

Laurea triennale in Disegno industriale

Materiali e Tecnologie – Modulo Proprietà dei Materiali

MATERIALI CERAMICI E VETRI



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Ing. Francesco Marra

A.A. 2018/2019

I vetri

Trasparenza

Igienicità

Riciclabilità

Basso costo

Fragilità

Bassa resistenza a trazione

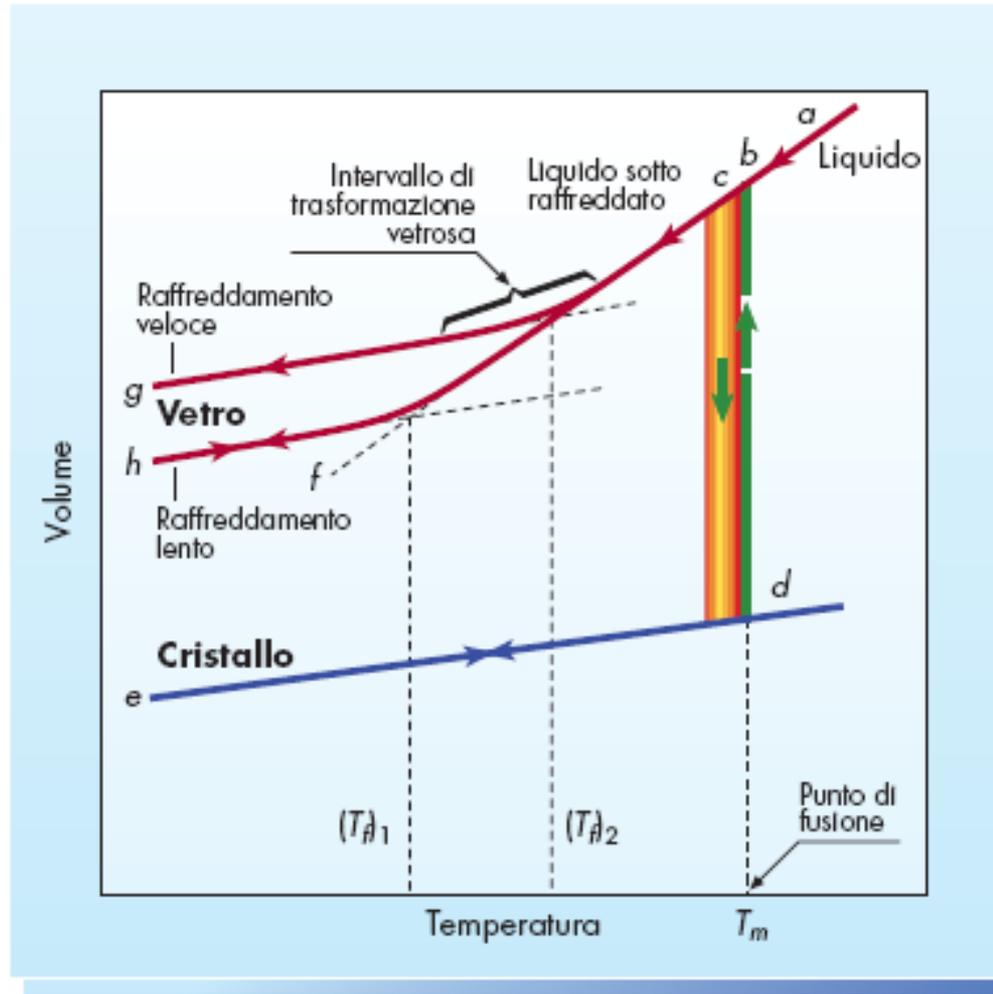
Bassa resistenza agli urti



Il vetro

Il vetro è un solido che non possiede ordine atomico a lungo raggio e che, al riscaldamento, rammollisce progressivamente fino a giungere allo stato fuso

Vetro_transizione vetrosa



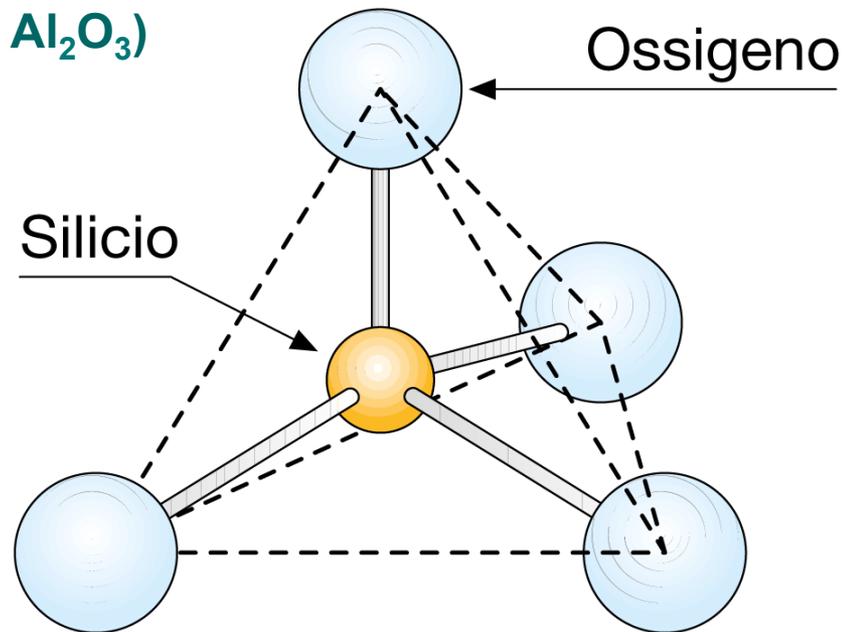
Materie prime

Vetrificanti (formatori)

sabbia silicea (SiO_2)

anidride borica e fosforica (anche Al_2O_3)

**Possono assumere
struttura vetrosa al
raffreddamento**

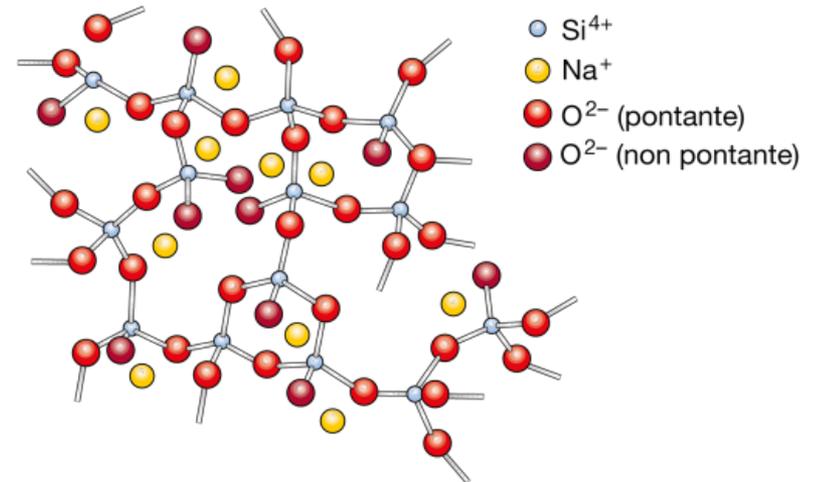


Materie prime

Vetrificanti (formatori)

sabbia silicea (SiO_2)

anidride borica e fosforica (anche Al_2O_3)



Fondenti (modificatori)

ossidi di metalli alcalini (Na_2O , K_2O o CaO)

**Abbassano il punto di rammollimento
e rendono alcuni O non pontanti**

Materie prime

Vetrificanti

sabbia silicea (SiO_2)

anidride borica e fosforica (anche Al_2O_3)

Fondenti

ossidi di metalli alcalini (Na_2O , K_2O o CaO)

Additivi

stabilizzanti, coloranti, affinanti

Tipi di vetro_composizione

Composizione	Tipi di vetro			
	sodico-calcici	di silice	al borosilicato	al piombo
SiO ₂	65-73	99,5	80,5	51-56
Na ₂ O	8-16	–	4	–
CaO	5-18	–	–	–
PbO	–	–	–	30-34
B ₂ O ₃	–	–	13	–
Al ₂ O ₃	1-8	–	2	–
K ₂ O	–	–	–	12-16
FeO ₃	–	–	–	12-16

Tipi di vetro_applicazioni

Tabella 9.2 Caratteristiche e applicazioni di alcuni vetri.

