



BÖLÜM 7

SERAMİK ENDÜSTRİLERİ



GİRİŞ

Seramik kelimesi, "çömlekçilik için" anlamına gelen Antik Yunanca κεραμικός (keramikós) kelimesinden gelir (κέραμος (kéramos) 'çömlekçi kili, kiremit, çanak çömlek' anlamındadır).

Seramiklerin kullanılması, günümüzden 26.000 öncesine kadar gitmektedir. Geçmiş çağlarda, insanlar seramik malzemeleri oluşturmak için kili ve silikayı karıştırarak ısıtıyordu. Şimdiye kadar bulunan en eski örnekler güney orta Avrupa'daydı bulunan heykelciklerdi. Bilinen en eski çanak çömlek, hayvansal ürünlerin kil ile karıştırılması ve 800 °C'ye (1.500 °F) kadar ısıtılmasıyla yapılmıştır. 19.000 yıla ait olan çanak çömlek parçaları bulunmuş olsa da, düzenli çanak-çömlek kullanımı ve yapımının yaklaşık 10.000 yıl sonra yaygınlaştığı bilinmektedir. İpli Seramik kültürü. Bu erken dönem Hint-Avrupa halkları, çanak çömleklerini hala ıslakken iple sararak süslüyorlardı. Seramikler pişirildiğinde ip yanıyor, yüzeyde karmaşık oluklardan oluşan dekoratif bir desen bırakıyordu.

Seramikler, onları metallere ve polimerlerden ayıran şaşırtıcı özellikleriyle tanımlanan geniş bir malzeme sınıfıdır. Bu metalik olmayan, anorganik bileşikler, yüksek ergime sıcaklıkları, olağanüstü sertlik, üstün elektrik yalıtımı ve kimyasal korozyona karşı direnç gibi belirgin bir dizi özelliğe sahiptir. Seramikler, metallere karşılaştırıldığında kırılmandır, ancak mükemmel ısı kararlılığına ve düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Seramiklerin bu özellikleri, onları gelişmiş elektronik ve uçak bileşenlerinden çömlek ve fayans gibi günlük eşyalara kadar çeşitli uygulamalarda kullanışlı hale getirir.

Kil, su ve silika, ateş tuğlası kili, alümina, magnezya, kalsiyum, feldispat, titanyum dioksit vb. gibi toz halindeki toprak elementleri veya mineraller seramik yapmak için yaygın olarak kullanılır. Belirli anorganik, metalik olmayan bileşenler bunları oluşturmak için birleştirilir; kil genellikle temel bileşen olarak kullanılır.

Seramik malzemeler genellikle iyonik veya kovalent bağlı malzemelerdir. Her iki bağ türüyle bir arada tutulan bir malzeme, plastikleşme yerine kırılma eğiliminde olacaktır,

Geleneksel seramik endüstrileri, bazen "kil ürünleri" veya "silikat endüstrileri" olarak tanımlanır. Çünkü, elde edilen ürünler temel olarak silikatlardan oluşur.

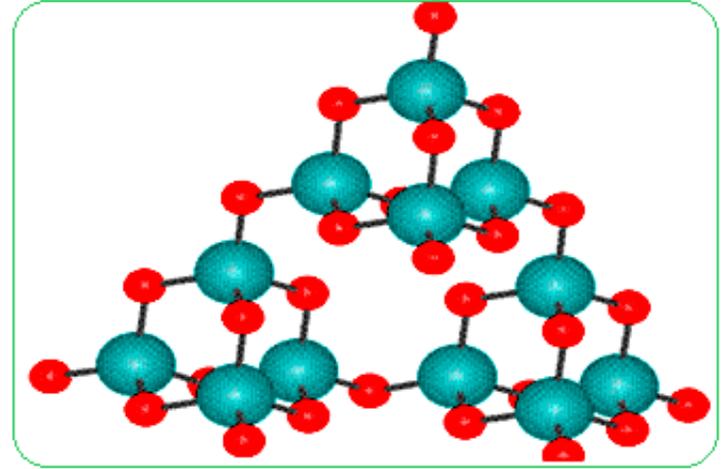
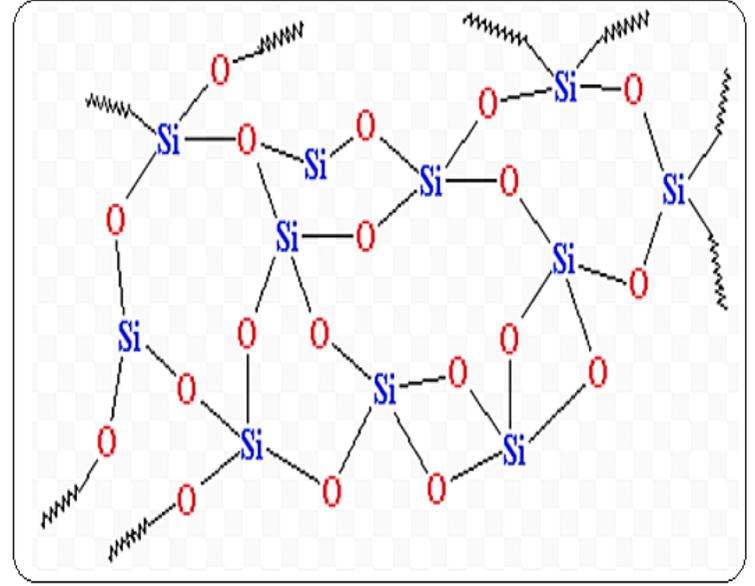
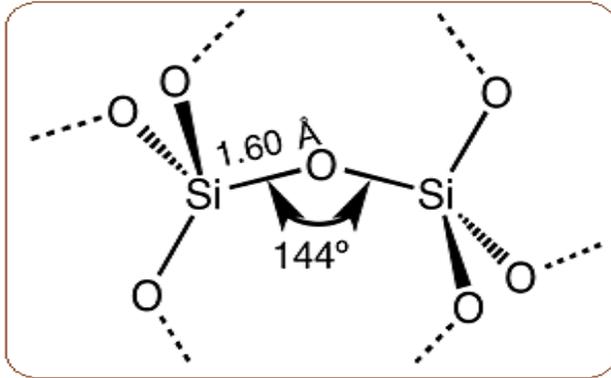
Son yıllarda, artan taleplere bağlı olarak; yüksek sıcaklıklara, büyük basınlara dayanıklı, üstün mekanik ve elektriksel özelliklere sahip veya korozif kimyasallara karşı koruyucu özelliklerde ürünler geliştirilmektedir. Bunlar aşağıda gösterilmiştir:

Kullanım ve özelliklerine göre seramik ürünler

1. Beyaz malzemeler : Çin porseleni, Çanak - Çömlek, toprak kaplar, porselen, sırlı toprak kaplar ile vitroz (camı) malzemeler.
2. Yapısal kil ürünler : Kiremit, inşaat tuğlası, dekoratif tuğla, lağım ve su boruları.
3. Refrakterler : Ateş tuğlaları, kromit, magnezit ve magnezit - kromit tuğlası, silikon karbür ve zirkonyum karbür refrakterler, alüminyum silikat ve alüminyum ürünleri
4. Özel seramik ürünler
5. Emaye ve emaye kaplanmış metaller

Silikanın yapısı

Silisyum dioksit, SiO_2 , silika olarak da bilinir, doğada kuvars olarak yaygın olarak bulunan bir oksittir. Silika, kumun ana bileşenidir, çeşitli bileşiklerde ve sentetik malzemelerde mineral olarak yer alır. Örneğin, erimiş kuvars, füme silika, opal ve arojeller Yapısal malzemelerde, mikroelektronikte, gıda ve ilaç endüstrilerinde bileşen olarak kullanılır. Yapısı beyaz veya renksizdir, ancak saf olmayan malzemelerde renkli olarak görülebilir. Ayrıca, camın en temel bileşenidir.



