

**CONCURSO JÓVENES TÉCNICOS AUTOMOCIÓN**

**EDICIÓN NACIONAL**

**SISTEMAS Y MÉTODOS DE  
UNIÓN EN CARROCERÍAS DE  
ALUMINIO**

**I.E.S. CANGAS DEL NARCEA**

**CARROCERÍA**

**GRUPO INTEGRADO POR:**

**SABINO ALONSO ARIAS, IVÁN CONDE MENÉNDEZ**

**PROFESOR TUTOR 2º CARROCERÍA:**

**LUIS ANTONIO GARCÍA VALDÉS**

## **SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO**

Las aleaciones de aluminio se sueldan al arco, bajo atmósfera inerte ( argón, helio o una mezcla de los dos) y hay dos técnicas:

En la actualidad se ha extendido profusamente el uso del aluminio, lo que ha conllevado a solucionar los problemas que se provocaban en la unión de este tipo de piezas, realizando variaciones sobre los métodos y equipos utilizados habitualmente para la soldadura de piezas de acero, siguiendo unas ciertas normas, así como también utilizando nuevos procedimientos.

En este Trabajo, se pretende describir los factores que se deben tener en cuenta, así como el método y los equipos a utilizar más convenientes a la hora del soldeo de aluminio, pero referido principalmente a la unión de piezas que se utilizan en las carrocerías de automóviles y que son de pequeño espesor.

Las principales características del aluminio que nos influyen a la hora de su soldadura son su rápida oxidación, su elevada conductividad térmica y eléctrica, así como un alto coeficiente de dilatación.

**Remachadoras.** Se trata, tal vez, de la herramienta más empleada en los procesos de sustitución y funciona mediante aire comprimido, y, generalmente, se utilizan dos tipos:

La remachadora de pinza, empleada para la colocación de los remaches macizos y que presenta, como única limitación, la accesibilidad de las piezas. Este útil está provisto de diferentes cabezales, usados para otras operaciones como la eliminación de los remaches e incluso la realización de los avellanados.

La remachadora para remaches ciegos es similar, en su funcionamiento, a las tradicionales de remaches de clavo.



Remachado en una carrocería de aluminio



Útil remachador

Un inconveniente muy importante del aluminio a la hora de su soldadura, es la rapidez y facilidad que tiene para oxidarse al contacto con oxígeno, formando en la superficie de la pieza una capa de óxido de aluminio, denominada *alúmina*. Esta capa, que es muy dura y compacta, se adhiere fuertemente a la superficie del aluminio, evitando que continúe oxidándose el resto de la pieza, además tiene una temperatura de fusión (unos 2000 °C) mucho más elevada que la del aluminio (660 °C). Esta temperatura de fusión tan elevada es un grave inconveniente para la obtención de soldaduras correctas, ya que para conseguir fundir la *alúmina* se necesitaría mucha mayor energía, problema que se soluciona limpiando la superficie a unir inmediatamente antes de soldar, con un cepillo de alambre de acero inoxidable, eliminado así el óxido de aluminio.



Aplicación de soldadura MIG.



Unión mediante remache estampado.



La elevada conductividad térmica del aluminio (cuatro veces mayor que el acero) provoca que a la hora de soldar haya que aplicarle una gran aportación de energía, debido a que la mayor parte del calor se perderá por conducción, distribuyéndose al resto de la pieza.



Corte de la pieza



Presentación del recambio



Acabado final

Debido a la alta conductividad eléctrica del aluminio, su resistencia al paso de la corriente eléctrica es casi cinco veces inferior a la del acero, por este motivo a la hora de soldar mediante resistencia eléctrica por puntos, es necesario el aplicarle una corriente de muy alta intensidad, mayor que la que se da en el acero, para conseguir que la resistencia que se opone al paso de la corriente genere el calor necesario para producir la fusión del material, y obtener así una garantía de los puntos con las correctas cualidades.



Debe utilizarse una camisa de teflón



El atemperado previo evitará problemas en la soldadura



La presión en los rodillos de arrastre ha de ser mínima

Esta intensidad es demasiado alta para los equipos convencionales utilizados en reparación, por ello solo se realiza este tipo de soldaduras en fabricación utilizando máquinas de gran potencia que son muy voluminosas.

El procedimiento más apropiado en reparación para soldar piezas de aluminio va a ser la soldadura MIG, que es un procedimiento de soldeo por arco eléctrico con protección de gas, y electrodo consumible, que utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que se establece entre el electrodo, que es un hilo continuo, y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege al baño de fusión.

Un aspecto muy importante en la soldadura de piezas de aluminio es la limpieza, ya que se debe eliminar la capa de alúmina que se forma en la superficie de la pieza.

A la hora de soldar aluminio deberemos tener en cuenta que el electrodo



debe ser de la misma composición que la del metal base a soldar. Los alambres son de pequeños diámetros, se suministran en bobinas para colocar directamente sobre el sistema de alimentación, y hay que almacenarlos cuando no se utilicen de forma que no se contaminen. El hilo de aluminio al ser más dúctil, se deforma y se daña con mayor facilidad, por este motivo es conveniente que el sistema de alimentación del alambre sea de cuatro rodillos en lugar del común que es de dos. También es importante que la

forma de los rodillos tenga un bisel en forma de U para no dañar materiales blandos como el aluminio.

Respecto a la pistola de soldadura, esta debe tener el tubo-guía del electrodo de teflón o nylon, en lugar de la espiral de acero que es el utilizado para el soldeo de acero. El gas de protección deberá ser un gas inerte, que puede ser tanto helio como argón, para evitar la oxidación del metal base y del de aportación.

