

Desarrollo de Proceso de Sellado de Cápsulas para Probetas de Vigilancia de la Vasija en Nucleoeléctricas

Romero Carranza Jesús, Fernández Torres Filiberto, Pérez Reyes Norberto, Rocamontes Alarcón Miguel, García Ruiz Ricardo

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), Km 36.5 Carretera México-Toluca

Resumen

La cápsula de vigilancia esta compuesta por el soporte, tres cápsulas para probetas de impacto, cinco cápsulas para probetas de tensión y un portadosímetros. Las cápsulas para probetas son de dos tipos: cápsula rectangular para probetas Charpy y cápsula cilíndrica para probetas de tensión. Este trabajo describe el desarrollo del sistema de soldadura para sellar las cápsulas para probetas, que deben contener helio de ultra alta pureza a una presión de una atmósfera.

Introducción

En el ININ se ha desarrollado, calificado y utilizado en producción un sistema de soldadura para la reconstitución de probetas Charpy ^[1,2], probetas usadas en programas de vigilancia de vasijas en nucleoeeléctricas. Este programa, evalúa el estado mecánico de la vasija, para ello se tienen cápsulas de vigilancia con una serie de probetas testigo, sometidas a un flujo neutrónico similar o mayor al de la vasija. El objetivo es evaluar el estado mecánico y con anticipación el grado de fragilización de la vasija en su vida de diseño.

Las probetas Charpy reconstituidas, se introducen en la cápsula rectangular y deben contener Helio de alta pureza a una presión de 1 atmósfera. Para lograr lo anterior se desarrollo un sistema con una cámara hermética, donde se coloca la cápsula, un sistema de vacío y presión para extraer el aire de la cápsula y después presurizarla con Helio y un equipo de soldadura con computadora integrada con arrancador de arco de alta frecuencia, para no tener contacto entre el electrodo y la cápsula al iniciar el arco; además, subsistemas y dispositivos que junto con los procedimientos, instrucciones y especificación, nos garanticen repetibilidad del proceso.

Metodología

El proceso de soldadura consiste en sellar un orificio de 1.6 mm, que tienen las cápsulas para probetas de impacto y las cápsulas para las probetas de tensión. Este sello se realiza sin material de aporte y por medio del proceso soldadura de arco TIG, (Tungsten Inert Gas). Antes de sellar las cápsulas, se requieren realizar purgas del sistema, las purgas consisten en realizar en la cámara, un vacío mínimo de 6×10^{-1} torr con las cápsulas dentro y después llenar la cámara con helio a una presión mayor a la atmosférica. Lo anterior, se repite por lo menos tres veces para garantizar un ambiente inerte dentro de las cápsulas.

El proceso de soldadura TIG es un proceso de soldadura de fusión por arco eléctrico, que emplea un electrodo de Tungsteno que no se consume (no hay material de aporte) y utilizando Helio como gas inerte de protección contra la oxidación. Las ventajas sustanciales con respecto al proceso convencional de soldadura son:

- Se lleva a cabo en una cámara cerrada y hermética.
- Se realizan purgas (ciclos de vacío y presurización con helio de la cámara), para limpiar la atmósfera de la cámara y las cápsulas.

- Se utiliza Helio de Ultra Alta Pureza (5 nueves) y 2 partes por millón de oxígeno como máximo.
- Sistemas de la estación mecanizados.
- Fuente de potencia con computadora integrada.
- Se utiliza un arrancador de arco de alta frecuencia, para no tener contacto entre el electrodo y la cápsula, al iniciar el arco (se encuentra enterrado para evitar que la alta frecuencia dañe equipo electrónico).
- Equipo de alta tecnología integrada al proceso. (Controladores de flujo, medidores de vacío y presión, analizador de oxígeno y fuente de potencia).
- Se grafican los datos de todos los parámetros de soldadura (voltaje, amperaje, vacío, flujo de helio, presión de helio al soldar y oxígeno).
- Se realiza una corrección de la presión de llenado de la cápsula, de acuerdo a la temperatura del área de trabajo.
- La posición del electrodo al orificio de la cápsula, se controla en micras (700 ± 50 micras).

El sistema del proceso de sellado de las cápsulas de vigilancia de las vasijas en nucleoelectricas, se muestra en la figura 1.



