

Ferrita de Estroncio Nanoestructurada para Aplicaciones de Imanes Permanentes

Adrián Fernández-Calzado¹, Ester M. Palmero¹, Cristina M. Montero¹, Semih Ener², Oliver Gutfleisch², Darko Makovec³, Jean-Marc Grenèche⁴, Paolo Bernardi⁵, Alberto Bollero¹

¹ Group of Permanent Magnets and Applications, IMDEA Nanoscience, 28049, Madrid, Spain

² Functional Materials, Material Science, TU Darmstadt, 64287 Darmstadt, Germany

³ Department for Materials Synthesis, Jožef Stefan Institute, Jamova 39, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

⁴ Institut des Molécules et Matériaux du Mans (IMMM UMR CNRS 6283), Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, Le Mans F-72085, Cedex 9, France

⁵ Industrie ILPEA Spa, Viale Industria 887, 21020 Malgesso-Varese, Italy

adrian.fernandez@imdea.org

Motivación de nuestro trabajo



Los imanes permanentes están presentes en gran parte de la tecnología que nos rodea y son una parte esencial en la carrera por adquirir un **futuro tecnológico verde** [1].

La **ferrita mejorada** y el **Mn-Al-C** como alternativas a los imanes de tierras raras en aplicaciones específicas y de una forma óptima [1].

- Por qué?**
- Reservas abundantes y bajo coste.
 - Impacto medioambiental reducido comparado con las tierras raras (Minado y refinamiento).

Nuestro proyecto

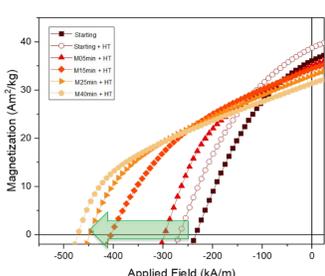
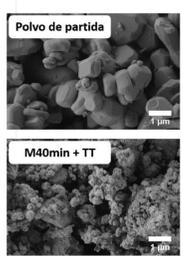


EU H2020 Proyecto **PASSENGER**:

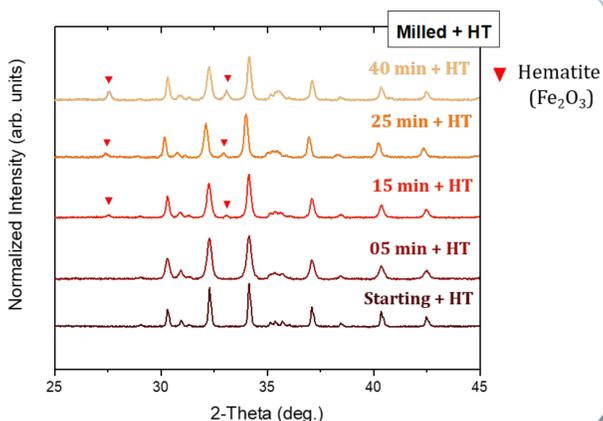
- 20 Socios (13 de los cuales son empresas) de 8 países europeos.
- Objetivo: desarrollar **8 plantas piloto de innovación** para 2025, cuya meta es **sustituir los imanes de tierras raras** en aplicaciones tecnológicas utilizando materiales disponibles en Europa, siendo el principal sector objetivo el de la **electromovilidad**.



Nanoestructuración del polvo



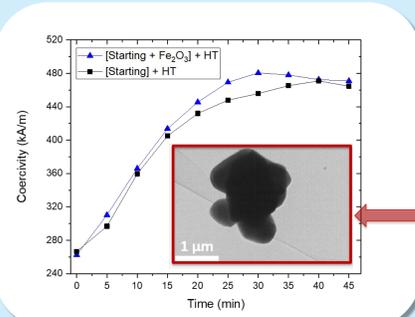
Nanoestructuramos con nuestro **método de flash-milling**, el cual es escalable. Después se aplica un tratamiento térmico que desarrolla las propiedades de imán permanente [2,3].



Gran aumento en coercitividad al aplicar el método desarrollado por IMDEA, relacionado con los siguientes procesos:

- Refinamiento de la microestructura (alcanzando el **tamaño de monodominio en nuestras partículas**) en tiempos de molienda cortos (pocos minutos).
- Creación de **defectos**.
- Formación de un **nanocompuesto de Sr-ferrita/Hematita** durante el proceso de recristalización.

Caracterización y Sinterizado



Añadiendo **Fe₂O₃** antes de aplicar el método de **flash-milling**.

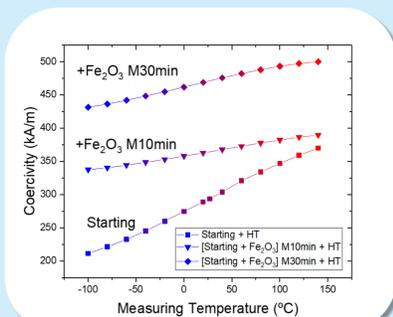
- ↓ **Tiempo de procesado**
- ↑ **Coercitividad mejorada**

Se ha empleado **SEM, TEM y XRD** para estudiar la morfología, las fases y la cristalinidad de las muestras.

Este material se puede utilizar en aplicaciones cuyo rango de temperatura se encuentre entre **-100 °C y 160 °C**.

Conseguido sin usar materiales críticos!!

(Resuelto típicamente en la industria añadiendo La y Co)



Refinamiento microestructural + creación del compuesto **Sr-ferrita/ hematita** (Sin usar tierras raras o cobalto)



Estudio del **proceso de sinterizado** del polvo procesado en proceso (resultados preliminares muy positivos. *Pronto en los mejores cines...!*)

Este proceso se está **escalando industrialmente**.

(Hay prototipos funcionales dentro del proyecto **PASSENGER** para bombas de agua y e-scooters, sustituyendo imanes plásticos de NdFeB por Sr-ferrite).

Referencias

- [1] A. Bollero and E.M. Palmero, Recent advances in hard-ferrite magnets, Modern Permanent Magnets, Elsevier (2022).
 [2] F.J. Pedrosa et al., RSC Adv. 6 (2016) 87282-87287.
 [3] A. Bollero et al., "Ferrite type materials and process for the production thereof". Publication number: WO/2018/211121. Int. Application n°: PCT/EP2018/063222, 2018.

Agradecimientos

Authors acknowledge support from EU's Horizon 2020 research and innovation program through the project PASSENGER (GA N°101003914). IMDEA thanks support from MICINN through the RETAIN project (TED2021-132490BI00). E.M.P. acknowledges support from AEI through Juan de la Cierva Incorporación program (IJC2020-043011-I/MCIN/AEI/10.13039/501100011033) and EU by NextGeneration EU/PRTR.