



Dokuz Eylül Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü



**İNŞ2023 YAPI MALZEMESİ I**

**SERAMİKLER ve PIŞMIŞ  
TOPRAK ÜRÜNLERİ**

*Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA*

[www.caglaryalcinkaya.com](http://www.caglaryalcinkaya.com)

- Seramikler **bir metal veya iki metal ile bir ametal atomun (genellikle oksijen)** belirli steokiometrik oranlarda birleşmesinden oluşur.
- Seramiklerde metaller katyon, ametaller ise anyon görevi yaparak **güçlü iyonsal bağlar** oluştururlar. Ancak iyonsal bağ dışında seramiklerde kovalan, kristal ve amorf yapılara da rastlanır.

# SERAMİKLERİN YAPISAL SINIFLANDIRMASI

- **Kristal seramikler**, silikatlar ve silikat dışı kristaller olmak üzere iki gruba ayrılabilir.
- **Amorf seramikler** Doğal veya yapay camlardır (Bölüm 13). Normal sıcaklıkta katılaşmaları sırasında kristalleşemeyen oksitlerdir.
- **Çimentolar** kristal veya amorf kısımlardan oluşabilen bağlayıcı maddelerdir (Yapı Malzemesi-II).
- **Cam bağlı seramikler** kristalleri camsı bir matriksle bağlanmış pişmiş toprak ürünleri olup, bu bölümün esas konusunu oluşturur.

## PİŞMİŞ TOPRAK ÜRÜNLERİ

Seramik deyince akla yalnızca bu gruba giren malzemeler gelir. Aslında yukarıda açıklandığı şekliyle seramikler çok daha geniş bir topluluğu oluştururlar.

Aynı anlamda kullanılan seramik ve keramik kelimeleri, kökü Yunanca **kil** anlamına gelen **keramos** kelimesinden türemişlerdir. Pişmiş toprak malzemesinin kullanımını kerpiç ve çamur olarak tarih öncesi devirlere kadar uzanır. M.Ö. 40. yüzyıl dolaylarında, Sümerler, Akadlar ve Babilliler duvar yapımında, kanalizasyon sistemlerinde hatta yazı tabletlerinde bu malzemeyi geniş bir şekilde kullanmışlardır.

- Doğal taşlar kadar dayanıklı olmamasına rağmen, özellikle doğal taşların az bulunduğu bölgelerde pişmiş toprak ürünleri üretiminin kolaylığı nedeniyle bir çok uygarlık tarafından başarı ile kullanılmıştır. Örneğin M.Ö. XX. yüzyılda Romalılar **ilk kiremiti**, M.Ö. XIII. yüzyılda Çinliler **porceleni**, M.Ö. IV. yüzyılda Türkler Orta Asya'da ilk **sırlı seramiği** üretmişlerdir. M.S. XIII. yüzyılda Selçuklular devrinde, M.S. XVI. yüzyılda Osmanlı devirlerinde İznik ve Kütahya'da çini uygulamalarında çok başarılı örnekler verilmiştir.

- Cam bağılı seramiklerin ana maddesi olan kil, **sediment** bir kayadır ve **2  $\mu\text{m}$ 'den küçük** mineral taneciklerinden oluşur. Kil çoğunlukla  **$\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{SiO}_2$  oksitleri karışımı** olup, içerdiği diğer metal oksitler (demir, magnezyum, krom, alkali ve toprak alkali) nedeniyle bir çok gruba ayrılabilir.
- **Granit, pegmatit, bazalt, siyanit gibi kayaların bozulmaları sonucu** oluşmuşlardır ve özellikle feldspat içeren killer pul şeklinde yassı yapıya sahip olup plastiklik özelliklerinin nedeni bu levhamsı yapılarıdır.
- **Islak halde plastik davranış gösteren killeri istenen forma sokabilmek olanaklıdır. Suyunu kaybedince rijitleşen kil yeniden ıslatılarak eski şekline dönüştürülebilir. Bunlar ancak pişirildikleri taktirde, yeniden ıslanmaları durumunda mevcut formlarını koruyabilirler.**

■ **Killer yüksek sıcaklıklara dayanıklılıkları açısından üç gruba ayrılabilir.**

**a) Refrakter Killer** - Yüksek oranda  $Al_2O_3$  (% 40) içerirler. Ergime sıcaklığı 1600 °C'nin üzerinde olup, **ateş tuğlası** üretiminde kullanılırlar.

