

# **1: Dalla pietra ai ceramici avanzati**

## **- Materiali Ceramici**

Introduzione

Materie prime

Lavorazione

Cottura

Prodotti

## Introduzione

### Industria dei prodotti litici e lapidei:

- foggatura-formatura-taglio per rimozione di materiale;
- cambiamenti limitati nelle caratteristiche e nelle proprietà del materiale.
- ... caratteristiche dei materiali in produzione analoghe a quelle in esercizio.

### Industria della ceramica:

- foggatura-formatura di un impasto dalle caratteristiche diverse rispetto al prodotto finito;
- ottimizzazione della scelta delle materie in relazione sia della produzione sia dell'uso.
- consolidamento per effetto di calore

### Industria dei materiali per il costruito:

- materiali ceramici e leganti;
- leganti modellabili-formabili analogamente a impasto per ceramici.
- consolidamento per effetto di reazione con aria o acqua

**Materiali per il costruito e materiali ceramici hanno caratteristiche analoghe a quelle di materiali litici-lapidei**

## Introduzione



*Venere di Vestonice*  
(26 000 a.C.)

- Oggetti di culto
- Decorazioni
- Utensili e contenitori
- Archiviazione di informazioni

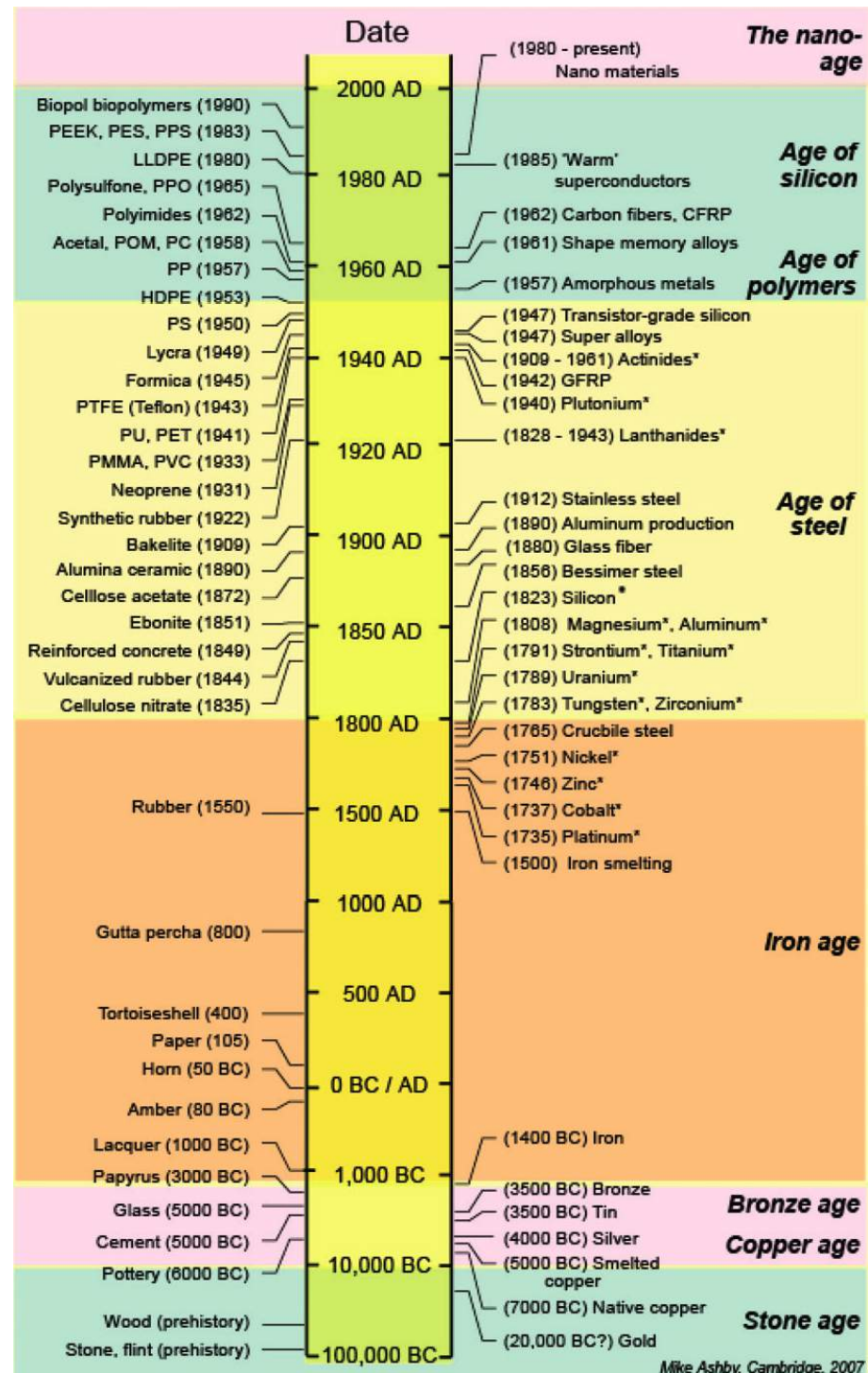


- Promozione culturale e scientifica
- Sviluppo di codici
- Sviluppo religioso e spirituale
- Commercio

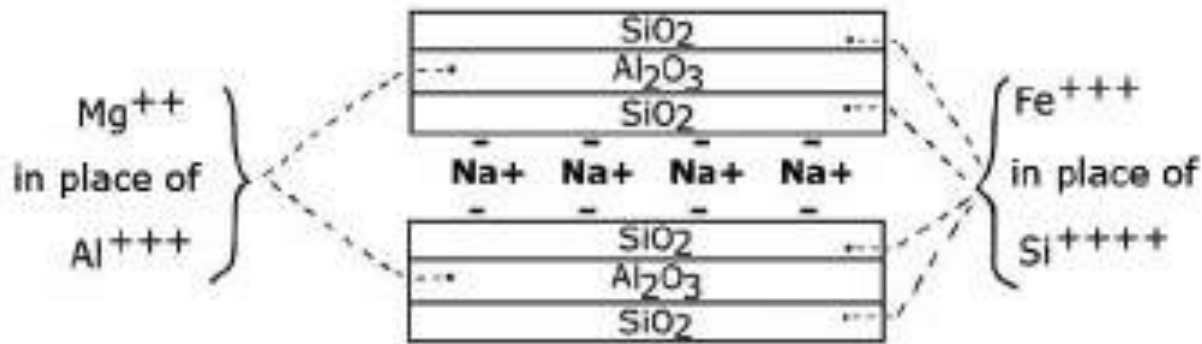
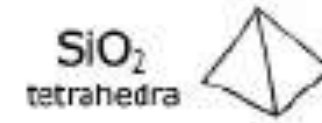
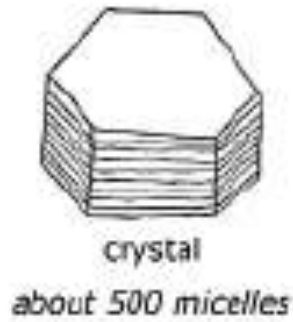
Il materiale ceramico ha una forte valenza simbolica...?

