

Carbueros

•MC (M= NM ó M)

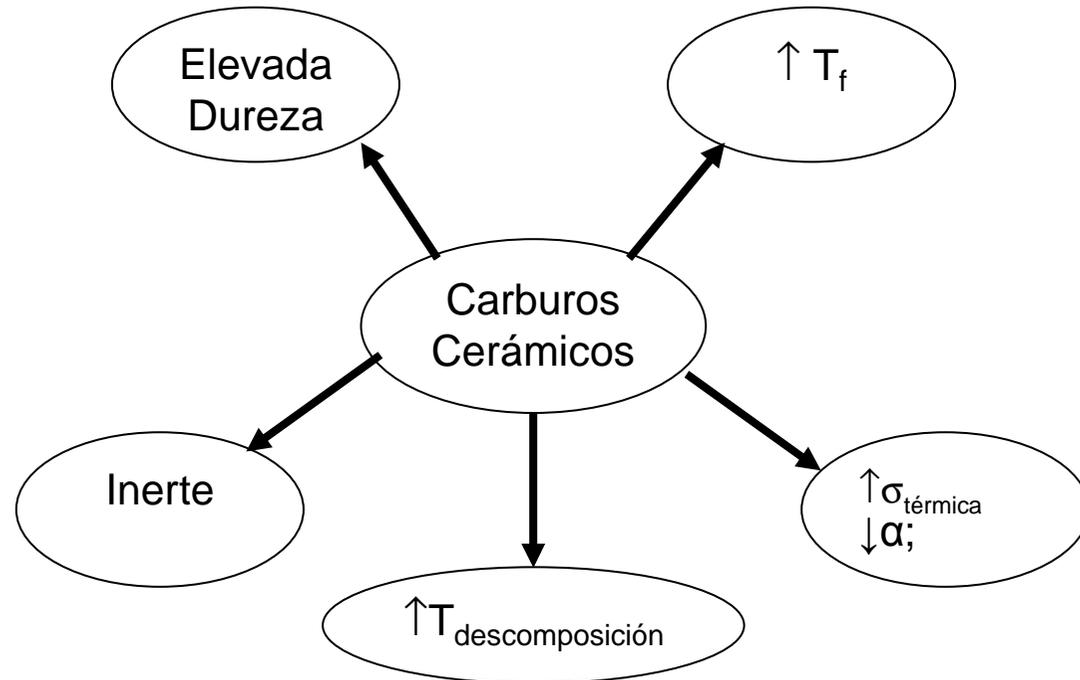


Table 2.2 Properties of representative carbides

Properties	SiC	TiC	WC	TaC
Density (g/cm ³)	3.2	4.8	15.8	14.5
Melting point (°C)	~ 3,000	~ 3,100	~ 2,700	~ 3,900
Hardness (kg/mm ²)	~ 2,500	~ 3,000	~ 2,000	~ 2,000
Specific heat capacity (cal/g °C)	0.16 (RT)	0.2	0.056 (265 °C)	0.19 (RT)
Thermal conductivity (cal/cm s °C)	0.08–1.2	0.08–1.1		
Thermal expansion coefficient (degC ⁻¹)	4–5 × 10 ⁻⁶ (RT ~ 2,000 °C)	7.2 × 10 ⁻⁶ (RT ~ 800 °C)	2.9 × 10 ⁻⁶ (RT ~ 2,200 °C)	6.7 × 10 ⁻⁶ (RT ~ 1,900 °C)
Young's modulus (kg/mm ²)	3.5–7.0 × 10 ⁴	4.6 × 10 ⁴	6.9 × 10 ⁴	3.7 × 10 ⁴
Poisson's ratio	0.19	0.19		
Electric resistance (Ω cm)	10 ⁻⁵ –10 ⁺¹³	~ 10 ⁻⁴	~ 10 ⁻⁶	10 ⁻⁴ –10 ⁻⁵
Crystallization system	cubic, hexagonal	cubic	hexagonal, cubic	cubic

