

Rango De Amorfización Del Sistema Metálico Mg Ga Sn

M. Fontana, A. M. Menéndez, A. Soba y B. Arcondo.

Laboratorio de Sólidos Amorfos, Departamento de Física,
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires,
Paseo Colón 850, (1063) Buenos Aires.

Aleaciones binarias y ternarias de composiciones no muy alejadas del punto eutéctico $Mg_{80.87}Ga_{19.13}$ fueron enfriadas rápidamente desde el estado líquido por el método de "Splat Cooling". Las aleaciones originales y las muestras enfriadas rápidamente se caracterizaron por difracción de rayos X, empleando radiación $K\alpha$ del Cu. Se obtuvieron muestras parcialmente amorfas en un entorno reducido del punto eutéctico. Se determinaron los rangos de amorfización parcial en el sistema binario MgGa y ternario MgGaSn. Se discute la influencia del Sn en la capacidad de amorfización.

Introducción

El sistema binario MgGa tiene un rango de amorfización total en el entorno del punto eutéctico $Mg-Mg_5Ga_2$ (19.13 % at. Ga) cuando se lo enfría rápidamente desde el líquido. Una fase metaestable (M) ha sido obtenida en un primer paso como producto de cristalización a temperatura ambiente de los amorfos de composición eutéctica¹. La temperatura de vidrio fue estimada en 117 °C².

Aleaciones líquidas de MgGa a una temperatura de 700 °C pueden ser descritas por un modelo de asociaciones fuertes. El orden de corto alcance del amorfo fue correlacionado con el del compuesto Mg_2Ga^3 . Esta característica lo asemeja a otros sistemas como Mg-Cu^{4, 5, 6, 7}, Mg-Zn⁸ o Mg-Ni^{4, 5, 6} en los que la presencia de asociaciones con un orden diferente al de las fases de equilibrio de la correspondiente estequiometría entorpece la cristalización⁹.

El sistema ternario Mg-Ga-Sn presenta solubilidad apreciable de Sn en las fases Mg_2Ga y Mg_5Ga_2 y de Ga en la fase Mg_2Sn , de modo que en el entorno del punto eutéctico $Mg-Mg_5Ga_2$ el Sn aparece disuelto en el compuesto intermetálico^{13, 14}. Esta particularidad lo diferencia de los sistemas Mg-Cu y Mg-Zn en los que el agregar pequeñas cantidades de Sn, éste reacciona con el Mg dando lugar a asociaciones Mg_2Sn que son retenidas desde el líquido

mediante un enfriamiento rápido y favorecen la capacidad de amorfización del sistema^{10, 11, 12}.

En el sistema Mg-Ga-Sn se observa que el agregado de pequeñas cantidades de Sn modifica tanto la cinética como los productos de cristalización^{14,15,16}. En tanto los amorfos binarios de composiciones próximas al punto eutéctico $Mg-Mg_5Ga_2$ cristalizan a T ambiente en la fase M, amorfos ternarios de composición $Mg_{80.57}Ga_{17.76}Sn_{1.67}$ evolucionan hacia las fases de equilibrio con energías de activación mucho mayores^{15, 16}.

El objetivo de este trabajo consiste en establecer los rangos de amorfización para el sistema binario Mg-Ga y el ternario Mg-Ga-Sn y analizar la influencia del Sn en la capacidad de amorfización.

Experimental

Las aleaciones de composiciones que se indican en la Tabla 1 fueron preparadas con materiales de pureza 99.99 %, bajo atmósfera de Ar, en crisoles de grafito. La homogeneidad fue verificada por una inspección metalográfica.

Para todas las aleaciones indicadas fueron obtenidas muestras en forma circular, de 50-60 micrones de espesor, por enfriamientos rápidos desde el líquido a 550-700 °C por la técnica "piston and anvil splat cooling"¹⁷ bajo atmósfera de Ar. Para las distintas muestras se realizaron espectros de rayos X

con radiación $K\alpha$ de Cu y a temperatura ambiente (20 °C).

