulama özelliği yönünden önem arz etmektedir. Sır ham bünyeye püskürtülmek suretiyle, ilk pişirimi yapılmış bünyeye ise ya dökerek veya daldırmak suretiyle uygulanır. Düz yerlerde, örneğin yer karosu ve duvar karosunda presleme sırasında kurutulmuş sır pudrası da beraberinde yüzeye preslenebilir. Tuz sırlarında ise tuz belli sıcaklıktaki ürünün üzerine toz halinde püskürtülerek buharlaştırılır ve buharlaşan sır ürünlere yapışmak suretiyle sırlanır.

Seramik ürünlerinin şekil ve üretim teknolojilerine göre çeşitli sırlama yöntemleri vardır.

8.1. 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 verilen özel püskürtme tabancaları ile atılır. Sır tabancasının püskürtme ağız açıklığı, püskürtme basıncı, sırnın kıvamı, püskürtme mesafesi, başarılı bir sırlamada rol oynayan önemli faktörlerdendir. [7] (şekil-8.1.)



Şekil-8.1. Pistole [12]

8.2. Daldırma yöntemi

Bisküvi 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 sonucunda sır almayan yerlerin, bir rötuş 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 sırlanır.

8.3. Akıtma yöntemi

Bu yöntemle, sırn sürekli olarak beslenen bir haznenin alt kesimi açıklığından, sürekli bir film oluşturacak şekilde akması sağlanır. Yürüyen bir bant üzerine yerleştirilmiş olan ve bu sır perdesinin altından geçen parçanın sürekli olarak sırlanması ile sağlanır.

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

Başarılı bir akıtma sırlaması yapmak için her şeyden önce sır perdesinin kesitsiz, her tarafta aynı incelikte akması gerekir. Bu, sır haznesinin iyi beslenmesi, sırn iyi süzülmesi, hazne perde aralığının iyi ayarlanması ve çapaksız olması gibi faktörlerin hepsini bir arada çok uyumlu olmaları sağlanabilir.

Su bandının hızının da çok iyi seçilmesi gerekir. Parça üzerindeki sırn kalınlığı, sırn yoğunluğu, sır perdesinin kalınlığı ve bandın hızı ile çok yakından ilgilidir.

Gene bu gruba sokulması uygun olan bir diğer akıtmalı sırlama sistemi ise merkezkaç kuvvet tekniğinden yararlanılarak yapılan sırlama yöntemidir. Kalın duvar ve yer kaplama plakalarının çoğu zaman ilk pişirimi yapılmaksızın dik olarak bir bantta

yürümesi sırasında, sır dönen bir sistem ile plakaların yüzeylerini sırlayacak şekilde savrulur. Gene yürüyen bandın hızı ve dönen sır fişkirticisinin devir sayısı ayarlanarak, parçaların istenen kalınlıkta sırlanmasını sağlanır.

8.4. Tozlama yöntemi

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

Reçetesinde suda çözünen maddeler bulunan bir sır, sırçalaştırma 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.

Bu yöntem ile yapılan sırlamada en çok rastlanan hata, sırn parçaların yüzeylerine iyi dağılmaması sonucunda ortaya çıkar. Parçaların taşınmaları ve fırına yerleştirilmeleri sırasında, eğer sırlı parçaya yapıştırıcı bir madde kullanılmamışsa, dikkatli davranma gerekir.

Bütün bu sırlama yöntemlerinin dışında, çoğunlukla artistik amaçlarla, büyük veya küçük her türlü parça fırça ile sırlanabilir.

8.5. Tuzlama yöntemi

Ancak pekişmiş çini ürünlerine uygulanan bu tür sırlama, uygulamadaki özgünlüğü nedeni ile diğer sırlama yöntemlerinden her yönü ile ayrılır.

Sırlamanın esasını, fırın içinde oluşan tuz buharı oluşturur. Tuzlama yönteminin uygulanmasının yapıldığı durumlarda açık ateşli çalışan kamara türü fırınlar olması zorunludur.

NaCl özel adı ile bilinen tuz, fırın içine malların sinterleşme 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.

Basit olarak görülen bu sırlama olayının başarılı bir şekilde gelişmesi için bazı koşullar gereklidir.

Fırına atılan tuz, ilk 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 sırnı oluşturur.

Tuz sırnın renginde rol oynayan demir oksit, pişirimin oksidasyonla tamamlanması sonucu kahverengi, daha uzun sürdürülen redüksiyonla tamamlanması sonucu ise gri renk verir.

Ham parçalar üzerine fırça ile sürülerek yapılan dekorasyonda “smalt” adı verilen yüksek alüminyum içeren killer ile karıştırılmış seramik boyaları kullanılır. Bu da tuz sırnı dekorasyonunun en belirgin örneklerindendir.

8.6. Elektrostatik Sırlama

Bu sistem 1960'lerden beri kullanılmaktadır. Sistemin amacı daha iyi sır yüzeyi elde etmek, işgücünden tasarruf etmek ve verimi arttırmak. Klasik püskürtme teknolojisinde yüksek hava basınçlarına çıkıldığı için ürünün her bölgesinde sır kalınlığını kontrol altında tutmak güçleşmektedir.

Elektrostatikteki temel felsefe daha düşük hava basınçları kullanarak (normal basınçların yarısı gibi), elektrik yükü altında sır taneciklerinin ürüne yapışmasını sağlamaya dayanmaktadır. Bu nedenle tank içindeki sıra ~ 100 000 volt statik elektrik yükü verilmektedir. Böylece, zıt kutuplarda (+, -) bulunan sır molekülleri aynı kutuplara (+, + gibi) getirilmektedir. Bu elektrik yükünden dolayı gerekli olan hava basıncı da 2 - 3 atmosfere indirilmektedir.

Kabin içine konveyör bant ile giren mamül ıslatılarak iletken hale gelmekte ve metal konveyör bant (veya tabla) yardımı ile elektrik yüklü sır tanecikleri için bir çekim alanı oluşturulmaktadır. Mamüller temizlenip, tozlardan arındırıldıktan sonra ilk sırlama

kabinine girerler. Bu kabinde aşağıdan yukarı hareketli değişik açılardan sır püskürten bir askı üzerine 10 pistole monte edilmiştir. Ürünün kendi eksenini etrafında ve pistolelerin aşağı-yukarı hareketiyle ortalama püskürtülen sır ürün üzerine yapışır. Ürün daha 3-4 metre uzunluğunda bir tünel kurutucudan geçerek ikinci sırlama kabinine girer. Aynı metod ile ikinci kat sır atıldıktan sonra, ürünler alınarak fırına gönderilir. Tablalar yıkama kabininde yıkanarak ikinci ürünler için hazır hale getirilir. Ayrıca diğer sistemlere göre sır zaiyatı daha az olmaktadır. Çok yüksek sırlama adetlerine ulaşmak (3000 Adet/Vardiya) bu sistem ile mümkün olmaktadır.

Ancak sistemin en büyük dezavantajlarından biri de, kompleks ürünler için, belli bölgelerin el ile sırlanmasının gerekmesidir. Yani belli bölgeler ya insan tarafından veya robot tarafından klasik püskürtme yoluyla sırlanmak zorundadır. [7]

9. SIRDA ARANAN ÖZELLİKLER

Erime özelliği, genleşme katsayısı, elastiklik, viskozite, yüzey gerilimi, kimyasal tesirlere dayanım, elektrik iletkenliği, homojenlik, parlaklık ve sertliktir.

9.1. Sırın erime özelliği

Seeger' e göre sırın erime özelliği aşağıdaki unsurlara bağlıdır:

1. Kuvars ile Bazik oksit arasındaki orana
2. Bazik oksit' in cinsine
3. Bazik oksit, Al_2O_3 ve SiO_2 arasındaki orana
4. Kuvars ile bor oksit arasındaki orana bağlıdır.

9.1.1. Kuvars ile bazik oksit arasındaki oran:

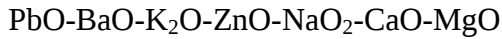
$\frac{RO}{R_2O}$	$\frac{RO_2}{}$	$\frac{R_2O_3}{}$
Bazik Oksit	Asidik Oksit	Amfoter Oksit

Sırda bazik oksit miktarı ne kadar çok ise, sırın ergime noktası düşer.

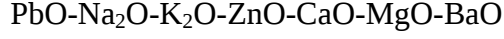
9.1.2. Bazik oksit' in cinsi:

Eski bir teoriye göre bazik oksit' in molekül ağırlığı ne kadar büyük ise kuvarsın erime noktasını o kadar fazla düşürür.

Buna göre bazik oksitlerin erime kabiliyetleri şu şekilde sıralanabilir:



Fakat son araştırmalarda bazı özel durumların olduğu görölmüştür. Buna göre eritkenlik sırası:



9.1.3. Bazık oksit, Al_2O_3 ve SiO_2 arasındaki oran:

Düşük derecede eriyen sırlarda Al_2O_3 miktarı arttıkça erime noktası yükselir. Yüksek derecede eriyen sırlarda Al_2O_3 eritken olarak tesir eder ve aynı zamanda sırn parlaklığını arttırır.

Seger formülünde Al_2O_3 miktarı SiO_2 miktarının 1/10'u kadar olmalıdır. Fazla olursa kristallenme olur ve sır matlaşır.

9.1.4. Kuvars ile bor oksit arasındaki oran:

Sır'a B_2O_3 vermekle elastikliği, sertliği ve parlaklığı arttırılır. Genleşme katsayısı azalır. Fakat B_2O_3 miktarı SiO_2 miktarının yarısından fazla olmamalıdır. [10]

9.2. Genleşme Katsayısı:

Fırın ateş bölgesinde bisküvi katı, sır sıvı haldedir. Fakat soğuma bölgesine gelindiğinde sır katı hale dönüşür. Soğuma esnasında ebatlar küçülür. Bu esnada üç durum meydana gelir.

1. Sır ile bisküvi' nin genleşme katsayıları birbirine çok yakındır. Bu durumda bisküvi ile sır aynı miktarda küçüleceğinden çatlama ve ayrılma olmaz.
2. Sırın genleşme katsayısı bisküvi' den fazladır. Bu durumda sır bisküvi' yi iç bükey olarak bükmeye çalışır. Bisküvi' de sırı koparmaya çalışır. Kılcal çatlamlar bu sebeptendir.
3. Sırın genleşme katsayısı bisküvi' den küçüktür. Bu durumda sır bisküvi' yi dış bükey olarak bükerek ve koparmaya çalışır. Bisküvi' de sırı ezmeye çalışır. Az sayıda dairesel çatlamlar bu nedenle olur.

Genellikle sırların genleşme katsayısı hamurun genleşme katsayısından biraz daha düşük tutulduğu takdirde uygun denge sağlanmış olur.

Bir cismin birim uzunluğunun 1°C ısıtılması ile uzadığı miktar genleşme katsayısıdır. Bu miktar her sıcaklıkta aynı değildir. Yüksek sıcaklıkta biraz daha fazladır. Bu nedenle genleşme katsayısı belirli bir sıcaklık arasında ortalama bir değer ile verilir. Bu değer seramik ürünlerde metallere nazaran çok düşüktür. Sırların genleşme katsayısı $5 \times 10^{-6} - 10 \times 10^{-6}$ arasındadır.

Fayans sırnın genleşme katsayısı 7×10^{-6} olarak kabul edilecek olursa bunun anlamı 1 mm lik fayans sırnın 1°C ' lik ısıtılması ile 0,000007 mm uzadığını gösterir.

Sırın genleşme katsayısı, sırı oluşturan oksitlerin genleşme katsayıları ile ilgilidir. Her metal oksidin ayrı bir genleşme katsayısı olup, Na_2O ' in en fazla MgO ' in en az olmak üzere aşağıdaki gibi sıralanır.

Na_2O , K_2O , CaO , Al_2O_3 , BaO , PbO , ZnO , SiO_2 , B_2O_3 , MgO .

Sırın genleşme katsayısı seger formülünden hesaplanabilir. Bunun için seger formülü %'ye çevrilir. Bu yüzde miktarlar ile genleşme katsayıları çarpılıp, her bir oksidin ki toplanmak sureti ile sırın genleşme katsayısı hesaplanır.

Bir sırın genleşme katsayısının saptanması için iki yoldan yararlanılır.

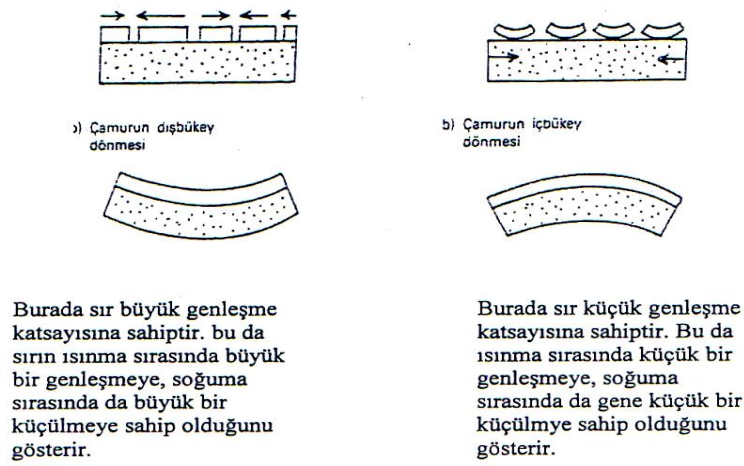
- a) Genleşme katsayısının dilatometre ile ölçülmesi,
- b) Genleşme katsayısının sırın bileşiminden hesaplanması

Seramik çamurlarında genleşme katsayısı ölçümü yalnızca dilatometre ile yapılabilir. Çamura sır kadar homojen bir bileşim olarak bakamayacağımızdan, çamurun genleşme katsayısının çamurun bileşiminden hesaplanması olanaksızdır.

Bununla birlikte, sırların genleşme katsayılarının hesaplama yolu saptanması için, sırın saydam bir sır olması gerekir. Sırın içinde erimeyen veya kristalleşen oksitlerin bulunması ile, her bir oksit için bulunmuş olan katsayısı faktörleri de geçerliliklerini

yitirirler. Örneğin kristal, örtücü, mat sırların genleşme katsayıları hesaplama yolu ile değil, yalnızca dilatometre ölçümleri ile saptanabilir.

