

Bloque IV: Cerámicas de Altas Prestaciones

-Cerámicas Funcionales

-Cerámicas Estructurales

Cerámicas Estructurales

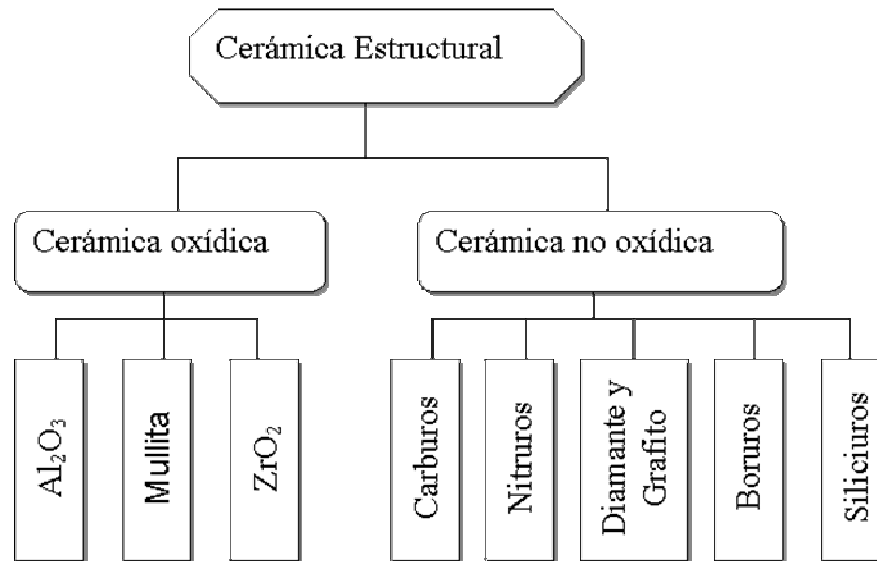
Cerámicas con aplicaciones como componentes estructurales

Clasificación

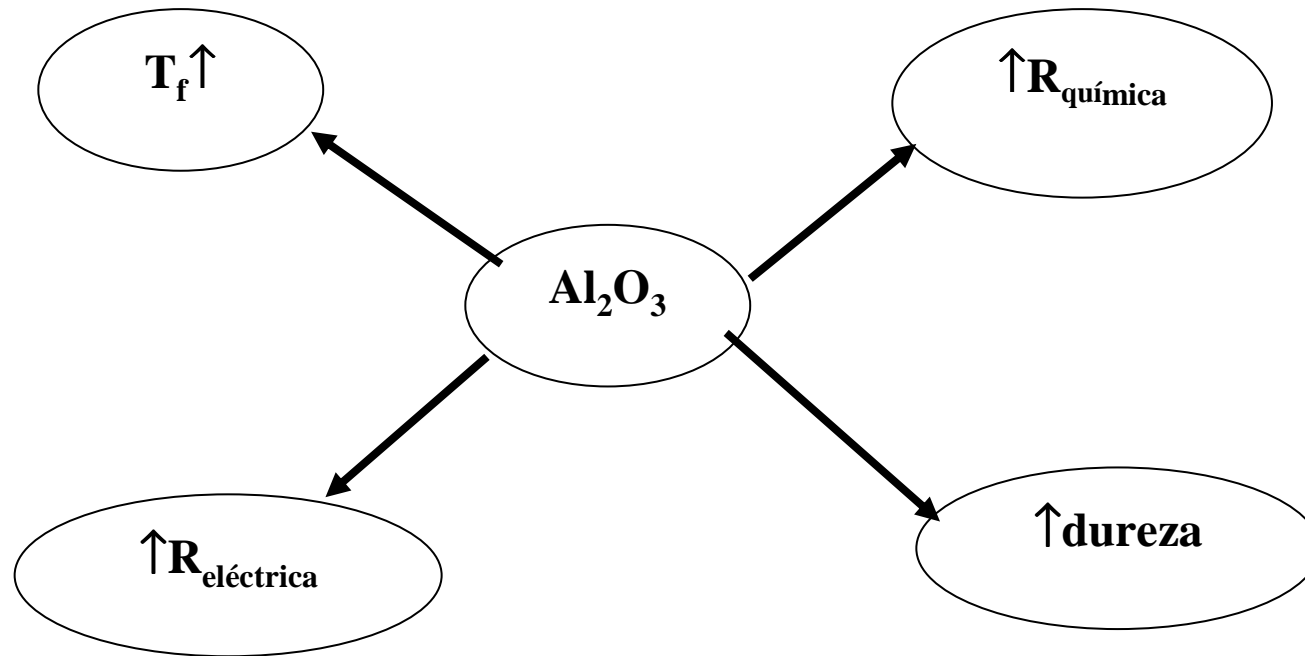
Complicada:

- A) -Cerámica estructural tradicional
- Cerámica estructural avanzada

B)



Alúmina



Cerámica Técnica estructural más utilizada: 50% Industria refractarios
20% abrasivos
15% bujías
15% otros

Alúmina

Table 2.3 Properties of alumina ceramics

Property	Alumina
Water absorption (%)	0-0.001
Apparent relative density	3.4-3.7
Thermal expansion coefficient (25-700 °C) ($\times 10^{-4}$)	7.5-7.9
Tensile strength (kg/cm ²)	1,400-1,750
Compression strength (kg/cm ²)	10,000-28,000
Bending strength (kg/cm ²)	2,800-4,200
Wear strength (kg cm/cm ²)	5.6-6.2
Thermal conductivity (cal cm/cm ² s °C)	0.040-0.045
Insulating capacity (V/mm)	10,000
Volume-based resistance (100 °C)	2.0×10^{11}
300 °C	5.0×10^{10} - 6.0×10^{11}
500 °C	1.0×10^9 - 1.0×10^9
700 °C	5.0×10^8 - 4.0×10^7
T_c value (°C)	800-930
Dielectric constant (1 mC/s)	8.3-9.3
10,000 mC/s	8.0-9.1
Dielectric loss ($\times 10^{-4}$) (1 mC/s)	3-7
10,000 mC/s	14-15

Las propiedades son función del grado de pureza

Aplicaciones de la alúmina

% Al ₂ O ₃	Grain size	Porosity	Applications Area
>99.6	Fine	closed	Electrical, Engineering, Biomedical
>99.8	Fine	zero	Lamp tubes, Optical
>99.6* (recrystallised)	Medium	closed	High temperature uses
95 – 99.5	Fine	closed	General electrical, engineering
80 - 95	Fine	closed	Low duty electrical (spark plugs)
90 - 99.6	Fine/Coarse	open	Filter media
80 - 90	Fine/Coarse	open	Abrasive

