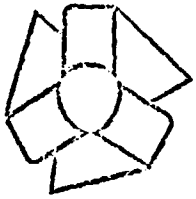


BR8920550  
1015-BR--1531

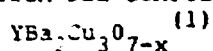


# 1.º CONGRESSO DA ALAMET

Associação Latino-Americana de Metalurgia e Materiais  
Asociación Latinoamericana de Metalurgia y Materiales

## METALURGIA E MATERIAIS PRESENTE E FUTURO

### 3.º COLÓQUIO LATINO-AMERICANO DE FADIGA E FRATURA DOS MATERIAIS

Gabriel Torres Villaseñor<sup>(2)</sup>José E. Moreno<sup>(2)</sup>

### RESUMEN

El compuesto superconductor de alta temperatura  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ , es una cerámica que se comporta frágil al ser deformada en condiciones ambientales, sin embargo en presencia de un estado de esfuerzos hidrostático impuesto por una matriz metálica es posible inducir una deformación plástica en la cerámica superconductora. Utilizando este método fue posible realizar deformaciones plásticas hasta un 200% y mantener en la mayoría de los casos la superconductividad. Los mecanismos de deformación observados son semejantes a los observados en aleaciones superplásticas, es decir, a través de deslizamiento de los granos. La interfase entre la matriz metálica y la cerámica fueron observadas por métodos de microscopía electrónica de barrido, encontrándose una gran coherencia entre el metal y la cerámica. Se discuten las posibilidades de utilizar este método para la obtención de alambres superconductores, así como los mecanismos de deformación de la cerámica.

### ABSTRACT

The high temperature superconductor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  shows a brittle behavior when deformed under ambient conditions. If a hydrostatic state of stress is imposed with a metal matrix, it is possible to induce extended plastic deformations as great as 200% were achieved using this method without losing the superconductivity in the ceramic. The observed deformations mechanisms are similar to those observed in the superplastic metals and the boundary ceramic metal matrix was found to be highly coherent. This method opens a new technique that can be applied in the manufacture of superconductor wire or tape.

### INTRODUCCION

El compuesto  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  es una cerámica que muestra el efecto de la superconductividad a temperaturas cercanas a la del Ni líquido. El efecto ha tenido un gran impacto, no sólo para la física básica sino también en el campo de las aplicaciones. La cerámica superconductora tiene un comportamiento totalmente frágil a temperatura ambiente, lo cual dificulta la confección de alambres o cintas, con las cuales sería posible la fabricación de magnetos o devanados superconductores.

Existen diferentes métodos [1,2,3] que permiten la fabricación de estas cintas o alambres superconductores, sin embargo ninguno de ellos ha desembocado aún en el proceso práctico.

(1) Contribución Técnica a ser presentada en el 1o. Congreso ALAMET.

(2) Miembros de ALAMET, investigadores del Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM. Apdo. P. 70-360, México, D. F. 04510 MEXICO

En el presente trabajo, se reporta un interesante efecto de deformación plástica que sufre la cerámica superconductora al ser deformada dentro de una matriz metálica superplástica. El efecto bien podría sentar las bases de un nuevo método que permitirá la confección de alambres superconductores por medio de deformación plástica de la cerámica.

#### DESARROLLO EXPERIMENTAL

El material superconductor, utilizado en este estudio fue preparado por el grupo del Dr. R. Escudero del departamento de Bajas Temperaturas del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM. Discos de 1,2 cm de diámetro por 0,2 cm de espesor fueron preparados por las técnicas convencionales de mezcla de óxidos en polvo, calcinación, sinterizado y recocido al aire para su oxigenación. La temperatura superconductora fue determinada en 89 K y la microestructura resultante se muestra en la Fig. 1. Se puede observar que la cerámica superconductora está compuesta por la unión al azar de pequeños cristallitos con geometría ortorrómbica. Los más largos alcanzan una dimensión de  $15\mu\text{m}$  y en algunos es posible observar las huellas de maclas en su superficie. Fig. 2. Otra característica encontrada en el material es un gran número de perforaciones circulares, posiblemente formadas por gases atrapados durante la calcinación de los componentes. Los cristales que componen el superconductor no están íntimamente unidos como los granos en un metal, sino que se puede observar una separación entre cristal y cristal, estimada en  $0,1\mu\text{m}$ . Sin embargo, a pesar de existir esta separación, los electrones encuentran caminos que permiten la superconductividad.

