

## NANOMATERIALES A LA CARTA

# Ultramateriales

## Nanomateriales multifuncionales obtenidos mediante tecnologías de sinterización no convencionales a partir de polvos nanoestructurados a la carta

Los materiales avanzados industrializados en la actualidad no cumplen con los requerimientos exigidos por muchas innovaciones tecnológicas que supondrían un gran avance para nuestra sociedad. Esto se debe fundamentalmente al hecho de que, hasta el momento actual, ha sido imposible combinar en un mismo material un gran rendimiento mecánico con alguna funcionalidad crítica que resulta necesaria para su aplicación.

Los materiales nanocompuestos formados en su totalidad por partículas cerámicas y metálicas en el rango de las centenas y decenas de nanómetro, son una clase de nuevos materiales hechos a la carta que presentan propiedades físicas muy distintas a las de esos mismos materiales con tamaños de cristal micrométricos (materiales convencionales). Tales propiedades, al ampliar su rango de funcionalidad, resultan extremadamente interesantes desde el punto de vista tecnológico ya que permiten combinar propiedades excepcionales con funcionalidades imprescindibles en aplicaciones específicas, como son la transparencia, la biocompatibilidad, la dureza o la conductividad eléctrica.

Desde hace pocos años el Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología, CINN (centro mixto del CSIC, el Principado de Asturias y la Universidad de Oviedo), el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM-CSIC) y la Fundación ITMA perteneciente a la Red de Centros Tecnológicos del Principado de Asturias, trabajan de forma estrecha compartiendo instalaciones en el Parque Tecnológico de Asturias desarrollando e industrializando nuevos materiales nanoestructurados monolíticos (<100 nm) y materiales nanocompuestos (segundas fases <10 nm) necesarios para el desarrollo de nuevos productos avanzados para aplicaciones funcionales y estructurales que no se podrían diseñar con la mejora incremental de las propiedades de los materiales conocidos en la actualidad.

Sin embargo, la aplicación industrial de los materiales nanocompuestos o nanocomposites radica en la capacidad de consolidación de estos materiales formando cuerpos densos y componentes, pero preservando el tamaño nanométrico de sus componentes. Las técnicas de consolidación convencionales presentan importantes limitaciones y no son capaces de preservar esta nanoestructura.

La solución de estos problemas y el desarrollo de tecnologías apropiadas para paliar estos inconvenientes ha sido objeto de diversos proyectos europeos de investigación en ciencia básica como son Bioker

La aplicación industrial de los materiales nanocompuestos o nanocomposites radica en la capacidad de consolidación de estos materiales formando cuerpos densos y componentes, pero preservando el tamaño nanométrico de sus componentes

(G5RD-CT-2001-00483) e IP Nanoker (NMP3-CT-2005-515784), proyectos en los que el CINN, el ICMM y la empresa alemana FCT radicada en Rauenstein han desarrollado el conocimiento necesario para diseñar nuevas composiciones nanométricas y nuevas tecnologías de sinterización para obtener nuevos materiales con propiedades espectaculares que se han denominado ULTRAMATERIALES.

Así, a finales de 2005, el CINN y el ICMM desarrollaron un método simple coloidal que permite la obtención de materias primas multifásicas nanoestructuradas. Estas materias primas constituyen un punto de partida ideal para la obtención, tanto de materiales densos nanoestructurados mediante la utilización de métodos avanzados de sinterización.

Por otro lado, la obtención de materiales monolíticos nanocristalinos con densidad próxima a la teórica actualmente es posible mediante la técnica de sinterización por descarga de plasma a muy alta velocidad. Esta técnica es conocida como SPS por sus siglas, del inglés Spark Plasma Sintering. La empresa alemana FCT ha desarrollado recientemente una nueva tecnología mixta que

