# Breve descripción de las líneas de trabajo en el tema de Materiales en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSRIO (UNR)

1-Nombre del Investigador: Jorge Malarría -Dato de contacto: malarria@ifir-conicet.gov.ar -Lugar de trabajo: Instituto de Física Rosario

- -Breve descripción de la línea de trabajo en el tema de Materiales:
- -Técnicas para la producción de aceros y aleaciones especiales.

La metodología de trabajo se basa en un enfoque teórico-experimental. Se asume una descripción completa del proceso al que es sometido el material, focalizando los estudios en los siguientes aspectos:

- Efecto de elementos aleantes y sus proporciones sobre la estructura de solidificación
- Efecto de elementos para mejorar la templabilidad
- Efecto de las variables del proceso de fusión y colada y la velocidad de solidificación y de enfriamiento en estado sólido en la aparición de defectos (poros, rechupes) y en la microestructura final.

En los casos que corresponda, donde el problema-aleación sea de interés de las industrias de la región, se llevará a cabo un encuentro previo con los particulares interesados de forma de establecer la estrategia y formas de cooperación más adecuada a cada caso particular.

En todos los casos, el marco de trabajo se basa en el análisis conceptual sobre series de aleaciones con distintas composiciones químicas (tipo y cantidad de elementos aleantes), con las que se cuelan los respectivos lotes. Paralelamente, si correspondiere, se establecen parámetros de tratamientos térmicos, lo que comprende temperaturas de austenización y velocidades de enfriamiento. Muestras de cada lote son sometidas a los distintos tratamientos térmicos especificados. Los especímenes correspondientes a cada condición (Aleación + Código de colada + Código de tratamiento térmico) se identifican, someten a ensayos y se caracterizan mediante análisis de fases y metalográficos. Se correlacionan los resultados de los ensayos con las microestructuras obtenidas para cada condición. En general se verifican las cuatro instancias siguientes: formulación de la composición química, procesamiento del material, obtención de la microestructura determinada y evaluación de las propiedades resultantes. Generando un proceso que se retroalimenta de los resultados parciales a los que se arriba.

- -The shape recovery conditions for Fe–Mn–Si alloys: An interplay between martensitic transformation and plasticity, A.V. Druker, P. Vermaut, J. Malarría, Materials Characterization, 139 (2018) 319–327, doi: 10.1016/j.matchar.2018.03.018
- -Pearlite development in commercial Hadfield steel by means of isothermal reactions, M. Martin, M. Raposo, O. Prat, F. Giordana, J. Malarria, Metallography, Microstructure, and Analysis 6 (2017) 591–597, doi: 10.1007/s13632-017-0391-4.

- -Influence of Pearlite formation on the Ductility response of commercial Hadfield steel, M. Martin, M. Raposo, A. Druker, C. Sobrero, J. Malarria, Metallography, Microstructure, and Analysis 6 (2016) 473-479, doi:10.1007/s13632-016-0316-7
- -Characterization of phases in an Fe-Mn-Si-Cr-Ni shape memory alloy processed by different thermomechanical methods, V. Fuster, A.V. Druker, A. Baruj, R. Bolmaro, J. Malarría, Materials Characterization 109 (2015) 128–137, doi:10.1016/j.matchar.2015.09.026
- -A manufacturing process for shaft and pipe couplings of Fe-Mn-Si-Ni-Cr shape memory alloys, A.V. Druker, A. Perotti, I. Esquivel, J. Malarría, Materials & Design 88 (2014) 878-888, doi: 10.1016/j.matdes.2013.11.032
- **2-Nombre del Investigador:** Raúl E. Bolmaro **-Dato de contacto:** bolmaro@ifir-conicet.gov.ar **-Lugar de trabajo:** Instituto de Física Rosario
- -Breve descripción de la línea de trabajo en el tema de Materiales:
- -Materiales por deformación severa para la industria metalmecánica:

Los materiales con propiedades mecánicas mejoradas a partir de procesos de deformación severa previa han estado en estudio y desarrollo por las dos últimas décadas. En muy pocos casos, y en bajo volumen, han alcanzado la etapa productiva comercial, debido principalmente a la falta de una metodología de producción que lleve técnicas de laboratorio probadas a las escalas de producción piloto e industrial. Estas escalas tardarán todavía varios años en ser alcanzadas aunque algunas de las técnicas ya se avizoran como mucho más prometedoras que otras, debido al uso que las mismas hacen de metodologías previas de producción caracterizadas por su masividad. En el ámbito nacional la producción de chapas alcanza volúmenes considerables y recientemente se encaran procesos de modernización de plantas para incorporar materiales más avanzados a la producción, como por ejemplo los aceros Insterstitial Free (IF) (Valiev-11).

Se estudia, individual y comparativamente, tres técnicas que podrían imponerse como métodos de producción de chapas en la industria metalmecánica debido a características generales, masividad y facilidad de implementación, y particularidades diferenciales que las hacen aplicables para distintos objetivos. La producción de materiales laminados, extrudidos y embutidos, alcanza los mayores volúmenes industriales actuales por la eficiencia energética y el simultáneo control de forma y dimensiones de los productos.

- a) La más conocida de todas es la laminación asimétrica, que permite la producción de chapas de distintos materiales con deformación equivalente muy superior a la obtenible por la laminación normal para la misma reducción en espesor. La energía acumulada por deformación redundante permite una mejora sustancial de las propiedades mecánicas y su control posterior por tratamientos térmicos. (Radhakrishnan–12; Lopovok-12).
- b) La siguiente es co-laminación acumulada (Accumulated Roll Bonding-ARB) que permite introducir nano-microstructuras altamente prometedoras en cuanto a su influencia en la resistencia y ductilidad de las chapas resultantes. A cierto grado de deformación la resistencia a rotura del material se incrementa con una recuperación

- de la ductilidad gracias a la generación de nano-dominios en los cuales la deformación procede por mecanismos de deslizamiento de borde de granos (Li-06).
- c) La tercera metodología a estudiar es la deformación de chapas por corte en canal angular (Equal Channel Angular Shear Extrusion Deformation-ECASED), metodología de deformación que produce grandes modificaciones localizadas en la superficie de las chapas, manteniendo un núcleo dúctil con un simultáneo incremento de la dureza y resistencia superficial. La técnica es prometedora porque utiliza metodologías conocidas, equipamientos casi standard y materiales pre-existentes para producir chapas con durezas superficiales mejoradas con un mínimo incremento de la energía de fabricación (Ji-09; Valiev-02).

Las tres técnicas son estudiadas en materiales diversos: aceros IF (Intersticial Free), aleaciones de aluminio y magnesio.

El objetivo principal es la caracterización microestructural por texturas (rayos X), microscopía electrónica de barrido (SEM), difracción de electrones retrodifundidos (EBSD), difractometría de radiación sincrotrón y ensayos mecánicos (tracción y microdureza).

En todos estos materiales, que constituyen un subconjunto de los materiales nanoestructurados por deformación plástica severa, se estudiará la evolución de la microestructura y la textura y su correlación con las propiedades mecánicas macroscópicas.

- Strain Path Dependence of Anisotropic Microstructure Evolution on Low Stacking Fault Energy F138 Steel. N. S. De Vincentis, M. C. Avalos, A. Kliauga, H-G. Brokmeier, R. E. Bolmaro, *Materials Science and Engineering A* **698**, 1-11, 2017. DOI: 10.1016/j.msea.2017.05.033.
- Evaluation of the influence of texture and microstructure of titanium substrates on TiO2 anodic coatings at 60 V. María Laura Vera, Martina Cecilia Avalos Mario Roberto Rosenberger, Raúl Eduardo Bolmaro, Carlos Enrique Schvezov, Alicia Esther Ares. Materials Characterization 131 (2017) 348–358. http://dx.doi.org/10.1016/j.matchar.2017.07.005.
- Severe Plastic Deformation by Equal Channel Angular Pressing and Rolling: The Influence of the Deformation Path on Strain Distribution. Andrea M. Kliauga, Vitor L. Sordi, Natalia S. De Vincentis, Raúl E. Bolmaro, Norbert Schell, and Heinz-Günter Brokmeier. Advanced Engineering Materials. 2018. DOI: 10.1002/adem.201700055.
- Texture, Microstructure, and Surface Mechanical Properties of AZ31 Magnesium Alloys Processed by ECASD. Emigdio Mendoza Fandiño, Raúl E. Bolmaro, Pablo Risso, Vanina Tartalini, Patricia Fernández Morales and Martina Ávalos. Advanced Engineering Materials. 2018. DOI: 10.1002/adem.201700228.
- -Is it Possible to Use Rolling Methods to Improve Textures on Fe–Mn–Si Shape Memory Alloys?. Ana V. Druker, César Sobrero, Valeria Fuster, Jorge Malarría and Raúl Bolmaro. Advanced Engineering Materials. 2018. DOI: 10.1002/adem.201700062.
- 3-Nombre del Investigador: Nora Pellegri

