



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

# **“TECNOLOGÍA DE SÍNTESIS DE POLVOS”**

## **MATERIALES**

**Prof. Titular: Dra. Ing. María J. Santillán**

**Prof. Adjunto: Dr. Ing. Claudio Careglio**

# Tecnología de polvos cerámicos

“Materiales inorgánicos constituidos por átomos de metal y no metal unidos por enlaces iónicos y/o covalentes”.

## Características

- Dureza (fragilidad)
- Alto PF.
- Estabilidad química
- Alto modulo de compresión

## Clasificación

### vidrios

- $\text{SiO}_2$  y aditivos

### Cerámicas tradicionales

- Arcilla,  $\text{SiO}_2$  y feldespatos
- Porcelanas

### Cerámicas tecnológicas o de alta prestación

- Oxídicas
- No oxídicas

# Cerámicas de alta prestación

## COMPOSICIÓN

### OXIDICAS

- Alúmina
- Zirconia
- Mulita

### NO OXIDICAS

- Nitruros
- Carburos
- siliciuros
- Boruros
- Diamante

## APLICACIÓN

Refractarios ( $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$ )

Abrasivos (CSi,  $Al_2O_3$ , diamante)

Eléctricos/magnéticos (ZnO,  $Al_2O_3$ , ferritas, NAl)

Biológicos (CSi,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ )

Nucleares ( $UO_2$ )

