

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS UNIONES SOLDADAS POR EL METODO DE SOLDADURA ORBITAL EN ATMOSFERA DE ARGON DE ALTA PUREZA SOMETIDAS A REPARACIONES REITERADAS.

Jorge F. Echevarría Miranda, Humberto Domínguez Marrero, Felix A. Sendoya Puente, Débora Hernández Torres, Magalys López García, Lázaro Otero.¹ Andrés Arce Rodríguez.¹
Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear.(CEADEN)
Calle 30 No. 502 Playa. Jfem@ceaden.edu.cu.
1. Empresa de Mantenimiento de la Industria Médico-Farmacéutica.

RESUMEN.

En el montaje de las instalaciones de la industria médico - farmacéutica, biotecnológica y alimenticia es ampliamente utilizado el método de soldadura orbital en atmósfera de argón de alta pureza. Las reparaciones de las uniones soldadas realizadas por este método en estas industrias son muy limitadas y deben realizarse solo como casos excepcionales.

En el trabajo se exponen los resultados al evaluar la calidad de las soldaduras obtenidas con falta de fusión y que fueron sometidas a reparaciones reiteradas. En el mismo se establece el procedimiento que permite realizar un número de hasta tres reparaciones sin que se afecte la calidad de las uniones soldadas.

Se recogen además en este trabajo las experiencias alcanzadas por los especialistas cubanos en el empleo de máquinas de soldadura orbital en la construcción de sistemas tecnológicos de la industria biofarmacéutica.

INTRODUCCION.

La soldadura orbital, se ha convertido en el método estándar utilizado en las uniones de tuberías de acero inoxidable para las instalaciones de las industrias médico farmacéutica, biotecnológica y alimenticia. Esta tecnología es capaz de producir un acabado interior en el cordón de soldadura tal que evita el crecimiento de microorganismos en el interior de los sistemas además de mejorar considerablemente la resistencia a la corrosión de las uniones soldadas en comparación con la obtenida por soldadura manual, ya que permite realizar un control más preciso de la intensidad de corriente durante la soldadura, requiere de menos calor para efectuar la soldadura y la aplicación de este es mas uniforme

Los resultados de las inspecciones realizadas en varios sistemas de la industria biofarmacéutica en Cuba, así como reportes de compañías estadounidenses [1], nos indican que el por ciento de defectos de este método de soldadura es muy bajo (inferior al 3 %) cuando se elaboran especificaciones de soldaduras apropiadas, se realizan las calificaciones del proceso de soldadura utilizando las técnicas de ensayos requeridas para cada caso, y cuando se realiza un seguimiento constante del proceso de soldadura a través de muestras de control diarias.

No obstante, existen otros factores de vital importancia a tener en cuenta que afectan considerablemente la calidad de las uniones soldadas ya que producen el tipo de defecto de soldadura más peligroso para estas instalaciones[1,2,3].

El defecto mas característico de la soldadura orbital es la falta de fusión que como es conocido se puede deber a una de las siguientes causas:

1. Insuficiente corriente de soldadura.
2. Elevada velocidad de soldadura.
3. Desalineación del electrodo (tungsteno).
4. Diferencia en el contenido impurezas en los aceros inoxidables de elementos que alteran el punto de fusión de los mismos.(S, Al, O).

Teniendo en cuenta que, para la ejecución de las uniones soldadas en estos sistemas, se realizan las Especificaciones del proceso de soldadura (WPS), por lo general entre tubos, y que con este WPS se sueldan cinco muestras con los mismos parámetros seleccionados en el WPS siendo sometidas estas a los ensayos reglamentados en la sección IX del Código ASME y en el PE -08 del CEADEN donde se realiza la Calificación del Proceso de Soldadura (WPQ), y que la máquina de soldadura es totalmente automática, programable, entonces la probabilidad de que se obtenga una falta de fusión se puede deber solamente a las últimas dos causas citadas anteriormente.

MATERIALES Y METODOS.

