

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA METALÚRGICA

**PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ASIGNATURA PROYECTO DE LA
LICENCIATURA DE INGENIERÍA QUÍMICA METLÚRGICA**

SEMESTRE 2019 – 1

**Influencia de la velocidad de enfriamiento en aleaciones binarias
Sn-Bi tanto de colada como en estado sólido, y su efecto en sus
propiedades mecánicas “in-situ”**

Asesor: Dr. Bernardo Fabián Campillo Illanes.

Supervisor técnico: M en C. Gerardo San Juan San Juan

Título: Influencia de la velocidad de enfriamiento en aleaciones binarias Sn-Bi tanto de colada como en estado sólido, y su efecto en sus propiedades mecánicas “in-situ”

Introducción

Estudiar acerca del crecimiento dendrítico siempre ha atraído la atención desde varios aspectos. Desde un punto de vista ingenieril, hay algunos problemas relacionados con el crecimiento dendrítico. Por ejemplo, varios tipos de defectos, que parecen estar estrechamente relacionados con el crecimiento dendrítico, todavía se observan en monocristales de alabes de turbina, y se reporta que se debe a que, durante la solidificación unidireccional, hay rechazo de soluto en la interfaz de la solidificación y esta puede iniciar una convección, aun si el perfil de temperaturas es gravitacionalmente estable (1). Lo que se explica como que el flujo del metal puede producir canales en la región interdendrítica, la reconocida región “pastosa”, además una región de soluto enriquecida que se reconoce como región/canales de granos equiaxiales, en piezas coladas.

Hay un buen número de trabajos en las que la segregación es modelada (1-3), en donde consideran el intercambio de solutos debido a la solidificación y la refusión, específicamente modelando el flujo del metal en el baño líquido y en la región pastosa, y así como también la transferencia de calor. Otros “defectos” que se han llegado a observar en piezas coladas son unos “cristales” en forma de “estrella” que son regiones en donde se pueden iniciar grietas. Estos cristales, se forman de la nucleación y el crecimiento del grano dendrítico con orientaciones cristalinas no-deseadas (4-6). También indican que una separación de un brazo dendrítico de la región pastosa, podría ser el origen de estos cristales de “estrella” (4). Ahora bien estudios relacionados con la detección de estos defectos de cristales-estrella son relativamente limitados, en comparación con estudios de nucleación en las puntas de los brazos dendríticos primarios. Se ha reportado que, mediante la observación directa para determinar el mecanismo de desprendimiento, el cual está relacionado con la formación y aparición de estos cristales-estrella. Pero estos trabajos reportan que han sido estudiados en sistemas orgánicos (7, 8), y no se presentan trabajos sobre sistemas de aleación metálica debido a la dificultad de la observación. Recientemente, hay unos trabajos con imágenes de rayos X resueltas en el tiempo in-situ, con buenos resultados para observar el crecimiento dendrítico y el crecimiento eutéctico de aleaciones de Sn y de Al (9,10).

El desarrollo de la técnica de observación directa nos permite observar fenómenos de solidificación in situ. Por lo tanto, es de gran interés observar la formación y las zonas en donde aparece el grano dendrítico, zonas de regiones/canales de granos equiaxiales y zonas en donde se pueda examinar la aparición del desprendimiento de los brazos de dendrita, y los defectos aunados a esto, específicamente realizando observaciones y trabajo cuantitativo en aleaciones binarias bifásicas. Por

consiguiente es importante determinarlos y estudiar su posible respuesta al ser modificados por procesos térmicos en estado sólido.

Referencias

- 1) S.D. Felicelli, D.R. Poirier, J.C. Heinrich, J. Crystal Growth 177 (1997) 145.
- 2) C. Frueh, D.R. Poirier, S.D. Felicelli, Mater. Sci. Eng. A 328 (2002) 245.
- 3) C. Frueh, D.R. Poirier, R.G. Erdmann, S.D. Felicelli, Mater. Sci. Eng. A 345 (2003) 72.
- 4) A. de Bussac, Ch.-A. Gandin, Mater. Sci. Eng. A 237 (1997) 35.
- 5) Th. Imwinkelried, J.-L. Desbiolles, Ch.-A. Gandin, M. Rappaz, S. Rossmann, Ph. Thevoz, TMS VI (1993) 63.
- 6) A. Ludwig, I. Steinbach, N. Hofmann, M. Balliel, M. van Woerkom, P.R. Sahm, TMS VI (1993) 87.
- 7) K.A. Jackson, J.D. Hunt, D.R. Uhlmann, T.P. Seward, Trans. Met. Soc. AIME 236 (1966) 149.
- 8) S. Liu, S.Z. Lu, A. Hellawell, J. Crystal Growth 234 (2002) 740.
- [9] R.H. Mathiesen, L. Arnberg, F. Mo, T. Weitkamp, A. Snigirev, Phys. Rev. Lett. 83 (1999) 5062.
- [10] R.H. Mathiesen, Ramsoskar L. Arnberg. K, T. Weitkamp, C. Rau, A. Snigirev, Metall. Mater. Trans. B 33B (2002) 613.