# PREPARACIÓN DE NANOMATERIALES

Métodos Físicos

Métodos Químicos

Molienda

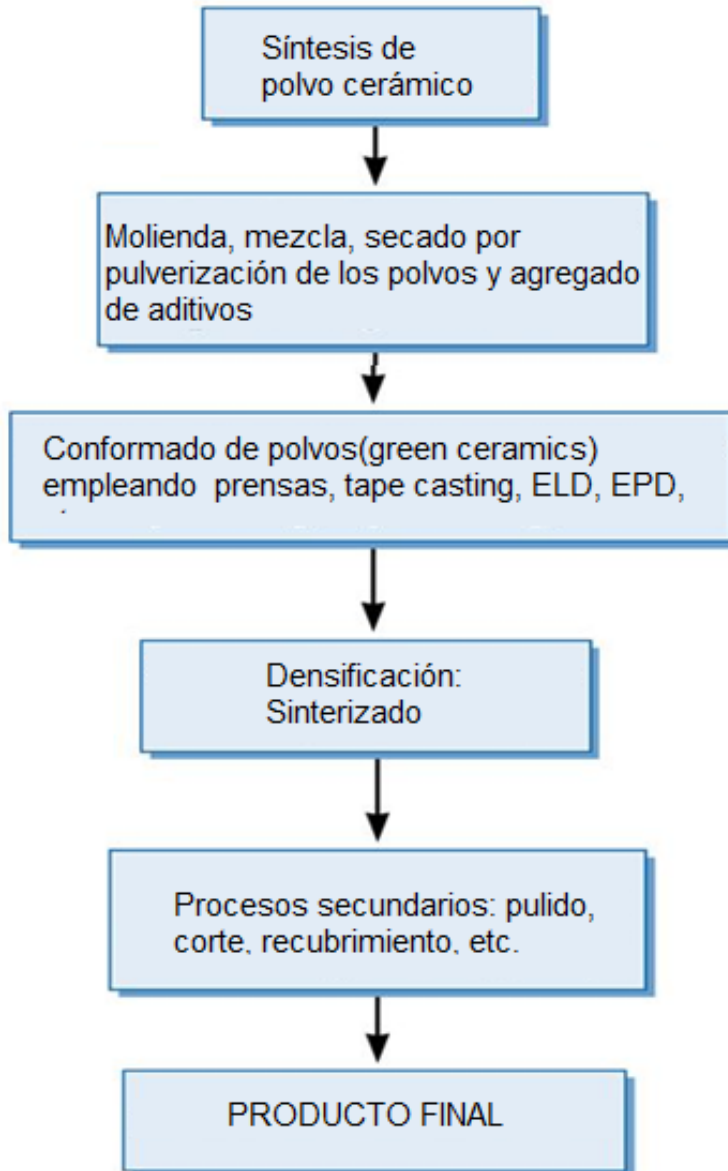
Sputtering/  
Evaporación

Electro-  
Deposición

Reacción  
Química

Deposición  
Química de  
Vapor

# Etapas en el procesamiento de cerámicos y material nanoestructurado.



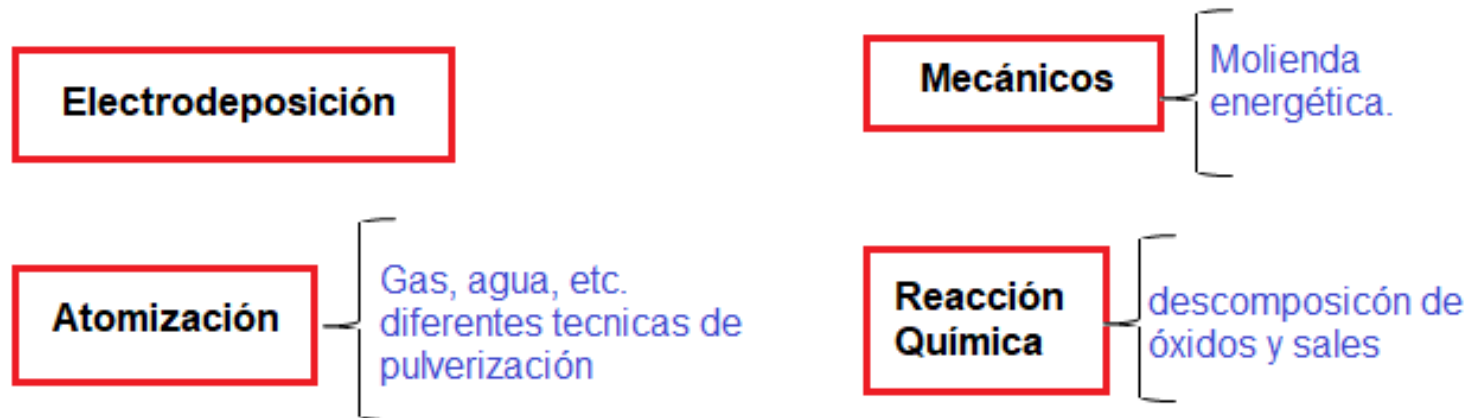
**Green ceramic** - cerámico que ha sido conformado pero no se ha sinterizado.

**Polvo** → sólido finamente dividido (<1mm) → nano (<100nm)

## FACTORES de la FABRICACIÓN que influyen en las PROPIEDADES

- Tamaño
- Pureza

### Clasificación de los métodos de obtención

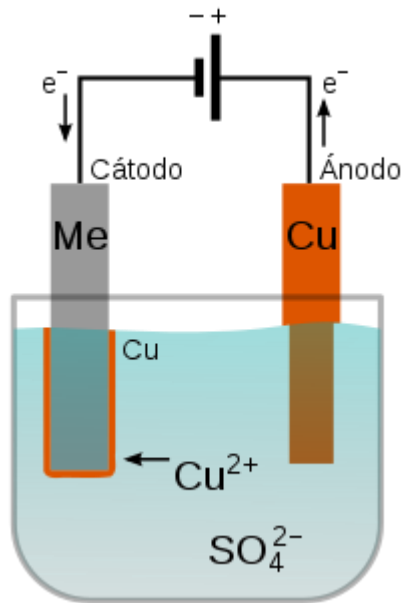


*La selección depende de la pureza, morfología, composición y coste.*

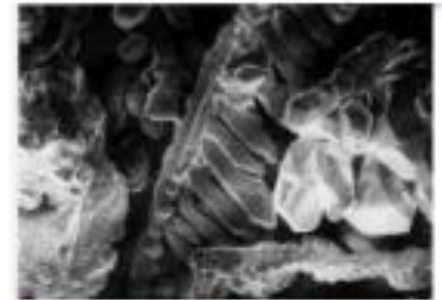
# Electrodeposición de polvos metálicos

- Metales de elevada pureza (Pd, Cu, Ag, Al, Ni)
- Baja productividad
- Morfología dendrítica y/o esponjosa

