

6. MATERIALES CERÁMICOS

6.1 Estructura de los cerámicos

- Enlace atómico: parcial o totalmente iónico
- Iones metálicos: cationes (ceden sus electrones, +), aniones (aceptan electrones, -).
- Estructuras cristalinas, compuestas de dos o más elementos.
- La estructura está determinada por: el valor de la carga eléctrica de los iones (el cristal debe ser eléctricamente neutro) y los tamaños relativos de los cationes y aniones (número de coordinación).

a) Estructura cristalina tipo XY (X: catión, Y: anión)

- Igual número de cationes y aniones.
- Ejemplos: cloruro de sodio (NaCl), cloruro de cesio (CsCl), blenda (ZnS), etc.

Fig. 6.1 Enlace iónico

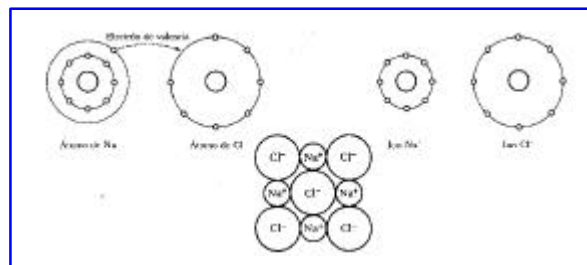
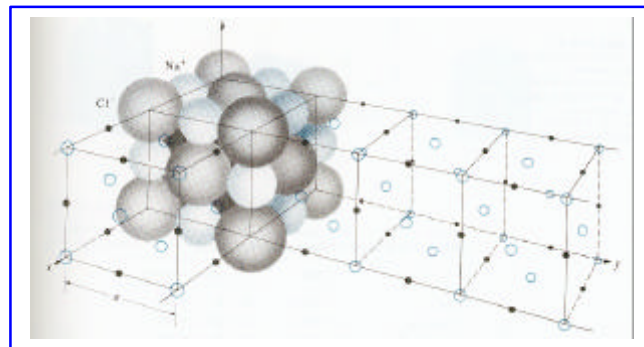


Fig. 6.2 Estructura del NaCl

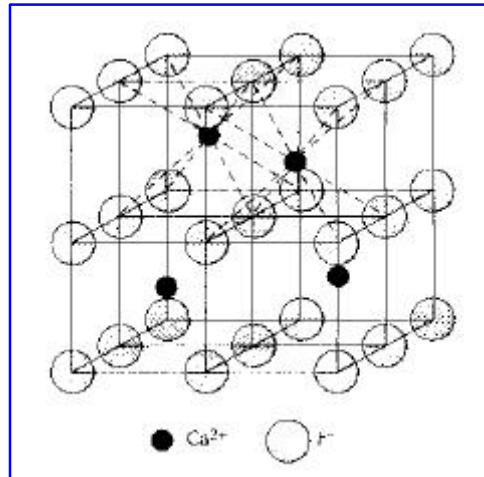


b) Estructura cristalina tipo X_mY_p

- Número de cationes distinto del número de aniones
- m y p son diferentes de 1.
- Ejemplos: fluorita (CaF_2), UO_2 , ThO_2 , etc.

Fig. 6.3 Flurita (CaF_2)

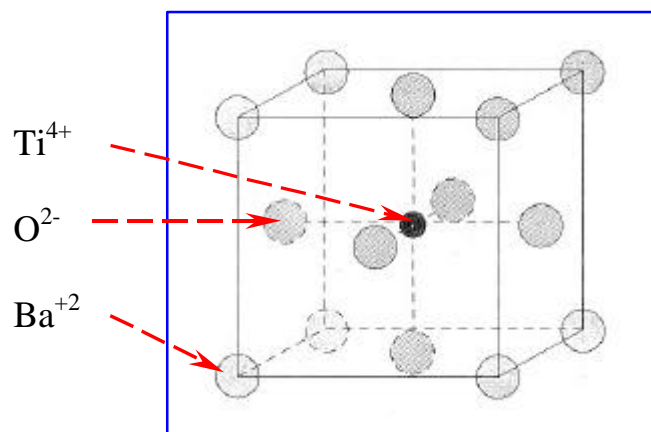
(Ca^{2+} , F^-)



c) Estructura cristalina tipo $X_mZ_nY_p$

- Dos tipos de cationes (X y Z) y un anión (Y)
- Ejemplos: perovskita (BaTiO_3), SrZrO_3 , SrSnO_3 , espinela (MgAl_2O_4 , FeAl_2O_4).

