

**CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y
TECNOLÓGICO**
Informe Científico¹

PERIODO ²: 2011-2012

Legajo N°:

1. DATOS PERSONALES

APELLIDO: PALACIO (14/01/49)

NOMBRES: HUGO ANIBAL

Dirección Particular: Calle: N°:

Localidad: Tandil CP: 7000 Tel:

Dirección electrónica (donde desea recibir información): hpalacio@exa.unicen.edu.ar

2. TEMA DE INVESTIGACION

SOLIDIFICACION CONTROLADA Y PROCESOS

3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA

INGRESO: Categoría: Adjunto con Director Fecha: Agosto de 1988

ACTUAL: Categoría: Independiente desde fecha: Junio de 1998

4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

Universidad y/o Centro: Universidad Nacional del Centro - IFIMAT

Facultad: Ciencias Exactas

Departamento: Física

Cátedra: Mecánica Teórica y Física General (Grado: Primer y segundo cuatrimestre)

Otros: Solidificación y Metalurgia Física (Postgrado)

Dirección: Calle: Pinto N°: 399

Localidad: Tandil CP: 7000 Tel: 02293-442821

Cargo que ocupa: Profesor Titular Ordinario DE

5. DIRECTOR DE TRABAJOS. (En el caso que corresponda)

Apellido y Nombres:

Dirección Particular: Calle: N°:

Localidad: CP: Tel:

Dirección electrónica:

¹ Art. 11; Inc. "e" ; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

² El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2008 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2006 al 31-12-2007, para las presentaciones bianuales.

Firma del Director (si corresponde)

Firma del Investigador

6. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.

Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.

SOLIDIFICACION CONTROLADA Y PROCESOS

6.1) FLUIDEZ EN ALEACIONES LIBRES DE PLOMO PARA UTILIZAR EN MICROSOLDADURA.

El sistema eutéctico ternario Sn-Ag-Cu es uno de los candidatos para reemplazo del tradicional eutéctico Pb-Sn utilizado como aporte de soldadura para minicomponentes electrónicos. En este período se continuó con el análisis térmico y microestructural de este sistema, y de sus eutécticos binarios Sn-Ag y Sn-Cu mediante técnicas calorimétricas de solidificación controlada junto con análisis de las curvas de enfriamiento asistidas por cálculo. También se realizaron mediciones por calorimetría diferencial de barrido. Los resultados fueron comparados con los conocidos para el Sn puro y para el sistema Sn-Pb eutéctico. El método de calorimetría diferencial demostró ser útil para mostrar la presencia de más de un eutéctico en composiciones cercanas al eutéctico ternario y estudiar de este modo el camino de solidificación y la formación de una zona acoplada. Los resultados continúan en discusión, y han sido publicados y presentados en congresos.

6.2) SOLIDIFICACION UNIDIRECCIONAL DE ALEACIONES BINARIAS DILUIDAS.

Se continuó con el estudio de los mecanismos responsables de la formación de la microestructura en aleaciones modelo de diferente estructura cristalina. En este período se experimentó particularmente con las aleaciones del sistema Zn-Al. Este sistema es particularmente atractivo por ser resistente a la corrosión. Desde el punto de vista de la solidificación, posee tres zonas de interés que diferencian su comportamiento: para concentraciones de Al por debajo del máximo de solubilidad máxima, la solidificación se produce en una única fase, aunque es posible lograr crecimientos celulares y dendríticos. No se ha hallado manifestación de descomposición de fases, por el contrario, muestra un rápido comportamiento a la solubilización a temperatura, haciendo desaparecer los bordes de grano originados durante el crecimiento. Las otras zonas de interés son la pro-eutéctica, y la hipereutéctica, para las que el crecimiento de la fase primaria se desarrolla en forma aparentemente independiente del eutéctico que se halla en la zona intercelular. Es de destacar también que la fase primaria puede ser diferente según la composición. Por debajo de la composición eutéctica la fase primaria es hcp (hexagonal compacta) rica en zinc mientras que por encima es fcc (cúbica centrada en las caras) más rica en aluminio. También se continuó la discusión en el sistema Sn-Pb, donde debido a la alta densidad de sus componentes no es posible evitar considerar la convección. Adicionalmente se presentaron resultados obtenidos en el sistema de la familia AlAgCu, aplicando técnicas calorimétricas y de microscopía óptica para determinar el camino de solidificación y las fases emergentes. Complementariamente, se inició una línea de trabajo para analizar la nucleación y crecimiento en las instancias iniciales de la solidificación, enfocada fundamentalmente en la asimetría que aparece en la energía libre cuando se compara la fusión con la solidificación.