Fig. 1. Sistema de Soldadura de Sellado

El programa de soldadura definido (figura 2), tiene dos etapas, en la primera se tiene una pulsación de la corriente de 50 a 100 amperes (50 Amperes X un pulso de 2) en un tiempo de 2.3 segundos. La frecuencia usada es de 16 Hz. Cada pulso se

mantiene en 100 amperes el 30 % y en 50 amperes el 70%, como se muestra en la figura 3. En la segunda etapa se tiene una pendiente donde se disminuye la corriente a 10 amperes en 1 segundo. El tiempo total de la soldadura es de 3.3 segundos.

PROGRAM AMPTRAK 1-B MERRICK					
INTERVAL	TIME SEG	CURRENT AMP	PULSE X	FREQ HZ	% TIME
PREFLOW	0.3	-----	-----	-----	-----
1	1.0	50.0	2.0	16	30
2	1.0	50.0	2.0	16	30
3	1.0	10.0	2.0	16	30
POSTFLOW	2.0	0.1	-----	-----	-----

Fig. 2. Programa de soldadura

Graficando el programa de soldadura se tiene la figura 3, en ésta se observan las dos etapas, lo que sucede físicamente en la primera etapa, es que se funde el acero y se sella el orificio, en la segunda etapa se disminuye paulatinamente el arco para evitar la formación de un pequeño cráter al terminar la soldadura.

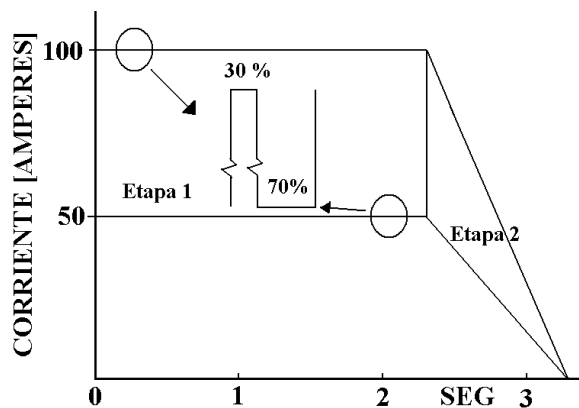


Fig. 3. Gráfico del programa de soldadura.

La importancia del control de la presión de helio en la cámara al momento de realizar la soldadura, es porque define la presión interna de la cápsula. La presión interna debe ser de 1 atm con una variación de ± 0.1 atm. por lo tanto, se debe realizar un ajuste de acuerdo a la temperatura del área de trabajo. Considerando al Helio como gas ideal, el cálculo teórico realizado, para determinar la presión de trabajo, es el que define la siguiente formula:

$$P_c = (1 \text{ atm}) \frac{273.15 + T_A}{294.25}$$

Donde:

P_c :- Presión de la Cápsula [atm]

T_A .- Temperatura del área de trabajo [°C]

El flujo de helio debe ser constante aún cuando se ajusta la presión de soldadura; para lograr lo anterior se cuenta con un controlador de flujo, que tiene la característica, que sin importar las variaciones de presión en la cámara de soldadura, este ajusta el flujo de helio al valor especificado (23 ± 3 litros por minuto). La penetración de la soldadura se define de cierta forma con el control de la presión de soldadura, dado que al soldar se forma una "gota" (material líquido de Acero) que debe estar en equilibrio para evitar que la presión interna de la cápsula pueda expulsarla. La penetración no tiene una longitud especificada y sólo debe cumplir en sellar la cápsula. En nuestro proceso se tiene una penetración de un milímetro, como se muestra en la figura 4.

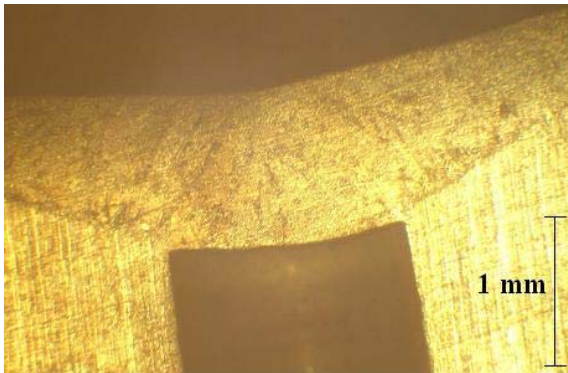


Fig. 4. Penetración de la soldadura de sellado.