Estructura

Red hcp de O^{2-}
2/3 h.o. $\rightarrow Al^{3+}$

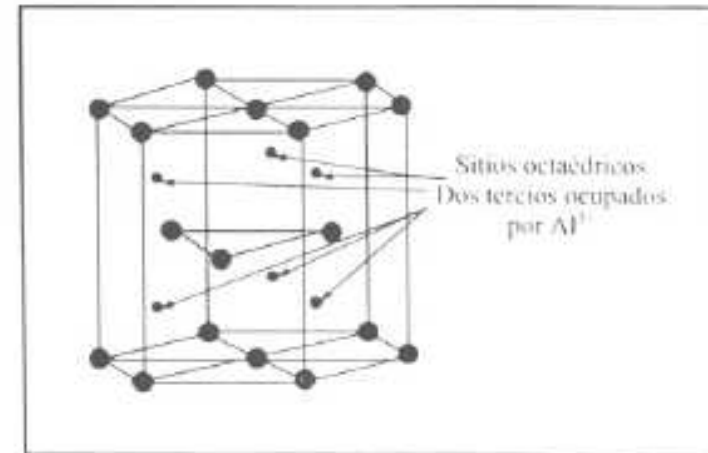
Polimorfismo

Aparición de Fases = f (mineral de partida y proceso de obtención de la alúmina)

Bohemita $\rightarrow \gamma \rightarrow \delta \rightarrow \theta \rightarrow \alpha$

Gibsita $\rightarrow \gamma \rightarrow \tau \rightarrow \kappa \rightarrow \theta \rightarrow \alpha$

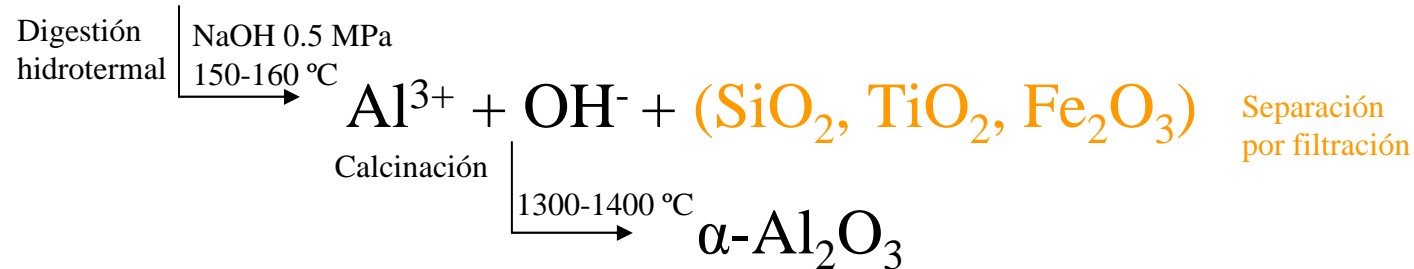
Diaspora $\rightarrow \alpha-Al_2O_3$



Obtención de polvo de alúmina

Proceso Bayer (Refino)

Bauxita (Gibsita, Boehmita y Diaspora) (Al_2O_3 hidratados)