6.3) TRANSFORMACION DE ESTRUCTURAS DE SOLIDIFICACION AS-CAST EN SUPERALEACIONES BASE NIQUEL Y BIOCOPATIBLES BASE COBALTO.

Se estudiaron los procesos de precipitación y crecimiento de la fase metaestable gamma prima en superaleaciones base Ni en probetas de estructura as-cast. El interés de conocer la distribución de soluto de las estructuras de colada radica en que ésta

segregación es responsable de la composición de la fase precipitada gamma prima al momento de realizar los distintos tratamientos térmicos. Recordando que esta fase precipitada es la responsable del mejoramiento de las propiedades mecánicas de la aleación, es necesario conocer el comportamiento de esta fase a la temperatura de trabajo. Por este motivo es común desarrollar tratamientos de envejecimiento isotérmico de hasta 20000 hs. para seguir la evolución de las partículas precipitadas. Previo a este paso hay que realizar tratamientos térmicos de solubilización y posterior precipitación de las partículas. Las familia de aleaciones CMSX-2, CMSX-4 y CMSX-10 están caracterizadas por su diferente contenido de Re. Se realizaron determinaciones por análisis térmico diferencial (DTA) y los resultados están en discusión. Este análisis se completará con la información disponible de otras aleaciones tradicionalmente utilizadas como la IN713 . También se continuó con el estudio la microestructura de solidificación resultante en prótesis coladas con aleaciones del tipo ASTM F75, en condiciones de planta piloto en una empresa local. Se utilizó una aleación preparada a partir de elementos de pureza comercial (colada 1), un ajuste de dicha colada (colada 2) y otra adicional que fue obtenida utilizando aleación certificada (colada 3). Originalmente se realizó el estudio de factibilidad acerca de la reutilización de material (colada 2) cuando se controla adecuadamente la composición. Los resultados indican que la formación de carburos muy grandes provenientes de la escoria hacen no recomendable la utilización del material de re-colada. Posteriormente se analizó el comportamiento de la estructura y de las propiedades mecánicas al someter las muestras a tratamientos térmicos de solubilizado. Se pudo observar que el comportamiento de las muestras es diferente para cada colada, variando fuertemente con el tamaño inicial de los precipitados. Los mejores resultados se obtuvieron con la aleación certificada, aunque la colada 1 también entregó resultados satisfactorios. Adicionalmente se estudió la transformación de la fase cúbica a fase marténsítica por aplicación de deformación mecánica y térmica en envejecimiento artificial isotérmico.

7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.

7.1 PUBLICACIONES. *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en las que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada porque no será tomada en consideración. A cada publicación, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden que figuran en ella, lugar donde fue publicada, volumen, página y año. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparece en la publicación. La copia en papel de cada publicación se presentará por separado. Para cada publicación, el investigador deberá, además, aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del trabajo y, para aquellas en las que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

Como Director del Grupo de Solidificación participo en todos los trabajos realizados y presentados, coordinando las Investigaciones del Grupo, adquisición de equipo y consumos, supervisión de diseño de los experimentos y de los procesos de fabricación propuestos y sus aplicaciones tecnológicas, interpretación y análisis de los resultados, preparación de papers para Congresos y Journals Internacionales e ir manteniendo en el tiempo la formación y el mejoramiento de los Recursos Humanos.