TARİHÇESİ

Çanak-Çömlek yapımı, endüstri olarak eski çağlardan bu yana bilinmekte ve uygulanmaktadır. Pirmiş kriden yapılmış malzemelerin kullanılması, m.ö 1500 yıllarına kadar gitmektedir. üstün özellikli malzemelere duyulan arz ve talep, sistemin daha geniş bir kullanım ve üretim alanına girmesine sebep olmuştur. Bu anlamda, silikat kimyası; metalurji, katı-hal fiziği, bilgisayar-kontrollü sistemler ve otomasyon gibi endüstri kollarıyla ortak çalışma alanı içinde yer almıştır.

KULLANIM VE EKONOMİSİ

Seramik ürünler, diğer ürünlere bileşen olarak kullanıldığı için satış verileri genellikle mümkün olmamaktadır. Bu sebeple, kullanıldığı alanlardaki % olarak tüketim hacmi belirlenmiştir. Örneğin, bütün kil ürünlerin %60'ı ağır kil ürünleri (yapı malzemeleri) üretiminde; Bunlar, %38'lik kullanım oranı ile inşaat tuğlası, kanalizasyon ve su boruları, %19 Portland çimentosu ile %10' hafif ağırlıklı ürünlerdir. Bunun dışında, refrakter malzeme yapımında, kağıt, plastik, boyalar ve gübrelerde dolgu maddesi; adsorban uygulamaları, Çanak-Çömlek, yer ve duvar karoları, demir minerallerinin pelletlenmesi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

Ülkemizde, killer en az tanınan endüstriyel ham maddelerden biridir. Sanayileşmeye doğru yönelme sonucu bu hammaddelere olan ihtiyaç artmış ve tanınması yolundaki çabalar yoğunlaşmaya başlamıştır. Bugün kâğıt, lastik, çimento, tıbbî ve ziraî ilâçlar, inşaat ve bilhassa seramik sanayinde killer büyük bir önem kazanmaktadır. Roketlerde, hassas aletlerde, aşınmaya maruz kalan makine parçalarında seramik malzemelerin rolü çok büyüktür.

Kil mineralleri esas itibariyle *alüminyum hidrosilikatlarıdır*. Bazı minerallerde alüminyumun yerini tamamen veya kısmen Fe veya Mg alır. Alkali mineraller veya alkali metaller kil minerallerinin esas bileşenleri olarak bulunur. Bazı killer tek bir kil mineralinden ibarettir. Fakat çoğu birkaç mineralin karışımıdır. Killer içinde kil minerallerine ilâveten kuvars, kalsit, feldispat ve pirit gibi mineraller «*kil olmayan malzeme*» olarak bulunur. Birçok kil malzemeleri de organik maddeleri ve suda çözünebilen tuzları içerir.



Kaolinit, 13. yüzyılda Yuan (Moğol) hanedanı (hanedan) döneminden beri "Kaolin toprağı" olarak biliniyordu ve ilk olarak 17. yüzyılın başlarında Song Yingxing tarafından Tian Gong Kai Wu (kabaca: Heaven's Handicrafts'a Giriş) adlı kitabında uygun şekilde tanımlandı. Batı'ya 1712'de bir Fransız rahip (Fransız Papaz) tarafından tanıtıldı.

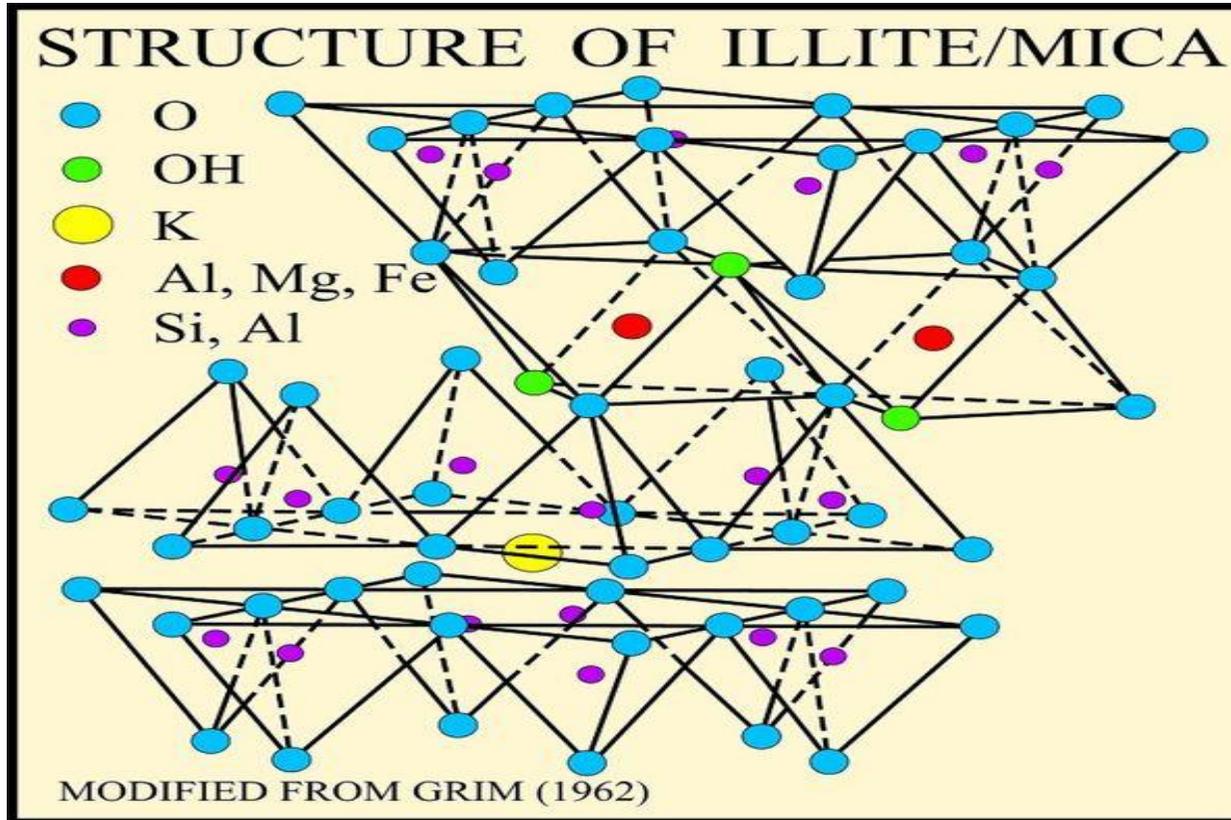
Fazla plastik özelliğı olmayan bir kildir. Asitli ortamlarda, sıcak ve nemli bir iklimde feldspatların veya diğeri alüminyum silikat minerallerinin ısıl bozunması ile oluşur.

