

Proprietà generali dei materiali ceramici

- Più resistenti dei metalli e dei polimeri termicamente e chimicamente
- Densità inferiore a molti metalli e leghe
 - ↳ Sono caratterizzati da elevata porosità
- Materie prime disponibili e poco costose
 - ↳ Si lavora per deformazione plastica di sospensioni acquose o per compattazione di polveri
 - ↳ Si consolidano per cottura
- Modulo elastico elevato
- Comportamento fragile

Proprietà generali dei materiali ceramici

Elements in Ceramics and Glasses

1	2	Elements in Ceramics and Glasses																18
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		

- Legami struttura/proprietà:
 - ↳ legami covalenti e ionici, che sono entrambi legami molto forti: hanno temperature di fusione molto alte
 - ↳ gli elettroni di legame sono tutto impegnati a riempire orbitali: i ceramici sono generalmente, ottimi isolanti elettrici e termici
- Composti, spesso ossidi (allumina), ma anche carburi, nitruri, boruri

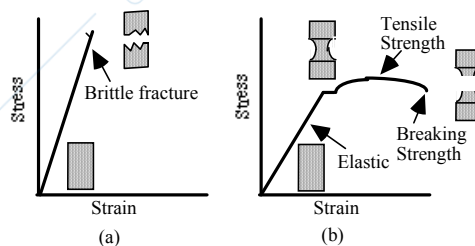
Struttura chimica

- I materiali ceramici devono le loro proprietà ai legami tra gli atomi che li compongono
 - ↳ I composti con predominanza di uno dei due legami hanno in genere punto di fusione più alto

Composti ceramici	Punto di fusione	% carattere covalente	% carattere ionico
MgO	2798°	27	73
Al ₂ O ₃	2050°	37	63
SiO ₂	1715°	49	51
Si ₃ N ₄	1900°	70	30
SiC	2500°	89	11

Proprietà meccaniche

- I materiali ceramici sono ottimi candidati come materiali strutturali
 - ↳ Sono fragili e si rompono senza deformazione plastica
 - ↳ Nel materiale fragile si ha frattura a seguito della formazione e rapida propagazione di cricche

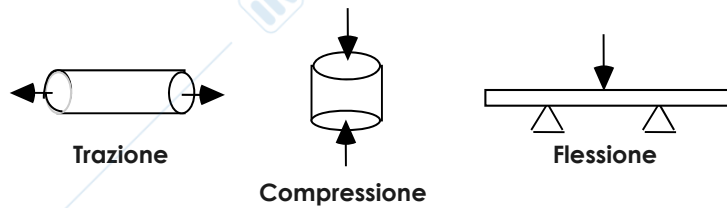


Proprietà meccaniche



Proprietà meccaniche

- Il comportamento dipende molto anche dal tipo di sforzo applicato, in particolare la resistenza dei ceramici è più elevata in compressione, mentre la resistenza a trazione e flessione è generalmente minore

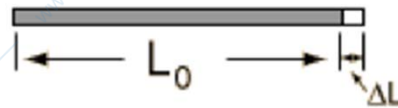


Proprietà termiche

- I materiali ceramici hanno bassa conducibilità termica e bassi coefficienti di espansione
- Queste proprietà, insieme all'alto punto di fusione e alla resistenza chimica li rende insostituibili come isolanti per applicazioni particolarmente "difficili" (alta T, ambiente chimicamente aggressivi)

Espansione lineare

$$\Delta L/L_0 = \alpha \Delta T$$



Proprietà termiche

Materiale	T di fusione (°C)	Coefficiente di espansione lineare (1/°C x 10 ⁻⁶)	Conduc. termica (W/m K)
Al ₂ O ₃	2050	8.8	30.1
SiO ₂ fusa	1650	0.5	2.0
Vetri al Na	700	9.0	1.7
Al metallico	660	23.6	274
Cu metallico	1650	16.5	398
Polietilene	120	60-220	0.38
Poliestere	65-75	50-85	0.13