A partir de datos recopilados en 16 sistemas críticos de 7 instalaciones de la industria biofarmacéutica, donde se han realizado más de 3562 uniones soldadas por el método de soldadura orbital, se realizó un estudio de los defectos de falta de fusión de las uniones soldadas producidos por desalineación del electrodo de tungsteno y diferencia en el contenido de impurezas en los aceros

Para ello se prepararon las siguientes muestras:

1. Dos codos de 38.1x1.50 mm y cuatro tramos de tuberías de 38.1x1.50 mm del mismo fabricante Q y de la misma colada y se realizaron cuatro uniones soldadas simulando la desalineación del electrodo, obteniendo falta de fusión en las cuatro uniones. Se procedió entonces a realizar una, dos, tres y cuatro reparaciones, las cuales se identificaron como TAQQ-1, TAQQ-2,TAQQ-3, y TAQQ-4.
2. Dos codos de 38.1x1.65 mm del fabricante S y cuatro tramos de tuberías de 38.1x1.65 mm de otro fabricante con diferente composición química de los elementos perjudiciales y se realizaron cuatro uniones soldadas simulando desalineación del electrodo obteniendo falta de fusión en las cuatro uniones. Se procedió a realizar una , dos, tres y cuatro reparaciones, las cuales se identificándose como TAQCS-1, TQCS-2, TAQCS-3 y TAQCS-4.
3. Dos codos del fabricante Q de 38.1x1.50 mm y cuatro tramos de tubos de 38.1x1.50 mm de otro fabricante, con diferencias en la composición química de los elementos perjudiciales y se realizaron cuatro uniones soldadas, donde se obtuvieron cuatro uniones con falta de fusión procediéndose a realizar una, dos, tres y cuatro reparaciones, las cuales se identificaron como:QCQO-1 QCQO-2, QCQO-3 y QCQO-4.
4. Dos codos de 38.1x1.65 mm del fabricante S y cuatro tramos de tubos de 38.1x1.65 mm de otro fabricante, con diferencias en la composición química de los elementos perjudiciales y se realizaron cuatro uniones soldadas, donde se obtuvieron cuatro uniones con falta de fusión. Se

realizaron una, dos, tres y cuatro reparaciones, las cuales se identificaron como QCSO-1, QCSO-2, QCSO-3 y QCSO-4.

Para la evaluación de la calidad de las uniones soldadas después de las reparaciones se utilizaron las técnicas establecidas con estos fines en el Laboratorio de Materiales como son los ensayos de Metalografía, Corrosión Inter cristalina, Inspección Visual interior de la ZIT y evaluación del acabado del cordón de soldadura por comparación.

Para el ensayo de metalografía se prepararon las muestras por el método tradicional de desbaste y pulido mecánico. El ataque y la observación en el microscopio se realizó según la norma ASTM E 2-62. Las mismas muestras sometidas al ensayo de metalografía fueron utilizadas para el ensayo de corrosión inter cristalina siguiendo el procedimiento de la norma ASTM A 262.

El ensayo de inspección visual interior se realizó según el PE del Laboratorio de Materiales para esta industria. La evaluación del acabado interior del cordón de soldadura se llevó a cabo utilizando el método de comparación con muestras elaboradas sin reparación. La evaluación se realizó según los criterios de aceptación aprobados [5].

RESULTADOS.

A continuación se exponen los resultados de los ensayos realizados en este estudio para materiales de diferentes fabricantes.

Identificación de la muestra	Inspección Visual ZIT	Estructura de la ZIT	Resultados del Ensayo de Corrosión inter cristalina.	Evaluación del acabado del cordón, altura,(mm)/ acabado(μ m)
QCQO-1	amarillo ligh	austenita	no susceptible	0.05/0.5
QCQO-2	amarillo paja	austenita	no susceptible	0.07/0.5
QCQO-3	amarillo paja	austenita	no susceptible	0.08/0.6
QCQO-4	amarillo intenso	austenita	no susceptible	0.18/0.7
QCSO-1	incoloro	austenita	no susceptible	0.05/0.5
QCSO-2	amarillo ligh	austenita	no susceptible	0.065/0.5
QCSO-3	amarillo paja	austenita	no susceptible	0.10/0.6
QCSO-4	amarillo intenso	austenita	no susceptible	0.2/0.5
TAQQ-1	incoloro	austenita	no susceptible	0.05/0.6
TAQQ-2	amarillo ligh	austenita	no susceptible	0.08/0.6
TAQQ-3	amarillo paja	austenita	no susceptible	0.12/0.6
TAQQ-4	amarillo intenso	austenita	no suceptible	0.19/0.6
TASO-1	incoloro	austenita	no suceptible	0.04/0.4
TASO-2	amarillo light	austenita	no suceptible	0.06/0.3
TASO-3	amarillo paja	austenita	no suceptible	0.1/0.4
TASO-4	amarillo intenso	austenita	no suceptible	0.15/0.4

Como se puede apreciar en la tabla aparecen los resultados de los ensayos realizados para estudiar el efecto de las reparaciones reiteradas. De los resultados obtenidos podemos decir que el color interior de las uniones soldadas, el acabado interior del cordón de soldadura así como la altura del mismo se incrementan con el número de reparaciones llegando a alcanzar valores superiores a los establecidos en los criterios de aceptación aprobados para estas industrias [5]. Además del trabajo realizado se aprecia que no se produce un daño estructural, ni una disminución de la resistencia a la corrosión intercrystalina con el número de reparaciones.