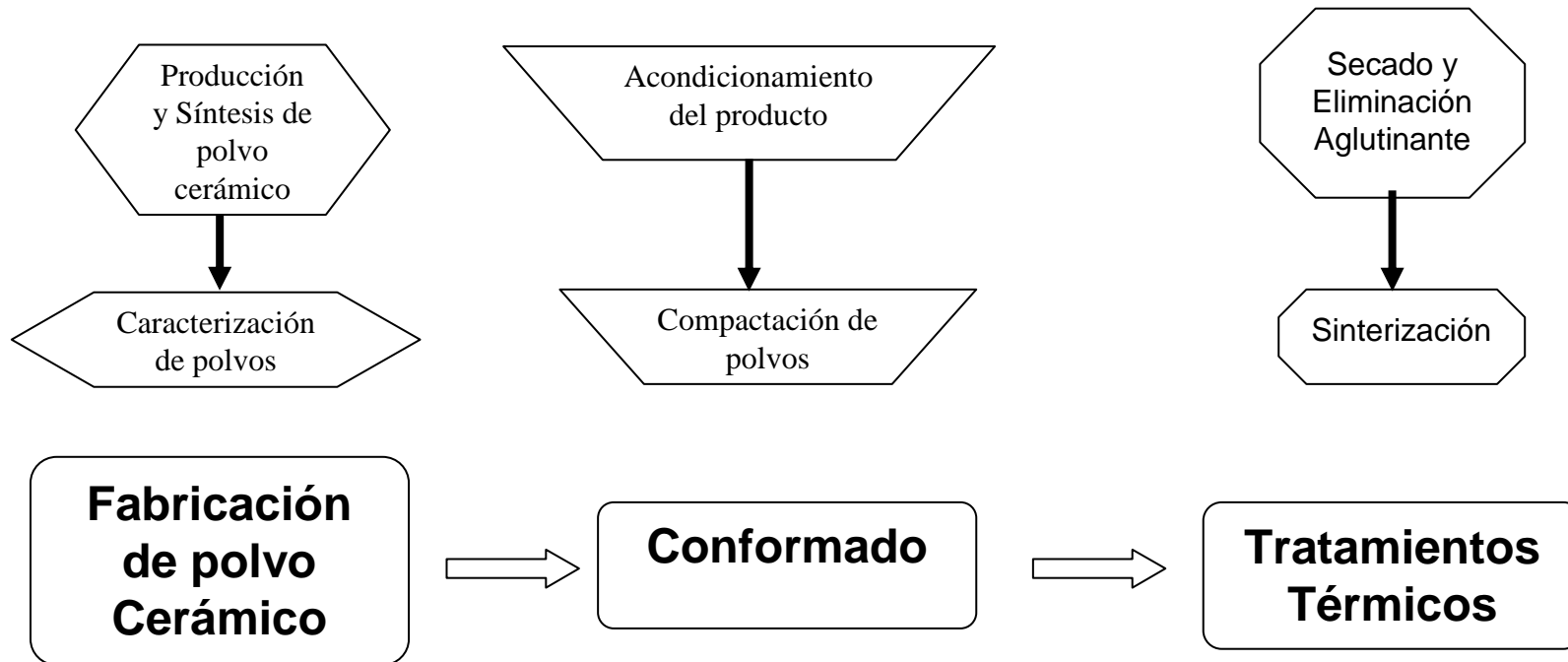
Digestión Hidrotermal



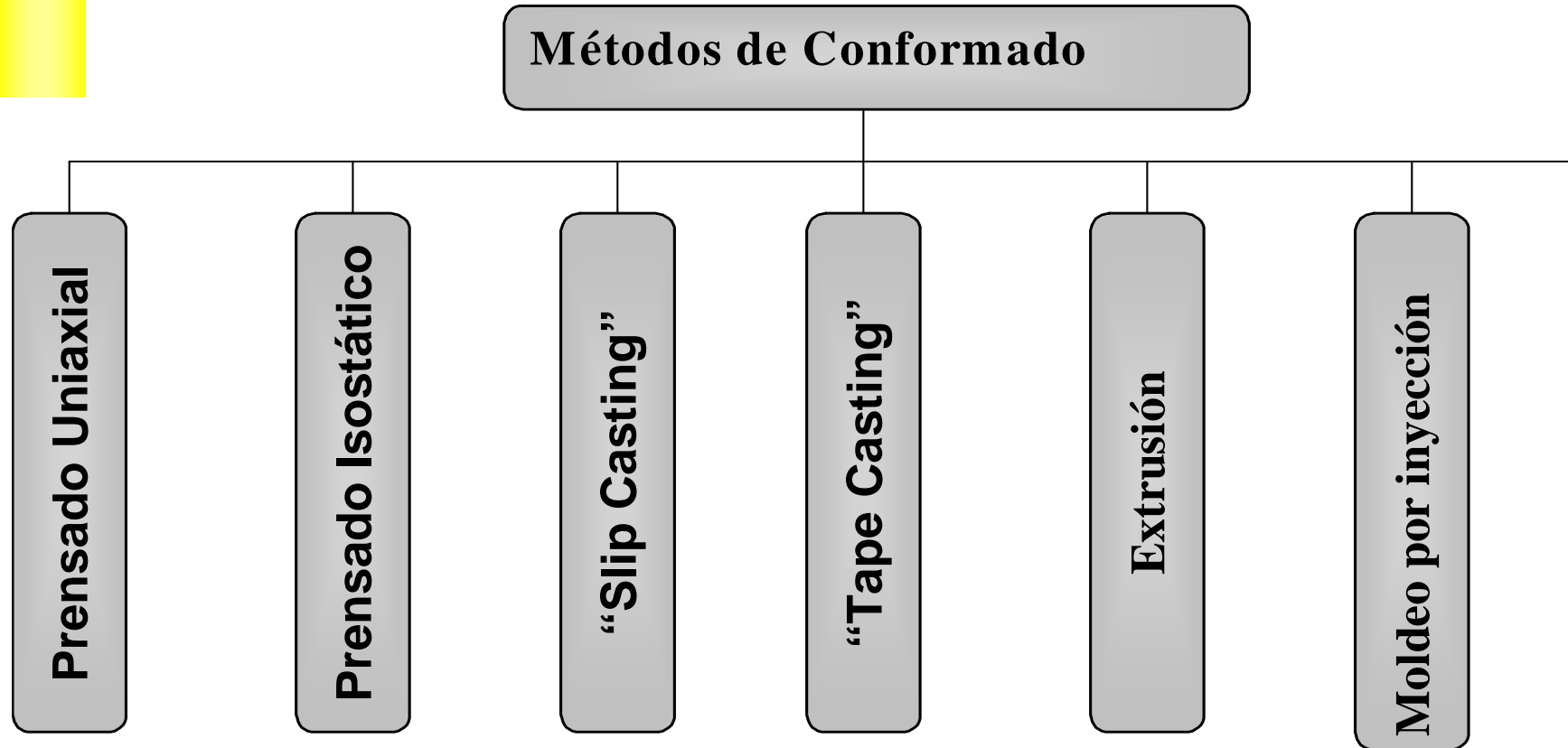
Calcínación



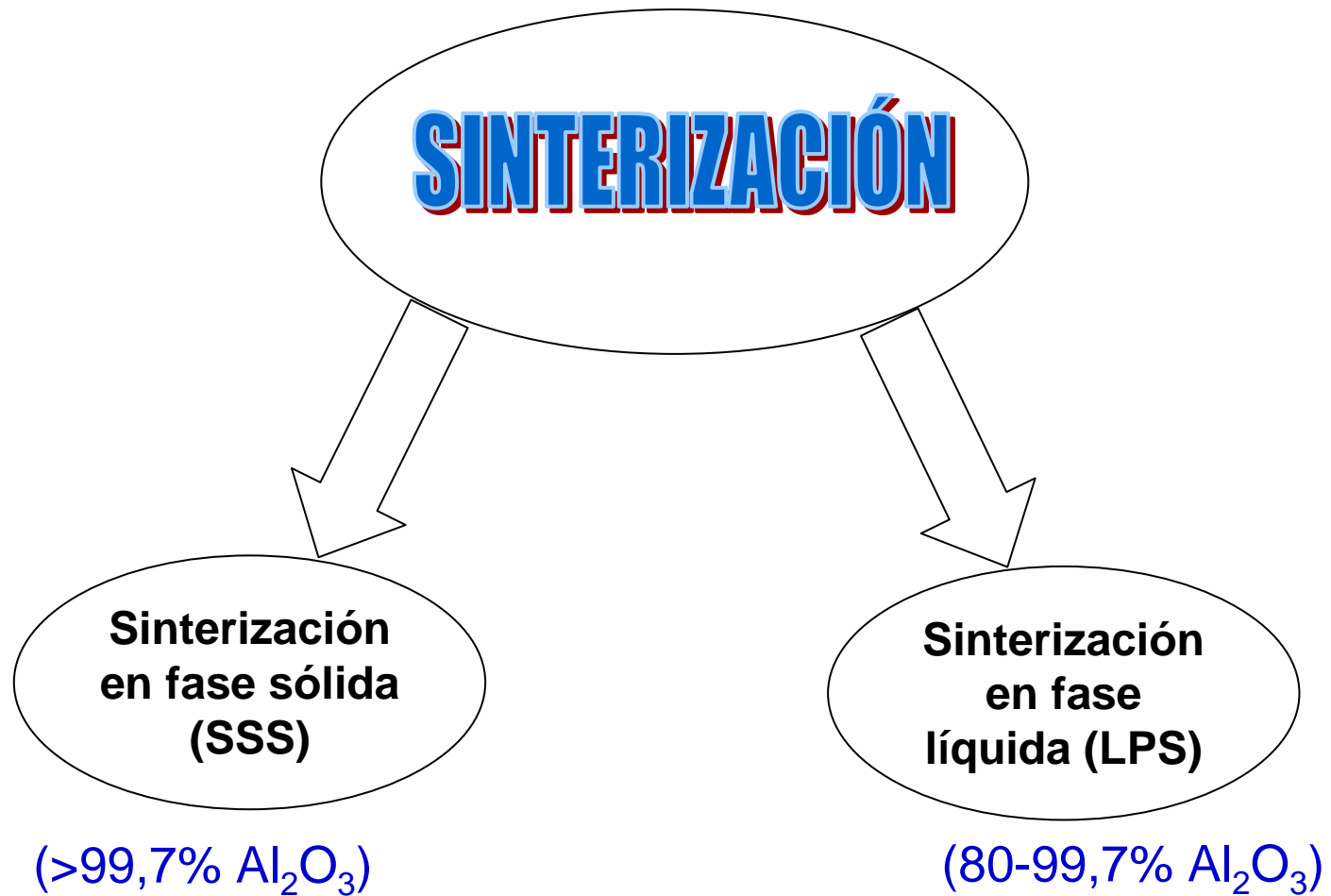
Conformado de piezas de alúmina a partir de polvo