Tipi di vetro	Caratteristiche	Applicazioni
Sodico-calcici	Basso costo, lavorabilità	Finestre, contenitori lampadine
Di silice	Bassissimo coefficiente di dilatazione	Vetriere tecnica (Vycor)
Al borosilicato	Basso coefficiente di dilatazione	Pyrex
Al piombo	Alto indice di rifrazione	Cristalleria, schermi per radiazioni
Allumino-boro-silicati	Elevata resistenza chimica	Contenitori per farmaci, profumi

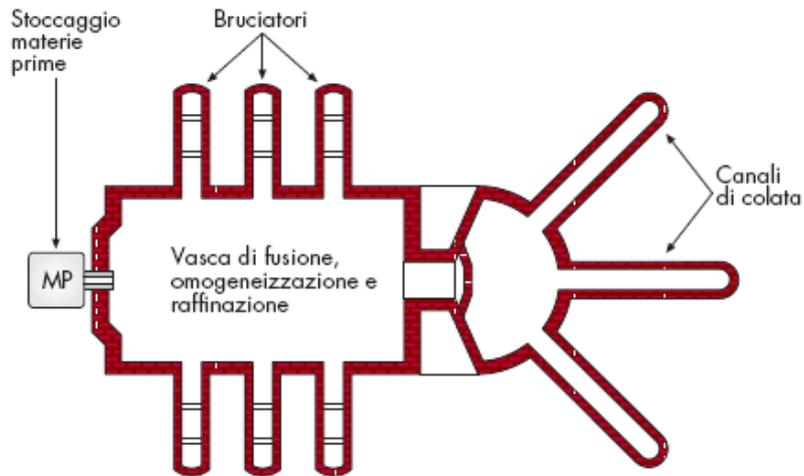
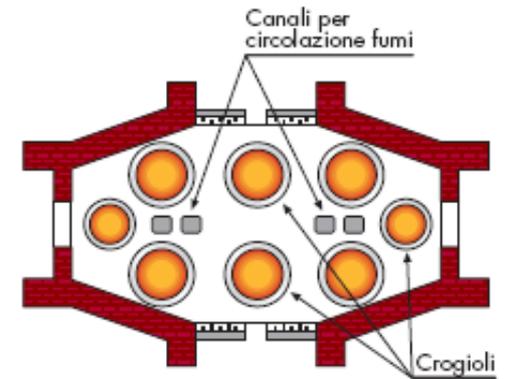
Processo produttivo

- **Macinazione, dosaggio e miscelazione**
- **Fusione**
- **Affinazione e omogeneizzazione**
- **Raffreddamento**
- **Formatura**
- **Ricottura**
- **Tempera**

Processo produttivo

Fusione

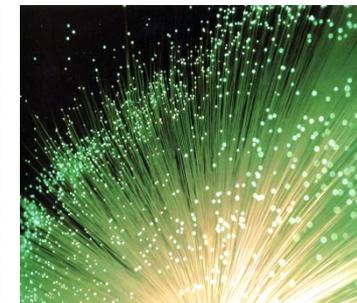
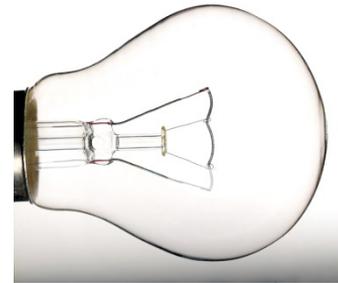
Forni per la produzione del vetro



Processo produttivo

Formatura

- soffiatura
- pressatura
- galleggiamento
- filatura



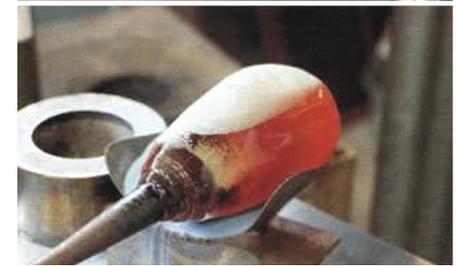
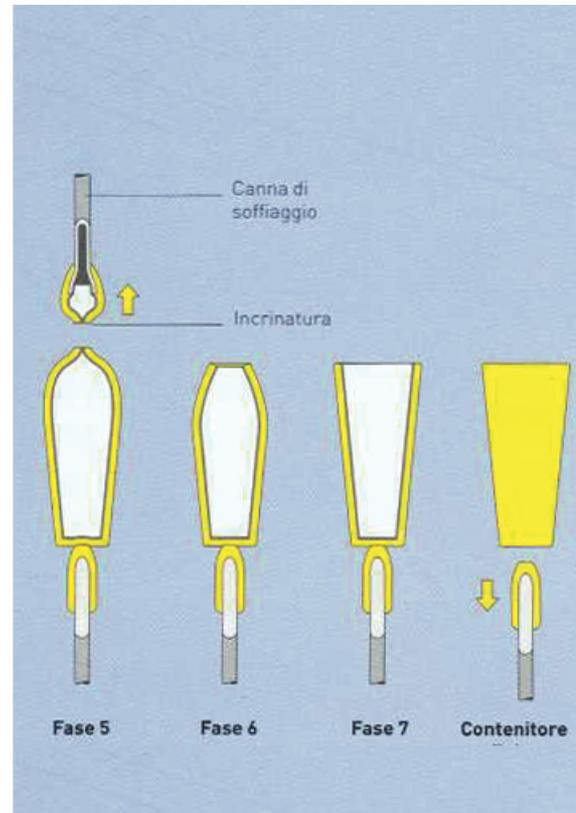
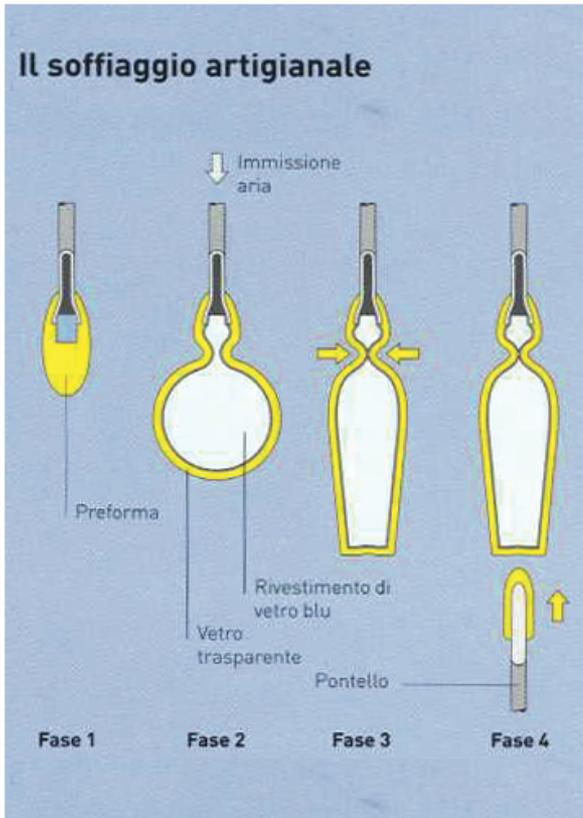
Processo produttivo