Sır çekme veya basınç gerilimi altında iken çıkabilecek hatalar şekil-9.1. de gösterilmiştir. [2]



Şekil-9.1. Sır çekme veya basınç gerilimi altında iken çıkabilecek hatalar

9.3. Sır ile bisküvi arasındaki reaksiyon

Pişirme sırasında erimiş sır ile bisküvi arasında birbirlerine karşı etkileri neticesinde bir ara tabaka meydana gelir. Bu ara tabaka iki tarafa da iyice kaynayıp yapışmıştır. Ara tabaka sayesinde sır ile bisküvi birbirine sıkıca bağlanır. Ara tabaka ne kadar iyi meydana gelirse sır ile bisküvi' nin yapışması o kadar sağlam olur. Ve ufak tefek genleşme farklılıklarında bisküvi ile sır birbirinden ayrılmaz ve çatlama olmaz.

Bisküvi üzerinde boraks, feldspat veya fritten ince bir tabaka meydana getirip bu bisküvi sırlandığında ara tabakanın çok iyi meydana geldiği, sırtın kılcal çatlamalara ve dairesel çatlamalara çok daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Bisküvi pişirim sıcaklığı ne kadar yüksek ve pişirim süresi ne kadar uzun olursa ara tabaka o kadar iyi meydana gelir. Diğer taraftan sır ile bisküvi bünye itibariyle aynı maddeleri ne kadar fazla bulundurursa ara tabaka o kadar iyi meydana gelir.

9.4. Sırın elastikliği

Katı bir cismin bir ucundan sabitlenip diğer ucundan çekildiğinde kuvvetle orantılı olarak boyunda bir uzaman meydana gelir. Bu kuvvet kalktığında cisim eski boyuna geri döner. Bu özellik cisimlerin elastik özelliğidir. Cismin boyu tatbik edilen kuvvetle orantılı olarak bir sınıra kadar uzanır. Bu sınır aşıldığında cisimde ya kopma ya da uzama meydana gelir yani cisim eski haline geri dönemez. Bu sınıra elastik sınır denilir.

Sırın elastikliği, bisküvi ve sır genleşme farklarından meydana gelen gerilimlere karşı koyarak ufak tefek farklılıklarda sırın çatlamasına mani olur.

Sır hammaddelerinden B_2O_3 sırın elastikliğini artırır.

9.5. Sırın viskozitesi

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, sıırı oluşturan maddelerin iç sürtünme güçleriyle açıklanmakta olup, sıırı eriyebilirliğini direkt olarak etkiler. [2]

Bir seramik parça kalın olarak sırlanır ve dik olarak pişirilirse, sıırı katı akışkanlık aşamasını etkileyen güçlerin büyüklüğü ve küçüklüğü ile orantılı olarak sır az veya çok akar.

İç sürtünme güçlerinin büyük olması ise hareketliliği etkiler ve onun azalmasına neden olur. Bu durum sıırı akışkanlığının az, viskozitesinin yüksek oluşu ile tanımlanır.

Sıırı kimyasal yapısı hiç değişmeksizin pişme sıcaklığı artırılırsa, iç sürtünme güçleri küçülür. Bu da iç hareketliliğinin artması demektir. Bu durumda sıırı akışkanlığının çok, viskozitesinin düşük oluşuyla tanımlanır.

Sıırların viskozitelerini etkileyen diğer önemli bir etkende sıırı kimyasal bileşimi ve bu bileşimde yer alan bazı oksitlerdir.

Sırın viskozitesi düşük ise sır, bisküvinin eğimli yerlerinde akarak düz yerlerde birikme yapar. Bu nedenle eğimli yerlerde ince, düz yerde kalın sır tabakası meydana gelir. Sırın viskozitesi fazla olunca da sır içinde oluşan gaz taneciklerinin sır içinden çıkması zorlaşır. Bundan dolayı iğne deliği denilen hatalı bir sır yüzeyi oluşur. [10]

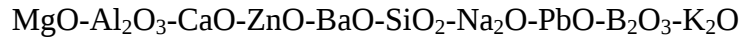
9.6. Sırın yüzey gerilimi

Sıvı bir cisimden bir damla bir cam üzerine damlatıldığında sıvı camın üzerinde yayılıp gitmez, toplanıp kalır. Sıvıları böyle yuvarlak şekle getiren onun yüzey gerilimidir. Tanım Gauss' a göre şöyledir: Bir sıvının yüzeyini 1 cm² büyötmek için gerekli iştir ve dyn/cm olarak ölçölür.

Sırların pişme sırasında akışkanlığa ulaşmasında viskozitelerinin 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, diğör bir anlatım ile, küre şekline getirmeye gayret gösterir. Civanın yüzey gerilimi 436 dyn/cm olmasına karşılık suyun yüzey gerilimi 73 dyn/cm' dir. Bu nedenle civa daha küresel , su ise daha yaygın şekilde damla verir.

Sırın yüzey gerilimi 300 dyn/cm değörindedir. Sırın yüzey gerilimi fazla olursa boncuk boncuk toplanmalar görölür. Bazı hallerde sır hatasına sebep olan bu olaydan, artistik sırların yapılmasında faydalanılır.

Yüzey gerilimleri sırasıyla büyükten küçüğe şöyle sıralanabilir:



9.7. Kimyasal Tesirlere Dayanım

Genellikle yüksek sıcaklıkta pişen sırlar asit ve alkaliye daha dayanıklıdır. Çünkü kuvarsça daha zengindirler. B₂O₃ az miktarda alkaliye dayanımı arttırsa da , çok miktarlarda bu etkisi kalmaz.

TiO₂ aside dayanımı arttırır fakat alkalilere dayanımı azaltır. ZrO₂ ise hem aside hem de alkalilere dayanımı arttırır.

Su ve rutubet zamanla sıırı etkileyebilir. Suyun bu etkisi sır bünyesinde bulunan bazı oksitlerin cinsine göre değişir. K_2O ’ lı sırlar Na_2O ’ lı sırlardan daha çok etkilenirler. Diğer bazı oksitlerin etkilenme sırası ise soldan sağa gittikçe azalmak üzere şu şekilde sıralanır:

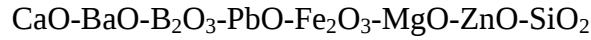


9.8. Elektrik iletkenliği

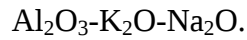
Sırlar elektrik akımı ile sık sık bir araya gelirler. Örneğin izolatörler, şalter parçaları, elektrik dirençleri gibi.

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. Sırı görevi, elektrik direnci olarak kullanılan metali yalıtmak ve onu dış etkilerden korumaktır.

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



Bu özelliği azaltıcı etkide bulunan oksitler:



Sırların iletkenliği alkalilerin varlığından büyük ölçüde etkilenir. Alkaliler arttıkça sırların da iletkenliği artar. Kurşun oksidin varlığı alkalilerin olumsuz etkisini belirgin olarak azaltır. [10]

9.9. Sertlik

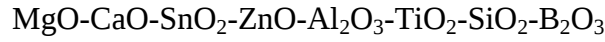
Sırlarda tek bir sertlik kavramından söz etmek güçtür. Sırların çok çeşitli olan sertlikleri, gene çeşitli yöntemler ile kontrol edilebilir.

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

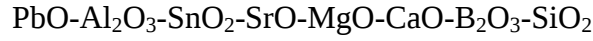
2-Aşınmaya karşı sertlik: Çeşitli yöntemlerde yer alan yöntemler ile, örneğin kum, SiC, korund gibi maddeler ile yapılan aşındırmada, sır yüzeyinde ortaya çıkan madde eksilmesi ile araştırılabilen sertliktir.

3-Darbeye karşı sertlik: Sırın darbe etkisi ile zedelenmesi veya atması için gerekli olan darbe kuvvetinin kp cinsinden ölçülmesi ile olur.

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



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



Sırın darbelere karşı gösterdiği sertliği etkileyen faktörler şöyle sıralanabilirler:

1. Sırın sertliği,
2. Çamur ile sır arasındaki gerilim,
3. Çamur ile sır arasındaki ara tabaka,
4. Çamurun pekişmişliği ve yoğunluğu,
5. Sırın esnekliği,
6. Sırın kalınlığı,
7. Sırlamanın yöntemi.

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]

9.10. Parlaklık :

Yüzey özelliklerine göre sırlar parlak veya mat sırlar olmak üzere iki grupta incelenir. Sırlanmış parça üzerine düşen ışınlar bir yöne doğru uniform olarak yansır yada karışık olarak dağılır. Seramik sırlarında parlaklık aynalardaki gibi uniform bir yansımaya bağlıdır. [6]

Sırda cam fazına gömülmüş halde kristallerin bulunmasından veya erimiş sırların soğurken küçülmesi nedeniyle yüzeyin düzgün olmamasından sır yüzeyinden yansıyan ışınlar kırılırlar veya difüze olurlar. Böylece sırda matlık meydana gelir. Yüzeyi düzgün ve tamamen cam fazında olan bir sır ise parlak görünümündedir.

Parlaklığı ve matlığı etkileyen birçok sebep vardır:

- Bünyede yer alan kristallerin belirli bir büyüklüğü aşması durumunda mat bir yüzey görüntüsü oluşur. Matlık derecesi yüzeyde bulunan kristallerin oluşturduğu pürüzlülük durumuna bağlıdır. Sır yüzeyinin parlak olabilmesi için kristal büyüklüklerinin $60\mu m$ ' yi geçmemesi gerekir.
- Mat yüzeyi elde etmede kullanılan en önemli yöntem bileşimin soğuma esnasında kristalleşmeye uygun bir şekilde ayarlanmasına dayanır. Yavaş soğutma kristalleşmeye zaman tanır ve mat bir yüzey oluşturur. Hızlı soğutma ise parlaklığı arttırır.
- Erimeyen bileşenler kullanılarak ta mat yüzey elde edilebilir, fakat böyle yüzeyler genelde donuk bir görüntü sergiler ve fazla pürüzlülük gösterir.

10. SIRIN PİŞİRİM SIRASINDAKİ REAKSİYONLARI

Sırın bileşimini oluşturan komponentlere bağlı olarak sır tabakasında ısı artışıyla birlikte değişik kimyasal reaksiyonlar gerçekleşir. Düşük sıcaklıklarda karışımı oluşturan her bileşenin kendine özgü davranışları mevcuttur. İlk aşamada bileşenler arasında reaksiyonlar azdır.

10.1. Bünyeden Fiziksel suyun ve Kristal suyun uçurulması:

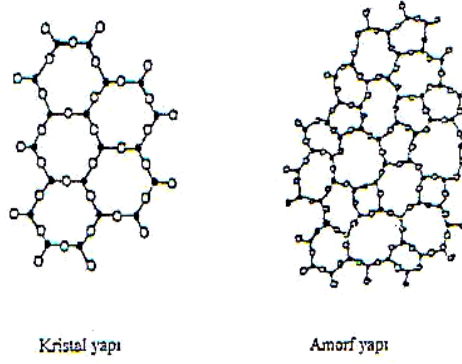
Sırın bünyesinde bir miktar fiziksel su mevcuttur. Bu suyun kurutma yöntemi ile uçurulması gerekir. 200°C' ye kadar yüzey nemliliği atılır. Tanelerin birbirine yaklaşması neticesinde bir küçülme olur. 400-600°C arasında kil mineralleri parçalanır ve kristal yapıda yer alan su açığa çıkarak buharlaşır. Bünyede ham olarak bulunan kaolin ve diğer kil minerallerinin kristal suyunun teknolojiye uygun bir şekilde uçurulması gerekmektedir.

10.2. Bünyeden gazların çıkarılması:

Gerek alt bünyede ve gerekse sırın içinde bulunan veya kalsine edilmiş maddeler gaz ihtiva etmektedirler. Bu gazların sırın sıvı hale dönüşmeden önce bünyeden uzaklaşması gerekmektedir. 400-600°C sıcaklıklarda organik karbon bileşikleri yanar ve CO₂ açığa çıkar. Manyezit, Talk ve Mika kristalleri de bu sıcaklıklarda parçalanmaya başlayarak CO₂ ve H₂O buharı oluştururlar. Bu reaksiyonlar 700°C' ye kadar devam edebilir. Dolomit 700-800°C aralarında ve kalsiyum karbonat 800-900°C aralarında parçalanarak CO₂ açığa çıkar.

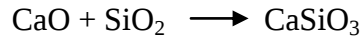
10.3. Sırın yumuşaması ve gelişmesi:

Bu safhada önce sırın kristal yapısı bozulmaya başlar ve amorf yapıya dönüşür. Kristal yapı ve amorf yapı şekil-10.1.' da gösterilmiştir. Bu sırada gerek kendi içindeki ve gerekse alt bünyedeki gaz çıkışları devam eder.



Şekil-10.1. Kristal yapı ve amorf yapı

Önce sır kendini yüzeye çeker, sonra yumuşar ve yayılmaya başlar, sıcaklık yükseldikçe sır tamamen sıvılaşır ve iyice yayılır. Sır daha sonra alt bünyenin gözeneklerinin içine girer ve orada çözebileceği bileşikler çözerek ara tabakanın oluşmasını sağlar.



Kalsiyum silikat bir camdır ve sırn kalınlığının $\frac{1}{4}$ ile $\frac{1}{20}$ arasındaki kalınlıkta teşekkül ederek sır ile alt büneyi birbirine kenetler.