***Terra - Acqua - Aria -Fuoco***

# Introduzione

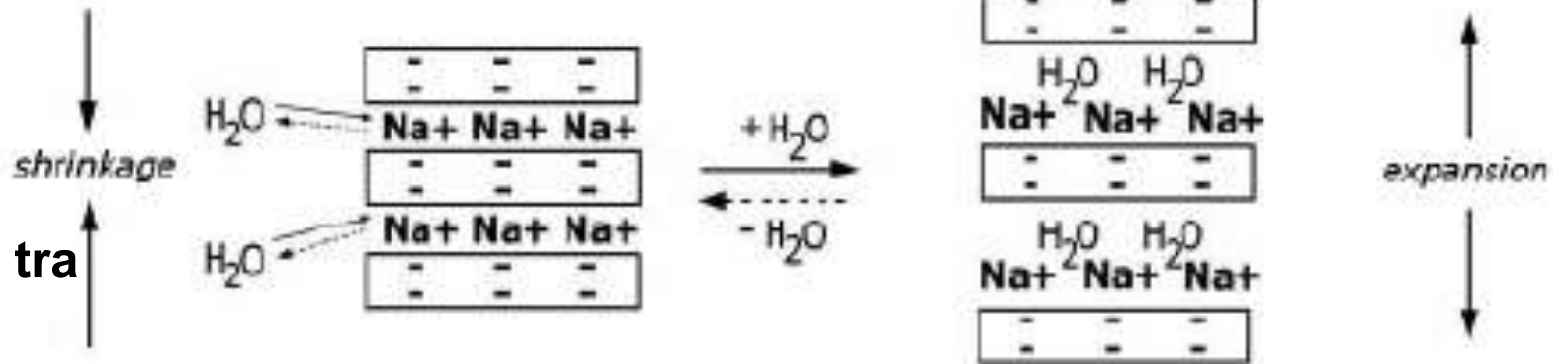


# Materie prime



**Formazione dei GRANI di argilla a partire dalle MICELLE**

**Effetto dell'acqua tra le MICELLE**  
(ACQUA INTERSTRATO)



## Materie prime

### IMPASTI CERAMICI- COMPONENTI PRINCIPALI

- Componente plastico
- Componente inerte
- Fondente e Vetrificante

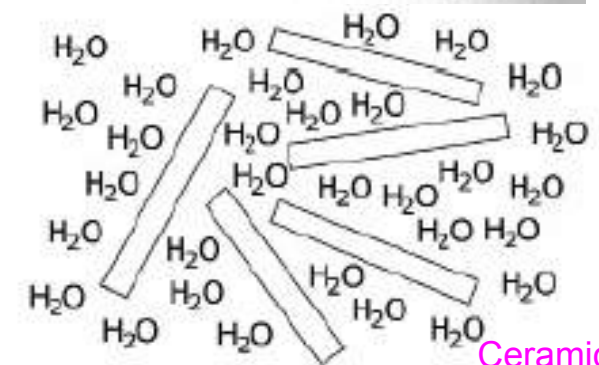
**Tabella 4.4** *Componenti principali dell'impasto ceramico e loro proprietà*

Tipologia	Plastico	Inerte	Fondente e vetrificante
Fase	Argilla, caolino	Silice, chamotte	Feldspati, rocce carbonatiche
Proprietà	Favorisce la lavorabilità; conferisce coesione e solidità; è responsabile del ritiro; forma nuovi composti durante la cottura; impartisce la colorazione.	Diminuisce la plasticità e il ritiro; può contribuire alla formazione di fase vetrosa e di nuovi composti; costituisce lo scheletro della ceramica; aumenta la porosità aperta.	Diminuiscono la plasticità e la porosità aperta; abbassano la temperatura di fusione; costituiscono la fase vetrosa e contribuiscono alla resistenza meccanica.

## Materie prime

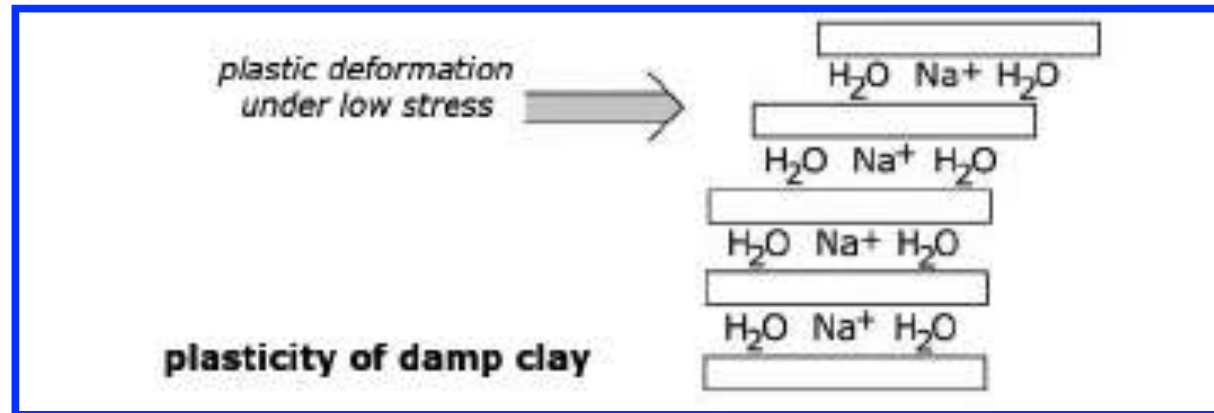
### Composizione schematica di un generico impasto ceramico

Impasto ceramico	Componenti		Funzione		
Argilla	Minerali argillosi	Fillosilicati	Gruppo della caolinite	Caolinite Halloysite	Componente plastico Componente plastico
			Gruppo dell'illite	Illite Glauconite	Componente plastico Componente plastico
		Gruppo della smectite	diottaedriche triottaedriche	Componente plastico Componente plastico	
		Gruppo della clorite	Clorite	Componente plastico	
	Minerali non argillosi	Tectosilicati	Gruppo dei Feldspati	Anortite Ortoclasio	Componente fondente Componente fondente
				Ossidi	Quarzo Ematite
			Idrossidi	Goethite	Componente fondente
			Carbonati	Calcite Dolomite	Componente fondente Componente fondente
	Materiali non argillosi	Materiale organico		Residui vegetali Residui animali	Componente plastico Componente plastico
		Fosfati		Cenere d'ossa	Componente fondente



- **Barbottina** (bassa viscosità - scorre sotto il proprio peso)
- **Impasto plastico** (alta viscosità - modellabile).