Tabla 1 Composiciones en % atómico de las aleaciones estudiadas

	Ga	Mg	Sn
A1	18.91	81.09	0
A2	16.16	83.84	0
A3	21.17	78.83	0
A4	13.19	86.81	0
A5	24.74	75.26	0
A6	14.60	85.40	0
A7	22.65	77.35	0
B1	19.24	79.77	0.99
B2	17.76	80.57	1.67
B3	9.73	84.86	5.41
B4	9.19	74.03	16.78
B5	17.41	79.59	3.00
B6	14.35	82.98	2.67
B7	18.89	75.92	5.19
B8	26.33	71.64	2.03
B9	16.63	82.03	1.34
B10	19.50	78.83	1.67

Resultados

En la figura 1 se muestran los difractogramas de rayos X obtenidos para las muestras enfriadas rápidamente. Para las muestras A1, A2, A3, B1 y B2 se observan espectros característicos de aleaciones parcialmente amorfas. Los picos cristalinos corresponden a las fases de equilibrio (Mg y Mg_5Ga_2)

En base a los resultados obtenidos por difracción de rayos X, en la figura 2 se trazan los rangos binarios y ternarios de amorfización parcial. El rango de amorfización ternario se reduce a una pequeña zona en torno al rango de amorfización binario.

Los amorfos obtenidos en el sistema ternario MgGaSn tienen un contenido máximo de aproximadamente 2 % atómico de estaño. Fuera de esta zona, se obtienen las fases de equilibrio.

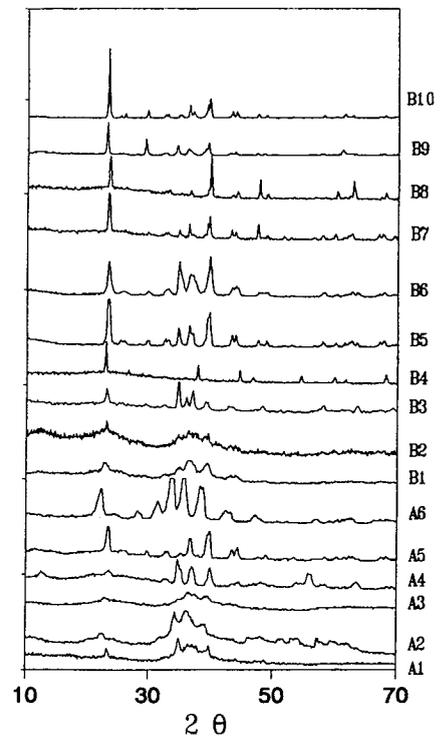


Figura 1: Difractogramas de rayos X, obtenidos con radiación $K\alpha$ de Cu.

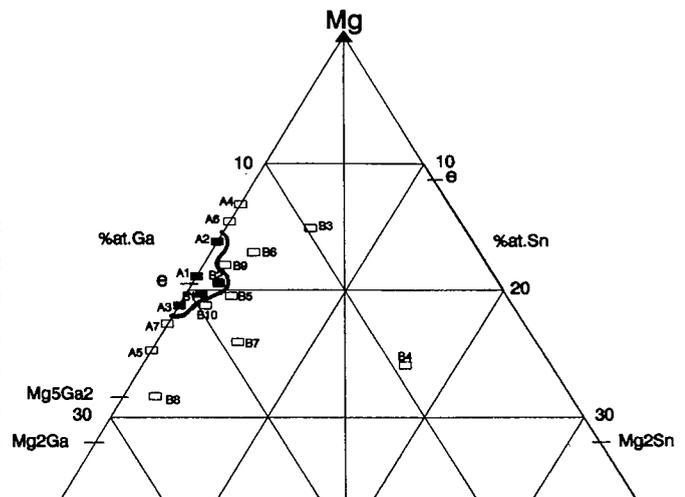


Figura 2: Zona de amorfización propuesta (-) para el sistema MgGaSn. Ubicación en el diagrama ternario MgGaSn de las muestras enfriadas rápidamente, se indican las muestras cuyo resultado de un enfriado rápido es mayoritariamente amorfo (■) y cuales es mayoritariamente cristalino (□).