En relación con el tipo de corriente utilizado, la corriente continua se produce cuando el sentido y la intensidad de corriente permanecen constantes a lo largo del tiempo, y tiene dos posibles polaridades. La polaridad directa, que se da cuando el electrodo esta conectado al polo negativo y la pieza al positivo, y la polaridad inversa cuando están conectados al contrario.

Para la soldadura del aluminio en corriente continua, se utiliza la polaridad inversa debido a que favorece la limpieza de la pieza, ya que al ser el electrodo el polo positivo, los electrones de la pieza se dirigen hacia el electrodo, produciendo un efecto de decapado sobre la superficie de la pieza. Otro aspecto importante es el modo en que se transfiere el material de aportación al metal base, y depende principalmente del gas de protección, de la intensidad y de la tensión de soldeo.

En equipos convencionales el modo de transferencia más favorable para una adecuada soldadura de piezas de aluminio es el de transferencia en spray, en el que metal del electrodo pasa a la pieza en forma de pequeñas gotas que se desprenden del alambre, con un diámetro menor que este, y que se desplaza a través del arco hasta llegar a la pieza.

Sin embargo, el tipo de transferencia más óptimo para la soldadura del aluminio es el de arco pulsado, que produce la transferencia de modo similar al anterior, pero en este caso a impulsos regularmente espaciados, en lugar de al azar. Con él se consigue una

importante reducción del calor aplicado a la pieza, permitiendo el soldar piezas de pequeño espesor.

Para obtener este tipo de transferencia es necesario un equipo de soldadura que disponga de un sistema con corriente pulsada, compuesta de una corriente de fondo, de baja intensidad y constante en todo momento, y por una corriente de pico de alta intensidad que se produce a intervalos, esta última consigue que salte la gota del extremo del alambre.

Estas máquinas de soldadura disponen de muchos parámetros a regular, sin embargo, actualmente se utilizan equipos sinérgicos, es decir, equipos que llevan un microprocesador que regula automáticamente los distintos parámetros de soldeo con solo ajustar, por parte del soldador, el diámetro del hilo, el tipo de material de aportación, y la velocidad de avance, siendo mucho más fácil la regulación del equipo. Por contra tienen el inconveniente del elevado coste del equipo.

Al ser el aluminio un buen conductor del calor dificulta el arranque del cebado, por ello, estos equipos sinérgicos, dan en un primer lugar una energía inicial mayor, y una vez cebado disminuyen la potencia para que la soldadura sea correcta.

Otro tipo de soldadura con la que también se obtienen buenos resultados para la unión del aluminio es la soldadura TIG, que es una soldadura por arco eléctrico que utiliza un gas inerte como gas de protección, pero que en lugar del electrodo de hilo consumible que usa la MIG, utiliza un electrodo no consumible de tungsteno.

Por otro lado se debe tener en cuenta que el coeficiente de dilatación del aluminio es el doble que el del acero, y por este motivo durante los procesos de soldadura se pueden producir grandes variaciones dimensionales, pudiendo ocasionar fenómenos de dilatación-contracción provocando tensiones internas que pueden disminuir la vida de

servicio frente a esfuerzos de fatiga. Por ello es conveniente comprobar que el cordón de soldadura esta ausente de fisuras mediante los líquidos penetrantes.

Respecto al tipo de unión es importante conocer que la mejor opción es el solapado, ya que de esta forma es más difícil el que se produzcan descolgaduras u orificios, debido a que el propio solape soporta el baño de fusión.

En el caso de que se tenga que realizar la soldadura por costura de tapón, deberá tenerse en cuenta que se debe comenzar fuera de la zona a soldar, a unos 10 mm, para que cuando se llegue al orificio la pieza este ya precalentada y se produzca una correcta soldadura.



Es posible realizar una soldadura correcta en piezas de aluminio siguiendo unas ciertas normas, como la correcta limpieza de óxidos de la pieza, y utilizando el equipo adecuado, por ejemplo, de soldadura MIG. Destacar que para la soldadura de piezas de pequeño espesor es más conveniente la utilización de equipos de soldadura MIG con corriente pulsada, ya que reducen el calor aplicado en la pieza, evitando que se produzcan con mayor facilidad deformaciones y fisuras en la zona soldada.

## **1-. SOLDADURA AL ARCO BAJO ATMÓSFERA INERTE CON ELECTRODO REFRACTARIO O PROCEDIMIENTO TIG (TungtèneInertGas).**

En este procedimiento se hace saltar un arco eléctrico entre un electrodo refractario de

tungsteno y la pieza a soldar, mientras que un chorro de gas inerte, generalmente argón, rodeando el electrodo, protege el baño de fusión contra la oxidación. Una varilla de aportación sujeta con la mano alimenta el baño de fusión. Este procedimiento utiliza una fuente alimentada por corriente alterna estabilizada por HF específicamente concebida para la soldadura de las aleaciones de aluminio. Se utiliza en espesores comprendidos entre 1 y 6 mm y se puede robotizar.

## **2-. LA SOLDADURA AL ARCO BAJO ATMÓSFERA INERTE CON ELECTRODO CONSUMIBLE O PROCEDIMIENTO MIG (Metal InertGas).**

En este procedimiento de soldadura, el aluminio o la aleación de aluminio sirve a la vez de electrodo y de metal de aportación. Se suministra en hilo previamente enrollado en una bobina, el cual se desenrolla automáticamente hasta la herramienta de soldadura, pistola, a medida que se consume. La energía para la soldadura se suministra por una fuente de corriente continua. La conexión se efectúa con polaridad inversa (-) en la pieza para asegurar a la vez el decapado y la fusión del hilo del electrodo. Este procedimiento, utilizable para los productos con espesor superior a 2,5 mm., es igualmente automatizable. La versión manual de MIG se llama comúnmente soldaduras semi-automática.