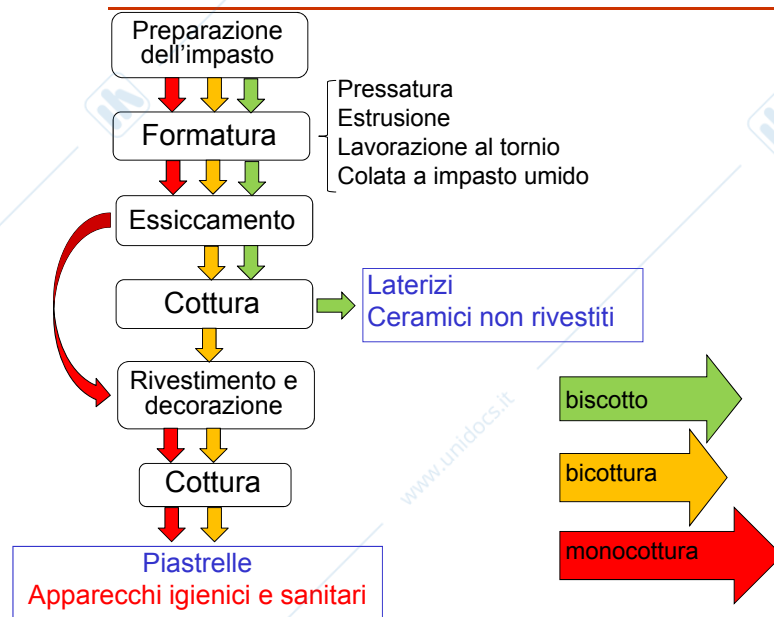
Proprietà elettriche

Materiale	Conduttanza ($\Omega^{-1} \times m^{-1}$)	Proprietà
Mattone argilloso	10^{-8}	isolante
Si₃N₄	$< 10^{-14}$	isolante
Poliestere	10^{-18}	isolante
Cu	5×10^7	conduttore
YBa₂Cu₃O	10^{22}	superconduttore
Si	3.3×10^{-4}	semiconduttore

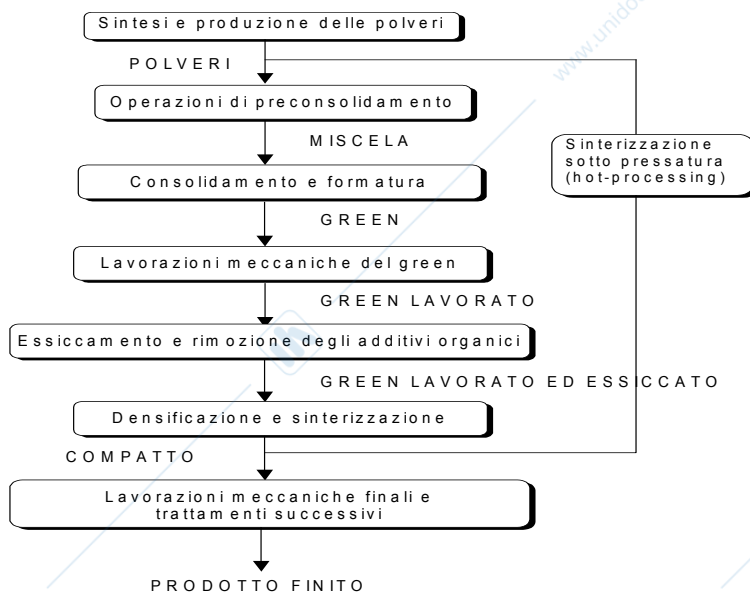
Lavorazione

- Tecniche differenti da quelle utilizzate per i materiali metallici
- Alto punto di fusione (2000 – 4000 °C)
- Lavorabilità limitata a bassa T (elevata durezza, fragilità)
 - ↳ non deformabili plasticamente a T ambiente
- Macchine utensili
 - ↳ limitate sostanzialmente alla finitura superficiale (se non sul verde)

