Escuela Internacional de Doctorado XIII JORNADAS DOCTORALES

UCLM 40 aniversario Universidad Castilla-La Mancha · Escuela de Ingeniería Industrial y Aeroespacial Toledo · INAIA Instituto de Investigación Aplicada a la Industria Aeronáutica - UCLM · Escuela Técnica Superior Ingeniería Industrial Ciudad Real · inei Instituto de Investigaciones Energéticas y Aplicaciones Industriales

Síntesis de materiales avanzados de uso aeroespacial mediante reacciones exotérmicas activadas con Energía Solar Concentrada

A. Sánchez Romero[1], G.P. Rodríguez Donoso[2], A. Romero Gutiérrez[1]

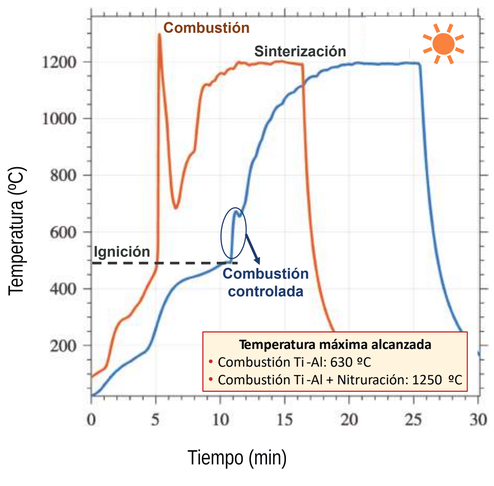
[1]Escuela de Ingeniería Industrial y Aeroespacial (EIIA), Instituto de Investigación Aplicada a la Industria Aeronáutica (INAIA), UCLM, Toledo

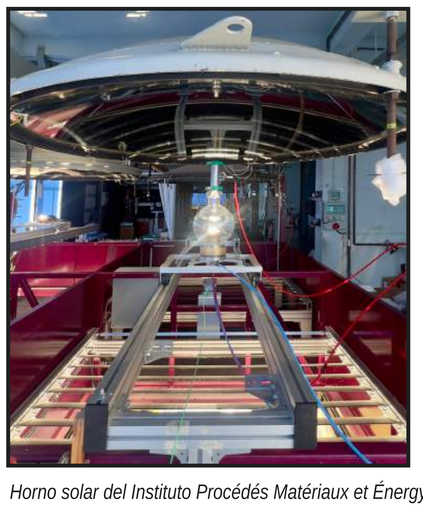
[2]Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (ETSII), Instituto de Investigaciones Energéticas y Aplicaciones Industriales (INEI), UCLM, Ciudad Real

La tesis doctoral aborda dos retos centrales de la Ciencia e Ingeniería de Materiales: (i) el desarrollo de materiales metálicos avanzados capaces de operar en condiciones térmicas, mecánicas y químicas cada vez más exigentes en sectores estratégicos como energía, transporte e industria aeroespacial; y (ii) la necesidad de optimizar procesos de fabricación que sean más eficientes, sostenibles y alineados con los objetivos de transición energética y reducción de impacto ambiental. En este contexto, los compuestos **intermetálicos Ti-Al** han despertado un notable interés como candidatos para aplicaciones estructurales avanzadas.

En determinados rangos composicionales el sistema Ti–Al presenta reacciones altamente exotérmicas mediante procesos de **síntesis autopropagada a alta temperatura** (SHS). Una vez iniciada la reacción, el calor liberado permite la propagación de un frente de reacción a través de la mezcla pulvimetalúrgica, favoreciendo la formación de fases intermetálicas. La ignición se produce mediante rápido calentamiento con **Energía Solar Concentrada**. Bajo estas condiciones, y en tiempos de procesamiento del orden de minutos, es posible obtener mediante **sinterización reactiva** distintas fases intermetálicas del sistema Ti–Al de forma controlada.