Desde hace algunos años, los constructores de material de soldadura proponen fuentes de corriente pulsante. Este equipo permite soldar espesores delgados de 1,5 a 4 mm. con mucha facilidad. Para los espesores medios y gruesos, su ventaja con relación a las fuentes clásicas no está demostrada.

## **MATERIALES DE APORTACIÓN**

En la soldadura MIG se utilizan siempre materiales de aportación, mientras que en la soldadura TIG se puede o no utilizar. Las mejores propiedades de la junta soldada en lo que se refiere a la resistencia, corrosión y ausencia de fisuras, se obtiene cuando se usan

materiales de aportación de acuerdo con la tabla que en otras páginas detallamos.

No existe una norma general para la elección de los materiales de aportación debido al tipo de utilización y al parámetro que interese más en cada caso. Las de alto contenido en magnesio AlMg5 (EN AW 5356-5556) dan mayor resistencia, mientras que la de AlSi5 (EN AW 4043) es más resistente a la fisuración y proporciona mejor flujo de metal durante el proceso de fusión de las aleaciones templables. Este tipo de aleaciones (AlCu - AlMgSi - AlZn), no se deben soldar con material de aportación del mismo grupo de aleación por el proceso de fisuración. En el caso de que el material se vaya a anodizar posteriormente a la soldadura, se evitará el material de aportación AlSi5 porque cogerá en la zona de soldadura un color muy oscuro. Con el fin de reducir el peligro de la corrosión bajo tensión y aumentar la resistencia, se ha añadido Cu a las aleaciones de AlZnMg. Al hacer esto también empeora la soldabilidad. Diversas investigaciones señalan que se puede añadir como máximo 0,2% de Cu, antes de que el peligro de fisuración en caliente aumente considerablemente. Se elige en este caso el AlSi5 (EN AW 4043).

## **LIMPIEZA ANTES DE SOLDAR**

La limpieza antes de la soldadura es esencial para conseguir buenos resultados. La suciedad, aceites, restos de grasas, humedad y óxidos deben ser eliminados previamente, bien sea por medios mecánicos o químicos.

Para trabajos normales de taller se puede elegir el siguiente procedimiento:

- 1º Eliminación de la suciedad y desangra. en frío con alcohol o acetona.
- 2º Lavar con agua y secar inmediatamente para evitar el riesgo de oxidación.
- 3º Eliminación mecánica mediante:
  - Cepillado con un cepillo rotativo inoxidable.

- Raspado con lija abrasiva o lima.
- Por chorreado.

Cuando hay demandas más exigentes respecto a la preparación, se puede realizar una limpieza química según el esquema siguiente:

- Eliminación de la suciedad.
- Desengrasado con percloroetileno a 121°C.
- Lavado con agua y secado inmediato.
- Eliminación del óxido de aluminio de la siguiente forma:
  - Limpieza alcalina con p.e. NaOH.
  - Limpieza ácida con p.e.  $\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{HF}$ .
  - Lavado con agua y secado inmediato.
  - Neutralización con  $\text{HNO}_3$  (después del tratamiento con NaOH)
  - Baño en agua desionizada.
  - Secado inmediato con aire caliente.

Los métodos químicos requieren equipos costosos para el tratamiento superficial y no se pueden usar siempre por esta razón. Sin embargo no se debe nunca prescindir de la eliminación del óxido o el desengrasado en el área de soldadura.

### **ATMÓSFERA CONTROLADA**

Como gases de protección para la soldadura MIG y TIG, se usan siempre los gases inertes Argón y Helio. Durante la soldadura el gas inerte enfría la boquilla de soldadura y protege, al mismo tiempo, al electrodo y al baño de fusión. El gas también participa en el proceso eléctrico en el arco. Los gases comerciales que generalmente se usan son los siguientes:

- Argón, pureza 99,95 %.

- Argón + Helio (30/70, 50/50) para soldadura MIG, da un baño de fusión más amplio y caliente.

- Helio para corriente continua. En la soldadura TIG proporciona una fusión más caliente y velocidad de soldadura mayor, pero es más caro y requiere mayor consumo.

El Argón puro es el gas que con mayor frecuencia se usa y se debe emplear en la soldadura normal de taller, puesto que es mucho más económico y requiere menor flujo de gas. El Helio se usa sólo cuando se exige mayor penetración, por ejemplo, en soldadura en ángulo o cuando se suelda un material muy grueso.

## **AMBIENTE**

Cuando se suelda el aluminio, se producen diferentes tipos de humos y gases; lo mismo que en el caso de la soldadura de acero, con el fin de evitar la propagación de esta contaminación es aconsejable la instalación de extractores de humos y gases. La intensidad del arco es mucho mayor que en la soldadura de acero y bajo ningún concepto se debe mirar al arco sin una máscara de protección adecuada. La radiación ultravioleta (UV) intensa puede dañar los ojos y la piel, por lo cual el soldador de aluminio debe llevar ropa de protección que cubra todo el cuerpo. La cantidad de gas depende del método de soldadura, material de aportación y tipo de aleación. La soldadura TIG produce una cantidad de humo considerablemente menor que la soldadura MIG, debido al contenido menor de energía en el arco. En la soldadura MIG las cantidades mayores de humo se producen soldando aleaciones de AlZnMg con AlMg5 (EN AW 5356-5556) como material de aportación. Por esta razón es necesaria una buena ventilación general en combinación con medidas individuales como máscaras de aire fresco o dispositivos de aspiración de humos local (In situ).