Kaolin grubu mineralleri sulu alüminyum silikatlarıdır. Yaklaşık olarak $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ şeklinde ifade edilebilir. Kaolinit en çok rastlanan kaolin mineralidir.

Dikit ve nakrit bazı hidrotermal çökeltiler hariç, nadiren bulunur. Halloyisit kimyasal bileşimi $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ şeklindedir. Halloyisit 60°C de suyunu kaybetmekle metahalloyisite dönüşür.

Kaolinit 1000°C civarında ısıtılırsa, mullit kristalleri oluşur. Montmorillonit, teorik olarak $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dur. Fakat teorik formülden, şebeke yapısına giren ilâvelerle değişebilir.

Alüminyum, çinko ile yer değiştirdiği zaman sosonit, demir ile yer değiştirdiği zaman nontronit, Mg ile yer değiştirdiği zaman hektorit meydana gelir. Hektorit aynı zamanda lityum da ihtiva eder.



Montmorillonit



It is the main constituent of the [volcanic ash weathering](#) product, [bentonite](#)
 $(\text{Na,Ca})_{0.33}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$

·

Montmorillonite's [water](#) content is variable and it increases greatly in volume when it absorbs water. Chemically it is hydrated sodium calcium aluminium magnesium silicate hydroxide **$(\text{Na,Ca})_{0.33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$** .

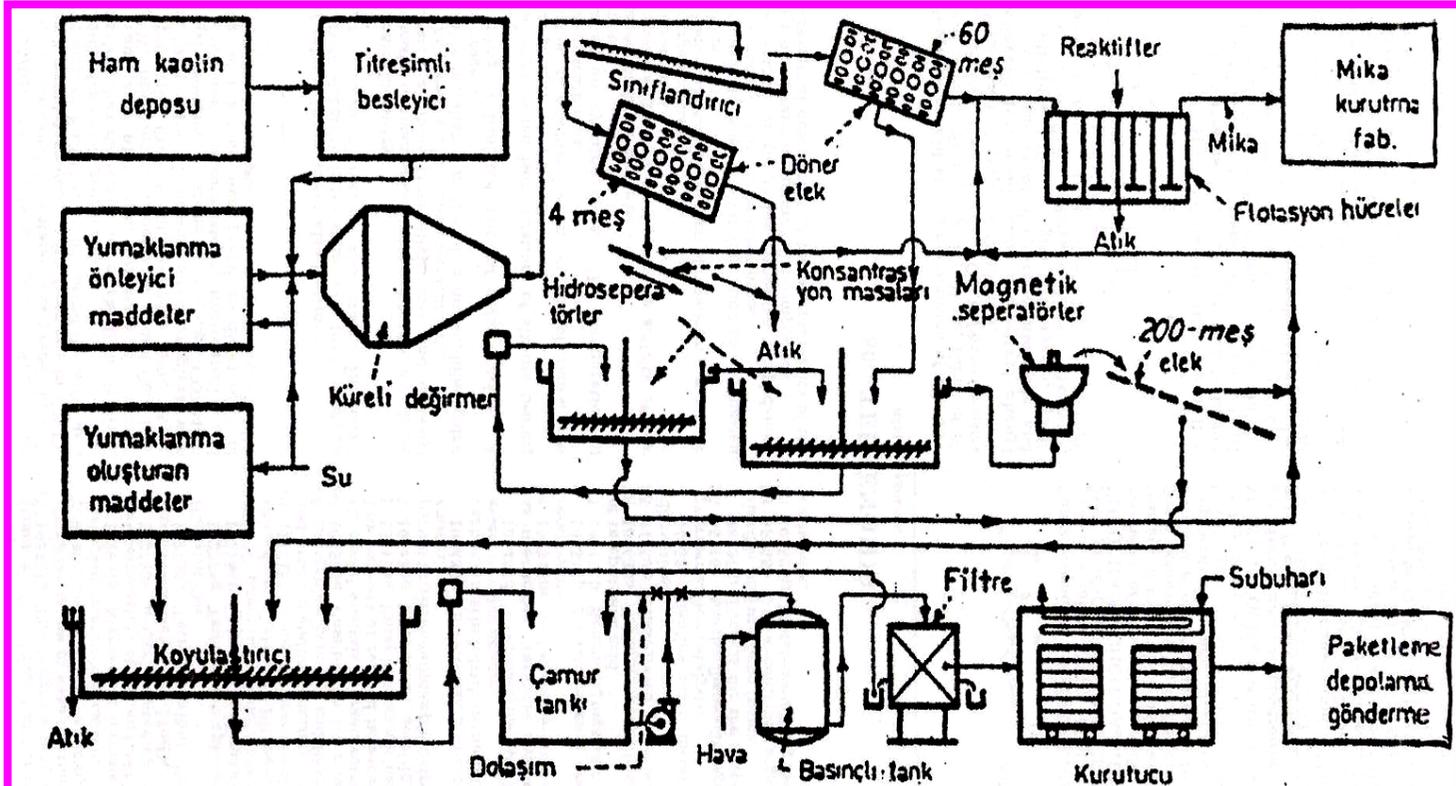
Potassium, iron, and other cations are common substitutes, the exact ratio of cations varies with source. It often occurs intermixed with [chlorite](#), [muscovite](#), [illite](#), [cookeite](#) and [kaolinite](#).

Seramik endüstrisinde, yüksek plastiklik özelliğinin arzulanıldığı durumlarda bir dereceye kadar montmorillonit kullanılsa da, temel kil minerali kaolonittir. Kilerin özellikleri, fiziksel özelliklenme ve içerdiği safsızlıklara göre değişir, bundan dolayı kullanım amacına bağlı olarak "iyileştirme" işlemleri uygulanır. ŞEKİL 7.1'de bu tür proseslerin gerekli basamakları görülmektedir. Buradaki bütün basamaklar hemen hemen fiziksel değişimler veya ünit operasyonlardır (Eleme, parçacık büyüklüğüne göre ayırma, çöktürme, süzme ve kurutma). Kolloidal özellikler, sodyum silikat veya şap gibi katkı maddeleri ilave edilerek kontrol edilir. iyileştirme süreci ayrıca, köpük flotasyonu (yüzdürme, su yüzeyine çıkarma) da içerir. Alumina ve tıhanya gibi yüksek safluktaki maddeler için, kimyasal saflaştırma işlemi yapılır.