Carburos

El más importante es el SiC o carborundum

($\downarrow\rho$ (40% densidad acero; $\downarrow\alpha$ y $\uparrow\kappa \rightarrow \uparrow TRS$; $\uparrow dureza$),

Aplicaciones

- Abrasivos (ppal aplicación)
- Componentes resistentes al desgaste de diversa maquinaria.
- Rodamientos
- Componentes de turbinas de gas que operan a alta temperatura
- válvulas de reglaje
- Resistencias de hornos
- semiconductores
- Industria de protección y armamento

SiC

Estructura del SiC

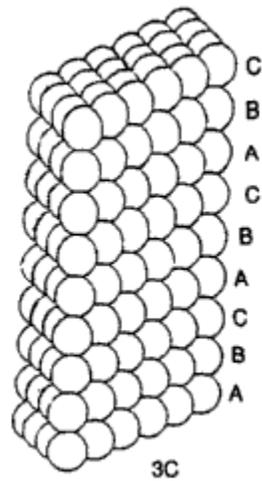
Estructura: → Similar a Diamante o blenda

Enlace → 88% Covalente

β -SiC

↓T

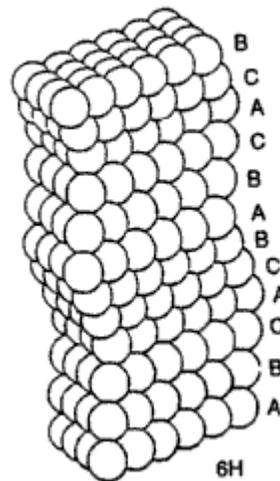
(cúbica) 3C



α -SiC

↑T

(hexagonal) 6H



SiC

Fabricación de piezas de SiC:

La naturaleza covalente del enlace hace difícil la sinterización.

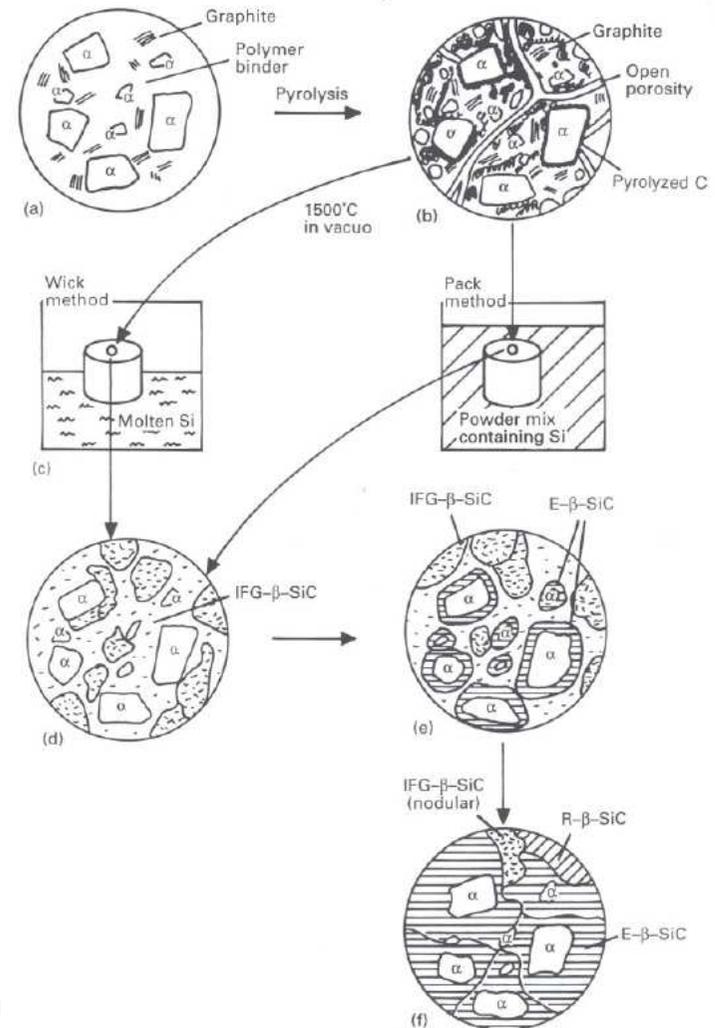
Sinterización ocurre a $T \sim 2000$ °C con polvo muy fino (submicrónico)

