

CARACTERIZACIÓN DE ALEACIONES Zn-5%Al Y Zn-10%Al OBTENIDAS POR FUSIÓN CON DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS

Y. Correia¹, G. González^{1*}

¹ Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” Vicerrectorado Barquisimeto, Venezuela.

*Autor de correspondencia, E-mail: gerardogonzalez58@gmail.com, tlf +58 414-3509814

Recibido: Octubre 2011 Aprobado: Febrero 2012

Publicado: Febrero 2012

RESUMEN

Fueron caracterizadas aleaciones Zn-5%Al y Zn-10%Al obtenidas en horno vertical eléctrico utilizando tres tipos de mezclas de los elementos aleantes: 1. Zinc líquido Aluminio líquido, 2. Zinc líquido Aluminio sólido, y 3. Zinc sólido Aluminio líquido, con tiempos de mezcla de 5 y 10 minutos para cada uno, obteniéndose mediante colada en coquilla doce probetas, las cuales fueron analizadas por microscopia óptica (MO) y microscopia electrónica de barrido (MEB). Se determinó: densidad, morfología de las fases presentes, porcentaje volumétrico de la mezcla eutectoide usando el programa IMAGE J y la regla de la palanca, composición química de las fases por EDX y un perfil de dureza utilizando un microdurómetro Vicker. La densidad promedio para Zn-5%Al es de 6,59 gr/cm³ y para Zn-10%Al es de 6,09 gr/cm³. En aleaciones Zn-5%Al se observa una mezcla eutectoide de fases $\beta + \gamma$ con morfología de finas láminas orientadas en diferentes planos colonias de perlíticas. En aleaciones Zn-10%Al se observan una fase β rica en Zinc, dendritas oscuras con un porcentaje de Al entre 20% y 25% rodeadas por una mezcla eutectoide de fases $\beta + \gamma$ con morfología de finas láminas (perlita), aumentando la cantidad de microconstituyente eutectoide desde el borde al centro de las probetas. Se concluye que el mejor método de fusión a nivel tecnológico para obtener aleaciones Zn-5%Al es utilizar el tipo de mezcla número 1 con un tiempo de mezcla de 5 minutos y para aleaciones Zn-10%Al el tipo de mezcla número 2 con un tiempo de mezcla de 10 minutos.

Palabras claves: Caracterización, aleaciones Zn-Al, mezcla eutectoide, MEB, dureza.

CHARACTERIZATION Zn-5%Al AND Zn10%Al CAST ALLOY OBTAINED BY DIFFERENT TYPES OF MIXTURES

ABSTRACT

Alloys Zn-5% Al and Zn-10% Al were characterized obtained in vertical electric furnace using three type of mixing the alloying elements: 1. Zinc Liquid Aluminum Liquid, 2. Zinc Liquid Aluminum solid, and 3. Zinc solid Aluminum liquid, with mixing times of 5 and 10 minutes each, obtained by chill casting twelve specimens, which were analyzed by optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM). It was determined: density, morphology of the phases present, volume percent of the eutectoid mixture using two methods: software IMAGE J and lever rule, chemical composition of the phases by EDX and a profile of hardness using a Vickers micro-hardness tester. The average density for Zn -5% Al is 6.59 g/cm³ and Zn-10% Al is 6.09 g/cm³. Zn -5% Al alloy shows mixed eutectoid $\beta + \gamma$ phase morphology of thin oriented in different planes colonies beads. Zn-10% Al alloys shows a Zinc-rich β phase, dark dendrites with a rate of Al between 20% and 25%, surrounded by a eutectoid mixture $\beta + \gamma$ phase morphology of thin (perlite) increasing the amount of microconstituent eutectoid from the edge to the center of the specimens. We conclude that the best fusion method in technology for Zn -5% Al alloys is to use type 1 with a mixing time of 5 minutes, Zn -10% Al alloys is to use type 2 with a mixing time of 10 minutes.

Keywords: Characterization, Zn-Al alloys, eutectoid mixture, SEM, hardness.

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de la familia Zinc – Aluminio comenzaron a desarrollarse por las compañías productoras de Zinc, y fueron designadas como aleaciones ZA. Este tipo de

aleaciones ofrece una resistencia al creep superior y un mejor comportamiento a elevadas temperaturas comparadas con las aleaciones estándar de Zinc.

Actualmente, se utilizan recubrimientos en diversos materiales con aleaciones ZA, ya que la adición de Aluminio a un baño convencional de Zinc mejora la protección a la corrosión, el acabado superficial e incrementa la vida útil de las piezas galvanizadas [1].