Feldispat türleri

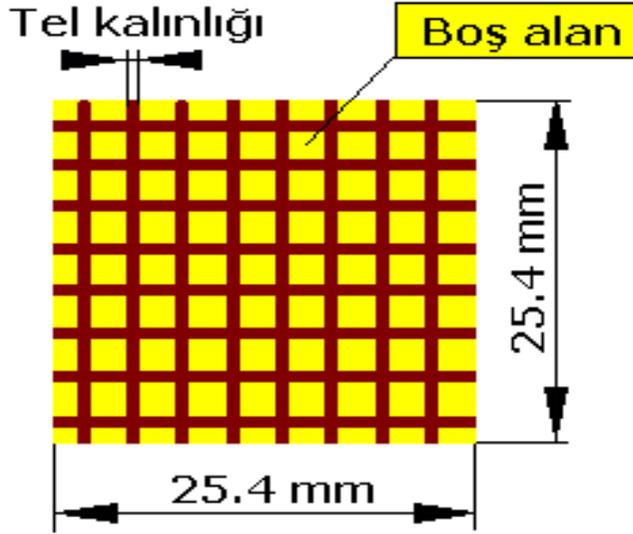
1. potas — ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$)
2. Soda — ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)
3. Kireç — ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

Feldispat, seramik formülasyonunda akışkanlaştırıcı özelliği sebebiyle oldukça büyük öneme sahiptir. üçüncü önemli seramik yapıtaşları, kum veya çakmak taşıdır. Çizelge 7.1'de seramik endüstrisindeki temel hammaddelerin özellikleri özetlenmiştir.



Şekil 7.1. Çim Porseleni kilim iyileştirilmesi için teknik-diagramı.

Mesh Çevrim Tablosu



Mesh ölçüsü 1 inch = 25.4 mm uzunluğunun eşit aralıklara bölünmesiyle elde edilmektedir. Resimdeki örnek 8 mesh = $25.4 / 8 = 3.175$ mm teller arası mesafe demektir.

Mesh ölçüsü aynı zamanda belli bir tel kalınlığı ve dokuma sıklığıyla üretilmiş bir elekten geçebilen en büyük parçanın ölçüsü anlamına da gelmektedir. Örnek: 100 mesh inceliğinde öğütülmüş bir malzeme bulunan en büyük parçacığın ebadı 0.142 mm dir.

Parça Ebadı (mm)	Tel Çapı (mm)	Mesh
11.2	1.5	2
6.9	1.5	3
5.3	1.0	4
4.8	1.5	4
3.5	1.5	5
3.3	0.91	6
3.0	1.2	6
2.7	1.5	6
2.4	0.71	8
2.2	0.91	8
2.0	0.45	10
1.9	1.2	8
1.9	0.61	10
1.6	0.91	10
1.6	0.5	12
1.4	0.71	12

1.3	0.5	14
1.25	0.9	12
1.1	0.45	16
0.9	0.71	16
0.89	0.37	20
0.71	0.56	20
0.57	0.27	30
0.53	0.31	30
0.4	0.23	40
0.185	0.13	80
0.142	0.11	100
0.13	0.08	120
0.11	0.07	140
0.1	0.07	150
0.076	0.05	200
0.061	0.04	250
0.053	0.03	300
0.040	0.03	350
0.038	0.025	400

Gizelge 7.1. Seramikler için temel hammaddeler

Özellik.	Kaolinit	Feldispat	Kum veya Çakılmalı toz
Formülü	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	SiO_2
plastiklik	plastik	plastik değil	plastik değil
Eriyebilirlik	refrakter*	kolaylıkla erir	Refrakter*
Erime noktası	1785°C	1150°C	1710°C
Yanma ile büzülme	büzülür	erir	büzülmez

* Kömür ateşinde en yüksek sıcaklıklarda (1400°C) erimez.

Seramik temel hammaddelerine ilave olarak; akışkanlaştırıcı, refrakter özelliği katma amacıyla prosette, çok çeşitli diğer mineraller, tuzlar ve oksitler de kullanılır.

- Düşük vitrifikasyon ve erime sıcaklığına sahip akışkan maddelerden (fluxing agents) bazıları :

Boraks ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)

Borik asit (H_3BO_3)

Soda külü (Na_2CO_3)

Sodyum nitrat ($NaNO_3$)

İnci külü (K_2CO_3)

Nefelin siyenit ($(Na,K)_2Al_2Si_2O_8$)

Apatit [$Ca_5(Cl, F, OH)(PO_4)_3$]

Fluospar (CaF_2)

Demir oksitler (Fe_2O_3 , Fe_3O_4)

Antimon oksitler, kurşun oksitler, Lityum ve baryum mineralleri.

- Özel refrakter özelliği oluşturmak için kullanılan genel maddelerden bazılarının bileşimi :

Alumina (Al_2O_3)

olivin [$(FeO, MgO)_2SiO_2$]

Kromit ($FeO \cdot Cr_2O_3$)

Magnezit ($MgCO_3$)

Kireç (CaO) ve kireç tozu ($CaCO_3$)

Zirkonya (ZrO_2)

Titanya (TiO_2)

Talk ($3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$)

Alüminyum silikatlar ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) (kryanit, silimanit, andalusit)

Dumortierit ($8Al_2O_3 \cdot B_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$)

Mullite ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)

Dolomit [$(CaMg(CO_3)_2$]

Torya (ThO_2)

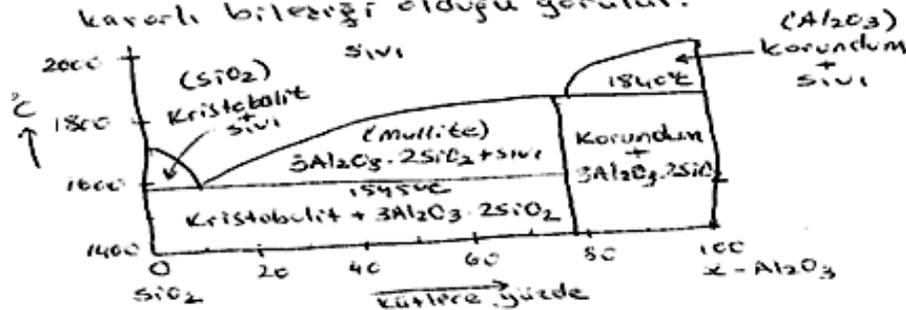
SERAMİK KİMYASINDAKİ KİMYASAL DÖNÜŞÜMLER

Bütün seramik ürünler, hammaddelerin belirli miktarlarda birleştirilmesi, şekillendirilmesi ve pişirme sıcaklığına kadar ısıtılmasıyla elde edilmektedir. Bu sıcaklıklar; yüzey sırlanmasında olduğu gibi ($700^\circ C$) düşük ve çözümlenme işlemlerinde olduğu gibi ($2000^\circ C$) yüksek olabilir.