Gerçekleşen reaksiyonlar önce katı madde reaksiyonları şeklindedir. İleri sıcaklıklarda değişik oksitlerin oluşturduğu ötektik noktalarda erimeler başlar. Bileşimde B_2O_3 ve/veya PbO bulunması durumunda ilk erimeler 500°C gibi düşük sıcaklıklarda görülmeye başlar. Yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi düşünülen sırlarda ise kalsit, dolomit ve manyezit gibi komponentlerin parçalanmasından sonra önce katı faz reaksiyonları akabinde de yaklaşık olarak 1000°C dolaylarında Feldspat ve diğer oksitler arasındaki reaksiyonlar neticesinde ilk erimeler gerçekleşir. Erimeyle birlikte sır tabakasındaki gözenekler azalmaya ve tabakanın kendisi küçülme davranışları gösterir. Bu davranışlarla birlikte yüzeydeki porlar kapanmaya başlar. Bundan sonra gaz çıkışı yapan reaksiyonlar hatalara sebebiyet verebilir. En önemli katı faz reaksiyonları SiO_2 ile Bazik karakterdeki oksitler arasında meydana gelir ve yeni faz olarak değişik silikatlar bileşimde yer alır(Örneğin Wollastonit, Diopsit, Anortit gibi). Aynı şekilde bileşimde B_2O_3 bulunması durumunda Borat fazları da oluşur. Sıcaklığın artmasıyla birlikte bu

fazlar eriyerek tamamen birbirine karışır ve bileşimdeki diğer komponentleri de eritip saydam bir sır eriyiği oluşturur. Ortamdaki kuvars oranı ne kadar yüksek olursa tam erime sıcaklığı o kadar yüksek olur. SiO_2 , Al_2O_3 ve flaks özellikteki oksit oranları erimede önemli rol oynarlar. Al_2O_3 yüksek bir erime sıcaklığına ve yüksek bir viskoziteye sahip olması bakımından eriyen sırn geniş bir sıcaklık aralığında akmamamsına yani ona sıcaklığa karşı direnç sağlayıcı bir rol oynar. Sır tabakası bir yandan eriyerek bütünleşirken bir yandan da seramik bünye ile reaksiyona girerek ikisi arasında bir bağ oluşmasını sağlar. İki tabakayı birbirine bağlayan bu ara tabaka oluşumu sır ve bünyenin kimyasal bileşiminin yanı sıra pişirme sıcaklığının yüksekliğine ve pişirme süresine de önemli derecede bağlıdır. Bünyenin gözenekliliği ve içerdiği tanelerin büyüklüğü de önemli faktörlerdir. Sırın bünye üzerindeki çözücü reaksiyonları neticesinde bünyeden sır bileşimine katılmalar olur ve bu durum sırn bazı özelliklerini de etkileyebilir.

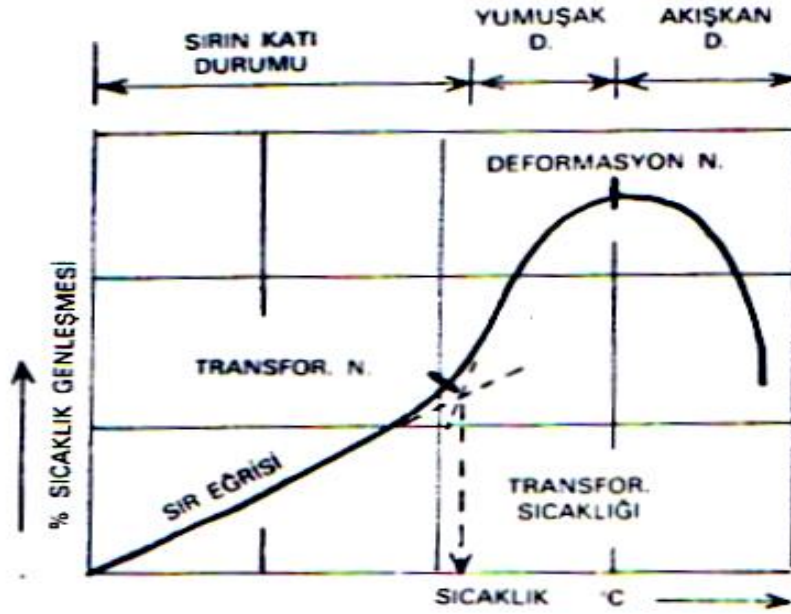
10.4. Soğuma ve Sırın dondurulması:

İstenen sıcaklıkta ve istenen özellikte gelişen sır soğutulmaya terk edilmelidir. Gerek üst bünye amorf bir silikatın ve gerekse alt bünye kristal bir silikatın donma sırasında birbirleriyle çok iyi uyuşması gerekmektedir. Isıtma hızı ile soğutma hızı farklıdır. Özellikle 500-600°C arasında soğutma hızı mümkün olduğu kadar yavaş yapılmalıdır (SiO_2 'nin 575°C' deki dönüşümünden dolayı). Hacim değişmekte, yoğunluk değişmekte ve bu da dar bir intervalde gerçekleşmektedir. Bu sıcaklıklarda alt bünye ve sır bünyesinde gerilmeler oluşmaktadır. Bunların artan farklılıkları sır çatlamasına veya sır atmasına sebep olabilir. Bu sebepten sırn genleşme katsayısı bünyenin genleşme katsayısından çok az küçük olmalıdır.

Pişirme prosesinin son aşaması soğutmadır. Eriyik haldeki sır bu aşamada önce yumuşak plastik bir kıvam ardından da Transformasyon sıcaklığından itibaren katı bir hal alır. Transformasyon sıcaklığına kadar bünye üzerinde rahatlıkla hareket edebilen sır bu sıcaklığına altında katı hale geçtiği için rahatlıkla hareket edebilen sır bu sıcaklığın altında katı hale geçtiği için artık rahat hareket edememekte ve bünyenin ısısal genleşmesine bağlı olarak belirli gerilimlerin etkisine maruz kalmaktadır. Transformasyon sıcaklığına kadar soğutma hızı açısından sır ile seramik bünye arasındaki

uyum bakımından herhangi bir sorun yoktur ancak bu sıcaklığın altında soğutma hızının hata oluşmasına sebebiyet verilmeyecek şekilde yapılması gerekmektedir. Soğuyan sır bünyesinde bileşimin yanı sıra soğutma hızına da bağlı olarak kristalleşmeler olabilir. Bu davranış bilhassa mat yüzeyli bir sır yapılmak istenirse önem kazanır. Böyle bir durumda yavaş soğutularak kristalleşmeye zaman tanınır. Aksi taktirde hızlı soğutma gerekir. Sırların transformasyon sıcaklıkları genelde 500-800°C dolaylarındadır. Düşük sıcaklıklar Frit sırlarını yüksek sıcaklıklar porselen sırlarını kapsar. Pratikte bu sıcaklıklara kadar hızlı ondan sonra yavaş soğutma yapılır. [5]

Sırın ısınması sırasında geçirdiği tüm evreler şekil-10.2.' da gösterilmiştir. [3]



Şekil-10.2. Sırın ısınması sırasında geçirdiği tüm evreler [3]

1. **Bölge:** Sır katı ve kristal yapıdadır. Genleşme ve donmanın düzenli olduğu kısımdır.

Transformasyon noktası: Sırın kristal yapısının bozulmaya başladığı noktadır, yani amorf yapıya geçiştir.

2. **Bölge:** Sırın ısıda plastikleşme bölgesidir. Bünye kristal+amorfik

Deformasyon noktası: Sırın plastik yapıdan tamamen amorf yapıya geçme noktasıdır.

3. **Bölge:** Sırın yumuşayarak eriyik haline dönüşme kısmıdır. Bünyeden gazların çıkarılması gereken bölümdür. Sır artık sıvı hale dönüşmektedir.

11. SEGER FORMÜLÜ

Sırların uygulandığı mamuller ve bu mamullerin pişirim sıcaklıkları farklılıklar arz etmektedir. Gerek bu nedenler gerekse kullanım koşullarında aranan özellikler ve aynı oksit için değişik hammaddelerin kullanılabilmesi gibi nedenler çok değişik sır reçetelerinin ortaya çıkmasını zorunlu kılmıştır. Bu durumda sır reçetelerini hem bileşimleri bakımından birbirleriyle kolaylıkla karıştırmak hem de erime davranışları ve kullanım özellikleri açısından rahatlıkla yorumlayabilmek için Alman bilim adamı Seger kendi adıyla anılan sır formülünü geliştirmiştir. Bu çalışmalarda sır bileşiminde yer alabilecek oksitler bazı özellikleri itibarıyla gruplara ayrılmıştır.

1 ve 2 değerlikli Bazik Metal Oksitleri RO, 3 değerlikli amfoter yani aside karşı baz, baza karşı asit gibi davranan Metal Oksitleri R_2O_3 ile gösterilen bir grupta, 4 değerlikli ve asit karakterli Metal Oksitleri RO_2 bir grupta toplayarak kendisine özgü bu formülü meydana getirmiştir.

BAZİK OKSİT R_2O-RO	AMFOTER OKSİT R_2O_3	ASİDİK OKSİT RO_2
Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
K ₂ O	Cr ₂ O ₃	B ₂ O ₃
CaO		ZrO ₂
MgO		SnO ₂
ZnO		Sb ₂ O ₅
BaO		
PbO		
CoO		
CuO		
Toplam: 1.0		

Alkali ve toprak alkali metal oksitler karışım içinde genelde rahat eriyebilen ve diğer bileşenleri de eriten oksitlerdir. Bu davranış flaks kavramı olarak ifade edilir. Kimyasal olarak bazik bir karakter gösteren bu oksitlerin sır tabakasında oluşturdukları özelliklerde birbirine çok benzer. Erimesi zor olan ve amfoter bir karakter gösteren Al_2O_3 bir taraftan yüksek viskozitesiyle sırn erime intervalini genişletmesi, akmayı ve kristalleşmeyi engellemesi diğer taraftan da sır tabakasının teknik özelliklerini olumlu etkilemesi itibarıyla her sırn vazgeçilmez bir bileşenidir

SiO_2 cam oluşması bakımından bileşimde mutlaka yer alması gereken asidik bir karakter gösteren, erime sıcaklığı yüksek olan ve teknik özellikleri pozitif etkileyen bir oksittir.

Seger formülü oluştururken Alkali ve Toprak alkali metal oksitler bir grupta toplanır. Bu oksitlerin bileşimdeki miktarları mol cinsinden 1' e indirgenir. Bunun için bileşimde yer alan bütün oksitler önce mol cinsinden ifade edilir. Alkali ve Toprak alkali metal oksitlerin mol cinsinden toplamı tespit edilir. Bütün oksitlerin mol cinsindeki ağırlıkları tespit edilen bu değere bölünür. Neticede bileşimde 1 mol alkali ve Toprak alkali metal oksit' e tekabül eden Al_2O_3 ve SiO_2 miktarları ortaya çıkmış olur. Örnek verilecek olursa $2Na_2O.4PbO.4CaO.2Al_2O_3.2SiO_2$ bileşiminde bir sırn formülü bazik oksitlerin toplamı 10 olduğu için bir Seger formülü değildir. Bu bileşimdeki bir sırn Seger formülü ise bazik oksitlerin toplamı 1 olacak şekilde düzenlenmelidir. Bu da 10 sayısını 1' e indirmek için sırn oluşturan bütün oksitlerin mol sayılarını 10' a bölmekle olur. [1]

$$Na_2O \quad 2 : 10 = 0.2$$

$$PbO \quad 4 : 10 = 0.4 \quad Al_2O_3 \quad 2 : 10 = 0.2 \quad SiO_2 \quad 20 : 10 = 2$$

$$CaO \quad 4 : 10 = 0.4$$

—
Toplam:1.0 olduğu için seger formülü olur.

11.1. Kimyasal analizden Seger formülünün hesabı:

Kimyasal analizle belirlenen oksitlerin yüzde değerleri kendi mol ağırlıklarına bölünerek her birinin mol sayıları ayrı ayrı bulunur. Oksitlerin içinden bazik alanlarının mol sayıları toplanarak bulunacak sayı ile bütün oksitlerin mol sayıları ayrı ayrı bölünür. Böylece sırası oluşturan oksitlerin mol sayılarının birbirlerine oranları Seger formülüne uygun olarak bulunmuş olur.

Örnek : Kimyasal Analiz

SiO ₂	%47	:	60	= 0.783
Al ₂ O ₃	%10	:	102	= 0.098
Na ₂ O	% 3	:	62	= 0.048
PbO	% 24	:	223	= 0.107
CaO	%6	:	56	= 0.107
B ₂ O ₃	%10	:	70	= 0.142

Kimyasal analizdeki bazik oksitlerin mol sayılarını toplayıp bulduğumuz sayılara bölersek,

$$\begin{array}{r} \text{Na}_2\text{O} \quad 0.048 \\ \text{PbO} \quad 0.107 \\ \text{CaO} \quad + 0.107 \\ \hline 0.262 \end{array}$$

SiO ₂	0.783 : 0.262 = 2.98
Al ₂ O ₃	0.098 : 0.262 = 0.37
Na ₂ O	0.048 : 0.262 = 0.18
PbO	0.107 : 0.262 = 0.40
CaO	0.107 : 0.262 = 0.40
B ₂ O ₃	0.142 : 0.262 = 0.54

Bazik, asidik ve amfoter oksitleri ayırırsak,

Na ₂ O	0.18		SiO ₂	2.98
CaO	0.40	0.37	Al ₂ O ₃	
PbO	0.40		B ₂ O ₃	0.54

Olarak Seger formülü bulunur.

11.2. Seger formülünden reçetenin bulunması:

Sırların reçeteleri, yapılarını oluşturacak hammaddelerin yüzde hesabı ile birbirlerine oranını gösterir. Seger formülü ise sırları oluşturan oksitlerin mol sayılarının birbirlerine oranını göstermektedir. Burada ki 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.

Örnek: 0.80 PbO
 0.2 Al₂O₃ 1.50 SiO₂
 0.2 CaO

Yukarıda ki Seger formülünde bir sırn reçetesini hesaplamak için formülün içerdiği oksitlerin hangi hammaddelerden alınabileceğinin belirlenmesi gerekir. Örnekteki PbO' i sülyenden , CaO' i mermerden, Al₂O₃ kaolinden, SiO₂' i kuvarstan alabiliriz.

Hammaddeler	PbO	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Sülyen 0.8x228.3=182.64	0.80	-	-	-
Mermer 0.2x100=20.00	-	0.2	-	-
Kaolin 0.2x258=51.60	-	-	0.2	0.4
Kuvars 1.10x60=66.0	-	-	-	1.10
Toplam 320.24	0.80	0.20	0.20	1.50

Bu tabloda da görüldüğü gibi Seger formülünde ki mol sayıları kullanılan hammaddelerin mol ağırlıkları ile çarpılarak bulunan değerler toplanır. Bu sayı toplam ağırlığı ifade ettiğinden içindeki hammaddelerin yüzde oranları hesaplanarak reçete elde edilir.

