

EFFECTO DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA POR FRICCIÓN-AGITACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UNIONES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO TERMOENVEJECIBLE

L. N. Tufaro¹, H. G. Svoboda^{2,3}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

² Universidad de Buenos Aires, Laboratorio de Materiales y Estructuras, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

ltufaro@inti.gov.ar

OBJETIVO

Estudiar el efecto de la velocidad de avance sobre el aporte térmico, la generación de defectos y las propiedades mecánicas en uniones soldadas por fricción-agitación de aleación de aluminio termoenviejecible.

DESCRIPCIÓN

Se realizaron uniones soldadas por fricción-agitación (FSW) a tope de 150x150x4 mm utilizando una fresadora convencional adaptada, Figura 1. El material utilizado fue AA 7075-T651, el cual es una aleación de aluminio termoenviejecible, de alta resistencia, de uso aeronáutico y considerada no-soldable por procesos convencionales de fusión. Sin embargo, con el desarrollo de la FSW, actualmente puede ser soldada mediante esta técnica. La herramienta utilizada presentó un "pin" de geometría cónica, tuvo un hombro cóncavo de 12 mm de diámetro y fue construida en acero H13. Todas las probetas se soldaron con una velocidad de rotación de 680 rpm y las velocidades de avance (U) empleadas fueron 51, 73, 98, 146 y 206 mm/min, designando a las probetas según estos valores.



Figura 1: equipamiento utilizado para la FSW.

La medición de ciclos térmicos durante la soldadura se realizó con una termocupla tipo K ubicada en la mitad de la longitud de la probeta, aproximadamente a 1 mm del borde del cordón de soldadura, en el lado de retroceso. Se utilizaron herramientas de cálculo basadas en métodos analíticos y numéricos

para determinar los valores netos de la potencia (Q) y del calor aportado (H) a partir de los ciclos térmicos adquiridos [1].

Sobre cada probeta se extrajo un corte transversal para la observación macrográfica y para la determinación de los perfiles de microdureza Vickers sobre la línea media del espesor. Dichas mediciones se realizaron empleando una carga de 500 gf, considerando la norma ASTM E384. Se realizaron ensayos de tracción del material base y de las juntas soldadas, según la norma ASTM E8M, obteniéndose la resistencia a la tracción y el alargamiento a rotura. Además, se analizaron las superficies de fractura y se determinó la posición de la misma, así como la presencia de defectos. Considerando el efecto del tiempo de envejecimiento sobre las propiedades mecánicas de la unión soldada de estas aleaciones, los perfiles de microdureza y ensayos de tracción se realizaron luego de aproximadamente 50 y 60 días posteriores a la soldadura, respectivamente.

RESULTADOS

En la Figura 2 se muestra que el calor aportado (H) y la temperatura máxima medida disminuyeron con la velocidad de avance (U), presentando una tendencia potencial, mientras que la potencia (Q) se mantuvo prácticamente invariante, a alrededor de 450 W.

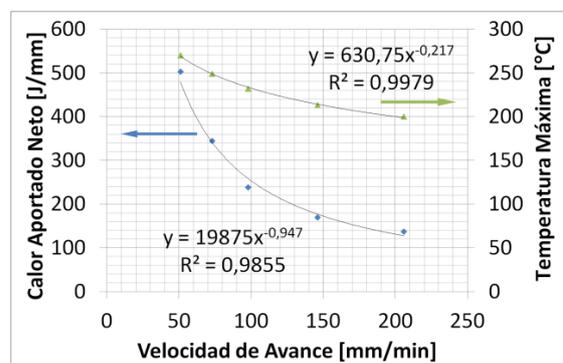


Figura 2: calor aportado neto y temperatura máxima en función de la velocidad de avance.

En la Figura 3 se muestra la macrografía de la probeta 206, que permite apreciar en la zona agitada (WN) una delgada línea de óxidos que atraviesa el espesor, la cual se observó en todas las juntas. Dicha línea es propia de este proceso y puede afectar las propiedades de la junta, dependiendo de su continuidad.