- J. Giacchi, C. Morando, O. Fornaro, H. Palacio “Microstructural characterization of as-cast biocompatible Co-Cr-Mo alloys”, *Materials Characterization* 62 (2011) 53-61. doi:10.1016/j.matchar.2010.10.011 ISSN 1044-5803
Abstract: The microstructure of three different Co-Cr-Mo alloys obtained by investment casting process (called C1, C2 and C3) was modified by conventional solution treatment. The microstructural evolution was studied to evaluate how the treatment time influences the secondary phase volume fraction and to clarify the microstructural changes that might occur. To assess how treatment time affects the microstructure, optical microscopy and image analyzer software, scanning electron microscopy and energy dispersion spectrometry analysis, were employed. The main present phases in the as-cast state are σ -phase, M6C and M23C6 carbides. The latter were present in two different morphologies, “blocky” and “lamellae”. This carbide also presented two different behaviors during the thermal treatment. In C1, size decreasing, spheroidization and transformation into M6C carbide were simultaneously observed, whereas in C3 despite being the same phase, only a severe decrease in carbide size was appreciated. Samples from C2 had a similar behavior as C3 regarding to M23C6, and initial M6C carbides, dissolved directly into the matrix due to they cannot be detected in samples with 15 min of treatment.
- A. M. Ges, O. Fornaro, H. A. Palacio, Ch. 11: “Precipitation and growth of gamma prime phase in Ni-base superalloys” en *Heat treatment: Theory, Techniques and Applications*, Gregory J. Bonami (editor). Nova Science Publishing, pp 263-292. Ed, 2011, New York, ISBN: 978-1-61728-348-2
Abstract: Nickel-base superalloys are complex multicomponent alloys, characterized by a high number of alloying elements, widely used in applications where high temperature strength and corrosion resistance are required. Traditionally, two heat treatments are used for these nickel-base superalloys. First, a solution heat treatment has the objective to dissolve the precipitate phases, principally great volume interdendritic gamma-prime precipitates and carbides and homogenize the microstructure. The second stage is one or more precipitate and ageing heat treatments to obtain the precipitation of the hardening phase gamma-prime. The strength of the nickel-base superalloys is achieved through precipitation of the gamma-prime: Ni₃(Al,Ti) phase coherently precipitated in a FCC matrix, and strongly depends on volume fraction, particle size and distribution of these precipitates. These parameters can be modified through different heat treatments and also during service at high temperatures. For this reason, it is very important to predict the kinetics growth owing to its technological application at high temperatures. In this chapter, we have performed a detailed study of the gamma-prime precipitate coarsening kinetics behaviour in IN-713C and CMSX-2 nickel-base superalloy for long ageing times. For IN-713C we developed two sets of heat treatments, which provided different initial distribution of such precipitates, and then we carried out ageing heat treatments of samples at constant temperature, in short and then long aging times, until 20.000 hours. Tensile properties were evaluated in the range of 873-1123K for both heat treatments developed. CMSX-2 is known as a first generation alloy with high gamma-prime volume fraction, containing refractory elements (Ta + W + Mo). For this alloy, we studied the resulting microstructure which appears as a consequence of the different heat treatments applied. The solution treatment in a CMSX-2 alloy permits to reach a solutioning structure up to 99% of γ/γ' ratio between the matrix and remnant eutectic gamma-prime. For this reason, a second post solution heat treatment is needed to ensure a total solution. Finally, a precipitation heat treatment is used to obtain a convenient gamma-prime structure, size and distribution. In this way, three different

sizes of gamma-prime particles were artificially aged up to 1000 h at different temperatures to obtain, in each case, the growth volumetric rate. The results are consistent with a linear relationship with Ostwald ripening, theory in which large particles grow at the expense of small ones by a diffusion-controlled mechanism. The activation energy of growth process was determined, corresponding to a value of 260 kJ/mol, which is in the magnitude order of diffusion of alloying elements in nickel.

