

SISTEMA DE RESPALDO PARA SOLDADURAS POR FSW CIRCUNFERENCIALES

Feloy, Lucas ^(*); Lacoste, Juan; Cozzarín, Ana Laura; Gonzalez, Alfredo.

(*) lucas.feloy@ing.unlp.edu.ar

Universidad Nacional de La Plata

ProInTec I&D - Dpto. de Mecánica - Facultad de Ingeniería

Calle 1 y 47 - CP 1900

La Plata – Argentina

RESUMEN

En el proceso de soldadura por batido una herramienta cilíndrica no consumible compuesta de dos cuerpos concéntricos, el hombro y el pin, mientras gira sobre su eje es introducida lentamente por una fuerza axial entre la línea de unión de las dos chapas o placas a unir, las cuales se encuentran dispuestas a tope una con otra. Luego, el movimiento de avance de la herramienta a lo largo de la junta produce la unión metálica por arrastre y mezclado de material de una chapa a otra. Para lograr la unión entonces, debido a la presencia de importantes fuerzas axiales es necesario un respaldo firme del lado contrario, cuya función es contener el material en la zona de batido. Se diseñó en el presente trabajo un utillaje capaz de dar respaldo a la soldadura circunferencial de un tanque de aleación de aluminio de la serie 2xxx, el cual representa un demostrador tecnológico a menor escala de un tanque de combustible para vehículos aeroespaciales. La fabricación del mencionado tanque, se realizó mediante la construcción de una virola obtenida a partir de una chapa rolada con una costura longitudinal por soldadura por batido, a la cual se le adjuntan dos casquetes semielípticos con sus respectivas bocas de inspección, nuevamente unidos por una soldadura por batido. El desafío aquí, fue lograr un respaldo capaz de soportar las fuerzas axiales, continuo, solidario a las piezas a unir y desmontable; continuo para no producir defectos en la unión, solidario debido a que la pieza debe girar 180° para producir la completa costura y, tal vez la característica más importante, desmontable ya que debe ser retirado del tanque una vez terminada la soldadura por el evidente motivo de no sumar peso al componente. La alternativa a esta condición fue la de generar un sistema colapsable que se pudiera desarmar de manera relativamente sencilla y que permita su extracción del interior del tanque sin comprometer la integridad del mismo. La idea de una circunferencia dividida en tres tramos solidaria al centro mediante bieletas de fácil desmonte generó el diseño buscado. Al ajustar las bieletas, la circunferencia se expande generando el apoyo y fuerza necesaria. Un aspecto importante del sistema interno es que al ser una rueda completa, permite transmitir las cargas verticales generadas por la herramienta hacia el apoyo del cilindro y ubicar bajo el mismo una cama de rodillos para que dichos esfuerzos se transmitan a través del sistema interno hacia la mesa y evitar cargar el eje central que es el encargado transmitir el movimiento rotacional. El sistema fue fabricado y probado con éxito, demostrando que es posible lograr un respaldo interno para la soldadura circunferencial de un tanque, que luego puede ser desarmado y extraído del mismo utilizando bocas de inspección tan chicas como 80 mm de diámetro; más aún, el sistema diseñado fue pensado de manera tal que pueda escalarse a tanques de combustible de vehículos aeroespaciales de mayor tamaño, aumentando la robustez y eficacia del sistema.

1.- INTRODUCCION

Las familias de aleaciones de aluminio de alta resistencia son ampliamente utilizadas en la fabricación de misiles, aeronaves y en la industria aeroespacial. También se utilizan en accesorios y tanques para líquidos combustibles y de oxígeno; esto se debe principalmente en su alta resistencia específica (relación de resistencia a densidad), su resistencia a la corrosión y eficiencia de carga especialmente en diseños de compresión. Dentro de los grupos de aleaciones de alta resistencia de uso en la industria aeroespacial se encuentran las aleaciones Al-Cu (2xxx), Al-Zn (7xxx) y Al-Li.