Formatura

soffiatura



Processo produttivo - soffiatura

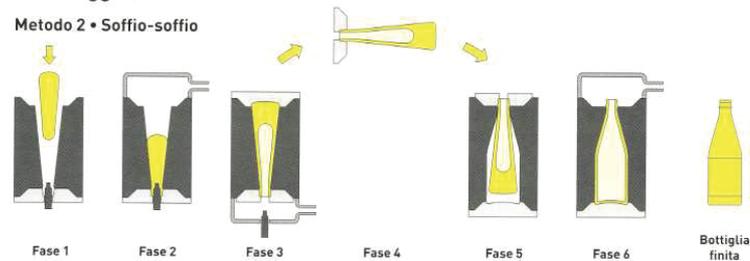


Processo produttivo - soffiatura

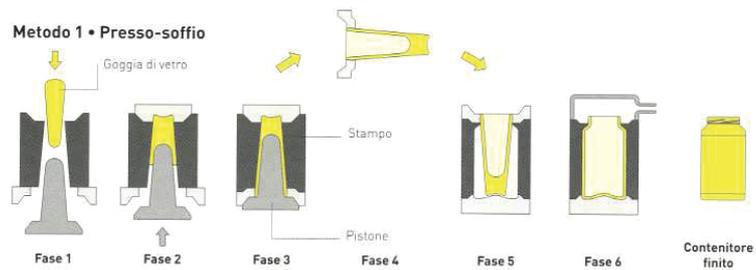


Il soffiaggio meccanico

Metodo 2 • Soffio-soffio



Metodo 1 • Presso-soffio



Processo produttivo

Formatura

pressatura



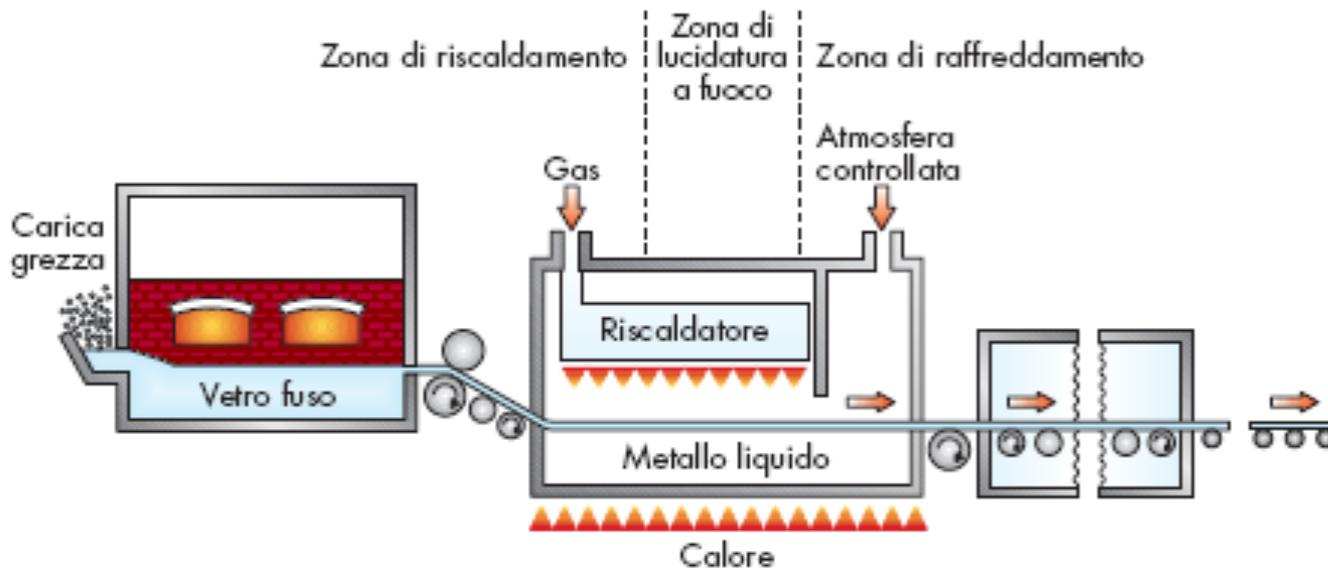
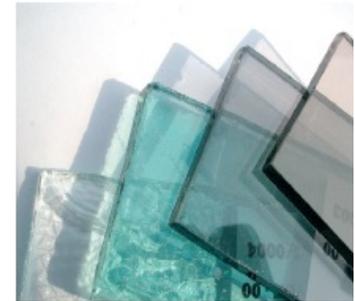
il fuso, mediante un punzone, prende la forma dello stampo e indurisce per il contatto con lo stampo stesso.

I manufatti prodotti con tale tecnica non presentano cambi di sezione bruschi (piatti, tazze).

Processo produttivo

Formatura

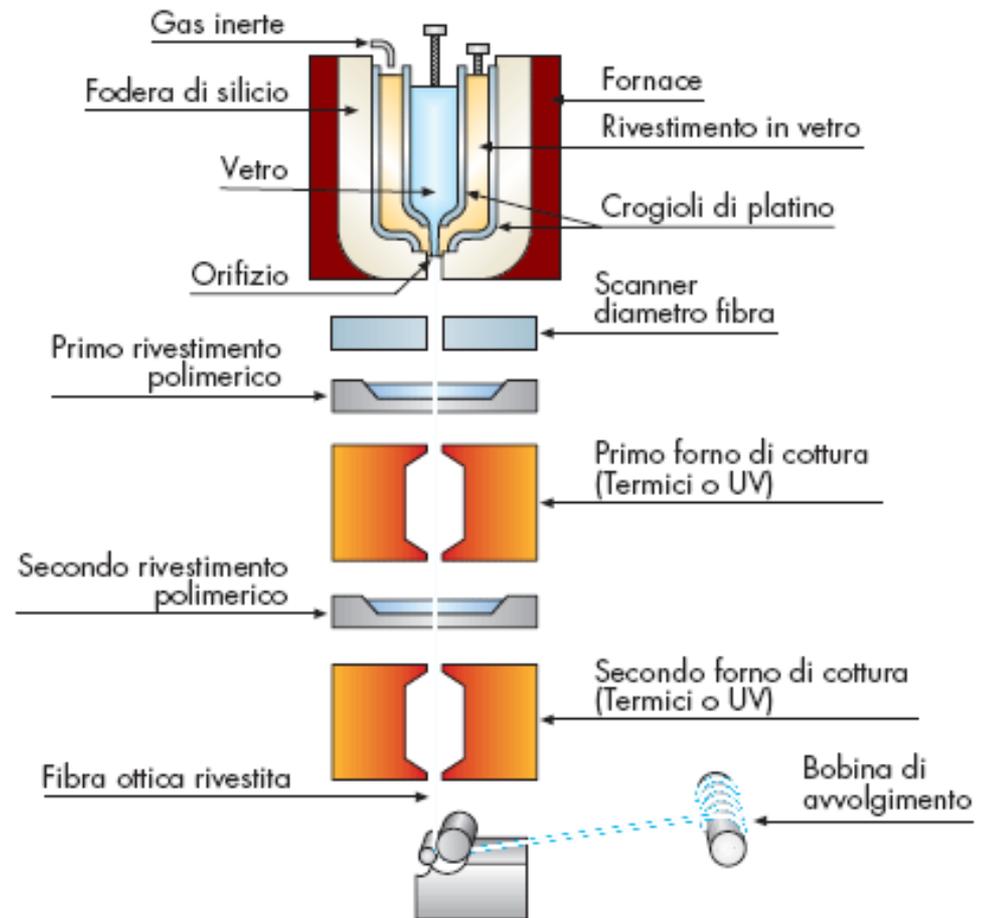
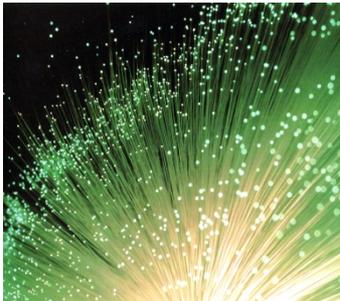
galleggiamento



Processo produttivo

Formatura

filatura (fibre di vetro)



Processo produttivo

Ricottura

eliminazione delle tensioni interne

riscaldati 600°C e raffreddati lentamente a 450°C poi a T_{amb}

Tempera

introduzione di un stato di sollecitazione superficiale (compressione)

- tempera fisica
- tempera chimica (scambio $Na^+ - K^+$)

Proprietà dei vetri

Proprietà meccaniche

solido quasi perfettamente elastico

poco resistente a trazione

fragile

Proprietà ottiche

trasparente

Proprietà termiche

eccellente isolante termico ed elettrico

Proprietà chimiche

molto resistente a molti ambienti corrosivi



Proprietà dei vetri

Proprietà meccaniche

Comportamento elastico fino a rottura (assenza di deformazioni plastiche) e fragile.