- C.Morando, O.Fornaro, O.Garbellini y H.Palacio: “Determinación de las características de solidificación de aleaciones para soldadura utilizando Calorimetría Diferencial de Barrido”. Anales 11er Congreso Binacional de Metalurgia y Materiales SAM/CONAMET 2011, Rosario, Santa Fe, Argentina. Octubre 2011. En CDRom.
Resumen: En este trabajo se estudia la dinámica de transformación de la microestructura de aleaciones eutécticas binarias Sn-3.5%Ag y Sn-0.7%Cu y ternaria Sn-3.5%Ag-0.9%Cu durante el envejecimiento artificial por medio de la técnica de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). La evolución de la microestructura se investigó utilizando microscopía óptica (OM) y electrónica de barrido (SEM). En la condición as-cast las aleaciones eutécticas binarias presentan una estructura compuesta por dendritas de fase primaria Sn rodeada de una estructura eutéctica irregular compuesta por láminas intermetálicas Ag₃Sn y Cu₆Sn₅ en una matriz de Sn mientras que la microestructura de la aleación ternaria está compuesta por las siguientes fases: β-Sn rodeadas por eutéctico binario SnAg y un eutéctico ternario Sn-Ag-Cu de estructura muy fina. Luego de 48hs de envejecimiento isotérmico a 180°C se observa un cambio notable en las microestructuras. En las aleaciones binarias se produce una estructura de grano más grande, coarsening de las dendritas de Sn, producto de la recristalización y en la aleación ternaria las fases intermetálicas Ag₃Sn y Cu₆Sn₅ están distribuidas al azar en una matriz de Sn. Se observa un engrosamiento de las dendritas de Sn y de la fase Ag₃Sn producido por el mecanismo de crecimiento de Ostwald (Ostwald Ripening).
- J. Giacchi, O. Fornaro, H. A. Palacio, “Microstructural Evolution During Solution Treatment of a Co-Cr-Mo Biocompatible Alloy”, *Materials Characterization* 68 (2012) 49-57. doi:10.1016/j.matchar.2012.03.006 ISSN 1044-5803
Abstract: Cobalt base alloys (Co-Cr-Mo) are widely used in the manufacture of orthopedic implants by investment casting techniques because of their high strength, good corrosion resistance and excellent biocompatibility properties. The as-cast microstructure is mainly formed by a Co-fcc dendritic matrix with the presence of a second phase such as the M₂₃C₆ carbides at grain boundaries and interdendritic zones, which is the main strengthening mechanism in this type of alloys. The aim of this work is to study the as-cast phases, morphology and transformations that occur during the solidification of three different casting alloys of composition close to the ASTM F75 range to optimize posterior thermal treatments.
- C.Morando, O.Fornaro, O.Garbellini and H.Palacio: “Thermal Characterization of Lead-free SnAgCu Solder Alloys”. *Materials Science & Technology Conference and Exhibition 2012. Proceedings of a meeting held 7-11 October 2012, Pittsburgh, Pennsylvania, USA. ISBN: 9781622766536.*
ABSTRACT: Emerging environmental regulations worldwide, most notably in Europe and Japan, have targeted the elimination of Pb usage in electronic assemblies due to the inherent toxicity of Pb. This situation drives to replace the eutectic Sn-Pb solder used commonly as joining material to suitable Lead Free

Solders (LFS) for microelectronic assembly. Alloy belong to Sn-Ag-Cu system (SAC Alloys) are potential LFS. However, still results very difficult to establish reliable data about thermal properties which are fundamental to interpret the solidification process and fluidity properties of alloys belonging to this system obtained in preliminary works. In this work, an analysis of the solidification process of binary Sn-Ag, Sn-Cu and ternary Sn-Ag-Cu were carried out by using Computer Aided Cooling Curve Analysis (CA-CCA) and Differential Scanning Calorimetry (DSC).

- C.Morando, O.Fornaro, O.Garbellini and H.Palacio “Microstructure evolution during the aging at elevated temperature of Sn-Ag-Cu solder alloys”. *Procedia Materials Science*, Volume 1, p.p 80 – 86, 2012. ISSN: 2211-8128
ABSTRACT: In this work, binary Sn-3.5%Ag and Sn-0.7%Cu and ternary Sn-3.5%Ag-0.9%Cu eutectic alloys has been used to investigate the dynamic of microstructure transformation during isothermal artificial aging process at 180°C. The microstructure was investigated using optical microscopy (OM), scanning electron micrograph (SEM) and EDX (energydispersive X-ray microanalysis) and followed by Differential Scanning Calorimetry technique (DSC). In the as-cast condition the binary eutectic alloys have a structure composed of Sn primary phase crystals surrounded by an irregular eutectic structure composed of intermetallic sheets of Ag₃Sn and Cu₆Sn₅ in an Sn matrix while the microstructure of the ternary alloy shows the following phase β -Sn surrounded by Sn-Ag binary eutectic and Sn-Ag-Cu ternary eutectic. After 48 hours of isothermal aging at 180°C both alloys show a noticeable change in their microstructures. In binary alloys a larger grain structure is formed, Sn dendrites coarsen, and in the ternary alloy the intermetallic phases Ag₃Sn Cu₆Sn₅ are randomly distributed in a Sn matrix. There is a coarsening of Sn dendrites and Ag₃Sn phase produced by the growth mechanism of Ostwald (Ostwald Ripening).

7.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN. *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden en que figurarán en la publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el investigador deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

7.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION. *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que han sido enviados. Adjuntar copia de los manuscritos.*

Directional Solidification of Zn-Al Alloys. Osvaldo Fornaro; Moisés Pizarro Pastene; Hugo A Palacio; Herman L Ochoa Medina. Preprint submitted to JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, August 8 2012.

