

CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

Informe Científico¹

PERIODO ²: 2016-2017

1. DATOS PERSONALES

APELLIDO: Tognana

NOMBRES: Sebastián Alberto

Dirección Particular: Calle:

Localidad: Tandil CP: 7000 Tel:

2. *Dirección electrónica: stognana@exa.unicen.edu.ar*

3. TEMA DE INVESTIGACION

Materiales multicomponentes de matriz epoxi

4. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA INGRESO:

Categoría: Asistente Fecha: 1/7/2010

ACTUAL: Categoría: Adjunto desde fecha: 25/3/2015

5. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

Universidad y/o Centro: IFIMAT-Universidad Nacional del Centro de la Prov. de Bs. As

Facultad: Facultad de Ciencias Exactas

Departamento: Ciencias Físicas y Ambientales

Cátedra:

Otros:

Dirección: Calle: Pinto N°: 399

Localidad: Tandil CP: 7000 Tel: 0249-4385670

Cargo que ocupa: Profesor Adjunto

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

Apellido y Nombres:

Dirección Particular: Calle: N°:

Localidad: CP: Tel:

Dirección electrónica:

.....
Firma del Director (si corresponde)

.....
Firma del Investigador

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 2014 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2012 al 31-12-2013, para las presentaciones bianuales.

6. RESUMEN DE LA LABOR QUE DESARROLLA

Mi tarea de investigación en el Instituto de física de materiales Tandil (IFIMAT) consiste en el estudio experimental de polímeros, compuestos de matriz polimérica y mezclas. El objetivo del estudio es la formación e interacción de diferentes fases en estos materiales, ya sea polímero-refuerzo inerte, refuerzo metálico o polímero-polímero, y su influencia sobre las propiedades finales del material. Los materiales utilizados para la preparación de compuestos son epoxi con carga metálica en distintas geometrías y para la preparación de mezclas se utiliza epoxi con el polímero biodegradable semicristalino poli-3-hidroxibutirato (PHB). Las técnicas de investigación son desarrolladas en el instituto o se acceden mediante colaboración: microscopía óptica, técnica de medición de constantes elásticas mediante excitación por impulso, dispersión de rayos X de bajo ángulo, calorimetría, nanoindentación instrumentada entre las más usadas en los últimos años.

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

Materiales multicomponentes de matriz epoxi

En el período 2016-2017 se realizaron tareas de investigación relacionadas con materiales compuestos y mezclas poliméricas. En primer lugar, se realizaron trabajos que de alguna manera cierran estudios del polímero poli-3-hidroxibutirato (PHB) que se han realizado en los últimos años. En particular, luego de conocer la microestructura de mezclas PHB con prepolímero epoxi, en las cuales existe una segregación de este último fuera de las regiones lamelares de los cristales del PHB, se atacó la problemática de la cinética de cristalización de dichas mezclas. Para ello, se analizó desde el punto de vista macroscópico a través de imágenes de microscopía óptica, en las cuales se puede analizar cuantitativamente el crecimiento de las esferulitas en función del tiempo a una determinada temperatura. De esta manera se puede determinar la velocidad de crecimiento esferulítico. Por otro lado, a partir de mediciones de calorimetría se estudió la cinética de cristalización aplicando el modelo de Avrami. Se observó una influencia del contenido de DGEBA en la cinética y en la cristalización secundaria. Estos resultados permitieron la realización de un trabajo en una revista internacional (punto 1 del inciso 8.1).