Lavorazione



Lavorazione



Classificazione

- Tradizionali
- Avanzati
- Cementi
- (Vetri)
- Rocce e minerali

Ceramici Tradizionali

- I prodotti ceramici tradizionali più comuni sono:
 - ↳ Ceramiche bianche
 - ↳ Prodotti strutturali a base di argille
 - Laterizi (mattoni)
 - Piastrelle
 - ↳ Refrattari
 - ↳ Abrasivi
 - ↳ Cemento

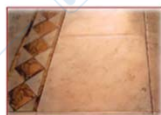
Ceramici tradizionali

- I materiali ceramici tradizionali sono ampiamente diffusi perché caratterizzati da
- ↳ Materie prime naturali (minerali)
 - ↳ Tecnologie di formatura relativamente semplici (colaggio di sospensioni, estrusione o deformazione plastica di impasti semi solidi ecc.)
 - ↳ Processi di cottura piuttosto lenti a pressione ambiente

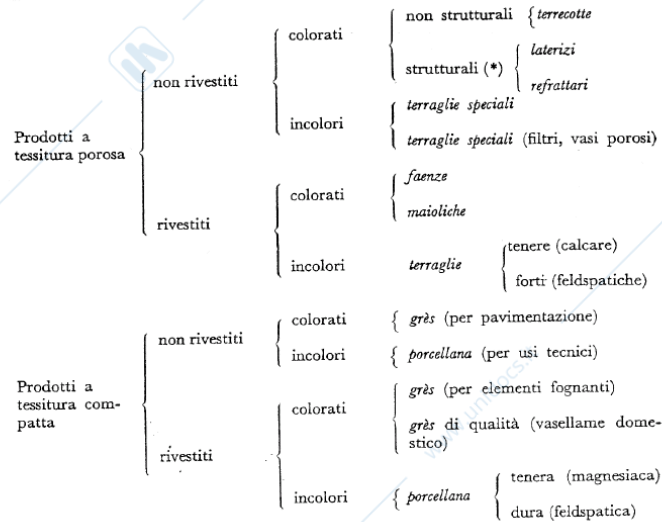


Ceramici tradizionali

- Sono destinati agli impieghi tradizionali
- ↳ costruzioni (mattoni, tegole, piastrelle e simili)
 - ↳ uso domestico (piatti e sanitari)
 - ↳ decorazione e l'arte (ceramiche artistiche)



Classificazione ceramici tradizionali



Classificazione sulla microstruttura

- A pasta (o tessitura) porosa
 - ↳ Granuli separati da un numero di pori ed interstizi
- A pasta (o tessitura) compatta
 - ↳ I vuoti sono in buona parte riempiti da una fase vetrosa in seguito alla parziale fusione subita durante la cottura

Ceramici tradizionali: classi di materiali

Classe	Struttura	Supporto	Rivestimento superficiale
Laterizi	Porosa	Colorato	No
Piastrelle	Porosa/compatta	Colorato/bianco	No/Sì
Apparecchi igienico/sanitari	Porosa/compatta	Bianco	Sì
Vasellame e stoviglieria	Porosa	Colorato	No/Sì
Refrattari	Porosa/compatta	Colorato/bianco	No
Porcellane tecniche	Compatta	Bianco	Sì

I costituenti di base: le argille

- Particolarmente interessanti per la produzione delle ceramiche sono le argille
 - ↳ contengono quasi esclusivamente un solo minerale, il caolino ($2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
- Gran parte delle argille sono impure per presenza di ossidi di ferro
 - ↳ colorazione rosso-mattone alla ceramica dopo cottura (pasta colorata)
 - ↳ Le argille più pure, esenti da tale inquinante - caolini - cuociono invece bianche: la ceramica che cuoce bianca è quella più pregiata
- Le argille sono
 - ↳ Abbondanti e poco costose
 - ↳ Idroplastiche: se mescolate con acqua formano una massa plastica facilmente lavorabile