## **EL ARCO**

El proceso eléctrico en el arco es de gran importancia para comprender lo que pasa en la soldadura de aluminio. En principio se puede soldar con corriente continua (CC) o con corriente alterna (CA). Si observamos primero la CC, podemos elegir entre dos casos de polaridades diferentes, polaridad negativa y polaridad positiva.

La polaridad negativa cede la mayor parte de su energía a la pieza de trabajo, 70 %, de modo que obtenemos un baño de fusión profundo, con buena penetración. La carga sobre el electrodo es reducida, lo cual es una ventaja en la soldadura TIG. Una gran desventaja, al emplear esta polaridad es que el arco rompe la película de óxido, de modo que se impone un tratamiento previo de material, como la preparación cuidadosa de los bordes, limpieza muy cuidadosa y bordes biselados.

En combinación con arco pulsado se puede soldar chapa fina desde 0,06 mm. La soldadura con corriente continua y polaridad positiva (polaridad invertida) se usa para la soldadura MIG. Es típico que en la distribución de calor, el 70 % corresponda al electrodo. El baño de fusión es relativamente ancho y de escasa profundidad resultando en poca penetración.

La ventaja determinante para el uso de polaridad positiva consiste en el efecto rompedor de la película de óxido del arco, con tal eficacia, que dicha película ya no sea obstáculo para conseguir una buena calidad en la soldadura. El mecanismo para este efecto rompedor de la película de óxido no es completamente conocido, pero una explicación, es que se debe al bombardeo de la superficie de iones metálicos positivos análogo a la limpieza de superficies por chorreo.

Aunque el arco tiene esta propiedad no se debe prescindir de la eliminación del óxido antes de empezar la soldadura. El arco no es capaz de romper las películas de óxido

gruesas formadas durante la laminación de chapas en caliente, sino sólo las capas finas que se forman después de la limpieza. La soldadura con corriente alterna (CA) implica que la polaridad se cambia aproximadamente 100 veces por segundo y, por lo tanto, se pueden considerar las propiedades de la soldadura con CA como el promedio entre los dos casos en la soldadura con corriente continua. La distribución del calor es casi la misma entre el electrodo y la pieza de trabajo; la penetración y ancho del baño de fusión cae entre los valores que rigen para los dos casos anteriores. El arco tiene todavía un efecto rompedor de la película de óxido. La corriente alterna se usa en la soldadura TIG normal con argón como gas protector. La corriente absorbida por el equipo se altera debido a la acción rectificadora del arco; por esta razón se ha diseñado una máquina para soldadura TIG que compensa este efecto.

## **SOLDADURA MIG**

Para la soldadura MIG de aluminio se puede usar el mismo equipo que en la soldadura de aceros con CO<sub>2</sub>. La capacidad de la fuente de energía se elige según la producción prevista. Para la soldadura de espesores de hasta 10 mm. es generalmente de 250-300 A. El sistema de alimentación debe ser con preferencia del tipo «push-pull», es decir, una combinación de efecto empuje-tiro, pero se pueden usar también tipos con efecto sólo de empuje para guías de hilo corto y diámetro de hilo de 1,6 mm. Debido a su menor resistencia, el aluminio permite el empuje en longitudes cortas. Sin embargo, aleaciones como las del grupo AlMg5 (EN AW 5356-5556) son mucho más duras que las del grupo AlSi5 (EN AW 4043) y la de aluminio puro Al 99,5 (EN AW 1050) permiten el empuje en longitudes mayores. **En todo caso la longitud del conducto del hilo ha de ser siempre lo más corta posible, y en su trayecto,** los radios de curvatura habrán de ser amplios evitando bucles y contornos pronunciados.

Deberá vigilarse periódicamente el estado de boquillas y conductos limpiándolos de

viruta y restos de material en ellos depositados.

La soldadura MIG se lleva a cabo siempre con corriente continua (CC), con argón puro como gas de protección y es adecuada para todas las posiciones de soldadura, incluso sobre techo. La soldadura en posición vertical se hace siempre en sentido ascendente.

La calidad de la soldadura es generalmente alta pero el riesgo de porosidad es siempre mayor que en la soldadura TIG, pues debido a que el arco es autorregulado, temporalmente puede hacerse inestable, lo cual puede causar interferencias en la aportación de material. Este método es muy adecuado tanto para la soldadura manual como mecanizada, en espesores de 3 mm. o más. Los soldadores expertos pueden soldar material todavía más delgado. En el caso de que los requerimientos de la calidad de soldadura sean bajos, se pueden soldar materiales todavía más delgados, pero en este caso el arco no trabaja en el área de «spray» puro, debido al bajo voltaje, que induce a una tendencia de arco corto. La velocidad de soldadura es para la soldadura manual de 0,3 a 0,75 mts./min. y para la soldadura robotizada de 2 a 3 mts./min. Esta velocidad relativamente alta hace que el método sea más productivo que el TIG y en combinación con la densidad de energía alta en el arco, se obtiene una zona afectada por el calor (HAZ) más estrecha que en el TIG. Ese es un factor favorable ya que la deformación debido a la soldadura decrece cuando disminuye la aportación de energía calorífica. Los campos de aplicación del método MIG son muchos, lo que ha conducido al desarrollo y refinamiento de la técnica de la soldadura.