El modo de obtención de las aleaciones ZA es determinante para garantizar la calidad de los recubrimientos conseguidos por el método de inmersión en caliente, para lo cual es necesario considerar diversos factores que pudieran influir en los resultados del proceso de fabricación de las piezas cincadas aluminizadas.

En el presente trabajo de investigación se evalúan las condiciones de fusión directa adecuadas para la obtención de las aleaciones Zn-5%Al y Zn-10%Al, como lo son tiempo de mezcla en el horno (5 y 10 minutos), y los tipos de mezclas de los elementos aleantes, (Zinc y Aluminio en estado líquido, Zinc en estado líquido y Aluminio en estado sólido, Aluminio en estado líquido y Zinc en estado sólido) que permitan una mejor homogenización de dichas aleaciones. Se utilizan para la caracterización microestructural, el análisis por microscopía óptica y electrónica. Además de estudios por EDX (técnica de microanálisis químico elemental) con los que se determinan los elementos que constituyen las fases presentes en cada una de las microestructuras, como la fase β , rica en Zinc y la γ rica en Aluminio. Adicionalmente se realizaron perfiles de dureza y se determinó la densidad volumétrica de las probetas fabricadas a fin de conocer sus propiedades físicas y mecánicas, para finalmente establecer un criterio tecnológico de selección del modo de fabricación más conveniente para la aplicación de recubrimientos sobre aceros al carbono por inmersión en caliente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se fabricaron aleaciones de Zn-5% Al y Zn-10% Al con las siguientes formas de mezclar los elementos aleantes: Tipo 1. Zinc líquido y Aluminio líquido, Tipo 2. Zinc líquido y Aluminio sólido, y Tipo 3. Zinc sólido y Aluminio líquido, con tiempos de mezcla de 5 y 10 minutos para cada uno, obteniéndose mediante colada en coquilla doce probetas cilíndricas de 50 mm de diámetro por 20 mm de espesor, las cuales fueron caracterizadas micro-estructuralmente por las técnicas de microscopía óptica (MO) y microscopía electrónica de barrido (MEB) [2]. Las probetas fueron cortadas con cortadora metalográfica a fin de estudiar la sección interna desde su periferia (zona 1) hasta la zona interna (zona 3) de cada una (ver figura 1)



(a)



(b)

Fig. 1. (a) Probeta seccionada por corte metalográfico (b) Imagen macroscópica de la sección cortada indicando las tres zonas estudiadas, aumento 1,5 X.

En todas las probetas se determinó: densidad volumétrica, morfología de las fases presentes, porcentaje volumétrico de la mezcla eutéctica usando el programa IMAGE J y la regla de la palanca (ver figura 2) [3], composición química de las fases por EDX y finalmente se realizó una medición de dureza utilizando un durómetro Vicker. La morfología de las

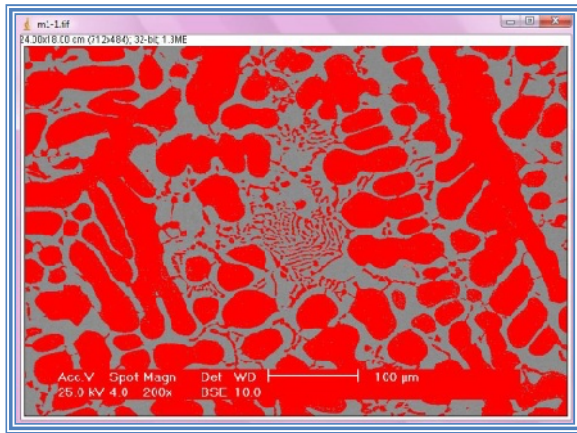


Fig. 3. Microestructura de una aleación de Zn-10%Al coloreada por el software IMAGE J para cálculo de fracción volumétrica.

Medición de dureza

La medición de dureza Vickers consistió en someter la probeta en condiciones de pulido a una carga de 100gr. con un indentador de base cuadrada de 136° de un microdurómetro por un período de veinte segundos aproximadamente, logrando la formación de una huella en forma de rombo en la superficie de la probeta, del cual se determina la longitud de sus diagonales y mediante la aplicación de la siguiente fórmula se obtiene la dureza:

$$HV = \frac{1.854 P}{d^2}$$

Donde;

P= Carga aplicada, en kg.

d= Longitud de la diagonal del cuadrado de la impresión, en mm.

Cálculo de densidad de las aleaciones Zn-5%Al y Zn-10%Al

Para el cálculo de la densidad de cada aleación, se procedió a utilizar la fórmula $\rho = \frac{m}{V}$. Por lo que se pesaron cada una de las 12 probetas obtenidas. Luego con la ayuda de un cilindro graduado se determinó el volumen que cada una de ellas ocupaba en el mismo. Se calculó la densidad para cada probeta y se determinó una densidad promedio para cada aleación.