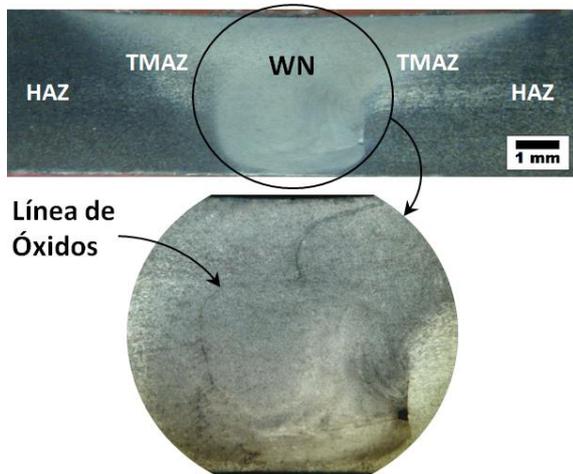


Figura 3: macrografía de la probeta 206 y detalle de WN

Los perfiles de microdureza medidos presentaron la forma en W característica para aleaciones de aluminio termoenvejecibles, con una dureza mínima que aumenta en forma lineal con la velocidad de avance y que presenta una tendencia potencial con el calor aportado neto (H), Figura 4.

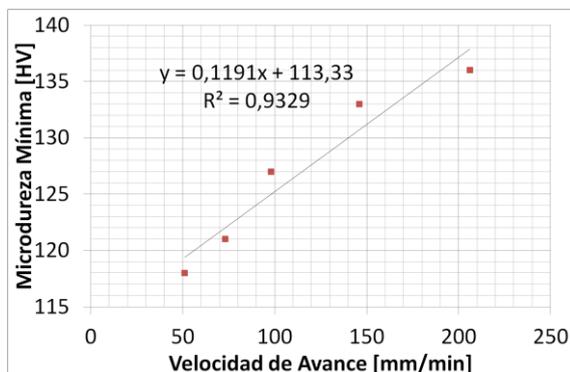


Figura 4: dureza mínima en función de la velocidad de avance.

Esto se debe a que a medida que disminuye la velocidad de avance, el material está sometido a mayores temperaturas por un tiempo mayor, resultando en un mayor sobre-envejecimiento y una mayor disolución de los precipitados en las zonas cercanas al cordón de soldadura.

En la Figura 5 se grafican la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura, siendo para el material base de 576 MPa y 12%, respectivamente.

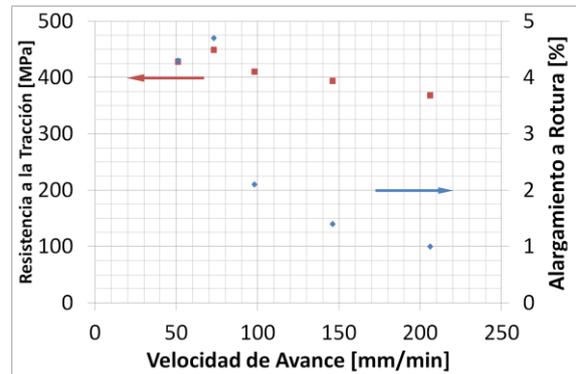


Figura 5: resistencia a la tracción y alargamiento a rotura en función de la velocidad de avance.

Para las menores velocidades de avance, 51 y 73 mm/min, la resistencia aumenta con la velocidad de avance como lo hace la microdureza mínima. En ambos casos la fractura se produce en la zona de microdureza mínima, fuera del cordón de soldadura, en la zona afectada por el calor (HAZ). La superficie de fractura obtenida para estas probetas está orientada a 45° con respecto al eje de la probeta y es similar a la observada en el material base. La probeta 73 presenta las mejores propiedades en tracción, con una eficiencia de junta del 78%.

A partir de 98 mm/min, debido a la continuidad de la línea de óxidos, las propiedades en tracción disminuyen con la velocidad de avance y la resistencia a tracción deja de mantener la tendencia de la microdureza. La fractura se propaga a lo largo de esta línea en la zona agitada (WN), observándose en la superficie de fractura el patrón característico del flujo plástico del proceso FSW. Esto se debe a la reducción del calor aportado asociada al aumento de la velocidad de avance, lo que resulta en una dispersión insuficiente de la capas de óxido de las superficies iniciales a unir.

CONCLUSIONES

La microdureza mínima presentó una tendencia lineal con la velocidad de avance (U) y una potencial con el calor aportado neto (H). Para bajas velocidades de avance, la resistencia a la tracción aumenta con U como lo hace la dureza mínima. A partir de 98 mm/min, debido a la continuidad de la línea de óxidos, las propiedades en tracción disminuyen con dicha velocidad, ya que este defecto es cada vez más severo a medida que aumenta la misma.

REFERENCIAS

[1] TUFARO, L. N. y SVOBODA H. G., "Estudio de los ciclos térmicos adquiridos durante FSW mediante modelos analíticos y numéricos", 38º CONSOLDA, 2012.