

INTERACCIONES HIPERFINAS EN UN SISTEMA DESORDENADO A T = 292 K Y 4.2 K

C. González - Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga

G. A. Pérez - Departamento de Física, Universidad del Valle,

J. M. Greneche - Laboratoire de Physique de L'Etat Condensé, UMR CNRS 6087, Université du Maine, 72085
Le Mans, Cedex 9, France.

Recibido Marzo 3, 2009 – Aceptado Abril 14, 2009

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v3n1.a07>

Resumen—En este estudio se presenta el resultado de las interacciones hiperfinas obtenidas por medidas de difracción de rayos x, magnetización y espectroscopia Mössbauer del sistema de aleaciones $\text{Fe}_x\text{Mn}_{0.6-x}\text{Al}_{0.4}$ en el rango $0.2 \leq x \leq 0.5$. Se observa que con el descenso de la temperatura se favorece el desarrollo de una estructura magnética hiperfina.

Palabras clave— Sistema FeMnAl , interacciones hiperfinas

Abstract— In this study, presents the results of interactions hyperfine obtained by DRX, magnetization and Mössbauer spectroscopy of the alloys systems $\text{Fe}_x\text{Mn}_{0.6-x}\text{Al}_{0.4}$ in the range $0.2 \leq x \leq 0.5$ measurements. Us observed, was decreases temperature favors the progressive development of a magnetic hyperfine structure..

Keywords— Fe–Mn–Al system. Hyperfine interactions.

I. INTRODUCCIÓN

En los diversos estudios de las propiedades magnéticas de las aleaciones Fe Mn Al se ha encontrado que dependiendo de la concentración relativa de los aleantes y de la temperatura, se obtienen diferentes comportamientos magnéticos.

C. González. PhD en Ciencias Física de la Universidad del Valle
e-mail: claudia.gonzalez@upbga.edu.co

Pérez Alcázar et al. [1] muestran que, a temperatura ambiente, el sistema en la fase bcc presenta transiciones de fase ferromagnética a paramagnética cuando se incrementa la concentración de Al ó Mn. Esta evolución fue probada por Mohan Babu and Bansal [2] para el sistema pseudo binario $\text{Fe}_{75-x}\text{Mn}_x\text{Al}_{0.25}$.

En el presente trabajo se reportan los cambios que sufren las interacciones hiperfinas a temperatura ambiente y a 4.2K. para la serie $\text{Fe}_x\text{Mn}_{0.6-x}\text{Al}_{0.4}$, en el rango $0.2 \leq x \leq 0.5$, analizadas con difracción de rayos x, magnetización y espectroscopia Mössbauer.

II. PROCESO EXPERIMENTAL

El sistema de aleaciones $\text{Fe}_x\text{Mn}_{0.6-x}\text{Al}_{0.4}$, en el rango $0.2 \leq x \leq 0.5$ fueron preparadas con polvos de Fe, Mn y Al de alta pureza (99.9%) de acuerdo con la estequiometría, requerida. En cada una de las muestras, los polvos se mezclaron en vicker's, posteriormente fueron prensados y fundidos en presencia de Argón, cada muestra, con un peso aproximado de 2.0g. Las muestras fundidas fueron encapsuladas, individualmente, en un tubo de cuarzo al vacío y luego fueron sometidas a un tratamiento térmico de 1000°C durante una semana. Con el objetivo de mantener el estado “desordenado” de altas temperaturas se hizo un templado rápido en agua hielo. Finalmente, se extrajeron polvos con una lima de diamante, los cuales fueron caracterizados con: difracción de rayos x y magnetización a temperatura ambiente (T_a) (292 K), espectroscopia Mössbauer ^{57}Fe a T_a y 4.2 K.