Fig. 6.4 Perovskita (BaTiO_3)



d) Densidad r de los cerámicos cristalinos

$$\rho = \frac{n(\sum A_Y + \sum A_X)}{V_c N_A}$$



densidad por mol

n : N° de iones

$\sum A_Y$, $\sum A_X$: suma de pesos atómicos de cationes y aniones, respectivamente

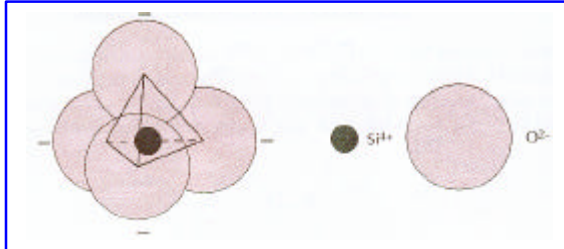
V_c : volumen de la celda unitaria

N_A : N° de Avogadro ($6,023 \times 10^{23}$ iones/mol).

6.2 Cerámicas formadas por silicatos

- Silicatos: materiales compuestos formados principalmente por silicio y oxígeno (mayoría de suelos, rocas, arcillas y arenas)
- En vez de combinación de celdas unitarias, se usa combinación de tetraedros SiO_4^{4-} .

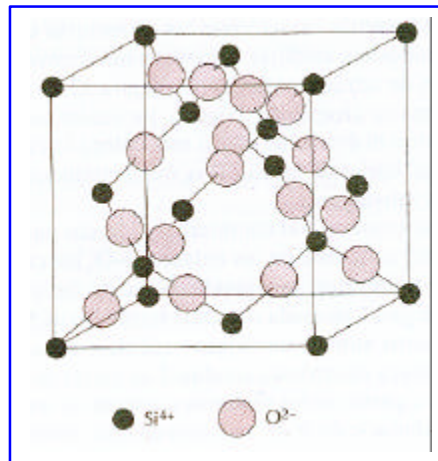
Fig. 6.5 Tetraedro de SiO_4^{4-}



a) Sílice

- Silicato más simple: dióxido de silicio ó sílice

Fig. 6.6 Sílice (SiO_2)

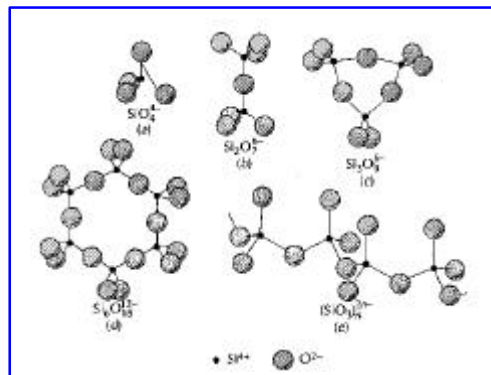


orden de corto alcance = pto de fusion mas bajo

b) Silicatos más complejos

- Uno, dos o tres de los átomos de oxígeno del tetraedro son compartidos por otros tetraedros.
- Ejemplos: SiO_4^{4-} , $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$, $\text{Si}_3\text{O}_9^{6-}$, etc.
- Cationes, como Ca^{2+} , Mg^{2+} y Al^{3+} , compensan las cargas negativas de los tetraedros SiO_4^{4-} de manera que alcancen la neutralidad y sirven de enlace iónico entre los tetraedros SiO_4^{4-} .