Durante los últimos años en el grupo de trabajo ProInTec I&D se ha estudiado el desarrollo de aleaciones de aluminio de alta resistencia y el procesado de estas, logrando, entre otras cosas, chapas de aleación AA2219, alambre de aporte de soldadura de aleación AA2319, y la unión de chapas por FSW con herramientas de diseño propio. Al momento de unir las piezas parciales, por ejemplo para la confección final de una determinada estructura uno de los procesos más utilizados es el de soldadura. En este trabajo se describirá de manera sintética el conjunto de tareas realizadas para llevar a cabo la confección de un sistema de respaldo para el desarrollo de soldaduras por FSW circunferenciales en pos de obtener un demostrador tecnológico asemejable a un tanque de combustible de vehículos espaciales.

3.- DESARROLLO

El objetivo del trabajo se encuentra enmarcado en un plan de desarrollo de un demostrador tecnológico de un tanque de aluminio para combustible de vehículos espaciales. El mismo será fabricado con una aleación de aluminio de alta resistencia de la serie 2xxx, seleccionada por su alta resistencia específica, y soldado mediante soldadura por batido, que entre otras ventajas no implica la realización de tratamientos de post-soldadura que resultarían engorrosos frente al tamaño de la pieza real buscada.

Demostrador tecnológico de tanque

El modelo tecnológico buscado es un tanque, compuesto por un cuerpo cilíndrico y dos casquetes semielípticos, como puede observarse en la Figura 1. El cuerpo cilíndrico se realizó a partir de una chapa plana de 2,4 mm de espesor rolada y soldada longitudinalmente mediante soldadura por batido. El diámetro interno del cilindro es de 200 mm. Los casquetes, por su lado, fueron obtenidos mediante conformado plástico en frío por embutido. Los mismos poseen un orificio central, que cumple dos funciones: por un lado deben permitir el posicionamiento de un eje central, que servirá de guía y apoyo para el armado de las piezas, que será el encargado de transmitir el movimiento rotacional; y por otro servirán de bocas de inspección por las cuales debe ser extraído el sistema de respaldo de las soldaduras circunferenciales. En la Figura 2 se puede observar una vista explotada de la pieza, donde se identifican sus componentes fundacionales.

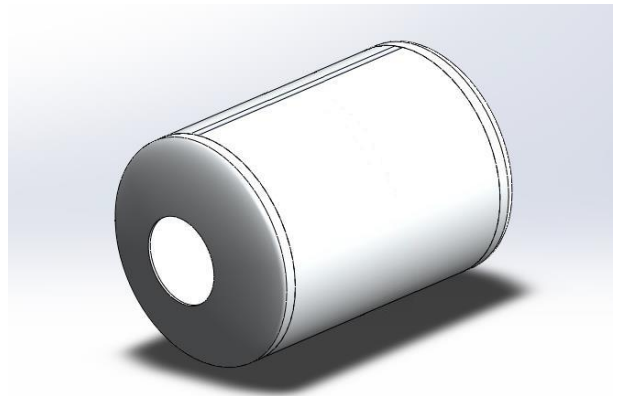


Figura 1. Diseño virtual del demostrador tecnológico buscado.

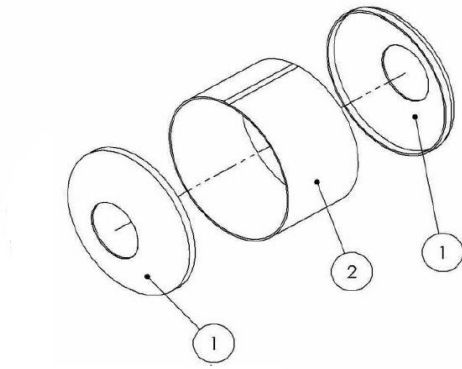


Figura 2. Vista explotada del componente. 1) casquetes embutidos con bocas de inspección; 2) virola cilíndrica con soldadura longitudinal.

