

## PRIMERAS EXPERIENCIAS EN SOLDADURAS METAL-CERAMICA.

Apátiga L.M., Alba F., Cruz-Manjarrez H., Flores D.

Instituto de Física UNAM  
Apdo. Postal 20-364.  
México 01000 D.F.

### RESUMEN.

Se presentan algunos resultados y las primeras experiencias en soldaduras metal-cerámica. La cerámica empleada es óxido de Aluminio ( $Al_2O_3$ ) con 99% de pureza y el metal es acero inoxidable tipo 446 con bajo coeficiente de expansión térmica.

### ANTECEDENTES.

Todos los tubos electrónicos [1][2][3], tales como diodos, triodos, de rayos x, de rayos laser, etc. se mantienen sellados al alto vacío y requieren para su funcionamiento del paso de corriente eléctrica a cierto voltaje, además del voltaje aplicado entre ánodo y cátodo. En cada uno de estos tubos la unión metal-vidrio o metal-cerámica es un factor común y juega un papel muy importante pues no sólo permiten el paso de corriente eléctrica y aíslan de cierto voltaje, sino que además mantienen un alto vacío durante un tiempo prolongado, por lo que estas uniones deben estar libres de fugas. Todos los tubos electrónicos, medidores de vacío, atravesadores o pasamuros, etc. utilizados en nuestro país son de fabricación extranjera y desde luego la tecnología empleada en su construcción es únicamente conocida por las casas comerciales que se dedican a producirlos.

En este trabajo presentamos las primeras experiencias encaminadas a resolver este problema mediante el desarrollo de una técnica para llevar a cabo la soldadura metal-cerámica.

### DESARROLLO.

Debido a las diferentes características mecánicas, térmicas y eléctricas existentes entre una cerámica y un metal, la soldadura se hace complicada y para llevarla a cabo se

requiere entonces de una técnica especial.

Lo primero es encontrar la cerámica, el metal y la soldadura adecuadas para llevar a cabo la unión. Cada uno de estos componentes deberá tener ciertas características tales como impermeabilidad y una baja presión de vapor, además preferentemente que el coeficiente de expansión térmica del metal sea muy parecido al de la cerámica, esto con el fin de evitar que se produzcan esfuerzos, mismos que podrían llegar a fracturar la cerámica durante el proceso de soldadura.

Después de estudiar los diferentes tipos de cerámicas existentes en el mercado se decidió emplear una de  $Al_2O_3$  con 99.9 % de pureza. Esta cerámica no sólo cumple con los requisitos mencionados con anterioridad sino que además es maquinable lo que permitió diseñar diferentes arreglos para hacer las soldaduras. El maquinado de la cerámica requirió de una técnica muy particular y del desarrollo de herramienta construida para este fin.

El metal utilizado es acero inoxidable tipo 446, desde luego en sus propiedades para vacío son buenas y presentan un coeficiente de expansión bajo, lo que facilita la soldadura y evita además que la cerámica sea sometida a esfuerzos, con lo que se disminuye el riesgo de fractura. La figura 1, muestra la gráfica de la expansión térmica como función de la temperatura para diversos materiales, en ella se puede apreciar la semejanza de

las curvas para el acero 446 y la cerámica Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

La soldadura empleada es plata 1801 cuya temperatura de aplicación es de 605 °C mediante el uso de fundente wonder flux, es impermeable al vacío y además fácil de conseguir en el mercado.

Para llevar a cabo la soldadura se diseñó primero la forma y el arreglo que deberán tener la cerámica y el metal, cuidando por una parte que se puede aplicar la soldadura sin dificultad y por otra, que se pueda adaptar fácilmente al detector de fugas.

Se decidió diseñar un atrevesador como lo indica la figura 2. Después de terminar la construcción de cada una de sus partes se procedió a limpiarlas cuidadosamente, primero con acetona, después con tetracloruro de carbono y finalmente con ultrasonido en agua destilada [4]. Esta parte de limpieza es quizá la más importante, pues dependiendo de su calidad, la soldadura puede o no presentar fugas.

Una vez limpios los componentes, lo siguiente es metalizar la parte de la cerámica que estará en contacto con el metal (figura 3). Para esto se extendió sobre la cerámica, en la parte de interés, una capa delgada de un compuesto Molibdeno-Manganeso (Mo-Mn) en un aglutinante volátil [5] y se introdujo en un horno con atmósfera de Hidrógeno-Nitrógeno (H-N) a 1100 °C durante tres horas [6]. De esta manera la cerámica queda metalizada en la zona donde se llevará a cabo la soldadura. Posteriormente, sobre esta parte metalizada se le depositó una capa de níquel por electrólisis para mejorar la conductividad y al mismo tiempo hacerla más resistente a la oxidación. Esta capa de níquel se difundió introduciendo nuevamente la cerámica a 900 °C en atmósfera de H-N durante 3 horas.

