

EFFECTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN ALEACIONES FeAl1% at Li EXPUESTAS A PRUEBAS DE OXIDACIÓN EN DIFERENTES TEMPERATURAS.

Effects of heat treatment in FeAl1%atLi alloys in oxidation test at different temperatures.

RESUMEN

La adición de Li en aleaciones intermetálicas base Fe₃Al ayuda en la mejora de propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión. Las aleaciones se producen con técnicas convencionales de vaciado usando crisoles de SiC y se someten a un tratamiento térmico de 400°C por 144h. Se realizaron pruebas de oxidación de alta temperatura en termobalanza con atmósfera estática a temperaturas de 650, 800 y 900 °C las cuales indicaron una diferencia en la cinética de oxidación entre las muestras con tratamiento térmico y sin el. Por análisis de Microscopía electrónica de barrido se pudo ver que la capa de oxidación es más uniforme cuando se tiene tratamiento térmico.

PALABRAS CLAVES: Tratamiento térmico, Aleaciones FeAl_{1%at}Li, oxidación, Alta temperatura

ABSTRACT

The addition of lithium in intermetallic alloys based on Fe₃Al improves mechanical properties and corrosion resistance. This alloys are produced by conventional induction furnace techniques, using SiC crucibles and a thermal treatment of 400° C by 144 h. Oxidation tests of high temperature were carried out in a Thermogravimetric analyzer (TGA) in a static atmosphere at 650, 800, and 900 °C. this tests revealed a differences in the oxidation kinetic between the samples with the thermal treatment and those without the treatment. A scanning electron microscopy (SEM) analysis, revealed that the oxidation layer is more uniform when the thermal treatment is applied.

KEYWORDS: Heat treatment, FeAl_{1%at}Li alloys, high temperature oxidation.

DIANA MOYA NEVAREZ

Ingeniero Civil, M. C.
Candidato a Ph.D.
diana.moya@cimav.edu.mx

J. CHACON NAVA

Corrosion science and Ingeniering,
PhD
Investigador titular
jose.chacon@cimav.edu.mx

F. ALMERAYA CALDERON

Material science, PhD
Investigador titular
facundo.almeraya@cimav.edu.mx

G.GONZALEZ RODRIGUEZ

Corrosion science and Ingeniering,
PhD
Investigador titular
ggonzalez@uaem.mx

A. MARTÍNEZ-VILLAFANE

Físico Matemático, Ph.D.
Investigador titular
alberto.martinez@cimav.edu.mx

*Centro de Investigación en
Materiales Avanzados S.C.
(CIMAV).

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la excelente resistencia a la oxidación en alta temperatura, densidad y un costo relativamente bajo [1,2], las aleaciones base Fe₃Al y FeAl a pesar de su pobre ductilidad son recomendables ya que en la industria uno de los parámetros más importantes es la corrosión o deterioro del material ya que genera grandes pérdidas económicas cada año; tomando en cuenta que en hornos e incineradores existen cambios de temperatura y en ocasiones formación de sales fundidas que destruyen el material y pueden provocar graves fallas, se ha estudiado el comportamiento de intermetálicos base FeAl con adiciones de Li, y se ha encontrado que mejora la resistencia a la corrosión en sales fundidas [3].

La adición de Li a compuestos de FeAl mejora la ductilidad, también si se agrega Ni aumenta el esfuerzo y aumenta los valores de dureza [4], es por ello

que el interés en el estudio de aleaciones intermetálicas adicionadas con otros metales a incrementado ya que si se observan mejoras en las aleaciones.

Una de las partes importantes que se debe controlar en una aleación es la microestructura y la adición de elementos, ya que estos mejoran las propiedades mecánicas [5-7]. Por otro lado los tratamientos térmicos favorecen a los intermetálicos en la resistencia a la corrosión [8] ya que reducen la velocidad de corrosión cuando están expuestos a diferentes atmósferas corrosivas y altas temperaturas.

La finalidad del presente trabajo es estudiar la velocidad de corrosión en aleaciones de FeAl_{1at}Li con y sin tratamiento térmico, en un medio estático a temperaturas de 650, 800 y 900°C con una duración de 48h, mediante TGA y Microscopía electrónica de barrido (MEB).

Procedimiento experimental.

Aleaciones con relación Fe_3Al se obtienen con técnicas convencionales de vaciado. La adición de 1,3 y 5 %at de Li se hacen con una pureza de elementos de 99.9% y se funden en crisoles de SiC. Los lingotes resultantes son acorde a la norma ASTM E800b, con dimensiones cilíndricas de 1.27 cm de diámetro y 5.08 cm de longitud en secciones de prueba, las dimensiones en la sección final son de 6.35 cm.