## Lavorazione



$$V_{\tau} = \frac{\tau}{\eta}$$

$\eta$ : viscosità

$\tau$ : sforzo di taglio

$V_{\tau}$ : velocità delle particelle dell' impasto

La plasticità dell' impasto...

**Aumenta:**

Al diminuire delle dimensioni delle particelle;

**Diminuisce**

Con aggiunte di smagranti (quarzo, calcare, feldspati, chamotte, etc.)

**La selezione del giusto grado di plasticità dipende dalle tecniche di formatura impiegate...**



## Lavorazione

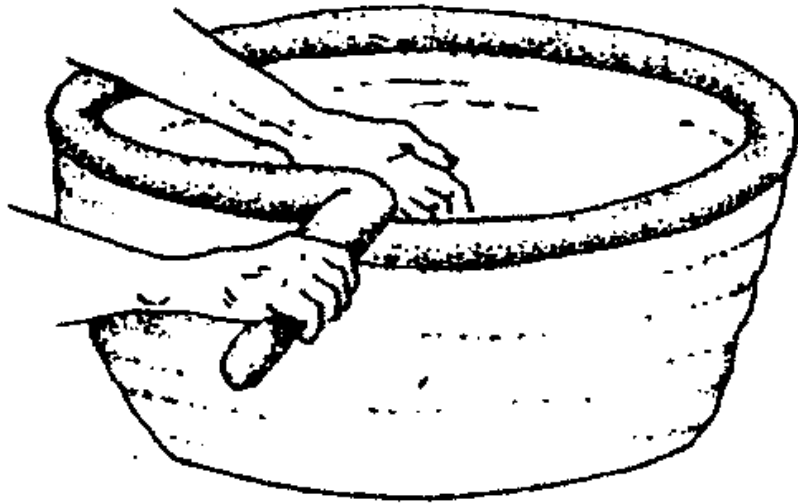
### Formatura dell' impasto plastico:



Modellazione plastica

## Lavorazione

Formatura dell' impasto plastico:



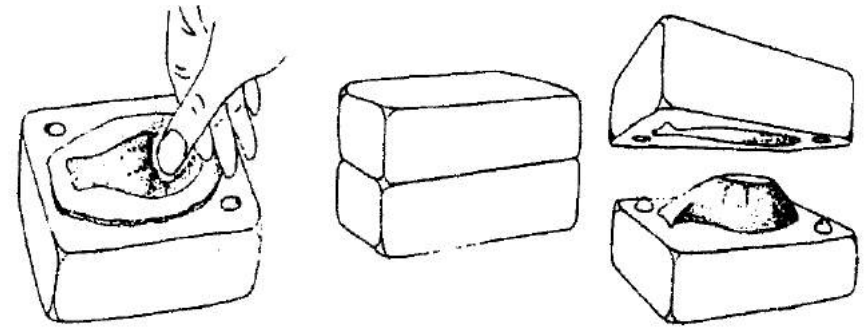
Formatura a colombino  
( o a lucignolo o a cercine)



## Lavorazione

Formatura dell' impasto plastico:

Stampatura (o formatura a matrice)