## Deposición catódica



- ddp disuelve el ánodo en electrolito  $H^+$
- Morfología dendrítica y/o esponjosa
- Lavado (elimina el  $H^+$ )
- Seca y muele y recuece (elimina endurecimiento)
- Baja productividad y alta pureza



*Powder Metallurgy, Vol 7. ASM Handbook. Materials Park, OH : ASM International, 1998. P: 71.*

# Atomización de fundidos

- Metales y aleaciones
- Alta productividad
- Se pulveriza el material en estado líquido
- Medio acuosos o gaseoso
- Mayor  $E^\circ$  en el fundido → menor tamaño de partícula

- **Atomización líquido-gas**

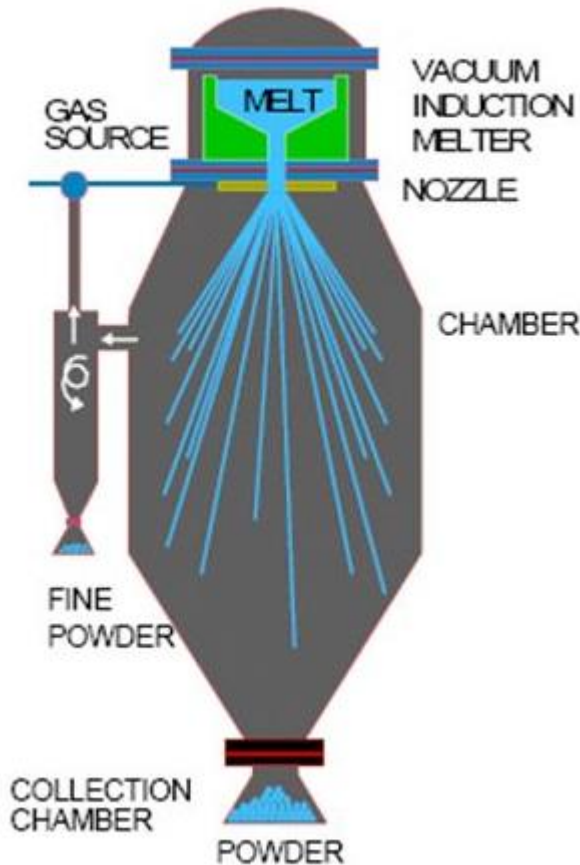
- Atm inerte
- ↓ velocidad de solidificación

- **Atomización líquido-líquido**

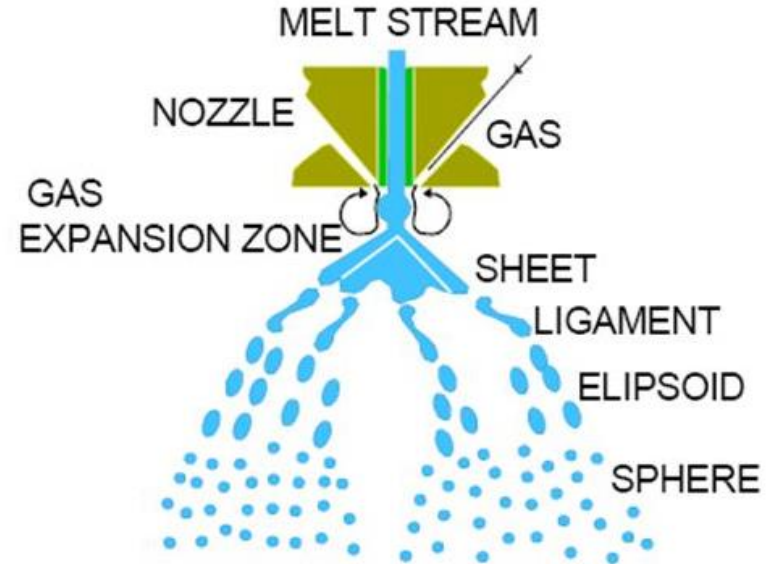
- Oxidación del fundido
- ↑ velocidad de solidificación