Abstract: Solidification is frequently studied by directional solidification of metallic samples grown by Bridgman method. This tool is particularly useful in the control of

relevant solidification parameters like thermal gradient, advance velocity of the solid-liquid interface and chemical composition of the sample to be grown. In this work, directional growth of Zn-Al alloys of different chemical concentrations was carried out. The compositions of studied systems were a) dilute Zn-0,5 wt.%Al, below the maximum solubility limit, b) hypo-eutectic Zn- 2 and 4 %wt. Al, and c) hyper-eutectic Zn-8wt.% Al. Proper metallographic analysis of the segregation patterns behind the solid-liquid (S-L) interface gives information about the effect of the local solidification conditions. It was found that the dilute alloy grows similar to other alloys with atomically rough interfaces. For alloys with composition above the maximum solubility limit, it was found that a single primary phase grows rounded by liquid eutectic. In the case of hypo-eutectic alloys, a dendritic hcp primary phase is formed, whilst for hyper-eutectic alloys, the primary phase is an fcc Al-rich dendrite. In both cases, a secondary eutectic solid-liquid interface is formed below the dendrite tips, in such a way that the eutectic seems to grow independently of the primary phase.

7.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.
Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.

7.5 COMUNICACIONES. *Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).*

- HK Humboldt Kolleg-International Conference on Physics, La Plata, Argentina, Marzo 2011. Trabajo presentado: "Fluidity on metallic eutectic alloys".
- Tercer Taller sobre el Aluminio y metales afines, Mayo 2011, La Plata, Argentina. Trabajo presentado: "Estudio de aleaciones del sistema AlAgCu".

7.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS. *Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando corresponda.*

8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.

8.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS. *Describir la naturaleza de la innovación o mejora alcanzada, si se trata de una innovación a nivel regional, nacional o internacional, con qué financiamiento se ha realizado, su utilización potencial o actual por parte de empresas u otras entidades, incidencia en el mercado y niveles de facturación del respectivo producto o servicio y toda otra información conducente a demostrar la relevancia de la tecnología desarrollada.*

8.2 PATENTES O EQUIVALENTES. *Indicar los datos del registro, si han sido vendidos o licenciados los derechos y todo otro dato que permita evaluar su relevancia.*

8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO. *Describir objetivos perseguidos, breve reseña de la labor realizada y grado de avance. Detallar instituciones, empresas y/o organismos solicitantes.*

8.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES *(desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).*

8.5 Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.

9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS. Indicar qué tipo de servicios ha realizado, el grado de complejidad de los mismos, qué porcentaje aproximado de su tiempo le demandan y los montos de facturación.

10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:

10.1 DOCENCIA

- Física General. H. Palacio. Lecciones de Cátedra 2011-2012. Soporte electrónico didáctico para alumnos de Ingeniería de Sistemas y Power Point- Dpto. de Ciencias Físicas y ambientales , FCE, UNICEN.

- Mecánica Teórica I (Dinámica de Lagrange y Hamilton). H.Palacio -O.Fornaro. Lecciones de Cátedra 2011-2012. Soporte electrónico didáctico y Power Point para alumnos de Física - Dpto. de Ciencias Físicas y Ambientales. FCE, UNICEN.

10.2 DIVULGACIÓN

11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES. Indicar nombres de los dirigidos, Instituciones de dependencia, temas de investigación y períodos.

Director del Grupo de Solidificación del IFIMAT

Integrantes: Morando C., Ges M. , Fornaro O., Garbellini O, Giacchio J. y Granate D.

-Ing. Jessica Giacchio. Beca Doctoral CONICET : Solidificación de Aleaciones Bicompatibles. Años 2011 y 2012.

-Dra. Carina Morando. Docente JTP UNCPBA - Investigador Asistente CONICET: Fluidez de Aleaciones libres de Pb utilizadas en Soldadura. 2011-2012.

-Prof. Olga Garbellini. Docente JTP UNCPBA - Profesional Principal CICPBA. 2011-2012.

-Dr. Alejandro Ges. Docente Adjunto UNCPBA - Profesional Principal CICPBA : Modificación de Estructuras de Solidificación As-Cast de superaleaciones Base Níquel. Años 2011-2012.

-Dr. Osvaldo Fornaro. Docente Adjunto UNCPBA - Investigador Adjunto CONICET : Solidificación Unidireccional de Aleaciones Diluidas FCC y HCP. Años 2011-2012.

12. DIRECCION DE TESIS. Indicar nombres de los dirigidos y temas desarrollados y aclarar si las tesis son de maestría o de doctorado y si están en ejecución o han sido defendidas; en este último caso citar fecha.

-Ing. Jessica Giacchio: Solidificación de Aleaciones Bicompatibles CoCrMo. Doctorado en Física. Facultad de Ciencias Exactas, UNCPBA. Finalizada 2012 y a presentar.

