

# DESARROLLO DE MODELOS NUMÉRICOS MEDIANTE MECANICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL PARA APLICACIONES EN SOLDADURA POR FRICCIÓN AGITACION

L. Buglioni<sup>1</sup>, L. N. Tufaro<sup>1</sup>, H. G. Svoboda<sup>2,3</sup>  
<sup>1</sup> INTI; <sup>2</sup> LAME-INTECIN-FIUBA; <sup>3</sup> CONICET  
buglioni@inti.gob.ar

## OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de las condiciones de Soldadura por Fricción Agitación (FSW) en una aleación de aluminio, sobre los ciclos térmicos, la potencia, las cargas involucradas y el flujo plástico mediante métodos numéricos y experimentales.

## DESCRIPCIÓN

En este trabajo se soldaron probetas de aleación de aluminio AA7075-T651 de 150x150x4 mm las cuales se instrumentaron con termocuplas a fin de adquirir los ciclos térmicos en la zona central de la probeta a distintas distancias del borde de la SZ, midiéndose además las cargas axiales involucradas. La velocidad de avance ( $V_a$ ) se varió desde 51 mm/min hasta 206 mm/min y las velocidades de rotación ( $V_r$ ) fueron de 514 y 680 rpm, con un ángulo de inclinación de 1,5°. La herramienta utilizada fue construida en acero para herramientas del tipo H13, presentando un pin de geometría cónica y un hombro cóncavo. El diámetro del hombro fue de 12 mm, mientras que los diámetros mayor y menor del pin fueron de 4 y 3 mm, respectivamente. Por último, la longitud del pin fue de 3,8 mm. En la Fig. 1 se muestra el montaje experimental junto con una junta soldada.



Figura 1: Montaje de las chapas a soldar y dispositivo

Durante la soldadura se adquirieron ciclos térmicos utilizando tres termocuplas (TC) tipo K, en la mitad de la longitud de la probeta, en el lado de retroceso, y posicionadas a 7, 13 y 19 mm de la línea central aproximadamente,

colocándose en orificios de 1 mm de diámetro y 2 mm de profundidad.

Paralelamente, se desarrolló un modelo de CFD (mecánica de fluidos computacional) en ANSYS Fluent® con un material de parámetros dependientes de la temperatura y la tasa de deformación, que resuelve el flujo de material y el campo térmico de manera acoplada. El modelo es pseudoestacionario, 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 de rotación. El material es incompresible y el modelo es acoplado térmicamente, y en este se **resuelven temperatura, velocidad y presión y sus derivadas** (tasa de deformación, carga, etc.).

Se aplica el calor de la herramienta a partir del corte (componente de sticking) y el calor por fricción (sliding). El calor neto aplicado es un resultado del modelo. La disipación de calor hacia la placa de apoyo y hacia el ambiente se definió a partir de valores de bibliografía.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 2 se muestra el ciclo térmico para  $V_r$  514 rpm y  $V_a$  51 mm/min en la termocupla más cercana a la herramienta (TC1).

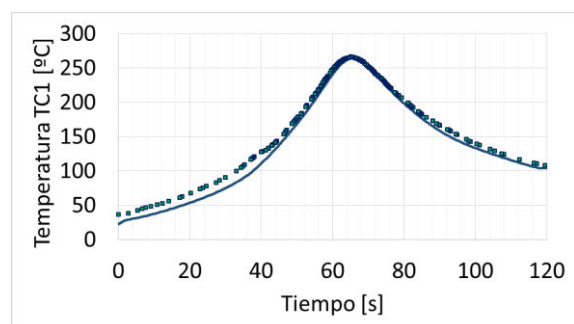
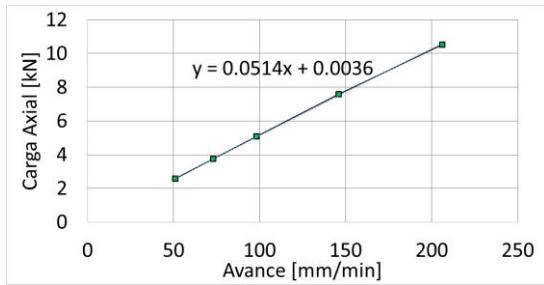


Figura 2: Ciclo térmico modelo experimental (lleno) vs modelo numérico (punteado) para  $V_r$  514 rpm y  $V_a$  51 mm/min

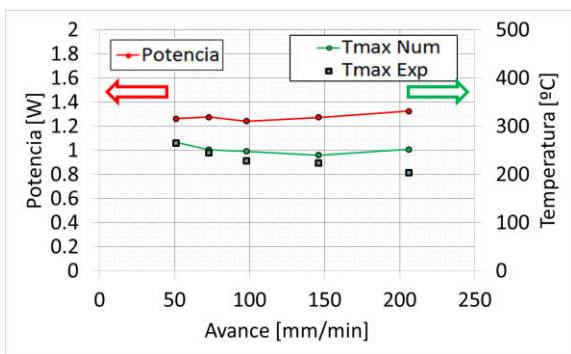
En la Fig. 3 se ven las cargas axiales para  $V_r$  de 514 rpm en función de  $V_a$ . Se ve que la carga axial aumenta con  $V_a$ . Los valores medidos experimentalmente estuvieron entre 3-