320.24	182.64	REÇETE :	Sülyen	%57.03
100	x = 57.03 gibi		Mermer	%6.24
			Kaolin	%16.11
			Kuvars	%20.61

11.3. Reçeteden Seger formülünün hazırlanması:

Sırı oluşturan hammaddelerin yüzde oranları, o hammaddenin mol ağırlıklarına bölünür. Her hammaddenin o sırda ki mol sayıları bulunur. Yapılan işlem reçete bulunurken yapılan hesabın tamamen tersidir. Yukarıda bulduğumuz reçeteyi Seger formülüne çevirirsek,

	PbO	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Sülyen 57.03 : 228.3	0.249	-	-	-
Mermer 6.24 : 100	-	0.062	-	-
Kaolen 16.11 : 258	-	-	0.062	0.124
Kuvars 20.61 : 60	-	-	-	0.343
Toplam	0.249	0.062	0.062	0.467

olarak mol sayıları bulunur. Bir kimyasal formül olmasına rağmen Seger formülü değildir. Seger formülü olabilmesi için bazik oksitlerin mol sayılarının toplanarak her oksidin mol sayısına ayrı ayrı bölünmesi gerekir.

PbO	0.249	O halde,	PbO	$0.249 : 0.311 = 0.80$
4CaO	+0.062		CaO	$0.062 : 0.311 = 0.20$
			Al ₂ O ₃	$0.062 : 0.311 = 0.20$
	0,311		SiO ₂	$0.467 : 0.311 = 1.50$

Bazik, Amfoter ve Asit oksitleri düzenlersek,

0.80 PbO

0.20 Al₂O₃ 1.50 SiO₂

0.20 CaO

12. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

12.1. Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar:

12.1.1. Hassas Terazî

Deneylerde bir tane terazi kullanıldı.(şekil-12.1.) O da 120 gr'lık, 0,01 gr hassasiyette küçük terazidir.



Şekil-12.1. Hassas Terazî

12.1.2. Bilyeli Değirmen

Deneylerde 100gr'lık bilyeli jet değirmenler sır kompozisyonlarının hazırlanmasında kullanıldı ve yaş öğütme yapıldı. Markası MMS (Macchine Macina Smalto). Değirmenin astarı porselen ve bilyeleri alüminadır. Bu değirmenlerde 30 dakikalık bir öğütme yapılmıştır. Değirmene sır hammaddelerinin dışında 40cc su katılmıştır.

12.1.3. Pistole

Seramik mamulü sırlamak için pistole kullanılmıştır. Pistole ile püskürtme yöntemi ile sırlama gerçekleştirilmiştir. Markası Astro Tipo E-70, meme açıklığı ise 0,3 mm'dir.

12.1.4. Etüv

Deney numunelerinin kurutulması için etüv kullanılmıştır.(şekil-12.2.) Etüvün markası Elektro-mag ve 300°C' ye kadar sıcaklık çıkabilmektedir. Ancak deneyler sırasında ihtiyaç duyulan 140-160°C' ler arasında ve 5 dakikalık bir kurutma işlemi uygulanmıştır.



Şekil-12.2. Etüv

12.1.5. Fırın

Pişirim fırını olarak,1225°C' lik, yakıt olarak doğal gaz ve LPG kullanılan, yakıt basıncı 1,5 bar olan SACMİ marka fırın ve 1200°C' lik Türk mühendisinin ürettiği UNITEC marka fırın kullanılmıştır. Her iki fırında yapılan pişirimlerde fırına giren mamul yaklaşık 25 dakika sonra fırından çıkmaktadır. Bu fırınlarda yapılan pişirim sırasındaki her iki fırınında fırın içi sıcaklık dağılımları şu şekildedir.

<u>SACMİ</u>	<u>UNITEC</u>
900°C	570°C
900°C	580°C
995°C	810°C
995°C	850°C
1090°C	1030°C
1105°C	1050°C
1210°C	1166°C
1213°C	1200°C
1225°C	1194°C
1155°C	1141°C
600°C	600°C
480°C	480°C

12.1.6. Glossmetre

Parlaklık ölçme deneyi Sheen marka glossmetre ile yapılmıştır.(şekil-12.3.)



Şekil-12.3. Glossmetre

12.1.7. Tane Boyu Dağılımı Ölçüm Aleti

Tane boyu dağılımının ölçümü için Shimadzu marka, SA-CP2 modeli, santrifüj ve yerçekimi kuvveti ile ölçüm yapabilen cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz sayesinde denemesi yapılacak hammaddenin 50µm ve altındaki partiküllerinin dağılımı yüzde olarak bulunmaktadır.

12.1.8. Atomik Absorbsiyon Spektrometresi

Numunenin buharlaştırılması için çözelti halindeki numune aletin alevi içine püskürtülür. Aleve ulaşan element atomları uyarılırlar. Bu alev içine bir radyasyon gönderildiğinde, enerjisi gelen ışının enerjisine eşit olan atomlar tarafından gelen ışın absorbe edilir, çıkan ışının şiddeti azalır. Konsantrasyon arttıkça uyarılan atom sayısı artacağından gelen ışının absorblanması da çoğalır. Aletin en önemli kısmı, kaynak olarak kullanılan ve boş katot lambası denilen tüplerdir. Her element için ayrı bir lamba vardır ve bu lambanın katodu o elementten yapılmıştır. Kaynak, incelenen elementin en hassas spektrum çizgisini yayınlar. Yayınlanan bu ışın, atomize edilmiş alev ortamından geçmeden önce mercekle yardımı ile doğrultulur. Alev ortamında ışın absorblandıktan sonra meydana gelen spektrumdan istenilen spektrum çizgisi monokromatör yardımı ile ayrılarak bir fotoelektrik dedektörde toplanır. Dedektörden geçen radyasyon doğrultucunun frekansına eşit bir yükseltgeçten geçirilerek kaydediciye alınır. Yükseltgeç, doğrultucunun frekansına ayarlandığından yalnız kaynaktan gelen ışınlarla ilgili rezonans ışınlarını çoğaltır, diğerlerini arttırmaz. [5]

12.2. Deneyler:

Deneylerin akışı izah edilecek olunursa ;

- Başlangıçta elimizde beyaz, parlak bir sırn seger formülü bulunmaktadır. Bu seger formülünden sır reçetesinde kullanılacak hammaddeler tespit edilip kimyasal analizleri yapılmış, SiO_2 ve Al_2O_3 'nın tane boyutu dağılımına bakılmış, ve sır yapımında kullanılan hammaddelere $45\mu\text{m}$ ' luk elekte elek analizi uygulanmıştır ve daha sonra elimizde bulunan seger ve kimyasal analize göre bu sırn reçetesi oluşturulmuştur.

- Bu elimizdeki seger formülü üzerinde beş çeşit farklı denemeler yapılacaktır.

1. Başlangıçtaki seger formülünde SiO_2 miktarını 0,2 mol arttırarak (14 kere) ve diğer oksitler sabit kalacak şekilde yeni reçeteler oluşturulmuştur.
2. Başlangıçtaki seger formülünde Al_2O_3 miktarını 0,1 mol arttırarak (6 kere) ve diğer oksitler sabit kalacak şekilde yeni reçeteler oluşturulmuştur.
3. Başlangıçtaki seger formülünde SiO_2 miktarını 0,1 mol arttırarak (5 kere) ve diğer oksitler sabit kalacak şekilde yeni reçeteler oluşturulmuştur.
4. Başlangıçtaki seger formülünde SiO_2 ve Al_2O_3 miktarlarını 0,1'er mol arttırarak ve diğer oksitler sabit kalacak şekilde yeni reçeteler oluşturulmuştur.
5. SiO_2 ve Al_2O_3 arasındaki oran seger formülüne göre sabit tutulup, seger formülündeki miktarları değiştirilerek yeni reçeteler oluşturulmuştur.

- Oluşturulan reçetelere göre hammaddeler hassas terazide tartılıp, bilyeli değirmenlerde 30'ar dakika öğütölüp, daha önce angoplanmış ve kurutulmuş bisküvi üzerine pistole edilmiştir. Bisküvi üzerine atılan sır gramajı sürekli farklı olup sonuçlarda bu atılan gramajların ortalamasına göre değerlendirme yapılmıştır. Ortalama her bir bisküvi üzerine 6,5'er gr sır atılmıştır. Sırlanmış bisküviler 5'er dakika kurutmada bekletilip nemleri atılmıştır. Kurutmadan çıkan bisküviler 1225 ve 1200°C' lik fırınlarda yaklaşık 25'er dakikalık pişirime tabii tutulmuştur. Pişirimden çıkan mamuller glossmetre cihazı ile parlaklık ve matlık durumları incelenmiştir.

12.2.1. Hammaddelerin Kimyasal Analizleri:

Kullanılan hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları Tablo 12.1’ de verilmektedir.

Tablo-12.1. Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal Analizleri

Hammaddelerin Kimyasal Analizi Sonuçları										
	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	BaO	ZnO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	ZiO ₂	B ₂ O ₃
Frit P	4,34	2,31	2,56	-	0,86	1,11	5,76	64,61	7,65	10,8
Kuvars	-	-	-	-	-	-	-	99,78	-	-
Kalsit	-	-	55,24	0,4	-	-	-	-	-	-
Dolomit	-	-	30,56	20,86	-	-	-	-	-	-
Manyezit	-	-	3,08	45,16	-	-	-	1,3	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-
Al₂O₃	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-
Zirkon Mo	-	-	-	-	-	-	-	32,8	67,2	-
Na feld	10,16	0,32	0,56	0,2	-	-	17,2	70,22	-	-
Kaolen	0,06	1,2	0,28	0,4	-	-	35,48	48,52	-	-
Mol Ağırlığı	62	94	56	40	153	81	102	60	123	70

12.2.2. SiO₂ ve Al₂O₃'nın Tane Boyu Dağılımı

Öncelikle bu iki tozun piknometre ile yoğunluğu ölçülmüştür.

$$d = \frac{G}{(P_2 + G) - P_1}$$

G = tartılan numunenin ağırlığı

P₂ = su + piknometre

P₁ = su + piknometre + numune ağırlığı

SiO₂ için : G = 1,07 gr d_{SiO2} = 2,54 gr/cm³

P₁ = 56,51 gr

P₂ = 55,86 gr

Al₂O₃ için : G = 1,05 gr d_{Al2O3} = 2,91 gr/cm³ G = 1,06 d_{Al2O3} = 3,02 gr/cm³

P₁ = 76,22 gr

P₁ = 76,24

P₂ = 75,53 gr

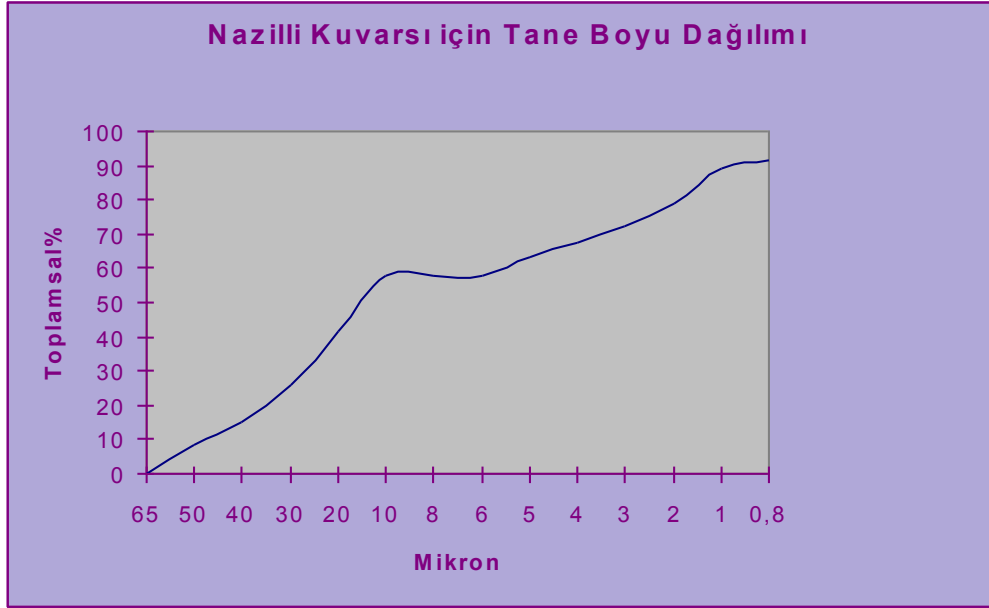
P₂ = 75,53

Al₂O₃ için bu iki yoğunluk değerinin ortalaması alınmıştır ve d_{Al2O3} değeri 2,96 gr/cm³ bulunmuştur.

Bu değerler bulunduktan sonra ilgili cihaza kaydedilmiştir ve iki toz içinde tane boyu dağılımları sonuçları bulunmuştur. Tablo-12.2.'de Nazilli Kuvarsı için yapılan tane boyu dağılımı sonuçları verilmiştir. Tablo-12.3.' de Alüminyum Oksit için yapılan tane boyu dağılımı sonuçları verilmiştir. Aynı zamanda Şekil-12.4.' de görüldüğü üzere kullanılan Nazilli Kuvarsı tanelerinin genelinin ince taneli olduğu ve 20 Micron'un altındaki tanelerin çoğunlukta olduğu görülmektedir. Şekil-12.5.'de Alüminyum Oksit tanelerinin iri partiküllerden oluştuğu ve genelinin 30 mikron ve üstü tanelere sahip olduğu görülmektedir.

