



PROYECTOS SINÉRGICOS 2018 EN I+D

ACRONIMO: Micro-Stress-MAP, ref. Y2018/NMT-4668

TITULO PROYECTO: Determinación de tensiones residuales microscópicas empleando métodos de difracción, mapas de EBSD, y algoritmos evolutivos

PRESUPUESTO CONCEDIDO: 238.150,00€

Madrid, 1 de febrero de 2023

Micro-Stress-MAP, ref. Y2018/NMT-4668 – Instituciones participantes

Grupos beneficiarios

Grupo MESO. CENIM, C.S.I.C., Madrid

Grupo ABSYS. Facultad de Informática, UCM, Madrid

Grupos asociados

División Materiales Estructurales. CIEMAT, Madrid

Dept. of Computer Sciences. U. Rey Juan Carlos. Móstoles, Madrid

Colaboraciones

FLNP (Rusia): G. Bokuchava

REZ INSTITUTE: (República Checa): P. Halodova

Univ. Upper Austria (Austria): G. Kromberger

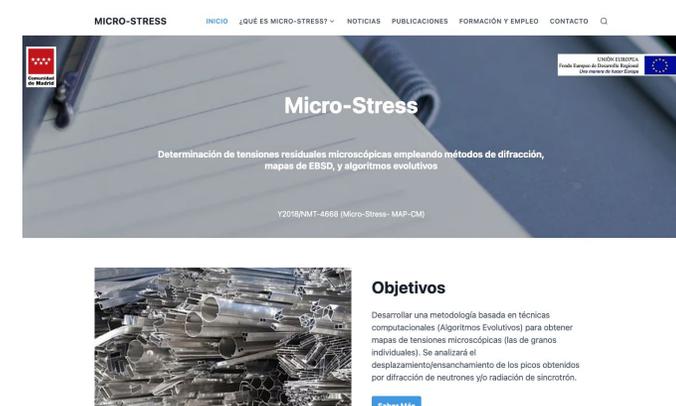
BAM (Alemania): G. Bruno, I. Serrano.