# Atomización líquido-gas



**Forma** → depende de distancia de expansión gaseosa



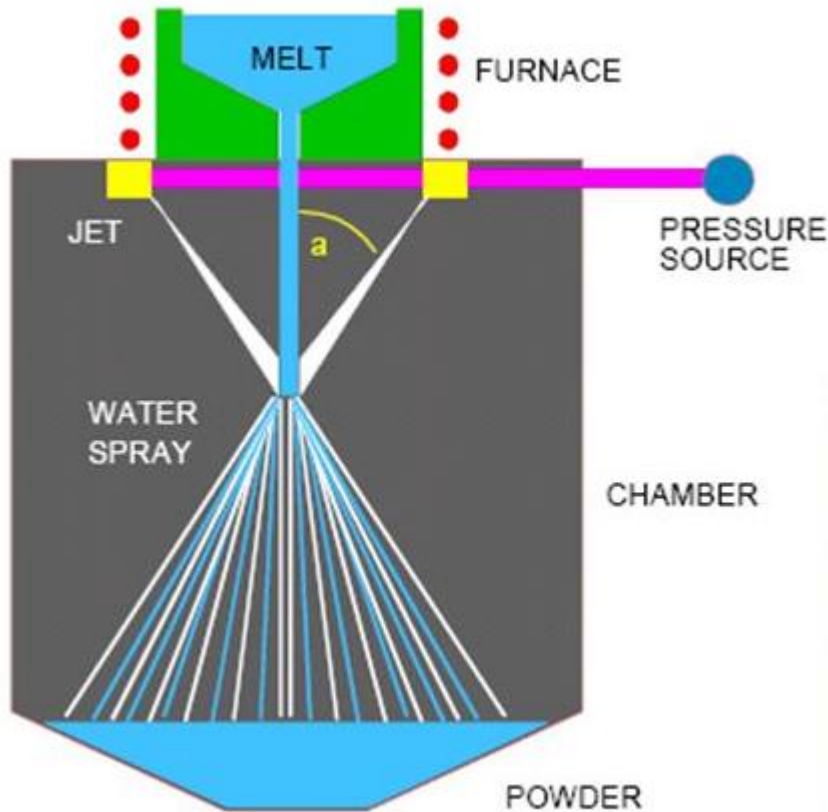
## Variables:

- $T_{\text{fundido}}$ , viscosidad, Flujo, tipo de gas, geometría de boquilla
- Atm inerte (evita oxidación)
- Requiere sistema de extracción de gases y evitar sobrepresión
- ↓ velocidad de solidificación

# Atomización líquido-líquido

**Líquido** → Agua a presión

- Obtención de polvos metálicos y prealeados ( $T_f < 1600^\circ\text{C}$ )



## Tamaño de partícula

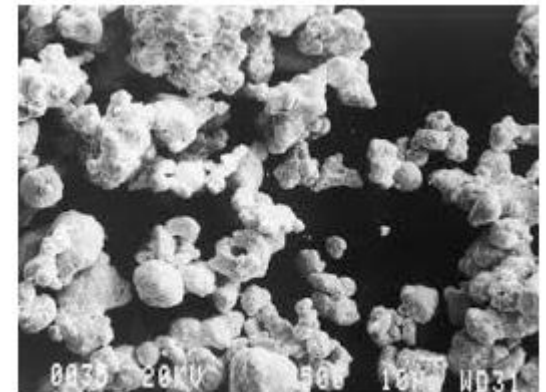
$$d = k \cdot \frac{\ln P}{v \cdot \sin \alpha}$$

d: Tamaño partícula

P: presión agua

v: velocidad agua

$\alpha$ : ángulo agua-metal



Cu atomizado en agua

- Alta velocidad de secado → forma irregular
- Menor segregación
- Oxidación superficial de partículas
- **Post-tratamiento:** reducción en ( $\text{H}_2$ ) y molienda