13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS. *Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.*

14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC. *Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc.*

15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO. *Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.*

-Subsidio Personal CIC. Proyecto Solidificación Controlada y Procesos. Resol. 1150/09, 2010-2011(\$3930) y Resol. 1535/10, 2012-13 (\$5100).

-Plurianual CONICET-PIP 112-2009-0100416. Integrante del Proyecto "Transformaciones de Fase, Propiedades Térmicas y Mecánicas de Aleaciones". Años 2010-2012 (Total Asignado al IFIMAT: \$240.000).

16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO. *Describir la naturaleza de los contratos con empresas y/o organismos públicos.*

17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.

18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA. *Indicar las principales gestiones realizadas durante el período y porcentaje aproximado de su tiempo que ha utilizado.*

Consejero Titular de Control de Gestión de Institutos.
FCE-UNICEN. Años 2011-2012.

Evaluador Externo Area 10 de Tecnología Energética Minera. CyT FONCyT.
Años 2011-2012.

Evaluador Externo Area 12 de Tecnología Mecánica de materiales . CyT FONCyT.
Años 2011-2012.

Evaluador Especialista de Ingeniería, Ciencias Agrarias y Materiales. CONICET.
Años 2011-2012.

Evaluador Externo de Proyectos de Investigación, convocatoria 2010. FCEIA.
Universidad Nacional de Rosario. Marzo de 2012.

Evaluador de Proyectos Concurso Regular 2012 Programa FONDECYT. CONICYT.
Santiago de Chile, Noviembre de 2011.

19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO. *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*

-Profesor Titular Mecánica Teórica. Dpto. de Ciencias Físicas y Ambientales, FCE-UNICEN. Primer Cuatrimestre 2011-2012. Seis horas semanales.

-Profesor Titular Física General. Dpto. Ing. de Sistemas, FCE-UNICEN. Segundo Cuatrimestre 2011-2012. Seis horas semanales.

-Jurado Titular Concursos JTP y Prof.Adjuntos. Departamento de Ciencias Físicas y Ambientales, FCE - UNICEN. Octubre y Noviembre de 2011-12.

-Jurado Titular de Tesis de Doctorado en Física del Lic. I.Silva. Marzo de 2013.

20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES. *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

PROGRAMA DE INCENTIVOS

- Categoría 1 del Programa de Incentivos asignada por el CIN (Reasignación Exp.: 1-34260/2009), 09/12/2010. Proyecto de Incentivos 03/C193 "Solidificación Controlada de Aleaciones Metálicas Académicas y Tecnológicas", período 2011-2013 (Aprobado).

CITAS RELEVANTES de TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS:

Dear Dr. H.A. Palacio, It is our pleasure to inform you that your publication has been cited in a journal published by Elsevier. Through this unique service we hope we can offer you valuable information, and make you aware of publications in your research area. Best regards, The CiteAlert team

Your article:

Coarsening behaviour of a Ni-base superalloy under different heat treatment conditions. Ges, A.M., Fornaro, O., Palacio, H.A. Materials Science and Engineering A volume 458, issue 1-2, year 2007, pp. 96 - 100 has been cited in:

Effect of heat treatment on the micro-indentation behavior of powder metallurgy nickel based superalloy FGH96 Zhang, M., Li, F., Yuan, Z., Li, J., Wang, S. Materials and Design volume 49, issue , year 2013, pp. 705 - 715

View all citations to your article in SciVerse Scopus; CiteAlert is an automated service to notify authors when their articles are cited by a newly published article on SciVerse ScienceDirect.

H.A. Palacio, hpalacio@exa.unicen.edu.ar : My CiteAlert articles, View my Author Profile in SciVerse Scopus

- 1.Study of dilute Al-Cu solidification by cooling curve analysis
- 2.Comparison of infiltration length of Al-Cu-Si/0•12Al O composites and maximum fluidity length of unreinforced matrix alloys
- 3.Segregation substructures in dilute Al-Cu alloys directionally solidified
- 4.Planar front instabilities during directional solidification of hcp: Zn-Cd dilute alloys
- 5.Coarsening behaviour of a Ni-base superalloy under different heat treatment conditions
- 6.Microstructural characterization of as-cast biocompatible Co-Cr-Mo alloys

7. Microstructural evolution during solution treatment of Co-Cr-Mo-C biocompatible alloys

21. TITULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO. *Desarrollar en no más de 3 páginas. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

