

MODELOS NUMÉRICOS Y MEDICIONES EXPERIMENTALES DE CICLOS TÉRMICOS Y TENSIONES RESIDUALES EN SOLDADURA POR FRICCIÓN AGITACION

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

OBJETIVO

Analizar los ciclos térmicos producidos durante la soldadura y las tensiones residuales asociadas a los campos térmicos, para distintas condiciones de soldadura, mediante mediciones experimentales y modelos numéricos.

DESCRIPCIÓN

En este trabajo se soldaron probetas de AA7075-T651 de 150x75x4 mm a tope mediante soldadura por fricción agitación (FSW) utilizando una fresadora convencional modificada. La velocidad de avance (V_a) se varió desde 51 mm/min hasta 206 mm/min, empleando una velocidad de rotación de 514 rpm y un ángulo de inclinación de 2°. 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 cono 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 y una junta realizada.



Figura 1: Montaje experimental y junta soldada

Durante la soldadura se adquirieron ciclos térmicos utilizando tres termocuplas 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. Para la medición de las tensiones residuales longitudinales se utilizó el método de seccionamiento. En cada probeta se instrumentaron 4 extensómetros eléctricos (SG) lineales

ubicados en la mitad de la longitud de las mismas, en dirección paralela al cordón de soldadura del lado de avance.

Se desarrolló un modelo tridimensional termomecánico transitorio en ANSYS®. No se considera el contacto entre la herramienta y la chapa, siendo el aporte puramente térmico. El material es bilineal con endurecimiento isotrópico, con módulo de elasticidad y tensión de fluencia variables con la temperatura, y los restantes parámetros constantes. Se utilizó una distribución de la fuente de calor lineal con la distancia al centro de la misma despreciándose el efecto del pin. Se tuvieron en cuenta las pérdidas de calor hacia el ambiente, hacia la placa de apoyo y en las superficies superior e inferior de la chapa a soldar. Al modelo se le aplican restricciones en desplazamientos de acuerdo al montaje. El coeficiente de conducción con la chapa, se estimó para cumplir con un error mínimo en las curvas de enfriamiento. El valor de la potencia para cada condición de avance se obtuvo a partir de un modelo desarrollado en trabajos anteriores.

RESULTADOS

La Fig. 2 muestra la comparación entre los ciclos térmicos experimentales y numéricos, para diferentes valores de V_a .

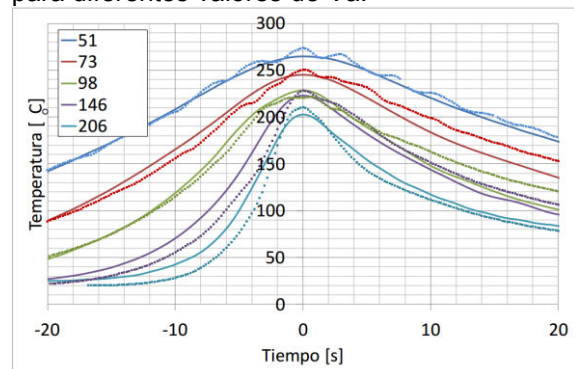


Figura 2: Ciclos térmicos experimentales (lleno) y numéricos (punteado) de la TC1 en función de V_a

Más allá de las pequeñas variaciones en la ubicación de la TC1, se observa la disminución de la temperatura pico y el aumento de la velocidad de enfriamiento con V_a .

En la Fig. 3 se muestra un gráfico comparando las tensiones residuales

obtenidas por ambos métodos para velocidades extremas (51 y 206 mm/min) .

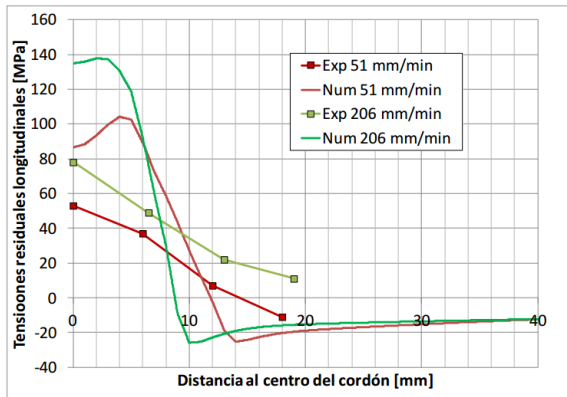


Figura 3: Tensiones residuales para Va: 51 y 206 mm/min

En el caso experimental se tiene una menor variación de tensiones desde el centro del cordón hacia el borde que en el caso numérico.