Las medidas de difracción de rayos x, fueron realizadas en una difractorio D501 Siemens tomando aproximadamente 50mg de cada una de las muestras. Las medidas de magnetización fueron realizadas con polvos de las muestras (~80mg), que fueron prensados en pequeños cilindros de 3.0mm de diámetro y 3.0 – 4.0mm de alto. Para las medidas Mössbauer los polvos se depositaron en cápsulas de plexiglass de 3 cm² con una cantidad correspondiente a 5 mg de Fe natural por cm², mezclados con nitruro de boro (BN) de forma tal que se obtuvo una repartición homogénea; los espectros Mössbauer fueron tomados usando un espectrómetro de aceleración constante con una fuente de ⁵⁷Co/Rh; ajustados usando el programa Mosfit incluyendo un singlete, un doblete y para algunos casos una distribución de campo hiperfino; los valores del desvío isomérico fueron referidos con el Fe natural.

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN.

A. Difracción de rayos x.

La figura 1, muestra el difractograma de rayos x obtenido para los polvos de la aleación Fe_{0.3}Mn_{0.4}Al_{0.4}. Se observan dos picos correspondientes a una estructura bcc. Los difractogramas para las otras muestras muestran un comportamiento similar al mostrado en la figura 1.

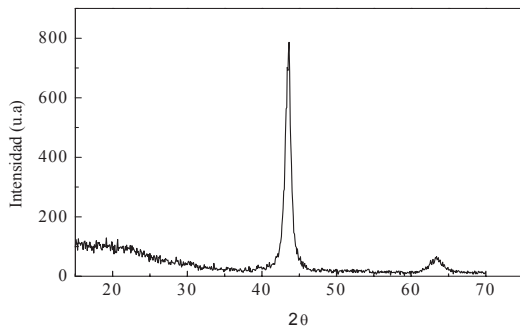
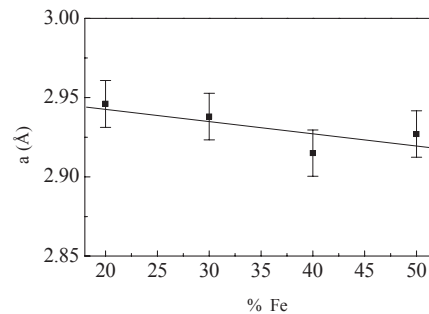
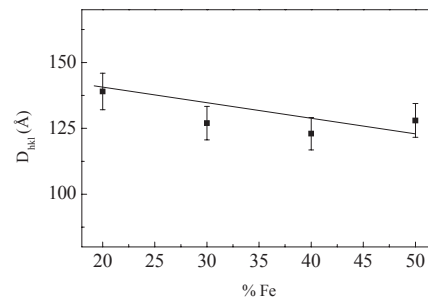


Figura 1. Patrón de difracción de la muestra Fe_{0.3}Mn_{0.4}Al_{0.4}

En la figura .2, se muestran (a) el parámetro de red y (b) tamaño de grano para el rango de concentraciones de $0.20 \leq x \leq 0.50$. El tamaño de grano fue obtenido utilizando la formula de Scherrer [1] aplicado al pico (110) de Bragg atribuido a la aleación ternaria, de la fase bcc de acuerdo con el ajuste y en correspondencia con resultados previos [3]. El parámetro de red de la fase ternaria es calculado de la ley de Bragg [4]. Se observa que el parámetro de red disminuye levemente cuando la concentración de Fe aumenta, debido probablemente a las sustituciones de átomos de Fe por Mn, donde este último tiene mayor radio atómico. En la curva (b) de tamaño de grano en función de la concentración de Fe, se observa que para la concentración de menor contenido de Fe, el tamaño de grano es $\approx 139 \text{ \AA}$ el cual decrece y se mantiene estable para las concentraciones intermedias de Fe y vuelve a aumentar ligeramente al concentración de Fe. La línea en las figuras es una guía visual.



(a)



(b)

Figura 2 (a) parámetro de red y (b) tamaño de grano obtenidos del ajuste del pico principal, para la serie de aleaciones Fe_xMn_{0.6-x}Al_{0.4}, en el rango $0.20 \leq x \leq 0.50$

B. Magnetización.

En la figura 3 se presentan los ciclos de histéresis a Ta para todas las muestras. En ellas se observa que las muestras con $x \leq 0.4$ no presentan saturación y presentan valores pequeños de magnetización lo que da idea de un carácter magnéticamente desordenado a Ta. Para la muestra con $x = 0.5$ (alto contenido de Fe) el ciclo presenta saturación y un valor alto de magnetización, situación acorde con un carácter magnéticamente ordenado, el valor del campo coercitivo para esta concentración es 77.5 Oe.