Resistenza a trazione: sensibilità ai difetti

teorica = 10-30 GPa

pratica = 30-120 MPa

Resistenza a compressione: 600-1200 MPa

Vetri comuni $E = 70$ GPa

Vetri di sicurezza

Vetri armati

rete metallica

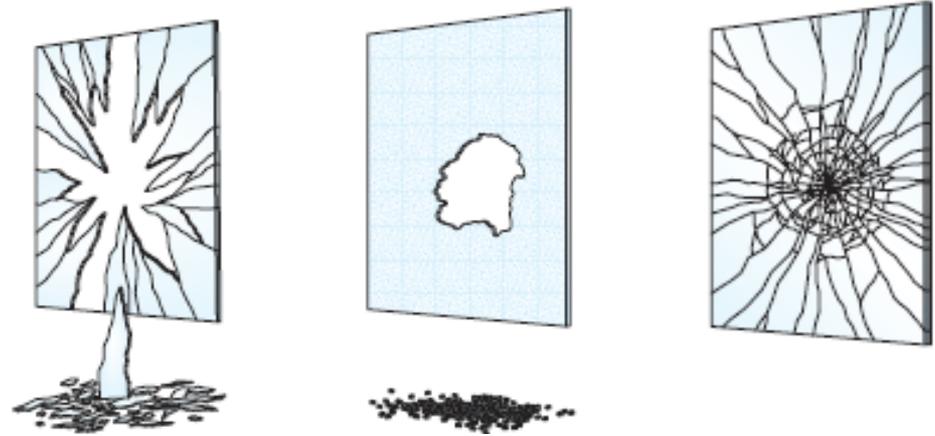
Vetri temperati

tempra fisica

tempra chimica

Vetri stratificati

lastra di materiale plastico



Proprietà dei vetri

Proprietà chimiche

buona resistenza agli acidi (tranne HF)

scarsa resistenza alle basi



Proprietà dei vetri

Proprietà termiche

pessimi conduttori

conducibilità termica molto bassa

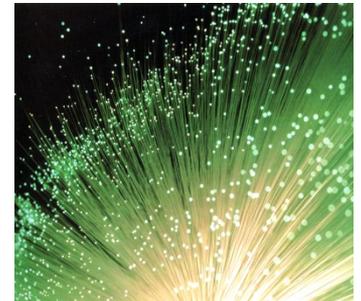
dilatazione termica

$$\sigma = \varepsilon E = E \alpha \Delta T$$

Tipi di vetro	Calore specifico (J/kg K)	Coefficiente di dilatazione (°C)	Resistenza shock (°C)	Conducibilità a 0 °C (W/m °C)
Sodico-calcici	990	$8,7 \cdot 10^{-6}$	50	1
Al borosilicato	800	$3,3 \cdot 10^{-6}$	150	1,17
Di silice	–	$5,5 \cdot 10^{-6}$	1000	1,45

Proprietà dei vetri

Proprietà ottiche
colore dei vetri
vetri fotocromatici
vetri a cristalli liquidi
fibre ottiche



Proprietà dei vetri

Colore dei vetri

Fe^{2+} , Fe^{3+}

verde

S^{2-} + atm. Rid.

ambra (bottiglie di birra)

Cu^{2+}

blu pallido

Co^{2+}

rosa

Co^{3+}

blu intenso

Proprietà dei vetri

Vetri fotocromici

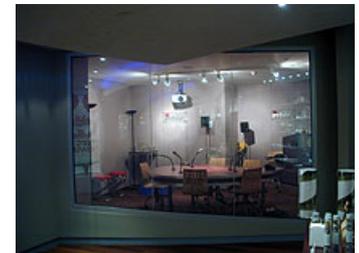
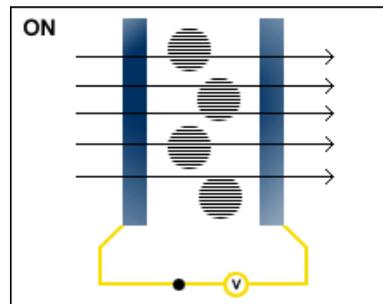
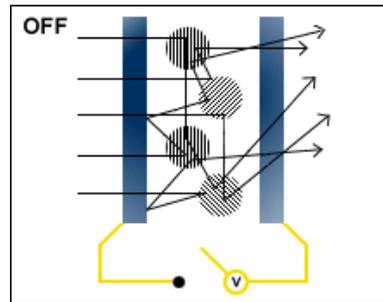
da chiaro a scuro (radiazione UV)



Proprietà dei vetri

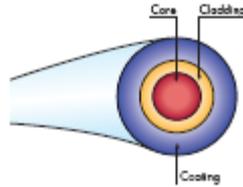
Vetri a cristalli liquidi

da opaco – trasparente (stimolo elettrico)

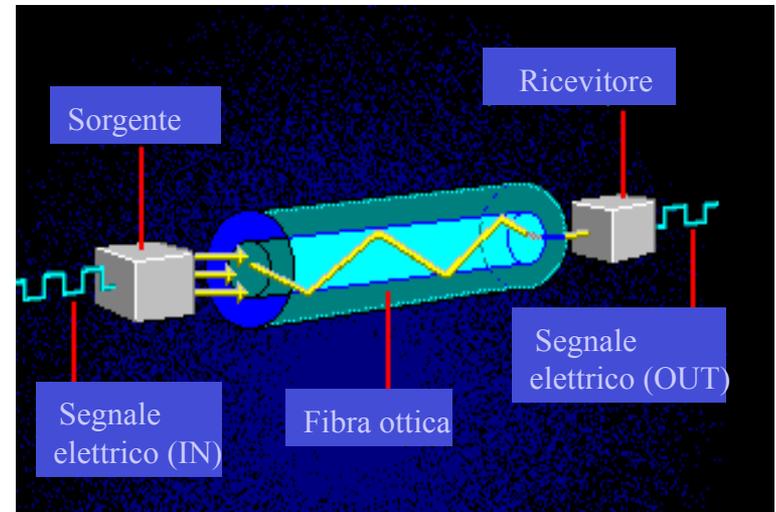
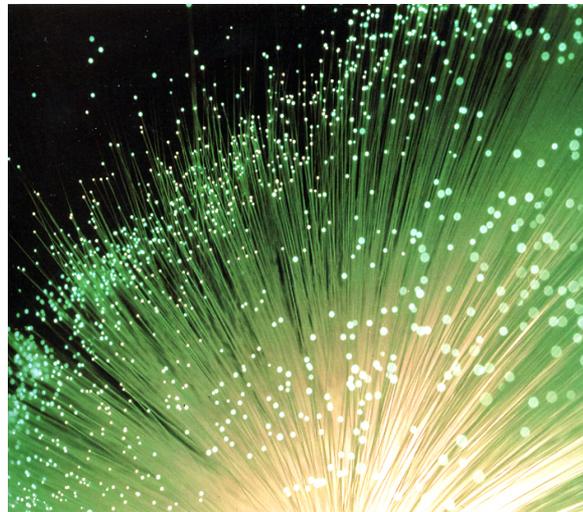
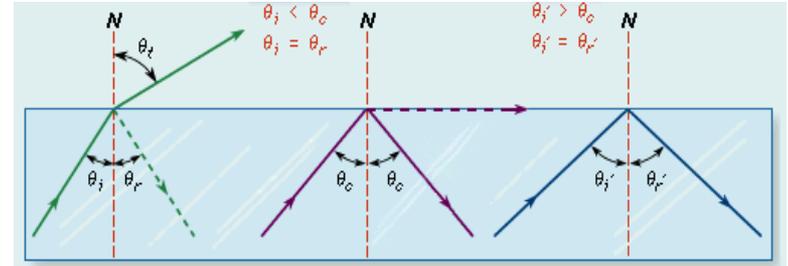


