

Caracterización del bimetálico monel-CT3 soldado por explosión

María del Carmen Almiñanaque, Gabriel Meriño Pierre, Cecilia Sánchez. Dpto. de Conformación de Metales y Metalografía. CENIC.

RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos en el CENIC en el enchapado de planchas de medianas dimensiones de acero CT-3 con el monel, con vistas a una futura aplicación en placas para intercambiadores de calor.

Se realizaron ensayos de resistencia al despegue, estudios al Microscopio óptico y de rayos X. Las muestras se ensayaron según las normas ASTM para ver si presentaban corrosión por tensión.

Según nuestros estudios se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Los cambios microestructurales observados en la interfase no presentan grandes zonas fundidas, que debiliten las propiedades mecánicas de la unión.

2. Los resultados de corrosión son favorables: o sea, las aleaciones soldadas por explosión por la cara que va a estar expuesta al medio agresivo no presentaron corrosión por tensión.
3. Se obtuvieron altos valores en el cambio requerido para separar la unión.
4. Es posible extrapolar a planchas bimetálicas de grandes dimensiones.

Con la introducción del empleo de bimetálicos en la construcción de equipos industriales es posible lograr una apreciable economía en divisas por concepto de compras de material y un aumento de la productividad de plantas industriales por la disminución del número de paradas por reparación.

This paper deals with the results obtained at CENIC in the welding of medium size plate of CT-3 steel with Monel by explosion, in order to use them in the future in the plates of heat exchangers.

Test were performed to obtain the strength required to separate the joint, also optical microscopy and X ray were used. The samples were tested in accordance with ASTM in order to detect stress corrosion.

As a result we were able to conclude the following:

1. The microstructural changes observed in the interphase did not show big melted zones which weakened the mechanical properties of the joint.
2. The results of the corrosion

test were good, that means that the welded alloys by explosion did not showed stress corrosion in the face that was in contact with the corrosive medium.

3. High values were obtained for the required strength to separate the joint.
4. These results can be extrapolated to bimetallic plates of bigger dimensions.

The introduction of the bimetallic alloys in the construction of industrial equipments will allow us to obtain a remarkable saving in foreign exchange because special alloys will not be necessary to buy in great amount and the productivity of the factories should increase because of the reduction of the stops in the plants for repairing.

INTRODUCCIÓN

La tecnología de la soldadura de metales por explosivos tiene hoy en día muchas aplicaciones como son: el enchapado de grandes planchas, la soldadura de tubos a placas de intercambiadores, el enchapado de tubos, etc. (1) (2) (3)

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos en el CENIC en el Dpto. de Conformación y Metalografía en el enchapado de planchas de medianas dimensiones de CT-3 con monel, con vistas a una futura aplicación para intercambiadores de calor.

La soldadura de metales por explosivos se produce debido al choque de forma oblicua y a la alta velocidad de las superficies a soldar, utilizando la energía liberada por la explosión. Esta energía que se obtiene, es la que permite acelerar los materiales a soldar, provocando el impacto inclinado de las superficies, de tal manera, que se proyecte en la dirección de la soldadura, un chorro de metal que arrastre los óxidos de las superficies a soldar, permitiendo una mejor unión.

Las grandes presiones originadas por la explosión permiten que en la interfase se logre el enlace metálico entre los dos materiales, ya que producto de esta presión se logra el acercamiento de los átomos a distancias que posibilitan el intercambio de los electrones de valencia, formando una nube electrónica que da lugar al enlace metálico.

Para que se produzca la unión es necesario el chorro de limpieza, que permite poner en estado virgen las superficies que se ponen en contacto, posibilitando la formación del enlace metálico entre los dos metales. (1-4)

Producto del choque oblicuo, el metal de la interfase sufre una gran deformación plástica, que da lugar a la formación de ondas en la misma. (1-6)

Debido a las altas velocidades de deformación, el mecanismo que domina es el maclado (4) lo cual trae como consecuencia, el endurecimiento del metal en la zona de la unión, aumentando en esa zona la dureza (1,6).