Los casquetes poseen una pollera recta a continuación de su sección elíptica que permitirá una prolongación del cilindro sobre la cual ubicar el sistema de respaldo y realizar la soldadura. Las dimensiones del casquete se detallan en la Figura 3. El diámetro interno se amoldó a los cilindros obtenidos (200 mm).

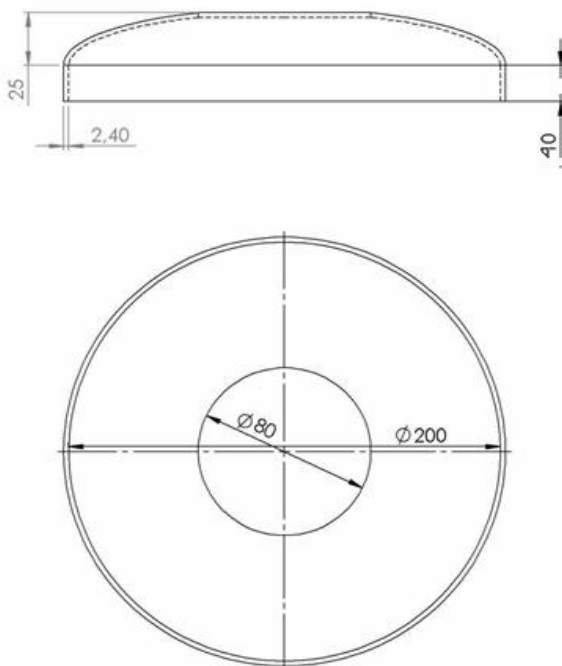


Figura 3. Desarrollo del casquete.

Sistema de respaldo

La soldadura circunferencial requiere un respaldo. En este caso en particular, el respaldo interno debe moverse con las piezas a ser

soldadas. Cabe destacar que esta situación se da debido a que la máquina utilizada para la experiencia no permite el movimiento del cabezal en este sentido ni posee un cuarto eje, por lo tanto, es necesario mover la pieza y contar con la posibilidad de desensamblar una vez terminada la pieza. La solución se obtuvo de una derivación de una rueda de bicicleta. La idea de una circunferencia exterior solidaria al centro mediante bieletas de fácil desarme generó el diseño buscado. La figura 4 muestra el prototipo virtual del elemento diseñado.



Figura 4. Prototipo virtual del sistema de respaldo de soldadura circunferencial.

Como se muestra en la figura, el sistema está compuesto por un aro exterior que a su vez está armado por tres arcos de 120° cada uno. De esta manera el aro se puede desarmar y extraer por la boca de inspección del tanque. Este aro exterior está comunicado a bujes con cáncamos a través de bieletas articuladas. Cuando las tuercas hacen presión hacia el centro, los bujes se intentan juntar y las bieletas hacen que el aro se expanda radialmente. Cuando las tuercas se aflojan, los bujes se separan aliviando la tensión en las bieletas y pudiendo desarmar el conjunto con poco esfuerzo. La Figura 5 muestra una vista explosionada del sistema interno.

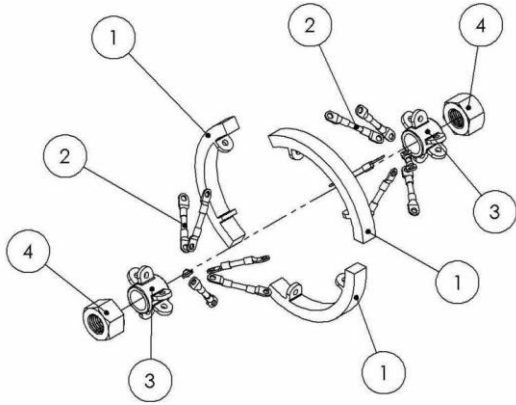


Figura 5. Vista explosionada del sistema de respaldo para soldaduras circunferenciales.

