

ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE PROCESO DURANTE LA SOLDADURA POR FRICCIÓN-AGITACIÓN (FSW)

Leonardo N. TUFARO¹, Luciano BUGLIONI¹, Hernán G. SVOBODA^{2,3}
¹INTI-Mecánica, ²LAME-INTECIN-FIUBA, ³CONICET
ltufaro@inti.gov.ar

OBJETIVO

Analizar el balance energético de la soldadura por FSW en aleaciones de aluminio mediante la medición experimental de parámetros del proceso, analizando las transformaciones y pérdidas energéticas que tienen lugar durante la misma, a fin de alcanzar una mayor y mejor comprensión de los fenómenos que tienen lugar en el proceso.

DESCRIPCIÓN

En la Figura 1 se muestra una representación gráfica del balance energético correspondiente al proceso FSW, donde las magnitudes que aparecen en el mismo se pueden considerar valores de energía por unidad de longitud de la unión soldada (J/mm). En este esquema se pueden apreciar las transformaciones y pérdidas energéticas que tienen lugar durante la soldadura FSW, desde la energía eléctrica consumida por la máquina FSW, hasta el calor aportado neto que produce el campo de térmico en la probeta. Este balance energético puede dividirse en tres etapas: la máquina FSW, la generación de calor en FSW y la transferencia del calor durante dicho proceso.

Para realizar un análisis experimental del balance energético del proceso FSW se midieron la corriente eléctrica consumida, la

carga axial y los ciclos térmicos generados durante la soldadura FSW. A partir de estos parámetros adquiridos se estimó la energía eléctrica consumida, el calor generado por deslizamiento correspondiente a grado de deslizamiento nulo (δ) y el campo de temperaturas en la probeta, los cuales se indican con un recuadro rojo en la Figura 1. Por último, mediante los ciclos térmicos adquiridos y el modelado por elementos finitos (FEM) de la transferencia de calor fue posible determinar el calor aportado neto, mientras que a partir del calor generado por deslizamiento se calculó el torque asociado al mismo, los cuales se indican con un recuadro verde en dicha figura [1].

Se soldaron con el proceso FSW probetas de $150 \times 75 \times 3 \text{ mm}^3$ a tope para seis condiciones de soldadura, utilizando velocidades de rotación (ω) de 680 y 903 rpm y velocidades de avance (U) de 73, 98 y 146 mm/min, manteniendo el ángulo de inclinación en $1,5^\circ$. La herramienta utilizada presentó un pin cónico liso, un hombro cóncavo y fue construida en acero para herramientas tipo H13. El diámetro del hombro fue de 12 mm y los diámetros mayor y menor del pin fueron de 4 y 3 mm, respectivamente. Por último, la longitud del pin fue de 2,8 mm.

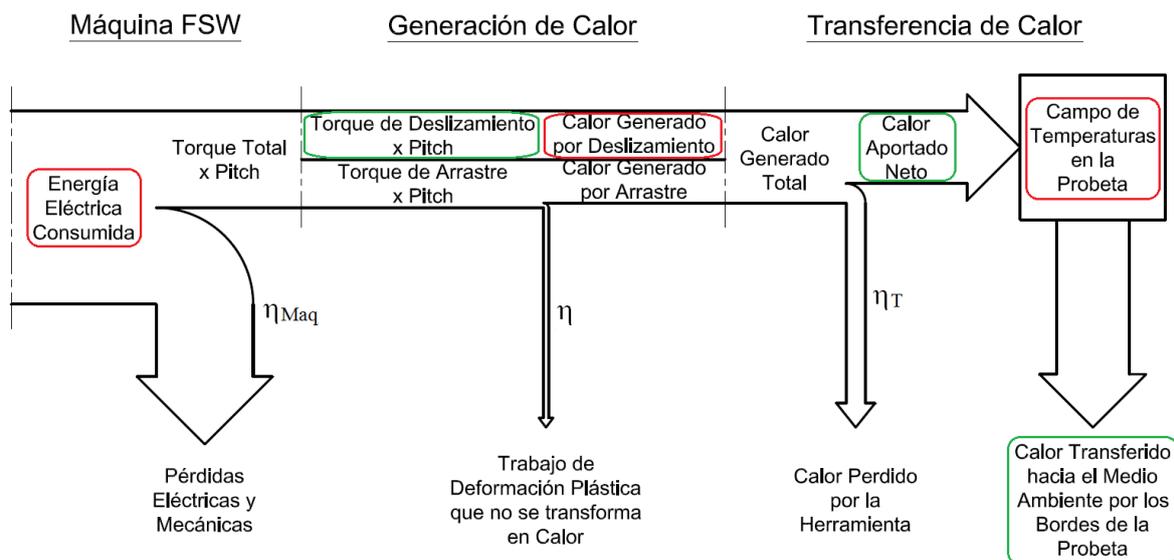


Figura 1: Balance energético del proceso de soldadura por fricción-agitación (FSW).