La última parte consistió en efectuar la soldadura con plata 1801 usando para esto un soplete común y corriente de aire y gas butano, evitando en el proceso los choques térmicos que en algunas ocasiones pueden llegar a fracturar a la cerámica, si éstos son bruscos. Como este proceso se realiza al aire, es inevitable la formación de una costra de óxido en el acero, misma que se remueve mediante una solución a base de ácido nítrico, ácido fluorhídrico y agua destilada a una temperatura de 60 °C.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez terminados los atrevesadores, se probaron al vacío con un detector de fugas de helio con marca Varian modelo 936-40 con sensibilidad de hasta  $10^{-10}$  at cc/s, tiene una bomba mecánica que puede alcanzar hasta 50 militorr y una difusora de 80 l/s. El resultado de estas pruebas es que sólo el 30 % presentan fugas que van desde  $1 \times 10^{-7}$  std cc/s hasta  $1 \times 10^{-6}$  std cc/s y de éste 30% la mitad puede corregirse soldando nuevamente, es decir volviendo a fundir la soldadura.

Por otra parte se observó que mecánicamente las soldaduras son perfectas pues siempre que se intentó separar el metal de la cerámica se rompió lo que indica que al menos la soldadura es más resistente que la misma cerámica.

Aunque este método es en extremo delicado, pues se requiere de que cada una de las etapas se lleve a cabo al pie de la letra, creemos que proporciona resultados muy confiables y que se puede aplicar prácticamente a cualquier componente de vacío que requiera de una soldadura metal-cerámica al alto vacío.

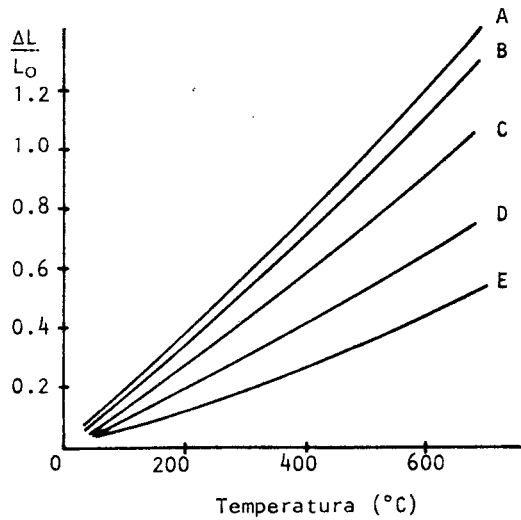


Fig. 1. Variación de la expansión térmica respecto a la longitud inicial  $L_0$  como función de la temperatura para diversos materiales. A Cobre. B acero 304. C Níquel. D acero 446. E cerámica  $Al_2O_3$ .

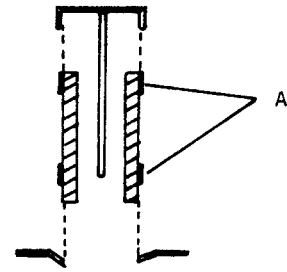


Fig. 3. Despiece del traspasador mostrando la parte metalizada (A).

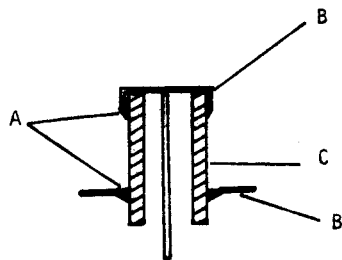


Fig. 2. Diseño de un traspasador para alto-vacío. A soldadura. B acero 446. C cerámica  $Al_2O_3$ .

#### REFERENCIAS

- 1 E. Chaffee, *Theory of Thermionic Vacuum Tubes*, Mc. Graw-Hill Book Co. (1933).
- 2 L. R. Koller, *Physics of Electron Tubes*, Mc. Graw-Hill Book Co. (1937).
- 3 V. Eastman, *Fundamentals of Vacuum Tubes*, Mc. Graw-Hill Book Co. (1937).
- 4 A. Roth, *Vacuum Technology*, North-Holland Physics Publishing (1986).
- 5 G. Lewin, *Fundamentals of Vacuum Science and Technology*, Mc. Graw-Hill Book Co. (1965).
- 6 F. Alba, L.M. Apátiga, H. Cruz, E. Méndez y A. Nogueira, "Horno de Cerámica de 1100 °C de Atmósfera Controlada", *Memorias del V Simposio de Instrumentación*, (1988).