En el período 2016-2017 además, se ha encarado otro tipo de problemática relacionada al estudio de materiales. En particular se ha hecho un uso bastante exhaustivo del equipo de medición del módulo de Young mediante la técnica de excitación por impulso (IET). Esta técnica permite determinar el módulo de manera rápida y no destructiva, y fue usada por el autor previamente en polímeros y compuestos. En el período mencionado se han realizado mediciones en cobre y aleaciones base cobre. La sensibilidad de la técnica ha permitido detectar cambios en la microestructura como son la presencia de precipitados y fase martensita en aleaciones Cu-Al-Be. Asimismo, fue posible inferir la influencia de la concentración de vacancias. Las mediciones fueron realizadas en muestras templadas a distintas temperaturas luego de un enfriamiento lento. Por otro lado, la influencia del tamaño de grano en el módulo de Young también fue analizada, observando una fuerte dependencia para la mencionada aleación. Estos resultados fueron comparados con cobre y con otra aleación de base cobre: Cu-Be. En ningún caso se observó una dependencia del módulo tan fuerte con el tamaño de grano como con las aleaciones Cu-Al-Be. Estos resultados se analizaron en función de la anisotropía del material, y dieron lugar a dos publicaciones de carácter internacional y a una presentación en un congreso (punto 2 en inciso 8.1, punto 1 del inciso 8.2 y punto 3 del inciso 14).

Por otro lado, aprovechando las características de la técnica IET, se avanzó en el estudio de la aleación Cu-Be, en la cual la formación de nanoprecipitados permite que la dureza se incremente notablemente. Para eso, se realizaron tratamientos térmicos que favorecen el crecimiento de nanoprecipitados en distintos estadios y se determinó el módulo de Young, además de una caracterización mediante calorimetría y mediciones de dureza. Los resultados muestran que el módulo de Young es sensible a la fracción de precipitados. La

aplicación mediante un modelo micromecánico permitió analizar la relación entre el módulo y la fracción de precipitados. Estos resultados fueron plasmados en una publicación internacional (punto 3 del inciso 8.1).

Como continuación de lo descripto anteriormente se avanzó sobre el estudio de las propiedades mecánicas a nivel nano. Para ello se realizaron mediciones mediante nanoindentación instrumentada en distintos materiales, de manera de recabar información en muchos aspectos. Por un lado, mediciones en la matriz de compuestos particulados con carga de cobre permitieron detectar regiones con propiedades diferentes cuando el epoxi usado como matriz es curado sin un catalizador. Cuando sí se usa un catalizador la matriz es homogénea. Estos resultados, junto con resultados obtenidos mediante XPS y SEM han permitido entender parcialmente los procesos que ocurren en las regiones interfase en los compuestos, y un trabajo que se encuentra en el proceso final de preparación (inciso 8.4) y a presentaciones en congresos (puntos 2 y 7 del inciso 14).

Otros resultados de nanoindentación en epoxis sin carga han permitido realizar presentaciones en congresos (puntos 1, 4, 5 y 6 del inciso 14), usando diferentes técnicas entre ellas nanoindentación instrumentada y LIBS.

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

8.1 PUBLICACIONES.

1) S. Tognana, W. Salgueiro, L. Silva; "Spherulitic growth and crystallization kinetics in PHB/DGEBA blends"; *Thermochimica Acta.* 623, 1-8 (2016).

A study of spherulitic growth in PHB and PHB/DGEBA (poly(3-hydroxybutyrate)/diglycidyl ether of bisphenol A) blends with PHB/DGEBA weight ratios of 100/0, 90/10, 80/20, 70/30 and 60/40 crystallized at temperatures in the range of 45–110°C is carried out. The spherulitic growth rates at the crystallization temperatures are studied by optical microscopy. Differential scanning calorimetry is used to study the same isothermal process to fit the results by means of the Avrami theory to determine the characteristic parameters of the process. The obtained characteristic parameters are compared to the spherulitic growth rates that are determined by optical microscopy. The observed differences are discussed considering the process of nucleation. An increase in the secondary crystallization process is observed with increasing crystallization temperature and DGEBA content in the blend. Changes in the crystallization associated with an increase in the rigid amorphous fraction (RAF) mobility are discussed.

En este trabajo participé en el análisis y discusión de resultados, y en la aplicación de modelos adecuados.

2) S. Montecinos, S. Tognana, W. Salgueiro; "Determination of the Young's modulus in CuAlBe shape memory alloys with different microstructures by impulse excitation technique"; *Materials Science & Engineering A*, 676, 121–127 (2016).

