

TRATAMIENTOS TÉRMICOS APLICABLES A LAS ALEACIONES HIPEREUTECTOIDES ZINC – ALUMINIO CON UN 22 – 27% DE ALUMINIO.

RESUMEN

En este trabajo de tratamientos térmicos de la aleación Zinc - Aluminio con un 22-27%Al, se analizaron los efectos que tienen estos tratamientos sobre las propiedades mecánicas, para contribuir al mejoramiento y desarrollo de esta aleación ZA-27, ya que tiene buenas propiedades ingenieriles, como también una altísima colabilidad y bajo punto de fusión. En términos generales, esta aleación es tratable térmicamente, ya que por medio de estos tratamientos se mejoran las propiedades mecánicas como dureza, tracción y porcentaje de alargamiento.

PALABRAS CLAVES: Zinc, Aluminio, Tratamientos térmicos, Dureza, Tracción, Elongación.

ABSTRACT

This work of heat treatments of the alloy Zinc - Aluminum with 22-27%Al, the effects were analyzed that have these treatments on the mechanical properties of this alloy, to contribute to the improvement and development of this alloy ZA-27, because has good mechanical properties, also a highest colability (Fill molds) and low point of fusion. In general terms, this alloy is treatable thermally, because these treatments improve the mechanical properties like hardness, traction and percentage of extension.

KEYWORDS: Zinc, Aluminum, Heat treatments, Hardness, Traction, Extension.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se estudiaron los tratamientos térmicos de las aleaciones base zinc, de interés metalúrgico, menos estudiadas que las bien conocidas ferrosas. Para este fin, se eligió como base el estudio de las aleaciones Zinc – Aluminio con un 22 – 27% de Aluminio. El análisis de los efectos de los tratamientos térmicos permite llegar a un conocimiento de la variación de las propiedades, especialmente mecánicas, de lo que podrían originarse recomendaciones para el trabajo industrial de estas aleaciones. Además, como se planteó el estudio, teniendo como núcleo fundamental el ensayo experimental de los tratamientos térmicos, es imprescindible trabajar sobre una composición perfectamente conocida, al menos en sus macroelementos que son los que fundamentalmente habrán de contribuir al comportamiento de la aleación a los tratamientos térmicos realizados. Para llegar a la determinación estricta de la composición química de las aleaciones, se habrá de disponer de procedimientos químico- analíticos suficientemente exactos y precisos.

Con el estudio de la aleación Zinc - Aluminio con un 22-27% de Aluminio, se busca que mediante tratamientos térmicos, se mejoren las propiedades mecánicas y metalúrgicas, con el fin de interesar a la industria para la utilización de esta aleación, ya que existe en el grupo andino abundancia de zinc y aluminio, lo cual hace posible la fabricación de piezas de este tipo de aleaciones. Además este trabajo permite contribuir al

mejoramiento y desarrollo de la aleación Zinc – Aluminio con un 22 – 27% de Aluminio, suministrando una guía práctica con técnicas sencillas y trabajando con los elementos mínimos necesarios. Es decir, para aprovechar de forma adecuada esta aleación, en la producción de piezas de muy buena calidad a un bajo costo, logrando de esta manera un beneficio directo tanto al consumidor como al productor. ^(3, 5, 8)

La creación de nuevas aleaciones base zinc, especialmente en los países desarrollados, son de un especial interés debido a la variedad de usos que a estas aleaciones se les puede dar, teniendo en cuenta la necesidad de la industria de obtener de ellas una variedad de propiedades necesarias para la fabricación de piezas estructurales. El consumo de estas aleaciones por parte de la industria ha crecido a partir del descubrimiento de nuevas propiedades en ellas, que las llevó a ser altamente competitivas, por esta razón, este factor tendría a su favor el bajo costo de fabricación con relación a otros materiales. Estas aleaciones, además de sus excelentes propiedades mecánicas, tienen una gran aptitud para el moldeo, al poseer una altísima colabilidad y un bajo punto de fusión, haciéndolas muy aplicables en la fabricación de elementos metálicos de diferentes usos. La selección del aluminio como el elemento aleante en el presente trabajo, se debe en gran parte al aporte de propiedades, tales como su bajo peso y su poder anticorrosivo que le aporta a la aleación. ^(5, 10)

JOSE L. MARULANDA A.