### **SOLDADURA POR PUNTOS MIG**

La manera corriente de unir dos placas en una unión solapada, es mediante la soldadura de puntos por resistencia. Este método sin embargo, requiere una inversión elevada en maquinaria y se limita a espesores de hasta 4 mm. Como

método alternativo se puede usar el método MIG para soldadura por puntos que se puede llevar a cabo con algunos de los equipos MIG corrientes, completados con un relé de tiempo y una boquilla de gas. La soldadura se verifica presionando la pistola contra la chapa superior. El tiempo de soldadura se ajusta mediante un relé de tiempo, con lo cual se consigue una buena reproducibilidad. La penetración se puede controlar para conseguir que la parte fundida penetre entre las dos chapas. El método preferido depende del espesor de la chapa inferior. Las ventajas desde el punto de vista de construcción se basan en que se pueden aceptar grandes diferencias de espesor entre la chapa superior y la inferior. Cuando se trata de espesores grandes, en la chapa superior se puede facilitar la soldadura haciendo un taladro.

### **SOLDADURA DE PULSO CORTO CON MIG**

Sobreponiendo una corriente con la frecuencia de 16 - 100 Hz. sobre la corriente normal, es posible obtener una pulsación de corta duración, con unas propiedades tales que se puede soldar material con espesores inferiores a 3 mm. En cada máximo pulso, se desprende una gota de material de aportación. Las ventajas de este método son las siguientes:

- Se puede soldar metal más delgado, 1,5 mm.
- Diferentes espesores se pueden soldar con más facilidad.
- Un arco estable hace disminuir el riesgo de defectos de soldadura.
- Es más fácil soldar con aberturas variables.
- Se pueden utilizar materiales de aportación más gruesos.

### **SOLDADURA MIG DE MATERIAL GRUESO**

El uso reciente de aluminio grueso, particularmente de la aleación AlMg4,5Mn (EN AW 5083), ha conducido al desarrollo de una técnica, especialmente adaptada a

estos fines, basada en el método MIG. En este sentido se puede mencionar el método NARROW GAP de Sciaky, que con soportes colocados oblicuamente uno detrás de otro, permite la soldadura a tope sin preparación de bordes y con una abertura de 6-9 mm. para materiales gruesos. En Japón se ha desarrollado el método NHA (NARROW GAP HORIZONTAL welding process for aluminium) para aberturas horizontales. Un soplete de doble envoltura con movimiento oscilante es guiado automáticamente a lo largo de la unión . Las ventajas de estas dos variantes del método MIG consisten en la mejor utilización del calor y el menor volumen de la junta, lo cual lleva consigo un incremento de la productividad.

Tabla de amperios aconsejada para la soldadura MIG				
Diámetro	del	hilo	Corriente	(A)
0,8	mm		80 ÷	140
1,2	mm		120 ÷	210
1,6	mm		160 ÷	300
2,4	mm		240 ÷ 450	

## SOLDADURA TIG

En la soldadura de aluminio con arco de tungsteno y gas de protección inerte (TIG) se usa una fuente de corriente alterna de 50 Hz., una corriente de alta frecuencia superpuesta (CA). El electrodo es no fusible de tungsteno puro o tungsteno aleado con circonio. Este método de soldadura se puede usar en todas las posiciones y utilizado correctamente permite la obtención de una soldadura de gran calidad. El peligro de porosidad es menor que en la soldadura MIG. El arco rompe la película de óxido y por lo tanto, para la automática se usa hilo en bobinas. Como regla, se usa la soldadura TIG

para espesores de 0,7 a 10 mm. pero no hay realmente un límite máximo. La velocidad de soldadura es más baja que en la SOLIM. Se deben preparar los bordes cuidadosamente para que no haya aberturas entre las placas, ya que es mucho más fácil de controlar el baño de fusión si la separación es mínima. En espesores superiores a 5 mm. se deben biselar las aristas de las uniones a soldar. Cuando se trata de soldadura de chapa fina resulta más ventajoso el uso de plantilla para evitar las distorsiones debidas al calor de la soldadura y las separaciones entre bordes debidas a aquellas.

### **SOLDADURA DE PULSO LARGO**

Muchas fuentes de energía para TIG tienen capacidad para soldadura de pulso. Para otras se puede fácilmente conectar una unidad adicional. El principio es similar al descrito en la soldadura MIG - pulso, con la sola diferencia de que la soldadura TIG se lleva a cabo con una frecuencia mucho más baja, aproximadamente 10 Hz. Esto implica que los pulsos son bien visibles lo cual, a la larga, puede ser una fuente de imitación para el soldador. La técnica se puede aplicar tanto a la soldadura con CA como con CC. Se trabaja con dos niveles de corriente. El más bajo se elige para que no se apague el arco. El nivel más alto es generalmente más elevado que en la soldadura normal TIG. Los periodos de los diferentes niveles pueden variar. La ventaja consiste en que se puede conseguir una soldadura perfecta con una intensidad de corriente media más baja que en la soldadura normal. La aportación de calor es más baja y se puede soldar material más delgado: 0,3 a 0,4 mm. Con las combinaciones de CC y pulso se pueden soldar espesores del orden de 0,05 mm.

