



7mo encuentro de jóvenes investigadores en ciencia y tecnología de los materiales

5 y 6 de septiembre de 2019
Rosario, Santa Fe, Argentina

SOLIDIFICACIÓN UNIDIRECCIONAL Y CARACTERIZACIÓN DE ALEACIONES BASE ALUMINIO CON MAGNESIO

M. Pedrozo*⁽¹⁾, **G. R. Kramer** ⁽¹⁾, **A. E. Ares**⁽¹⁾

(1) Programa de Materiales y Físicoquímica, Instituto de Materiales de Misiones, Félix de Azara 1552, N3300LQH, Posadas, Misiones, Argentina.

* Correo Electrónico (autor de contacto): manepedrozo@gmail.com

Tópicos: T1 y T5; **Categoría:** C1.

El aluminio es extensamente aplicado como material metálico dada su baja densidad, su excelente resistencia a la corrosión y el mejoramiento de sus propiedades con el agregado de distintos aleantes. Las características mecánicas de este producto final dependerán de la macroestructura, la cual puede presentarse en forma de granos equiaxiales, de transición columnar-equiaxial (TCE), o columnares, dependiendo de la composición química y de las condiciones de solidificación. El objetivo del presente trabajo fue obtener mediante solidificación unidireccional aleaciones base aluminio con 0,5% y 1% (w/w) de magnesio, con diferentes estructuras de granos para relacionar las propiedades macroestructurales con los parámetros térmicos.

En la industria moderna, la fundición es considerada la ruta más económica en la conformación de una pieza metálica, siempre que el punto de fusión no sea extremadamente elevado. La estructura formada inmediatamente después de la solidificación determina las propiedades del producto final, no sólo para las piezas que ya tienen esencialmente la forma final, sino también para los productos que se desarrollarán para la producción de chapas, cables o que serán forjados. Las características mecánicas de este producto final dependerán de la macroestructura y la microestructura resultante [1]. La macroestructura de las piezas de fundición puede presentarse en forma de granos completamente columnares o totalmente equiaxiales, dependiendo de la composición química de la aleación y de las condiciones de solidificación. No obstante, una forma estructural más compleja se compone de ambas zonas estructurales. Esta forma mixta de solidificación se produce cuando los granos equiaxiales son capaces de nuclear y crecer en el líquido adelante del frente de crecimiento columnar, causando la transición de estructura columnar a equiaxial (TCE). La predicción de esta transición es de gran interés en el diseño de las propiedades mecánicas de los productos fundidos.

Las piezas con una estructura completamente equiaxial son más apropiadas para aplicaciones donde la isotropía de las propiedades físicas y mecánicas resulta necesaria. Por otro lado, la anisotropía de las propiedades de las estructuras columnares permite aplicaciones tecnológicas importantes como, por ejemplo, el crecimiento de álabes de turbina de motores a inyección, donde el crecimiento columnar debe coincidir con la dirección de máxima sollicitación mecánica durante el funcionamiento de las turbinas [2]. El perfil de temperatura en el metal durante la solidificación afecta de manera significativa el tamaño de las áreas columnar y equiaxial, ya que el crecimiento columnar es condicionado por el movimiento de las isoterms liquidus y solidus, y el crecimiento equiaxial por delante del frente columnar genera cambios en el perfil térmico en el líquido como una función de la liberación del calor latente. Estos fenómenos actuando simultáneamente tornan la predicción de la transición columnar/equiaxial una tarea compleja.

Sin embargo, resulta necesaria la realización de un trabajo sistemático a fin de determinar la influencia de las variables térmicas de solidificación en la evolución de los parámetros estructurales, enfocando el estudio en las aleaciones base aluminio.

En este trabajo se solidificaron aleaciones base aluminio con el agregado de magnesio a partir de materiales de alta pureza (Al y Mg de 99,999% de pureza), utilizándose un horno de fundición y solidificación unidireccional, que consta de un sistema de calentamiento, un sistema de extracción de calor y un sistema de control y adquisición de datos de temperatura (Figura 1). Las probetas obtenidas se cortaron en dirección longitudinal, se debastaron con papel SiC hasta granulometría #1500, y se atacaron químicamente con reactivo Keller (agua destilada, ácido clorhídrico al 32%, ácido nítrico al 65%, ácido fluorhídrico al 40%) durante 3 minutos a temperatura ambiente para el revelado de las

macroestructuras [3]. El tamaño de las estructuras de grano se determinó aplicando la norma ASTM E112 con ayuda de un software libre con procesamiento de imagen.

A través de las distintas experiencias propuestas se obtuvieron satisfactoriamente aleaciones Al-0,5%Mg y Al-1%Mg, con estructuras de grano columnares, de TCE y equiaxiales (Figura 2). La posición de las estructuras de granos TCE en todas las probetas fueron observadas a un tercio de la altura desde la base y con una extensión de nomas de 2 cm.