Para corroborar estos valores de densidad, se hizo el cálculo de la densidad teórica, usando el principio de las composiciones químicas de los elementos aleantes. Por la siguiente fórmula.

$$\rho_{aleación} = \frac{100}{\left(\frac{\%Zn}{\rho_{Zn}} + \frac{\%Al}{\rho_{Al}}\right)} \quad [5]$$

Análisis microestructural por microscopía electrónica de barrido

Se observaron cada una de las probetas en el microscopio electrónico de barrido, donde se tomaron las microfotografías a aumentos de 50X y 200X, entre las zonas 1 y 2 mostradas en la figura 1. Las cuales se obtuvieron mediante imágenes de retrodispersión de electrones (BSE) con 25.0 KV (Kiloelectrovolts). Y se utilizó un analizador EDX (espectrómetro de dispersión de energía) de rayos X para identificar la distribución cuantitativa y cualitativa de los elementos químicos que se encuentran presentes en cada fase de las microestructuras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo que la densidad promedio para la aleación Zn-5%Al es de $6,59 \text{ gr/cm}^3$ y para la aleación Zn-10%Al es de $6,09 \text{ gr/cm}^3$, valores que se relacionan con los calculados teóricamente para corroborar las concentraciones de las aleaciones fabricadas.

En las aleaciones Zn -5%Al microestructuralmente se observan: una mezcla eutectoide de fases $\beta + \gamma$ que tiene una morfología de finas láminas de β y γ orientadas en diferentes planos, observándose como colonias perliticas (figuras 4 y 5).

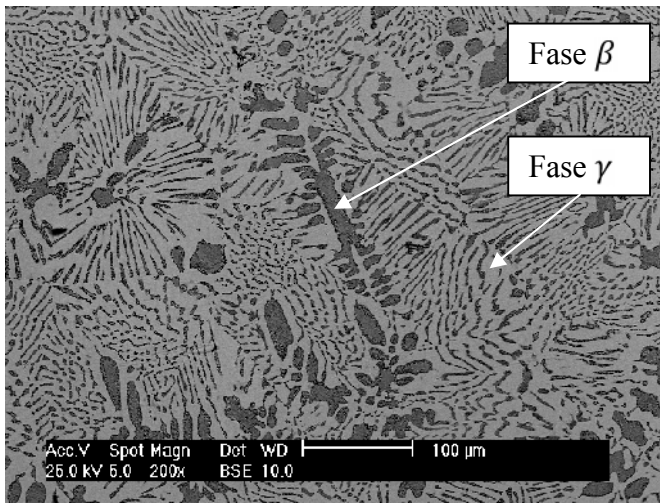


Fig. 4. Imagen por MEB mediante electrones retro-dispersados (BSE) de una aleación Zn-5% Al. Método de fusión: Zn líquido y Al líquido con 5 minutos de mezcla. Atacada con Nital 2%. Zona 1

eutectoide de fases $\beta + \gamma$ que tiene una morfología de finas láminas de β y γ (perlita), aumentando la cantidad de microconstituyente eutectoide desde el borde al centro de las probetas (figuras 6 y 7).

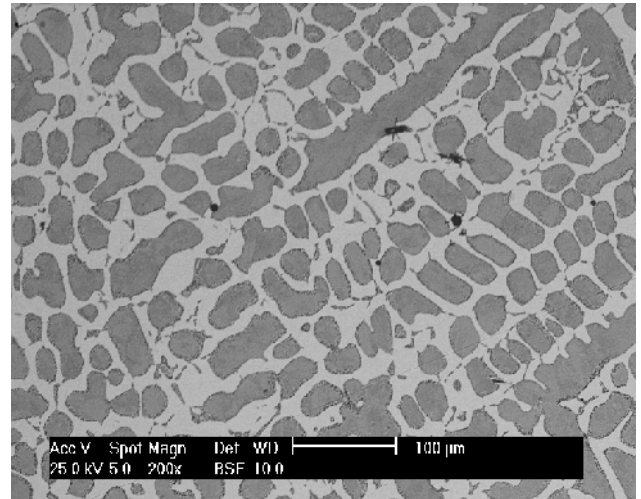


Fig. 6. Imagen por MEB mediante electrones retro-dispersados (BSE) de una aleación Zn-10% Al. Método de fusión: Zn líquido y Al líquido con 10 minutos de mezcla. Atacada con Nital 2%. Zona 1

Es importante mencionar que en el diagrama de fases (figura 2) se observa una reacción eutéctica a 5% de Al en Zn a 390 °C aproximadamente y una transformación eutectoide a la isotérmica de 260 °C, lo que explica la presencia de colonias perlíticas en las zonas estudiadas.