U. Carlos III: M. Edhabi

UCM. F. CC. Físicas: M^a P. Marín, P. de la Presa, R. Ranchal



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

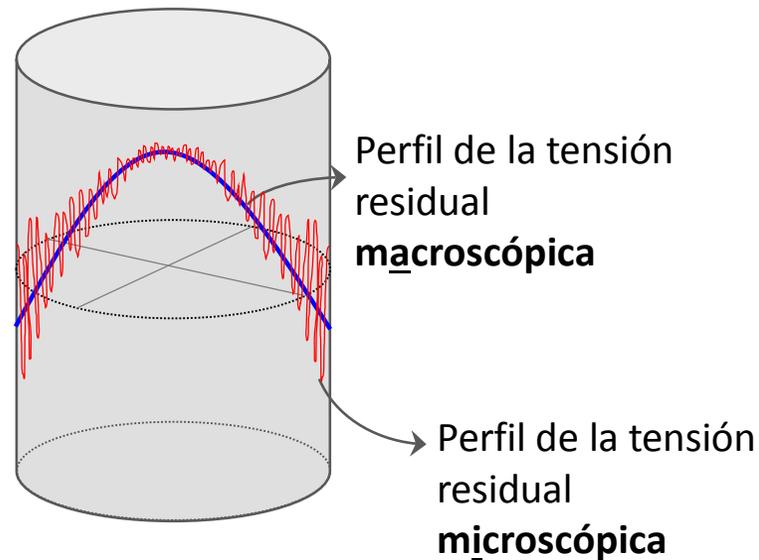


<http://micro-stress.ucm.es/>



Micro-Stress-MAP, ref. Y2018/NMT-4668 objetivos principales

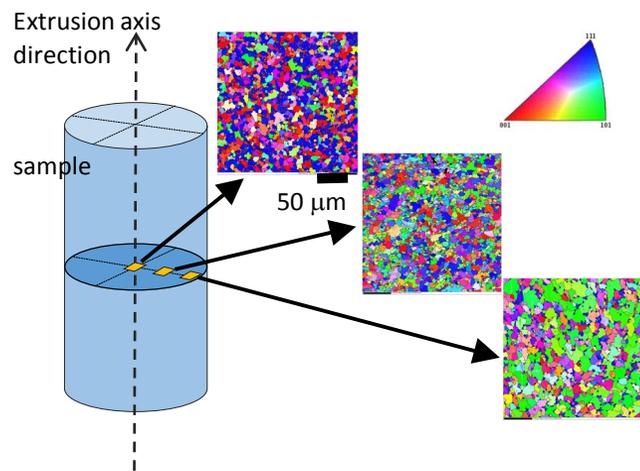
- Estudio de tensiones residuales microscópicas (las del tipo inter-granular o tipo II) desde una perspectiva experimental.
- Este enfoque se refiere tanto a la microestructura del material empleado (EBSD) como a la información de las tensiones residuales que encierran picos de difracción de neutrones en muestras sometidas a tratamientos termo-mecánicos controlados.
- El modelado de la gran cantidad de datos que hay que manejar para determinar el estado tri-axial de las tensiones de granos (o cristales) individuales se ha realizado mediante técnicas de Inteligencia Artificial, IA, en particular Programación Genética, PG, y herramientas heurísticas.
- Esta estrategia ha permitido avanzar en la correlación entre estas tensiones microscópicas y la microestructura de materiales metálicos estructurales.
- Como objetivo final, se trata de determinar mapas de tensiones residuales para granos individuales de un policristal, de la misma forma que se elaboran mapas de orientaciones cristalográficas.
- **Mediante esta estrategia podrán minimizarse las tensiones residuales en materiales estructurales y mejorar la integridad de estructuras críticas.**



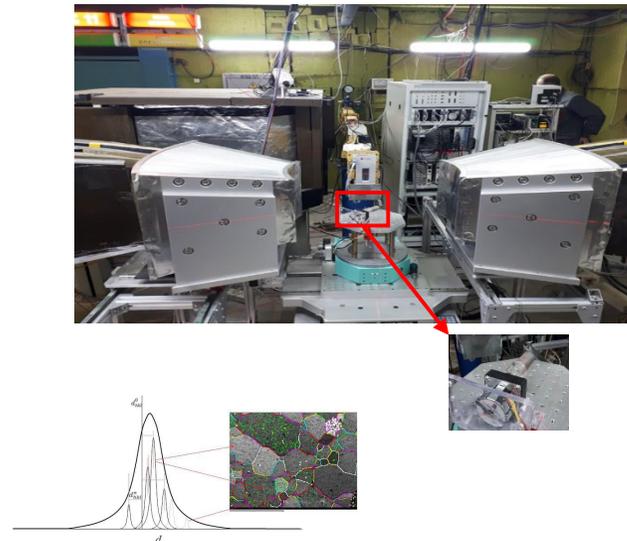
Micro-Stress-MAP, ref. Y2018/NMT-4668 objetivos principales

- Estudio de tensiones residuales microscópicas (las del tipo inter-granular o tipo II) desde una perspectiva experimental.
- Este enfoque se refiere tanto a la microestructura del material empleado (EBSD) como a la información de las tensiones residuales que encierran picos de difracción de neutrones en muestras sometidas a tratamientos termo-mecánicos controlados.
- El modelado de la gran cantidad de datos que hay que manejar para determinar el estado tri-axial de las tensiones de granos (o cristales) individuales se ha realizado mediante técnicas de Inteligencia Artificial, IA, en particular Programación Genética, PG, y herramientas heurísticas.
- Esta estrategia ha permitido avanzar en la correlación entre estas tensiones microscópicas y la microestructura de materiales metálicos estructurales.
- Como objetivo final, se trata de determinar mapas de tensiones residuales para granos individuales de un policristal, de la misma forma que se elaboran mapas de orientaciones cristalográficas.
- **Mediante esta estrategia podrán minimizarse las tensiones residuales en materiales estructurales y mejorar la integridad de estructuras críticas.**

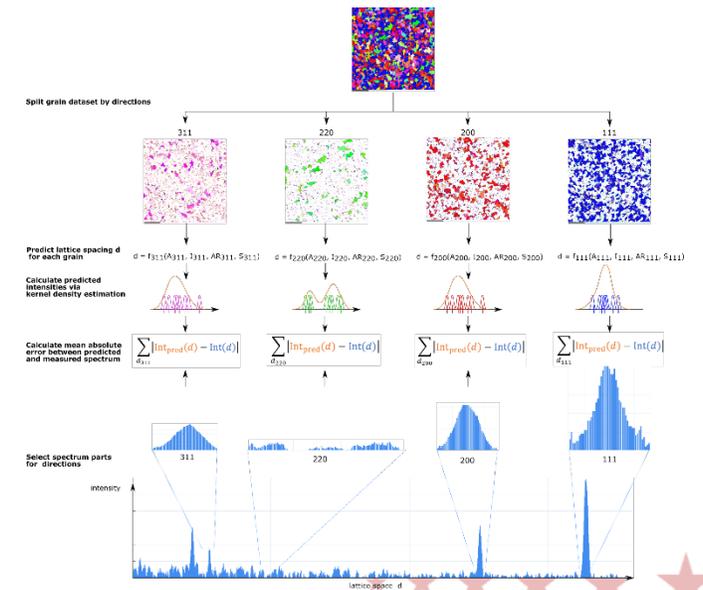
Gradiente microestructural del material, AA5083