Esta uniformidad en el primer caso puede deberse a la deformación plástica debido a la agitación, que no fue considerada en el modelo y posiblemente también esté influenciada por las dimensiones de los extensómetros. La mayor variación en el caso numérico coincide con otros autores. Dentro de la zona agitada, se ve que las tensiones aumentan con Va en ambos casos. El hecho que el modelo numérico muestre tensiones residuales mayores que el experimental, coincide con trabajos de otros autores y puede deberse a que la agitación disminuye los valores de tensión en esta zona.

En la Fig. 4 se muestra una correlación para los casos experimental y numérico de la variación del punto transversal de la chapa que presenta tensiones nulas (PTN) con Va.

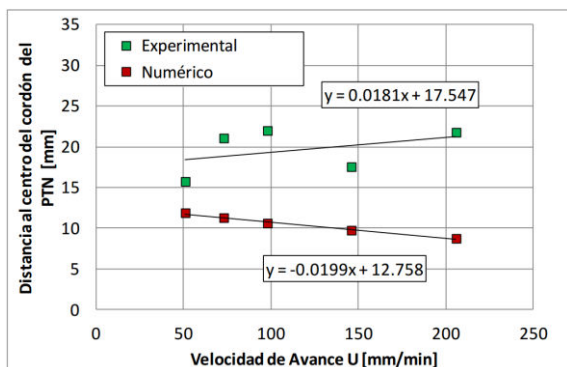


Figura 4 - Distancia del cordón al PTN vs. Va. Método numérico vs. experimental

En el caso experimental las tensiones nulas están más alejadas del centro del cordón. Se ha reportado en bibliografía que al

incluir en un modelo numérico la fuerza vertical, el contacto del hombro de la herramienta y el torque impuesto por éste, el PTN se aleja del cordón de soldadura. Este aspecto y que las tensiones dentro de la zona de aporte disminuyen explicarían las diferencias observadas entre ambos perfiles de tensiones residuales.

En la Fig. 5, se muestran las tensiones residuales junto con las deformaciones plásticas, ambas en dirección longitudinal, para 51 y 206 mm/min, obtenidas mediante el modelo numérico.

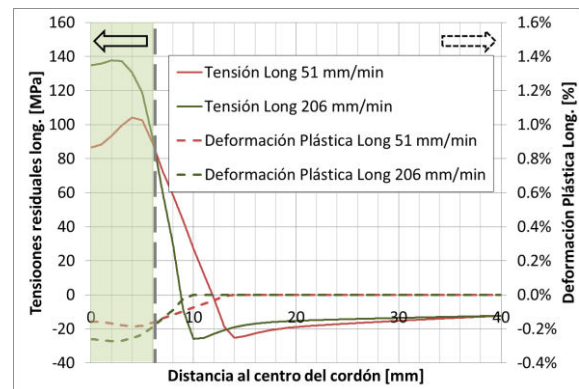


Figura 5: Tensiones residuales y deformaciones plásticas longitudinales para 51 y 206 mm/min.

Se ve que las deformaciones para la menor velocidad de avance son menores que las de máxima Va, dentro de la zona agitada. Lo mismo ocurre con las tensiones en esta zona. Sin embargo, fuera de esta, los valores tanto de tensiones como de deformaciones plásticas se hacen menores en magnitud para avance rápido. Se verifica una correspondencia entre las variaciones de deformaciones y su correspondiente curva de tensiones.

CONCLUSIONES

Se han desarrollado aproximaciones experimentales y numéricas, para la estimación de tensiones residuales en procesos FSW. Los resultados de temperaturas por ambos métodos son comparables. En la zona agitada y sus adyacencias las diferencias en tensiones pueden explicarse a partir de no considerar la agitación en el modelo numérico. En la ZAC las tensiones residuales medidas experimentalmente alcanzan un valor similar a las obtenidas numéricamente, con un máximo de 80 MPa. Se verificó una correlación entre las tensiones residuales y las deformaciones plásticas longitudinales predichas numéricamente.