Conformado de piezas de alúmina a partir de polvo



Conformado de piezas de alúmina a partir de polvo



Sinterización en fase sólida

Efectos de sinterización sobre la pieza:

- Eliminación de poros
- Reducción de pieza
- Aumento de densidad

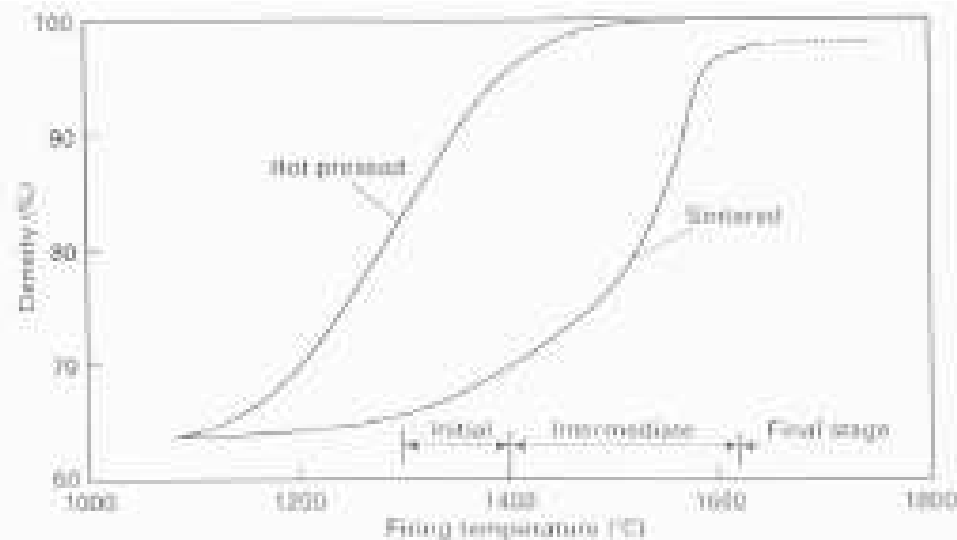


Fig. 1.28 Density as a function of sintering temperature for reactive alumina powder showing the stages of sintering (after Ilavský, 1988).

Existen tres etapas

Sinterización en fase sólida

Efectos de sinterización a nivel microestructural

- Cambios en tamaño y forma de grano
- Cambio en la forma y tamaño de poro

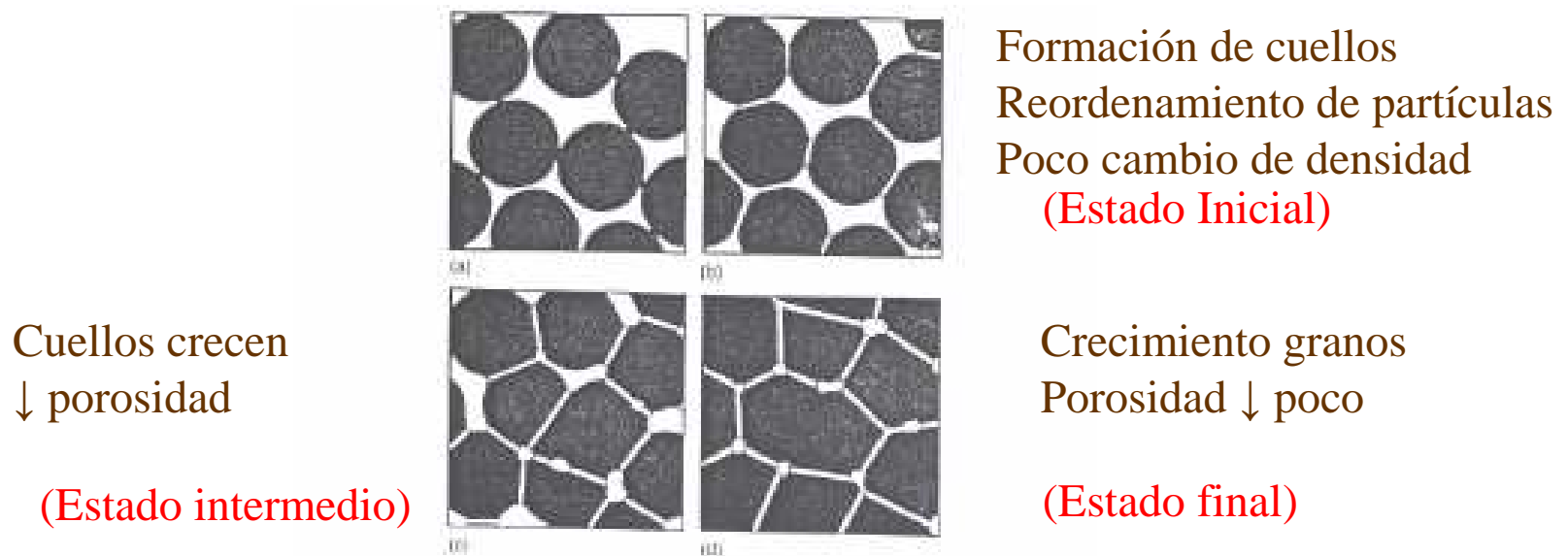
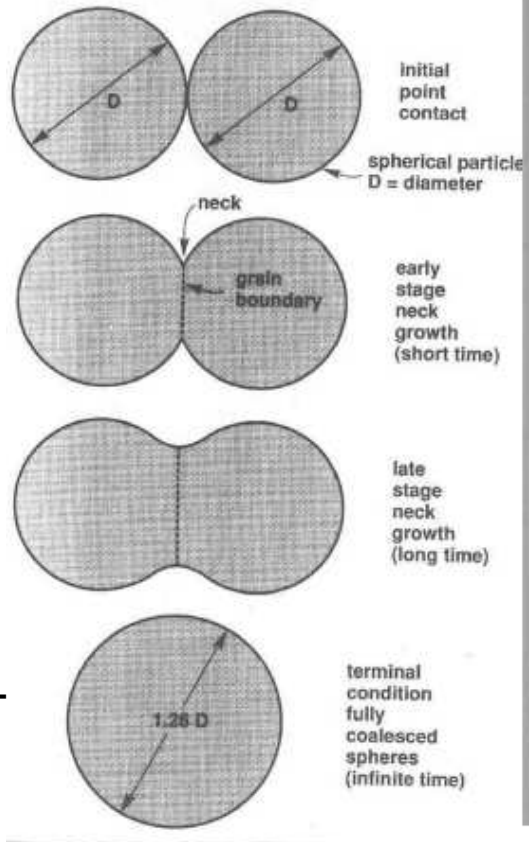


Fig. 1.29. Development of the ceramic microstructure during sintering: (a) loose powder particles, (b) initial stage, (c) intermediate stage, and (d) final stage.