The Young's modulus (E) was determined in samples of CuAlBe shape memory alloys with selected grain sizes using the non-destructive technique of impulse excitation. The variation of E with the quenching temperature reached after as low cooling from 1073K was also studied and the microstructure of quenched samples was characterized by optical microscopy. A strong dependence of E with the grain size was found and a comparison of the obtained results with values reported in the literature was done. The behavior of E with the quenching temperature was analyzed considering the formation of γ_2 and α' precipitates, the presence of martensite in the β matrix, the re ordering process and the vacancy concentration. The impulse excitation experimental device was specifically developed and

mounted. An evaluation of its performance was made by means of measurements of the modulus E in samples of materials commonly used (commercial aluminum and copper) and using different vibration modes. The obtained results evidence the potentialities of the impulse excitation technique for the determination of the modulus E in alloys with a complex microstructure, which allows to characterize the behavior of E with the quenching temperature in the alloy studied.

En este trabajo mi participación fue principalmente en la medición del módulo de Young en aleaciones Cu-Al-Be, usando la técnica IET.

3) S. Montecinos, S. Tognana, W. Salgueiro; "Influence of microstructure on the Young's modulus in a Cu-2Be (wt%) alloy"; Journal of Alloys and Compounds, 729, 43-48 (2017).

The influence of microstructure on the Young's modulus and hardness in a Cu-2Be (wt.%) alloy was analyzed. The material was submitted to thermal aging at different times and temperatures between 540 and 680 K. The variation of those parameters is mainly due to the formation of metastable phases in the α matrix. For temperatures up to 623 K, the formation of γ'' precipitates produces an increase of the hardness in an early stage. At 676 K, the maximum hardness is reached for 0.75 h due to the presence of γ' phase, and further aging times induce a softening of the material.

The Young's modulus curves present a similar behavior respect to the hardness curves. However, no significant variation of the modulus was found for aging longer than 1 h at 676 K. Then, only the size and shape of the precipitates would have influence on the value of the modulus. A micromechanical model was applied, and the volume fraction curves of precipitates were estimated from E modulus. For the aging temperature of 676 K and times longer than 1 h, the modulus is almost constant because there is no increase in the fraction of precipitates and their maximum volume fraction is reached.

En este trabajo realicé las mediciones del módulo de Young, y participé en el análisis de resultados aplicando modelos micromecánicos.

8.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN.

1) S. Tognana, S. Montecinos, W. Salgueiro; Medición del módulo de Young en metales mediante la técnica de excitación por impulso, Revista Materia, Aceptado el 31/5/2017.

La excitación por impulso como técnica no destructiva para el estudio de materiales permite determinar las constantes elásticas de los mismos por intermedio de la medición de la frecuencia natural de vibración de barras en diferentes modos y excitadas mediante un impacto puntual. En este trabajo se determinó el módulo de Young en muestras de cobre, aluminio y aleaciones de base cobre. Las mediciones se realizaron usando distintos modos de vibración: flexión en una barra apoyada y longitudinal. Como primer paso se determinó el módulo de Young de una muestra usando diferentes modos, encontrando consistencia en los resultados. Por otro lado, se determinó la variación del módulo de Young en función de la temperatura y parámetros microestructurales como el tamaño de grano. Se analizan las capacidades y desventajas del uso de la técnica de excitación por impulso como una alternativa de bajo costo en el ámbito de la investigación en metales y aleaciones.

En este trabajo participé realizando las mediciones del módulo de Young mediante IET, y en el análisis de los resultados aplicando modelos micromecánicos.

8.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.

8.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.