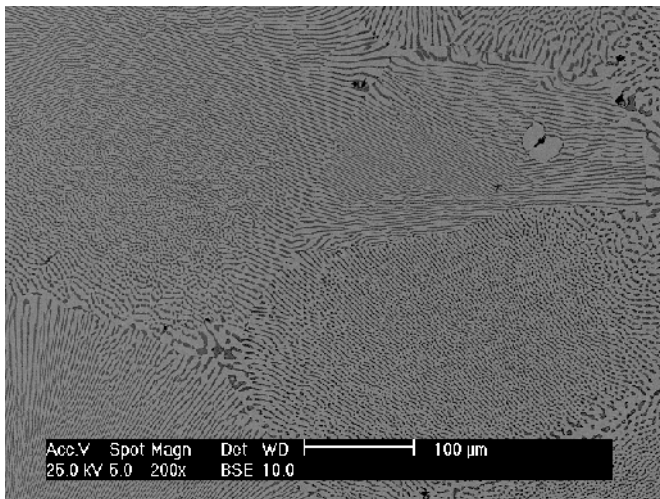


Fig. 5. Imagen por MEB mediante electrones retro-dispersados (BSE) de una aleación Zn-5% Al. Método de fusión: Zn líquido y Al líquido con 5 minutos de mezcla. Atacada con Nital 2%. Zona 3

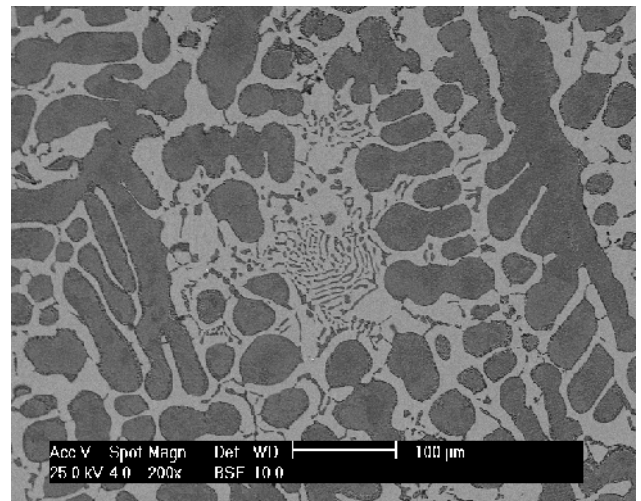


Fig. 7. Imagen por MEB mediante electrones retro-dispersados (BSE) de una aleación Zn-10% Al. Método de fusión: Zn líquido y Al líquido con 10 minutos de mezcla. Atacada con Nital 2%. Zona 3

En las aleaciones Zn-10%Al microestructuralmente se observan: una fase β rica en Zinc, dendritas oscuras con un porcentaje de Al entre 20% y 25% según análisis por EDX mostrado en la figura 8, rodeadas por una mezcla

El porcentaje de fracción volumétrica de la fase β aumenta con el porcentaje de Aluminio presente en la aleación, los porcentajes de elementos químicos se determinaron por EDX (ver figuras 8 y 9).

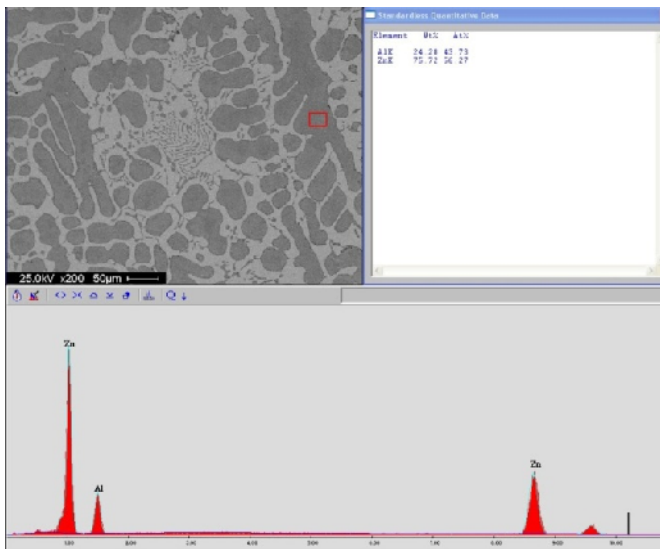


Fig. 8. Resultados del microanálisis químico por EDX de la aleación Zn-10%Al. Método de fusión para obtenerlas: Zn líquido y Al líquido con 5 minutos de mezcla. El análisis de composición se realizó entre las zonas 1 y 2 de estudio.