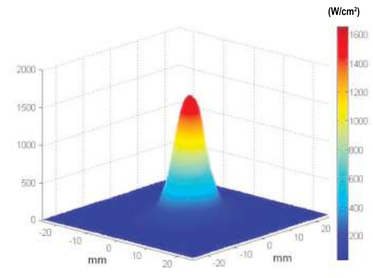
Sinterización Solar Reactiva





Horno solar del Instituto Procédés Matériaux et Énergy Solaire (PROMES-CNRS)





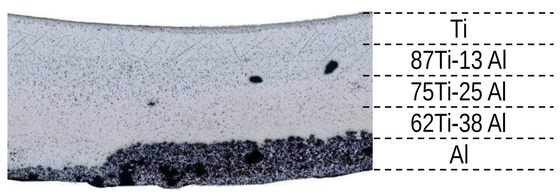
Distribución energética en el foco solar

Diámetro del concentrador (m)	2
Diámetro del foco (mm)	20
Densidad de potencia (W/cm²)	1650

Los tiempos de meseta de todas las muestras representadas son 5 minutos



ver vídeo ensayo



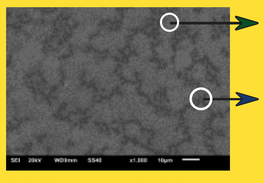
- Obtención de microestructura con gradiente funcional
- Excelente unión entre capas
- Macroporosidad en la región con cantidad de aluminio

Se obtiene un gradiente funcional de intermetálicos Ti-Al con excelente transición a través de sus capas

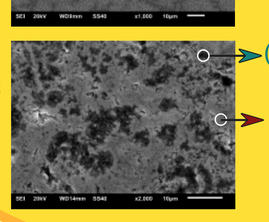
1100 ºC
GRADIENTE

Se sintetiza nitruro de titanio como recubrimiento superficial que aumenta la dureza y mantiene resistencia a la oxidación a temperaturas aun mayores

Interior → Ti_3Al, $TiAl$



Superficie nitrurada → $(Ti,Al)(O,N)$, δ-TiN



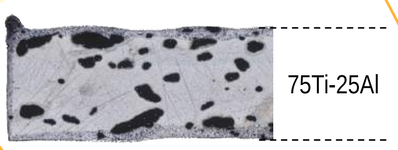
Es posible la obtención de multimateriales con formación controlada de intermetálicos en cada una de sus capas

- Excelente unión entre capas
- Ausencia de porosidad
- Reacción más controlada



1000 ºC
MULTICAPA

MONOCAPA
1100 ºC



- Densidad relativa > 90%
- Macroporosidad en las regiones más reactivas
- Baja pérdida de forma

La sinterización solar reactiva permite, en solo 5 minutos, sintetizar intermetálicos Ti-Al con baja microporosidad

Este enfoque permite la fabricación de (i) muestras monocapa de alta densidad, (ii) sistemas multicapa con adecuada cohesión interfacial, y (iii) **Materiales con Gradiente Funcional** (FGM), en los que el control progresivo de la composición química permite modular localmente las propiedades microestructurales y mecánicas del material.

Asimismo, la realización del proceso de sinterización solar en atmósfera de nitrógeno permite la formación simultánea de capas nitruradas en la superficie de las piezas, caracterizadas por una elevada dureza y una mejora potencial de la resistencia al desgaste y a la oxidación.

¿quieres saber más? escúchalo en podcast

Cofinanciado por la Unión Europea · Ministerio de Hacienda · Fondos Europeos · Castilla-La Mancha · INNOCAM Agencia de Investigación e Innovación de Castilla-La Mancha · RISEnergy · cnrs · PROMES

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto JCCM 2024–2026 (SBPLY/23/180225/000201), cofinanciado por FEDER–UE y la JCCM (INNOCAM), y por el programa Horizonte Europa de la Unión Europea (RISEnergy, GA nº 101131793)