Para las experiencias se soldó por explosión una plancha de monel de 2 x 740 x 300 con otra de 12 mm x 700 x 260 de acero CT-3.

El explosivo que se utilizó fue una mezcla de Rocamonita No.1 con nitrato de amonio.

Los separadores empleados fueron de cobre y como contenedor del explosivo se utilizó cartón.

Fue empleada la técnica de la soldadura paralela (1-4) por ser la más apropiada de extrapolar a la producción de planchas bimetálicas de grandes dimensiones.

La iniciación de la explosión se realizó por una de las aristas del contenedor de explosivos (figura 1).

Las planchas después de soldadas se cortaron para hacer probetas de ensayos de resistencia al despegue por tracción (1,4) y para estudios metalográficos (6), así como se obtuvieron patrones de difracción de Rayos X de la unión.

Los estudios metalográficos se llevaron a cabo usando los micros-

copios ópticos NU y Neophot 21 de la Carl Zeiss.

Las muestras se pulieron mecánicamente en una pulidora Metasinx con diferentes papeles de esmeril hasta llegar al 600 y posteriormente se electropulieron y atacaron en una electropulidora marca Elypo vist de la Carl Zeiss en una solución de ClH al 10% en Metanol y en otros con Nital 4 (6).

Para los ensayos de resistencia al despegue por tracción se tomaron muestras de la zona media y en la zona próxima al punto de iniciación de la explosión y en la más alejada (figura 2) teniendo las probetas las dimensiones que se dan en la figura 3. Los ensayos se realizaron en una máquina soviética marca ZUM de 50 Ton., utilizando la escala de 0-5 Ton. del CIME.

Las muestras se sometieron a ensayos según las normas A.S.T.M., utilizándose una prueba standard de nitrato de mercurio en ácido nítrico concentrado (7).

Los estudios de difracción de Rayos X se llevaron a cabo en un difractómetro TUR M-61 con radiación de Fe filtrada (8).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de los estudios al Microscopio óptico es observar la uniformidad de las ondas como indicativo de que el proceso se realizó correctamente, además de observarse zonas fundidas que si son abundantes imprimen fragilidad a la unión, disminuyendo las propiedades mecánicas, además de que puede verse la deformación de los granos en la interfase y en la cara frontal.

Como se muestra en la figura 4 la interfase presentó un aspecto ondulatorio que es la que asegura una mejor adherencia (3-6, 9). Presentó pocas zonas fundidas y en algunos casos remolino delantero que asegura además unión mecánica. Se observa además que la deformación en ambos materiales se hace más severa a medida que nos acercamos a la unión (figura 5). En la zona donde se inicia la explosión no se forman las ondas (figura 6), lo

cual hace que en esta zona las propiedades mecánicas bajen como se verá posteriormente.

La figura 7 muestra cómo los separadores de cobre para estas experiencias (de medianas dimensiones) quedaron atrapados por la explosión.

La figura 8a muestra la superficie por donde se hace detonar el explosivo y se compara con la zona de la unión 8b, la primera presenta una distribución de granos regulares y no alargados como en la zona de la interfase. Esta superficie fue la que se tomó para los ensayos de corrosión recubriendo el resto de la muestra con pintura de base epoxídica.

El monel es una aleación de cobre y níquel fundamentalmente, la composición química aproximada es 68% Ni, 29% de Cu y 3% de Fe con

algo de Mn y Si⁽¹⁰⁾, el cobre al igual que el Ni cristaliza en el sistema cúbico centrado en las caras, formando ambas una solución sólida para todo el rango de composición⁽¹¹⁾.

En la figura 9 se muestra el patrón de difracción de Rayos X obtenido de la unión, en el mismo se ven los picos (110)_α y (200)_α de la ferrita del acero CT-3 y los picos (111)_γ y (200)_γ de la solución sólida de Ni y Cu correspondientes al monel.

Para las planchas se obtuvieron valores de resistencia al despegue mínimo de 21,8 Kg/mm² en la zona de iniciación de la explosión que se elimina posteriormente y máximo de 51,99 Kg/mm².