Ceramiche a trama porosa

→ Cotto

- argilla utilizzata per la realizzazione del cotto è simile a quella dei laterizi
- Le piastrelle (usate per pavimentazioni rustiche) non sono smaltate e hanno colore rosso
- In genere scarsa resistenza all'usura



Ceramiche a trama porosa

→ Faenze e Maioliche

- Piastrelle rivestite con vetrina trasparente (Faenze) o smalto opaco (Maioliche)
- Argille simili ai laterizi, ma con elevato contenuto di CaCO_3 → azione decolorante (giallo-rosa) e aumento aderenza degli smalti alla pasta
- Alta porosità e resistenza meccanica modesta.



Ceramici a trama porosa

- Terracotta: L'impasto di argilla e acqua, dopo la formatura, subisce un unico processo di cottura □ es. antiche anfore e giare per alimenti

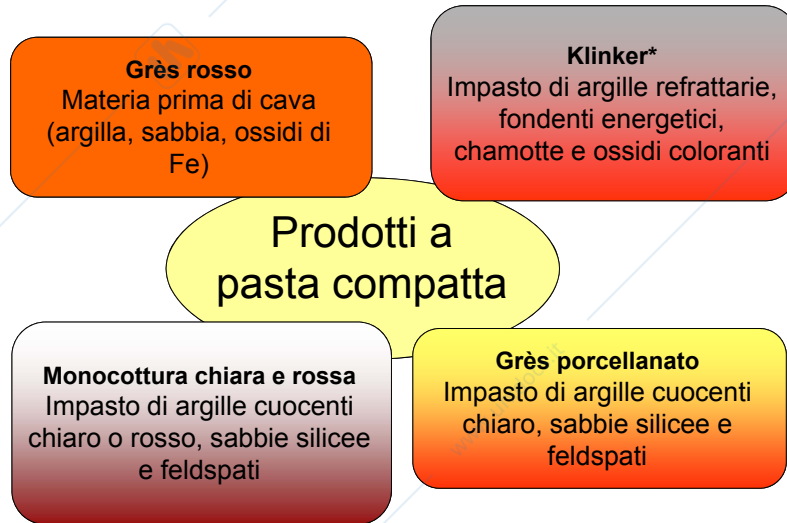


Ceramici a trama porosa

- Terraglia: è realizzata con materie prime più pregiate e cuocenti bianche. L'impasto viene sottoposto ad una prima cottura per ottenere il così detto "biscotto" ed ad una seconda cottura per l'applicazione dello smalto.



Categorie di ceramiche



* = il prodotto puo' essere smaltato

Ceramiche a pasta compatta

- I GRES sono realizzati con argille che durante la cottura danno luogo alla graduale formazione di una fase liquida (greificazione)
 - ↳ prodotto impermeabile e con elevata resistenza meccanica e agli acidi
- Gres naturali
 - ↳ realizzati con argille già contenenti una sufficiente quantità di sostanze ad azione fondente
 - ↳ condutture per soluzioni acide o acque di scarico, piastrelle
- Gres artificiali (o fini)
 - ↳ ottenuti per miscelazione di fondenti (essenzialmente feldspato) ad argille pure (prive di ossido ferrico)
 - ↳ Es.: sanitari, piastrelle.

Ceramici a pasta compatta

- **PORCELLANE:** prodotti ceramici a pasta bianca, molto compatta e vetrificata, ottenuti da miscele di materie prime pure: caolino (argilla pura), quarzo finemente macinato e feldspati.
- Caolino: pasta bianca
 - Feldspati: prodotti molto compatti
 - Quarzo: aspetto traslucido alla massa