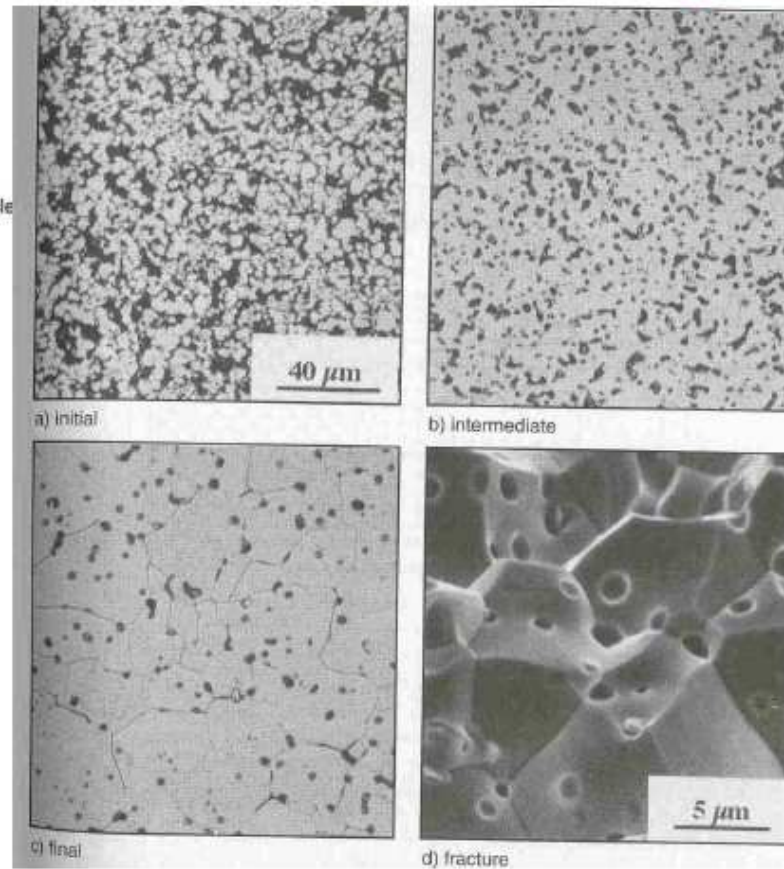
Sinterización en fase sólida

Two Sphere Sintering Model



70-92%DT

> 92%DT



Sinterización en fase sólida

Fuerzas impulsoras de la sinterización

- Energía superficial
 $\Delta G \downarrow$ si \downarrow superficie
- Presión de vapor, P_v
 $P_v(\text{convexo}) > P_v(\text{cóncavo})$
- Concentración de defectos, C .
 $C(\text{en curvatura}) > C(\text{interior sólido})$

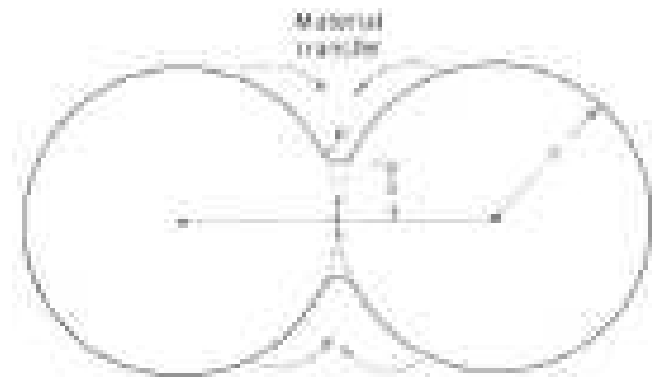
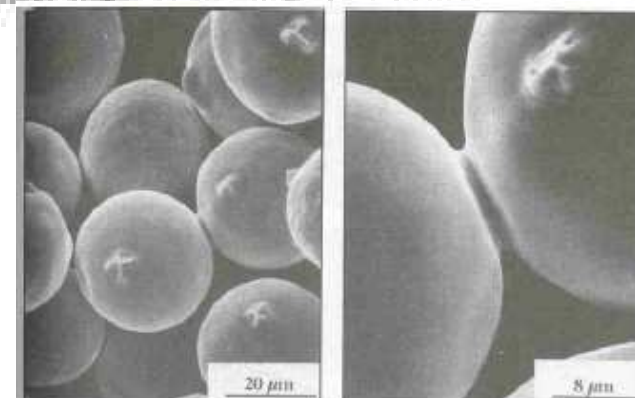


Fig. 10.18. Mecanismo de sinterización por evaporación-condensación.



Sinterización en fase sólida

Mecanismos de transporte de masa

- Evaporación-condensación

$P_v(\text{zona convexa}) \gg P_v(\text{zona concava}) \Rightarrow$ para igualar P
 \Rightarrow transporte de materia \Rightarrow crecimiento de cuellos,
 redondeamiento de poros y cierre de canales
 No \downarrow volumen poros \Rightarrow No densificación

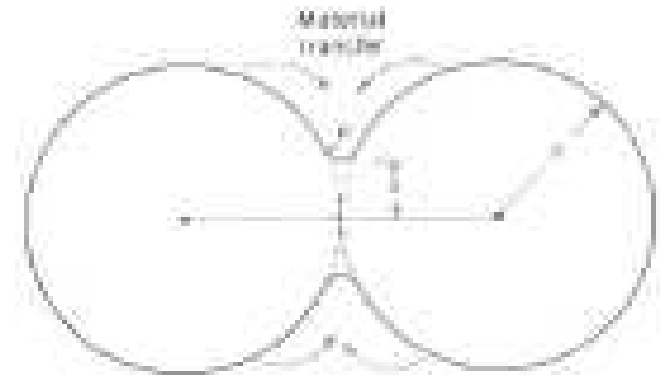


Fig. 10.10. Initial stages of sintering by evaporation-condensation.