Bu sıcaklıklar, bir çok kimyasal reaksiyona sebep olur. Bu reaksiyonların olduğu kimyasal dönüşümler :

1. Dehidratasyon veya su çıkarma, $150-650^{\circ}\text{C}$
2. Kalsinasyon (CaCO_3 'ün, CaO 'de dönüşmesi), $600-900^{\circ}\text{C}$
3. Demir(II)'nin ve diğer organik maddelerin yükseltgenmesi, $350-900^{\circ}\text{C}$.
4. Silikat oluşumu, 900°C ve üzeri.

Bazılangıçtaki kimyasal değişimlerin bazıları (CaCO_3 'ün kalsinasyonu ve kaolinitin dehidratasyonu ve bozunması gibi) oldukça basittir. Silikat oluşumu (u) gibi diğer reaksiyonlar oldukça karmaşıktır ve ŞEKİL 7.2'de gösterildiği gibi; sıcaklık ve bileşenlerin oranlarıyla değişir. Bu diyagramdan elde edilen veriler, mullit refraktörlerinin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Bu diyagram, belli bir sıcaklıktaki herhangi bir yüzdedeki sıvılaşmayı göstermektedir. Bunun sonucunda, daha ileri derecelerde eritme yapılmak istendiğinde (sıcaklığı kontrol ederek bunun sürdürülmesini sağlamak), sıcak kütleyi bir grada tutmaya yetecek miktarda madde (iskelet oluşturmak için) gereklidir. Buna göre, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ diyagramında, yüksek sıcaklıklarda; mullitin, alumina ve silikatın tek karışık bileşimi olduğu görülür.



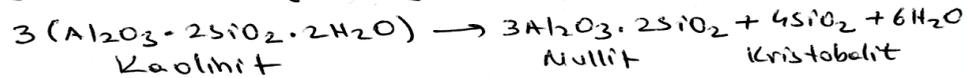
ŞEKİL 7.2. $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ sisteminin faz diyagramı

Seramik ürünlerin tamamı az ya da çok refrakter özellik gösterir (ısıya dayanıklılık). Bir ürün için refrakterlik derecesi, refrakter ve akışkanlaştırıcı oksitlerin bağıl miktarıyla belirlenir. Temel refrakter oksitler; SiO_2 , Al_2O_3 , CaO ile daha az kullanılanlar ZrO_2 , TiO_2 , Cr_2O_3 ve BeO 'dir. Temel akışkanlaştırıcı oksitler; Na_2O , K_2O , B_2O_3 ve SnO_2 'dir. Bazı ürün bileşimlerinde, fluorürler de akışkan olarak kullanılmaktadır.

Bütün seramik ürünlerin ana maddesi kildir (genellikle kaolinit) bundan dolayı, kilin ısıtılmasıyla oluşan kimyasal reaksiyonlar çok önemlidir. Isının ilk etkisi, hidrasyon suyunu uzaklaştırmaktır. Bu reaksiyon, $600-650^\circ C$ 'de gerçekleşir, geride alumina ve silikadan oluşan amorf bir karışım kalır.



Aslında bu basamakta, HCl ekstraksiyonu ile fazla miktarlarda alumina ortamından alınabilir. İşleme devam edildiğinde, $940^\circ C$ 'de amorf alumina kristal yapıdaki γ -aluminaya dönüşür, bu sırada bir miktar ısı açığa çıkar (ekzotermik reaks.). Biraz daha yüksek sıcaklıklara doğru (yaklaşık $1000^\circ C$), alumina ve silika birleşerek mullit ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) oluşturur.



Seramiklerde, kilden başka bulunan diğer bileşenler (Al- ve mg-Silikatlar, Fe- tuzları gibi) yüksek sıcaklıklarda camı özellik oluşturur.

Camsı (vitrikiye) özellik, seramiklerin içerdiği refrakter ve akışkanlaştırıcı (ergitici) oksitlerin oranına bağlı olarak değişir. Bu özellik, sıcaklığa ve süreye bağlıdır.

Vitrikiye özelliği, bazı seramik ürünlerde (Çim por-seleni gibi) istenilen bir özelliktir.

- Vitrifikasyon derecesine göre seramik ürünler aşağıdaki gibi sınıflandırılır:
 - i. Beyaz ürünler : Değişen miktarlarda akışkanlaştırıcı, orta derecede ısıtma ve düşük vitrifikasyon.
 - ii. Ağır Kil ürünler : Bol miktarda akışkanlaştırıcı, düşük sıcaklıkta ısıtma, daha az vitrifikasyon.
 - iii. Refrakterler : Daha az akışkanlaştırıcı, yüksek sıcaklıkta ısıtma, az vitrifikasyon.
 - iv. Emayeler : Çok bol akışkanlaştırıcı, orta derecede ısıtma, tam vitrifikasyon.
 - v. Cam : orta derecede akışkanlaştırıcı, vitrifikasyon oluşturma dek ısıtma.

İ. Beyaz ürünler

Genellikle beyaz ve ince yapılı ürünlerdir. Kilitlenmiş değişik miktarlarda akışkanlaştırıcı oksitler ile bağlanmasıyla oluşur.

Akışkanlaştırıcı miktarına göre, toprak kaplardan çin porselenine kadar değişen ürün yelpazesi oluşur.

Bunlar :

a - Topraktan yapılmış ürünler : Yarı-camsı yemek takımları gibi gözenekli ve sırlı kaplıdır.

b - porselen : Sert sırlı kaplanmış, saydam ürünlerdir. Aşınmalara karşı maksimum direnç gösterir. Kimyasal, yalıtım ve dişçilik alanlarında kullanılır.

c - Çin porseleni : orta derecede sırlı kaplanmış, saydam ve camsı ürünlerdir. Aşınmaya karşı dayanıklıdır. Süs eşyası ve sofrta takımları gibi teknik olmayan amaçlar için kullanılır.

ç - Çanak-Çömlek : En eski seramik üründür. Silika veya filint (kokmük tozu) içeren sert malzemelerdir. Düşük kaliteli ham maddelerden elde edilen kaba işlenmiş ham porselen denilebilir.

d- Sıhhi tesisat ürünleri : Lavaba, banya küvetleri, tuvalet tozları ve klozet gibi ürünleri kapsar. Daha önceden gözenekli kilden yapılıırken, günümüzde camlaştırılmış kil kullanılmaktadır.

e- Beyaz ürün karoları : pek çok çeşidi vardır ancak genellikle yer karoları olarak sınıflandırılır. Sırlı-sırsız, çizitli renk ve desenlerde olabilir. Azınmaya, hava ve suya karşı dirençli; sert ve dayanıklı ürünlerdir.

PORSELEN ÜRETİMİ

Böylece, üretilecek malzemenin dayanıklılığına ve büyüklüğüne bağlı olarak değişen üç yöntem ile üretilir :

i) Yaş-proses ; yüksek voltaj malzemelerinin yalıtılması amacıyla bir hayli sırlı ve ince yapılı porselen üretilmesinde uygulanır.