Paralelogramos de base cuadrangular, con 5 mm de base por 2 mm de altura fueron cortados a partir de las pastillas y embebidos en una matriz de metal superplástico. Las aleaciones probadas fueron: Zn-Cd, Zn-Al, Bi-Pb, Sn-Pb, las cuales han sido ampliamente estudiadas por varios autores [4], por lo cual su comportamiento superplástico es ampliamente conocido.

El compuesto superplástico-superconductor (s.p.-s.o.) fue sometido a pruebas de compresión utilizando una máquina Instron 1125 a una rapidez de deformación correspondiente a la región superplástica de cada aleación.

#### RESULTADOS

Las aleaciones Bi-Pb, Zn-Cd y Sn-Pb, presentan comportamiento superplástico a temperatura ambiente. Los resultados de las pruebas de compresión, permitieron probar que es posible inducir deformación plástica en la frágil cerámica superconductora cuando ésta es deformada en una matriz superplástica. Los mejores resultados se obtuvieron con la aleación Zn-Cd. Las otras dos aleaciones fueron demasiado blandas y se deformaban sin afectar a la cerámica. La aleación Zn-Al es superplástica a los  $250^{\circ}\text{C}$ . A esta temperatura la alta difusión

de zinc hacia la cerámica, provocó la anulación de la superconductividad en ésta. La Fig. 3 nos muestra una muestra de cerámica antes y después de la deformación.

Con el objeto de realizar medidas de la deformación y conocer si la muestra había mantenido la superconductividad después de la deformación, la cerámica fue separada de la matriz metálica fundiendo esta última. Se comprobó que el material mantenía las propiedades superconductoras después de la deformación, a través de la prueba de levitación de la cerámica sobre un imán a la temperatura del nitrógeno líquido, encontrándose que aún después de deformada, la cerámica presentaba el efecto Meissner.

La microestructura del material deformado fue estudiada por microscopía electrónica de barrido. Después de una deformación de aproximadamente 20% los cristales que componen la cerámica s.o. muestran un cierto grado de refinamiento, es decir, su tamaño disminuye, Fig. 4. A la máxima deformación (200%) los cristales se mantienen compactos, pero su forma es ahora muy cercana a la equiaxial y su tamaño promedio es de aproximadamente 2 a 3  $\mu\text{m}$ . La frontera entre matriz metálica s.p. y cerámica s.c. es de alta coherencia, es decir, no se observa discontinuidad, como puede observarse de la Fig. 5.

De acuerdo a las observaciones anteriores podemos inferir que la matriz metálica es capaz de inducir un estado de presión hidrostática sobre la cerámica, evitando así que durante la deformación los cristales que componen la cerámica se separen. Bajo estas condiciones la deformación puede proceder por medio de resbalamiento de un cristal sobre otro, combinado con fractura de los cristales mas grandes que impidan el paso de otros mas pequeños, tal como ha sido observado en Zn-Al-Cu superplástico [5]. Este efecto de fractura podría ser el responsable del refinamiento de grano observado.

#### CONCLUSIONES

En conclusión podemos asegurar, que la cerámica superconductora compuesta por Y-Ba-Cu sufre deformaciones plásticas apreciables, cercanas al 200% cuando la cerámica se encuentra embebida en una matriz metálica superplástica. La matriz Sn-Cd dió mejores resultados que la Sn-Pb ó Bi-Pb por ser más dura, lo cual permite ejercer un estado hidrostático sobre la cerámica s.c. lo suficientemente alto para mantener la unión entre los cristales que la componen. La cerámica mantiene sus propiedades superconductoras aún después de la deformación, esto se comprobó a través del efecto Meissner.

El fenómeno descrito en este estudio, podría permitir la producción de cintas o alambres superconductoras, a través de la extrusión del compuesto s.p.-s.c. Agradecemos al técnico A. Caballero, por su ayuda en la confección del material fotográfico.