Conclusiones

Se determinan los rangos de amorfización parcial binario y ternario en una zona reducida de composiciones alrededor del eutéctico binario Mg-Mg₅Ga₂.

El agregado de Sn al eutéctico binario no aumenta la capacidad de amorfización. En un

trabajo anterior se descubrió que los amorfos ternarios son más estables que los binarios ¹⁶. No se detecta, como se observó en otros sistemas, la presencia de asociaciones Mg₂Sn retenidas desde el líquido. El Sn, que participa de la fase amorfa, no tiene solubilidad en la fase M por lo que ésta crecerá con posterioridad a la difusión del Sn, lo que es observado como una inhibición de la cristalización de esta fase en una primera etapa. Por el contrario, el Sn entra en solución en la fase de equilibrio Mg₅Ga₂ por lo que su nucleación no se ve perturbada por su presencia. Consecuentemente, en las muestras ternarias entra en juego un mecanismo adicional en el proceso de cristalización, la difusión en sólido para formar las fases de equilibrio Mg y Mg₅Ga₂, produciendo tiempos de evolución y energías de activación mayores a las observadas en los amorfos binarios.

Con la técnica de enfriado rápido "piston and anvil" se obtienen amorfos ternarios con bajo contenido de Sn (máximo 2 % at. de Sn), el agregado de una mayor cantidad de estaño a la zona de amorfización binaria favorece, en los enfriados rápidos, la formación de las fases de equilibrio, en perjuicio del amorfo.

Referencias

1. Predel B., Hülse K.; J. of Less-Common Metals 63 (1979), 45.
2. Predel B.; Physica 103 B (1981), 113.
3. Moser Z., Kawecka E., Sommer F.; Predel B., Metall. Trans 13 B (1982), 71.
4. Sommer F., Fripan M., Predel B., Proc.RQM 4th, Sendai (1981), 209.
5. Sommer F., Bucher G., Predel B, J. Physique Colloque C8, 8, 41 (1980), C8-563.
6. Nassif E., Lamparter P., Sperl W., Steeb S., Z. Naturforsch. 38 a (1983), 142-148.
7. Lukens W., Wagner C., J. Appl. Cryst. 9 (1976), 159.
8. Matsuda T., Mizutani U., Proc.RQM 4th, Sendai (1981), 1315.
9. Sommer F., Z. Metallkde. 71 (1980), 120.
10. Mingolo N., Arcondo B., Nassif E., Sirkin H.; Z.Naturforsch. 41 a (1986), 1357-1360.
11. Sirkin H., Mingolo N., Nassif E., Arcondo B.; J. of Non-Crystalline Solids 93 (1987), 323-330.
12. Mingolo N., Arcondo B., Nassif E., Sirkin H.; J. of Non-Crystalline Solids 113 (1989), 161-166.
13. M.Fontana y B.Arcondo, ANALES de la Asociación Física Argentina, vol. 3 (1991), 309.
14. M.Fontana and B.Arcondo, Hyperfine Interactions vol. 83 (1994), 245-252.
15. M.Fontana and B.Arcondo, "Crystallization Process on Amorphous Mg-Ga-Sn System", aceptado para publicar en jul/94 en la revista Journal of Materials Science.
16. M.Fontana y B.Arcondo, "Rango de amorfización y procesos de recristalización en amorfos del sistema MgGaSn", ANALES de la Asociación Física Argentina, vol. 5 (1993).
17. Quintana G., Sirkin H., Rosen M., Kurlat D., Frank E.; Rev. Brasil. Fis. 9,1 (1979).