Experimento de difracción de neutrones

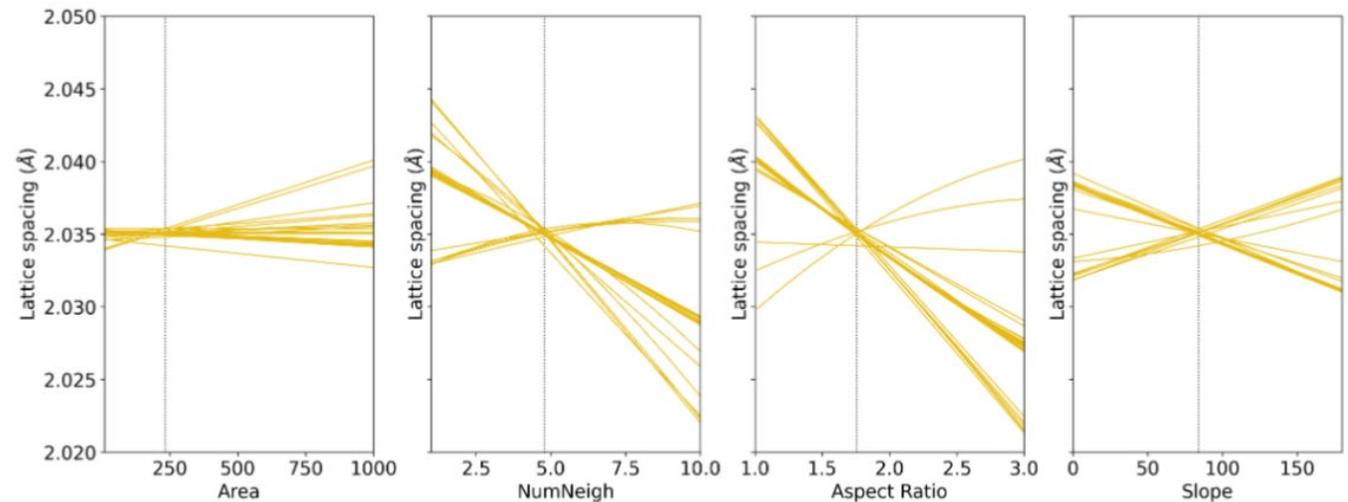
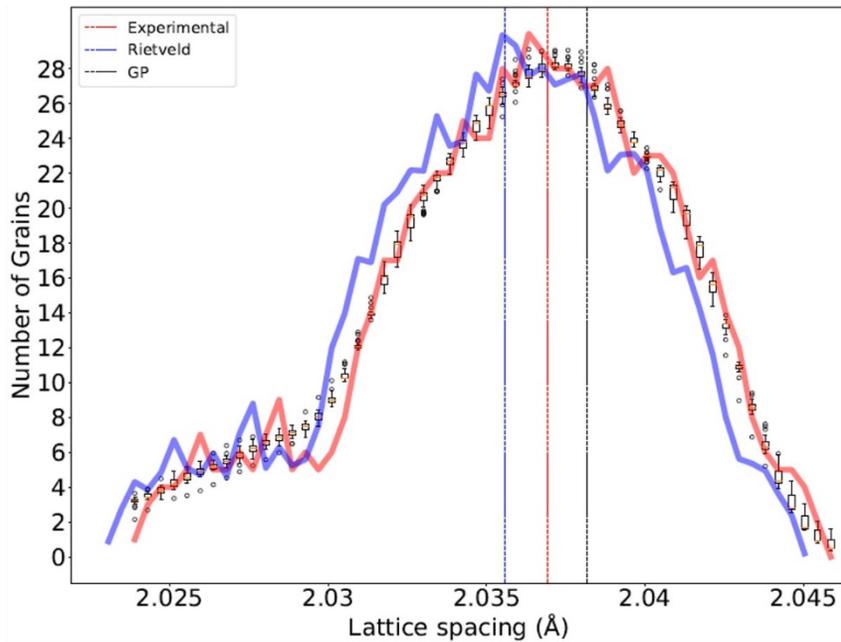


Modelado mediante IA de los patrones de difracción



Micro-Stress-MAP, ref. Y2018/NMT-4668 – Resultados principales

- El empleo de Programación Genética se revela adecuado para el análisis de tensiones residuales microscópicas.
- Estudios comparativos del valor del parámetro de red relajado, d_o , con los obtenidos por otros procedimientos experimentales así lo confirman.
- Conocer este parámetro es crucial para determinar tensiones residuales, tanto a nivel macroscópico como microscópico cuando se emplean métodos de difracción (neutrones, r-x).

