

## PRECIPITACIÓN EN ALEACIONES $\text{Cu}_{90}\text{Co}_{10}$ PRODUCIDAS POR TWIN-ROLLER MELT-SPINNING

G. Pozo López (1), A.M. Condó (2), H. Núñez Coavas (3), A.J. Tolley (4), R.H. Mutal (5),  
L.M. Fabietti (6), S.E. Urreta (7).

(1) Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba – Instituto de Física Enrique Gaviola, CONICET. Córdoba. Argentina. (2) Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica – Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo – CONICET. San Carlos de Bariloche, Argentina. (3) Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina. (4) Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica – Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo – CONICET. San Carlos de Bariloche, Argentina. (5) Laboratorio de Microscopía Electrónica y Análisis por Rayos X (LAMARX) FaMAF – CONICET. Córdoba. Argentina. (6) Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba – Instituto de Física Enrique Gaviola, CONICET. Córdoba. Argentina. (7) Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.

[gpozo@famaf.unc.edu.ar](mailto:gpozo@famaf.unc.edu.ar)

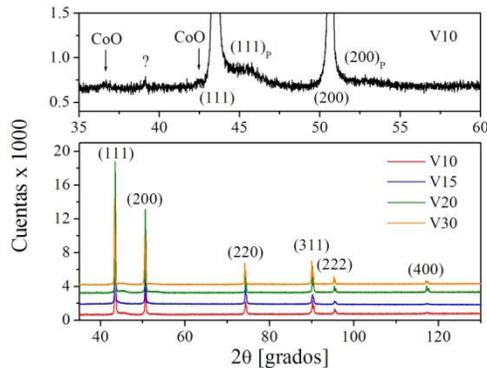
Las aleaciones  $\text{Cu}_{90}\text{Co}_{10}$  enfriadas ultra rápidamente y tratadas posteriormente a temperaturas cercanas a 450 K presentan magneto-resistencia gigante [1]. Un efecto similar se ha detectado en aleaciones de la misma composición solidificadas en contacto con dos cilindros de cobre rotantes, refrigerados por agua (*twin-roller melt spinning*); en este caso se observan una magneto-resistencia algo inferior y un efecto tipo Kondo a bajas temperaturas [2] en cintas en estado *as-cast*, sin tratamiento térmico posterior. Se ha propuesto que ambos efectos se originan en mecanismos de dispersión de electrones dependientes de su espín; la magneto-resistencia en particular se ha atribuido tanto a una fina dispersión de precipitados ricos en Co como a una segregación laminar de soluto (Co) originada en una descomposición espinodal [1]. Por este motivo, resulta importante determinar la microestructura de estas aleaciones producidas por técnicas de solidificación ultra-rápida, en particular lo relativo a la dispersión y a la distribución de tamaños de los precipitados ricos en Co, y a la segregación laminar asociada a la descomposición espinodal. En este trabajo se producen cintas de aleaciones  $\text{Cu}_{90}\text{Co}_{10}$  por el método de solidificación ultra-rápida *twin-roller melt spinning* aplicando velocidades tangenciales de rodillo de 10, 15, 20 y 30 m/s (denominadas muestras V10, V15, V20 y V30, respectivamente). La microestructura de las cintas se analiza por difracción de rayos X (DRX), en un difractor Philips PW 3020 empleando radiación Cu-K $\alpha$ , y microscopía electrónica de transmisión (TEM), en un microscopio Philips CM200UT, operando a 200 kV, con accesorio para análisis EDS. Las muestras para TEM se preparan por electropulido por doble *jet*, usando un electrolito de 500 ml de agua destilada, 250 ml de etanol, 250 ml de ácido ortofosfórico, 50 ml de alcohol propílico y 5 g de urea, a 276 K. Como puede observarse en la Figura 1, la fase mayoritaria en todas las muestras, es una solución sólida Cu(Co) *fcc*; adicionalmente, se encuentra la presencia de una segunda fase minoritaria rica en Co (cuyas líneas de difracción se designan con la letra P) junto con un óxido de cobalto CoO (indicado con fechas) y una fase o fases aún no identificadas, denotadas con el símbolo “?”. Al observar las muestras por TEM, se encuentran granos con tamaños entre 1 y 5  $\mu\text{m}$ , cuya difracción de electrones se relaciona con la solución sólida *fcc* de Co en Cu (Figura 2), en concordancia con la información brindada por los diagramas de difracción de rayos X. Dentro de los mismos, además de dislocaciones, se observa una alta densidad de precipitados *fcc* ricos en Co y una densidad bastante menor de precipitados de CoO de mayor tamaño (Figura 3). Los precipitados ricos en Co son coherentes con la matriz y muestran el contraste clásico en forma de anillo, bajo condición de *bright field zone axis* (BFZA), originado en tensiones de desajuste [3]. En general, no se encuentran en los bordes de grano, y están distribuidos de manera no uniforme, formando colonias, mediadas por zonas libres de precipitados, características que no han sido reportadas anteriormente en este tipo de aleaciones rápidamente solidificadas. Las distribuciones de tamaño de los precipitados (obtenidas midiendo el diámetro de los anillos bajo condición BFZA) y sus correspondientes ajustes con funciones log-normal, se resumen en la Figura 4. Como se puede apreciar, la muestra V15 presenta una distribución bimodal de tamaño de precipitados coherentes, con tamaños medios de 7 y 15 nm aproximadamente. Es la única muestra con esta característica; para las demás, se encuentra una única distribución, y se observa que a mayor velocidad