PROYECTO : SOLIDIFICACION CONTROLADA Y PROCESOS

Se propone estudiar diferentes aspectos de la solidificación utilizando metales y aleaciones modelo obtenidas en el Laboratorio a partir de elementos de alta pureza, así como también de aleaciones comerciales o de aplicabilidad industrial. El plan está enfocado en diferentes temáticas como son la formación de microestructuras durante la solidificación, el rol de las inestabilidades, la solidificación unidireccional y microsegregación, la fluidez de metales y aleaciones binarias y ternarias y su relación con los diagramas de equilibrio y el camino de solidificación, y la modificación de las estructuras de colada a través de tratamientos térmicos en algunas aleaciones específicas, como las superaleaciones base Ni, biocompatibles base Co, aleaciones de aporte de soldadura electrónica, aleaciones livianas termoenvejecibles, etc. y de estructuras resultado de la soldadura.

Estas actividades están directamente relacionadas con la posibilidad de generación de recursos humanos en todos los rangos posibles: alumnos pasantes, Trabajos finales de carrera, becarios de grado, posgrado, post-doctorados. Al mismo tiempo, el estudio y entrenamiento adquirido en estos sistemas brindará al Grupo de Trabajo una base de conocimiento necesaria para cimentar futuras líneas de trabajo, así como continuar desarrollando en forma adecuada, las tareas de vinculación tecnológica con industrias del medio.

La propuesta para el siguiente período incluye temas relacionados con las transformaciones de fase, la formación de estructuras a partir del líquido durante la solidificación en condiciones controladas, la modificación de las estructuras provenientes de colada por la utilización de tratamientos térmicos de solubilización y precipitación, y la evolución temporal de la estructura en tratamientos térmicos de envejecido artificial.

Las actividades involucran las siguientes líneas del Grupo de Solidificación:

1. Solidificación Unidireccional de aleaciones diluidas.
2. Modificación de Transformación de las estructuras de colada.
3. Caracterización de aleaciones libres de plomo para su utilización como aportes de soldadura.

Propuesta de trabajo.

1. Solidificación Unidireccional de aleaciones diluidas. Los crecimientos unidireccionales proveen un método experimental para reconocer y aislar los distintos parámetros que afectan la solidificación y obtener relaciones entre el gradiente térmico en el líquido, la velocidad de avance de la interfaz y la composición química, que conducen a un mejor entendimiento de las características de la solidificación de aleaciones metálicas diluidas. Estos parámetros afectan la evolución microestructural del crecimiento cristalino, pudiendo ser planos, celulares o dendríticos, y por ende, la microsegregación en el sólido resultante. Esta selección de la microestructura es producto de la interacción entre los campos térmicos, de soluto y capilares, y provoca un patrón de microsegregación delante de la interfaz que avanza. Esta

microsegregación permite la aparición de inestabilidades locales en la interfaz que podrán desarrollarse según la morfología en esta zona sea estable o no. Las transiciones en la microestructura han sido asociadas a cambios en la relación (GL/VCO) , y a pesar de la extensa cantidad de trabajos teóricos y experimentales desarrollados en este tema, no existe una única descripción precisa del rol de las inestabilidades en el proceso. Estos mecanismos se encuentran actualmente en discusión y es por ello que, siendo de relevante interés académico y tecnológico el entendimiento de los mismos, son necesarios experimentos que diluciden las consideraciones teóricas y experimentales, destacando la importancia de la anisotropía cristalina en la selección de la microestructura durante la transición celular-dendrítica y en particular en la selección del punto de trabajo dendrítico. Se propone la realización de experiencias utilizando aleaciones modelo FCC Al-Cu y/o Pb-Sn muy diluidas en la zona de crecimientos de celdas irregulares, crecimientos con cristalografía HCP: base Zn diluido, Zn-0.01%Cd y Zn-0.1%Cd en diferentes direcciones del cristal, o Zn-Al diluido, crecimientos con cristalografía BCT: base Sn, Sn-0.05%Pb, Sn-0.1%Pb y Sn1%Pb, y sistemas complejos tipo Al-Zn con fases presentes de diferente cristalografía.

Las técnicas experimentales relacionadas incluyen :

- Manejo de materiales de alta pureza para la preparación de las aleaciones diluidas, chequeo de composición química
- crecimiento de cristales bajo condiciones controladas, con y sin semilla cristalina
- Diversos métodos metalográficos, seccionamiento, pulido mecánico, químico y electrolítico, modificación de la superficie por deposición de capas epitaxiales u oxidación anódica, microscopía óptica y Microscopía electrónica de barrido, microsonda EDAX para determinación de microcomposición.