**b) Yüksek Ergime Dereceli Killer** - 1350 – 1600 °C ergime sıcaklığı olan bu killerde, düşük oranlarda kuzart, mika ve kalker vardır. Bu tip killer, **yer döşeme tuğlası, dış cephe kaplama tuğlası** yapımında kullanılır.

**c) Düşük Ergime Dereceli Killer** - Ergime sıcaklığı 1350 °C'nin altında olan bu killer; kum, kalker, demir oksitler, mika ve diğer yabancı maddeleri içerebilirler. Bunlar **normal tuğla ve kiremit yapımında** kullanılırlar.

- Tuğla yapımı için en uygun killeri **illit ve kaolinit** türüdür. Montmorillinit ve Halloysit cinsi killeri su aldıklarında, fazla şekil değişimi yaptıklarından keramik yapımı için uygun değildir.
- Kilin içinde bazı yararlı ve zararlı yönleri olabilecek şu yabancı maddeler bulunabilir:
  - **1. Kum** - Kilin içinde bulunan çok ince kum **fazla plastisiteyi önlediğinden** yararlıdır. Tuğla yapımında kilin içerisinde **% 20 - % 30**, kiremit yapımında **% 10 - % 20** kum bulunması arzu edilir. Gereğinde dışarıdan kum, şamot, uçucu kül ve öğütülmüş cüruf gibi maddeler plastisiteyi kontrol amacıyla katılır. Bu tip maddelere yağ alıcı maddeler denir. Bunlar aynı zamanda ergime sıcaklığını da düşürürler.



- **2. Demir** – Kil içinde demir sülfat ve demir oksit hidratları şeklinde bulunur. Pişmiş toprak malzemeye **kırmızı rengini** verir. Demir oranı % 8 ile % 10 mertebesini aşarsa, keramik malzemedede **pişirme sırasında şişme ve çatlama**lar, tuğla yüzeyinde **çiçeklenme, boya akmaları** görülebilir. Demir bileşikleri **ateşe dayanıklılığı düşüren öğelerdir**.
- **3. Kalker** - Killerde ince malzeme olarak bulunan CaO miktarı % 8'i aştığı takdirde, **tuğlanın rengi sarıya dönüp, şekil bozuklukları ve çatlama**lar görülür. Az miktarlarının ise bir zararı yoktur.

□ **4. Organik maddeler** - Killerin mavi, gri, yeşil ve siyah renklerde bulunması içerisindeki organik maddelere bağlıdır. Pişme sırasında bu organik maddeler 400 °C den önce tamamen yanıp, geriye siyah karbon kalıntıları bırakır. Organik maddelerin fazlalığı, **malzemenin görünümü ve dayanımı açısından olumsuz etki** yapar.

□ **5. Suda eriyici tuzlar** - Killerde genellikle **sülfat ve klorür tuzları** bulunur. İyi kalitede tuğla ve kiremit yapımı için bu tuzların oranı % 1.5'tan az olmalıdır. Fazla miktarda eriyici tuzlar malzeme yüzeyinde, **çiçeklenme ve pullanma** yapar.

## ■ SERAMİK ÜRETİMİ ÜÇ AŞAMADA OLUR :

- 1- **Karışımın Hazırlanması** - Bu aşamada çıkartılan hammadde bekletilerek kararlı bir durum alması sağlanır. Bu sürece "**çürütme**" adı verilir. Olgunlaşan kil içindeki yabancı maddeler ayrılır. Gerekirse katkı maddeleri ile birlikte kil karıştırılarak ve öğütülerek hammadde haline getirilir. Homojen hale gelmiş karışım, kullanılan şekillendirme yöntemine uygun miktarda nemlendirilir.

□ **2. Şekillendirme ve Kurutma** - Hazırlanan karışım değişik yöntemlerle istenen forma getirilir. Şekillenen karışım uygun iklim koşullarında açık havada, gölgede kurutulur. Daha modern kurutma yöntemi ise nemi kontrol ederek yaklaşık 80 °C'de belirli sürede kontrollü olarak kurutmaktır.