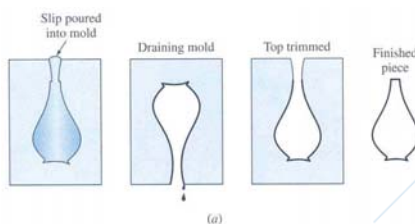
CLASSIFICAZIONE TECNICO-COMMERCIALE - Superficie smaltata

tipo	AA [%]	peso [kN/m ²]	Spessor e [mm]	uso prevalente	riferim. classif. UNI
Maiolica	15÷25	0,10 ÷0,12	5÷7	Rivestimenti interni	BIII
Cottoforte	7÷15	0,14 ÷0,16	9÷11	Pavimenti e rivestimenti interni	BIIb-BIII
M. Chiara	0÷6	0,18÷0,20	8÷10	Pavim. int. ed esterni	BI-BIIa
M. rossa	0÷15	0,16÷0,23	8÷10	Pavim. e rivestim. int. ed est.	BI-BIIa-BIIb-BIII
Terraglia	10÷20	0,10÷0,12	5÷7	Rivestim. int.	BIII
Klinker Smaltato	0÷6	0,20÷0,25	20÷30	Pavim. interni. Rivestim. interni ed esterni	AI-Alla

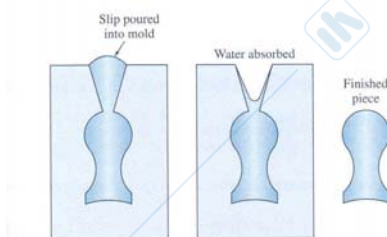
CLASSIFICAZIONE TECNICO-COMMERCIALE - Superficie non smaltata

tipo	AA [%]	peso [kN/m ²]	Spessore [mm]	uso prevalente	riferim. classif. UNI
Cotto	3÷15	0,20÷0,25	25÷30	Pavim. int. ed esterni	Alla-AIIb-AIII
Gres rosso	0÷4	0,18÷0,20	8÷10	Pavim. int. ed esterni	BI-BIIa
Gres porcellanato	0÷0,5	0,18÷0,22	8÷10	Pavim. e rivestim. int. ed esterni	BI
Klinker non smaltato	0÷6	0,20÷0,25	25÷30	Pavim. interni Pavim. e rivestim. interni ed esterni	AI-AIIa

Colata

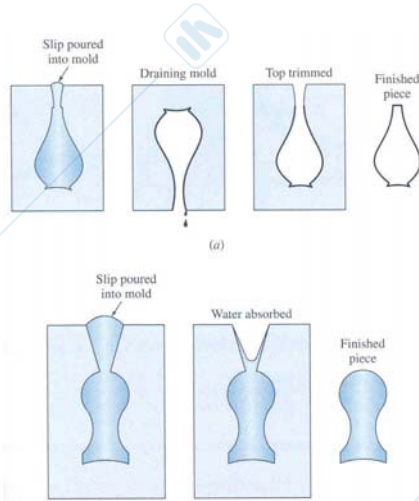


→ la polvere di materiale ceramico ed un liquido sono miscelati per preparare una sospensione stabile (barbottina)



→ la barbottina viene versata in uno stampo poroso e la porzione liquida è parzialmente assorbita dallo stampo

Colata



→ sulla superficie dello stampo si forma uno strato di materiale semi-solido

→ la barbottina in eccesso viene rimossa dalla cavità

→ il materiale nello stampo viene lasciato essiccare e poi cotto

Formatura per iniezione

Una miscela di polveri e carica polimerica (30-40% in peso) viene forzato in uno stampo

Anche forme complesse, processo costoso, applicazioni avanzate

La rimozione della componente polimerica è difficoltosa

trattamenti termici

ESSICCAMENTO: i componenti sono essiccati prima della cottura per rimuovere l'acqua dalla massa ceramica
si esegue di solito a T minore di 100°C