Formatura a spaghetto

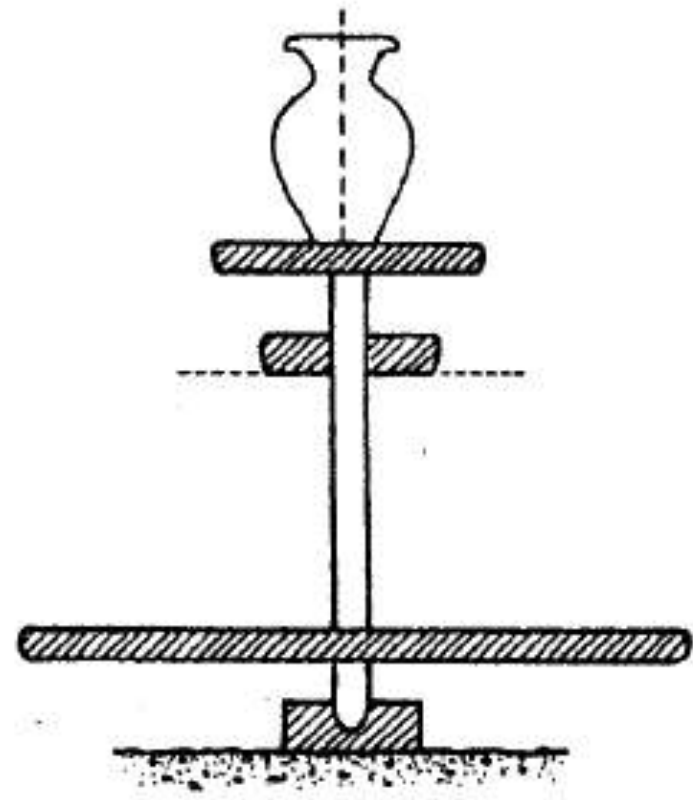


## Lavorazione

### Formatura dell' impasto plastico:



### Formatura al tornio



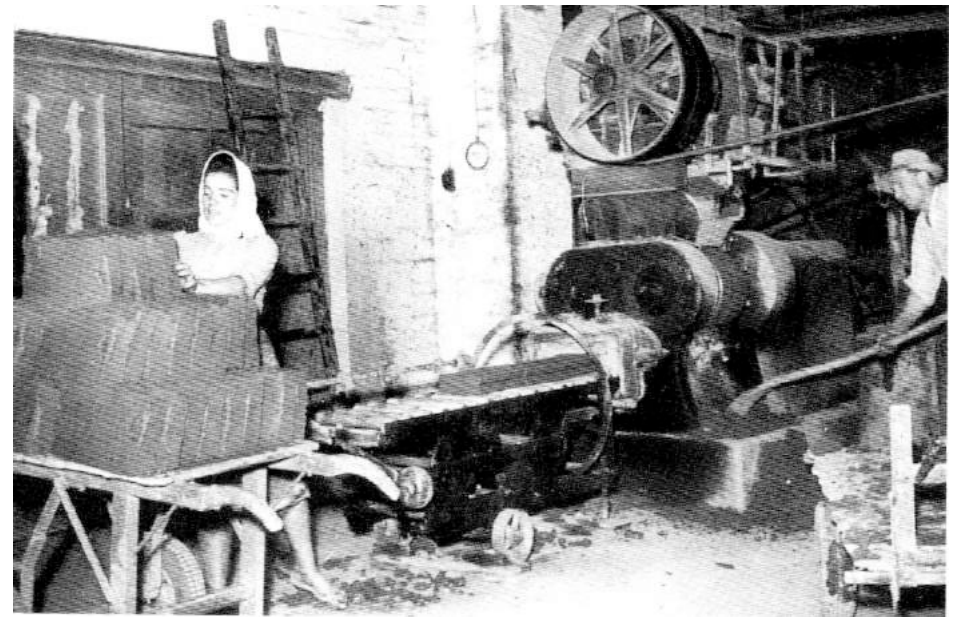
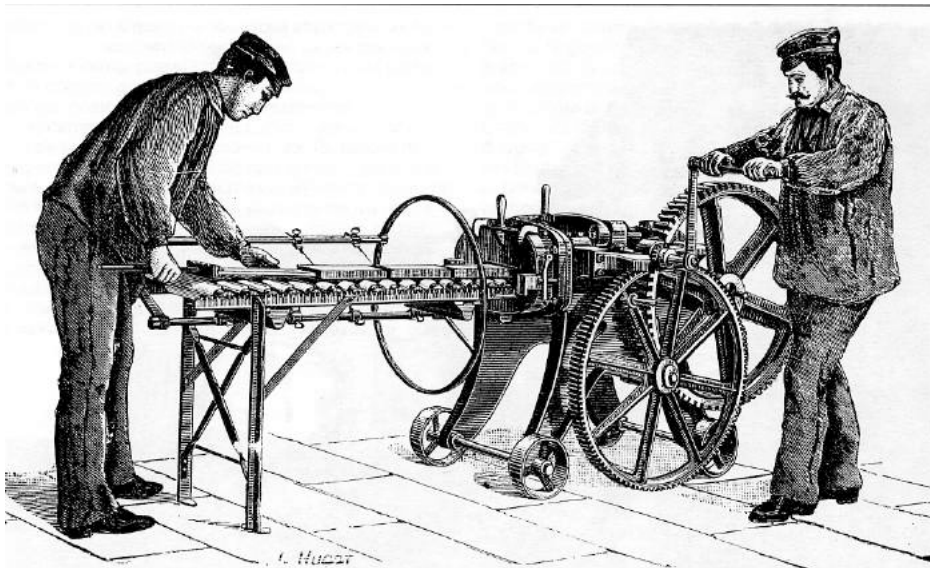
## Lavorazione

### Formatura dell' impasto plastico:

#### Tornio a pressa



#### Estrusione



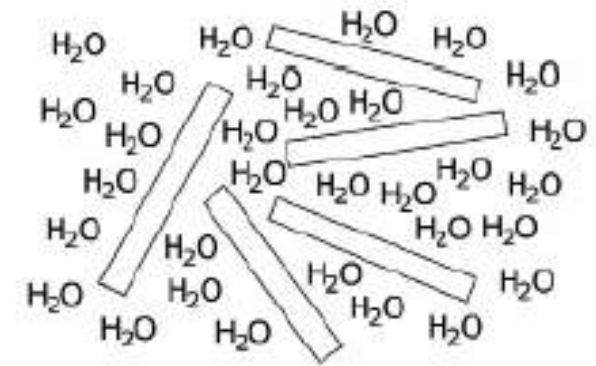
Esempio: produzione di laterizi

Ceramici

## Lavorazione

### Formatura della barbottina:

- Colaggio a vuoto ( o a cielo aperto) in stampo di gesso.
- Colaggio tra due gessi



### Aspetti critici:

- Viscosità dell' impasto
- Stampi in gesso

## Lavorazione

### Essiccamento

### Sistemazione dei pezzi ....



..... verso la cottura



## Cottura

- **Combustibili**
- **Fenomeni di trasporto del calore**
- **Forni**
- **Cicli di cottura**
- **Atmosfera di cottura**

## Combustibili

### Tradizionali

	<b>C</b> (%)	<b>H</b> (%)	<b>O</b> (%)	<b>N</b> (%)	<b>H<sub>2</sub>O</b> (%)	<b>Ceneri</b> (%)	<b>Potere calorifico</b> (kcal/m <sup>3</sup> )
Legna essiccata all'aria	40,2	4,4	33,8	—	21,0	2,0	3,0
Torba essiccata all'aria	35,7	4,3	22,5	0,7	24,0	12,8	3,0
Lignite xiloide essiccata all'aria	41,8	4,2	20,0	0,7	22,0	11,3	3,7
Lignite picea essiccata all'aria	61,8	4,3	18,5	0,7	7,1	7,6	5,5
Litantrace	80,0	4,5	7,2	1,2	1,7	5,5	7,5
Carbone di legna	87,0	0,4	3,0	0,7	5,7	3,0	7,0

Attuali: derivati del petrolio, gas naturale, energia elettrica



### **COMBUSTIONE COMPLETA**

Il **carbonio** e l' **idrogeno** contenuti nel combustibile reagiscono **completamente** con l' **ossigeno** presente nell' atmosfera del forno.

#### **Prodotti di combustione:**

Anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ )

Acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ )

Il forno opera in atmosfera **ossidante**

### **COMBUSTIONE INCOMPLETA**

Il **carbonio** e l' **idrogeno** contenuti nel combustibile reagiscono **non completamente** con l' **ossigeno** presente nell' atmosfera del forno.

#### **Ulteriori prodotti di combustione:**

Monossido di carbonio ( $\text{CO}$ )