Después del fundido la homogenización se lleva a cavo mediante un tratamiento térmico a temperatura de 400°C en un periodo de 144 horas. Las piezas fueron cortadas con un disco abrasivo de SiC quedando así muestras con dimensiones aproximadas a 2.5 X 5 X 1 mm. La caracterización de microestructura se obtiene usando MEB, con una preparación metalográfica basada en pulido mecánico teniendo como acabado final pasta de diamante de 1µm y posteriormente el gravado químico se lleva a cavo con una solución de 50% CH_3COOH +33% HNO_3 +17% HCl .

Las muestras se someten a una prueba de corrosión por medio de termogravimetría (TGA) en atmósfera estática durante 48 h a temperaturas de 650, 800 y 900°C; siendo estas con tratamiento térmico y sin tratamiento térmico.

Después de la prueba de corrosión se llevan al MEB para observar la morfología de óxidos y se procede a determinar la velocidad de corrosión detectada de acuerdo al cambio de peso.

Resultados

La combinación de elementos es usada recientemente para aumentar las propiedades mecánicas en aleaciones intermetálicas de FeAl estas pueden ser mejoradas con diferentes elementos o combinación de ellos, por ejemplo la adición de Li aumenta la ductilidad en estas aleaciones [4]. En esta investigación se observa el efecto de agregar 1% at de Litio a un intermetálico base Fe_3Al .

En las figuras 1 y 2 se observa que la ganancia en peso cambia dependiendo de la temperatura a la que se exponga, es decir que las muestras expuestas durante 24 horas a 650, 800 y 900 °C en una atmósfera estática muestran una variación en cuanto al cambio de peso, dependiendo si estas tienen tratamiento térmico o no; siendo las expuestas con temperatura de 650 °C las que tienen un cambio mayor.

En la tabla 1 se indican las velocidades de corrosión obtenidas en cada uno de los casos y es notoria la diferencia de Kp para muestras con tratamiento térmico y sin tratamiento térmico siendo las primeras las que presentan menor velocidad de corrosión a excepción de

las muestras a 900 °C que tienen una Kp mayor cuando están tratadas

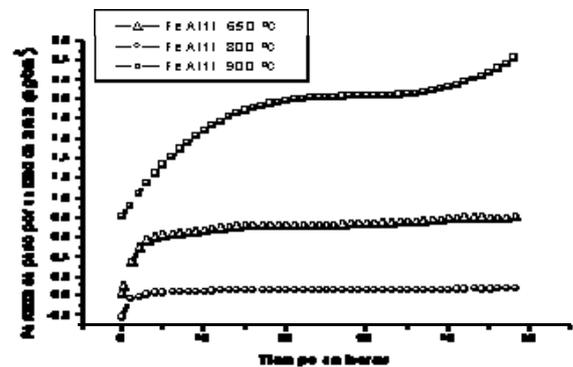


Figura 1. Gráfica de Análisis Termogravimétrico (TGA) a muestras de $FeAl_{1\%}$ con Tratamiento Térmico a Temperaturas de 600, 800 y 900°C.

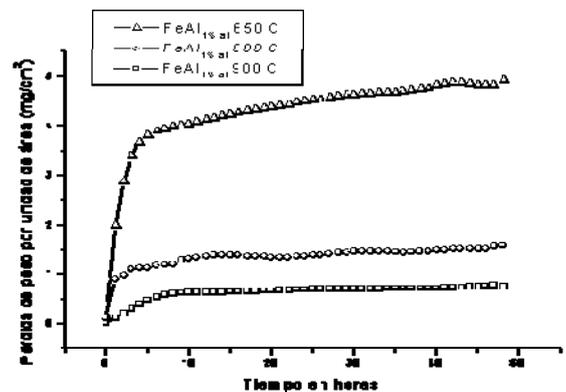


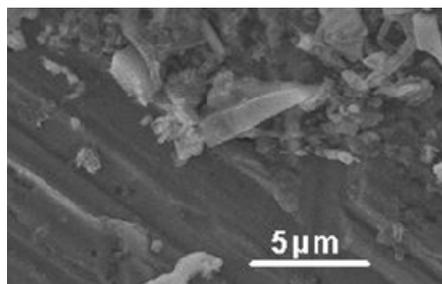
Figura 2. Gráfica de Análisis Termogravimétrico(TGA), a muestras de $FeAl_{1\%}Li$ sin Tratamiento Térmico a Temperaturas de 650, 800 y 900°C

En las imágenes tomadas en el Microscopio electrónico de barrido es claro observar el óxido formado en mayor cantidad en muestra sin tratamiento térmico que en $FeAl_{1\%}Li$ con tratamiento térmico a temperatura de 650°C (Fig. 3 a y b).

