

**RESUMEN DE LAS PRINCIPALES
CONCLUSIONES DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN:**

***APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LÁSER
EN LA FABRICACIÓN DE AUTOMÓVILES***

Para la definición de los parámetros correctos de soldadura al realizar una unión por láser es necesario tener en cuenta

- Material
- Geometría de la unión y de la pieza a soldar: la geometría de la pieza a soldar nos definirá desde el tipo de láser a utilizar (CO₂ o Nd:YAG) a los utillajes necesarios para asegurar un correcto posicionamiento de las piezas.
- Recubrimientos: en algunos casos la presencia de un determinado tipo de recubrimiento puede implicar la necesidad de dejar una separación entre piezas suficiente para permitir la correcta salida de los vapores producidos en el proceso.
- Utillajes: los utillajes utilizados en soldadura láser para cualquier geometría deben:
 - Garantizar un correcto alineamiento de las chapas, evitando gaps excesivos o desalineamientos
 - Eliminar el efecto de distorsión térmica
 - Permitir un acceso fácil a la zona a soldar
 - Ser flexibles a cambios de formato o de pieza
 - Permitir un ajuste fino de la sujeción de las piezas
 - Ser resistentes a posibles incidencias accidentales del láser
 - Permitir cambios rápidos de pieza
 - Permitir la máxima automatización posible del proceso
- Parámetros de proceso
 - Aplicación del láser pulsado o continuo.
 - Relación potencia velocidad
 - Focalización
 - Decalaje
 - Tipo de gas de aporte
 - Caudal del gas de aporte
 - Geometría del gas de aporte

En chapa electrozincada y geometría de soldadura por solape el valor del gap es un parámetro crítico, tanto por su influencia, como por la dificultad en proporcionar y medir un valor constante.

Un incremento del valor del gap entre chapas por encima de 0.1 mm está directamente relacionado con una pérdida en la profundidad de penetración, y a su vez, una pérdida efectiva del cordón de soldadura por desprendimiento del material fundido en la chapa superior (correspondiente al techo) y a través del espacio originado por la separación entre chapas. Estos defectos aumentan a medida que aumenta la separación entre chapas, hasta llegar al caso extremo (0.5 mm) en que se origina una falta total de unión soldada o bien un descuelgue total del material fundido en la primera chapa y con el mismo efecto anterior.

Sin embargo valores de gap inferiores a 0.1 mm implican un aumento de la porosidad de la soldadura, debido a la evaporación del Zn y de los óxidos de Zn producidos durante el proceso, y causados por capa de electrozincado presente en la zona de unión. Esta evaporación produce porosidades alineadas por encima de dicha zona que disminuyen sensiblemente las propiedades de resistencia mecánica de la unión soldada. A nivel visual esta merma en la calidad de la soldadura se observa también en forma de cordones de soldadura irregulares y heteroformes.

Cuando las chapas no están electrozincadas un valor de gap igual a 0, no solamente no disminuye la calidad del cordón de soldadura, sino que por el contrario minimiza la presencia de defectos para una profundidad de penetración total.

A partir de estos resultados se concluye que en soldadura por solape y **en chapa sin electrozincar el valor óptimo del gap se sitúa en 0, obteniendo resultados válidos hasta un gap de 0.1 mm, mientras que si la chapa está sin electrozincar, el valor óptimo del gap se sitúa en 0.1 mm, observando porosidades alineadas en el cordón para valores inferiores y falta de penetración y descolgadas para valores superiores.**

En cuanto a la relación entre potencia y velocidad un aumento en el valor de cualquiera de los dos parámetros posibilita un aumento significativo del otro.

A medida que se aumenta la relación potencia-velocidad (con la parametrización correcta) se observa que, debido al aumento de densidad de energía aportada sobre la pieza se produce un endurecimiento progresivo de la zona afectada térmicamente y por la raíz de los cordones de soldadura. Sin embargo las variaciones de dureza observada son ligeras y poco pronunciadas, manteniéndose dentro de los parámetros de calidad correctos.

En la soldadura de tailored blanks, por el hecho de tratarse de una soldadura a testa, la presencia de Zn no tiene efectos apreciables en la calidad final de la soldadura. Únicamente se aprecian porosidad debida al Zn en aquellos casos en los que la preparación de las piezas no es correcta y se ha producido una deposición de éste metal en los flancos a unir.

En soldadura de tailored blanks los puntos críticos del proceso se encuentran en la línea de unión de las dos chapas. Para evitar irregularidades en la soldadura en forma de porosidades o discontinuidades se debe garantizar un contacto lo más regular posible. Para ello la superficie de contacto de las dos chapas deberá estar libre de cualquier partícula sólida, debiéndose aplicar una presiones a los pistones de apriete no inferior a los 3 bar. Otro agente que influye decisivamente en la calidad de la soldadura es el aceite concentrado en la línea de soldeo, por lo que se recomienda el uso de chapas sin exceso de aceite.

Otro punto crítico en la soldadura de tailored blanks es el decalaje del punto de soldadura, el cual puede sufrir variaciones entre ± 0.1 mm.

La utilización de gas de aporte en la soldadura permite disminuir la corrosión del cordón de soldadura y controlar la formación de plasma.

Actualmente, el efecto de la corrosión en la soldadura de carrocerías de automoción tras la soldadura es muy escaso, ya que si bien la aplicación del láser elimina completamente la capa de electrozincado, el proceso de pintado se produce

inmediatamente después del proceso de soldadura, con lo cual se protege el cordón contra la oxidación posterior.

Por el contrario el efecto del plasma sí que puede llegar a mermar la calidad y la productividad de la soldadura láser, ya que impide una transmisión efectiva del haz a la zona del key-hole. No obstante, dicha transmisión será, cualitativamente, 100 veces mayor para la longitud de onda del Nd:YAG (1.064 nm) que para la longitud de onda del CO₂ (10.600 nm). Esto provoca que en procesos de soldadura con Nd:YAG la principal utilidad del aporte de gas sea la protección contra la corrosión, pudiéndose utilizar Ar e incluso en algunos casos, optar por eliminar el aporte de gas (por las razones explicadas anteriormente).

En cuanto a la soldadura con láser de CO₂ se observa una disminución de la penetración del cordón de soldadura del 22% si se suelda con Ar en lugar de con He para los mismos parámetros de potencia y velocidad y para un mismo caudal de gas.

La utilización de N₂ aumenta la penetración de soldadura con respecto al Ar (no así con respecto al He). Sin embargo existe un riesgo importante de nitruración del cordón de soldadura, que disminuiría las propiedades mecánicas de la unión..

Los gases utilizados en soldadura láser pueden ser, perfectamente, gases de calidad industrial (la utilización de gases de calidad especial supone un incremento de costes muy importante). No obstante dentro de estas calidades se utilizan gases de alta pureza, ya que para soldar con gases de baja pureza es necesario disminuir la velocidad de soldadura, creándose dos efectos negativos:

- Disminución de la productividad con el consiguiente encarecimiento del coste por pieza
- Mayor disipación de calor en la pieza, lo que provoca un mayor nivel de distorsión térmica y una anchura del cordón y de la ZAT (Zona Afectada Térmicamente) mayor. Esto a su vez disminuye las características de resistencia mecánica de la unión soldada.