Existen tres tipos de sinterización del SiC:

- Sinterización Reactiva (\Rightarrow RBSiC)
- Sinterización sin Presión (\Rightarrow SSiC)
- Sinterización con Presión en caliente (\Rightarrow HPSiC)

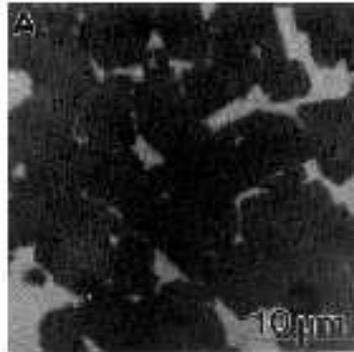
SiC

Sinterización Reactiva (RBSiC):



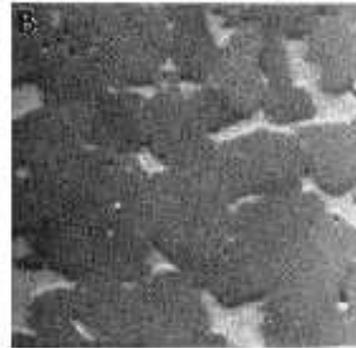
SiC

Microestructuras piezas RBSiC:



Reflected Light
Micrograph

$\rho=3.10\text{g/cm}^3$ (98% th)
 $\alpha\text{-SiC}$

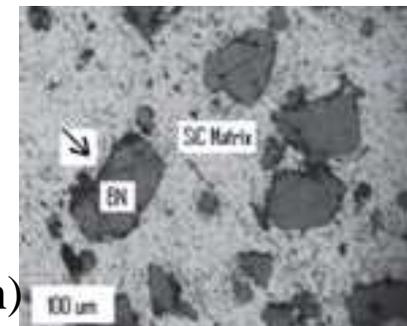


Backscattered
electron image



Secondary
electron image

$\alpha\text{-SiC} + \text{BN}$
(buenas prop. de lubricación)



SiC

Aplicaciones: Armaduras

Armaduras compuestas Chobham
(Challenger 2; M1 Abrams, Leopard,..)

Armaduras ligeras



*Componentes de helicoptero hechos de Ceralloy
546 (SiC/carburo de boro)*



SiC

Aplicaciones: Automoción

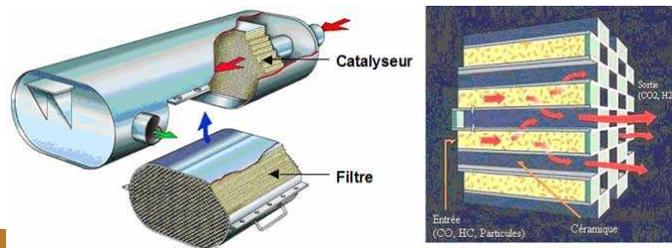
Frenos disco y embragues

Bombas de agua

Filtros de partículas diesel



*Disco de freno de Porsche Carrera GT
(Si infiltrado en composites C reforzado con C)*