Proprietà dei vetri

Fibre ottiche



$$n = \frac{c}{v}$$



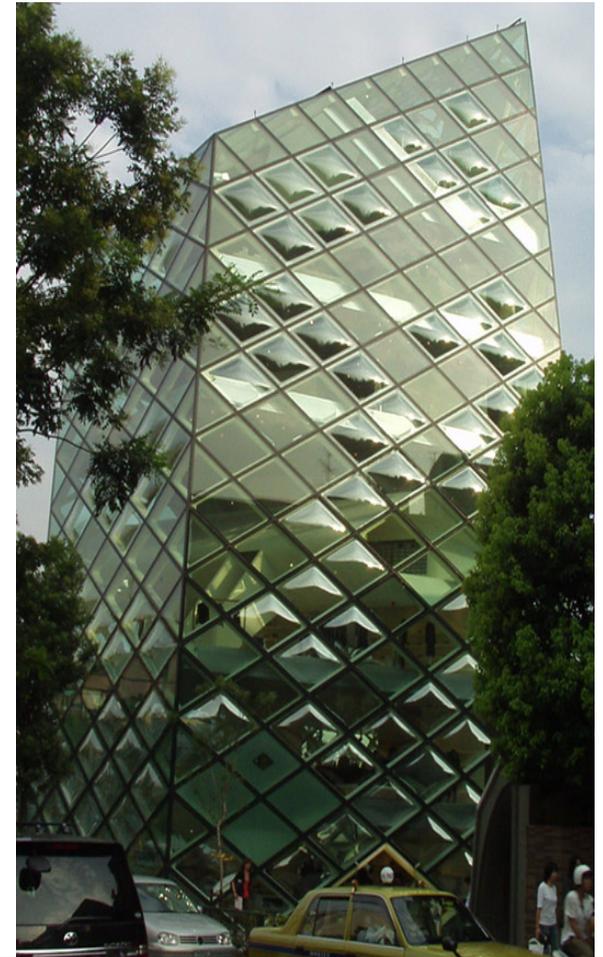
Vetro in architettura

Isolamento termico

vetri assorbenti

vetri riflettenti

Vetri autopulenti



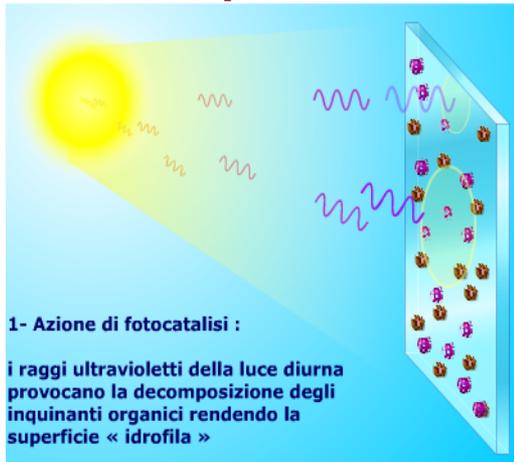
Vetro in architettura

Vetri autopulenti (self cleaning glass)

proprietà fotocatalitiche

proprietà superidrofiliche

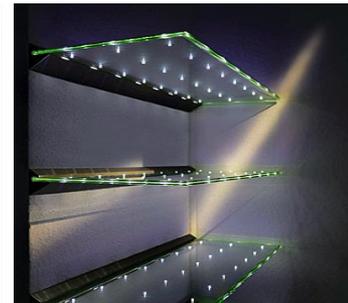
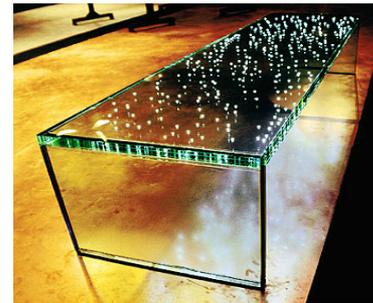
Strato superficiale di biossido di titanio



Vetro in architettura

Vetri (Power Glass)

LED non cablati usando uno strato trasparente conduttivo applicato alla superficie del vetro



Vetro in architettura

Tessuto che emette luce propria (Luminex)

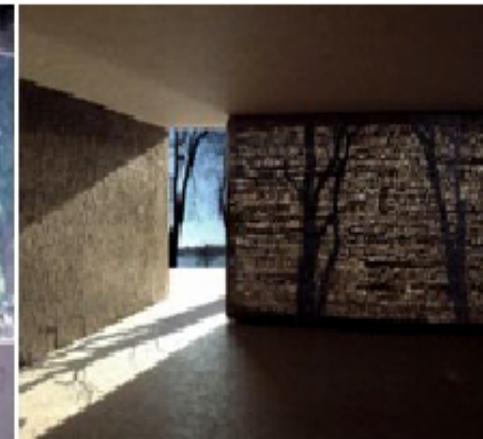
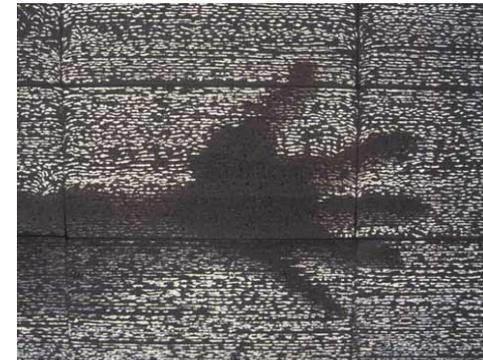


Vetro in architettura

Calcestruzzo trasparente (Litracon)