Procedimiento de soldadura empleado para la ejecución de las reparaciones reiteradas.

En la obtención de estos resultados jugó un importante papel la metodología empleada para la realización de las reparaciones reiteradas, la cual describimos a continuación:

1. Cuando se detecta que el material de los accesorios y tubos poseen diferencias en composición química de los elementos perniciosos se procede a determinar por un análisis químico cuantitativo el material mas limpio en cuanto a impurezas.
2. Se hacen varias pruebas para seleccionar la intensidad de soldadura del metal mas sucio con el objetivo de evitar perforaciones durante la soldadura.
3. Se coloca primeramente el tungsteno ligeramente desplazado hacia el metal mas sucio con el objetivo de lograr una primera fusión de este en el primer pase.
4. Se coloca el tungsteno en el centro del metal fundido del cordón anterior, con el objetivo de obtener una mezcla de ambos materiales, realizando este pase con una intensidad mayor que la anterior.
5. En el segundo pase se aumenta dos litros por minutos mas el flujo de gas de protección con el objetivo de evitar un exceso de penetración del segundo cordón.
6. Se utilizan tiempos de más de cinco minutos entre un pase y otro.
7. Se procede a realizar endoscopía donde sea posible o radiografía por rayos X.

De esta forma es posible lograr uniones soldadas con tres reparaciones que cumplen con los criterios de aceptación establecidos para este tipo de industrias, evitándose gastos considerables por el corte de las soldaduras y la compra de materiales.

Experiencias del laboratorio de materiales en la inspección y soldadura de los sistemas de la industria médico y biofarmacéutica.

Institución	Número de Uniones Soldadas.	WPS	Cantidad de defectos	Defectos mas comunes.
CIGB	214	1	11	Falta de fusión.
CIM	1050	4	15	Falta de fusión, goterones, desalineación
AO	80	1	0	
LIORAD	820	2	(84*)	Falta de fusión, Inclusiones de tungsteno, goterón, desalineación
AICA**	1044	2	7	Falta de fusión.
BIOCEN	73	1	0	
FT3	281	1	16	Falta de fusión.
TOTAL	3562	12	49 (133*)	

* Esta Planta se montó sin la realización de los controles reglamentados en el PE-08.

** En esta Planta el CEADEN comenzó a ofertar el servicio “Llave en Mano”.

El Sistema de Aseguramiento de la Calidad creado en el Laboratorio de Materiales ha sido aplicado hasta la fecha en 16 sistemas de las 7 instalaciones antes mencionadas, que significa un total de 3562 uniones soldadas por el método de soldadura orbital en atmósfera de gas inerte.

Como se puede apreciar en la tabla resumen de las actividades de inspección y soldadura en los sistemas señalados el número de defectos obtenidos es comparable con lo reportado en la bibliografía especializada en el tema [3], menor que el 5 %, además el defecto más frecuente ha sido la falta de penetración entre uniones de tuberías con accesorios (codos, Tee, reducidos, válvulas etc.), por las razones analizadas en el trabajo.

CONCLUSIONES.

1. Las uniones soldadas que presenten falta de penetración causada por diferencias en la composición química de los elementos perniciosos, Al, O₂ y S, pueden ser sometidos hasta tres reparaciones reiteradas siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, sin que se afecten las propiedades de la unión soldada para el fin concebido.
2. El procedimiento de soldadura elaborado para resolver la falta de penetración por la desalineación del electrodo y diferencias en la composición química de los elementos perniciosos permitió realizar reparaciones reiteradas sin dañar las propiedades más importantes del material.
3. La experiencia acumulada por el Laboratorio de Materiales del Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear, ha permitido ahorrar al país gran cantidad MLC por concepto de detección de errores en WPS, materiales que no cumplían con las especificaciones, asesorías técnicas especializadas en el tema y ejecución de los trabajos de soldadura.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Welding of WDI and WFI Pipig Systems for a Bioprocess Aplication. Barbar K. Henon, Pharmaceutical engineering.
- [2] Piping Systems I, Clean Steam and Water for Injection, Piping System II, Welding and Quality Control. R.L Siliphant. Canadian Biotechnology Inc.
- [3] Current Fabrication, Welding and Quality Practices for the Construction of Biotech Facilities. Odell Mc Wane.
- [4] PE-08 Procedimiento específico para la inspección durante el montaje y soldadura de sistemas de las industrias médico, farmacéuticos y biotecnológicos.