*Filtros de partículas de motores diesel
(izda. SiC; dcha. cordierita)*



Componentes de bombas de agua

SiC

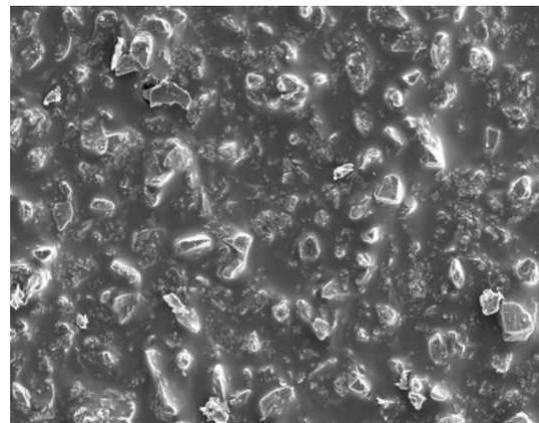
Aplicaciones: Resistencias

Elementos calefactores en hornos de alta temperatura
($T=600 - 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$)



Aplicaciones: Abrasivo

Papel de lija



*Imagen SEM de papel abrasivo de 600
(150x)*

SiC

Aplicaciones: Joyería



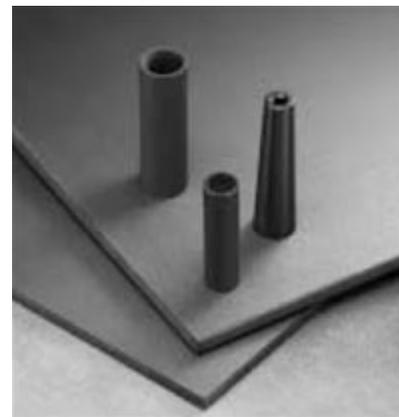
Moissanita

Aplicaciones: Material estructural

Alabes y toberas de turbinas



*Rodamiento completo de SiC
17x26x5 mm*



Toberas soplantes (atomización)



Alabes de turbina

SiC

Aplicaciones Electrónicas

Pararrayos

LEDs azules

Substratos de otros s.c. GaN

Detectores UV

WC

Estructura del SiC

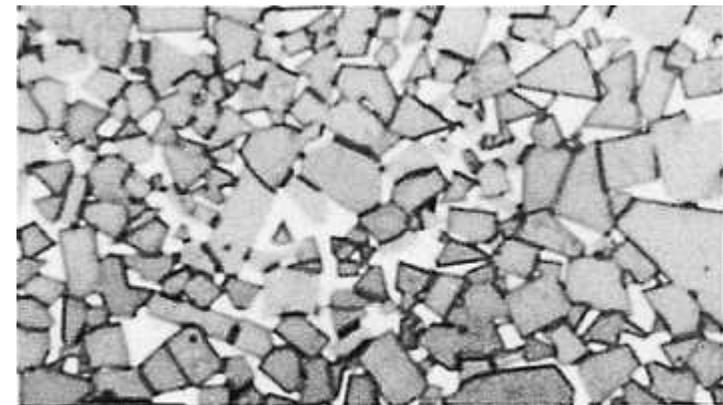
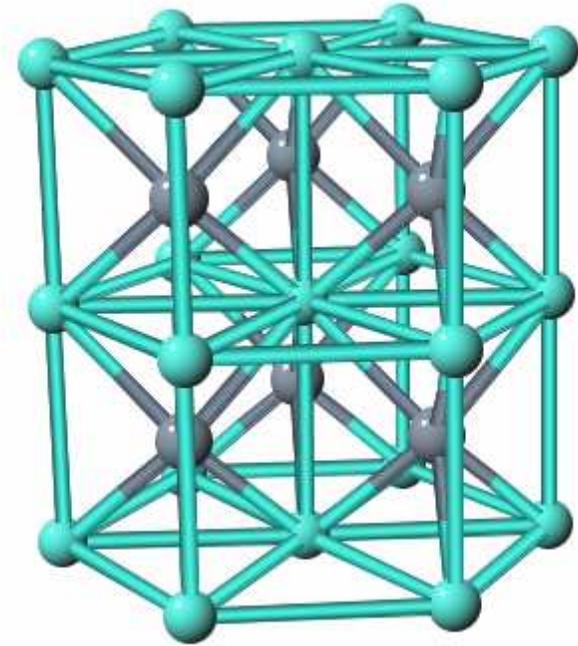
Estructura hcp

Su principal uso es la fabricación de carburo cementado o “metal duro”.