LA TECNOLOGÍA DIGITAL JUNTO AL ARCO PULSADO, PERMITE OBTENER  
EXCELENTE RESULTADOS EN LA SOLDADURA DE ALUMINIO



### **Uniones en reparación de carrocerías**

Los vehículos son máquinas formadas por numerosas piezas unidas entre sí, en las que el armazón o carrocería desarrolla una función similar a los pilares en un edificio, se trata de la parte o elemento que sostiene al resto de piezas que forman el vehículo. Este armazón con función de esqueleto, está formado por otro gran número de piezas de chapa unidas entre sí mediante diferentes tipos de uniones, soldadura, atornillado e incluso pegado.

Las piezas de chapa que forman la carrocería van unidas en su mayor parte por soldadura, este método de unión proporciona una continuidad metálica entre las partes que une, por lo que en el caso de piezas que están sometidas a esfuerzos importantes, es el método más adecuado a utilizar.

El atornillado se utiliza para aquellas piezas a las que no se les exige un comportamiento estructural importante o que se desmontan y montan con relativa frecuencia, este es el caso de las aletas delanteras, los paragolpes, el frente interno, etc.

La unión mediante grapas, de las que existen infinidad de modelos diferentes, se utiliza para la fijación de tapizados o elementos ornamentales como molduras y embellecedores.

El remachado no es una unión habitual en la carrocería de los turismos, cuando se emplea suele ser para unir materiales de diferentes naturalezas. Como ejemplos de su utilización tenemos algunos spoilers, aletines y soportes. Sin embargo, en el caso de las carrocerías de aluminio es una técnica empleada asiduamente y conjuntamente con los adhesivos para realizar en reparación, las sustituciones parciales de diferentes piezas.

Otro tipo de unión es el engatillado, este consiste en unir los bordes de dos piezas de chapa, doblándolos sobre sí mismos. Se utiliza con espesores de chapa delgados y para piezas específicas como los paneles de puerta. En esta unión se debe garantizar la estanqueidad de la junta mediante la utilización de selladores de poliuretano.

El pegado por adhesivos se va utilizando cada día con más frecuencia por su capacidad para unir materiales totalmente heterogéneos, su uso más habitual suele ser en la fijación de guarnecidos, molduras y revestimientos.

A la hora de reparar un vehículo siniestrado y sustituir las piezas necesarias, el método de unión utilizado generalmente es el mismo que el de fábrica. Los Manuales de Reparación de los vehículos indicarán cuales son los tipos de uniones a utilizar en cada situación. Las uniones por atornillado, remachado o pegado, generalmente se realizan de la misma forma que originariamente, sin embargo para realizar una unión por soldadura se pueden utilizar diferentes tipos de uniones.

### **Uniones por soldadura**

Para restablecer las condiciones de resistencia originales en las uniones por soldadura durante la reparación de carrocerías dañadas, reviste gran importancia el conocimiento de su comportamiento en relación a los esfuerzos a los que se van a ver sometidas, como consecuencia del comportamiento dinámico de la carrocería, o en el caso de que se produzca un nuevo impacto.

Además de dichos comportamientos mecánicos, la elección de uno u otro método de unión de los elementos de la carrocería, estarán en función de:

- Los materiales a unir, dependiendo de la naturaleza de éstos.
- Los espesores de las secciones a unir, es preferible unir materiales del mismo espesor.
- La longitud de la costura de unión.
- Las solicitaciones a las que estará sometida la unión a realizar.
- La estética final del componente reparado.
- El acceso físico para llevar a cabo esta unión, en función de la tecnología de reparación existente en el taller.

Las investigaciones llevadas a cabo han dado como resultado tres tipos básicos de configuración de uniones especialmente apropiadas, para la sustitución parcial en la reparación de carrocerías:

*Uniones a tope.*

*Uniones con solape.*

*Uniones mediante refuerzo adicional.*

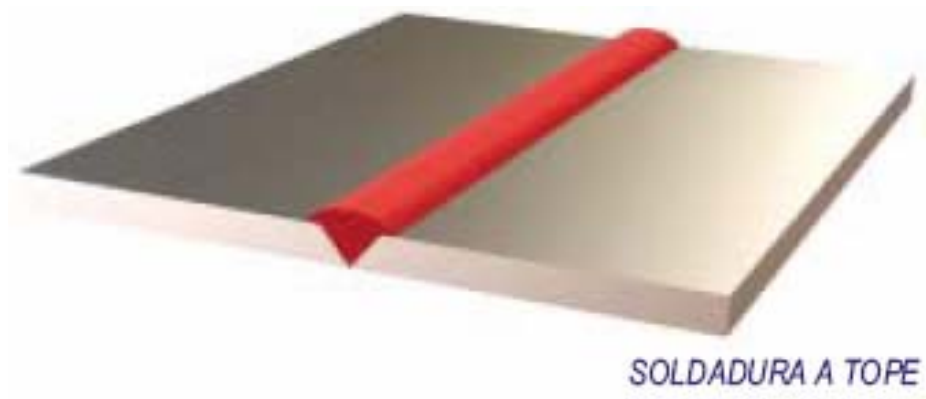
**Uniones a tope por soldadura**

Este tipo de unión se realizará en zonas donde la sección resistente a generar no estará sometida, por lo general, a altas solicitaciones de carga. Para la utilización de este tipo de unión, hay que tener en cuenta que, para el óptimo acabado en la soldadura de paneles exteriores, la costura no deberá percibirse, siendo necesario esmerilar las protuberancias de los cordones efectuados, provocando con ello una disminución de la sección resistente. Por lo tanto, este tipo de uniones solo es recomendable para la unión de paneles interiores, en los cuales, esta exigencia estética no se da.