De los ciclos de histéresis se obtuvo la dependencia con la concentración de Fe de la magnetización específica a 6.0 kOe, valor máximo del campo aplicado, la cual es mostrada en la figura 4. Se observa que el valor de la magnetización es mínima para $x \leq 0.4$ y solo es representativa para $x = 0.5$ con 26.46 (emu/g).

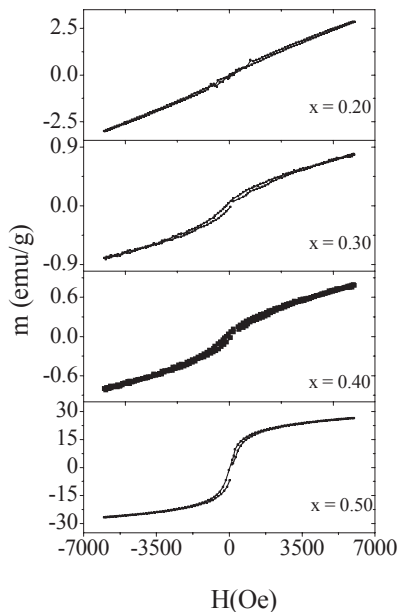


Figura 3. Ciclos de histéresis para todo el rango de concentraciones.

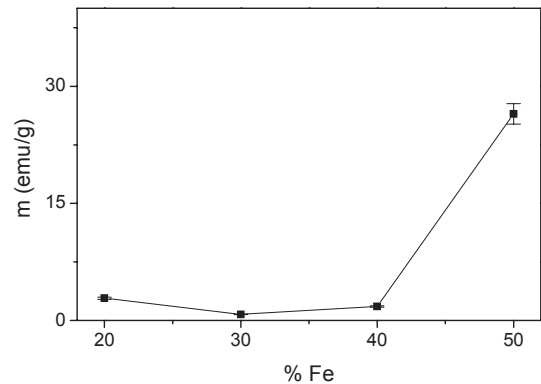


Figura 4 Dependencia de la magnetización a 6.0 kOe con la concentración de Fe. La línea sólida es una guía visual.

C. Espectroscopia Mössbauer.

La figura 5, muestra los espectros Mössbauer de las aleaciones a Ta. Los espectros en el rango $0.2 \leq x \leq 0.4$ muestran una estructura hiperfina cuadrupolar consistente con el estado de desorden magnético de esta temperatura, encontrado también por magnetización; estos espectros fueron ajustados usando un singlete y un doblete y una distribución cuadrupolar en otras para reproducir el carácter desordenado de las muestras. Estos dos métodos dan un buen ajuste pero el segundo da una distribución muy estrecha, por lo que se asumió ajustar con un singlete y un doblete. Para la muestra con $x = 0.5$ se observa adicionalmente el desarrollo de una estructura hiperfina magnética, el espectro fue ajustado con una distribución de campo hiperfino, y adicionalmente una componente para el singlete y otra para el doblete. En la figura se observa al frente la distribución de campo hiperfino medio, en ésta los sitios de Fe de campo más bajo son los sitios más probables. Podría sugerirse que el singlete y el doblete corresponden a sitios de desorden rodeados por sitios de carga simétricos y asimétricos, respectivamente.

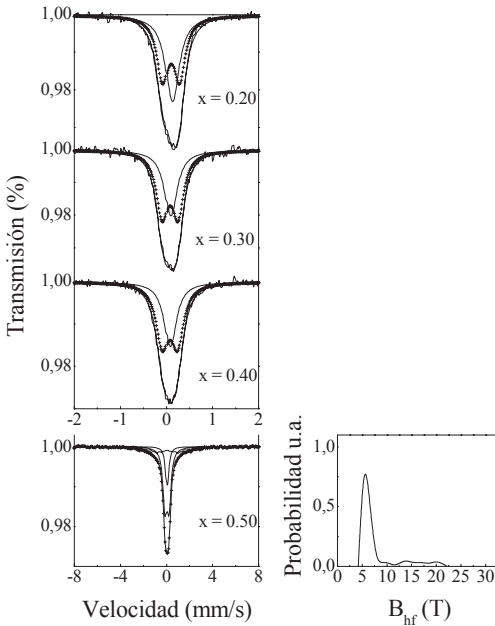


Figura 5. Espectros Mössbauer tomados a 292K.