Se fabrica por “cementación” de partículas de WC usando como agente cementante Co metal (sinterización en fase líquida).

Aplicaciones

- Herramientas de corte
- Abrasivos y útiles resistentes al desgaste
- Otros usos (Deporte, uso doméstico, joyería)



0 10 μm

Carburo cementado o Metal duro

Aplicaciones

Herramientas de corte



Útiles para esmerilados de precision



Fresa para asfalto



Brocas, injertos,...

Carburo cementado o Metal duro

Aplicaciones: Componentes resistentes al desgaste



Matrices, ruedas para laminación en caliente, punzones, anillos de estanqueidad, matrices de trefilado, matrices y punzones de extrusión, rodamientos, injertos...

Carburo cementado o Metal duro

Aplicaciones

Otros usos (Deporte, uso doméstico, joyería)



Puntas de bolígrafo

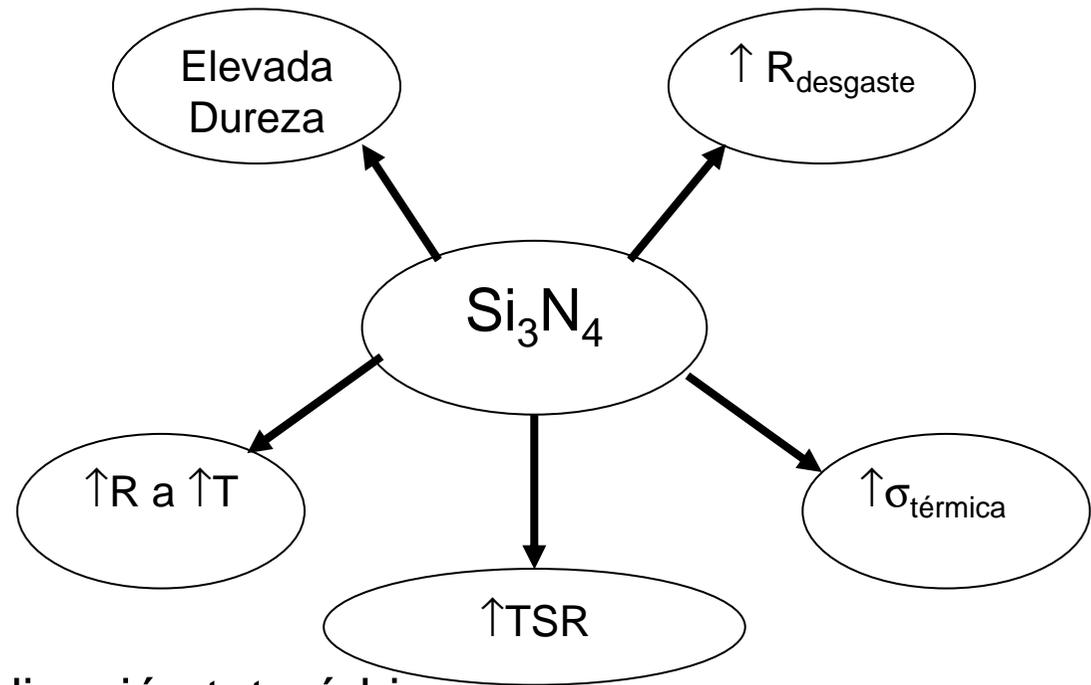


Punta de bastones de treking



Punta de bastones de rollerski

Nitruro de Silicio



Si: → hibridación sp^3 → coordinación tetraédrica

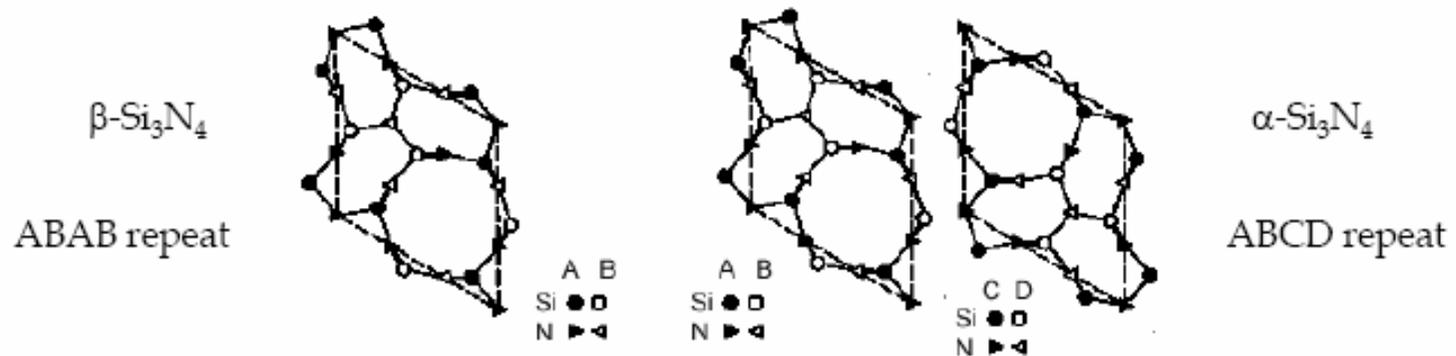
N: → hibridación sp^2 → coordinación triangular

Enlace muy covalente y muy direccional

Si₃N₄

∃ dos polimorfos: α-Si₃N₄ y β-Si₃N₄

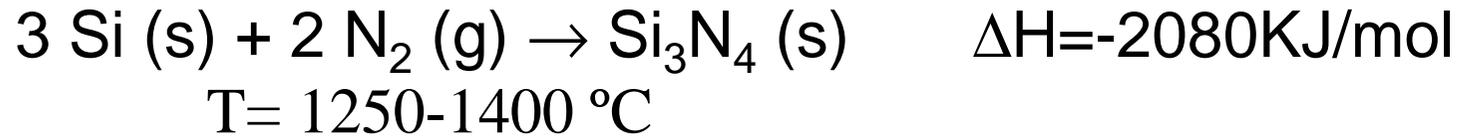
Capas Si-N en secuencia ABCDABCD..... y ABAB.....



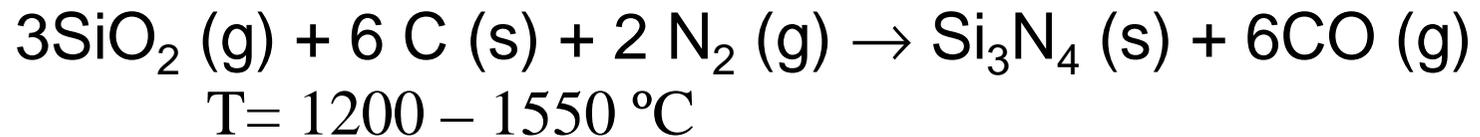
Síntesis del polvo de Si_3N_4 :

No Estado Natural

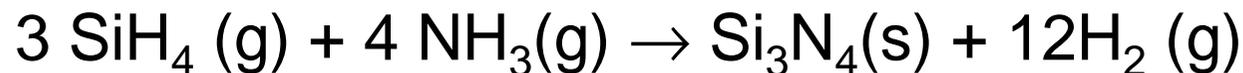
- Nitruración del polvo Si



- Reducción de SiO_2 con C en N_2



- Reacción entre SiCl_4 o SiH_4 con NH_3 en fase vapor



Si₃N₄

Sinterización Reactiva (RBSN):