COTTURA/SINTERIZZAZIONE

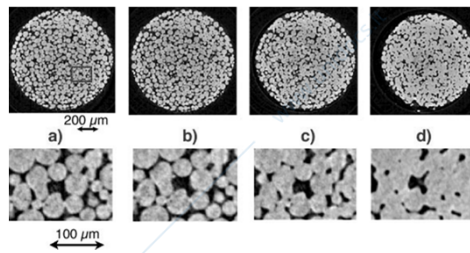
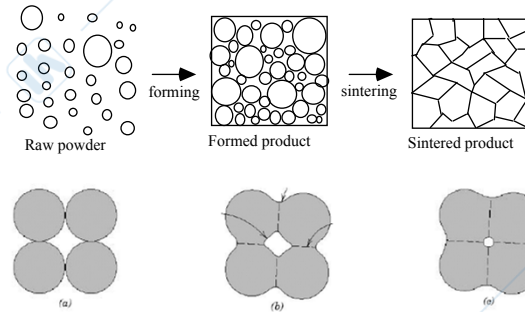
Sinterizzazione

E' un processo di compattazione di polveri che avviene al di sotto del punto di fusione del componente principale

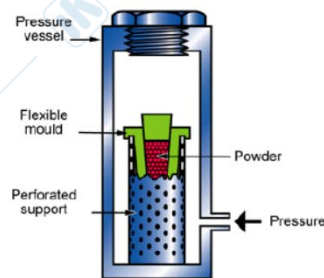
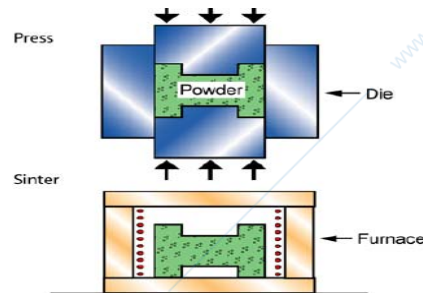
Insieme alla porosità tra le particelle della polvere di partenza viene rimossa, le particelle si accrescono e si formano collegamenti (*colli*) tra di esse

Complessivamente si osserva anche un ritiro volumetrico

Sinterizzazione



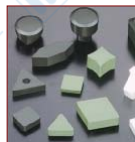
Sintering



Ceramici avanzati

Ceramici avanzati

Realizzati con **materie prime sintetiche**, molto pure e costose, tecniche di formatura complesse che possono includere metodi chimici, cicli di cottura complessi (come pressature isostatiche a caldo e in atmosfera controllata).



Ceramici avanzati

Componenti strutturali o funzionali di sistemi complessi, come parti di macchine per alta temperatura e pressione, utensili da taglio, supporti e componenti per circuiti elettronici, protesi ortopediche e odontoiatriche...



Ceramici avanzati

Settore	Esempi di Prodotti
Aerospaziale	piastrelle di rivestimento dello shuttle, barriere termiche, vetri, celle combustibile...
Consumi	oggetti in vetro e ceramica, finestre, piastrelle, componenti degli elettrodomestici...
Automobile	filtri, rotori, involucro candele, valvole, sensori degli airbag, parabrezza di sicurezza....

Ceramici avanzati

Settore	Esempi di Prodotti
Medicale	protesi di anca, impianti dentali,
Computer	isolanti, resistori, superconduttori, capacitori....
Telecom.	comunicazioni fibra ottica/laser, componenti TV e radio, microfoni...
Edilizia & altre industrie	Mattoni, cemento, attrezzature di laboratorio, membrane e filtri...

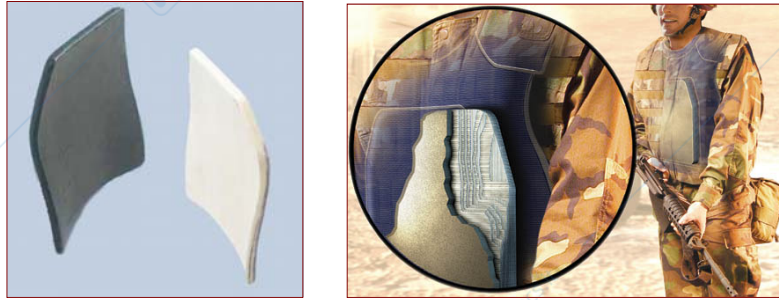
Ceramici avanzati

I ceramici ingegnerizzati sono materiali composti da ossidi ad alta purezza e bassa porosità

