

DESARROLLO DE MODELOS NUMÉRICOS CFD PARA SOLDADURA FSW EN ALEACIONES DE ALUMINIO

L. Buglioni¹, L. N. Tufaro¹, H. G. Svoboda^{2,3}
¹ INTEI; ² LAME-INTECIN-FIUBA; ³ CONICET
 buglioni@inti.gov.ar

Introducción

La soldadura por fricción agitación (FSW) es un proceso de unión en estado sólido que ha revolucionado en los últimos años el área de la tecnología de la soldadura. Su implementación presenta un gran interés en aleaciones de aluminio de alta resistencia. El efecto de los parámetros de soldadura sobre los ciclos térmicos, el flujo plástico de material y la generación de defectos son algunas de las preguntas para las que aún no se ha encontrado una respuesta general. La Mecánica de Fluidos Computacional (CFD) es una poderosa herramienta para la comprensión y predicción de los fenómenos presentes en la soldadura FSW.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue desarrollar diferentes modelos CFD con el fin de estudiar la influencia de los diferentes parámetros en su respuesta, con el fin de definir un modelo representativo considerando las diferentes variables medidas experimentalmente.

Descripción

En este trabajo se soldaron a tope probetas de aleación de aluminio AA5083 de 150x75x3 mm, las cuales se instrumentaron con termocuplas a fin de adquirir los ciclos térmicos en la zona central a distintas distancias del borde de la zona agitada (SZ), midiéndose además las cargas axiales involucradas y el consumo de corriente. En la Fig. 1 se muestra el montaje experimental junto con una junta soldada.



Figura 1: Montaje de las chapas a soldar y dispositivo.

La velocidad de avance (V_a) fue de 73 y 98 mm/min y las velocidades de rotación (V_r) fueron de 680 y 903 rpm, con un ángulo de inclinación de $1,5^\circ$. La herramienta fue construida en acero del tipo H13, presentando un pin cónico y un hombro cóncavo. El diámetro del hombro fue de 12 mm, mientras que los diámetros mayor y menor del pin fueron de 2,7 y 4,3 mm, y la longitud de 2,7 mm. Durante la soldadura se adquirieron ciclos térmicos utilizando dos termocuplas (TC) tipo K, en la mitad de la longitud de la probeta, en el lado de retroceso, y posicionadas a 8 y 12 mm de la línea central.

En paralelo se desarrolló un modelo de CFD en ANSYS Fluent® con un material de parámetros dependientes de la temperatura y la tasa de deformación, **que resuelve velocidades, presión, temperatura y sus derivadas**. Este es estacionario, representando una chapa semi-infinita en la dirección de soldadura. Se mantiene la herramienta fija mientras que a las paredes se les impone una velocidad, exceptuando la pared posterior en la cual se impone presión nula. Asimismo, existe un deslizamiento entre la herramienta y las chapas, que depende de la velocidad de rotación y de la distancia al centro. En los primeros dos modelos se aplica el calor de la herramienta a partir sólo del componente de adherencia (agitación) mientras que en el 3 y 4 se añade también el calor por fricción (sliding). También se modifican las condiciones de agarre o adherencia con la mesa de apoyo, y la disipación de calor con ésta, tal como se muestra en la Fig. 2. El calor neto aplicado es un resultado del modelo.

	Gen. Calor		Apoyo Inferior	
	Fricción	Agit.	Fijación	Disipación
1	No	Si	Agarre	Cte
2	No	Si	Libre	Cte
3	Si	Si	Agarre	f(p)
4	Si	Si	Libre	Cte

Tabla 1: Modelos propuestos

Resultados

En la Fig. 2 se muestra el ciclo térmico para V_r 680 rpm y V_a 73 mm/min de ambas termocuplas para el modelo 4. En todos los modelos se obtienen buenos ajustes para las diferentes condiciones de soldadura.

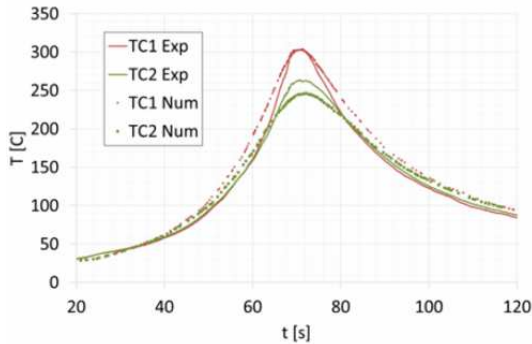


Figura 2: Ciclo térmico experimental (lleno) vs modelo 4 (punteado) para Vr 680 rpm y Va 73 mm/min.

En la Fig. 3 se muestra la carga axial obtenida por los modelos numéricos y aquella medida. Se ve que los modelos 1 y 2 son más sensibles a la variación de las condiciones de soldadura que el 3 y 4.