- **-Dato de contacto:** pelegri@ifir-conicet.gov.ar
- **-Lugar de trabajo:** Instituto de Física Rosario
- -Breve descripción de la línea de trabajo en el tema de Materiales:
- -Técnicas teóricas y experimentales para el estudio de materiales ferroeléctricos y multiferroicos con potenciales aplicaciones en dispositivos funcionales:

En el Laboratorio de Materiales Cerámicos (LMC) se realizan trabajos de investigación vinculados a la preparación y caracterización de materiales cerámicos mediante técnicas de síntesis tradicionales y a partir de precursores en fase líquida: Sol-Gel, co-precipitación, MOD (metal organic decomposition), etc. El LMC se especializa en la modelización, diseño y obtención de nuevas composiciones de materiales cerámicos para aplicaciones específicas: ferroeléctricas, piezoeléctricas, multiferroicas, combustibles anticorrosivas, fotocatalíticas, biosidas, etc. Varias temáticas abordadas en el LMC se orientan al desarrollo de materiales para dispositivos integrados constreñidos por el demandante proceso de miniaturización para aplicaciones nanotecnológicas. Entre los tópicos más relevantes están: a) protección anticorrosiva de substratos metálicos; b) la preparación de soportes porosos y membranas para aplicaciones en separación enzimática; c) síntesis de películas y cerámicos de base zircona; d) síntesis de películas y cerámicos superconductores; e) preparación cerámicos y películas con composiciones de perovsquitas ferroeléctricas: PZT (Pb[ZrxTi1-x]O3),**PLZT** (PbyLa1-y(ZrxTi1-x)O3), (SrBi2Ta203), libres de plomo (NKN, BCZT; etc), multiferroicas (BiFeO3, etc) para aplicaciones en actuadores piezoeléctricos, sensores, transductores, etc.

También en el LMC, se ha abordado la síntesis, en medios discretos y contínuos, de nanopartículas metálicas o semiconductoras (Ag, Au, Ag/Au, Pt, CdS, PbS, TiO2, BaTiO3,etc), para aplicaciones en dispositivos ópticos no lineales, en guías de ondas óptimamente activas y en materiales nanocompuestos multifuncionales para remediación ambiental con propiedades fotocatalíticas, biosidas, fungicidas, antiadherentes, hidrófobos, hidrófilos, etc.

- -Chelate route for the synthesis of PbZrxTi1-xO3 thin films, L. Imhoff, S. Barolin, N. Pellegri, and M.G. Stachiotti, Journal of Sol Gel Sci and Technol, (2017), Volume 83, Issue 2, pp 375–381. Print ISSN: 0928-0707, Online ISSN: 1573-4846.
- -Atomic-level study of BiFeO3 under epitaxial strain, M. Graf, M. Sepliarsky, and M.G. Stachiotti, Phys. Rev. B 94, 054101 (2016).
- -Improvement of the sintering process in BCZT lead-free ceramics by the replacement of Zr by Hf, A. Di Loreto, R. Machado, A. Frattini, and M.G. Stachiotti, Journal of Material Science: Materials in Electronics 28, 588-594 (2017).
- -Influence of post-calcination grinding on the properties of Ba0.85Ca0.15Zr0.1Ti0.9O3 lead-free ceramics, A. Di Loreto, A. Frattini, and M.G. Stachiotti, Materials Letters 191, 69-72 (2017).