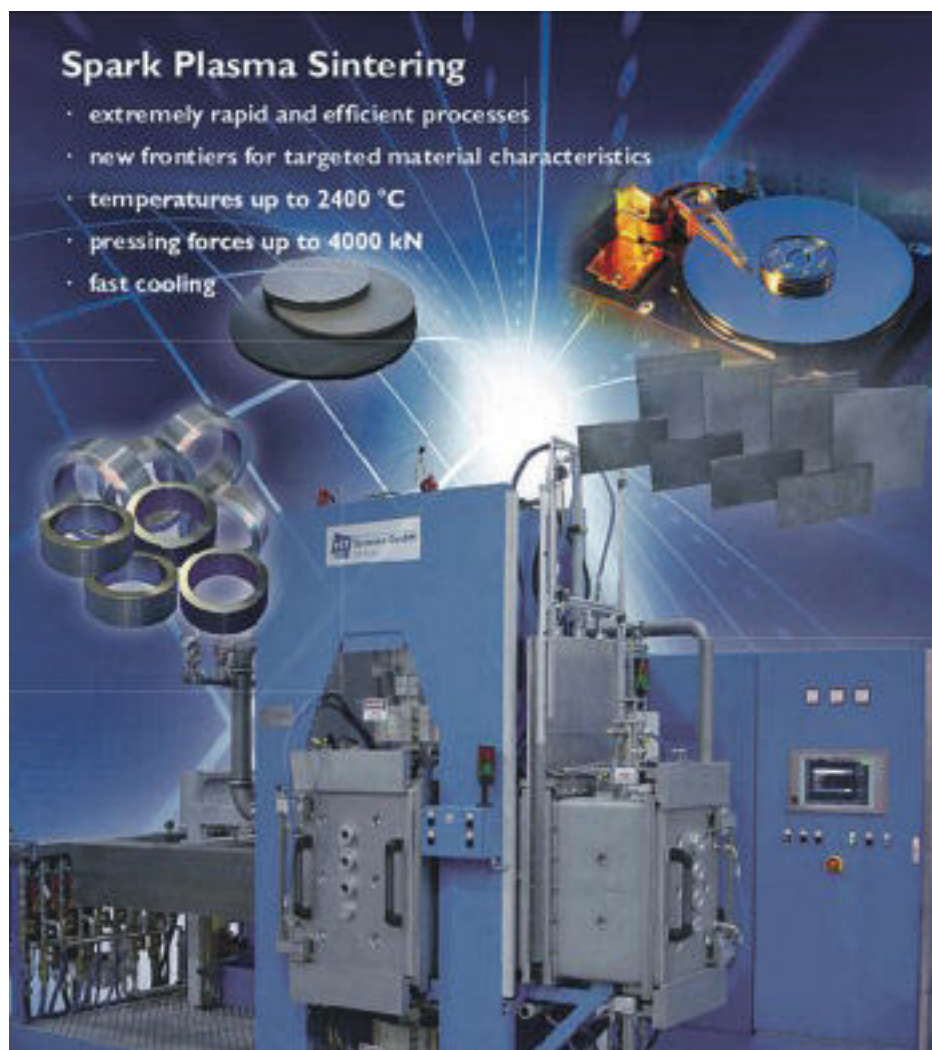
mezcla la tecnología de sinterización por prensado en caliente con la tecnología de sinterización por descarga de plasma. El resultado es una tecnología que permite industrializar y producir de forma rentable ULTRAMATERIALES. En colaboración con los centros de investigación ICMM e ITMA, el Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología acaba de llegar a un acuerdo con la empresa alemana FCT para desarrollar e instalar en el Parque Tecnológico de Asturias un equipo único en el mundo capaz de sinterizar en modo combinado HP/SPS piezas de hasta 400mm de diámetro con un sistema especial de expulsión de piezas en caliente con el fin de poder sinterizar materiales con coeficiente de dilatación cero para aplicaciones en el campo aeroespacial así como en litografía con luz ultravioleta extrema (EUV) necesaria para la fabricación de una nueva generación de chips.

Los estudios realizados por el CINN, ICMM e ITMA sobre materiales obtenidos en dimensiones inferiores a las que el nuevo equipo permitirá obtener, indican que las propiedades físicas de los materiales densos nanoestructurados obtenidos pueden ser muy diferentes a las de otros sistemas similares pero con tamaños de grano micrométrico.

Las propiedades singulares de estos materiales, conocidas como ultrapropiedades, posibilitan el diseño de nuevos productos que permiten su empleo en condiciones extremas de funcionamiento u operación, son las denominadas y buscadas "ultrafuncionalidades", hasta ahora, o bien vedados a los materiales sinterizados por vías convencionales, o simplemente imposibles de obtener en cualquier material. La combinación de tales propiedades trae consigo multifuncionalidades aun más ventajosas.

Estas tecnologías posibilitan por tanto la apertura de nuevas fronteras en la ingeniería de

Estas tecnologías posibilitan por tanto la apertura de nuevas fronteras en la ingeniería de materiales y constituyen un avance realmente rompedor.



FCT Systeme: Tecnología SPS



FCT Systeme: Sistema Sinterización HP / SPS



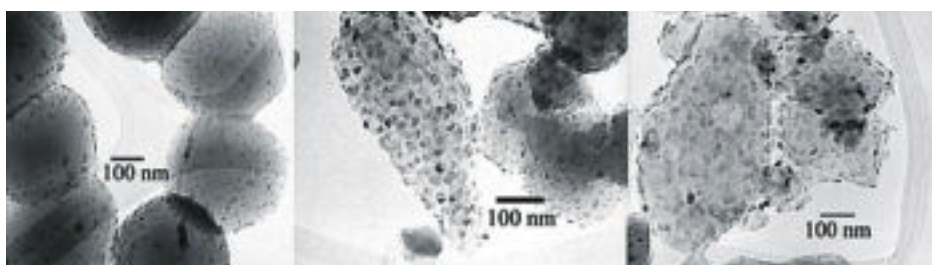
Discos de materiales ultraestables sinterizados por SPS



Materiales densos en formas complejas



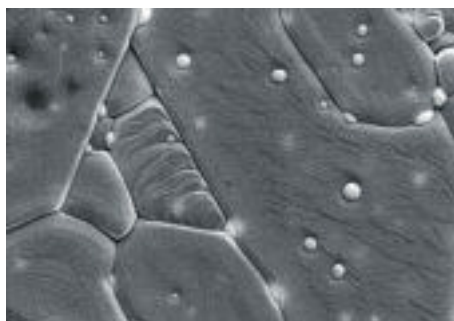
Ejemplo: material ultraestable para espejos en sistemas de observación terrestre



Microestructuras de diversos polvos nanoestructurados



Ruta coloidal de síntesis de polvos nanoestructurados



Nanocomposite de Alumina-Circona

En este momento, en Europa hay grandes consorcios industriales que demandan este tipo de materiales para la fabricación de componentes críticos con gran valor añadido

ría de materiales y constituyen un avance realmente rompedor.