La posición del electrodo nos define la simetría de la soldadura con respecto al orificio y el diámetro. También la altura del electrodo a la cápsula define el voltaje de soldadura, a mayor altura mayor voltaje y viceversa. El diámetro de la soldadura es mayor al aumentar la altura.

En las figuras 5 y 6 se muestra la posición del electrodo y la altura usada en este proceso.

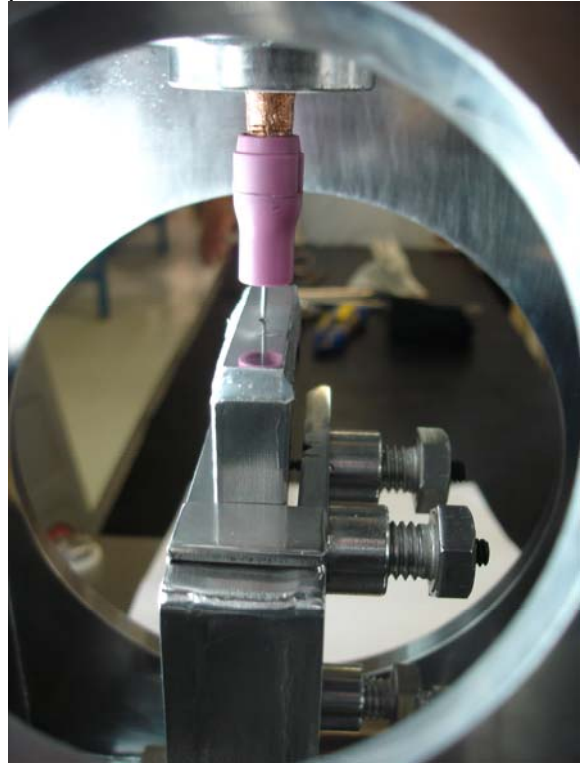


Fig. 5. Posición del electrodo con respecto al orificio en la cápsula de probetas Charpy.

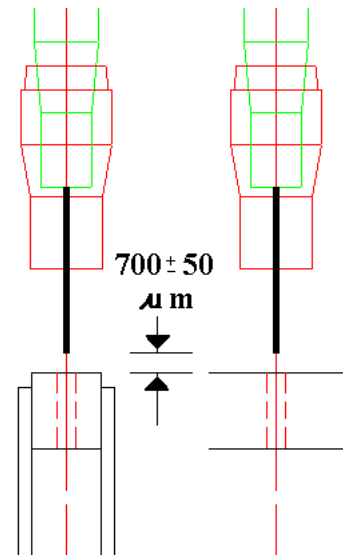


Fig. 6. – Altura del electrodo.

Debido al diseño de la cámara de soldadura es sencillo lograr la posición del

electrodo, la cámara cuenta con un dispositivo X-Y donde se colocan las cápsulas, este dispositivo permite mover las cápsulas en el plano horizontal, por otra parte el electrodo se puede subir y bajar. Con lo anterior tenemos 3 grados de libertad para posicionar el orificio de las cápsulas. La cámara cuenta también con tres mirillas y los orificios para conectarse a la bomba mecánica para vacío y los transductores de vacío y presión. La entrada de Helio se hace a través de la antorcha del electrodo. La figura 7 muestra esquemáticamente el diseño general de la cámara.