- Difusión

$$D = D_0 \exp(-Q/RT)$$

$$D_v < D_{bg} < D_s$$

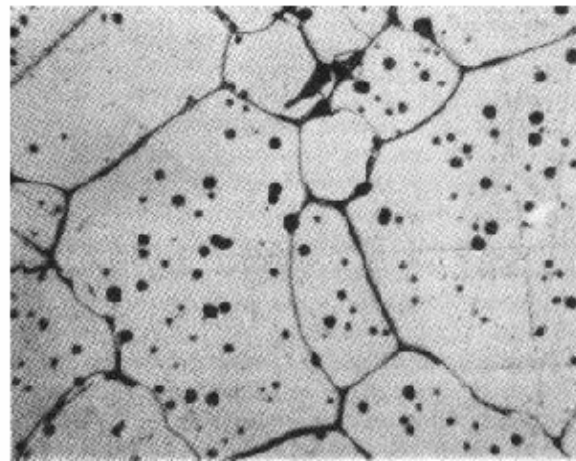
Se produce densificación

Al₂O₃ SSS

Aplicaciones

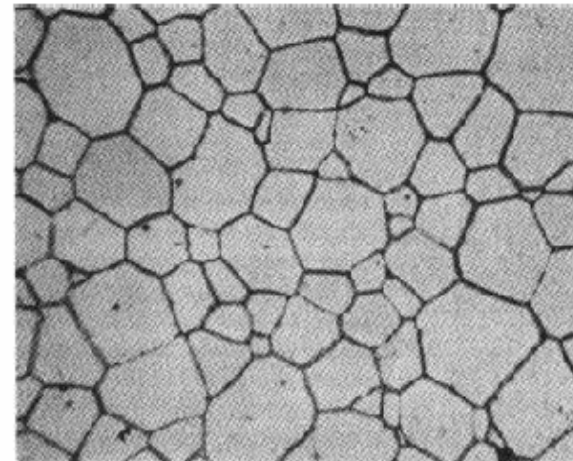
- Lámparas halógenas (LUCALOX™) (transLUCent ALuminium OXide)

*Adición 0.25%wt MgO reduce totalmente la porosidad.
Sinterización 1700-1800°C H₂*



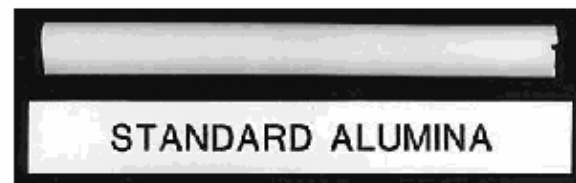
(a)

50 μm

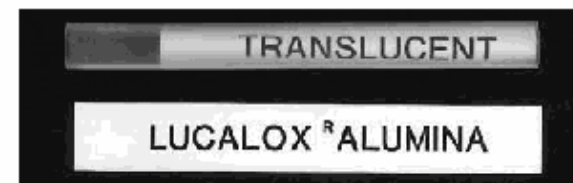


(a)

50 μm



(b)



(b)

Sinterización en fase sólida

Durante la sinterización aparece una fase líquida que permite una sinterización más rápida y T menores que la SSS. Fase líquida al solidificar produce una fase intergranular vítrea

Existen tres etapas

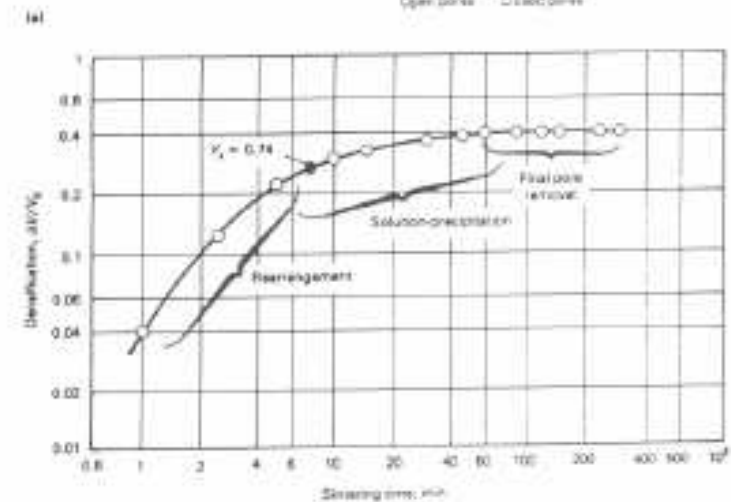
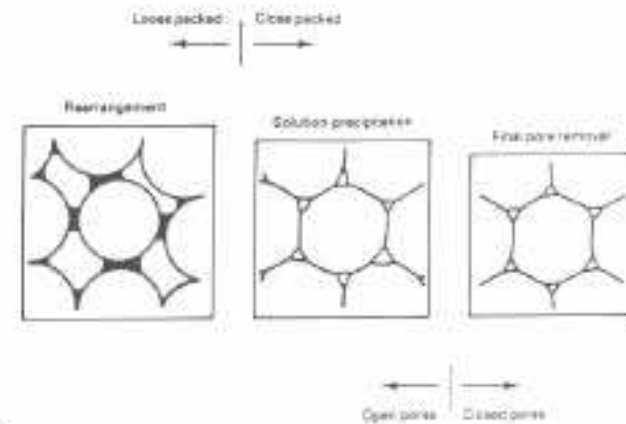


Fig 1 Rate of densification during LPS as a function of rearrangement, solution-precipitation, and final pore removal. (a) Schematic of typical microstructure and pore size for three stages of 10% of phase sintering. (b) Plot of densification versus sintering time for Al_2O_3 -MgO glass sintered at 1300 °C (2910 °F) with 5.6 μm (0.45 μin) particle size (initial). Initial liquid volume fraction, V^L was 5 vol%. MgO, magnesium-oxide; Al_2O_3 , alumina.

Sinterización en fase sólida

Microestructura de materiales sinterizados en fase líquida.

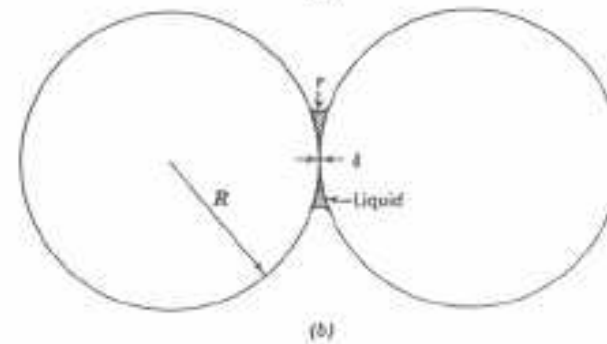
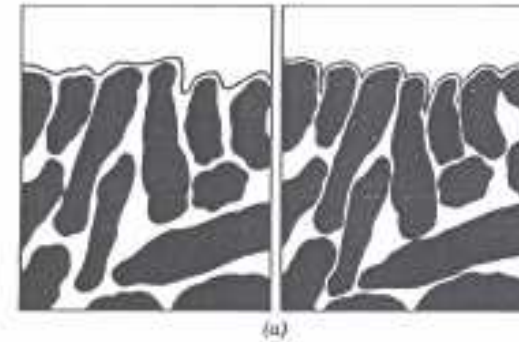


Fig. 10.40. (a) Surface of solid-liquid composite with varying amounts of liquid phase. (b) Drop of liquid between two solid spheres exerts pressure to pull them together. (c) Surface of forsterite ceramic showing liquid capillary depression between crystals.

