

IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLDADURA POR FRICCIÓN AGITACIÓN CON HERRAMIENTAS AUTORREACTIVAS

L.N. Tufaro, H.G. Svoboda
 INTI Mecánica, FIUBA CONICET
 ltufaro@inti.gov.ar

Introducción

La Soldadura por Fricción-Agitación (FSW) es un proceso de unión en estado sólido que ha revolucionando la construcción de estructuras soldadas de aleaciones de aluminio en industrias como aeronáutica, aeroespacial, automotriz y naval, entre otras. Durante la FSW una herramienta no-consumible, compuesta por un hombro y un pin especialmente diseñados, rota sobre su eje, se inserta entre las dos chapas a unir y avanza sobre la interfaz de las mismas, generando el calor y flujo de material necesario para producir la soldadura.

Las principales ventajas de este proceso son: que el cordón de soldadura o zona agitada (ZA) presenta una microestructura recristalizada de grano fino, que no requiere el uso de consumibles (material de aporte y gases) y que es amigable con el medio ambiente ya que no genera humos ni emite radiación. Sin embargo, las elevadas cargas axiales generadas durante el proceso y la potencial falta de flujo plástico en la raíz de la ZA durante la soldadura resultan en limitaciones del mismo. En este sentido, en los últimos años se ha desarrollado una variante del proceso que utiliza herramientas autorreactivas, en inglés “self-racting tools” o “bobbin tools”, que mediante la acción de dos hombros (uno superior y otro inferior) compensan las cargas y uniformizan el flujo plástico en la ZA. Asimismo permiten la soldadura de perfiles y extrusiones al no requerir de una base de apoyo y mayores velocidades de soldadura debido al aporte térmico de dos hombros.

Objetivo

Implementar la soldadura por fricción agitación con herramientas autorreactivas (FSW-BT) para aleaciones de aluminio.

Descripción

En general, se observa que el diseño de las herramientas autorreactivas es complejo, ya que las mismas están compuestas por varias piezas diferentes (hombros, pin, tuercas, etc.) que permiten el intercambio de las mismas y el ajuste de la distancia entre los hombros. En este trabajo, para el diseño de la herramienta se parte del concepto de fabricación en una sola pieza a partir de una barra de acero para

herramientas del tipo H13, disminuyendo la versatilidad de la misma pero simplificando la fabricación y el procedimiento de soldadura. En la Figura 1 se observa el diseño de hombros cóncavos con bordes convexos utilizado. Los hombros cóncavos favorecen el flujo plástico del material, mientras que la utilización de los bordes convexos permite que a medida que avanza la herramienta la misma entre en contacto con el material a través de los hombros facilitando el ingreso del flujo de material hacia la cavidad determinada por los mismos.

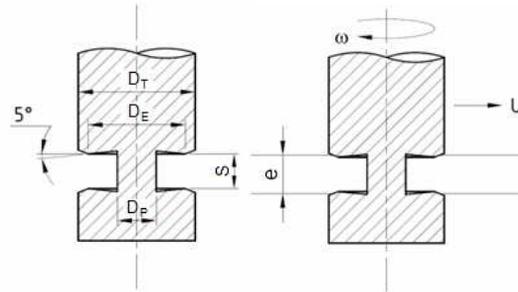


Figura 1: Diseño de herramienta autorreactiva: geometría y funcionamiento.

En la Figura 2 se observan los dispositivos de sujeción construidos para la soldadura FSW-BT montados sobre una fresadora universal adaptada, la herramienta autorreactiva utilizada y dos chapas de aluminio soldadas.



Figura 2: Sistema utilizado para FSW-BT.

Se soldaron con el proceso FSW-BT chapas de AA1050-H14 de 150x75x4 mm a tope, bajo distintas condiciones de soldadura, las cuales se muestran en la Tabla 1.

	Velocidad de Rotación [rpm]	Velocidad de Avance [mm/min]
51	903	51
73	903	73
98	903	98

Tabla 1: Parámetros de soldadura utilizados.

Las uniones soldadas se caracterizaron macroestructuralmente, se obtuvieron los perfiles de microdureza Vickers y se determinaron las propiedades mecánicas en tracción.