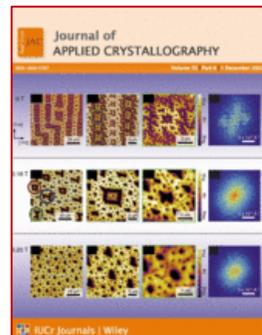


Sensitivity analysis of expressions for 200 orientation at 12mm to the center.



Micro-Stress-MAP, ref. Y2018/NMT-4668 – Resultados principales (publicaciones)

- G. Carro-Sevillano, R. Fernández, G. Bokuchava, L. Millán, G. González-Doncel, “Residual Stress Distribution after Quenching Treatment Obtained from Diffraction Experiments and Simulation by Finite Element Method” Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2021, Vol. 15, No. 3, pp. 537–541.
- L. Millán, G. Bokuchava, J. I. Hidalgo, R. Fernández, G. Kronberger, P. Halodova, A. Sáez-Maderuelo, I. Papushkin, O. Garnica, J. Lanchares, G. González-Doncel, “Study of Microscopic Residual Stresses in an Extruded Aluminium Alloy Sample after Thermal Treatment” Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2021, Vol. 15, No. 4, pp. 763-767.
- L. Millán, G. Kronberger, J.I. Hidalgo, O. Garnica, G. González-Doncel, “Estimation of Grain-Level Residual Stresses in a Quenched Cylindrical Sample of Aluminum Alloy AA5083 Using Genetic Programming” Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Volume 12694 LNCS, Pages 421 – 436 2021. 24th International Conference on the Applications of Evolutionary Computation, EvoApplications 2021.
- L. Millán, G. Bokuchava, R. Fernández, I. Papushkin, G. González-Doncel, “Further insights on the stress equilibrium method to investigate macroscopic residual stress fields: Case of aluminum alloys cylinders” Journal of Alloys and Compounds, 2021, 861, 158506
- I. Serrano-Muñoz, R. Fernández, R. Saliwan-Neumann, G. González-Doncel, G. Bruno, “Dislocation substructures in pure aluminium after creep deformation as studied by the EBSD technique” Journal Appl. Cryst. 2022, 55, pp.1-10.
- M. Eddahbi, R. Fernández, I. Llorente, G. González-Doncel, “Texture and microstructural changes after thermal cycling of 6061Al-20vol%SiCw metal matrix composite: The role of microscopic internal stresses” Materials Today Communications, 2022, 33, 104914.
- L. Millán-García, G. Bokuchava, P. Halodova, A. Sáez-Maderuelo, G. González-Doncel, J.I. Hidalgo, J. M. Velasco, R. Fernández, “Using Genetic Programming and the stress equilibrium method to obtain the un-stressed lattice parameter for calculating residual stresses” Journal of Materials Research and Technology, 2023, In press.



Micro-Stress-MAP, ref. Y2018/NMT-4668 – Continuación y futuro

- **Emplear el conocimiento generado en Micro-Stress-MAP a aplicaciones estructurales reales:**
 - Reparación de componentes en instalaciones nucleares mediante la tecnología Cold-Spray.
 - En Colaboración con Electricite de France (EDF) y el CIEMAT.
 - Prevista solicitud de un proyecto europeo en la convocatoria Euratom Oct. 2023.
 - Desarrollo de aceros mejorados mediante la optimización del estado de tensiones residuales microscópicas.
 - En colaboración con ARCELOR.
 - Prevista solicitud de un proyecto europeo en la convocatoria Horizon Europe May. 2023.
 - TRL(1-2)→ TRL (4-6).
- **Extender el estudio de tensiones residuales microscópicas a otros casos de interés:**
 - Estudio del estado de tensiones residuales macro y microscópicas en dispositivos eléctricos/magnéticos, MEMS.
 - The Paradigmatic capacity of REsidual strEsses to establish synergies among Mechanics, electrlcity and MagnEtisM
 - (SyG PREEMIMEMS).
 - En colaboración con UCM Cc. Físicas/ Instituto Velayos y Nano y microelectrónica CSIC.
 - Influencia de los procesos de reciclado en el comportamiento mecánico de aleaciones de aluminio.
 - En colaboración con el grupo del Dr. Y. Zhao de la Uni. Dongguan (China).
- **Fortalecer sinergias de Micro-Stress-MAP**