Propiedades de piezas de diferentes grados de compactos de alúmina

Propiedad	Calidades de Alumina						
	86%	94%	97.5%	99.5%	99.9%	99% recristal	Zafiro
Densidad (.gcm ⁻³)	3.5	3.7	3.78	3.89	3.9	3.9	3.985
Constante Dieléctrica	8.5	9.2	9.5		9 – 10.1	9 – 10.1	7.5 – 10.5
Resistencia Dieléctrica(kVmm ⁻¹)	28		30 - 43		10 - 35	10 - 35	17
Resistividad Ohm.cm	>10 ¹⁴	>10 ¹⁴	>10 ¹⁴	>10 ¹⁴	>10 ¹⁴	>10 ¹⁴	>10 ¹⁶
Conductividad térmica(Wm ⁻¹ K ⁻¹)	15	20	24	26	28-35	28-35	41.9
Coefficiente Expansión Térmica (20-1000°C x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	7	7.6	8.1	8.3	8	8	5.8
Calor Especifico (JK ⁻¹ kg ⁻¹)	920	900		850			753
Resistencia a Compresión (MPa)	1800	2000	1750 - 2500		2200 - 2600	2200 - 2600	2100
Modulo de Rotura (MPa)	250	330		262	320 - 400		260
Dureza (Vickers kgf.mm ⁻²)			1500 - 1600		1500 - 1650	1500 - 1650	2500 - 3000

Al_2O_3 LPS

Contenidos variables de aditivos formadores de la fase líquida:

Silicatos de Ca y/o Mg

Aluminosilicatos de Ba

$\text{MnO}_2/\text{TiO}_2$, color marrón (eutectico MnTiO_3)

Clasificación:

•99-99,7%

Aplicaciones:

Prótesis de cadera y aislantes eléctricos

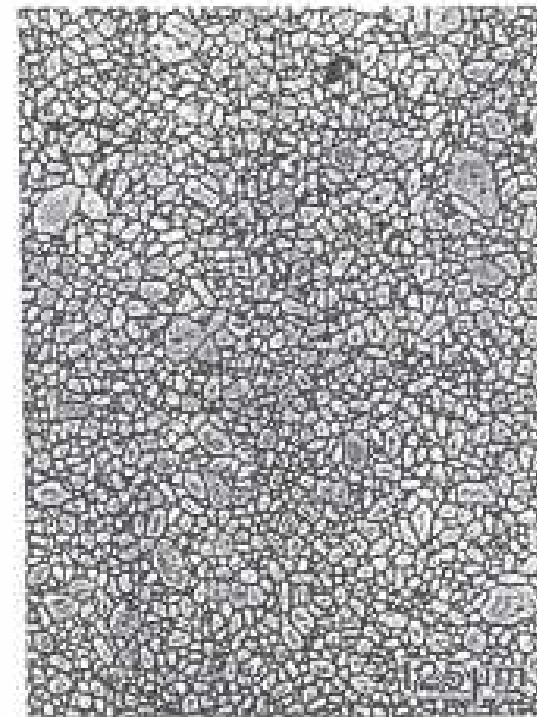


Fig. 5.16 Thermally etched microstructure of a 99% alumina showing fine equiaxed grain size and little grain boundary glass (courtesy J. Peiss, Morgan Matroc Ltd, Stourport, UK).

Al_2O_3 LPS

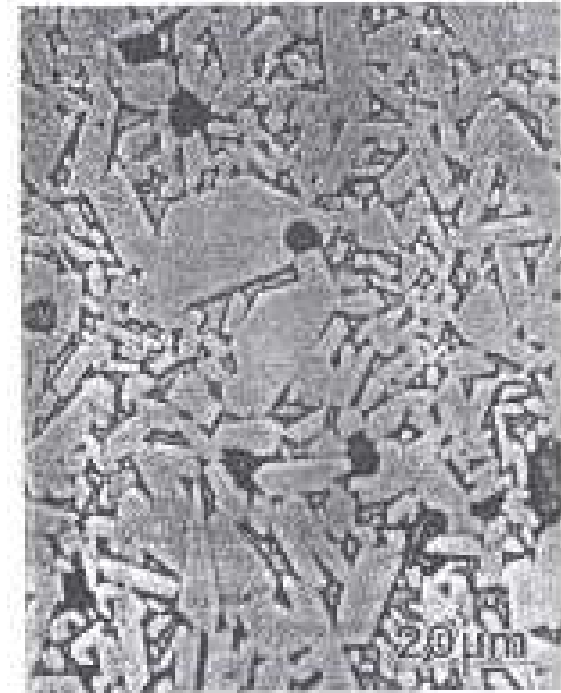
•94,5-99%

Presencia de aluminosilicatos+ CaO y/o MgO

↓
↑% fase líquida vitrea

Aparecen tb fases secundarias: $f(T, \text{ compos.}, v_{\text{enfria}})$

- anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
- gelenita ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$)
- hexaaluminato Ca ($\text{CaAl}_{12}\text{O}_9$)
- espinela (MgAl_2O_4)
- mullita ($2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$)
- cordierita ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$)



Aplicaciones:

Aislantes eléctricos

Micrografía óptica de alúmina de 95%, donde se muestra algo de crecimiento de grano y desarrollo de borde de grano alúmina alúmina (Morrell, 1985)

Al_2O_3 LPS

•94,5-99%

Aplicaciones:

Substratos de circuitos de computadoras

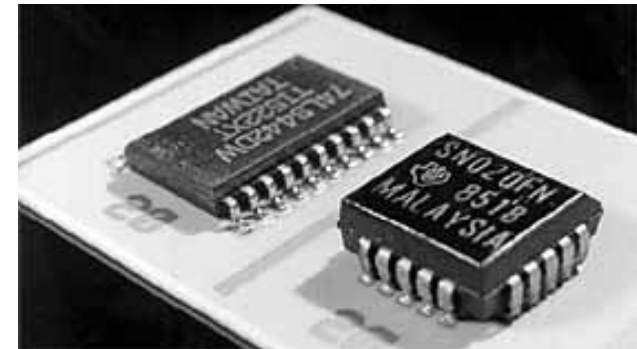
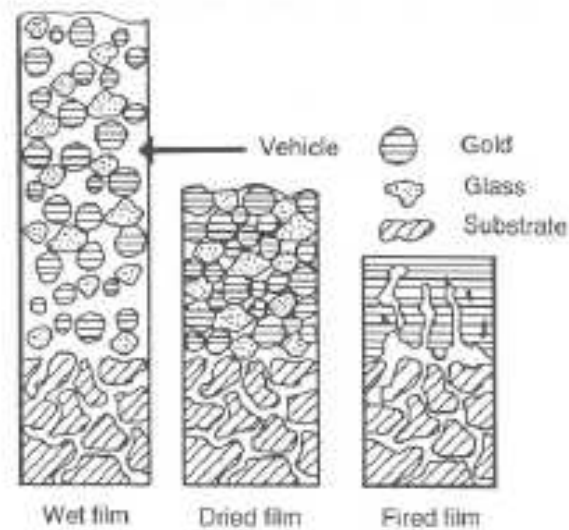


Fig. 5.19 Schematic illustration of the firing of thick-film circuitry on a glass-containing alumina substrate. During firing the glass forms a mechanical bond between the substrate and the metallic layer.

