

## PRESENTACIÓN DE UNA VARIANTE DEL FRICTION STIR SPOT WELDING APLICADA A LA SOLDADURA DE CHAPAS DE DUAL PHASE

## PRESENTATION OF AN ALTERNATIVE OF THE FRICTION STIR SPOT WELDING APPLIED TO WELDING OF DUAL PHASE SHEETS

**Alejandro A. Mateos** <sup>(1)</sup> (P), **María José Castillo** <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>, **Guillermo A. Lombera** <sup>(3)</sup>, **Marcelo F. Pelayo** <sup>(4)</sup>

(1) Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEMEJ) – Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Junín, Buenos Aires, Argentina

(2) DEYTEMA – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás, San Nicolás, Buenos Aires, Argentina.

(3) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata – CONICET, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

(4) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina  
Dirección de contacto: aamateos@unnoba.edu.ar

**Eje temático:** 1 - Procesos avanzados de soldadura

### Resumen

Con el objetivo de buscar mejores calidades en las soldaduras y menor consumo de energía, constantemente se desarrollan novedosos procesos de soldadura aplicados a la industria automotriz. Uno de los procesos que cumple con estas condiciones, es el Friction Stir Spot Welding (FSSW) que permite generar soldaduras solapadas por puntos, al igual que Resistance Spot Welding (RSW), pero en estado sólido. Sin embargo, este proceso presenta la particularidad de que se genera una indentación producida por el trabajo de la herramienta y queda supeditado, mayoritariamente, a materiales de bajo punto de fusión. Por otro lado, el avance de los materiales utilizados en la fabricación de vehículos ha propiciado el uso de aceros de alta resistencia, como los Dual Phase (DP), que contienen una fase de ferrita blanda y una de martensita dura. El objetivo de este trabajo es dar a conocer una técnica de soldadura alternativa al FSSW que se estudiará en el marco de un doctorado en ingeniería y que presenta, a priori, un gran potencial para soldar chapas de acero DP con indentaciones similares a las obtenidas por RSW. Este proceso emplea una proyección en la superficie opuesta a la de trabajo de la herramienta. Para analizar su aplicabilidad, se realizó un rastreo bibliográfico para determinar las variables intervinientes y sus interrelaciones. A partir de esta exploración bibliográfica se comenzará a trabajar en el desarrollo experimental para validar o refutar lo revisado en la teoría.

**Palabras clave:** Soldadura por Fricción Agitación, Proyección, Aceros Dual Phase.

**Keywords:** Friction Stir Welding, Projection, Dual Phase steels

---

El acero de doble fase (DP, por su nombre en inglés: Dual Phase) es uno de los aceros de alta resistencia ampliamente utilizados en la industria automotriz. El acero DP consta de una matriz de ferrita con islas de fases duras como la martensita y la bainita, que ofrecen un buen equilibrio entre resistencia y ductilidad. Sin embargo, en ocasiones se ha reportado dificultad en este tipo de acero al momento de ser soldado (Ohashi, 2011). En este sentido, algunos autores han obtenido resultados satisfactorios sobre la realización de soldaduras de aceros al carbono y de alta resistencia con el proceso de Soldadura de Puntos por Fricción Agitación (FSSW, por su nombre en inglés: Friction Stir Spot Welding).

La soldadura de puntos por resistencia (RSW, por su nombre en inglés: Resistance Spot Welding), como proceso simple y rápido, es el proceso dominante en la unión de las carrocerías en la industria del automóvil. Sin embargo, este proceso requiere de alto consumo de energía eléctrica. Por lo tanto,

como estrategia de ahorro energético, FSSW es un proceso de bajo consumo de energía y, en estado sólido, que es capaz de producir soldaduras con estructuras de grano fino y sin defectos (Mousavizade et al., 2018).

El proceso FSSW genera puntos de soldadura al ablandar el material producto del calor generado por el roce entre la herramienta y la pieza de trabajo. Esta herramienta se compone de un pin y un hombro que cumplen funciones distintas; por un lado, el hombro se encarga principalmente de generar el calor y de comprimir el material plastificado y el pin tiene por objetivo mezclarlo. Una de las principales desventajas que presenta el FSSW es que al momento de retirarse la herramienta de la zona de soldadura queda impresa la huella de ésta que provoca una falta de material en el centro de la unión. Esta particularidad presenta algunas características que afectan al desempeño mecánico de la unión, como así también, a su aspecto visual.

Recientemente se han comenzado a desarrollar investigaciones sobre la utilización de la técnica de Soldadura por Fricción Agitación por Puntos con Proyección (PFSSW, por su nombre en inglés: Projection Friction Stir Spot Welding) aplicada mayormente sobre aluminios. Asimismo, hay reportes del empleo de esta técnica sobre aceros de bajo carbono, como se muestra en la investigación realizada por Shahrabadi et al. (2018). En la Figura 1 se puede observar una comparativa esquemática de los procesos FSSW y PFSSW.