Materiali: BN, ZrO_2 , Si_3N_4 , SiC, Al_2O_3

Applicazioni: utensili da taglio, parti resistenti all'abrasione, rivestimenti, barriere antiossidanti, componenti resistenti ad alte temperature (es. pale delle turbine)

Ceramici avanzati



Allumina

Ceramici avanzati



Zirconia/Allumina

Ceramici avanzati

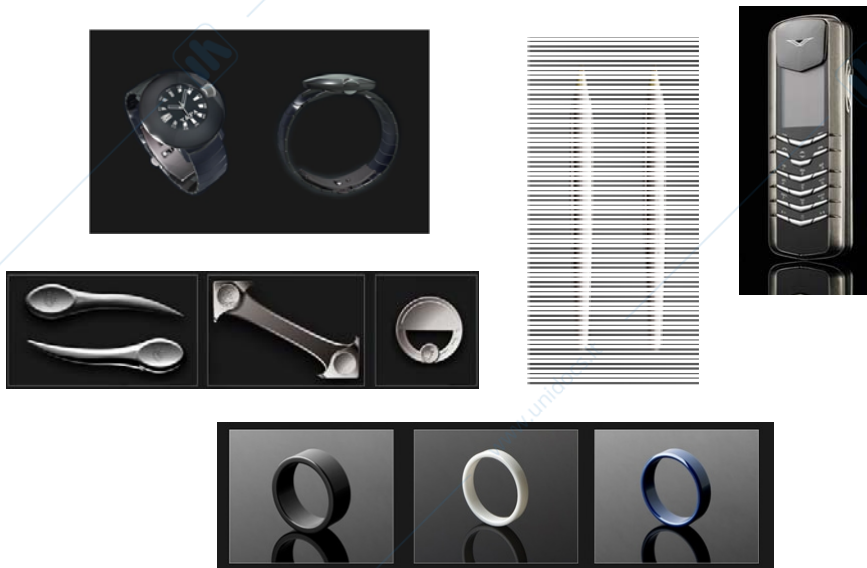


Zirconia

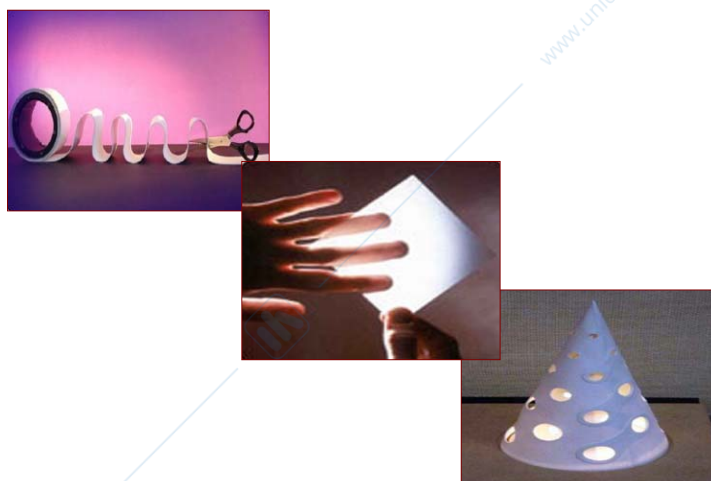
Ceramici avanzati



Ceramici avanzati



Ceramici avanzati



Keraflex, porcelain green tape

Ceramici avanzati

Allumina (Al_2O_3):

È il materiale ceramico più utilizzato dall'industria. Viene usato come refrattario per le candele di accensione nei motori a scoppio.

La sua forma mono cristallina è lo zaffiro e viene utilizzato per i quadranti degli orologi e per i finestrini degli abitacoli degli aerei. Altre applicazioni: protesi ossee, mezzi blindati, ugelli per saldatura.