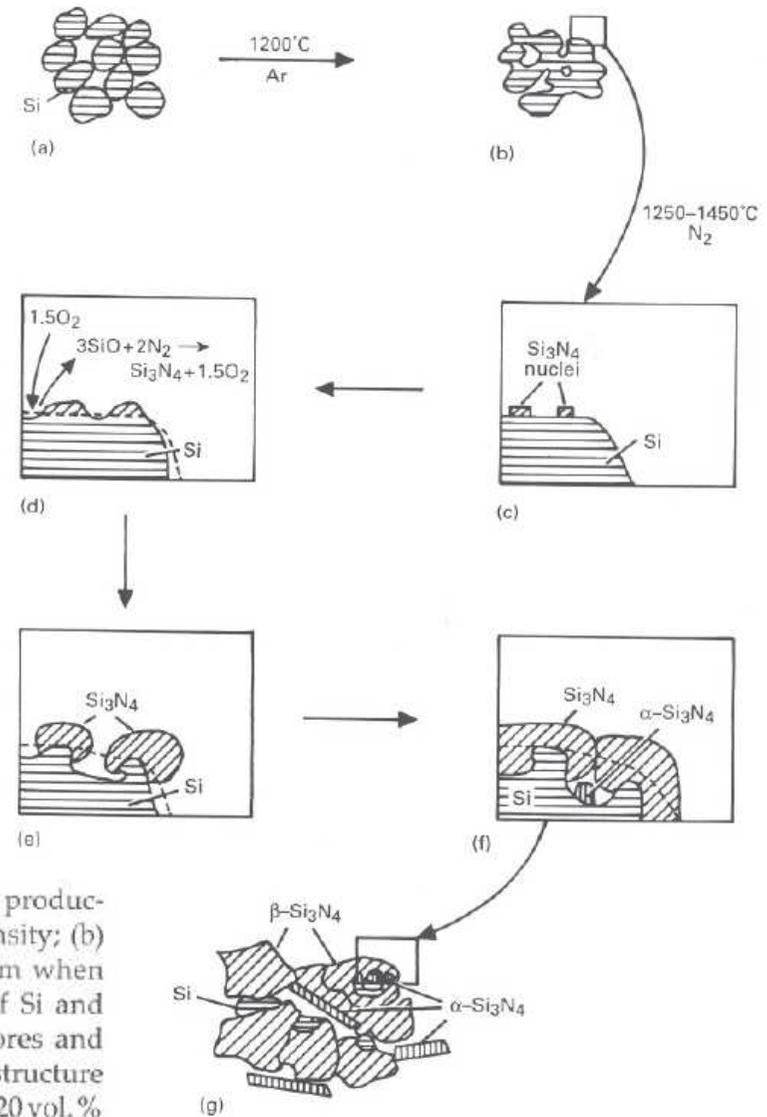


Fig. 7.14 Schematic diagram of microstructural evolution during the production of RBSN: (a) Si powder shaped to a green body with 50 vol.% density; (b) neck formation after pre-sintering at 1200°C in Ar; (c) Si₃N₄ nuclei form when heating in N₂; (d) lateral and outward growth of nuclei; (e) pitting of Si and further growth of Si₃N₄; (f) Si₃N₄ grains grow together and isolate pores and remnant Si, some CVD growth of α -Si₃N₄ needles; (g) final microstructure typically being 60% α -Si₃N₄, 2% Si, 38% β -Si₃N₄ and containing 20 vol.% porosity.

