

Aspectos metalúrgicos de la soldadura por difusión entre el cobre y el aluminio

F. A. CALVO, A. UREÑA, J. M. GÓMEZ DE SALAZAR y F. MOLLEDA

*Departamento de Ciencias de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica.
Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Complutense de Madrid**

Abstract

Metallurgical phenomena and bonding mechanism on diffusion bonding of copper and aluminium have been investigated using SEM and EDS microanalysis. The observation of the bonding interfaces have allowed to propose an experimental model to explain the formation of joints between dissimilar metals which form intermetallic compound.

Also the role of the oxide film (Al_2O_3) has been studied having found that it must break up for the diffusion processes to occur during bonding.

Resumen

Se han estudiado por técnicas de SEM y microanálisis EDS, los fenómenos metalúrgicos y los mecanismos de soldadura que tienen lugar durante la soldadura del cobre y del aluminio. La observación de las intercaras de soldadura han permitido proponer un modelo experimental que explica la formación de uniones entre metales de diferente naturaleza que forman compuestos intermetálicos.

También se ha estudiado el papel que juega la capa de óxido (Al_2O_3), encontrándose que debe eliminarse, para que puedan establecerse los procesos difusionales que tienen lugar durante la soldadura.

1. INTRODUCCION

La soldadura por difusión es una técnica de unión en estado sólido, por medio de la cual se realiza la soldadura de dos o más materiales, de igual o diferente naturaleza, al ponerlos en contacto por sus superficies y someterlos a una elevada temperatura, aplicándoles una presión intersfacial durante un intervalo de tiempo determinado [1, 2, 3].

La soldadura por difusión entre el cobre y el aluminio presenta una serie de particularidades propias que son:

- La presencia de una capa de óxido sobre la superficie del aluminio, de gran tenacidad y estabilidad termodinámica.
- La tendencia del aluminio a formar compuestos intermetálicos con el cobre.

En el presente trabajo se propone un modelo de formación para esta unión, que recoge, a diferencia de los propuestos por otros autores [4, 5], todas estas particularidades.

* Presentada en la sesión científica del 10 de diciembre de 1986.

2. METODO EXPERIMENTAL

Los ensayos de soldadura fueron realizados en una unidad de soldadura por difusión que constaba de un horno de vacío y un sistema de aplicación de carga por palanca.

Los materiales utilizados fueron Al Pechinei y Cu de pureza comercial, de composiciones químicas mostradas en la tabla 1.

TABLA 1. Composiciones químicas de los materiales base
(en % en peso)

	Fe	Zn	Pb	P	O ₂	Cu
Cobre	0,004	0,004	0,002	0,005	—	Base
	Fe	Mn	Ni	Zn	Ti	Al
Aluminio	0,52	0,015	0,03	0,15	0,02	Base

Las condiciones de ensayos oscilan entre los siguientes valores de presión entre 0,25-1,15 MPa, temperatura 440-550 °C y tiempo 15 minutos y 289 horas. Todos ellos fueron realizados en un vacío de $2-8 \cdot 10^{-4}$ torr.

Una vez realizada la soldadura, las probetas eran cortadas axialmente a la unión y estudiadas con SEM y microanálisis EDS.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

El modelo de formación de la unión propuesto consta de tres etapas en las que son dominantes uno o varios mecanismos metalúrgicos:

1.ª Etapa. Se inicia con la puesta en contacto entre ambos metales a la temperatura ambiente. El área inicial de contacto (A_c) es una pequeña fracción del área total de las probetas (A_n) (Fig. 1).