Por otro lado, dada la característica de la unión, ésta se realiza mediante soldadura MAG o MIG, por medio de la técnica de costura llena.

La utilización de este sistema de soldadura implica un aporte continuo de energía, con lo que se origina un gradiente continuo de temperaturas perpendicularmente al eje longitudinal del cordón que se aporta. Esta elevación de temperatura en la chapa, provoca un alabeo que tiene su origen en la relajación de las tensiones que fueron acumuladas en la conformación inicial de la pieza durante la fabricación.

Este tipo de unión se utilizará fundamentalmente en costuras de pequeña longitud, y en áreas donde la estética no exija una posterior mecanización del cordón realizado. De este modo, no se originarán alabeos excesivos en las zonas soldadas, evitándose también el estado de tensiones permanentes que se crea después de la solidificación de la soldadura con este tipo de unión.



### **Uniones con solape por soldadura**

Este tipo de unión da resultados satisfactorios en la sustitución parcial de paneles exteriores, pudiendo verificarse que esta configuración de costura cumple todas las condiciones necesarias para restablecer la resistencia original.

En este método hay un solapado de las piezas a unir de unos 12 mm. en la zona de la costura. Este solapamiento se realizará por medio del escalonado de uno de los bordes de la costura, en función de la rigidez de la superficie, bien en el borde que permanece en la carrocería o bien en el de la pieza nueva. Este escalonado se realiza por medio de un alicate de filetear o por medio de una dobladora neumática.



SOLDADURA CON SOLAPE



SOLAPADO CON COSTURA CONTINUA



SOLAPADO POR PUNTOS



SOLAPADO CON COSTURA DE TAPÓN

Las uniones con solape se podrán realizar mediante alguno de los siguientes métodos de soldadura:

- Soldadura por resistencia eléctrica por puntos
- Soldadura MIG/MAG
- Soldadura por resistencia eléctrica por puntos y solape

Siempre que sea posible, habrá de realizarse la unión mediante este método, ya que con este método de soldadura el aporte energético es menor, concentrándose la energía en la zona de contacto de los electrodos, por lo que la chapa sufre menos variación en sus características mecánicas y geométricas.

### **Soldadura MIG/MAG y solape**

Este sistema de soldadura se utilizará cuando, por la naturaleza de los metales a unir, el espesor de los mismos o su accesibilidad, no pueda utilizarse óptimamente la soldadura por resistencia eléctrica por puntos. Cuando se realice una unión con solape utilizando

la soldadura MIG/MAG, se podrán utilizar dos tipos de técnicas diferentes, en función de la longitud de la costura a realizar y de las solicitaciones a las que vaya a estar sometida dicha unión.

-Solapado con costura continua. Se utilizará en uniones de secciones exteriores con una longitud de costura pequeña y que no estén sometidas a elevados esfuerzos mecánicos.

-Soldadura con costura de tapón. Se utilizará en uniones solapadas de secciones exteriores de mayor longitud que las anteriores, presentando este tipo de unión mejores características mecánicas y dimensionales, dado que su influencia térmica sobre las chapas a unir es mucho menor. Para preparar las superficies a soldar, habrá que realizar unos orificios en la pieza a ensamblar. Estos orificios tendrán un diámetro específico (generalmente 6 mm) y estarán distribuidos a una distancia fija desde el centro de los mismos al borde (6 mm), así como espaciados entre ellos a intervalos constantes.

### **Uniones por soldadura con refuerzo adicional**

Se realiza mediante la colocación de un refuerzo conformado, en el interior o exterior de la pieza. En el caso de que el lugar de corte deba quedar invisible y lo admita la configuración constructiva, el refuerzo se coloca internamente. Si el punto de unión puede permanecer a la vista, resulta más sencillo y rápido emplear un refuerzo externo.



SOLDADURA CON REFUERZO ADICIONAL

El material de la brida será de la misma calidad e idéntico espesor que el componente portante original, para conseguir una resistencia adecuada a la unión. Normalmente se utilizará un recorte de la pieza nueva, pero cuando esto no sea posible, se conformará el refuerzo con una chapa nueva, siempre de la misma calidad y espesor de los elementos a unir.

### **Uso de los adhesivos**

Actualmente los adhesivos se han hecho un hueco en la automoción, en infinidad de aplicaciones. La fabricación de los vehículos ha estado siempre asociada a la unión y el ensamblaje de elementos mediante diferentes métodos, tales como tornillos, remaches y soldaduras. Los adhesivos se utilizan como un sistema de ensamblaje que se adapta perfectamente a las necesidades de la cadena de montaje, disminuyendo el tiempo y permitiendo la eliminación de las operaciones adicionales, imprescindibles en otros sistemas de unión. De esta forma, el pegado y sellado de una pieza se realiza en una sola operación ahorrando costes en materiales y reduciendo el tiempo de trabajo. Se pueden unir materiales de diferente naturaleza, quedando aislados unos de otros. Esta característica resulta fundamental en las carrocerías híbridas, donde se debe aislar el aluminio del acero para evitar la corrosión galvánica. Su aplicación se lleva a cabo de forma manual o automática, eliminándose también las operaciones de acabado. Para su uso influyen determinadas circunstancias:



Mezcla manual  
del adhesivo

### **Carrocerías ligeras**

La transformación sufrida en los últimos años en la fabricación de carrocerías está sujeta a un continuo proceso de desarrollo en el que se incorporan nuevos materiales, técnicas de fabricación y métodos de unión. La incorporación de los adhesivos tiene como finalidad mejorar la calidad y seguridad del vehículo, ofreciendo mejores prestaciones y reduciendo el peso final.