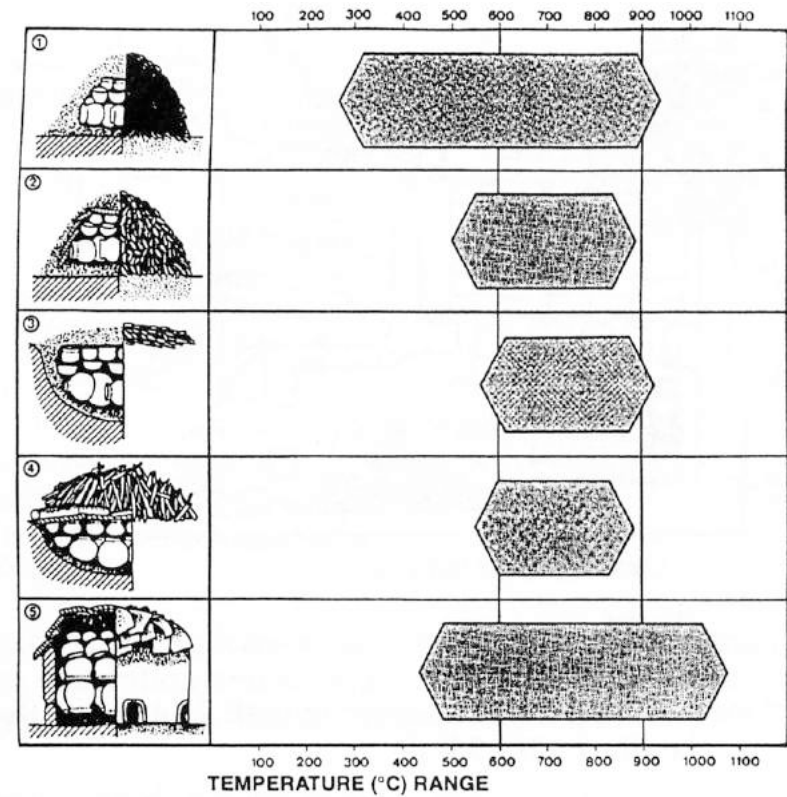
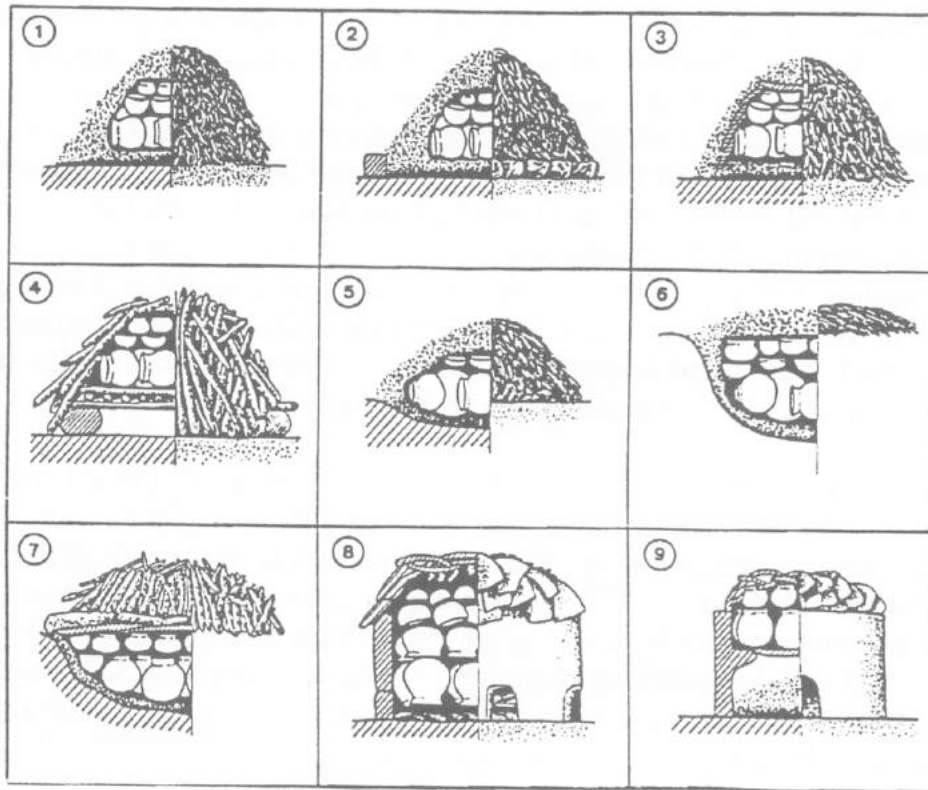
Carbonio pirolitico ( $\text{C}$ )

Il forno opera in atmosfera **riducente**

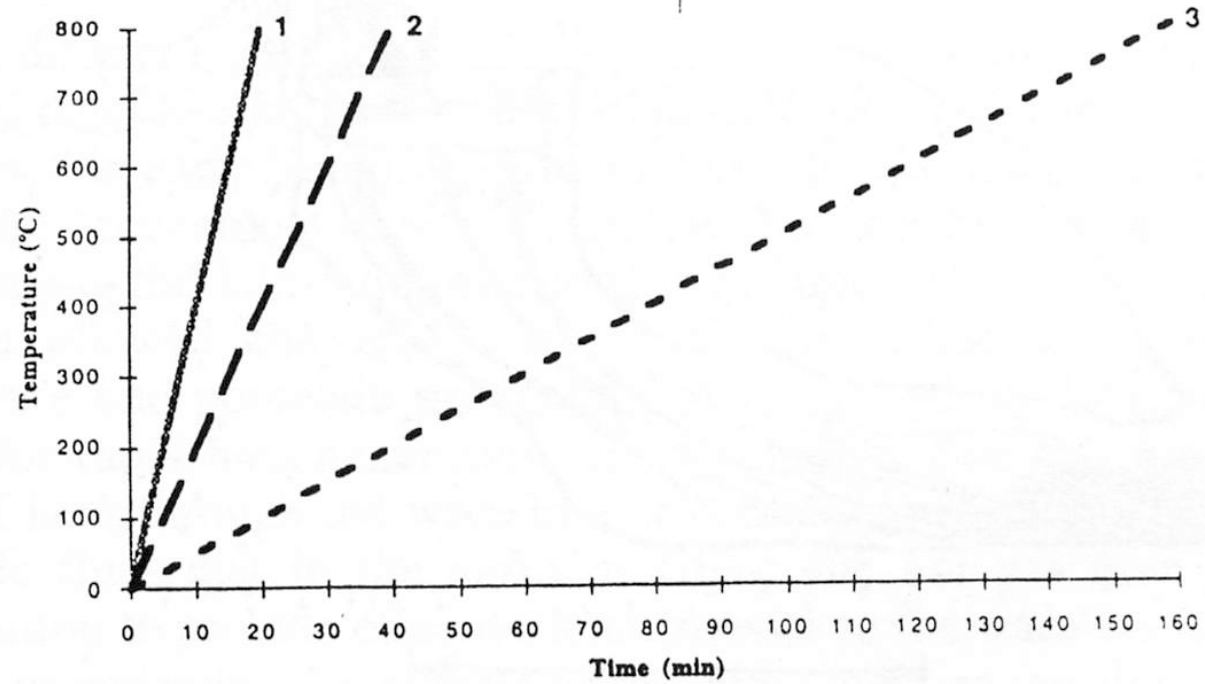
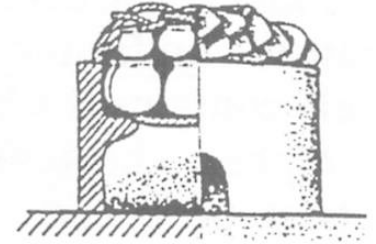
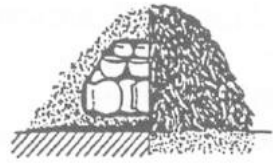
# Cottura