Ingeniero Metalúrgico, M.Sc
Profesor Auxiliar.

Universidad Tecnológica de Pereira
jmarulanda@utp.edu.co

ALBERTO ZAPATA M.

Ingeniero Mecánico, Esp.
Profesor Asistente.

Universidad Tecnológica de Pereira
azapata@utp.edu.co

2. CONTENIDO

La nueva familia de aleaciones base zinc con un alto contenido de aluminio, conocidas como ZA-8, ZA-12 y ZA-27, tienen una buena combinación de propiedades, las cuales son intermedias entre las aleaciones de aluminio y el hierro dúctil. Las aleaciones Zinc – Aluminio tienen una resistencia al desgaste comparable a los bronce convencionales más comúnmente usados y con propiedades similares a muchas fundiciones, pero siendo mucho más fáciles de maquinar que estas, además de esto, mejoran las características de las aleaciones tradicionales de Zinc, las cuales han sido usadas con éxito durante décadas en aplicaciones que involucran sometimientos a tensiones y donde puedan aplicarse las ventajas del moldeo en coquilla. Por otro lado, la gran dureza y alta resistencia de esta aleación logra un equilibrio de las propiedades, siendo de esta manera una alternativa competitiva para otros sistemas de aleaciones ya desarrolladas.^(5, 7)

Las aleaciones base zinc para la fundición más conocidas son las Zamaks, las cuales son ampliamente utilizadas en el moldeo en coquilla por presión. Su economía, baja temperatura de fusión y su composición cercana al eutéctico, favorecen la vida útil de los moldes metálicos, sin embargo, este proceso de moldeo requiere el empleo de máquinas costosas que necesitan de un estricto control y de un mantenimiento especializado, lo cual ha impedido que su uso se extienda en este país. En los últimos 40 años se ha venido trabajando en una familia de aleaciones base zinc con un contenido de aluminio mayor del 16%, las cuales han encontrado una gran aceptación entre los fundidores, debido a que pueden ser coladas por gravedad en coquilla, en moldes de arena en verde. Arena aglomerada son silicato de sodio endurecida con CO₂, moldeo en cáscara y yeso, presentando buenas propiedades mecánicas tales como resistencia a la tracción, flexión e impacto, además de conservar sus excelentes propiedades de fundición, tales como la colabilidad y el buen acabado superficial.^(2, 8)

2.1 Sistema Zinc – Aluminio

En el sistema binario Zn – Al, según la Figura 1, es la base de las aleaciones comerciales desarrolladas para la fundición a presión y por gravedad. Al analizar este diagrama se observa una transformación peritética que se expresa con la ecuación :



A una temperatura de 455°C y el líquido con un 14% de Aluminio, un alfa con un 28% Al y una composición de la fase gamma de 30% Al. También se encuentra una transformación eutéctica dada por la ecuación:



A una temperatura de 382°C y una composición del líquido de 5% de Al y un Alfa con un 17% Al. Los productos de la transformación eutéctica consisten en una fase beta, rica en zinc con 1.0% Al en peso, la cual cristaliza en el sistema hexagonal compacto (HCP) y se caracteriza por ser estable a temperatura ambiente. La otra fase es alfa.