Al_2O_3 LPS

•80-94,5%

$T_{\text{sinterización}} < 1500\text{ }^\circ\text{C}$

Aplicaciones:

Aislantes eléctricos, refractarios o componentes mecánicos de baja T



Fig. 5.20 Optical micrograph of an 88% alumina showing alignment of the alumina grains in an extruded product with the extrusion axis horizontal (after Morrell, 1985).



Substratos de Al_2O_3 de 93% fabricados por tape-casting. (Kyocera)

Monocristales de Al_2O_3 (zafiro)

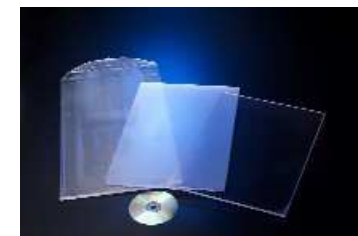
Dos gamas: -monocristales discretos (Czochralski o Verneuil)
 -fibras monocristalinas

Aplicaciones estructurales y ópticas:

-Monocristales : -gemas artificiales
 -soportes de laser
 -componentes en mecanismos de relojes
 -platos de trefiladora,...

Fibras monocristalinas:

-sustratos circuitos integrados de Si sobre zafiro,
-Fibras huecas para guías de onda de lasers (usos médicos).
-Ventanas para scanner laser en supermercados



SaphikonTM

Placas de Al_2O_3 para blindaje



Placas de alúmina y aramida para bolsillos protección del corazón



Placas de alúmina para protección de vehículos ligeros



Placas curvadas de alúmina para chalecos antibalas o protección de vehículos ligeros

Piezas de Al_2O_3 resistentes al desgaste

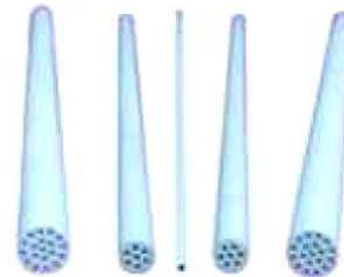


Bolas de diferentes tamaños para molienda



Filtros empleados en industria farmacéutica y de alimentos

Tubos y juntas cerámicas. Industria petróleo y química



Piezas de Al_2O_3 resistentes a alta T



Crisoles



Protección de termopares



Herramientas de corte de Al_2O_3



Ruedas de molienda de alumina fundida blanca



Insertos de alumina para herramientas de corte



Tijeras de alumina para industria textil

Componentes de Al_2O_3 Industria Eléctrica



Componentes de Al_2O_3 Industria Electrónica

Sistemas electrónicos de potencia

- dispositivos de accionamiento de motores dc o ac
- convertidores de potencia ac/dc, dc/dc, ac/ac
- amplificadores de potencia para transmisión en radiofrecuencia

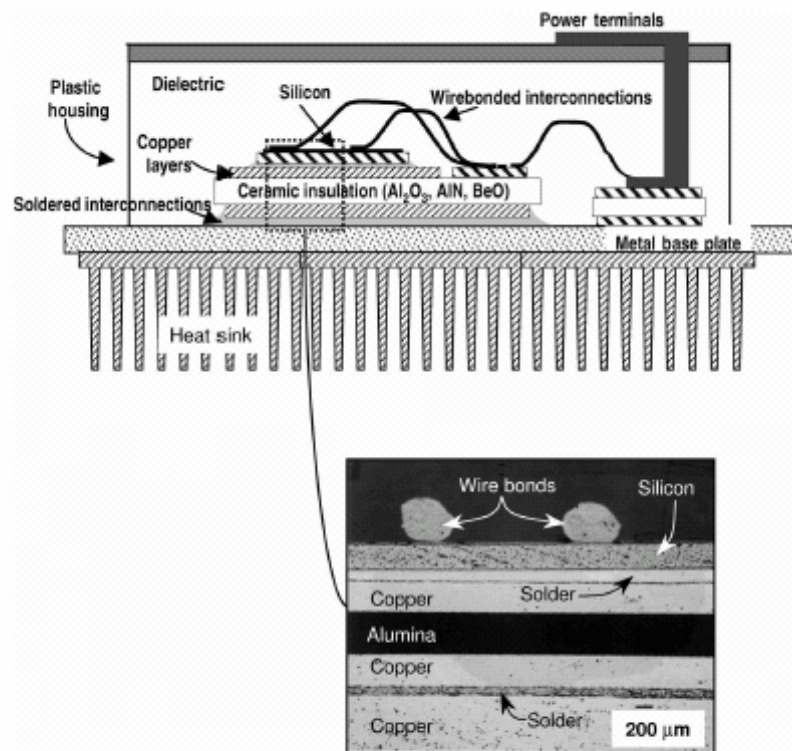


Figure 1. (a) Schematic cross section of a typical power package for an adjustable-speed motor drive or moderate-power rf amplifier (not to scale). All of the major package constituents are labeled. (b) High-magnification optical photograph of a polished cross section through a commercially available module, showing the typical dimensions of these constituents.

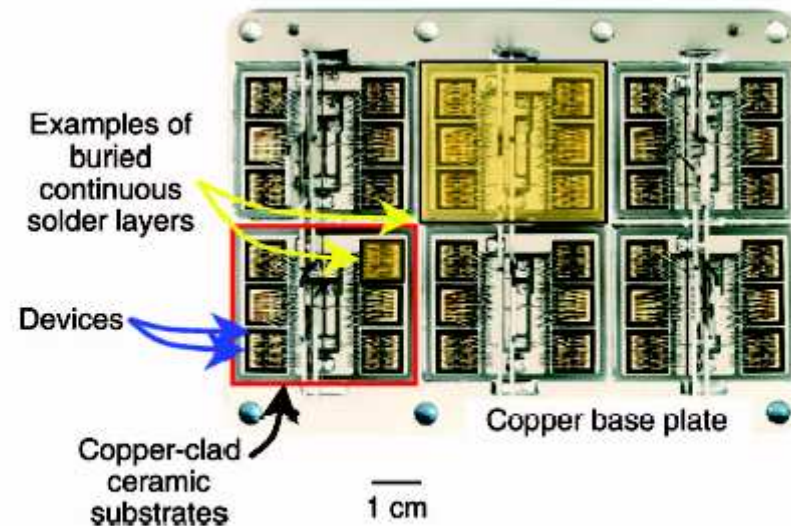


Figure 2. Optical photograph of the top of a typical high-power motor drive, illustrating key constituents and their dimensions.³