La variación del desvío isomérico medio con la composición es mostrada en la figura 6. De acuerdo con ésta, el valor del desvío isomérico decrece con el incremento del contenido de Fe o sea con el decrecimiento del contenido de Mn. El incremento del contenido de Fe induce un decrecimiento en la población de electrones de la banda de conducción y entonces decrece la densidad de los electrones 3d que rodean el núcleo de Fe. Por consiguiente se incrementa la densidad de los electrones s y como consecuencia decrece el desvío isomérico, situación coherente con Zamora et al [5].

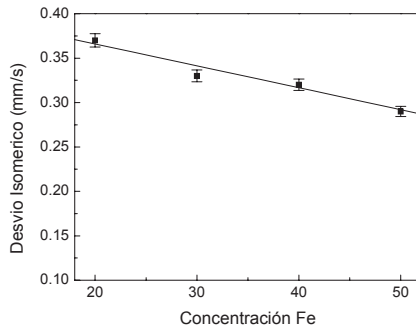


Figura 6. Curva de desvío isomérico medio vs. % Fe para todo el rango de composición a T = 292 K. Los datos han sido linealizados

La figura 7, muestra los espectros Mössbauer de las muestras en el rango $0.20 \leq x \leq 0.50$ realizados a $T = 4.2$ K. Estos espectros fueron todos ajustados con un singlete, un doblete y además con una distribución de campo hiperfino. En esta temperatura las muestras con $x \leq 0.4$ que a temperatura ambiente mostraban un carácter magnéticamente desordenado presentan ahora una estructura con campos hiperfinos magnéticos bajos y para $x = 0.5$ que presentaba un campo hiperfino bajo ahora presenta un campo hiperfino grande. Estableciéndose así, que para esta temperatura existe un ordenamiento magnético dominante en todo el rango de composición

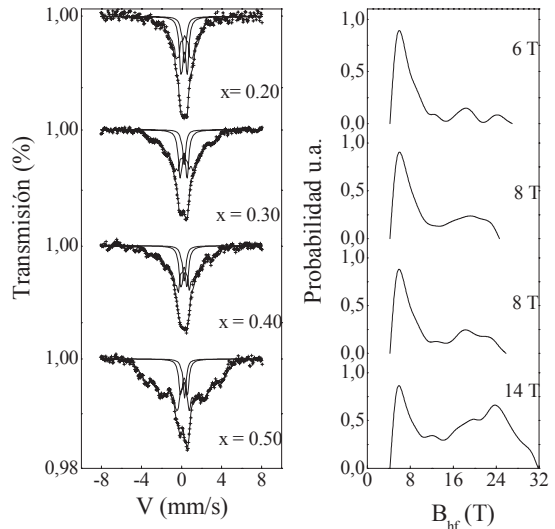


Figura 7. Espectros Mössbauer y sus respectivas distribuciones de campo hiperfino a T = 4.2K

La figura 8, muestra el comportamiento del desvío isomérico medio versus el porcentaje de Fe para $T = 4.2$ K. Se evidencia el mismo comportamiento decreciente a medida que aumenta la concentración de Fe, mostrado para $T = 292$ K, con valores de desvío isomérico más altos, debido a la menor temperatura.