quasi le stesse caratteristiche del calcestruzzo convenzionale

fibre di vetro





Materiali ceramici

IN GENERALE

Solidi inorganici e nonmetallici

Ossidi metallici

Struttura cristallina

Scarsa conducibilità termica

Scarsa conducibilità elettrica

Fragilità

Materiali ceramici

IN GENERALE

Solidi inorganici e nonmetallici

diamante e grafite

Ossidi metallici

Struttura cristallina

Scarsa conducibilità termica

Scarsa conducibilità elettrica

Fragilità

Materiali ceramici

IN GENERALE

Solidi inorganici e nonmetallici

diamante e grafite

Ossidi metallici

elementi metallici + C, N, S

Struttura cristallina

Scarsa conducibilità termica

Scarsa conducibilità elettrica

Fragilità

Materiali ceramici

IN GENERALE

Solidi inorganici e nonmetallici

diamante e grafite

Ossidi metallici

elementi metallici + C, N, S

Struttura cristallina

cristallino-vetrosa

Scarsa conducibilità termica

Scarsa conducibilità elettrica

Fragilità

Materiali ceramici

IN GENERALE

Solidi inorganici e nonmetallici

diamante e grafite

Ossidi metallici

elementi metallici + C, N, S

Struttura cristallina

cristallino-vetrosa

Scarsa conducibilità termica

diamante

Scarsa conducibilità elettrica

Fragilità

Materiali ceramici

IN GENERALE

Solidi inorganici e nonmetallici

diamante e grafite

Ossidi metallici

elementi metallici + C, N, S

Struttura cristallina

cristallino-vetrosa

Scarsa conducibilità termica

diamante

Scarsa conducibilità elettrica

superconduttori

Fragilità

Materiali ceramici

IN GENERALE

Solidi inorganici e nonmetallici

diamante e grafite

Ossidi metallici

elementi metallici + C, N, S

Struttura cristallina

cristallino-vetrosa

Scarsa conducibilità termica

diamante

Scarsa conducibilità elettrica

superconduttori

Fragilità

zirconia, compositi rinforzati

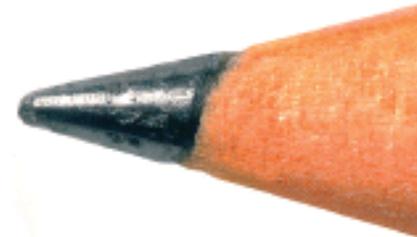
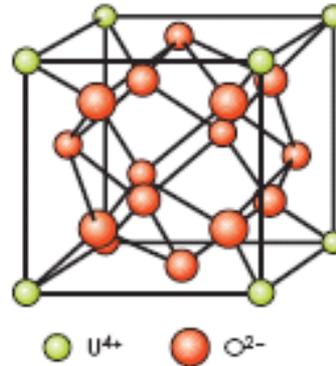
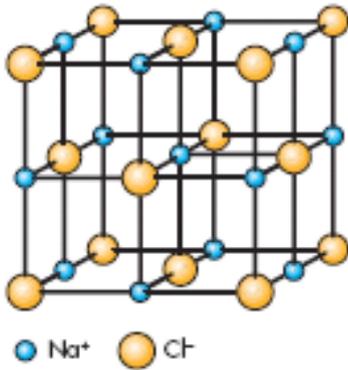
Legami chimici e struttura

Legami primari

legame covalente (diamante)

legame ionico

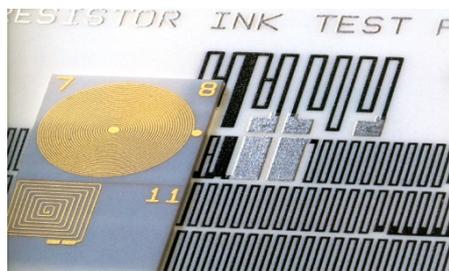
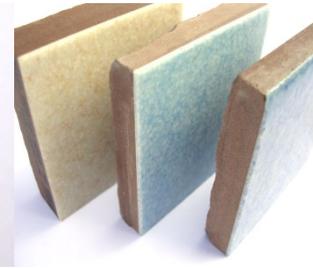
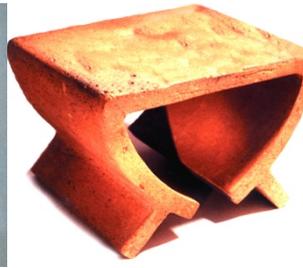
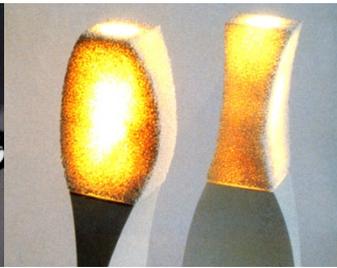
Legami secondari (grafite)



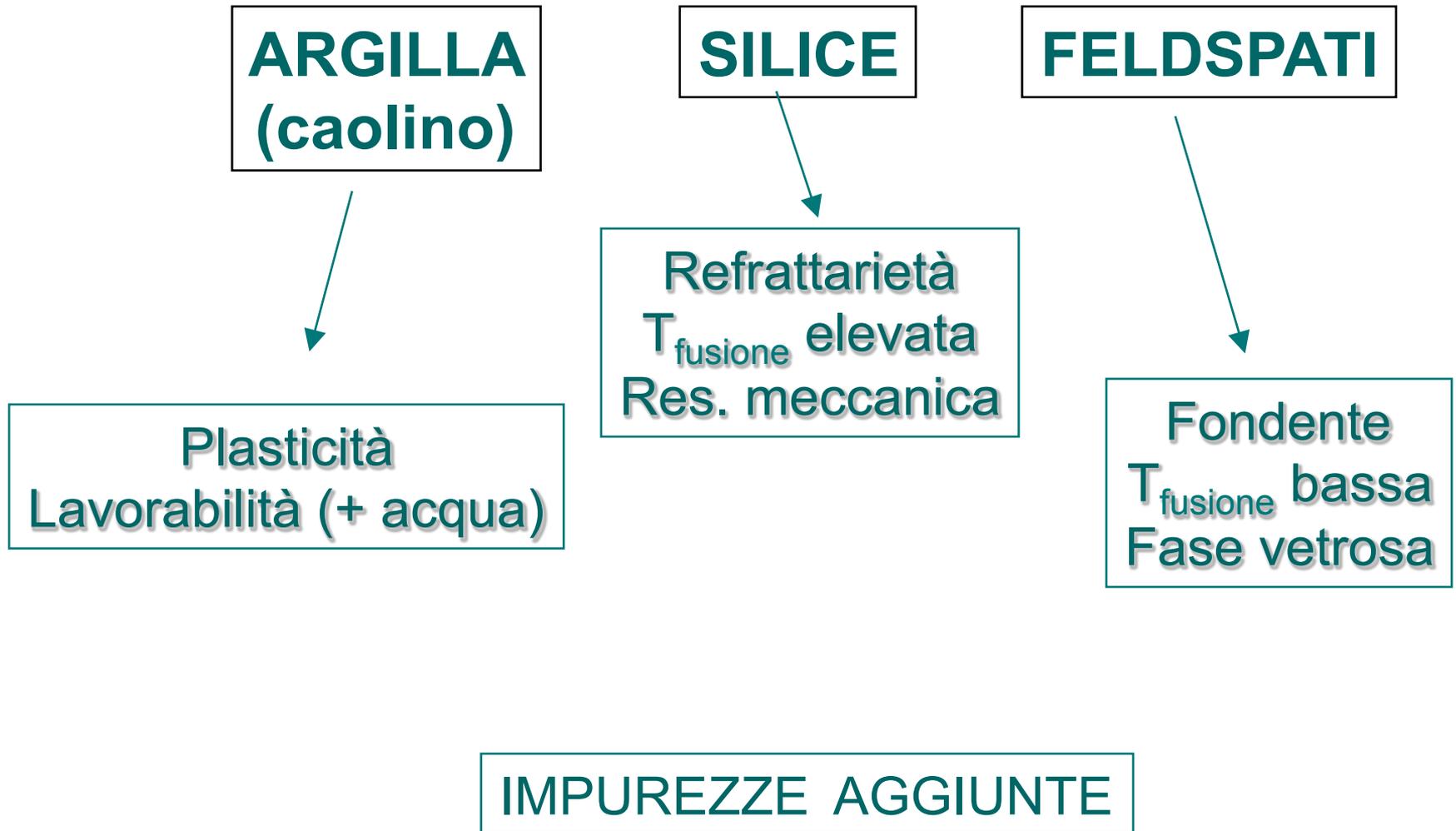
Materiali ceramici

Materiali ceramici tradizionali

Materiali ceramici avanzati



Materie prime



Lavorazione dei materiali ceramici

Preparazione del minerale

Ottenimento della miscela

Formatura

Deformazione plastica

Pressatura

Estrusione

Colata a impasto umido

Essiccamento

Cottura

Vetrificazione

Finitura

Rivestimento e decorazione



Lavorazione dei materiali ceramici

Metodo	(%) Acqua nell'impasto	Esempi di applicazioni
Pressatura	5-7	Piastrelle, stoviglie
Estrusione	15-20	Piastrelle, laterizi
Colaggio	35-40	Sanitari