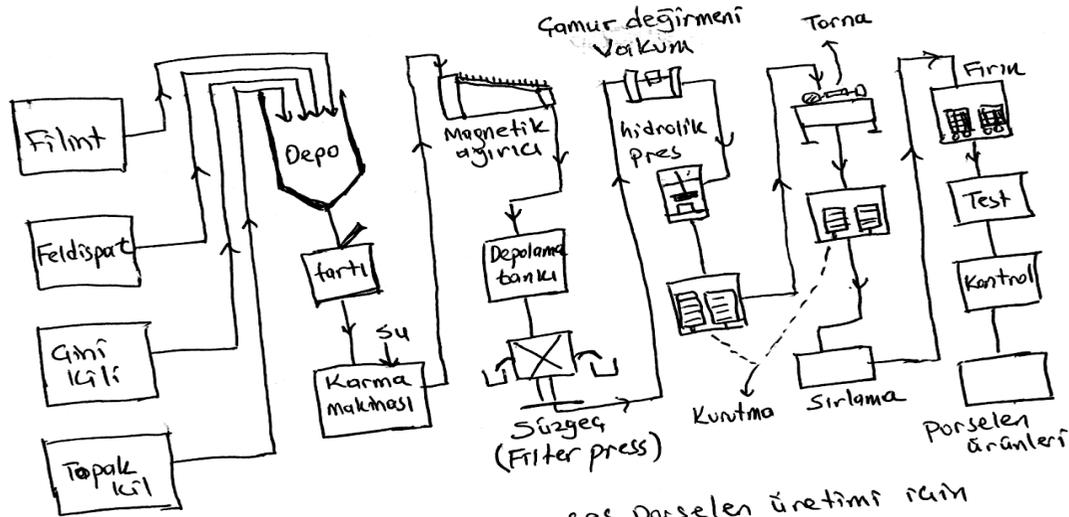
ii) Kuru-proses : Daha çok ağırlıkta kalan düşük voltajlı malzemelerin yalıtılması için üretilen porselenler için kullanılan bir yöntemdir.

iii) (i) ve (ii) yöntemlerinde üretilen porselenlerden daha büyük ve daha detaylı porselen üretiminde uygulanan "Döküm prosesidir".

Her üç yöntemde de aynı hammaddeler kullanılır. Sadece, kurutma ve kalıplama (şekil verme) işlemleri farklıdır.

Yaz-proses üretim prosesi için, basitleştirilmiş akım-gizelgesi Şekil 7.1'de gösterilmiştir.

Proses, basit olarak şu basamaklardan oluşur:



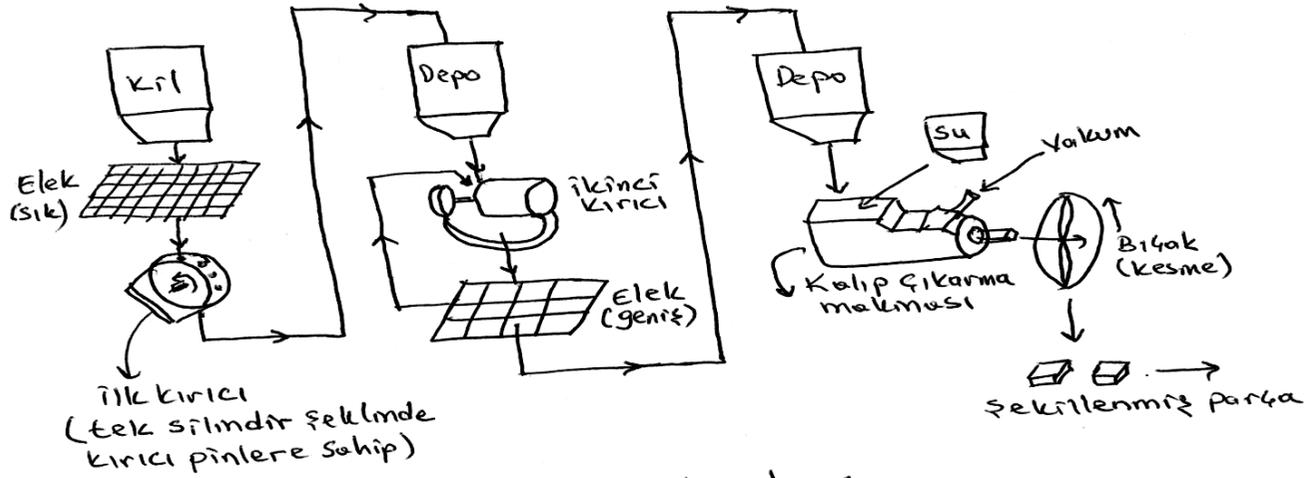
Şekil 7.1. Westinghouse yaş-proses porselen üretimi için akım-diagramı.

- Arzu edilen kalitedeki bir porselen için, uygun özellikte ve doğru oranlardaki ham maddeler, taşıma arabaları içinde ağırlık tartarında tartılır.
- Ham maddeler bir karma makinesinde su ile karıştırılır. magnetik ayırıcı üzerinden geçirilerek, ayrılır ve saklanır.
- Filtre-pres'de suyun (ve atıklar) büyük bir kısmı uzaklaştırılır. Havanın tamamı, çamur değirmeninde vakum ve dilme bıçakları yardımıyla, çamur karışımından alınır. Bunun sonucunda, oldukça düzgün ve sağlam bir porselen elde edilir.
- Hazırlanan kil; hidrolik preste veya uygun bir kalıp içinde sıcak presleme yapılarak, işlenmemiş parça haline getirilir.

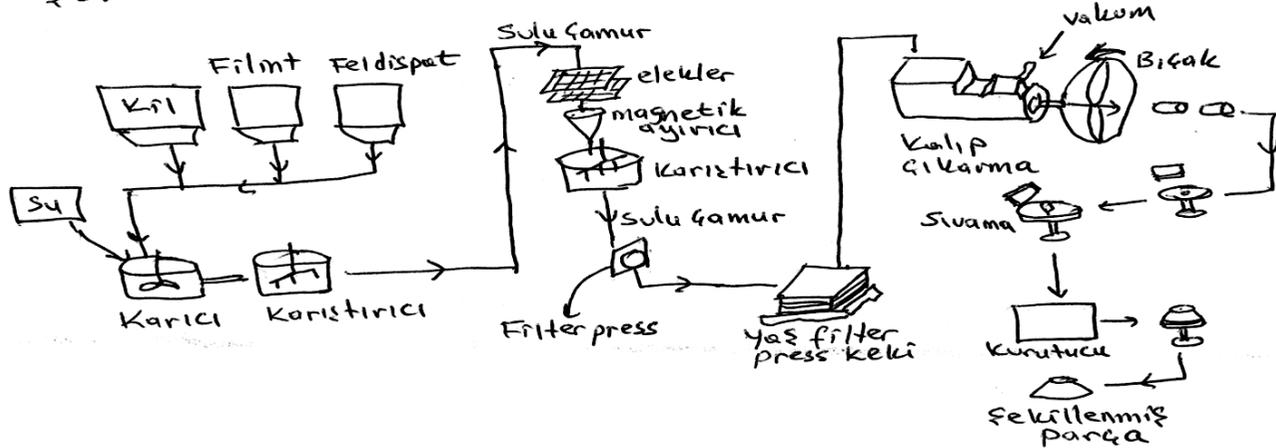
- İşlenmemiş parçalar şekliindeki yaş porselen ürünler, ön kurutma yapılarak kurutulur. Tornada işlenerek istenilen şekil ve süs verilir. Son kez iyice kurutulur.
- Kurutulan işlenmiş parça ürünler, seçilmiş uygun maddelerle sirlanarak yüzey parlaklığı sağlanır (sırlanır).
- Yüzey sirlaması ve camlaştırma işlemi sıcaklığı tam olarak kontrol edilen tünel şeklindeki fırınlarda yapılır.
- porselen parçalar, tuzlama arabaları içinde koruyucu kalıplara (Saggers)* yerleştirilerek korunur. Bu, gövde ve sırım aynı anda pizirilmesi sağlayan bir pizirme prosesidir. porselen parçaları, eşitlik testler uygulanarak iyice test edilir.