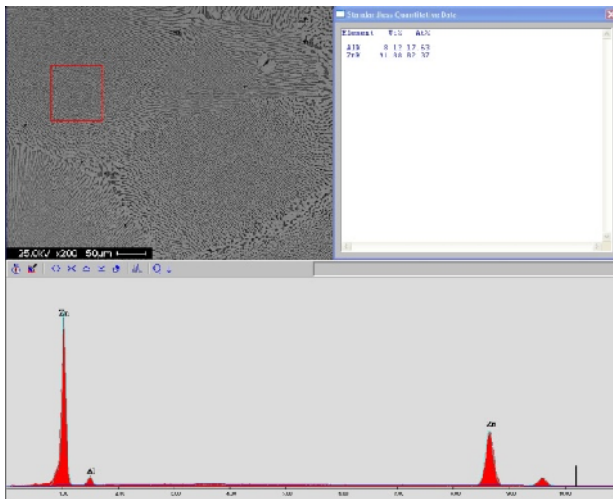


Fig. 9. Resultados del microanálisis químico por EDX de la aleación Zn-5%Al. Método de fusión para obtenerlas: Zn líquido y Al líquido con 5 minutos de mezcla. El análisis de composición se realizó entre las zonas 1 y 2 de estudio.

A medida que aumenta el porcentaje de Aluminio en la aleación aumentan los valores de dureza (ver tabla 2).

Tabla 2. Valores de dureza en función de diferentes zonas de las aleaciones Zn-5%Al y Zn-10%Al

Aleación	Probeta	Zona 1 (HV)	Zona 2 (HV)	Zona 3 (HV)	Promedio (HV)
Zn - 5%Al	F3 L-5-L_5	65,0	74,2	74,2	71,13
	F4 L-5-L_10	41,7	74,2	57,9	57,93
	F7 L-5-S_10	36,8	74,2	74,2	61,73
	F8 L-5-S_5	74,2	74,2	59,8	69,40
	F11 S-5-L_10	87,2	49,5	74,2	70,30
	F12 S-5-L_5	81,2	54,2	88,8	74,73
Zn - 10%Al	F1 L-10-L_5	86,5	85,0	74,2	81,90
	F2 L-10-L_10	90,0	74,2	107,0	90,40
	F5 L-10-S_5	74,2	74,2	74,2	74,20
	F6 L-10-S_10	74,2	74,2	57,5	68,63
	F9 S-10-L_5	74,2	123	94,9	97,20
	F10 S-10-L_10	74,2	86,9	90,4	83,83

Entre las aleaciones Zn-5%Al la dureza promedio es de 67,53 HV mientras que en las aleaciones Zn-10%Al la dureza promedio es de 82,69 HV, lo que representa un incremento de la dureza con el aumento del porcentaje de Aluminio en la aleación.

CONCLUSIONES

En base a la distribución del soluto en la aleación se concluye que el mejor método de fusión a nivel tecnológico para obtener aleaciones Zn-5%Al es utilizar el tipo de mezclado número 1 (Zn líquido y Al líquido) con un tiempo de mezcla de 5 minutos.

Para obtener aleaciones Zn-10%Al con excelente distribución del soluto se encontró que la mejor forma es utilizar el tipo de mezclado número 2 (Zn líquido y Al sólido) con un tiempo de mezcla de 10 minutos.

A medida que se incrementa el porcentaje de Aluminio en la aleación ZA se aumenta la dureza Vickers en dicha aleación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud al Instituto Zuliano de Investigaciones Tecnológica (INZIT) y al IUT Región Capital.

REFERENCIAS

- [1].Marder A.R (2000) “The metallurgy of zinc-coated steel”. *Progress in Materials Science* 45(3):191-271.
- [2] Adabache, A. y Silva, M. El microscopio electrónico de barrido un instrumento útil.
http://www.amemi.org/Docs/simposia_materiales/carteles/151_El_Microscopio_electronico_de_barrido_un_instrumento_%C3%BA.pdf [Consulta: 2010, 15 de mayo].
- [3] Marulanda, J., Zapata A. (2007) “Tratamientos térmicos aplicables a las aleaciones Hipereutectoides Zinc – Aluminio con un 22% - 27% de Aluminio”. *Scientia Et Technica* 34:507-511.
- [4] Norma ASTM E-3 (2001), “Método para la preparación de probetas metalográficas” USA.
- [5] Barroso S. (2006) “Construcción e Interpretación de Diagramas de Fases Binarios” Editorial Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España.