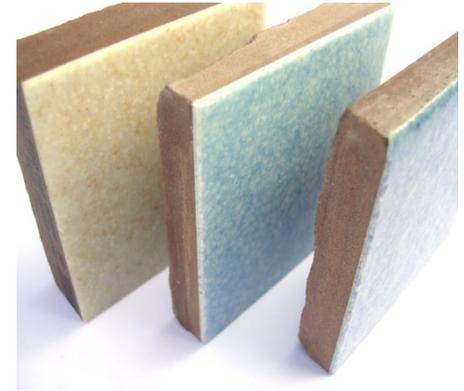
Lavorazione dei materiali ceramici

Deformazione plastica

Pressatura

Estrusione

Colata a impasto umido



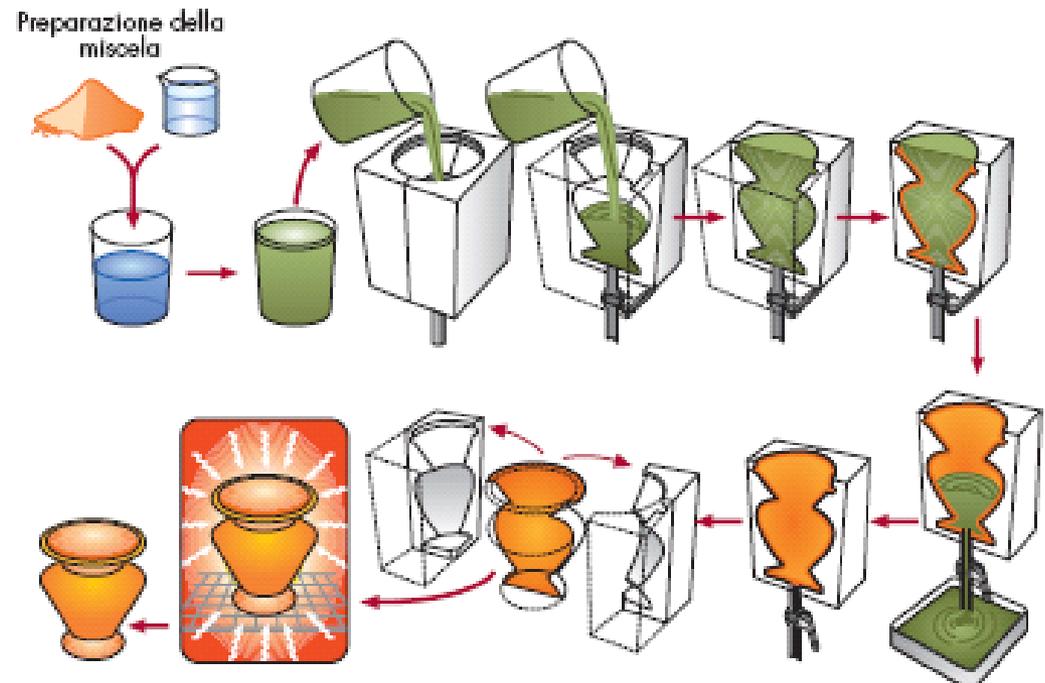
Lavorazione dei materiali ceramici

Deformazione plastica

Pressatura

Estrusione

Colata a impasto umido



Lavorazione dei materiali ceramici

Essiccamento e cottura

laterizi e terracotte 900 e 1000 °C

porcellane fino a 1250-1450 °C



La porosità e le caratteristiche meccaniche di un prodotto ceramico

dipendono:

dalla composizione dell'impasto

dalla temperatura di cottura



Lavorazione dei materiali ceramici

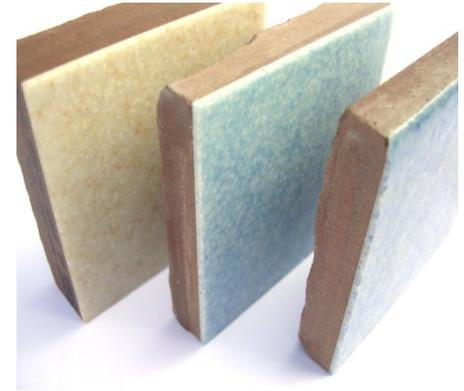
Rivestimento superficiale

Materiale vetroso

trasparente (vetrina)

opaco (smalto)

- **Bicottura**
- **Monocottura**



Proprietà dei materiali ceramici

- **densità: 2 e 2,5 g/cm³**
- **comportamento puramente elastico**
- **buone caratteristiche di resistenza a compressione**
- **scarse caratteristiche di resistenza a trazione**
- **materiali fragili**
- **ottimi isolanti termici ed elettrici**

Prodotti

- **ceramiche bianche**
- **prodotti strutturali a base di argilla**
- **refrattari**
- **abrasivi**
- **cemento**

Prodotti_a base di argilla

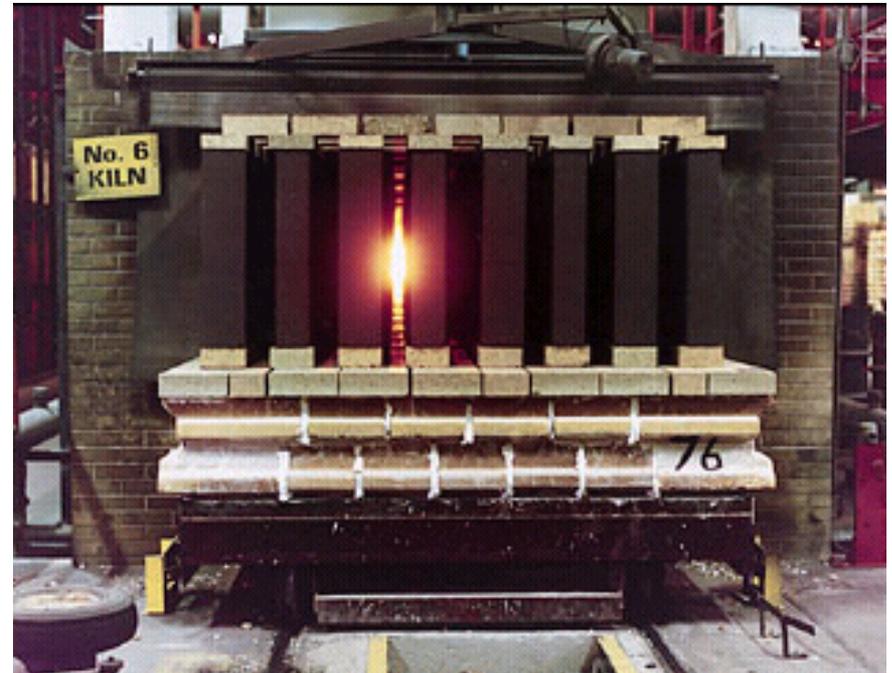
edilizia

- mattoni per muri e per pavimentazioni
- tegole per tetti e tubi di scarico
- materie prime naturali