A partir de los perfiles de temperatura en función del tiempo obtenidos (Figura 3), se determinaron y calcularon los parámetros térmicos tales como: las temperaturas liquidus y solidus, las posiciones y velocidades de los frentes de solidificación de las isoterma liquidus (V_L) y solidus (V_S), los gradientes térmicos (G_L), y las velocidades de enfriamiento (\dot{T}). Para todas las zonas se determinó una velocidad de enfriamiento relativamente alta y se observó en todas las probetas macroestructuras de grano fino. A partir de los resultados de los gradientes, se identificaron valores mínimos correspondientes a la formación de estructura de grano TCE, y máximos correspondientes a la formación de estructuras de grano columnar.

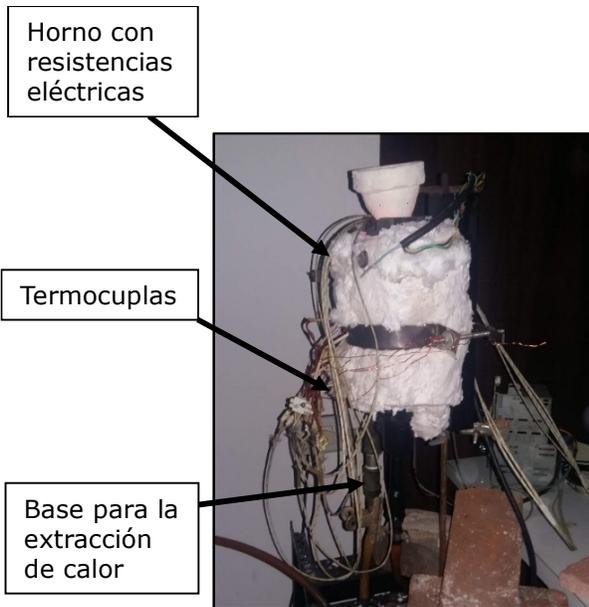


Figura 1: Horno de fundición y solidificación.

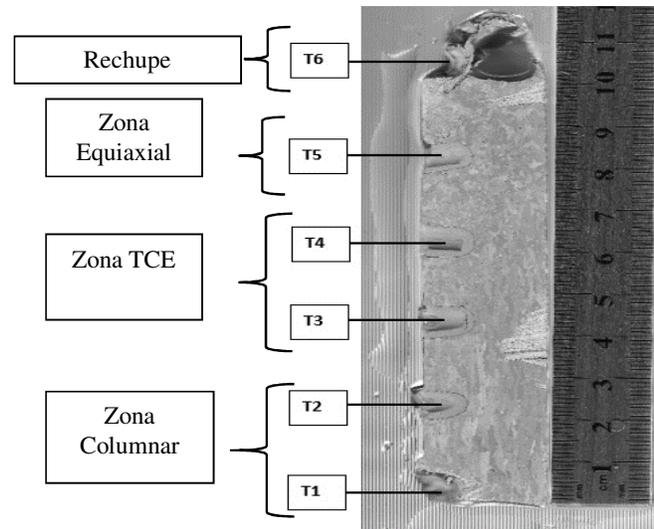


Figura 2: Macroestructura de Al-1%Mg con zonas con diferentes estructuras de granos definidas.

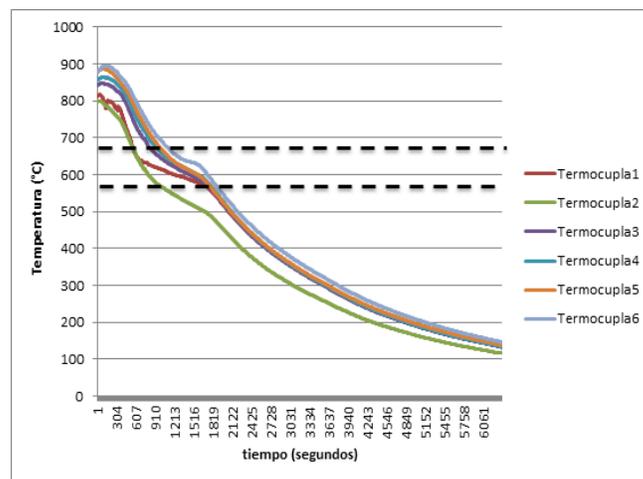


Figura 3: Curvas de temperatura vs tiempo de la aleación Al-1%Mg.

Agradecimientos: M. Pedrozo agradece a la Universidad Nacional de Misiones por el otorgamiento de la "BECA PARA AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES".

Referencias

- [1] S. C. Flood, J. D. Hunt, Metals Handbook, 9th ed., 1989, ASM International, Materials Park, OH.
- [2] J. A. Spittle, Columnar to equiaxed grain transition in as solidified alloys, International Materials Reviews 51 (4), 2006, 247-269.
- [3] G. Petzow, Metallographic etching, 2nd ed., 1999, ASM International, Materials Park, OH.