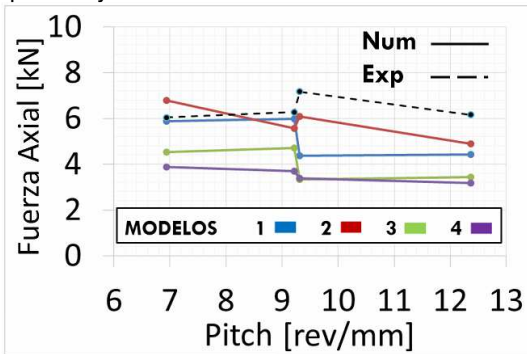


Figura 3: Fuerza axial obtenida para los diferentes modelos y aquella medida experimentalmente.

En la Fig. 4 se muestran los valores de calor aportado al proceso por los 4 modelos, en comparación con la corriente consumida por el proceso, la cual ha sido afectada por una eficiencia que se ha supuesto constante.

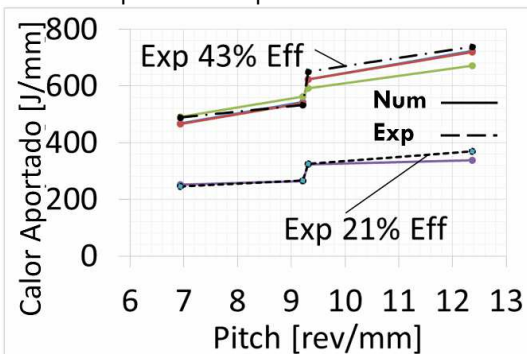


Figura 4: Calor aportado medido, afectado por un rendimiento constante, vs. calor aportado calculado.

En la Fig. 5 se muestra una comparación entre la zona agitada (SZ) vista en macrografías, y un valor de isoviscosidad arbitrario (7×10^6 Pa.s) para los modelos 3 y 4. Las diferencias entre ambos modelos se producen por las diferentes

condiciones de disipación y de fijación con la mesa de apoyo.

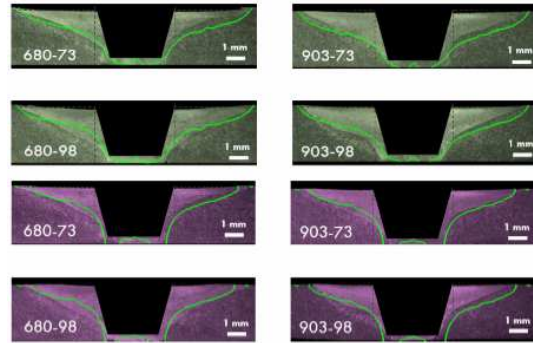


Figura 5: Macrografías y línea de isoviscosidad para los modelos 3 (verde) y 4 (violeta); diferentes condiciones.

En la Fig. 6 se ve el torque obtenido para los modelos 3 y 4, y los mecanismos que los generan.

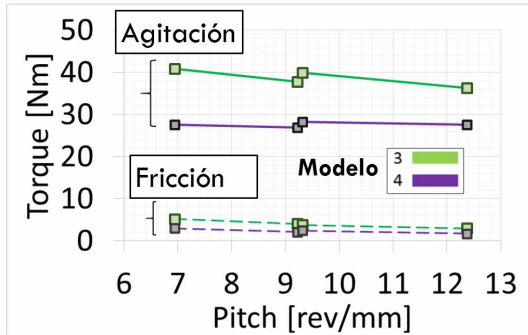


Figura 6: Torque obtenido para los modelos 3 y 4 y mecanismos de generación.

En la Fig. 7 se muestra el campo de presiones obtenido en un plano longitudinal al cordón de soldadura uno de los modelos. Puede verse que aguas abajo de la herramienta se forma una zona de baja presión.

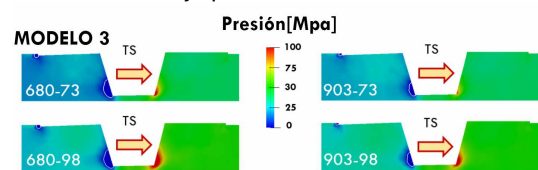


Figura 7: Presiones obtenidas por el modelo 3 en un plano longitudinal al cordón.

Conclusiones

Se desarrollaron y estudiaron cuatro modelos diferentes CFD bajo diferentes condiciones de soldadura. Los modelos muestran una gran similitud con las temperaturas medidas, con la zona agitada y la carga axial. Permiten también obtener valores que no pueden ser medidos como el torque y las presiones, y conocer la influencia de cada mecanismo de generación de calor y las diferentes condiciones de soldadura.