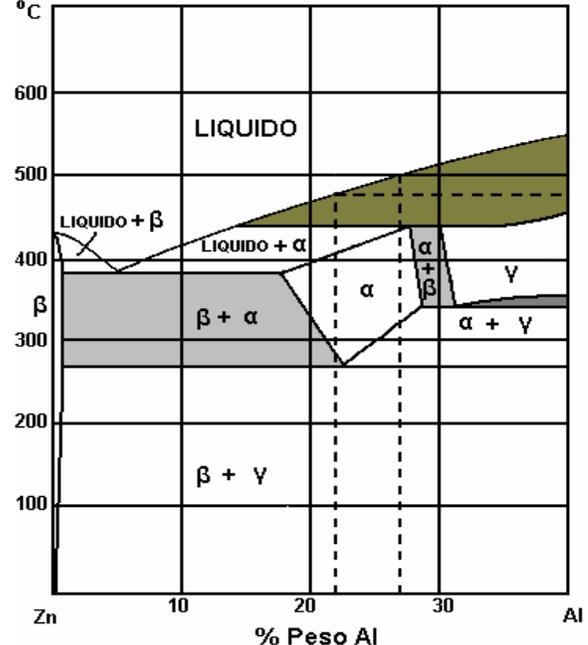


Figura 1. Diagrama de Fases Zn – Al (0-40% Al)

El diagrama muestra que la solubilidad del aluminio en la fase Beta decrece con la temperatura, llegando a 0.65% Al en peso, a la temperatura eutéctica (275°C) y a 0.05% Al en peso a 20°C. La fase Alfa, rica en Aluminio con 17.2% Al en peso a temperatura eutéctica, cristaliza en el sistema cúbico centrado en las caras (FCC) y se caracteriza por ser inestable a temperaturas por debajo de 275°C y una composición alfa del 22% Al en peso, experimentando a estas temperaturas una transformación eutéctica dada por la ecuación:



A esta temperatura, la fase gamma (rica en aluminio), tiene un contenido aproximado de 31.6% Zn en peso y la fase beta (rica en zinc), tiene un contenido aproximado de 0.65% Al en peso. La fase gamma se caracteriza por ser estable a temperatura ambiente y la solubilidad del zinc en esta fase disminuye con la temperatura. El campo gamma + alfa es muy estrecho y sus límites no están bien establecidos.^(3, 5)

Las microestructuras de las aleaciones base zinc con altos contenidos de aluminio, consta principalmente de dentritas primarias de fase alfa rodeadas por un eutéctico de alfa + beta. La cantidad de fase alfa formada depende del % de aluminio, de manera que a medida que este aumenta, la cantidad de dentritas de la fase alfa rica en

aluminio es mayor y disminuye la cantidad de eutéctico formado a altas temperaturas.

Este sistema permite obtener variadas características mecánicas de las fundiciones mediante tratamientos térmicos adecuados. La fase gamma rica en aluminio es especialmente apropiada para endurecimiento por solución, desde que pueda ser sobresaturada hasta en 30% de zinc, además tanto la fase gamma como la fase beta pueden ser endurecidas por precipitación debido a la disminución de la solubilidad del soluto al descender la temperatura.

2.2 Tratamientos Térmicos

Para determinar el tratamiento térmico más adecuado para una aleación, es necesario hacer un estudio de su diagrama de equilibrio. El tratamiento térmico aplicado a las aleaciones zinc – aluminio generalmente se limita al tratamiento en solución y envejecimiento, el cambio de propiedades en el tratamiento térmico son causadas por la solución y precipitación de fases duras como también determinadas por la solubilidad sólida. Las propiedades finales de la aleación dependen del tamaño y distribución de las partículas precipitadas, a su vez de la temperatura donde ocurre la precipitación. En las aleaciones Zn – Al tratables térmicamente se emplean tres clases de tratamientos a saber: 1) Calentamiento del material para conformación en caliente por forja, extrucción o laminado. 2) Recocido intermedios, a las piezas que ya han sufrido una conformación en frío para que recuperen su plasticidad, a fin de poder continuar dándole forma y para eliminar características no deseables originadas por la deformación en frío. 3) Tratamiento de mejoramiento de las aleaciones, que endurecen por precipitación comprendiendo el tratamiento de disolución, es decir, recocido a la temperatura de máxima solubilidad, seguida de enfriamiento brusco (temple) y el posterior tratamiento de envejecimiento. Este puede ser artificial, calentando la aleación a una temperatura adecuada o natural dejando la aleación a temperatura ambiente durante un tiempo determinado. Para cada una de estas clases de tratamiento térmico existen unas temperaturas adecuadas y diferentes para cada aleación, que es necesario observar exactamente.^(4, 6, 11)

