

Efecto del tratamiento térmico en la transformación microestructural de la aleación aluminio-silicio vaciada en moldes metálicos y su relación con las propiedades mecánicas.

Aguedo Arteaga¹, Wilmer Romero²

¹Universidad Experimental Politécnica, Puerto Ordaz, Venezuela, earteaga2005@yahoo.es

This research studied the effect of heat treatment on the microstructural transformation of an aluminum-silicon alloy cast in metal molds and their relationship to mechanical properties. The study was conducted using test-aluminum wheels A-356 that were manufactured by pressure molding machines. As a result of this investigation concluded that the eutectic silicon changes from fibrous to spherical shape, increasing in size over time. Levels of processing achieved by the phase transformation β -Al₅FeSi to α -AlFeSi were in the range of 47% to 57%. The time and temperature used for aging significantly influenced the hardness and tensile strength. The time spent in making the solution did not significantly influence the strength and toughness.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las aleaciones de aluminio que son utilizadas para la fabricación de piezas fundidas se encuentran aquellas que tienen como base el sistema binario Al-Si. Una de las aleaciones que más se utiliza en la fabricación de los rines es la A-356.0 de la norma ASTM B 308^a. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Composición química de la aleación ASTM A 356.0

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
6,5-7,5	0,20 máx.	0,20 máx.	0,10 máx.	0,25-0,45	0,10 máx.	0,20 máx.

Una característica esencial de esta aleación es que debe ser sometida a tratamiento térmico T6, para alcanzar el endurecimiento por precipitación, el tratamiento consiste en una puesta en solución a una temperatura de 540 °C con enfriamiento en agua para mantener la solución sobresaturada y posterior envejecimiento artificial en un rango de 155-170 °C. Las propiedades mecánicas de las aleaciones Al-7%Si-Mg están gobernadas por el nivel de magnesio retenido en la matriz después del tratamiento de puesta en solución y temple y el ciclo del tratamiento térmico.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en probetas de rines fabricados en la planta de CTA-SURAL, de la aleación A-356 tenidos en las máquinas de molde bajo presión. Estas

probetas fueron preparadas y tratadas térmicamente en un horno de resistencia eléctrica con controladores de calentamiento y mantenimiento del laboratorio de Siderurgia de la Unexpo VRPO. Posteriormente fueron mecanizadas para obtener probetas para ensayos de tracción y dureza, luego examinadas por microscopía óptica y electrónica. Para la realización de este estudio se evaluaron 3 variables; a) temperatura del horno para puesta en solución; 6, 9 y 12 horas a 540 ° C, b) temperatura y c) tiempo de permanencia para el envejecimiento a 135°, 155° y 170° durante 2, 6 y 10 horas.

RESULTADOS

Tamaño y forma del silicio eutéctico de colada

En la figura 1, se observa la morfología tipos bastones del silicio eutéctico, resultado de la modificación con el estroncio. La longitud promedio de los bastones es de 4,05 micrones, para una relación de circularidad de 0,58.

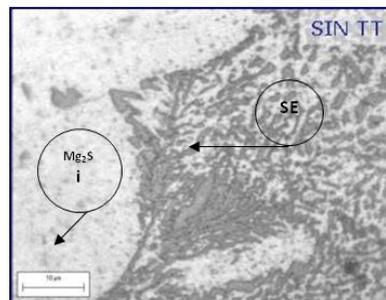


Figura 1. 1000 X. Micrografía de una muestra de colada con morfología tipo bastones del silicio eutéctico (SE).

CONCLUSIONES

El tamaño y la forma dendrítica de la fase α de aluminio primario aumenta de tamaño debido a la desaparición del silicio eutéctico en la fronteras de las dendritas y la zona eutéctica.

El silicio eutéctico cambia de forma fibrosa a esférica, pasando por un proceso de engrosamiento. El mecanismo de crecimiento es producto de la difusión de átomos de silicio.

Durante la transformación de la fase β - Al_5FeSi a α - $\text{Al}_3\text{Fe}_2\text{Si}$ se evidenciaron diferentes grados de transformación simultáneas.

El tiempo de envejecimiento y temperatura tienen efecto significativo sobre la dureza HV y la resistencia a la tracción.

Para alcanzar la dureza y resistencia a la tracción mínimas de 85 HV y de 26,7 kg/mm², respectivamente, es necesario efectuar el envejecimiento a 145 °C durante 9 horas ó a 155 °C durante 5,5 horas.

Los niveles de transformación en el rango de 47% a 57% de la fase β - Al_5FeSi a α - $\text{Al}_3\text{Fe}_2\text{Si}$ no son suficientes para producir variaciones significativas en las propiedades mecánicas

REFERENCIAS

- Baile, T. (2005). Estudio de la conformación de componentes aluminio-silicio en el estado semisólido. Catalunya, España. Universtat Politècnica de Catalunya. Pág. IX-3
- Durbin T. (2005). Modeling Dissolution in aluminum alloys. Georgia, E.E.U.U. Georgia Institute of technology. Pág. 121.
- Kuijperes N. (2004). Kinetics of the β - AlFeSi to α - Al(FeMn)Si transformation in Al-Mg-Si alloys. Technische Universiteit Delft ISBN 90-77172-07-6.

Forma y tamaño del silicio eutéctico.

Durante el tratamiento de puesta en solución a 540° C, se observa que existe un incremento significativo del tamaño promedio del silicio eutéctico, tal como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Crecimiento del silicio eutéctico

Tiempo de puesta en Solución (horas)	Diferencial de tiempo	Tamaño promedio del silicio eutéctico (micrones)
6	0 (TPS 6 HORAS)	2,78±0,88
9	3 (TPS 9 HORAS)	3,08±1,04
12	6 (TPS 12 HORAS)	3,34±1,27

Transformación de la fase Al_5FeSi , durante el ciclo de tratamiento térmico.

La cantidad de fase alfa transformada evaluada con el criterio de relación de circularidad ($4\pi\text{Area}/\text{Perimetro}^2$) mínima de 0,6 y considerando un área mínima de 20 micra², es relativamente baja para la temperatura evaluada de 540° C, estando en el rango de 45 a 60 %. Ver figura 2.

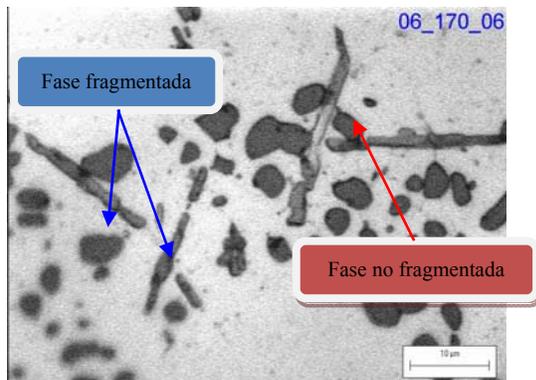


Figura 2. 1000X. Micrografía, donde se observa la fase AlFeSi en diferentes grados de fragmentación

Forma y tamaño de la fase de aluminio primario (dendritas).

Durante el tratamiento térmico se presenta una modificación aparente en el tamaño de los brazos secundarios de las dendritas, al pasar de 22,2 a 38,3 micrones asociado a la transformación o desaparición del silicio eutéctico ubicado en la frontera de la dendrita, Los silicios eutécticos de mayor tamaño crecen a expensas de los de menor tamaño.