### **Fabricación modular**

La fabricación modular consiste en el ensamblaje en pequeñas cadenas de subconjuntos formados por varios elementos, que pueden desempeñar diferentes funciones, pero que están montados en un solo conjunto. De esta forma, los niveles de productividad de las líneas de montaje aumentan, suponiendo un ahorro de tiempo considerable.



## **LA ACTUAL INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL**

Los subconjuntos están formados por materiales de diferente naturaleza, según la responsabilidad y función de la pieza en el conjunto, utilizando materiales de características dispares como aceros al boro, aluminio, plástico, etc., unidos entre sí por

distintos métodos. Es el caso del frente del BMW Serie 5 formado por piezas de aluminio y acero de diferentes aleaciones, unidas mediante soldadura, remaches y adhesivos.

### **Mezcla de materiales (hibridación)**

La tecnología híbrida permite la utilización de materiales de diferente naturaleza para la fabricación de una única pieza. Los materiales más utilizados en estos procesos son el acero y el plástico. Con este tipo de construcción se consigue una mayor libertad de diseño, se reduce el peso final de la pieza, hasta en un 43%, y se aportan muy buenas propiedades térmicas, estáticas y dinámicas. Hasta el momento, esta tecnología se está aplicando principalmente en la fabricación de guarnecidos interiores.



Frente híbrido



### **Seguridad**

La utilización de adhesivos estructurales es una solución que aportan los fabricantes de automóviles para realizar reparaciones óptimas con las máximas garantías de seguridad.

La resistencia de una carrocería está relacionada directamente con las piezas que la componen y, en último término, del material, espesor, forma y unión entre sí.

## **Aplicación de los adhesivos**

La utilización de los adhesivos es una alternativa para la unión de materiales de diferente naturaleza, como es el caso de los vidrios a la carrocería. Cada vez más fabricantes de automóviles incorporan adhesivos estructurales a la construcción de carrocerías. En algunos casos, como medio para la unión de diferentes sustratos y, en otros, para aumentar la resistencia y el acabado final del producto.



## **Uniones combinadas**

Determinados fabricantes combinan los adhesivos y la soldadura por puntos de resistencia en el ensamblaje completo de las carrocerías. Esta técnica aporta robustez a la carrocería y evita la corrosión de la junta. En

otros casos, se utilizan subconjuntos de aluminio unidos al acero por adhesivos y remaches, lo que permite mantener fija e inmóvil la unión hasta que el adhesivo polimerice y adquiera la resistencia final.



### **Uniones que no deben pegarse**

Las uniones con adhesivos deben cumplir una serie de exigencias de calidad y seguridad, siendo el fabricante del vehículo quien determina sus zonas concretas de aplicación. No deben unirse piezas donde la superficie de contacto no permita la suficiente resistencia y garantía, o las que soportan grandes esfuerzos, tales como puntos de unión de elementos mecánicos.

### **Elección del adhesivo**

Existe multitud de adhesivos estructurales en el mercado, aunque en el automóvil los más utilizados son los poliuretanos y las resinas epoxi.

En la elección del adhesivo adecuado para una aplicación específica intervienen diversos factores, como: Tipos de sustratos a unir. Acabado final de la unión. Posible contacto con diferentes productos (disolventes, aceites, etc.). Temperaturas que tiene que soportar. Rigidez de la unión y de los elementos a unir. Tipo de sollicitación. En todo caso, para realizar una buena elección del adhesivo siempre habrá que seguir las especificaciones de su fabricante.

### **Resistencia**

Los adhesivos no sustituyen a las uniones mecánicas si las condiciones de unión no son las idóneas. Hay que tener en cuenta que las uniones con adhesivos están sometidas a diferentes tensiones que deben soportar, como esfuerzos de tracción, cizallado, desgarro y pelado; para su distribución uniforme en la zona de la junta, el diseño adecuado de la unión es un aspecto de gran importancia. La resistencia a los esfuerzos de la unión depende, además del diseño de la junta, de los factores siguientes:

#### **Características del adhesivo:**

— Elasticidad, Cohesión, Espesor de las piezas a unir. Espesor de la película del adhesivo aplicado. Superficie de contacto del adhesivo.

#### **Compatibilidad de los sustratos**

Uno de los aspectos más importantes planteados en la utilización de los adhesivos es la adherencia del propio adhesivo al sustrato. Para ello, el material base debe disponer de cierta compatibilidad con el adhesivo, es decir, tener una energía superficial alta. En el caso de que un sustrato tenga una energía superficial baja, se debe modificar su estructura superficial por medio de la aplicación de una imprimación o un flameado para incrementar la adherencia.

#### **Tiempos de manipulación y curado**

El tiempo de manipulación de un adhesivo es el que transcurre desde que se aplica hasta que empieza a crear piel. Antes de usar un adhesivo, deben tenerse en cuenta los tiempos de manipulación, que varían dependiendo del tipo de adhesivo. Por ello, durante los procesos de trabajo, una vez aplicado el adhesivo, deben respetarse para garantizar la calidad de la unión.

Durante el curado del adhesivo, la unión debe quedar inmovilizada, dependiendo de los tiempos de secado, de la temperatura y de la proporción del catalizador que se haya utilizado. Cuanto mayor sea la temperatura y la proporción de catalizador, más rápido es

el tiempo de curado. La correcta utilización de los adhesivos supone seguir las instrucciones del fabricante y el uso de los equipos de protección individual adecuados.