2. Transformación de estructuras As-Cast en superaleaciones Base Ni. En esta área se estudia la influencia de la microestructura de solidificación as-cast sobre la estructura final tratada térmicamente de Superaleaciones base Níquel de primera y segunda generación, en particular la formación y crecimiento de la fase metaestable ' γ ' en una matriz ' γ ' en probetas de estructura de granos equiaxiados. Es de interés conocer la distribución de soluto en las estructuras as-cast ya que esta microsegregación será la responsable de la distribución y composición de la fase precipitada al momento de realizar los distintos tratamientos térmicos. El éxito de los tratamientos térmicos de solubilizado puede depender de esta microsegregación. En esta línea está planificado realizar: Estudio del solubilizado, post-solubilizado y precipitado de una superaleación CMSX2 (primera generación) Estudio del solubilizado, post-solubilizado y precipitado de una superaleación CMSX4 (segunda generación) caracterizada por contener hasta un 3% de Re. Estudio del efecto del Re sobre el envejecimiento artificial de los precipitados metaestables ' γ ', Análisis teórico y/o numérico de la evolución microestructural de las partículas precipitadas.

Las técnicas experimentales relacionadas incluyen :

- Desarrollo de tratamientos térmicos de solución y precipitación a alta temperatura.
- Determinación de Microdureza, análisis térmico diferencial de alta temperatura.
- Diversos métodos metalográficos, seccionamiento, pulido mecánico, químico y electrolítico, microscopía óptica y Microscopía electrónica de barrido y transmisión, microsonda EDAX para determinación de microcomposición.

3. Caracterización de aleaciones libres de plomo para su utilización como aportes de soldadura. La fluidez es la habilidad del metal fundido a continuar fluyendo mientras va perdiendo temperatura y, aún, cuando ha comenzado la solidificación. Esta propiedad se utiliza industrialmente para predecir la capacidad del metal líquido de llenar adecuadamente el molde y reproducir los detalles del diseño. En nuestro caso, el largo

de fluidez es el resultado de las complejas interacciones que se producen durante la solidificación dentro del molde, y por lo tanto es indicativo del camino de solidificación y de las propiedades térmicas de las fases presentes durante el proceso, y por lo tanto puede ser alterado por el eventual alejamiento del equilibrio durante la solidificación. El cuidado del medio ambiente y de la salud pública ha llevado a la regulación del uso del Pb por ser extremadamente tóxico. En la actualidad, existe una necesidad de desarrollar aleaciones libres de Pb con propiedades físicas, mecánicas y metalúrgicas semejantes a las de SnPb para utilizarlas en los distintos procesos de soldadura. Las aleaciones del sistema SnAgCu, o aleaciones SAC, fueron seleccionadas por la industria electrónica como las más adecuadas para reemplazar al Sn-Pb. En estos últimos años se han realizado diversos estudios de microestructuras, comportamiento de solidificación y propiedades termomecánicas, sin embargo no hay datos sobre la fluidez de estas aleaciones. Esta propiedad es muy importante sobre todo en la soldadura por onda, donde se requiere un llenado satisfactorio de pequeños orificios para obtener una buena unión de los componentes electrónicos. Se propone realizar experiencias de fluidez en aleaciones libres de Pb candidatas a ser aporte de soldadura Sn-Ag-Cu-Bi utilizando un equipo para ensayos de fluidez lineal de llenado por aplicación de vacío, caracterización térmica y mecánica de la aleación y las fases presentes, y evaluación de los resultados obtenidos como función de los cambios microestructurales.

Las técnicas experimentales relacionadas incluyen :

- Manejo de materiales de alta pureza para la preparación de las aleaciones, ensayos de fluidez.
- Determinación de Microdureza, calorimetría diferencial de barrido y curvas de enfriamiento asistidas por cálculo.
- Diversos métodos metalográficos, seccionamiento, pulido mecánico, químico y electrolítico, modificación de la superficie por deposición de capas epitaxiales u oxidación anódica, microscopía óptica y Microscopía electrónica de barrido, microsonda EDAX para determinación de microcomposición.

Condiciones de la presentación:

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
 - a. Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
 - b. Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda "Informe Científico Período".
 - c. Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
 - a. Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: ininvest@cic.gba.gov.ar (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
 - b. En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados

en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.

Nota: El Investigador que desee ser considerado a los fines de una promoción, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.