Modulo elastico (GPa) 333-350
Allungamento (%) 0
Durezza Vickers (HV) 1400-1600
Limite elastico (MPa) 175-200
Temperatura di esercizio (°C) -270 to 1700

Ceramici avanzati

Carburo di silicio (SiC):

Viene ottenuto per fusione di sabbia e carbone a 2200°C.

Caratteristiche: ha buona resistenza agli shock termici, eccellente resistenza all'abrasione e stabilità chimica.

Applicazioni: utensili da taglio, componenti di motori, cuscinetti a sfera, elementi riscaldanti.

Ceramici avanzati

Zirconia: (ZrO₂):

La zirconia pura a temperature ambiente ha una struttura monoclinica. A temperature più alte esistono anche le fasi cubica e tetragonale. La trasformazione della fase monoclinica a cubica avviene a 800-1000°C ed è accompagnata da una grande variazione delle dimensioni del reticolo cristallino.

impossibile la realizzazione di pezzi in zirconia pura è necessario bloccare totalmente o parzialmente la struttura cubica mediante degli agenti stabilizzanti.

L'aggiunta di stabilizzatori della fase cubica (CaO, MgO, e Y₂O₃) permette la formazione di zirconie parzialmente stabilizzate che mostrano proprietà eccezionali

Ceramici avanzati

Applicazioni

Utensili da taglio: le lame metalliche perdono il filo quando si taglia materiali molto duri. La lama in zirconia mantiene l'affilatura per un periodo molto maggiore, grazie alla alta resistenza, alta tenacità a frattura e alta durezza

Valvole e giranti per pompe: il trasporto di prodotti chimici aggressive specie se ad alte temperature e pressioni è complesso per l'estrema reattività e l'effetto abrasivo dei fluidi. La resistenza chimica e l'alta resistenza all'usura fanno della zirconia un ottimo materiale per queste applicazioni.

Impianti ortopedici: testa del femore

Applicazioni in elettronica: sensori per ossigeno

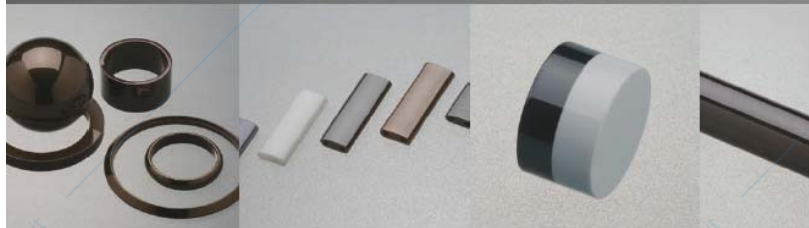
Pietre sintetiche

Sintering



Kyotop serie
Yoshiyuki Matsui (2000)
Kyocera

Using advanced materials in luxury products reflects a durable evolution in the rapidly developing jewelry, accessory, and fine timepiece markets. With a hardness approaching that of diamond, ceramic is a highly scratch-resistant material. Light and biocompatible, it is extremely skin friendly and pleasant to wear. By combining superior technical properties with a strong ceramic expertise, CoorsTek France offers a variety of esthetic versions of materials, colors, and finishes.



COORSTEK
Amazing Solutions[®]

Precision Luxury Ceramic Components

CoorsTek works closely with its customers to co-develop materials and designs ensuring your concepts become a reality. Our facilities are certified ISO 9001, 14001 and OHSAS 18001.

Our facilities vertically integrate:

- Research & development
- Powder preparation
- Forming processes including injection molding, tape casting, uniaxial and isostatic pressing
- Specialized firing profiles
- Precision machining including CNC
- Polishing
- Brazing
- Advanced, 100% quality inspection

Zirconia
ADVANTAGES

- Broad range of colors and finishes
- Soft-touch, highly precise polishing
- Biocompatibility
- Corrosion & UV resistance
- High mechanical strength
- Scratch resistance

Silicon Nitride
ADVANTAGES

- Lightweight
- High mechanical strength
- Soft-touch, highly precise polishing
- Biocompatibility
- Corrosion & UV resistance
- Extreme scratch resistance

J12 Chanel



58