Si₃N₄

Sinterización por Presión en Caliente (HPSN):

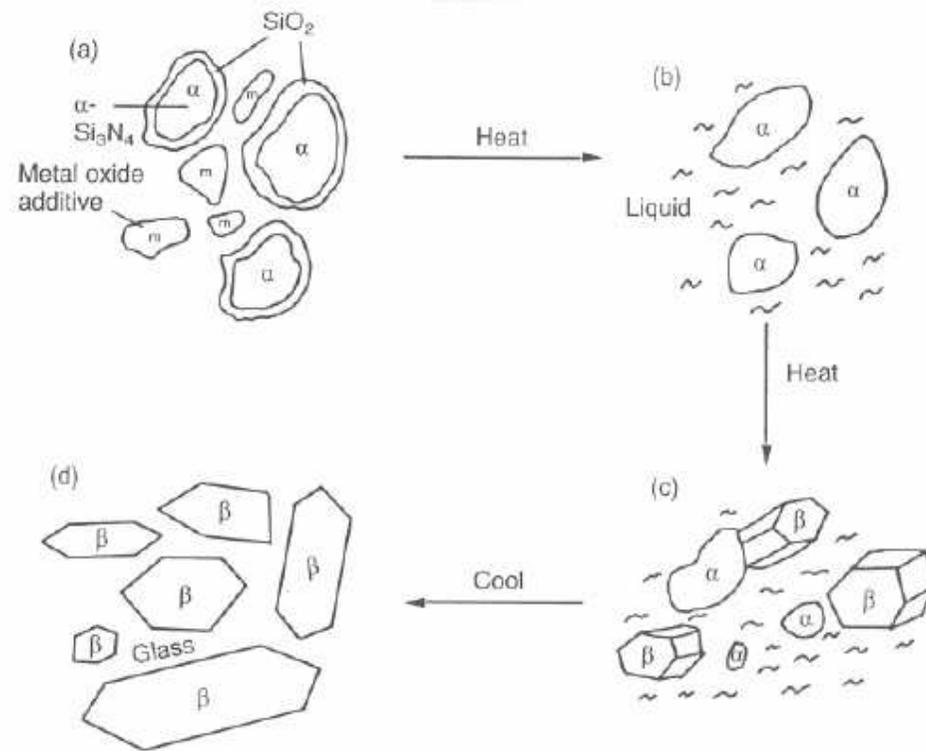


Fig. 7.7 Schematic of solution-precipitation mechanism in HPSN: (a) starting powders; (b) oxynitride/silicate liquid formation and solution of silica and α -Si₃N₄; (c) precipitation of β -Si₃N₄; (d) final microstructure as viewed in a 2-D section showing hexagonal β -Si₃N₄ grains in a (usually) glassy matrix.



Aplicaciones:
Industrial del automóvil



*Rodillos de levas del tren de válvulas de motores diesel pesados.
(Ceradyne)*



*Rodamientos de rodillos y husillos empleados en vehículos de F-1
(Ceradyne)*



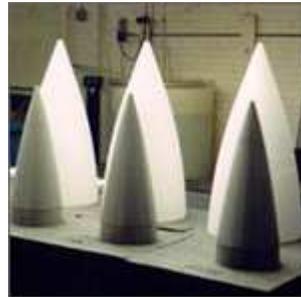
Cilindros y rodillos en bombas de diesel de alta presión (Ceradyne)



Aplicaciones:
Industrial aeroespacial



Aislante en sistemas de encendido en motores a reacción (Ceradyne)



Radomos para misiles en los más modernos sistemas de defensa aérea. (Ceradyne)



Rodamientos, casquillos y componentes resistentes al desgaste en motores a reacción comerciales (Ceradyne)





Aplicaciones:
Industria química



Tubo de protección de termopar en la fabricación de TiO₂ a partir de TiCl₄ (Ceradyne)



Tubos en cámaras de combustión en la fabricación de HCN (Ceradyne)





Aplicaciones:
Desgaste Industrial



*Rodamientos en general
(Ceradyne)*



*Válvulas de bola
(Ceradyne)*



*Industria del papel
(componentes que trabajan
en condiciones muy
abrasivas, ácidas y a
cizalla)*



*Industria metalúrgica:
rodillos de doblado, de
compresión y de trefilado
en la industrial del Cu*



*Injertos para herramientas
de corte*