Tabla 1: Elementos del sujetador del cilindro

Nº de elemento	Nombre de elemento
1	Arcos del aro exterior
2	Bieletas
3	Buje para sostén de bieletas
4	Tuercas de ajuste

Un aspecto importante del sistema interno es que al ser una rueda completa, permite transmitir las cargas verticales generadas por la herramienta hacia toda la circunferencia del cilindro. Esto permite ubicar bajo el mismo, una cama de rodillos donde apoyarlo para que dichos esfuerzos se transmitan a través del sistema interno hacia la mesa y no que los absorba el eje central. Así se puede dimensionar el eje más liviano.

La Figura 6 muestra el prototipo del sistema de soldadura circunferencial completo.

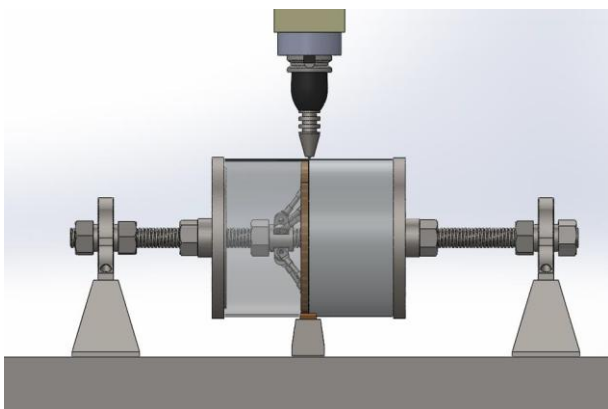


Figura 6. Vista lateral del sistema de soldaduras circunferenciales para la unión de las virolas del cuerpo del tanque.

El prototipo desarrollado fue realizado en piezas de acero mediante mecanizado, las geometrías de las piezas debieron ser modificadas para ajustarse a las limitaciones del método de fabricación. A su vez, se dividieron los 3 arcos previstos en 6 para minimizar la separación entre los mismos al momento de ajuste. En la Figura 7 y 8 se presentan fotografías del sistema fabricado y armado.

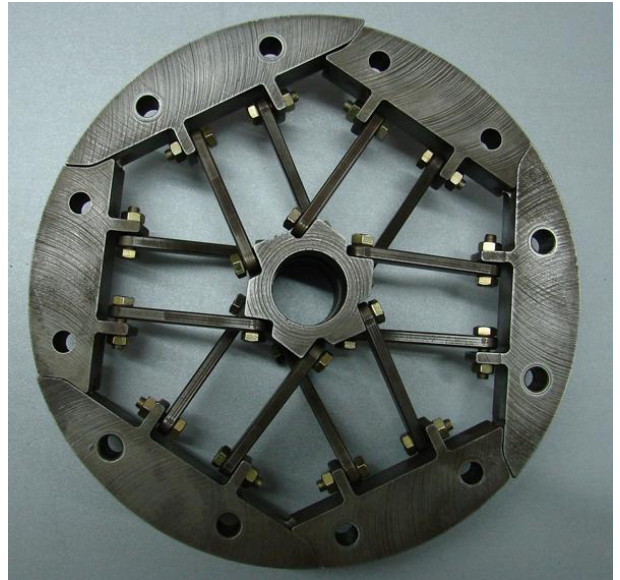


Figura 7. Sistema de respaldo.

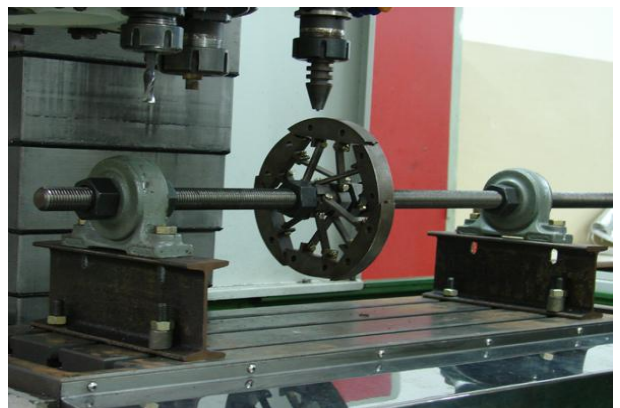


Figura 8: Sistema de soporte de la soldadura Circunferencial armado en sistema base.