2.2.1 Tratamiento de solución

El tratamiento térmico de solución consiste en calentar el metal rápidamente a una temperatura específica, mantenerlo a esta temperatura durante un tiempo para producir una solución sólida sobresaturada de fase alfa y luego templearlo, para retener el soluto de fase alfa en solución de fase (gamma + beta), como la temperatura es crítica, debe mantenerse dentro de más o menos 5°C. Si la temperatura de solución es muy baja, la solución es incompleta y las propiedades mecánicas resultan pobres, si la temperatura de solución es excedida ocurre fusión en los límites de grano y el material pierde sus propiedades

mecánicas y el se vuelve no recuperable, convirtiéndose en chatarra, esta condición es peligrosa ya que usualmente no son detectados visualmente o por pruebas no destructivas.

El tiempo a la temperatura para el tratamiento térmico de solución, se calcula desde el primer momento que la parte más fría de la carga adquiere el límite inferior de la temperatura permitida, para secciones delgadas, tuberías y laminas, el tiempo para recobrar la carga el límite inferior de la temperatura corresponde al tiempo que el horno requiere para recobrar la temperatura. El tiempo de sostenimiento en la temperatura para la aleación, debe ser el mínimo requerido para permitir que la solución sólida sea completa, para que haya una homogeneización en las áreas que recibe el tratamiento térmico, la cantidad de tiempo de sostenimiento en la temperatura es recomendable que sea de una hora y en otros casos se requiere de una hora por espesor de pulgada.

2.2.2 Temple

Para evitar el tipo de precipitado que disminuye las propiedades mecánicas o resistencia a la corrosión, la solución sólida formada durante el tratamiento térmico de solución, debe ser enfriada rápidamente para producir una sobresaturación de fase alfa, que es la condición óptima anterior a la precipitación y el endurecimiento. Esto es usualmente llevado a cabo por inmersión de las partes en agua. Para evitar una apreciable precipitación durante el enfriamiento, se deben satisfacer dos requerimientos. Primero, el tiempo de transferencia desde el horno hasta el medio de temple debe ser realizado en el menor tiempo posible, para evitar un bajo preenfriamiento dentro del rango de temperatura, donde tiene lugar una muy rápida precipitación. Segundo, el volumen del medio de temple tiene que ser capaz de absorber el calor y evitar una pequeña precipitación durante el enfriamiento. El temple es normalmente controlado en la práctica por estipulaciones de máximo tiempo de retraso en el temple y máxima temperatura del agua. El tiempo de transferencia de retraso en el temple varía con la temperatura y la velocidad del aire ambiental y de la masa y emisividad de las partes. El retardo en el temple comienza cuando la puerta del horno se empieza a abrir o la primera esquina de la carga emerge desde el baño de sal y termina cuando la última esquina de la carga es sumergida en el medio de temple. La temperatura del agua después del temple completo no puede exceder los 60°C, durante los primeros segundos del temple. La agitación de las partes o del medio templante debe ser suficiente para evitar el levantamiento local de la temperatura.^(4, 9)

2.2.3 Tratamiento de Envejecido

El endurecimiento por envejecido, es el nombre dado al proceso de tratamiento térmico escogido para producir un precipitado coherente. Las partículas de precipitado

coherente son obstáculos poderosos para el movimiento de las dislocaciones, debido a la gran distorsión elástica de la matriz alrededor de las partículas de precipitado que interactúan fuertemente en el campo de esfuerzo de las dislocaciones. Para lograrlo es necesario seguir el siguiente procedimiento:

La precipitación o envejecimiento de la aleación, que se logra manteniendo el material a temperatura ambiente durante varios días (Envejecimiento natural), o bien a una temperatura entre 120 – 200 °C, logrando así una precipitación o envejecimiento artificial. Realizando los tratamientos térmicos en forma adecuada es posible un control muy aceptable del tamaño y número de partículas que precipitan y como consecuencia, de las propiedades mecánicas de estas aleaciones de alto interés ingenieril. El control exacto de la temperatura durante el tratamiento térmico de precipitación o envejecido es tan importante como los hechos en el tratamiento térmico de solución. Se recomienda temperaturas relativamente bajas con tiempos relativamente largos a la temperatura, ya que reduce al mínimo las variaciones en el envejecimiento entre las piezas gruesas y delgadas en la carga del horno. El tiempo de sobresaturación en el tratamiento térmico de precipitación, no es difícil de controlar, ya que las especificaciones de los tiempos son grandes y amplios con sus tolerancias, el principal riesgo es dejar crecer las partículas de precipitado en la carga, ya que puede disminuir sus propiedades mecánicas. Las tolerancias en temperaturas son más o menos 5 °C. ^(4,9)

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se elaboró la aleación zinc – aluminio con un contenido de 27%Al, con un proceso de ajuste de cantidades de metales puros, para así completar los porcentajes en peso requeridos por la aleación. Esto se logró mediante un balance de masas en procura de determinar las cantidades necesarias a adicionar para obtener de esta manera los porcentajes en peso registrados en las normas correspondientes. El total de las probetas, se les tomó las pruebas de dureza, antes del ensayo tracción. Las dimensiones de la probeta de tracción se puede observar en la Figura 2.

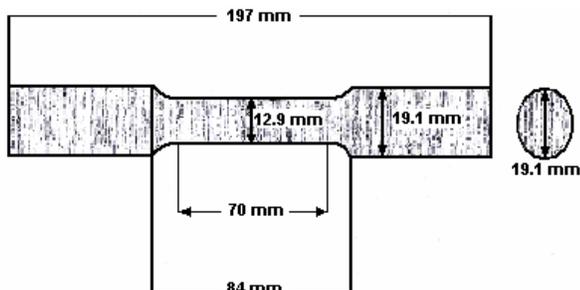


Figura 2. Dimensiones de la probeta de tracción.

En las tablas 1 y 2 se dan los resultados, de los ensayos de tracción y dureza realizados a las probetas fundidas en coquilla.

Tratamiento térmico	Tracción MPa	Dureza Brinell	% Elongación
Sin templar	306	105	13.6
Temple a 280 °C	297	98	16.2
Temple a 280 °C Envejecido a 150 °C Tiempo 1 Hora	316	112	15.8
Temple a 280 °C Envejecido a 150 °C Tiempo 2 Horas	341	130	14.2
Temple a 280 °C Envejecido a 150 °C Tiempo 3 Horas	322	116	13.1
Temple a 280 °C Envejecido a 200 °C Tiempo 1 Hora	325	118	15
Temple a 280 °C Envejecido a 200 °C Tiempo 2 Horas	329	121	13.2
Temple a 280 °C Envejecido a 200 °C Tiempo 3 Horas	303	100	12.9

Tabla 1. Propiedades mecánicas de la aleación Zn-Al tratada térmicamente con temple a 280 °C, fundida en coquilla.

Tratamiento térmico	Tracción MPa	Dureza Brinell	% Elongación
Sin templar	306	105	13.6
Temple a 380 °C	285	90	18
Temple a 380 °C Envejecido a 150 °C Tiempo 1 Hora	308	106	14.6
Temple a 380 °C Envejecido a 150 °C Tiempo 2 Horas	325	118	12.7
Temple a 380 °C Envejecido a 150 °C Tiempo 2 Horas	315	112	11.6
Temple a 380 °C Envejecido a 200 °C Tiempo 1 Hora	316	112	14
Temple a 380 °C Envejecido a 200 °C Tiempo 2 Horas	320	116	10.5
Temple a 380 °C Envejecido a 200 °C Tiempo 3 Horas	295	96	9.8

Tabla 2. Propiedades mecánicas de la aleación Zn-Al tratada térmicamente con temple a 380 °C, fundida en coquilla.