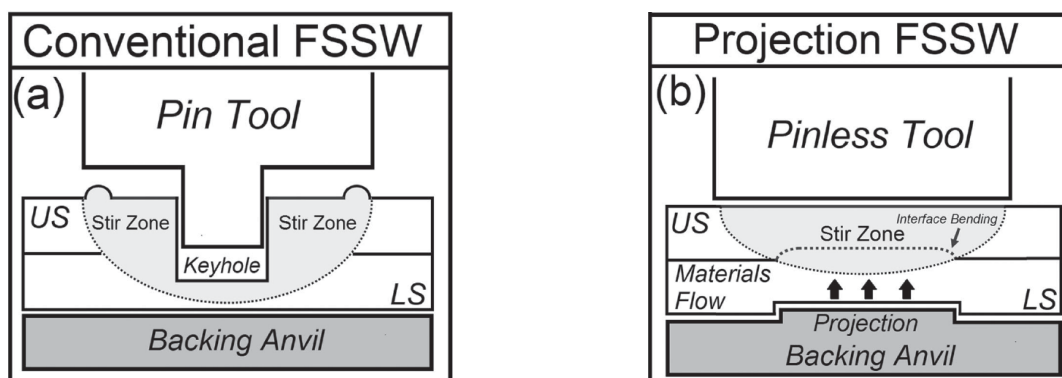


Figura 1: esquemas de los procesos a) FSSW; b) PFSSW

El objetivo de este trabajo es dar a conocer una técnica de soldadura alternativa al FSSW que se estudiará en el marco de un doctorado en ingeniería y que presenta, a priori, un gran potencial para soldar chapas de acero DP con indentaciones similares a las obtenidas por RSW.

Este proceso emplea una herramienta sin el pin característico de las herramientas de FSSW, en donde el hombro se apoya contra el material a soldar y genera el calor y una agitación superficial. A su vez, el método de soldadura emplea una protuberancia o proyección en la superficie opuesta a la de incidencia de la herramienta que altera el flujo del material en estado plastificado. Si bien el alto de las proyecciones utilizadas varía con las piezas a unir, comúnmente se encuentra en torno a las 3 décimas de milímetro.

De manera similar al FSSW, y obviando la geometría del pin debido a su ausencia en este proceso, las variables intervinientes en esta soldadura son: velocidad de giro de la herramienta, tiempo de mantención, profundidad de penetración, material de la herramienta y proyección, diámetro de la herramienta, el diámetro de la proyección, la altura de la proyección y la velocidad de descenso.

Como se mencionó anteriormente, el atractivo del uso del PFSSW radica en la ausencia de la huella provocada por la herramienta (keyhole) debido a la falta del pin, adicionalmente, se pueden unir piezas de mayor espesor que con otros procesos con herramientas sin pines, como por ejemplo el Pinless FSSW, motivado por la presencia de la proyección en la parte posterior a la cara de incidencia de la herramienta.

Debido a la constante exigencia de la herramienta, un aspecto muy importante a tener en cuenta es el material con que éstas son construidas. Debido a las altas temperaturas que se alcanzan al soldar aceros, las herramientas deben ser de materiales de alta resistencia mecánica y baja pérdida de resistencia a altas temperaturas, como por ejemplo el carburo de tungsteno.

Por otro lado, según lo descrito en las investigaciones realizadas sobre estos materiales, la indentación que se produce es comparable a la que producen los electrodos en RSW y, además, las cargas obtenidas para el ensayo de corte en solape (lap shear test) o de corte por tracción (tensile-shear test), para PFSSW, cumplen con la normativa AWS D8.1M:2007 y son mayores a las obtenidas por RSW.

La ausencia de la marca que produce la herramienta en FSSW permite soldaduras con mayor área efectiva de contacto, que, de hallarse parámetros óptimos, generarán uniones con altas cargas de rotura. Y, por tratarse de un proceso de soldadura en fase sólida se obtendrán uniones con menor cantidad de defectos.

En la fase inicial de la puesta a punto de la técnica, se realizaron algunas pruebas sobre chapas de acero al carbono comercial con el objetivo de determinar la ponderación de la incidencia de las variables predominantes en el proceso. En este sentido, se encontró que la relación entre los diámetros de herramienta y la proyección, la velocidad de descenso y el tiempo de mantención son los parámetros claves para una soldadura exitosa. Asimismo, esta hipótesis referida a la aplicación del proceso se validará en etapas de desarrollo experimental posteriores realizando probetas de soldadura sobre aceros DP que son el objeto de estudio de esta línea de investigación y que forman parte del área de estudio en el marco del doctorado a realizar.

### **Agradecimientos**

Agradezco al Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEMEJ) que pertenece a la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires por permitirme desarrollar el experimental y la Universidad Nacional de Lomas de Zamora por acompañarme en este proceso de crecimiento constante en el marco de la carrera de doctorado.

### **Referencias**

Ohashi, R. (2011). Study on Friction Stir Spot Welding of Dual-Phase High-Strength Steel Sheets. *Welding in the World* Vol. 55 N°10.

Mousavizade, S. M., Pouranvari, M. (2018). Projection friction stir spot welding: a pathway to produce strong keyhole-free welds. *Science and Technology of Welding and Joining*.

Shahrabadi, A. R., Mousavizade, S. M., Ezatpour, H. R., Pouranvari, M. (2018). Achieving high mechanical performance in protrusion friction stir spot welding (PFSSW) of DQSK steel compared to other techniques. *Materials Research Express*.

AWS D8.1M:2007. Specification for Automotive Weld Quality - Resistance Spot Welding of Steel. 550 N. W. LeJeune Road, Miami, Florida 33126, United States. 2007.