Experiencia y resultados

Se llevó a cabo el armado del sistema completo. Los parámetros de soldadura y dimensiones de la herramienta, que no son puestos a discusión en el presente trabajo, fueron obtenidos mediante la experimentación sobre soldaduras planas y luego reformulados frente a una nueva geometría de la unión.

La soldadura fue llevada a cabo utilizando una fresa de control numérico para posicionar y controlar el giro de la herramienta. A su vez, se adaptó a la máquina un motor paso a paso acoplado al eje del sistema, encargado de generar el movimiento de rotación a una velocidad controlada que traslade la junta a través de la herramienta los 180° grados necesarios para generar el cierre total.

En la Figura 10 se observa el montaje del sistema. Se observan, además, los sistemas de sujeción laterales encargados de generar las fuerzas de acople necesarias entre la virola y los casquetes.



Figura 9. Armado del conjunto para unión del segundo casquete.

La soldadura fue llevada a cabo con éxito, se comprobó el funcionamiento del sistema, permitiendo una soldadura completa en la circunferencia del cilindro, la transmisión de fuerzas axiales a la mesa de apoyo y el posterior desarme y extracción del sistema de apoyo. En la siguiente sección se presentaran las conclusiones obtenidas de la experiencia. En la Figuras 11 y 12 se presentan el cilindro obtenido y el desarme del sistema.



Figura 10. Elemento completo en el cual fueron realizadas ambas soldaduras circunferenciales.



Figura 11. Desmonte del sistema.

CONCLUSIONES

Ha sido demostrada la eficacia del sistema propuesto resultando ser capaz de generar un apoyo eficaz para realizar la soldadura circunferencial buscada.

Se logró un sistema:

- Ajustable: que permite el acople de las piezas para lograr la unión y luego su ajuste para lograr las tolerancias requeridas por el proceso
- Continuo: el ajuste dimensional logrado mostró ser capaz de generar el respaldo necesario en toda la circunferencia, lo cual pudo comprobarse por la ausencia de defectos internos. La falta de respaldo produce una leve depresión del cordón con extrusión de material.
- Capaz de transmitir las fuerzas axiales: se logró reducir al mismo las deformaciones del

eje de transmisión de movimiento y ajuste, lo cual es fundamental para el correcto posicionamiento de la herramienta sobre la pieza (de tolerancias del orden de la décima de milímetro) y la liberación del eje para permitir su movimiento de rotación.

- Desmontable: el sistema fue extraído a través de las bocas de inspección, de ochenta milímetros de diámetro.
- Extrapolable: el respaldo no solo es extrapolable a sistemas de mayor dimensión, sino que en los mismos se podrán trabajar de manera más satisfactoria aspectos de ensamble y desmonte.

En el presente trabajo no se realizó el estudio cuantitativo de las fuerzas puestas en juego, el mismo debe realizarse sobre el sistema escalado para conocer la magnitud de las mismas y poder dimensionar eficientemente el sistema de respaldo.

REFERENCIAS

[1] Adamowski, J. y Szkodo, M. **Friction Stir Welds (FSW) of aluminium alloy AW6082-T6**. Journal of achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2007, Vol. 20, págs. 403 - 406.

[2] Anancio-Filho, **Preliminary study on the microstructure and mechanical properties of dissimilar friction stir welds in aircraft aluminium alloys 2024-T351 and 6056-T4**. Journal of materials processing technology. 2008, Vol. 206, pp. 132 - 142.

[3] Arora, A., DebRoy, T. and Bhadeshia, H. K. D. H. **Back-of-the-envelope calculations in friction stir welding - Velocities, peak temperature, torque, and hardness**. Acta Materialia. 2011, Vol. 59, pp. 2020 - 2028.

[4] Arora, A., y otros, y otros. **Strains and strain rates during friction stir welding**. Scripta Materialia. 2009, Vol. 61, págs. 863 - 866.