Además, estas tecnologías permiten obtener materiales ultrafuncionales de muy alto valor añadido a partir de procesos y materias primas económicas, y son, por lo tanto industrialmente muy atractivos.

### ULTRAMATERIALES PARA APLICACIONES OPTICAS Y BIOCERMETS

La ventaja de utilizar cerámicas en vez de vidrios o monocristales para componentes ópticos, estriba en la posibilidad de poder modificar sus propiedades mecánicas mediante la introducción de pequeñas cantidades de inclusiones, tanto inertes, como reactivas durante la temperatura de sinterización. Así, la utilización de nanopartículas de circonia, alúmina o itria, puede limitar el crecimiento de grano de la matriz así como generar tensiones residuales que mejoren determinadas propiedades mecánicas. Sin embargo estas nanopartículas también tienen un efecto negativo en cuanto a la densificación final. Es por ello que la técnica de SPS permite, por un lado mantener la nanoestructura y por otro facilitar la densificación y obtener materiales compuestos que de otra manera sería casi imposible obtener.

Una vez lograda la transparencia óptica, se pueden obtener materiales con actividad láser en sistemas adecuados, tales como Nd:YAG embebido en matriz de alúmina.

Estos materiales pueden utilizarse para una amplia variedad de aplicaciones, tales como: ventanas de lámparas de alta potencia, sensores ópticos que deban trabajar en condiciones extremas, industria aeroespacial, cavidades de láseres cerámicos policristalinos, lentes delgadas, etc. En este momento, en Europa hay grandes consorcios industriales que demandan este tipo de materiales para la fabricación de componentes críticos con gran valor añadido (satélites espaciales, lámparas de alta potencia, ventanas de microondas, ventanas de vacío, de alta radiación, de hornos de alta temperatura, etc.).

Por otra parte una vez que es posible controlar la cantidad de luz dispersada y, por tanto, el grado de transparencia de estos materiales, dado el carácter inerte de algunos de los materiales estudiados y sus excelentes propiedades mecánicas, es posible diseñar sistemas que pueden ser implantados posteriormente en humanos, como por ejemplo, sustituyendo piezas dentales, en los que la similitud con los sistemas naturales pueden dar lugar a nueva generación de implantes y estructuras de alta calidad estética y mecánica.

Por su parte, los materiales Biocermet (compuestos cerámica-metal) son materiales biocompatibles con una fase matriz cerámica a la que se añaden partículas metálicas (niobio, Tántalo) y que se presenta como una alternativa a las aleaciones de Titanio grado 5 y a los aceros inoxidables AISI 316 normalmente utilizados para esta aplicación. En concreto los biocermet cubren el "espacio" existente entre los materiales cerámicos y metálicos para aplicaciones que demanden unas sollicitaciones mecánicas elevadas con requisitos de diseño de geometrías complejas. Hasta estos momentos únicamente se utilizaban los materiales metálicos para esta aplicación, pero con los biocermet se obtiene:

- Un material más biocompatible, compatible mecánicamente con una rigidez similar a la del hueso a reemplazar.
- Un material con elevada tenacidad y con un comportamiento de tolerancia al daño debido a los mecanismos de refuerzo de las partículas metálicas.
- Un material con capacidad para ser electroerosionable debido a la conductividad eléctrica que presentan estos materiales tras la adición de partículas metálicas.

Investigadores del ICMM-CSIC (Carlos Gutiérrez y José Bartolomé) desarrollaron estas composiciones y en la actualidad colaboran con el CINN y el ITMA para obtener aún mejores prestaciones mediante la utilización de la técnica de HP/SPS.



**Prof. Ramón Torrecillas San Millán**  
Director del Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología - CINN



**Prof. José Serafín Moya Corral**  
Jefe del Departamento de Materiales Particulados del Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid - ICMM-CSIC



### Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología - CINN

Parque Tecnológico de Asturias  
Edificio Fundación ITMA  
33428 Llanera. España  
Tel. +34 985 733 644  
www.cinn.es

### Fundación ITMA

Parque Tecnológico de Asturias  
33428 Llanera. España  
Tel. +34 985 98 00 58  
www.itma.es

### FCT Systeme GmbH

Gewerbepark 16  
96528 Rauenstein / Alemania  
Tel. +49 367 668 240  
www.fct-systeme.de