Characterization of catalyzed and un-catalyzed epoxy matrix copper filled composites; S. Tognana, W. Salgueiro, B. Valcarce, W. Schreiner, S. Montecinos

Epoxy composites filled with copper particles with sizes of the order of one hundred micrometers were studied with the aim of analyzing the particle-matrix interphase. Two matrix were used: DGEBA-anhydride catalyzed using a tertiary amine and DGEBA-anhydride un-catalyzed. The study was performed analyzing the surface of both types of composites using scanning electron microscopy (SEM), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and instrumented nanoindentation. The formation of Cu(I) and Cu(II) complexes was revealed using X-ray photoelectron spectroscopy, while instrumented nanoindentation measurements allowed to determine regions with different mechanical properties in the un-catalyzed composite. The influence of anhydride and the type of curing reaction on the formation of copper complexes was analyzed. The main results point out that copper particles can interact strongly with the epoxy, depending of the chemistry and kinetic of curing reaction, modifying the composite.

8.5 COMUNICACIONES.

8.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS.

9. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.

9.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS.

9.2 PATENTES O EQUIVALENTES.

9.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRASNFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO.

9.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES

9.5 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.

10. SERVICIOS TECNOLÓGICOS.

11. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:

11.1 DOCENCIA

11.2 DIVULGACIÓN

Co-tutor de la práctica profesional supervisada destinada a estudiantes de escuela secundaria. Proyecto de la Fac. de Cs. Exactas "Prácticas para escuela secundaria" RCA 355/17. Título de la práctica: Trabajando con Impresora 3D. Tiempo aproximado de la práctica: 20 hs. 5 alumnos. Año 2017.

12. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES.**13. DIRECCION DE TESIS.****14. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS.**

1) 101ª Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. 4 al 7 de octubre de 2016. Participación: autor de trabajo "MÓDULO ELÁSTICO POR INDENTACIÓN, DUREZA Y VOLUMEN LIBRE EN SISTEMAS EPOXI. INFLUENCIA DE LA PROPORCIÓN DE ACELERANTE Y CURADO". Sebastián Tognana, Walter Salgueiro.

2) Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales 16° SAM CONAMET Córdoba, Argentina. 22 al 25 de noviembre de 2016. Participación: autor de trabajo "EFECTO DE LA CARGA DE COBRE SOBRE EL CURADO DE LA MATRIZ EN COMPUESTOS DE MATRIZ EPOXI". Sebastián Tognana, Walter Salgueiro.

3) Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales 16° SAM CONAMET Córdoba, Argentina. 22 al 25 de noviembre de 2016. Participación: autor de trabajo "MEDICIÓN DEL MÓDULO DE YOUNG EN METALES MEDIANTE LA TÉCNICA DE EXCITACIÓN POR IMPULSO". Sebastián Tognana, Susana Montecinos, Walter Salgueiro.

4) 102ª Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 26 al 29 de septiembre de 2017. Participación: autor de trabajo "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES ELÁSTICAS Y PLÁSTICAS DE DISTINTOS MATERIALES". Susana Montecinos, Sebastián Tognana, Walter Salgueiro.

5) 102ª Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 26 al 29 de septiembre de 2017. Participación: autor de trabajo "DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CU EN UN POLÍMERO COMERCIAL INMERSO EN SOLUCIÓN USANDO LA TÉCNICA LIBS". Sebastián Tognana, Cristian D' Angelo, Walter Salgueiro, Susana Montecinos.

6) XII Simposio Argentino de Polímeros. Los Cocos, Córdoba, Argentina. 18 al 20 de octubre de 2017. Participación: autor de trabajo "APLICACIÓN LIBS AL ESTUDIO DEL CONTENIDO DE CARGA DE Cu EN COMPUESTOS DE MATRIZ EPOXI". Sebastián Tognana, Walter Salgueiro, Cristian D' Angelo.

7) XII Simposio Argentino de Polímeros. Los Cocos, Córdoba, Argentina. 18 al 20 de octubre de 2017. Participación: autor de trabajo "ANÁLISIS DE LA RESPUESTA MECÁNICA DE POLÍMEROS EPOXI ANTE VARIACIONES EN EL CURADO MEDIANTE NANOINDENTACION INSTRUMENTADA". Sebastián Tognana, Susana Montecinos, Walter Salgueiro.

15. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.**16. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.**

Investigador Responsable del proyecto PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS EN COMPUESTOS Y MEZCLAS DE MATRIZ EPOXY, PICT-2013-0686 otorgado y financiado por la FONCYT Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Resolución N° 214/14. 29 de Agosto de 2014 - 29 de Septiembre de 2016 (extendido hasta 28/2/2017)

Monto total: 57200,00 pesos

Monto otorgado en 2016/2017: 27000 pesos

En este proyecto se propone realizar un estudio experimental de materiales multifásicos de matriz epoxy analizando la influencia que tienen las fases presentes sobre las propiedades mecánicas y térmicas.

Participación como integrante del Grupo Materiales Compuestos y Mezclas Poliméricas de la parte correspondiente de Subsidios Institucionales al IFIMAT otorgados por la SECAT-UNCPBA para funcionamiento. Recibido en 2016-2017: 20174 pesos

Subsidio personal a investigadores CICPBA. Monto recibido en 2016 y 2017: 35750 pesos.

17. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

18. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.

19. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA.

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

Profesor Adjunto ordinario con dedicación simple. Cátedra asignada en el primer cuatrimestre: Electromagnetismo de la carrera de Lic en Cs. Físicas.

Cátedra asignada segundo cuatrimestre: Física General de la carrera de Ing. en Sistemas.

El tiempo que demanda la tarea de docencia es de 4 horas semanales frente a alumnos.

21. 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.*

Integrante del grupo responsable del proyecto de incentivos "Estudio de la microestructura y las interfases en compuestos poliméricos", 03/C283. Programa de incentivos docentes SPU. Investigador Responsable: Dr. Walter Salgueiro. 1/1/2017 a 31/12/2019

Miembro titular del consejo científico asesor del IFIMAT desde 29/10/2015 en representación del Grupo de Materiales Compuestos y Mezclas Poliméricas. Acta CCA 1/15.

Jurado en la mesa de evaluación del trabajo especial de licenciatura en Tecnología Ambiental de la alumna Anabela Lusi. Título: Impacto del Agujero de Ozono sobre la Radiación UV en Latitudes Medias y Altas. 17/11/2017

Miembro del Consejo Asesor Departamental del Departamento de Ciencias Físicas y Ambientales como Representante Docente Auxiliar suplente para el período 01/12/2017 al 30/11/2019. RCA 414/17.

Jurado en el concurso de orden de mérito para ayudantes graduados del Departamento de Ciencias Físicas y Ambientales para el año 2017. Área Químicas Básicas. 6/12/20178

Reviewer de la revista Materials Research (2016)

Reviewer de la revista Advances in Polymer Technology (2017).

22. TÍTULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PRÓXIMO PERÍODO.

Materiales multicomponentes de matriz polimérica

Introducción

Para el período 2018-2019 se abordarán problemas relacionados con las interacciones entre las distintas fases en materiales compuestos y mezclas.

El autor ha desarrollado investigaciones en polímeros y compuestos poliméricos desde hace algunos años. En particular, como resultados que es necesario mencionar, se ha estudiado la cristalización en polímeros semicristalinos obtenidos de la biomasa (PHB), las tensiones internas en compuestos de matriz epoxi y la segregación en mezclas PHB/prepolímero epoxi [1-4].

Los resultados obtenidos en los años precedentes relacionados a la microestructura de aleaciones base cobre, han permitido un conocimiento acerca de las mejoras que se pueden obtener en las propiedades mecánicas a través de tratamientos térmicos adecuados. Por ejemplo, la formación de precipitados y endurecen la matriz considerablemente y mejoran el módulo de Young en las aleaciones Cu-Be y Cu-Al-Be (ver [5, 6] y referencia citadas allí). Asimismo se produce una modificación en la superficie de la muestra. En ese sentido, los objetivos de este plan de trabajo son analizar la interfase y la cohesión que se produce en este tipo de aleaciones en contacto con diferentes polímeros. Esta propuesta se basa en la cooperación que se ha establecido con investigadores con experiencia en aleaciones, y en el desarrollo propio del conocimiento de compuestos de matriz epoxi.