- ♦ El tratamiento térmico de envejecido fue favorable para un intervalo de tiempo no mayor a dos horas, ya que después de este tiempo las propiedades mecánicas caen.
- ♦ Al cambiar las propiedades mecánicas con los tratamientos térmicos y según lo observado en las microfotografías, se puede afirmar que hay segregación de la fase gamma y que esta afecta las propiedades mecánicas de la aleación.

- ◆ Se observó que a medida que aumenta la resistencia a la tracción y la dureza, disminuye el porcentaje de elongación. Esto ocurrió para los dos temple, ya que estas propiedades mecánicas están interrelacionadas con la precipitación de fase gamma.
- ◆ El tratamiento térmico de envejecido fue mejor cuando se temple previamente desde 280°C, que cuando se temple a 380°C, pues se lograron las mejores propiedades.
- ◆ El mejor resultado del porcentaje de alargamiento se obtuvo cuando se le realizó el temple a 380°C.
- ◆ El mejor resultado en tracción y dureza se encontró cuando se temple a 280 °C con un envejecido a 150 °C, durante un tiempo de dos horas.

4. CONCLUSIONES

En términos generales, se puede afirmar que esta aleación es tratable térmicamente, ya que por medio de estos tratamientos se mejoran las propiedades mecánicas como dureza, tracción y porcentaje de alargamiento.

Las propiedades ingenieriles de estas aleaciones demuestran ser igualmente competitivas respecto a otras aleaciones ferrosas y no ferrosas, porque presentan buenas propiedades mecánicas.

El bajo punto de fusión de las aleaciones trae muchas ventajas económicas, como facilidad de producción de la misma forma que las fundiciones no ferrosas tradicionales.

Su facilidad de elaboración permite a cualquier persona con conocimientos en fundición fabricar esta aleación porque su punto de fusión es bajo y se deben tener en cuenta pocas recomendaciones.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. ALONSO A. Las propiedades de fundición. Universidad Industrial de Santander. 1995.
- [2]. ALTOFER KJ, Zinc alloys compete with bronze in bearing and bushings. Metal progress. Nov.1982.
- [3]. CARVAJAL Y, y JURADO G, Contribución al estudio de las aleaciones hipereutectoides Zinc – Aluminio. Universidad Industrial de Santander. Departamento de Ingeniería Metalurgica.1997

- [4]. CASTRO P, Superplasticidad de las aleaciones Zinc – Aluminio. Universidad Industrial de Santander. Departamento de Ingeniería Metalurgica.1996
- [5]. BONILLA H, y HURTADO A. Estudio de la influencia del porcentaje de cobre sobre algunas propiedades mecánicas y metalúrgicas en la aleación Zn – Al. Universidad Industrial de Santander. Departamento de Ingeniería Metalurgica.1997
- [6]. ASHRAFIZARETH F, AND KONDIC V, Solidification structures and mechanical properties of Zn- 27 Al alloy cast in metal moulds. The Institute of Metal. July 1986.
- [7]. PRASAD B, and YEGNESWARAN A, Characterization of the wear response of a modified zinc – based alloy vis a conventional zinc – based alloy and a bearing bronze at high sliding speed. Metallurgical and materials transactions. Nov. 1996, pag 3513 –3522.
- [8]. LEMUS L, y CEBALLOS J, Susceptibilidad a la centrifugación de las aleaciones ZA-27 aleada con cobre al 2.5%. Universidad Industrial de Santander. Departamento de Ingeniería Metalurgica.1998.
- [9]. AMERICAN SOCIETY FOR METALS, Aluminium transformations technology and applications. 1981.
- [10]. KUBEL E, Expanding horizons for ZA alloys. Advanced materials and processes inc. Metal progress. Ag 1987.
- [11].GERVAIS E, y BARNHURNT R, An analysis of selected proprieties of ZA alloys. Journal of Metals. Nov. 1993.