Tablo-12.2. Nazilli Kuvarısı için toplamsal ve ayrımsal tane boyu analizi sonuçları

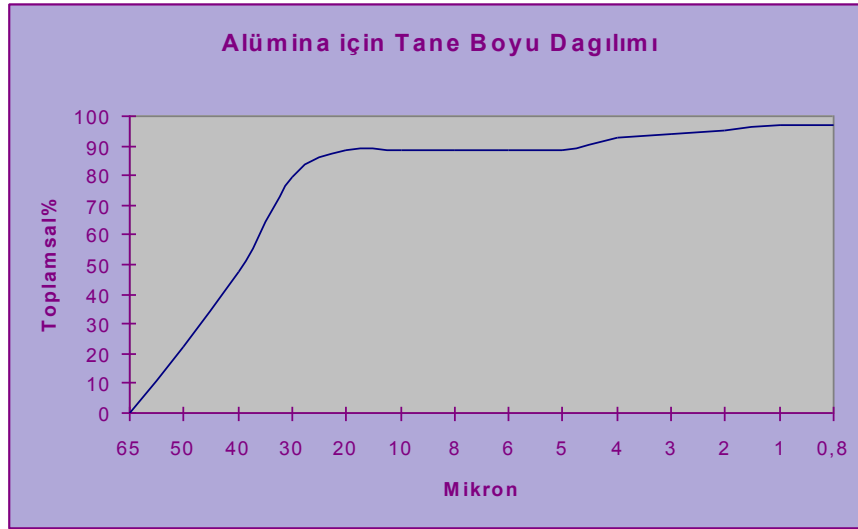
Micron	Toplamsal %
65	0
50	8,2
40	14,8
30	25,8
20	41,8
10	57,9
8	57,9
6	57,9
5	63,3
4	67,7
3	72,3
2	78,7
1	88,9
0,8	91,7



Şekil 12.4. Nazilli Kuvarısı İçin Toplamsal Tane Boyu Dağılımı Grafiği

Tablo-12.3. Alüminyum Oksit için toplamsal ve ayrımsal tane boyu analizi sonuçları

Micron	Toplamsal %
65	0
50	22,3
40	47,3
30	79,8
20	88,8
10	88,8
8	88,8
6	88,8
5	88,8
4	92,7
3	93,8
2	95,1
1	96,7
0,8	97,2



Şekil 12.5. Alüminyum Oksit İçin Toplamsal Tane Boyu Dağılımı Grafiği

12.2.3. Kullanılan Hammaddelerin Elek Analizi:

Hammaddeler 45 μ m' luk elekte yaş elek analizi yöntemi uygulanmıştır. Teker teker 45 μ m' luk elekten geçen hammaddelerin elek analizi sonuçları **tablo-12.4.'** de verilmektedir.

Tablo-12.4. Hammaddelerin elek analizi sonuçları

HAMMADDELER	%ELEK ALTI	%ELEK ÜSTÜ
ESF 501 (NaFeldspat)	86,89	13,11
Nazilli Kuvarısı	96,14	3,86
Darvor Kaolen	99,98	0,02
Alüminyum Oksit	0	100
Dolomit	91,25	8,75
ZirMo	99,9	0,1
ZnO	99,5	0,5
CaCO ₃	96,74	3,26

12.2.4. Seger Formülasyonu ve Kimyasal analizden Reçetelerin oluşturulması :

Fritin Mol Ağırlığı Hesabı:

		Bazik Oksitlerin Toplamı
Na ₂ O	= 0,07	Na ₂ O
K ₂ O	= 0,02	K ₂ O
CaO	= 0,045	CaO
BaO	= 0,005	BaO
ZnO	= 0,013	ZnO
Al ₂ O ₃	= 0,056	
SiO ₂	= 1,076	
ZrO ₂	= 0,062	
B ₂ O ₃	= 0,154	
		+
		0,153 Toplamın 1 olması istenir
		$x = \frac{1}{0,153} = 6,53$

1 mol Frit için

Na ₂ O	→ 0,07 × 6,53 = 0,45	0,45 × 62 = 27,9
K ₂ O	→ 0,02 × 6,53 = 0,13	0,13 × 94 = 12,22
CaO	→ 0,045 × 6,53 = 0,29	0,29 × 56 = 16,24
BaO	→ 0,005 × 6,53 = 0,03	0,03 × 153 = 4,59
ZnO	→ 0,013 × 6,53 = 0,08	0,08 × 81 = 6,48
Al ₂ O ₃	→ 0,056 × 6,53 = 0,36	0,36 × 102 = 36,72
SiO ₂	→ 1,076 × 6,53 = 7,02	7,02 × 60 = 421,2
ZrO ₂	→ 0,062 × 6,53 = 0,40	0,40 × 123 = 49,2
B ₂ O ₃	→ 0,154 × 6,53 = 1,005	1,005 × 70 = 70,35
		+

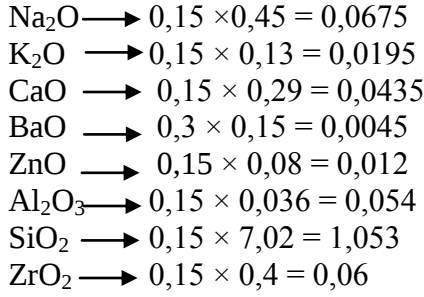
B₂O₃ sadece fritten geldiği için

1 Mol frit 1,005 mol B₃O₃
x 0,151 mol B₂O₃

M_AFRİT = 644,9

x = 0,150 mol frit kullanılır

0,15 mol Fritle Birlikte Gelen Oksitlerin Hesabı



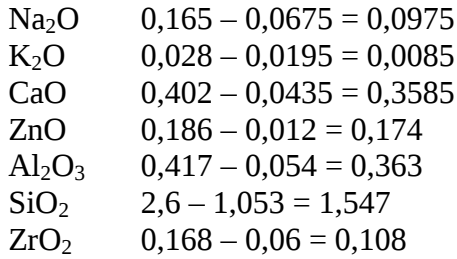
B_2O_3 'ün tamamı kullanıldı.

0,165 Na_2O
 0,028 K_2O
 0,402 CaO
 0,209 MgO
 0,186 ZnO

0,417 Al_2O_3

2,6 SiO_2
 0,168 ZrO_2
 0,151 B_2O_3

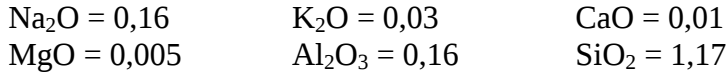
Seger formülümüze göre 0,151 mol B_2O_3 fritle gelmişti. Diğer oksitlerden geriye ne kadar kaldığını hesaplayalım .



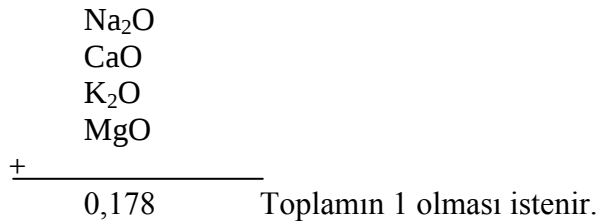
Bu oksitleri diğer hammaddelerden temin edeceğiz.

Bu kalan oksitlerden Na_2O , sadece Nafeld'tan elde ediliyor.

Nafeld için Mol Ağırlığı Hesabı



Bazik Oksitlerin Toplamı



$$x = \frac{1}{0,178} = 5,61$$

1 mol Naf için

$$\begin{aligned}\text{Na}_2\text{O} &= 0,16 \times 5,61 = 0,89 \\ \text{K}_2\text{O} &= 0,003 \times 5,61 = 0,016 \\ \text{CaO} &= 0,01 \times 5,61 = 0,0561\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MgO} &= 0,005 \times 5,61 = 0,028 \\ \text{Al}_2\text{O}_3 &= 0,16 \times 5,61 = 0,89 \\ \text{SiO}_2 &= 1,17 \times 5,61 = 6,56\end{aligned}$$

$$\begin{array}{llll}0,89 \times 62 & \longrightarrow & \text{Na}_2\text{O} & \longrightarrow & 55,18 \\0,016 \times 94 & \longrightarrow & \text{K}_2\text{O} & \longrightarrow & 1,504 \\0,0561 \times 56 & \longrightarrow & \text{CaO} & \longrightarrow & 3,14 \\0,028 \times 40 & \longrightarrow & \text{MgO} & \longrightarrow & 1,12 \\0,89 \times 102 & \longrightarrow & \text{Al}_2\text{O}_3 & \longrightarrow & 90,78 \\6,56 \times 60 & \longrightarrow & \text{SiO}_2 & \longrightarrow & 393,6\end{array}$$

$$\begin{array}{r}+ \\ \hline M_A \text{NaF} = 545,324\end{array}$$

$$\begin{array}{ll}1 \text{ mol Naf} & 0,089 \text{ mol Na}_2\text{O} \\x & 0,0975 \text{ mol Na}_2\text{O} \\ \hline\end{array}$$

$$x = 0,109 \text{ mol Nafeldspat kullanılır.}$$

0,109 mol Nafeld Kullanımı İle Gelen Diğer Oksitlerin Hesabı

$$\begin{array}{ll}\text{K}_2\text{O} & 0,109 \times 0,016 = 0,0017 \\ \text{CaO} & 0,109 \times 0,0561 = 0,0061 \\ \text{MgO} & 0,109 \times 0,028 = 0,003 \\ \text{Na}_2\text{O} & \text{Tamamen Nafeld'tan alındı.} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 & 0,109 \times 0,89 = 0,097 \\ \text{SiO}_2 & 0,109 \times 6,56 = 0,715\end{array}$$

Geriye ne kadar kaldığını hesaplayalım :

$$\begin{array}{ll}\text{K}_2\text{O} & = 0,0085 - 0,0017 = 0,0068 \\ \text{CaO} & = 0,3585 - 0,0061 = 0,3524 \\ \text{MgO} & = 0,209 - 0,003 = 0,206 \\ \text{ZnO} & = 0,174 \\ \text{Al}_2\text{O}_3 & = 0,056 \\ \text{SiO}_2 & = 0,363 - 0,097 = 0,266 \\ \text{SiO}_2 & = 1,547 - 0,715 = 0,832 \\ \text{ZrO}_2 & = 0,108\end{array}$$

Kimyasal analiz tablosuna baktığımızda kalan K_2O 'nın Kaolenden sağlanması gerektiğini görürüz.

Kaolenin M_A Hesabı :

$Na_2O = 0,0009$	}
$K_2O = 0,012$	
$CaO = 0,005$	
$MgO = 0,01$	
$Al_2O_3 = 0,34$	
$SiO_2 = 0,8$	

Toplamanın 1 olması
istenir.

Toplamı = 0,0279

$$x = \frac{1}{0,0279} = 35,84$$

1 mol Kaolen için

Na_2O	$\longrightarrow$	$0,0009 \times 35,84 = 0,032$	$\longrightarrow$	$0,032 \times 62 = 1,984$
K_2O	$\longrightarrow$	$0,012 \times 35,84 = 0,43$	$\longrightarrow$	$0,43 \times 94 = 40,42$
CaO	$\longrightarrow$	$0,005 \times 35,84 = 0,179$	$\longrightarrow$	$0,179 \times 56 = 10,024$
MgO	$\longrightarrow$	$0,01 \times 35,84 = 0,3584$	$\longrightarrow$	$0,3584 \times 40 = 14,336$
Al_2O_3	$\longrightarrow$	$0,34 \times 35,84 = 12,185$	$\longrightarrow$	$12,185 \times 102 = 1242,87$
SiO_2	$\longrightarrow$	$0,8 \times 35,84 = 28,672$	$\longrightarrow$	$28,672 \times 60 = 1720,32$

+

K_2O sadece Kaolen'den sağlanıyor.

$M_A KAOLEN = 3029,95$

1 mol 0,43 mol K_2O

x 0,0068 mol K_2O

x = 0,0158 mol Kaolen kullanılır

0,0158 mol Kaolen kullanımı ile gelen diğer oksitlerin hesabı

CaO	$\longrightarrow$	$0,179 \times 0,0158 = 0,0028$
MgO	$\longrightarrow$	$0,3584 \times 0,0158 = 0,0056$
Al_2O_3	$\longrightarrow$	$12,185 \times 0,0158 = 0,192$
SiO_2	$\longrightarrow$	$28,672 \times 0,0158 = 0,453$
K_2O	$\longrightarrow$	Tamamen Kaolen'den alındı.

Geriye ne kadar kaldığını hesaplayalım

CaO	$\longrightarrow$	$0,3524 - 0,0028 = 0,3496$
MgO	$\longrightarrow$	$0,206 - 0,0056 = 0,20$
ZnO	$\longrightarrow$	0,174
Al_2O_3	$\longrightarrow$	$0,266 - 0,192 = 0,074$
SiO_2	$\longrightarrow$	$0,832 - 0,453 = 0,379$
ZrO_2	$\longrightarrow$	0,108

ZnO sadece ZnO'dan sağlanıyor.

0,174 mol ZnO gelir

ZrO₂ sadece Zir Mo'dan gelir.

0,108 mol Zir Mo
kullanılır.

Zir Mo'da ZrO₂ / SiO₂ oranı 1/1. Yani saf bir malzeme dolayısıyla aynı miktarda SiO₂ Zir Mo'dan gelir. 0,108 mol / SiO₂ gelir.

Geriye kalan SiO₂

$$0,379 - 0,108 = 0,271$$

Geriye kalan 0,074 Al₂O₃ Al₂O₃' ten sağlanır.

0,074 mol Al₂O₃ kullanılır.

0,2 mol MgO Dolomitten elde edilir.

Saf bir malzeme olduğu için aynı oranda CaO'da birlikte gelir.

0,2 mol Dolomit kullanılır.

0,2 mol CaO gelince; geriye kalan CaO miktarı : $0,3496 - 0,2 = 0,1496$ mol.

Kalan CaO sadece Kalsitten sağlanır.

Bu yüzden 0,1496 mol Kalsit kullanılır.

0,271 mol SiO₂ elde etmek için

0,271 Kuvars kullanırız.

Elimizde bulunan seger formülüne göre hangi hammaddeden kaç mol oksit geldiğine dair sonuç tablosu aşağıda verilmektedir.(Tablo-12.5.)

Tablo 12.5. Kullanılan Hammaddelerden sağlanan oksitlerin mol sayıları sonuçları

	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	BaO	ZnO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	ZiO ₂	B ₂ O ₃
FRİT P 0,15 mol	0,0675	0,0195	0,0435	-	0,0045	0,012	0,054	1,053	0,06	0,151
NaFeld 0,109 mol	0,0975	0,0017	0,0061	0,003	-	-	0,097	0,715	-	-
Kaolen 0,0158 mol	-	0,0068	0,0028	0,0056	-	-	0,192	0,453	-	-
Dolomit 0,2 mol	-	-	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-
Kalsit 0,1496 mol	-	-	0,1496	-	-	-	-	-	-	-
Zirkon Mo 0,108mol	-	-	-	-	-	-	-	0,108	0,108	-
ZnO 0,174 mol	-	-	-	-	-	0,174	-	-	-	-
Al₂O₃ 0,074 mol	-	-	-	-	-	-	0,074	-	-	-
Kuvars 0,271 mol	-	-	-	-	-	-	-	0,271	-	-
TOPLAM	0,165	0,028	0,402	0,2086	0,0045	0,186	0,417	2,6	0,168	0,151

12.2.4.1. Seger'de SiO₂ miktarını 0,2 mol arttırarak yapılan reçeteler

Seger 1.0 için;

0,165 Na ₂ O		2,4 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,417 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

Bu denemelerde SiO₂ miktarını 0,2 mol arttırsakta, aralığı genişletmek için SiO₂ miktarını 0,2 mol düşürürsek,

Kuvars 0,071 mol alınır.