#### REFERENCIAS

1. K. Togano, H. Kumura, H. Shimizu. Mat. Res. Soc. Symp. V. 99, 191 (1988).
2. M. Okada, T. Matsumoto, K. Aihara and S. Matsuda. Jap. J. of Appl. Phys. V. 27, L185 (1988).
3. D. Ríos-Jara, E. Guarner, R. Escudero y G. Torres. "Proceso para la obtención de diversos productos con propiedades superconductoras". Patente en trámite, México, D. F.
4. Padmanbhan K. A., Davies G. J. Mechanical and structural Aspects, Environmental Effects, Fundamentals and Applications of Superplasticity. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1980.
5. G. Torres-Villaseñor, J. Negrete. "Superplastic Behavior of Zn-20Al-2Cu at Room Temperature and Deformation Mechanisms. Metall. Trans. (en prensa)



**Fig. 1** Microestructura de la cerámica superconductora. Los pequeños cristales que la componen parecen haber crecido en forma independiente. No se observa "soldadura" entre ellos.



**Fig. 2** En la superficie de algunos de los cristaliticos de la cerámica s.c., se observan huellas de marcas y la existencia de perforaciones circulares.



**Fig. 3** Probetas de cerámica. a) Antes de ser deformada y ser embebida en la matriz cerámica; b) Después de sufrir un 200% de deformación y haber sido extraída de la matriz metálica.

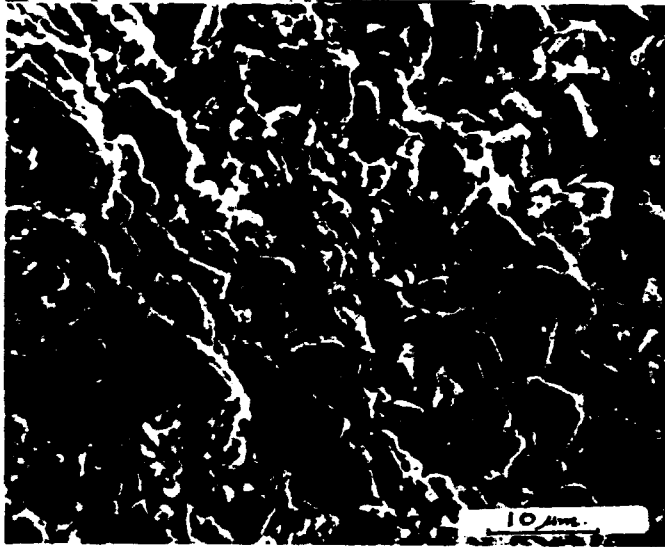


Fig. 4 Microestructura de cerámica s.c. después de la deformación. Los granos son ahora más finos y su geometría tiende a ser equiaxial.

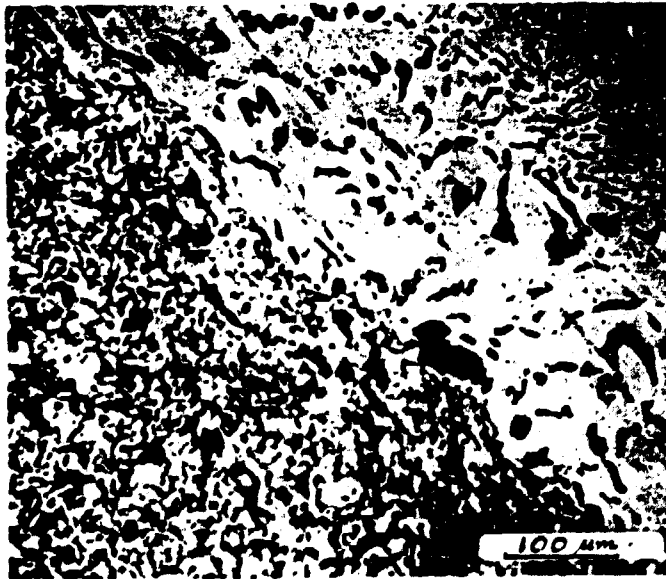


Fig. 5 Frontera entre la cerámica (C) y la matriz metálica (M).