5 KN, para valores de Va entre 50 y 150 mm/min.



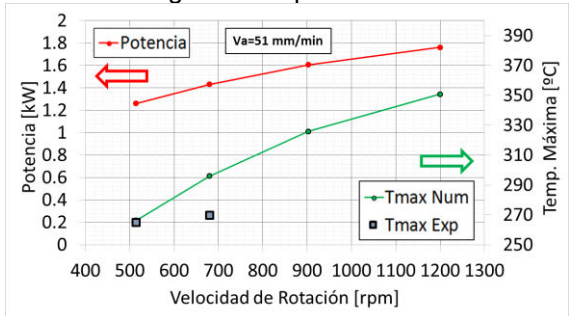
**Figura 3: Carga Axial vs. Velocidad de Avance (Va), para Vr=514 rpm.**

En la Fig. 4 se muestra la influencia de la velocidad de avance en la potencia y en las temperaturas máximas alcanzadas en TC1. Los valores son similares a los obtenidos por otros métodos en trabajos realizados anteriormente. No se ve un aumento significativo de potencia. En cuanto a las temperaturas se observa una disminución de la misma con la Va, siendo mayor para el caso numérico, especialmente a elevadas Va (206 mm/min).



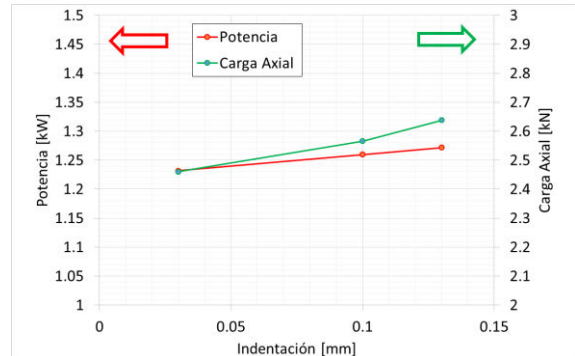
**Figura 4: Influencia del avance en la potencia y en las temperaturas máximas en la TC1.**

En la Fig. 5 se muestra la influencia de Vr en la potencia y en las temperaturas máximas tanto numéricas como experimentales, para Va de 51mm/min. Se ve que ambas crecen con la velocidad de rotación. El aumento de potencia se refleja en un aumento de temperaturas, siendo más significativo para el caso numérico.



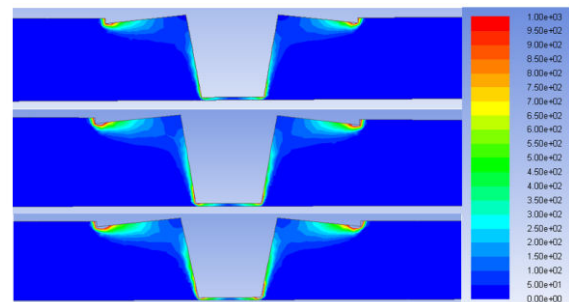
**Figura 5: Influencia de Vr en la potencia y en las temperaturas máximas en la TC1 para Va=51 mm/min.**

En la Fig. 5 se muestran potencia y carga axial para Vr=514 rpm y Va=51 mm/min, con diferentes posiciones axiales (indentaciones) de la herramienta. Se observa el aumento de ambas al aumentar la indentación de forma lineal.



**Figura 6: Influencia de la indentación en la potencia y en las temperaturas máximas en la TC1.**

En la Fig. 7 se representa la tasa de deformación para dos condiciones extremas de Vr (514 y 903 rpm) y una Va de 51 mm/min. Ésta da una idea de la deformación plástica que tendrá el material y por lo tanto el tamaño de la zona agitada (SZ). Se ve que para mayor velocidad de rotación la agitación crece en magnitud y se propaga hacia abajo del hombro. No se ven diferencias sensibles entre el lado de avance (en el cual el sentido de la velocidad de la herramienta y la velocidad de avance se corresponden) y el de retroceso.



**Figura 7: Corte transversal, tasa de deformación (1/s) para modelo 514 rpm (arriba) a 903 rpm (abajo) con Va 51 mm/min. El lado de avance es el izquierdo.**

## CONCLUSIONES

Se desarrolló un modelo numérico CFD que permite obtener valores razonables de potencia, velocidad, tasa de deformación y cargas axiales. También relaciona estos parámetros con las condiciones de soldadura (velocidades de avance y rotación) y con la indentación de la herramienta, presentando una gran relevancia en la predicción de resultados.