Kuvars $\longrightarrow 0,071 \times 60 = 4,26$

Toplam = 309,216

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 31,28

NaFeld % 19,22

Kaolen % 15,48

Dolomit % 11,9

Kalsit % 4,83

ZirMo % 6,39

ZnO % 7,05

Al₂O₃ % 2,44

Kuvars % 1,37

Seger 1.1 için;

0,165 Na ₂ O		2,6 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,417 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

Frit P	→	$0,15 \times 644,9$	= 96,735	FRIT P %	30,11
NaFeld	→	$0,109 \times 545,324$	= 59,44	NaFeld %	18,50
Kaolen	→	$0,0158 \times 3029,95$	= 47,87	Kaolen %	14,90
Dolomit	→	$0,2 \times 184$	= 36,8	Dolomit %	11,45
Kalsit	→	$0,1496 \times 100$	= 14,96	Kalsit %	4,65
ZirMo	→	$0,108 \times 183,22$	= 19,787	ZirMo %	6,16
ZnO	→	$0,174 \times 125,38$	= 21,816	ZnO %	6,79
Al ₂ O ₃	→	$0,074 \times 102$	= 7,548	Al ₂ O ₃ %	2,34
Kuvars	→	$0,271 \times 60$	= 16,26	Kuvars %	5,06
			+		
			321,216		

Seger 1.2 için (SiO_2 miktarını 0,2 arttırırsak) :

Kuvars 0,471 mol alınır.

Kuvars $\longrightarrow 0,471 \times 60 = 28,26$

Kuvars arttırılınca toplam 333,216 olur.

0,165 Na ₂ O		2,8 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,165 ZrO ₂
0,402 CaO	0,417 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRIT P % 29,03
NaFeld % 17,83
Kaolen % 14,36
Dolomit % 11,04
Kalsit % 4,48
ZirMo % 5,93
ZnO % 6,54
Al₂O₃ % 2,26
Kuars % 8,48

Seğer 1.3 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttıırırsak) :

Kuvars 0,671 mol alınır.

Kuvars $\longrightarrow 0,671 \times 60 = 40,26$

Kuvars arttırılınca toplam 345,216 olur.

Seğer 1.3 için:

0,165 Na₂O

0,028 K₂O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

3 SiO₂

0,168 ZrO₂

0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 28,02

NaFeld % 17,21

Kaolen % 13,86

Dolomit %10,65

Kalsit % 4,33

ZirMo % 5,73

ZnO % 6,31

Al₂O₃ % 2,18

Kuvars % 11,66

Seğer 1.4 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttıırırsak) :

Seğer 1.4 için:

0,165 Na₂O

0,028 K₂O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

3,2 SiO₂

0,168 ZrO₂

0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 27,04
NaFeld % 16,63
Kaolen % 13,40
Dolomit %10,30
Kalsit % 4,18
ZirMo % 5,53
ZnO % 6,10
Al₂O₃ % 2,11
Kuars % 14,62

Seger 1.5 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttırsak) :

Seger 1.5 için:

Kuars 1,071 Mol alınır.
Kuars —————> 64,26
Toplam—————> 369,216 olur

0,165 Na ₂ O		3,4 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,417 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 26,20
NaFeld % 16,09
Kaolen % 12,96
Dolomit % 9,96
Kalsit % 4,05
ZirMo % 5,35
ZnO % 5,90
Al₂O₃ % 2,04
Kuars % 17,40

Seğer 1.6 için (SiO_2 miktarını 0,2 arttıırırsak) :

Seğer 1.6 için;

Kuvars 1,271 Mol alınır.

Kuvars $\longrightarrow$ 76,26

Toplam $\longrightarrow$ 381,216 olur

0,165 Na_2O

0,028 K_2O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,417 Al_2O_3

3,6 SiO_2

0,168 ZrO_2

0,151 B_2O_3

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 25,37

NaFeld % 15,59

Kaolen % 12,55

Dolomit % 9,65

Kalsit % 3,92

ZirMo % 5,19

ZnO % 5,72

Al_2O_3 % 1,97

Kuvars % 20

Seğer 1.7 için (SiO_2 miktarını 0,2 arttıırırsak) :

Seğer 1.7 için;

Kuvars 1,471 Mol alınır.

Kuvars $\longrightarrow$ 88,26

Toplam $\longrightarrow$ 393,216 olur

0,165 Na_2O

0,028 K_2O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,417 Al_2O_3

3,8 SiO_2

0,168 ZrO_2

0,151 B_2O_3

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 24,60
NaFeld % 15,11
Kaolen % 12,17
Dolomit % 9,35
Kalsit % 3,8
ZirMo % 5,03
ZnO % 5,54
Al₂O₃ % 1,91
Kuars % 22,44

Seger 1.8 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttırsak) :
Seger 1.8 için:

Kuars 1,671 Mol alınır.
Kuars —————> 100,26
Toplam—————> 405,216 olur

0,165 Na ₂ O		4 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,417 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 23,87
NaFeld % 14,66
Kaolen % 11,81
Dolomit % 9,08
Kalsit % 3,69
ZirMo % 4,88
ZnO% 5,38
Al₂O₃ % 1,86
Kuars % 27,74

Seger 1.9 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttırsak) :
Seger 1.9 için:

Kuars 1,871 Mol alınır.
Kuars —————> 112,26
Toplam—————> 417,216 olur

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

4,2 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 23,18
NaFeld % 14,24
Kaolen % 11,47
Dolomit % 8,82
Kalsit % 3,58
ZirMo % 4,74
ZnO % 5,22
Al₂O₃ % 1,80
Kuars % 26,9

Seger 1.10 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttıırırsak) :
Seger 1.10 için:

Kuars 2,071 Mol alınır.
Kuars —————> 124,26
Toplam—————> 429,216 olur

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

4,2 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P% 22,53
NaFeld % 13,84
Kaolen % 11,15
Dolomit % 8,57
Kalsit % 3,48
ZirMo % 4,61
ZnO % 5,08
Al₂O₃ % 1,75
Kuars % 28,95

Seger 1.11 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttıırırsak) :
Seger 1.11 için:

Kuvars 2,271 Mol alınır.
Kuvars → 136,26
Toplam → 369,216 olur

0,165 Na ₂ O		4,4 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,417 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 26,20
NaFeld % 16,09
Kaolen % 12,96
Dolomit % 9,96
Kalsit % 4,05
ZirMo % 5,35
ZnO% 5,90
Al₂O₃ % 2,04
Kuvars % 17,40

Seger 1.12 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttıırırsak) :
Seger 1.12 için:

Kuvars = 2,471 mol olur
Kuvars → 148,26
Toplam → 453,216

0,165 Na ₂ O		4,8 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,417 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 21,347
NaFeld % 13,11
Kaolen % 10,56
Dolomit % 8,11
Kalsit % 3,3
ZirMo % 4,36
ZnO % 4,81
Al₂O₃ % 1,66
Kuars % 32,71

Seger 1.13 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttırırsak) :
Seger 1.13 için:

Kuars = 2,671 mol olur
Kuars → 160,26
Toplam → 465,216

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

5 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 20,79
NaFeld % 12,77
Kaolen % 10,28
Dolomit % 7,91
Kalsit % 3,21
ZirMo % 4,25
ZnO % 4,68
Al₂O₃ % 1,62
Kuars % 34,44

Seger 1.14 için (SiO₂ miktarını 0,2 arttırırsak) :
Seger 1.14 için:

Kuars = 2,874
Kuars → 172,26
Toplam → 472,216

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

5,2 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 20,48
NaFeld % 12,58
Kaolen % 10,13
Dolomit % 7,79
Kalsit % 3,16
ZirMo % 4,19
ZnO %4,61
Al₂O₃ %1,59
Kuars % 36,47

12.2.4.2. Seger’de Al₂O₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçeteler

Seger 2.1 için :

Al₂O₃ 0,517 mol için
0,174 mol Al₂O₃ ‘ten elde edilir.
 $0,174 \times 102 = 17,748$
Toplam : 331,416 olur.

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,517 Al₂O₃

2,6 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 29,18
NaFeld % 17,93
Kaolen % 14,44
Dolomit % 11,1
Kalsit % 4,51
ZirMo % 5,97
ZnO % 6,58
Al₂O₃ % 5,35
Kuars % 4,9

Seğer 2.2 için :

Al_2O_3 0,617 mol için
0,274 mol Al_2O_3 'ten elde edilir.
 $0,274 \times 102 = 27,948$
Toplam : 341,416 olur.

0,165 Na_2O		2,6 SiO_2
0,028 K_2O		0,168 ZrO_2
0,402 CaO	0,617 Al_2O_3	0,151 B_2O_3
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 28,31
NaFeld % 17,39
Kaolen % 14,01
Dolomit % 10,77
Kalsit % 4,37
ZirMo % 5,79
ZnO % 6,38
 Al_2O_3 % 8,18
Kuars % 4,75

Seğer 2.3 için :

Al_2O_3 0,717 mol için
0,374 mol Al_2O_3 'ten elde edilir.
 $0,374 \times 102 = 38,48$
Toplam : 351,816 olur.

0,165 Na_2O		2,6 SiO_2
0,028 K_2O		0,168 ZrO_2
0,402 CaO	0,717 Al_2O_3	0,151 B_2O_3
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 27,49
NaFeld % 16,89
Kaolen % 13,6
Dolomit % 10,46
Kalsit % 4,25
ZirMo % 5,62
ZnO % 6,2
Al₂O₃ % 10,84
Kuars % 4,62

Seğer 2.4 için :

Al₂O₃ 0,4 daha arttırılırsa
Al₂O₃ 0,817 mol için
0,474 mol Al₂O₃'ten elde edilir.
 $0,474 \times 102 = 48,348$
Toplam : 362,016 olur.

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,817 Al₂O₃

2,6 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 26,72
NaFeld % 16,41
Kaolen % 13,22
Dolomit % 10,16
Kalsit % 4,13
ZirMo % 5,46
ZnO % 6,02
Al₂O₃ % 13,35
Kuars % 4,49

Seğer 2.5 için :

Al₂O₃ 0,917 mol için
0,574 mol Al₂O₃ 'ten elde edilir.
 $0,574 \times 102 = 58,548$
Toplam : 372,216 olur.

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,917 Al₂O₃

2,6 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 25,98
NaFeld % 15,96
Kaolen % 12,86
Dolomit % 9,88
Kalsit % 4,01
ZirMo % 5,31
ZnO % 5,86
Al₂O₃ % 15,72
Kuars % 4,36

Seğer 2.6 için :

Al₂O₃ 1,017 mol için
0,674 mol Al₂O₃ 'ten elde edilir.
 $0,674 \times 102 = 68,748$
Toplam : 382,416 olur.

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

1,017 Al₂O₃

2,6 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 25,29
NaFeld % 15,54
Kaolen % 12,51
Dolomit % 9,62
Kalsit % 3,91
ZirMo % 5,17
ZnO % 5,70
Al₂O₃ % 17,97
Kuars % 4,25

12.2.4.3. Seger’de SiO₂ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçeteler

Seger 3.1 için (SiO₂ 2,7)

$$0371 \times 60 = 22,26$$

Toplam = 327,216 olur.

0,165 Na₂O

0,028 K₂O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

2,7 SiO₂

0,168 ZrO₂

0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 29,56

NaFeld % 18,16

Kaolen % 14,62

Dolomit % 11,24

Kalsit % 4,57

ZirMo % 6,04

ZnO % 6,66

Al₂O₃ % 2,30

Kuvars % 6,80

Seger 3.2 için (SiO₂ 2,8)

Kuvars 0,471 mol alınır.

$$\text{Kuvars} \longrightarrow 0,471 \times 60 = 28,26$$

Kuvars arttırılınca toplam 333,216 olur.

0,165 Na₂O

0,028 K₂O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

2,8 SiO₂

0,165 ZrO₂

0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 29,03

NaFeld % 17,83

Kaolen % 14,36

Dolomit % 11,04

Kalsit % 4,48

ZirMo % 5,93

ZnO % 6,54

Al₂O₃ % 2,26

Kuvars % 8,48

Seğer 3.3 için (SiO₂ 2,9)

Kuvars $\longrightarrow 0,571 \times 60 = 34,26$
Toplam = 339,216 olur.

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

2,9 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 28,51
NaFeld % 17,52
Kaolen % 14,11
Dolomit % 10,84
Kalsit % 4,41
ZirMo % 5,83
ZnO % 6,43
Al₂O₃ % 2,22
Kuvars % 10,09

Seğer 3.4 için (SiO₂ 3)

Kuvars 0,671 mol alınır.
Kuvars $\longrightarrow 0,671 \times 60 = 40,26$
Kuvars arttırılınca toplam 345,216 olur.

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

3 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 28,02
NaFeld % 17,21
Kaolen % 13,86
Dolomit % 10,65
Kalsit % 4,33
ZirMo % 5,73
ZnO % 6,31
Al₂O₃ % 2,18
Kuvars % 11,66

Seger 3.5 için (SiO₂ 3,1)

Kuvars → $0,771 \times 60 = 46,26$

Toplam = 351,216

0,165 Na₂O

0,028 K₂O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,417 Al₂O₃

3,1 SiO₂

0,168 ZrO₂

0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 27,54

NaFeld % 16,92

Kaolen % 13,62

Dolomit % 10,47

Kalsit % 4,25

ZirMo % 5,63

ZnO % 6,21

Al₂O₃ % 2,14

Kuvars % 13,17

12.2.4.4. Seger'de SiO₂ ve Al₂O₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçeteler

Seger 4.1 için (SiO₂ 2,7 Al₂O₃ 0,517)

0,371 mol Kuvars alınır.

Kuvars → $0,371 \times 60 = 22,26$

0,174 mol Al₂O₃ alınır.

Al₂O₃ → $0,174 \times 102 = 17,748$

Toplam : 337,416 olur.