# Métodos mecánicos

- Obtención de polvos metálicos y óxidos
- Otro--- reducción de tamaño

## Tamaño de partícula

JONH BENJAMIN (1970)



Super aleaciones de Ni Endurecimiento por

- Dispersión de Óxidos
- Precipitación de fase gama

**Molienda de alta energía**

**Transformaciones en estado sólido**

- Síntesis de nuevos materiales
- Mejorar homogeneidad
- Composiciones fuera de la concentración de equilibrio
- Disminución de reacciones no deseadas

## Desventajas

- Contaminación
- Oxidación superficial
- ↑ tiempos
- Reactividad

# Métodos mecánicos: teoría de choque

## Movimiento

- Rodadura
- Deslizamiento
- Cascada
- V superior a v crítica

$$N_c = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2 \cdot g}{R}}$$

La máxima eficiencia de impacto a  $N=0.75N_c$ .

La eficiencia del proceso disminuye al hacerlo el tamaño de partícula.

## Proceso complejo

- Clase de molino
- contenedor
- Temperatura
- Atmósfera
- Reactivos de partida
- Relación polvo/bolas
- velocidad

## Temperatura

- Colisiones efectivas en Estado sólido
- Domina la difusión

## Velocidad

- Determina velocidad de molienda → energía del proceso  
Deformación y disipación de Q

## Atmósfera

- Gas inerte → evita oxidaciones

**Tiempo necesario disminuye con el aumento de relación de masa (10:1; 20:1) → contrariamente : mezcla de fases**

# Métodos por reacción química

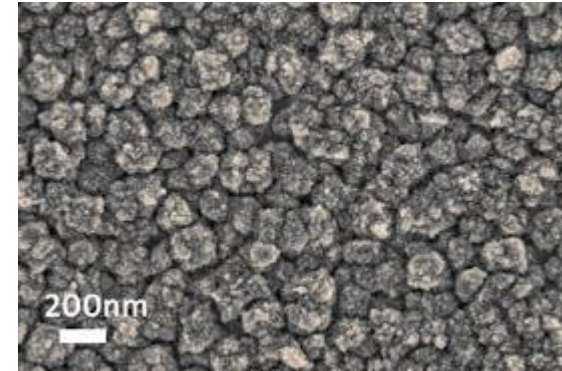
## Reducción de óxidos → metal

- A T en presencia de agentes reductores ( $H_2$ , C) → gas penetra en la masa de partículas (esponja)
- Velocidad de reducción limitada por velocidad de difusión del gas en el sólido .

Proceso complejo

## Materiales característicos

Cu, W, Mo, Fe



Esponja metálica nanométrica

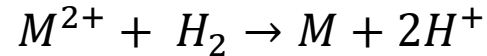
## Reducción de carbales → complejos (Csi)

- Proceso Carborundum

# Métodos por reacción química

## Precipitación

Se emplea soluciones acuosas, por lo general de iones bivalentes usando  $H_2$ .  
Existe reacción de desplazamiento



## Variante

- Precipitación de iones desde solución salina
- Características nanométricas

## Proceso sol-gel

- Suspensión coloidal de partículas sólidas o cúmulos en un líquido (**sol**) y la hidrólisis y condensación de éste **sol** para formar un material sólido lleno de solvente (**gel**)
- Se emplea TEOS
- Producto: Partículas nanométricas y geometría definida de óxidos ( $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ )
- Permite retener un polimorfo cristalino