Estos valores son buenos conociendo que el límite de resistencia del monel es de 55-65 Kg/mm²⁽¹⁰⁾ y que este bimetal se usará para placas de intercambiadores de calor

y que se someterá solamente a trabajo de maquinado.

En general para las planchas estudiadas en este trabajo se obtuvieron buenos valores de resistencia al despegue debido en parte a un buen acabado de las planchas a soldar y a la disposición y material de los separadores utilizados, ya que se pudo observar en trabajos anteriores⁽¹²⁾ que cuando los separadores son de madera, estos se combustionan lo cual se comprobó al observarse zonas ennegrecidas en partes aledañas a los separadores⁽¹⁾, lo cual da la posibilidad de que los gases de la combustión se combinarán dando lugar a compuestos frágiles que afectaron la resistencia al despegue.⁽¹⁻⁴⁾ Por último diremos que los ensayos de corrosión mostraron que el material no es sensible a la corrosión por tensión. Esto puede que se deba a las bajas presiones de choque utilizadas para elaborar las soldaduras^(3,6) que son de alrededor de los 50 Kb.

CONCLUSIONES

Se ha obtenido el bimetal monel-CT3 en planchas de medianas dimensiones.

- El monel soldado por explosión

con el CT3 no presentó susceptibilidad a la corrosión por tensión. Todo esto hace que el bimetal sea catalogado como bueno.

RECOMENDACIONES

Los resultados de los ensayos de corrosión de resistencia al despegue nos indican que es posible extrapolar los parámetros tecnológicos de soldadura y aplicarlos a la producción de planchas bimetálicas de grandes dimensiones para la producción de partes de equipos industriales como placas de intercambiadores y recipientes a medios agresivos.

Con la introducción del empleo de bimetales en la construcción de intercambiadores es posible lograr una apreciable economía en divisas por concepto de compras de material y un aumento de la productividad de plantas industriales por la disminución del número de paradas por reparación.

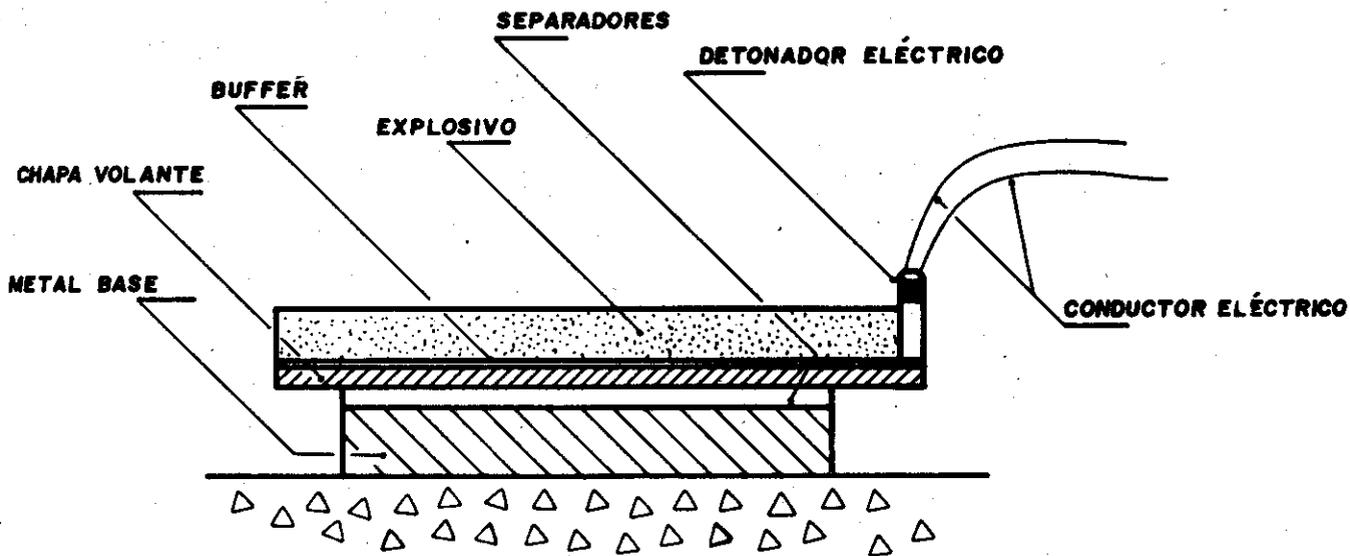


Figura 1. Disposiciones de las superficies a soldar.