0,165 Na₂O

0,028 K₂O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,517 Al₂O₃

2,7 SiO₂

0,168 ZrO₂

0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 28,66
NaFeld % 17,61
Kaolen % 14,18
Dolomit % 10,90
Kalsit % 4,43
ZirMo % 5,86
ZnO % 6,46
Al₂O₃ % 5,25
Kuars % 6,59

Seger 4.2 için SiO₂ ve Al₂O₃ 0,2 mol arttırılırsa (SiO₂ 2,8 Al₂O₃ 0,617)

0,471 mol Kuars alınır.
Kuars → $0,471 \times 60 = 28,26$
0,274 mol Al₂O₃ alınır.
Al₂O₃ → $0,274 \times 102 = 27,948$
Toplam : 353,616 olur.

0,165 Na ₂ O		2,8 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,617 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 27,35
NaFeld % 16,80
Kaolen % 13,53
Dolomit % 10,40
Kalsit % 4,23
ZirMo % 5,59
ZnO % 6,16
Al₂O₃ % 7,90
Kuars % 7,99

Seger 4.3 için 2,9 SiO₂ 0,717 Al₂O₃

SiO₂ ve Al₂O₃ 0,3 mol arttırılırsa
0,571 mol Kuars alınır.
Kuars → $0,571 \times 60 = 34,26$
0,376 mol Al₂O₃ alınır.
Al₂O₃ → $0,374 \times 102 = 38,148$
Toplam : 369,816 olur.

0,165 Na ₂ O		2,9 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,717 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 26,15
NaFeld % 16,07
Kaolen % 12,94
Dolomit % 9,95
Kalsit % 4,04
ZirMo % 5,35
ZnO % 5,89
Al₂O₃ % 10,31
Kuars % 9,26

Seğer 4.4 için 3 SiO₂ 0,817 Al₂O₃

SiO₂ ve Al₂O₃ 0,4 mol arttırılırsa
0,671 mol Kuars alınır.
Kuars → 0,671 × 60 = 40,26
0,474 mol Al₂O₃ alınır.
Al₂O₃ → 0,474 × 102 = 48,248
Toplam : 386,016 olur.

0,165 Na ₂ O		3 SiO ₂
0,028 K ₂ O		0,168 ZrO ₂
0,402 CaO	0,817 Al ₂ O ₃	0,151 B ₂ O ₃
0,2086 MgO		
0,186 ZnO		

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 25,05
NaFeld % 15,39
Kaolen % 12,40
Dolomit % 9,53
Kalsit % 3,87
ZirMo % 5,12
ZnO % 5,65
Al₂O₃ % 12,52
Kuars % 10,42

12.2.4.5. Seger’de SiO₂ ve Al₂O₃ arasındaki oran sabit, fakat değerleri değiştirilince oluşan reçeteler

Seger 5.1 (Al₂O₃ / SiO₂ = 0,16)

0,5 Al₂O₃ 3,125 SiO₂ için

3,125 - 2,6 = 0,525

0,271 + 0,525 = 0,796 mol Kuvars’ tan gelir.

0,5 - 0,417 = 0,083

0,083 + 0,074 = 0,157 mol Al₂O₃’ ten gelir.

0,796 × 60 = 47,76 Kuvars

102 × 0,157 = 16,014 Al₂O₃

Toplam = 361,182 olur

0,165 Na₂O

0,028 K₂O

0,402 CaO

0,2086 MgO

0,186 ZnO

0,5 Al₂O₃

3,125 SiO₂

0,168 ZrO₂

0,151 B₂O₃

YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 26,78

NaFeld % 16,45

Kaolen % 13,25

Dolomit % 10,18

Kalsit % 4,14

ZirMo % 5,47

ZnO % 6,04

Al₂O₃ % 4,43

Kuvars % 13,22

Seger 5.2.

0,6 Al₂O₃ 3,75 SiO₂ için

3,75 - 2,6 = 1,15

0,271 + 1,15 = 1,421 mol Kuvars’ tan gelir.

0,6 - 0,417 = 0,183

0,183 + 0,074 = 0,257 mol Al₂O₃’ ten gelir.

1,421 × 60 = 85,26 Kuvars

0,257 × 102 = 26,214 Al₂O₃

Toplam = 408,882

0,165 Na₂O
0,028 K₂O
0,402 CaO
0,2086 MgO
0,186 ZnO

0,6 Al₂O₃

3,75 SiO₂
0,168 ZrO₂
0,151 B₂O₃

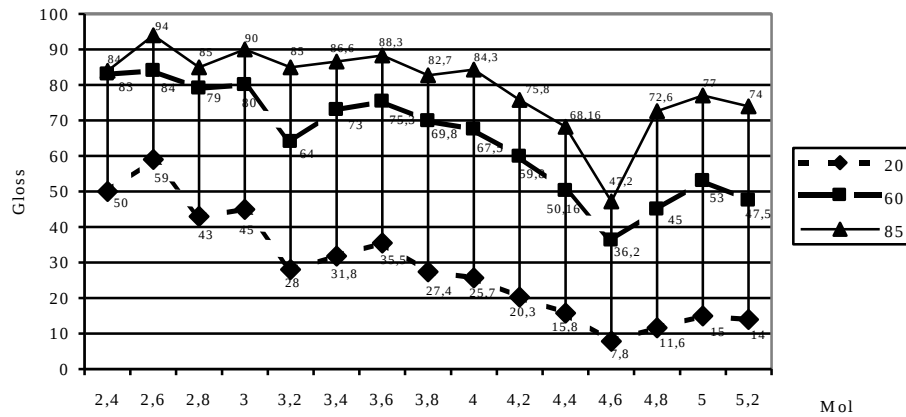
YÜZDE DEĞERLERİ

FRİT P % 23,65
NaFeld % 14,53
Kaolen % 11,70
Dolomit % 9,00
Kalsit % 3,65
ZirMo % 4,83
ZnO % 5,33
Al₂O₃ % 6,41
Kuars % 20,85

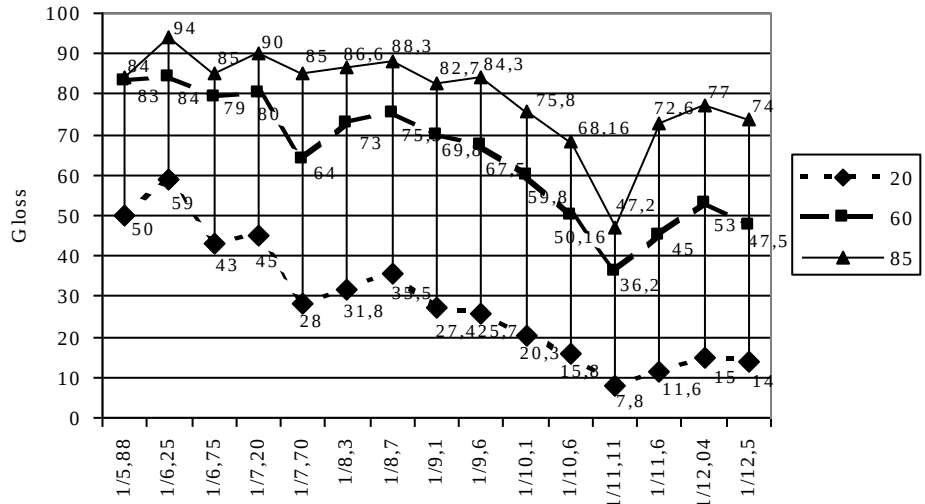
12.2.5. Glossmetre ile yapılan parlaklık deneyi sonuçları

12.2.5.1. Birinci deneme sonuçları

Seğer Formülünde SiO₂ miktarını 0,2 mol arttırarak yapılan reçetelere göre oluşturulan sıranın 1200°C’ de pişirilmesiyle oluşan sır yüzeylerinin glossmetre cihazı ile ölçülen parlaklık değerlerinin grafiksel gösterimi aşağıda verilmiştir. Şekil 12.4.’ de başlangıçta herhangi bir matlaşma eğilimi gözlenmediği halde yüksek miktarlardaki SiO₂ sır yüzeyinde matlık oluşturmuştur. Oransal olarak bakıldığında şekil 12.5’ te 1/9 ile 1/11 oranları arasında büyük bir matlaşma eğilimi gözlenmiştir.



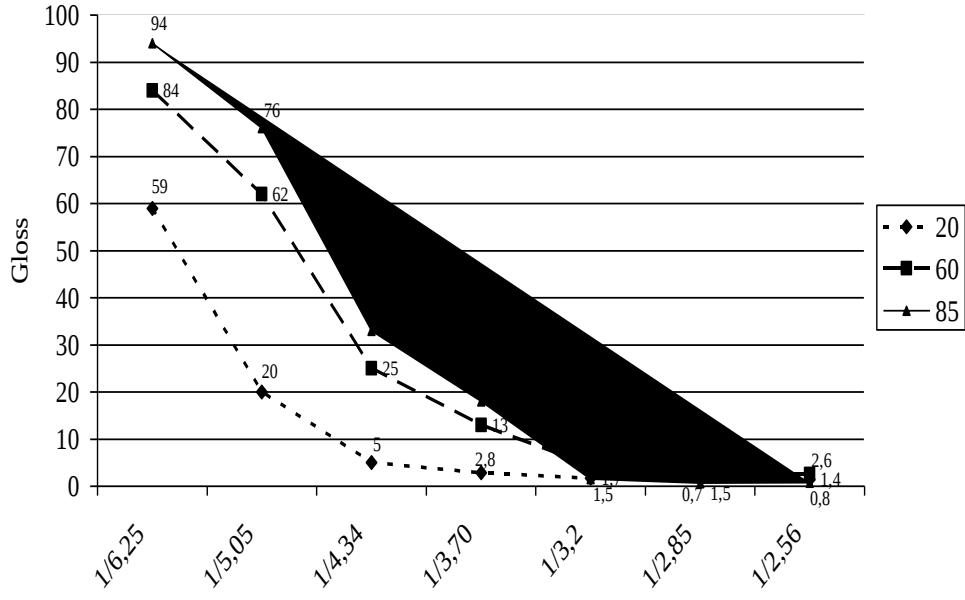
Şekil 12.6. Seğer Formülünde SiO₂ miktarını 0,2 mol arttırarak yapılan deney sonuçları (1200°C)



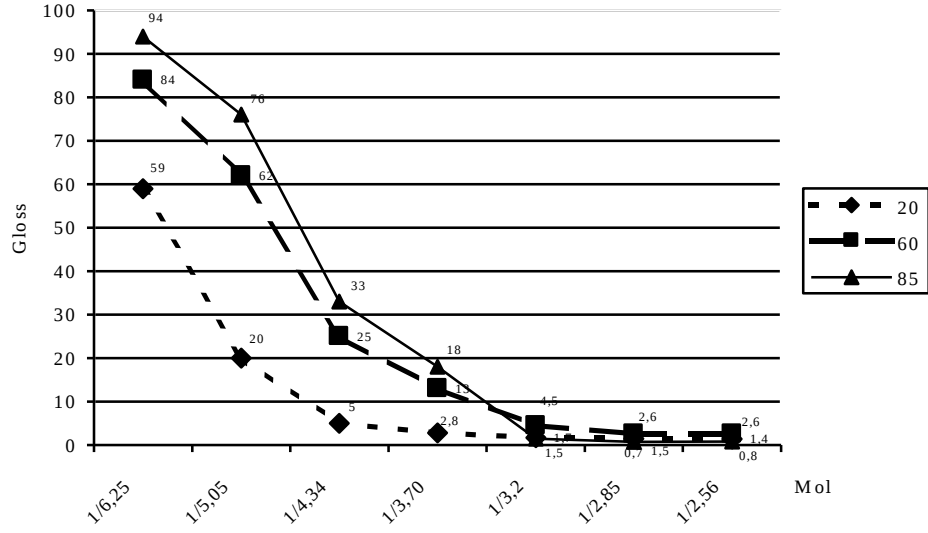
Şekil 12.7. Seger Formülünde SiO₂ miktarını 0,2 mol arttırarak yapılan deneme sonuçlarının grafikte Al₂O₃/SiO₂ oranına göre gösterilmesi

12.2.5.2. İkinci deneme sonuçları

Seger Formülünde Al₂O₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçetelere göre oluşturulan sırn 1200°C’ de pişirilmesiyle oluşan sır yüzeylerinin glossmetre cihazı ile ölçülen parlaklık değerlerinin grafiksel gösterimi aşağıda verilmiştir. Şekil 12.6 ve Şekil 12.7’ de Al₂O₃ miktarının çok ufak artışlarında bile sır yüzeyinin matlaşma eğilimi gösterdiği ve yüksek değerlerde sır yüzeyinin artık sabitlendiği ve donuk ve pürüzlü bir yüzey oluşturduğu gözlenmiştir. Bunu da Al₂O₃’ nın yüksek ergime sıcaklığından dolayı sırn pişirim sıcaklıklarında erimemesi ve sır yüzeyinde katı halde kalması olarak değerlendirilebilir.