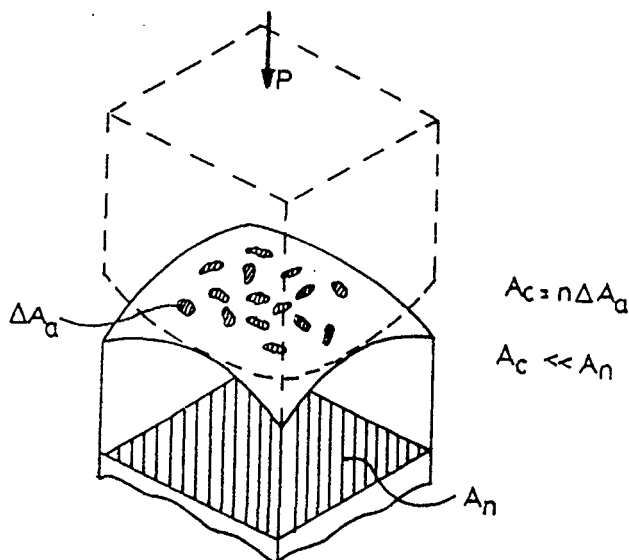


Fig. 1. Área de contacto inicial (A_c).

Con la aplicación de presión y la elevación de la temperatura hasta la de soldadura se produce simultáneamente los siguientes fenómenos: ruptura de la capa de Al_2O_3 , deformación plástica de la microasperezas y deformación por termofluencia de éstas. Estos fenómenos originan el aumento del área inicial de contacto.

Las observaciones de SEM realizadas sobre ensayos de soldadura a tiempos cortos (15 minutos) y presiones variables (0,25-1,15 MPa) indican que la ruptura de la capa de Al_2O_3 se produce por los desplazamientos de cizalladura que se originan en el contacto entre microrugosidades que se mueven unas respecto a otras (Fig. 2).

La variable controlante de los tres mecanismos anteriormente citados es la presión.

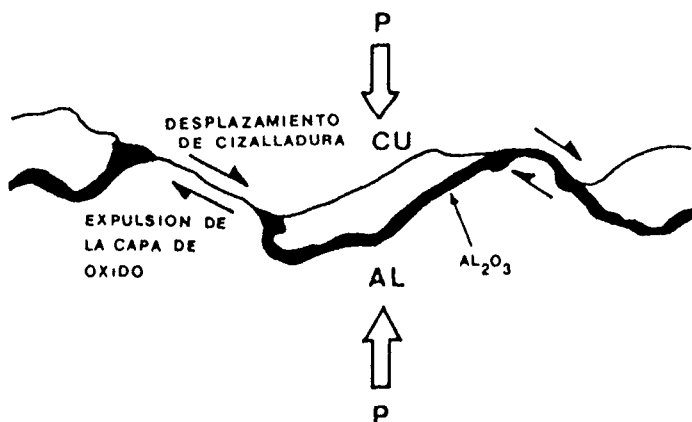


Fig. 2. Mecanismo de ruptura de la capa de Al_2O_3 por desplazamientos de cizalladura entre las microasperezas en contacto.

2.^a Etapa. Se inicia con el establecimiento de los flujos difusionales en ambos sentidos de la intercara de soldadura que generan los primeros «núcleos» de intermetálicos. El crecimiento de estos núcleos origina, con el tiempo, unas capas continuas, de varios compuestos intermetálicos, fenómeno ligado a la contracción y esferoidización de los poros interfaciales.

Los mecanismos difusionales controlantes en esta etapa son los mostrados en la figura 3.

3.^a Etapa. Durante la tercera etapa se produce la eliminación de los poros interfaciales por mecanismos de difusión a lo largo del límite de grano y en volumen.

Cuando el tiempo de soldadura es lo suficientemente largo, se produce la eliminación de la intercara original de soldadura por mecanismos de migración de los límites de grano interfaciales.

La utilización de la técnica de microanálisis EDS y el trazado de líneas de distribución de las radiaciones X características del Al y Cu ($K_\alpha\text{Al}$ y $K_\alpha\text{Cu}$) han permitido identificar los distintos compuestos intermetálicos que forman las zonas de difusión: zona I-fase δ (Cu_3Al_2), zona II-fase η_2 (CuAl) y zona III-fase θ (CuAl_2). (Fig. 4.)