Şekillendirmede kullanılan yöntemler:

- **Presleme** - Toz halinde veya uygun plastik kıvamdaki kilin özel kalıplarda basınç altında sıkıştırılması. **Ateş tuğlaları, izolatör fincanları, oto bujileri** vb. üretimi
- **Ekstrüzyon** - Belirli bir basınç altında, hazırlanan karışım, kalıplardan sıkıştırılarak geçirilir. Kıyma makinasına benzer yöntemle, sonsuz boyda kalıptan geçirilen hamur, dönen bir tel ile istenen boyutta kesilir. Ekstrüzyon yöntemi ile sabit kesitli ürün imali yapılır. Bu yöntemle **düşey ve yatay delikli tuğla** üretilir.
- **Döndürme** - Merkezkaç kuvvet ile plastik kıvamdaki kile form verilir. Daha çok **testi, saksı vb.** malzeme bu yöntemle üretilir.
- **Kalıplama** - Alçı, ahşap veya metal kalıplara konulan kil hamuruna sıkıştırılarak istenilen form verilir. **Düşük kaliteli harman tuğlası, kiremit vb.** üretimi
- **Dökme** - Kil süspansiyon haline getirilir ve içine dağıtıcı deflokülant maddeler katılır. Kararlı hale getirilen süspansiyon yavaşça alçı kalıplara dökülür. Alçı suyu emer ve kil çepere yapışır. **Sıhhi tesisat malzemeleri (lavabo, eviye vb.), çaydanlıklar** bu yöntemle şekillendirilir.

- Bazı tip seramiklerin yüzeylerine geçirimsizliği sağlamak üzere sırlama yapılır. Bu yöntemde metallerde (korozyondan koruma amaçlı) **emaye** denir.
- Sır ve emayeyi oluşturan silikat camları ( $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$ ) ergitildikten sonra daldırma, sürme veya püskürtme yolu ile, istenen yüzeye uygulanır. Sır uygulandıktan sonra yaklaşık  $650\text{ }^\circ\text{C}$ 'de fırınlanan eleman yüzeyinde cam oluşmaktadır.
- Sırdan önce veya sonra uygulanan çıkartma yöntemi ile ürün üzerinde değişik desenler elde edilebilir.

- **3- Pişirme** - Pişirmeden yapılan tuğlalara **kerpiç** denir. Pişirme işlemi özen gerektiren teknik bir işlemdir. Özellikle çatlama meydana gelmemesi için sıcaklığın kontrollü bir biçimde yavaş yükseltip, alçaltılması gerekir. Üretimde kullanılan fırın tipleri sürekli çalışan (tünel fırınlar) ve aralıklı işleyen olmak üzere iki tiptir. Elektrikli, akaryakıtlı ve kömürlü olmak üzere üç ayrı yakıt türü kullanan fabrikalarda daha kaliteli fabrika tuğlası ve diğer pişmiş toprak ürünleri üretilir.
- Daha kalitesiz olan harman tuğlaları, açık havada kalıplanıp kurutulmuş malzemenin aralarına kömür tozu dizilmesi ve dıştan sıvanarak yakılması ile elde edilir.

- **Pişirme işleminin üç amacı vardır.**
- Malzemeyi yeteri derecede sertleřtirip, saęlamlařtırmak.
- Bazı çeşitlerini su geğirmez hale dñnüştürmek.
- Sır karışımının (emayenin) eriyerek camsı tabakayı ve renkleri oluşturması.
- Bu işlemde sıcaklık kontrolü önem taşır.
- **Düşük sıcaklıklarda** hamur iyi pişmeyeceğinden malzeme yeterince sert olmaz.
- **Yüksek sıcaklıklarda** ise malzeme şişer, şekil ve renklerini kaybeder.

- **Pişirme sıcaklığı ürün tipine bağlı olarak farklılıklar gösterir.**
- Drenaj künkleri, seramik filtreler, harman tuğlaları için 800-950 °C
- Sert tuğla ve kiremitler için 1000 °C
- Fayans ve ince mutfak porselenleri (Çin porselenleri) için 1100-1250 °C ,
- Porselen sıhhi tesisat malzemeleri, elektrik izolatörleri için 1300 – 1450 °C değerlerinde pişirme sıcaklıkları gereklidir.