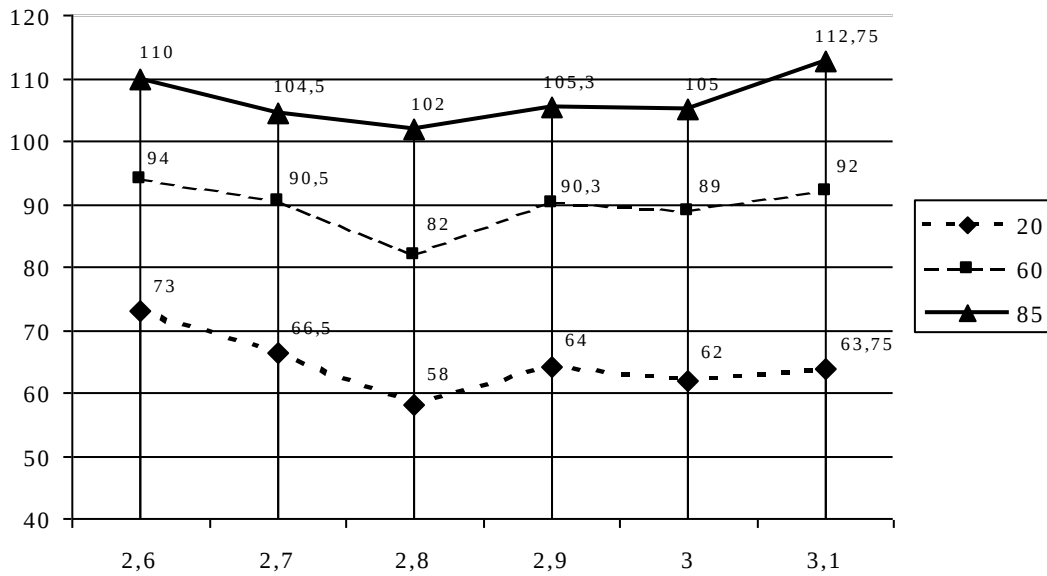
Şekil 12.8. Seger Formülünde Al₂O₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçları (1200°C)



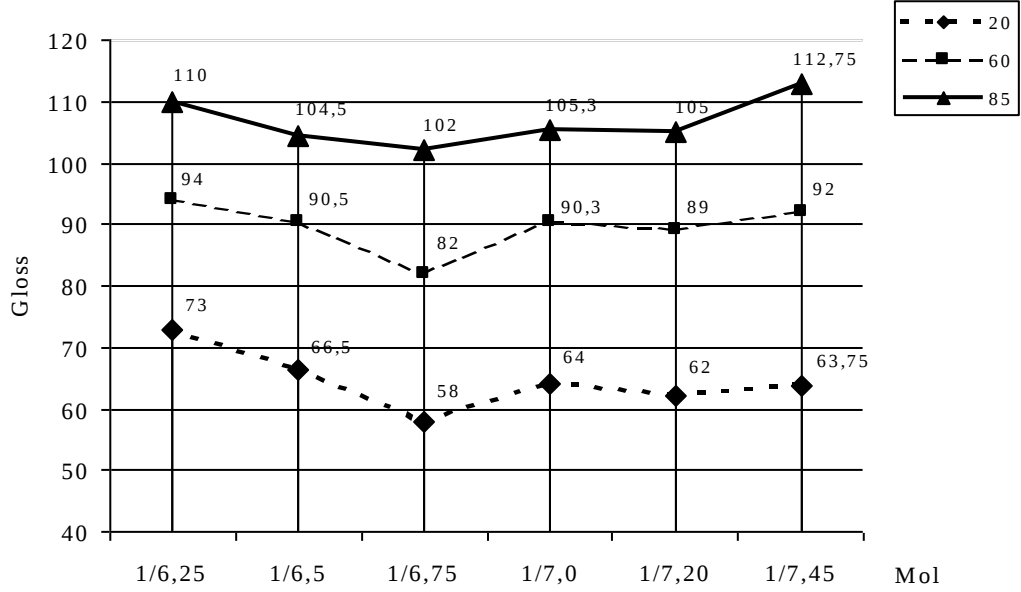
Şekil 12.9. Seger Formülünde Al₂O₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçlarının grafikte Al₂O₃/SiO₂ oranına göre gösterilmesi

12.2.5.3. Üçüncü deneme sonuçları

Sejer Formülünde SiO_2 miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçetelere göre oluşturulan sırnın 1225°C ' de pişirilmesiyle oluşan sır yüzeylerinin glossmetre cihazı ile ölçülen parlaklık değerlerinin grafiksel gösterimi aşağıda verilmiştir. şekil-12.8.ve şekil 12.9'de düşük miktarlardaki SiO_2 artışının sır yüzeyini pek etkilemediği görünmesine rağmen bu sonuçlarda 1200°C ' de yapılan denemeye göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bunu da sıcaklık arttıkça parlaklığı olumlu yönde etkilemektedir sonucu çıkartılabilir.



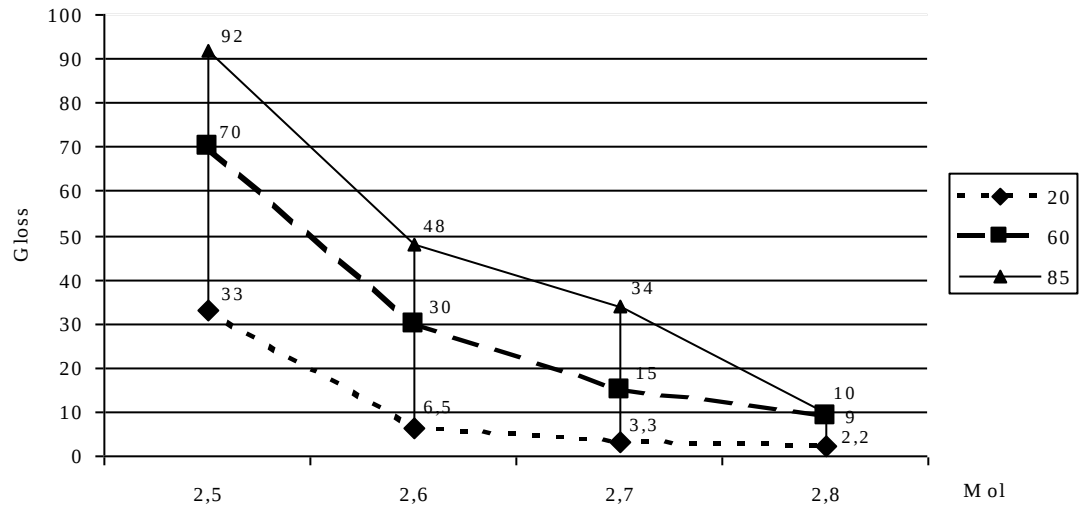
Şekil 12.10. Seger Formülünde SiO_2 miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçları (1225°C)



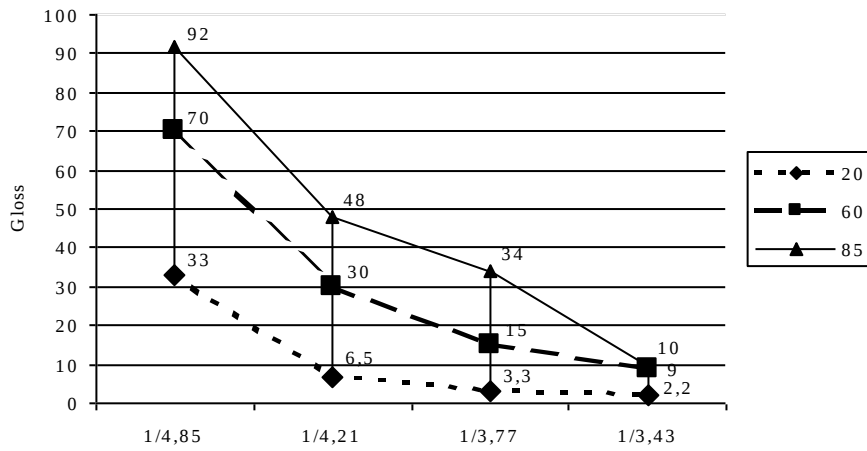
Şekil 12.11. Seger Formülünde SiO₂ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçlarının grafikte Al₂O₃/SiO₂ oranına göre gösterilmesi

12.2.5.4. Dördüncü deneme sonuçları

Seger Formülünde SiO₂ ve Al₂O₃ miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan reçetelere göre oluşturulan sırnın 1225°C' de pişirilmesiyle oluşan sır yüzeylerinin glossmetre cihazı ile ölçülen parlaklık değerlerinin grafiksel gösterimi aşağıda verilmiştir



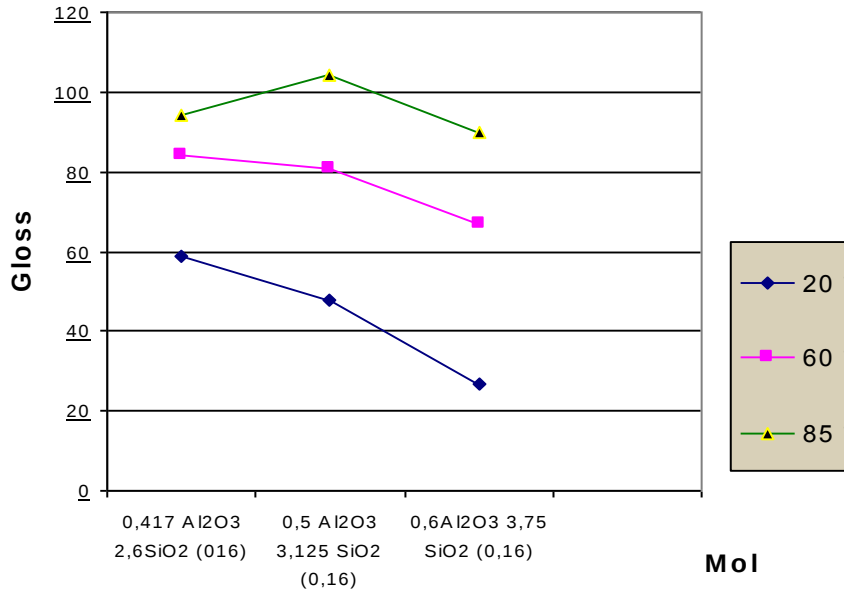
Şekil 12.12. Seger Formülünde SiO_2 ve Al_2O_3 miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçları (1225°C)



Şekil 12.13. Seger Formülünde SiO_2 ve Al_2O_3 miktarını 0,1 mol arttırarak yapılan deneme sonuçlarının grafikte $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ oranına göre gösterilmesi

12.2.5.5. Beşinci deneme sonuçları

Seğer Formülünde SiO_2 ve Al_2O_3 arasındaki oranı değiştirmeyip yalnız miktarlarını arttırarak yapılan reçetelere göre oluşturulan sırnın 1200°C 'de pişirilmesiyle oluşan sır yüzeylerinin glossmetre cihazı ile ölçülen parlaklık değerlerinin grafiksel gösterimi aşağıda verilmiştir. Şekil 12.12.'de SiO_2 ve Al_2O_3 arasındaki oran sabit tutulmasına rağmen çıkan sonuçların ikisi arasındaki oranla pek ilişkili olmadığı gözükmemektedir.



Şekil 12.14. Seger Formülünde SiO_2 ve Al_2O_3 arasındaki oranı değiştirmeyip, sıra katılım paylarını değiştirerek yapılan deneme sonuçları

13. SONUÇLAR

- 1- Yüksek Al_2O_3 değerlerinde sır yüzeyinin donuk ve pürüzlü bir görünümde olduğu gözlenmiştir.
- 2- SiO_2 'nin sır içinde yüksek miktarlardaki kullanımı sır yüzeyini matlaştırma yönünde etkilediği saptanmıştır.
- 3- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ arasındaki oran değiştirilmeden yapılan denemeler sonucunda sır parlaklığının, oranının sabit kalmasına rağmen değiştiği saptanmıştır.
- 4- SiO_2 miktarının 0,2' şer mol artırıldığı denemede 1/9 ile 1/11 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ değerleri arasında yüksek bir matlaşma eğilimi gözlenmiştir.
- 5- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 'nin 1/6 ile 1/2 oranları arasında sır yüzeyinin net bir şekilde matlaştığı gözlenmiştir.
- 6- Pişirim sıcaklığının sır parlaklığı üzerinde etkin olduğu ve daha yüksek sıcaklıklarda pişirilen aynı yapıya sahip ürünlerin parlaklığının daha düşük sıcaklıkta pişirilen mamule göre daha yüksek olduğu görülmüştür.
- 7- Pişirim sıcaklıklarında erimeme veya eriyip soğuma esnasında kristalleşme mat sır yapımında arzu edilen davranışlardır. Al_2O_3 ve SiO_2 yapılan denemeler sonucunda erime sıcaklığını yükselttiği saptanmıştır.
- 8- Bünyede yer alan kristallerin belirli bir büyüklüğü aşması durumunda mat bir yüzey görüntüsü oluşur. Sır yüzeyinin parlak olabilmesi için kristal büyüklüklerinin $60\mu\text{m}$ 'yi geçmemesi gerekmektedir.
- 9- Sırlarda SiO_2 fazla miktarda kullanılırsa tridimit kristali oluşmasına neden olacağından sırda matlık yaratır.

KAYNAKLAR

- [1] **Doğan**, Ş., 1985, Açıklamalı Seramik Teknolojisi, Birsen Yayınevi, İstanbul,
- [2] **Sümer**, G., 1988, Seramik Sanayii El Kitabı, Anadolu Üniversitesi Uygulamalı Güzel Sanatlar Yüksek Okulu Yayınları, Eskişehir, .
- [3] **Arcasoy**, A., 1983, Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları, İstanbul,
- [4] **Bozdoğan**, İ., Sır Hammaddeleri ve Sır Kompozisyonu Üzerindeki Etkileri, Seramik Sırları Semineri Bildiriler Kitapçığı, Türk Seramik Derneği Yayınları No:7, İstanbul.
- [5] **Tanişan**, H., **Mete**, Z., 1986, Seramik Teknolojisi ve Uygulaması Cilt 1, Şubat-
- [6] **Kaya**, Y., 1990, Seramik Sırlarının Özellikleri ve Sır Hataları, İ.T.Ü. Kimya Metalurji Fakültesi Bitirme Ödevi, İstanbul,
- [7] **Ünlütürk**, G., 2001, Sağlık Gereçlerinde Kullanılan Seramik Sırlarında Oksitlerin Etkisi, İ.T.Ü. Kimya Metalurji Fakültesi Bitirme Ödevi, İstanbul,
- [8] <http://www.sacmi.com/English/ceramic/> , Web Sayfası.
- [9] **Doğruöz**, T., 1998, Staj Notları, Eczacıbaşı Karo Seramik Sanayii A.Ş. Bozüyük, .
- [10] **Şirin**, M., 1998, Sır Teknolojisi Ders Notları, D.P.Ü, Kütahya,
- [11] **Kartal**, A 1998, Sır ve Sırlama Tekniği, Çizgi Matbaacılık, Afyon
- [12] **Mercan**, M., TMMOM Metalurji Mühendisleri Odası- Dergi, Sırlama Teknikleri, Sayı: 121.

ÖZGEÇMİŞ

1978 İçel’de doğdum. İlk ğretimimi İlkbaliye İlkokokulunda tamamladıktan sonra orta đđrenimimi  zel Ahmet ŐimŐek Lisesinde ve lise eğitimimi  zel Ahmet ŐimŐek Fen Lisesinde bitirdim. 1995 senesinde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği bölümüne girdim ve 1999 senesinde lisans eğitimimi tamamladım. 2000 senesinde İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Programı Yüksek Lisans Eğitimime baŐladım. Galatasaray Klübü ve Maçka Dans Klübü  yesiylim. İngilizce ve İtalyanca biliyorum. Hobilerim arasında her türlü spor aktivitesiyle uđraŐmak ve kitap okumak bulunmaktadır.