Hipótesis

La localización, forma y la morfología de las distintas regiones obtenidas por solidificación direccional en aleaciones binarias Sn-Bi, afectan y modifican las propiedades mecánicas in-situ. En estado sólido alguno de estas aleaciones Sn-Bi se ven influenciados por los procesos térmicos y a su respuesta en sus propiedades mecánicas.

Objetivo General

Determinar las distintas regiones específicas obtenidas durante la solidificación en aleaciones binarias Sn-Bi y su efecto en las propiedades mecánicas determinadas in situ mediante nanoindentación. Así como su influencia y/o respuesta al ser modificadas por procesos térmicos de recocido y envejecido.

Metas

- Determinar las composiciones a fundir de aleaciones binarias Sn-Bi y obtener sus respectivas curvas de enfriamiento.
- Realizar una comparación de las regiones obtenidas en las coladas y realizar un análisis composicional de las mismas.
- Hacer un análisis de estas regiones en relación a sus propiedades mecánicas mediante nanoindentación.
- Estudiar la influencia de la respuesta de estas regiones obtenidas por colada a los procesos térmicos a aplicarse en estado sólido.

Metodología del trabajo

Se trabajará con aleaciones Sn-Bi de distinta composición (hipoeutécticas, eutécticas e hipereutécticas), de las cuales se obtendrá la historia térmica durante su solidificación, en regiones específicas dentro del molde. Por otro lado, se colarán probetas estandarizadas para ensayos de tensión con el fin de generar curvas esfuerzo - deformación ingenieriles que permitan obtener y relacionar propiedades con la microestructura observada a partir de análisis metalográfico mediante el uso del microscopio óptico y SEM, además se realizará un estudio in situ mediante un nanoindentador de estas regiones. Así mismo, se establecerá una correlación entre el rango de solidificación asociado a las aleaciones y su microestructura, incluyendo los fenómenos de segregación, regiones de solidificación específicas, y morfología de los granos en caso de haberlos. Ahora bien, se llevará a cabo un análisis térmico de las curvas de enfriamiento obtenidas durante la solidificación y con los cambios de pendiente que se manifiesten dependiendo de la concentración de Sn-Bi, ya en estado sólido, se estudiará el efecto que tienen distintos procesos térmicos tales como recocidos y envejecidos, sobre la microestructura de las piezas de colada, analizando curvas de enfriamiento y su correlación con curvas obtenidas por dilatometría diferencial de barrido (DSC).

Todo lo anterior, con el fin de analizar la mayor cantidad de variables posibles asociadas con la solidificación de una aleación binaria con diagrama de fases eutéctico.

Infraestructura:

En el Departamento de Ingeniería Metalúrgica de la Facultad de Química de la UNAM se cuenta con:

- Cortadora de disco de diamante.
- Desbastadoras.
- Pulidoras.
- Muflas.
- Microscopios ópticos y analizador de imágenes.
- Absorción atómica
- Microscopio electrónico de barrido con espectroscopia de Rx (USAII).
- Máquina para la realización del ensayo de tensión.
- Microdurómetro.
- Máquina para la realización del ensayo de fatiga.
- Nanoindentador
- Calorímetro diferencial de barrido (USAII)

En el Instituto de Investigación de Materiales de la UNAM se cuenta con:

- Horno tubular de alta temperatura para precalentar y una laminadora instrumentada.

Por lo que no es necesario que el alumno asista al ICF-UNAM.

El proyecto es financiado por el programa **PAPIIT IN115616** y por **PAIP** No es necesario que el alumno visite el instituto de ciencias físicas UAEM ya que en el DIM se cuenta con los equipos.

Cronograma

[illegible]