- Pişirme derecesi özellikle tuğlalar için çok önemlidir. Kil tam saf bir malzeme olmadığından, tuğla tam camlaşmış bir seramik değildir. Aslında böyle olması da istenmez. Örneğin, **tuğla aşırı pişmişse mor-siyah renk alıp, tannan bir ses verir. Su emmesi az olduğundan duvar harcıyla iyi bağ kuramaz.**
- Tersine, **az pişmiş tuğlalar camlaşma yetersiz kaldığından, toprak görünümünde, çok su emen bir yapıda olurlar. Su emince dağılırlar. Düşük mekanik özelliklere sahiptirler.**

## ■ Pişmiş Toprak Ürünleri Türleri

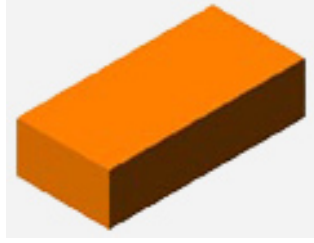
- **İnşaat tuğlaları** - Tuğlalar, el ile, mekanik el aletleri ile veya tamamen mekanik araçlarla kalıplanırlar. İçi dolu veya kısmen boş dikdörtgen biçimindedirler. Tuğlalar fabrika veya harman tuğlası olarak ikiye ayrılırlar. **Harman tuğlaları** şöyle tanımlanabilir: "Kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu ve benzerleri karıştırılarak el ile veya aletlerle şekillendirildikten sonra kurutulup genellikle harmanlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemedir". Harman yerine, ocaklarda pişirilenler de harman tuğlası sayılır.

- **Fabrika tuğlaları** ise aynı karışımın, genellikle sun'i olarak kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemelerdir.
- Şekillendirilmiş tuğla ham maddesi erimeye yakın bir duruma kadar pişirilirse, birim ağırlığı ve basınç dayanımı yüksek ve donatıya dayanıklı dış duvar tuğlaları elde edilir. Bu işleme sinterleşme, bu tip tuğlalara da **klinker tuğlaları** denir. Fabrika tuğlaları klinker tipi, dolu, düşey delikli ve yatay delikli olarak çeşitli boyutlarda imal edilir.

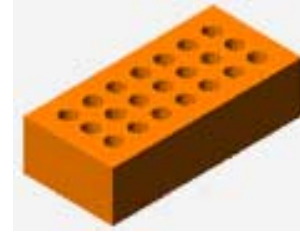
- **Özel tip tuğlalar :**

- **Hafif tuğlalar** - Hamur içine pişme sırasında yanabilen saman, talaş vb. malzemeler karıştırılır. Bu tip malzemeler yanınca tuğla içinde boşluklar oluşur. Bu tip tuğlalar daha çok **izolasyon** amacıyla kullanılır.
- **Cilalı tuğlalar** - Yüzeyi pişirme anında tamamen veya kısmen camlaştırılmış tuğlalardır. Normal inşaat tuğlalarına kıyasla daha dayanıklı olup, çok **daha az su emerler**. Yapıların dış yüzeyinde sıvasız olarak kullanılırlar.

- **Beyaz tuğlalar** - Kumlu killerden yapılırlar. Basınç dayanımı yüksek ve don olayına iyi dayanıklıdırlar.
- **Döşeme Tuğlaları** - Taşıyıcı döşeme içinde betonarme kirişler arasına asmolen ve reks adı altında özel formlarda fabrika tuğlaları yerleştirilir. Bu malzemelerin kullanım amacı, **döşemeyi hafifletmek, ısı ve ses yalıtımı sağlamak, kalıp işçiliğinden ekonomi yapmak ve kirişleri saklayarak düz bir tavan görünümü elde etmektir.**



Dolu Tuğla



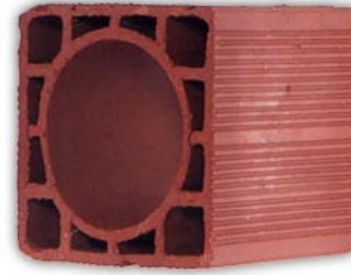
DüŖey Delikli Tuğla



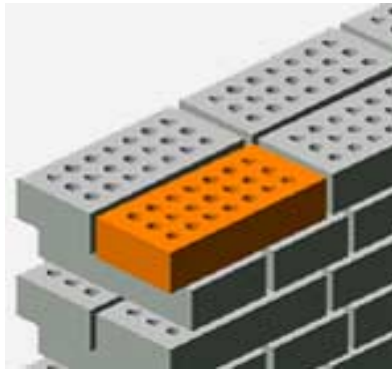
8,5'luk Fabrika Tuğlası



13,5'luk Fabrika Tuğlası



Baca Tuğlası



DüŖey Delikli Tuğla İle Duvar Örülmesi

- **Kiremit** pişmiş toprak sınıfına giren bir çatı örtü malzemesidir. Yapım tekniği bakımından tuğla yapımına benzer. Ancak **hamuru daha ince öğütülmüş ve yoğrulmuştur.**
- Çeşitli tiplerde imal edilir. En önemlileri yerli tip (Osmanlı tipi) ve Marsilya tipi kiremitlerdir.
- **Yerli tipler** bir ucu diğerine kıyasla dar yarım silindir şeklindedir. Bunlar üst üste bindirilerek kullanılır.
- **Marsilya tipi** basık ve karmaşık geçme tiplidir. Şekillendirme yalnızca makinalarda yapılır.