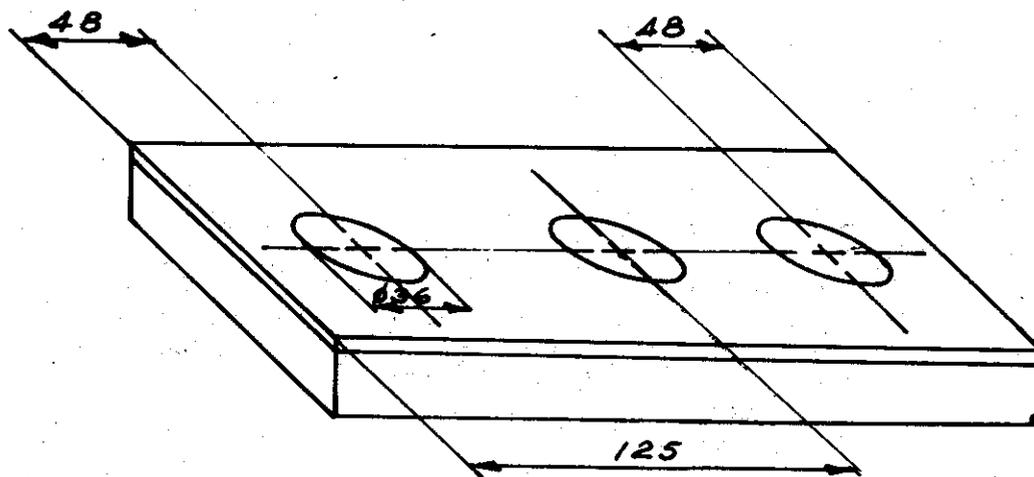


Figura 2. Toma de las muestras para los estudios microestructurales y de ensayo de resistencia al desque por tracción.

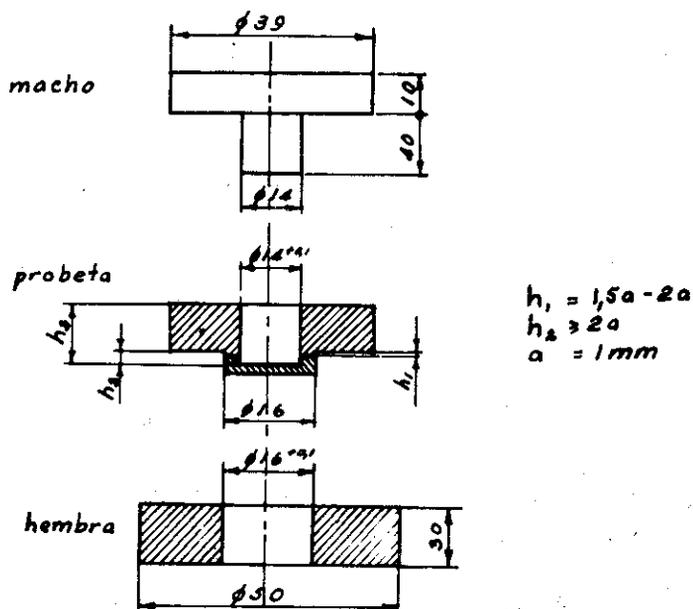


Figura 3. Probetas para ensayo al despiece.



Figura 4. Fotografía de la unión Monel-CT3 soldada por explosión.



Figura 5.

Deformación plástica de la zona de unión en el metal Monel-CT3 soldado por explosión.

Figura 6.

Zona de iniciación de la explosión. Se observa poca formación de ondas.