Resultados

En la Figura 3 se muestra la macrografía de la condición 73, la cual es representativa de todas las condiciones. Se observa que la ZA con la forma característica a las obtenidas con herramientas autorreactivas, con un flujo plástico más uniforme impulsado por los dos hombros, obteniéndose una penetración total y sin observarse discontinuidades geométricas.



Figura 3: Macrografía de la condición 73.

En la Figura 4 se muestran los perfiles de microdureza para todas las condiciones. Se puede observar como en la zona afectada por el calor (ZAC) la dureza disminuye desde la dureza del material base hasta que se alcanza un valor uniforme en toda la ZA. Esta disminución de la dureza estaría asociada a la recuperación y recristalización de las diferentes zonas, teniendo en cuenta que el material base es endurecido por trabajado en frío (H14).

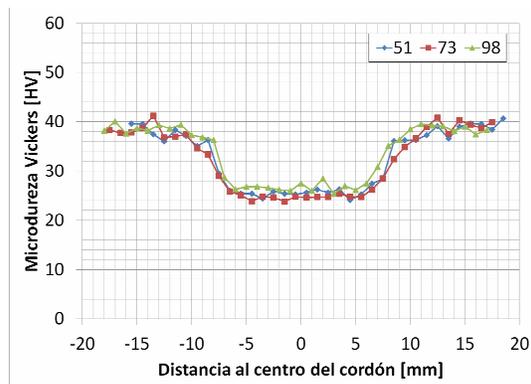


Figura 4: Perfiles de microdureza Vickers.

En la Tabla 2 se muestra la microdureza promedio de la ZA y las propiedades en tracción para todas las condiciones, es decir, resistencia a la tracción y alargamiento a rotura. No se observa un efecto significativo de la velocidad de avance sobre las propiedades mecánicas, es decir, sobre la degradación metalúrgica y el flujo plástico del material, evitando la generación de discontinuidades geométricas para todas las condiciones.

	Microdureza ZA [HV]	Resistencia a la Tracción [MPa]	Alargamiento a Rotura [%]
51	25	88	14,2
73	25	86	14,2
98	27	86	14,4

Tabla 2: Propiedades Mecánicas.

Por último, en la Figura 5 se muestra la superficie de fractura de la probeta traccionada para la condición 73, la cual es representativa de todas las condiciones. La fractura de las probetas traccionadas fue dúctil para todos los casos y se ubicó en la interfase entre la ZA y la zona termo-mecánicamente afectada (TMAZ) en el lado de avance.

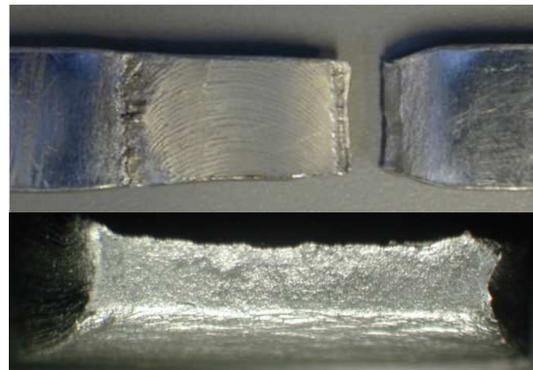


Figura 5: Superficie de fractura de la condición 73.

Conclusiones

Se logró implementar la soldadura por fricción agitación con herramientas autorreactivas (FSW-BT) para la aleación AA1050-H14, obteniéndose buenas propiedades mecánicas. El diseño de la herramienta propuesta de hombros cóncavos con bordes convexos y su fabricación en una sola pieza aseguró un flujo plástico suficiente para producir satisfactoriamente la unión. En el futuro se espera utilizar este proceso de unión para aleaciones de aluminio de mayor resistencia.

Bibliografía

[1] TUFARO, L.N. SVOBODA H.G. Desarrollo de una Herramienta Autorreactiva para Soldadura por Fricción Agitación (FSW) de Aleaciones de Aluminio. CONGRESSO NACIONAL DE SOLDAGEM, 40º, 2014, São Paulo.