Prodotti_refrattari

- punto di fusione elevato
- proprietà strutturali a temperature molto elevate



Abrasivi

Materiali abrasivi	Durezza		
	Scala Mohs	Scala Vickers	Scala Knoop
Abrasivi naturali			
Diamante industriale	10	10000	8000
Corindone	9	2200	1600 - 2100
Smeriglio	7 - 9	1600	800 - 1800
Granato	7 - 8	1100 - 1300	1300 - 1350
Selce	7	900 - 1100	700 - 800
Quarzo	7	1100	700 - 800
Pomice	5 - 6	-	430 - 560
Talco	1	-	-
Abrasivi sintetici			
Diamante sintetico	10	10000	8000 - 10000
Nitruro di boro (cubico)	10	7300 - 10000	4700 - 10000
Carburo di boro	9 - 10	3300 - 4300	2200 - 5100
Carburo di silicio	9	2800 - 3300	2000 - 3700
Allumina	9	2200	2000 - 2600

Materiali ceramici avanzati

Materiale inorganico, nonmetallico principalmente cristallino, di composizione rigorosamente controllata, prodotto secondo dettagliate regole da materie prime purificate e/o caratterizzate in modo estremamente accurato e che presenta specifiche caratteristiche

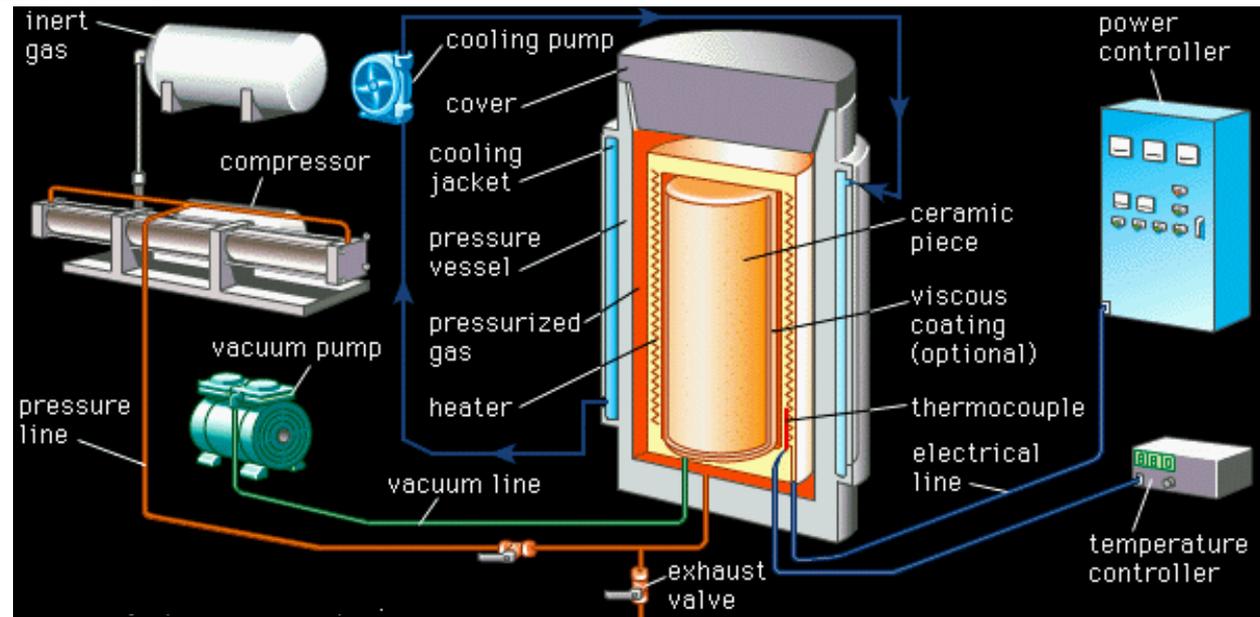
Definizione VAMAS (1993)

Versailles Project on Advanced Materials and Standards

Materiali ceramici avanzati

Produzione_ Sinterizzazione

Processo di densificazione di un compatto di polveri: rimozione della porosità tra le particelle di partenza, coalescenza e formazione di forti legami tra particelle adiacenti



Materiali ceramici avanzati_strutturali

Presentano proprietà meccaniche opportune in condizioni operative impegnative (ambienti erosivi, corrosivi o ad elevata temperatura o dove sia richiesta un'elevata resistenza all'usura)

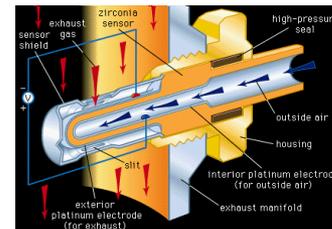
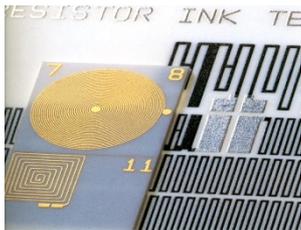
- valvole dei rubinetti
- scarpe sportive chiodate
- sfere nelle penne a sfera



Mat. ceramici avanzati_elettroceramici

Materiali ceramici con proprietà elettriche

- circuiti integrati e condensatori
- materiali piezoelettrici
- proprietà magnetiche
- proprietà ottiche specifiche (luminescenza, laser)
- cambiamenti delle proprietà ottiche stesse per effetto di campi elettrici



Mat. ceramici avanzati_elettroceramici

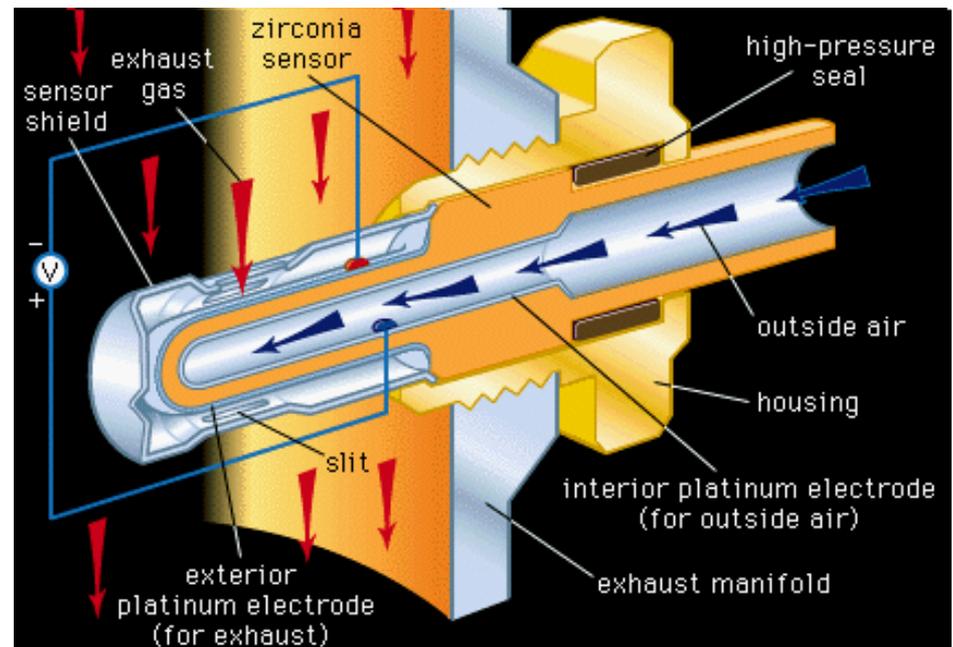
Materiali ceramici con proprietà ferromagnetiche (ferriti)

immagazzinamento di **memoria** per apparecchi quali nastri (cassette), floppy disk e hard disk.



Mat. ceramici avanzati_elettroceramici

opportunamente drogati fenomeno di conduzione di cariche nei **sensori**
di ossigeno nel motore delle automobili



Mat. ceramici avanzati_elettroceramici

batterie_dispositivo che converte l'energia chimica in lavoro elettrico



Mat. ceramici avanzati_ceramici ottici

- **trasparenza + notevole resistenza all'attrito o resistenza alle elevate temperature**
- **contenitori per lampade ad alta T**
- **finestre dei lettori dei codici a barre nei supermercati**
- **pigmenti**