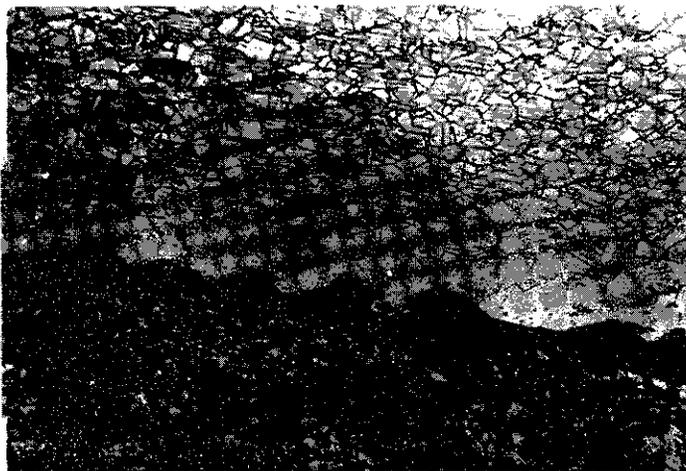
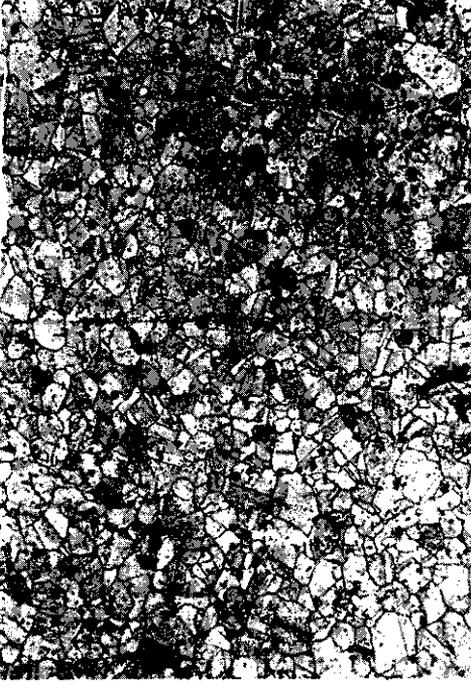


Figura 3.



8a) Cara frontal del monel por donde se hace detonar el explosivo.



8b) Zona de la unión Monel-CT3.



Figura 7. Separadores de cobre atrapados por la explosión.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, Plácido
Estudio de la Tecnología de la Soldadura de metales por explosivos. Tesis de Diploma. ISPJAE. 1978. X18H10T-CT3 soldada por explosión. Revista de Ciencias Químicas. CENIC. Vol.13, No.2, (1982) pp 245-256.
2. Meriño, G.; M.C.Almiñaque
Trabajo de metales con explosivos en Cuba. Reunión Científica. CENIC. Marzo 1984.
3. Meriño, G.; F.Domínguez; M.C. Almiñaque
Algunos aspectos teóricos, tecnológicos y económicos de la conformación, enchapado y endurecimiento de metales con explosivos. 2do. Forum Científico Acad. Ciencias. Dic. 1978.
4. Ezra, A.A.
Principles and practice of explosive metal working Vol.1. Ed. 1973. Industrial Newspaper limited.
5. Pocalyko, Andrew
Material Protection, Vol.4, No.6 (1965) pp 10-15.
6. Almiñaque, M.C.; G.Meriño
Caracterización de la unión
7. Champion, F.A.
Ensayos de Corrosión. Ed. URMO. 1970 pág. 408.
8. Cullity, B.D.
Elements of X Ray Diffraction. Ed. Revolucionaria. Inst. Cubano del libro. 1967.
9. Klein, W., Z.Mellkunde Vol.56 No.4 (1965) pp 201-207.
10. Catálogo-Formulario No.70 1ra. Ed. (1970). Soc. SERSEG. Seguin. Sergot.
11. Hansen, Max
Constitution of binary alloys. Mc. Graw Hill 1958.
12. Almiñaque, M.C.; G.Meriño; P.Alonso; F.Domínguez
Caracterización de soldaduras por explosión de Monel CT3 para placas de intercambiadores de calor. III Sem. Científico CIQ. MINBAS Nov. 1981. pp. 56.

Recibido: 31 de julio de 1984.