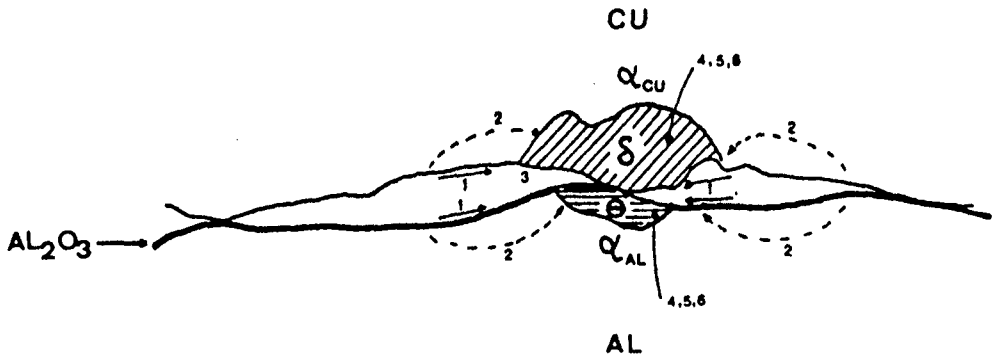


Fig. 3. Mecanismos de transporte de materia a través de la intercara de soldadura (2.ª etapa):

Mecanismo	Vía	Fuente	Sumidero
1	Superficie	Superficie	Cuello
2	Volumen	Superficie	Cuello
3	Vapor	Superficie	Cuello
4	Lím. Grano	Lím. Grano	Cuello
5	Volumen	Lím. Grano	Cuello
6	Volumen	Dislocación	Cuello

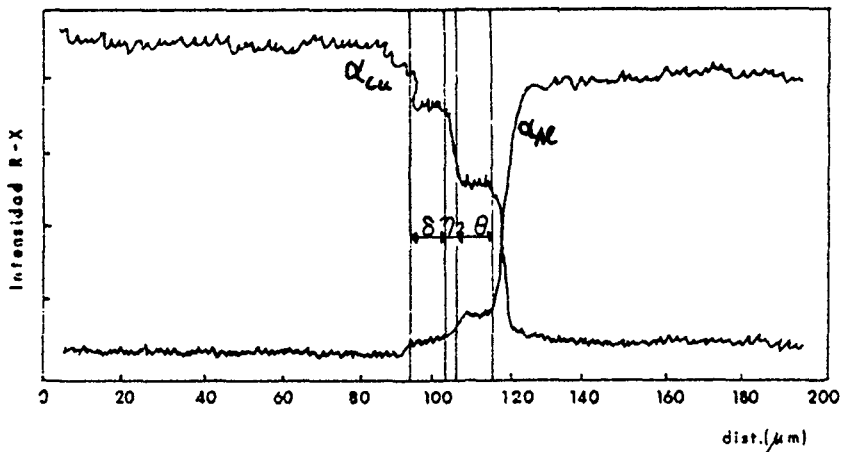


Fig. 4. Variación de la intensidad de las radiaciones X características del Al y Cu(K_{α}) a través de la intercara de soldadura.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BARTLE, P. M.: *Weld. J.*, 54 (11), 799-804 (1975).
- [2] OWZARSKI, W. A., y PAULONIS, D. F.: *Weld. J.*, 60 (2), 22-36 (1981).
- [3] CALVO, F. A.; UREÑA, A.; MOLLEDA, F.; GÓMEZ DE SALAZAR, J. M., y CRIADO, A. J.: *Rev. Soldadura*, 16 (3) 113-124 (1986).
- [4] KING, W. H., y OWZARSKI, W. A.: *Weld. J.*, 46 (7) 289s-298s (1967).
- [5] DERBY, B., y WALLACH, E. R.: *Met. Sci.* (11) 49-56 (1982).