## Fenomeni di trasporto del calore:

- Conduzione
- Convezione
- Irraggiamento



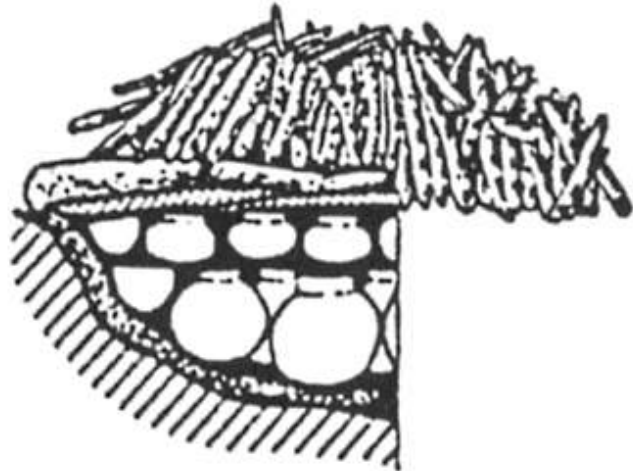
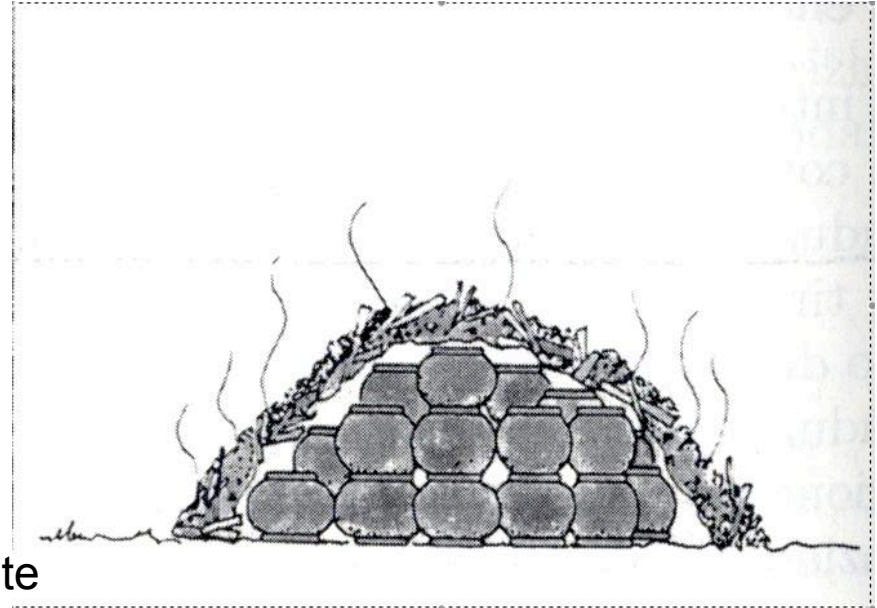
# Cottura



## Cottura

### Forno aperto

- Riscaldamento non omogeneo dei pezzi
- Atmosfera non controllabile e non del tutto ossidante



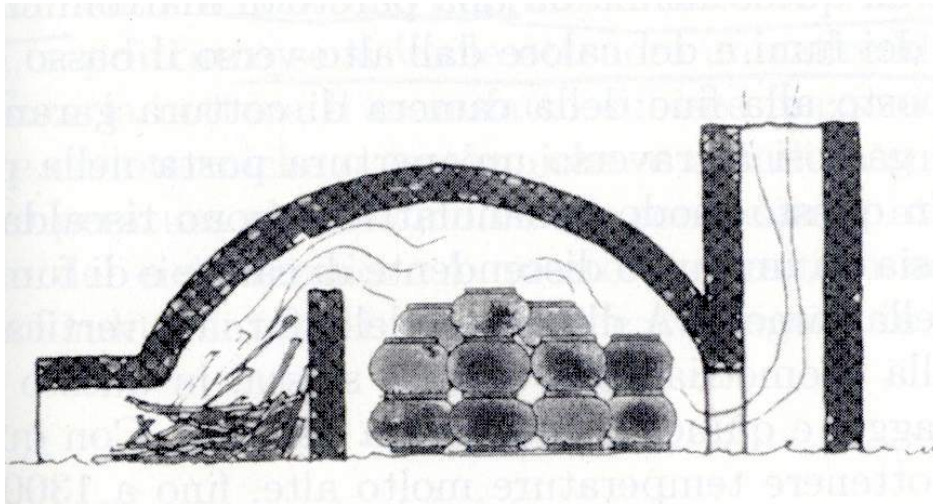
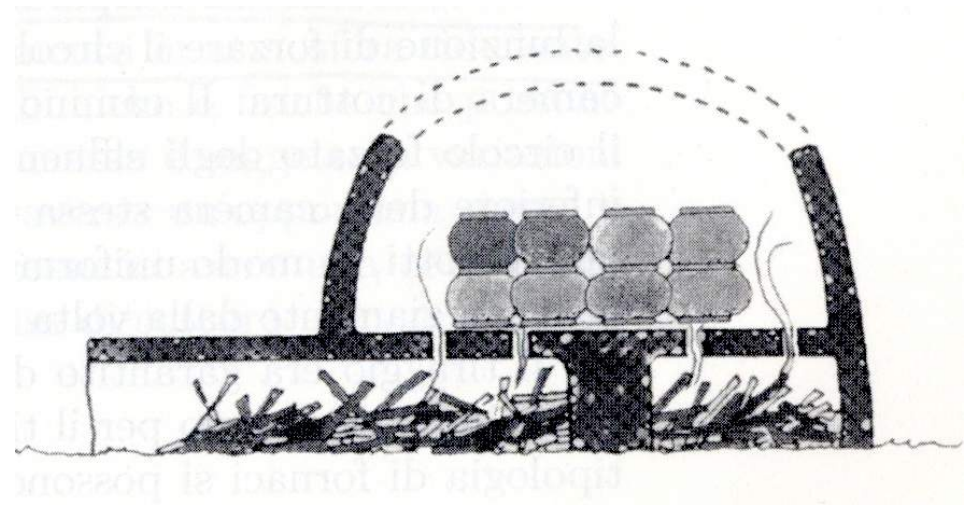
### Forno a fossa (cottura in buca)

- Riscaldamento non omogeneo
- Atmosfera decisamente riducente

# Cottura

## Forno verticale

- Separazione tra combustibile e manufatti
- Riscaldamento disomogeneo dei pezzi
- Difficoltà ad ottenere atmosfera riducente in cottura
- .... in caso in raffreddamento.



## Forno orizzontale

- Separazione tra combustibile e manufatti
- Riscaldamento omogeneo
- Buon controllo dell' atmosfera di cottura.
- Riscaldamento dei pezzi omogeneo.