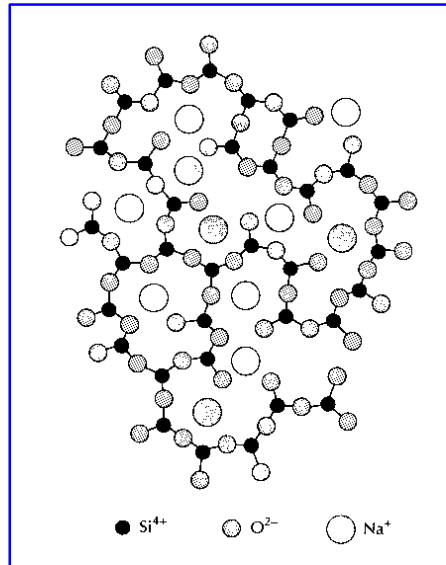
Fig. 6.7 Estructuras de iones de Silicatos formados a partir de SiO_4^{4-}



c) Vidrios de sílice

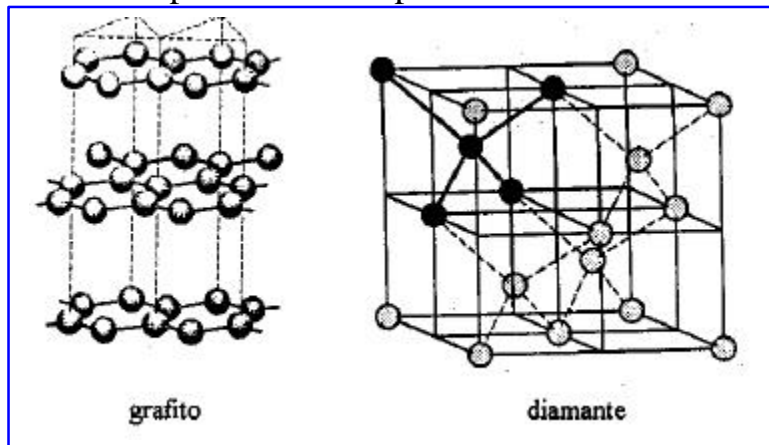
- Sólido no cristalino, con un alto grado de distribución al azar.
- Vidrios inorgánicos comunes (recipientes, ventanas, etc.): vidrios de sílice más óxidos (CaO y Na_2O). Los cationes (Na^+ , Ca^{2+}) enlazan los tetraedros, dando forma a una estructura vítrea, más probable que una cristalina.

Fig. 6.8 Representación de un vidrio de sílice con sodio.



6.3 Carbono

- Existe en varias formas polimórficas y en estado amorfo.
- Carboncillo: amorfo
- Grafito : compuesta por capas, los átomos de C de cada capa unidos con enlaces covalentes, y entre capas unidos por fuerzas de Van der Waals. Propiedades anisotrópicas.
- Diamante: poliformo metaestable de C a temperatura ambiente y presión atmosférica. Cada átomo de C está unido con otros cuatro, con enlaces covalentes. Propiedades isotrópicas.



6.4 Propiedades mecánicas de los cerámicos

a) Tenacidad de fractura

- Fractura frágil
- Tenacidad de fractura K_{IC} : capacidad de un cerámico para resistir la fractura, cuando se ha formado una grieta.

$$K_{IC} = Y\sigma\sqrt{\pi a}$$

Y: parámetro adimensional, función de la geometría de la probeta y de la grieta.

σ : tensión aplicada

a: longitud de una grieta superficial o mitad de una grieta interna.

b) Módulo de ruptura S_{mr}

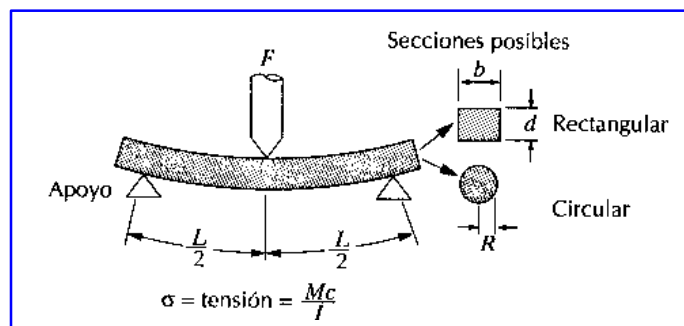
- σ_{mr} : resistencia a la flexión, tensión a la fractura en ensayo de flexión.