Çoğu safra takımı, porselen prosesinden daha koruyucu işlemlerle üretilmektedir. Bir kısım parçalar, gömlekçilikte kullanılan dönen bir tekerlekte, kilin, ustalar tarafından bizzat biçimlendirilmesiyle yapılır. Bazı parçalar, kıraktan yapılmış absorban kalıplarda, kalıplanarak elde edilir. Kurutulduktan sonra diğer işlemlere solulur. Sanat eserleri ve laboratuvar malzemeleri gibi daha koruyucu şekilli olanlar bu yöntemle üretilir. (ŞEKİL 7.2b).

- *Saggers (Supports) = destek : Önceden kullanılan kalıplar, yeni kil ve su ile çamur defirmeninde yoğrulur. Kalıplama makinasından (Extruder) somun şeklinde çıkarılır; kalıplama makinasına yerleştirilerek burada kutu şekli verilir. Fırlandıktan sonra, kullanılır. (ŞEKİL 7.2a)



ŞEKİL 7.2 a. Kil kalıplarının çıkarılması



ŞEKİL 7.2 b. Yemek takımlarının sivama çarkında şekillendirilmesi için akım-diagramı.

Fincan, tencere, tabak gibi bastır ürünlerin yapılmasında JIGGERING (thrown = turning) tekniği kullanılır. Bu yöntemde; top şeklindeki kil, döner bir platformun merkezinde bulunan bir başlık (çark başlığı) üzerine yerleştirilir. Çark, ayakla veya otomatik olarak elektrik motoruyla döndürülür. Şekillendirilecek kil gövde, doğrudan platform üzerindeki çark başlığına değil; bu başlık üzerine takılan plastik tahta veya alçıdan yapılan bir diskin üzerine yerleştirilir. Çark başlığı üzerine yerleştirilen bu diske "BAT" denir. Bat, şekillendirilmesi tamamlanmış son ürünün platformdan kolayca ayrılmasını sağlar. İşlemin devamında, kil "bat" üzerinde bastırılıp, sıkıştırılırken aynı anda çark da hızlıca döndürülür. Dönme hızı ayarlanarak ve el yardımı ile ürüne istenilen şekil verilir.

Sırlama, beyaz ürünlerde ve özellikle de sofrta takımlarında çok önemlidir. Sırlama, çark veya az gözenekli seramik ürünlerin yüzeyinin, eritilmiş camı ince bir tabakayla örtülmesi işlemidir. Bu işlem, iki farklı türdeki maddenin, farklı oranlarda karıştırılmaları ile yapılır: farklı maddelerden birincisi; feldispat, kil ve çini kili gibi refrakter özellikte; ikincisi









ise; soda, potas, fluorspar ve boraks gibi aluskon-
Laztirici ozelliktedir. Bu maddelerin degisik oranlar-
daki birlesimi ve farkli sicakliklarda yapilan islem-
leri, farkli yapida ve kalitede genis yelpazede urun
gerstirliigi verir.

Sir, urune iyice baglanmalı, sir çatlamasi ve
dokuntu olmaması için, genlesme katsayisi baglan-
digi urunun genlesme katsayısına yakin olmalıdır.

Sirlama islemi; daldırma, puskurtme, dokme ve
firçalama ile yapılabilir. Sirlama sicakligi,
topraktan yapilan urunler için 1050-1100°C, tاستan
yapilanlar için 1250-1300°C arasındadır.

YAPISAL-KİL ÜRÜNLER

İnşaat tuğlası, kiremit, atez tuğlası (fırın tuğlası), kana-
lizasyon boruları ve pis su boruları gibi ucuz fakat
dayanıklı ürünler, çoğunlukla en ucuz kiler kullanı-
larak sirlı veya sirsiz olarak üretilir. Akisikon ve
baglanma ozelligini saglamasi için, genellikle içeri-
sinde yeterince safsızlıklar bulunan kiler kullanılır.
Kanalizasyon boruları veya tuğlalarında olduğu gibi
eğer kil sirlanacaksa, kil urun firinlanırken, firina
tuz serpilerek yapılır. Bu harlatan tuz, kil mekeme
ile, yüzeyinde erimif bir tabaka veya sir olustur-
mak üzere reaksiyon verir.

1. İnşaat tuğlası üretimi :

· Üretimde üç kezit kil hammaddesi kullanılır:

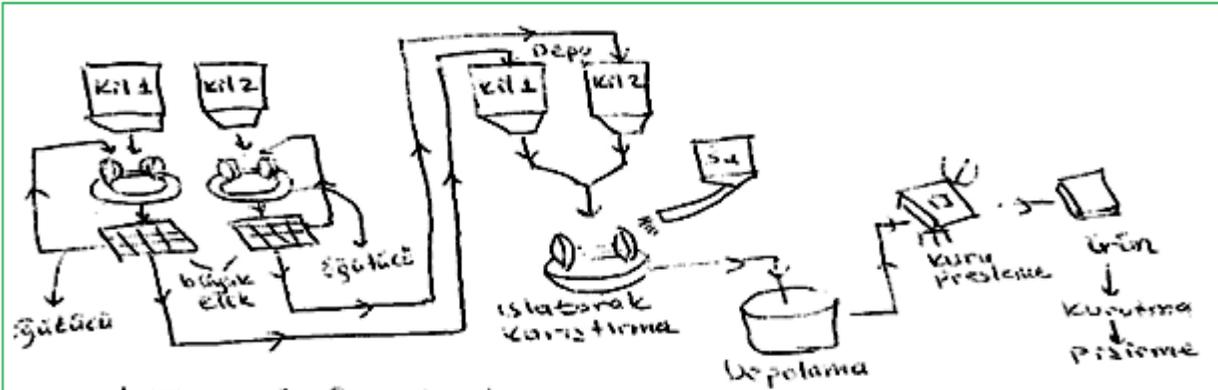
1. Yakılınca (pizirilince) kırmızı renkli olan kil,
2. Yakılınca beyaz renkli olan kil,
3. Yakılınca sarı-kahve (devetüyü rengi) renk alan kil (genellikle refrakterdir).