**Marsilya Tipi**



**Yerli Tip (Osmanlı)**



Kullanılacakları yerlere uygun, **mahya ve dere tipi** kiremitler de vardır.



■ **Kiremitlerde aranan teknik özellikler:**

- Dokusu homojen olmalı, kireç vb. parçalar içermemeli,
- Fazla su emmemeli (en fazla % 8),
- Görünümü düzgün ve rengi kırmızı olmalı (alacalı olmamalı),
- Sağır ve çatlak ses vermemeli,
- Geçme yerleri yüksek olmayıp kalınlığın 2/3'ünü aşmamalı,
- Dona dayanıklı olmalı,
- 100 kg ağırlığa dayanabilmelidir.



- **Kerpiç:** Kilin su ile yoğrularak güneşte kurutulması sonucu elde edilen toprak blok malzemeye kerpiç adı verilir. Kerpiç insanlığın kullandığı en eski ve ekonomik yapı malzemesidir.
- **Refrakter Malzeme:** Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olan malzemeye **refrakter malzeme** denir. Değişik biçim ve boyutlarda yapılırlar. Genellikle 1500-1800 °C sıcaklıklara dayanmaları gerekir. Refrakter malzemeler en zorlu işlerde kullanılır. Mekanik dış etkilere, en yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması, aynı zamanda korozyondan etkilenmemesi gerekir. Yapılarda şömine, ocak ve fırın yapımında kullanılırlar.

- Refrakter malzeme bir kaç grupta toplanabilir:
  - **Ateş tuğlaları:** plastik ateş kili, çakmaktaşı kili ve şamottan elde edilir. Pişirme sıcaklıkları diğer seramiklere kıyasla çok daha yüksektir (1700 °C). Ayrıca kullanılacak kilin yapısında da mümkün olduğu kadar az mika, feldspat ve alkali bulunması gerekir. Buna karşın  $Al_2O_3$  miktarları normal tuğlalara kıyasla çok fazladır (% 30-% 46).
  - **Silika tuğlaları**
  - **Manyezi-krom tuğlaları**
  - **Özel refrakter tuğlalar**

- **Çini (fayans)** - Hamuru gözenekli ve pişmiş toprak görünüşünde olup, yüzeyi sırlanmış seramik eşyaya çini veya fayans adı verilir. Çini hamuru içinde kil, kum, kalker ve alkali karakterli maddeler bulunur. Dekorlu seramikler de gözenekli, yüzeyi sırlanmış pişmiş toprak ürünleridir.

- **Gre** - Seramiğin dokusu gözenekli olmayan sınıfıdır. Porselenden farkı tamamen saydam olmayışı ve renkli olmalarıdır. Greler çok sert olup, asitlere dayanıklıdır. Mutfak eşyası, ev eşyası yanında küvet, banyo, lavabo gibi sıhhi tesisat malzemesi olarak yapılarda kullanılır. Ayrıca grelerden düz renkli veya çeşitli renkli şekillerle süslenmiş her türlü döşeme, kaplama işlerinde kullanılan karolar yapılabilir.
- **Porselen** - Porselen hamuru gözeneksiz olup, hammaddesi kaolindir. Yüksek sıcaklıklarda (1300-1480 °C) pişirilir. Camlaşma özelliği grelerden daha fazladır. Porselenlerin hamuru sert ve yumuşak olmak üzere iki türüdür. Sert porselenlerde daha fazla  $Al_2O_3$  bulunur. Porselen, elektrik tesisatlarında izolatör olarak kullanılır.



Dokuz Eylül Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü



**İNŞ2023 YAPI MALZEMESİ I**

**SERAMİKLER ve PIŞMIŞ  
TOPRAK ÜRÜNLERİ**

*Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA*

[www.caglaryalcinkaya.com](http://www.caglaryalcinkaya.com)