Fig. 6.10 Ensayo de flexión por tres puntos

M: momento de flexión máx.

c: distancia desde el centro de la probeta a las fibras externas

I: momento de inercia



i) Sección rectangular: $\sigma_{mr} = \frac{3F_f L}{2bd^2}$

ii) Sección circular: $\sigma_{mr} = \frac{3F_f L}{\pi R^3}$

F_f : carga de fractura

L: distancia entre puntos de apoyo

c) Influencia de la porosidad

- En la fabricación del cerámico (compactación de polvos) se forman poros
- En el tratamiento que le sigue al conformado se elimina gran parte de estos poros, quedando porosidad permanente.
- Porosidad tiene efecto negativo en las propiedades mecánicas.
- El módulo de elasticidad E disminuye con la fracción de volumen P de porosidad: $E = E_0 (1 - 1.9 P + 0.9 P^2)$; E_0 es el módulo de elasticidad del material sin poros.

P volumen de poros

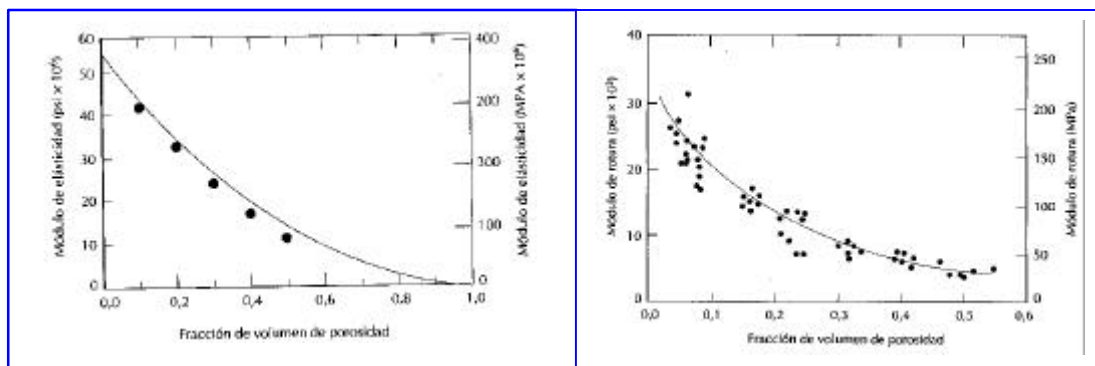
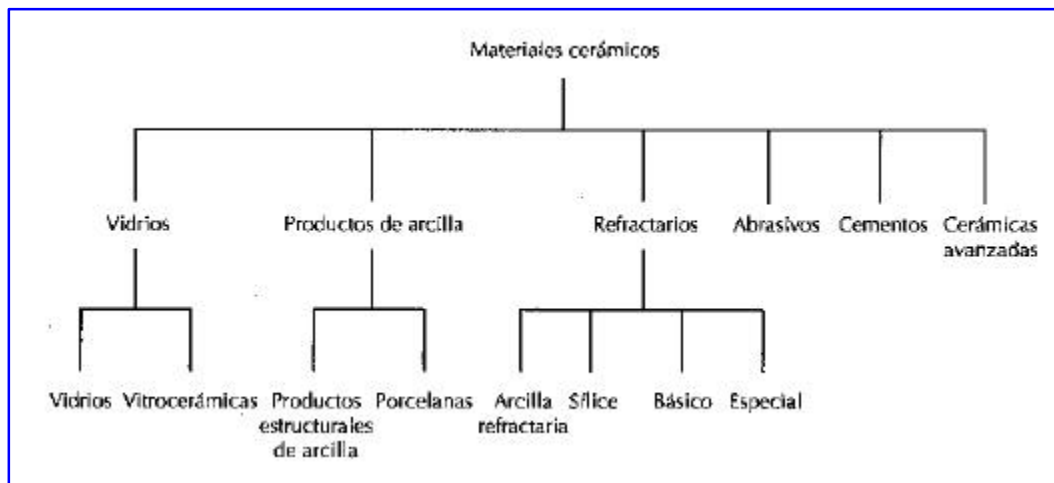