İnşaatlarda kullanılan yüzey tuğlalarında; şu özelliklerin olması gerekir: i) Orta sıcaklıklara kadar pizirildiğinde yeterince sert olmak ve renk homojen olmalıdır. ii) Çözünabilir tuzlar olmamalıdır. Normal tuğlalar için, bu gereklilikler daha azdır; pizirildiğinde kırmızı olan kil kullanılır.

Tuğlalar şu üç procesten biriyle üretilir:

- i) Yumuşak-gamur,
- ii) Sert (katı)-gamur,
- iii) Kuru-pres.

Günümüzde çoğunlukla (ii) prosesi uygulanmaktadır. Kullanılan gamur, birbirine bağlanacak (yapışacak) kadar nem içerir (apırlığının %12'si ile %15'i arasında). Proses ŞEKİL 7.3.2'de görülmektedir.



Şekil 7.4. Refrakterlerin kuru-preslemesi süreci akım-diagramı.

Prosesden çıkan ürün, 875°C ile 1000°C arasındaki sıcaklıklarda fırında pizirilir.

REFRAKTERLER

Refrakterler ve süper refrakterler tanımı; kullanılır malzemenin, fırın işlemleri sırasında termal, kimyasal ve fiziksel etkilere karşı dayanıklı olmasıdır. Refrakterler, ateş tuğlası; silika, magnezit ve kromit; magnezit-kromit tuğlası; silikon karbür ve zirkonya refrakterleri; alüminyum silikat ve alumina ürünleri şeklinde satılır. Refrakter tüketimi bir arada tutmak için gerekli olan okutken miktarı, cam silüstrüme minimumunda tutulacak kadar katılır.

Refrakterlerin Özellikleri

Refrakter yapımında, düzen ve tam bir işlem için; kullanılan maddeler, fırının ortalama sıcaklığı, sıcaklığın değiştirilme hızı, ısıtma sırasında uygulanan yük ve oluşan kimyasal reaksiyonların düzenlenmesi gerekir. Genellikle, fırınlarda çeşitli bölümleri içindeki farklı koşullara dayanabilecek tek bir refrakter olmadığı için, çeşitli tipteki refrakterler kullanılır.

a) Kimyasal özellikleri: Ticari olarak refrakterler asidik, bazik ve nötröl grup olarak üç grupta sınıflandırılır. Silika tuğlaları kesin bir şekilde asit, magnezit tuğlaları kuvvetli bazik ancak ateş tuğlaları, bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilir ve genellikle nötröl grup içinde yer alır. Asit tuğlanın bazik bir ürün ile etkileşmesi veya tersi tavsiye edilmez. Kimyasal veya fiziksel özellikler tek başlarına bir kriter olamaz. Her ikisinde aynı anda düzenlenmelidir. Kimyasal etki; eruf, yakıt kükürü ve fırın gazları ile etkileşme yüzünden olabilir.

b) porozite (= gözeneklilik) :

porozite, kimyasal etkilere direnç göstermeyi de ileren bir çok fiziksel özelliklerle doğrudan ilişkilidir. Tuğlanın porozitesi ne kadar yüksekse, erimiş akışkanların ve gazların içine girmesi o kadar kolay olur. En düşük gözenekliliğe sahip olan bir tuğla sınıfı, en yüksek dayanıklılık, ısı iletkenliği ve ısı kapasitesi gösterir.

c) Ergime noktaları (Fusion points) :

Ergime noktaları, yumuşama noktalarının önceden belirlendiği pirometrik koniler kullanılarak bulunur. Çoğu ticari refrakterler, hem amorf hem de kristal yapıları farklı minerallerden yapıldığı için, keskin erime noktaları yoktur, geniş bir sıcaklık aralığında dereceli olarak yumuşar. Saf ve teknik ürünlerin erime noktaları GİZELGE 7.2'de gösterilmiştir.

d) Kavlama :

Refrakter tuğlanın, çatlaması veya pul pul dökülmesi düzensiz olmayan ısıtmadan kaynaklanan ısıl gerilme veya sıkıştırılmadan kaynaklanır. Tuğlalar, düzensiz olmayan hızlarda ısıtıldığı zaman oldukça çok genişleme eğilimi gösterirler ve hızlı ısıtılıp soğutuldukları zaman kavlamaya karşı dayanıksız hale gelirler.

Grzelve 7.2. Refrakterlerin erime sıcaklıkları

Materyal	Sıcaklık (°C)
Ateş tuğlası	1600-1750
Kaolonit - $(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$	1785
Silika tuğla	1700
Silika - (SiO_2)	1710
Boksit tuğla	1732-1850
Yüksek-alüminyum kil tuğla	1802-1880
Mullit - $(3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)$	1810
Silimanit - (Al_2SiO_5)	1816
Forsterit - $(2MgO \cdot SiO_2)$	1890
Kromit - $(FeO \cdot Cr_2O_3)$	1770
Krom tuğlası	1950-2200
Alumina - (Al_2O_3)	2050
Spinel - $(MgO \cdot Al_2O_3)$	2135
Silisyum karbür - (SiC)	2700
Magnezya tuğlası - $(MgCO_3)$	2200
Zirkonya tuğlası - (ZrO_2)	2200-2700
Bor nitrür	2720

e) Dayanıklılık :

Soğuşa karşı direnç, yüksek sıcaklığa karşı olan dirençten biraz fazladır. Kok-fırın duvarları veya çimento fırınlarında kullanılacak refrakter malzemenin çizilmeye veya erimeye (aşınma) karşıda dayanıklı olması önemlidir (diğer pek çok fırında olduğu gibi).

f) Sıcaklık değışikliklerine karşı koyma (direnç) :

En düşük ısı genleşmeye sahip olanlar ve iri yapılı tuğlalar; ısı değışiklere en çok direnç gösterir, ayrıca gerilme gelişimi de azdır.

g) Isıl iletkenlik :

En yoğun ve en az gözenekli tuğlalar, en yüksek ısı iletkenliğe sahiptir. pota fırını duvarlarında olduğu gibi bazı fırın yapımında ısı iletkenlik istendiği halde, fırın koşullarına (yanmaya karşı direnç) karşı direnç gibi bazı özelliklerde bu durum arzu edilmez.

ğ) Isı kapasitesi :

Fırının ısı kapasitesi, refrakterin özgül ısısına ve özgül kütlesine bağlıdır. En düşük miktarda ısı absorplayan düşük kütleli tuğlalarla çalışmak bir avantaj sağlar. Çünkü; eğer, fırın kesik kesik çalıştırılırsa, çalışma sıcaklığına daha az zamanda ulaşılır ve daha az yakıt harcanır.