Los ciclos térmicos se midieron con dos termocuplas tipo K (TC1 y TC2), ubicadas en la mitad de la longitud de la probeta, en el lado de avance y a aproximadamente 8 y 12 mm desde la línea de la soldadura, respectivamente. La corriente de línea del motor asíncrono trifásico de la máquina FSW se obtuvo utilizando una pinza transductora. La carga axial se adquirió mediante un *strain gage* instrumentado en el cabezal de la máquina FSW [1].

RESULTADOS

En la Figura 2 se muestran los ciclos térmicos adquiridos para las condiciones de soldadura con el mayor y el menor pitch ($p=\omega/U$), parámetro asociado al aporte térmico. En general, se pudo apreciar que el campo térmico disminuye con la velocidad de avance para una dada velocidad de rotación y que aumenta levemente con la velocidad de rotación para una dada velocidad de avance.

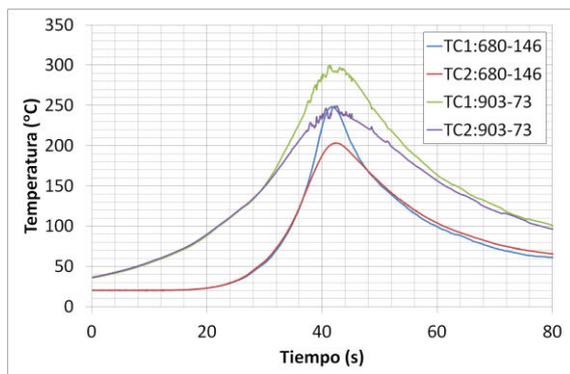


Figura 2: Ciclos térmicos adquiridos para las condiciones 680-146 y 903-73.

En la Figura 3 se muestran los registros de carga axial y potencia consumida para una de las condiciones de soldadura estudiadas, cuyas características se pueden asociar a distintos fenómenos que ocurren durante el proceso.

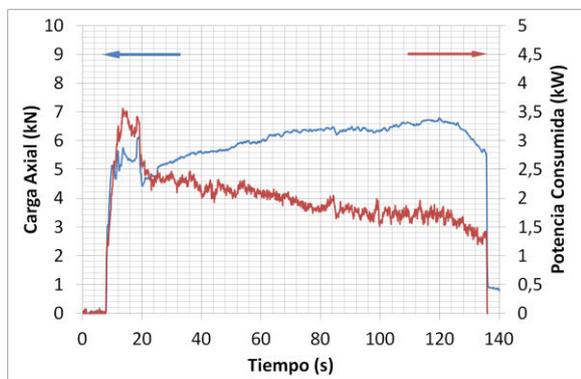


Figura 3: Carga axial y potencia consumida para la condición 903-73.

En la Figura 4 se grafica la energía eléctrica consumida, el calor generado por deslizamiento para $\delta=0$ y el calor aportado neto en función del número de pitch, donde las dos primeras variables de proceso se obtuvieron a partir de la integración temporal de la potencia consumida y de carga axial.

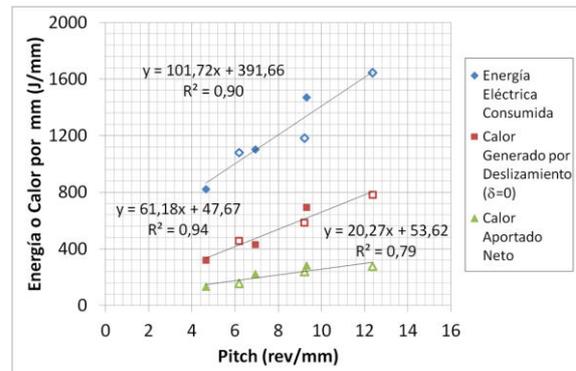


Figura 4: Valores característicos del balance energético del proceso FSW en función del pitch.

Se observa que estas tres variables de proceso aumentaron con el número de pitch, presentando una tendencia lineal con el mismo. Teniendo en cuenta que el trabajo mecánico por unidad de longitud generado es igual al producto entre el torque total y el pitch, se puede obtener un valor para el torque generado por deslizamiento de 10,6 Nm a partir de la pendiente de la correlación correspondiente. Por otra parte, analizando los valores de los dos calores que se muestran en la Figura 4, se deduce que el valor mínimo para el grado de deslizamiento sería de 0,5, lo que indica que la condición de contacto es mayoritariamente de arrastre. Por último, el rendimiento total se encontró en un rango entre 7 y 10 %. Si bien este resultado parece indicar que la eficiencia del proceso FSW es baja, en realidad está mayoritariamente asociado a las pérdidas en la máquina utilizada más que a la FSW.

CONCLUSIONES

Se pudo realizar un análisis experimental del balance energético del proceso FSW a partir de la adquisición de distintos parámetros, el cual permitió analizar distintos aspectos del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Tufaro, L. N., Buglioni, L., Svoboda, H. G. (2014). Análisis Experimental del Balance Energético en Soldadura por Fricción-Agitación (FSW) de Aleaciones de Aluminio. ANAIS XL CONSOLDA.