## 4° Congreso de la Asociación Argentina de Microscopía (SAMIC 2016)

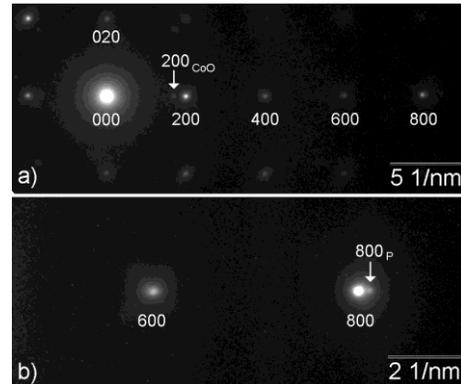
de los rodillos (mayor velocidad de templado) disminuye el tamaño promedio de los precipitados coherentes (de 11 nm para la muestra V10 a 4 nm para la muestra V30). No se observan los contrastes de tipo laminar reportados por Miranda y colaboradores [1] como asociados a una descomposición espinodal.

## REFERENCIAS

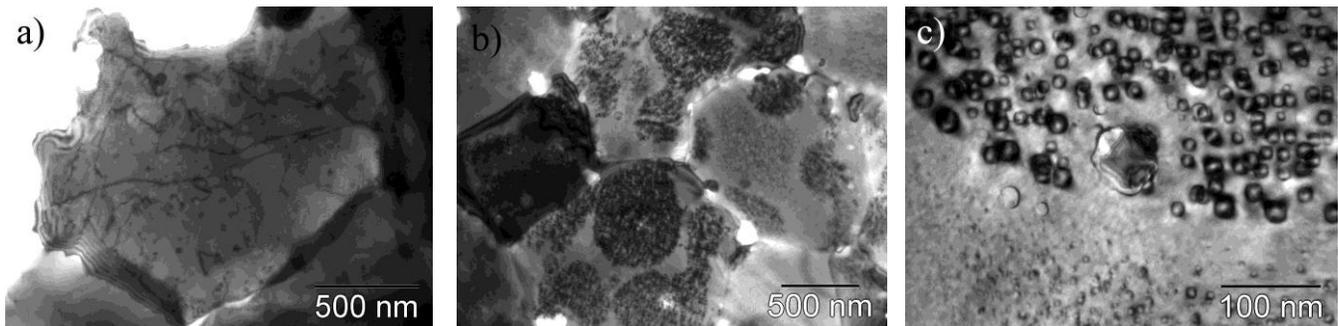
- [1] Miranda M.G.M., Estevez-Rams E., Martínez G., Baibich M.N., (2003) "Phase separation in  $\text{Cu}_{90}\text{Co}_{10}$  high magnetoresistance materials". *Phys. Rev. B* 68: 014434.  
 [2] Fabietti L.M., Ferreyra J., Villafuerte M., Urreta S.E., Heluani S.P., (2010) "Kondo-like effect in magnetoresistive CuCo alloys" *Phys. Rev. B* 82: 172410.  
 [3] Hattenhaner R., Haider F., (1991) "Improved imaging of small coherent precipitates by bright field/zone axis incidence TEM" *Scr. Metall. Mater.* 25: 1173-1178.



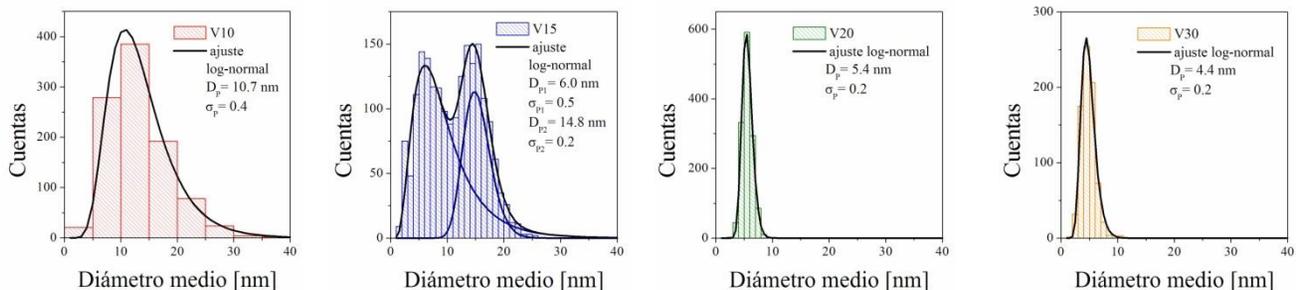
**Figura 1:** Diagramas de difracción de rayos X correspondientes a las aleaciones enfriadas a diferentes velocidades.



**Figura 2:** Reflexión 800 excitada cerca del eje de zona [001] de la matriz. a) Se indica la reflexión 200 del CoO y b) la reflexión 800 de los precipitados coherentes (P).



**Figura 3:** a) Dislocaciones en un grano de  $\text{Cu(Co)}_{fcc}$ . Imagen TEM de campo claro en condición de dos haces 111. Micrografías TEM de campo claro de precipitados en la muestra V15: b) Distribución espacial heterogénea de los precipitados, formando colonias. c) Precipitados en condición BFZA [001]. Se observa una distribución bimodal de precipitados coherentes y un precipitado de óxido de Co de mayor tamaño (60 nm).



**Figura 4:** Distribuciones de tamaños de los precipitados coherentes y correspondientes ajustes con funciones log-normal;  $D_p$  representa la mediana de la distribución. A mayores velocidades de templado, menores tamaños de precipitados.