Sobre los polímeros a utilizar como matriz.

Los polímeros epoxi son polímeros termoestables ampliamente usados como matriz en compuestos. La buena respuesta a la degradación y deterioro cuando se expone a ambientes agresivos junto con aceptables propiedades mecánicas lo ha hecho sumamente utilizado desde hace años. La respuesta de los compuestos depende en gran manera de como interacciona cada una de las fases presentes. En ese sentido, los compuestos cargados con metales presentan fenómenos interesantes y que plantean muchas cuestiones que no han podido resolverse. En particular, el autor ha observado la formación de complejos de cobre en epoxis del tipo DGEBA curado con un anhídrido como endurecedor cuando el mismo no es catalizado. El cobre, en general, es un metal que presenta una fuerte interacción con los epoxis, lo que puede contribuir a generar interfases importantes, que modifican las propiedades macroscópicas del material.

Sin embargo, en este plan de trabajo también se pretende utilizar otros polímeros con diferentes características al epoxi. Uno de ellos es el PHB del que se tiene información previa y cuyas principales características es que es biodegradable y obtenido de la biomasa. Estas características lo hacen atractivo desde el punto de vista medioambiental, pero también es muy importante mencionar los complejos procesos de cristalización, recristalización y cristalización secundaria que presenta el polímero. La interacción PHB con un metal ha sido menos estudiada, ya que en general los estudios han apuntado a carga inerte (cerámicas). Por esa razón, se propone analizar la interacción PHB con distintos metales, de los cuales se explorará a continuación, la cristalización en tales situaciones y la degradación.

Finalmente otro tipo de polímeros que se pretende utilizar como matriz es ácido poliláctico o PLA, pero en este caso lo novedoso que se pretende estudiar es el tipo de preparación ya que se utilizará una impresora 3D para depositar el material sobre láminas o alambres.

La impresión 3D es una técnica que ha cobrado un fuerte impulso en los últimos años sobre todo como pasatiempo. Sin embargo las potencialidades de esta técnica han sido mostradas en diferentes trabajos científicos [7]. El objetivo es depositar material sobre placas finas o chapas de aleaciones, o fabricar muestras con alambres metálicos. Paso seguido, analizar la adhesión polímero-metal, variando la superficie de este último. La impresora que se utilizará es una impresora comercial de muy bajo costo, y además del PLA se pueden utilizar distintos plásticos comercialmente disponibles (Nylon por ejemplo). Aunque este tipo de experimento está orientado hacia la aplicación existen distintos factores que deben ser analizados con detalle y que requieren de una comprensión de los fenómenos básicos. Uno de ellos por ejemplo es la cristalinidad del polímero que a su vez es función de la temperatura de fundido y del enfriamiento. Otro factor, que es el que se analizará con más detalle, es la superficie del metal, la cual se modificará para lograr una mejor adhesión.

Sobre los metales y aleaciones a usar.

Para la formación de precipitados e inducción de defectos se utilizarán aleaciones base cobre tales como Cu-Al-Be y Cu-Be. En aleaciones con memoria de forma Cu-Al-Be se formarán precipitados micrométricos del tipo α (ricos en Cu) y del tipo γ_2 (ricos en Al) mediante diferentes tratamientos térmicos. En aleaciones Cu-Be se inducirá la formación de precipitados nanométricos metaestables y, mediante tratamientos isotérmicos sobre muestras en solución sólida α . Existe en la literatura diversos estudios respecto a la secuencia de precipitación de estas fases y la variación morfológica de éstos con el tiempo y temperatura de envejecimiento [8]. Se realizarán tratamientos isotérmicos a temperaturas de alrededor de 700 K por distintos tiempos para obtener distintos tipos de precipitados, con fracciones y propiedades muy distintas. Es conocido que la presencia de fase metaestable γ' produce los mayores valores de dureza del material, por lo que este tipo de compuesto, $\alpha + \gamma'$, es el más utilizado para aplicaciones tecnológicas.