-Fe $^{3+}$  / Nb $^{5+}$  co-doping effects on the properties of Aurivillius Bi4Ti3O12 ceramics, C. Lavado and M.G. Stachiotti, J. Alloys & Comp. 7131, 914 (2018).

- **4-Nombre del Investigador:** Javier W. Signorelli **-Dato de contacto:** signorelli@ifir-conicet.gov.ar **-Lugar de trabajo:** Instituto de Física Rosario
- -Breve descripción de la línea de trabajo en el tema de Materiales:
- -Modelado Físico y micromecánico de chapas metálicas sometidas a procesos de conformado:

Se aplican y desarrollan modelos de base micromecánica para el estudio, análisis y predicción de fenómenos que involucran deformación plástica en aleaciones cristalinas metálicas. Los estudios involucrados tienen como guía dar respuesta a los siguientes interrogantes: cómo evoluciona una determinada microestructura frente a operaciones de conformado; cómo se pueden modelar dichas operaciones, qué fenómenos son representativos de cada escala del análisis y cómo integrar adecuadamente estas escalas en un modelo multi-escala. Dicho estudio se complementa con el desarrollo de experiencias para validar y/o proporcionar datos a los modelos de simulación utilizados. La simulación a escala mesoscópica o del policristal se lleva a cabo mediante modelos de homogeneización policristalinos (Taylor, autoconsistente) y de campo completo (basado en la transformada rápida de Fourier). Los trabajos se focalizan en la interrelación entre la textura cristalográfica del agregado policristalino, la anisotropía plástica y la deformación límite del material bajo solicitaciones típicas de procesos de conformado de chapas finas. Desde la experimentación se determina la Curva Límite de Formabilidad del material (FLC - Forming Limit Curve -) mediante diferentes ensayos de laboratorio (uniaxiales, Nakajima, Marciniack, Bulge, corte) y su textura global y local por técnicas de rayos-X y EBSD. El estudio de fenómenos locales, tamaño de grano, fragmentación y su relación con la densidad de dislocaciones geométricamente necesarias se aborda tanto desde la modelización como desde la interpretación de datos de cartografía EBSD

- -F. Schlosser, C. Schwindt, V. Fuster, A. Tommasi, J.W. Signorelli. Crystallographic texture evolution of a zinc sheet subjected to different strain paths, Metallurgical and Materials Transaction A, (2017), 48, 6, 2858–2867, ISSN 1073-5623. DOI: 10.1007/s11661-017-4069-y.
- -C.D. Schwindt, M.A. Bertinetti, L. Iurman, C.A. Rossit, J.W. Signorelli. Numerical study of the effect of martensite plasticity on the forming limits of a dual-phase steel sheet, International Journal of Material Forming, (2016), 9, Issue 4, 1 September 2016, Pages 499-517, ISSN 1960-6214. DOI: 10.1007/s12289-015-1236-9
- -C. Schwindt, F. Schlosser, M. Bertinetti, M. Stout and J.W. Signorelli. Experimental and Visco-Plastic Self-Consistent evaluation of forming limit diagrams for anisotropic sheet

metals: An efficient and robust implementation of the M-K model. International Journal of Plasticity 73 (2015) 62-99, ISSN 0749-6419. DOI: 10.1007/s11665-015-1684-x

- -J.W. Signorelli, M.J. Serenelli, M.A. Bertinetti. Experimental and numerical study of the role of crystallographic texture on the formability of an electro-galvanized steel sheet, Journal of Materials Processing Technology 212 (2012) pp 1367-1376, ISSN 09240136 DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2012.01.020
- -J.W. Signorelli, M.A. Bertinetti, P.A.Turner. Predictions of forming limit diagrams using a rate-dependent polycrystal self-consistent plasticity model. International Journal of Plasticity, Volume 25, Issue 1, January 2009, Pages 1-25, ISSN 0749-6419. DOI: 10.1016/j.ijplas.2008.01.005.