Fig. 6.11. Influencia de la fracción volumétrica de porosidad en el módulo de elasticidad y en el módulo de ruptura.

Clasificación de los cerámicos de acuerdo a su aplicación



Arcillas y porcelanas

- Arcillas: aluminosilicatos (alúmina, Al_2O_3 , y sílice, SiO_2) más agua. Ejemplos: ladrillos de construcción, baldosas, tuberías de agua residuales.
- Porcelanas: aluminosilicatos, adquieren el color blanco después de la cocción a altas temperaturas. Ejemplos: alfarería, vajillas, artículos sanitarios, etc. loza
- Estructura de las arcillas y porcelanas: caolinita $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$

Refractarios

- Mezcla de Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , Fe_2O_3 , CaO , y a veces Cr_2O_3 , TiO_2 .
- Capacidad de soportar altas temperaturas sin fundir ni descomponerse, no reaccionan cuando son expuestos a medios agresivos. Capacidad de producir aislamiento térmico.
- Ejemplos: revestimientos de hornos.
- Arcillas refractarias: mezclas de arcillas refractarias de alta pureza (alúmina y sílice), con un 25 a 45 % de alúmina)
- Refractarios de sílice: principal ingrediente es la sílice.
- Refractarios básicos: refractarios ricos en periclasa (MgO calcinada).
- Refractarios especiales: óxidos de alta pureza, como alúmina, sílice, magnesia, circonita (ZrO_2), mullita ($3\text{Al}_2\text{O}_3-2\text{SiO}_2$); otros son compuestos de carburos (por ejemplo SiC), carbón y grafito.