# Cottura

## Cicli di cottura:

- Riscaldamento
- Stasi
- Raffreddamento

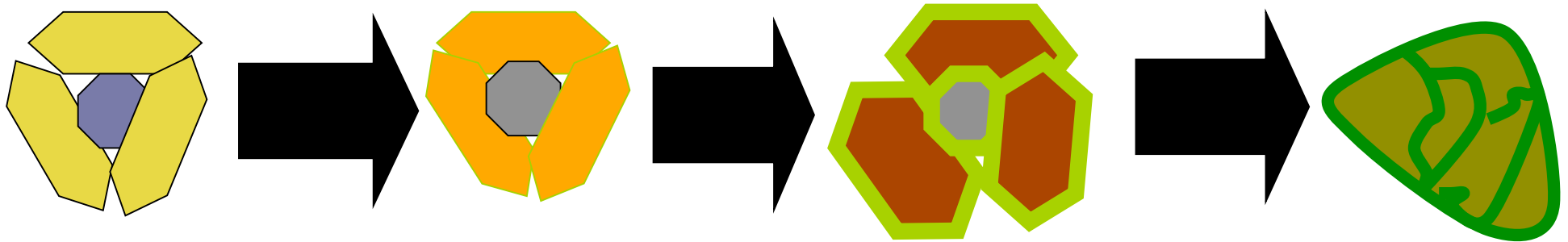
Intervalli di temperatura (°C)	Trasformazioni fisiche	Effetti	Trasformazioni chimiche	Prodotti
100-200	Evaporazione acqua adsorbita	Contrazione		
400-650	Evaporazione acqua di reticolo	Collasso della struttura silicatica	Deidrossilazione silicati	
			Deidrossilazione brucite	Formazione MgO
			Deidrossilazione idrossidi di Fe	Formazione ossidi
			Decomposizione sostanze organiche	Possibile riduzione di Fe(III) presente
650-900	Decomposizione dei fondenti	Formazione di miscele eutettiche	Decomposizione calcite	Formazione di CaO che può reagire con i silicati
			Decomposizione dolomite	Formazione di periclasio
			Fuoriuscita del Fe(III) strutturale	Formazione ossidi di Fe
870	Cambiamento di fase nel quarzo	Da $\alpha$ -quarzo a tridimite		
> 900			Reazioni tra silicati decomposti e ossidi di Ca	Formazione ghelenite
			Reazioni tra silicati decomposti e ossidi di Ca e Al	Formazione anortite
> 1000	Evaporazione ossidi alcalini	Opacizzazione	Reazione tra ghelenite e silice	Formazione di anortite e wollastonite
	Formazione fase vetrosa	Consolidamento e chiusura dei pori	Reazione tra ghelenite e silicati decomposti	Formazione di anortite
1470	Cambiamento di fase nel quarzo	Da tridimite a cristobalite		

## Trasformazioni in cottura:

## Cottura

### Sottocottura:

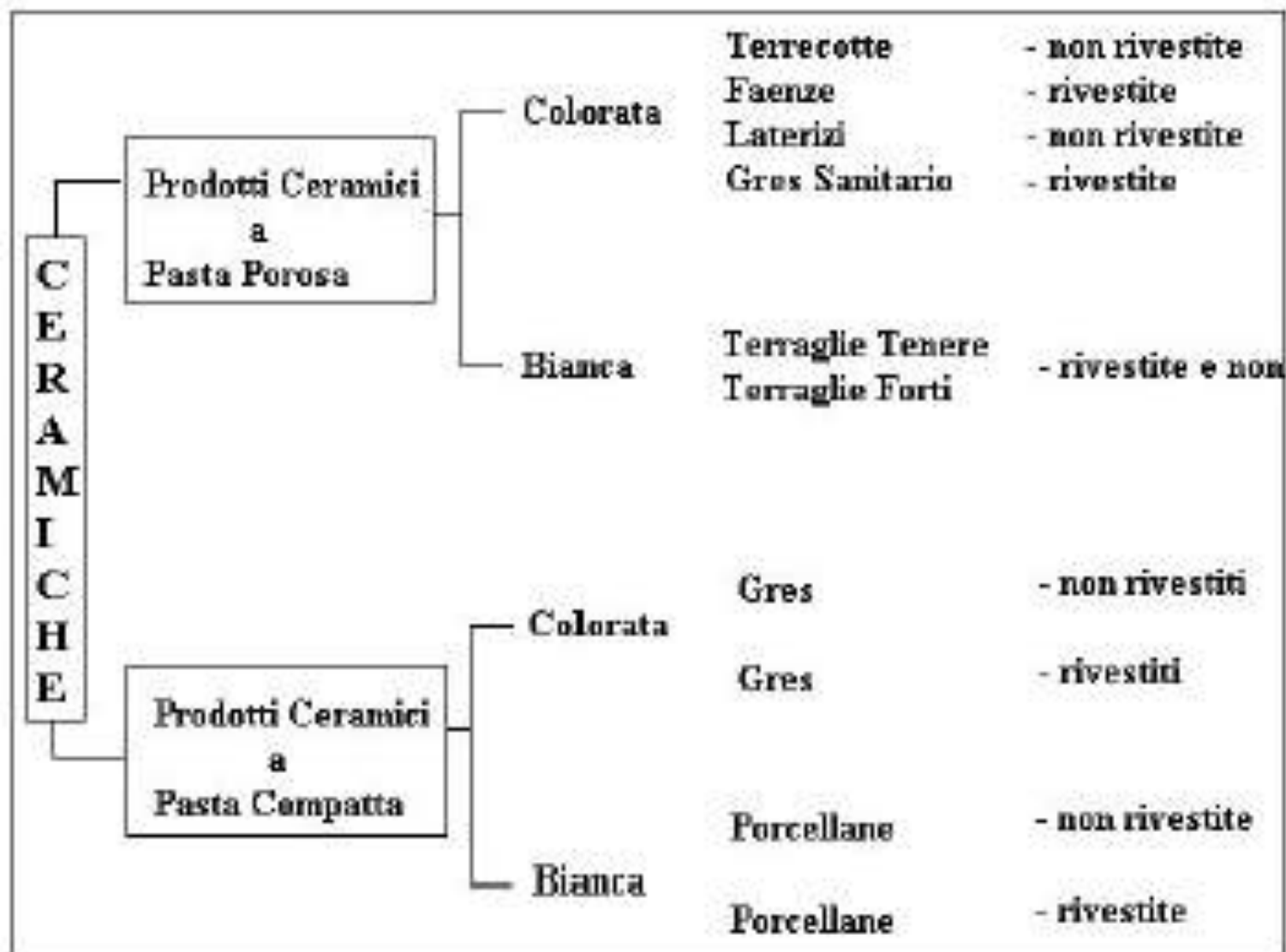
- Trasformazioni incomplete
- Sinterizzazione limitata
- Consistenza scadente ed elevata porosità