La colaboración con investigadores con experiencia en el tema permiten contar con el conocimiento necesario.

La modificación de la superficie de las aleaciones se llevará a cabo mediante un proceso de dealeado químico. Este proceso permite la formación de nanoporos en aleaciones base cobre. El dealeado se produce por la inmersión de las aleaciones en soluciones acuosas de NaCl, pudiendo en algunos casos aplicar corriente para acelerar el proceso. Existen reportes respecto a este tipo de proceso [9].

Una vez modificada la superficie de las aleaciones se analizarán las mismas a través de microscopía electrónica o AFM, con el objetivo de analizar la porosidad. Asimismo, un ensayo rápido es la medición del ángulo de contacto que es sensible a la microestructura superficial. Mientras que las primeras observaciones se realizarán en otros centros de investigación a través de colaboraciones o servicios, las segundas serán realizadas en el laboratorio.

Posteriormente se depositará o insertará el polímero sobre las aleaciones y se analizará la adhesión a través de ensayos mecánicos que permitan determinar la fuerza necesaria para separar los materiales. En ese sentido se pretende fabricar equipos que permitan lograr una caracterización rápida.

Otro tipo de estudio es analizar la posible interfase a través ensayos de nano indentación en el polímero en la región cercana al metal a través de cortes transversales mediante equipamiento adecuado. Asimismo la composición química podría ser examinada mediante EDS, y posibles cambios en la estructura molecular podría ser detectada mediante la técnica de Raman confocal.

Finalmente, la inclusión de alambres en polímero mediante la deposición por impresión 3D o mediante impregnado, permitirá lograr otro tipo de muestras, factibles a ser ensayadas mecánicamente. En este caso se pretende usar alambres de Ni-Ti comercialmente disponibles y que tienen propiedades pseudoelásticas y que pueden ser usados como disipadores de energía. La propiedad a estudiar básicamente es la cohesión polímero-metal.

Materiales y métodos.

Los materiales a utilizar son los mencionados anteriormente: epoxi del tipo DGEBA-anhídrido-amina terciaria, PHB, PLA, preparados de acuerdo a su tipo. Los epoxis serán curados a temperaturas de aproximadamente 120°C. El PHB será preparado a partir de un tratamiento térmico isotérmico en el cual es conocido que si la temperatura es cercana a 80°C, la velocidad de cristalización es alta. Las muestras de PLA se prepararán en base a filamentos extruidos en una impresora 3D.

Las técnicas a utilizar serán principalmente microscopía óptica y microscopías avanzadas, medición del módulo de Young mediante IET, medición del ángulo de contacto, calorimetría, ensayos de nanoindentación y microdureza.

Referencias

1. S. Tognana, W. Salgueiro, A. Somoza, A. J. Marzocca; Express Polymer Letters. 7 (2) 120-133 (2013).
2. S. Tognana, W. Salgueiro, A. Somoza, A. J. Marzocca, Materials Science & Engineering A 527, 4619-4623 (2010).
3. S. Tognana; W. Salgueiro, Polymer Journal 47, 789-795 (2015).
4. S. Tognana, W. Salgueiro, L. Silva, Thermochemica Acta 623, 1-8 (2016).
5. S. Montecinos, S. Tognana, W. Salgueiro, Materials Science & Engineering A, 676, 121–127 (2016).
6. S. Montecinos, S. Tognana, W. Salgueiro, Journal of Alloys and Compounds, 729, 43-48 (2017).
7. X. Wei, D. Li, W. Jiang, Z. Gu, X. Wang, Z. Zhang, Z. Sun, Scientific Reports, 5, 11181, DOI: 10.1038/srep11181 (2015).
8. Y.J. Zhou, K.X. Song, J.D. Xing, Y.M. Zhang, Journal of Alloys and Compounds 658, 920-930 (2016).
9. F. Chen, X. Chen, L. Zou, Y. Yao, Y. Lin, Q. Shen, E. J. Lavernia, L. Zhang; Materials Science and Engineering A, 660, 241-250 (2016).