Técnicas de conformado de los materiales cerámicos

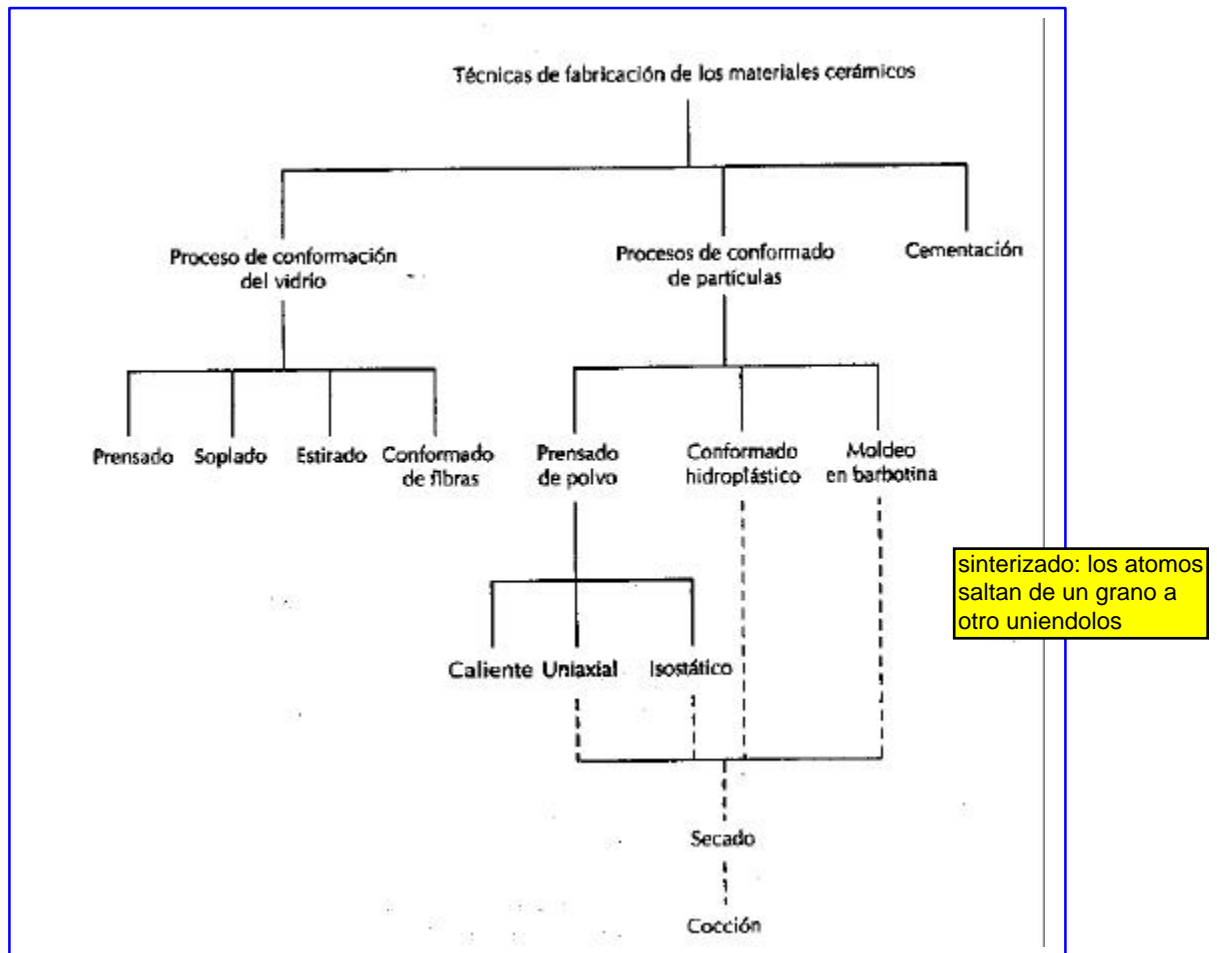
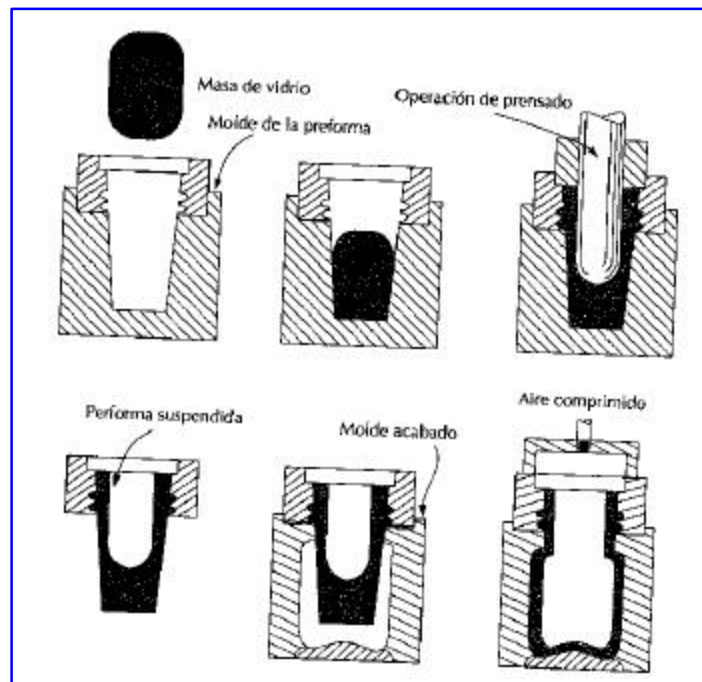


Fig. 6.14 Prensado y soplado de vidrio para fabricar una botella.



6.15. Moldeo y Sinterización