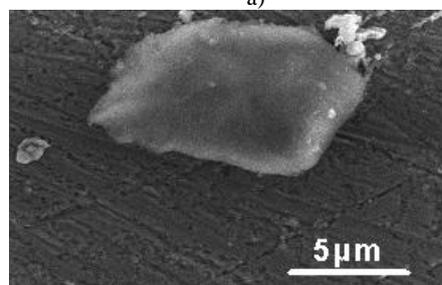
Al exponer las muestras a una temperatura de 800 °C se tiene que el aumento de peso es mínimo en comparación a las muestras expuestas a 650 y 900 °C pero si se observa que la formación de la capa de óxido es diferente, ya que en la muestra tratada térmicamente se presenta una capa uniforme y en la muestra sin tratamiento hay secciones de costra (Fig. 4 a y b)

| FeAl _{1%} at Li | Con tratamiento térmico | Sin tratamiento térmico |
|--------------------------|--|--|
| Temperatura (°C) | Kp (g ² cm ⁴ s ⁻¹) | Kp (g ² cm ⁴ s ⁻¹) |
| 650 | 7.3X10 ⁻³ | 4.1X10 ⁻² |
| 800 | 1.63X10 ⁻³ | 1.2X10 ⁻² |
| 900 | 2.27X10 ⁻⁴ | .85X10 ⁻² |

Tabla 1. Kp de muestras con y sin tratamiento térmico a 650, 800 y 900 °C

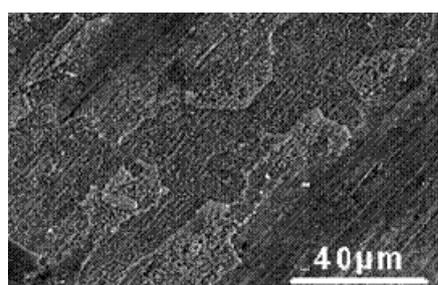


a)



b)

Figura 3. Imágenes en Microscopio Electrónico de Barrido de muestras de FeAl_{1%}Li en una atmósfera estática a 650°C a)tratamiento térmico, b) con tratamiento térmico.



a)

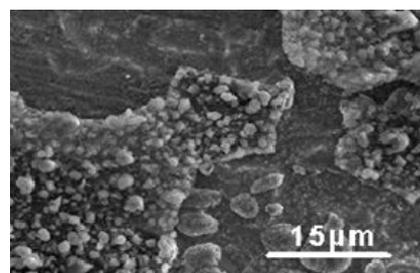


Figura 5. Imágenes en Microscopio Electrónico de Barrido de muestras de FeAl_{1%}Li en una atmósfera estática a 900°C a) sin tratamiento térmico, b) con tratamiento térmico

Conclusiones

1. El tratamiento térmico en aleaciones de FeAl_{1%}atLi disminuye la velocidad de corrosión en temperaturas de 650 y 800 °C.
2. A 800°C la capa de oxido es mas uniforme en muestras con tratamiento que sin el.
3. La ganancia en peso desminuye en muestras con tratamiento térmico cuando se exponen a 650°C.
4. A 900°C el rompimiento de la costra es igual con y sin tratamiento térmico.

Bibliografía

- [1] J. Klöwer , *Proceedings of the Second International Conference on Heat-resistant Materials* Gatlinburg,, Gatlinburg, TN, 11-14 September, 1995.
- [2] P.F. Tortorelli, K. Natesan, Mater. “Critical factors affecting the high-temperature corrosion performance of iron aluminides” *Sci. Eng. A* 258 (1998) 115-125.
- [3] J.G. González-Rodríguez, A. Luna-Ramírez, M. Salazar, J. Porcayo-Calderon, G. Rosas and A. Martínez-Villafañe, “Molten salt corrosion resistance of FeAl alloy with additions of Li, Ce and Ni “ *Materials Science and Engineering: A* [Volume 399, Issues 1-2](#), 15 June 2005, Pages 344-350
- [4] M. Salazar, A. Albiter, G. Rosas, R. Perez, “Structural and mechanical properties of the AlFe intermetallic alloy with Li, Ce and Ni additions” *Materials science and ingenieering A351* (2003) 154-159.
- [5] R. Balasubramaniam, “Alloy development to minimize room temperature hydrogen embrittlement in iron aluminides”. *Alloys Compounds* 253-254 (1997) 148-151
- [6] C.T. Liu, E.P. George, P.J. Maziasz, J.H. “Recent advances in B2 iron aluminide alloys: deformation, fracture and alloy design” *Schneibel, Mater . Sci Eng. A258* (1998) 229-235
- [7] V.K. Sikka, D. Wilkwning, J. Liebetrau, B.Mackey, “Melting and casting of FeAl-based cast alloy” *Sci. Eng. A258* (1998) 229-235. Measurement and Interpretation of Internal/Residual Stresses
- [8] Gonzalez-Rodriguez J.G.; Casales M.; Amaya M.; Martinez L., “Effect of heat treatment on corrosion behaviour of deposited Fe-40Al intermetallics” [British Corrosion Journal](#), Volume 36, Number 1, January 2001 , pp. 65-69(5).