### Sovracottura:

- Eccessiva formazione di fase liquida
- Deformazione indesiderata del pezzo

## Prodotti





# Prodotti

## Ceramici tradizionali

Classe	Varietà	Rivestimento	Temperatura di cottura (°C)	Corpo ceramico	
Terracotta	Laterizi	SR	800-950	Colorato	Poroso
	Terracotta per usi decorativi	C/SR			
Refrattari		SR		Colorato	Poroso
Faenze	Faenze artistiche	Verniciate Ingobbiate Smaltate	900-1000	Colorato	Poroso
	Sanitari		1200-1250	Colorato	Poroso
Terraglie	Tecniche	SR	1250	Bianco	Poroso
	Tenere	CR	900-1050		
	Dure	CR	1250-1300		
Gres	Tecnico	C/SR	950-1300	Colorato	Compatto
Porcellane	Artistiche	Dure	1350-1400	Bianco	Compatto
		Tenere	1250-1350		

## Rivestimenti

Argillosi (ingobbi, patine)

Vetrosi (vetrine, smalti, lustri)



## Prodotti

### Ceramica attica



a figura rossa  
su fondo nero

→

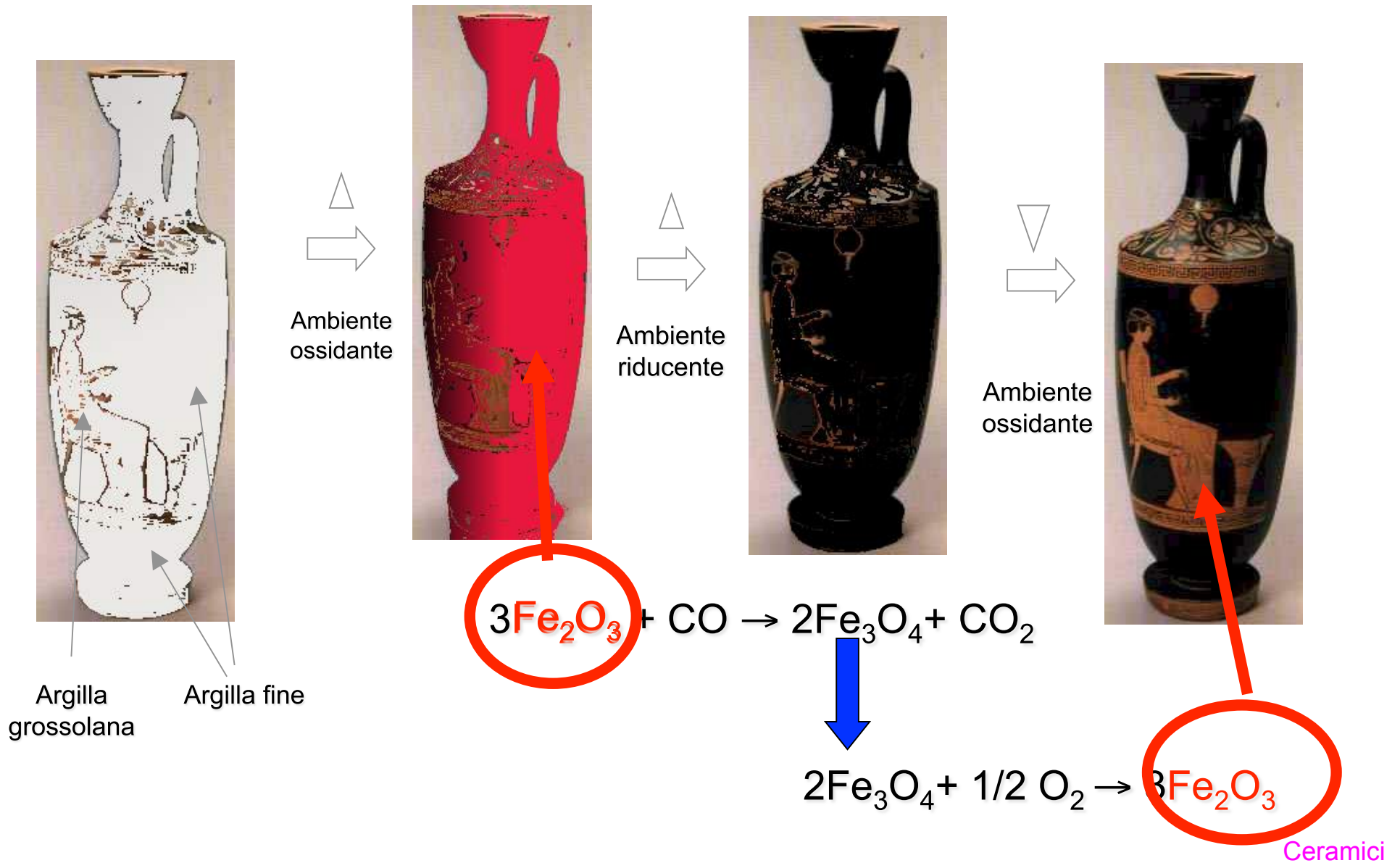
A figura nera su  
fondo rosso

←



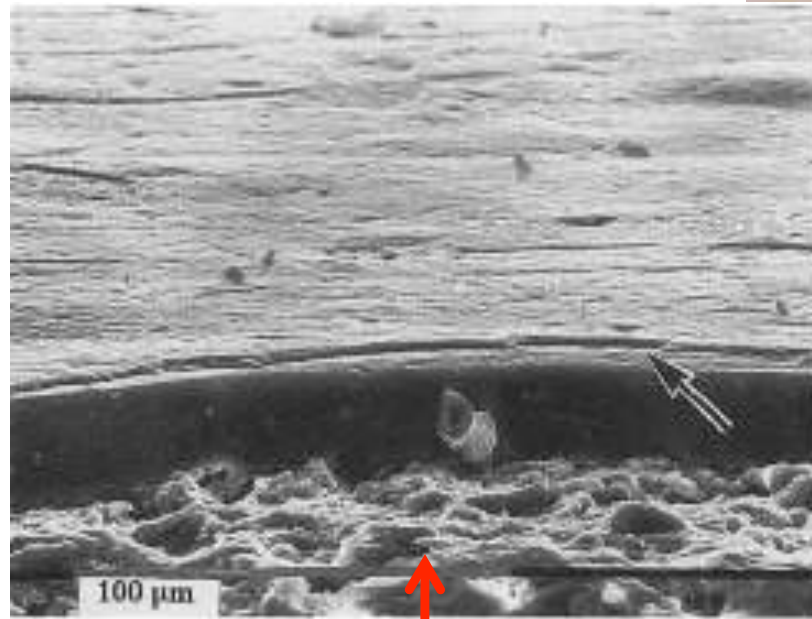
# Prodotti

## Vetrificazione/sinterizzazione strato di argilla fine



## Prodotti

Strato "nero"  
sigillante –  
*black gloss*



Zona "rossa"



Maniatis Y., Aloupi E. & Stalios A.D., New evidence for the nature of the attic black gloss, *Archaeometry*, **32**, 33-45 (1993)

Ceramics

## Prodotti

### Ceramica sigillata