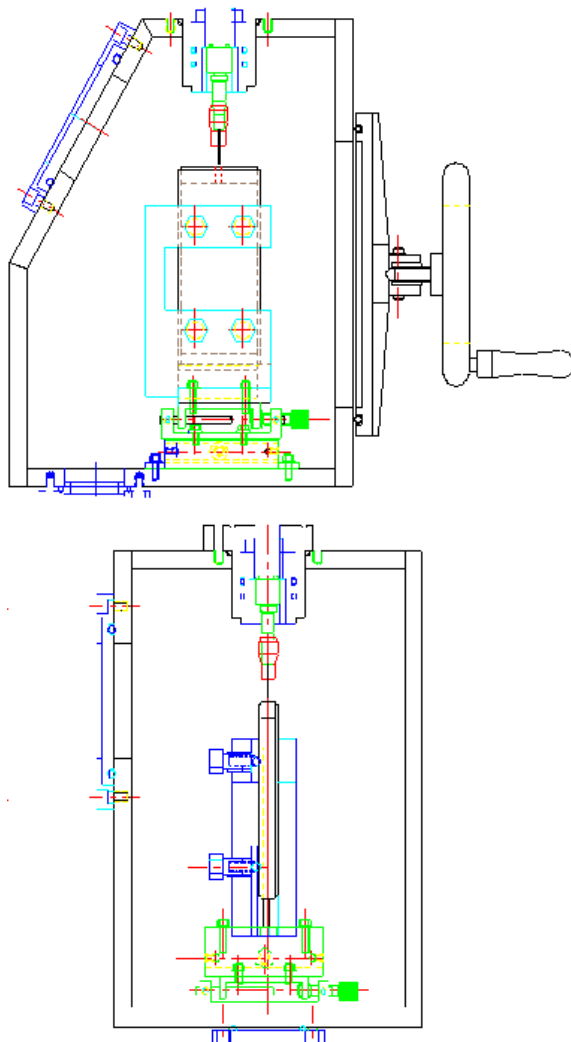


Fig. 7. Esquema general de la cámara.

Las inspecciones realizadas a esta soldadura son: Inspección Visual, la inspección de los gráficos generados y el ensayo de fugas. La inspección visual y gráficos generados se comparan contra patrones obtenidos en las pruebas, para el ensayo de fugas se ocupa un detector de fugas de helio en donde su calibración se realiza con una fuga calibrada. El detector es un espectrómetro para helio, este es el ensayo que acepta ó rechaza la soldadura. El aporte de calor en Joules, es simplemente el producto del voltaje de soldadura por el amperaje y por el tiempo en segundos. El valor promedio del voltaje medido es de 15 Voltios. Calculando el aporte de calor tenemos que es de 2243 Joules, la poca variación de este valor en varias soldaduras, nos dice que el proceso de soldadura esta bien controlado.

Resultados y Discusión

El desarrollo del proceso de soldadura que nos permite sellar cápsulas para probetas se ha realizado satisfactoriamente. En este sistema se diseñaron dispositivos mecánicos, una cámara de soldadura que sella herméticamente con tres grados de libertad para posicionar el electrodo. Se emplea un sistema de vacío y presión con equipos de alta tecnología, como lo son la fuente de potencia computarizada, arrancadores de arco de alta frecuencia, controladores de flujo, entre otros. Todo el sistema de soldadura junto con los procedimientos, especificaciones e instrucciones, nos asegura la repetibilidad del proceso. Este es un desarrollo del ININ.

Discutiendo lo que requiere este sistema, se debe trabajar en la automatización del proceso con el fin de evitar el error humano, después en la calificación del proceso, donde se sellarían "n" cápsulas, después realizar el ensayo de fugas e implementar una inspección que compruebe la presión de la cápsula. Posteriormente implementar una

inspección (Comprobación) de la pureza del gas de llenado (Helio).

Conclusiones

El proceso de soldadura de sellado (sistemas, equipos, procedimientos, instrucciones, especificación e informes técnicos), se ha desarrollado satisfactoriamente con resultados que aseguran la repetibilidad del proceso. Todo el sistema es un diseño institucional propio. El trabajo a continuar es la calificación y automatización del proceso.

Agradecimientos

Se agradece la participación, al personal del ININ de los Departamentos de Automatización e Instrumentación, Talleres Generales. Especialmente a los Técnicos de Proceso: Flavio Maya Martínez, Lorenzo Torres Salinas y Pedro Nava Nava

Referencias.

1. Romero Carranza J, 2007, Reconstitution Process by Stud Welding for the Surveillance Program in Mexico, Journal of Testing and Evaluation, ASTM, Institute American of Physics Vol. 35, No. 5, pags 1-8.
2. Romero Carranza J, 2007, Desarrollo del Sistema de Reconstitución de probetas Charpy para la Vigilancia de Vasijas en Nucleoeléctricas, International Joint Meeting Cancún 2007 Contribution of Nuclear Energy to the Sustainable, Development of Latin-American, Volume, 384-396.