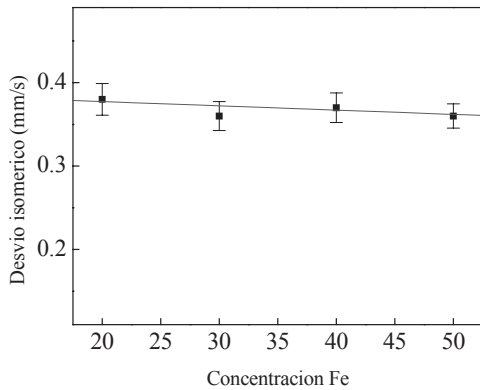


Figura 8 Curva de desvío isomérico medio vs. % Fe para todo el rango de composición a $T = 4.2$ K. Los datos han sido linealizados

Para evidenciar la dinámica de la estructura hiperfina. Se tomó el espectro Mössbauer de la concentración $x = 0.40$ sin y con campo externo de 0.3 T (Teslas) a temperatura ambiente, el cual se presenta en la figura 9. El espectro con campo se ajustó con los parámetros obtenidos del ajuste del espectro sin campo, dejando libres estos parámetros. Se puede ver que los espectros son similares sin cambios magnéticos y ni efectos dinámicos, comprobándose así el carácter desordenado de esta muestra.

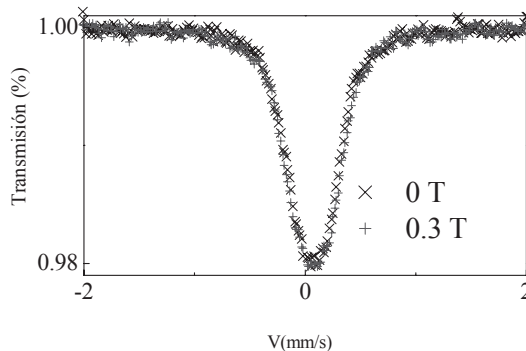


Figura 9 Superposición de los Espectros Mössbauer de la muestra $x = 0.40$ sin y en presencia de un campo externo de 0.3 T (Tesla) a $T = 292$ K

IV. CONCLUSIONES

Por difracción de rayos x se determinó que la serie de aleaciones de $\text{Fe}_x\text{Mn}_{0.6-x}\text{Al}_{0.4}$, en el rango $0.2 \leq x \leq 0.5$ tienen una estructura bcc. También, que el parámetro de red disminuye levemente cuando la concentración de Fe aumenta, debido probablemente a las sustituciones de átomos de Fe por Mn, donde este último tiene mayor radio atómico. El tamaño de grano tiene ligeros cambios con el aumento de concentración de Fe.

Por técnicas como magnetización y espectroscopia Mössbauer a temperatura ambiente las muestras con $x \leq 0.4$ evidencian interacciones hiperfinas de carácter magnéticamente desordenado, corroborándose también este desorden en presencia de campos magnéticos externos. Mientras que con $x = 0.5$ el carácter de las interacciones hiperfinas son magnéticamente ordenadas, debidas probablemente al alto contenido de Fe. Por espectroscopia Mössbauer a $T = 4.2$ K se encontró, que las aleaciones en todo el rango de composición tienen interacciones hiperfinas magnéticamente ordenadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga a través de la Dirección de Investigaciones por el soporte financiero del proyecto 003-0804 -9560.

BIOGRAFÍA

Claudia Paulina González Cuervo, Lugar de nacimiento Tunja, Licenciada en Ciencias de la Educación especialidad en Física y Matemáticas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Magíster y Doctorado en Ciencias Física de la Universidad del Valle, Cali. Intereses de investigación en Nanopartículas, aleaciones, espectroscopia Mössbauer, difracción de rayos x, Microscopia electrónica, Nuevos Materiales.

REFERENCIAS

- [1] G. A. Pérez Alcázar, J. A. Plascak, and E. Galvão de Silva. *Phys. Rev. B.* **38** (1988) 2816
- [2] T. V. S. Mohan Babu and Basal. *Phys. Stat. Sol.* (1996) 167
- [3] B. D. Cullity, *Elements of X-Ray Diffraction.* Addison-Wesley. Reading MA. 1967
- [4] J. Restrepo, G. A. Pérez Alcázar, and J. M. González. *Hyp Interactions* **122** (1999) 189
- [5] Ligia E. Zamora, G. A. Pérez Alcázar, J. A. Tabares, A. Bohórquez, J. F. Marco, and J. M. González. *J. Phys. Condens. Matter.* **12** (2000) 611